



# Politiikkatoimet liikkuvien työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi

Työkoneiden päästöjen vähentäminen tukee suomalaisten  
työkonevalmistajien kilpailukykyä vientimarkkinoilla

Karoliina Auvinen, Kaarina Kaminen, Santtu Karhinen, Aino Rekola,  
Juuso Pelkonen, Michael Child, Kalle Kärhä, Jari Rantsi, Jari Ihonen,  
Emilia Suomalainen, Johannes Hyrynen, Jarkko Pesonen, Saija Rasi



## ACE-raportti: **Politiikkatoimet liikkuvien työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi** – Työkoneiden päästöjen vähentäminen tukee suomalaisten työkonevalmistajien kilpailukykyä vientimarkkinoilla

### Kirjoittajat:

Auvinen Karoliina<sup>1</sup>

Kaminen Kaarina<sup>1</sup>

Karhinen Santtu<sup>1</sup>

Rekola Aino<sup>1</sup>

Pelkonen Juuso<sup>1</sup>

Child Michael<sup>3</sup>

Kärhä Kalle<sup>4</sup>

Rantsi Jari<sup>1</sup>

Ihonen Jari<sup>2</sup>

Suomalainen Emilia<sup>1</sup>

Hyrynen Johannes<sup>2</sup>

Pesonen Jarkko<sup>4</sup>

Rasi Saija<sup>5</sup>

1) Suomen ympäristökeskus

2) VTT

3) LUT-yliopisto

4) Itä-Suomen yliopisto

5) Luonnonvarakeskus

Päärahoittaja: Euroopan unionin LIFE-ohjelma LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE

Muut rahoittajat: liikenne- ja viestintäministeriö, maa- ja metsätalousministeriö,

NordicH2ubs [nordich2ubs.com](http://nordich2ubs.com)

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (Syke), [syke.fi](http://syke.fi)

Verkkojulkaisu (pdf) on luettavissa: [hiilineutraalisuomi.fi](http://hiilineutraalisuomi.fi) > [Julkaisut](#) > sekä [Helda-julkaisuarkisto](#) > [Syke-hankkeiden julkaisuja](#) ([helsinki.fi](http://helsinki.fi))

Layout ja grafiikat: Satu Turtiainen, Syke

Kannen kuva: [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com)

ISBN 978-952-11-5745-5 (pdf)

Julkaisuvuosi: 2025



LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE. Euroopan unionin osarahoittama. Esitetyt näkemykset ja mielipiteet kuuluvat kuitenkin ainoastaan kirjoittajille eivätkä välttämättä heijasta Euroopan unionin tai CINEAn kantoja. Euroopan unionia tai myöntävää viranomaista ei voida pitää niistä vastuussa.

## Executive summary

# Suggestions for a policy-mix to promote the clean technology transition and the growth of low-emission and zero-emission mobile machines in Finland

### Current state of the work machinery sector and its emissions in Finland

In 2022, greenhouse gas (GHG) emissions from mobile work machinery in Finland amounted to approximately 2.5 million tons of CO<sub>2</sub> equivalent, accounting for 5% of the country's total emissions and 9% of the emissions of the effort sharing sectors. Finland must reduce the emissions of the effort sharing sectors by 50% by 2030 compared to 2005 levels.

Mobile machines are widely used in mining, forestry, and metal industries, ports and logistics, construction, infrastructure maintenance, and agriculture. Despite advancements, the sector remains heavily dependent on fossil fuels, with no significant CO<sub>2</sub> emission reductions over the past 30 years in Finland or the EU. However, particulate and nitrogen oxide emissions have decreased due to EU emission standards and technological advancements.

The mobile machine manufacturing industry in Finland employs 20,000 people, with an export value of approximately €7.3 billion. The global market for clean work machinery technologies is growing, and the demand for electric work machinery and other new solutions is projected to increase by 15% annually. In Finland, registrations of alternative-powered mobile machines are rising, with electric forklifts progressing, and the availability of electric machinery expanding, while international investments in hydrogen technology are increasing.

### Background and methods

This report provides background information and recommendations for policy planning and implementation in the work machinery sector, particularly in support of the Medium-Term Climate Change Policy Plan (KAISU 3), the Climate and Energy Strategy, the national implementation of EU policy instruments (e.g., AFIR, ETS2), and the development of climate and R&D funding in Finland.

This report was prepared as part of the Accelerating Climate Efforts and Investments (ACE EU LIFE) project, which supports the enhancement of climate policy in the effort-sharing sector, particularly in industries where emissions have not yet been significantly reduced. The report examines emission reduction measures, barriers to adoption, and policy mechanisms for mobile machinery from the perspective of various operating environments and stakeholder groups. The considered operating environments include industrial areas, municipalities, farms, and construction and logging sites, where the role of mobile machines and opportunities for emission reductions vary significantly. The policy analysis is based on extensive data collected through interviews, workshops, and surveys. As a result, this report presents a policy package proposal to advance the clean transition of mobile work machinery.

### Regulatory framework and challenges

The regulatory framework for reducing mobile machine emissions remains underdeveloped at both national and EU levels. Existing policy instruments in Finland include R&D subsidies, renewable fuel distribution obligations, energy and CO<sub>2</sub> taxes on fuels, and subsidies for tractor biogas conversions. Voluntary Green Deal commitments have also encouraged emission reductions through information steering.

Upcoming EU-wide measures include the Emissions Trading System for fossil fuel distribution (ETS2) starting in 2027 and the Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR), which sets mandatory targets for the construction of charging and hydrogen refueling stations primarily for road

transport. However, these policies do not provide sufficient incentives to invest in low- and zero-emission mobile machines or the necessary charging and refueling infrastructure, even though such investments are crucial for reducing the sector's emissions.

### **Opportunities and barriers to reduce emissions from mobile machines**

By 2030, emissions can be reduced through improved energy efficiency, hybrid and electric machinery, biogas-powered machines, and bio- or e-fuels used in existing combustion engine work machinery. Electric work machinery has high energy efficiency, lower operational and maintenance costs, and minimal particulate emissions, but key challenges include poor charging infrastructure, high purchase costs, and limited availability. Biomethane is viable in areas near refueling stations, while hydrogen and synthetic e-fuels could provide long-term energy solutions for heavy-duty machines after 2030.

The applicability of technological solutions depends on their operational environments. In industrial areas, electrification is feasible, with cable-connected and battery-powered machines already economically viable where existing electricity infrastructure supports their deployment. Industrial work machinery accounts for a significant share of Finland's work machinery emissions—for example, just 25 industrial sites examined in this report accounted for over 15% of sectoral emissions, suggesting that targeting investments at major industrial sites could yield substantial emission reductions.

Electrification opportunities in urban areas are also promising.

Barriers to transition include high purchase costs for low- and zero-emission machinery compared to diesel-powered alternatives, lack of charging and refueling infrastructure, and slow fleet renewal due to long machine lifespans. Larger battery-electric or hydrogen-powered work machines are not yet available. The most challenging environments are logging sites without access to electricity or biomethane refueling stations. Mobile refueling and charging containers, currently in pilot testing, could offer a future solution for remote sites.

It is important to acknowledge that several factors slow down the transition, including technological lock-ins, path dependency, cost avoidance, and businesses' efforts to protect their competitive position and assets. These factors push actors toward gradual, incremental changes rather than systemic transformations. Furthermore, companies typically resist measures that could weaken their competitive standing or impose restrictions on their operations. For these reasons, change will not occur automatically but requires targeted and effective policy interventions.

### **Advancing the clean transition through policy and strategic cooperation**

The transition to cleaner technologies in the mobile machinery sector should also be considered from industrial and economic policy perspectives. Many emission reduction policies not only support environmental goals but also strengthen the competitiveness and export potential of Finnish mobile machinery manufacturers.

This report provides background information for policy planning and implementation, emphasizing that an effective transition requires a comprehensive and coordinated policy package rather than isolated measures. The analysis applies the Six Intervention Points policy framework, which helps design coherent, fair, and impactful policy packages. A well-structured policy-mix should include clear targets, cross-sector collaboration, incentives for innovation, support for scaling up sustainable solutions, regulatory measures to phase out polluting practices, and mechanisms to mitigate negative impacts. In addition to accelerating emission reductions, the report also examines policy measures from the perspective of supporting Finnish mobile machinery exports.

Successful transition management requires long-term strategic cooperation, as it encompasses technological advancements, market dynamics, and regulatory developments. To strengthen policy coordination and implementation, this report recommends establishing a national working group in Finland. Comprising authorities, export industry representatives, researchers, and experts, this group would develop a national strategy for the clean transition of the mobile machinery sector. It would also

enhance collaboration on EU regulations and funding initiatives while supporting policy planning, implementation, and monitoring. Furthermore, improving data collection and analysis is crucial to ensuring that decision-making is informed by high-quality, up-to-date information.

### **Policy recommendations for advancing the clean transition of mobile machines sector**

A successful clean transition requires both the acceleration of low- and zero-emission work machinery adoption and simultaneous efforts to phase out fossil fuels, as these processes are closely interconnected. Reducing mobile machinery emissions requires strong public policy and financial support to facilitate the widespread adoption of alternative power sources. Key measures include infrastructure support, strategic R&D funding, and procurement incentives. The recommendations below outline improvements to existing measures and proposals for new policy instruments that, together, could form an effective policy package for the clean transition of the mobile machinery sector.

Improvements to existing policy instruments:

- Increasing biofuel distribution obligations for road transport and fuel oil
- Long-term, strategic allocation of R&D funding to develop clean work machinery technologies, pilot projects, and workforce expertise, with a particular focus on alternative power solutions for forestry and agricultural machines to improve their availability
- Reforming tax deductions for machinery procurement to require low-emission criteria (hybrid, electric, or gas-powered machines), either for new purchases or conversions
- Tightening public procurement criteria by integrating GHG emission and energy efficiency requirements for mobile machine projects

Proposed new policy instruments:

- **Supporting charging and refueling infrastructure for alternative fuels**  
Funding should be competitively allocated to areas with high-intensity machinery use, such as industrial zones, where mobile machines operate up to 16–24 hours per day. Infrastructure should be designed to serve both work machinery and heavy-duty vehicles, maximizing cost-effectiveness and utility.
- **Funding R&D and pilot projects for zero- and low-emission machinery and fuel distribution solutions**  
Demonstration funding would reduce customer costs and risks, accelerating technology adoption and market development. Additionally, it would enhance the export potential of Finnish mobile machine manufacturers, as domestic testing and development would create valuable reference projects for international markets. Demonstration support could also increase the impact of Green Deal commitments by promoting the adoption of new, initially more expensive technologies.
- **Procurement incentives for zero- and low-emission mobile machines**  
Funding should focus on machines with the lowest abatement costs, such as wheel loaders and excavators, whose lifetime costs can, in some cases, already be lower than diesel equivalents. These machines also have significant sales volumes, ensuring substantial emission reductions.
- **Introducing CO<sub>2</sub> emission limits for new mobile machines in the EU**  
Expanding the existing EU Stage classification, which regulates air pollutant emissions, to include CO<sub>2</sub>-limits and energy efficiency criteria would create a clear market direction and accelerate the development of low-emission technologies.

## **Strategic investments for a competitive and sustainable future**

Advancing the clean transition in the work machinery sector requires stronger public policy and increased financial support, which should be seen not as a cost but as an investment in the competitiveness of Finnish businesses both domestically and internationally. Many emission reduction measures also boost the work machinery sector's export potential. This is especially important in the current economic climate, as despite costs to both the government and businesses, these measures have the potential to generate significant economic benefits. Finnish mobile machine manufacturers and their supply chains represent a high-value export sector, and investing in a clean transition is not only an environmental measure but also a strategic investment in Finland's competitiveness and sustainable economy.

## Esipuhe

Työkonesektorin kasvihuonekaasupäästöt (CO<sub>2</sub>-ekv) olivat vuonna 2022 noin 2,5 miljoonaa tonnia, mikä vastasi noin 5 % Suomen kokonaispäästöistä ja 9 % taakanjakosektorin päästöistä. Työkoneiden päästöt kuuluvat taakanjakosektoriin, jonka päästöjä Suomen on vähennettävä 50 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta. Tämä raportti tarjoaa taustatietoa ja suosituksia työkonealan politiikan suunnitteluun ja toteutukseen, erityisesti keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU 3), ilmasto- ja energiastrategian, Euroopan unionin ohjauskeinojen (esimerkiksi AFIR ja ETS2) kansallisen implementoinnin sekä ilmasto- ja TKI-rahoituksen kehittämisen tueksi.

Tässä raportissa tarkastellaan liikkuvien työkoneiden päästövähennyskeinoja, käyttöönoton esteitä sekä ohjausmekanismeja eri käyttöympäristöjen ja toimijaryhmien näkökulmasta. Käyttöympäristöinä on huomioitu teollisuusalueet, kunnat, maatilat sekä rakennus- ja puunkorjuutyömaat, joissa työkoneiden päästövähennysmahdollisuudet vaihtelevat merkittävästi. Lisäksi raportissa tunnistetaan, mitkä ilmastopolitiikkatoimet voivat vahvistaa suomalaisten työkonevalmistajien kilpailukykyä ja vientiä.

Siirtymä vähäpäästöisiin työkoneisiin ja teknologioihin on käynnissä, ja osa pienemmistä työko- neista sähköistyy jo markkinaehtoisesti. Vahvemmillä kannustimilla esimerkiksi suurilla teollisuusalu- eilla työkoneiden sähköistymisellä voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä.

Työkonealan päästövähennyskeinoja suunniteltaessa on tärkeää tiedostaa, että siirtymää hidastavat muun muassa teknologialukkiutumaiset, polkuriippuvuus, kustannusten välttäminen sekä elinkeinonhar- joittajien pyrkimys suojata kilpailuasemaansa ja varallisuuttaan (Geels 2014; Loorbach 2022; Apajalahti ja Kungl 2022; Vadén ym. 2019; Geels 2018). Nämä tekijät ohjaavat toimijoita hitaisiin, inkrementaali- siin muutoksiin systeemisten uudistusten sijaan. Lisäksi yritykset tyypillisesti vastustavat toimia, jotka voivat heikentää niiden kilpailuasemaa tai rajoittaa liiketoimintamahdollisuuksia (Fuss ym. 2008; M.M. Zhang ym. 2019; Dixit ja Pindyck 1994; Geels 2014). Näistä syistä muutosta ei tapahdu itsestään, vaan se vaatii kohdennettua ja tehokasta politiikkaohjausta sekä useiden yhtäaikaisten ja toisiaan tukevien po- litiikkakeinojen toimeenpanoa. Puhtaan siirtymän onnistuminen edellyttää sekä vähä- ja nollapäästöis- ten työkoneiden käyttöönoton vauhdittamista että samanaikaisia toimia fossiilisista polttoaineista luopu- miseksi, sillä nämä prosessit ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa.

Raportti on laadittu osana Ilmastoratkaisujen vauhdittaja (ACE) -hanketta, joka tukee taakanja- kosektorin ilmastopolitiikan tehostamista erityisesti niillä aloilla, joissa päästöt eivät ole vielä vähenty- neet. Poliittikaselvitystä varten on koottu laaja aineisto haastattelujen, työpajojen ja kyselyiden avulla. Lopputuloksena syntyi ehdotus politiikkakokonaisuudeksi liikkuvien työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi.

Raportissa esitetyn työkonealan puhtaan siirtymän politiikkapaketin toteuttaminen edellyttää lisäpa- nostuksia sekä valtiolta että yrityksiltä. Näitä panostuksia ei tulisi nähdä pelkkinä kustannuksina vaan strategisina investointeina Suomen energiaturvallisuuteen, yritysten kilpailukykyyn vahvistamiseen koti- maassa sekä suomalaisen työkonealan menestyksen ja viennin kasvattamiseen kansainvälisillä markki- noilla.

Karoliina Auvinen ja muut kirjoittajat

# Sisällys

Executive summary .....	3
Esipuhe .....	7
Sisällys .....	8
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähennystarpeet .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Puhtaan siirtymän edistäminen tukee suomalaisten työkonevalmistajien ja     vientiyriytysten kilpailukykyä .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Työkoneiden puhtaan siirtymän politiikkatoimien arviointi     – työn tavoitteet ja menetelmät .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt Suomessa .....</b>	<b>15</b>
<b>3. Työkoneiden puhtaan siirtymän mahdollisuudet ja haasteet .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Työkoneiden puhdas siirtymä kohti nollapäästöjä .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Ratkaisut työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi .....</b>	<b>21</b>
Energiatehokkuuden parantaminen .....	21
Käyttö- ja resurssitehokkuuden parantaminen .....	22
Hybridityökoneet .....	22
Sähköiset työkoneet .....	23
Virtakaapelityökoneet .....	23
Akkutyökoneet .....	24
Biopolttoaineet .....	25
Vety ja sähköpolttoaineet .....	25
<b>3.3 Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen teollisuusalueilla .....</b>	<b>26</b>
Kasvihuonekaasujen päästövähennysratkaisut teollisuusalueiden työkoneissa .....	30
<b>3.4 Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen     rakennustyömailla, maatiloilla ja kunnissa .....</b>	<b>33</b>
Rakennustyömaat .....	33
Maatilat .....	33
Kuntien ja kaupunkien jätehuolto ja kunnossapito .....	35
<b>3.5 Työkoneiden päästöjen vähentäminen puunkorjuutyömailla .....</b>	<b>35</b>
<b>3.6 Synteesi: Keskeiset ratkaisut vuoteen 2030 mennessä ja ratkaistavat haasteet .....</b>	<b>38</b>
<b>4. Tilannekuva: nykyiset ja tulossa olevat ohjauskeinot .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Nykyiset ja tulossa olevat ohjauskeinot työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen     vähentämiseksi .....</b>	<b>39</b>
Taloudelliset ohjauskeinot .....	40
Informaatio-ohjaukseen perustuvat ohjauskeinot .....	41
<b>4.2 Työkonealaa koskevat ohjauskeinot, joista kasvihuonekaasupäästöt on rajattu pois .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3 Puhtaan siirtymän ohjauskeinot, joista työkoneet on rajattu pois .....</b>	<b>44</b>

4.4 Johtopäätökset .....	44
<b>5. Poliittikkatoimien vaikuttavuuden, hyväksyttävyyden ja kustannusten arviointi .....</b>	<b>46</b>
5.1 Poliittikkapakettien ohjauskeinojen kehitysehdotukset .....	46
Ohjauskeinot uusien innovaatioiden synnyttämiseksi (1) .....	47
Ohjauskeinot kestävien ratkaisujen levittämiseksi (2) .....	47
Ohjauskeinot saastuttavista käytännöistä ja teknologioista luopumiseksi (3) .....	51
Toimet puhtaan siirtymän haitallisten vaikutusten hallitsemiseksi (4) .....	52
Toimet toimialarajat ylittävän yhteistyön edistämiseksi (5) .....	53
Toimet sitovien tavoitteiden edistämiseksi (6) .....	54
5.2 Ohjauskeinojen vaikuttavuus ja hyväksyttävyys .....	54
5.3 Sähkötyökoneiden ja -latauksen hintaesimerkkejä ja päästövähennystoimien kustannusvaikutusten arviointi .....	56
Sähkölatauspisteiden hintaesimerkkejä .....	56
Sähköisten työkoneiden hinta-arvioita .....	57
Työkoneiden sähköistämisestä syntyvien päästövähennysten kustannusvaikutusten arviointi .....	58
5.4 Poliittikkayhdistelmän kustannusvaikutusten arviointi .....	62
<b>6. Yhteenveto ja poliittikkaehdotukset työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi .....</b>	<b>65</b>
Työkonealan päästöt ja toimintaympäristön nykytila .....	65
Kasvihuonekaasupäästöjen vähennysratkaisujen mahdollisuudet ja haasteet .....	65
Puhtaan siirtymän edistäminen edellyttää poliittikkapakettia ja strategista yhteistyötä .....	66
Ohjauskeinojen kehitysehdotukset .....	66
Lähteet .....	68
Liitteet .....	76
Liite 1 Työkonetyypit ja käyttötarpeet .....	76
Liite 2 Haasteiden arviointi .....	77
Liite 3 Ohjauskeinojen arviointi .....	79

# 1 Johdanto

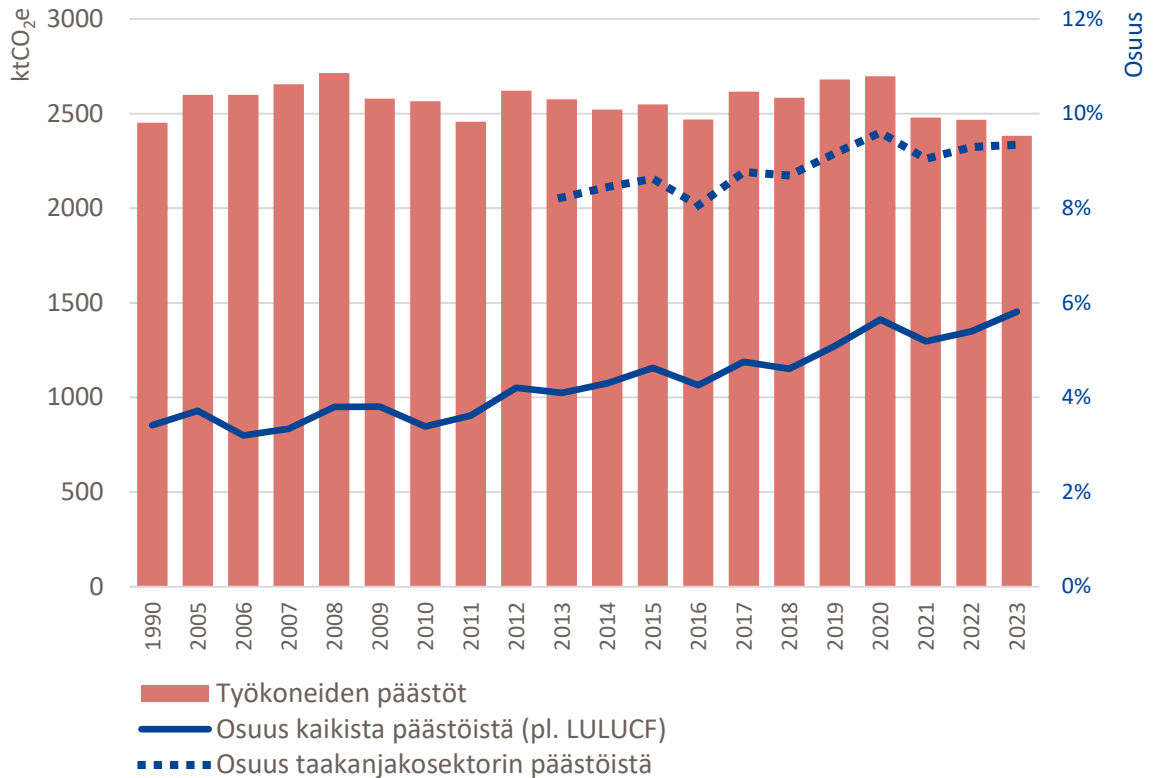
Työkoneiden puhtaan siirtymän vauhdittamiseksi tarvitaan tehokasta ja vaikuttavaa politiikkatoimien yhdistelmää. Vaikka vaihtoehtoisten käyttövoimien kehitys on jo käynnissä, työkoneala on edelleen riippuvainen fossiilisista polttoaineista. Johdonmukainen politiikka ei ainoastaan vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä vaan myös vahvistaisi työkonealan vientiä, sillä puhtaan teknologian globaalit markkinat kasvavat vauhdikkaasti.

## 1.1 Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähennystarpeet

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi teollisuusmaiden tulisi luopua fossiilisista polttoaineista sekä siirtyä vähä- ja nollapäästöisiin energialähteisiin ja teknologioihin mahdollisimman nopeasti (IPCC 2023; Levine ja Steele 2021; IEA 2021). Euroopan unioni on sitoutunut vähentämään nettokasvihuonekaasupäästöjään vähintään 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Tämä on myös EU:n ilmoittama sitoumus Pariisin ilmastopöytäkirjan varten YK:n ilmastopöytäkirjan sihteeristölle. EU:n ilmastopolitiikan keskeiset pilarit ovat päästökauppa, kansalliset tavoitteet EU:n päästökaupan ulkopuolisille aloille (niin sanottu taakanjakosektori) ja maankäyttösektoria (LULUCF) koskevat velvoitteet.

EU-asetuksen (EU 2018) mukaan Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjä taakanjakosektorilla 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasoon verrattuna. Työkoneiden päästöt kuuluvat taakanjakosektoriin. Nykyisillä toimilla Suomi ei ole tarvittavalla uralla kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Kuilu taakanjakosektorin päästövähennysvelvoitteen saavuttamiseksi vuoteen 2030 mennessä on noin 4,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia (t CO<sub>2</sub>-ekv.) (Seppälä ym. 2024). Hallituksen toteuttama tieliikenteen jakeluvetoalennus on kasvattanut päästökulua (TEM 2024). Tarvitaan vaikuttavia lisätoimia, jotta Suomi voisi saavuttaa ilmastolaissa (432/2022) ja EU:ssa määritetyt päästövähennysvelvoitteet tilanteessa, jossa maankäyttösektorin nielut ovat pienentyneet (Ympäristöministeriö 2024b).

Suomessa työkoneiden noin 2,5 miljoonan t CO<sub>2</sub>-ekv. päästöistä (Kuva 1) noin 90 % aiheutuu fossiilisen dieselin käytöstä (Markkanen ja Lauhkonen 2021). Liikkuvien työkoneiden CO<sub>2</sub>-päästöt ovat pysyneet EU:ssa ja Suomessa suunnilleen samalla tasolla 30 vuoden ajan (Markkanen ja Lauhkonen 2021; Sparrevik ym. 2023, Tilastokeskus 2024a). Samaan aikaan työkoneiden hiukkas- ja typen oksidipäästöt ovat vähentyneet merkittävästi muun muassa EU:n Stage I–V-päästölukitusten sekä teknisen kehityksen ansiosta. Suomessa on esimerkiksi kehitetty hydraulikan energiatehokkuutta ja jälkiasentaisia pakokaasunpuhdistimia, joilla voidaan vähentää vanhan työkonekaluston pakokaasupäästöt Stage V-luokituksen tasolle. Päästökaupparektorille kuuluvan teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen vähentyessä on näköpiirissä, että työkoneiden päästöjen osuus kasvaa Suomen kokonaispäästöistä, ellei niiden vähentämiseksi ryhdytä vaikuttavimpiin toimiin (kuva 1).



Kuva 1. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuosina 1990 ja 2005–2023 (pystypalkit) sekä osuudet muista päästöistä (siniset viivat) (Tilastokeskus 2024a).

Säädöskehikko työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on vielä kehittämätön sekä Suomessa että EU:n tasolla, eikä työkoneiden valmistajille ole asetettu kasvihuonekaasupäästöjen vähennysvelvoitteita (Pihlatie ym. 2022). Keskeisinä kansallisina ohjaukeinoina ovat olleet uusiutuvien polttoaineiden ja biopolttoöljyn jakeluvaihtoehdot, TKI-tuet ja informaatio-ohjaus. EU:n polttoaineen jakelun päästökauppa käynnistyy vuonna 2027 nostaten fossiilisten polttoaineiden hintaa ja luoden siten painetta päästövähennyksille. Kannustimet, jotka tukevat toimijoiden investointeja vaihtoehtoisiin käyttövoimiin ja puhtaisiin teknologioihin, puuttuvat.

Työkonealalla puhtaan siirtymän käynnistyminen näkyy monin tavoin. Vaihtoehtoisiin käyttövoimiin perustuvien työkoneiden ensirekisteröinnit ovat lisääntyneet viime vuosina (Traficom 2024a). Sähköistyminen etenee markkinaehtoisesti useissa pienissä ja keskisuurissa työkoneissa, kuten trukeissa, ruohonleikkureissa ja pienehköissä monitoimikoneissa. Myös muiden sähkötyökoneiden kehitys etenee nopeasti ja tarjonta laajenee jatkuvasti. Eräs suomalaisvalmisteinen sähkötrukki toimii erinomaisesti niin sisätiloissa kuin ulkona lastauspihalla – jopa lumisissa olosuhteissa. Toisella suomalaisella teollisuuden työkoneita valmistavalla yrityksellä jo puolet tuotannosta on sähkökäyttöisiä koneita, joita asiakkaat valitsevat usein silloin kun alueen sähkönsyöttö- ja latausinfrastruktuuri mahdollistaa niiden käytön. Myös vetyteknologian kehitykseen on tehty merkittäviä kansainvälisiä investointeja. Hiljattain markkinoille on tullut uusi vetypoltto moottori, jonka yli kymmenen eurooppalaista lisensointiviranomaista on hyväksynyt kaupalliseen käyttöön (H2 View 2025).

Siirtymä nolla- ja vähäpäästöisiin työkoneisiin on käynnissä, mutta etenee hitaasti työkoneiden pitkän käyttöiän (jopa 40 vuotta) vuoksi. Lisäksi uusien mallien tuotekehitys vie tyypillisesti 5–6 vuotta. Sähkön, biometaanin ja vedyn jakeluinfrastruktuuri on vielä hyvin puutteellinen (Lajunen ym. 2018; Sparrevik ym. 2023). Lisäksi isompien sähköisten työkoneiden hankintakustannukset ovat edelleen korkeat ja monet uudet ratkaisut edellyttävät pilotointia. Näiden haasteiden vuoksi siirtymää on tärkeää

vauhdittaa johdonmukaisella politiikkayhdistelmällä. Työkoneiden päästövähennysten mahdollisuuksissa ja kustannuksissa on suurta vaihtelua, mikä kannattaa huomioida politiikkatoimien suunnittelussa. Kustannuksia aiheuttavien ohjauskeinojen rinnalle tarvitaan taloudellisia kannustimia, jotta alan toimijat voivat siirtyä vähäpäästöisiin ratkaisuihin ilmastotavoitteiden mukaisessa aikataulussa – samalla vahvistetaan alan viennin kilpailukykyä.

## 1.2 Puhtaan siirtymän edistäminen tukee suomalaisten työkonevalmistajien ja vientiyriytysten kilpailukykyä

Työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiskeinoja on tärkeää tarkastella Suomessa teollisuus- ja elinkeinopolitiikan näkökulmasta, sillä monet päästöjä vähentävät politiikkatoimet voivat myös parantaa suomalaisten yritysten vientiä ja kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla (SIX Mobile Work Machines -klusteri 2024; Söderena, Pihlatie ja Nylund 2024). Tässä erityisesti työkoneiden sähköistäminen sekä automaation ja digitalisaation edistäminen ovat keskiössä (SIX Mobile Work Machines -klusteri 2024).

Suomessa on useita kansainvälisesti tunnettuja ja johtavia työkonevalmistajia. Suomen työkoneala on Euroopan suurin suhteessa kansantalouden kokoon, työllistää 20 000 henkilöä, ja sen viennin arvo on noin 7,3 miljardia euroa ollen 75 prosenttia yritysten liikevaihdosta (SIX Mobile Work Machines -klusteri 2024). Globaalisti työkonealan hankintojen arvo oli vuonna 2021 yli 330 miljardia dollaria (Frost ja Sullivan 2023). Business Finlandin (Tirkkonen 2018) arvion mukaan maailmassa on esimerkiksi 900 metallikaivosta ja 1300 rahtiterminaalia. Nosto- ja siirtolaitteiden globaali markkina on 50 miljardia euroa, maatalouskoneiden samansuuruinen, kaivoskoneiden ja murskainten 20 miljardia euroa sekä metsäkoneiden 2,5 miljardia euroa.

Sähköisten koneiden ja muiden uusien ratkaisujen kysynnän ennustetaan kasvavan vuosittain noin 15 % (Frost ja Sullivan 2023). Tämä merkitsee Suomessa liikkuvia työkoneita valmistavalle teollisuudelle ja alan arvoketjun toimijoille uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä merkittävää vienti- ja kasvupotentiaalia (SIX Mobile Work Machines -klusteri 2024; Söderena, Pihlatie ja Nylund 2024).

Suomessa valmistetaan lähes kaikkia työkonetyyppejä. Alla on listattu suomalaisia työkoneiden valmistajia sekä niiden valmistuksen ja viennin arvoketjussa toimivia muita yrityksiä.

### Työkonealan yrityksiä Suomessa

Työkoneiden valmistajia ovat esimerkiksi:

- Aquamec Oy (vesirakennuskoneet)
- Aurora Powertrains Oy (sähköiset moottorikelkat)
- Avant Tecno Oy (kuormaajat, minikaivurit, akut)
- Bronto Skylift Oy Ab (nostolavalaitteet)
- BRP Finland (mönkijät, moottorikelkat)
- Dinolift Oy (henkilönostimet)
- Dynaset Oy (generaattorit, kompressorit)
- Geomachine Oy (maaperätutkimuskoneet)
- John Deere Forestry Oy (metsäkoneet)
- Heinolan Sahakoneet Oy (hakkurit)
- Junttan Oy (maarakennuskoneet)
- Kalmar Oyj (trukit, kurottajat, teollisuustraktorit)
- Kesla Oyj (metsäkoneet, hakkurit)
- Konecranes Oyj (nosturit)

Esimerkkejä työkonevalmistajien arvoketjuissa toimivista yrityksistä:

- Beckhoff Automation Oy
- Cactus Oy
- Danfoss Oy
- Elomatic Oy
- Epec Oy
- Etteplan Finland Oy
- Helaakoski Oy
- Hevtec Oy
- Hydroline Oy
- Ioncor Oy
- Micropower Oy
- Meconet Oy
- Muottituote Group Oy

- LMCE Group / Lännen (monitoimikoneet, kaivurikuormaajat)
- Logset Oy (metsäkoneet)
- Lännen Tractors Oy (maarakennus- ja maatalouskoneet)
- Mantsinen Group Ltd Oy (materiaalinkäsittelykoneet)
- Metso Finland Oy (kaivosteollisuuden koneet)
- Dometal Oy (Multiva maatalouskoneet)
- Norcar Oy (pienkuormaajat)
- Normet Oy (kaivosteollisuuden koneet)
- Patria Oy (sotilasajoneuvot)
- Ponsse Oyj (metsäkoneet)
- ProSilva Oyj (metsäkoneet)
- Risutec Oy (metsänistutuskoneet)
- Logisnext Finland Oy (Rocla-trukit)
- Sampo-Rosenlew Oy (metsäkoneet, leikkuupuimurit)
- Sandvik Mining and Construction Oy (kaivos- ja maanrakennuskoneet)
- Oy Sisu Auto Ab (sotilasajoneuvot)
- Suokone Oy (maanmuokkaus- ja maansiirtokoneet)
- Tana Oy (jätehuoltolaitteet ja -järjestelmät)
- Toijala Works Oy (materiaalinkäsittelykoneet)
- TP Silva Oy (klapikoneet Hakki Pilke, Japa, Palax)
- Valtra Oy Ab (traktorit)
- Veekmas Oy (tiehöylät)
- Wille Machines Oy (ympäristönhoitokoneet)
- Nokia Oyj
- Nordic Lights Oy
- Nurminen Logistics Oyj
- Norrhydro Oy
- Pekkaniska Oy
- Proventia Oy
- Sievi-Tools Oy
- Sleipner Finland Oy
- Stiga Oy
- Transval Oy
- Wapice Oy

*Sitaatti työpajasta: "Suomessa on merkittävää tietotaitoa valmistaa vähäpäästöisiä työkoneita kasvaville globaaleille työkonemarkkinoille"*

Työkonealan yritysten (valmistajat, maahantuojat, käyttäjät) keskeisiä toimialajärjestöjä Suomessa ovat Koneyrittäjät ry, Teknisen Kaupan Liitto sekä Teknologiateollisuus ry. Teknologiateollisuus ry:n alaisuudessa toimii rakennuskonevalmistajien toimialaryhmä. Rakennustyökoneiden eurooppalainen etujärjestö on Committee for European Construction Equipment (CECE). CECE:n sisarjärjestö European Agriculture Machinery Industry Association (CEMA) edustaa maatalouskonealaa.

### 1.3 Työkoneiden puhtaan siirtymän politiikkatoimien arviointi – työn tavoitteet ja menetelmät

Tässä raportissa tarkastellaan politiikkaohjausta työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi kolmen käyttöympäristön näkökulmasta: 1) päästökeskittymät: teollisuusalueet 2) työkoneiden hajautettu käyttö jakeluverkkojen alueella: rakennustyömaat, maatilat ja kunnat sekä 3) työkoneiden hajautettu käyttö jakeluverkkojen ulkopuolella: puunkorjuutyömaat. Lisäksi selvitetään, kuinka politiikkaohjauksella voidaan samanaikaisesti vähentää päästöjä Suomessa ja tukea työkonealan vientiyritysten kasvua.

Raportti vastaa ennen kaikkea kysymykseen: **"Mitkä politiikkatoimet ovat vaikuttavimpia ja hyödyksyimpiä elinkeinonharjoittajien ja asiantuntijoiden näkökulmasta työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi?"** Lisäksi raportissa arvioidaan päästövähennysten kustannuksia työkoneiden

sähköistämisen tapauksessa. Ohjauskeinojen toteuttamiskelpoisuutta julkisen sektorin näkökulmasta ei ole arvioitu. Ohjauskeinojen dynaamisia vaikutuksia talouteen on arvioitu tässä raportissa laadullisesti mutta ei määrällisesti.

Ilmastopolitiikkatoimia arvioidaan raportissa kestävyys siirtymätutkimukseen perustuvan "Six intervention points" -politiikkakehikon (Kanger, Sovacool ja Noorköiv 2020; Schot ja Kanger 2018) näkökulmasta (ks. tarkemmin luku 5.1). Kestävyys siirtymien toteutuminen edellyttää johdonmukaista ja kokonaisvaltaista politiikkakokonaisuutta, joka muodostuu usean toimenpiteen yhdistelmästä.

