

**Vähäpäästöisen infratyömaan vaatimuksien pilotointi ja niiden vaikutukset infrarakentamisen päästöihin, kustannuksiin ja rakentamiseen**

**Piloting low-emission infrastructure site requirements and find out its effects on emissions, costs and building the infrastructure**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakentamisen koulutusohjelma

Visamäki, kevät 2022

Juuso Luoto

Rakentaminen

Tekijä Juuso Luoto

Työn nimi Vähäpäästöisen infratyömaan vaatimuksien pilotointi ja niiden vaikutukset infrarakentamisen päästöihin, kustannuksiin ja rakentamiseen

Ohjaaja Markku Raimovaara

Tiivistelmä

Vuosi 2022

---

Ilmaston lämpeneminen on nyt maailmanlaajuinen ongelma. ilmastonmuutoksen ehkäisy vaatii useita ja nopeita tehtäviä, jotta ilmaston lämpeneminen saadaan rajattua 2 celsiusasteeseen tai jopa 1,5 celsiusasteeseen, mutta nykyisillä toimenpiteillä tavoitteita ei saavuteta. Tavoitteiden saavuttamiseksi vaaditaan toimenpiteitä ja omia hiilineutraalisuustavoitteita ovat asettaneet EU, Suomi ja Helsingin kaupunki, jonka tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2030. Tutkimustyö tehtiin Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön Yleiset alueet -palvelulle.

Rakentaminen on merkittävä päästöjen synnyttäjä ja Helsingin kaupungin hiilineutraalisuustavoitteet vaativat kehitystoimenpiteitä kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi infrarakentamisessa korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla polttoaineilla. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tavoitteena oli pilotoida vähäpäästöisen infratyömaan vaatimukset ja selvittää vaatimuksien vaikutukset kasvihuonepäästöihin, kustannuksiin ja rakentamiseen.

Tutkimuksessa käytettiin kasvihuonepäästöjen tutkimuksellista lähdemateriaalia, Helsingin kaupungin laatimia päätöksiä ja Ympäristöministeriön kanssa laadittua green deal - sopimuksen sisältöä. Pilottiurakasta kerättiin aineistoa, jonka avulla voitiin laskea kasvihuonepäästövähennykset sekä kustannusmuutokset. Vaikutukset urakoitsijoihin selvitettiin pääurakoitsijoille ja aliurakoitsijoille toimitetulla kyselyllä.

Tutkimuksessa pilotoidut vähäpäästöisen työmaan vaatimukset on otettu käyttöön lähes kaikissa Helsingin kaupungin kilpailutetuissa infrarakentamisen kohteissa, mikä osoittaa vaatimuksien onnistuneen. Tulokset osoittavat, että vaatimuksilla saavutettiin merkittäviä kasvihuonepäästövähennyksiä fossiilisiin polttoaineisen verrattuna, mutta vähennyksistä muodostui lisäkustannuksia, jotka eivät kuitenkaan olleet suuria suhteutettuna investoinnin kokoon. Kyselyn tuloksilla vaatimuksia ei muutettu, koska vastauksien perusteella muutostarpeita ei ollut. Vastauksissa lähinnä kyseenalaistettiin vaatimuksien tarpeellisuus.

Tutkimuksessa päivitettyjen malliasiakirjojen ja laadittujen taulukoiden avulla voidaan ottaa käyttöön tiukempia vaatimuksia ja tehdä kasvihuonepäästöjen ja kustannuksien seuranta. Uusien käyttövoimien tullessa markkinoille on seurannan työkalut päivitettävä vastaamaan näitä.

Avainsanat kasvihuonepäästöt, infrarakentaminen, uusiutuva polttoaine

Sivut 61 sivua ja liitteitä 13 sivua

Name of Degree Program

Abstract

Author Juuso Luoto

Year 2022

Subject Piloting low-emission infrastructure site requirements and find out its effects on emissions, costs and building the infrastructure

Supervisors Markku Raimovaara

---

We are dealing with a severe global climate crisis and it requires several rapid actions to limit global warming to 2 degrees Celsius or even 1.5 degrees Celsius. However, current actions are not meeting these targets, and that is why we need to take a bigger step to achieve these goals. EU, Finland, and the City of Helsinki have set their own carbon neutrality targets to become carbon neutral in 2030. The research was carried out for the City of Helsinki's Common Areas of Urban Environment service.

Construction is a major emitter, and the City of Helsinki's carbon neutrality targets call for development measures to reduce greenhouse gas emissions from construction by replacing fossil fuels with renewable fuels. The aim of the functional thesis was to pilot the requirements of a low-emission infrastructure site and to determine the effects of the requirements on greenhouse gas emissions, costs, and construction.

The study used research source material on greenhouse gas emissions, decisions prepared by the City of Helsinki and the content of a green deal agreement with the Ministry of the Environment. Data was collected from the pilot contract to calculate greenhouse gas emission reductions and cost changes. The effects on the contractors were investigated by means of a questionnaire sent to the main contractors and subcontractors.

The low-emission site requirements piloted in the study have been introduced in almost all the City of Helsinki's competitive infrastructure construction projects, which shows that the requirements have been successful. The results show that the requirements achieved significant reductions in greenhouse gas emissions compared to fossil fuels, but the reductions resulted in additional costs that were not significant in relation to the size of the investment. The results of the survey did not change the requirements, as there was no need to change based on the responses. The responses mainly questioned the need for requirements.

The updated model documents and tables developed in the study will allow for the introduction of more stringent requirements and the monitoring of greenhouse gas emissions and costs. As new propulsion engines enter the market, monitoring tools need to be updated to meet these.

Keywords greenhouse gas emissions, infrastructure construction, renewable fuel

Pages 61 pages and appendices 13 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Tausta .....	1
2.1	Helsingin kaupungin tavoitteet .....	3
2.1.1	Hiilineutraali Helsinki 2035 .....	3
2.1.2	Green deal -sopimus .....	6
2.2	Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät .....	8
2.3	Tutkimusprosessi .....	9
3	Infratyömaiden päästöt nykyisin .....	10
4	Helsingin kaupungin infrarakennuttaminen .....	13
4.1	Urakoiden hankinnat nykyisin .....	15
5	Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset pilotissa .....	16
5.1	Vaatimuksien laadinta .....	16
5.1.1	Polttoainevaatimus .....	17
5.1.1.1	Uusiutuva HVO diesel / HVO moottoripolttoöljy .....	18
5.1.1.2	Biokaasu .....	19
5.1.1.3	Vety .....	20
5.1.1.4	Etanoli .....	21
5.1.2	Työkoneet .....	21
5.1.3	Raskas kuljetuskalusto .....	23
5.1.4	Pienkoneet .....	24
6	Vähäpäästöisen työmaan pilotti .....	26
6.1	Ilmalan raitiotieyhteys .....	26
6.2	Ilmalan raitiotien pilotin huomiot .....	28
7	Vähäpäästöisen työmaan päästövaikutukset .....	30
7.1	CO <sub>2</sub> eq kasvihuonepäästöjen laskenta .....	31
7.1.1	HVO diesel / HVO moottoripolttoöljy päästökerroin .....	33
7.1.2	HVO dieselin ja fossiilisten polttoaineiden lämpöarvot .....	35
7.1.3	Fossiilisten polttoaineiden päästökertoimet .....	36
7.1.4	Sähköntuotannon päästökerroin .....	36
7.1.5	Kasvihuonepäästöjen esimerkkilaskenta .....	37

7.2	Ilmalan raitiotieyhteys -pilottihankkeen päästövähennykset .....	37
7.3	Muut päästövähennykset .....	42
7.4	KYMP-Projektirakennuttamisen kaikkien vähäpäästöisten työmaiden päästövaikutukset vuosilla 2020 ja 2021 .....	45
8	Vähäpäästöisen työmaan kustannusvaikutukset .....	46
8.1	Ilmalan raitiotieyhteys -urakan uusiutuvan polttoaineen lisäkustannukset .	47
8.2	Ilmalan raitiotieyhteys -urakan uusiutuvan sähkön lisäkustannus.....	48
8.3	Ilmalan raitiotieyhteys -urakan lisäkustannukset yhteensä .....	49
8.4	Muiden vähäpäästöisten työmaiden kustannusvaikutukset .....	49
9	Vähäpäästöisen työmaan vaikutukset urakoitsijoihin .....	50
9.1	Kustannuksien muutokset .....	51
9.2	Vaikutukset urakoitsijan ja aliurakoitsijan kalustoon .....	51
9.3	Polttoaineen saatavuus.....	52
9.4	Muita havaittuja hyötyjä tai haittoja sekä muut tietoa .....	52
10	Vaatimuksien kehittäminen .....	53
10.1	Kalustoluettelo .....	53
10.2	Muut lisäykset ja muutokset.....	54
11	Muiden tilaajien toimenpiteet .....	56
11.1	Green deal -sopimuskumppanit.....	56
11.2	BigBueyrs -ryhmä .....	56
12	Johtopäätökset / Pohdinta .....	57
12.1	Päätelmät tutkimuksen tuloksista .....	57
12.2	Johtopäätökset.....	59
12.3	Jatkokehitys.....	60

## **Liitteet**

Liite 1	Vähäpäästöisen työmaan lopulliset vaatimukset
Liite 2	Kyselylomake urakoitsijoille
Liite 3	Ohje vähäpäästöisestä työmaasta

## 1 Johdanto

EU, Suomen valtio ja kaupungit mukaan lukien Helsingin kaupunki haluavat pysäyttää ilmastonmuutoksen ja tämän vuoksi Helsingin kaupunki on sitoutunut hiilineutraaliuteen vuoteen 2030 mennessä. Yhtenä toimenpiteenä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi Helsingin kaupunki on liittynyt Päästöttömät työmaat - kestävien hankintojen green deal -sopimukseen. Sopimuksessa on otettava käyttöön hiilineutraaliuden konkreettisia välitavoitteita Helsingin kaupungin infrarakentamisessa, jotta kaupungin infrarakentamisessa on mahdollista päästä lopulliseen hiilineutraaliuteen vaaditussa ajassa.

Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristö -toimialan Yleisten alueet -palvelun infrarakennuttamisella ei ollut valmiita käytäntöjä infratyömaiden päästöjen vähentämiseen eikä tuleviin green dealin vaatimuksiin. Vaatimuksien ollessa uusia ei ole myöskään tiedossa, kuinka paljon kasvihuonepäästöjä näillä keinoilla voidaan vähentää, kuinka paljon toimenpiteet arviolta kustantavat ja miten se vaikuttaa suoraan urakoitsijoihin.

Tutkimuksessa pilotoidaan green dealiin perustuvat vähäpäästöisen työmaan vaatimukset uudessa infrahankkeessa. Jos käyttöönotto sujuu ongelmitta, vaatimukset myös otetaan käyttöön laajemminkin Helsingin kaupungin infrahankkeissa päivittämällä malliasiakirjat.

Vaatimuksilla pyritään vähentämään Helsingin kaupungin kasvihuonepäästöjä, jotka muodostuvat infratyömaiden työkoneista, kuljetuskalustosta sekä työmailla käytettävistä koneista. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään pilotin avulla vähäpäästöisen työmaan vaikutuksia kasvihuonepäästöihin ja vaatimuksien vaikutusta kustannuksiin sekä urakoitsijoihin.

## 2 Tausta

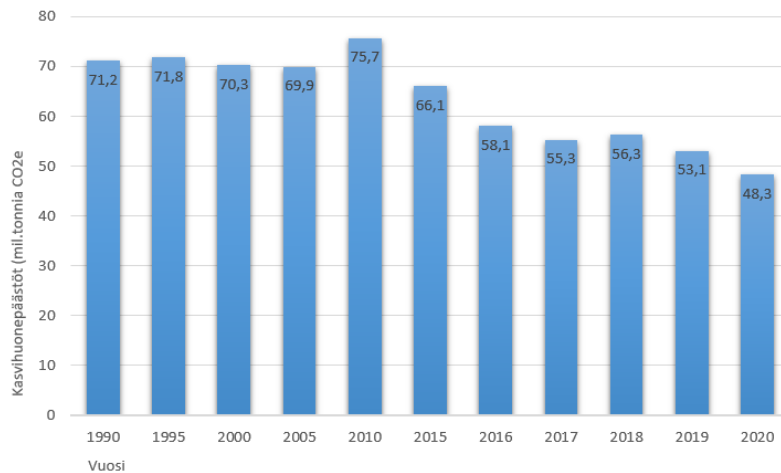
Ilmastonmuutoksen estämiseksi kasvihuonepäästöjä on vähennettävä jokaisella sektorilla. EU:lla on tavoitteena saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä, jotta maapallon lämpötilan nousu saadaan pidettyä alle 2 celsiusasteessa ja jopa rajoitettua nousu 1,5 celsiusasteeseen. Lisäksi EU:n komissio on valmistelemassa uutta tavoitetta vuodelle 2030, koska nykyisillä toimenpiteillä saavutettaisiin vuoteen 2050 mennessä vain 60 prosentin

kasvihuonepäästöjen vähennys. Uusissa tavoitteissa kasvihuonepäästöjä vähennettäisiin vähintään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. (Euroopan komissio, 2020, s. 1,2; Euroopan komissio, n.d.). Lisäksi ilmastopaneeli IPCC:n uusin raportti toteaa, että maailmanlaajuisesti päästöt ovat kasvaneen kaikilla sektoreilla, vaikka Euroopassa nettopäästöt ovatkin laskeneet, mutta Aasiassa ne ovat kasvaneet. Yleisesti tämänhetkiset valtioiden asettamat päästövähennystavoitteet eivät ole riittäviä, jotta ilmaston lämpeneminen rajattaisiin 1,5 asteeseen tai maksimissaan 2 asteeseen vuosisadan loppuun mennessä. Tavoitteet vaativat nopeita ja merkittäviä toimenpiteitä jokaisella sektorilla. Fossiilisen energian korvaaminen vähäpäästöisillä ratkaisulla on merkittävässä roolissa tavoitteiden saavuttamisessa (Ympäristöministeriö & VTT, 2022).

Suomen kasvihuonepäästöt vuoden 2020 osalta ovat tilastokeskuksen mukaan yhteensä 48,3 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>eq. Luvussa huomioidaan vain alueperustaiset kasvihuonepäästöt, mikä on virallinen tapa julkaista maakohtaiset kasvihuonepäästöt. Vuonna 2016 Suomen kansantalouden kokonaispäästöt olivat yhteensä 125,8 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>eq, mistä tuonnin osuus oli noin 53 %, joita ei siis huomioida virallisessa Suomen päästöluvussa. Yleisesti kasvihuonepäästöt ovat nykyisin laskussa ja vuodesta 1990 vuoteen 2020 Suomen vuosittaiset kasvihuonepäästöt ovat vähentyneet noin 32 %. Vuosien 2019 ja 2020 osalta laskua oli noin 9 %, mikä on 4,8 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>eq. (Nissinen & Savolainen, 2020, s. 19). Tilastokeskuksen (Tilastokeskus, 2021-a, s. 11, 12) raportin mukaan koronan osuutta ei voi tarkasti arvioida, mutta esimerkiksi liikenteen kasvihuonepäästöt laskivat 0,8 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>eq. Suomen kasvihuonepäästöjen vuosivaihtelua on esitetty taulukossa 1.

Kasvihuonepäästöjen lyhenne CO<sub>2</sub>eq / CO<sub>2</sub>e / CO<sub>2</sub>ekv tulee hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), metaanin (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduulin (N<sub>2</sub>O) yhteislaskennallisesta ilmastovaikutuksesta. Metaanin ja typpioksiduulin päästöillä kertoimet ovat suuremmat kuin hiilidioksidilla. (VTT, n.d-b).

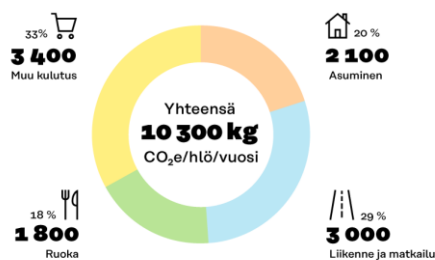
Kaavio 1. Suomen kasvihuonepäästöjen vuosivaihtelu. (Tilastokeskus, 2021a, s. 12)



Kaaviosta 1 voidaan laskea suomalaisen keskimääräinen hiilijalanjälki. Vuoden 2018 Sitran ilmoittamasta tasosta 10 300 kgCO<sub>2</sub>e/hlö/vuosi on hieman tultu alaspäin vuoden 2020 keskiarvon ollessa noin 8 730 kgCO<sub>2</sub>e/hlö/vuosi. Kuvassa 1 on esitetty vuoden 2018 (Sitra, 2018) suomalaisen hiilijalanjäljen muodostuminen. Kuvaajasta voidaan havaita, että liikenteen ja matkailun osuus on melkein kolmannes kokonaispäästöistä.

Kuva 1. Keskiwertosuomalaisen hiilijalanjälki vuonna 2018. (Sitra, 2018)

#### KESKIVERTOSUOMALAISEN HIILIJALANJÄLKI



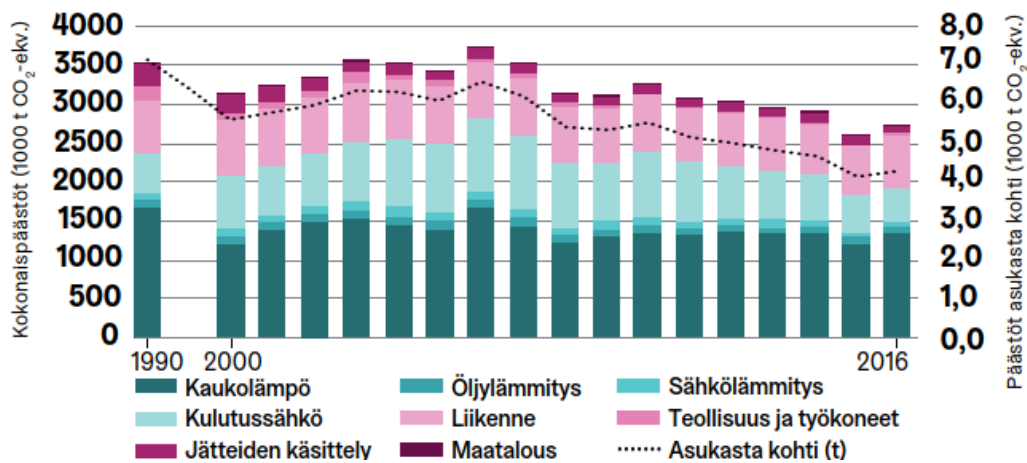
## 2.1 Helsingin kaupungin tavoitteet

### 2.1.1 Hiilineutraali Helsinki 2035

Helsingin kaupunki on ottanut Hiilineutraali Helsinki 2035 ohjelmassaan tavoitteekseen vähentää kasvihuonepäästöjä 80 prosenttia ja loput 20 prosenttia kompensoida muualla

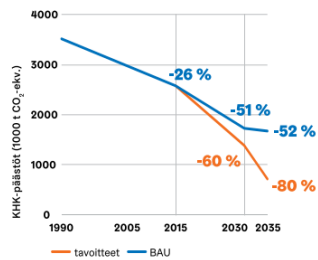
vuoteen 2035 mennessä. Tästä muodostuu Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma (HNH 2035), joka on hyväksytty kaupunginhallituksen toimesta 10.12.2018. Lisäksi vuoden 2021 uudessa ”Kasvun paikka” kaupunkistrategiassa päätettiin aikaistaa hiilineutraalisuustavoitetta vuoteen 2030. HNH 2035 toimenpideohjelma sisältää toimenpiteitä, millä asetettuihin tavoitteisiin voidaan päästä. Lisäksi päästöissä huomioidaan vain kaupungin rajojen sisällä syntyvät päästöt, mutta päästöjen aiheuttajaa ei huomioida. Kuvassa 2 on Helsingin kasvihuonepäästöt päästösektoreittain vuodesta 1990 vuoteen 2016, mistä käy ilmi vuoden 2016 Helsingin kokonaiskasvihuonepäästöjen olleen noin 2,7 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. (Helsingin kaupunki, 2018, s.7, 25; Helsingin kaupunki, 2021, s.23).

Kuva 2. Helsingin kasvihuonepäästöt. (Helsingin kaupunki, 2018, s. 25)



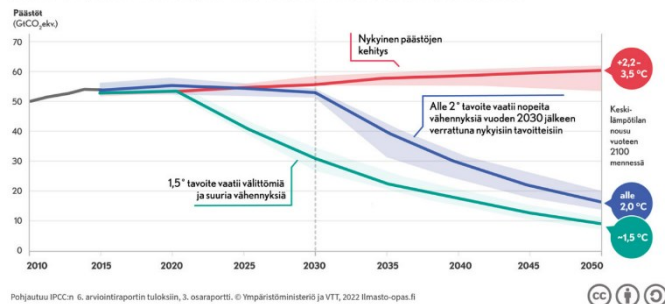
Helsingin kaupungin päästöt ovat laskusuunnasta vuodelta 1990 tasolta, mutta tähän vaikuttaa teknologinen kehitys, esimerkiksi energiatehokkuuden osalta. Kuvassa 3 on Helsingin kasvihuonepäästöjen tavoitteiden kehitys verrattuna nykyiseen luonnolliseen kehitykseen päästöjen osalta. Näin ollen normaalin kehityksen myötä tavoitteisiin ei päästäisi vaan on ryhdyttävä laajempiin toimiin. Sama on todettavissa maailmanlaajuisesti IPCC:n 6. arviointiraportin perusteella, jossa ilmaston lämpenemistä ei pystytä rajoittamaan nykyisillä toimenpiteillä, mikä on esitetty kuvassa 4.

Kuva 3. Päästötavoitteet ja nykyisen mukainen päästökehitys(BAU) vuoteen 2035 asti. (Helsingin kaupunki, 2018, s. 27) sekä kuva 4. IPCC raportin mukainen päästövähennystoimet. (Ympäristöministeriö & VTT, 2022)



#### Nykyiset päästövähennystoimet eivät riitä 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseen.

Valtioiden päästövähennystoumukset eivät ole riittäviä: vuoden 2030 jälkeen vaaditaan päästövähennystahdin kiristämistä, jotta ilmaston lämpeneminen on mahdollista rajata 2 asteeseen



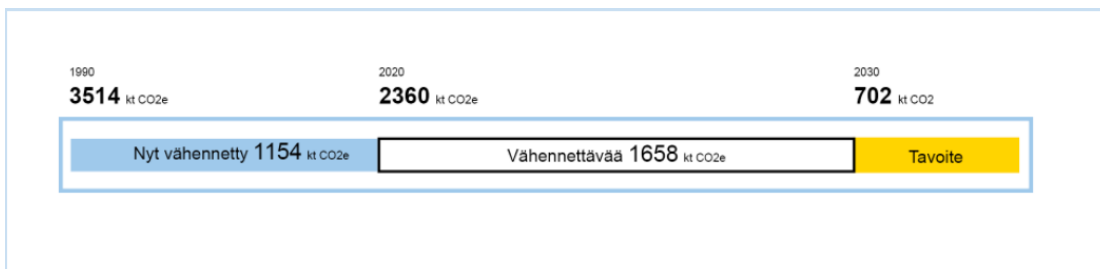
Toimenpideohjelmaan sisältyy seurantatyökalun laadinta, joka osoittaa 147 toimenpiteet seurannan mittarin ja tilanteen Ilmastovahti.hel.fi internetsivustolla. Suoraan infrarakentamiseen liittyvät seuraavat kohdat:

- 44. Kierrätysmateriaalien käytön lisääminen talorakentamisessa, infrarakentamisessa ja ylläpidossa
- 45. Maarakentamisen periaatteet  
Kaivumaiden, kiviaineksen ja purkumateriaalien hyödyntämisen kehittäminen ja jalkauttaminen enemmän käytäntöihin. Osallistutaan myös seudullisen paikkatietopohjaisen maamassatyökalun kehittämiseen ja sen käyttöönottoon.
  - o mittarina on katu- ja puistorakentamisessa muodostuvien maa-aineksen hyötykäyttäminen vähintään 80 prosenttisesti 31.1.2025 mennessä.
- 46. Päästöttömät työmaakoneet  
Liittyä Helsingin green deal -sopimukseen ympäristöministeriön kanssa. Pyritään vähentämään työmaiden koneiden ja laitteiden suoria päästöjä. Päästöissä huomioidaan CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub> ja PM-päästöt. Ensimmäisissä vaiheissa työmaat pyritään saamaan fossiilivapaiksi, esimerkiksi biopoltoaineita käyttämällä ja lopulta

vuoteen 2035 mennessä täysin päästöttömät työmaat. (Helsingin kaupunki, 2018, s. 64; Helsingin kaupunki, n.d-a).

Seurantyökalussa on nähtävillä koko Helsingin kaupungin päästöjen sen hetkinen tilanne. Lukemaa päivitetään säännöllisesti ja myös rakennuttamisen toimenpiteet näkyvät laskelmassa. Kuvassa 5 on päästötilanne 2.1.2022, mikä on haettu helsinginilmastoteot.fi sivulta.

Kuva 5. Helsingin kaupungin päästötilanne 2.1.2022 (Helsingin kaupunki, n.d-b)



### 2.1.2 Green deal -sopimus

Helsingin kaupunki on 9.9.2020 allekirjoittanut Päästöttömät työmaat - Kestävien hankintojen green deal sopimuksen yhdessä Ympäristöministeriön, Senaatti-kiinteistöjen, Espoon, Vantaan ja Turun kaupungin kanssa. Kaupunki on sitoutunut sopimuksen tavoitteisiin, toimenpiteiden toteuttamiseen, seurantaan sekä valvontaan. Sopimuksen tavoitteena on vähentää työmailla syntyviä päästöjä fossiilivapailla polttoaineilla toimivilla työkoneilla ja korvata fossiilisesti tuotettu sähkö ja lämmitys uusiutuvalla energialla tuotettuihin. (Keino. n.d. s. 2-3).

Sopimuksessa määritellään eri termit seuraavasti:

- fossiilivapaat polttoaineet ovat nestemäisiä tai kaasumaisia biopolttoaineita
- fossiilivapaa työmaa
  - o ”työmaa, jossa ei käytetä fossiilisia polttoaineita ja työmaiden sähkönä ja lämmityksessä käytetään uusiutuvista energialähteistä peräisin olevaa sähköä, nestemäistä polttoaineita tai kaukolämpöä”

- päästötön työmaa
  - o työmaalla ei synny suoria kasvihuonepäästöjä eikä haitallisia paikallispäästöjä. (Keino. n.d. s. 2-3).

Kaikkia tavoitteita ei ole tarkoitus saavuttaa heti, vaan sopimuksessa on määritelty eri välitavoitteita. Näitä sopimuksen välitavoitteita voidaan muuttaa sopimusvälillä yhteisesti sopimalla. Nykyisiä välitavoitteita ovat:

- vuoden 2021 loppuun mennessä
  - päästötön työmaa -konsepti, seurantajärjestelmä ja yhteisiä hankintakriteerejä on luotu
  - työmaiden työkoneiden päästöluokka vähintään Stage IIIB ja kuorma-autot vähintään taso Euro V.
- vuoden 2022 loppuun mennessä
  - päästötön työmaa -konsepti on käytössä
  - seurantajärjestelmä on käytössä
  - hankintayksikön omat työmaat, joissa toimitaan itse päätoteuttajana, ovat fossiilivapaita
  - työmaiden koneet ovat vähintään luokkaa Stage IV ja kuorma-autot Euro VI.
- vuoden 2025 loppuun mennessä
  - työmaat ovat fossiilivapaita
  - kaikkien työmaiden työkoneet ja työmaiden sisäiset kuljetukset käyttävät 100% fossiilivapaita polttoaineita ja niistä 20% toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä.
- vuoden 2030 loppuun mennessä
  - työmaiden työkoneet ja työmaiden sisäiset kuljetukset sekä kuljetukset työmaalle ja sieltä pois käyttävät 100% fossiilivapaita polttoainetta. Näiden lisäksi vähintään 50% toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä
  - työmaiden ulkopuolisissa kuljetuksissa kuorma-autot vähintään tasoa Euro VI. (Keino. n.d. s. 2-5)

Eri hankintayksiköt raportoivat toimenpiteistään ja tuloksistaan vuosittain, joiden perusteella arvioidaan vaikutukset tietyn väliajoin, mutta vähintään vuosina 2026 ja 2031. Sopimusta voidaan myös tarpeen tullen päivittää lisätoimenpiteillä, jos ministeriö näkee asian tarpeelliseksi ja sopimuksen johtoryhmä päättää yhteisesti päivityksestä.

