



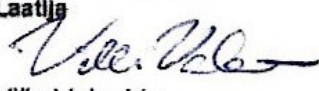

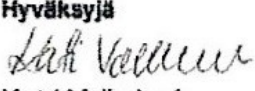
Päästöttömien työmaiden seurantajärjestelmä Green deal -sopimuksen päästöseurannan toteutus

Kirjoittajat:

Tommi Muona, Ville Valovirta, Johanna Markkanen ja
Immo Heino

Luottamuksellisuus:

Julkinen

Raportin nimi Päästöttömien työmaiden seurantajärjestelmä: Green deal -sopimuksen päästöseurannan toteutus		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Motiva Oy / Kestävien ja innovatiivisten julkisten hankintojen osaamiskeskus KEINO	Asiakkaan viite	
Projektin nimi Päästöttömien työmaiden seurantajärjestelmä	Projektin numero/lyhytnimi KEINO III	
Tiivistelmä <p>Kaupunkien ja valtion kesken solmittu päästöttömien työmaiden green deal -sopimus edellyttää työmailla käytettäviä työkoneita ja kuljetuksia koskevien ympäristökriteerien asettamista. Sopimus asettaa asteittain kiristyviä vaatimuksia työkoneiden ja kuorma-autojen päästöille sekä käyttövoimille ja työmailla käytettävän energian fossiilivapaudelle. Jotta sopimuksen toteutumista voidaan seurata, tarvitaan sähköinen kalustoluettelo tai järjestelmä, johon urakoissa käytettävät työkoneet kirjataan ja jonka avulla päästöjen toteutumista voidaan seurata. Tässä raportissa kuvataan päästöjä koskevat tietotarpeet ja toteutusvaihtoehdot sekä esitetään ehdotus seurantajärjestelmän toteutusmalliksi. Selvitys on tehty osana Kestävien ja innovatiivisten hankintojen osaamiskeskuksen (KEINO) toimintaa.</p> <p>Kolme tunnistettua toteutusvaihtoehtoa ovat hajautettu ja keskitetty malli sekä alustamalli. Työssä kartoitettiin tilaajien/rakennuttajien, urakoitsijoiden ja konevuokraajien näkemykset ja odotukset tiedonkeruun toteuttamiselle. Vähimmäisvaatimuksena oleva päästöseuranta voidaan toteuttaa varsin yksinkertaisilla tavoilla hyödyntäen tavanomaisia työvälineitä. Olennaista on sopia yhteisestä tietosisällöstä, johon eri osapuolten datan keruu, laskenta ja raportointi pohjautuvat. Tämä mahdollistaa automaattisen datan välittämisen, yhdistelyn ja raportoinnin jatkossa yhtenevällä tavalla. Raportissa on esitetty ehdotus kalustoluetteloon ja päästöseurantaan sisältyvistä tietosisällöistä ja tietomallista.</p> <p>Moderni kalustonhallinta ja useilla toimijoilla jo käytössä olevat järjestelmät mahdollistavat myös pitkälle viedyn automatiikan toteuttamisen. Ehdotettu etenemistapa pyrkii mahdollistamaan myös näiden välineiden hyödyntämisen osapuolten omien lähtökohtien ja intressien mukaisesti. Tukeutumalla kansainvälisiin avoimiin standardeihin voidaan toteuttaa tekninen yhteentoimivuus ilman korkeita kustannuksia eri järjestelmien väliseen integrointiin.</p> <p>Päästöttömien työmaiden kalusto- ja päästöseuranta ehdotetaan toteutettavaksi kolmessa vaiheessa: (1) Sovitaan yhteinen tietosisältö, johon pohjautuen laaditaan kalustoluettelon mallipohja (template) sekä päästöseurannan raportoinnin vähimmäissisältö; (2) Kartoitetaan green deal -sopimusosapuolten kesken valmiudet ja intressi perustaa yhteinen sähköinen palvelu nojautuen tässä raportissa esitettyihin keskitetyn mallin ja alustamallin vaihtoehtoihin sekä järjestetään siihen liittyvä markkinavuoropuhelu; (3) Mikäli yhteinen järjestelmä päätetään perustaa, toteutetaan sen kilpailutus, kehitys ja käyttöönotto.</p>		
Espoo 22.6.2021 Laatija  Ville Valovirta, Senior Scientist	Tarkastaja  Kirsi Hyytinen, Research Team Leader	Hyväksyjä  Katri Valkokari, Research Manager
VTT:n yhteystiedot PL 1000, 02044 VTT		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Motiva, Helsingin kaupunki, Espoon kaupunki, Vantaan kaupunki, Turun kaupunki, Senaatti-kiinteistöt, Ympäristöministeriö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY), VTT		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

Sisällysluettelo

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet.....	3
2. Toiminnalliset tarpeet.....	4
2.1 Green deal -osapuolet.....	4
2.2 Urakoitsijat.....	5
2.3 Konevuokraajat	5
3. Päästöseurantajärjestelmän tietorakenne	6
3.1 Vaihtoehdot päästöseurannan tasolle	6
4. Päästöseurantajärjestelmän tekninen toteutus.....	8
4.1 Kalustoluettelo kalustonhallinnan avulla.....	8
4.2 Mittaustietojen keruu	10
4.3 Päästöseurannan toteutusvaihtoehtoja	15
5. Johtopäätökset ja yhteenveto	19

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Vuonna 2020 solmittiin isojen kaupunkien ja valtion kesken päästöttömien työmaiden green deal -sopimus, joka edellyttää työmailla käytettäviä työkoneita ja kuljetuksia koskevien ympäristökriteerien asettamista. Sopimus asettaa asteittain kiristyviä vaatimuksia työkoneiden ja kuorma-autojen päästöille sekä käyttövoimille ja työmailla käytettävän energian fossiilivapaudelle. Sopijaosapuolina ovat Espoon, Helsingin, Turun ja Vantaan kaupungit, Senaatti-kiinteistöt ja ympäristöministeriö. Sopimuksen solmimisen jälkeen mukaan on liittynyt myös Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY).

Jotta sopimuksen toteutumista voidaan seurata, tarvitaan sähköinen kalustoluettelo tai järjestelmä, johon urakoissa käytettävät työkoneet kirjataan ja jonka avulla päästöjen toteutumista voidaan seurata. Tarpeena on kyetä seuraamaan vaatimusten täyttymistä työmaa- ja urakkakohtaisesti. Hankekohtaisen seurannan pohjalta tulisi pystyä koostamaan green deal -sopimuksen vaatimusten toteutumista myös koko hankintayksikön kuten kaupungin, kuntayhtymän tai valtion organisaation tasolla.

Teknologian tutkimuskeskus VTT sai tehtäväksi kartoittaa päästöjä koskevat tietotarpeet ja toteutusvaihtoehdot sekä tehdä ehdotus päästöjen seurantajärjestelmän toteutusmalliksi. Selvitys on tehty osana Kestävien ja innovatiivisten hankintojen osaamiskeskuksen (KEINO) toimintaa ja se on tehty yhteistyössä green deal -sopimusta koordinoivan Motivan kanssa.

Järjestelmän kehittämisen lähtökohtina on tunnistettu seuraavia tietotarpeita:

- Järjestelmästä tulisi saada sekä tietoa yksittäistä työmaata koskien että kaikkia hankintayksikön hankkimia työmaita koskien.
- Järjestelmän toissijaisena käyttötarkoituksena voi olla myös päästölaskennan kehittäminen.
- Käytännössä tätä tarvetta varten järjestelmään tulisi pystyä syöttämään koneiden ohella myös niiden arvioitu tai mitattu kulutus määrätyillä työmailla.
- Koska päästölaskentaa ei todennäköisesti ole tarkoituksenmukaista tai mahdollista tehdä jokaiselta työmaalta, voisi tämä puoli mahdollisesti olla yksittäisissä laskentatilanteissa täytettävä ja/tai anonymisoitu niin, ettei yksittäisistä koneista välity tietoa.

Järjestelmän mahdollisia käyttäjiä ovat seuraavat toimijat:

- Tietoja työkoneista kirjaavat pääurakoitsijat ja heidän edustajansa
- Sopimukseen osallistuvien hankintayksiköiden kalustovastaavat
- Päästöjen toteumaa seuraavat hankintayksiköiden yhteyshenkilöt (esim. ympäristöyksikkö)
- Kestävien ja innovatiivisten hankintojen osaamiskeskus KEINO
- Ympäristöministeriö

Lisäksi on tunnistettu, että järjestelmän tulisi mahdollistaa hankintayksikön työmaapäälliköiden toteuttama seuranta esimerkiksi tilanteissa, joissa työmaalla epäillään olevan koneita, joita ei ole kirjattu järjestelmään.

Selvitys on käynnistetty tekemällä kartoitus relevanttien toimijoiden toteuttamista pilottihankkeista, kerätyistä päästötiedoista ja mahdollisesti jo käytössä olevista järjestelmistä. Haastatellut organisaatiot ja henkilöt on lueteltu kohdassa 2. Kerätyn tiedon pohjalta on muodostettu vaihtoehtoisia ratkaisumalleja ja tehty niitä koskeva vertailu. Lopussa tehdään ehdotus järjestelmän toteutuksesta ja ylläpidosta.

2. Toiminnalliset tarpeet

Selvityksessä tehtiin yhteensä 11 haastattelua. Haastateltavien joukossa oli green deal -osapuolia (Helsinki, Espoo, Vantaa, Senaatti-kiinteistöt ja HSY), kaksi pilottityömaissa mukana ollutta urakoitsijaa (VM Suomalainen ja VRJ) ja kaksi konevuokraajaa (Cramo ja Ramirent). Helsingin kaupungin osalta haastatteluja tehtiin laajimmin ja vastaajia oli niin ympäristöpalveluista, infrarakentamisesta, asuntotuotannosta, palvelurakentamisesta kuin ylläpidostakin.