Selvityksen aineisto koostuu kirjallisuudesta, haastatteluista, työpajoista sekä kyselyjen (ks. liitteet) tuloksista, joiden perusteella on priorisoitu päästövähennyskeinojen käyttöönoton esteitä sekä arvioitu vaihtoehtoisten ohjauskeinojen hyväksyttävyyttä ja vaikuttavuutta. Poliittikaselvitystä varten tehtiin yhteensä 13 haastattelua ja järjestettiin 4 työpajaa syksyn 2024 aikana. Haastatteluihin ja työpajoihin osallistui työkoneita käyttäviä yrityksiä, työkoneiden valmistajia, toimialajärjestöjen edustajia, tutkijoita sekä julkisen sektorin edustajia. Selvitystä varten haastateltiin muun muassa Caruna Networks Oy, maa- ja metsätalousministeriö, Mantsinen Group Ltd Oy, Metsä Group, Metsäteho Oy, Plugit Oy, Pohjaset Oy, Ramirent Finland Oy, Stora Enso Oyj, Teknisen kaupan liitto, Teknologiateollisuus ry, Valtra Ab Oy ja ympäristöministeriö. Lisäksi järjestettiin alan asiantuntijoille työkoneraportin luonnoksen kommentointikierron, joka tuotti paljon lisäinformaatiota. Selvityksen aineisto koottiin näin pääosin elokuusta 2024 tammikuuhun 2025.

Selvityksen johtopäätökset eivät kuvaa yksittäisten haastateltujen tahojen ja työpajoihin osallistuneiden edustajien eikä rahoittajien näkemyksiä. Raportti on tutkijoiden ja asiantuntijoiden (ks. kirjoittajat) laatima yhteenveto aihepiiristä kuvattun aineiston perusteella.

## 2. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt Suomessa

Työkoneiden vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 2,5 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Työkoneiden keskeisiä päästökeskittymiä ovat kaivokset, satamat ja muut teollisuusalueet. Kaivinkoneet, pyöräkuormaajat ja erilaiset traktorit tuottavat merkittävän osan työkoneiden päästöistä. Työkoneiden päästölaskennassa on epävarmuuksia, ja työkoneiden tilastointia on tarpeen kehittää tietopohjan parantamiseksi.

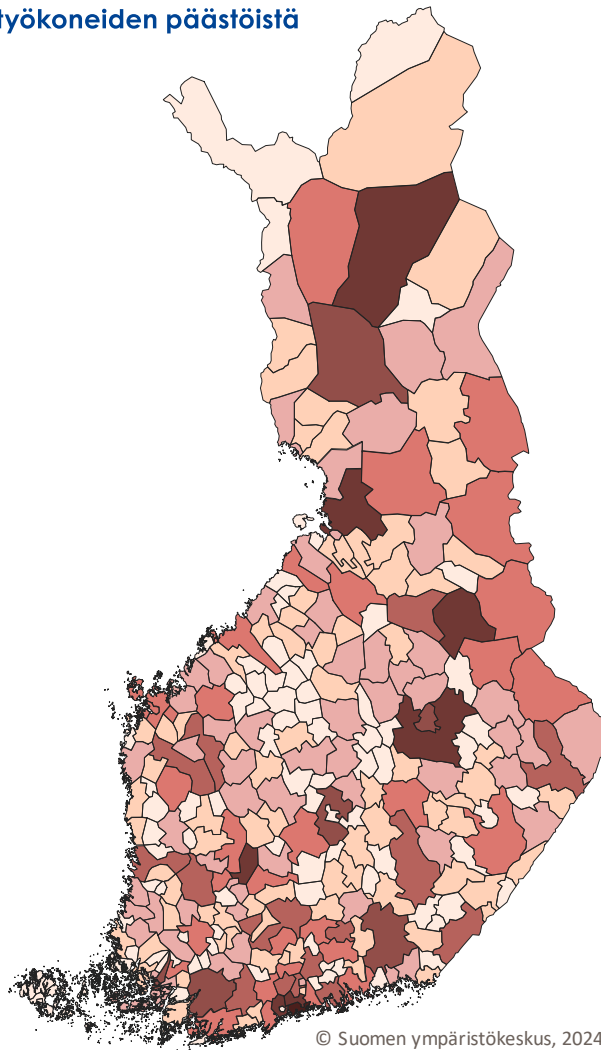
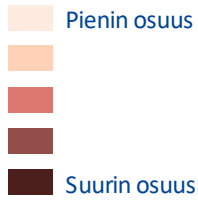
Liikkuvia työkoneita käytetään laajasti lähes kaikilla yhteiskunnan toimialoilla, kuten kaivos-, metsä-, ja metalliteollisuudessa, satamissa ja muussa logistiikassa, rakentamisessa, kiinteistöjen ja väylien ylläpidossa sekä maa- ja metsätaloudessa. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2022 olivat 2,5 miljoonaa t CO<sub>2</sub>-ekv., joka oli noin 5 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (ilman LULUCF-sektoria) ja 9 % taakanjakosektorin päästöistä (Ympäristöministeriö 2024b). Tällä tasolla työkoneiden päästöjen arviointi linkittyy kansallisiin fossiilisten polttoaineiden käytön määriin.

Taakanjakosektorilla työkoneiden päästöjen alueellinen jakautuminen vaihtelee merkittävästi, sillä niiden osuus kuntien kokonaispäästöistä vaihtelee 1,4–38,5 % (Syke 2024). Eniten työkoneiden päästöjä syntyy alueilla, joilla sijaitsee suurkaupunkeja ja teollisuutta, erityisesti kaivosteollisuutta (kuva 2).

Yleisimpiä suuria työkoneita ovat erilaiset traktorit, pyöräkuormaajat, kaivukoneet, hakkuukoneet, dieseltrukit ja dieselgeneraattorit, jotka aiheuttavat arviolta noin 80 % työkoneiden päästöistä (Markkanen ja Lauhkonen 2021). Kuvassa 3 on esitetty arviot työkoneiden kasvihuonekaasupäästöistä työkoneityypeittäin vuonna 2022.

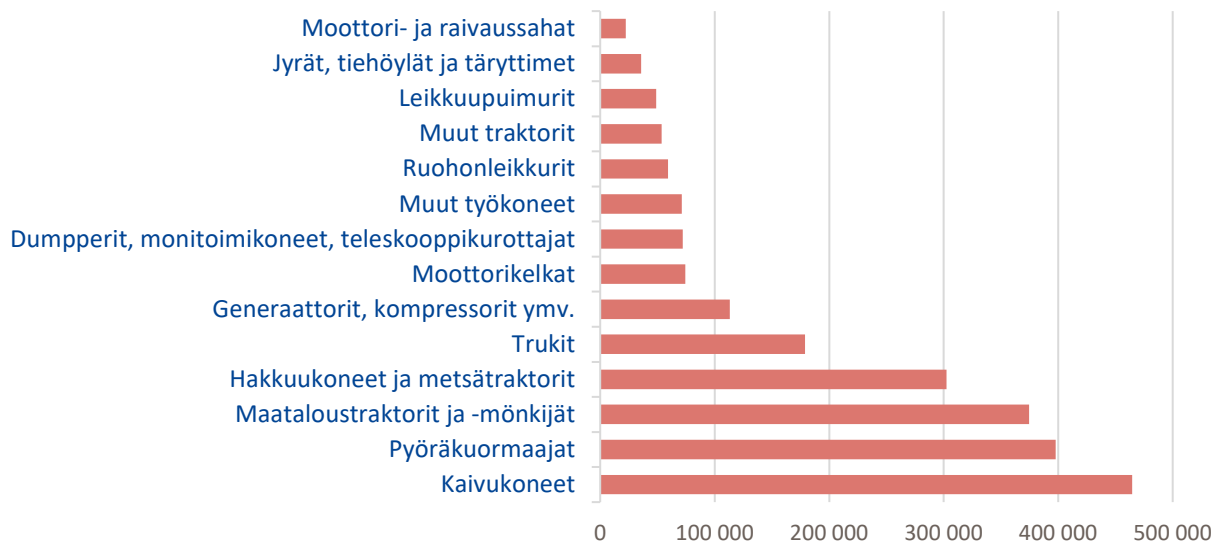
Työkonesektorin sisällä eri työkone- ja maastoajoneuvotyyppien päästöjä ja niiden jakautumista on arvioitu VTT:n kehittämällä TYKO-mallilla, jossa eri työkoneiluokat, niiden käyttöajat, energiankulutus ja päästökertoimet ovat määritelty asiantuntija-arviona (VTT 2022). TYKO-mallin tiedot koskevat hiilimonoksidia, hiilivetyjä, typen oksideja, hiukkasia, metaania, typpioksiduulia, rikkidioksidia, hiilidioksidia, polttoaineenkulutusta, energiankäyttöä ja urealisäaineen kulutusta (Pihlatie ym. 2022). Laskenta ei ole elinkaariperusteinen. Työkoneiden tilastointi ja päästölaskenta siirtyy Tilastokeskukseen vuonna 2025. Taulukossa 1 on esitetty arvioita työkoneiden päästöistä, lukumääristä ja myyntimääristä.

### Osuus koko maan työkoneiden päästöistä vuonna 2023



© Suomen ympäristökeskus, 2024.

Kuva 2. Työkoneiden kasviuonekaasupäästöjen alueellinen jakautuminen kunnittain vuonna 2023 (Syke 2024).



Kuva 3. Arviot työkoneiden kasviuonekaasupäästöistä (t CO<sub>2</sub>-ekv.) vuonna 2022 (VTT 2022).

**Taulukko 1. Arviot työkoneiden lukumääristä (VTT 2022, Tilastokeskus 2024), myyntimääristä Suomessa vuonna 2022 (VTT 2022, Teknisen kaupan liitto 2024) ja päästöistä (VTT 2022).**  
Suluissa on eri toimijoiden antamia omia arvioita määristä.

Työkonetyypit	Arvio työkoneiden lukumääristä kpl	Arvio työkoneiden myynnistä kpl vuonna 2022	Arvio päästöistä vuonna 2022 t CO <sub>2</sub> /v
Kaivukoneet, ml. minikaivurit	20 000	980	465 000
Pyöräkuormaajat	18 000	750	398 000
Maataloustraktorit ja -mönkijät	92 000	Traktorit 1 978 (1 230–1 300 kpl v. 2024)	344 000
Hakkuukoneet ja metsätraktorit (kuormatraktorit)	4 800 (aktiivikäytössä noin 3 800)	660	300 000 (260 000–290 000)
Trukit	10 000	570	179 000
Generaattorit, kompressorit, siirrettävät työkoneet	54 000	7 400	113 000
Moottorikelkat	94 000	4 600	74 000
Nosturit, lumilingot, porauslaitteet, jyrsimet ym.	280 000	31 000	71 000
Ruohonleikkurit	1 000 000	48 000	59 000
Traktorit (mm. teollisuusalueet, kunnossapito)	270 000	25	54 000
Leikkuupuimurit	19 000 (tai 11 000)	700 (112 kpl v. 2024)	49 000
Jyrät, tiehöylät ja täryttimet	9 400	620	36 000
Mönkijät (muut kuin traktoreiksi rekisteröidyt)	76 000	2 700	30 000
Kurottajat	2 000	90	29 000
Monitoimikoneet	3 200	120	23 000
Dumpperit (ei varmuutta sisältyykö tähän kaivosten kiviautot)	400	20	20 000

**Työkoneiden tilastointia on tarpeen kehittää tarkemman ja luotettavamman tietopohjan muodostamiseksi päästöjen laskentaa sekä ohjaukeinojen suunnittelua varten.** TYKO-mallin kehityskohteita on tunnistettu Mäkelän ja Laurikon (2019) raportissa sekä tässä selvityksessä. Työkoneiden tilastoinnin puutteita ja kehittämistarpeita ovat muun muassa:

- Työkoneiden tyyppien luokittelun ja terminologian tarkentaminen ja ajantasaistaminen
- Kaikista käytössä olevista työkoneista ei ole täsmällistä tietoa, sillä työkoneiden rekisteröintivollisuus ei koske suljetuilla alueilla toimivia työkoneita, hinattavia työkoneita sekä sadon tuottamiseen ja korjuuseen käytettyjä työkoneita (Pihlatie ym. 2022).
- Ajoneuvojen rekisteröinti Traficomiiin ei anna tarkkaa tietoa työkonetyyppien lukumääristä. TYKO-mallin mukaan maataloustraktoreita on yli 92 000 (VTT 2022). Viime vuosina jopa yli puolet traktoreiksi rekisteröidyistä ajoneuvoista on ollut mönkijöitä (Tilastokeskus 2024). Koneyrittäjät ry:n arvion mukaan viimeisten 15 vuoden aikana 123 000 traktoriksi rekisteröidyistä ajoneuvoista yli 60 000 oli mönkijöitä, joista osa on käytössä henkilöliikenteessä eikä työkoneina. Traktorimyyjien arvio ammattikäytössä olevista tavallisista traktoreista on luokkaa 50 000.
- Vaihtoehtoihin käyttövoimiin perustuvien työkoneiden tilastoinnin kehittäminen: esimerkiksi Teknisen Kaupan Liiton arvion mukaan yli 5 000 dieselkäyttöisen vastapainotrukin ohella käytössä on jo noin 35 000 sähkökäyttöistä trukkia.
- Työkoneiden tuonnista ja viennistä ei ole täsmällistä tietoa, sillä Tulli tilastoi työkoneiden kansainvälistä kauppaa tonneissa lukumäärien sijaan.

- TYKO-mallissa metsäkoneiden määrät ja siten päästöt poikkeavat erityisesti hakkuukoneiden osalta huomattavasti Metsätehon esittämistä laskelmista (Metsäteho 2024), jotka perustuvat tuoreimpiin kulutustutkimuksiin ja korjuuvolyymeihin. Metsätehon mukaan vuonna 2022 hakkuukoneiden päästöt olivat 141 318 (hakkuukoneet) ja 120 734 (kuormatraktorit) t CO<sub>2</sub>-ekv. Toisaalta Kärhä ym. (2023) laskivat, että puunkorjuukoneiden vuotuiset päästöt ovat yhteensä 290 000 CO<sub>2</sub>-ekv. Luke tilastoi kuukausittain puunkorjuussa käytössä olleet hakkuukoneet ja kuormatraktorit. Määrä vaihtelee melko voimakkaasti eri vuodenaikoina. Keskimäärin tilaston mukaan voidaan arvioida täyskäytössä olevan yhteensä noin 3 800 hakkuukonetta ja kuormatraktoria.
- Työkoneiden käyttöajoista ei ole laadittu selvitystä, vaikka niillä on suuri vaikutus päästöihin. TYKO-mallissa vuosittaiset työkoneiden käyttöajat ovat arvioita. Päästöjen laskennassa olisi jatkossa hyvä huomioida, että esimerkiksi maataloilla työkoneiden käyttöajat ja -ajat voivat poiketa merkittävästi työkoneiden käytöstä teollisuudesta. Alla esitettyjä työkoneiden käyttötietoja ei ole todennäköisesti aiemmin huomioitu työkoneiden päästöjen laskennassa.

### Esimerkkejä työkoneiden keskimääräisistä käyttövuosista ja vuosittaisista käyttöajoista teollisuudessa ja maataloilla

Lähde: Hulkkonen ja Kaila 2021, haastattelut

- Kaivukoneet: Käyttöikä teollisuudessa noin 10–15 vuotta, maataloilla noin 20 vuotta.
- Pyöräkuormaajat: Käyttöikä teollisuudessa noin 10–20 vuotta, maataloilla noin 30 vuotta.
- Hakkuukoneet: Yrittäjillä keskimääräinen pitoaika noin 5 vuotta tai 10 000 tuntia. Käyttöaika noin 2 000–2 500 tuntia vuodessa. Kone myydään yleensä tämän jälkeen, jolloin vuosittaiset käyttötunnit pienenevät, mutta kokonaiskäyttöikä on keskimäärin noin 10 vuotta.
- Metsätraktorit (kuormatraktorit): Ensimmäisellä yrittäjällä pitoaika tyypillisesti noin 5–6 vuotta, käyttöaika noin 2 000–2 500 tuntia vuodessa. Sen jälkeen myydään tyypillisesti toiselle yrittäjälle kotimaassa tai ulkomaille. Kokonaiskäyttöikä keskimäärin 10 vuotta.
- Trukit: Uusien trukkien liisausaika on tyypillisesti 3–5 vuotta. Tämän jälkeen käyttöikä voi vaihdella 0–15 vuoden välillä.
- Teollisuus- ja kunnossapitotraktorit: Käyttöikä vaihtelee merkittävästi, noin 10–40 vuotta.
- Traktorit maataloilla: Keskimääräinen pitoaika 12 vuotta, käyttöikä noin 30–40 vuotta tai 12 000–16 000 tuntia. Käyttöaika vaihtelee eri arvioiden mukaan noin 200–500 tuntia vuodessa. Kokonaismäärää ja -päästöjä tulisi tarkastella koneen iän mukaan jaoteltuna: yli 50 vuotta vanhan tai museorekisteröidyn traktorin käyttötuntimäärä vuodessa on noin 50 tuntia tai vähemmän, yli 40-vuotiaan 100 tuntia, 30-vuotiaan 150 tuntia, 20-vuotiaan 200 tuntia, 10-vuotiaan 300 tuntia ja alle 10-vuotiaan traktorin käyttömäärä on noin 500 tuntia vuodessa.
- Leikkuupuimurit: Käyttöikä maataloilla yli 20 vuotta ja yli 3 000 tuntia. Vuosittainen käyttöaika vaihtelee eri arvioiden mukaan ollen noin 50–110 tuntia vuodessa neljän viikon aikana.
- Monia työkoneita ei käytetä ympärivuotisesti, esimerkiksi ruohonleikkureita käytetään noin 3 kuukauden aikana vuodessa ja moottorikelkkoja talvisin lumien aikaan.

Tietopuutteita: Työkoneiden Päästöjen seuranta ja tilastointi pitäisi perustua tarkempaan työkoneiden tyyppi-aotteluun, käyttötietoihin ja vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien työkoneiden hankintatietoihin.

## 3. Työkoneiden puhtaan siirtymän mahdollisuudet ja haasteet

Ratkaisuja liikkuvien työkoneiden päästöjen vähentämiseksi vuoteen 2030 mennessä ovat energia- ja resurssitehokkuuden parantaminen, hybridityökoneet, sähkötyökoneet, bio- ja sähkökaasua hyödyntävät työkoneet sekä nykyisissä polttomoottorityökoneissa hyödynnettävät biopoltonesteet. Vety ja sähköpolttoaineet yleistynevät vuoden 2030 jälkeen.

### 3.1 Työkoneiden puhdas siirtymä kohti nollapäästöjä

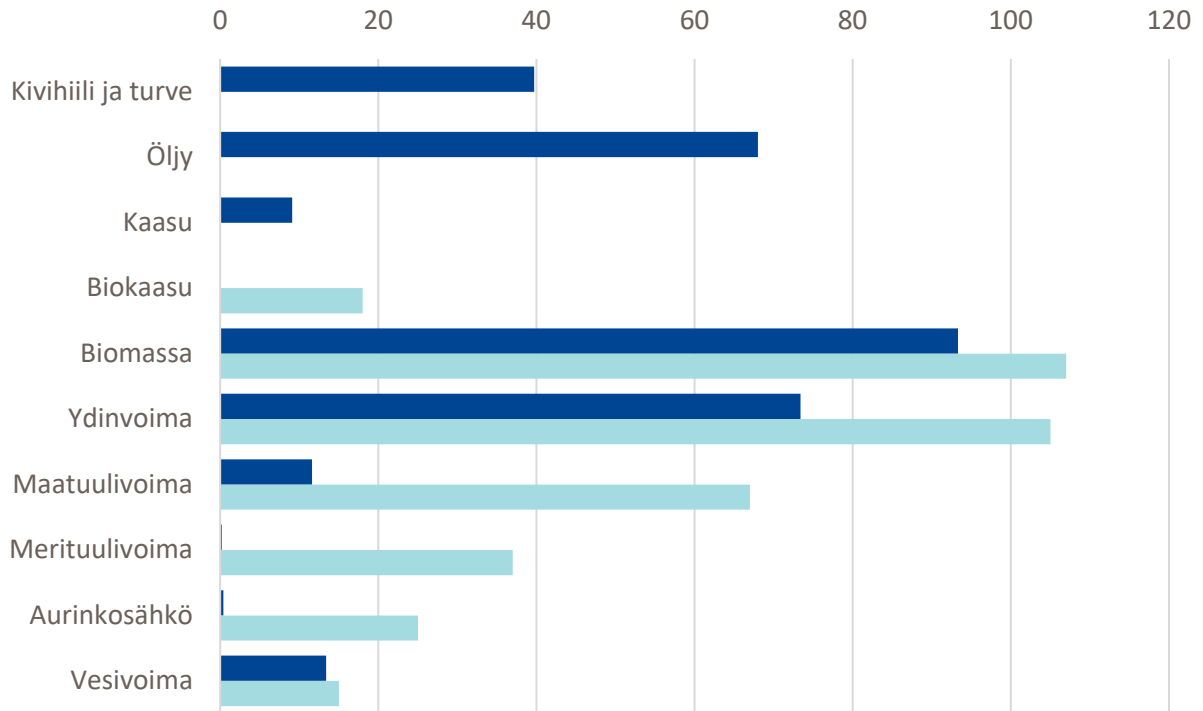
Fossiilivapaiden energiajärjestelmien mallinnukset osoittavat, että Suomessa fossiilisten polttoaineiden tilalle tarvitaan merkittävä määrä tuuli- ja aurinkovoimaa, joista voidaan myös valmistaa puhdasta vetyä (Paulson 2024; Child ja Breyer 2016). Muita hyödynnettävissä olevia primäärienergiälähteitä ovat ydinenergia, vesivoima ja biomassa (ks. kuva 4). Biomassaa käytetään jo merkittävästi, joten sen kestävä käytön lisäämisen mahdollisuudet ovat rajalliset perustuen lähinnä biokaasun tuotannon ja käytön lisäämiseen. Jotta fossiilisista polttoaineista voidaan luopua ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi, tulisi energiantuotannon muutosta ja kaikkien vähäpäästöisten ratkaisujen käyttöönottoa merkittävästi kiihdyttää (Auvinen 2024; Rosenbloom ja Meadowcroft 2022; Roberts ja Geels 2019).

**Taulukko 2. Suomen primäärienergiälähteet vuonna 2022 ja ACE-2035 fossiilivapaassa energiaskenaariossa (Paulson 2024).**

Primäärienergian lähteet	Primäärienergian kulutus TWh	
	2022	Fossiilivapaa energiaskenaario
Kivihiili ja turve	39,7	0
Öljy	68,0	0
Kaasu (pääasiassa maakaasua)	9,1	0
Biokaasu	sisältyy ylle	18
Biomassa	93,3	107
Ydinvoima	73,4	105
Maatuulivoima	11,6	67
Merituulivoima	0,2	37
Aurinkosähkö	0,4	25
Vesivoima	13,4	15
<b>Yhteensä</b>	<b>309,1</b>	<b>374</b>

### Primäärienergian kulutus, TWh

- Kulutus vuonna 2022, yhteensä 309 TWh
- Energiaskenaario 2035, yhteensä 374 TWh



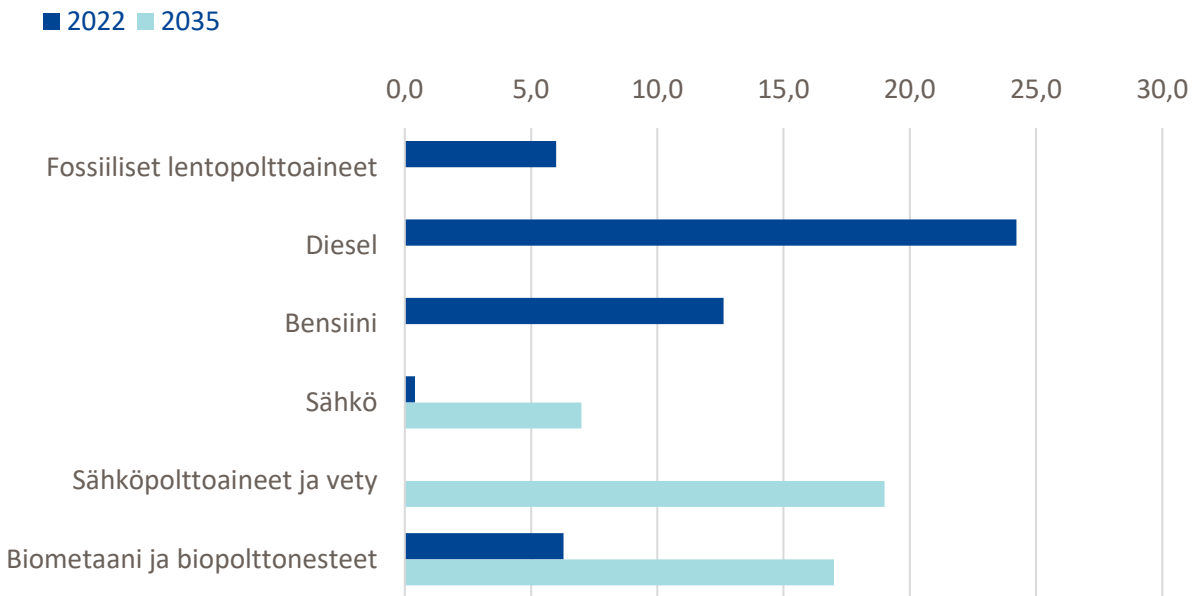
Kuva 4. Suomen primäärienergiälähteet vuonna 2022 ja fossiilivapaassa energiaskenaariossa (Paulson 2024).

Siirryttäessä fossiilivapaaseen energiajärjestelmään fossiilisten polttoaineiden käyttö ajoneuvoissa (lähes 43 TWh vuonna 2022) korvautuu fossiilivapaan energiajärjestelmämallinnuksen (Paulson 2024) perusteella suoralla sähköllä, biopolttoaineilla (biopolttonesteet ja biometaani) sekä sähköpolttoaineilla (taulukko 3 ja kuva 5).

Taulukko 3. Henkilö- ja tavaraliikenteen ajoneuvojen käyttövoimat Suomessa vuonna 2022 ja ACE-2035 fossiilivapaassa energiaskenaariossa (Paulson 2024)

Käyttövoimat	Energian käyttö liikenteessä TWh	
	2022	Fossiilivapaa energiaskenaario
Fossiiliset lentopolttoaineet	6,0	0
Diesel	24,2	0
Bensiini	12,6	0
Sähkö	0,4	7
Sähköpolttoaineet ja vety	0,0	19
Biometaani ja biopolttonesteet	6,3	17
<b>Yhteensä</b>	<b>49,6</b>	<b>43</b>

## Energian käyttö liikenteessä TWh



Kuva 5. Ajoneuvojen käyttövoimat Suomessa vuonna 2022 ja fossiilivapaassa energiajärjestelmässä (Paulson 2024)

Työkoneiden käyttövoimat ovat osa ajoneuvojen energiakokonaisuutta. Henkilöajoneuvoihin verrattuna työkoneet vaativat merkittävästi enemmän tehoa työn suorittamiseen. Tämän vuoksi niiden käyttövoimajakama voi painottua huomattavasti enemmän bio- ja sähköpolttoaineisiin, kun vastaavasti henkilöajoneuvoissa jakama painottuu enemmän suoraan sähköistämiseen.

## 3.2 Ratkaisut työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi

Teknologisia ratkaisuja liikkuvien työkoneiden päästöjen vähentämiseen ovat energiatehokkuuden parantaminen, sähkötyökoneet, biometaanit ja synteettistä e-metaania hyödyntävät kaasutyökoneet sekä nykyisissä polttomootorityökoneissa hyödynnettävät bio- ja synteettiset sähköpolttonesteet. Vedyn ja sähköpolttoaineiden oletetaan kehittyvän ratkaisuksi 2030-luvulla. Kestävyysanalyysien (Reddy ym. 2024; Oyedepo ym. 2025; Mathiesen ym. 2015; Creutzig ym. 2018) perusteella päästövähennysratkaisujen paremmuusjärjestys ympäristövaikutusten näkökulmasta on seuraava: 1) energia- ja resurssitehokkuuden parantaminen eri muodoissaan, 2) työkoneiden sähköistäminen ensisijaisesti kaapelikytkennällä (ajolangalla) ja toissijaisesti akkukoneilla, 3) sähköpolttoaineiden ja vedyn hyödyntäminen sekä 4) biopolttoaineet. Taulukossa 2 on esitetty eri käyttövoimien vahvuudet, haasteet sekä arvio hyödyntämispotentiaalista Suomessa. Seuraavassa kuvataan työkoneiden päästövähennysratkaisuja ja niiden soveltuvuutta.

### Energiatehokkuuden parantaminen

Energiatehokkuuden parantaminen vähentää luonnonvarojen kulutusta ja on siten hyvin keskeinen keino päästöjen vähentämisessä. Dieselin kulutukseen vaikuttavat muun muassa moottoriteho, ajotapa, mitoitus ja työn suunnittelu (Prinz ym. 2018; Kärhä ym. 2024; 2023). Nykyisellä konekannalla päästöjä

voidaan vähentää optimoimalla työtehtävät, ajotavat ja minimoimalla tyhjäkäynti. Polttoaineen hinta kannustaa toimijoita tehokkuuteen, mutta edelleen työtavoissa ja -menetelmien kehittämisessä on parannettavaa. Energiatehokas työskentely edellyttää optimaalisia koneasetuksia, säännöllistä huoltoa ja turhan tyhjäkäynnin välttämistä (Kangas, M., Kärhä, K. ja Jaakkola, S. 2023). Vaikka modernit koneet eivät enää vaadi turboahtimen jäähdytystä tyhjäkäynnillä, vanhat käyttötottumukset ylläpitävät tätä käytäntöä. Tyhjäkäyntiä voidaan vähentää käyttäjäkoulutuksella ja automaattisilla koneen moottorin sammutusjärjestelmillä. Uusissa työkoneissa on polttoainekulutusta mittaavia sensoreita ja raportoivia järjestelmiä, joiden avulla kulutusta ja työtunteja voidaan seurata reaaliajassa. Tämä mahdollistaa konekohtaisten tarkastelujen teon ja tukee kannustinjärjestelmien kehittämistä energiategokkaampaan työskentelyyn.

Energiategokkuutta voidaan parantaa myös teknologisilla ratkaisuilla. Monet työkoneiden valmistajat näkevät tässä vielä paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Työkoneissa paineakku on energiavarasto, joka hyödyntää puristettua nestettä tai kaasua liike-energian talteenottoon ja vapauttamiseen. Paineakkuja käytetään muun muassa hydraulijärjestelmissä parantamaan energiategokkuutta ja vähentämään polttoainekulutusta. Paineakkuun varastoitua energiaa hyödynnetään työkoneissa vastaliikkeissä, mikä vähentää energian hukkaa ja parantaa järjestelmän kokonaisuhyötysuhdetta. Dieselhydraulihybridit hyödyntävät regeneratiivista energiaa keventäen polttomoottorin kuormitusta. Sähkökäyttöisissä työkoneissa energian talteenottoratkaisut voivat pidentää käyttöaikaa yhdellä latauksella tai pienentää akkukapasiteetin tarvetta, mikä vähentää kustannuksia.

## Käyttö- ja resurssitehokkuuden parantaminen

Työkoneiden omistamisen sijaan työkoneiden vuokraus on yleistynyt kustannussyistä, mikä vähentää koneiden kokonaismäärää ja nostaa niiden käyttöastetta. Monitoimikoneilla ja etäohjattavilla laitteilla pyritään vähentämään käyttö- ja työvoimakustannuksia sekä nopeuttamaan materiaalinkäsittelyä. Esimerkiksi traktorikaivuri on monitoimikone, joka nykyisin korvaa kaksi tai paremmin varusteltuna useammankin koneen. Myös kierrätetyistä osista uudelleenrakennetut työkoneet ovat yleistymässä kierrätykseen kannustavan EU-ohjauksen myötä. Nykyisin käytettyjä koneita puretaan ja osista uudelleenrakennetaan lähes uudenveroisia koneita, jotka myydään uuden brändin alla.

## Hybridityökoneet

Hybridi- eli monimoottorityökoneiden (diesel-sähkö- ja diesel-hydraulimoottorit) avulla dieselin kulutusta voidaan valmistajien mukaan vähentää 20–50 %. Teollisten toimijoiden käytännön kokemusten perusteella hybridikoneilla saavutetaan tyypillisesti noin 10–20 % vähennys polttoainekulutuksessa. Kehitteillä on myös monipolttoinetyökoneita, jotka voivat hyödyntää sekä nestemäisiä että kaasumaisia polttoaineita. Kun polttomoottoria käytetään sähköntuotantoon esimerkiksi kaivinkoneessa, sen kääntopöytä, puomi ja kauha toimivat huomattavasti vähäpäästöisemmin. Hybridimonitoimikone voi työskennellä akuston varassa noin kaksi tuntia, minkä jälkeen polttomoottori käynnistyy automaattisesti ja lataa akut 40 minuutissa keskeyttämättä työskentelyä.



Kuva 6. Logset 8H GTE Hybrid -hakkuukoneessa on 214 kW:n dieselmoottori ja 104 kW:n hybridijärjestelmä tarjoaa lisävoimaa, kun koneella käsitellään isoja puita (Logset Oy).

Kuva: Kalle Kärhä.

## Sähköiset työkonemat

Päästöjen vähentämiseksi sähköverkon alueilla tulisi ensisijaisesti pyrkiä työkonemat sähköistämiseen, kun se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Työkonemat sähköistämisen voidaan toteuttaa joko suoraan sähköverkkoon ja sähkönsyöttöpisteeseen liitetyllä virtakaapelikytkennällä tai ajolangalla, tai vaihtoehtoisesti ladattavien sähköakkujen avulla. Työkonemat sähköistämisen potentiaali riippuu huomattavasti koneen tyypistä, käyttötarkoituksesta ja käyttöympäristöstä. Saatavilla olevat sähköiset työkonemat ovat usein käyttöominaisuuksiltaan parempia kuin dieselkäyttöiset: ne ovat hiljaisempia, hajuttomia ja paikallispuhastojen osalta lähes päästöttömiä, sillä ainoastaan renkaista ja jarruista syntyy hiukkaspäästöjä. Lisäksi niiden käyttö- ja huoltokustannukset ovat edullisemmat. Käyttäjät valitsevat sähkökonemat yleensä käyttömukavuuden, työterveysnäkökohtien tai kustannustehokkuuden vuoksi, eivätkä ensisijaisesti ympäristö- tai ilmastotyistä.

## Virtakaapelityökonemat

Virtakaapelikytkentä tarjoaa energia- ja kustannustehokkaan ratkaisun erityisesti työkonemat, joiden liikkuma-alue on rajattu tai säännöllinen. Näissä tapauksissa työkonemat liikkuu sähkökaapeliin jatkuvasti kytkettynä esimerkiksi kaapelikelan avulla tai joskus virtakiskoihin kytkettynä. Kaapelikytkennällä on sähköistetty hyvin raskaita ja suuren moottoritehon omaavia liikkuvia työkonemat esimerkiksi kaivoksissa, teollisuuslaitoksissa ja satamissa. Suuret työkonemat voivat kuluttaa jopa kymmenien keskikokoisten tai satojen pienten maansiirtokonemat kulutusta vastaavan määrän polttoainetta, joten suurten työkonemat suora sähköistämisen on merkittävä keino vähentää päästöjä.

## Akkutyökoneet

Kun suora kaapeli- tai ajolankakytkentä ei ole mahdollinen, sähköistäminen edellyttää ladattavien sähköakkujen käyttöä. Vaikka akkujen valmistus kuluttaa luonnonvaroja, sähköajoneuvot vähentävät elinkaarensa aikana päästöjä merkittävästi verrattuna polttomoottoriajoneuvoihin erityisesti sähkömoottorien korkeasta hyötysuhteesta sekä Pohjoismaiden sähköntuotannon alhaisista päästöistä johtuen (Hirvonen 2020; Albatayneh ym. 2020). Akkuteknologian kehityksen myötä akkuja integroidaan työkoneneiden rakenteisiin, jolloin ne toimivat esimerkiksi vastapainoina paalutuskoneissa ja kaivureissa. Lisäksi akkutyökoneiden älykäs lataus voi tarjota merkittävää kulutusjoustoa sähköjärjestelmälle erityisesti tilanteissa, joissa uusiutuvan energian saatavuus vaihtelee (Kiviluoma 2013; W. Zhang ym. 2017; Zakariazadeh, Jadid ja Siano 2015). Akkujen hinnat ovat jo pudonneet merkittävästi ja akkuvarastojen kustannustehokkuus paranee. Akkukontilla varustetut liikuteltavat latausasemat (Plugit 2024) mahdollistavat sähköisten ajoneuvojen ja työkoneneiden latauksen myös alueilla, joissa sähköverkko on heikko tai verkkoa ei ole saatavilla. Pitkien latausaikojen haasteeseen on kehitetty ratkaisuja, kuten työkoneneisiin soveltuvat vaihtoakkujärjestelmät. Akullisissa ajoneuvoissa ja liikuteltavissa latauskonteissa akustot toimivat samalla liikuteltavina varavoimaina, jotka voivat parantaa sähköjärjestelmän toimitus- ja huoltovarmuutta monenlaisissa häiriö- ja häirintätilanteissa.



Kuva 7. Volvo EC230 Electric -kaivukoneessa on 600 V:n litiumioniakusto, jonka kapasiteetti on 264 kW. Käytöstä riippuen käyttöaika on 4–5 tuntia. Pikalaturilla (150 kW) lataus kestää noin 1,5 tuntia ja 32 ampeerin (A) pistokkeesta (latausteho 22 kW) noin 10 tuntia (Volvo Construction Equipment Finland Oy). Kuva: Kalle Kärhä.