Hankintayksiköt voivat myös erota sopimuksesta ja myös ministeriö voi erottaa hankintayksikön sopimuksesta, jos hankintayksikkö laiminlyö sopimuksen sisältöä toistuvasti. (Keino. n.d. s. 8-10)

## 2.2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on toiminnallinen opinnäytetyö. Tavoitteena on laatia Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimialan Projektirakennuttamisen ja Alueellisen rakennuttamisen yksiköille vähäpäästöinen työmaa konsepti infrahankkeisiin pilottityönä ja arvioida vaatimuksien seuraukset ja muokata vaatimuksia saatujen kokemusten myötä. Vaatimuksien tavoitteena on green deal -sopimuksen ja HNH 2035 toimenpideohjelman kohdistuvat tavoitteiden täyttyminen infrarakentamisen osalta ja päivitetään infrahankkeiden urakkakilpailutuksien kaupalliset malliasiakirjat.

Vaatimukset laaditaan yhteistyössä Kaupunkiympäristön toimialan hankintapalveluiden ja ympäristöpalveluiden kanssa ja kohdistuvat infrahankkeiden työkoneisiin, kuljetuskalustoon sekä käytettäviin pienkoneisiin. Vähennyksen osalta päästöjen tutkimuksissa keskitytään kasvihuonepäästöihin, jotka syntyvät työmaiden käyttämistä polttoaineista, mutta myös sivutaan kehittyneiden moottoreiden vaikutukset päästöihin.

Tutkimuksessa hyödynnetään tietoperustana sopimuksia, joihin Helsingin kaupunki on liittynyt ja oleellisimpana green deal -sopimusta. Lisäksi hyödynnetään muuta yleistä koottua ja tutkittua tietoa liittyen työmaiden kasvihuonepäästöihin ja polttoaineisiin. Kansainvälisistä lähteistä merkittävien on polttoaineiden kasvihuonepäästöjen laskentaan liittyvät Euroopan komission tutkimuslaitoksen polttoaineisiin perustuvat tutkimukset.

Pilotissa kerätään työmaalta tietoja polttoaineen käytöstä ja työmaan kalustosta, joita hyödynnetään tutkimuksessa ja vaatimuksien kehittämisessä. Lisäksi vaatimuksien vaikutuksista urakoitsijoihin ja vaatimuksien jatkokehittämiseksi käytetään kyselytutkimusta, joka toimitetaan vaatimuksissa mukana olevissa urakoitsijoille.

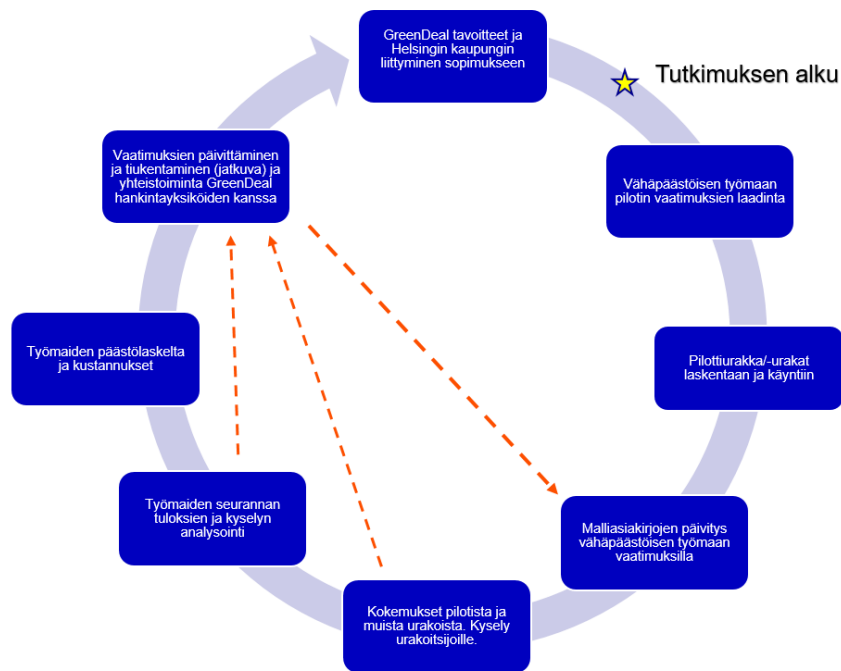
Tutkimuksen tavoitteina ja kysymyksinä ovat:

- pilotoida vähäpäästöinen työmaa -konsepti ja muokata vaatimuksia saatujen kokemusten myötä
- arvioida vaatimuksien saavutettu päästövähennys
- arvioida päästövähennyksien kustannusvaikutus
- selvittää vaatimuksien muut vaikutukset urakoitsijoihin ja niiden myötä kehittää vaatimuksia.

## 2.3 Tutkimusprosessi

Tutkimuksen tutkimusprosessi on esitetty kuvassa 6.

Kuva 6. Tutkimusprosessi



Tutkimuksen aluksi asetettiin tavoitteena laatia Helsingin kaupungin infrarakennuttamisen pilottihankkeelle vähäpäästöisen työmaan vaatimukset, jotta Päästöttömät työmaat -green deal sopimuksen mukaisista velvoitteista saadaan käytännön kokemuksia. Tästä myös muodostui aiheen valinta. Vaatimuksien laadinta edellytti green deal sopimuksen sisällön läpikäyntiä ja tutkimusta edeltäneen markkinavuoropuhelun sisällön tulkintaa, jotta realistiset vaatimukset on mahdollista asettaa.

Vaatimuksien muodostamisen ja laatimisen jälkeen pilottiurakka voitiin laittaa laskentaan ja samalla päivittää malliasiakirjoja sekä ohjeistaa muita urakoiden valmistelussa.

Vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien mukaisista työmaiden osalta seurataan niiden edistymistä sekä vuoden 2021 loppupuolella, kun pilotti oli edennyt jo tarpeeksi pitkälle, laadittiin kyselytutkimus mukana olleille urakoitsijoille ja heidän työkoneiden ja kuljetuskaluston aliurakoitsijoilleen.

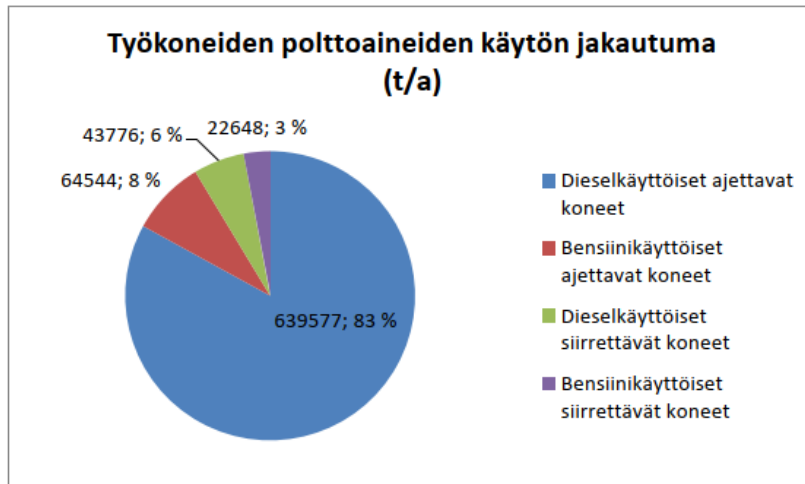
Kyselyn ja pilotin sekä muiden työmaiden seurannan tuloksien analysoinnin jälkeen voitiin laskea työmaiden päästöt ja kustannukset sekä kehittää vähäpäästöisen työmaan vaatimuksia edelleen. Tutkimuksen lopulla myös malliasiakirjat päivitettiin uudelleen.

Koko prosessiin kuuluu myös säännölliset palaverit muiden green deal -sopimuksen hankintayksiköiden kanssa. Palavereissa kerrotaan eri tilaajien havainnoista ja kokemuksista, mistä alun kokemukset pohjautuivat tutkimuksen pilotin kokemuksiin. Tätä prosessin vaihetta ei ole erikseen kuvattu tutkimuksessa, koska niiden sisältö kuuluu tutkimuksen alakohtiin.

### **3 Infratyömaiden päästöt nykyisin**

Maailmanlaajuisesti rakennusteollisuus aiheuttaa 23 % CO<sub>2</sub> päästöistä ja tästä osuudesta noin 5,5% aiheutuu fossiilisten polttoaineisen kulutuksesta työmailla. (Big buyers Initiative, s. 1). VTT (Nylund ym, 2016, s. 8) on arvioinut vuoden 2015 Suomen tieliikenteen ja työkoneiden kasvihuonepäästöiksi yhteensä 12,7 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>eq. Tästä työkoneiden osuus on hieman alle 2,5 miljoonaa tonnia. Näissä luvuissa on huomioitu kaikki polttoainemuodot ja työkoneissa käytettävä polttoaine jakautuu kaavion 2 mukaisesti, missä dieselin tai kevyen polttoöljyn osuus on noin 90 % polttoaineista. Bensiiniä käytetään lähinnä vain keveissä työkoneissa. Huomiona päästöjen osalta tosin, että bensiinikäyttöiset työkoneet muodostavat noin 71% koko työkoneiden hiilivetypäästöistä. VTT:n määrittämisessä 90 % päästöjen aiheuttajien työkoneista ovat esitetty taulukossa 1. (Nylund ym, 2016, s. 8)

Kaavio 2. Työkoneiden polttoaineiden käytön jakautuminen (Nylund ym, 2016, s. 7)



Taulukko 1. Työkoneiden kasvihuonepäästöt ja jakauma kokonaispäästöjen osalta.

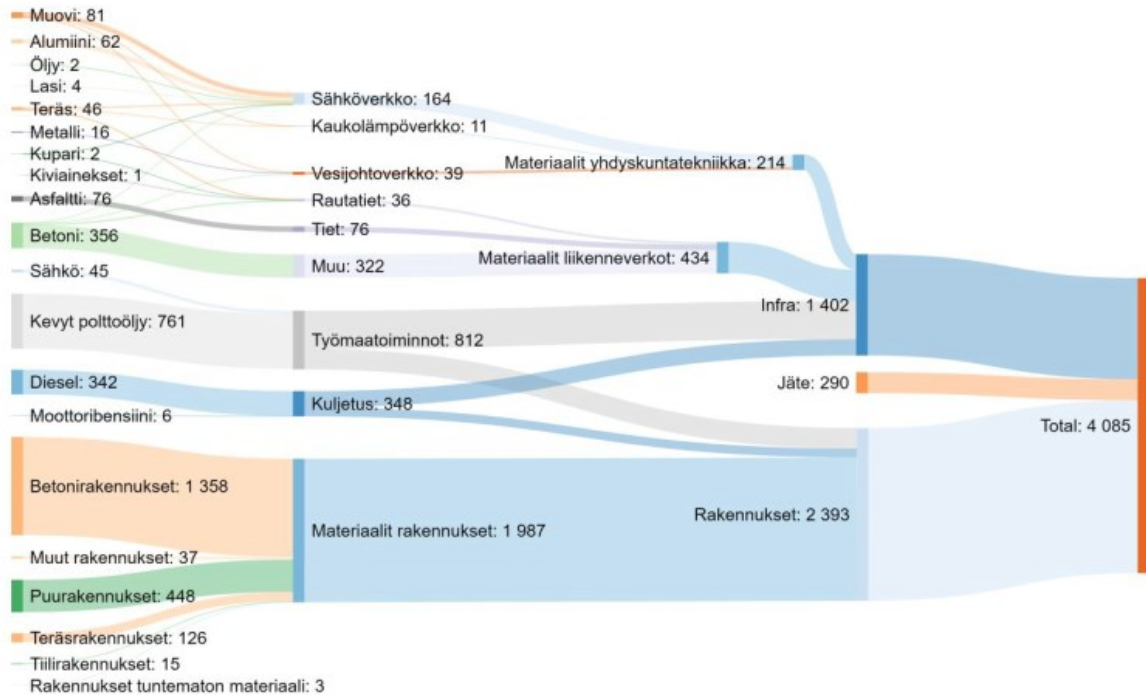
(Markkanen &amp; Lauhkonen, 2021. s. 5)

#	Käyttövoima	Työkonerihmä	tCO <sub>2</sub> ekv	%
1	diesel	Maataloustraktorit	390 326	16 %
2	diesel	Pyöräkuormaajat	385 994	32 %
3	diesel	Kaivukoneet, tela-alustaiset	367 712	47 %
4	diesel	Hakkuukoneet (Moto)	216 006	56 %
5	diesel	Haarukatrukit, diesel	173 047	63 %
6	diesel	Dieselgeneraattorit	111 288	68 %
7	diesel	Metsätraktorit	106 599	72 %
8	diesel	Kaivukoneet, pyöräalustaiset	83 540	76 %
9	diesel	Leikkuupuumurit	51 350	78 %
10	diesel	Muut traktorit	42 923	79 %
11	bensiini	Ajoruhonleikkurit, bensini	41 487	81 %
12	bensiini	Moottorikelkat 2-tahti, muu käyttö	33 140	82 %
13	diesel	Muut ajettavat dieseltöykoneet	32 043	84 %
14	diesel	Kompressorit	29 617	85 %
15	diesel	Teleskooppikurottajat	29 347	86 %
16	bensiini	Ruohonleikkurit, bensini	27 056	87 %
17	diesel	Monitoimikoneet	25 953	88 %
18	diesel	Tiehöylät	24 760	89 %
19	diesel	Traktorikaivurit	23 847	90 %

Rakennusalan työkoneiden osuutta ei saa taulukosta suoraan, mutta rakennusteollisuuden tilauksesta Gaia Consultin Oy on raportissaan (Gaia Consulting, 2020, s.60, 72-73) arvioinut rakentamisen työkoneiden polttoaineiden kulutuksen päästöiksi noin 760 000 tCO<sub>2</sub> vuodessa ja infratyömaiden kuljetuksien osalta noin 348 000 tCO<sub>2</sub> vuodessa. Yhteensä nämä ovat noin 1,1 miljoonaa tCO<sub>2</sub>, joskin näissä ei ole huomioitu bensiinikäyttöisiä työkoneita. Raportissa on myös arvioitu maarakennustöiden työkoneiden polttoaineiden päästöosuudet erikseen infra- ja talokohteiden välillä, missä infratyömaan osuus on 492 000 tCO<sub>2</sub> ja talonrakennustyömaan osuus on 268 000 tCO<sub>2</sub>. Sähkön kulutuksen päästön osuus on noin 45 000 tCO<sub>2</sub>. Infrarakentamisen CO<sub>2</sub> päästöt on esitetty kuvassa 7. HSY:n (HSY, 2021) pääkaupunkiseudun päästöseurannan taulukossa vuoden 2020 osalta Helsingin teollisuuden

ja työkoneiden päästöt olivat 49 000tCO<sub>2</sub>e. Kuorma-autojen päästöt Helsingissä olivat vuonna 2020 noin 103 000 tCO<sub>2</sub>eq, mutta tässä luvussa on huomioitu kaikki kuljetukset eikä vain työmaiden raskaan kuljetuskaluston päästöjä.

Kuva 7. Infrarakentamisen päästöt (Gaia Consulting Oy, 2020, s.60)



Työmailla työkoneiden, raskaan kuljetuskaluston ja muiden koneiden käyttämästä polttoaineesta syntyy myös muita kuin hiilidioksidiekvivalenttia kuvaavia päästöjä. Näitä ovat pienhiukkaset (PM), typen oksidit (NO<sub>x</sub>) ja hiilivedyt (HC).

Pienhiukkaset (PM) syntyvät polttoaineiden palamisessa ja ne ärsyttävät silmiä, nenää ja kurkkua ja voivat aiheuttaa lievää hengenhdistusta. Astmaatikoille ja iäkkäille voi myös aiheutua vakavampia hengitystie- ja sydänoireita. (Ilmatieteenlaitos, n.d.-a)

Typen oksidit (NO<sub>x</sub>) ovat typpimonoksiedeita, typpidioksiedeja ja typpiyhdisteitä, jotka muodostuvat polttomoottoreissa ilman typen sitoutuessa happeen. (VTT, n.d.-d). Haitallisin typen oksideista on typpidioksidi (NO<sub>2</sub>), joka aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä ja luonnossa aiheuttaa rehevöitymistä ja happamoitumista. Etenkin keskustoissa typpidioksidi on ongelmallista, koska rakennuksien välissä saasteet eivät poistu tehokkaasti.

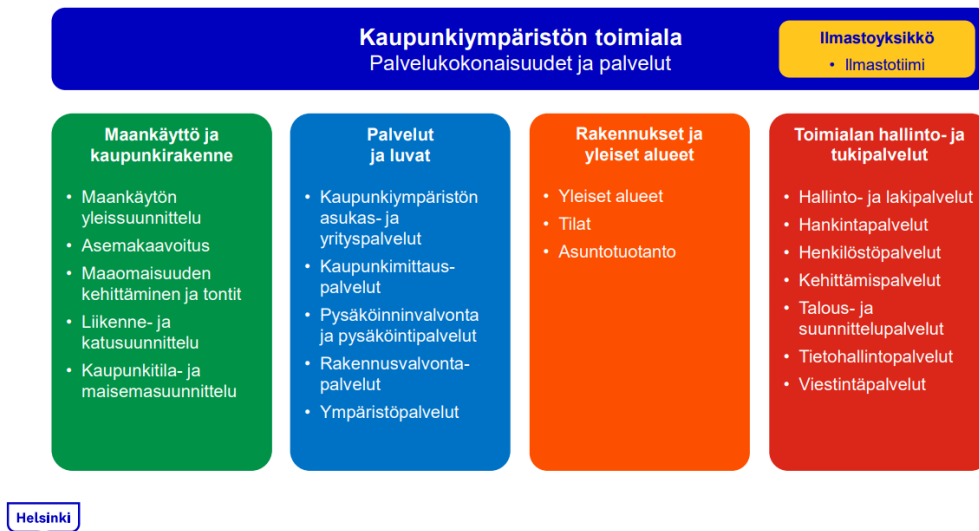
Hiilidioksidiekvivalentti sisältää myös typen oksideista typpioksiduulin. (Ilmastotieteenlaitos, n.d.-b)

Hiilivedyt (HC) sisältävät satoja eri hiilivetyjä ja ovat niiden yhteisnimitys. Ne muodostuvat pääasiassa palamattomasta polttoaineesta, kun polttoaine ei pala täydellisesti. Useiden hiilivety päästöjen orgaaniset yhdisteet sisältävät syöpää aiheuttavia aineita eli ovat karsinogeenia. (VTT, n.d.-f)

#### **4 Helsingin kaupungin infrarakennuttaminen**

Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristötoimiala huolehtii ”Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta”.(Helsingin kaupunki, n.d.-d). Toimiala koostuu neljästä eri kokonaisuudesta, jotka on esitetty kuvassa 8. Rakennukset ja Yleiset alueet - palvelukokonaisuus vastaa kaupungin omistamien yleisten alueiden sekä rakennuksien hallinnasta, rakentamisesta ja kunnossapidosta sekä asuntotuotannosta. Rakennuksen ja yleiset alueet palvelukokonaisuus on jaettu kolmeen eri palveluun, joista ”Yleiset alueet - palvelu vastaa katujen, puistojen ja muiden yleisten alueiden hallinnasta, rakennuttamisesta ja kunnossapidosta.” (Helsingin kaupunki, n.d.-e). Yleiset alueet -palvelun organisaatiokaavio on esitetty kaaviossa 3. Infrarakennuttamisen Projektirakennuttaminen -yksikkö ja alueellinen rakennuttaminen -yksikkö rakennuttavat Helsingin kaupungin talousarvion ja katusuunnitelmien mukaisia kohteita ja näihin liittyviä esirakentamisen kohteita.

Kuva 8. Helsingin Kaupunkiympäristö -toimialan organisaatio (Helsingin kaupunki, n.d.-c)

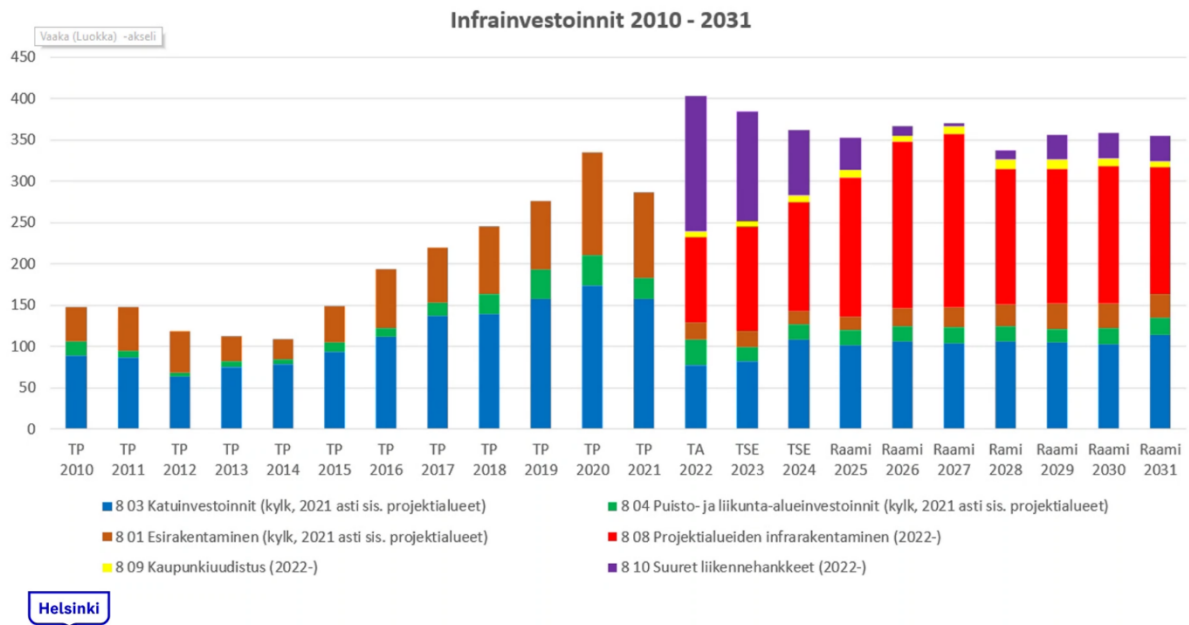


Kaavio 3. Yleiset alueet -palvelun organisaatiokaavio (Helsingin kaupunki, n.d.-f)



Infrarakennuttamisen vuosikustannukset vaihtelevat vuosittain ja lähivuosina suuri osa investoinneista liittyy suuriin liikennehankkeisiin, joita ovat mm. Kruunusillat ja Kalasatamasta Pasilaan -raitiotiehankkeet. Vuoden 2021 kokonaisinvestoinnit infrarakentamisessa olivat noin 280 miljoonaa euroa ja vuoden 2022 talousarvio on 400 miljoonaa euroa (Pipinen, 2022). Vuosien 2010–2021 toteutuneet infrainvestoinnit ja tulevien vuosien ennusteet on esitetty kuvassa 9.

Kuva 9. KYMP infrainvestoinnit 2010–2031. (Pipinen, 2022)



#### 4.1 Urakoiden hankinnat nykyisin

Projektirakennuttamisen -yksikön urakat rakennutetaan tavanomaisesti kokonaishintaurakkamuodolla, koska se on tuttu ja kustannustehokas toimintatapa, missä urakoitsija sitoutuu tekemään rakennustyön kiinteällä kokonaishinnalla (Junnonen & Kankainen, 2016, s. 69). Kokonaishintaurakkamuotoa puoltaa myös se, että rakennuttamistoimeksiannoissa suunnitelmat ovat jo laadittu valmiiksi Maankäyttö ja kaupunkirakenne -palvelukokonaisuuden Liikenne ja katusuunnittelu -yksikön toimesta. Urakoiden rakennuttamisen valmistelussa hyödynnetään valmiita kaupallisten asiakirjojen malliasiakirjapohjia, joihin päivitetään urakkakohtaiset tiedot. Oleellimmat urakan valmistelussa muokattavia kaupallisia asiakirjapohjia ovat urakkaohjelma ja urakkarajaliite sekä niiden liitteet. Näiden pohjalta laaditaan tarjouspyyntö. Myös muissa kuin kokonaishintaurakassa käytetään samoja asiakirjoja hieman eri sisällöllä, ja myös niiden laadinnassa hyödynnetään olevia malliasiakirjapohjia.

Urakkaohjelma sisällytetään tarjouspyynnön sopimusasiakirjaksi rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukaisesti. Urakkaohjelma käsittelee hankkeen kaupalliset ehdot ja oleellimmat hanketta koskevat tiedot tilaajan ja urakoitsijan välillä.

Urakkaohjelmassa ei käsitellä rakennusteknisiä tietoja, mutta sellaisia tietoja, joilla on

taloudellisia merkityksiä. Näitä tietoja ovat esimerkiksi urakkamuoto, rakennuskohteen olosuhteet, urakka-aikataulun, sanktiot sekä tilaajan ja urakoitsijan välinen vastuunjako. (Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 9,10)

Urakkarajaliitteeseen sisällytetään muun muassa työmaan hallintojärjestelyt, vastaanoton asiat ja urakoitsijoiden väliset urakkarajat. Erityisesti on kirjattava suoritusvelvollisuuden ja urakan suorittamiseen vaikuttavat tekijät. Myös turvallisuusasiakirja lisätään yleensä urakkarajaliitteen liitteeksi. (Junnonen & Kankainen, 2016, s. 71, 72)

Sekä urakkaohjelma että urakkarajaliitteiden laadintaohjeet sisältävät ympäristöasioita. Urakkaohjelman ohje sisältää ympäristöosion, jossa esitetään esimerkiksi ympäristönsuojelun, purettavien materiaalien omistuksen sekä ongelmajätteen ohjeistus. Urakkarajaliitteen laadintaohje sisältää esimerkiksi ympäristöturvallisuuden, pölyn leviämisen estämisen sekä työmaan ympäristösuunnitelman. (Junnonen & Kankainen, 2016, s. 70, 72)

## **5 Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset pilotissa**

### **5.1 Vaatimuksien laadinta**

Vaatimuksien lähtökohtana oli Päästöttömät työmaat -green deal sopimus ja Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman asettamat tavoitteet. Tavoitteiden saavutettavaksi Helsingin kaupungin infrahankinnoissa oli vaadittava työkoneiden osalta vähintään Stage IIB -luokkaa ja raskaan kuljetuskaluston osalta vähintään Euro 5 -luokkaa. Näiden lisäksi yleisenä vaatimuksena oli fossiilittoman polttoaineen eli uusiutuvan HVO dieselin käytön vaatiminen pääasiallisena polttoaineena, ellei urakoitsijalla ole käytettävissä sähköisiä tai muita vaihtoehtoisia uusiutuvia energiamuotoja käyttäviä työkoneita tai kuorma-autoja.