Kaikki haastatellut osapuolet olivat yhtä mieltä siitä, että työmaan pääurakoitsijan työmaainsinöörin tulisi vastata kalustoseurannasta työmaalla. Kalustoseurannan tiheys riippuu käytetystä kalustosta ja sen valmiuksista seuranta ajatellen: käsikäyttöisten työkoneiden käyttöä pitää seurata tiheämmin kuin modernien, telematiikalla varustettujen työkoneiden. Kalustoseurannan vaatimusten (ml. seurannan tarkkuus ja käytettävä järjestelmä) tulee tulla tilaajalta ja pitää olla määritelty selkeästi jo kilpailutuksessa. Kalustoseurannan raportointiväli voi riippua työmaasta ja sen vaatimuksista, ollen harvimmillaan jopa vuosittaista, mikäli työmaa on monivuotinen. Kalustoseurannasta olisi hyvä pystyä tuottamaan visuaalisia raportteja pienellä vaivalla, jotta tiedon kertyminen voidaan varmistaa ja saada nopea tilannekatsaus. Työmaiden lämmitys nostettiin esille muutamassa yhteydessä ja siihen liittyvä potentiaali energiatehokkuuden kasvattamiseksi koettiin huomattavaksi.

Mikäli haastatteluja olisi ollut mahdollista toteuttaa vielä laajemmin, olisi seuraavaksi kuuluu kattavammin urakoitsijoita (erityisesti talonrakennuspuolelta), työkoneiden maahantuoja, sekä liitoista Koneyrittäjät ja Teknisen Kaupan Liitto.

2.1 Green deal -osapuolet

Haastateltujen green deal (GD) -osapuolien parissa oli tehty kaksi infrarakentamisen pilottityömaata: Helsingissä Kulosaaren puistotie ja Espoossa Lukutori. Muissa organisaatioissa oltiin valmistautumassa omiin pilottityömaihin. Pilottityömaiden lisäksi urakoissa on ollut jo aiemmin eritasoisia vaatimuksia koneiden kalustoluokituksista sekä käytetyn sähkön päästöttömyydestä ja biopolttoaineiden käytöstä. Työkoneita ja erityisesti käsikäyttöisiä työkoneita on myös vaadittu sähkökäyttöisinä. Työmailta on kerätty jonkun verran tietoa kalustosta, mm. kalustoluetteloita (sisältäen tiedot kalustoluokasta ja käyttövoimasta), polttoaineen kulutusta ja käyttötunteja. Kerätyt tiedot ovat osittain perustuneet arvioihin: esim. polttoaineen kulutus työkoneissa, joissa ei ole kulutuksen mittausta. Urakoitsijoiden asenteet tiedon keruuta kohtaan ovat vaihdelleet, mutta tietoja on kuitenkin saatu se mitä on pyydetty.

Kalustoseurantajärjestelmän toivottiin ottavan huomioon käyttövoimia laajasti: dieselin lisäksi biodiesel, kaasu ja biokaasu, vety ja etanoli. Myös maalämpö nostettiin esille. Päästölaskennan osalta ei nostettu esille vaatimuksia huomioitavista päästölajeista, mutta työmaapäästöistä nostettiin esille pöly, mikä todettiin vaikeasti mitattavaksi ilmanlaatuun vaikuttavaksi tekijäksi. Kalustoseurannan tarkkuudesta ei ollut yhtenevää kantaa toisten haastateltujen toivoessa seurantaan käyttötuntitarkkuutta toisille riittäessä työmaa- tai työkonealuokakohtainen tarkkuus. Raportoinnin osalta tarpeet vaihtelivat kuukausitasosta kvartaali- ja vuositasoon, mutta kalustoseuranta työmailla pitäisi tehdä tiiviimmin ja tiedon kertymistä järjestelmään pitäisi seurata vähintään kuukausittain.

Kalustoseurantajärjestelmässä työmaasta tallennettavien tietojen tarvitsisi pitää sisällään lähinnä työmaan tunnistetietoja ja kontaktitietoja. Esille nostettu ajatus työmaiden jaottelusta koon tai arvon mukaan GD:n piiriin kuuluviin ja muihin työmaihin ei herättänyt vastakaikua ja eri toimijoilla olikin hyvin erikokoisia työmaita. Haastateltujen mukaan kalustoseurantajärjestelmän tiedonkeruusta pitäisi vastata työmaan pääurakoitsijan työmaainsinööri. Tiedonkeruun koettiin toimivan hyvin excel-taulukolla ja kerätyn raakadatan

olevan hyvä olla saatavilla sellaisenaan. Lisäksi toivottiin datasta helposti tuotettavia visualisointeja tiedon kertymisen varmistamiseksi ja nopeiden tilannekatsausten tuottamiseksi.

Suurimmalla osalla haastateltuja ei ole tarvetta yhdistää työmaiden seuranta muuhun kalustoseurantajärjestelmään. Joillain järjestelmien yhdistämisessä voi olla potentiaalia toimintojen yhdistämiseen, mutta tarve ei ole voimakas. Kysyttäessä sopivaa toimijaa kalustoseurantajärjestelmän toteuttajaksi ei noussut mitään suosikkitahtoa, mutta mahdollisen toteuttajan toivottiin olevan mm. "luotettava", "sitoutunut", "vakuuttava" ja "puolueeton".

2.2 Urakoitsijat

Haastatellut urakoitsijat olivat osallistuneet Helsingissä ja Espoossa toteutettuihin pilottityömaihin. Molemmissa työmaissa urakoitsijan työmaainsinööri oli kerännyt tiedot päästöraportointia varten ja raportoinut tiedot eteenpäin tilaajalle. Pilottityömaissa tietoja oli raportoitu tiheään (Espoossa viikoittain, Helsingissä neljän viikon välein), mutta harvemmankin välin koettiin riittävän. Tietojen keräämisessä ja eteenpäin välittämisessä on käytetty excel-taulukkoa.

Tällä hetkellä urakoitsijat keräävät tietoja, mikäli tilaaja niin vaatii. Tilaajien vaatimukset työmaiden päästöjen seurannan osalta vaikuttavat olevan kasvussa, mutta urakoitsijat eivät vielä seuraa niitä kattavasti kaikilta työmailta. Päästötiedoista ei koeta olevan ratkaisevaa hyötyä omassa toiminnassa, joskin joissain urakkatarjouksissa urakoitsijan päästötietoja on jo käytetty kilpailutuksen kriteereinä. Päästötietojen keruulle on useita käytännön haasteita, kuten alihankintaverkoston heikko valmistautuminen tiedon keräämiseen, tietojen hajallisuus ja eritasoinen tiedon saatavuus. Tiedon keruu on hyvin työllistävää ja se tapahtuu niin koneiden mittareita lukemalla, polttoaineen tankkauskuitteja keräämällä kuin työkoneiden käyttäjiä haastattelemallakin; laitevalmistajien automaattisesti luettavat rajapinnat kiinnostavatkin urakoitsijoita. Urakoitsijat toivovat tilaajan määrittelevän seurantaan käytettävän järjestelmän.

2.3 Konevuokraajat

Haastatellut konevuokraajat ovat osallistuneet projekteihin, joissa on seurattu työmaiden päästöjä. Tietoja työkoneista on kerätty sekä työkonevalmistajien omien että jälkiasenteisten telematiikkajärjestelmien kautta, mutta myös manuaalisesti työkoneiden mittareita lukemalla. Toisella konevuokraajalla on jo käytössä oma järjestelmänsä tietojen keräämiseen, kun toisella järjestelmä on tekeillä ja toistaiseksi tietojen koostaminen tehdään excel-taulukoihin. Kerättyä tietoa käytetään yrityksissä sisäisesti, mutta sitä jaetaan myös asiakkaille sopimusten mukaan. Kaikki asiakkaat eivät edellytä päästötietojen seuranta, mutta kiinnostus ja vaatimukset ovat lisääntyneet.

Konevuokraajien näkemyksen mukaan työmaan pääurakoitsijan tulisi vastata päästötietojen keräämisestä, missä konevuokraajat voivat antaa tukea. Tarpeet ja vastuut tietojen keräämiselle tulisi olla kirjattuna selkeästi sopimukseen ennen työmaan alkua. Tietoa tulisi kerätä osittain viikoittain, mutta joidenkin työkoneiden (esim. käsikäyttöiset työkoneet) osalta tietoja voi olla hyvä kerätä käyttäjältä jopa päivittäin. Kalustoseurantajärjestelmää varten kerättyjen tietojen julkisesta raportoinnista voisi olla hyötyä konevuokraajien päättäessä omista investoinneistaan päästöttömiin työkoneisiin: näkyvyys päästöttömien työkoneiden oikeaan osuuteen työmailla antaisi mahdollisuuden arvioida niiden kysyntää tulevaisuudessa. Työmaiden lämmityksen ottaminen mukaan osaksi päästöseuranta nostettiin esiin.

3. Päästöseurantajärjestelmän tietorakenne

Työmaiden päästöseurannan tietotarpeet vaihtelevat riippuen tavoitellusta päästöseurannan tasosta. Fossiilivapaalla työmaalla ei esimerkiksi käytetä fossiilisia polttoaineita ja työmaalla käytetyn sähkön ja lämmön alkuperä tulisi olla uusiutuvaa energiaa. Päästöttömällä työmaalla sen sijaan pyritään fossiilittomien energianlähteiden lisäksi vähentämään suoria kasvihuonekaasupäästöjä (khk-päästöt) sekä haitallisia lähipäästöjä täysin sähköisten työkonien ja ajoneuvojen käytön myötä. Päästöttömyys-terminä voi olla harhaanjohtava, sillä myös bioperäisten polttoaineiden poltosta aiheutuu paikallisia päästöjä. Täysin päästötön työmaa toimisi käytännössä ilman polttomooottoreita – sähkön ja vetypolttokeinojen varassa.