## Biopolttoaineet

### Biometaani

Biomassasta voidaan mädättämällä ja kaasuttamalla tuottaa biokaasua, jota voidaan edelleen jalostaa työkoneisiin soveltuvaksi biometaaniksi. Biokaasun tuotannolla voidaan vähentää maatalouden ja elintarviketeollisuuden päästöjä sekä edistää ravinteiden kierrätystä. Sen saatavuus on kuitenkin rajallista ja alueellisesti vaihtelevaa. Kotimaisen biokaasun ja biometaanin tuotannon arvioidaan olevan luokkaa 3 terawattituntia vuonna 2030 ja 7 terawattituntia vuonna 2040 (Suomen Biokierto & Biokaasury. 2024). Vähäpäästöisen kaasun saatavuuden parantamiseksi tarvitaan myös synteettisen e-kaasun tuotantoa (ks. synteettiset ja vetypohjaiset polttoaineet). Markkinoilla on saatavilla uusia kaasukäyttöisiä työkoneita, kuten traktoreita, mutta niiden tarjonta on edelleen hyvin niukkaa. Työkoneiden konversiot kaasukäyttöisiksi mahdollistavat nykyisen kaluston päästövähennykset.

### Biopolttonesteet

Nestemäisiä biopolttoaineita ovat biomassasta tai kasviöljystä valmistetut polttonesteet, kuten uusiutuva diesel, biopolttoöljy ja bioetanoli. Biopolttonesteiden saatavuus on nykyisin hyvällä tasolla, mutta niiden korkea hinta ja kestävyysaasteet rajoittavat hyödyntämistä. Uusiutuvien biopolttonesteiden kasvihuonekaasuintensiteetti sekä käytön vaikutukset lähipäästöihin riippuvat teknologiasta ja eroavat eri päästölajeille (ICCT 2021, EU 2023). Kestävyysaasteet liittyvät joihinkin raaka-aineisiin, ja esimerkiksi Ranska on rajannut metsäkatoa aiheuttavan palmuöljyn rasvahappotisleen ja soijaöljyn pois jakeluvaihtoehdon piiristä (Euroopan tilintarkastustuomioistuin 2023). Toisaalta on arvioitu, että lignosellulosaeräisissä ja muissa uuden sukupolven biopolttoaineissa on merkittävä potentiaali (Vera ym. 2021). Tuotteiden raaka-aineiden elinkaaristen vaikutusten arviointia hankaloittaa se, että yritykset eivät välttämättä avaa tuotantoprosessien tietoja. EU:n uusiutuvan energian direktiivi RED III (EU 2023) ohjaa siihen suuntaan, että jäsenmaissa vähennettäisiin ruoka- ja rehuksien hyödyntämistä biopolttoaineiden raaka-aineena sekä edistettäisiin uuden sukupolven biopolttoaineiden kehitystä.

## Vety ja sähköpolttoaineet

Sähköpohjaiset polttoaineet (engl. e-fuels) tarjoavat tulevaisuudessa merkittävän mahdollisuuden vähentää työkoneiden päästöjä erityisesti niissä käyttökohteissa, joissa koneiden suora sähköistäminen on haastavaa. Synteettisiä vähäpäästöisiä polttoaineita voidaan valmistaa uusiutuvalla sähköllä, kuten aurinko- ja tuulivoimalla valmistetusta vedystä, sekä esimerkiksi biopolttolaitoksen pakokaasuista talteen otetusta hiilidioksidista tai muista hiilen ja typen lähteistä (Fasihi ja Breyer 2020; EU 2023). Vedyn tuotanto vaatii moninkertaisen määrän puhdasta sähköä suoraan sähköistämiseen verrattuna. Vetyä voidaan hyödyntää sellaisenaan tai sitä voidaan käyttää kemiallisessa prosessissa esimerkiksi metaanin, metanolin tai ammoniakkin valmistuksessa. Vedyn joustava tuotanto ja kulutus tarjoavat merkittävän keinon tasapainottaa sähköjärjestelmässä uusiutuvan energiantuotannon vaihteluita (Seck ym. 2022; Gorre ym. 2020). Vihreää vetyä voidaan hyödyntää työkoneissa suoraan esimerkiksi vetypolttokennoja ja vetypolttomootoreita käyttäen. Toisaalta synteettiset sähköpolttoaineet mahdollistavat olemassa olevan työkaluston käytön vähäpäästöisesti ilman merkittäviä muutoksia. Vety ja sähköpolttoaineet voivat täydentää suoraa sähköistämistä tarjoamalla pitkäkestoisen energialähteen raskaille ja vaativissa olosuhteissa toimiville koneille muun muassa rakennustyömailla, metsätaloudessa ja teollisuusalueilla. Vaikka synteettisten polttoaineiden tuotanto vaatii huomattavia määriä uusiutuvaa sähköä ja on tällä hetkellä kallis prosessi, ne voivat tulevaisuudessa mahdollistaa työkoneiden sekä meri- ja lentoliikenteen edistymisen kohti nollapäästöistä energiajärjestelmää (Seck ym. 2022; Child ja Breyer 2016; Davis ym. 2018; Hastelow 2024; Nordic Innovation 2022). Vetypohjaisten ratkaisujen laajempi käyttöönotto työkoneissa edellyttää jakeluinfrastruktuurin kehittämistä ja teknologian saatavuuden parantamista, sillä

tällä hetkellä synteettisten sähköpolttoaineiden ja vedyn saatavuus on vielä rajallista (Pesonen ym. 2025; Bloomberg Finance 2020). Valtion omistama Gasgrid Oy suunnittelee vetyputkiston rakentamista Perämerelle ja Suomen länsirannikolle vuoteen 2030 mennessä (Gasgrid Oy 2024; Yle 2023).

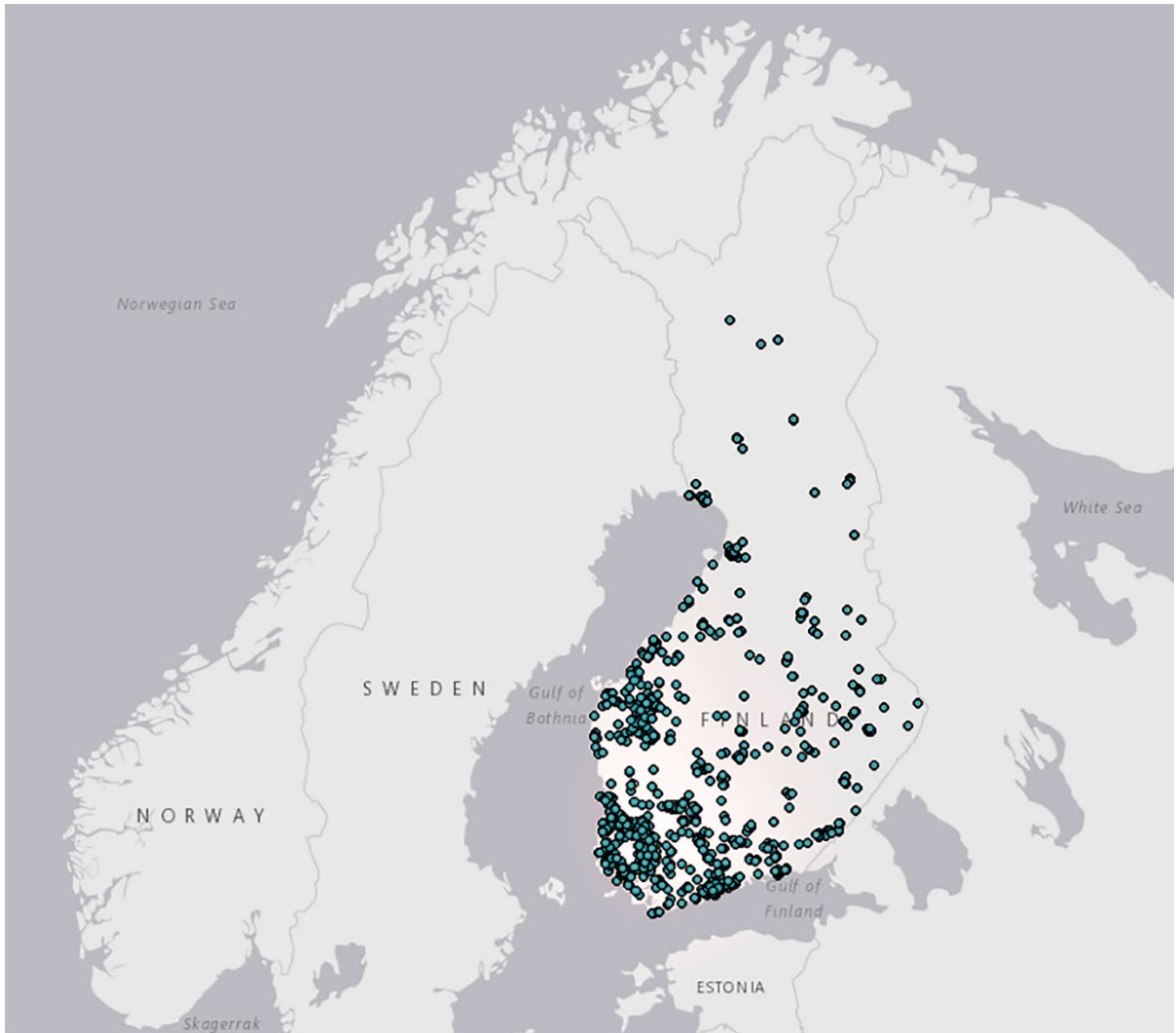
**Taulukko 4. Vaihtoehtoisten käyttövoimien vahvuudet ja haasteet verrattuna fossiilisen dieselin käyttöön** (Wechselberger ym. 2023; Pesonen ym. 2025; IEA 2021, haastattelut) **sekä v. 2030 mennessä arvio hyödyntämispotentiaalista** (olematon, vähäinen, kohtalainen, hyvä) **Suomessa**

Käyttövoima	Vahvuudet	Heikkoudet ja haasteet	Hyödyntämispotentiaali
<b>Hybridi</b>	Parempi hyötysuhde ja energiatehokkuus, tarkempi tehon optimointi, vähemmän meluhaittoja ja lähipäästöjä	Korkeammat kustannukset, rajallinen päästövähennysratkaisu	kohtalainen – hyvä
<b>Sähkö (virtakaapeli- ja akkukoneet)</b>	Merkittävästi parempi hyötysuhde ja energiatehokkuus, tarkka tehon optimointi, vähemmän meluhaittoja, merkittävästi vähemmän elinkaarisia khk-päästöjä, ei pakokaasuista syntyviä lähipäästöjä, kustannustehokkuus tietyissä työkonetyypeissä	Puutteellinen sähköverkko- ja latausinfrastruktuuri, sähköliittymän kustannukset, heikko saatavuus, akkukoneiden korkeammat kustannukset, akustojen luotettavuus ääriolosuhteissa, pitkä latausaika, rajoitettu toimintasäde kaapeliliitännällä, sähköturvallisuuden hallinta	kohtalainen – hyvä
<b>Biopolto- nesteet</b>	Vähemmän elinkaarisia khk-päästöjä tietyillä jakeilla (esim. biojätevirrat)	Paikoittain heikko saatavuus, korkeammat kustannukset, tiettyjen raaka-aineiden kestävyys- ja saatavuushaasteet	kohtalainen – hyvä
<b>Biometaani</b>	Vähemmän hiukkas- ja elinkaarisia khk-päästöjä (mikäli prosessista ei synny metaanivuotoja)	Tankkausmahdollisuuksien vähäisyys, uudet koneet / konversiot hieman kalliimpia	vähäinen
<b>Vety ja sähkö- polttoaineet</b>	Vähemmän elinkaarisia khk-päästöjä, tarkka tehon optimointi, vastaava käyttöaika	Moninkertainen energiantarve suoraan sähköistämiseen verrattuna, heikko saatavuus, olematon jakelu- ja tankkausverkosto, korkeammat kustannukset, tilahaasteet, turvallisuuden hallinta	olematon – vähäinen

*Sitaatti haastatteluista: ”Kaikkiin vaihtoehtoisiin käyttövoimiin suhtaudutaan avoimin mielin sillä edellytyksellä, että uudet työkonet säilyttävät vastaavan kustannustehokkuuden ja suorituskyvyn kuin dieselyökonet”*

### 3.3 Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen teollisuusalueilla

Teollisuusalueilla tarkoitetaan tässä raportissa erilaisia teollista ja taloudellista toimintaa tukevia infrastruktuurikohteita, kuten kaivoksia, satamia, teollisuuspuistoja ja tehdasalueita. Työkoneiden päästökeskittymiä Suomessa ovat esimerkiksi kaivokset, suuret tehdasalueet ja satamat, joissa käytetään monenlaisia työkoneneita. Niissä on myös merkittävästi raskasta liikennettä. Esimerkiksi raskaan liikenteen kuljetuksiin metsäteollisuudessa sisältyy muun muassa puu-, kemikaali-, polttoaine-, tuote- ja jätekuljetuksia.



Kuva 8. Euroopan ympäristökeskuksen (EEA, 2023) teollisuuspäästölähteiden kartta Suomesta kattaa valikoiman päästölähteitä, jotka kuuluvat EU:n teollisuuspäästörekiisteriin. Näihin sisältyy muun muassa energiantuotanto, metallien jalostus, kemianteollisuus, jätteenkäsittely sekä paperi- ja selluteollisuus.

Taulukkoon 5 on koottu 36 kohteen otos Suomen päästökeskittymistä ja esimerkkejä niissä käytettävistä työkoneista. Otos on varsin rajallinen (vertaa kuva 8) ja siitä puuttuu hyvin merkittäviä päästökeskittymiä, kuten esimerkiksi Porvoon Kilpilahdessa sijaitseva kemianteollisuuden keskus sisältäen Nesteen öljyjalostamon sekä Oulun, Rovaniemen, Turun, Vantaan ja Jyväskylän suuret teollisuusalueet.

Tietopuute: Suomen päästökeskittymät kattavasti ja niiden sijainnit suhteessa olemassa oleviin ja tuleviin sähkön, biometaanin ja vedyn jakeluasemiin

**Taulukko 5. Otos päästökeskittymistä Suomessa (ks. lähteet lähdeluettelossa)**

Teollisuusalueen tyyppi		Yritys/yritykset	Sijainti (*, jos TEN-T verkon varrella)	Raskas liikenne kpl/vrk	Esimerkkejä teollisuus alueiden työkoneista (merkitty*, jos sähköistetty)	Työkoneiden päästöarvio t CO <sub>2</sub> -ekv/v
Kaivoksia	Kevitsan kaivos	Boliden	Sodankylä	25	Kiviautoja*	57 800–95 800
	Fosfaattikaivos ja lannoitetehtas (fosfori, rikki ja typpihappo)	Yara Suomi Oy	Siilinjärvi*	70–100		65 600–71 600
	Kaivos ja akkukemikaalitehtas	Terrafame Oy	Sotkamo	3–11	14 kiviautoa, kaivinkoneita, puskutraktoreita	28 700–33 800
	Kromikaivos	Outokumpu Chrome Oy	Kemi	85	Kiviautoja, kaivinkoneita	14 000–17 000
	Litiumkarbonaattikaivos	Keliber, Syväjärven kaivos	Kokkola, Kaustinen ja Kruunupyy	Ei arviota	Kiviautoja, kaivinkoneita	7 000–8 000
	Kalkkikivikaivos	Nordkalk	Parainen	75–150	Kaivoskuorma-autoja, kiviautoja	2 600–4 000
	Hopeakaivos, jonka sivussa rikastetaan kultaa, sinkkiä ja lyijyä	Sotkamo Silver	Sotkamo	Ei arviota		2 600–4 000
	Kalkkikivikaivos	Nordkalk	Lappeenranta*	45	Kaivoskuorma-autoja, kiviautoja	2 600
	Kultakaivos	Agnico Eagle Mines	Kittilä	29		2 500
	Tulossa 2025: litiumkarbonaattikaivos	Keliber, Rapasaaren kaivos	Kokkola	Ei arviota		8 000–9 000
	Tulossa mahd.: platina- ja monimetallikaivos	Suhanko Arctic Platinum Oy	Ranua	Ei arviota		60 000–120 000
Suurteollisuuspuisto: kaivos, satama ja tehtaita	Boliden Kokkola Oy, Kokkola Satama Oy, Kemira Oyj ym	Kokkola* (< 10 km)	200–1000	Kiviautoja, kaivinkoneita, pyöräkuormaajia	Ei arviota	
Metallinjalostus	Terästehtas	SSAB Europe Oy	Raahel*	n. 70	10 kuorma-autoa, 42 pyöräkuormaajaa, 12 kurottajaa, 30 trukkia, 61 kaivinkonetta, 30 dumpperia, 17 traktoria ja vetomestaria, harjaus- ja kunnossapitokoneita	>10 000
	Terässulatto	Outokumpu steel	Tornio*	>300		Ei arviota
	Suurteollisuuspuistossa metallien jalostusta ja kemianteollisuutta	Boliden Oy, Norilsk Nickel Harjavalta Oy, Kemira Oyj ym.	Harjavalta*	>50	Pyöräkuormaajia, trukkeja*, puskutraktori	Ei arviota
	Terästehtas	Ovako Imatra Oy Ab	Imatra	Ei arviota	Nostureita ja materiaalien siirtokoneita	Ei arviota
	Romun murskaus- ja kierrätysasema	Kajaanin Romu Oy	Kajaani* (< 10 km)	10–20	Materiaalinkäsittelykone*, pyöräkuormaajia ym.	2 200

Teollisuusalueen tyyppi		Yritys/yritykset	Sijainti (*, jos TEN-T verkon varrella)	Raskas liikenne kpl/vrk	Esimerkkejä teollisuus alueiden työkoneista (merkitty*, jos sähköistetty)	Työkoneiden päästöarvio t CO <sub>2</sub> -ekv/v
	Jäte- ja matallinkierrätyskeskus	Salpakierto Oy, Stena recycling Oy	Lahti*	210	Kaivinkoneita, pyöräkuormaajia, mobiilimurskain, trukkeja, materiaalinkäsittelykoneita	1 700
Satamia	Satama ja tehdasalue	Helsingin satama	Helsinki*, Vuosaari	>1100	Terminaalitraktoreita, satamalukkeja, trukkeja, kurottajia	7 600
	Satama ja tehdasalue	HaminaKotka satama Oy	Kotka*, Mussalo	n. 1200	9 nosturia, pyöräkuormaajia	2 900
	Satama ja tehdasalue	HaminaKotka Satama Oy	Hamina*	n. 230	Trukkeja*, liikkuvia nostureita*, terminaalitraktoreita	Ei arviota
	Teollisuussatama, kemihierre tehdas ja jätteenkäsittelylaitos	Oy Kaskisten Satama, Metsä Board Oyj, Revisol Oy	Kaskinen	>100	Kuormaajia, kurottajia, 14 vastapainotrukkia ja muita trukkeja, traktoreita, 3 hydraulinosturia, ristikkopuominosturi, kuorma-autoja	400–500
	Satama ja tehdasalue	Naantalin Satama Oy	Naantali*	n. 390	Trukkeja, kauhakuormaajia, mobiilinnosturi	200
Sellutehdas, saha, satama	UPM Kymmene Oyj	Pietarsaari	n. 200		900–1 000 (satama)	
Metsäteollisuuden tehdasalueita	Biotuotetehdas	Metsä Fibre Oy	Kemi*	366	Siltanostureita*, materiaalinkäsittelykoneita, kurottajia, raskaita trukkeja	13 000
	Kartonki- ja sellutehtaat	Stora Enso Oyj	Imatra*	>350	Trukkeja, pyöräkuormaajia, kurottajia, materiaalinkäsittelykoneita, robottivetureita, traktoreita, kaivinkoneita, koukkulava-autoja, tiehöyliä, hinaajia, monitoimikoneita, mönkijöitä, mobiilimurskaimia, rakennustyömaakoneita	1 100
	Pakkausmateriaalitehdas	Stora Enso Oyj	Oulu*	>210	Työkoneet ks. yllä	900
	Biotuotetehdas	Metsä Fibre Oy, Metsä Board ja Metsä Wood	Äänekoski*	<300	Materiaalinkäsittelykoneita* (Metsä Fibre Oy), kauko-ohjattavia robottivetureita*, traktoreita, kaivinkoneita, pyöräkuormaajia, dumppereita, kuorma-autoja, trukkeja, kurottajia, materiaalinkäsittelykoneita, koukkulava-autoja, tiehöyliä, hinaajia, monitoimikoneita, mönkijöitä, mobiilimurskaimia	Ei arviota
	Saha ja briketöintilaitos	Kuhmo Oy	Kuhmo	n. 70	Trukki, kauhakuormaaja	500
	Vaneri- ja kertopuutehdas	Metsä Wood	Punkaharju	60–70	Raskaita ja pieniä trukkeja, kauhakuormaajia	n. 327
	Pakkausmateriaalitehdas	Stora Enso Anjalankosken tehtaat (Publication Papers Oy Ltd ja Ingerois Oy)	Kouvola	120	Trukkeja, pyöräkuormaajia, kurottajia, traktoreita, koukkulava-autoja ym.	n. 250
	Pakkausmateriaalitehdas	Stora Enso Oyj	Varkaus	120	Työkoneet ks. yllä	Ei arviota
	Saha	Stora Enso Veitsiluoto Oy	Kemi*	n. 100		Ei arviota
	Saha	Metsä Fibre Oy	Vilppula	n. 80	Raskaita trukkeja, kurottajia	Ei arviota
	Saha	Stora Enso Oyj, Honkalahti	Joutseno	Ei arviota	Työkoneet ks. muilla sahoilla	Ei arviota
	Pakkausmateriaalitehdas	Stora Enso Oyj	Heinola	45	Trukkeja (eri kokoisia), pyöräkuormaajia, kurottajia, traktoreita, kaivinkoneita, koukkulava-autoja ja monitoimikoneita.	Ei arviota

Taulukkoon on koottu työkoneiden päästöjä 25 kohteesta lähinnä ympäristöluvista. Niissä työkoneiden yhteenlaskettu päästö oli yli 400 000 t CO<sub>2</sub>-ekv./vuosi, joka on yli 16 % Suomen työkoneiden vuosipäästöistä (2,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2022). Taulukkoon kootuilla 30 teollisuusalueella käy yhteensä yli 7 100 raskaan liikenteen ajoneuvoa vuorokaudessa. Vaikka otos teollisuusalueista on hyvin rajallinen sekä lähteinä käytettyjen ympäristölupien tiedot ovat osittain vanhentuneita ja puutteellisia, on selvää, että Suomen työkoneiden päästöistä hyvin merkittävä osuus syntyy suurilta teollisuusalueilta. Pelkästään neljän kaivoksen, Terrafame Sotkamossa, Boliden Sodankylässä, Yara Siilinjärvellä ja Outokumpu Chrome Kemissä, yhteispäästöt ovat noin 150 000 t CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa. Satamissa lukit ja satamatraktorit tuottavat yhteensä lähes 90 % satamien päästöistä (huom. tässä ei ole mukana laivaliikenteen päästöjä), ja loput päästöt syntyvät trukeista ja kurottajista (Söderena ym. 2021).

## Kasvihuonekaasujen päästövähennysratkaisut teollisuusalueiden työkoneissa

Teollisuusalueilla keskeisiä ratkaisuja ovat erityisesti työkoneiden sähköistäminen (virtakaapeli- ja akkutyökoneet) sekä hybridityökoneiden ja vähäpäästöisten polttonesteiden hyödyntäminen. Vuoden 2030 jälkeen ratkaisuksi kehittynee myös vedyn hyödyntäminen vetypolttokeinoissa ja vetypolttomootoreissa. Keskeisiä haasteita, joiden ratkaisemiseksi tarvitaan julkisen sektorin tukea, ovat sähkön, kaasun ja vedyn jakeluinfrastruktuurin kehittäminen sekä uutta teknologiaa sisältävien työkoneiden korkeat pilotointi- ja hankintakustannukset. Seuraavassa tarkastellaan teollisuuden työkoneiden päästövähennysten mahdollisuuksia ja haasteita tarkemmin.

### Työkoneiden sähköistäminen virtakaapelilla/ajolangalla

Ajolankojen avulla voidaan sähköistää kustannustehokkaasti jopa hyvin suuria ja raskaita työkoneita, kuten kaivoksissa käytettäviä kiviautoja sekä satamissa nostureita, kurottajia ja lukkeja. Esimerkiksi joissakin kaivoksissa raskaita kiviautoja ajetaan kuormituksellisesti raskaan nousun ajan verkkosähköä hyödyntäen ja muutoin dieselillä. Myös materiaalinkäsittelykoneet metsä- ja metallinjalostusteollisuudessa voivat toimia virtakaapelilla, mikäli sähkön syöttöinfra mahdollistaa sen. Satamissa on pääsääntöisesti kiinnostusta hankkia virtakaapeliin kytkettäviä nostureita ja materiaalinkäsittelykoneita, mutta sähköinfran puuttuminen laitureilta ja alueelta ohjaa edelleen usein investointeja dieselkoneisiin. Työkoneiden virtakaapelikytkentä edellyttää usein teollisuusalueilla paikallisen sähköinfran vahvistamista ja laajentamista (esimerkiksi kaapelivedot, sähkökeskuksen uudistaminen, sähkönsyöttöpisteet, kelausjärjestelmät, sähköturvallisuuden parantaminen ja niin edelleen).

### Työkoneiden sähköistäminen akuilla

Akkutyökoneiden saatavuus teollisuuden tarpeisiin on edelleen rajallista, mutta paranee jatkuvasti. Eri-tyisesti kurottajissa, nostureissa, kaivinkoneissa ja satamaluokeissa sähköisten koneiden valikoima on laajenemassa. Matalaa tehoa vaativien sähkötrukkien kasvu etenee, mutta suurempien työkoneiden, kuten esimerkiksi raskaiden nostotrukkien sähköistäminen edellyttää usein lisäinvestointeja sähköinfran. Keskeisiä sähköistämisen haasteita akkutyökoneiden kohdalla ovat latausinfrastruktuurin puuttuminen, korkeat investointikustannukset sekä suurempien akkusähkötyökoneiden heikko saatavuus. Samoin kuin virtakaapelilla toimivien työkoneiden tapauksessa, akkutyökoneiden sähköistäminen teollisuusalueilla edellyttää latauspisteinvestointien lisäksi usein sähköliittymän kapasiteetin kasvattamista ja paksumpien kaapelien asentamista (Karttunen 2021).

### Hybridityökoneet

Hybridityökoneita on saatavilla teollisuudelle muun muassa kaivinkoneissa, pyöräkuormaajissa ja satamanostureissa (Mäkitalo 2018).

## Bio- ja sähköpolttonesteet

Bio- ja sähköpolttonesteitä tullaan väistämättä tarvitsemaan teollisuusalueilla sellaisissa intensiivi- tai kolmivuorokäytössä olevissa työkoneissa, joita ei voida seisottaa latauksessa. Bio- ja e-metaanin hyödyntämistä työkoneissa jarruttavat huonot tankkausmahdollisuudet sekä kaasutyökoneiden heikko saataavuus (Pesonen ym. 2025). Teollisten toimijoiden haastatteluissa biometaanin hyödyntäminen nähtiin toistaiseksi näistä syistä rajalliseksi. Toisaalta bio- ja e-metaanin hyödyntäminen raskaassa liikenteessä nähtiin potentiaalisempänä, koska kuorma-autot voivat hyödyntää tankkausverkostoa teollisuusalueiden ulkopuolella. Jatkossa liikuteltavat metaanin konttitankkausasemat (Gaznet 2023) voivat tarjota teollisille ja muille toimijoille paremman mahdollisuuden hyödyntää biometaania työkoneissa.

### Esimerkki Helsingin satama-alueen päästövähennystoimien kannattavuudesta ja potentiaalista

(Söderena ym. 2021)

Helsingin Satama Oy on sitoutunut hiilineutraalisuustavoitteeseen. Yhtiön CO<sub>2</sub>-päästöt Helsingin Vuosaaren satamassa ovat noin 6 % koko satamatoiminnan päästöistä: merkittävimmät hiilidioksidipäästölähteet ovat laivaliikenne (noin 80 %), kumipyöräliikenne (noin 7 %) ja työkoneet (noin 6 %). Vuosaaren Sataman työkoneiden päästövähennysten hintaa eur/t CO<sub>2</sub> on arvioitu verrattuna moottoripolttoöljyllä toimiviin nykyisiin koneisiin. Vaihtoehtoina tarkasteltiin öljykoneen sähköistämistä, polttoaineen kulutuksen vähentämistä hybridikoneella tai öljyn korvaamista biopolttoaineella. Selkeästi suurimmat ja kustannustehokkaimmat päästövähennykset saatiin laskelmissa siten, että suuret yli 40 tonnin satamalukit vaihdettiin hybridilukkeihin tai täyssähkölukkeihin. Tällöin päästövähennysten saatiin lisäksi merkittävää rahansäästöä. Kurottajien ja pienempien lukkien vaihtaminen ei kokonaiskustannusten osalta osoittautunut kannattavaksi. Mitä pienempi ja vähemmän kuluttava kone, sitä korkeammaksi sähköistämällä saatu päästövähennystonnin hinta nousi. Tulos oli, että päästövähennysten hinnan ja päästöjen vähentämisen kannalta satamalukien sähköistämällä Vuosaaren sataman päästöjä voitaisiin vähentää 65 % ja samalla rahaa säästyisi merkittävästi. Hybridilukeilla saavutettaisiin vain neljänneksen päästövähennys verrattuna täyssähköistämiseen. Satamien kalleimpien koneiden, kuten konttilukien, hinnanero polttomoottorikoneisiin verrattuna on suhteellisesti pienempi (15–30 %) kuin edullisempien ja yleisempien koneiden (esimerkiksi terminaalitraktorit) kohdalla, koska suurempien koneiden sähköistämisen kustannukset jakautuvat laajemman kokonaisinvestoinnin päälle pienentäen suhteellista hintaeroa.

## Vety

Vety soveltuu erityisesti teollisuuden työkoneisiin, jotka vaativat paljon energiaa, pitkät käyttöajat ja sijaitsevat lähellä vedyn tuotanto- tai jakeluinfrastruktuuria. Tulevaisuudessa esimerkiksi kaivinkoneet, pyöräkuormaajat ja muut dieselkäyttöiset työkoneet voidaan muuntaa vetykäyttöisiksi. Vetypolttonoilla ja -moottoreilla varustettuja työkoneita on tulossa markkinoille, ja vedyn käytön odotetaan yleistyvän Suomessa vuoden 2030 jälkeen. Gasgridin vetyverkon lisäksi vedyn jakeluratkaisuja suunnitellaan myös teollisuusalueille, joissa hyödynnetään vetyä esimerkiksi teräksen ja kemikaalien tuotannossa.

## Esimerkki: Woikoski Oy:n elektrolyysivetytehdas Kokkolassa

(Woikoski Oy 2024)

Vedyn tuotannolla on Suomessa pitkä historia. Vuonna 1913 vedyn tuotannon aloittanut Woikoski Oy on osallistunut useisiin suuriin tutkimushankkeisiin, jotka liittyvät vedyn tulevaisuuteen Suomessa ja Euroopassa. Woikoski Oy:n elektrolyysivetytehdas Kokkolassa on yksi Euroopan suurimmista vihreän vedyn valmistusyksiköistä. Yritys on suunnitellut edistyksellisiä vedyn tankkausasemia, mikä osoittaa valmiutta nopeaan vedyn infrastruktuurin kehittämiseen.

Tietopuute: teollisuusalueiden sähkön, bio- ja e-metaanin sekä vedyn volyymien tarveselvitys työkoneiden ja raskaan logistiikan käyttöön

## Esimerkki puhtaan siirtymän mahdollisuuksista ja haasteista Metsä Fibre Oy:n biotuotetehtaalla Kemissä

Metsä Group Oy on kartoittanut raskaan liikenteen ja työkoneiden päästövähennysmahdollisuuksia biotuotetehtaallaan Kemissä. Tehtaan siltanosturi on jo sähköistetty, ja tehdasalueelle on rakenteilla 400 kilowatin (kW) latauspiste sähkökuorma-autoille ACE-hankkeen investointituella. Latauspistettä voitaisiin osittain hyödyntää puukentällä käytössä olevien työkoneiden lataamiseen, mutta niitä ei ole vielä saatavilla sähköisinä. Sähkölatauspisteen kustannukset tehdasalueella ovat korkeat, koska latauslaitteiston lisäksi tarvitaan lisäinvestointeja muun muassa sähköliittymän ja -verkon vahvistamiseen (muuntajat, kaapelointi, maanrakennustyöt ja niin edelleen), jotka noin kolminkertaistavat kustannukset verrattuna pelkkään latauspisteeseen.

Osa työkoneista sijaitsee niin kaukana latauspisteestä, että niille pitää rakentaa tulevaisuudessa lisää latauspisteitä, mikäli ne onnistutaan sähköistämään. Materiaalinkäsittelykoneiden ja raskaiden dieseltrukkien sähköistäminen on toistaiseksi osoittautunut haastavaksi. Virtakaapelikytkentä ei ole niihin käytännöllinen ratkaisu, ja akkutyökoneiden saatavuus on rajallista tai niiden kustannukset ovat vielä liian korkeita. Tällä hetkellä on näköpiirissä, että tehdasalueen työkoneisiin tarvitaan dieselin korvaamiseksi lähinnä nestemäisiä bio- ja sähköpolttoaineita.

Vetypolttoaineita ei nähdä realistisina ja kustannustehokkaina vaihtoehtoina verrattuna sähköistämiseen, koska tehdas tuottaa itse sähköä. BECCU (bioenergy carbon capture and utilization) eli biomassan poltosta peräisin olevan hiilen talteenotto- ja hyödyntämisteknologialla jalostetun bio- ja sähköpolttoaineen tuotanto voi olla tulevaisuudessa mahdollista, mutta polttoaineen oma käyttö olisi todennäköisesti kalliimpaa kuin oman sähkön suora hyödyntäminen.

Tehdasalueelle voidaan sijoittaa enintään yksi tai kaksi käyttövoiman jakelujärjestelmää, sillä tilaja rahoitusresurssit eivät riitä useampiin ratkaisuihin. Biokaasun tankkausasema Kemimaassa on liian kaukana tehdasalueelta, jotta biometaania voitaisiin käyttää työkoneissa. Sitä voidaan kuitenkin hyödyntää ja jo hyödynnetäänkin raskaassa liikenteessä.

### 3.4 Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen rakennustyömailla, maatiloilla ja kunnissa

Rakennusalalla, maataloudessa ja kunnissa työkoneiden vihreään siirtymään vaikuttavat kunkin sektorin erityispiirteet sekä paikalliset olosuhteet. Näissä käyttöympäristöissä työkoneiden käyttö on hajautunutta, ja ne toimivat usein alueilla, jotka sijaitsevat sähköverkon ja osittain biokaasun jakeluverkon piirissä. Tässä luvussa käsitellään näitä käyttöympäristöjä pintapuolisesti suppeaan aineistoon perustuen.

#### Rakennustyömaat

Rakentamisen merkittävästä volyymistä kertoo, että 61 % kaikista investoinneista Suomessa liittyy rakentamiseen (Laine 2024). Rakennustyömaiden määrä vaihtelee vuosittain suhdanteiden mukaan: esimerkiksi vuonna 2022 myönnettiin yli 37 000 lupaa asuntorakentamiseen, kun vuonna 2023 luku putosi 18 000 lupaan (Valtioneuvosto 2024). Rakennus- ja infratyömaiden liikkuvissa työkoneissa käytetään edelleen pääasiassa fossiilisia polttoaineita. Vuonna 2021 rakennustyömaiden kevyen polttoöljyn kulutus oli yhteensä yli 3 terawattituntia (TWh), josta asiantuntija-arvion mukaan noin 65 % aiheutui infrarakentamisesta (Laine ym. 2024). Rakennusalalla työkoneiden vuokraustoiminta on kasvussa, mikä parantaa koneiden käyttöastetta ja tarjoaa kustannustehokkaamman vaihtoehdon omistamiselle.

Päästöttömien työmaiden Green Deal -sopimusten (ks. luku 4.1.1) seuranta osoittaa, että sähköisten työkoneiden, uusiutuvan biopolttoaineen ja biometaanin käyttö on jo osittain mahdollista työmailla. Esimerkiksi Ramirentin suurissa toimipisteissä kaikki vuokrattavat polttoöljykäyttöiset työkoneet tankataan biopolttonesteellä.

#### Esimerkki työkoneiden vuokraustoiminnasta: Ramirent

Ramirentin vuokratyökoneiden valikoimaan kuuluu sähkökäyttöisiä työkoneita kuten pyöräkuormaajia (4,2 tonnia ja 1,5 tonnia), trukkeja (1,6 tonnia) sekä erilaisia henkilönostimia. Valikoimiin kuuluu kattavasti Stage V -päästoluokan koneita. Kaikki Ramirentin vuokrattavat polttoöljykäyttöiset koneet tankataan uusiutuvalla polttoöljyllä suurimmissa toimipisteissä. Ramirent tarjoaa asiakkailleen myös työkoneiden päästölaskentapalvelun.

Sähköisten työkoneiden yleistymistä hidastavat edelleen korkea hankintahinta sekä epävarmuus latausmahdollisuuksista ja todellisista elinkaarikustannuksista. Käyttökokemuksia on vielä vähän, vaikka viitteitä on siitä, että niiden käyttö- ja huoltokustannukset voivat olla polttomoottorikoneita alhaisemmat.

Työmailla vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämisen haasteena on usein lataus- ja tankkausinfrastruktuurin järjestäminen tilapäiseen käyttöön ja vaihteleviin olosuhteisiin. Yhtenä ratkaisuna tähän on liikuteltavat biokaasun tankkauskontit ja sähkölatauskontit, joiden avulla työmaille voidaan tuoda vähäpäästöistä energiaa joustavasti (Plugit 2024, Gaxnet 2023). Esimerkiksi Tukholmassa on testattu liikuteltavia sähköpikalatausyksiköitä osana päästötöntä rakennustyömaaprojektia, jossa käytettiin täyssähköisiä kaivinkoneita.