Green deal -sopimuksen sisältöön liittyen Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristö toimialan rakennuttamisen -palvelu, hankintapalvelut ja ympäristöpalvelut järjestivät 9.12.2019 markkinavuoropuhelutilaisuuden alan toimijoille koskien uusia tulevia vaatimuksia. Tilaisuudessa pääasiassa esiteltiin green deal -sopimuksen lähtökohdat ja kysyttiin urakoitsijoiden mielipiteitä mahdollisuudesta kyetä tuleviin vaatimuksiin. Tämä

markkinavuoropuhelu toimi lähtötietoina tälle tutkimukselle, mutta itse tutkimuksessa markkinavuoropuhelua ei pidetty. Markkinavuoropuhelun perusteella urakoitsijat saivat toimittaa lisäkysymyksiä ja havaintoja Helsingin kaupungille. Urakoitsijoista muun muassa Skanska toimitti Projektirakennuttamisen yksikön päällikölle tiedoksi aliurakoitsijoilleen laatimansa kyselyn (Skanska, 2020), jonka perusteella vaatimuksien aloitustaso oli määriteltävissä.

Lopulliset vaatimukset laadittiin yhteistyössä projektirakennuttamisen ja hankintapalveluiden kesken ja ne vielä hyväksyttiin ympäristöpalveluissa. Tällä tavalla toiminnassa saatiin rakennuttamisen, hankinnan ja ympäristön näkökulmat huomioitua. Lisäksi vaatimuksien laadinnan aikana todettiin, että pilotin laskenta-aikana saadaan urakoitsijoilta tarjouslaskennan aikana toimittavat mahdolliset lisäselvityspyynnöt. Saatujen kysymyksen pohjalta vaatimuksien sisältöä voisi tarkentaa.

Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset päätettiin laittaa malliasiakirjojen urakkarajaliitteen ympäristövaatimukset kohtaan, johon oli malliasiakirjoissa ennestään koottu ympäristön suojelua, ympäristön turvallisuutta ja ympäristön laatusuunnitelmaa koskevat asiat (Nurmi, 2020). Vaatimukset olisi yhtä hyvin voinut kirjata urakkaohjelmaan omana kohtanaan, mutta kaikkien ympäristöasioiden täydentäminen samaan paikkaan nähtiin perusteltuna. Urakkaohjelmaan kuitenkin kirjattiin maininta, että työmaa rakennetaan vähäpäästöisenä työmaana.

### **5.1.1 Polttoainevaatimus**

Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset polttoaineille ovat green deal -sopimuksen kautta otettuja määrityksiä. Polttoaineina hyväksytään fossiilittomat polttoaineet, joita ovat biokaasu, vety, etanoli (esim. ED95) ja EN 19540 standardin mukainen uusiutuva HVO diesel tai uusiutuva HVO moottoripolttoöljy. Vaatimus koskee työmaan työkoneita ja raskasta kuljetuskalustoa. (Keino-osaamiskeskus, n.d.; Malin, M. & Huvila, H. 2020)

Polttoainevaatimuksilla tavoitellaan fossiilivapaita työmaita ja kasvihuonepäästöjen pienentämistä. (Malin, M. & Huvila, H. 2020). Hyväksytyistä polttoaineista ja niiden sisällöstä on kerrottu seuraavissa alaluvuissa.

### 5.1.1.1 Uusiutuva HVO diesel / HVO moottoripolttoöljy

EN 15940 standardin mukainen HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) diesel on vetykäsiteltyä kasviöljyä ja sitä kutsutaan myös useasti uusiutuvaksi dieseliksi. HVO diesel valmistetaan vetykäsittämällä eri raaka-aineista syntyviä rasvoja ja öljyjä, mitkä ovat tyypillisesti jätteitä ja tähteitä. HVO diesel täyttää standardin EN15940 ja se eroaa tavallisesta biodieselistä (FAME) valmistusprosessin myötä ja loppulaadun osalta. FAME biodiesel saattaa sisältää epäpuhtauksia ja HVO dieselin etu siihen nähden on myös pienemmät typen oksidien päästöt ja parempi kylmäkestävyys. HVO dieseliä voi tyypillisesti käyttää kaikissa dieselmoottoreissa, kun taas tavallista biodieseliä eivät kaikki moottoreiden valmistajat suosittele. (EAFO, n.d) (ST1, n.d) (Neste, 2016)

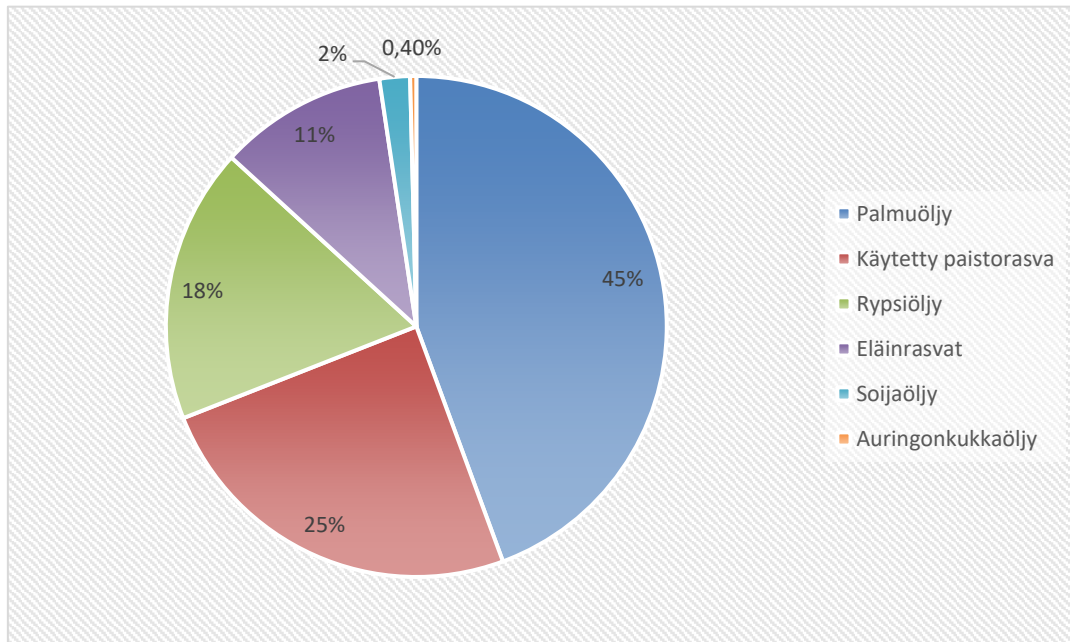
HVO dieselin kasvihuonepäästöt ovat huomattavasti pienemmät verrattuna fossiilisen dieselin päästöihin. Neste (Neste, n.d(d)) itse on arvioinut näiden olevan noin 50-90% riippuen käytetyistä raaka-aineista. Myös Euroopan tutkimuslaitoksen JEC raportit osoittavat tämän saman. Nesteen mukaan verrattaessa perinteiseen rikittömään dieseliin uusiutuvan HVO dieselin käytössä muodostuu myös vähemmän paikallispäästöjä, joista:

- pienhiukkasten määrä 33 % pienempi
- typen oksidien määrä 9 % pienempi
- hiilivetyjen määrä 30 % pienempi
- hiilimonoksidipäästöjä 24 % vähemmän.

Suurin hyöty tulee, kun raaka-aineena käytetään jäte- ja tähderaaka-aineita ja näistä etenkin käytetty paistorasva. Euroopan komission tutkimuslaitoksen JRC:n raportissa (Prussi, M. yms, 2020-a, s.118) on arvioitu vuoden 2017 osalta HVO dieleseissä käytettyjä raaka-aineita sekä niiden prosenttiosuuksia. Nämä on esitetty kuvaajassa 3, mutta on huomioitava, että raportissa on pieni virhe kokonaismäärän osalta eikä raportista selviä mihin raaka-aineeseen tämä 1,4 prosenttiyksikön virhe kohdistuu. Lisäksi on huomioitava eri valmistajien käyttämät raaka-aineet ja niiden suhteet, mutta näitä tarkkoja tietoja ei ole kuitenkaan saatavilla. Esimerkiksi Neste ilmoittaa sivuillaan, että palmuöljyn osuus olisi vain 7 % raaka-aineiden kokonaiskäytöstä ja Suomessa myytävässä Nesteen HVO dieselissä ei olisi käytetty yhtään palmuöljyä. Palmuöljyn rasvahapot on kuitenkin edelleen merkittävä raaka-aine, joka syntyy palmuöljytuotannon jätteistä/tähteistä. Sen tarkkaa osuutta palmuöljyn

kokonaiskäytöstä ei ole tutkimuksen tiedossa. (Neste, 2020, s. 40; Neste, n.d.-a; Neste, n.d.-b; Neste, n.d.-c)

Kaavio 4. HVO diesel raaka-aineet 2017. (Prussi, M. yms, 2020-a, s 118)



JEC raportissa ei ole tarkemmin laskettu puuttuvien raaka-aineiden (0,4 %) osuutta, mutta raportin mukaan näitä kuvastaa hyvin käytetyn paistorasvan tiedot, eli niitä pidetään tähteitä. Näitä ovat muun muassa Nesteen käyttämä tekninen maissiöljy, joka on etanolituotannon tähde ja puuntuotannosta tulevat raaka-aineet kuten UPM:n BioVerno dieselissä käytetty raakamäntyöljy, joka on selluntuotannosta syntyvä tähde. (Neste, n.d.-b; UPM, n.d). Vuoden 2025 ennusteen osalta raaka-aineiden suhteen ovat lähestulkoon samat, mutta palmuöljy on täysin kestäväällä tavalla tuotettua ja uusia käytettäviä raaka-aineita on tullut markkinoille. (Prussi, M. yms, 2020-a, s 119)

#### 5.1.1.2 Biokaasu

Uusiutuvaa biokaasua voidaan käyttää liikenteen polttoaineena ja teollisuudessa. Biokaasu syntyy orgaanisten jätteiden käsittelyssä, jossa jätteitä syövät mikrobit synnyttävät metaania. Jätettä mädätetään noin kolme viikkoa 37 asteen lämpötilassa, jonka jälkeen siitä poistetaan epäpuhtaudet ja hiilidioksidi. Biokaasun valmistuksessa syntynyt jäännös voidaan hyödyntää esimerkiksi kierrätyslannoitteena. (Gasum Oy, n.d-a).

Gasum (Gasum Oy, n.d-a) hyödyntää raaka-aineina teollisuuden biohajoavia jätteitä, kaupan pilaantuneita elintarvikkeita, kuluttajien biojätteitä, jätevedenpuhdistamoiden lietteitä ja maatalouden lantaa ja peltobiomassaa.

Ajoneuvokäytössä oleva biokaasu on noin 95–98 prosenttisesti metaania ja se joko paineistetaan (CBG) tai nesteytetään (LBG) ajoneuvokäyttöön. Raskaassa kalustossa käytetään yleisesti nesteytettyä kaasua ja paineistettua kaasua esimerkiksi henkilöautoissa, jakeluautoissa tai linja-autoissa. (Gasum Oy, n.d-b). Biokaasussa ei tule käytönaikaisia laskennallisia kasvihuonepäästöjä, kun huomioidaan biomassan sitoutuneet hiilidioksidit, mutta raaka-aineiden kuljetuksessa, tuotannossa sekä jakelussa syntyy päästöjä. Bensiiniin verrattuna biokaasulla voidaan saavuttaa jopa 90 prosenttia pienemmät kasvihuonepäästöt. (Gasum Oy, n.d-d)

Nesteytetty biokaasu valmistetaan jäähdyttämällä kaasu -162 asteiseksi, jolloin siitä muodostuu kirkasta, väritöntä ja myrkytöntä nestettä. Nesteenä kaasun tilavuus on 600 kertaa pienempi kuin kaasuna, jolloin varastointi ja kuljetus ovat helpompia. Nesteytetty maakaasu (LNG) valmistetaan samalla tavalla, mutta kaasuna käytetään maakaasua, joka on fossiilista. (Gasum, n.d-c)

### 5.1.1.3 Vety

Vetyä valmistetaan yleisimmin maakaasusta, josta rikotaan vedyn ja hiilen kemialliset sidokset, jonka jälkeen hiilidioksidi hapetetaan, jotta tuotteena saadaan vetyä ja hiilidioksidia. Puhtain vety valmistetaan vedestä, joka hajotetaan elektrolyysissä vedyksi ja hapeksi sähköenergian avulla. Tällöin kuitenkin sähkönsäilytys on suurta ja myös hinta on korkea. Ympäristöystävällisintä vetyä saadaan uusiutuvalla sähköllä tuotettaessa. (Motiva, n.d.)

Vedyn etuna on sen suuri energiansisältö, joka on melkein kolminkertainen verrattuna dieseliin. Puutteena on sen varastointi mahdollisuudet, koska kaasumaisena vety on säilöittävä korkea paineisena, joka vaatii säiliöltä paljon. Toinen tapa säilöä vetyä, on muuttaa se nestemäiseksi -253 celsiusasteessa. Nestemäinen vety vaatii myös säiliöltä paljon ja

säiliötä on jäähdytettävä jatkuvasti, ettei se muutu takaisin kaasuksi. Tulevaisuudessa vetyä mahdollisesti säilytetään metallihybrideissä, jotka eivät pysty sitomaan vetyä suuria määriä, mutta varastointi on helpompaa. Myös käytettävyys esimerkiksi akkuihin verrattuna tuotena sähkön varastoinnin. Tällöin vedyn hyödyntää polttokennot. (Motiva, n.d.)

#### 5.1.1.4 Etanoli

Etanolin ED95 on diesel moottoreiden polttoaine. ED95 sisältää 95 prosenttia bioetanolia ja loppu on sytytystä parantavia ainesosia. Etanolia valmistetaan jätteistä ja tähteistä. Norjan liikenteen tutkimuslaitoksen raportissa tutkittiin ED95 polttoainetta ja tällöin polttoaineen raaka-aineena hyödynnettiin sahan heikkoja puulaatuja. (Hagman R. & Amundsen, A., 2014, s. 1,2, 7)

Raportissa tutkittiin etanolin päästöjä ja testissä saavutettiin 80 prosenttia pienemmät päästöt verrattuna fossiiliseen dieseliin, mutta samassa todettiin kulutuksen nousseen 20 prosenttia. Etanolin haittapuolena on myös tiheämmät huoltovälit ja suuremman kulutuksen vuoksi niiden käyttö vaatii suuremmat polttoainetankit. (Hagman R. & Amundsen, A., 2014, s. 6, 17)

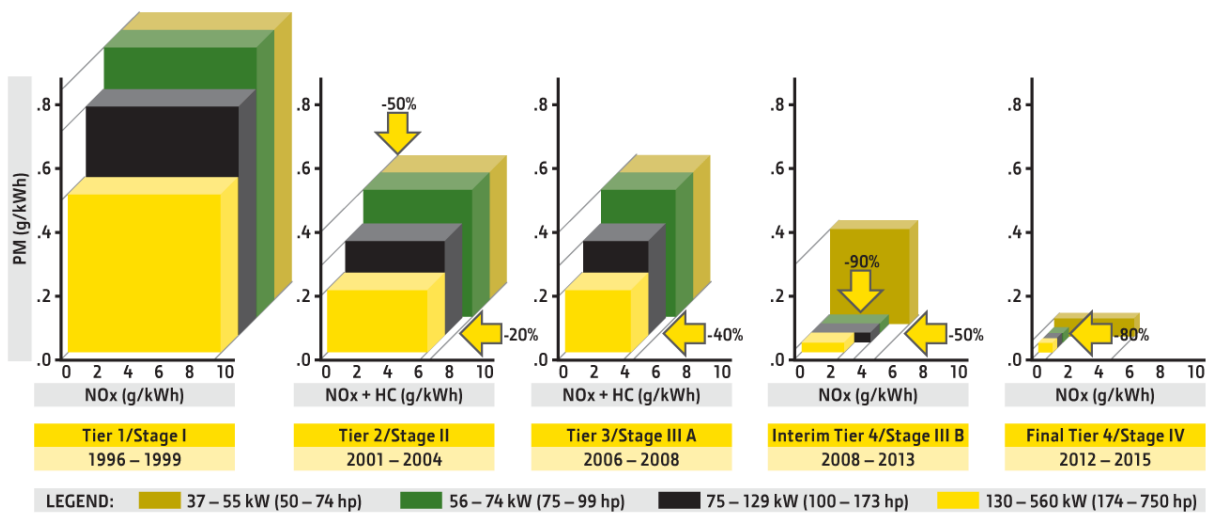
#### 5.1.2 Työkoneet

Polttoainevaatimuksen jälkeen merkittävä muutos on työkoneiden Stage IV-luokan edellyttäminen. Stage -luokitukset vaikuttavat työkoneiden häkä-, typenoksidi-, pienhiukkas-, hiilivetyjen- ja ammoniakkipäästöihin ja luokitukset ovat peräisin EU:n direktiiveistä. Etenkin typen oksidien (NOx) ja pienhiukkaspäästöjen (PM) alenema on merkittävä STAGE-luokituksilla. Luokitusten vaikutukset dieselmootoreiden pienhiukkas- ja typen oksidien päästöihin on esitetty John Deeren arviossa kuvassa 10. Stage-luokitukset ja niiden päämuutokset ovat seuraavat:

- STAGE I: 1999
- STAGE II: 2001–2005
- STAGE IIIA: 2006–2007; Koskee moottoreita teholtaan 19–560 kW
- STAGE IIIB: 2011–2013; toi mukanaan hiukkassuodattimen

- STAGE IV: 2014; Koskee moottoreita, joiden teho 56–560 kW.  
Typenoksidipäästöjen (NOx) raja-arvojen kiristyminen. Käytännössä pakokaasut on käsiteltävä SCR-jälkikäsitteilyllä eli urealiuoksella.
- STAGE V: 2019–2020; vuonna 2019 moottorit teholtaan alle 56 kW ja yli 130 kW.  
Vuodesta 2020 alkaen kaikkien moottoreiden kokoluokassa ja alle 56 kW tehoisten osalta vaatimus koskee vain dieselmoottoreita. Yli 560 kW generaattoreita koskee tiukemmat vaatimukset kuin nämä ovat. (Motiva, 2020).

Kuva 10. STAGE-luokituksen vaikutukset typen oksidien (NOx), pienhiukkanen (PM) ja hiilivetypäästöihin (HC) (John Deere, n.d.)



Markkinavuoropuhelun jälkeen urakoitsijat toimittivat kommentit green deal -sopimuksen mukaiseen työkonelistaan. Näiden kommenttien ja pilotin vaatimusten valmistelun aikana yhteistyössä hankintapalveluiden ja ympäristöpalveluiden kanssa muutettiin pilotin työkonelistausta verrattuna green dealin työkonelistaukseen. (Hautala, 2020; Malin, M. & Huvila, H. 2020)

Green deal -sopimuksessa on tällä hetkellä määritelty sopimuksen piiriin kuuluviksi työkoneiksi seuraavat:

- pyöräkuormaajat
- kaivukuormaajat
- pyöräalustaiset kaivukoneet
- tela-alustaiset kaivukoneet

- kurottajakuormaajat
- telapuskutraktorit
- traktorit
- erikoistraktorit ympäristön- ja kiinteistönhoidon töihin
- valssijyrät
- tiehöylät
- monitoimikoneet
- maantiivistäjät
- nosturit
- trukit
- kurottajat ja dumpperit. (Keino, n.d., s. 3)

Pilotin muutoksissa mm. traktorit yhdistettiin ja Helsingin kaupungin infrarakentamisen kohteissa harvemmin käytettävät dumpperit jätettiin listauksesta pois. Saatujen vastauksien perusteella todettiin, että Stage IV vaatiminen voisi olla mahdollista ja tätä myös päätettiin kokeilla. (Hautala, 2020; Malin, M. & Huvila, H. 2020)

Lopullinen työkoneiden vähäpäästöisen työmaan vaatimus on esitetty liitteessä 1.

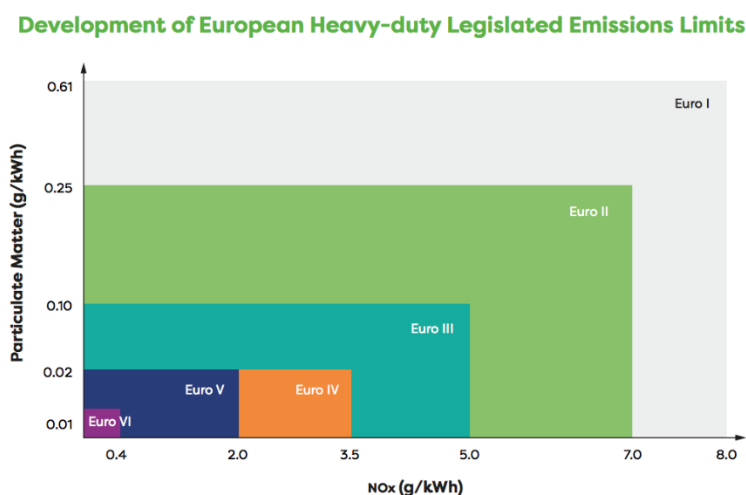
### **5.1.3 Raskas kuljetuskalusto**

Raskaan kuljetuskaluston vaatimukset ovat EU:n säädösten mukaisia EURO-luokituksia, joissa asetetaan enimmäismäärät päästöjen osalta. Luokitukset vaikuttavat haitallisiin häkä-, typen oksidi-, pienhiukkas- ja hiilivetypäästöihin. Niitä päivitetään noin viiden vuoden välein ja tällöin vaatimukset tiukentuvat uusien ajoneuvojen osalta. Luokitukset ja niiden voimaantulovuodet ovat seuraavat:

- EURO I: 1993
- EURO II: 1997
- EURO III: 2001
- EURO IV: 2006
- EURO V: 2009
- EURO VI: 2014. (Motiva, 2020).

Seuraava EURO 7 luokitus on kaavailtu tulevan vuonna 2025, mutta täyttä varmuutta asialle ei vielä ole. Autoteollisuus on ajatellut sen olevan loppu polttomoottoreille, jolloin muut käyttövoimat olisivat jo mahdollisesti edullisempia valmistaa. (Moottori.fi, 2020). Kuvassa 11 on esitetty EURO-luokituksen vaikutukset typen oksidien (NOx) ja pienhiukkaspäästöihin (PM).

Kuva 11. EURO-luokituksen vaikutus PM- ja NOx- päästöihin. (AECC, n.d).



Vähäpäästöisen työmaan raskaan kuljetuskaluston vaatimuksissa hyödynnettiin vahvasti green deal -sopimuksen tietoja. Työmaan sisäisen raskaan kuljetuskaluston osalta vaatimukseen laitettiin EURO V -luokan vaatimus, joka ei ollut green deal -sopimuksessa edes omien työmaiden vaatimustasona. Tason kuitenkin todettiin olevan mahdollinen, koska yleisesti kalusto ajateltiin olevan pääsääntöisesti sen verran uutta. (Hautala, 2020)

Lopullinen raskaan kuljetuskaluston vähäpäästöisen työmaan vaatimus on esitetty liitteessä 1.

#### 5.1.4 Pienkoneet

Pienkoneiden sähköistyksen osalta tiedettiin, että iso osa laitteistosta ei ole vielä saatavilla sähköisinä, kun asiaa tutkittiin konevuokraamojen internet sivuilta. Ainoastaan talorakennuskohteiden osalta oli suurempi valikoima tarjolla, mutta esimerkiksi kadun rakentamisessa murskeiden tiivistämiseen käytettävää tärylätkeä ei ollut saatavilla sähköisenä muuta kuin levymallisena ja langallisena. Niiden käyttö ei ole järkevää kadun

rakentamisessa, koska työn luonteeseen sopii parhaiten pyöreän mallinen noin 100kg painoinen tärylätkä.

Sähköisten pienkoneiden osalta vaatimus mietittiin koneen tehoon perustuen siten, että tehoiltaan alle 4 kW pienkoneiden tulee olla sähköisiä. Koneiden tehoraja katsottiin yhdessä Helsingin Konepajalla toimivan Ramirent konevuokraamon kanssa perustuen heidän nykyisiin ja tiedossa oleviin pienkoneisiin (Ramirent, 2020). Rajan muodostamisessa kuitenkin tiedostettiin, että kaikkia pienkoneita ei löydy ja tällöin hankkeen aikana on hyväksyttävä myös sellaiset koneet työmaille. Urakoitsijoiden tulee kuitenkin antaa perusteet pienkoneen valinnalle, jos kone ei ole sähköinen.

Pienkoneiden osalta lopullinen vaatimus on esitetty liitteessä 1.

Vähäpäästöisyyden vaatimuksien osalta myös tarkasteltiin ympäristöasioita laajemmin ja tutkimuksessa selvitettiin ympäristöjärjestelmä sertifikaatin mahdollista vaatimista. Sertifikaatin osalta Rakentamisen Laatu Rala Ry oli lanseerannut vuoden 2020 alussa oman ympäristöjärjestelmäsertifikaattinsa ja heiltä kysyttiin sertifikaatista sähköpostilla, jolloin vastauksen (Ehrukainen, 2020) perusteella vaatimuksien sertifikaatin vaatimiselle asetettiin aikamääre mihin mennessä sen tulisi olla, koska yrityksillä menee sertifikaatin saamisessa oma aikansa. Myös muiden kuin Ralan sertifikaatit sallittiin ja lopulliseksi vaatimukseksi tuli:

- Tarjoajalla on vuoden 2020 loppuun mennessä kolmannen osapuolen todentama ympäristöjärjestelmän sertifiointi (esim. RALA:n ympäristöjärjestelmäsertifikaatti tai vastaava) toiminnan ympäristövaikutusten pienentämiseksi ja raskaan kuljetuskaluston energiatehokkuuden parantamiseksi sekä rutiinit näiden seurannalle ja raportoinnille.

Työmaalla käytettävään lämmitykseen ja sähkönkäyttöön liittyvät vaatimukset muodostettiin myös green dealin fossiilivapaan työmaan määräyksestä, joka oli esitelty luvussa 2.2.2. Tästä laadittiin suoraan kaksi vaatimuskohtaa, jotka ovat:

- Työmaille käytettävän sähkön tulee olla tuotettu uusiutuvilla energialähteillä ja sähkön alkuperästä tulee esittää todistus

- Työmaan lämmitystarpeet on toteutettava kaukolämmöllä, fossiilivapailla biopolttoaineilla tai uusiutuvilla energialähteillä tuotetulla sähköllä.

Urakkarajaliitteen ympäristösuunnitelman osuutta myös päivitettiin vastaamaan uusia vaatimuksia. Ympäristösuunnitelma vaadittiin ennen sopimuksen allekirjoittamista, kun se aikaisemmin oli vaadittu ennen töiden aloittamista, jotta tiedettiin valitun urakoitsijan ymmärtäneen vähäpäästöisen työmaan vaatimukset. Ympäristösuunnitelmassa esitettäviin vaatimuksiin lisättiin seuraavat aiheet:

- esitettävä kalustoluettelo, jossa on ilmoitettu urakassa käytettävän kaluston päästöluokat ja luettelon päivittäminen
- esitettävä polttoaineen ja sähkön käytön seurana ja raportointi.