3.1 Vaihtoehdot päästöseurannan tasolle

Pelkästään fossiilivapaan työmaan päästöseurannan tarpeet ovat pienemmät kuin päästöttömän työmaan tarpeet. Molemmissa konsepteissa tulee vähintään seurata ja varmentaa käytetyn polttoaineen, sähkön ja lämmön alkuperä. Mikäli tavoitteena on myös määrittää työmaan khk- ja lähipäästöt numeerisesti, täytyy kerätä tarkempia tietoja energiankulutuksesta. Päästöseurannan mahdolliset eri tasot on esitetty tarkemmin seuraavaksi.

Minimitaso: energian alkuperä

Fossiilivapaan ja/tai päästöttömän työmaan toteutumisen seurantaan riittää tieto työkonissa ja ajoneuvoissa käytetyn polttoaineen (käyttövoiman) alkuperästä sekä työmaalla käytetyn sähkön ja lämmön alkuperän varmentaminen esimerkiksi esittämällä polttoainekuitit sekä sopimukset. Minimitason seuranta voisi toteuttaa työmailla, joissa ei ole tarkoituksenmukaista tai mahdollista toteuttaa numeerista päästöseuranta keräten yksityiskohtaisia työkon- ja ajoneuvo kohtaisia tietoja. Tämä vähentää tiedonkeruun tarvetta ja yksinkertaistaa seuranta urakoitsijan ja aliorakoitsijoiden osalta. Minimitasolla kerätystä tiedosta ei siis voida laskea työmaan khk- tai lähipäästöjä, sillä niiden laskentaan vaaditaan vähintään tieto kulutetun polttoaineen tyypistä ja määrästä. Minimitason tiedonkeruu mahdollistaa kuitenkin green deal -sopimuksen edellyttämän fossiilittoman tai päästöttömän työmaan toteutumisen seurannan.

Minimitason tiedonkeruulla voidaan todeta seuraavaa:

- Työmaalla käytetty sähkö ja lämpö on tai ei ole uusiutuvista energianlähteistä peräisin.
- Työmaalla käytetty polttoaine on tai ei ole alkuperältään fossiilitonta.

Perustaso: suorat päästöt

Perustasolla fossiilivapaan ja/tai päästöttömän työmaan toteutumisen seurantaan minimitason lisäksi kerätään tietoja kulutetun energian määrästä. Tiedonkeruuseen kuuluisi myös polttoaineiden määrät työkon- ja ajoneuvo kohtaisesti sekä työmaan kuluttaman sähkö- ja lämpöenergian määrät. Työmaalla tuotetun sähkön ja lämmön määriä ei tarvita, mutta tuotantoon kulutetun polttoaineen tyyppi ja määrä tarvitaan fossiilittomuuden todentamista varten.

Perustason tiedonkeruu mahdollistaa työmaan tai urakan suorien pakokaasuperäisten päästömäärien laskennan. Fossiilista alkuperää olevat CO₂-päästöt ovat nolla, kun fossiilisia polttoaineita ei kuluteta. Biopolttoaineiden poltosta vapautuu CO₂-päästöjä, mutta kansainvälisen khk-päästölaskennan rajausten mukaisesti biomassan CO₂-päästöt lasketaan

maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsätalouden päästöiksi (LULUCF-sektori¹). Polttoöljyn poltosta vapautuu myös muita kasvihuonekaasuja alkuperästä riippumatta: metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O) voidaan laskea polttoaineen kulutetusta määrästä käyttämällä konetyyppikohtaisia päästökertoimia. Myös muut terveydelle haitalliset lähipäästöt voidaan laskea kulutetun polttoaineen määrästä. Muihin lähipäästöihin kuuluvat esimerkiksi hiilimonoksidi (CO), palamattomat hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), pienhiukkaset (PM) ja rikkidioksidi (SO₂). Perustasolla ei huomioida elinkaaren aikaisia khk-päästöjä eli esimerkiksi polttoaineiden sekä sähkön- ja lämmöntuotannon aikaisia päästöjä.

Perustason tiedonkeruulla voidaan todeta minimitason lisäksi:

- Työmaan khk-päästöjen määrä konekohtaisesti eriteltynä
- Työmaan lähipäästöjen määrä konekohtaisesti eriteltynä

Ylin taso: elinkaaren aikaiset päästöt

Ylimmällä ehdotetulla päästöseurannan tasolla voidaan laskea myös elinkaaren aikaiset khk-päästöt tietyin rajauksin. Suositeltava rajausta on tarkastella energian tuotannon aikaisia päästöjä, tässä tapauksessa polttoaineen sekä sähkön- ja lämmöntuotannon aikaisia khk-päästöjä. Näin ollen ylin päästöseurannan taso ei vaadi lisää tiedonkeruuta, sillä elinkaari-päästöt on mahdollista laskea kulutetun polttoaineen, sähkön ja lämmön määrän sekä alkuperän perusteella.

Ylin seurannan taso ei vaadi enempää tiedonkeruuta urakoitsijoilta kuin perustaso, mutta vaatii laajemman laskennan seurantajärjestelmässä. Elinkaari-päästöjen laskentaan esitetyllä rajauksella voidaan hyödyntää ajantasaisia päästökertoimia uusiutuvan sähkön, jäännössähkön, kaukolämmön, fossiilisten ja bioperäisten polttoaineiden tuotannolle.

Pölyn ja melun seuranta

Haastatteluissa lähipäästöistä pöly nousi esiin mielenkiintoisena seurattavana päästölaajina. Pöly on käytännössä ei-pakokaasuperäisiä pienhiukkasia (PM), jotka ovat lähtöisin eri työtehtävistä sekä maaperästä mekaanisen hankauksen seurauksena. Varmin tapa todentaa pölypäästöjen määrä olisi käyttää työmaalle asennettavia sensoreita mittaamaan pölyn määrä ilmasta. Melun seuranta työmailla vaatisi myös mittauslaitteiston käyttöä. Mittaustekniikkaan perehtynyt taho voisi esimerkiksi tarjota palveluna mittalaitteiden vuokrauksen ja asennuksen, jolloin saadaan tarkkaa tietoa suoraan työmaalta. Mittauksissa tulisi kuitenkin ottaa huomioon, että mittalaitteet havaitsevat myös muualta kuin työmaalta peräisin olevaa pölyä ja melua. Mitattu PM-määrä pitää sisällään kaikki hiukkaspäästöt, myös pakokaasuperäiset. Mikäli PM-päästöjä mitattaisiin sensoreilla, päästöseurantajärjestelmän ei tulisi laskea pakokaasuperäisiä PM-päästöjä erikseen tuplalaskennan välttämiseksi. On hyvä huomioida, että PM-päästön lähde ei voida erotella mittausdatasta, jolloin mitatun tiedon tulkinta on haastavaa ja tiedon tarkkuus epävarmaa.

Pölypäästö on teoriassa mahdollista arvioida myös numeerisesti, mutta laskennan tulos on merkittävästi epävarmempi verrattuna esimerkiksi pakokaasuperäisten pienhiukkasten arvioon. Laskentaan tarvittaisiin lisää tiedonkeruuta työmaan pinta-alasta, urakan kestosta, pölyn vähennystoimenpiteiden toteuttamisesta (usein veden käyttö pölyn sitomisessa) sekä maaperän hiukkaskoosta ja kosteudesta². Lisätiedonkeruu ei välttämättä ole mielekästä ottaen huomioon laskennan tuloksen epävarmuus.

¹ LUKE (2021): Maatalous- ja LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaarior.
<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/ilmastonmuutos/maatalous-ja-lulucf-sektorin-kasvihuonekaasuinventaarior/>

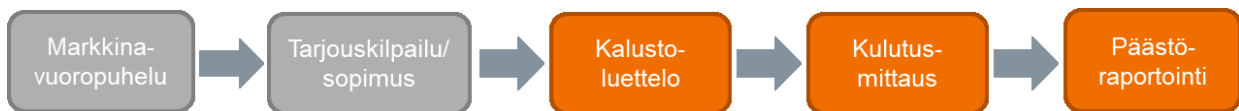
² Lisätietoja rakennustyömaiden pölypäästöjen laskennasta: EMEP EEA Guidebook 2019 2.A.5.b. Construction (fugitive PM emissions)

4. Päästöseurantajärjestelmän tekninen toteutus

Päästöseurannan prosessin voidaan ajatella koostuvan pääpiirteittäin seuraavista vaiheista (kuva 1.):

1. Markkinavuoropuhelusta tilaajan ja urakoitsijoiden välillä, jonka perusteella määritetään urakkaa ja työmaata koskevat päästötavoitteet.
2. Markkinavuoropuhelu johtaa tarjouskilpailuun, jonka lopputuloksena syntyy urakkaa koskeva sopimus. Sopimuksessa määritellään käytettävä konekanta.
3. Urakoitsija laatii urakassa käytettävän kalustoluettelon, joka yksilöi green deal-sopimuksen piiriin kuuluvat työkoneet.
4. Urakan toteuttamisen aikana seurataan sopimuksen piiriin kuuluvien koneiden polttoaineen kulutusta mittausten avulla.
5. Mittausten perusteella tehdään päästölaskelmia, jotka koostetaan päästöraporteiksi.