#### Maatilat

Suomen yli 40 000 maatilalla käytetään monipuolisesti työkoneita, kuten traktoreita, mönkijöitä, kaivinkoneita ja leikkuupuimureita. Myös metsätyökoneet ovat yleisiä, sillä maatilat omistavat usein metsää. Työkoneiden käyttöikä maatiloilla on usein pitkä. Esimerkiksi Työtehoseuran mukaan maatilojen

uusimman traktorin keskimääräinen käyttöikä oli 12 vuotta ja leikkuupuimurien 21 vuotta (Hulkkonen ja Kaila 2021).

Maatilojen koon kasvu vähentää tarvittavien traktoreiden ja muiden maatalouskoneiden määrää, samalla kun maatalousurakointi ja työkoneiden vuokraus on yleistynyt. Tämä kehitys nostaa työkoneiden käyttöastetta, ja urakoitsijoiden konepääomassa on usein uudemmat laitteet. Toisaalta ajomatkat voivat pidentyä ja koneiden koko kasvaa. Suomessa maatalouskoneiden vuokraus on huomattavasti harvinaisempaa kuin esimerkiksi Ruotsissa, Tanskassa tai Keski-Euroopan maissa (Hulkkonen ja Kaila 2021).

Maatilojen energiankulutus on säilynyt 15 vuoden ajan noin 9 terawattitunnin (TWh) tasolla, mutta nestemäisten polttoaineiden kulutus on kasvanut johtuen mm. tuotannon siirtymisestä kotieläintaloudesta kasvintuotantoon sekä oletettavasti myös tilojen koon kasvun myötä lisääntyneistä kuljetuksista (Kaustell ym. 2024). Moottoripolttoöljyn käytössä on ollut selvä kasvutrendi. Kulutus kasvoi noin 17 % vuodesta 2016 vuoteen 2020, jolloin kulutus lähenteli jo 2,5 terawattituntia (Kaustell ym. 2024). Pidentyneiden kuljetusetäisyyksien lisäksi kasvun taustalla on kenties myös polttoöljyn hamstraus energiakriisin vuoksi. Tilannekuva selkiytynee todennäköisesti seuraavan maatalouden rakennetutkimuksen myötä. Keinoja maatalouden nestemäisten polttoaineiden vähentämiseen ovat tuotantoprosessien muuttaminen, koneiden ja laitteiden hyötysuhteen parantaminen sekä korvaavien energianlähteiden käyttö. Maatiloilla energiatehokkuusneuvonnalla, taloudellisen ajotavan koulutuksella sekä tuotantoprosessien muutoksilla on saavutettu säästöä polttoaineen kulutuksessa. Esimerkiksi siirtyminen suorakylvöön sekä korjuujankohdan huomioiminen rehunurmen ja viljan korjuussa vähentävät energiaintensiivisyyttä.

Biokaasu tarjoaa maatalouden työkoneille merkittävän päästövähennyskeinon, kun **biometaanin** tankkaus onnistuu suoraan maatilalla esimerkiksi liikuteltavasta tankkauskontista tai työkoneiden reitillä sijaitsevalla tankkausasemalla. Biokaasulaitosten yhteydessä olevia tankkausasemia voivat hyödyntää paikallisesti alueen yritysten, maatilojen ja osuuskuntien traktorit ja muut kaasukäyttöiset ajoneuvot, jotka kuljettavat maatiloilta laitokselle orgaanisia jätteitä ja muita biomassoja. Biometaanin saatavuuden myötä polttomoottorityökoneet voidaan muuntaa kaasukäyttöisiksi asentamalla niihin lisäsäiliö biometaanille. Konversion jälkeen työkoneen käytettävyyden tulisi säilyä ennallaan, mutta muunnos ei ole aina mahdollinen – esimerkiksi jos se estää traktorin etukuormaan käytön. Lisäksi alhaiset käyttöasteet, vanhat moottorit ja tieliikenteeseen liittyvä sääntely voivat rajoittaa maatilojen työkoneiden kaasukonversioita. Maatilojen traktoreiden biokaasukonversiotuki on voimassa vuoteen 2027 asti, mutta sen hyödyntämisessä on haasteita. Tuki edellyttää, että konversion kustannukset ylittävät tietyn minimivaatimuksen, mikä voi rajata sen soveltuvuutta monille maatiloille.

### Esimerkki Tohmajärven ja Vehmaan maataloustoiminnasta ja biokaasun tuotannosta

Työkoneiden ja raskaan liikenteen päästöistä merkittävä osa syntyy maataloustoiminnasta Tohmajärvellä Pohjois-Karjalassa ja Vehmaalla Varsinais-Suomessa. Molemmissa kunnissa on 6 tilaa eli yhteensä 12 eläintilaa (sisältää sika-, broileri-, nauta-, maitotiloja). Tiloilla on muun muassa traktoreita, koneita eläinten rehun puimiseen ja puhtaanapitokoneita, sekä niillä käy 1–10 raskasta ajoneuvoa vuorokaudessa, kuten maito-, teuras- tai lieteautoja (Dnro ISAVI/841/2018 2018, 5; ISAVI/11908/2023 2024, Dnro ESAVI/6306/2017, s. 10). Tiloilla varastoidaan joitakin tuhansia litroja (keskimäärin 6–10 kuutiometriä) pääasiassa kevyttä polttoöljyä lämmitystarkoitukseen, mutta myös työkoneiden käyttöön. Vehmaalla yhdellä tilalla on biokaasulaitos, johon toimitetaan lantaa myös muilta tiloilta. Biokaasu käytetään energiantuotantoon, mutta sen jalostusta on harkittu biometaanin kysynnän parantuessa. Vehmaalla sika- ja broileritilat toimittavat lantaa Gasumin biokaasulaitokselle. Tohmajärvellä yhdelle tilalle on myönnetty ympäristölupa biokaasulaitokselle, jossa biokaasua jalostettaisiin biometaaniksi liikennekäyttöön (ISAVI/11908/2023 2024).

Haastatteluissa ja työpajoissa **työkoneiden sähköistäminen** arvioitiin biokaasua potentiaalisemmaksi päästövähennyskeinoksi maatiloilla, sillä niissä on jo usein valmiiksi sähköverkot ja hyvät sähköliittymät. Ruohonleikkureiden, moottorisahojen ja raivaussahojen sähköistyminen etenee jo markkinaehtoisesti. Lisäksi pienempiä työkoneita, kuten monitoimikoneita ja minikaivinkoneita, voidaan jo sähköistää (Söderena ym. 2024). Isompien koneiden sähköistäminen voi kuitenkin edellyttää investointeja suurempiin sähköliittymiin ja korkeatehoisiin latausratkaisuihin, jotka voivat olla maatiloille taloudellisesti raskaita ja vaikuttaa myös vakuutusehtoihin.

Sähköistystä pidettiin erityisen lupaavana vaihtoehtona eläintiloilla. Niissä sähköistämisen suurimpina haasteina pidettiin isompien sähkötyökoneiden puutetta markkinoilla sekä niiden korkeaa hintaa. Viljatililla sen sijaan työkoneiden käyttö painottuu kylvö- ja sadonkorjuusesonkeihin, jolloin sähköisten työkoneiden lataamiseen ei ole riittävästi aikaa. Suurten työkoneiden sähköistymistä rajoittavat akkujen paino ja koko, mikä tekee niiden käytön mahdottomaksi esimerkiksi peltotyökoneissa, kuten pui-mureissa. Näissä tapauksissa **uusiutuvat polttoaineet ja hybridikoneet** ovat usein käytännöllisempi ratkaisu (Pesonen ym. 2025).

Tulevaisuudessa myös **vedyllä** voi olla roolinsa maataloudessa. Esimerkiksi kannettavat sähkögeneraattorit, traktorit ja leikkuupuimurit voisivat toimia vedyllä, mikäli maatilat sijaitsevat vedyn jakeluinfrastruktuurin yhteydessä.

## Kuntien ja kaupunkien rakentaminen, kunnossapito ja jätahuolto

Suomen yli 300 kunnassa ja kaupungissa käytetään erilaisia työkoneita rakennus- ja infratyömaiden lisäksi jätahuollossa sekä katujen, pihojen ja puistojen kunnossapidossa ja korjauksessa. Espoon kaupungin arvioissa infran kunnossapidon ja korjausten päästöistä noin 40 % kytkeytyy polttoaineen kulutukseen (Espoon kaupunki 2023). Merkittävimpiä työkoneilla tehtäviä toimenpiteitä ovat katujen hoito, ylläpito ja talvikunnossapito. Työkoneiden käyttöaste vaihtelee vuosittain riippuen siitä, kuinka paljon hoitotöitä joudutaan tekemään, esimerkiksi kadunlakaisua ja lumen aurausta. Työkoneiden koko myös vaihtelee huomattavasti. Etenkin suuremmissa kaupungeissa huoltotöitä joudutaan tekemän hyvinkin ahtaissa olosuhteissa pienillä työkoneilla, ja toisaalla suuria työkoneita tarvitaan esimerkiksi teiden ja laajojen alueiden ja kenttien tehokkaaseen hoitoon.

Pieniä sähkökäyttöisiä työkoneita on jo saatavilla. Työkoneiden sähköistyminen kaupungeissa vähentää työkoneista aiheutuvia ilmanlaatuhaittoja. Työkoneiden sähköistymisen merkittävänä haasteena kunnissa ja kaupungeissa on latausasemien puute. Latausverkon tulisi olla riittävän kattava, jotta latausta voidaan suorittaa muuallakin kuin varikoilla tai työkoneiden tukikohtissa. Lisäksi työkoneiden akkukapasiteetin tulee olla työkoneissa riittävä, jotta kunnossapito ja hoitotoimet saadaan tehtyä riittävän nopeasti, esimerkiksi lumisateiden aikana kadut tulee saada puhtaiksi riittävän nopeasti. Kaupungeissa on kuitenkin mahdollista kehittää latausverkostosta riittävän kattava, jotta työkoneiden lataaminen on mahdollista työvuorojen aikana. Latausverkoston kehittämisessä on hyvä huomioida synergiat raskaan ja julkisen liikenteen ajoneuvojen latauksen kanssa.

## 3.5 Työkoneiden päästöjen vähentäminen puunkorjuutyömailla

Suomessa yli 100 000 puunkorjuukohdetta aiheuttaa vuosittain päästöjä muun muassa puunkorjuukoneista, metsänuudistuksessa käytettävistä kaivinkoneista sekä koneiden siirtokuljetuksista, jotka lisäävät raskaan liikenteen päästöjä. Metsäkoneen tyypillinen pitoaika yrityksessä on 5–6 vuotta. Puunkorjuutyömailla vähäpäästöisempien koneiden käyttöönottoa haittaa sähkön ja kaasun jakeluverkkojen puute

sekä kaluston korkeammat kustannukset ja heikko saatavuus. Uutta teknologiaa sisältävien työkoneneiden varaosien ja huollon saatavuuden epävarmuus ohjaa valitsemaan perinteisiä dieselkoneita. Lisäksi polttomoottorikoneet ovat usein yhä edullisempia vaihtoehtoja. Puunkorjuutyömailla päästövähennyskeinot ovat rajallisia.

**Energiatehokkuuden parantaminen** on keskeinen ja tärkeä keino vähentää päästöjä puunkorjuutyömailla, koska vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämismahdollisuudet ovat jakeluverkkojen ulkopuolella toistaiseksi hyvin rajalliset. Puunkorjuutyömaiden päästöjä voidaan vähentää lyhyellä aikavälillä tehostamalla korjuuta ja vähentämällä tyhjäkäyntiä. Puunkorjuutyömailla polttoaineen kulutuksessa voi olla jopa 20–50 % eroja eri kuljettajien välillä samoissa hakkuuolosuhteissa (Kärhä ym. 2024; 2023). Tästä syystä on tärkeää kouluttaa kuljettajia sekä seurata työkoneneiden polttoaineen kulutusta koneiden keräämien tietojen avulla. Myös hakkuumenetelmällä on vaikutusta energiatehokkuuteen. Energiatehokasta konetyötä on myös se, että työkoneneiden siirrot työmaalta toiselle pyritään optimoimaan. Työkonesiirrot, jotka tehdään itse työkoneneilla tai siirtoautoilla, vievät aikaa, kuluttavat energiaa ja lisäävät työkoneneoperaatioiden kokonaispäästöjä (Haavikko ym. 2019, Kärhä ym. 2023). Mitä suurempia yksittäiset työmaat ovat ja mitä enemmän yrittäjällä on työmaita odottamassa toteutusta, sitä paremmin työkoneneoperaatiot voidaan suunnitella, ketjuttaa ja toteuttaa, mikä vähentää työkoneneoperaatioiden kokonaispäästöjä.

Hybridityökoneneita sekä bio- ja sähköpolttonesteitä sekä energiatehokkuuden parantamista tarvitaan väistämättä päästövähennyskeinoina puunkorjuutyömailla metsätyökoneneissa, jotka toimivat kaukana sähköverkoista, latausinfrastruktuurista ja biokaasuasemista (Pihlatie ym. 2022; Söderena, Pihlatie ja Nylund 2024; Pesonen ym. 2025). **Hybridityökoneneet**, joita on saatavilla myös kotimaisilta valmistajilta, mahdollistavat käytännön kokemusten mukaan noin 20 prosentin polttoainesäästön. **Uusiutuvan dieselin** käyttö on yksi mahdollisuus vähentää päästöjä, mutta sen hinta on korkeampi kuin fossiilisen dieselin tai kevyen polttoöljyn. Lisäksi sen saatavuudessa on haasteita joihinkin kohteisiin.

**Sähköisiä** metsäkoneita ei ole vielä markkinoilla, ja prototyyppijä on vain yksi, eikä niiden latausta metsäolosuhteissa ole vielä ratkaistu. Liikuteltavat latausasemat tai vaihtoakkujärjestelmät voivat mahdollistaa metsätyökoneneiden sähköistämisen jatkossa. **Vetykäyttöisiä** koneita ei ole vielä saatavilla, eikä niiden kehityksestä tai tankkausmahdollisuuksista ole tietoa.



Kuva 9. Ponsse EV1 -tuotekonseptikuormatraktorissa on täysin sähkökäyttöinen voimalinja. Koneen ajovoimansiirto toimii vain akuista saatavalla energialla. Konseptikoneessa akuston lataamiseen käytetään koneen dieselmoottoria (Ponsse Oyj). Kuva: Kalle Kärhä.

ACE-hankkeen kyselyssä korostui julkisen sektorin rooli vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöönoton hinta- ja saatavuushaasteiden ratkaisemisessa jakeluverkkojen ulkopuolella (ks. kuva 10).

### Vaihtoehtoisten käyttövoimien haasteita jakeluverkkojen ulkopuolella



Kuva 10. ACE-hankkeen työpajojen osallistujat toivoivat julkiselta sektorilta tukea toimiin, joilla parannetaan vaihtoehtoisin käyttövoimiin perustuvien työkoneiden kehitystä, vähäpäästöisten polttoaineiden saatavuutta sekä madalletaan niiden hintoja.

### 3.6 Synteesi: Keskeiset ratkaisut vuoteen 2030 mennessä ja ratkaistavat haasteet

Teollisuusalueiden keskeisiä ratkaisuja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi ovat sähköistäminen virtakaapeli- ja akkutyökoneilla, hybridikoneilla sekä vähäpäästöisillä polttoaineilla. Vuoden 2030 jälkeen voivat yleistyä myös vetytyökoneet ja sähköpolttoaineet. Rakennustyömailla ja maataloilla tärkeitä ratkaisuja ovat sähköiset työkoneet, hybridikoneet, vähäpäästöiset polttoaineet ja alueellisesti biometaanin hyödyntäminen. Puunkorjuutyömailla keskeiset toimet ovat energiatehokkuuden parantaminen, hybridityökoneet sekä vähäpäästöisten polttonesteet. Liikuteltavat latausasemat voivat mahdollistaa jatkossa puunkorjuukoneiden ja rakennustyömaiden sähköistämisen.

Teollisuudessa, työkoneyrityksillä, maataloilla ja rakennustyömailla vaihtoehtoisin käyttövoimiin siirtymistä hidastavat samankaltaiset haasteet. Keskeisimpiä esteitä ovat:

- riittämätön sähköliittymä-, lataus- ja tankkausinfrastruktuuri
- vähäpäästöisten työkoneiden korkea hankintahinta verrattuna dieselkoneisiin
- uusien ratkaisujen pilotointi- ja TKI-kustannukset sekä
- epävarmuus uuden teknologian kustannuskehityksestä ja alan regulaation muutoksista

Suurimpana haasteena korostui työkoneyrityksien ja muiden toimijoiden näkökulmasta jakeluinfraan puute, joka estää sähköisiin ja kaasukäyttöisiin työkoneisiin siirtymistä sekä hidastaa niiden kysynnän kasvua.

Taulukkoon 6 on koostettu vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämispotentiaali vuoteen 2030 mennessä eri käyttöympäristöissä. Teollisuusalueilla ja kaupungeissa työkoneiden sähköistämisen mahdollisuudet ovat parhaat. Puunkorjuutyömailla, jotka sijaitsevat jakelu- ja tankkausinfraan ulkopuolella, haasteet työkoneiden päästöjen vähentämiseksi ovat suurimmat.

**Taulukko 6. Työkoneiden vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämispotentiaali vuoteen 2030 mennessä erilaisissa käyttöympäristöissä (arviointiasteikko: olematon, vähäinen, kohtalainen, hyvä)**

Työkoneen käyttövoima	Hyödyntämispotentiaali eri käyttöympäristöissä				
	Teollisuus-alueet	Rakennus-työmaat	Kunnat	Maatilat	Puunkorjuu-työmaat
Hybridi	Vähäinen - hyvä	Vähäinen - hyvä	Vähäinen - hyvä	Vähäinen - hyvä	Vähäinen - kohtalainen
Sähkö	Kohtalainen – hyvä	Olematon – kohtalainen	Kohtalainen – hyvä	Vähäinen – kohtalainen	Olematon - vähäinen
Biopolttonesteet	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen - kohtalainen
Biometaani	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen - kohtalainen	Olematon - vähäinen	Olematon
Vety ja sähköpolttoaineet	Olematon – vähäinen	Olematon - vähäinen	Olematon	Olematon	Olematon

## 4. Tilannekuva: nykyiset ja tulossa olevat ohjauskeinot

Työkonealan nykyiset ja tulossa olevat ohjauskeinot, kuten TKI-toiminnan tuet, uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitteet, fossiilisten polttoaineiden päästökauppa sekä traktorien biokaasukonversioiden tuki eivät tarjoa riittäviä kannusteita puhtaan siirtymän edistämiseksi ja vaihtoehtoisten käyttövoimien skaalaamiseksi.

### 4.1 Nykyiset ja tulossa olevat ohjauskeinot työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi

Nykyisiin ohjauskeinoihin kuuluvat muun muassa TKI-tuet, uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitteet ja traktorien biokaasukonversioiden tuki. Lisäksi vapaaehtoiset green deal -sitoumukset ovat tarjonneet informaatio-ohjausta päästövähennysten edistämiseksi. Sitoumusten vaikutus on jäänyt kuitenkin rajalliseksi, sillä niitä ei ole kytketty kansallisiin ilmastovelvoitteisiin eikä investointitukiin tai muihin taloudellisiin kannustimiin.

Nykyinen keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma KAISU (Ympäristöministeriö 2022) sisältää joitakin toimenpiteitä työkoneiden päästöjen vähentämiseksi, kuten kevyen polttoöljyn bio-osuuden jakeluelvoitteen nostamisen, koulutuksen tarjoamisen ja energiasisältöveron korotuksen. Mainittuna on myös TYKO-mallin uudistus työkonealan päästölaskennan kehittämiseksi.

#### Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman KAISU:n toimenpiteitä työkoneiden päästöjen vähentämiseksi

(Ympäristöministeriö 2022)

- Lämmityspolttoaineiden energiasisältöveron korotus 2,7 euroa/MWh vuoden 2021 alusta.
- Kevyen polttoöljyn bio-osuuden jakeluelvoitteen nostaminen 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.
- Green dealien ylläpito ja laajentaminen. Erityisesti uusien koneluokkien lisääminen työkonealan green dealiin sekä uusien toimijatahojen liittyminen päästöttömien työmaiden green dealiin.
- TYKO-päästömallin uudistaminen siten, että se mahdollistaa vaikutusten tarkastelun uusien taloudellisten ohjausmekanismien ja uusien voimanlähteiden osalta.
- Työkonekoulutusprojektin laajentaminen ja työkoneosaamisen parantaminen Suomessa. Työkoneiden taloudellisella ajotavalla on tunnistettu olevan suuri vaikutus päästöihin ja kuljettajien välillä on jopa kertaluokkaa olevia eroja. Lisäksi koulutuksella pyritään edistämään hankintavastaavien tietämystä, koska julkisten hankintojen kilpailutuksen yhteydessä on

mahdollisuus valita vähäpäästöisiä työkoneita. Motiva on toteuttanut koulutuskokonaisuuden ympäristöministeriön rahoituksella. Koulutuskokonaisuutta valmisteltaessa tunnistettiin, että kyseessä on prosessi, jossa koulutuksen sisältöä tulee päivittää ja laajentaa sektorin kehittyessä.

- Selvitetään mahdollisuutta ottaa käyttöön sähkö- ja biometaanikäyttöisten traktorien ja muiden työkoneiden hankintatuki.
- Suomi pyrkii vaikuttamaan Stage-asetuksen (2016/1628) kehitykseen niin, että siihen sisällytettäisiin myös CO<sub>2</sub>-päästöt.
- Tieliikenteen ja rakennusten lämmityksen EU-tasoisin päästökauppajärjestelmän käyttöönotto.

## Taloudelliset ohjaukeinot

**EU:n TKI- ja tukirahoitus.** Useista EU:n rahoituslähteistä voi hakea rahoitusta tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan sekä tukea investointeihin ja viennin edistämiseen. Rahoitusinstrumentteja ovat muun muassa tutkimuksen ja innovaatioiden tukiohjelma Horizon Europe (European Commission 2024c; European Commission: Directorate-General for Research and Innovation 2021), Euroopan innovaationeuvoston (EIC) myöntämä sijoitusrahoitus (European Commission 2024a; 2024b) sekä sijoitus- ja lainarahoitusohjelma InvestEU (EU 2024; European Commission 2024d).

**Pienet ja keskisuuret yritykset** voivat hakea **kehittämisyavustusta EU:n alue- ja rakennepolitiikan ohjelmien rakennerahastoista**, jos hankkeella arvioidaan olevan merkittävä vaikutus yrityksen TKI-toimintaan (TEM 2022). Avustusten myöntämistä rajaavat alueelliset yritysrahoitusstrategiat ja -linjaukset.

**Business Finlandin TKI-tuet.** Business Finland myöntää rahoitusta muun muassa pk-, midcap- ja suurille yrityksille tutkimukseen, kehitykseen ja pilotointiin avustusten ja lainojen muodossa (Business Finland 2024). Lainan osuus projektin kokonaiskustannuksista kattaa yleensä enintään puolet, mutta voi olla perustelluista syistä jopa 70 %. Tutkimus-, kehitys- ja pilotointirahoituksen kohteita ei ole rajattu, vaan rahoitusta voi hakea mille tahansa yrityssektorille.

**TKI-toiminnan kustannusten verovähennykset.** Yritys voi tietyin ehdoin vähentää TKI-toiminnan kustannuksia verotuksessaan, esimerkiksi työkoneiden kehittämisestä aiheutuneita kuluja, kun niihin ei ole myönnetty suoraa valtiontukea tai muuta julkista rahoitusta. Laissa tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoihin perustuvista lisävähennyksistä verotuksessa (1298/2022) säädetään, että yritys voi hakea oman T&K-toimintansa menoista (kuten palkoista ja ostopalveluista) lisäverovähennyksiä. Vähennysten määrä on:

- Yleinen lisävähennys: 50 %
- Ylimääräinen lisävähennys: 45 %
- Enimmäismäärä vähennyskelpoisille kuluille on 500 000 euroa.

Laissa tutkimus- ja kehittämistoiminnan lisävähennyksestä (1078/2020) puolestaan määrätään, että tutkimus- tai tiedonlevittämisorganisaation kanssa yhteistyössä toteutettu T&K-toiminta oikeuttaa yrityksen verovähennykseen verovuosina 2021–2027. Tällöin vähennystä voi saada alihankintalaskusta enintään 500 000 euron osalta.

Maatiloilla ja urakointiliiketoiminnassa verovähennykset eivät useinkaan toimi riittävänä kannusteena, koska niissä usein suurin haaste on ensin kasvattaa tulostasoa. Vasta sen jälkeen verovähennyksiä voidaan hyödyntää. Investoinnit uuteen teknologiaan saattavat lyhyellä aikavälillä heikentää tuloksentekeyttä, mikä vaikeuttaa verovähennysmahdollisuuksien hyödyntämistä.

**Investointituki traktoreiden biokaasukonversioille.** Traktoreiden käyttövoimamuutokseen biometaanikäyttöiseksi voi saada maatalouden inventointitukea nykyisen CAP-kauden puitteissa (Traficom

2022; Ympäristöministeriö 2022). Tukea ei ole juurikaan haettu, koska konversion kustannukset ovat varsin alhaiset ja biokaasun saatavuus maataloille on heikkoa.

**Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä** (418/2019) (Valtioneuvosto 2022b) on velvoittanut lisäämään biopolttoaineita kevyen polttoöljyn ja dieselin sekaan vuodesta 2021 alkaen erityisesti vaikeasti sähköistettävien työkoneiden päästöjen vähentämiseksi (Ilmastovuosikertomus 2022). Nykyisen tiedon mukaan Orpon hallitus ei ole toimeenpanemassa vuoden 2022 KAISU:ssa asetettua tavoitetta korottaa kevyen polttoöljyn bio-osuus 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.

**Lakia uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä** (446/2007), (Finlex 2007) on heikennetty Orpon hallituksen toimesta (TEM 2024) muun muassa jakeluvuoroitetasoja laskemalla, seuraamusmaksutasoja alentamalla ja joustomekanismeilla. Sähköpolttoaineille asetetaan vähimmäisosuusvelvoite vuosille 2028–2030. Monia työkoneita tankataan tieliikenteen huoltoasemilla, joten jakeluvuoroituksen heikennys vähentää uusiutuvien polttoaineiden käyttöä työkoneissa esimerkiksi kaupunkien ylläpidossa ja jätehuollossa sekä infra- ja rakennustyömailla.

Nestemäisten **polttoaineiden energia- ja hiilidioksidiverot**. Hiilidioksidiverojen tasot ovat pysyneet pitkään samalla tasolla tai niitä on alennettu. Esimerkiksi kevyen polttoöljyn hiilidioksidivero on 16,90 senttiä/litra ja dieselöljyn 19,78 senttiä/litra (Vero 2024c). Energiaintensiiviset yritykset ja maatilat voivat saada muun muassa **polttoöljyn osalta hiilidioksidiveroista palautuksia** (Vero 2024b; 2024a). Biokaasun energiaverotusta on muutettu, mutta muutos ei koske hiilidioksidiveroa (Valtioneuvosto 2022a).

**F-kaasusetus (EU) 2024/573** velvoittaa maatalous-, kaivos- ja rakennustoiminnassa käytettävien liikkuvien työkoneiden haltijoilta ja valmistajilta ilmastointilaitteiden tarkistamista vuotojen varalta 12.3.2027 alkaen.

**EU:n fossiilisen polttoaineen jakelun päästökaupan (ETS2)** on tarkoitus tulla voimaan vuonna 2027, jolloin polttoaineiden toimittajat ovat velvollisia hankkimaan päästöoikeuksia kattamaan polttoaineiden käytöstä aiheutuvat päästöt (Työ- ja elinkeinoministeriö 20023). ETS2 kohdistaa hintaohjauksen myös työkoneissa käytettävien polttoaineiden hiilidioksidipäästöihin. ETS2:n arvioidaan vähentävän fossiilisten polttoaineiden päästöjä EU:ssa 42 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Kaikki päästöoikeudet huutokaupataan ja tulot kanavoitetaan sosiaaliseen ilmastorahastoon, joka tukee haavoittuvassa asemassa olevia kansalaisia ja mikroyrityksiä. Suomen osalta vaikutus päästövähennyksiin riippuu ETS2:n kansallisesta implementoinnista. Hallituksen esityksen mukaan (Valtioneuvosto 2024) laki koskisi polttoaineita monilla toimialoilla, kuten maa- ja metsätaloudessa, teollisuudessa, kaupan alalla ja julkisella sektorilla. Ehdotettua lakia ei sovellettaisi puolustusvoimien, raideliikenteen tai kaupallisen vesiliikenteen käyttöön erillisjauhtuihin polttoaineisiin eikä lentopetroltiin ja lentobensiiniin.

## Informaatio-ohjaukseen perustuvat ohjauskeinot

**Green deal -sopimukset.** Päästöttömät työmaat green deal (2020–2030) ja Työkonealan green deal (2019–2025) edistävät työkonekannan sähköistämistä sekä vähäpäästöisten koneiden kysyntää ja tarjontaa informaatio-ohjauksella. Ympäristöministeriön ja Teknisen Kaupan Liitto ry:n solmimilla green dealeilla on pyritty vähentämään työkoneiden käytöstä aiheutuvia ja käyttäjäriippuvaisia päästöjä edistämällä mm. vähäpäästöisten työkoneiden tarjontaa, informaatiota ja koulutusta. Green deal -sitoumuskokonaisuutta kehitetään ja mukaan pyritään saamaan uusia koneluokkia ja toimijoita.

## Työkonealan green deal

(Valtioneuvoston kanslia 2025)

Sitoumuksella pyritään edistämään:

- täyssähkökäyttöisten vastapainotrukkien yleistymistä siten, että niiden osuus vuosittain toimitetuista vastapainotrukeista kasvaa vähintään 65 prosenttiin vuoden 2022 loppuun mennessä ja vähintään 70 prosenttiin vuoden 2025 loppuun mennessä
- täyssähkökäyttöisten nostinten yleistymistä siten, että niiden osuus vuokratilustosta kasvaa vähintään 80 prosenttiin vuoden 2022 loppuun mennessä ja vähintään 90 prosenttiin vuoden 2025 loppuun mennessä
- täyssähkökäyttöisten pyöräkuormaajien yleistymistä siten, että niiden osuus vuosittain toimitetuista pyöräkuormaajista kasvaa vähintään 5 prosenttiin vuoden 2025 loppuun mennessä
- työkoneiden aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen vähentämistä muilla sopimukseen sisältyvillä toimenpiteillä (esimerkiksi osaamisen kehittäminen asiakastoimialoilla)

Työkonealan green deal -sitoumuksen tehneet yritykset ovat: N Rent, Volvo Construction Equipment, HRK-Konevuokraamot, Lujatalo, Minikone, Wihuri Oy Tekninen kauppa, Toyota Material Handling Finland, Talhu, Simeri, Vatupassi Törmälä, Skanska Rental, Ramirent Finland, Cramo Finland, Renta, Logisnext Finland ja Hautala Service.

Parhailtaan päästöttömien työmaiden sopimusta (ks. alla) laaditaan uudelle viisivuotiskaudelle, jossa tavoitteita korotetaan ja lisätään.

## Päästöttömät työmaat green deal

(Valtioneuvoston kanslia 2025)

Sitoumuksen tavoitteet vuoden 2025 loppuun mennessä hankintayksiköille:

- työmaat ovat fossiilivapaita
- työmailla käytettävistä työkoneista, sekä työmaiden sisäisissä kuljetuksissa käytettävistä ajoneuvoista 100 % toimii fossiilivapailla polttoaineilla, joista lisäksi vähintään 20 % toimii sähköllä, biometaanilla tai vedyllä.

Sitoumuksen tavoitteet vuoden 2030 loppuun mennessä hankintayksiköille: työmailla käytettävistä työkoneista sekä työmaiden sisäisissä kuljetuksissa ja kuljetuksissa työmaille ja työmailta käytettävistä ajoneuvoista 100 % toimii fossiilivapailla polttoaineilla, joista lisäksi vähintään 50 % toimii sähköllä, biometaanilla tai vedyllä.

Päästöttömät työmaat -sitoumuksen ovat tehneet Helen, Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne, Väylävirasto, Espoon kaupunki, Vantaan kaupunki, HSY, Helsingin kaupunki, Turun kaupunki ja Senaatti-kiinteistöt.

Green deal -sitoumusten tavoitteita on saavutettu (Ympäristöministeriö 2024a), mutta niitä ei ole kytetty kansallisiin ilmastovelvoitteisiin tai päästöseurantaan. Päästöttömät työmaat -green dealin väliarviossa todetaan, että sitoumuksen tavoitteet (20 % työkoneista toimisi sähköllä, vedyllä tai biometaanilla vuonna 2025 ja vastaavasti 50 % vuonna 2030) näyttävät haastavilta, johtuen kaluston heikosta saataavuudesta ja kustannuksista. Sopimuskumppanit pitävät erityisesti 50 %:n tavoitetta epävarmana. Osalla kumppaneista vuoden 2025 tavoitteet toteutuvat jo osittain (Björk 2023).

Myös tuoreessa **kiertotalouden green dealissä** on toimenpiteitä, joita voi soveltaa työkonealan puhtaaseen siirtymään. Toimenpiteissä on myös mainittu erikseen työkoneiden sähköistymisen vauhdittaminen (Ympäristöministeriö 2024a).

**Julkiset hankinnat.** Kunnat, kaupungit ja muut julkiset hankintayksiköt voivat vähentää työkoneiden päästöjä hyödyntämällä hankintojen ja rakennusurakoiden kilpailuskriteerejä. Näillä kriteereillä voidaan luoda kannustimia ja kompensoida hintaeroja, mikä edistää urakoitsijoiden työkonekannan uusiutumista ja lisää varmuutta vähäpäästöisten työkoneiden hankintojen kannattavuudesta. Kriteereitä on kehitetty muun muassa osana green deal -toimintaa (ks. edellä) ja lisätty Motivan Kriteeripankkiin (Motiva 2025). Lisäksi valtioneuvosto valmistelee **periaatepäätöstä ekologisten tavoitteiden asettamiseksi julkisille hankinnoille** vuoteen 2035 mennessä. Tämä päätös, joka on laadittu laajassa sidosryhmäyhteistyössä, tulee asettamaan kansalliset tavoitteet merkittävimmille hankintakategorioille hiilijalanjäljen ja luontojalanjäljen pienentämiseksi sekä kiertotalouden edistämiseksi. Valmistelussa on käsitelty myös työkoneita koskevia tavoitteita. Periaatepäätös on tarkoitus julkaista vuonna 2025.

Rakentamisen ilmastovaikutusten sääntelyä on kehitetty viime vuosina sekä EU:ssa että Suomessa. **Uusi rakentamislaki** (751/2023) astui voimaan vuoden 2025 alusta velvoittaen rakennuttajat laatimaan ilmastaselvityksen 1.1.2026 alkaen ja asettaen tietyille uusille rakennuksille kasvihuonekaasupäästöjen raja-arvot (Ympäristöministeriö 2024d). Asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta (1027/2024) hyväksyttiin vuoden 2024 lopussa. Asetus uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvoista on tämän raportin kirjoitushetkellä vielä valmistelussa. Ilmastaselvitysvelvoite koskee useimpia rakennustyyppisiä, mutta ei korjausrakentamisen hankkeita. Ilmastaselvitykseen sisältyvä elinkaaristen ilmastovaikutusten arviointi koskee myös työmaatoimintoja, jotka liittyvät rakentamiseen, rakennustuotteiden vaihtamiseen ja rakennuksen elinkaaren lopulla tapahtuvaan purkamiseen. Infrarakentamiseen ei tällä hetkellä kohdistu vastaavaa sääntelyä. Vaikka infrarakentamiseen ei vielä sovelleta sääntelyä, allalla on käynnistetty vähähiilisuuden arviointikäytäntöjä (Väylävirasto 2023).

**Kestävyysraportointidirektiivi.** Euroopan Unionin yritysten kestävyysraportointidirektiivi (Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD) edellyttää suurilta yrityksiltä 2024–2025 alkaen ja pk-pörssiyrityksiltä 2026–2028 alkaen kattavaa kestävyysraportointia ml. kasvihuonekaasupäästöt (EU 2022). Mikäli työkoneiden päästöt ovat yrityksessä merkittävät, ne tulee jatkossa arvioida ja raportoida.

## 4.2 Työkonealaa koskevat ohjauskeinot, joista kasvihuonekaasupäästöt on rajattu pois

Saastuttavien päästöjen vähentämiseksi on käytössä useita ohjauskeinoja, jotka eivät kuitenkaan kohdistu työkoneiden kasvihuonekaasupäästöihin. Esimerkiksi EU:n työkoneille asettamat päästöstandardit sekä kansalliset verohelpotukset uusien työkoneiden hankintaan eivät huomioi kasvihuonekaasupäästöjä.

EU on asettanut päästövaatimuksia EU-alueelle myydyille työkonemoottoreille. Moottorien luokitus riippuu käyttövoimasta ja tehokkuudesta. **Stage-luokitus** koskee seuraavia päästöjä: häikä, hiilivedyt, typen oksidit, pienhiukkaset ja ammoniakkipäästöt. Uusin luokitus, Stage V, on tullut voimaan vuosina 2019–2020. Stage-luokituksia ohjaa asetus (EU) 2016/1628.

**Uusien työkoneiden hankintaa tuetaan koneiden ja laitteiden korotetulla poistolla**, joka mahdollistaa vuosina 2020–2025 hankitun uuden koneen, kaluston tai muun sellaisen hankintamenosta tehtävän poiston olevan enintään 50 % koneen tai laitteen poistamatta olevasta hankintamenosta (Vero 2023). Korotettu poisto koskee myös dieselyökonkeitä, joten se ei nyky muodossaan edistä vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöönottoa.