Lisäksi urakkaohjelman urakkasuorituksen rahallisiin sanktioihin lisättiin sanktiot vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien laiminlyönnistä. Kyseiset sanktiot asetettiin melko suuriksi, missä ensimmäisestä vakavasta laiminlyönnistä aiheutuu 30 000 euron sanktio, toisesta vastaavasta laiminlyönnistä 60 000 euroa ja kolmannesta vastaavasta laiminlyönnistä 90 000 euroa. Näillä haluttiin estää luvaton fossiilisten polttoaineiden käyttö työmaalla.

## **6 Vähäpäästöisen työmaan pilotti**

### **6.1 Ilmalan raitiotieyhteys**

Pilotiksi valittiin tavanomainen infrarakentamisen kohde Helsingin kaupungilla. Hankkeen tuli sisältää monenlaista rakentamista, jotta käytännöt saatiin testattua heti mahdollisimman monipuolisesti. Ilmalan raitiotieyhteys -urakka soveltui pilotiksi sen monipuolisuuden ja rakentamisen ajatellun aikataulun vuoksi.

Ilmalan raitiotieyhteys -urakka sisältää raitiotieyhteyden rakentamisen Helsingin Keski-Pasilan Kyllikinportilta Helsingin Ilmalan Ilmalantorille. Yhteys on pituudeltaan noin 1250 metriä ja se sisälsi Pasilankadun, Radiokadun, Ilmalankujan ja ilmalantorin rakentamista. Urakassa lisättiin kunnallistekniikkaa ja samalla uusittiin kaikki tarvittava vanha

kunnallistekniikka, koska kunnallistekniikkaa täytyi siirtää raitiotieliikenteen kiskoja alta pois. Siirtotöistä suurimpia oli vesihuollon ja kaukolämmön siirrot raitiotien rakenteiden alapuolelta. Lisäksi urakkaan kuuluva Ilmalantori on kokonaan uusi torialue suurine louhintoineen ja tukimuureineen. Ilmalan raitiotieyhteys -urakan työalue on esitetty kuvassa 12.

Kuva 12. Ilmalan raitiotieyhteys -urakan graafinen kuva urakka-alueesta (Järvenpää, 2020)



Urakka kilpailutettiin hintaperusteisena kokonaishintaurakkana ja sen alkuperäinen FORE - kustannusarvio oli 19 230 000 euroa (alv 0 %). Tarjouksia saatiin yhteensä viisi kappaletta, joista edullisimman tarjouksen antoi GRK Infra Oy. Urakan toteuttajaksi valittiin GRK Infra Oy 13 647 000 euroa (alv 0 %) tarjoushinnalla. Urakan tarjouslaskennan aikana esitettiin useita kysymyksiä suunnitelmiin liittyen, mutta itse vähäpäästöisen työmaan vaatimuksiin kysymyksiä ei esitetty. Vuoden 2021 lopulla suurin osa töistä oli saatu tehtyä ja käytännössä jäljellä olevia töitä olivat Ilmalantorin pintatyöt.

Samoihin aikoihin Ilmalan raitiotieyhteys -urakan kanssa kilpailutettiin myös Sompasaari 4 - urakka, johon liitettiin samat vähäpäästöisen työmaan vaatimukset. Tämän urakan laskennassa esitettiin yksi kysymys vähäpäästöiseen työmaahan liittyen. Kysymyksessä tiedusteltiin, että voiko pienkoneen sähkön tuottaa yli 4kW generaattorilla, jossa käytetään HVO dieseliä. Kysymyksen vastattiin lisäkirjeessä myönteisesti, jolloin käyttö sallittiin.

Lisäksi näiden kahden urakan jälkeen kilpailutettiin Kulosaaren puistotie -urakka, joka oli päästötön työmaapilotti. Kyseisellä työmaalla oli vähäpäästöisen työmaan vaatimukset, mutta lisäksi kilpailutuksessa ja urakoitsijan valinnassa annettiin laatuasteita sähköisten työkoneiden käytöstä. Kulosaaren puistotien tuomaa tietoa on tässä tutkimuksessa hyödynnetty uusiutuvien polttoaineiden vaatimuksien ja käytön seurannan osalta.

## 6.2 Ilmalan raitiotien pilotin huomiot

Ilmalan raitiotie -urakassa vähäpäästöiseen työmaahan liittyviin vaatimuksiin ei ole kohdistunut suurempia kritiikkejä ja työmaalla vaatimukset on pystytty täyttämään suurimmalta osalta. Vaihtoehtoisia käyttövoimia työmaalla ei ollut yhtään pois lukien pienet sähköiset työkoneet. Näin ollen pääasiallinen polttoaine työkoneissa ja raskaassa kuljetuskalustossa oli uusiutuva HVO diesel ja vuoden 2021 alusta alkaen työkoneissa käytettiin uusiutuvaa HVO moottoripolttoöljyä.

Vuoden 2021 loppuun mennessä työmaalla oli ollut 48 eri työkoneita, joista 31 oli tela- tai pyöräalustaisia kaivinkoneita. Käyttöajat ja sitä myötä polttoaineen kulutuksien määrä poikkesi huomattavasti eri työkoneiden välillä. Työkoneista Stage IV -luokan koneita oli 34 ja Stage V -luokan koneita 14 kappaletta. Louhintaan liittyviä työkoneita ja kompressoreita on ollut työmaalla kaiken kaikkiaan 24 kappaletta ja näistä kahdeksassa osittain käytettiin polttoaineena uusiutuvaa HVO moottoripolttoöljyä, vaikka suoraan vaatimuksien osalta niissä ei olisi tarvinnut käyttää sitä. Näistä myös suurimmalta osalta ei ollut tiedossa Stage -luokkaa.

Raskasta kuljetuskalustoa työmaan maansiirtotöihin ja liikennejärjestelyihin oli vuoden 2021 loppuun mennessä työmaalla ollut yhteensä 44 kappaletta. Myös näiden osalta käyttöaika ja polttoaineen kulutuksen vaihtelu on ollut suurta, koska osa on käynyt vain yhden päivän työmaalla ja osa on pidempään riippuen työtilanteesta. Kuljetuskalustosta Euro 5 -luokkaan kuuluvia oli 24 kappaletta ja Euro 6 -luokkaan kuuluvia 20 kappaletta.

Työmaalla käytetyistä pienkoneista suurin osa oli muita kuin sähkökäyttöisiä pois lukien käsikoneet, joista esimerkiksi puiden kaato tehtiin sähköisillä sahoilla. Tällöin koneissa käytettiin kuitenkin uusiutuvaa polttoainetta ja osassa myös jouduttiin käyttämään bensiiniä.

Kalustoluettelossa on kuitenkin todettavissa puutteita pienkoneiden seurannan osalta, koska työmaalla melko alussa todettiin, ettei maarakentamisessa käytettäviä 90/100 kg maantiivistäjiä ole saatavilla sähköisinä ja ne toimivat bensiinillä, eikä näitä kyseisiä koneita ollut listattuna kalustoluetteloon. Muita pienkoneiden saatavuuden ongelmia oli kivisahoissa. Lisäksi osa koneiden valmistajista ja koneiden vuokrayrityksistä ei hyväksy uusiutuvia polttoaineita huonojen kokemusten pohjalta. Näin oli muun muassa dieselkäyttöinen roudansulatuslaite, jonka teknisissä tiedoissa todetaan biodieselin käyvän, mutta vuokrautilanteessa oli todettu, ettei sitä saa käyttää, koska koneita oli rikkoutunut sen vuoksi. (Willman, 2022).

Pilottiurakan valvonnan suhteen pyrittiin pitämään tiukkaa linjaa, mutta haasteita tuotti etenkin työkoneiden ja pienkoneiden suuri määrä, koska näiden kaikkien tarkastaminen vie aikaa muusta valvonnasta. Tämä oletettavasti on osasy kalustoluettelosta puuttuneista pienkoneista. Valvonnassa myös todettiin hankaluutena käytettävän polttoaineen todentaminen. Osana tutkimusta selvitettiin useammalta tutkimuslaitokselta mahdollisuutta selvittää polttoaineen vaatimuksen täyttyvyys kenttätestein, mutta tämä osoittautui hankalaksi. Eräs palvelutuottaja kertoi mahdollisuudesta selvittää käytetyn polttoaineen tiheys ja tämän perusteella arvioida onko polttoaine uusiutuvaa vai fossiilista, mutta kyseinen testi päätettiin hylätä hinnan vuoksi. Polttoaineen valvonnan osalta todettiin parhaana keinona kysyä pistotarkastuksena edellisen viikon polttoainetankkauksien kuitteja, joissa on esitetty hankittu polttoaine. Näin myös toimittiin ja työmaalta kuitit toimitettiin melko nopeasti nähtäville. Myös uusiutuvan sähkön todentamiseksi pyydettiin ja saatiin sähkösopimuksesta kopio. Työmaatilat olivat vuokrattuna toimistorakennuksesta, jonka osalta kiinteistö toimitti tiedon heidän käyttämästään sähköstä. (Selenius, A. & Torni, M., 2022)

Valvojien haastattelun myötä todettiin tarve käsitellä hyväksytyt poikkeamat työmaakokouksissa ja myös käytetty polttoainemäärä. Etenkin poikkeavien koneiden valvonta olisi tällöin helpompaa.

## 7 Vähäpäästöisen työmaan päästövaikutukset

Tutkimuksen vähäpäästöisen työmaan kasvihuonepäästöjen laskemisen todettiin olevan selkein tehdä kulutetun polttoaineen perusteella, koska työmailla on aloitettu polttoaineen kulutuksen seuraaminen pilotin vaatimuksien mukaisesti. Virhemarginaalia syntyy polttoaineen määrän arvioinnista etenkin kuorma-autojen osalta. Työkoneiden, jotka ovat vain yhdellä työmaalla pitkiä aikoja, osalta polttoaineen kulutuksen seuraaminen ja kirjaaminen ovat helpommin toteutettavissa. Polttoainekohtaisen päästölaskennan osalta ensimmäisenä tarkasteltiin suoraan Tilastokeskuksen polttoaineluokituksista, onko niistä saatavilla litrakohtaisia kasvihuonepäästöjä. Tilastokeskus ei kuitenkaan suoraan tilastoi litrakohtaisia kasvihuonepäästöjä vaan he esittävät polttoaineiden lämpöenergiaan perustuvat CO<sub>2</sub> oletuspäästökertoimet.

Päästölaskennan osalta VTT:n kehittämästä Lipasto -laskentajärjestelmästä saa tiedot dieselin päästöistä litraa kohden. Järjestelmän tiedot ovat vuodelta 2017 ja sivuilla myös mainitaan tietojen olevan vanhentuneita. Tästä syystä tutkimuksessa päätettiin olla käyttämättä kyseisiä tietoja ja myös vertailupäästön laskennassa käytetään JEC raportin tietoja soveltaen Tilastokeskuksen polttoaineluokitusta. Myös Lipaston internetsivuilla kehoitetaan käyttämään yhtenä laskentakeinona Euroopan komission JRC:n tutkimuksia. (VTT, n.d.-a).

Helsingin kaupungin ympäristöpalvelut laskivat VTT:n kanssa Helsingin Kulosaaren puistotie -urakan kasvihuonepäästöt. Ne laskettiin polttoaineen lämpöenergiaan perustuen ja niissä hyödynnettiin Euroopan komission JRC:n tutkimusraporttien arvoja. Arvoista näkee myös HVO dieselin tiedot, joihin myös viitattiin luvussa 5. Lisäksi kyseisissä laskemissa hyödynnetään Nesteen tutkimuksia HVO dieselin osalta, mitä myös JRC:n raporteissa on käytetty lähteenä. Kulosaaren puistotien laskelmia ei ole ollut suoraan yleisesti saatavilla, mutta ne toimitettiin Helsingin kaupungin ympäristöpalveluista tutkimuksen tueksi. Tutkimuksen aikana ilmeni, että Kulosaaren puistotien laskelmissa ei ollut huomioitu Suomen polttoaineiden bio-osuuksia eikä uusiutuvan HVO dieselin eri raaka-aineiden osuuksia polttoaineessa.

Myös työkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston ikä vaikuttaa syntyviin päästöihin, mutta Helsingin kaupungin työmailla ei ole ollut aikaisempaa seurantaa käytetyistä työkoneista.

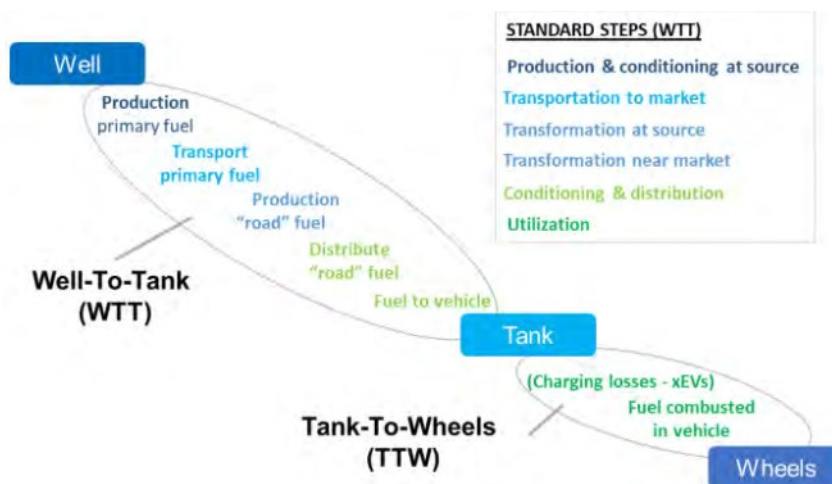
VTT:n kehittämää työkoneiden yksikköpäästötietokanta Lipastoa ole päivitetty vuoden 2017 jälkeen, joten sitä ei voi hyödyntää kattavasti. (VTT, n.d.a) STAGE-luokan vaikutukset päästöihin esitetään esimerkkilaskelmalla, mutta tarkkaa osuutta tästä ei voida esittää tietopuutteiden vuoksi.

## 7.1 CO<sub>2</sub>eq kasvihuonepäästöjen laskenta

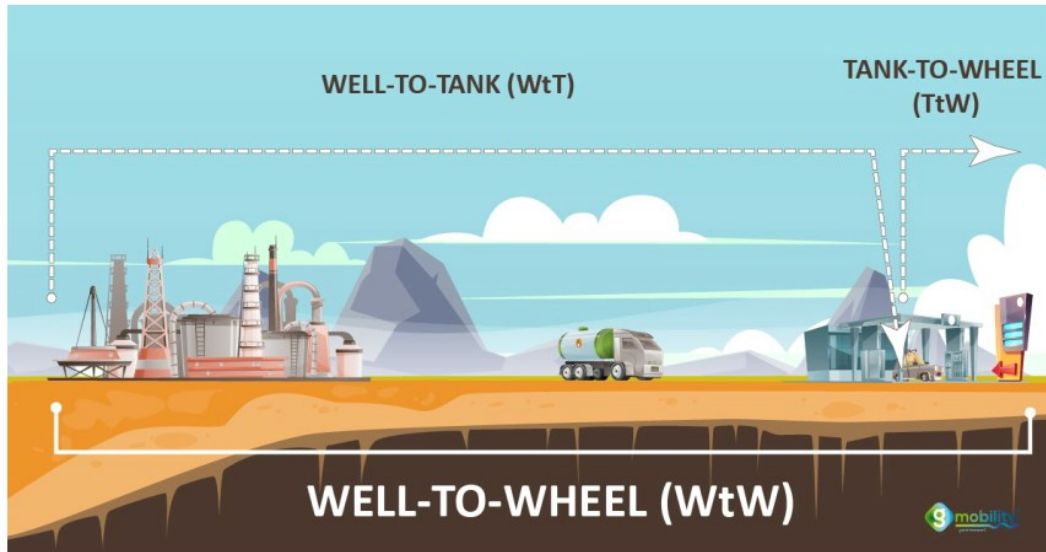
Kasvihuonepäästöjen laskennassa huomioidaan työkoneiden, kuorma-autojen ja pienkoneiden kulutettu polttoainemäärä ja lasketaan sen kasvihuonepäästöt (CO<sub>2</sub>eq) polttoaineen lämpöenergian perusteella koko polttoaineen elinkaaren osalta JRC:n tutkimusraportin mukaisesti. Myös VTT:n raportissa ”*Selvitys ja tiekartta Vuosaaren sataman työkoneliikenteen päästövähennyksille*” todetaan, että päästöjen laskennan kannalta objektiivisin tapa on huomioida koko polttoaineen elinkaari. (Söderena, P yms, 2021, s. 19).

Polttoaineiden elinkaaren osalta on huomioitava käsitteet WTT ja WTW. HVO dieselin tai biodieselin osalta huomioidaan polttoaineen elinkaari polttoaineen valmistamista ja päätyemisestä polttoainetankkiin, mikä on lyhenteenä WTT. Fossiilisen dieselin laskelmissa huomioidaan polttoaineen tuotanto, kuljetus polttoainetankkiin ja koneiden muodostamaa mekaanista energiaa (WTW). (Turtiainen, 2008). WTT:n ja WTW:n käsitteiden eroa on esitetty kuvissa 13 ja 14.

Kuva 13. WTW:n ja WTT:n ero. (Söderena, P yms, 2021, s. 20)



Kuva 14. Toinen esimerkki WTW:n ja WTT:n erosta. (Gmobility, n.d)



HVO ja biodieseleiden osalta tarkastellaan WTT:n arvoja, koska on yleisesti sovittu esimerkiksi YK:n ilmastososopimuksessa, että biomassan poltosta syntyvät päästöt lasketaan nolaksi (Jantunen, 2018). Tämä johtuu siitä, että tällöin ilmaan vapautuu CO<sub>2</sub> päästöjä yhtä paljon kuin biomassat ovat sitoneet sitä kasvaessaan. Hiilinielujen pieneneminen kuitenkin vaikuttaa kokonaispäästöjen laskentaan, mutta nämä päästöt huomioidaan maankäyttösektorilla energiasektorin sijasta. (Jantunen, 2018).

Kasvihuonepäästöjen laskennan muuttujat ovat seuraavat:

- WTT HVO dieselin päästökerroin, yksikkönä gCO<sub>2</sub>eq / MJ
- HVO dieselin lämpöarvo, yksikkönä MJ / litra
- WTW fossiilisen dieselin suomen päästökerroin, yksikkönä gCO<sub>2</sub>eq / MJ
- WTW fossiilisen kevyen polttoöljyn/moottoripolttoöljyn suomen päästökerroin, yksikkönä gCO<sub>2</sub>eq / MJ
- fossiilisen dieselin lämpöarvo, yksikkönä MJ / litra
- keskimääräinen kotimaisen sähköntuotannon päästökerroin, yksikkönä gCO<sub>2</sub> / kWh.

Muuttujien avulla muodostetaan laskukaava, missä polttoaineen määrä kerrotaan uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen lämpöarvolla ja tämä kerrotaan kyseisen polttoaineen päästökertoimella. Lopullinen tulos jaetaan tuhannella, jotta saatu hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>eq) arvo muutetaan grammoista kilogrammoiksi selkeyden vuoksi. Useasti kasvihuonepäästöt ilmoitetaan myös tonneina, kuten Sitran vuosittaisista raporteista.

Lopullinen laskukaava on seuraava:

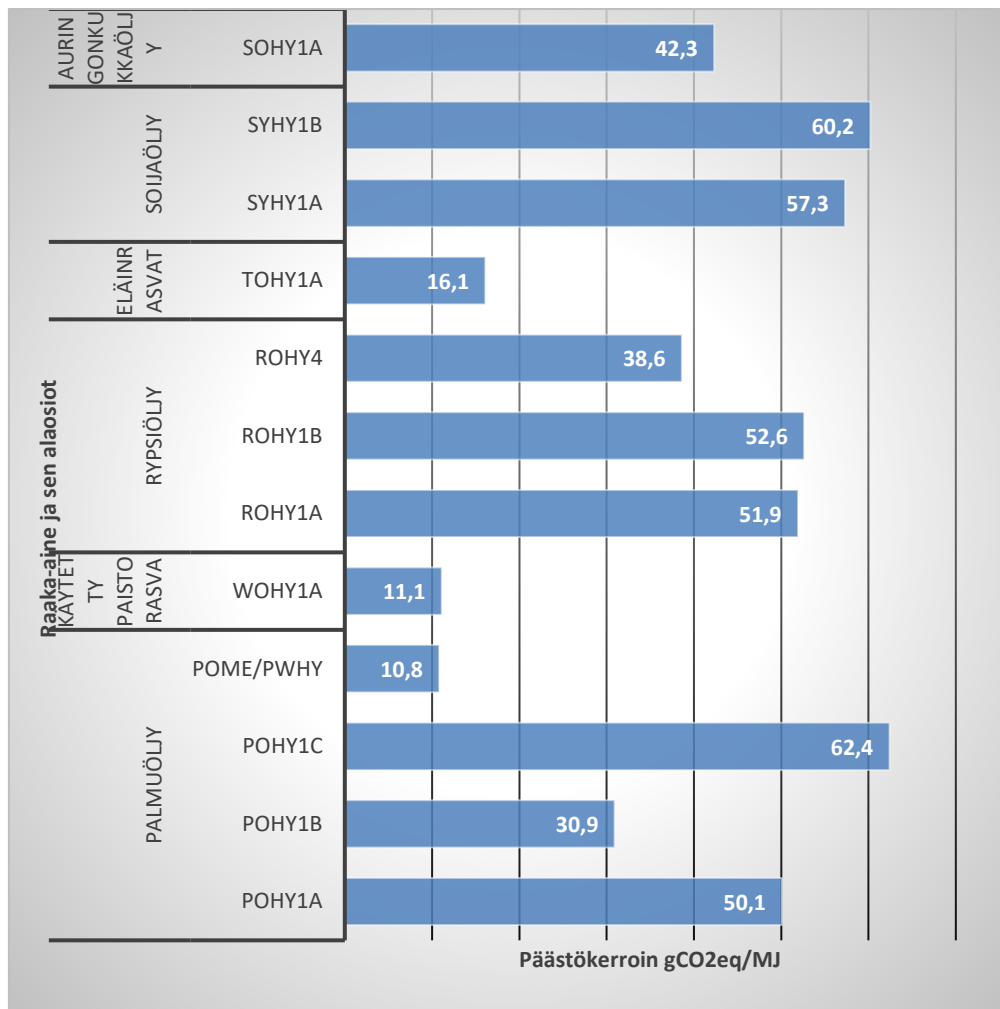
$$\frac{(\text{kulutettu polttoainemäärä (litraa)} * \text{polttoaineen lämpöarvo}) * \text{polttoaineen päästökerroin}}{1000}$$

*= polttoaineen kasvihuonepäästöt hiilidioksidiekvivalentteina (kgCO<sub>2</sub>eq)*

### 7.1.1 HVO diesel / HVO moottoripolttoöljy päästökerroin

HVO dieselin WTT päästökertoimeen vaikuttavat luvussa 4 mainittujen raaka-aineiden eri osuudet ja vielä näiden alaosioiden eri päästökertoimet. Kuvaajassa 2 on esitetty kunkin raaka-aineen päästökertoimet alaasioineen. Esimerkiksi palmuöljy koostuu neljästä eri alaosion päätöskertoimesta, missä huomioidaan raaka-aineen syntyprosessi. Esimerkiksi palmuöljyn POHY1b:ssa huomioidaan lämpöhyöty ja metaanipäästöjen talteenotto, mutta näitä ei ole POHY1c:n laskennassa, jolloin päästökerroin on suurempi. Palmuöljyn POME/PWHY syntyy taas kokonaan tähteistä, jolloin päästökerroin on sitä myötä huomattavasti pienempi. (Prussi, M. yms, 2020-B, excel/biodiesel).

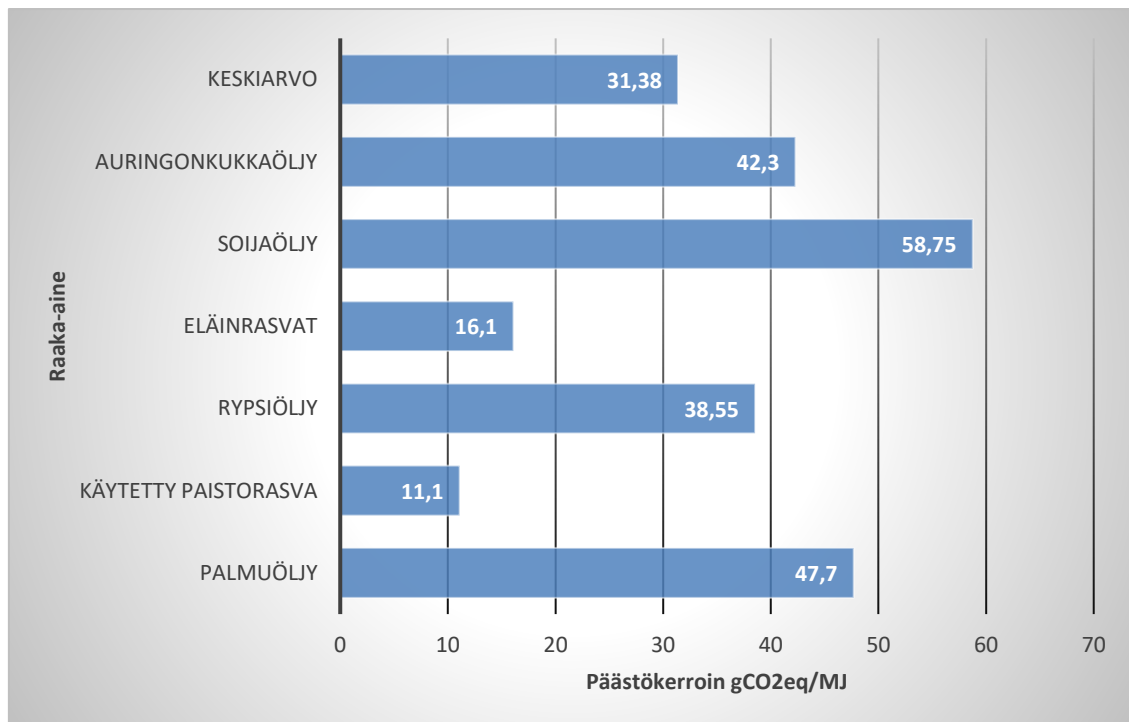
Kaavio 5. HVO dieselin eri raaka-ainelaatujen päästöt. (Prussi, M. yms, 2020-B, excel/biodiesel)



Kaaviossa 6 on esitetty yleisimpien HVO dieselin raaka-aineiden keskimääräinen päästökerroin sekä näiden raaka-aineiden yhteinen keskiarvo, jossa on huomioitu luvun 4 mukaiset raaka-aineiden käyttömäärät. Tästä saadaan keskimääräiseksi HVO dieselin päästökertoimeksi 31,38 gCO<sub>2</sub>eq / MJ.

Raaka-aineiden vaihtelevuus vaikuttaa merkittävästi lopullisen HVO dieselin päästökertoimeen. Nesteen (Neste, n.d.-c; Neste n.d.-a) ilmoituksen mukaisesti heillä Suomessa tuotettavassa HVO dieselissä käytetään palmuöljystä vain rasvahappotislettä ja sen osuus on 7 % koko tuotannosta. Lisäksi jos oletettaisiin paistorasvan osuuden kasvavan vastaavalla määrällä, saataisiin keskimääräiseksi päästökertoimeksi 19,18 gCO<sub>2</sub>eq / MJ.