Tässä prosessissa ei ole otettu kantaa mittausten todentamiseen, mutta sen voidaan ajatella kuuluvan osaksi kulutusmittauksia.



Kuva 1. Päästöseurantaprosessin vaiheet

Päästöseurantajärjestelmän avulla voidaan em. prosessissa tukea seuraavia tehtäviä:

- Kalustoluettelon ylläpitoa ja sitä koskevia muutoksia
- Päästötietojen lähtökohtana olevien mittaustietojen keruuta
- Mittaustietojen avulla tapahtuvaa päästölaskentaa ja raportointia

Alustavan vaatimusmäärittelyn mukaan seurantajärjestelmän tulee tukea niin hankintayksikkö-, urakka- kuin työmaakohtaistakin seurantaa. Järjestelmän käyttäjiä ovat tietoja työkoneista kirjaavat pääurakoitsijat, hankintayksiköiden kalustovastaavat sekä päästöjen toteumaa seuraavat hankintayksiköiden yhteyshenkilöt, KEINO ja mahdollisesti ympäristöministeriö.

4.1 Kalustoluettelo kalustonhallinnan avulla

Kalustoluettelosta voidaan päästöseurannan alustavan vaatimusmäärittelyn mukaan todeta seuraavaa:

- Green deal -sopimuksen piiriin kuuluvan tarjouksen jättäviltä urakoitsijoilta vaaditaan tarjouspyynnön liitteenä alustava kalustoluettelo, jota voidaan tilaajan hyväksyessä täydentää urakan alkaessa tai urakan aikana, mikäli käytettävää kalustoa joudutaan vaihtamaan.
- Työmailla ei saa käyttää koneita, joita ei ole kirjattu kalustoluetteloon. Kaikkien kalustoluetteloon tehtävien täydennysten on täytettävä samat vaatimukset kuin tarjouspyynnössä on määritelty.

- Kalustoluettelo ja työmaalla käytettävä kalusto käydään läpi aloituskokouksessa ja työmaakokouksissa.
- Järjestelmän tulisi mahdollistaa hankintayksikön työmaapäälliköiden toteuttama seuranta esimerkiksi tilanteissa, joissa työmaalla epäillään olevan koneita, joita ei ole kirjattu järjestelmään.

Isoilla urakoitsijoilla on pääsääntöisesti hyvät valmiudet kalustoluetteloiden toimittamiseen. Rakennushankkeesta tehdään lähes poikkeuksetta kone- ja kalustosuunnitelma, jolla pyritään varmistamaan työmaan kaluston mitoitus ja ajoitus siten, että kohde etenee suunnitelmien mukaisesti. Kalustosuunnitelma tehdään jokaiseen kohteeseen jo rakennushankkeen tarjouslaskentavaiheessa. Kalustosuunnitelma on listaus siitä, mitä ja milloin (kuinka pitkään) kalustoa työmaalla tarvitaan. Kalustoaikataulun avulla voidaan ennakoita ja varmistaa kaluston oikea-aikainen hankinta ja palautus.

Kalustoaikataulun tarkkuus riippuu työmaasta. Yleisenä käytäntönä on, että kauan työmaalla oleva kalusto on omaa ja lyhytaikainen kalusto vuokrataan. Poikkeuksena on paljon huoltoa vaativa kalusto, jota myös usein vuokrataan riippumatta käyttäjasta. Monet suuret rakennusyrietykset, esim. Lemminkäinen Talo Oy, ovat ulkoistaneet kaiken työmaakalustonsa toimituksen keskitetyksi vuokraamolle. Rakennusyrietyksistä esim. Skanskalla on oma vuokrauspalvelunsa. Merkittäviä kotimaisia konevuokraajia ovat esim. Cramo ja Ramirent, jotka ovat myös Euroopan suurimpien joukossa.

Urakoitsijoiden käyttämään kalustohallintaan on olemassa useita vaihtoehtoisia lähestymistapoja:

- Kalustohallinta paperilla (lähinnä pienillä urakoitsijoilla tai aliurakoitsijoilla)
- Kalustohallinta excelillä. Useissa yrityksissä kalustonhallinta hoidetaan excel- taulukoilla kalustoluetteloina, joihin tehdään muutokset kalustotarpeiden eläessä. Tähän lähestymistapaan liittyy kuitenkin manuaalisen kirjauksen ja kalustonhallinnan ajantasaisuuden ongelmat.
- Kalustonhallintaohjelmistot. Useissa suurissa ja pk-rakennusyrietyksissä pyritään kohti tehokasta kalustonhallintaa niihin tarkoitetuilla järjestelmillä. Erityisesti rakennusteollisuuden kalustonhallintaa tarjoavia "asset management" ohjelmistoja ovat esim. Hilti On! Track, Trackinno, Spotilla, Trail, Impala Tribuni ja Adminet. Yhteisenä piirteenä uudemmissa kalustonhallinnan järjestelmissä (esim. Hilti, Trackinno, Trail, Spotilla) on kaluston merkitseminen tägein (QR, RFID, NFC) ja niiden käytön sekä sijainnin kirjaamisen ja seurannan helpottaminen mobiili ja web-sovellutuksilla.

Jotta kalustoa voitaisiin ylläpitää järjestelmissä ja tietoa vaihtaa järjestelmien välillä on sovittava minimitietosisältö, jota päästöseurantajärjestelmässä ylläpidetään. Alustavasti tällainen tietosisältö voisi olla esimerkiksi seuraava:

1. Työmaatiedot johon kalustoluettelo liittyy

- Nimi
- Työmaatunnus
- Käyntiosoite
- Koordinaatit (EUREF-FIN/WGS84 muodossa) (mahdollisuus tehdä automaattisesti esim. osoitteen reverse geokoodauksella tai sitten ilmoittaa erikseen käyttäen hyväksi esim. Google Maps tai vastaava karttapalvelua)
- Aloitusaika
- Valmistumisaika (arvioitu)

2. Pääurakoitsijaa koskevat tiedot

- Nimi
- Yhteystiedot (käyntiosoite, e-mail, puhelinnumero)
- Y-tunnus
- Vastaavan mestari/työmaainsinööri (nimi, puhelinnumero, e-mail)

3. Kalustoluetteloa koskevat tiedot

- Laatijan nimi (pääsääntöisesti pääurakoitsijan kalustovastaava)
- Kalustovastaavan yhteystiedot (nimi, puhelinnumero, e-mail)
- Laatimisajankohta
- Voimassaoloaika (alku ja loppupäivämäärät)

4. Varsinainen työmaalla käytettävä kalusto esitetään listana työkoneineen esimerkiksi seuraavilla tiedoilla varustettuna:

- Valmistaja (merkki)
- Malli
- Sarjanumero (Vehicle Identification Number/VIN tai muu tunnistetieto)
- Käyttövoima
- Koneluokka /ajoneuvoluokka
- Stage-luokitus
- Nimellisteho
- Vuosimalli
- Pääasiallinen käyttötarkoitus

Mikäli kalustoa muutetaan työkohteessa (työmaalla) urakan aikana, laaditaan siitä vastaava uusi kalustoluettelo. Edellä kuvattu tietosisältö on vain alustava hahmotelma ydintiedoista ja siitä voidaan muokata tarpeen mukaan luomalla erikoistettuja, lisäattribuutteja sisältäviä versioita. Tällaisia erikoistietoja voivat olla esim. työmaata koskevat pinta-ala, maaperän rakenne ja kosteustiedot sekä pölyn vähennystoimenpiteiden toteuttamista koskevat tiedot, mikäli halutaan seurata esim. pölyä tai jotain muita päästösuureita.

Green deal -sopimukseen liittyvät kalustoluettelot voitaisiin toteuttaa joko excel-lomakkeena tai online-palveluna (web-lomakkeiden avulla). Mikäli urakoitsijan kalustonhallintajärjestelmästä löytyy API-rajapinta tai export -toiminto, voitaisiin kalustoluettelo tuottaa myös mahdollisesti automaattisesti sopivan ohjelmistokomponentin avulla suoraan päästöseurantajärjestelmän kanssa yhteensopivaan muotoon.

4.2 Mittaustietojen keruu

Kasvihuonekaasujen ja lähipäästöjen seuranta tapahtuu epäsuorasti polttoaineen kulutuksen mittauksen välityksellä. Polttoaineen kulutusta voidaan mitata joko työmaalle toimitetun polttoaineen määrällä tai esim. työkoneiden polttoaineen kulutuksen tai käyttötuntien ja keskimääräisen tehon perusteella. Työmaalle tapahtuvan polttoaineen kulutustiedot voidaan koostaa polttoainetoimittajan laskutustiedoista. Työkoneiden kulutus ja käyttötunnit taas voidaan saada keräämällä tiedot koneurakoitsijoilta joko ”manuaalisesti” tai automaattisesti tiedonkeruujärjestelmien avulla.

Polttoaineen toimitukseen perustuvan mittaustiedon ongelmana on, että se kuvaa vain koko työmaan käyttämää energiaa, eikä kulutusta voida laitekohtaisesti yksilöidä suoraan niille koneille, jotka kuuluvat sopimuksen mukaisen päästöseurannan piiriin. Polttoainetta voidaan käyttää mm. lämmitykseen varsinaisen työkonenäytön lisäksi.

Haastattelujen perusteella ilmeni, että teknisesti polttoaineen toimittajat voivat varsin helposti kohdentaa toimitustiedot maantieteellisesti ja työmaittain, mutta tästä eteenpäin käyttökohteiden tarkentaminen on vaikeampaa. Menetelmä on siis tältä osin varsin epätarkka, mutta laskutustietojen (esim. kuittien, luottokorttitietojen) perusteella mittaustietojen oikeellisuus on varsin helposti todennettävissä.