### 4.3 Puhtaan siirtymän ohjauskeinot, joista työkoneet on rajattu pois

Saastuttavien päästöjen vähentämiseksi on olemassa useita vaikuttavia ohjauskeinoja, joista työkoneet on jätetty ulkopuolelle. Näihin kuuluvat esimerkiksi teollisuuden puhtaan siirtymän investointeihin suunnattu verohyvitys sekä raskaan liikenteen latausinfrastruktuurin ja hankintojen tuet. Nämä rajaukset kaventavat työkonealan mahdollisuuksia vähentää päästöjään ja siirtyä puhtaampiin teknologioihin.

**Verohyvitys suurille puhtaan siirtymän investoinneille** ei koske työkonehankintoja eikä niiden vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuurin kehittämistä (Business Finland 2024).

**EU:n sähkölataus- ja vetytankkausasemien rakentamisvelvoite.** EU:n Green Dealin myötä valmistellaan sähkön ja vedyn jakeluinfrastruktuurin rakentamisvelvoitetta henkilö- ja raskaalle liikenteelle, laivaliikenteelle ja ilma-aluksille. Tämä velvoite perustuu Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR) -asetukseen (EU 2023/1804), joka säätelee vaihtoehtoisten käyttövoimien infrastruktuurin käyttöönottoa. AFIR-asetuksen mukaisesti raskaalle liikenteelle on varmistettava riittävä määrä lataus- ja vetytankkausasemia TEN-T-teiden varsille ja kaupunkien solmukohtiin vuoden 2030 loppuun mennessä. Lisäksi TEN-T-tieverkoston varrelle on rakennettava tietty määrä sähkölatausasemia raskaille sähköajoneuvoille jo vuoden 2025 lopussa. Kaupunkien solmukohtiksi on määritelty Suomen seitsemän suurinta kaupunkia eli Helsinki, Jyväskylä, Kuopio, Lahti, Oulu, Tampere ja Turku (Traficom 2024) joissa tulee olla vuoden 2025 loppuun mennessä riittävästi latauspisteitä raskaille sähkökäyttöisille hyötyajoneuvoille. Asetus ei kuitenkaan huomioi työkoneita. Kaupunkien ja satamien lataus- ja tankkausasemat voivat hyödyttää myös työkoneita tietyin reunaehdoin.

Raskaan liikenteen uudistumisesta on tuettu **vähäpäästöisten ajoneuvojen hankintatuella koskien uusia kuorma-autoja**, joiden käyttövoimana on sähkö, vety tai niiden yhdistelmä tai pääasiallisesti kaasu (Traficom 2024b). Hankintatukea oli mahdollista hakea 31.12.2024 asti. Tuki ei ulottunut työkooneisiin.

Vielä ei ole tiedossa, miten tuleva EU-ohjaus tulee vaikuttamaan työkonealaan. EU:n komissio keskittyy kaudella 2024–2029 Green Dealin toimeenpanoon tukemalla teollisuuden siirtymää kohti puhtaampia ratkaisuja. Komissio on sitoutunut ehdottamaan EU:n vuoden 2040 ilmastotavoitteeksi kasvihuonekaasujen nettopäästöjen vähentämistä 90 prosentilla verrattuna vuoden 1990 tasoon sekä valmistelemaan uutta lakia, joka vauhdittaisi teollisuuden vihreää siirtymää edistämällä investointeja, puhtaan teknologian kehittämistä ja nopeuttamalla lupaprosesseja (von der Leyen 2024).

### 4.4 Johtopäätökset

Nykyinen ohjauskeinokokonaisuus ei riittävästi tue työkonesektorin siirtymää vähäpäästöisiin ratkaisuihin. Ohjauskeinot keskittyvät pääasiassa polttoaineiden hintaohjaukseen ja työkonealan informaatio-ohjaukseen, jotka eivät luo riittäviä kannustimia vaihtoehtoisten käyttövoimien laajamittaiselle käyttöönotolle. Lisäksi ohjauskeinot kohdistuvat epätasaisesti työkoneiden arvoketjuihin (taulukko 7).

**Taulukko 7. Nykyisten ohjauskeinojen kohdistuminen arvoketjuihin**

Nykyiset ohjauskeinot	Työkoneiden valmistajat / vientiyrietykset	Työkoneiden maahantuojat ja vuokraajat	Suurten teollisuus-alueiden yritykset	Pk-yritykset, maatilat, julkiset hankintayksiköt	Puunkorjuu-urakoitsijat
EU:n TKI-rahoitus	x		x	x	x
Business Finlandin rahoitus	x	x (osittain)	x	x	x
EU:n rakennerahastojen kehittämisavustukset pk-yrityksille	x (osittain)	x (osittain)		x (osittain)	x (osittain)
TKI-toiminnan verovähennykset yrityksille	x	x (osittain)	x	x (osittain)	x (osittain)
Investointituki traktoreiden biokaasukonversioille				x (maatilat)	
Green deal -sitoumukset		x (osittain)		x (osittain)	
Biopolttoöljyn jakeluelvoite			x	x	x
Uusiutuvan polttoaineen jakeluelvoite			x (osittain)	x (osittain)	x (osittain)
Polttoaineiden hiilidioksidiverot			x (osittain)	x (osittain)	x (osittain)

Vähä- ja nollapäästöisten käyttövoimien laajamittaiseen käyttöönottoon tarvittavat tukitoimet ja kannustimet ovat puutteellisia. Esimerkiksi tieliikenteen lataus- ja tankkausinfra- sekä hankintatuet eivät koske työkoneita, vaikka synergioiden huomioiminen voisi merkittävästi edistää sähkö-, kaasu- ja hybridityökoneiden käyttöönottoa erityisesti teollisuusalueilla ja kaupungeissa. Työkoneiden huomioiminen infrastruktuuri-, demonstraatio- ja hankintatukien kehittämisessä on ratkaisevan tärkeää. Samalla voidaan vahvistaa työkoneiden käyttäjien kilpailukykyä ja siirtymää kohti puhtaampia teknologioita sekä edistää työkoneiden valmistajien ja niiden arvoketjuissa toimivien yritysten vientiä.

# 5. Poliittikatoimien vaikuttavuuden, hyväksyttävyyden ja kustannusten arviointi

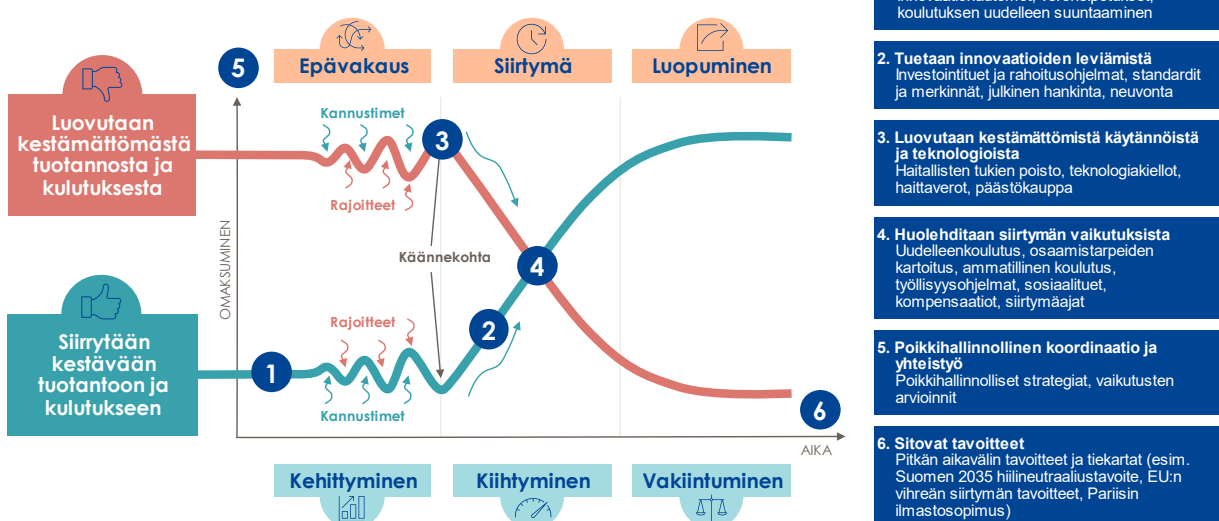
Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä on perusteltua vauhdittaa uusilla ohjauskeinoilla. Yritysten näkökulmasta vaikuttavimpia ja hyväksyttävimpiä ohjauskeinoja työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi ovat esimerkiksi infra-, hankinta- ja demonstraatiotuet sekä päästöstandardit.

## 5.1 Poliittikapakettien ohjauskeinojen kehitysehdotukset

Kehitettäviä ohjauskeinoja kuvataan kestävyys siirtymän poliittikakehikon (ks. kuva 11) mukaisesti siten, että poliittikapakettiin sisältyy keinoja jokaisesta kuudesta toimenpidetyypistä (Kanger, Sovacool ja Noorköiv 2020), joita tarvitaan puhtaan siirtymän edistämiseksi:

1. kannustetaan uusien innovaatioiden syntyä
2. tuetaan kestävien ratkaisujen leviämistä
3. luovutaan saastuttavista käytännöistä ja teknologioista
4. huolehditaan siirtymän aiheuttamista haitallisista vaikutuksista
5. vahvistetaan poikkialinnollista koordinaatiota ja toimialarajat ylittävää yhteistyötä
6. asetetaan sitovia tavoitteita.

### Puhdasta siirtymää tukeva politiikka



Kuva 11. Kestävyys siirtymien toteuttaminen edellyttää johdonmukaista ja kokonaisvaltaista poliittikakokonaisuutta, jossa skaalataan puhtaita käyttövoimia samalla kun fossiilisten polttoaineiden käyttöä ajetaan alas.

Työkonesektorilla on tarpeen ottaa käyttöön vaihtoehtoisia käyttövoimia tukevia sekä toimijoiden pääoma- että käyttökuluihin vaikuttavia toimia, joita ovat muun muassa vähäpäästöisten työkoneiden hankintatuki, vaihtoehtoisten käyttövoimien infratuki ja fossiilisten käyttövoimajakeiden hinnan nostaminen suhteessa vaihtoehtoisiin käyttövoimiin (Pihlatie ym. 2022).

## Ohjaukset uusien innovaatioiden synnyttämiseksi (1)

### **Innovaatio- ja TKI-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi**

Business Finlandin ja muiden rahoittajien jakama rahoitus edistää nykyisin yksittäisiä, pistemäisiä ja määräaikaista kehityshankkeita. Esimerkiksi alan kasvua ja uudistumista tuetaan Suomessa parhaillaan mm. määräaikaista rahoituksen turvin SIX Mobile Machines -klusterissa, joka edistää työkoneiden sähköistystä sekä jalkauttaa kansallisia Akkustrategia 2025 ja Tekoäly 4.0 -strategioita (SIX Sustainable Industry X 2024). Lyhytjänteisen rahoituksen puitteissa osajien rekrytointi ja pitäminen TKI-hankkeissa on vaikeaa sekä aikaa vievien tuotekehityshankkeiden toteutus on yrityksille haastavaa. Esimerkiksi sähköisten koneiden kehitys vaatii merkittäviä investointeja tutkimukseen, aikaa tuotekehitykseen, pilotointia ja koulutusta, jotta toimialan tarvitsemat kyvykkyydet kehittyvät (SIX Mobile Work Machines -klusteri 2024). Pitkäjänteinen rahoitus tukisi yliopistojen strategista erikoistumista ja koulutuksen kehittämistä sekä suomalaisten työkonevalmistajien teknologiajohtajuutta.

### **TKI-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa**

Nykyisin päästövähennysratkaisujen saatavuus sähköverkkojen ja biometaanin jakeluasemien ulkopuolisiin kohteisiin on hyvin heikolla tasolla. Energiatohokkuuden parantamisella ja hybridityökoneilla voidaan vähentää dieselin kulutusta noin viidenneksellä, mutta dieselin korvaaminen esimerkiksi biopolttoaineella (kuten Neste MY-diesel) koettiin teollisuustoimijoiden keskuudessa kalliiksi ja päästöhyötyjen kannalta epävarmaksi ratkaisuksi. Puunkorjuutyömaille ja osittain peltotöihin tarvittaisiin sellaisia vaihtoehtoisia käyttövoimiin perustuvia työkoneita sekä bio- ja sähköpolttonesteitä, jotka aidosti mahdollistavat dieselin käytön korvaamisen vuoden 2030 jälkeen. Toimijoiden näkökulmasta tämä edellyttäisi nyt merkittäviä panostuksia TKI-toimintaan erityisesti sähköpolttonesteiden tuotannon, polttokenokoneiden, hybriditeknikan sekä vaihtoakkuosovellusten kehittämiseksi, jotta vaihtoehtoja syntyisi markkinoille seuraavan vuosikymmenen kuluessa. TKI-tuen kanavointi haastaviin päästövähennyskohteisiin on myös siirtymän haitallisten vaikutusten kompensointia, sillä metsä- ja peltotöiden tekijät joutuvat muutoin enenevässä määrin maksamaan päästökustannuksia ja kärsimään mainehaitoista tilanteessa, jossa fossiilisten polttoaineiden käyttöä ei voida lopettaa vaihtoehtoisten ratkaisujen puuttuessa.

## Ohjaukset kestävien ratkaisujen levittämiseksi (2)

### **Sähköverkko-, sähkölataus-, biometaan- ja vetytankkausinfrastruktuurin tukeminen**

Teollisuuden näkökulmasta sähköverkko- ja sähkölatausinfrastruktuurin kehittäminen on keskeinen edellytys sähköisiin työkoneisiin siirtymiselle. Nykyisin sähkökaluston hyödyntäminen vaatii usein merkittäviä investointeja paikalliseen sähköjakelu- ja latausinfrastruktuuriin. Raskaita, virtakaapelikytkennällä toimivia työkoneita voitaisiin ottaa laajemmin käyttöön, jos sähköinfrastruktuuri mahdollistaisi sen. Näiden koneiden saatavuus on jo hyvä, mutta käyttöä rajoittaa riittämätön sähkönsyöttöinfrastruktuuri. Esimerkiksi satamissa ja muilla teollisuusalueilla sähkönsyöttö- ja latausinfrastruktuurin rakentaminen edellyttää usein sähköliittymän suurentamista. Investoinnit ovat monesti haastavia, sillä infrastruktuurin omistajuus on hajautunut. Esimerkiksi joissakin satamissa infran omistaa kunnallinen

satamalaitos tai teollisuuslaitos, kun puolestaan työkoneiden käyttäjä on usein ulkopuolinen urakoitsija tai yritysasiakas. Tämä rakenteellinen ongelma johtaa tilanteeseen, jossa sähköinfran kehittäminen ei ole asiakkaan kannalta taloudellisesti perusteltua, ja investoinnit kääntyvät edelleen dieselkäyttöisiin koneisiin. Samanlainen haaste koskee monia teollisuuspuistoja, joissa infran omistaa eri taho kuin alueella sähköä käyttävät yritykset. Julkinen tuki voisi merkittävästi edistää sähköverkkoon, virtakaapelikoneiden syöttöpisteisiin ja sähköakkukoneiden latausinfraan tehtäviä investointeja. Kohtuullisillakin valtion avustuksilla voitaisiin saada investointeja liikkeelle ja madaltaa sähköisten työkoneiden käyttöönoton kynnystä. Toimiva latausverkko tukisi myös sähköisten kuorma-autojen yleistymistä sitä mukaa, kun kaluston saatavuus paranee ja kustannukset laskevat. Tämä edistäisi myös puunkorjuusta aiheutuvien päästöjen vähentämistä, sillä työkoneiden siirtokuljetukset muodostavat merkittävän osan puunkorjuun kokonaispäästöistä. Esimerkiksi Ruotsissa valtion avustukset latauspisteiden rakentamiseen yritysten omille alueille ovat vähentäneet sähkökaluston hankinnan aloituskustannuksia. Vastaavat tukitoimet Suomessa voisivat vauhdittaa vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöönottoa. Vedyn tuotantopisteiden ja jakeluasemien kannattavuus teollisuusalueilla riippuu niiden monikäyttöisyydestä ja volyymistä: niiden tulisi palvella sekä teollisuusprosesseja, raskasta liikennettä että työkoneita.

EU:n Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR)-asetus voi tietysti edellytyksin edistää työkoneiden puhdasta siirtymää erityisesti satamissa ja kaupunkien solmukohtissa. Tämä edellyttäisi sähkönsuurteholatauspisteiden ja vedyn jakeluasemien rakentamista siten, että myös työkoneet voisivat hyödyntää niitä. Lataus- ja tankkauspisteiden tulisi sijaita logistisesti järkevissä paikoissa, kuten työkoneiden varikkopaikkojen, konehallien sekä logistiikka- ja kalustoterminaalien yhteydessä. Näiden sijoitteluratkaisujen toteuttaminen voi kuitenkin olla monilla alueilla haastavaa. AFIR-asetus ei tue työkoneiden sähköistämistä esimerkiksi teollisuusalueilla, maataloilla tai TEN-T-verkoston ulkopuolisilla alueilla (ks. kuva 12). Työkoneiden näkökulmasta lataus- ja tankkausinfrastruktuurin kehittämistä tulisi laajentaa huomattavasti asetuksen kattamaa aluetta laajemmalle.

Työkoneet olisi hyvä huomioida paremmin liikenne- ja viestintäministeriön jakeluinfraohjelmassa sekä Liikenne 12 -suunnitelmassa liittyen esimerkiksi satamiin. Jakeluinfraohjelmalla voidaan edistää ajoneuvojen ja työkoneiden latauksen ja tankkauksen synergioita muun muassa logistiikkakeskuksissa ja suurissa teollisuuskeskityksissä. Liikenteen jakeluinfraa tuetaan EU-tasolla esimerkiksi CEF-rahoituksella ja kansallisesti esimerkiksi Energiaviraston myöntämällä infratuella.

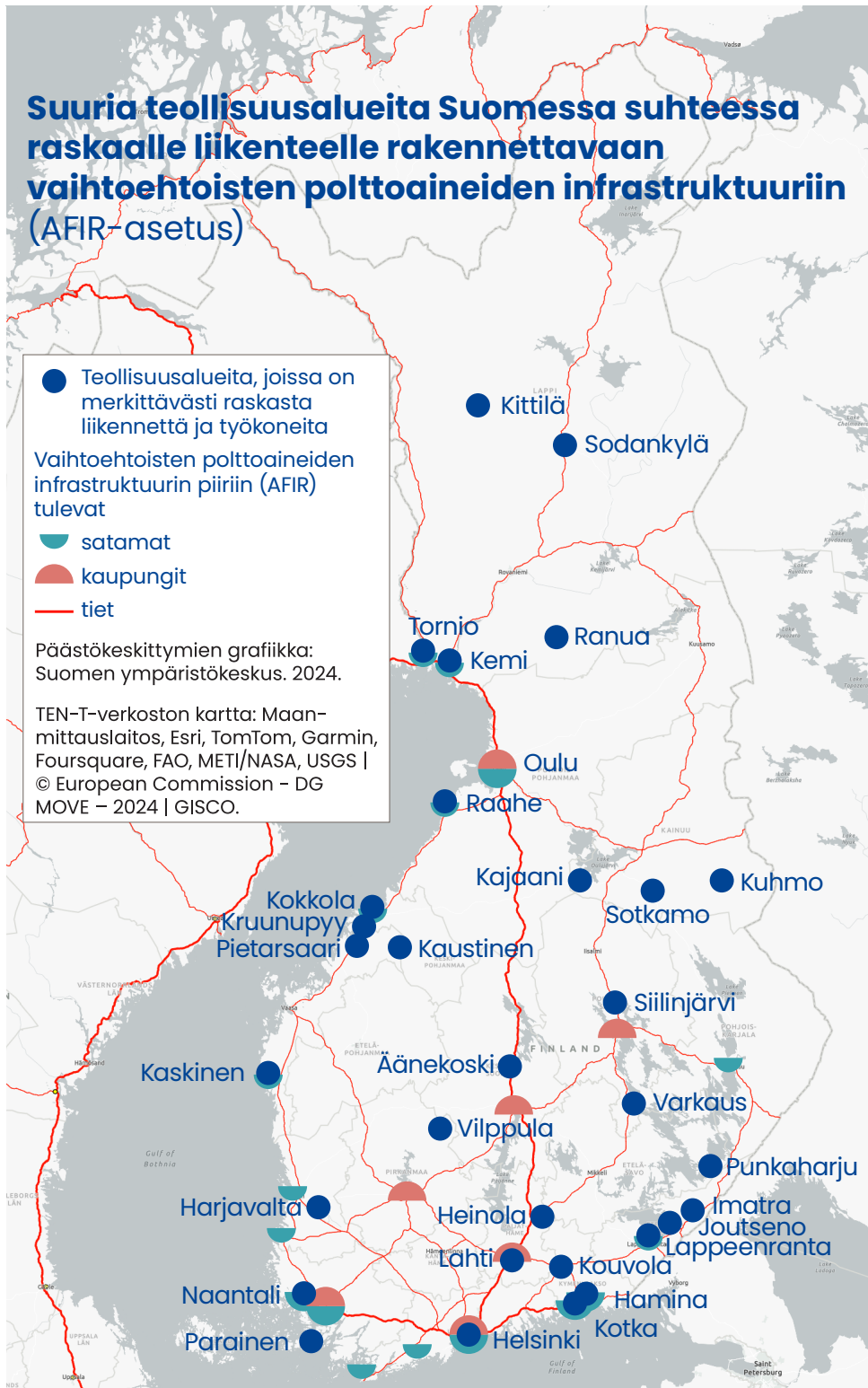
### **Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki**

Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuen avulla voitaisiin edistää esimerkiksi sähköisten ja polttokennotyökoneiden sekä uudenlaisten lataus- ja ajolankaratkaisujen kehitystä prototyypeistä kohti kaupallistamista ja sarjavalmistusta. Tuen ehtona tulisi olla tuen saajalle asetettu laaja viestintävelvollisuus, jotta demonstraatioista saatavat opit – sekä onnistumiset että epäonnistumiset – hyödynnettäisiin mahdollisimman laajasti kotimaisen toimialan kehittämisessä. Koska uuden työkoneteknologian hankinta ja käyttö on kallista ja riskialtista, demonstraatiotuki vähentäisi käyttäjien taloudellista riskiä ja edistäisi samalla teknologian kehitystä vientimarkkinoita varten. Myös kaupungeille demonstraatiotuki tarjoaisi taloudellisesti järkevän keinon toteuttaa päästöttömiä työmaita osana julkisia hankintoja.

#### **Esimerkkejä:**

#### **Sähköisen kurottajan ja liikuteltavien pikalatausyksiköiden pilotointi**

ACE-hankkeessa suomalainen vientiyritys Toijala Works kehittää EU LIFE -rahoituksella sähköistä kurottajaa, jota testataan metsäteollisuuden käytännön olosuhteissa osana tuotekehitysprosessia. Tukholman rakennustyömailla on testattu liikuteltavia pikalatausyksiköitä (Plugit Oy 2024). Tällaiset pilottihankkeet eivät ainoastaan edistä teknologian käyttöönottoa, vaan myös luovat perustan laajemmalle siirtymälle vähäpäästöisiin ratkaisuihin.



Kuva 12. Suuret teollisuusalueet, jotka ovat merkittäviä raskaan liikenteen ja työkoneiden päästökeskittymiä (ks. otos taulukko 5), sijoittuvat vain osittain AFIR-asetuksen mukaisen julkisen lataus- ja tankkausinfrastruktuurin piiriin. Työkoneiden päästöjen vähentäminen esimerkiksi kaivos-, kemia-, metalli- ja metsäteollisuudessa edellyttää lataus- ja tankkausasemien sijoittamista suoraan teollisuusalueille, jotta ne voivat palvella työkoneita. Lataus- ja infrastruktuurituet tulisi laajentaa teollisuusalueiden yhteyteen, jotta sekä työkoneiden että raskaan liikenteen päästöjä voidaan vähentää synergisesti.

## **Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankintatuet**

Tukia tarvitaan uusiin käyttövoimateknologioihin perustuviin työkoneiden hankintaan, kun ne eivät ole vielä dieselkoneisiin verrattuna kannattavia. Nykyisin esimerkiksi sähkötyökoneiden hankintahinnat sekä latauspisteiden perustamisesta aiheutuvat lisäkustannukset ovat huomattavasti korkeammat verrattuna dieseltyökoneisiin, vaikka huomioon otetaan sähköistämisen tuomat säästöt käyttö- ja huoltokustannuksissa. Markkinaehtoisesti kannattavia ovat nykyisin lähinnä pienet sähköiset työkoneet kuten esimerkiksi trukit, joita voidaan ladata matalalla teholla. Investointitukien avulla voidaan tasoittaa alkuvaiheen kustannusrasitusta nolla- ja vähäpäästöisiä työkoneita omaan taseeseen hankkiville työkoneryrittäjille, maataloille, kunnille ja teollisuusyrityksille, jotka käyttävät niitä itse tai vuokraavat tai liisaavat niitä eteenpäin. Tuista voidaan luopua, kun latausinfra kehittyy, markkinat kypsyvät, tuotanto laajenee ja niiden myötä teknologioiden hinnat laskevat kilpailukykyiselle tasolle dieseltyökoneiden kanssa.

## **Uusien nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan ja olemassa olevien työkoneiden käyttövoimakonversioiden tukeminen verohelpotuksilla tai korotetuilla poistoilla**

Nykyisin korotetut poistot ovat saatavilla veroetuna kaikenlaisten uusien työkoneiden hankintaan, mukaan lukien dieselkoneisiin (ks. edellinen luku). Tämä tarkoittaa, että tuki ei nykyisellään ohjaa investointeja vähäpäästöisiin ratkaisuihin, vaan saattaa jopa ylläpitää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Jotta veroetu kannustaisi puhtaisiin teknologioihin, sen tulisi kohdistua rajatusti nolla- ja vähäpäästöisiin työkoneisiin sekä käyttövoimakonversioihin biokaasuun, sähköön tai vetyyn. Tämä voisi edistää esimerkiksi uusien hybridi- ja sähkökäyttöisten työkoneiden hankintaa sekä olemassa olevien koneiden käyttövoimakonversioita erityisesti silloin, kun niiden lisäkustannus dieselvaihtoehtoon verrattuna on vähäinen. Teollisuuden ja maatalojen näkökulmasta pelkät korotetut poistot eivät kuitenkaan tarjoa usein riittävää taloudellista kannustinta siirtyä vaihtoehtoisiin käyttövoimiin, sillä niiden kannattavuusero dieselkäyttöisiin koneisiin verrattuna on usein yhä merkittävä. Siksi olisi syytä harkita verohelpotusten rinnalle myös muita tukimekanismeja, kuten hankintatukia.

[Tietopuute: Työkoneiden biometaan-, sähkö- ja vetykonversioiden hinta- ja toteutettavuusselvitys, mukaan lukien vaikutukset takuisiin, vakuutuksiin, tekniseen käytettävyyteen ja huoltoon](#)

**Jakeluelvoitelain päivitys (Finlex 2024a) uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämiseksi liikenteessä** ei edistä liikenteen päästövähennyksiä tarvittavissa määrin. Jakeluelvoitetason pienentäminen 22 prosentin tasolta (Finlex 2007) 16,5 prosentin tasolle vuonna 2025 voi kasvattaa tieliikenteen päästöjä yli 4 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuosina 2025–2027. Jakeluelvoitetaso kasvaa laissa portaittain 34 prosentin tasolle vuoteen 2030 mennessä. Jakeluelvoitelain uudistus painottuu fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen uusiutuvalla liikennesähköllä, perinteisillä biopolttoaineilla ja joustoilla, jotka mahdollistavat toimijoille jakeluelvoitteen toteuttamisen rahoittamalla muita edullisempia päästövähennystoimia taakanjako- tai maankäyttösektoreilla. Näin toteutettuna jakeluelvoite voi vähentää muun muassa biometaanin suhteellista käyttöä liikenteessä. Uusiutuvan energian direktiiviä RED III (EU 2023) ollaan soveltamassa jakeluelvoitelakiin siten, että muuta kuin biologista alkuperää olevat uusiutuvat polttoaineet eli RFNBO-polttoaineet (Renewable Fuels of Non-Biological Origin), kuten vety ja sähköpolttoaineet, tulee olla 4 % jakeluelvoitteen 34 prosentin tasosta (eli 1,36 % kokonaismäärästä) vuonna 2030 kansallisen vetytalouden kehittämiseksi, bioperäisen hiilidioksidin talteenoton ja käytön sekä uusien investointien edistämiseksi. Määrä on lopulta vähäinen ja arvio sen vaikutuksesta dieselin pumppuhintaan on noin +3 senttiä/litra. Jakeluelvoitetta olisi hyvä kehittää siten, että se lisäisi liikenteen sähköistymistä ja uusiutuvien polttoaineiden hyödyntämistä jyrkemmällä jakeluosuuksien porrastamisella.



dieselkoneiden kysyntää. Sen sijaan keino ei saanut kannatusta sähköverkon ulkopuolella toimivilta metsä- ja maatalousalan edustajilta.

Biopolttoöljyn käyttöä edistävä jakeluelvoite koettiin erityisen tärkeäksi puunkorjuutyömaiden kaltaisissa haastavissa käyttöympäristöissä, joissa sähköverkkojen tai biokaasuasemien puuttuessa työkonien sähköistäminen tai biometaanin hyödyntäminen ei ole mahdollista. Tällaisissa kohteissa biopolttoöljy tarjoaa realistisen vaihtoehdon päästöjen vähentämiseen. Pihlatie ym. (2022) ovat myös esittäneet jakeluelvoitteen korottamista kustannustehokkaana keinona vähentää työkonesektorin päästöjä.

### **Julkisten hankintojen kohdentaminen nolla- ja vähäpäästöisiin työkonurakoihin**

Julkisten hankintojen osuus rakentamisesta ja infrarakentamisesta on merkittävä, sillä kunnat ja valtio omistavat noin 10 % Suomen rakennuskannasta ja vastaavat suurelta osin infrarakentamisesta. Hankintakriteereitä onkin jo kehitetty ja edelleen kehitteillä (ks. edellinen luku). Yritykset toivoivat laajasti, että julkisten hankintojen avulla vauhditettaisiin vaihtoehtoisin käyttövoimiin perustuvien uusien työkonien markkinoiden kasvua. Tällaisten kilpailutusten tulisi kohdentua **isoihin ja pitkäkestoisiin hankintasopimuksiin**, jotta koneyritykset voisivat toteuttaa merkittäviä investointeja (kuten sähkötyökonien hankinnan) taloudellisesti kannattavasti. Julkisissa hankinnoissa on kuitenkin ratkaisematon ongelma: yritykset odottavat julkisen sektorin olevan valmis maksamaan lisäkustannuksia vähäpäästöisistä ratkaisuista, mutta käytännössä kunnat ja valtio eivät usein toimi näin. Taloudelliset rajoitteet estävät monesti kalliimpien, vähäpäästöisten työkonien valinnan julkisen sektorin työmaa- ja kunnossapitohankkeisiin, ja sama kustannustehokkuuden painotus näkyy myös yksityisen sektorin kilpailutuksissa. Vaihtoehtoiset käyttövoimat voivat kuitenkin esimerkiksi ETS2:n myötä muuttua kannattaviksi tietyissä koneluokissa, kun tarkastellaan elinkaarisia kustannuksia.

**Päästö- ja energiakriteerien kehittäminen** julkisiin hankintoihin on suositeltavaa, mutta se edellyttää korkeatasoista asiantuntemusta, resursseja ja koulutusta, joita julkisella sektorilla ei tällä hetkellä ole riittävästi. Kansallisten päästökriteerien laatiminen työkonille konetyypeittäin vaatii rahoitusta ja pitkäjänteistä kehitystyötä. Tämän haasteen ratkaisemiseksi päästö- ja energiatehokkuuskriteerit voitaisiin sisällyttää EU-sääntelyyn (esimerkiksi puhtaiden ajoneuvojen direktiivin kaltaisiin velvoitteisiin) tai yhdistää ne investointi- ja demonstraatiotukiin (ks. edellä). Ilman tätä julkisen sektorin sitoutuminen vähäpäästöisyyteen voi jäädä rajalliseksi.

Useat asiantuntijat kannattivat **taloudellisen ajotavan koulutusvaatimuksen sisällyttämistä julkisiin hankintoihin**, koska sillä on merkittävä potentiaali vähentää päästöjä. Samalla kuitenkin monet yritysedustajat suhtautui tähän ehdotukseen nuivasti. Perusteina mainittiin, että yritysten välisessä kustannuskilpailussa sekä tuottavuus- ja tehokkuusvaatimusten paineessa polttoaine- ja henkilöstökustannusten minimointiin tähtäävät toimet ovat jo käytössä. Näin ollen he näkivät, ettei julkisen sektorin tulisi esittää vaatimuksia alueella, jossa markkinamekanismit ovat jo itsessään ohjaavia. Poliittikaohjauksen sijaan ehdotettiin keinoiksi koulutusta ja polttoaineen säästöön sidottuja bonuksia työkonien kuljettajille. Toisaalta tuotiin esiin, että alalla on ennemminkin haasteena vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämiseen liittyvä osaajapula ja osaamisvaje. Uudet ja nykyiset työkoniasentajat ja -huoltajat tarvitsevat **koulutusta hybridi-, sähkö-, kaasu- ja vetytyökonien huoltoihin ja korjauksiin**.

### **Toimet puhtaan siirtymän haitallisten vaikutusten hallitsemiseksi (4)**

Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluelvoitteen kustannusten hyvittäminen. Monet yritykset kokivat fossiilisten polttoaineiden päästökaupan ja jakeluelvoitteen kustannusten hyvittämisen tarpeelliseksi, sillä fossiilisia polttoaineita käyttävien toimijoiden kustannukset voivat nousta kohtuuttomiksi tilanteessa, jossa kustannustehokkaita päästöjen vähennyskeinoja ei ole saatavilla eikä niiden käyttöönottoa tueta. Jakeluelvoitteen, CO<sub>2</sub>-verojen ja päästökaupan lisäkustannukset voivat kohdistua heikosti kannattaviin toimialoihin, kuten

maanviljelyyn, työkoneyrittäjyyteen sekä muihin erittäin kilpailtuihin ja alhaisen lisäarvon aloihin, joissa dieselin ja kevyen polttoöljyn osuus kokonaiskustannuksista on merkittävä. Hyvitysten suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon, että fossiilisten polttoaineiden käytön kustannusten kompensointi ei ratkaise pitkän aikavälin ongelmia. Se pikemminkin lykkää väistämätöntä kustannusongelmaa, kun päästökaupan hinnat nousevat entisestään. Ilman samanaikaisia toimia siirtymän edistämiseksi kohti vähäpäästöisiä ratkaisuja, hyvityksistä voi tulla lyhytnäköinen ratkaisu, joka estää tarvittavaa rakenteellista muutosta. Resurssit kannattaisikin kohdentaa kilpailukykyä parantaviin toimiin, jotka auttavat yrityksiä irtautumaan öljyriippuvuudesta ja pienentämään polttoainekustannuksiaan. Tällaiset ratkaisut tukevat yritysten pitkän aikavälin kilpailukykyä ja mahdollistavat kestävästi liiketoimintaympäristön, jossa toimijat voivat sopeutua päästökaupan hinnankorotuksiin ja säilyttää kilpailukykinsä. Näihin toimiin kuuluvat esimerkiksi tuet vähäpäästöisten työkoneiden hankintaan sekä muut kannusteet siirtyä vaihtoehtoihin käyttövoimiin. On kuitenkin toki huomioitava, että tietyissä haastavimmissa toimintaympäristöissä vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöönotto ei ole mahdollista, vaikka niihin olisi tukea tarjolla. Ilman siirtymän tukitoimia haavoittuvassa asemassa olevat yritykset voivat joutua ahtaalle ja menettää markkina-asemansa, kun päästökaupan hinnat nousevat sekä poliittisten päättäjien mahdollisuudet tai tahtotila maksaa hyvityksiä julkisen sektorin varoista heikkenee.

## Toimet toimialarajat ylittävän yhteistyön edistämiseksi (5)

Viranomaisten, vientiyritysten edustajien ja asiantuntijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi. Työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi on tarpeen perustaa viranomaisten, alan vientiyritysten ja muiden toimijoiden yhteistyöryhmä. Teknologiamurroksessa menestyminen edellyttää tiivistä poikkihallinnollista koordinaatiota sekä toimialarajat ylittävää yhteistyötä. Tämä korostaa koordinoitua ja strategisen lähestymistavan merkitystä. Julkiselta sektorilta yhteistyöryhmään voisi kuulua keskeiset ministeriöt (ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, valtiovarainministeriö, opetus- ja kulttuuriministeriö sekä ulkoministeriö), viranomaiset (esimerkiksi Traficom) ja Business Finland. Yhteistyöryhmän toiminnassa keskeisiä painopisteitä olisivat (SIX Mobile Work Machines 2024; Pihlatie ym. 2022, haastattelut) muun muassa:

- valmistavan markkinaympäristön kehittäminen EU:n sisämarkkinoilla työkoneiden vähäpäästöisten ratkaisujen tukemiseksi,
- päästörajoitusten edistäminen, erityisesti sitovien CO<sub>2</sub>-rajoitusten sisällyttäminen työkonesektorin Stage-luokitukseen osana sääntelyä,
- kansallisen teollisuusstrategian integrointi EU:n rahoituksen ja lainsäädännön sisältöihin alan kilpailukykyä parantamiseksi,
- koulutuspoliittiset linjaukset ja kasvustrategiat, jotka tukevat alan pitkäjänteistä kehitystä ja kansainvälistä näkyvyyttä,
- strategisten yhteistyökumppanuuksien luominen kotimaassa, EU-tasolla ja kansainvälisesti
- Sekä tiedon kerääminen ja jakaminen eri maiden regulaatio- ja toimintaympäristöistä sekä puhtaan siirtymän tuista työkonealan viennin edistämiseksi.