Kaavio 6. HVO dieselin raaka-aineiden keskimääräiset päästökertoimet ((Prussi, M. yms, 2020-B, excel/biodiesel)



### 7.1.2 HVO dieselin ja fossiilisten polttoaineiden lämpöarvot

Lämpöarvolla lasketaan polttoaineen lämpöenergia. HVO dieselin lämpöarvo saadaan Nesteen käsikirjasta. Lämpöarvo ilmoitetaan megajouleina polttoainekiloa kohden (MJ/kg), mikä on muutettava aineen tiheyden mukaisesti litroiksi. HVO dieselin tiheys on 780 kg/m<sup>3</sup> ja lämpöarvo 43 MJ/kg, joten lämpöarvoksi litraa kohden saadaan 34,4 MJ / l. (Neste, 2020, s. 18, 19)

Fossiilisen dieselin osalta noudatetaan samaa tapaa, mutta sen arvot hieman poikkeavat uusiutuvasta HVO dieselistä. Fossiilisen dieselin ja myös moottoripolttoöljyn osalta tiheydet hieman vaihtelevat lähteestä riippuen. Neste (Neste, 2020, s. 18) ilmoittaa heidän kesälaadun olevan tiheydeltään 835 kg/m<sup>3</sup> ja Tilastokeskuksen (Tilastokeskus, 2021-b) polttoaineluokituksessa tiheys on 806 kg/m<sup>3</sup>. Moottoripolttoöljyllä tiheys on polttoaineluokituksen mukaan 834 kg/m<sup>3</sup>. Tutkimuksen tulosten yksinkertaistamiseksi käytetään Nesteen ja Tilastokeskuksen ilmoittamien polttoaineiden tiheyksien keskiarvoa, joka on 820 kg/m<sup>3</sup>, mikä saattaa aiheuttaa laskentatuloksiin pienen virhemarginaalin. Lämpöarvot näille ovat 42,8 MJ/kg ja 43,2 MJ/kg. Näin ollen lämpöarvot litraa kohden ovat dieselille 35,1 MJ/l ja moottoripolttoöljylle 36 MJ/l. Tilastokeskuksen fossiilisen dieselin ja

moottoripolttoöljyn lämpöarvoissa on myös huomioitu nykyiset bio-osuudet, jotka ovat dieselissä 12 % tilavuudesta ja moottoripolttoöljyssä 3 % tilavuudesta. (Tilastokeskus, 2021b).

### **7.1.3 Fossiilisten polttoaineiden päästökertoimet**

Fossiilisten polttoaineiden koko elinkaaren päästökertoimina on huomioitava JRC:n tutkimusraportin tietojen lisäksi Tilastokeskuksen tiedot, jotta huomioidaan Suomen polttoaineiden bio-osuus, mihin ei ollut otettu kantaa Kulosaaren puistotien päästölaskennassa. Bio-osuus pienentää hieman fossiilisen polttoaineen päästökerrointa. Fossiilisen polttoaineen valmistuksen ja kuljetuksesta tankkiin (WTT) syntyvä päästökerroin on 18,9 gCO<sub>2</sub>eq/MJ. Poltosta syntyvät (TTW) päästökertoimet ovat dieselillä ja moottoripolttoöljyllä eri suuruisia johtuen niiden Suomen bio-osuuksista. Dieselin TTW laskennallinen päästökerroin on 64,7 gCO<sub>2</sub>eq/MJ ja moottoripolttoöljyn 70,9 gCO<sub>2</sub>eq/MJ, mistä saadaan niiden lopullisiksi päästökertoimiksi (WTW) dieselille 83,6 gCO<sub>2</sub>eq/MJ ja moottoripolttoöljylle 89,8 gCO<sub>2</sub>eq/MJ. (JEC, WTW) (Tilastokeskus, 2021b)

### **7.1.4 Sähköntuotannon päästökerroin**

Uusiutuvan sähköntuotannon päästökertoimeksi oletetaan 0 gCO<sub>2</sub>/kWh. Laskennan vertailupäästönä käytetään Tilastokeskuksen vuosittaista Suomen sähkön tuotannon ominaishiilidioksidipäästökerrointa. Vuoden 2019 sähkön tuotannon päästökerroin on 116 gCO<sub>2</sub>/kWh (Tilastokeskus, n.d.-a). Motiva käyttää omissa päästökertoimissaan kolmen vuoden keskiarvoa, mutta tässä tutkimuksessa todettiin käytettävän viimeisintä saatavaa tietoa, koska sähkön tuotannon päästöt ovat laskusuunnassa ja työmaiden aikataulut ovat lähimpänä viimeisintä tilastointivuotta. Sähkön tuotannon päästökertoimessa on huomioitava, että se käsittää vain hiilidioksidipäästöt eikä muita kasvihuonepäästöjä kuten polttoaineiden laskennassa. Tällöin todellinen hiilidioksidiekvivalentti on hieman suurempi kuin laskennassa saatu luku.

### 7.1.5 Kasvihuonepäästöjen esimerkkilaskenta

Esimerkkilaskelma tehdään edellä mainittujen muuttujien avulla, kun huomioidaan käytettävän uusiutuvaa HVO dieseliä fossiilisen dieselin sijasta. Laskelman polttoainemäärä on 1000 litraa.

HVO diesel kasvihuonepäästöt 1000 litralle:

$$\frac{\left(1000l * 34,4 \frac{MJ}{l}\right) * 31,39 \frac{gCO_2eq}{MJ}}{1000} = 1079,816 kgCO_2eq$$

Vertailupäästö:

$$\frac{\left(1000l * 35,1 \frac{MJ}{l}\right) * 83,6 \frac{gCO_2eq}{MJ}}{1000} = 2934,36 kgCO_2eq$$

Esimerkkilaskelmista voidaan todeta, että HVO dieselin päästöt ovat fossiilista dieseliä pienemmät 1854,54 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuhatta litraa kohden.

## 7.2 Ilmalan raitiotieyhteys -pilottihankkeen päästövähennykset

Ilmalan raitiotieyhteys urakassa on kerätty kulutustietoja hankkeen alusta alkaen pääurakoitsijan toimesta erilliselle taulukolle. Hankkeen alussa vuonna 2020 ei ollut saatavilla vielä uusiutuvaa HVO moottoripolttoöljyä vaan työkoneissa käytettiin HVO dieseliä, mistä johtuu työkoneiden tietojen kerääminen kahdella eri polttoaineella. Vuoden 2020 kulutukset ovat arvioitu kokonaiskulutuksesta ja tämän vuoksi luvut ovat tasalukuja.

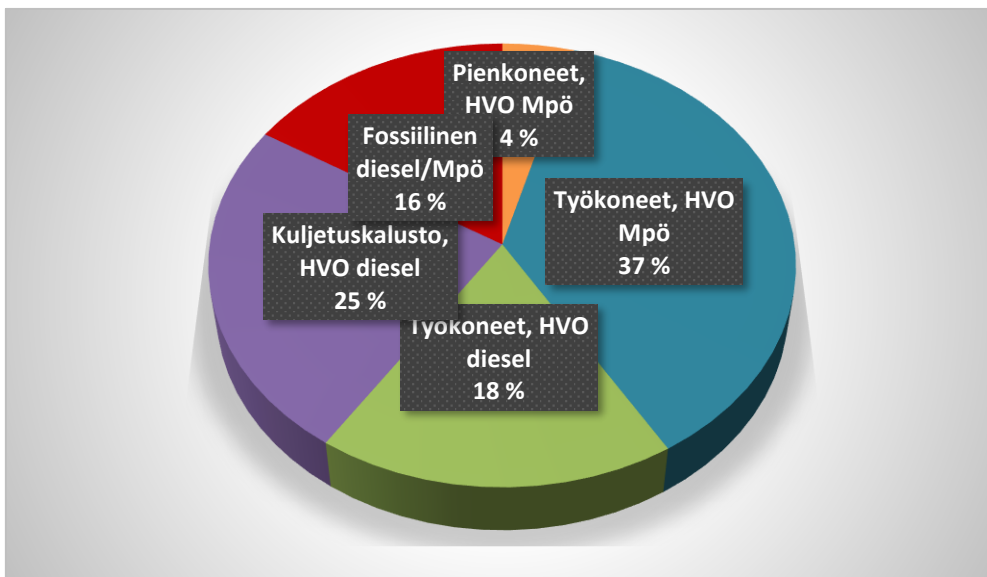
Pienkoneiden, jotka ovat olleet tehoiltaan suurempia kuin 4 kW tai ei sähköisten alle 4 kW, osalta laskennoissa käytettävänä polttoaineena huomioidaan vain käytetty uusiutuva polttoaine ja laskelmissa se oletetaan HVO moottoripolttoöljynä. Sähkön osalta työmaalla oli kaksi erillistä sähköliittymää, joiden yhteiskulutus on huomioitu. Vertailupäästöjen laskennassa ei huomioida työkoneita ja pienkoneita, jotka ovat käyttäneet vain fossiilista polttoainetta. Myöskään vaatimuksien ulkopuolella olleita koneita ei huomioida päästölaskelmassa, koska osassa niistä on käytetty uusiutuvaa ja fossiilista polttoainetta,

jolloin tarkkaa lukemaa uusiutuvan polttoaineen osalta ei ole tiedossa. Viimeisimmät koko urakkaa koskevat tiedot vuosien 2020 ja 2021 osalta ovat:

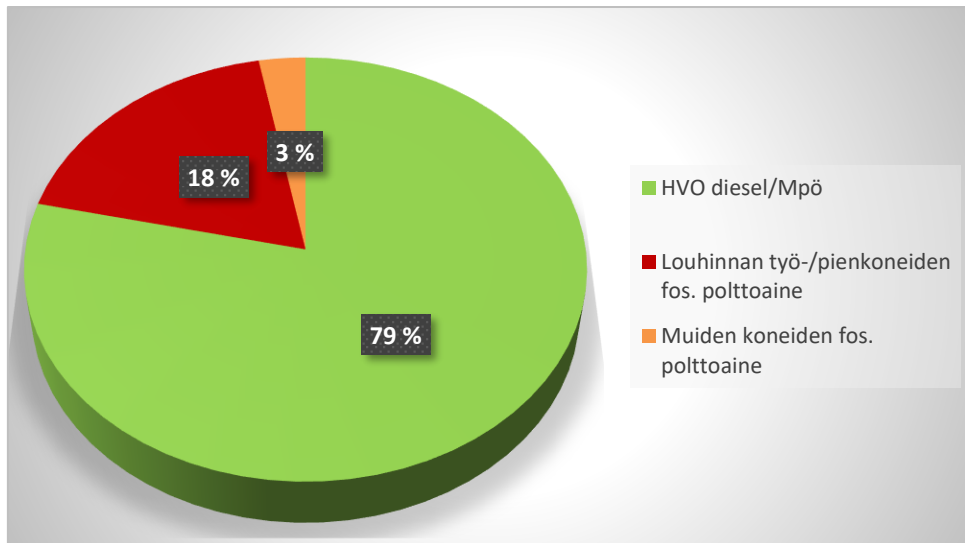
- kulutettu HVO diesel työkoneissa (vuosi 2020)	70 000 litraa
- kulutettu HVO moottoripolttoöljy työkoneissa	143 053 litraa
- kulutettu HVO diesel raskaassa kuljetuskalustossa	94 533 litraa
- kulutettu HVO moottoripolttoöljy pienkoneissa	16 763 litraa
- fossiilinen polttoaine	62 730 litraa
- sähkönkulutus	48 192,8 kWh.

Kaaviosta 7 on havaittavissa, että urakassa työmaan sisäisestä polttoaineen kulutuksesta työkoneiden ja pienkoneiden osuus oli jopa 76 %, josta uusiutuvien polttoaineiden osuus oli 79 % kaavion 8 mukaisesti. Fossiilisen polttoaineiden kokonaismäärä työmaalla oli 16 % kokonaiskulutuksesta vuosina 2020 ja 2021. Pienkoneiden, joita ei ollut saatavilla sähköisenä, ja vaatimuksien ulkopuolisten työkoneiden käyttämä fossiilisen polttoaineen melko suuri osuus selittyy suurilla Ilmalantorin louhintamäärillä. Louhintakalusto oli rajattu vaatimuksien ulkopuolelle ja urakan fossiilisten polttoaineiden käytöstä louhintaan liittyvien poravaunujen ja kompressorien osuus oli 18 %, joka myös esitetty kaaviossa 8

Kaavio 7. Polttoaineen käytön jakautuminen työkoneiden, pienkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston välillä polttoaineittain.

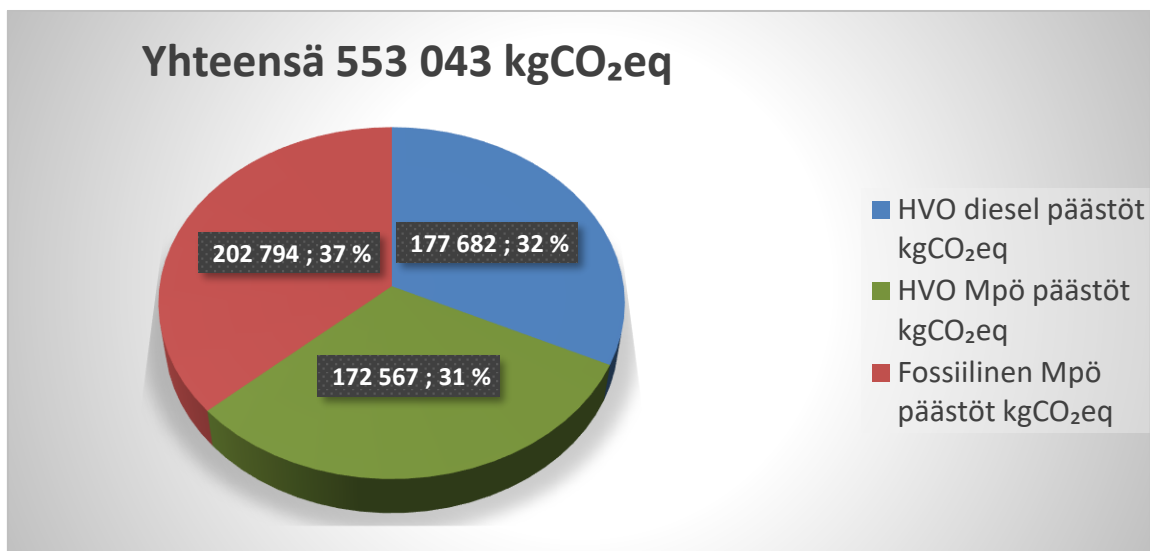


Kaavio 8. Työkoneiden ja pienkoneiden käytetyn polttoaineen käytön jakaantuminen urakassa.



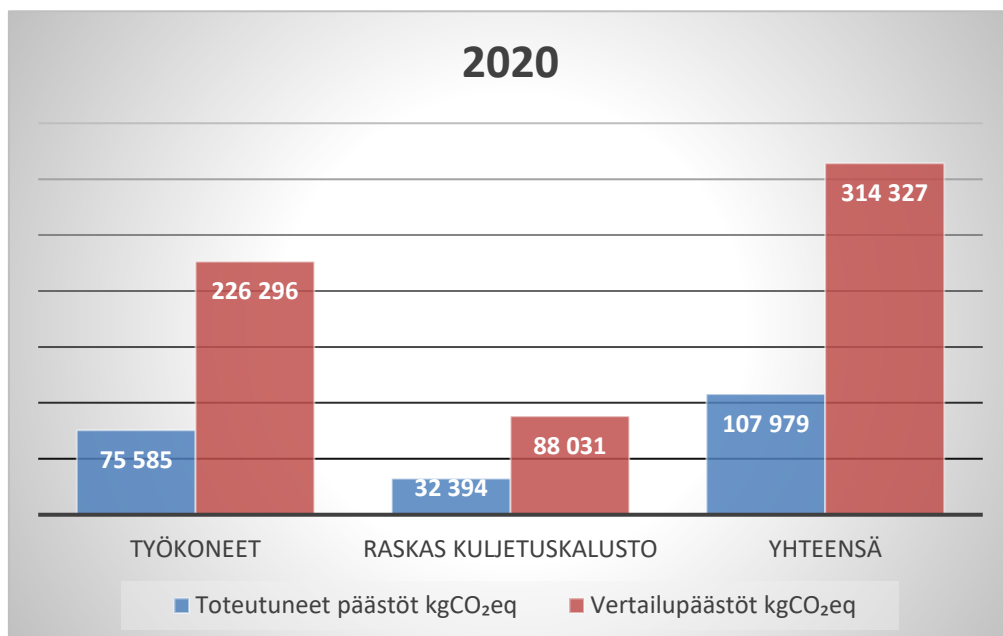
Hankkeen kasvihuonepäästöjen laskenta suoritettiin edellisen luvun päästölaskennan periaatteiden ja kerättyjen polttoainetietojen mukaisesti. Työmaan seurannan mukana olleista työkoneista, pienkoneista ja raskaasta kuljetuskalustosta, syntyi kasvihuonepäästöjä yhteensä 553 043 kiloa hiilidioksidiekvivalenttia (kgCO<sub>2</sub>eq). Kaaviossa 9 on esitetty työmaalla käytetyn HVO dieselin, HVO moottoripolttoöljyn ja fossiilisen moottoripolttoöljyn kokonaiskasvihuonepäästöt. Kasvihuonepäästöistä jopa 37 % syntyi työmaalla käytetystä fossiilisesta polttoaineesta, vaikka fossiilisen polttoaineen osuus kokonaisuudessaan oli noin 16 %.

Kaavio 9. Ilmalan raitiotiehankeksen työkoneiden, pienkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston kokonaiskasvihuonepäästöt



Vuoden 2020 päästölaskennassa arvioitiin käytettyjen polttoaineiden määrät, koska suoraa tietoa ei enää ollut paljonko vuoden 2020 osuus oli kokonaismäärästä. Määrä arvioitiin työmäärän ja kustannuksien muodostumisesta. Lisäksi vuoden 2020 päästöissä ei ole huomioitu pienten koneiden ja pienkoneiden polttoainekulutuksia, vaan ne ovat vuoden 2021 laskennassa samoin kuin sähkön vertailupäästöt. Kaavion 10 mukaisesti työmaan työkoneiden, joissa käytettiin HVO dieseliä, kasvihuonepäästöt olivat 75 585 kgCO<sub>2</sub>eq. Jos näissä olisi käytetty tavallista moottoripolttoöljyä, olisi päästöt olleet 226 296 kiloa hiilidioksidiekvivalenttia, joten päästövähennystä tuli 150 711 kgCO<sub>2</sub>eq, joten päästövähennämä on 66,6 %. Raskaan kuljetuskaluston osalta HVO dieselin kasvihuonepäästöt olivat 32 394 kgCO<sub>2</sub>eq ja vertailupäästö fossiilisella dieselillä 88 031 kgCO<sub>2</sub>eq. Päästövähennystä syntyi 55 637 kgCO<sub>2</sub>eq, joten päästövähennämä on noin 65,2 %. Pieni prosentuaalinen ero työkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston välillä liittyy dieselin ja moottoripolttoöljyn eri bio-osuuksiin. Vuoden 2020 osalta kokonaisuutena kasvihuonepäästöjä väheni 206 348 kgCO<sub>2</sub>eq verrattuna normaalilla tavalla kilpailutettuun hankintaan.

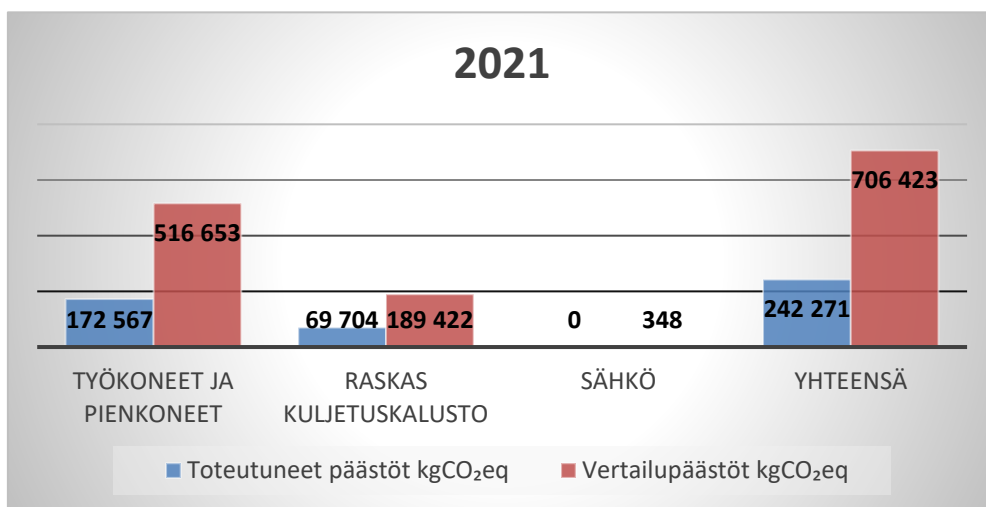
Kaavio 10. Pilottiurakan uusiutuvan polttoaineen päästöt vrt. fossiiliseen polttoaineen päästöihin vuonna 2020



Työmaan vuoden 2021 uusiutuvien polttoaineiden ja sähkön kasvihuonepäästöt on esitetty kaaviossa 11. Kyseisenä vuotena töitä tehtiin ympärivuoden, joten määrät ovat suuremmat

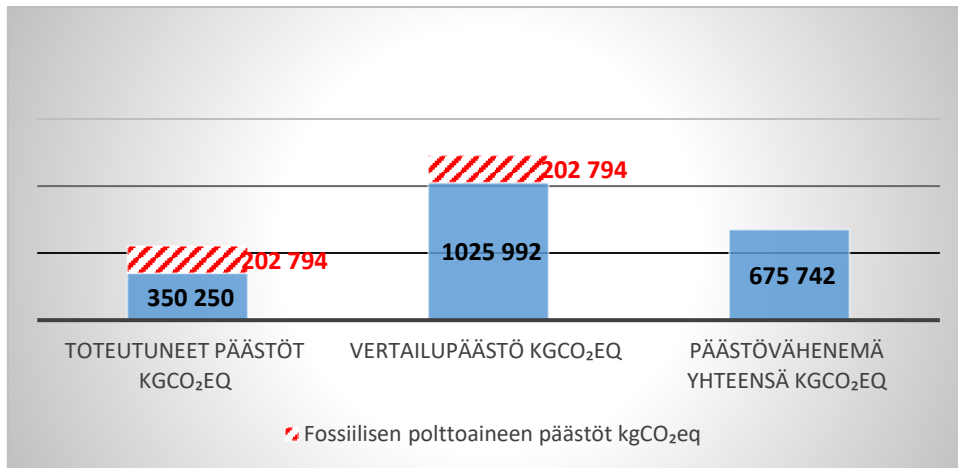
kuin vuoden 2020. Työkoneiden ja pienkoneiden osalta työmaan päästöt olivat 172 567 kgCO<sub>2</sub>eq ja vertailupäästö 516 653 kgCO<sub>2</sub>eq. Näin ollen päästöjen vähennys oli 344 086 kgCO<sub>2</sub>eq. Raskaan kuljetuskaluston osalta päästöt olivat 69 704 kgCO<sub>2</sub>eq ja vertailupäästö 189 422 kgCO<sub>2</sub>eq. Päästövähennemä tällöin oli 119 718 kgCO<sub>2</sub>eq. Sähkön osalta ei tule suurta eroa kasvihuonepäästöihin, koska sähkön kulutus on kohtuullisen pientä. Vuoden 2021 osalta vähäpäästöisen työmaan vaatimuksilla saavutettiin noin 463 804 kgCO<sub>2</sub>eq päästöjen vähennys.

Kaavio 11. Pilottiurakan uusiutuvan polttoaineen päästöt vrt. fossiiliseen polttoaineen päästöihin vuonna 2021



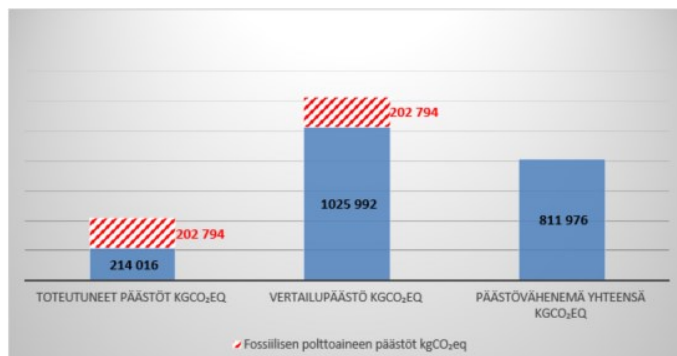
Ilmalan raitiotieyhteys pilottiurakan uusiutuvien polttoaineiden kasvihuonepäästöt vuosien 2020 ja 2021 osalta olivat yhteensä 350 250 kgCO<sub>2</sub>eq. Ilman vähäpäästöisen työmaan vaatimuksia uusiutuviin polttoaineisiin liittyen olisi työmaalla syntynyt kasvihuonepäästöjä arviolta 675 742 kgCO<sub>2</sub>eq enemmän. Tämä on esitetty kaaviossa 12. Ero vastaa noin 77 suomalaisen vuotuista keskivertohiilijalanjälkeä.

Kaavio 12. Pilottiurakan kokonaiskasviuonepäästöjen vähenemä vrt. fossiiliseen polttoaineeseen



Luvussa 7.1.1 todettiin, että uusiutuvan polttoaineen valmistuksessa käytettävillä raaka-aineilla on suuri merkitys. Päästövähennys muuttuu huomattavasti, jos oletettaisiin palmuöljyä käytettävän Suomessa vain 7 % ja siitä kaikki olisi palmuöljyn tisleettä. Lisäksi vastaava korvaava määrä olisi paistorasvoja. Tällöin kokonaispäästöksi Ilmalan raitiotieyhteys -urakan uusiutuvien polttoaineiden osalta syntyneet kasviuonepäästöt olisivat olleet noin 214 kgCO<sub>2</sub>eq, mikä olisi jopa 79 % vähemmän kuin fossiilista polttoainetta käytettäessä. Kaaviossa 13 on myös esitetty tämän havainnollistavan laskelman kasviuonepäästöt.

Kaavio 13. Ilmalan raitiotieyhteys -urakan kasviuonepäästöt eri HVO dieselin raaka-aineilla laskettuna



### 7.3 Muut päästövähennykset

Kasviuonepäästöjen hiilidioksidiekvivalentin sisältäessä hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin jää huomioitta Stage ja EURO -luokituksien tuomat muut

päästövähennykset. Aikaisempien urakoiden puuttuva tieto työkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston iän puuttuessa tutkimuksessa esitetään vain esimerkin omainen laskelma pilottiurakassa käytetyn työkoneen typenoksidi- (NO<sub>x</sub>), pienhiukkas- (PM) ja hiilivety päästöistä (HC) sekä vertailupäästö vanhemman malliseen työkoneeseen. Myös raskaan kuljetuskaluston osalta lasketaan havainnollistava päästölaskelma.

Edellä mainitut päästöt lasketaan kulutetun polttoaineen mukaisella lämpöenergialla ja käytetään STAGE-luokkien päästöjen raja-arvoja sekä VTT:n Lipaston viimeisimpiä vuodelta 2016 olevia pyörialustaisen työkoneiden keskiarvopäästöjä. Typen oksidien tuloksessa on huomioitava, että hiilidioksidiekvivalenttien sisältämä typpioksiduuli on yksi typen oksidien päästöistä.

Taulukossa 2 esitetään DieselNet (n.d-a) mukaiset Stage IIIA ja Stage IV luokkien päästöjen raja-arvot teholtaan 115kW moottorille sekä VTT:n (VTT, n.d-c) vuoden 2016 arvio silloisesta keskimääräisestä käytössä olevasta pyörialustaisesta kaivinkoneesta.