Työkoneiden polttoaineen tai käyttötuntien perusteella tapahtuva mittaus voi perustua urakoitsijoiden omiin ilmoituksiin. Tällöin pääurakoitsija kerää aliurakoitsijoilta saamansa tiedon joko suoraan polttoaineen kulutuksena tai välillisesti koneiden käyttötuntien avulla, josta voidaan kulutus päätellä tuntemalla työkoneen ominaisuudet. Menetelmä perustuu luottamukseen ja mittaustulosten todenperäisyyden tarkistaminen on haastavaa. Mittaustulosten oikeellisuuden varmistamiseksi tilaaja voi tehdä esim. pistokokeita mittarilukemien tai käytetyn polttoaineen laadun tarkistamiseksi, jos on aihetta epäilyyn sopimuksen vastaisesta toiminnasta.

Päätösseurantatiedon kerääminen on haastattelujen perusteella nähty urakoitsijoiden toimesta toisinaan vaivalloiseksi lisärasitteeksi ja sen antamasta hyödystä toimijoiden välillä on varsin erilaisia näkemyksiä. Tiedonkeruuta olisi kuitenkin mahdollista automatisoida ja siten tarjota entistä helpompia ja tarkempia menetelmiä päästöseurannan toteuttamiseksi.

Jo tällä hetkellä suurimmilla työkonevalmistajilla on kehittyneet ennakoivan kunnonvalvonnan ja käytön seurantaan liittyvät järjestelmät (taulukko 1). Arvokkaan kaluston käyttöaste halutaan luonnollisesti mahdollisimman suureksi, jolloin ennakoimattomat vikaantumiset pyritään minimoimaan ja vaadittavat huoltotoimenpiteet ajoittamaan tuotannon kannalta sopiviin hetkiin. Ennakoiva kunnonvalvonta (Pre-emptive Maintenance tai Condition based maintenance, CBM) on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi saada laiteinvestoinnista maksimaallinen tuotto. Koneen huoltoja ja osien vaihtoja ei tehdä pääsääntöisesti kalenterin osoittamalla hetkellä tai vikaantumisen seurauksena, vaan silloin kun seurattavien kriittisten kohteiden muutokset osoittavat, että kohde vaatii huolto- tai korjaustoimenpiteitä.

CBM-toimintamalli edellyttää, että määrätyt kohteet työkoneessa anturoidaan ja niitä seurataan reaaliaikaisesti, sekä niiden kuntoa arvioidaan jatkuvasti joko aiemman toimintahistorian tai muilla tavoin kehitettyjen ennustemallien avulla. Nykyisin useimmat isot työkoneet ovat instrumentoitu erilaisilla antureilla ja niitä yhdistävillä tiedonkeruuyäylillä, esim. CAN (Controller Area Network) -väylällä.

Society of Automotive Engineers (SAE) on määrittänyt viisikerroksisen verkkomallin SAE J1939 ja tässä mallissa CAN ISO 11898 -standardi sijoittuu kahdelle alimmalle tiedonsiirtokerrokselle (fyysiselle ja data-link kerrokselle). CAN on yksi viidestä protokollasta, joita käytetään ODB-II diagnostiikkajärjestelmissä. ODB-II liityntä on ollut pakollinen Yhdysvalloissa vuodesta 1996 ja EU:ssa vuodesta 2001 sekä bensiinikäyttöisissä että vuodesta 2004 dieselkäyttöisissä ajoneuvoissa. CAN-väylät ja ODB-II ovat yleisesti käytössä ajoneuvojen lisäksi myös isommissa moottorikäyttöisissä työkoneissa.

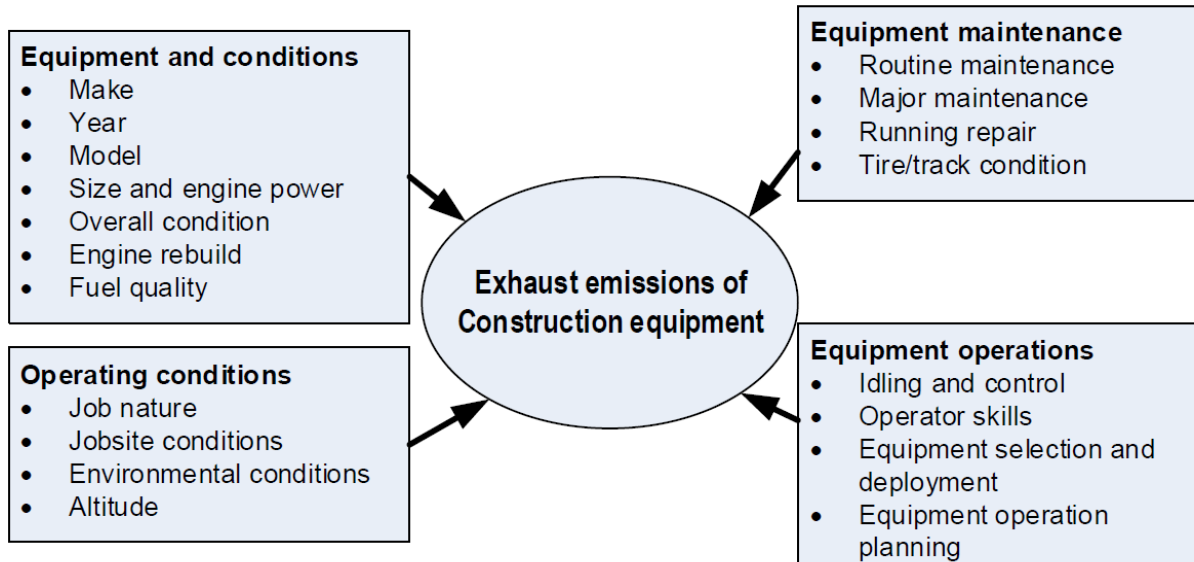
Taulukko 1. Eräitä johtavia työkonevalmistajia ja niiden kalustonseurantajärjestelmät³

Työkonevalmistaja	Maailmanlaajuinen markkinaosuus	Järjestelmä
Caterpillar	16 %	Product Link
Komatsu	12%	KOMTRAX
Hitachi (5,1%)	5,1 %	ZXLink
Volvo	4,8 %	CareTrack telematics, ActiveCare Direct (ACD)
Liebherr	4,6 %	LIDAT

³ <https://blog.iseekplant.com.au/blog/top-ten-heavy-equipment-manufacturers>

Fan (2017) on tarkastellut työkoneiden päästömallintamiseen liittyviä tekijöitä, joita ovat mm. (Kuva 2):

- Koneen yleiset ominaisuudet kuten valmistaja, valmistusvuosi, malli, konetehto, käyttövoima jne.)
- Laitteen kunto ja käyttöhistoria (koneen huoltohistoria)
- Työkohteen luonne (ympäristöolosuhteet, maaperä jne.)
- Työkoneen käyttötapa (tyhjäkäynti, kuskin taidot jne.)



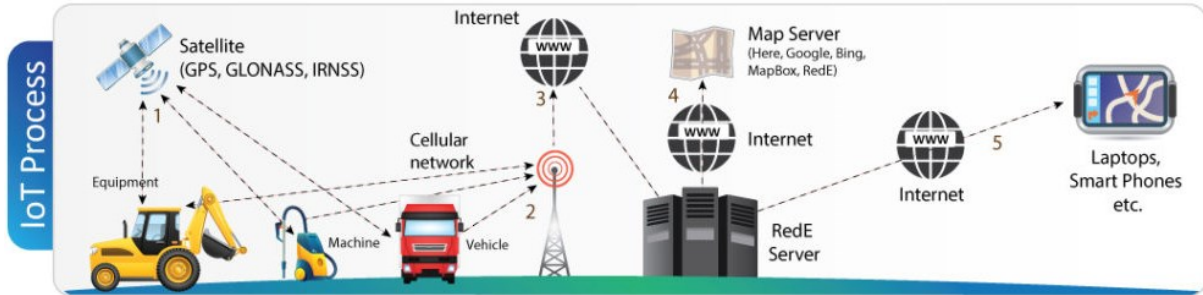
Kuva 2. Työkoneen päästöihin vaikuttavat tekijät (Fan 2017)⁴

Työkoneiden seurantajärjestelmien avulla on mahdollista selvittää mm.:

- Koneen tarkka sijainti reaaliaikaisesti (työkohde)
- Käyttötunnit sekä erilaiset käyttömäärät (varsinainen työkäyttö, tyhjäkäynti)
- Erilaisia moottoriin ja muun laitteen mekaniikkaan kohdistuviin voimiin liittyviä suureita
- Laitteen ylläpitoa ja huoltohistoriaa koskevat tiedot (mikäli ylläpito on tehty asianmukaisesti)

Kun laitteen perusominaisuudet (valmistaja, valmistusvuosi, konetehto, käyttövoima jne.) tunnetaan, periaatteessa käyttöä ja historiaa koskevien tietojen perusteella voitaisiin tehdä hyvinkin tarkkaa analyysiä siitä, millaisia päästöjä koneesta syntyy. CAN-väylään liitetyn tiedonkeruuyksikön (OBU, On Board Unit) ja langattoman tiedonsiirron (esim. 3G/4G/LoRa ja Internet) avulla yksittäistä työkonetta koskevat tiedot on mahdollista siirtää lähes reaaliaikaisesti valmistajan taustajärjestelmiin käytönseurantaa ja kunnonvalvontaa varten (kuva 3.). Satelliiteista saatava koneen paikkatieto voidaan yhdistää palvelimessa karttatietoon ja seurantatietoa voidaan sieltä edelleen jakaa webportaalin tai mobiilisovellusten kautta hyödyntäjille hyvin pienellä laskentaviiveellä.