Näiden toimien avulla työkonesektorin siirtymää voitaisiin vauhdittaa sekä vahvistaa Suomen asemaa innovatiivisena ja kestäviin ratkaisuihin keskittyvänä vientimaana. Yhteistyöryhmän puitteissa voidaan laatia **strategia vähä- ja nollapäästöisen työkonealan edistämiseksi**, jossa muun muassa määritellään konkreettiset toimet **EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi**. Strateginen yhteistyö voi edistää työkonealalla nollapäästöisten ratkaisujen kehitystä, parantaa alan kilpailukykyä ja tukea sitovien CO<sub>2</sub>-rajoitusten käyttöönottoa EU-tasolla. Alan vientiyrityksillä on esimerkiksi selkeä tarve saada koottua

tietoa eri maiden regulaation kehittymisestä sekä puhtaan siirtymän tuista. Tällä hetkellä yritykset joutuvat selvittämään tukimahdollisuuksia itsenäisesti, mikä johtaa päällekkäiseen työhön ja resurssien tuhlaamiseen. Julkinen sektori voisi tukea vientiyritysten kilpailukykyä ylläpitämällä keskeistä tietoikkunaa, joka tarjoaa ajantasaisia tietoja muiden maiden tukimalleista ja EU:n regulaation kehityksestä.

## Toimet sitovien tavoitteiden edistämiseksi (6)

**Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkonesektorille vuosille 2030 ja 2035** nähtiin monien yritysedustajien ja asiantuntijoiden mielestä hyödylliseksi vain, jos ne tukevat tehokkaiden ohjauskeinojen, kuten hankinta- ja infratukien, käyttöönottoa. Pelkät tavoitteet eivät riitä, vaan niiden on ohjattava puhtaan siirtymän parempaan johtamiseen, tulosten seurantaan ja eri toimijoiden väliseen koordinointiin. Työkonesektorin päästövähennystavoitteita asetettaessa tulisi tuki huomioida, että muilla aloilla päästövähennyksiä on usein mahdollista saavuttaa edullisemmin ja helpommin. Tavoitteet voivat kuitenkin olla hyödyllisiä, jos ne parantavat tietopohjaa sekä edistävät nykyistä vaikuttavampaa, oikeudenmukaisempaa ja laadukkaampaa politiikkayhdistelmän suunnittelua, toteutusta ja seurantaa työkonenealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi.

## 5.2 Ohjauskeinojen vaikuttavuus ja hyväksyttävyys

ACE-hankkeessa sidosryhmien osallistamisella tunnistettiin politiikkatoimenpiteitä, jotka ovat toimijoiden näkökulmasta sekä vaikuttavia että hyväksyttäviä työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Työpajoihin osallistui ja kyselyihin vastasi yhteensä 55 henkilöä. Näiden tulosten perusteella kootulla ohjauskeinoyhdistelmällä voidaan edistää työkonealan puhdasta siirtymää ja vientiä. Toimijaryhmiltä kerättiin myös näkemyksiä ohjauskeinoista, joita he eivät kannata. Tietyt toimenpiteet, kuten polttoaineiden jakelun päästökauppa (ETS2) ja työkoneiden päästöperusteinen hankintaverot, jakoivat mielipiteitä. Joillekin ryhmille nämä olivat hyväksyttäviä, mutta toisille ne näyttäytyivät lähinnä lisäkustannuksina tai epärealistisina. Poliittikkapakettin hyväksyttävyyttä vaatii tasapainoa eri sidosryhmien tarpeiden välillä.

Taulukkoon 8 on koottu yleisimmin kannatetuimmat ja vaikuttavimmiksi priorisoidut ohjauskeinot työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi. Taulukossa esitetään keinot, joita yli kolmannes osallistujista kannatti kyselyissä tai jotka sijoittuivat jossakin toimijaryhmässä 3–5 vaikuttavimman ohjauskeinon joukkoon. Lisäksi taulukossa on esitetty, missä määrin ohjauskeinot tukisivat työkoneiden vientiä työkonevalmistajien näkökulmasta.

**Taulukko 8. Kooste eniten kannatetuista ohjaukeinoista tyyteittän sekä vaikuttavimmiksi priorisoidut toimet toimijaryhmittäin**

Työkoneiden puhdasta siirtymää edistävät ohjaukeinoet ja toimet tyyteittän	Kannatus yhteensä	Vaikuttavimmat toimet toimijaryhmittäin			Toimi edistää vientiä
		Sähköverkon alueella: Suuret teollisuus-alueet	Pk-käyttöympäristöt	Ei sähköverkkoa: Puunkorjuu-työmaat	
<b>Kannatusta saaneet ohjaukeinoet uusien innovaatioiden synnyttämiseksi (1)</b>					
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi	37 %				89 %
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa	ei arviota			33 %	16 %
<b>Kannatusta saaneet ohjaukeinoet kestävien ratkaisujen levittämiseksi (2)</b>					
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävässä työkoneiden päästökeskittymissä	51 %	58 %	29 %		38 %
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen investointituilla	43 %	46 %	57 %	33 %	29 %
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki	41 %	31 %	29 %		63 %
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen verohelpoituksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	37 %	25 %			37 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvelvoitteen (tieliikenne) korottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolttoaineisiin	31 %		29 %		48 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasasemien tukeminen pk-käyttöympäristöissä (kaupungit, maatilat, pk-teollisuus)	24 %		43 %	25 %	29 %
<b>Kannatusta saaneet ohjaukeinoet saastuttavista käytännöistä ja teknologioista luopumiseksi (3)</b>					
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutuskriteerit	52 %				26 %
EU:ssa kasvihuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmistettaville työkoneille	46 %				21 %
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverot (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)	43 %				16 %
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti	40 %			33 %	5 %
Julkisiin hankintoihin taloudellisen ajotavan	31 %				
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvelvoitelain toteuttaminen nyky muodossaan	26 %			33 %	11 %
<b>Kannatusta saaneet toimet puhtaan siirtymän haitallisten vaikutusten hallitsemiseksi (4)</b>					
Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluvelvoitteen kustannusten hyvittäminen	44 %				ei arviota
<b>Kannatusta saaneet toimet toimialarajat ylittävän yhteistyön edistämiseksi (5)</b>					
Nollapäästöisen työkonealan edistämiseksi strategian laatiminen ja toimien määrittäminen mm. EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi	50 %				21 %
Viranomaisten, vientiyriyten edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi	40 %				47 %
<b>Kannatusta saaneet toimet sitovien tavoitteiden edistämiseksi (6)</b>					
Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkonesektorille v. 2030 ja 2035	35 %				5 %

ACE-hankkeen työpajoissa tunnistettiin myös kyselyn avulla keskeisimmät työkoneiden puhtaan siirtymän haasteet, joiden ratkaisemiseksi toivottiin julkisen sektorin tukea. Niissä korostuivat vaihtoehtoisiin käyttövoimiin perustuvien työkoneiden korkea hinta, niiden kehittämiseen liittyvät tutkimus- ja pilotointikulut sekä lataus- ja tankkaushaasteet (ks. liite).

Toimijaryhmiltä myös kysyttiin, mitä ohjauskeinoja he eivät kannata. Vastausten (ks. taulukko 9) perusteella toimijaryhmien näkemykset jakautuivat ja olivat ristiriitaisia erityisesti polttoaineiden jakelun päästökaupan (ETS2), työkoneiden päästörajoitusten sekä päästöperusteisen hankintaveron, kansallisten päästövähennystavoitteiden sekä julkisiin hankintoihin liittyvän taloudellisen ajotavan koulutusvaatimuksen osalta. Näkemyseroja oli myös päästökaupan ja jakeluelvoitteen kustannusten hyvittämiseen liittyen haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille. Vaikka enemmistö toimijoista kannatti joitakin keinoja, tiettyjen toimijaryhmien keskuudessa kyseiset keinot eivät olleet suosittuja.

### Taulukko 9. Ohjauskeinot, joita toimijaryhmät eivät kannattaneet

Kunkin toimijaryhmän osalta taulukossa on 3 vähiten suosittua toimenpidettä (lihavoitu). Niiden toimenpiteiden osalta tulokset on esitetty myös toimijaryhmien osalta.

	Toimijat sähköverkon alueella	Toimijat sähköverkon ulkopuolella	Julkisen sektorin edustajat
Työkoneita käytäville yrityksille EU-tasolla päästödatan keruu- ja julkaisuvelvoite	<b>38 %</b>	<b>33 %</b>	<b>56 %</b>
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti	<b>43 %</b>	<b>50 %</b>	<b>17 %</b>
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverot	<b>19 %</b>	<b>42 %</b>	ei arviota
Kansallisten päästövähennystavoitteiden aseminen työkonesektorille v. 2030 ja 2035	ei arviota	<b>25 %</b>	<b>33 %</b>
EU:ssa kasvihuonekaasupäästörajojen aseminen uusille valmistettaville työkoneille	<b>33 %</b>	<b>17 %</b>	
Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluelvoitteen kustannusten hyvittäminen	ei arviota	<b>17 %</b>	<b>33 %</b>
Julkisiin hankintoihin taloudellisen ajotavan koulutusvaatimus	<b>33 %</b>	<b>17 %</b>	<b>17 %</b>

## 5.3 Sähkötyökoneiden ja -latauksen hintaesimerkkejä ja päästövähennystoimien kustannusvaikutusten arviointi

### Sähkölatauspisteiden hintaesimerkkejä

Selvityksen aikana saatiin kerättyä **sähkölatauspisteiden hinta- ja kustannustiedoista** vain esimerkkidataa. Sähkölatauspisteiden hinnat vaihtelevat merkittävästi latauskapasiteetin mukaan:

- Pienet laturit maksavat noin 5 000 euroa
- 200 kilowatin (kW) laturit maksavat noin 50 000 euroa
- 360–400 kW laturit maksavat noin 50 000–100 000 euroa
- 500 kW laturit maksavat noin 100 000–200 000 euroa
- 1 megawatin (MW) laturit voivat maksaa yli 500 000 euroa

Tietopuute: julkinen kustannusseuranta eri tehoisten latauslaitteistojen hinnoista.

Latauslaitteiden lisäksi toimijoille syntyy usein lisäkustannuksia sähköliittymän kapasiteetin kasvattamisesta, kaapeloinnista (kustannus noin 200–300 euroa/metri) ja muuntamoista (hinta noin 100 000–200 000 euroa/kappale). Mikäli alueilla ei voida hyödyntää akkujärjestelmiä lataustehon tasaamiseen, nämä lisäkustannukset voivat kasvaa merkittävästi. Sähköliittymän kapasiteettivaraus-kustannukset voivat vaihdella 15 000–50 000 euroa/megawatti riippuen verkkoyhtiöstä.

**Tietopuute:** julkinen kustannusseuranta verkkoyhtiöiden sähköliittymien kapasiteettivaraus-kustannuksista ja saatavuudesta. Nykyisin hinnoittelu vaihtelee verkkoyhtiöittäin huomattavasti, mikä vaikuttaa investointien kannattavuuteen ja asettaa toimijat sijaintinsa perusteella taloudellisesti eriarvoiseen asemaan.

Lisäksi maanrakennus- ja perustamistyöt voivat nostaa latausalueen kustannuksia jopa 100 000–500 000 euroa. Raskaan liikenteen ja työkoneiden latauskenttien yhteyteen on usein tarpeen rakentaa myös kuljettajille taukotilat, mikä kasvattaa kokonaiskustannuksia. Lisäksi sähkö- ja paloturvallisuuden hallinta teollisuusalueilla tuo investointeihin omat lisähaasteensa ja kustannuksensa.

Teollisuusalueilla sähköliittymien kapasiteetin kasvattaminen voi maksaa jopa 1–2 miljoonaa euroa, erityisesti silloin, kun tarvitaan korkeatehoista latauskapasiteettia raskaalle liikenteelle ja useille työkoneille. Raskaan kaluston ja työkoneiden latauspisteet tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle niiden käyttöalueita. Esimerkiksi metsäteollisuuden tehdasalueilla kuorma-autojen pysähdysajat ovat usein hyvin lyhyitä, mikä tekee niiden lataamisen tehdasalueen sisällä haastavaksi tai jopa mahdottomaksi. Työkoneille tarvittaisiin puolestaan omat latauspisteet teollisuusalueen sisäpuolelle, jotta niiden sähköistämisen edellytykset täyttyisivät.

ACE-hankkeessa latausinvestointeja tuetaan EU LIFE-rahoituksella mm. Ahola Transportin (ks. alla), Metsä Groupin, UPM:n ja Stora Enson tehdas- ja logistiikka-alueilla.

#### **Hintaesimerkki:**

#### **Uusi raskaan liikenteen latausasema Naantalın sataman lähellä**

Naantalın satamasta noin yhden kilometrin etäisyydelle on rakennettu Ahola Transportin ja Plugit Oy:n sähkön suurtehoinen latausasema kahdelle kuorma-autolle (teho 360–400 kilowattia) sekä neljälle henkilöautolle. Aseman rakentaminen maksoi vuonna 2024 noin 500 000–600 000 euroa sisältäen sähköliittymä-, laturi- ja muut latauskentän perustamiseen liittyvät kulut. Investointiin on saatu EU LIFE-tukea osana ACE-hanketta. Lataus maksoi ulkopuolisille noin 35 senttiä/kilowattitunti vuonna 2024. Latausasemaa voivat käyttää alueen työkoneet, mikäli etäisyys ei ole niille haaste.

#### **Sähköisten työkoneiden hinta-arvioita**

Työkoneiden sähköistämisen investointien päästövähennyskustannusten arvioimiseksi (ks. seuraava kappale) koottiin arvio työkoneiden energiankulutuksista ja hankintakustannuksista taulukkoon 10, jossa pieni tarkoittaa maksimissaan 37 kilowatin tehoista työkoneita ja iso kone minimissään 129 kilowatin tehoista työkoneita. Arviot pohjautuvat aiempiin arviointitietoihin (kuten Pihlatie ym. 2022) sekä oletettuihin kustannuseroihin diesel- ja sähkökäyttöisten työkoneiden välillä.

## Taulukko 10. Työkonekohtaiset oletukset energiankulutuksista ja hankintakustannuksista.

Taulukossa pieni kone tarkoittaa maksimissaan 37 kilowatin tehoista ja iso kone minimissään 129 kilowatin tehoista työkoneita.

Työkone	Energia (kWh / tunti)	Hankintakustannus (euroa)
Diesel – Pieni pyöräkuormaaja	80	80 000
Sähkö – Pieni pyöräkuormaaja	27	148 000
Diesel – Iso pyöräkuormaaja	200	250 000
Sähkö – Iso pyöräkuormaaja	67	463 000
Diesel – Pieni trukki	40	30 000
Sähkö – Pieni trukki	13	45 000
Diesel – Iso trukki	150	200 000
Sähkö – Iso trukki	50	300 000
Diesel – Pieni kaivinkone	40	65 000
Sähkö – Pieni kaivinkone	13	98 000
Diesel – Iso kaivinkone	200	350 000
Sähkö – Iso kaivinkone	67	700 000
Diesel – Pieni traktorikaivuri	40	65 000
Sähkö – Pieni traktorikaivuri	13	98 000
Diesel – Iso traktorikaivuri	200	400 000
Sähkö – Iso traktorikaivuri	67	600 000
Diesel – Iso dumpperi	300	400 000
Sähkö – Iso dumpperi	100	600 000
Diesel – Iso nosturi	300	800 000
Sähkö – Iso nosturi	100	1 200 000
Diesel – Iso teleskooppikurottaja	150	200 000
Sähkö – Iso teleskooppikurottaja	50	300 000
Diesel – Iso maataloustraktori	150	250 000
Sähkö – Iso maataloustraktori	50	375 000
Diesel – Iso teollisuustraktori	150	300 000
Sähkö – Iso teollisuustraktori	50	450 000
Diesel – Iso kunnossapitotraktori	150	300 000
Sähkö – Iso kunnossapitotraktori	50	450 000

Lisäksi metsäteollisuudessa käytettävä sähköinen puukurottaja voi maksaa noin 1,2 miljoonaa euroa, mikä on 350 000 euroa enemmän kuin vastaava dieselkurottaja 850 000 euroa. Teollisuusalueella käytettävä sähköinen vetoauto maksaa noin 400 000 euroa, kun dieselkäyttöinen vastaava maksaa noin 200 000 euroa.

Sähköisten työkoneiden lisäkustannukset ovat edelleen merkittävät, erityisesti yhdistettynä latausinfrastruktuurin investointeihin. Dieselkalustoon verrattuna sähköistämisen kokonaiskustannukset ovat usein korkeammat, vaikka sähköistämisen myötä tankkaus- ja huoltokustannukset alenevat.

## Työkoneiden sähköistämisestä syntyvien päästövähennysten kustannusvaikutusten arviointi

### Menetelmät

Tässä tarkastelussa muodostetaan marginaalisten päästövähennysten kustannuskäyrä (MAC, Marginal Abatement Cost), joka auttaa arvioimaan ja priorisoimaan päästövähennystoimenpiteitä kustannustehokkuuden ja niiden tuottamien ympäristöhyötyjen näkökulmasta. Tässä selvityksessä MAC-käyrää

käytetään diesel- ja sähkökäyttöisten työkonoiden välisten erojen tarkasteluun eri konetyypeissä. Tavoitteena on selvittää, minkä työkonoiden sähköistäminen on kustannustehokkainta ja miten siirtymä dieselistä sähköön vaikuttaa kokonaiskustannuksiin ja päästövähennyksiin niiden käyttöä aikana.

MAC-käyrä rakentuu jokaisen tarkastellun konetyypin kohdalla kahdesta päätekijästä: päästövähennysten määrästä ja niiden kustannustehokkuudesta. Päästövähennys lasketaan diesel- ja sähkökäyttöisen koneen pitoajan aikana syntyvien päästöjen erotuksena, ja kustannustehokkuus määritetään laskemalla elinkaarikustannusten (TCO, Total Cost of Ownership) (Pihlatie ym. 2022) erotus suhteessa saavutettuun päästövähennykseen. Näin saadaan selville kunkin toimenpiteen kustannus per vältetty hiilidioksiditonni (euroa/t CO<sub>2</sub>-ekv). Negatiiviset MAC-käyrän arvot osoittavat elinkaarisia kustannussäästöjä, kun taas positiiviset arvot kuvaavat toimenpiteitä, jotka aiheuttavat lisäkustannuksia mutta tuottavat päästövähennyksiä.

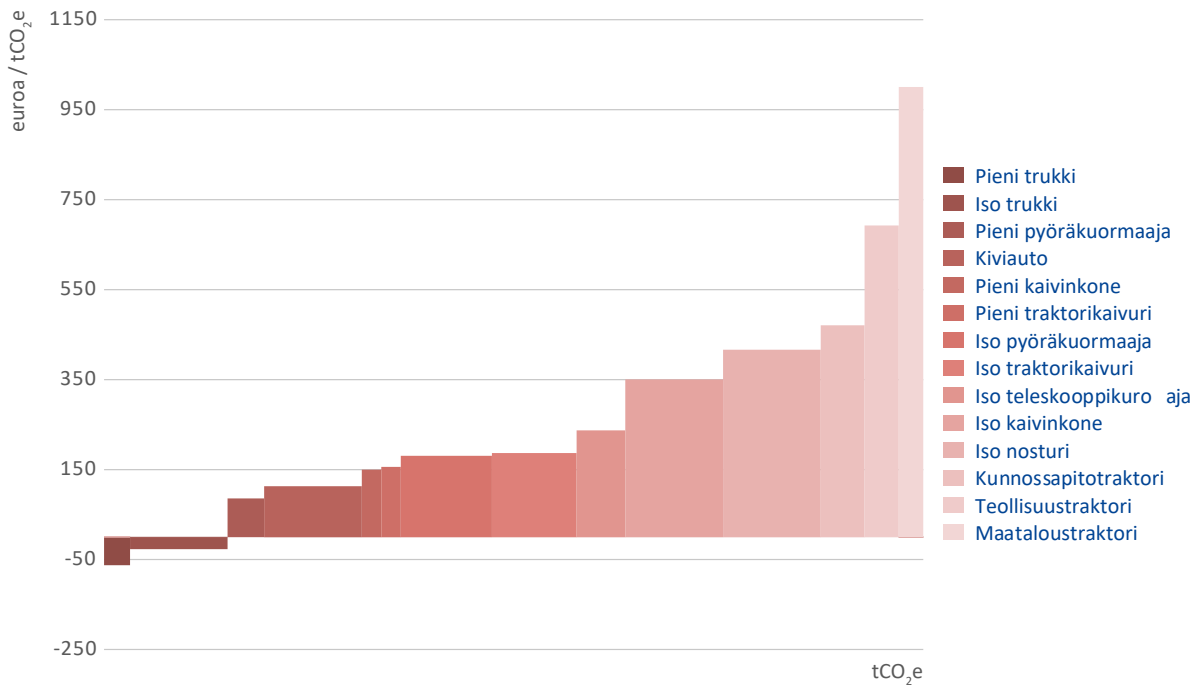
Laskennan pohjana käytetään arvioita koneiden hankinta-, käyttö- ja huoltokustannuksista sekä niiden energiankulutuksesta ja päästöistä (taulukko 10). Muiden teholuokkien päästövähennykset, kustannukset ja kustannustehokkuudet ovat näiden ääriarvojen välissä. Dieselkäyttöisille koneille huomioidaan polttoaineen kulutus, huoltokustannukset sekä CO<sub>2</sub>-päästöt polttoainetta kohden. Sähkökäyttöisten koneiden kohdalla analysoidaan energiankulutus, päästökertoimet ja mahdolliset lisäkustannukset, kuten akkujen vaihdot ja latausinfrastruktuurin rakentaminen.

Lisäksi tarkastellaan koneiden käyttöastetta (käyttötunnit vuodessa ja kuormitusaste), joka vaikuttaa merkittävästi elinkaarilaskelmiin. Käyttöaste vaihtelee konetyypin mukaan ollen matalin maataloustraktoreilla ja korkein puolestaan trukeilla. Päästövähennyksen kustannuksen kannalta on olennaisinta, että käyttöaste on mahdollisimman korkea, sillä sähkökäyttöisen työkonon käytönaikaiset kustannukset ovat selkeästi dieselkäyttöisiä pienemmät. Kaikkien koneiden osalta tarkasteltiin ensimmäistä 10 vuotta, vaikka koneen elinkaari voikin olla pidempi.

Polttoainekustannukseksi oletettiin 1,4 euroa litraa kohden, kun puolestaan sähkön hinnaksi 0,165 euroa / kWh (sis. energia, jakelu ja sähkövero). Laskennassa oletettiin työkonoiden käyttävän dieseliä, johon sekoitetun biokomponentin osuus oli 16 %, ja päästökerroin 2,25 kg CO<sub>2</sub>-ekv./litra laskettiin tällä oletuksella. Sähkön hinta arvioitiin Energiaviraston aineistojen teollisten toimijoiden hintatietojen perusteella (Energiavirasto 2024). Sähkön hankinnan päästökertoimeksi oletettiin vuoden 2023 ennakkotieto (Energiateollisuus ry 2024). Pienille koneille oletettiin 50 kilowatin tehoinen laturi, kun vastaavasti suuremmille koneille 150 kilowatin tehoinen laturi, ja kustannukseksi 450 euroa/kW (Pihlatie ym. 2022). Huoltokustannus määriteltiin dieselkäyttöisille koneille ja vastaavalle sähkökäyttöiselle 33 prosenttia alhaisemmalle tasolle. Käyttökustannukset diskontattiin nykyarvoon 5 prosentin korkotasolla.

## Tulokset

MAC-käyrällä (ks. kuva 13) visualisoidaan eri koneiden sähköistämisen kustannus- ja päästövaikutuksia. Vaaka-akselilla esitetään työkoneluokan yhden työkonon sähköistämisestä seuraava päästövähennys (t CO<sub>2</sub>-ekv.), kun puolestaan pystyakseli kuvaa kyseiseen työkoneluokan työkonon sähköistämisen kautta saavutettavien päästövähennysten kustannuksia (euroa/t CO<sub>2</sub>-ekv.). Jokainen käyrän palkki edustaa yhtä konetyypistä, ja palkin leveys vastaa koneluokan yhden koneen päästövähennyspotentiaalia, kun vastaavasti korkeus osoittaa päästövähennyksen kustannustehokkuuden. Käyrän tulkinnessa voidaan helposti tunnistaa ne konetyypit, joiden sähköistäminen on taloudellisesti kannattavaa, ja toimenpiteet, jotka vaativat suuria investointeja mutta tuottavat merkittäviä päästövähennyksiä.



Kuva 13. Päästövähennysten kustannustehokkuusarvioita (€/t CO<sub>2</sub>-ekv.) työkonetyypin yhden koneen sähköistämistä kohden.

Tarkastelun avulla voidaan tunnistaa ensisijaisesti sähköistettävät koneet, jotka tarjoavat suurimmat päästövähennykset alhaisilla kustannuksilla. Tämä auttaa optimoimaan resurssien kohdentamista ja tukee samalla laajempia ilmastotavoitteita kustannustehokkaalla tavalla. Trukkien päästövähennysten kustannukset (pois lukien suurimmat, raskaat trukit) ovat negatiiviset, eli sähkökäyttöisten vaihtoehtojen elinkaarikustannukset alittavat nykytasolla dieselkäyttöisten kustannukset. Toisessa ääripäässä on maataloustraktorit, joiden päästövähennysten hinnat ovat arviolta noin 1000 euroa/t CO<sub>2</sub>-ekv. Sähkökäyttöisen traktorin elinkaariset kustannukset ovat noin 160 000 euroa korkeammat kuin dieselkäyttöisen. Tukitoimet tulee kohdentaa työkonisiin, joiden päästövähennysten kustannukset ovat pienimmät ja koneiden lukumäärä on riittävän suuri merkittävän päästövähennyksen saavuttamiseksi. Tarkastelun perusteella tukitoimia voitaisiin suunnitella erityisesti pyöräkuormaajille sekä kaivinkoneille, joiden vuotuiset myyntimäärät ovat merkittäviä. Toisaalta maataloustraktoreiden myyntimäärät ovat suuret, mutta päästövähennysten kustannukset ovat korkeat ja markkinatarjonta on suppeaa.

Taulukossa 12 on esitetty työkonekohtaiset arviot diesel- ja sähkökäyttöisten vaihtoehtojen elinkaarikustannusten erotuksista, vaihtoehtojen päästöjen erotuksista ja päästövähennysten kustannuksista näiden pohjalta. Elinkaarikustannusten erotus osoittaa tukitason, jolla diesel- ja sähkökäyttöiset vaihtoehdot ovat hankkijalleen elinkaarensa aikana yhtä kalliita (kustannuspariteetti). Tulosten perusteella pienten pyöräkuormaajien, kaivinkoneiden ja traktorikaivurien sähköistäminen on edullisinta elinkaarisien kustannusten erotusten perusteella. Kalleinta puolestaan olisi tukea isojen nostureiden ja kaivinkoneiden hankintaa. Taulukon 11 päästövähennykset ja päästövähennysten kustannusarviot on esitetty kuvassa 13, jonka perusteella voitiin päätellä, että kalleimmat päästövähennykset saavutettaisiin maataloustraktorien hankintatuella (mikäli tukitaso määritellään sähkö- ja dieselkäyttöisen työkonene elinkaarisien kustannusten vastaavuudella) ja edullisimmat puolestaan pienten sähkökäyttöisten pyöräkuormaajien hankintatuella.

**Taulukko 11. Työkoneiden elinkaarikustannusten erotus, päästövähennemät ja päästövähennysten kustannukset**

Työkone	Sähköisen työkoneen elinkaarikustannusten erotus verrattuna dieselkoneeseen (€)	Päästövähennys (t CO <sub>2</sub> -ekv)	Päästövähennyksen kustannus (€/t CO <sub>2</sub> -ekv)
Pieni pyöräkuormaaja	21 000	240	86
Iso pyöräkuormaaja	108 000	600	181
Pieni trukki	-11 000 (dieselkone kalliimpi)	171	-63
Iso trukki	-17 000 (dieselkone kalliimpi)	642	-27
Pieni kaivinkone	19 000	129	150
Iso kaivinkone	225 000	642	350
Pieni traktorikaivuri	20 000	129	156
Iso traktorikaivuri	104 000	557	187
Kiviauto	73 000	642	113
Iso nosturi	267 000	642	416
Iso teleskooppikurottaja	76 000	321	237
Maataloustraktori	161 000	161	1000
Teollisuustraktori	156 000	225	693
Kunnossapitotraktori	136 000	289	471

Työkoneiden vaihtoehtojen päästövähennysten kustannuksiin vaikuttaa myös eri vaihtoehtojen kustannustasoja sekä päästövähennyksiä määrittävät tekijät, kuten polttoaineiden ja sähkön hinta sekä dieselin ja sähkön päästökertoimet (taulukko 12). Taulukossa 12 on esitetty ohjauskeinojen vaikutusten suunta sähköisten ja dieselkäyttöisten työkoneiden elinkaarikustannusten erotukseen, sähköisten työkoneiden päästövähennyksiin suhteessa dieselkäyttöisiin, ja näiden avulla määriteltyihin sähkökäyttöisten työkoneiden päästövähennysten kustannuksiin.

**Taulukko 12. Ohjauskeinojen vaikutukset sähkö- ja dieselkäyttöisten työkoneiden elinkaarikustannusten erotuksiin ja sähkökäyttöisten työkoneiden päästövähennyksiin.**

	Hiilidioksidiveron korotus	Sähköveron alennus	Jakeluvuoroituksen korotus
Sähkö- ja dieselkäyttöisen työkoneen elinkaarikustannusten erotus	Pienenee	Pienenee	Ei muutosta
Sähkökäyttöisten työkoneiden päästövähennyspotentiaali	Ei muutosta	Ei muutosta	Pienenee
Sähkökäyttöisen työkoneen päästövähennyksen kustannus (euroa / t CO <sub>2</sub> -ekv)	Pienenee	Pienenee	Kasvaa

Vaikutukset vaihtelevat sen mukaan minkä työkoneiden hankintaa oletettaisiin tuettavan. Oletettavasti sähkön hankinnan päästökerroin pienenee myös jatkossa laskien sähkökäyttöisten koneiden päästövähennysten kustannustasoa. Samoin polttoaineiden biokomponenttien sekoitevelvoitteella voidaan vaikuttaa dieselin käytön päästöjen pienentämiseen, mikä puolestaan nostaa sähkövaihtoehdon suhteellisia päästövähennysten kustannuksia.

Vaikuttamalla fossiilisten polttoaineiden käyttöön esimerkiksi veronmuutoksilla voidaan vaikuttaa niiden hintatasoon ja siten edistää diesel- ja sähkökäyttöisten työkonevaihtoehtojen kustannuspariteettia.

Toisaalta suhteellisiin kustannuksiin voidaan vaikuttaa myös ohjaamalla sähkön käytön verotusta matalammalle tasolle. Latausinfrastruktuurin julkisella tukemisella voidaan siirtää kustannuksia työkoneita hankkivilta yrityksiltä valtiolle. Elinkaariset kustannukset pysyvät siis samana, mutta esimerkiksi 100 prosentin latausinfrastruktuurin tukemisella kustannuspariteetti saavutetaan jo nykytasolla useampien työkoneiden osalta (pienet pyöräkuormaajat, pienet kaivinkoneet, kiviautot, teleskooppikurottajat). Latausinfrastruktuurin tukeminen on entistä kustannustehokkaampaa, mikäli sama infrastruktuuri voi tukea samalla alueella useampien työkoneiden ja/tai kuorma-autojen sähköistämistä (skaalaedut).

Sähköisten ja hybridityökoneiden osalta tarvitaan investointitukia, jotta niiden käyttöönotto yleistyisi ja hinnat laskisivat massatuotannon kautta kilpailukykyiselle tasolle dieselkaluston kanssa. Hintaja kustannusesimerkkien perusteella voidaan todeta, että lataus- ja tankkausinfrastruktuurin sekä sähköisten työkoneiden korkeat aloituskustannukset ovat merkittävä este siirtymälle. Investoinnit tukitoimiin ovat tärkeitä, jotta työkonesektorin sähköistäminen voisi edetä.

## 5.4 Poliittikkayhdistelmän kustannusvaikutusten arviointi

Poliittikkayhdistelmän vaikuttavuuden ja hyväksyttävyyden arviointi osoittaa, että kokonaisvaltainen toimenpidekokonaisuus on välttämätön työkonesektorin puhtaan siirtymän edistämiseksi. Yksittäisten ohjauskeinojen edistäminen ei riitä, vaan puhdas siirtymä vaatii useiden keinojen yhteisvaikutusta.

Taulukko 13 kuvaa poliittikkayhdistelmän keskeisten ohjauskeinojen kustannusvaikutuksia sekä niiden vaikutuksia elinkeinoharjoittajille laadullisesti. Ohjauskeinojen kustannusvaikutukset kohdistuvat pääasiassa julkiselle sektorille sekä elinkeinoharjoittajille, ja niiden kustannustehokkuus vaihtelee toteutuksesta ja onnistumisesta riippuen.

**Taulukko 13. Poliittikkayhdistelmän laadullinen arviointi ohjauskeinojen kustannusten kohdentumisesta, kustannustehokkuudesta ja vaikutuksista elinkeinoharjoittajiin**

Ohjauskeino	Kustannusvaikutusten kohdentuminen	Kustannustehokkuus huomioiden dynaamiset vaikutukset	Vaikutus elinkeinoharjoittajiin
<b>Innovaatio- ja TKI-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonesektorin kasvattamiseksi</b>	Valtiolle vähäinen kustannus, sillä kyseessä on nykyisen rahoituksen kehittämistoiminta.	Voi olla erittäin hyvä, jos nykyisen rahoituksen tuloksellisuus paranee ja vientiä lisätään korkean lisäarvon työkoneissa.	Voi parantaa työkonesektorin kilpailukykyä ja vientimahdollisuuksia.
<b>TKI-rahoituksen kohdennus vaihtoehtojen kehittämiseksi erityisesti metsä- ja pelto-työkoneissa</b>	Valtiolle vähäinen tai lisäkustannus riippuen lisätäänkö rahoitusta vai suunnataan olemassa olevaa TKI-rahoitusta näin.	Hyvä, jos toimenpide kasvattaa vientiä. Heikko, jos keskittyy vain alhaisen taloudellisen tuottavuuden aloille.	Parantaa pitkän aikavälin toimintamahdollisuuksia metsä- ja maataloudessa.
<b>Sähkölataus-, biometaanijä vetytankkausasemien tukeminen</b>	Valtiolle lisäkustannus.	Hyvä, jos tuki kohdentuu korkean käyttöasteen infrastruktuuriin.	Parantaa mahdollisuuksia siirtyä vaihtoehtoihin käyttövoimiin raskaassa liikenteessä ja työkoneissa.
<b>Nolla- ja vähäpäästöisten työkonesektorin hankintatuki</b>	Valtiolle lisäkustannus. Lisäksi valtion vero- ja päästökauppatulot voivat vähentyä, jos esim. sähköistyminen etenee ilman laajempia verotuksen muutoksia.	Tuki voi edistää nolla- ja vähäpäästöisten koneiden markkinoiden kehittymistä ja vientiä, sekä pitkällä aikavälillä laskea toimijoiden hankinta- ja elinkaari-kustannuksia alle nykyisen tason.	Mahdollistaa vaihtoehtoihin käyttövoimiin siirtymisen sekä vähentää altistumista fossiilisten polttoaineiden maailmanmarkkinahintojen vaihtelulle.
<b>Nolla- ja vähäpäästöisten työkonesektorin hankinnan verohelpotukset ja/tai korotetut poistot</b>	Valtiolle aiheutuva kustannus riippuu työkonesektorin hankintamääristä.	Ks. edellä jossain määrin.	Tukee siirtymää erityisesti hybridikoneissa sekä pienissä ja ajolankasähkötyökoneissa

<b>Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki</b>	Valtiolle kohtuullinen lisäkustannus.	Hyvä, jos se tukee suomalaisten työkaluvalmistajien vientiä ja kasvua.	Edistää uuden teknologian pilotointia, käyttöönottoa ja markkinoiden luomista yrityksissä ja kunnissa.
<b>Jakeluvaihteen (tieliikenne) korottaminen ja kohdistaminen biometaanin ja sähköpoltoaineisiin</b>	Yrityksille pieni tai kohtuullinen lisäkustannus.	Hyvä, jos lisää biokaasu- ja vetyinvestointeja sekä osaamista kotimaassa.	Tukee puhtaiden polttoaineiden saatavuutta pitkällä aikavälillä.
<b>Julkisiin hankintoihin työkaluille päästö- ja energiankulutuskriteerit</b>	Valtiolle ja/tai kaupungeille lisäkustannus hankintakriteerien ja -osaamisen kehittämiseen sekä vähä- tai nollapäästöisen työkaluvalmistuksen hankintaan.	Hyvä, jos luo markkinoita ja hankintamalleja nolla- ja vähäpäästöisille työkaluille. Tämä on mahdollista suuremmissa kaupungeissa, joilla on varaa investoida ja joissa on kalustoa saatavilla. Haaste pienille kunnille, joissa tarjonta on heikkoa.	Hyvä, jos julkinen sektori ottaa näin vastuuta uusien ratkaisujen käyttöönottoon liittyvistä selvityksistä, lisäkustannuksista ja riskeistä.
<b>EU:ssa kasviuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmistettaville työkaluille</b>	Valtiolle pieni kehittämiskustannus ja työkaluvalmistajille TKI-kustannus.	Hyvä, sillä tukee siirtymää globaali tasolla.	Lisää markkinaympäristön ennakoitavuutta ja tukee työkaluvalmistajien kilpailukykyä. Voi lisätä kustannuspaineita pienille työkaluvalmistajille.
<b>Työkaluille päästöperusteinen hankintaverot</b>	Valtiolle aiheutuva kustannus riippuu työkaluvalmistuksen hankintamäärästä.	Hyvä, jos vero ohjaa kysyntää vähäpäästöisiin vaihtoehtoihin.	Voi lykätä uuden työkaluvalmistuksen hankintaa tai lisätä hankintakustannuksia, jos vähäpäästöisiä vaihtoehtoja ei ole vielä saatavilla.
<b>Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkaluvalmistukseen täysimääräisesti</b>	Yrityksille pieni tai kohtuullinen lisäkustannus v. 2027–2030, jonka jälkeen kustannus nousee. Valtiolla tulonlähde.	Hyvä, jos vaihtoehtoiset käyttövoimat ovat saatavilla kustannustehokkaasti.	Kannustaa siirtymään puhtaampiin ratkaisuihin, jos niitä on saatavilla. Muutoin aiheuttaa lisäkustannuksia. Verotuksen / päästökaupan kiristyessä olisi hyvä samanaikaisesti luoda tukimekanismi, jolla toimijat voivat välttää kohoavia päästökustannuksia.
<b>Biopoltoöljyn käyttöä edistävä jakeluvaihtoehto</b>	Yrityksille pieni lisäkustannus.	Hyvä, jos vähentää päästöjä haastavissa kohteissa, kuten puunkorjuutyömailla.	Tukee päästövähennyksiä erityisesti vaikeasti sähköistettävissä kohteissa. Päästövähennysten toteutuminen edellyttää, että biopoltoaine on kestävästi tuotettu.
<b>Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluvaihteen kustannusten hyvittäminen</b>	Valtiolle lisäkustannus, joka voi kasvaa merkittävästi päästökaupan hintojen noustessa (työkaluvalmistus ei kuulu sosiaaliseen ilmastorahastoon).	Heikko tai jopa negatiivinen, jos hyvityksiä ei yhdistetä kannustimiin siirtyä nolla- ja vähäpäästöisiin ratkaisuihin.	Voi tukea väliaikaisesti heikossa taloudellisessa tilanteessa olevia toimijoita, joilla ei ole mahdollisuuksia vähentää päästöjä energiatehokkuudella tai investoinneilla.
<b>Nollapäästöisen työkaluvalmistuksen edistämiseksi strategian laatiminen EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi</b>	Valtiolle pieni kehittämiskustannus.	Hyvä, jos strategia onnistuu edistämään EU-regulaation ennakoitavuutta ja rahoituksen jalkauttamista Suomeen.	Hyödyttää työkaluvalmistajia ja alan toimijoita Suomessa, jos EU-regulaatio ja rahoitus vahvistuu.
<b>Yhteistyöryhmä työkaluvalmistuksen puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi</b>	Valtiolle, tutkijoille ja yrityksille kehittämiskustannus.	Hyvä, jos yhteistyössä onnistutaan vaikuttamaan EU:n ja globaalien markkinoiden sääntelyyn.	Hyödyttää työkaluvalmistajia ja alan toimijoita Suomessa, jos yhteistyössä onnistutaan.
<b>Kansalliset päästövähennysohjelmat työkaluvalmistuksen sektorille 2030 ja 2035</b>	Valtiolle vähäinen kehittämiskustannus.	Erittäin hyvä, jos tavoitteet tukevat vaikuttavan politiikkakokonaisuuden toteutusta ja tulosten saavuttamista.	Parantaa toiminta- ja markkinaympäristön ennakoitavuutta.