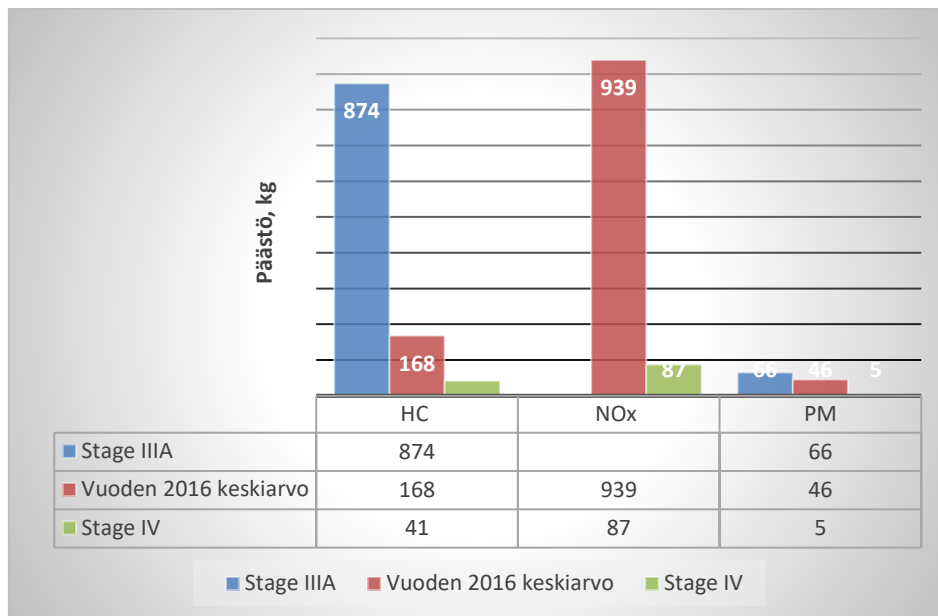
Taulukko 2. Stage -luokituksen vaikutukset päästöarvoihin

	<b>HC (g/kWh)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (g/kWh)</b>	<b>PM (g/kWh)</b>
<b>Stage IIIA</b>	4,0		0,3
<b>Stage IV</b>	0,19	0,4	0,025
<b>2016 keskimääräinen pyörialustainen työkone</b>	0,77	4,3	0,21

Esimerkiksi otetaan työmaalla alusta alkaen mukana ollut Volvon pyörialustainen kaivinkone, joka on teholtaan 115 kW ja päästöluokaltaan Stage IV. Työkoneen energian muodostus lasketaan työkoneen polttoaineen kulutuksen ja polttoaineen lämpöenergian

mukaisesti. Lämpöenergia (MJ) saadaan muutettua kilowattitunneiksi jakamalla se 3,6:lla. (Lampila, 2018). Kyseinen työkone kulutti yhteensä 22 855 litraa polttoainetta, jolloin kilowattitunteina energiamääräksi saadaan noin 218 392 kWh. Tämän mukaisesti kertomalla lukema raja-arvoilla ja päästökertoimilla saadaan kaavion 14 mukaiset tulokset. Tuloksista on havaittavissa huomattava päästövähennys kussakin päästössä. Stage IIIA:n osalta hiilivedyt sisältävät myös typenoksidipäästöt. Tuloksien osalta on kuitenkin huomioitava, että suuri osa työkoneista olisi todennäköisesti olleet muutoinkin vähintään Stage IV -luokan mukaisia eikä näin ollen näin suurta lähipäästöjen päästövähennystä olisi muodostunut.

Kaavio 14. Esimerkki pilotin Stage-luokkien vaatimuksien mukaisista mahdollisista vaikutuksista hiilivety- (HC), typen oksidien (NOx) ja pienhiukkaspäästöihin (PM)



Raskaan kuljetuskaluston Euro -luokituksen vaikutusten hiilivety- (HC), typen oksidien (NOx) ja pienhiukkaspäästöjen (PM) laskentaesimerkki saadaan Dieselnin (Dieselnin, n.d.-b) ilmoittamia päästöjen raja-arvioita hyödyntämällä. Kaavion 15 esimerkkilaskelmassa on käytetty työmaalla käytettyjen Euro 5 luokan raskaan kuljetuskaluston kuluttamaa kokonaispolttoainemäärää. Samalla polttoainemäärällä on vertailuna laskettu päästöt, jos kyseiset kuljetuskalustot olisivat olleet Euro 4 tai Euro 6 luokkia. Taulukossa voidaan havaita, että Euro luokituksilla on huomattavat vaikutukset päästöihin. Jos urakassa olisi ollut raskaalle kuljetuskalustolla Euro 6 vaatimukset, olisivat niiden aiheuttamat hiilivety-päästöt olleet noin 72 prosenttia pienemmät, typen oksidien päästöt noin 80 % pienemmät ja

pienhiukkaspäästöt noin 50 % pienemmät kuin nyt työmaalla käytetyissä Euro 5 luokan raskaassa kuljetuskalustossa.

Kaavio 15. Ilmalan raitiotieyhteys -pilottiurakan Euro 5 luokan raskaan kuljetuskaluston päästöt verrattuna Euro 4 ja 6 luokkiin.



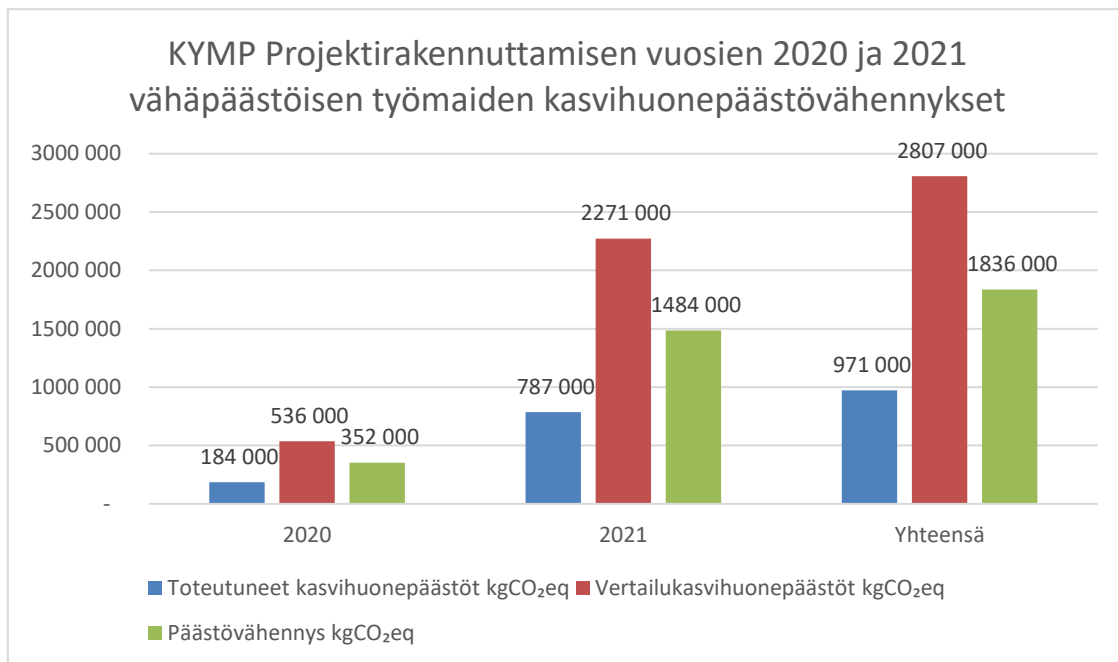
#### 7.4 KYMP-Projektirakennuttamisen kaikkien vähäpäästöisten työmaiden päästövaikutukset vuosilla 2020 ja 2021

Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristötoimialan projektirakennuttamisella on ollut vuosien 2020 ja 2021 aikana käynnissä yhteensä kuusi työmaata, joissa on ollut mukana vähintään vähäpäästöisen työmaan vaatimukset. Osana tutkimusta laadittiin seurantataulukko, jolla seurataan urakoista saatavaa polttoaineen kulutustietoa, minkä avulla vuosittainen päästövähennys ja lisäkustannukset ovat saatavilla kootusti. Uusiutuvan HVO dieselien tuomien päästövähennysten laskenta on myös huomioituna taulukossa ja sitä pystyy muokkaamaan jatkossa, kun HVO dieselien päästökerroin muuttuu. Lisäksi taulukkoon voi lisätä muut polttoainemuodot, jos niiden käyttämiä työkoneita tai kuljetuskalustoa tulee markkinoille ja sitä myötä Helsingin kaupungin rakennuttamille työmaille.

Kaaviossa 16 on esitetty laskennalliset kasvihuonepäästöt, missä sinisellä on esitetty toteutuneet kasvihuonepäästöt ja punaisella kasvihuonepäästövähennys, joka kuvastaa

kuinka paljon enemmän kasvihuonepäästöjä olisi syntynyt normaalilla tavalla kilpailutettuihin urakoihin verrattuna. Vuoden 2020 projektirakennuttamisen työmailla vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien ansiosta kasvihuonepäästövähennemä oli 352 000 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia (kgCO<sub>2</sub>eq) ja vuonna 2021 yhteensä 1 484 000 kgCO<sub>2</sub>eq, mitkä ovat yhteensä 1 836 000 kgCO<sub>2</sub>eq.

Kaavio 16. KYMP Projektirakennuttamisen kaikkien vuosien 2020 ja 2021 työmaiden kasvihuonepäästövertailu



## 8 Vähäpäästöisen työmaan kustannusvaikutukset

Vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien vaikutukset kustannuksiin ovat monialaisia ja kaikkia kustannusvaikutuksia ei pystytä todentamaan. Uusiutuvan polttoaineen käyttövaatimuksella on merkittävin vaikutus urakoitsijoihin etenkin kustannuksiltaan. Uusiutuvan polttoaineen hintaero fossiiliseen polttoaineeseen on myös helposti arvioitavissa, kuten myös uusiutuvan sähkön hintaero muihin sähkön hankintamuotoihin.

Vaatimuksissa vaaditaan Stage IV ja Euro 5 luokkia, jotka vaikuttavat urakoitsijoiden käytettävän kaluston valmistusvuoteen antaen niille minimi vaatimustason. Tutkimuksessa kävi ilmi, että Helsingin kaupungin infrarakentamisen urakkakohteissa ei ole aiemmin

tilastoitu käytettäviä kalustoja, joten sen pohjalta työmaiden kaluston valmistusvuosia ei ole tiedossa aikaisemmilta vuosilta. Näin ollen tutkimuksessa ei ole mahdollista huomioida näiden osuutta kustannuksien osalta. Urakoitsijoille laaditun kyselyn perusteella moni urakoitsija ilmoitti, että nämä vaatimuksien kohdat eivät ole vaikuttaneet kaluston hankintoihin, mikä myös tukee sitä johtopäätöstä, että näiden kustannusvaikutus on ollut pieni tai olematon. Muualla kuin suurien kaupunkien kilpailutuksissa asia tulisi kuitenkin huomioida, koska esimerkiksi maansiirtokoneiden käyttöikä on VTT:n raportin (Nylund yms, 2016, s 5) mukaan noin 15 vuotta, jolloin uutta kalustoa ei välttämättä ole saatavilla kaikilla talousalueilla ja tämä nostaa kustannuksia tilaajan suuntaan.

Sähköisten pienkoneiden osuutta kustannuksiin on vaikea arvioida. Pienkalusto voidaan ostaa pitkäksi aikaa, jolloin kustannus urakkaa kohden jakaantuu ja myös polttomoottorilla käytettävään pienkoneeseen on muodostunut kuluerä hankinnan aikana. Vuokratun pienkaluston osalta voisi tehdä hinta-arvioita mahdollisesti korkeamman vuokrahinnan mukaisesti, mutta pienkoneiden vuokra-aikoja ei tilastoitu työmailla tutkimusta varten. Näin ollen saatu tieto ei olisi oikea ja näiden kulujen osuus kokonaiskustannuksiin on pieni, millä perusteella asia jätetään huomioimatta.

Kustannuksiin vaikuttava tekijä on myös työmailla tehtävän raportoinnin lisääntynyt määrä. Tämä vie aikaa etenkin työmaainsinööreiltä, mutta myös työkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston kuljettajille tämä teettää lisää työtä. Kuluvan ajan arviointi ja sitä myötä kustannuksen arviointi on kuitenkin hankalaa. Pilottiurakassa työmaainsinööri arvioi, että kokonaistyöajasta vaatimuksien mukaiseen raportointiin ja seurantaan kului aikaa joitakin tunteja viikossa ja se riippui viikkokohtaisesti. Esimerkiksi työmaalla käytettiin Hiab-autoja, jotka vaihtuivat tiheästi, jolloin niiden seuranta oli työlästä. Yleisesti ottaen seurannan työläys yllätti. (Korteniitty, 2022).

### **8.1 Ilmalan raitiotieyhteys -urakan uusiutuvan polttoaineen lisäkustannukset**

Ilmalan raitiotieyhteys -urakassa merkittävimmät kustannusvaikutukset muodostuvat vähäpäästöisen työmaan polttoainevaatimuksista. Polttoaineiden hintaerojen laskennassa huomioidaan työkoneiden ja pienkoneiden osalta moottoripolttoöljyn hintaero uusiutuvaan HVO moottoripolttoöljyyn ja kuljetuskaluston osalta fossiilisen dieselin ero uusiutuvaan HVO

dieseliin. Vuoden 2020 kustannuslaskennassa on huomioitava, että moottoripolttoöljyn sijasta työkoneissa käytettiin uusiutuvaa HVO dieseliä, koska uusiutuvaa HVO moottoripolttoöljyä ei ollut vielä saatavilla.

Keskimääräinen litrakohtainen hintaero fossiilisen ja uusiutuvan HVO dieselin/moottoripolttoöljyn välillä on noin 0,2 €/litra (alv 0%). Hinta-arvio perustuu Nesteeltä (Saari, 2021) saatuun tietoon ja perustuu myös huoltoasemien hintatietoihin perustuen. Vuoden 2020 fossiilisen moottoripolttoöljyn ja HVO dieselin hintaeron selvittämiseksi on hyödynnetty Tilastokeskuksen StatFin-tietokantaa polttoöljyn osalta. HVO dieselin hinta on arvioitu fossiilisen dieselin tilastotiedon perusteella (Tilastokeskus, n.d-b) ja siihen on lisätty 0,2 euron uusiutuvan polttoaineen lisä. Fossiilisen moottoripolttoöljyn ja HVO dieselin hintaero vuonna 2020 oli keskimäärin 0,589 €/litra (alv 0%).

Pilotin polttoaineen vaatimuksesta muodostuneet kustannukset ovat laskettu taulukossa 3. Polttoaineiden kulutukset ovat luvun 7.2 mukaiset ja polttoaineiden hintaerot ovat mainittu edellä. Urakan lisääntyneet kustannukset polttoainevaatimuksien osalta ovat 92 103,80 euroa (alv 0 %).

Taulukko 3. Pilottiurakan lisääntyneet kustannukset.

Polttoainemuutos	Kulutettu polttoainemäärä (litra)	Hintaero, €/litra (alv 0%)	Kustannusero (alv 0 %)
Mpö -> HVO diesel (työkoneet, 2020)	70 000	0,589	41 230,00
Mpö -> HVO Mpö 2021	159 816	0,2	31 963,20
Diesel -> HVO diesel	94 553	0,2	18 910,60
		Yhteensä	92 103,80

## 8.2 Ilmalan raitiotieyhteys -urakan uusiutuvan sähkön lisäkustannus

Urakassa käytetyn uusiutuvan sähkön kulutus oli vuosien 2020 ja 2021 osalta yhteensä 48 192,80 kilowattituntia. Uusiutuvan sähkön hintaero muihin energialähteisiin arvioitiin viiden eri sähköntoimittajan (Sähkövertailu.fi, 2021) yleissähkön ja uusiutuvan sähkön keskimääräisen hinnan erotuksella. Hinnat perustuivat hakupäivän hintoihin, jolloin eri

aikoina tilattuina sähköhinnoissa ei välttämättä ole eroa. Lisäksi yritykset voivat tehdä suurempia ja pidempiä sopimuksia, jolloin hintaeroa ei synny. Tutkimuksen arvioissa hintaero oli arvonlisäverottomana n. 0,0168 euroa per kilowattituntia, jolloin pilottiurakan lisääntyneet kustannukset uusiutuvan sähkön osalta olivat noin 809 euroa (alv 0%).

### **8.3 Ilmalan raitiotieyhteys -urakan lisäkustannukset yhteensä**

Ilmalan raitiotieyhteys pilottiurakan vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien mukaiset lisääntyneet kustannukset vuosien 2020 ja 2021 aikana ovat olleet yhteensä n. 92 913 euroa (alv 0%). Urakassa on ollut paljon muutostöitä ja vuoden 2021 lopulla urakan kokonaiskustannukset olivat noin 16 088 000 euroa (alv 0 %), mikä tarkoittaa vähäpäästöisen työmaan vaikutuksien olevan urakan vuosien 2020 ja 2021 kustannuksista noin 0,58 prosenttia.

Kustannuksista voidaan todeta pilottiurakan kasvihuonepäästövähennyksen olevan noin 6,91 kiloa hiilidioksidiekvivalenttia euroa kohden.

### **8.4 Muiden vähäpäästöisten työmaiden kustannusvaikutukset**

Kaupunkiympäristö toimialan projektirakennuttamisen vähäpäästöiset työmaat on taulukoitu luvussa 7.4 kerrottuun seurantaulukkoon. Seurantataulukossa on esitetty päästöjen lisäksi myös vuosittaiset lisääntyneet kustannukset. Kustannukset lasketaan hyödyntäen työmaiden tilastointia kulutetun polttoaineen määrän mukaisesti sekä keskimäärisiä hintatietoja kuten luvussa 8.1. Taulukosta 4 nähdään vuosien 2020 ja 2021 aikana olleiden kuuden vähäpäästöisen työmaan vaikutukset kasvihuonepäästöihin sekä näistä muodostunut lisäkustannus. Kaikkiaan vaatimuksilla saavutetut pienemmät kasvihuonepäästöt tulivat maksamaan lisää noin 230 000 euroa arvonlisäverottomana. Lisääntyneiden kustannuksien osuus työmaan kokonaiskustannuksista olivat keskimäärin 0,53 prosenttia, mistä suurin oli noin 0,96 prosenttia ja pienin 0,19 prosenttia.

Taulukko 4. Vähäpäästöisten työmaiden kasvihuonepäästövaikutukset sekä kustannukset

KYMP Projektirakennuttamisen vuosittaiset vähäpäästöisen työmaan kasvihuonepäästövaikutukset							Kasvihuonepäästöjen vähennys vrt normaali polttoaine kgCO <sub>2</sub> eq	Päästövähennys prosentteina (%)	Lisäkustannukset (€ alv0%)
Vuosi	Kokonaiskulutus HVO Mpö (litraa)	Kokonaiskulutus HVO diesel (litra)	Sähkönkulutus (kWh)	Kasvihuonepäästöt kgCO <sub>2</sub> eq	Kasvihuonepäästö vertailupäästö kgCO <sub>2</sub> eq	Kasvihuonepäästöjen vähennys vrt normaali polttoaine kgCO <sub>2</sub> eq			
2020	117 826,00	52 920,00		184 369,56	536 194,22	351 824,66	65,62	79 983,51	
2021	445 056,00	283 517,00	216 754,80	786 704,73	2 270 717,98	1 484 013,25	65,35	149 353,84	
2022								-	
2023								-	
2024								-	
Yhteensä						1 835 837,91		229 337,35	

Tutkimuksessa myös tarkasteltiin vähäpäästöisten työmaiden urakkatarjoushintojen suhdetta laadittuihin kustannusarvioihin. Tarkasteluun otettiin huomioon vuosilta 2017, 2018, 2019, 2020 ja 2021 yhteensä 28 avoimella hankintamenettelyllä tavalla kilpailutettua urakkaa, joista olivat päättäneet Rakennukset ja yleiset alueet -jaosto, Toimialajohtaja tai Tekninen johtaja. Näiden vertailuksi otettiin vähäpäästöiset työmaat sekä päästötön työmaa Kulosaaren puistotie. Laskennasta jätettiin huomioimatta ääriarvot, jotta tulos olisi mahdollisimman totuuden mukainen. Nämä avoimella hankintamenettelyllä kilpailutetut urakat alittivat laaditut kustannusarviot keskimäärin 14,18 prosentilla ja vähäpäästöiset työmaan vaatimuksien mukaiset urakat alittivat kustannusarviot keskimäärin 20,75 prosentilla. Kustannuksien nousua tämän valossa ei olisi tapahtunut, jolloin vaatimuksien lisäkustannukset ovat hyvin pieniä eivätkä näy kustannusarvioihin peilattaessa.

## 9 Vähäpäästöisen työmaan vaikutukset urakoitsijoihin

Tutkimuksessa selvitettiin uusien vaatimuksien vaikutusta urakoitsijoihin ja heidän käyttämiin aliurakoitsijoihin kyselylomakkeella. Kyselylomakkeella ajateltiin saavutettavan suurempi otanta kuin pääurakoitsijoiden haastattelulla. Lisäksi lomakkeen nimettömyyden ajateltiin lisäävän rehellisten palautteiden saamista. Kysely toteutettiin Microsoft Forms -työkalulla, joka oli helposti saatavilla ja selkeä käyttää tietokoneella ja mobiilisti. Kysely toimitettiin joulukuussa 2021 kaikille vähäpäästöisiä työmaita urakoinneille pääurakoitsijoiden vastaaville mestareille, työmaainsinööreille ja työpäälliköille. Saateviestissä pyydettiin toimittamaan kysely myös pääurakoitsijoiden käyttämille aliurakoitsijoille. Kyselyn kysymykset ovat esitetty liitteessä 2. Saadut vastaukset koottiin ja analysoitiin Microsoft Excelillä, jonka Forms -työkalu luo automaattisesti.

Kyselyyn saatiin 12 vastausta, joista 4 olivat pääurakoitsijoiden edustajia ja 8 aliurakoitsijan edustajaa. Yleisesti ottaen vastauksista käy ilmi, että vähäpäästöisen työmaan vaatimuksia pidetään työläinä seurannan osalta ja kustannuksia nostavina etenkin uusiutuvien polttoaineiden käytöstä. Uusiutuvaa polttoainetta ei selkeästi olisi käytetty ilman vaatimuksia, mutta uusiutuvaa sähköä olisi osa käyttänyt muutoinkin.

### **9.1 Kustannuksien muutokset**

Vastaajat ilmoittivat kustannuksien nousseen oikeastaan suoraan uusiutuvien polttoaineiden hintaeron verran. Käytettävän kaluston tuntihintojen nousussa oli vaihtelueroa 5-15 prosentin välillä ja euromääräisesti summan arvioitiin olevan noin 5 euron luokkaa. Kustannuksien osalta eräs urakoitsija myös totesi, että mahdollisesti kustannuksien nousu siirtyy suoraan aliurakoitsijoiden maksettavaksi. Vastaajalta kävi ilmi myös, että Uusiutuvan polttoaineen käytön lisäämiseen auttaisi sen hinnan alentaminen. Polttoaineen seurannan ja raportoinnin osalta kukaan ei ollut arvioinut suoraa hintavaikutuksia.

### **9.2 Vaikutukset urakoitsijan ja aliurakoitsijan kalustoon**

Kaluston osalta vastaukset hajaantuivat, mutta suurin osa ilmoitti, ettei vaatimuksien Stage ja Euro luokitukset ole vaikuttaneet heidän mahdollisuuteensa tarjota urakoita tai hankkia uudempia koneita. Käytännössä käytettävä kalusto päivitetään jo nykyisin melko useasti ja käytössä olevat koneet ja autot olivat jo melko uusia. Pienempien työkoneiden osalta toivottiin huomioimaan alle 10 tn työkoneiden vaatimukset. Tutkimuksessa oletettiin, että ilmeisesti tämän kokoluokan koneita on vähemmän käytössä ja niiden tarve vähäisempi, joten päivitystiheys on harvempi.

Uusiutuvan polttoaineen vaikutuksia työkoneiden tehoihin suurin osa ilmoitti, että ei ole vaikutuksia, mutta vastaajista miltei puolet (5) ilmoitti kulutuksen lisääntyneen. Erään vastaajan mukaan kulutus olisi noussut kesällä jopa 15 % ja talvella 35 %. Kulutukset nousun lisäksi ilmoitettiin lisääntyneestä huollosta ja epäiltiin mahdollisen työkoneen käyttämättömyyden aikana muodostuvan tankkiin levää tai jähmettymistä.

Kyselyssä myös tiedusteltiin urakoitsijoiden halua siirtyä sähköisten työkoneiden käyttäjäksi, mutta nämä nähtiin tällä hetkellä mahdottomaksi huonon saatavuuden ja suuren hankintahinnan vuoksi. Lisäksi akkuteknologian ja työmaiden sähkön saannin olisi kehityttävä, jotta sähköinen työkone ei haittaisi niin paljoa työntekoa. Yksi vastaajista ehdotti neljän vuoden sopimuskautta ja kaksinkertaista laskutushintaa, jotta voisi hankkia sähköisen työkoneen.

Urakoitsija ilmoittivat hankkineensa sähköisiä pienkoneita ja osaan niistä on oltu tyytyväisiä. Etenkin niihin, joissa ei ole jatkuvan käytön tarvetta, kuten muottityön moottorisahat. Näissäkin on silti paljon puutteita saatavuuden osalta, mistä esimerkeiksi todettiin paalujen ja kivien katkaisuun käytettävä sahat, osa aggregaateista ja tiivistyslaitteet.

### **9.3 Polttoaineen saatavuus**

Kyselyn perusteella polttoaineiden saatavuudessa ei ole ollut merkittäviä puutteita ja samoja polttoaineen toimittajia on voinut käyttää samoin kuin aiemminkin. Hieman haasteita on tuonut HVO moottoripolttoöljyn minimitilauusmäärä ja sen jakelupaikat. Tämä on lisännyt kuljetuksia eri kohteiden välillä, kun polttoainetta on täytynyt tilata suurempia määriä sivummalla olevalla toimipisteelle. Yhtenä ratkaisuna ehdotettiin pääurakoitsijan velvoittamista tilaamaan polttoaineet.

### **9.4 Muita havaittuja hyötyjä tai haittoja sekä muut tietoa**

Sähköisen pienkoneiden osalta vähäisempi melu ja hajun poistuminen on koettu positiivisena asiana. Yleisesti kuitenkin vaatimuksia on pidetty turhina ja työläinä. Raportoinnin osalta osalle polttoaineen määrän tilastointi on ollut jo ennen vaatimuksia tuttua, mutta suurin osa totesi raportoinnin vievän turhan paljon aikaa. Tämän osalta urakoitsijat toivoivat keskustelua raportoinnin kehittämiseksi, jotta se palvelisi paremmin tilaajaa että urakoitsijaa. Myös sähköistä raportoinnin työkalua toivottiin, jotta raportointi olisi helpompaa.