⁴ Fan, H. (2017). A critical review and analysis of construction equipment emission factors. *Procedia engineering*, 196, 351-358.



Kuva 3. Tiedonkeruujärjestelmän toimintaperiaate⁵

Työkonevalmistajat pystyvät jo nyt käyttämään reaaliaikaista seurantatietoa lisäarvopalveluiden tuottamiseksi. Tässä yhteydessä käytämme esimerkkinä Volvoa, joskin muitakin työkonevalmistajilta löytyy vastaavia palveluita.

Volvo tarjoaa asiakkailleen seuraavia työkoneen ylläpitopalveluita:

- toimintavarmuuspalvelu (Volvo Active Care, esim. toiminta ja häiriöhälytykset, käyttöraportointi jne.)
- polttonestetehokkuuden palvelut (neuvonta ja polttonesteraportit)
- tuottavuusraportointi

Kunnonvalvontajärjestelmien tiedon seuraamiseen ja jakamiseen on olemassa erilaisia liiketoimintamalleja, joissa tietosisällön käyttöoikeudet voivat olla erilaisia. Volvo tarjoaa asiakkailleen kahta erityyppistä toimintatapaa:

- Volvo CareTrack-palvelua, joka on varsinainen tiedonkeruujärjestelmä. Sen avulla Volvon asiakkaat voivat monitoroida omaa kalustoaan web portaalin välityksellä ja siirtää tietoa edelleen API-rajapinnan (AEMP 2.0) välityksellä muihin järjestelmiin. CareTrack mahdollistaa kunnonvalvontatiedon seurannan, varashälytystoiminnot ja kaluston sijainnin seurannan reaaliaikaisesti. CareTrack tarjoaa kaksi erilaista ohjelmistorajapintaa, jotka mahdollistavat integroinnin asiakkaan omiin tiedonhallintajärjestelmiin.
- ActiveCare Direct on palvelu, joka helpottaa asiakkaita hallitsemaan ja ymmärtämään kerättyä raakatietoa. Palvelu tuottaa jalostettua tilastiatietoa ja hoitaa kaluston monitorointiin ja kunnossapitoon liittyviä toimia 24/7-periaatteella jatkuvasti.

Tiedon välittäminen valmistajakohtaisesta seurantajärjestelmästä toiseen, esim. päästönseurantajärjestelmään, edellyttää siis hyvin määriteltyjä rajapintoja ja yhteyskäytäntöjä (protokollia). Yhteyskäytännöt kuvaavat mm. järjestelmien välillä kulkevan tietosisällön muodon, jotta se voidaan vastaanottavassa järjestelmässä tulkita yksikäsitteisesti. Mikäli jokaisella laitevalmistajalla on järjestelmänsä oma rajapinta, jouduttaisiin jokaisen laitevalmistajan tiedot integroimaan erikseen yhteiseen seurantajärjestelmään, mikä puolestaan nostaisi järjestelmien rakentamis- ja ylläpitokustannuksia huomattavasti.

Tämän ongelman ratkaisemiseksi Association of Equipment Management Professionals (AEMP) on määritellyt yhteisen protokollan (The AEMP Telematics Standard, ISO 15143-3), joka on hyväksytty osana ISO 15143 (Earthmoving machinery and mobile road construction machinery – Worksite Data Exchange) standardia (Part 3: Machine Data). Standardi "määrittelee viestintämallin, joka on suunniteltu tarjoamaan liikkuvien koneiden tilatiedot telematiikan tarjoajan palvelimelta kolmannen osapuolen asiakassovelluksille Internetin

⁵ Lähde: <https://trackmyvehicle.in/2019/05/23/iot-vehicle-tracking-system/>

välityksellä”. The AEMP Telematics Data Standard on kuvattu XML-skeemana ja tiedonsiirto tapahtuu HTTP-protokollan avulla.

AEMP:n standardin mukainen datasetti (esimerkit kuvattu erillisessä liitteessä 2) mahdollistaa mm. päästölaskentaan liittyvien oleellisten tietojen välittämisen:

- Laitteen perustiedot kuten tunnistetiedot (VIN, Vehicle Identification Number) joka identifioi yksikäsitteisesti laitteen. Sen perusteella tiedetään valmistaja, malli, moottori yms. Vanhemmassa 1.2 versiossa VIN-numeroa ei ole käytössä, vaan vastaavia tietoja luetellaan erikseen (sarjanumero, malli, valmistaja jne.).
- Sijaintiedot (WGS84 koordinaatistossa)
- Käyttötiedot (kumulatiiviset käyttötunnit ja tyhjäkäynti, viimeisen 24 tunnin käyttötiedot, lastaamiseen liittyviä tietoja)
- Polttoaineen käyttöön liittyvät tiedot (kumulatiivinen ja viimeinen 24 h)
- Liikuttu matka

Useat laitevalmistajat (esim. Caterpillar, Komatsu, Volvo, Liebherr jne.) tukevat AEMP 1.2 tai 2.0 -standardia järjestelmissään, mikä helpottaa niiden integroimista kolmannen osapuolen järjestelmiin.

Haastattelun perusteella ilmeni, että eräillä konevuokraukseen erikoistuneilla toimijoilla on jo suunnitelmat ja alustavia toteutuksia järjestelmästä, joka yhdistää eri valmistajien seurantajärjestelmistä saatavat tiedot yhteen. Tämän tyyppisten ”integroivien alustojen” syntyminen helpottaisi myös päästötiedon keräämistä ja välittämistä konevuokraajan palveluita käyttäville urakoitsijoille.

Mikäli käytössä olisi kaikille yhteneväiset laskentamenetelmät, teknisesti olisi siis mahdollista automatisoida täysin päästötiedon luotettava keruu ja laskenta siltä osin, kun työmailla käytettävä kalusto on tällaisten kunnonvalvontajärjestelmien piirissä. Kunnonvalvontajärjestelmän toimittaja voisi jopa liittää päästöraportoinnin osaksi omaa palveluaan vastaavasti kuin esim. polttoaineen käytön raportoinnin.

Vaikka ICT-teknologia jatkuvasti halpenee ja entistä useammat kohteet ulotetaan kunnonvalvonnan piiriin, osa moottorikäyttöisistä laitteista jää kuitenkin reaaliaikamonitoroinnin ulkopuolelle. Kehitys voi olla myös sellainen, että itse päästölaskennan tarve poistuu kaluston sähköistyessä ja mahdollisesti vetytalouteen siirryttäessä ennen kuin kaikki seurannan kannalta merkittävät kohteet olisivat tiedonkeruun piirissä.

Reaaliaikaiseen seurantaan ei myöskään ole esiintynyt tilaajapuolella erityistä tarvetta. Useimmiten haastattelujen yhteydessä on todettu, että päästöseurannan tarkkuudeksi riittää raportointi esim. työmaakokousten yhteydessä tai harvemmin, jolloin voidaan antaa tilannekuva kuluvalta raportointijaksolta. Hyvin tarkka seuranta saattaisi myös aiheuttaa urakoitsijoilta kilpailullisesti oleellisen tiedon ”vuotamista”, jolloin tarvitaan tietojen siirtämisen valtuuttamista ja mahdollisesti tietojen osittaista anonymisointia.

Riippumatta siitä miten mittaustiedot lopulta tullaan keräämään ja millaisin aikaväleihin sitä tehdään, päästöseurantamittaustietoa varten tarvitaan yhteinen tietosisältö, jonka avulla voidaan tuottaa varsinaiset päästölaskelmat. Oman haasteensa asettaa se, mitä mittaustiedot viimekädessä koskevat ts. ovatko ne aikavälin kumulatiivisia tietoja vai hetkellisiä absoluuttisia mittauslukemia aikasarjassa, joka on alkanut koneen käyttöhistorian alusta. Mittauksiin kuuluvia tietoja voisivat olla esim.:

- Mittausajankohta (päiväys, kellonaika)
- Mittausväli (aloitusajankohta, päättymisajankohta on mittausajankohta)
- Polttoaineen käyttömäärä mittausvälillä
- Polttoaineen tyyppi

- Lisäaineen käyttömäärä mittausvälillä
- Lisäaineen tyyppi (esim. urea)
- Käyttötunnit mittausvälillä
- Polttoaineineen kumulatiivinen käyttömäärä (koneen käyttöönotosta)
- Lisäaineen kumulatiivinen käyttömäärä
- Kumulatiivinen käyttömäärä

Mittaustietojen keruun aikaväli ja päästölaskennan tarkkuus ovat siis toisensa kanssa tiiviisti yhteydessä ja varsinaisen järjestelmän toteuttamisen suunnittelun osana niitä pitääkin tarkastella lähemmin.

4.3 Päästöseurannan toteutusvaihtoehtoja

Päästöseurantajärjestelmän toteutukselle on tunnistettu kolme vaihtoehtoa: (1) hajautettu malli, (2) keskitetty malli ja (3) alustamalli. Kaikille näistä on yhteistä se, että niiden toteuttaminen vaatisi tietojen esittämisen ja niiden käsittelyn yhdenmukaistamista. Tietojen harmonisointi helpottaa sekä urakoitsijoiden että tilaajien toimintaa. Lisäksi se mahdollistaa samojen laskentasääntöjen käytön aineiston käsittelyssä, koska vaihdettavan tiedon sisältö olisi pääsääntöisesti organisaatioista riippumatonta.