Työkoneiden puhdasta siirtymää edistävän politiikkapaketin kustannustehokkuuden arviointi kokonaisuudessaan on haastavaa kattavien hinta- ja kustannustietopuutteiden takia. Poliitiikkapaketin kustannustehokkuuden arviointi kansallisten päästövähennysten osalta edellyttäisi kattavaa ja ajankohtaista tietopohjaa muun muassa seuraavista hinnoista ja kustannuksista:

- sähkön latauspisteiden sekä biokaasu- ja vetytankkausasemien sekä muun jakeluinfratruktuurin rakentamis- ja ylläpitokustannukset,
- sähkö-, kaasu- ja polttokennotyökoneiden saatavuus- ja hintatiedot verrattuna dieselyökoneisiin työkoneityypeittäin, sekä
- ajantasainen ja dynaaminen vertailutieto sähkön, vähäpäästöisten polttoaineiden ja fossiilisten polttoaineiden hintaeroista (mukaan lukien maailmanmarkkinahinnat, verot, kuluttajahinnat ja elinkaarikustannukset)

Kattava tietopohja ja politiikkapaketin kokonaisarviointi tarvitaan, jotta voidaan tunnistaa politiikkatoimenpiteiden tehokkaimmat yhdistelmät ja arvioida niiden vaikutukset sekä kustannukset kokonaisvaltaisesti. On tärkeää, että tiedon keräämiseen ja analysointiin panostetaan riittävästi. Päättäjät ja yritykset hyötyisivät merkittävästi keskitetysti ja julkisesti tuotetusta markkina- ja hintatiedoista. Nyt useat yritykset ja toimialaliitot kartoittavat saatavuutta ja hintoja samanaikaisesti, mutta koska tiedot eivät ole julkisia, resursseja kuluu turhaan päällekkäiseen työhön.

Yksittäisten ohjauskeinojen kustannustehokkuuden ja vaikuttavuuden arviointi voi johtaa harhaan, sillä yksittäisillä ohjauskeinoilla kestävyys siirtymä ei etene vaan tarvitaan vaikuttava politiikkayhdistelmä (Kern, Rogge, ja Howlett 2019; Kanger, Sovacool ja Noorköiv 2020). Tästä syystä politiikkapaketin kustannustehokkuutta tulisi arvioida kokonaisuutena. Fossiilisten polttoaineiden ja dieselyökoneiden käytön tulisi olla kalliimpaa verrattuna hyvin saatavilla oleviin ja käyttökelpoisiin nolla- ja vähäpäästöisiin työkoneisiin. Muutoin yritysten investoinnit eivät etene. Toimijoiden kustannuksia korottavia ohjauskeinoja (verot, jakeluväline ja päästökauppa) on perusteltua täydentää infratuilla ja hankintatuilla teknologioihin, joiden avulla päästöjen hinnoittelusta aiheutuvat lisäkustannukset on mahdollista välttää. Valtiontalouden kannalta päästöjen hinnoittelun ja tukien yhdistelmä voi olla lähes kustannusneutraalia, mikäli tasot määritellään optimaalisesti ja ohjaus kokonaisuudessaan toimii vaikuttavasti siten, että investointeja syntyy uuteen liiketoimintaan ja teknologiaan.

## 6. Yhteenveto ja politiikkaehdotukset työkoneiden puhtaan siirtymän edistämiseksi

### Työkonealan päästöt ja toimintaympäristön nykytila

Suomessa työkoneiden valmistus työllistää 20 000 henkilöä, ja alan viennin arvo on noin 7,3 miljardia euroa. Globaalisti puhtaan työkoneteknologian markkinat kasvavat nopeasti, ja esimerkiksi sähköisten työkoneiden ja muiden uusien ratkaisujen kysynnän ennustetaan kasvavan noin 15 % vuosittain. Suomessa vaihtoehtoisiin käyttövoimiin perustuvien työkoneiden ensirekisteröinnit ovat lisääntyneet, trukien sähköistyminen etenee, sähkötyökoneiden tarjonta kasvaa sekä kansainvälisesti vetyteknologiaan tehdään merkittäviä investointeja.

Vuonna 2022 liikkuvien työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt olivat Suomessa noin 2,5 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv., mikä vastasi 5 % maan kokonaispäästöistä ja 9 % taakanjakosektorin päästöistä. Työkoneita käytetään laajasti kaivos-, metsä- ja metalliteollisuudessa, satamissa ja logistiikassa, rakentamisessa, väylien ja kiinteistöjen ylläpidossa sekä maa- ja metsätaloudessa. Ala on edelleen vahvasti riippuvainen fossiilisista polttoaineista, eikä päästöissä ole tapahtunut merkittäviä vähennyksiä 30 viime vuoden aikana Suomessa tai EU:ssa. Sen sijaan hiukkas- ja typen oksidipäästöt ovat vähentyneet huomattavasti EU:n päästöstandardien ja teknologisen kehityksen ansiosta.

Säädöskehikko työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on edelleen kehittämätön sekä Suomessa että EU:ssa. Nykyisiin ohjauskeinoihin kuuluu TKI-tukia, uusiutuvien polttoaineiden jakeluvuorotteet, polttoaineiden energia- ja hiilidioksidiverot sekä traktorien biokaasukonversioiden tuki. Lisäksi vapaaehtoiset green deal -sitoumukset ovat edistäneet päästövähennyksiä informaatio-ohjauksen keinoin.

Merkittäviä uusia EU-tason ohjauskeinoja ovat vuonna 2027 voimaan astuva fossiilisten polttoaineiden jakelun päästökauppa (ETS2) sekä vaihtoehtoisten käyttövoimien infrastruktuuria koskeva asetus (AFIR), joka velvoittaa rakentamaan sähkölataus- ja vetytankkausasemia ensisijaisesti tieliikenteen tarpeisiin. Nämä toimet eivät kuitenkaan luo riittäviä kannusteita investoida vähä- ja nollapäästöisiin työkoneisiin eikä niiden tarvitsemaan lataus- ja tankkausinfrastruktuuriin, vaikka juuri nämä investoinnit ovat keskeisiä työkonealan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.

### Kasvihuonekaasupäästöjen vähennysratkaisujen mahdollisuudet ja haasteet

Liikkuvien työkoneiden päästöjä voidaan vähentää vuoteen 2030 mennessä energia- ja resurssitehokkuuden parantamisella, hybridityökoneilla, sähkötyökoneilla, biometania hyödyntävillä työkoneilla sekä biopolttonesteillä, joita voidaan käyttää nykyisissä polttomoottorityökoneissa. Sähköisten työkoneiden hyötysuhde on erinomainen, niiden käyttö- ja huoltokustannukset ovat tyypillisesti alhaisemmat, ja ne ovat lähes päästöttömiä pienhiukkasten osalta. Haasteina ovat erityisesti latausinfra, korkeat hankintakustannukset ja saatavuus. Biometaanin hyödyntäminen on hyvä ratkaisu rajatusti tankkausasemien

lähialueille. Vety sekä sähköpolttoaineet voivat täydentää suoraa sähköistämistä vuoden 2030 jälkeen tarjoamalla pitkäkestoisen energialähteen raskaille ja vaativissa olosuhteissa toimiville työkoneille.

Teknologisten ratkaisujen soveltuvuus riippuu käyttöympäristöstä. Teollisuusalueilla sähköistämisen edellytykset ovat hyvät, ja nykytilanteessa virtakaapeliin kytketyt liikkuvat työkoneet sekä pienemmät akkutyökoneet voivat olla jo kannattavia, mikäli sähköinfra mahdollistaa niiden käytön. Suurten teollisuusalueiden työkoneet aiheuttavat merkittävän osan Suomen työkoneiden päästöistä. Tässä raportissa tarkasteltujen vain 25 teollisuuskohteen päästöt olivat yli 15 % koko työkonesektorin vuosipäästöistä. Tämä osoittaa, että investointien kohdentaminen merkittäviin teollisuuskohteisiin voisi olla vaikuttava keino päästövähennysten saavuttamiseksi. Myös kaupungeissa työkoneiden sähköistämisen mahdollisuudet ovat kohtalaiset tai hyvät.

Siirtymää hidastavat vähä- ja nollapäästöisten työkoneiden korkeammat hankintakustannukset verrattuna dieselnkoneisiin, jakelu- ja latausinfrastruktuurin puutteellisuus sekä konekannan hidas uusiutuminen pitkien käyttöikien vuoksi. Suurempia sähköakku- tai vetytyökoneita ei ole vielä saatavilla. Eri-tyyppisen merkittävät haasteet liittyvät puunkorjuutyömaihin, joilla ei ole sähköverkkoja ja jotka sijaitsevat kaukana biometaanin jakeluasemista. Pilotointivaiheessa olevat liikuteltavat tankkaus- ja latauskontit voivat tulevaisuudessa tarjota ratkaisun syrjäisille työmaille.

## Puhtaan siirtymän edistäminen edellyttää politiikkapakettia ja strategista yhteistyötä

Työkoneiden puhtaan siirtymän edistämistä on tärkeää tarkastella myös teollisuus- ja elinkeinopolitiikan näkökulmasta, sillä monet päästöjä vähentävät politiikkatoimet voivat samalla vahvistaa suomalaisten työkonevalmistajien ja niiden arvoketjuissa toimivien yritysten kilpailukykyä ja vientiä.

Tämä raportti tarjoaa taustatietoa politiikan suunnitteluun ja toteutukseen. Vaikuttavaa siirtymää ei voi toteuttaa irrallisilla tai yksittäisillä toimenpiteillä. Ohjauskeinoanalyysissä hyödynnettiin "Six intervention points" -politiikkatoimien arviointikehikkoa, jonka avulla voidaan kehittää johdonmukainen, oikeudenmukainen ja vaikuttava puhtaan siirtymän politiikkapaketti. Tällainen politiikkayhdistelmä sisältää tavoitteita, vahvistaa toimialojen rajat ylittävää yhteistyötä, kannustaa uusiin innovaatioihin, tukee kestävien ratkaisujen leviämistä, ohjaa luopumaan saastuttavista käytännöistä sekä huolehtii siirtymän haitallisista vaikutuksista. Raportissa tarkastellaan politiikkatoimia päästövähennysten nopeuttamisen lisäksi suomalaisen työkoneviennin näkökulmasta.

Työkonealan puhtaan siirtymän onnistunut johtaminen edellyttää strategista ja pitkäjänteistä yhteistyötä. Siirtymä on monimutkainen prosessi, joka yhdistää teknologian kehityksen, markkinoiden dynamiikan ja sääntelyn. Jotta nykyisten ohjauskeinojen kehittäminen ja uusien suunnittelu olisi tuloksellista, ehdotetaan Suomeen perustettavaksi yhteistyöryhmä, joka kokoaisi yhteen viranomaiset, vientiyritysten edustajat, tutkijat ja asiantuntijat. Sen tehtävänä olisi laatia strategia työkonealan puhtaan siirtymän edistämiseksi, vahvistaa yhteistyötä EU-regulaation ja rahoituksen kehittämiseksi sekä tukea politiikkatoimien suunnittelua, toimeenpanoa ja seurantaa. Lisäksi luotettavan tietopohjan parantaminen on olennaista, jotta päätöksenteko perustuu laadukkaaseen tilanneanalyysiin ja ajantasaiseen tietoon.

## Ohjauskeinojen kehitysehdotukset

Päästövähennysten edistäminen työkonealalla vaatii vahvaa julkista ohjausta ja politiikkatoimia, jotka tukevat vaihtoehtoisten käyttövoimien laajamittaista käyttöönottoa. Keskeisiä toimia ovat infratuet, TKI-rahoituksen strateginen kehittäminen sekä nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden demo- ja

hankintatuet. Alla on listattu kehitysehdotuksia nykyisten ja uusien ohjauskeinojen kehittämiseksi siten, että ne voisivat yhdessä muodostaa vaikuttavan työkonealan puhtaan siirtymän politiikkapaketin:

## Ehdotukset uusiksi ohjauskeinoiksi

- Vaihtoehtoisten käyttövoimien lataus- ja tankkausinfrastruktuurin tukeminen. Tuki tulisi kohdentaa kilpailuskriteereillä alueille, joissa työkoneiden käyttö on erityisen intensiivistä, kuten teollisuusalueille, joissa koneet voivat olla käytössä 16–24 tuntia vuorokaudessa. Sähkö-, biometaan- ja vetytankkausasemat tulisi suunnitella niin, että ne palvelevat sekä työkoneita että raskasta liikennettä, mikä parantaisi investointien kustannustehokkuutta ja maksimoisi infrastruktuurin hyödyt.
- Uusien nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden sekä jakeluratkaisujen tuotekehityksen ja pilotoinnin tukeminen demonstraatiotuella. Tuki alentaisi asiakkaiden kustannuksia ja riskejä, mikä helpottaisi uusien teknologioiden käyttöönottoa ja nopeuttaisi markkinoiden kehitystä. Samalla se vahvistaisi suomalaisten työkonevalmistajien vientiä, sillä kotimainen testaus ja kehitys loisivat referenssikohteita kansainvälisille markkinoille. Lisäksi demonstraatiotuki voisi tehostaa green deal -sitoumusten vaikuttavuutta edistämällä uusien ja dieselyökoneita kalliimpien ratkaisujen käyttöönottoa.
- Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankintatuet. Tuet tulisi kohdentaa työkoneisiin, kuten pyöräkuormaajiin ja kaivinkoneisiin, joiden päästövähennysten kustannukset ovat alhaisimmat. Lisäksi niiden suuret vuotuiset myyntimäärät takaavat, että tuilla voidaan saavuttaa tuntuva päästövähennysvaikutus.
- Kasvihuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille työkoneille EU:ssa laajentamalla nykyistä Stage-luokitusta, joka säätelee työkoneiden ilmanlaatuun vaikuttavia pakokaasupäästöjä. Tämä loisi markkinoille selkeämmän suunnan ja vauhdittaisi vähäpäästöisten teknologioiden kehitystä.

## Nykyisten ohjauskeinojen parannusehdotukset

- Tieliikenteen ja polttoöljyn jakeluvelvoitteiden tasojen korottaminen.
- TKI-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen puhtaan työkoneteknologian kehittämiseen, pilotointiin ja alan osaamisen vahvistamiseen. Erityisesti tulisi lisätä panostuksia metsä- ja peltotyökoneiden vaihtoehtoisten käyttövoimaratkaisujen kehittämiseen niiden saatavuuden parantamiseksi.
- Työkoneiden hankinnan korotetun poiston kehittäminen siten, että sen ehtona on työkoneen vähäpäästöisyys (hybridi, sähkö tai kaasu) joko uuden koneen hankintana tai konversiona.
- Julkisten hankintojen kriteerien tiukentaminen lisäämällä työkoneiden kasvihuonekaasupäästö- ja energiatehokkuusvaatimukset osaksi hankintakriteereitä.

Työkonealan puhtaan siirtymän edistäminen edellyttää vahvempaa julkista ohjausta ja rahoituksen lisäämistä, mikä ei ole pelkästään kustannus vaan investointi suomalaisten yritysten kilpailukykyyn sekä kotimaassa että kansainvälisillä vientimarkkinoilla. Monet päästövähennystoimet tukevat työkonealan vientiä. Tämä on erityisen tärkeää nykyisessä taloustilanteessa, sillä vaikka ohjauskeinoista aiheutuu kustannuksia sekä valtiolle että yrityksille, niillä on myös potentiaalia luoda taloudellista hyötyä. Suomen työkonevalmistajat sekä niiden arvoketjuissa toimivat yritykset edustavat korkean lisäarvon vientitoimialaa. Investoinnit työkonealan puhtaaseen siirtymään eivät ole pelkästään ympäristöpoliittinen toimi vaan myös strateginen panostus Suomen kilpailukykyyn ja kestävään talouteen.

## Lähteet

- Albatayneh, A., Assaf, M. N., Alterm, D., Jaradat, M. 2020. “Comparison of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles.” *Environmental and Climate Technologies* 24 (1): 669–80. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0041>
- Apajalahti, E., Kungl, G. 2022. “Path Dependence and Path Break-out in the Electricity Sector.” *Environmental Innovation and Societal Transitions* 43 (June):220–36. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.03.010>
- Auvinen, K. 2024. “Accelerating the Energy Transition toward Zero-Emission District Heating Systems through Policy Codesign.” <https://aaltodoc.aalto.fi/items/e630e992-a870-4898-8000-3b4a1bb0af83>
- Bloomberg Finance. 2020. “Hydrogen Economy Outlook.”
- Business Finland. 2024. “Tutkimus, kehitys, pilotointi pk- ja midcap-yrityksille.” 2024. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/tutkimus-ja-kehitysrahoitus/tutkimus-ja-kehitysrahoitus>
- California Air Resources Board. 2025. <https://ww2.arb.ca.gov/>
- Child, M., Breyer, C. 2016. “Vision and Initial Feasibility Analysis of a Recarbonised Finnish Energy System for 2050.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 66 (December):517–36. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.001>
- Creutzig, F., Roy, J., Lamb, W. F., Azevedo, I. L., Bruine de Bruin, W., Dalkmann, H., Edelenbosch, O. Y., ym. 2018. “Towards Demand-Side Solutions for Mitigating Climate Change.” *Nature Climate Change* 8 (4): 260–63. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0121-1>
- Davis, S. J., Lewis, N. S., Shaner, M., Aggarwal, S., Arent, D., Azevedo, I. L., Benson, S. M., ym. 2018. “Net-Zero Emissions Energy Systems.” *Science* 360 (6396): eaas9793. <https://doi.org/10.1126/science.aas9793>
- Dixit, A. K., Pindyck, R. S. 1994. *Investment under Uncertainty*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. <https://books.google.fi/books?id=8op0btN4mKEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Dnro ISAVI/841/2018. 2018. “PÄÄTÖS Nro 26/2018/1.” Aluehallintovirasto.
- Energiateollisuus ry. 2024. “Sähkötalastot.” 2024. <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/>
- Energiavirasto. 2024. “Sähkön Hintatilastot.” 2024. <https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>
- Espoon kaupunki. 2023. “Espoon Infrarakentamisen Ja Kunnossapidon Vuotuiset CO2e Päästöt.”
- EU. 2022. *Kestävyyssraportointidirektiivi*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2464>
- EU. 2023. *DIRECTIVE (EU) 2023/2413 Regards the Promotion of Energy from Renewable Sources*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>
- EU. 2024. “InvestEU Programme - European Union.” 2024. [https://investeu.europa.eu/investeu-programme\\_en](https://investeu.europa.eu/investeu-programme_en)
- Euroopan tilintarkastustuomioistuin. 2023. “Erytiskertomus: EU:N Tuki Kestäville Biopolttoaineille Liikennealalla - Tulevaisuus on Epäselvä.” [https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-29/SR-2023-29\\_FI.pdf](https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-29/SR-2023-29_FI.pdf)

- Euroopan komissio. 2024a. “About the EIC Fund - European Commission.” 2024. [https://eic.ec.europa.eu/eic-fund/about-eic-fund\\_en](https://eic.ec.europa.eu/eic-fund/about-eic-fund_en)
- Euroopan komissio. 2024b. “EIC Accelerator - European Commission.” May 27, 2024. [https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-accelerator\\_en](https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-accelerator_en)
- Euroopan komissio. 2024c. “Horizon Europe - European Commission.” April 15, 2024. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en)
- Euroopan komissio. 2024d. “InvestEU - European Commission.” 2024. [https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/investeu\\_en](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/investeu_en)
- European Commission: Directorate-General for Research and Innovation. 2021. *Horizon Europe, Open Science – Early Knowledge and Data Sharing, and Open Collaboration*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/18252>
- European Environment Agency (EEA). 2023. European Industrial Emissions Portal. <https://industry.eea.europa.eu/explore/explore-data-map/map>
- Fasihi, M., Breyer, C. 2020. “Baseload Electricity and Hydrogen Supply Based on Hybrid PV-Wind Power Plants.” *Journal of Cleaner Production* 243 (January):118466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118466>
- Finlex. 2007. *Laki Uusiutuvien Polttoaineiden Käytön Edistämisestä Liikenteessä. 13.4.2007/446*. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070446#L3P11>
- Finlex. 2024a. *Hallituksen Esitys Eduskunnalle Laeiksi Uusiutuvien Polttoaineiden Käytön Edistämisestä Liikenteessä Annetun Lain Muuttamisesta Ja Väliaikaisesta Muuttamisesta Sekä Siihen Liittyviksi Laeiksi. HE 121/2024*. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2024/20240121>
- Finlex. 2024b. *Ilmastolaki (Climate Act). 10.6.2022/423*. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20220423>
- Frost & Sullivan. 2023. “Global Off-Highway Equipment Growth Outlook 2022.”
- Fuss, S., Szolgayova, J., Obersteiner, M., Mykola, G. 2008. “Investment under Market and Climate Policy Uncertainty.” *Applied Energy* 85 (8): 708–21. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.01.005>
- Gasgrid Oy. 2024. “Nordic Hydrogen Route.” 2024. <https://gasgrid.fi/en/projects/nordic-hydrogen-route-en/#schedule>
- Gasnet. 2023. Mobile CNG Filling Stations. <https://megcng.com/h2-and-cng-containers-gaznet-ltd/mobile-cng-filling-stations/>
- Geels, F. W. 2014. “Regime Resistance against Low-Carbon Transitions: Introducing Politics and Power into the Multi-Level Perspective.” *Theory, Culture & Society* 31 (5): 21–40. <https://doi.org/10.1177/0263276414531627>
- Geels, F. W. 2018. “Disruption and Low-Carbon System Transformation: Progress and New Challenges in Socio-Technical Transitions Research and the Multi-Level Perspective.” *Energy Research & Social Science* 37 (March):224–31. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.010>
- Gorre, J., Ruoss, F., Karjunen, H., Schaffert, J., Tynjälä, T. 2020. “Cost Benefits of Optimizing Hydrogen Storage and Methanation Capacities for Power-to-Gas Plants in Dynamic Operation.” *Applied Energy* 257 (January):113967. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113967>

- Haavikko, H., Kärhä, K., Hourula, M., Palander, T. 2019. Attitudes of Small and Medium-Sized Enterprises towards Energy Efficiency in Wood Procurement: A Case Study of Stora Enso in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(1): 107–123.
- Hastelow, S. 2024. “Hydrogen Needs to Be a Driving Force in Decarbonising Non-Road Mobile Machinery, Government Response Concludes,” 2024. <https://truckingmag.co.uk/going-green/hydrogen-needs-to-be-a-driving-force-in-decarbonising-non-road-mobile-machinery-government-response-concludes/>
- Hirvonen, S. 2020. “SÄHKÖAUTOJEN VALMISTUKSEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT.” [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160890/Kandityo\\_Sami\\_Hirvonen.pdf](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160890/Kandityo_Sami_Hirvonen.pdf)
- Hulkkonen, I., Kaila, E. 2021. “Maatalouskoneiden Kunnossapitokäytännöt.” Työtehoseura.
- H2 View. 2025. JCB’s hydrogen combustion engine gains commercial approval across Europe. <https://www.h2-view.com/story/jcbs-hydrogen-combustion-engine-gains-commercial-approval-across-europe/2119514.article/>
- ICCT. 2021. “Air Quality Impacts of Biodiesel in the European Union.” <https://theicct.org/sites/default/files/publications/air-quality-impacts-biodiesel-fuels-eu-nov21.pdf>
- IEA. 2021. “What Does Net-Zero Emissions by 2050 Mean for Bioenergy and Land Use?” Paris, France: International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/articles/what-does-net-zero-emissions-by-2050-mean-for-bioenergy-and-land-use>
- ISAVI/11908/2023. 2024. “Päätös 78/2024.” Aluehallintovirasto.
- Kangas, M., Kärhä, K. ja Jaakkola, S. 2023. “Vain Joka Neljäs Metsäkoneyritys Selvittänyt Kalustonsa Tyhjäkäyntiaikoja.” *Koneyrittäjä* 6/2023: 20–21., 2023
- Kanger, L., Sovacool, B. K., Noorköiv, M. 2020. “Six Policy Intervention Points for Sustainability Transitions: A Conceptual Framework and a Systematic Literature Review.” *Research Policy* 49 (7): 104072. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104072>
- Karttunen, J. 2021. Sähköisten trukkien latauslaitteiston suunnittelu ja infra. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202103293942>
- Kärhä, K., Eliasson, L., Kühmaier, M., Spinelli, R. 2024. “Fuel Consumption and CO2 Emissions in Fully Mechanized Cut-to-Length (CTL) Harvesting Operations of Industrial Roundwood: A Review.” *Current Forestry Reports* 10 (4): 255–72. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00219-3>
- Kärhä, K., Haavikko, H., Kääriäinen, H., Palander, T., Eliasson, L., Roininen, K. 2023. “Fossil-Fuel Consumption and CO<sub>2</sub>eq Emissions of Cut-to-Length Industrial Roundwood Logging Operations in Finland.” *European Journal of Forest Research* 142 (3): 547–63. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01541-4>
- Kaustell, K., Aro, K., Jaakkonen, A., Kapuinen, P., Latukka, A., Lötjönen, T., Markkanen, J., Vehviläinen, H. 2024. *Synteisiraportti: Suomen maataloustuotannon energiankulutus*. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/555163>
- Kern, F., Rogge, K. S., Howlett, M. 2019. “Policy Mixes for Sustainability Transitions: New Approaches and Insights through Bridging Innovation and Policy Studies.” *Research Policy* 48 (10): 103832. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103832>
- Kiviluoma, J. 2013. “Managing Wind Power Variability and Uncertainty through Increased Power System Flexibility.” <https://aaltodoc.aalto.fi/items/dd35ecf9-e39d-4de9-9621-e13237c00def>

- Koljonen, T., Silfer, Soimakallio, S., Koreneff, G., ym. 2024. “Perusskenaariot Energia- Ja Ilmastotoimien Kokonaisuudelle Kohti Päästöttömyyttä (PEIKKO).” Valtioneuvoston Selvitys- Ja Tutkimustoiminnan Julkaisusarja 2024:26. Valtioneuvosto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-219-0>
- Laine, A., Pohjalainen, S., Mäntylä, I., Eloranta, A., Lehtomäki, J., Raivio, T. 2024. “Vähähiilinen Rakennusteollisuus 2035 - Tiekartan Päivitys.” Gaia Consulting.
- Lajunen, A., Sainio, P., Laurila, L., Pippuri-Mäkeläinen, J., Tammi, K. 2018. “Overview of Powertrain Electrification and Future Scenarios for Non-Road Mobile Machinery.” *Energies* 11 (5). <https://doi.org/10.3390/en11051184>
- Leyen, U. von der 2024. “EUROPE’S CHOICE: POLITICAL GUIDELINES FOR THE NEXT EUROPEAN COMMISSION 2024–2029.” [https://commission.europa.eu/document/download/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648\\_en?filename=Political%20Guidelines%202024-2029\\_EN.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648_en?filename=Political%20Guidelines%202024-2029_EN.pdf)
- Loorbach, D. A. 2022. “Designing Radical Transitions: A Plea for a New Governance Culture to Empower Deep Transformative Change.” *City, Territory and Architecture* 9 (1): 30. <https://doi.org/10.1186/s40410-022-00176-z>
- Mäkitalo, J. 2018. “TYÖKONEIDEN HYBRIDIRATKAISUT.” <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25941/Makitalo.pdf>
- Markkanen, J., Lauhkonen, A. 2021. “Työkoneiden Päästöjen Perusennuste Ja Sähköistymisen Vaikutus Päästöihin.” VTT Asiakasraportti No. VTT-CR-00245-21. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Mathiesen, B. V., H. Lund, D. Connolly, H. Wenzel, P. A. Østergaard, B. Möller, S. Nielsen, ym. 2015. “Smart Energy Systems for Coherent 100% Renewable Energy and Transport Solutions.” *Applied Energy* 145 (May):139–54. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.075>
- Metsäteho. 2024. Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot – 2. päivitys. Liite-raportti 1: Ainespuun korjuun ja kaukokuljetuksen suorat CO2-päästöt ja energiankulutus 2022. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2024-5-paastoselvitys.pdf>
- Motiva. 2025. “Kriteeripankki.” Motiva. <https://kriteeripankki.fi/>
- Nordic Innovation. 2022. “Next Wave: Prospectus of Using Hydrogen in Heavy-Duty Equipment, Including Non-Road Mobile Machinery.” <https://www.nordicinnovation.org/2022/next-wave-prospectus-using-hydrogen-heavy-duty-equipment-including-non-road-mobile-machinery>
- Oyedepo, S. O., Waheed, M. A., Abam, F. I., Dirisu, J. O., Samuel, O. D., Ajayi, O. O., Somorin, T., Popoola, A. P. I., Kilanko, O., Babalola, P. O. 2025. “A Critical Review on Enhancement and Sustainability of Energy Systems: Perspectives on Thermo-Economic and Thermo-Environmental Analysis.” *Frontiers in Energy Research* 12. <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1417453>
- Paulson, C. 2024. “Implementing a Carbon-Neutral and Emission-Free Finnish Energy System by 2035 and 2040 via Accelerated Climate Efforts Scenarios.” <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2024061149390>
- Pesonen, J., Prinz, R., Ovaskainen, H., Kauranen, P., Poikela, A., Kärhä, K. 2025. “Alternative Powertrains and Fuels in Heavy Non-Road Mobile Machinery and Their Future Expectations - A Review.” *Current Forestry Reports* 11: 10. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00244-2>
- Pihlatie, ym. 2021. “Kaupallisten Ajoneuvojen Rooli Liikenteen Ilmastopolitiikassa (KAROLIINA).” [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163098/VNTEAS\\_2021\\_34.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163098/VNTEAS_2021_34.pdf)
- Pihlatie, M., Söderena, P., Markkanen, J., Nylund, N., Rahkola, P., Åman, R., Muona, T., ym. 2022. “Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot.” Sarjajulkaisu. fi=Valtioneuvoston

kanslia|sv=Statsrådets kansli|en=Prime Minister's Office|. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164372>

- Plugit Oy. 2024. "Plugit Tuo Markkinoille Liikuteltavan Pikalatausaseman." 2024. <https://plugit.fi/artikkelit/plugit-tuo-markkinoille-liikuteltavan-pikalatausaseman/>
- Prinz, R., Spinelli R., Magagnotti, N., Routa, J., Asikainen, A. 2018. "Modifying the Settings of CTL Timber Harvesting Machines to Reduce Fuel Consumption and CO2 Emissions." *Journal of Cleaner Production* 197 (October):208–17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.210>
- Reddy, V. J., Hariram, N. P., Maity, R., Ghazali, M. F., Kumarasamy, S. 2024. "Sustainable Vehicles for Decarbonizing the Transport Sector: A Comparison of Biofuel, Electric, Fuel Cell and Solar-Powered Vehicles." *World Electric Vehicle Journal* 15 (3). <https://doi.org/10.3390/wevj15030093>
- Roberts, C., Geels, F. W. 2019. "Conditions and Intervention Strategies for the Deliberate Acceleration of Socio-Technical Transitions: Lessons from a Comparative Multi-Level Analysis of Two Historical Case Studies in Dutch and Danish Heating." *Technology Analysis & Strategic Management* 31 (9): 1081–1103. <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1584286>
- Rosenbloom, D., Meadowcroft, J. 2022. "Accelerating Pathways to Net Zero: Governance Strategies from Transition Studies and the Transition Accelerator." *Current Climate Change Reports*, August. <https://doi.org/10.1007/s40641-022-00185-7>
- Seck, G. S., Hache, E., Sabathier, J., Guedes, F., Reigstad, G. A., Straus, J., Wolfgang, O., ym. 2022. "Hydrogen and the Decarbonization of the Energy System in Europe in 2050: A Detailed Model-Based Analysis." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 167 (October):112779. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112779>
- Seppälä, J., Liimatainen, H., Viri, R., Suomalainen, E., Ollikainen, M., Weaver, S., Markkanen, J., Ahl-vik, L., Karttunen, M., Hänninen, O., Halonen, J. I. 2024. Tieliikenteen päästövähennystoimet ja niiden vaikutukset. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2024. <https://ilmastopaneeli.fi/hallinta/wp-content/uploads/2024/08/ilmastopaneelin-raportti-1-2024-tieliikenteen-paastovahennystoimet-ja-niiden-vaikutukset.pdf>
- SIX Mobile Work Machines. 2024. "Paper: SIX Non-Road Mobile Machines to Accelerate the Journey to Green and Digital Transition. Position Paper: Proposals for the European Agenda on Non-Road Mobile Machines Green and Digital Transition."
- SIX Mobile Work Machines -klusteri. 2024. "Liikkuvat Työkoneet - Suomen Suuri Mahdollisuus."
- SIX Sustainable Industry X. 2024. "Mobile Work Machines." SIX. 2024. <https://www.six.fi/mobile-work-machines>
- Söderena, P., ym. 2021. "Selvitys Ja Tiekartta Vuosaaren Sataman Työkoneliikenteen Päästövähennyksille." VTT Technical Research Centre of Finland. [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45403809/VTT\\_CR\\_01565\\_20.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45403809/VTT_CR_01565_20.pdf)
- Söderena, P., Pihlatie, M., Nylund, N. 2024. *Pathways for CO2 Regulation in NRMM*. VTT Research Report. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Sparrevik, M., Qiu, X., Stokke, R. A., Borge, I., de Boer, L. 2023. "Investigating the Potential for Reduced Emissions from Non-Road Mobile Machinery in Construction Activities through Disruptive Innovation." *Environmental Technology & Innovation* 31 (August):103187. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103187>
- Suomen Biokierto & Biokaasu ry. 2024. "Biokaasun Tuotanto Ja Käyttö Suomessa 2030, 2035 Ja 2040. Suomen Biokierto Ja Biokaasu Ry." Helsinki. <https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2024/05/Biokaasun-tuotanto-ja-kaytto-Suomessa-2030-2035-ja-2040-artikkeli-10052024-1.pdf>