## 10 Vaatimuksien kehittäminen

### 10.1 Kalustoluettelo

Tutkimuksen pilottiurakassa ja muissa vaatimukset mukana olleissa urakoissa ilmeni, että yhtenäinen kalustoluettelo helpottaisi urakoitsijaa ja myös tilaajaa, jotta toimitettu seurantaraportti olisi vastaavanlainen kaikissa urakoissa. Kalustoluettelon tarvetta lisäsi myös se, että green deal -yhteistyöryhmän osalta kaikkien yhteistä seurantatapaa ei vielä ollut ja ryhmän palaverien osalta näytti, että se ei ole tulossa pitkään aikaan. Yhteisen kalustoluettelon on tarkoitus olla sähköinen tulevaisuudessa. Motivalle sähköistä luetteloa on selvittänyt VTT ja myös tämän tutkimuksen yhteydessä kokemuksista tietoa heidän käyttöönsä. (Muona, T. 2021)

Kalustoluettelon tarkoituksena on kerätä tietoa vaatimuksen alaisilta hankkeilta, jotta tiedetään nykyisten työkalujen, raskaan kuljetuskaluston ja pienkoneiden tiedot sekä tilastoidaan niiden polttoaineen kulutusta, jotta voidaan tehdä yksikön päästölaskelmat. Kalustoluetteloon kirjataan seuraavat asiat:

- merkki
- malli
- vuosimalli
- rekisterinumero, jos rekisterissä
- koneluokka
- päästöluokka
- käyttövoima
- pääasiallinen käyttötarkoitus työmaalla
- arvioidut käyttötunnit urakassa (sähkökoneiden osalta)
- kulutettu polttoainemäärä
- aliurakoitsijan nimi.

Kalustoluettelon laadintaan käytettiin Microsoft Excel taulukkoa ja ulkonäöllisesti pyrittiin selkeään näköiseen luetteloon. Kalustoluettelon pohjana hyödynnettiin Ympäristöpalveluiden ja Kulosaaren puistotien urakoitsijan laatimaa luettelopohjaa. Koska vähäpäästöistä

työmaata käsitellään työmaakokouksissa, luettelossa on ensimmäisenä, toisena ja kolmantena välilehtenä koostesivut, jotka voidaan liittää työkokouspöytäkirjaan. Vuosittain ja hankkeen lopuksi kalustoluettelo toimitetaan urakan rakennuttajalle ja tieto tilastoidaan vuosittain koontitaulukkoon, mikä laadittiin tämän tutkimuksen yhteydessä. Tärkeimpänä tietona on käytetyn uusiutuvan polttoaineen määrä, jotta voidaan arvioida laskennallinen kasvihuonepäästöjen vähenemä. Kalustoluettelot on myös sovittu toimitettavan Motivalle, jotta voidaan seurata kansallisella tasolla kaluston tilannetta.

Kalustoluettelo on päivitetty saatujen kokemusten pohjalta vuoden 2021 lopulla ja vuoden 2022 alussa. Viimeisimpänä muutostarpeena todettiin Helsingin kaupungin sisäisessä prosessien automatisointien palaverissa, että kalustoluettelo kannattaa muokata käyttövoiman ja päästöluokkien vaihtoehtojen lisäämisenä soluun, jotta vältetään useammalta eri kirjaustavalta. Samalla keskusteltiin kalustoluettelon mahdollisesta viemisestä internet-lomakkeeksi, mutta tämän osalta päätöksiä ei vielä tehty. Erään työmaan urakoitsijan mielipide sähköiseen taulukkoon oli jo aikaisemmin, että hyvin todennäköisesti työmaa joutuisi kuitenkin kokoamaan aineiston excelillä, jolloin urakoitsijoille tulisi kaksi erillistä työvaihetta sähköisen lomakkeen täyttämisestä. (Aaltonen, 2021).

## **10.2 Muut lisäykset ja muutokset**

Pilotissa eikä muiden käynnissä olleiden hankkeiden osalta ole ilmennyt erityisiä muutostarpeita vähäpäästöisen työmaan vaatimukseen. Malliasiakirjojen osalta tehtiin pieniä tarkennuksia pienkoneisiin, vaikka tästä ei ollut havaittu ongelmia. Tarkennuksissa huomioitiin yli 4kW koneisiin kohdistuvan samat uusiutuvan polttoaineen vaatimukset kuin työkoneisiin. Lisäksi aluksi seurattiin työkoneiden käyttötunteja sekä ja raskaankuljetuskaluston käyttötunteja ja ajokilometrejä, mutta näiden tilastoinnista luovuttiin, koska havaittua hyötyä tutkimuksen eikä jatkon kannalta todettu.

Vaatimuksien kiristämistä on selvitetty ja vuonna 2021 aloitettuun ja edelleen käynnissä olevaan urakkaan lisättiin vaatimukset koskemaan myös murskeen ja kiviaineksien toimittamista. Ennen vaatimuksien päivittämistä tiedusteltiin Rudukselta, onko esimerkiksi heillä mahdollisuutta käyttää toimituksissaan uusiutuvaa polttoainetta. Näitä kiviainestoimituksien vaatimuksia ei kuitenkaan ole juurikaan otettu käyttöön laajasti vaan

kyseisen vaatimuksen käyttö on katsottava tapauskohtaisesti niiden soveltuessa paremmin esimerkiksi esirakentamisen kohteisiin, joissa on useasti suuria massamääriä.

Muita vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien kiristämistä on ajateltu tulevan vuoden 2023 alusta, jolloin green deal vaatimuksien mukaisesti pitäisi käyttää raskaassa kuljetuskalustossa Euro VI -luokkaa. Vaatimuksen mahdollisesta sisällyttämisestä urakoihin haastateltiin erästä nykyisistä vähäpäästöisen työmaan urakoitsijoista. Urakoitsija ajatteli, että laajamittaisesti markkinat eivät pysty vastaamaan vaatimukseen, jos se otetaan käyttöön kaikilla työmailla. Lisäksi se tulisi nostamaan kustannuksia enemmän kuin nykyiset vaatimukset. (Vuoni, 2022). Tämän perusteella on vielä mietittävä uuden vaatimuksen käyttöönottoa ja seurattava markkinoiden tilannetta.

Uusien urakoiden siirryttyä vaatimukseen projektirakennuttamisen ja alueellisen rakennuttamisen henkilöstön ohjeistamisessa on todettu hieman puutteita ja sen vuoksi tutkimuksessa laadittiin lyhyt ohjeistus vaatimuksista ja niiden käytöstä. Ohjeistukseen lisättiin pilottiurakan rakennustyön valvojien kommentit (Selenius & Torni, 2022), jotta myös valvonnan näkökulma saatiin mukaan. Ohjeistus on otettu käyttöön Kymppin infrarakennuttamisen yksiköillä ja sen sisältöä on testattu konkreettisesti uuden urakan valmistelussa henkilöllä, joka ei vielä aikaisemmin ollut tehnyt vähäpäästöisiä urakoita. Kyseinen ohje on liitteenä 3.

Edellä mainittujen haastattelun perusteella myös kehitettiin malliasiakirjojen urakkasanktioita. Sanktioihin lisättiin pienempi sanktio vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien rikkomisesta muilta osin kuin fossiilisen polttoaineen merkittävästä väärin käytöstä. Malliasiakirjoista päivitettiin myös työmaakokouspöytäkirjan malliasiakirjaa, johon lisättiin erillinen kohta ympäristöasioille ja vähäpäästöiselle työmaalle, jotta kokouksissa asia nousisi esiin vastaavasti kuten työturvallisuus.

## 11 Muiden tilaajien toimenpiteet

### 11.1 Green deal -sopimuskumppanit

Green deal -sopimuksen tuomista kokemuksista kerrotaan säännöllisesti tilaajien välisissä palavereissa, jotka ovat Motivan vetämiä. Palavereilla edistetään sopimuksen tavoitteisiin pääsemistä ja raportoidaan miten eri tilaajat ovat saavuttaneet tavoitteet. Mukana olevat eri tilaajat ovat ottaneet urakoissaan ja työmaillaan käyttöön vaatimuksia, jotka noudattelevat itse sopimuksen välitavoitteita. Useat ovat ottaneet käyttöön Helsingin kaupungin tässä tutkimuksessa laaditut vaatimukset käyttöön soveltaen niitä hieman tarpeidensa mukaan. Espoon kaupunki vaatii nykyisin urakoissaan hieman Helsingin kaupunkia enemmän vaatimalla sähköisten työkoneiden käyttöä jokaisella työmaalla (Kallio, 2021). Espoon kaupunki vaatii myös Euro VI -luokkaa raskaalle kuljetuskalustolle ja on edistänyt päästöjen vähentämistä myös työmaiden materiaalivalinnoilla (Kallio, 2022). Espoon kaupunki on todennut, että heidän vaatimuksien käyttöönotolla ei ole ollut huomattavia kustannusvaikutuksia, sillä tarjoushinnat ovat olleet samaa luokkaa kuin aiemmin ja tarjoajia on ollut yhtä paljon. (Kallio, 2021).

### 11.2 BigBuyers -ryhmä

BigBuyers -ryhmään kuuluu lukuisia Euroopan kaupunkeja Helsingin ohella ja ryhmän tarkoituksena on edistää rakennustyömaiden kasvihuonepäästöjen vähentämistä ja kestävämpää rakentamista (Bigbuyers, n.d). Helsinki kuuluu työryhmään, missä tavoitteena on päästötön työmaa, kuten on myös green deal -sopimuksen tavoitteena. Ryhmä kokoontuu säännöllisesti käyden lävitse omat saavutukset ja haasteet tavoitteen saavuttamisessa. Tavoitteessa pisimmällä oleva kaupunki on tällä hetkellä Oslon kaupunki, joka on ollut edelläkävijä uusiutuvien polttoaineiden ja sähköisten työkoneiden vaatimisessa. Heillä on tavoitteena lisätä sähköisten työkoneiden määrää huomattavasti ja siinä on myös onnistuttu, koska vuoden 2021 kolmannella kvartaalilla heidän työmaillansa oli sähköisiä työkoneita jo noin 40 prosenttia työkoneista. Fossiilisten dieselin osuus oli enää joitakin prosentteja, ja loput työkoneet käyttivät uusiutuvaa HVO dieseliä. Uusiutuvaan HVO dieseliin oli myös lisätty vaatimus, ettei sen raaka-aineena saa olla käytetty palmuöljyä tai sen tislettä (Wensaas, 2021).

## 12 Johtopäätökset / Pohdinta

### 12.1 Päätelmät tutkimuksen tuloksista

Tutkimuksen tavoitteina oli määritellä Helsingin kaupungin infrarakentamiseen Päästöttömät työmaat -green deal sopimukseen pohjautuvat vähäpäästöisen työmaan vaatimukset ja pilotoida niitä urakassa sekä niiden osalta muuttaa malliasiakirjat, jotta käytäntö voitaisiin ottaa käyttöön kaikissa urakoissa. Samalla tavoitteena oli tutkia vaatimuksien mukaisia päästövaikutuksia, kustannusvaikutuksia ja muita vaikutuksia urakoitsijoihin.

Tutkimuksessa pilotin vaatimuksien laadinnassa hyödynnettiin geen deal -sopimuksessa sovittuja toimenpiteitä. Lähdemateriaalina käytettiin lähinnä lähivuosien tutkimukseen liittyviä selvityksiä ja tutkimuksia, joista laskennassa tärkeimpänä Euroopan komission tutkimuslaitoksen tutkimusta. Lisäksi pilottityömaalta sekä muilta työmailta kerättiin tutkimuksen tueksi informaatiota ja urakoissa mukana olleille urakoitsijoille laadittiin kyselytutkimus.

Päästöttömät työmaat -green deal sopimuksen välitavoitteiden pohjalta itse vähäpäästöisen työmaan vaatimukset saatiin muodostettua ilman suurempia haasteita. Tästä voidaan päätellä, että alkujaan itse sopimuksen sisältö on laadittu tarkkaan ja realistisesti, minkä pohjalta tavoitteet olisivat toteutettavissa. Pilottiurakan tarjouslaskennan aikana vaatimukset päätettiin ottaa mukaan toisessa urakassa, koska vaatimukseen liittyviä kysymyksiä ei esitetty. Tutkimuksessa voitiin näin ollen päivittää Helsingin kaupungin infrarakennuttamisen malliasiakirjat, millä saataisiin lisää vaatimuksien mukaisia urakoita käyntiin. Pilotin ja edellä mainitun toisen urakan alussa heräsi pelko, olivatko urakoitsijat huomioineet vaatimukset riittävästi laskennan aikana, koska toisen urakan alkaessa urakoitsija tiedusteli, mitä vaatimukset käytännössä tarkoittavat heille. Tämä ei kuitenkaan näkynyt käytännön tekemisessä, joten pelko osoittautui virheelliseksi.

Tutkimuksessa ja pilotissa saavutettujen kasvihuonepäästöjen laskenta osoittautui työlääksi, koska selkeitä valmiita laskenta-arvoja ei ollut suoraan saatavilla. VTT:n ja Helsingin kaupungin ympäristöpalveluiden yhteinen polttoaineiden laskelma, joka perustui Euroopan komission JEC:n tutkimukseen, auttoi tutkimuksen laskelmissa. Päästölaskelmien tarkistus

täytyi kuitenkin tehdä useamman kerran ja huomioida Suomen nykyiset fossiilisten polttoaineiden bio-osuudet. Uusiutuvan ja fossiilisen polttoaineen päästölaskelmista saatiin muodostettua käytännöt, joilla kasvihuonepäästöerot voidaan todeta nykyisen tiedon perusteella. Päästölaskelmien luotettavuuteen vaikuttaa etenkin uusiutuvan polttoaineen käytettävien raaka-aineiden epävarmuus, koska nyt tutkimuksessa ei käytetty niiden osalta Suomen tarkkoja tietoja vaan Euroopan keskiarvoja. Näin ollen uusiutuvien polttoaineiden kasvihuonepäästöt ovat oletettavasti laskettu hieman yläkanttiin ja päästövähennemä uusiutuvan ja fossiilisen polttoaineen välillä olisi suurempi. Toisaalta kyselyn perusteella esitettiin, että polttoaineen kulutus olisi lisääntynyt, jolloin kasvihuonepäästöjen ero ei tällöin olisi tulosten mukainen.

Tutkimuksessa ei saatu laskettua työkoneille asetettujen Stage -luokitusten ja raskaan kuljetuskaluston Euro -luokitusten tuomia tarkkoja päästöhyötyjä, mikä oli tiedostettu haasteena jo tutkimuksen alussa. Konkreettisten esimerkkilaskelmien kautta saatiin kuitenkin potentiaalinen hyöty etenkin paikallis päästöille. Myöskään uusiutuvan polttoaineen vaikutusta paikallis päästöihin ei pystytty laskemaan.

Vähäpäästöisen työmaan kustannusmuutokset ja Helsingin kaupungille muodostuvat lisäkustannukset saatiin tutkimuksen laskelmissa lähelle totuutta, koska työmailla käytettiin fossiilisen polttoaineen korvaavana polttoaineena ainoastaan uusiutuvaa polttoainetta, jonka kustannusero oli selkeä. Mahdolliset urakoitsijoiden omien sopimusten hinnat eivät kuitenkaan näy tuloksissa ja tutkimuksessa täytyi olettaa hintaerojen olevan vakioita. Mahdollisena omasta sopimuksesta esimerkkinä toimii GRK Infra Oy:n ja Nesteen välinen sopimus uusiutuvan polttoaineen hankinnasta ja käytöstä (GRK Infra Oy, 2021).

Pienkoneiden vaatimuksille ei saatu laskettua kasvihuonepäästöjen vaikutusta tai kustannusvaikutusta, mutta niillä on saatu hyvää kokemusta saatavilla olevista sähköisistä työkoneista. Pienempien työkoneiden sähköistäminen vaikuttaa etenkin melupäästöihin ja käyttökokemukseen. Eräällä työmaalla saatiin hyvää kokemusta, koska ennakkoluuloinen muottiryhmä lopulta oli tyytyväinen sähköisiin työkaluihin.

Tutkimuksen selvitykset muihin urakoitsijoihin vaikuttaviin tekijöihin jäivät hieman vajaaksi. Kyselytutkimus laadittiin anonymisti, jotta saataisiin mahdollisimmat avoimet vastaukset. Tätä tuki kyselyn kysymyksien asettelut, koska valintakysymyksiä oli vähän ja kysymyksiin

olisi voinut vastata vapaammin. Tulokset kuitenkin osoittavat, että kysymyksiin olisi voinut saada laajemmat vastaukset haastatteluilla. Keskustelut eri työmaiden henkilöiden kanssa ovat vahvistaneet, että merkittävää kritiikkiä vaatimuksia kohtaan ei ole esitetty.

## 12.2 Johtopäätökset

Tutkimuksen vähäpäästöinen työmaa pilotin vaatimuksien laadinta onnistui ja vaatimukset on lisätty käytössä oleviin malliasiakirjoihin. Vaatimukset on otettu käyttöön nykyisin lähes kaikissa Helsingin kaupungin kilpailutetuissa infrarakentamisen kohteisissa. Tutkimuksen perusteella myös muut tilaajat voisivat ottaa vaatimukset käyttöönsä etenkin suurissa kaupungeissa, mutta pienempien kaupunkien kohdalla olisi selvitettävä markkinatilanne ennen vaatimuksien käyttöönottoa. Vaatimuksia pystyisi soveltamaan esimerkiksi ottamalla työkone ja kuljetuskaluston luokitukset käyttöön, mutta jättämällä polttoainevaatimukset pois tai päinvastoin, koska uusiutuvilla polttoaineilla voidaan myös vaikuttaa paikallispäästöihin. Näin ollen myös vanhempi kalusto voisi olla käytössä, mutta kaluston toimivuus olisi varmistettava kaluston toimittajalta, koska tutkimuksessa urakoitsijat epäilivät, että uusiutuvalla polttoaineella olisi vaikutusta kalustoon.

Tutkimuksen pilotin vähennettyjä päästöjä voitaisiin suoraan verrata ostettaviin päästövähennyksiin, mutta tällöin ei huomioitaisi paikallisesti väheneviä päästöjä, jotka vaikuttavat suoraan paikallisiin asukkaisiin. Pilotin laskennalliset päästövähennykset olivat noin 675 tCO<sub>2</sub>eq, minkä määrän päästövähennyksen ostaminen maksaisi CO<sub>2</sub>Esto sivustolla noin 92 500 euroa (alv 24%), jolloin vain kasvihuonepäästöt huomioitaessa Helsingin kaupungille olisi tullut edullisemmaksi ostaa päästövähennykset, mutta asia ei tietenkään ole niin yksinkertainen. Päästöt ovat vähentyneet ja myös haitalliset paikallispäästöt pienenevät vähäpäästöisen työmaan vaatimuksilla.

Vähäpäästöisen työmaan vaatimuksien osalta on myös huomioitava uusiutuvan polttoaineen saama kritiikki ympäristöystävällisyyden suhteen. Yle on uutisoinut (Huuhtanen, 2021 & Ikaivalko, 2020) uusiutuvan polttoaineen raaka-aineena käytettävästä palmuöljystä ja sen tisleestä. Osa tutkijoista kritisoivat sen lisäävän ympäristö- ja ilmastohaittoja, kun huomioidaan sademetsäkato. Tähän liittyen Norja ja Ruotsi ovat reagoineet ja luopuneet tisleen käytöstä, mikä voisi tulevaisuudessa olla myös oikea suunta Suomessa.

Tutkimuksen tuloksia päästölaskennasta ei voida suoraan hyödyntää Helsingin kaupungin HNH 2030 laskelmissa, koska näissä laskelmissa arvioidaan vain kaupungin sisäiset suorat päästöt eikä elinkaaripäästöjä. Laskelmat ja saavutetut päästövähennykset kuitenkin kiinnostavat Ympäristöpalveluja saavutettujen päästövähennyksien osalta.

Yleisesti tutkimuksesta on ollut hyötyä Helsingin kaupungin infrakennuttamisen yksiköille, koska uudet käytännöt on otettu käyttöön. Lisäksi Hiilineutraali Helsinki 2035 (2030) liittyvä tavoite fossiilittomista työmaista on lähes saavutettu kilpailutettujen urakoiden osalta ja myös green deal -sopimuksen kilpailutettujen urakoiden tavoitteet on saavutettu tällä hetkellä. Tutkimus on myös lisännyt tutkijan omaa ammattitaitoa ja asiantuntijuutta aihepiiriin liittyen. Etenemisessä kohti päästöttömiä työmaita on nyt saavutettu yksi välietappi, mutta todennäköisesti on useita haasteita vielä ratkottavana tulevaisuudessa.

### **12.3 Jatkokehitys**

Tutkimuksen jatkokehitys liittyy vahvasti green deal -sopimuksen mukaisten tavoitteiden päivittämiseen. Vaatimuksien muokkaaminen tutkimuksessa laadittujen vaatimuksien pohjalta on helppo toteuttaa, mutta myös jatkossa on hyödynnettävä markkinavuoropuhelut selvittämään urakoitsijoiden kyky tuottaa vaatimuksien mukainen palvelu ilman liian suuria kustannuksia. Lopullinen sopimuksen mukainen tavoite päästöttömästä työmaasta on myös Helsingin kaupungin tavoite, mutta sen saavuttamiseksi tarvitaan uutta käyttövoimaa käyttäviä koneita ja kuljetus kalustoa. Helsingin kaupungin infrarakennuttamisen uusimmassa päästötön työmaa -pilotissa on hyödynnetty tätä tutkimusta ja kannustettu sähköisten työkoneiden hankintaan lisäämällä niille bonukset, koska Oslon mallin mukaisesti sähkökoneilla päästöttömyyden saavuttaminen saattaa olla helpoiten saavutettavissa.

Kasvihuonepäästöjen laskennassa on jatkossa päivitettävä muuttuvat päästökertoimet ja tarkemmat tiedot uusiutuvan polttoaineen käytetyistä raaka-aineista, koska nämä vaikuttavat merkittävästi lopullisten päästöjen laskentaan. On myös seurattava muiden käyttövoimien yleistymistä ja näille on selvitettävä omat laskukaavat ja lisättävä seurantataulukoihin, jotta koko työmaan päästöt ovat laskettavissa. Ympäristöpalvelut lisäksi toivoivat päästölaskennan ulottamista muiden yksiköiden toimintaan, jolloin heitä täytyy

jatkossa ohjeistaa taulukon käyttöön ja mahdollisesti luoda heille oma. Sähköisen työkalun hankintaa on myös selvitettävä pidemmälle.

Työkoneiden ja raskaan kuljetuskaluston lisäksi rakentamisen päästöjen vähentämiseksi on syytä huomioida rakennusmateriaalien päästövähennyspotentiaali. Tämä ilmeni myös valvojien haastattelussa (Selenius & Torni, 2022) jossa todettiin, että rakennusmateriaalien vaikutukset tulisi saada mukaan vähäpäästöisen työmaan vaatimukseen. Tutkijan toisella vähäpäästöisellä työmaalla käytettiin Kreate Oy:n ja Lujabetonin Oy:n aloitteesta vähähiilibetonia paalulaatoissa ja jo reilun 1000 betonikuutiolla saatiin laskennallisesti noin 200 000 hiilidioksidikilogramman päästövähennys normaaliin betoniin verrattuna (Helsingin kaupunki / STT, 2021). Tällä esimerkillä on havaittavissa materiaalien suuri potentiaali, kun vähennetään kokonaisuutena työmaiden kasvihuonepäästöjä.

Yleistä kouluttamista ja tiedottamista työmaiden päästöihin liittyen tarvitaan edelleen, jotta ilmastotavoitteisiin ja ilmastonmuutos otetaan myös vakavasti. Myös pienillä teoilla on vaikutusta kokonaisuuteen.

## Lähteet ja liitteet

Aaltonen A. 8.2.2021. Sähköpostihaastattelu. Liittyen kalustoluetteloon.

AECC. (n.d.) *History of heavy duty emissions standards*. Luettu 19.12.2021.

<https://www.aecc.eu/legislation/heavy-duty-vehicles/>

Big Buyers Initiative. (n.d-1) Zero Emission Construction Sites [Factsheet]. Haettu 3.11.2021.

[https://bigbuyers.eu/fileadmin/user\\_upload/Materials/Big-Buyers-factsheet-policymakers.pdf](https://bigbuyers.eu/fileadmin/user_upload/Materials/Big-Buyers-factsheet-policymakers.pdf)

Big Buyers Initiative. (n.d-2). Big Buyers -ryhmän kotisivut. Luettu 27.3.2022.

<https://bigbuyers.eu/>

CO<sub>2</sub>esto. (n.d.) Päästövähennyksien verkkokauppa. Luettu 2.4.2022

<https://co2esto.com/kauppa/valittu-co2-maara>

DieselNet. (n.d-a). *Emission Standards, EU Nonroad Engines*. Luettu 22.3.2022.

<https://dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php#s5>

DieselNet. (n.d-b). *Heavy-Duty Truck and Bus Engines*. Luettu 22.3.2022.

<https://dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Ehrukainen, E. (25.2.2020). Rala. Sähköpostikysymys ja vastaus koskien Ralan ympäristösertifikaattia.

Euroopan komissio. (2020). *Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle - EU:n ilmastotavoite vuodelle 2030 entistä korkeammalle - Panostetaan ilmastoneutraaliin tulevaisuuteen ihmisten hyväksi*. Haettu 23.10.2021 osoitteesta [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562)

[content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562)

Euroopan komissio. (n.d). Paris Agreement. Haettu 23.10.2021 osoitteesta

[https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en)

European Alternative Fuels Observatory (EAFO). (n.d.) Haettu 5.12.2021 osoitteesta <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/advanced-biofuels/hvo>

Gaia Consulting Oy. (28.5.2020). *Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035, osa1, Rakennetun ympäristön hiilielinkaaren nykytila*. Rakennusteollisuus. Haettu 3.11.2021 osoitteesta [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiili\\_seminaries/raportit\\_lopulliset/rt-raportti-1\\_rakennetun-ympariston-hiilielinkaaren-nykytila\\_final.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiili_seminaries/raportit_lopulliset/rt-raportti-1_rakennetun-ympariston-hiilielinkaaren-nykytila_final.pdf)

Gasum Oy. (n.d-a). *Miten biokaasua tuotetaan?* Haettu 11.4.2022 osoitteesta <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>

Gasum Oy. (n.d-b). *Kuljetusten kulut ja päästöt kevenevät kaasulla*. Haettu 11.4.2022 osoitteesta <https://www.gasum.com/Yrityksille/puhdas-liikenne/kuljeta-kaasulla/>

Gasum Oy. (n.d-c). *LNG - puhdasta energiaa Pohjoismaihin*. Haettu 11.4.2022 osoitteesta <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/lng/>

Gasum Oy. (n.d-d). *Kaasuauton päästöt*. Haettu 12.4.2022 osoitteesta <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/miksi-biokaasu/kaasuauton-paastot/>

Gmobiility. (n.d.) *Well-to-Wheel – How to better understand it*. Haettu 15.5.2021 osoitteesta <https://gmobiility.eu/what-is-well-to-wheel/>

GRK Infra Oy. (16.2.2021). Tiedote, GRK ja Neste pienentävät yhdessä työmaiden ilmastopäästöjä. Haettu 2.4.2022 osoitteesta <https://www.grk.fi/grk-ja-neste-pienentavat-yhdessa-tyomaiden-ilmastopaastoja/>

Grönfors, K. 1.11.2021. Tilastokeskus. Haastattelu liittyen Tilastokeskuksen päästökertoimeen ja elinkaaripäästöjen huomioimiseen.

Hautala, J. (18.2.2020). Hankinta-asiantuntija. Helsingin kaupunki. Palaveri koskien vähäpäästöisen työmaan vaatimuksia.