Vaihtoehto 1: Hajautettu malli

- Sovitaan yhtenäinen päästöseurannan tietosisältö, joka on liitettävissä päästötietojen toimittamista koskevana ehtoa urakkasopimukseen.
- Laaditaan päästöseurannan tiedonkeruun mallipohjat edellä kuvattuja tietosisältöjä noudattaen (esim. excel template).
- Tilaajaorganisaatiot keräävät mitaustiedot urakoitsijoilta itsenäisesti parhaaksi katsomallaan tavalla.
- Sopimusosapuolet toimittavat seurantatiedot, joista koostetaan green deal -sopimuksen mukaiset päästöseurantatiedot yhtenäisten päästölaskentasääntöjen avulla.

Hajautettu malli ei siis poikkeaisi juuri nykyisestä toimintatavasta kuin siltä osin, että sekä tiedonkeruun tietosisällöt että laskentamallit olisivat yhdenmukaiset. Urakoitsijat voisivat toimittaa kalustoluettelonsa ja päästömittaustietonsa samaa mallinetta (template) käyttäen jokaiselle tilaajalle ja vastaavasti tilaajat voisivat soveltaa yhdenmukaisia laskentakaavoja saamilleen tiedolle.

Vaihtoehto 2: Keskitetty malli

- Sovitaan yhtenäinen päästöseurannan tietosisältö, joka on liitettävissä päästötietojen toimittamista koskevana ehtoa urakkasopimukseen.
- Kilpailutetaan sopimusosapuolten yhteishankintana seurantajärjestelmän kehittäjä ja ylläpitäjä, joka tarjoaa päästöseurannan palveluna.
- Sopimusosapuolet velvoittavat urakoitsijat raportoimaan kalusto- ja kulutustiedot seurantajärjestelmään käyttäen esim. verkkolomaketta tai Excel-raportointimallia.
- Palveluntarjoaja tuottaa tilaajille organisaatio- ja työmaakohtaiset päästöraportit sekä kokoaa tiedoista koko green deal -sopimuksen päästöseurantaratortit.

Keskitetty malli edellyttää seurantajärjestelmän kehittämisen ja ylläpidon resursointia green deal -osapuolten toimesta. Tarkempi käsitys tarvittavista kustannuksista kannattaa selvittää markkinavuoropuhelulla alan yritysten kanssa. Myös tähän tarpeeseen vastaavia kaupallisia ratkaisuja on olemassa markkinoilla, joita soveltamalla voitaisiin jatkokehittää tarkoituksenmukainen ratkaisu. Näin ollen järjestelmän toteutuskustannusten ei odoteta nousevan kovin korkeiksi.

Vaihtoehto 3: Alustamalli

Alustamallissa kehitystä pyritään viemään kohti modulaarista kokonaisuutta, jossa kyettäisiin laajemmin hyödyntämään eri osapuolten omia järjestelmiä ja koneluettavia rajapintoja. Tämä mahdollistaisi suuremman automaation datan keruussa ja välittämisessä. Yhteisen tietosisällön lisäksi keskeistä on sopia tiedonvaihdon protokollat pohjautuen avoimiin kaikkien saatavilla oleviin standardeihin.

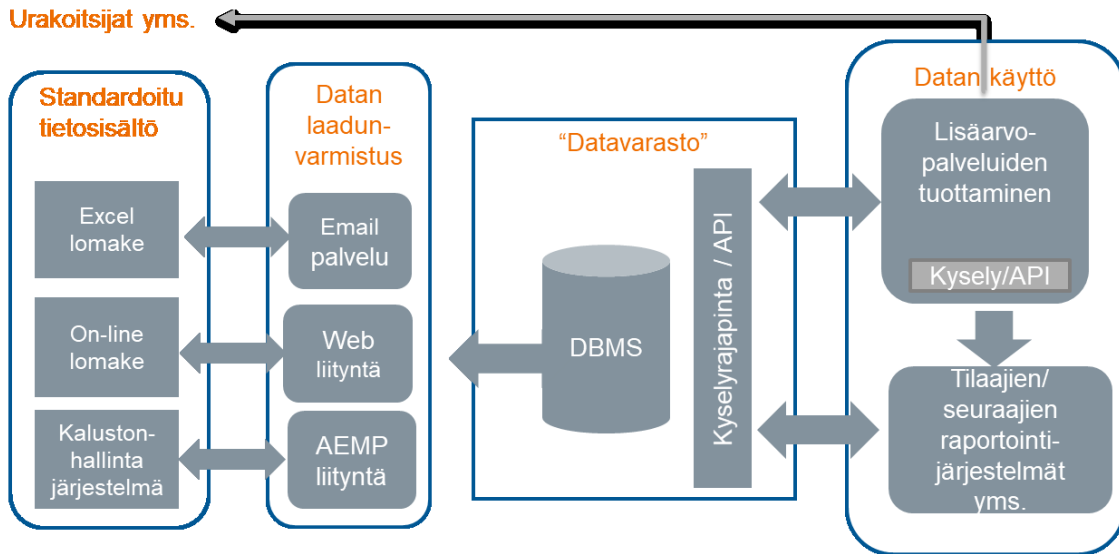
- Sovitaan yhtenäinen päästöseurannan tietosisältö, joka on liitettävissä päästötietojen toimittamista koskevana ehtoa urakkasopimuksiin.
- Kilpailutetaan yhteishankintana seurantajärjestelmän kehittäjä ja ylläpitäjä, joka tuottaa päästöseurannan peruspalveluna:
 - Verkkolomakkeet datan syöttämisen, datan laadunvarmistuksen
 - Seurantajärjestelmän raakatiedon ylläpidon
 - Datan elinkaaren ja käyttöoikeuksien hallinnan
- Seurantajärjestelmän ylläpitäjä tarjoaa koneluettavat rajapinnat (APIt, kyselyrajapinnat) ”raakadataan” integroimiseksi eri toimijoiden omiin järjestelmiin.
- Alustamallissa on erilaisia lisäarvopalveluiden tuottajia, jotka tekevät ”raakadatasta” erilaisia datatuotteita (esim. datan yhdistely, benchmarking) kuten:
 - Organisaatio- ja työmaakohtaisia raportteja
 - Koko green deal -sopimuksen seurantaraporttien koontia
- Käytännössä peruspalvelut ja lisäarvopalvelut voivat olla saman organisaation tuottamia tai jos liiketoiminnallista potentiaalia ns. ”lisäarvopalveluiden” tuottamiseksi löytyy riittävästi, myös useiden eri organisaatioiden kesken jaettuina.

Keskitetyn mallin ja alustamallin keskeinen ero on se, että keskitetyssä mallissa green deal – sopimusosapuolet tilaavan palveluna kokonaisratkaisuna (esim. yhteishankinta).

Alustamallissa hankittava palvelu kohdistuu data-alustaan ja rajapintojen ylläpitoon ”peruspalveluna”, jonka päälle eri palveluntuottajat voivat tarjota omia lisäarvopalveluitaan tilaajien erilaisten tarpeiden mukaisesti. Alustamalli mahdollistaisi automatiikan hyödyntämisen ja datan monipuolisen yhdistelyn. Riskinä on, että kokonaisuuden hallinnan kompleksisuus kasvaa. Toisaalta markkinoilta löytyy jo kaupallisia toimijoita, joilla on datan luotettavaan välittämiseen ja käyttöoikeuksien hallintaan tarvittavat palvelut ja tekniset valmiudet jo olemassa. Näin ollen myös alustamallin toteutus voi olla mahdollista toteuttaa kohtuullisin kustannuksin. Tarkempi kustannustaso voidaan selvittää markkinavuoropuhelussa alan yritysten kanssa.

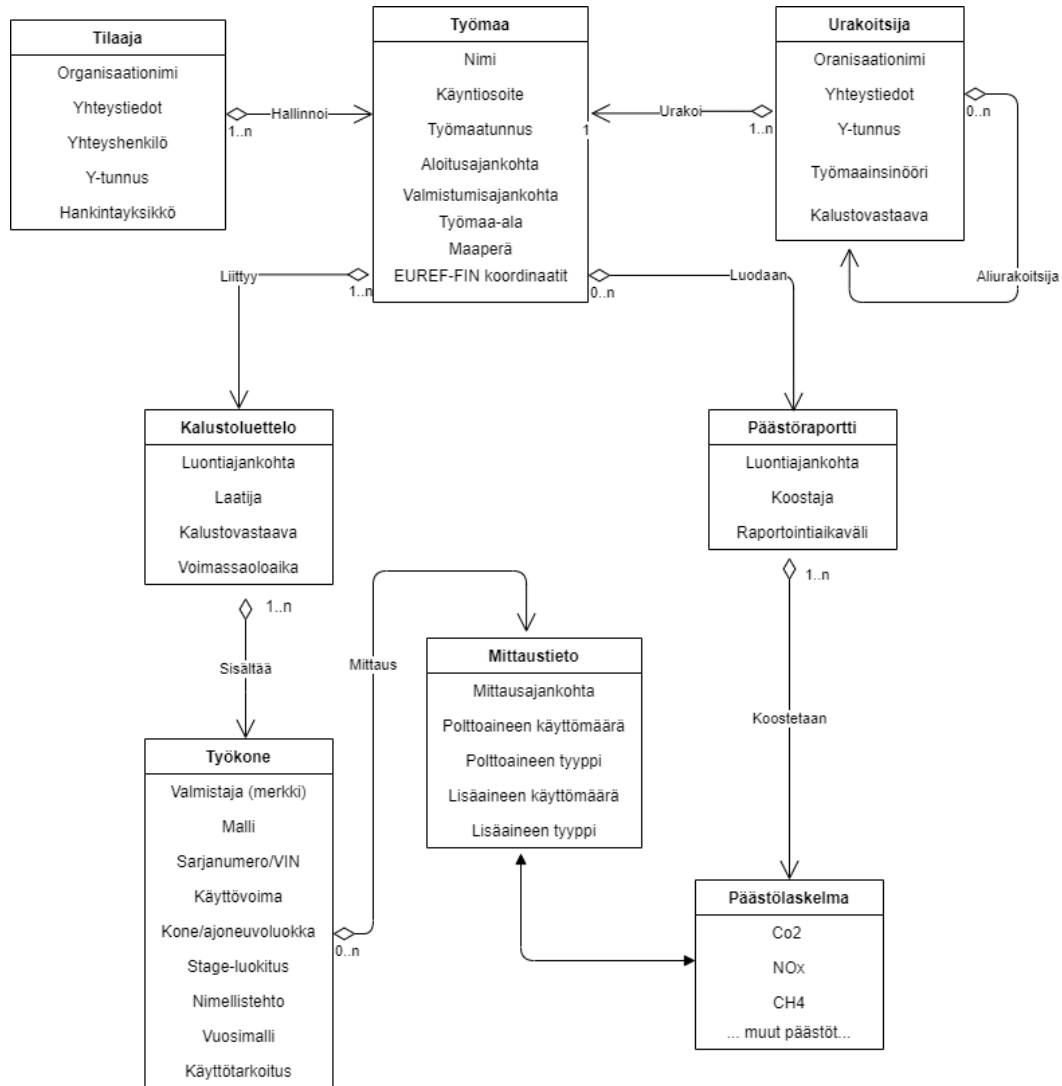
Seuraavassa hahmotellaan sitä, miten keskitetty ja alustamallit voisivat toimia teknisesti ja millaisia järjestelmän piirissä olevien toimijoiden roolit voisivat olla. Seurantajärjestelmä (kuva 4) voisi toimia pääpiirteissään seuraavasti:

- Urakoitsijat tuottavat tiedon sovittavin määrävälein työmaalla olevasta green deal -laitekannasta ja niiden käytöistä (ts. kalustoluettelot ja mittaustiedot). Käytössä on kaikille urakoitsijoille yhdenmukaiset tietomallineet (templates), johon seurannassa tarvittavat tiedot syötetään. Tietojen syöttäminen voi tapahtua esim. excel-lomakkeeseen, joka postitetaan CSV-muodossa sähköisesti järjestelmän vastaanottopisteeseen. Järjestelmä tekee lomakkeen automaattisen tarkastuksen ja lähettää onnistuneesta lähetyksestä kuittauksen tai epäonnistuneesta lähetyksestä virheilmoituksen sähköpostitse lomakkeessa olevan vastaanottajan sähköpostiosoitteeseen ja sähköpostin lähettäjälle. Toisena vaihtoehtona on käyttää online-lomaketta (esim. web-selaimessa), jossa täytetään samat tiedot kuin excel-lomakkeessa. Kolmantena mahdollisuutena saattaisi olla jonkinlainen tiedonvaihto kalustonhallintajärjestelmästä seurantajärjestelmään ja mahdollisesti tulevaisuudessa myös mittaustiedon keruuta voitaisiin osin automatisoida aiemmin kuvatulla tavalla kunnonvalvontajärjestelmien avulla.
- Urakoitsijoiden tuottama ”raakatieto” tarkastetaan tiedon varastojen toimesta sekä muodoltaan (syntaksi) että osin sisällöltään (semantiikka ts. oikeat tietotyypit, järkevät arvoalueet yms.) ja tallennetaan yhteiseen tietokantaan, josta sitä voidaan erilaisten hakurajapintojen välityksellä käsitellä. Käyttöoikeuksien (access) mukaisilla hauilla voidaan ”raakatiedosta” selvittää esim. urakoitsijoita, tilaajia, urakoita ja työmaakohtaisia tietoja, tehdä alueellisia tiedonhakuja hyödyntäen osoite- ja koordinaattitietoja, tehdä tietohakuja aikavälejä koskien jne. Tiedonvarastojen hoitaa tietoturvaan, käyttöoikeuksiin ja tiedon elinkaareen liittyvät asiat yhteisesti sovitun ”data governance” -mallin perusteella. Tässä yhteydessä on huomioitava erityisesti tiedon omistusoikeuteen liittyvät kysymykset.
- Datan jatkojalostajat käyttävät hyväkseen tiedon varastojen tarjoamia hakurajapintoja ja tuottavat päästölaskentamalleilla ja analyysityökaluilla sellaisia tietoa (esim. päästöraportteja), mitä loppukäyttäjät tarvitsevat. Keskitetyssä mallissa tiedon varastojen ja datan jatkojalostajan roolit ovat samalla organisaatiolla, alustamallissa roolit jakaantuvat usean organisaation kesken. Usean eri toimijan alustamallissa tiedon käsittely vaatii tiedon omistajan valtuutusta käsittelevälle organisaatiolle, ja valtuutukseen liittyvän tiedon käsittely voisi kuulua esim. tiedon varastojalle (esim. API-avainten käytöt tms.). Alustamalli on siis teknisen arkkitehtuurin osalta hieman monimutkaisempi kuin keskitetty malli.
- Datatuotteiden loppukäyttäjät, joita voisivat olla mm. urakoitsijat, tilaajat, ympäristöministeriö, Motiva yms., voivat hankkia omien tarpeidensa mukaan sopivia raportteja datan jatkojalostajilta erilaisilla sopimusmalleilla. Datan jatkojalostajat voisivat tarpeen mukaan tarjota myös datatuotteiden loppukäyttäjille omia rajapintoja, joista tieto voitaisiin koneluettavassa muodossa siirtää edelleen asiakkaiden järjestelmiin.



Kuva 4. Päästölaskentajärjestelmän yksinkertaistettu arkkitehtuuri.

Oheassa (kuva 5) on esitetty yhteenvetona tietosisältöjen (kalustoluettelo, päästömittaukset) avulla hahmoteltu yksinkertainen tietomalli, joka mahdollistaisi edellä kuvatun mukaisia tietohakuja. Varsinaisen järjestelmämäärittelyn ja suunnittelun yhteydessä on luonnollisesti ko. mallia arvioitava uudelleen ja määriteltävä se vastaamaan todellisia tarkennettuja vaatimuksia. Mallissa käytettävät attribuutit riippuvat suuresti päästöseurannan tarkkuudesta ts. mitä halutaan viimekädessä seurata. Tässä ehdotelmassa on huomioitu vain lähinnä hiilidioksidipäästöt sekä esimerkinomaisesti listattu joukko muita mahdollisia laskettavia päästösuureita.



Kuva 5. Päästöseurantaan avustavan tietomallin hahmotelma

5. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tässä raportissa on kuvattu päästöttömien työmaiden green deal -sopimuksen toteuttamista tukevaan päästöseurantaan kohdistuvat tarpeet ja lähtökohdat sekä esitetty vaihtoehtoja sen kehittämiseksi. Kolme tunnistettua toteutusvaihtoehtoa ovat hajautettu ja keskitetty malli sekä alustamalli. Työssä kartoitettiin tilaajien/rakennuttajien, urakoitsijoiden ja konevuokraajien näkemykset ja odotukset tiedonkeruun toteuttamiselle.

Keskeinen havainto oli, että vähimmäisvaatimuksena oleva päästöseuranta voidaan toteuttaa varsin yksinkertaisilla tavoilla hyödyntäen tavanomaisia työvälineitä. Olennaista on kuitenkin sopia yhteisestä tietosisällöstä, johon eri osapuolten datan keruu, laskenta ja raportointi pohjautuvat. Raportissa on esitetty ehdotus kalustoluetteloon ja päästöseurantaan sisältyvistä tietosisällöistä ja tietomallista. Tämä mahdollistaa automaattisen datan välittämisen, yhdistelyn ja rikastamisen jatkossa yhtenevällä tavalla (ns. semanttinen yhteentoimivuus).

Selvityksessä kävi myös ilmi, että moderni kalustonhallinta ja useilla toimijoilla jo käytössä olevat järjestelmät mahdollistavat myös pitkälle viedyn automatiikan toteuttamisen. Ehdotettu etenemistapa pyrkii mahdollistamaan myös näiden välineiden hyödyntämisen osapuolten omien lähtökohtien ja intressien mukaisesti. Tukeutumalla kansainvälisiin avoimiin

standardeihin voidaan myös toteuttaa ns. tekninen yhteentoimivuus ilman korkeita kustannuksia eri järjestelmien väliseen integrointiin.

Päästöttömien työmaiden kalusto- ja päästöseurannan toteuttamiseksi ehdotetaan edettäväksi kolmessa vaiheessa.

1. Sovitaan yhteinen tietosisältö, johon pohjautuen laaditaan kalustoluettelon mallipohja (template) sekä päästöseurannan raportoinnin vähimmäissisältö. Nämä yksinkertaiset taulukkolaskennan työkaluihin (excel) pohjautuvat välineet voidaan ottaa käyttöön jo syksyllä 2021 käynnistyvissä uusissa urakkakilpailuissa.
2. Kartoitetaan green deal -sopimusosapuolten kesken valmiudet ja intressi perustaa yhteinen sähköinen palvelu nojautuen tässä raportissa esitettyihin keskitetyn malli ja alustamallin vaihtoehtoihin. Järjestetään markkinavuoropuhelu, jossa pyydetään osapuolilta arvioita järjestelmän kehittämiseen tarvittavasta ajasta, käyttöönotosta ja kustannuksista. Samalla kartoitetaan toimijoiden kiinnostusta kehittää kerättävän datan pohjalta lisäarvopalveluita.
3. Mikäli yhteinen sähköinen järjestelmä päätetään perustaa, toteutetaan sen kilpailutus, kehitys ja käyttöönotto.