- Syke. 2024. Kuntien ja alueiden käyttöperusteiset kasvihuonekaasupäästöt. [https://hiilineutraali-suomi.fi/fi-FI/Paastot\\_ja\\_indikaattorit/Kuntien\\_ja\\_alueiden\\_kayttoperusteiset\\_kasvihuonekaasupaastot](https://hiilineutraali-suomi.fi/fi-FI/Paastot_ja_indikaattorit/Kuntien_ja_alueiden_kayttoperusteiset_kasvihuonekaasupaastot)
- TEM. 2022. Tuettava toiminta. Rakennerrahastot. 2022. <https://rakennerahastot.fi/tuettava-toiminta1>
- TEM. 2024. “Hallituksen Esitys Jakeluvelvoitelain Muuttamisesta (RED III Toimeenpano).” 2024. <https://tem.fi/hanke?tunnus=TEM026:00/2023>
- Tilastokeskus. 2024a. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkojulkaisu]. ISSN=1797–6049. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 7.2.2025]. <https://stat.fi/tilasto/khki>
- Tilastokeskus. 2024b. Taulukko: Liikennekäytössä 31.12.2024 olevat traktorit merkeittäin käyttövoiman ja käyttöönottovuoden mukaan.
- Tirkkonen, J. 2018. “Liikkuvat Työkoneet - Kehityspolku.” Business Finland. [https://www.businessfinland.fi/4a77ce/globalassets/julkaisut/liikkuvat\\_tyokoneet-kehityspolkukatsaus\\_1\\_2018.pdf](https://www.businessfinland.fi/4a77ce/globalassets/julkaisut/liikkuvat_tyokoneet-kehityspolkukatsaus_1_2018.pdf)
- Traficom. 2022. “TRAFICOM/285315/03.04.03.00/2022 Perustelumuuisto - Määräys: Traktorin Käyttövoiman Muuttaminen.”
- Traficom. 2024a. “Avoin data.” Tieto Traficom. 2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/tietotraficom/avoin-data>
- Traficom. 2024b. “Hae hankintatukea sähkö-, vety- ja kaasukäyttöiselle kuorma-autolle.” 2024. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-hankintatukea-sahko-vety-ja-kaasukayttoiselle-kuorma-autolle>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2023. “Arviomuisto EU:n fossiilisten polttoaineiden jakelun päästökaupasta lausunnolle - Työ- ja elinkeinoministeriön verkkopalvelu.” November 24, 2023. <https://tem.fi/-/arviomuisto-eu-n-fossiilisten-polttoaineiden-jakelun-paastokaupasta-lausunnolle>
- Vadén, T., Majava, A., Toivanen, T., Järvensivu, P., Hakala, E., Eronen, J. T. 2019. “To Continue to Burn Something? Technological, Economic and Political Path Dependencies in District Heating in Helsinki, Finland.” *Energy Research & Social Science* 58 (December):101270. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101270>
- Valtioneuvosto. 2022a. *Hallituksen esitys eduskunnalle energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamisesta. HE 152/2022 vp.* [https://www.eduskunta.fi:443/FI/vaski/HallituksenE-sivut/Sivut/HE\\_152+2022.aspx](https://www.eduskunta.fi:443/FI/vaski/HallituksenE-sivut/Sivut/HE_152+2022.aspx)
- Valtioneuvosto. 2022b. *Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi biopolttoöljyn käytön edistämisestä annetun lain sekä biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista annetun lain muuttamisesta. HE 297/2022 vp.* [https://www.eduskunta.fi:443/FI/vaski/HallituksenE-sivut/Sivut/HE\\_297+2022.aspx](https://www.eduskunta.fi:443/FI/vaski/HallituksenE-sivut/Sivut/HE_297+2022.aspx)
- Valtioneuvosto. 2024. *Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi fossiilisen polttoaineen jakelun päästökaupasta HE 119/2024 vp.* [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE\\_119+2024.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE_119+2024.aspx)
- Valtioneuvoston kanslia. 2025. “Sitoumus2050.” Valtioneuvoston kanslia. <https://sitoumus2050.fi/koti#/>
- Väylävirasto. 2023. “Infrarakentamisen Vähähiiliisyyden Arviointimenetelmä.” Väylävirasto. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-43\\_vahahiiliisyyden\\_arviointimenetelmä\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-43_vahahiiliisyyden_arviointimenetelmä_web.pdf)
- Väylävirasto. 2024. “Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T.” Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T. 2024. <https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent>

- Vera, I., Hoefnagels, R., Junginger, M., van der Hilst, F. 2021. "Supply Potential of Lignocellulosic Energy Crops Grown on Marginal Land and Greenhouse Gas Footprint of Advanced Biofuels—A Spatially Explicit Assessment under the Sustainability Criteria of the Renewable Energy Directive Recast." *GCB Bioenergy* 13 (9): 1425–47. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12867>
- Vero. 2023. *Koneiden Ja Laitteiden Korotetut Poistot Verovuosina 2020-2025*. <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/82959/koneiden-ja-laitteiden-korotetut-poistot-verovuosina-2020-2025/>
- Vero. 2024a. "Maatalouden Energiaveron Palautus." 2024. <https://www.vero.fi/yriytykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/maatalousyrittaja/energiavero>
- Vero. 2024b. "Nestemäisten polttoaineiden palautustasot ja -määrät." <https://www.vero.fi/yriytykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/nestemaiset-polttoaineet/palautustasot-ja-maarat/>
- Vero. 2024c. "Nestemäisten polttoaineiden verotaulukot Verotaulukko 1: 1.1.–31.12.2024." <https://www.vero.fi/yriytykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/nestemaiset-polttoaineet/verotaulukot/>
- VTT. 2022. TYKO-mallin menetelmäkuvaus [https://web.archive.org/web/20220119150947/http://www.lipasto.vtt.fi/tyko/tyko\\_menetelma.pdf](https://web.archive.org/web/20220119150947/http://www.lipasto.vtt.fi/tyko/tyko_menetelma.pdf)
- Wechselberger, V., Reinelt, T., Yngvesson, J., Scharfy, D., Scheutz, C., Huber-Humer, M., Hrad, M. 2023. "Methane Losses from Different Biogas Plant Technologies." *Waste Management* 157 (February):110–20. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.12.012>
- Woikoski. 2024. "Woikoski Oy, the Forerunner in Hydrogen in Finland." <https://www.woikoski.fi/en/woikoski/hydrogen.html>
- Yle. 2023. "Suomi piirtää hurjia vetyputkisuunnitelmia, mutta rahat ovat vielä kysymysmerkki – Tältä voisi näyttää vetyverkosto Suomesta Eurooppaan," 20.1.2023. <https://yle.fi/a/74-20013926>
- Ympäristöministeriö. 2022. "Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma : Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa 2035." Sarjajulkaisu. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164186>
- Ympäristöministeriö. 2023. Ilmastovuosikertomus 2022. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164392/YM\\_2022\\_24.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164392/YM_2022_24.pdf)
- Ympäristöministeriö. 2024a. "Green Deal -sopimukset." 2024. <https://ym.fi/green-deal-sopimukset>
- Ympäristöministeriö. 2024b. "Ilmastovuosikertomus 2024." 2024:25. Ympäristöministeriön Julkaisuja. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165736/YM\\_2024\\_25.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165736/YM_2024_25.pdf)
- Ympäristöministeriö. 2024c. "Kiertotalouden green deal: pelisäännöt ja muutosalueet." Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/42733297/Kiertotalouden+green+dealin+pelis%C3%A4%C3%A4nn%C3%B6t.pdf/3274dbde-a324-461d-64f7-449fff25aba2/Kiertotalouden+green+dealin+pelis%C3%A4%C3%A4nn%C3%B6t.pdf?t=1727783956205>
- Ympäristöministeriö. 2024d. "Rakentamislaki sujuvoittaa rakentamista ja edistää päästövähennyksiä ja kiertotaloutta." 2024. <https://ym.fi/rakentamislaki>
- Zakariazadeh, A., Jadid, S., Siano, P. 2015. "Integrated Operation of Electric Vehicles and Renewable Generation in a Smart Distribution System." *Energy Conversion and Management* 89 (January):99–110. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.09.062>
- Zhang, M.M., Wang, O., Zhou, D., Ding, H. 2019. "Evaluating Uncertain Investment Decisions in Low-Carbon Transition toward Renewable Energy." *Applied Energy* 240 (April):1049–60. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.205>

Zhang, W., Zhang, D., Mu, B., Wang, L. Y., Bao, Y., Jiang, J., Morais, H. 2017. “Decentralized Electric Vehicle Charging Strategies for Reduced Load Variation and Guaranteed Charge Completion in Regional Distribution Grids.” *Energies* 10 (2). <https://doi.org/10.3390/en10020147>

### **Päästökeskittymätaulukon lähteitä**

Haastattelut

Dnro PSAVI/5073/2023, s. 14.

Dnro PSAVI/58/04.08/2011, s. 45.

LUPAPÄÄTÖS Nro 87/2022 Dnro PSAVI/2461/2017

Dnro ISAVI/10287/2019, s. 52.

Dnro ISAVI/10287/2019, s. 51

LUPAPÄÄTÖS Nro 79/2014/1 Dnro PSAVI/144/04.08/201

Outokumpu Chrome Oy Kemi mine expansion EIA document [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Ymparistovaikutusten\\_arviointi/YVAhankkeet/Outokumpu\\_Chrome\\_Oyn\\_Kemin\\_kaivoksen\\_laajentaminen\\_Keminmaa](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Outokumpu_Chrome_Oyn_Kemin_kaivoksen_laajentaminen_Keminmaa)

Dnro ESAVI/16065/2022, s. 44; Dnro ESAVI/18974/2020, s. 19; Dnro ESAVI/26603/2022, s. 20

Dnro ESAVI/148/04.08/2011

Harjavallan suurteollisuuspuisto, 2024

Dnro ESAVI/172/04.08/2012, s. 6

Dnro ESAVI/7693/2014, s. 14; Dnro ESAVI/172/04.08/2012, s. 14

Dnro ESAVI/172/04.08/2012, s. 30; Dnro ESAVI/7693/2014, s. 11

Dnro PSAVI/1/04.08/2014, s. 14

Kajaanin Romu Oy, 2021, s. 1

Dnro PSAVI/2599/2015, s. 33

Dnro PSAVI/1286/2022, s. 38

Dnro PSAVI/1286/2022, s. 15

Stora Enso, 2023, s. 64

Pöyry Finland, 2018, s. 44

Dnro PSAVI/13605/2022, s. 120

Dnro PSAVI/2598/2015, s. 146

Dnro PSAVI/2598/2015, s. 146

Dnro PSAVI/7899/2019, s. 87

Dnro PSAVI/7899/2019, s. 210

Dnro LSSAVI/4652/2014, s. 39

Dnro LSSAVI/838/2019, s. 3

Dnro PSAVI/422/2015, s. 10

Dnro PSAVI/422/2015, s. 17

Dnro PSAVI/422/2015, s. 7

Dnro LSSAVI/136/04.08/2011, s. 6

Dnro LSSAVI/870/2015

Dnro LSSAVI/6628/2014, s.

## Liitteet

### Liite 1 Työkoneityypit ja käyttötarpeet

Taulukko 14. Työkoneita käytetään hyvin moninaisesti eri tarpeisiin: esimerkiksi monet maatilat harjoittavat sekä maa- että metsätaloutta, jolloin tilalla voi olla käytössä työkoneita sarakkeista 1 ja 2.

Työkoneityypit	Maa- talous	Metsä- talous	Kaivok- set	Materi- aalien kierrätys	Rakenta- minen	Satamat	Kuljetus ja varas- tointi	Matkailu	Kotita- loudet	Kiinteis- tön- huolto	Viher- alueiden hoito
Kaivukoneet	x	x	x	x	x						x
Pyöräkuormaajat		x	x	x	x						
Traktorit (maatalous-, metsä-, terminaali- yms. traktorit)	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Hakkuukoneet ja metsätraktorit	x	x									
Trukit		x	x	x	x	x	x				
Generaattorit, kompressorit		x	x	x	x			x		x	x
Moottorikelkat	x	x						x	x		
Dumpperit			x	x	x						
Monitoimikoneet	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Kurottajat	x	x	x	x	x	x	x				x
Nosturit		x	x	x	x	x	x				
Ruohonleikkurit	x					x		x	x	x	x
Leikkuupuimurit	x										
Jyrät, tiehöylät ja täryttimet		x			x						x
Mönkijät	x	x						x	x		x
Moottori- ja raivaussahat	x	x						x	x	x	x

Esimerkiksi pyöräkuormaajat ovat monikäyttöisiä lastaus- ja kaivuukoneita, joiden edessä olevaa kauhaa käytetään materiaalien kuormaamiseen ja kaivamiseen. Dumpperit ovat tyypillisesti nelivetoisia ja suurilla renkailla varustettuja maansiirtotyökoneita, jotka ovat suunniteltu kuljettamaan ja purkamaan kallistettavan lavan avulla suuria määriä irtomateriaaleja, kuten maata, hiekkaa, kiviä tai rakennusjätettä. Kurottajia käytetään teollisuudessa, rakentamisessa, maataloudessa, logistiikassa ja tapahtumissa.

## Liite 2 Haasteiden arviointi

ACE-hankkeen työpajojen osallistujia ja muita hankkeen sidosryhmiin kuuluvia alan asiantuntijoita pyydettiin arvioimaan Mentimeter-kyselyssä työkoneiden sähköistymisen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymisen haasteita (ks. kuvat 14 ja 15).



Kuva 14. Työkoneiden sähköistymisen merkittävimpiä haasteita, joiden ratkaisemiseen tarvitaan julkista ohjausta ACE-hankkeen työpajojen osallistujien mukaan

## Vaihtoehtoisten käyttövoimien haasteita jakeluverkkojen alueella



Kuva 15. Vaihtoehtoisten käyttövoimien (ei sähkö) merkittävimpiä haasteita jakeluverkkojen alueella ACE-hankkeen työpajojen osallistujien mukaan

## Liite 3 Ohjauskeinojen arviointi

Taulukko 15. Ohjauskeinot, jota arvioitiin ACE-hankkeen Mentimeter-kyselyissä ja kyselyjen tulokset päästöjen vähentämiseksi

Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
<b>Mitä ohjauskeinoja kannatat jatkoon uusien innovaatioiden synnyttämiseksi ja kestävien ratkaisujen levittämiseksi?</b>												
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi	8	26	31 %	1	12	8 %	10	13	77 %	19	51	37 %
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa				6	12	50 %				6	12	50 %
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki	8	26	31 %	3	12	25 %	10	13	77 %	21	51	41 %
Greendeal -sopimusten vahvistaminen demonstraatiotuella	1	26	4 %	0	12	0 %	7	13	54 %	8	51	16 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävissä työkoneiden päästökeskittymissä (kaivokset, satamat, teollisuuspuistot yms)	15	26	58 %	1	12	8 %	10	13	77 %	26	51	51 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasemien tukeminen hajautevasti (kaupungit, maatilat, iso ja pieni teollisuus)	3	26	12 %	2	12	17 %	7	13	54 %	12	51	24 %
EU AFIR-asetuksen toteutus kaupungeissa & valtateiden yhteydessä niin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri hyödyttää myös työkoneita	4	26	15 %	2	12	17 %	7	13	54 %	13	51	25 %
Työkoneiden päästövähennysinvestointien (lataus, kalusto) kustannustehokas tukeminen investointituen kilpailuttamisella/huutokaupalla	3	26	12 %	1	12	8 %				4	38	11 %
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen investointituilla	12	26	46 %	2	12	17 %	8	13	62 %	22	51	43 %
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	6	26	23 %	5	12	42 %	8	13	62 %	19	51	37 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla	4	26	15 %	2	12	17 %	8	13	62 %	14	51	27 %

Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akuvaihtojen tukeminen verohelpoituksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	2	26	8 %	0	12	0 %	8	13	62 %	10	51	20 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvelvoitteen (tieliikenne) korottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolttoaineisiin	3	26	12 %	2	12	17 %	11	13	85 %	16	51	31 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvelvoitelain korottaminen ja kohdistaminen biopolttoaineiden lisäksi sähköpolttonesteisiin	2	26	8 %	5	12	42 %				7	38	18 %
<b>Mitä ohjauskeinoja kannatat jatkoon saastuttavista käytännöistä ja teknologioista luopumiseksi?</b>												
EU:ssa kasvihuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmistettaville työkoneille	9	23	39 %	4	12	33 %	9	13	69 %	22	48	46 %
Työkoneita käyttäville yrityksille EU-tasolla päästötietojen keruu- ja julkaisuvelvoite	5	23	22 %	0	12	0 %	0	13	0 %	5	48	10 %
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti	7	23	30 %	3	12	25 %	9	13	69 %	19	48	40 %
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverotus (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)	12	23	52 %	3	12	25 %				15	35	43 %
Maakaasun ja öljyn käyttökielto ilman hiilen talteenottoa ja varastointi- tai hyödyntämisteknologiaa (CCU/CCS) vuoteen 2040 mennessä	1	23	4 %	0	12	0 %	3	13	23 %	4	48	8 %
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutuskriteerit	11	23	48 %	4	12	33 %	10	13	77 %	25	48	52 %
Julkisiin hankintoihin taloudellisen ajotavan koulutusvaatimus	3	23	13 %	4	12	33 %	8	13	62 %	15	48	31 %
Työkoneille oma EU-direktiivi Clean Vehicles Directive mallin mukaan elinkaari- ja energiankulutuksen huomioimiseksi julkisissa hankinnoissa	6	23	26 %	0	12	0 %	7	13	54 %	13	48	27 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvelvoitteen (tieliikenne) toteuttaminen nyky muodossa	2	23	9 %	4	12	33 %				6	35	17 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvelvoitelain toteuttaminen nyky muodossa	3	23	13 %	6	12	50 %				9	35	26 %
<b>Mitä toimia kannatat jatkoon yhteistyön, sitovien tavoitteiden ja siirtymän haitallisten vaikutusten hallinnan edistämiseksi?</b>												

	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
<b>Kyselyn kysymykset ja ohjaukset työkoneiden päästöjen vähentämiseksi</b>												
Viranomaisten, vientiryhtymien edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi	7	23	30 %	4	12	33 %	8	13	62 %	<b>19</b>	<b>48</b>	<b>40 %</b>
Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkone-sektorille vuosille 2030 ja 2035	10	23	43 %	1	12	8 %	6	13	46 %	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>35 %</b>
Nollapäästöisen työkonealan edistämiseksi strategian laatiminen ja toimien määrittäminen mm. EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi	13	23	57 %	3	12	25 %	8	13	62 %	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>50 %</b>
Polttoaineiden hinnannousun kompensointi työkonealalle energiategohokkaan ajotavan koulutustuella	2	23	9 %	2	12	17 %	5	13	38 %	<b>9</b>	<b>48</b>	<b>19 %</b>
Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluvoitteen kustannusten hyvittäminen	11	23	48 %	7	12	58 %	3	13	23 %	<b>21</b>	<b>48</b>	<b>44 %</b>
Greendeal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen	8	23	35 %	2	12	17 %				<b>10</b>	<b>35</b>	<b>29 %</b>
Yritysvastuudirektiivin kansallinen toteuttaminen siten, että siinä huomioidaan rajoitteet metsä- ja peltotyökoneiden päästöjen vähentämiseksi				5	12	42 %				<b>5</b>	<b>12</b>	<b>42 %</b>
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa				8	12	67 %				<b>8</b>	<b>12</b>	<b>67 %</b>
<b>Mitkä ovat vaikuttavimmat ohjaukset työkoneiden päästöjen vähentämiseksi? Valitse 1–3 toimea.</b>												
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi	4	22	18 %	1	12	8 %	5	21	24 %	<b>10</b>	<b>55</b>	<b>18 %</b>
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa				4	12	<b>33 %</b>				<b>4</b>	<b>12</b>	<b>33 %</b>
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki	6	22	27 %	1	12	8 %	3	21	14 %	<b>10</b>	<b>55</b>	<b>18 %</b>
Green deal -sitoumusten vahvistaminen demonstraatiotuella	1	22	5 %	0	12	0 %	1	21	5 %	<b>2</b>	<b>55</b>	<b>4 %</b>
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävissä työkoneiden päästökäytöksissä (kaivokset, satamat, teollisuuspuistot yms)	10	22	<b>45 %</b>	2	12	17 %	8	21	38 %	<b>20</b>	<b>55</b>	<b>36 %</b>

	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
<b>Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi</b>												
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasasemien tukeminen hajaute-tusti (kaupungit, maatilat, iso ja pieni teollisuus yms)	4	22	18 %	3	12	25 %	6	21	29 %	<b>13</b>	<b>55</b>	<b>24 %</b>
EU AFIR-asetuksen toteutus kaupungeissa & valtateiden yhtey-dessä niin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri hyödyttää myös työkoneita	3	22	14 %	1	12	8 %	0	21	0 %	<b>4</b>	<b>55</b>	<b>7 %</b>
Työkoneiden päästövähennysinvestointien (lataus, kalusto) kus-tannustehokas tukeminen investointituen kilpailuttamisella/huu-tokaupalla	3	22	14 %	1	12	8 %				<b>4</b>	<b>34</b>	<b>12 %</b>
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen in-vestointituilla	10	22	<b>45 %</b>	4	12	<b>33 %</b>	6	21	29 %	<b>20</b>	<b>55</b>	<b>36 %</b>
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen ve-rohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	6	22	27 %	2	12	17 %	1	13	8 %	<b>9</b>	<b>47</b>	<b>19 %</b>
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla	1	22	5 %	0	12	0 %				<b>1</b>	<b>34</b>	<b>3 %</b>
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	1	22	5 %	0	12	0 %				<b>1</b>	<b>34</b>	<b>3 %</b>
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla, verohelpotuksilla ja/tai korote-tuilla poistoilla							1	21	5 %	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>5 %</b>
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluveloitteen (tieliikenne) ko-rottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolt-toaineisiin	3	22	14 %	1	12	8 %	10	21	48 %	<b>14</b>	<b>55</b>	<b>25 %</b>
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluveloitelain korottaminen ja kohdistaminen biopolttoaineiden lisäksi sähköpolttonesteisiin	1	22	5 %	4	12	<b>33 %</b>				<b>5</b>	<b>34</b>	<b>15 %</b>
EU:ssa kasvihuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmis-tettaville työkoneille	2	22	9 %	1	12	8 %	5	21	24 %	<b>8</b>	<b>55</b>	<b>15 %</b>
Työkoneita käyttäville yrityksille EU-tasolla päästödatan keruu- ja julkaisuvelvoite	0	22	0 %	0	12	0 %	0	21	0 %	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>0 %</b>
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työ-koneisiin täysimääräisesti	1	22	5 %	2	12	17 %	7	21	33 %	<b>10</b>	<b>55</b>	<b>18 %</b>

	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
<b>Kyselyn kysymykset</b> ja ohjaukset työkalujen päästöjen vähentämiseksi												
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverot (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)	3	22	14 %	0	12	0 %				3	34	9 %
Maakaasun ja öljyn käyttökielto ilman hiilen talteenottoa ja varastointi- tai hyödyntämisteknologiaa (CCU/CCS) vuoteen 2040 mennessä	0	22	0 %	0	12	0 %	1	21	5 %	1	55	2 %
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutus-kriteerit	3	22	14 %	1	12	8 %	2	21	10 %	6	55	11 %
Julkisiin hankintoihin taloudellisen ajotavan koulutusvaatimus	1	22	5 %	1	12	8 %	0	21	0 %	2	55	4 %
Työkoneille oma EU-direktiivi Clean Vehicles Directive mallin mukaan elinkaari-päästöjen ja energiankulutuksen huomioimiseksi julkisissa hankinnoissa	0	22	0 %	0	12	0 %	2	21	10 %	2	55	4 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvelvoitteen (tieliikenne) toteuttaminen nyky muodossaan	1	22	5 %	1	12	8 %	0	8	0 %	2	42	5 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvelvoitelain toteuttaminen nyky muodossaan	0	22	0 %	2	12	17 %				2	34	6 %
Viranomaisten, vientiyrittäjien edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkalualan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi							0	21	0 %	0	21	0 %
Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkalusektorille vuosille 2030 ja 2035							2	21	10 %	2	21	10 %
Nollapäästöisen työkalualan edistämiseksi strategian laatiminen ja toimien määrittäminen mm. EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi							2	21	10 %	2	21	10 %
Polttoaineiden hinnannousun kompensointi työkalualalle energiatehokkaan ajotavan koulutustuella							0	21	0 %	0	21	0 %
Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluvelvoitteen kustannusten hyvittäminen							1	21	5 %	1	21	5 %
Greendeal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen							0	8	0 %	0	8	0 %
<b>Mitkä ohjaukset vaativat etenkin julkisen sektorin rahoitusta ja tukea, jotta puhdas siirtymä etenisi työkalusektorilla? Valitse 1-3 toimea.</b>												

Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi	4	24	17 %	1	12	8 %				5	36	14 %
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa	0	0		5	12	42 %				5	12	42 %
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki	7	24	29 %	1	12	8 %				8	36	22 %
Greendeal -sopimusten vahvistaminen demonstraatiotuella	2	24	8 %		12	0 %				2	36	6 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävässä työkoneiden päästökeskittymissä (kaivokset, satamat, teollisuuspuistot yms)	13	24	54 %	2	12	17 %				15	36	42 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasemien tukeminen hajaautusti (kaupungit, maatilat, iso ja pieni teollisuus yms)	6	24	25 %	3	12	25 %				9	36	25 %
EU AFIR-asetuksen toteutus kaupungeissa & valtateiden yhteydessä niin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri hyödyttää myös työkoneita	2	24	8 %	0	12	0 %				2	36	6 %
Työkoneiden päästövähennysinvestointien (lataus, kalusto) kustannustehokas tukeminen investointituen kilpailuttamisella/huutokaupalla	3	24	13 %	0	12	0 %				3	36	8 %
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen investointituilla	12	24	50 %	4	12	33 %				16	36	44 %
Nolla- ja vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	5	24	21 %	3	12	25 %				8	36	22 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla	2	24	8 %	0	12	0 %				2	36	6 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	2	24	8 %	0	12	0 %				2	36	6 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvalvoitteen (tieliikenne) korottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolttoaineisiin	2	24	8 %	0	12	0 %				2	36	6 %

	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
<b>Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi</b>												
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvelvoitelain korottaminen ja kohdistaminen biopolttoaineiden lisäksi sähköpolttonesteisiin	1	24	4 %		12	0 %				1	36	3 %
Polttoaineiden hinnannousun kompensointi työkonealalle energiatehokkaan ajotavan koulutustuella	2	24	8 %	1	12	8 %				3	36	8 %
Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluvelvoitteen kustannusten hyvittäminen	3	24	13 %	4	12	33 %				7	36	19 %
Green deal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen	0	24	0 %	0	12	0 %				0	36	0 %
EU:ssa kasvihuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmistettaville työkoneille				1	12	8 %				1	12	8 %
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti				2	12	17 %				2	12	17 %
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverot (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)				1	12	8 %				1	12	8 %
Maakaasun ja öljyn käyttökielto ilman hiilen talteenottoa ja varastointi- tai hyödyntämisteknologiaa (CCU/CCS) vuoteen 2040 mennessä				0	12	0 %				0	12	0 %
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutuskriteerit				2	12	17 %				2	12	17 %
Julkisiin hankintoihin taloudellisen ajotavan koulutusvaatimus				0	12	0 %				0	12	0 %
Työkoneille oma EU-direktiivi Clean Vehicles Directive mallin mukaan elinkaari- ja energiankulutuksen huomioimiseksi julkisissa hankinnoissa				0	12	0 %				0	12	0 %
Viranomaisten, vientiyriyten edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi				0	12	0 %				0	12	0 %
<b>Mitä ohjauskeinoja et kannata?</b>												
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi							2	18	11 %	2	18	11 %
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki							2	18	11 %	2	18	11 %

Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
Greendeal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen demonstraatioilla							8	18	44 %	8	18	44 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävässä työkoneiden päästokeskittymissä (kaivokset, satamat, teollisuuspuistot yms)							4	18	22 %	4	18	22 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasemien tukeminen hajautusti (kaupungit, maatilat, iso ja pieni teollisuus)							4	18	22 %	4	18	22 %
EU AFIR-asetuksen toteutus kaupungeissa & valtateiden yhteydessä niin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri hyödyttää myös työkoneita							1	18	6 %	1	18	6 %
Nollapäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen investointituilla							5	18	28 %	5	18	28 %
Nollapäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla							4	18	22 %	4	18	22 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla, verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla							5	18	28 %	5	18	28 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvelvoitteen korottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolttoaineisiin							1	18	6 %	1	18	6 %
EU:ssa kasviuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmistettaville työkoneille	7	21	33 %	2	12	17 %	2	18	11 %	11	51	22 %
Työkoneita käyttäville yrityksille EU-tasolla päästötietojen keruu- ja julkaisuvelvoite	8	21	38 %	4	12	33 %	10	18	56 %	22	51	43 %
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti	9	21	43 %	6	12	50 %	3	18	17 %	18	51	35 %
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverotus (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)	4	21	19 %	5	12	42 %				9	33	27 %
Maakaasun ja öljyn käyttökielto ilman hiilen talteenottoa ja varastointi- tai hyödyntämisteknologiaa (CCU/CCS) vuoteen 2040 mennessä	5	21	24 %	3	12	25 %	5	18	28 %	13	51	25 %

Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi	Toimijat sähköverkkojen alueella			Toimijat sähköverkkojen ulkopuolella			Julkisen sektorin edustajat			Yhteensä		
	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%	Vas-taajat	Vas-taajien määrä	Kanna-tus-%
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutuskriteerit	2	21	10 %	0	12	0 %	1	18	6 %	3	51	6 %
Julkisiin hankintoihin taloudellisen ajotavan koulutusvaatimus	7	21	33 %	2	12	17 %	3	18	17 %	12	51	24 %
Työkoneille oma EU-direktiivi Clean Vehicles Directive mallin mukaan elinkaaripäästöjen ja energiankulutuksen huomioimiseksi julkisissa hankinnoissa	1	21	5 %	0	12	0 %	3	18	17 %	4	51	8 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvaihtoehtojen (tieliikenne) toteuttaminen nyky muodossaan	3	21	14 %	0	12	0 %	0	6	0 %	3	39	8 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvaihtoehtojen toteuttaminen nyky muodossaan	1	21	5 %	1	12	8 %				2	33	6 %
Viranomaisten, vientiyrittäjien edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi				0	12	0 %	3	18	17 %	3	30	10 %
Greendeal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen				0	12	0 %				0	12	0 %
Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkone-sektorille vuosille 2030 ja 2035				3	12	25 %	6	18	33 %	9	30	30 %
Nollapäästöisen työkonealan edistämiseksi strategian laatiminen ja toimien määrittäminen mm. EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi				0	12	0 %	3	18	17 %	3	30	10 %
Polttoaineiden hinnannousun kompensointi työkonealalle energiatehokkaan ajotavan koulutustuella				1	12	8 %	4	18	22 %	5	30	17 %
Haavoittuvassa asemassa oleville toimijoille fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ja/tai jakeluvaihtoehtojen kustannusten hyvittäminen				2	12	17 %	6	18	33 %	8	30	27 %
Yritysvastuudirektiivin kansallinen toteuttaminen siten, että siinä huomioidaan rajoitteet metsä- ja peltotyökoneiden päästöjen vähentämiseksi				2	12	17 %				2	12	17 %
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtojen käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa				1	12	8 %				1	12	8 %

**Taulukko 16. Ohjauskeinot, jota arvioitiin ACE-hankkeen Mentimeter-kyselyissä viennin näkökulmasta ja arvioinnin tulokset**

Kyselyn kysymykset ja ohjauskeinot työkoneiden päästöjen vähentämiseksi	Vientiyritykset		
	Vastaajat	Vastaa- jien määrä	Kanna- tus-%
<b>Mitkä ohjauskeinot edistävät työkoneiden vientiä? Voit valita kaikki haluamasi vaihtoehdot.</b>			
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi	17	19	89 %
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa	3	19	16 %
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki	12	19	63 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävässä työkoneiden päästökeskittymissä (kaivokset, satamat, teollisuuspuistot yms)	6	19	32 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasasemien tukeminen hajautetusti (kaupungit, maatilat, iso ja pieni teollisuus yms)	2	19	11 %
EU AFIR-asetuksen toteutus kaupungeissa & valtateiden yhteydessä niin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri hyödyttää myös työkoneita	0	19	0 %
Työkoneiden päästövähennysinvestointien (lataus, kalusto) kustannustehokas tukeminen investointituen kilpailuttamisella/huutokaupalla	4	19	21 %
Nolla- tai vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen investointituilla	4	19	21 %
Nolla- tai vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	7	19	37 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla	3	19	16 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	4	19	21 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakelunvalvoitteen (tieliikenne) korottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolttoaineisiin	1	19	5 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakelunvalvoitelain korottaminen ja kohdistaminen biopolttoaineiden lisäksi sähköpolttonesteisiin	4	19	21 %
EU:ssa kasvihuonekaasupäästörajojen asettaminen uusille valmistettaville työkoneille	4	19	21 %
Työkoneita käyttäville yrityksille EU-tasolla päästötietojen keruu- ja julkaisuvelvoite	1	19	5 %
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti	1	19	5 %
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverotus (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)	3	19	16 %

Maakaasun ja öljyn käyttökielto ilman hiilen talteenottoa ja varastointi- tai hyödyntämisteknologiaa (CCU/CCS) vuoteen 2040 mennessä	0	19	0 %
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutuskriteerit	5	19	26 %
Työkoneille oma EU-direktiivi Clean Vehicles Directive mallin mukaan elinkaari päästöjen ja energiankulutuksen huomioimiseksi julkisissa hankinnoissa	4	19	21 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluvelvoitteen (tieliikenne) toteuttaminen nyky muodossaan	1	19	5 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluvelvoitelain toteuttaminen nyky muodossaan	2	19	11 %
Viranomaisten, vientiryitysten edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi	9	19	47 %
Greendeal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen	5	19	26 %
Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkonesektorille vuosille 2030 ja 2035	1	19	5 %
Nollapäästöisen työkonealan edistämiseksi strategian laatiminen ja toimien määrittäminen mm. EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi	4	19	21 %
Puhtaan siirtymän public-private-rahoitusmallin kehittäminen uusien työkoneiden (mm. sähkö, vety) pilotointia ja skaalaamista varten	0	19	0 %
<b>Mitkä ovat vaikuttavimmat ohjaukset työkoneiden viennin edistämiseksi? Valitse 1-3 keskeisintä toimea.</b>			
Innovaatio- ja T&K-rahoituksen pitkäjänteinen ja strateginen kohdentaminen työkonealan viennin kasvattamiseksi	15	18	<b>83 %</b>
T&K-rahoituksen korottaminen ja kohdentaminen vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämiseksi erityisesti metsä- ja peltotyökoneissa	4	18	<b>22 %</b>
Uuden teknologian pilotoinnin demonstraatiotuki	10	18	<b>56 %</b>
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetyasemien tukeminen erityisesti merkittävässä työkoneiden päästökeskittymissä (kaivokset, satamat, teollisuuspuistot yms)	0	18	0 %
Sähkölataus- ja/tai kaasu/vetytankkasasemien tukeminen hajautetusti (kaupungit, maatilat, iso ja pieni teollisuus yms)	0	18	0 %
EU AFIR-asetuksen toteutus kaupungeissa & valtateiden yhteydessä niin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri hyödyttää myös työkoneita	0	18	0 %
Työkoneiden päästövähennysinvestointien (lataus, kalusto) kustannustehokas tukeminen investointituen kilpailuttamisella/huutokaupalla	0	18	0 %
Nolla- tai vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen investointituilla	2	18	11 %
Nolla- tai vähäpäästöisten työkoneiden hankinnan tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	0	18	0 %
Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akunvaihtojen tukeminen investointituilla	2	18	11 %

Työkoneiden sähkö-, kaasu- ja vetykonversioiden sekä akuvaihtojen tukeminen verohelpotuksilla ja/tai korotetuilla poistoilla	0	18	0 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluelvoitteen (tieliikenne) korottaminen ja kohdistaminen erityisesti biokaasuun ja sähköpolttoaineisiin	1	18	6 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluelvoitelain korottaminen ja kohdistaminen biopolttoaineiden lisäksi sähköpolttonesteisiin	2	18	11 %
EU:ssa kasviuonekaasupäästörajoiden asettaminen uusille valmistettaville työkoneille	3	18	<b>17 %</b>
Työkoneita käyttäville yrityksille EU-tasolla päästödatan keruu- ja julkaisuvelvoite	0	18	0 %
Fossiilisten polttoaineiden päästökaupan (ETS2) ulottaminen työkoneisiin täysimääräisesti	0	18	0 %
Työkoneille päästöperusteinen hankintaverot (vrt. päästöjen perusteella porrastettu autovero henkilö- ja pakettiautoille)	0	18	0 %
Maakaasun ja öljyn käyttökielto ilman hiilen talteenottoa ja varastointi- tai hyödyntämisteknologiaa (CCU/CCS) vuoteen 2040 mennessä	0	18	0 %
Julkisiin hankintoihin päästö- ja energiankulutuskriteerit	0	18	0 %
Työkoneille oma EU-direktiivi Clean Vehicles Directive mallin mukaan elinkaaripäästöjen ja energiankulutuksen huomioimiseksi julkisissa hankinnoissa	2	18	11 %
Vähäpäästöisten polttoaineiden jakeluelvoitteen (tieliikenne) toteuttaminen nyky muodossaan	0	18	0 %
Biopolttoöljyn käyttöä edistävän jakeluelvoitelain toteuttaminen nyky muodossaan	0	18	0 %
Viranomaisten, vientiyritysten edustajien ja tutkijoiden yhteistyöryhmän perustaminen työkonealan puhtaan siirtymän ja viennin edistämiseksi	5	18	<b>28 %</b>
Greendeal -sopimusten laajentaminen ja vahvistaminen	1	18	6 %
Kansallisten päästövähennystavoitteiden asettaminen työkonesektorille vuosille 2030 ja 2035	1	18	6 %
Nollapäästöisen työkonealan edistämiseksi strategian laatiminen ja toimien määrittäminen mm. EU-regulaation ja rahoituksen vahvistamiseksi	3	18	<b>17 %</b>
Puhtaan siirtymän public-private-rahoitusmallin kehittäminen uusien työkoneiden (mm. sähkö, vety) pilotointia ja skaalaamista varten	0	18	0 %