Hagman, R. & Amundsen, A. (11/2014). Transportøkonomisk institutt (TOI). *ED95 - drivstoff for tyngre kjøretøy*. Haettu 12.4.2022 osoitteesta <https://www.toi.no/getfile.php/1340940-1434613060/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2014/1373-2014/1373-2014-elektronisk.pdf>

Helsingin kaupunki / STT. (25.8.2021). *Vähähiilinen betonimassa vähentää merkittävästi Veturitien rakentamisen hiilidioksidipäästöjä*. [Tiedote]. Haettu 3.4.2022 osoitteesta <https://www.sttinfo.fi/tiedote/vahahiilinen-betonimassa-vahentaa-merkittavasti-veturitien-rakentamisen-hiilidioksidipaastoja?publisherId=60577852&releaseId=69916787>

Helsingin kaupunki. (2018). *Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma*. Haettu 24.2.2021 osoitteesta <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf>

Helsingin kaupunki. 2021. *Kasvun paikka - Helsingin kaupunkistrategia 2021-2025*. Haettu 18.12.2021 osoitteesta <https://hallintoprod.blob.core.windows.net/prod/Helsingin%20kaupunkistrategia%20Kasvu%20paikka.pdf>

Helsingin kaupunki. (n.d.-a). *Helsingin ilmastovahti*. Haettu 18.12.2021 osoitteesta <https://ilmastovahti.hel.fi/>

Helsingin kaupunki. (n.d.-b). *Helsingin ilmastotavoitteet*. Haettu 2.1.2022 osoitteesta <https://helsinginilmastoteot.fi/>

Helsingin kaupunki. (n.d.-c). *Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristö -toimialan organisaatio*. Ladattu kaupungin sisäisestä intraverkosta.

Helsingin kaupunki. (n.d.-f). *Rakennukset ja yleiset alueet -organisaatiokaavio*. Haettu 14.2.2022 osoitteesta [https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/RYA\\_2021\\_laaja\\_fi.pdf](https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/RYA_2021_laaja_fi.pdf)

Helsingin kaupunki. (n.d.-d). *Kaupunkiympäristö -toimialan esittely*. Haettu 14.2.2022 osoitteesta <https://www.hel.fi/kaupunkiymparisto/fi/organisaatio-toimialan-esittely/>

Helsingin kaupunki. (n.d.-e). Rakennukset ja yleiset alueet -palvelukokonaisuus esittely. Haettu 14.2.2022 osoitteesta <https://www.hel.fi/kaupunkiymparisto/fi/organisaatio-toimialan-esittely/rya>

HSY. (26.5.2021). Pääkaupunkiseudun kasvihuonepäästöt. Haettu 2.4.2022 osoitteesta <https://www.hsy.fi/ymparistotieto/avoindata/avoin-data---sivut/paakaupunkiseudun-kasvihuonekaasupaastot/>

Huhtanen, E. 4.2.2021. YLE. Valtio tukee verohelpotuksilla palmuöljyn tislettä sisältävää biopolttoainetta - naapurimaat luopuneet kiistellystä raaka-aineesta. Haettu 2.4.2022 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11738921>

Ikävalko, K. 1.3.2020. YLE. *Tutkijan väite: Nesteen biodiesel lisää reippaasti ilmastopäästöjä - Neste pitää raaka-ainettaan jätteenä.* Haettu 2.4.2022 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11185697>

Ilmatieteenlaitos. (n.d-a). *Ilmansaasteiden terveysvaikutukset.* Haettu 3.4.2022 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/saasteet-ja-terveys>

Ilmatieteenlaitos. (n.d-b). *Typpioksidi.* Haettu 3.4.2022 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/typpidioksidi>

Jantunen, P. (26.11.2018). *Helen Oy, Miksi metsäenergia lasketaan nollapäästöiseksi?.* Haettu 15.5.2021 osoitteesta <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2018/nollapaastoisyys>

John Deere. n.d. *Diesel Engine Technology - See the evolution.* Haettu 19.12.2021 osoitteesta <https://www.deere.com/en/campaigns/engines-and-drivetrain/diesel-engine-technology/>

Junnonen, J & Kankainen, J. 2017. *Rakennuttaminen*, 5.korjattu painos. Rakennustieto Oy / Oy Fram AB

Järvenpää K. / Lagom Oy. 2020. *Pasilan työmaa-alueiden graafisten karttojen laadinta - tilaus Helsingin kaupungilta.*

Kallio, I. 11.2.2022. *Espoo etenee kohti päästöttömiä työmaita*. Haettu 27.3.2022 osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/uutiset/2022/02/espoo-etenee-kohti-paastottomia-tyomaita>

Kallio, I. 25.11.2021. *Päästöttömät työmaat GD, kriteerit infrarakentamisessa*.  
Seurantakokous, Motiva.

KEINO-osaamiskeskus. (n.d). *Päästöttömät työmaat - Kestävien hankintojen green deal - sopimus*. Haettu 24.2.2021 osoitteesta [https://sitoumus2050.fi/documents/20143/428684/P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tt%C3%B6m%C3%A4t+ty%C3%B6maat\\_green+deal+sopimus+allekirjoitettavaksi\\_FINAL.pdf/f2df341a-7361-8b5a-8a65-8cdc424836a9](https://sitoumus2050.fi/documents/20143/428684/P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tt%C3%B6m%C3%A4t+ty%C3%B6maat_green+deal+sopimus+allekirjoitettavaksi_FINAL.pdf/f2df341a-7361-8b5a-8a65-8cdc424836a9)

Korteniitty, S. 5.4.2022. GRK Infra Oy. Haastattelu liittyen vähäpäästöisen työmaan vaatimukseen työmaainsinöörin näkökulmasta.

Lampila, J. 24.9.2019. *Energiaa yksinkertaisesti: watti ja tunti*. Haettu 22.3.2022 osoitteesta <https://www.energiatalous.fi/?p=2175>

Malin, M. & Huvila, H. (2020). *Ympäristöasiantuntijat. Sähköpostit 20.2.-26.2.2020*  
Vähäpäästöisen työmaan hankintakriteereistä.

Markkanen, J. & Lauhkonen, A., (26.3.2021). *Työkoneiden päästöjen perusennuste ja sähköistymisen vaikutus päästöihin*. VTT. Haettu 2.11.2021 osoitteesta <https://cris.vtt.fi/en/publications/ty%C3%B6koneiden-p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6jen-perusennuste-ja-s%C3%A4hk%C3%B6istymisen-vaikutus-p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6ihin>

Moottori.fi. (14.12.2020). *Uhka vai mahdollisuus: kaavailtu huipputiukka Euro 7 - päästöraja uhkana edullisten pikkuautojen valmistukselle*. Haettu 15.5.2021 osoitteesta <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/uhka-vai-mahdollisuus-kaavailtu-huipputiukka-euro-7-paastoraja-uhkana-edullisten-pikkuautojen-valmistukselle/>

Motiva. (23.3.2020). *Kestävät julkiset hankinnat; Työkoneet*. Haettu 19.12.2021 osoitteesta [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kestavat\\_julkiset\\_hankinnat/tietopankki/tyokoneet](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet)

## Liite 1: Helsingin kaupungin projektirakennuttamisen vähäpäästöisen työmaan vaatimukset

Urakkarajaliitteessä alla olevan mukainen luvun 4.2 teksti. Lisäksi työmaakokouksien työmaan raportoinnin ohjeet sisältävät näitä asioita toistona. Urakkaohjelmassa vähäpäästöisen työmaan poikkeavuudet on sanktioitu summina suuiksi, jotta urakoitsijat eivät käyttäisi fossiilista polttoainetta.

Urakkarajaliite:

### 4.2 Ympäristönsuojelu, kestävä kehitys ja ilmaston muutoksen ehkäisy

Työmaa toteutetaan kokonaisuudessaan **vähäpäästöisenä työmaana**.

Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset:

1. Tarjoajalla tulee olla X.X.20XX (tämä päivämäärä katsotaan aina tapauskohteisesti) mennessä kolmannen osapuolen todentama ympäristöjärjestelmän sertifiointi (esim. RALA:n ympäristöjärjestelmäsertifikaatti tai vastaava) toiminnan ympäristövaikutusten pienentämiseksi ja raskaan kuljetuskaluston energiatehokkuuden parantamiseksi sekä rutiinit näiden seurannalle ja raportoinnille.
2. Työkoneiden tulee täyttää vähintään STAGE IV luokan vaatimukset.

Työkoneilla tarkoitetaan seuraavia:

- pyöräkuormaajat
- kaivukuormaajat
- pienkuormaajat
- pyöräalustaiset kaivukoneet
- tela-alustaiset kaivukoneet
- kurottajakuormaajat
- traktorit
- valssijyrät
- tiehöylät
- monitoimikoneet
- nosturit
- trukit
- kurottajat.

3. Urakoitsijan käyttämän raskaan kuljetuskaluston tulee täyttää vähintään EURO V luokan päästövaatimukset.
4. Työkoneiden ja urakoitsijan käyttämän raskaan kuljetuskaluston tulee olla joko sähkökäyttöisiä tai niiden käyttämä polttoaine ei saa olla fossiilista alkuperää. Hyväksyttäviä ei-fossiilisia polttoaineita ovat biokaasu, vety, etanoli (esim. ED95) ja EN 19540 standardin mukainen uusiutuva HVO diesel tai moottoripolttoöljy.

5. Työmaalla käytettävän sähkön tulee olla tuotettu uusiutuvilla energialähteillä ja sähkön alkuperästä tulee esittää todistus.
6. Työmaan lämmitystarpeet on toteutettava kaukolämmöllä, fossiilivapailta biopolttoaineilla tai uusiutuvilla energialähteillä tuotetulla sähköllä.
7. Työmaan kaikkien pienkoneiden (teho  $\leq 4$  kW) tulee olla sähkökäyttöisiä. Tätä suurempien pienkoneiden tulee käyttää kohdan 4 mukaisia ei-fossiilisia polttoaineita elleivät ne ole sähköisiä.

Mahdollisista poikkeuksista tulee neuvotella tilaajan kanssa etukäteen ja tilaajalla on oikeus ottaa koneiden ja autojen polttoaineista näytteet sekä tutkituttaa ne ulkopuolisella taholla. Lisäksi tilaajalla on oikeus pyytää polttoainekuitteja nähtäväksi.

Urakoitsija pitää yllä koko urakan ajan kalustoluettelo, josta käy ilmi käytettävät työkoneet ja kuljetuskalusto sekä pienkalusto. Myös niiden kuluttama polttoainemäärä kirjataan ylös ja esitetään työmaakokouksissa. Kalustoluettelon pohjan saa rakennuttajalta.

Urakoitsijan tulee laatia työmaan ympäristösuunnitelma ja hyväksyttää se rakennuttajalla **ennen sopimuksen allekirjoittamista**.

Urakoitsijoiden tulee kaikissa työmaatoiminnoissaan noudattaa 15.7.2018 hyväksytyjä "Helsingin kaupungin ympäristönsuojelumääräyksiä".

Hyväksytyt ympäristösuunnitelmat tallennetaan projektipankkiin.

Työmaan ympäristösuunnitelmassa määritellään toimintatavat, joiden avulla ehkäistään negatiivisten ympäristövaikutusten toteutuminen ja ohjataan työmaan toimintoja ympäristöystävälliseen toimintatapaan.

Ympäristösuunnitelmassa esitetään mm.:

- materiaali- ja energiatalouden hallinta
- työmaan eri osapuolien perehdyttäminen kohteen ympäristövaatimukseen
- työmaan ympäristövaatimukseen liittyvien mittausten ja tarkastusten suorittaminen
- työkoneiden polttoainetankkaus ja tankkauspaikat; kaksoissäiliöt, imeytysturvet
- pakokaasupäästöjen hallinta

- materiaalihukan ja jätteitä vähentävän rakennusmateriaalin hankinta, pakkaus, varastointi ja käsittely
- rakennusjätteiden toisto- ja uusiokäyttö
- meluntorjunta
- vaarallisten aineiden ja jätteiden käsittely
- yhtymäkohdat työmaan laadunvarmistukseen ja työturvallisuuden varmistamiseen.

Työmaan jätehuollossa on noudatettava pääkaupunkiseudun jätehuoltomääräyksiä.

Urakoitsijan tulee hankintoja tehdessään varmistaa tuotteiden ympäristöominaisuudet joko ympäristöselosteen tai valmistajan vastaavan muun selvityksen avulla.

Työalueen maaperän saastumisen estämiseksi alueella saa varastoida polttoöljyä vain tarkastetuissa farmarisäiliöissä. Koneiden huollon yhteydessä on estettävä jäteöljyn pääsy maaperään. Mahdollisten öljyvahinkojen torjumiseksi työmaalla on oltava valmius öljyvahingon ensitorjuntaan.

Kasvillisuus, kuten yksittäiset puut tulee suojata työselostusohjeen mukaan.

Maaperään ei saa sijoittaa ylijäämä- rakennusmassoja kuten puuta, betonia ja lasia.

# Helsingin kaupungin kysely vähäpäästöisestä työmaasta

Kyselyyn vastaaminen kestää noin 8 minuuttia.

Kysymykset liittyvät Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimialan Projektirakennuttamisen - yksikön kilpailuttamiin infrahankkeiden vähäpäästöisyyden ympäristövaatimuksiin, jotka ovat olleet käytössä vuodesta 2020 alkaen. Tiedoilla selvitetään olisiko vaatimuksissa parannettavaa/kehitettävää urakoitsijoiden näkökulmasta. Lisäksi tietoja hyödynnetään HAMK YAMK -opinnäytetyössä, joka käsittelee asetettujen vaatimuksien päästöhyötyjä ja päästövaikutuksia. Osa kysymyksistä ei välttämättä liity juuri vastaajan rooliin hankkeessa tai niistä ei ole kokemuksia, joten tällöin sen kohdan voi jättää tyhjäksi.

Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset ovat lyhykäisyydessään:

- työkoneiden päästöluokka vähintään Stage 4 (muutama poikkeus sallittu työkoneissa stagen ja polttoaineen osalta)
- raskaan kuljetuskaluston päästöluokka vähintään Euro 5
- käytettävä polttoaine oltava fossiilitonta. Hyväksytyviä käyttövoimat ovat vety, biokaasu, sähkö(uusiutuva) tai uusiutuva HVO diesel tai HVO kevyt polttoöljy
- alle 4kw pienkoneet ovat sähköisiä
- polttoaineiden määrän ja käyttötuntien raportointi
- käytettävä sähkö on uusiutuvaa

Kyselyssä käytetään Microsoftin Forms ohjelmaa ja vastaukset näkyvät anonyymina.

1. Toimitko Helsingin kaupungin hankkeissa yleensä pääurakoitsijana vai aliurakoitsijana?

- Pääurakoitsijana
- Aliurakoitsijana

2. Ovatko vaatimukset hankaloittanut aliurakoitsijoiden saatavuutta, jos on niin miksi ja miten saatavuudessa on ollut haasteita? Tai vaihtoehtoisesti, jos toimit aliurakoitsijana, onko vaatimukset hankaloittaneet urakoihin pääsyä?

3. Ovatko vaatimukset vaikuttaneet omien työkoneiden tai kuorma-autojen hankintaan? Esim aikaistaneet uuden koneen hankintaa tai vastaavaa

4. Käytättekö työkoneissa pääasiassa HVO dieseliä vai HVO kevyt polttoöljyä vai jotain muuta?

- HVO diesel
- HVO kevyt polttoöljy
- Muu

5. Onko HVO dieselin tai HVO polttoöljyn saatavuudessa ollut haasteita? Onko voinut käyttää aikaisempaa polttoainetoimittajaa?

6. Onko vaatimuksilla, erityisesti HVO biodieselin/HVO polttoöljyn osalta, ollut vaikutusta työkoneen/-koneiden tehoihin? Esimerkiksi kesän ja talven eroissa ollut havaintoja verrattuna normaaliin kevyeen polttoöljyyn tai dieseliin? Muuta työkoneiden tehoon liittyvää?

7. Onko uusiutuvien biopolttoaineiden käytössä ollut havaittavia muita etuja tai haittoja? Esim haju, kulutus?

8. Ovatko vaatimukset vaikuttaneet omien työkoneiden tai kuorma-autojen hankintaan? Esim aikaistaneet uuden koneen hankintaa tai vastaavaa

9. Millä eri tavoin olette huomioineet vaatimuksien vaikutukset urakkahintaan?

10. Ovatko työkoneiden tai kuorma-autojen tuntihinnat nousseet, jos on niin kuinka paljon arviolta? 4 /6

11. Miten vaatimukset ovat vaikuttaneet pienkoneiden saatavuuteen/hankintaan? Onko jotain tiettyjä pienkoneita, joita ei ole tai voisi käyttää sähköisinä?

12. Mitä etuja tai haittoja pienkoneiden vaatimuksista on mielestäsi työssä? Käytettävyys, melu, jne?

13. Miten näette raportoinnin osalta? Tulisiko sitä kehittää jotenkin? Oletteko keränneet kulutusdataa aikaisemmin?

14. Millä tavalla vaatimuksia pitäisi muuttaa tai kehittää teidän mielestä? Pitäisikö esim työkoneiden listaukseen lisätä jotain kalustoa tai kenties poistaa joitakin vaatimuksista?

15. Onko harkinnassa ollut kokonaan sähkökäyttöisen työkoneen hankinta? Mitä vaatisi, että sellainen hankittaisiin?

16. Olisitteko käyttäneet uusiutuvia HVO polttoaineita ilman näitä vaatimuksia?

- Kyllä
- Ei

17. Olisitteko käyttäneet uusiutuvaa sähköä ilman näitä vaatimuksia?

- Kyllä
- Ei

18. Muut kommentit aiheeseen liittyen

Tämä ei ole Microsoftin luomaa tai suosittelemaa sisältöä. Lähettämäsi tiedot lähetetään lomakkeen omistajalle.

 Microsoft Forms

Liite 2

6 / 6

29.3.2022

## Liite 3: Vähäpäästöinen työmaa - ohje

Vähäpäästöisen työmaan vaatimukset liittyvät lähtökohtaisesti Helsingin kaupungin Hiilineutraali Helsinki 2030 (2030) ja GreenDeal -sopimuksen tavoitteisiin. Tarjouspyyntöaineisto tulee laatia vastamaan Helsingin kaupungin vähäpäästöisen työmaan vaatimuksia.

**Kaupallisiin asiakirjoihin koottavat keskeisimmät vähäpäästöisen työmaan vaatimukset ja niihin liittyvät selitteet. Malliasiakirjat ovat päivitetty vaatimuksien mukaisesti.**

Kevyemmät vaatimukset ovat käytössä mm. puiteurakoissa, pienet urakat (>500 000e). Nämä mietittävä tapauskohtaisesti. Niissä vaadittava vähintään uusiutuvaa polttoainetta ja myös Stage + Euro -luokituksia.

1. Hankkeeseen valitulla urakoitsijalla tulee olla voimassa oleva ympäristösertifikaatti (esim ISO14001 tai Ralan ympäristösertifikaatti) viimeistään sopimusasiakirjoissa sovittuun päivämäärään mennessä. Esim. jos hanke menee talvella laskentaan ja urakoitsija tietää valinnasta helmikuun puolella välin, vaadittava sertifikaatti on oltava voimassa kesäkuun alkuun mennessä. Todistus voimassa olevasta sertifikaatista on toimitettava rakennuttajalle.

*- lisäohje: nykyisin kaikilla suurimmilla urakoitsijoilla on voimassa oleva sertifikaatti.*

2. Työkoneiden osalta vaaditaan työkoneiden pakokaasupäästöjä säätelevä Stage-luokitus. Työkoneet, kuten pyöräkuormaajat ja kaivukoneet tulee olla Stage IV luokassa. Työkoneiden osalta STAGE IV luokka on tarkistettava työmaalla. Osa työkoneista ei ole saatavilla tässä luokassa, esim. porauskalusto on yleensä jo jätetty vaatimuksien ulkopuolella. Vaaditut työkoneet ovat urakkarajaliitteessä.

3. Raskaan kuljetuskaluston päästövaatimus vuonna 2023 on EURO VI (6), mutta EURO V:ttä voidaan vielä käyttää vuoden 2022 aikana alkaneissa hankkeissa. Euro 6 on vielä tarkistuksessa, että onko mahdollista toteuttaa

Murske- ja kiviainestoitimusten kuljetuskaluston EURO vaatimukset voidaan katsoa tapaus-/hankekohtaisesti. Esim. esirakentamisen kohteissa luokan vaatiminen on mahdollista, mutta ei kohteisiin, joissa kuljetusmäärät ovat pieniä.

4. Työkoneiden ja urakoitsijan käyttämän raskaan kuljetuskaluston tulee olla joko sähkökäyttöisiä tai niiden käyttämä polttoaine ei saa olla fossiilista alkuperää. Hyväksyttäviä polttoaineita ovat biokaasu, vety, etanoli (esim. ED95) ja EN 19540 standardin mukainen uusiutuva HVO diesel tai HVO moottoripolttoöljy (HVO MPö). Tällä hetkellä työkoneissa ja

kuljetuskalustossa käytetään pääsääntöisesti uusiutuvaa HVO dieseliä tai HVO MPö:tä. *Myös tässä murske- ja kiviainestoimituksien kuljetuksien vaatiminen tapauskohtaisesti kuten kohdassa 3.*

- *lisäohje: työmaalta, jossa on käytetty fossiilista polttoainetta, siirryttäessä kaupungin työmaalle, välissä ei tarvitse tyhjentää tankkia. Käytetään loppuun se mitä siellä on ja tämän jälkeen siirrytään käyttämään uusiutuvaa polttoainetta*
- *kuorma-autot, jos ovat usealla työmaalla ja sellaisilla missä ei ole vaatimuksia, on arvioitava uusiutuvan polttoaineen tankkaaminen. Esim kuorma-auto on pääsääntöisesti töissä kahdella työmaalla, joista toisella on vaatimukset ja toisella ei, tankataan joka toisella uusiutuvaa ja joka toisella fossiilista. Kuskin on vain pystyttävä osoittamaan, että käy myös toisella työmaalla ja esitettävä polttoainekuitteja tarvittaessa.*

5. Työmaalla käytettävän sähkön tulee olla tuotettu uusiutuvilla energialähteillä ja sähkön alkuperästä tulee esittää todistus rakennuttajaorganisaatiolle (valvoja/projektipäällikkö). Työmaan sähkön ostosopimuksista on pyydettävä kopio kunkin sähköliittymän osalta. Kopiosta tulee voida tarkistaa energialähteen alkuperä.

6. Työmaan lämmitystarpeet on toteutettava kaukolämmöllä, fossiilivapailla biopolttoaineilla tai uusiutuvilla energialähteillä tuotetulla sähköllä. Urakoitsijan on esitettävä todistus, josta voi todentaa, millä energialähteellä lämmitys on toteutettu. Esim. siltakohteessa teltan lämmitys toteutetaan diesel käyttöisellä koneella, mutta polttoaineena käytetään EN 19540 standardin mukaista uusiutuvaa HVO dieseliä tai HVO MPö. Uusiutuvia energialähteitä ovat:

- tuulivoima
- aurinkovoima
- vesivoima
- biomassa
- ilmalämpöenergia
- geo- ja hydroterminen energia
- valtamerienergia
- kaatopaikka-, jätevedenpuhdistamo- ja biokaasut.

7. Työmaan kaikkien pienkoneiden, joiden (teho  $\leq 4$  kW) tulee olla sähkökäyttöisiä. Pienkoneiden osalta tehoraja on määritetty yhdessä konevuokrausyhtiön kanssa. Mikäli pienkonetta ei ole saatavissa sähkökäyttöisenä, käytetään ensisijaisesti diesel konetta ja polttoaineena HVO (Mpö). *Suuremmissa koneissa tulee käyttää HVO dieseliä tai HVO Mpö,*

- *lisäohje: Urakoitsijan tulee hyväksyttää vaatimuksista poikkeavat kone(et) etukäteen. Esim. pienten sähköisten tärylätjän(pyöreäpohjaiset) saatavuus on ollut huono, jolloin on hyväksytty myös bensiinillä toimiva (uusiutuvaa bensiiniä ei ole vielä saatavilla, mahdollisesti tulossa). Myös muita tällaisia koneita on.*

- *Sähköiset työkoneet lisääntyvät jatkuvasti, joten tilanne voi muuttua kesken urakan.*

## Ympäristösuunnitelma

Työmaan ympäristösuunnitelmassa määritellään toimintatavat, joiden avulla ehkäistään negatiivisten ympäristövaikutusten toteutuminen ja ohjataan työmaan toimintoja ympäristöystävälliseen toimintatapaan. Urakoitsijan tulee laatia työmaan ympäristösuunnitelma ja hyväksyttää se rakennuttajalla ennen sopimuksen allekirjoittamista. Ympäristösuunnitelmassa esitetään mm. kalustoluettelo, polttoaineen ja sähkön käytön seuranta ja raportointi sekä materiaali- ja energiatalouden hallinta.

Ympäristösuunnitelma tulee lukea tarkkaan läpi ennen sopimuksen allekirjoittamista, koska puitesopimuksissa voi olla ympäristösuunnitelmasta poikkeavia tai eriäviä vaatimuksia. Lisäksi tulee varmistaa, että urakoitsija on ymmärtänyt ottaa ympäristösuunnitelman vaatimukset huomioon.

## Työmaakokoukset

Työmaakokouksissa käydään läpi ympäristöasiat ja tässä osiossa myös vähäpäästöisen työmaan asiat. Etenkin hyväksytään vaatimuksista poikkeavat koneet. Työmaakokoukseen lisätään kalustoluettelon 1., 2. ja 3. välilehti, joissa on koottuna kaikki.

## Kalustoluettelo

Urakoitsijan tulee pitää ajantasaista kalustoluettelo, jossa on ilmoitettu mm. urakassa käytettävän kaluston päästöluokat. Kalustoluettelon tarkoituksena on mm:

- seurata polttoaineen kulutusta ja sitä myötä päästövähennyksiä
- kerätä tietoa Motivalle jatkokehitystä/tilastointia varten (green deal)
- helpottaa työmaavalvontaa, koska luettelosta näkee työmaalla käytettävät koneet. Työmaalla työkoneiden vaatimuksien mukaisuuden tarkistus säännöllisesti muun kierroksen ohessa.
  - kone on kalustoluettelossa
  - tyyppikilvestä näkee valmistusvuoden.
- luettelolla saadaan yleistietoa, että mitä vaatimuksien mukaisia laitteita ei ole vielä saavilla, jotta tulevat vaatimukset voidaan päivittää
- suurten sähköisten koneiden lisääntyessä/käytettäessä pitää myös seurata käyttötunteja, koska tätä tietoa tarvitaan myöhemmin
- kalustoluetteloon täytetään
  - koneen/auton merkki
  - koneen/auton malli
  - koneen/auton vuosimalli
  - rekisterinumero
  - koneluokka tai tyyppi (esim kkhp 16t)
  - päästöluokka (esim Stage IV)
  - käyttövoima (esim HVO diesel, HVO MPö, sähkö, jne)
  - pääasiallinen käyttötarkoitus

- kulutettu polttoainemäärä (ilmoitetaan vuosittain, mutta seuranta kannattaa tehdä viikko tai kuukausitasolla työmaalla, kalustoluettelossa ”työsivut” tätä varten)
- urakoitsija/koneen omistaja
- sähkönkulutus. Työmaan sähköliittymän/-liittymien sähkönkulutus vuosittain.
- pienissä puitejärjestelyissä kerätään koko vuodelta yksi kalustoluettelo, koska työmaita voi olla useita.
- kalustoluettelon välilehdistä täytetään kolmea ensimmäistä. Muut ovat työsivuja, joiden avulla voi kerätä tietoa, mutta tämä ei ole pakollista, jos urakoitsijalla on jokin parempi tapa kerätä tietoa. Esim oma sähköinen järjestelmä.

Lisätietoa työkoneiden päästöihin ja green dealiin liittyen Motivan ilmaisessa koulutuksessa:

<https://motiva-verkkokurssit.fi/> Vähäpäästöiseen työmaahan liittyvät Motivan verkkokurssit.