

Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot – 2. päivitys

Metsätehon tulosalvosarja 4/2023

Pirjo Venäläinen, Markus Strandström, Asko Poikela

Metsäteho Oy

Tiivistelmä

- Selvityksen tavoitteena oli kartoittaa raskaan liikenteen ja työkoneiden päästövähennyksiä koskevia tavoitteita EU:ssa ja Suomessa, kotimaisen puun korjuun ja kuljetuksen päästöjen ja energiankulutuksen nykytilaa, päästövähennyksiä tukevia keinoja sekä ko. keinojen nykytilaa ja vaikutuksia. Tämä tulostulokasosarja liiteraportteineen päivittää ja täydentää vuonna 2021 julkaistun selvityksen tuloksia.
- EU tavoittelee vuoteen 2050 mennessä liikenteen päästöjen vähentämistä 90 %:lla. Suomessa tavoitteena on liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen puolittaminen (vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä).
- Vuonna 2019 kotimaisen puun korjuun arvioitiin aiheuttavan noin 292 000 tonnia, kaukokuljetusten 294 000 tonnia ja puun lastinkäsittelyn tehtailla 25 000 tonnia CO₂ekv.-päästöjä.
 - Suomessa on käytössä vasta ensimmäisiä hybridimetsäkoneita ja -puutavarayhdistelmiä sekä ensimmäinen LBG-käyttöinen puutavarayhdistelmä. Vetykäyttöisiä ajoneuvoja tai työkoneita ei vielä ole puuhuollossa käytössä. Täyssähköisiä puutavarayhdistelmiä ja metsäkoneita on pilotointi- ja konseptointivaiheessa. Vetytalltokennokuorma-autojen tarjonta lisääntyy tämän vuosikymmenen aikana.
- Sekä kuljetusten että työkoneiden käytön osalta keskeisiä keinoja päästötavoitteiden täyttämiseksi ovat mm. biopolttoaineiden nykyistä suurempi hyödyntäminen, vaihtoehtoisten käyttövoimien laajempi käyttöönotto, kuljetusten ja kaluston käytön tehostaminen sekä kuljettajatyön ohjausjärjestelmät.
 - Vaihtoehtoisten käyttövoimien (vety, täyssähkö ja metaani) julkinen jakeluinfrastruktuuri myös raskaalle liikenteelle tulee kehittymään Suomessa tällä vuosikymmenellä, mikäli AFIR-asetusehdotus hyväksytään. Puuhuollon kuljetuksissa ko. käyttövoimia voidaan kuitenkin hyödyntää vain rajatusti.
 - Sähköpolttoaineiden tuotantoa on käynnistymässä Suomessa, mikä osaltaan tuo uusia vaihtoehtoja päästöjen vähentämiseen.
 - Vielä lähivuosina uusien käyttövoimien hyödyntämistä puuhuollossa hidastavat niiden kalliimmat hinnat, rajoitettu käyttövoimien saatavuus ja rajoitettu kaluston saatavuus varsinkin suurimmissa teholuokissa. Lisääntyvä sääntely kuitenkin lisää uusia käyttövoimien tarjontaa ja kilpailukykyisyyttä pidemmällä aikajänteellä.



Sisältö

1. Selvityksen tavoitteet ja toteutus
2. Päästöjä koskevat tavoitteet
3. Keinoja päästöjen vähentämiseksi
4. Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

Liiteraportit

1. Puun korjuun ja kuljetusten vuosipäästöt ja energiankulutus
2. Päästövähennystavoitteet
3. Päästövähennyskeinot
4. Lähteet

1. Selvityksen tavoitteet ja toteutus

- Selvityksen tavoitteena oli
 - kartoittaa keskeiset raskaan liikenteen ja työkoneiden päästövähennyksiä koskevat tavoitteet EU:n ja Suomen tasolla
 - arvioida metsäteollisuuden korjuun ja puukuljetusten vuosittaiset päästöt ja energiankulutus
 - tunnistaa keskeisiä keinoja päästöjen vähentämiseksi lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä sekä arvioida ko. keinojen hyödynnettävyyttä
 - tunnistaa keskeiset jatkotutkimustarpeet.
- Selvitys toteutettiin perustuen laatimishetkellä käytössä olleisiin strategia- ja sääntelydokumentteihin, tutkimuksiin, tilastoihin ja julkisesti esitettyihin tietoihin keinoista, joilla päästöjä voidaan vähentää.
- Selvitys päivittää ja täydentää aiemmin julkaistun raportin (Venäläinen ym. 2021) tuloksia.



Selvityksen rajaukset ja painotukset

- Korjuun osalta selvitys koskee hakkuukoneita ja kuormatraktoreita sekä niiden siirtoihin tarvittavia lavettikuljetuksia. Päästölaskenta sisältää myös kuljettajien omat siirtymiset, mutta muuten henkilöautoliikennettä ei tarkastella.
- Kuljetusten osalta selvitys koskee kotimaisen ainespuun tie-, rautatie- ja vesikuljetuksia (ei sisällä energiapuun, metsäteollisuuden muiden raaka-aineiden tai tuotteiden kuljetuksia).
- Puun vastaanoton osalta hyödynnetään vuoden 2019 kyselyä työkoneista tuotantolaitoksilla (ei puun lastaussatamissa tai rautatieterминаaleissa).
- Tarkasteltavat päästöjen vähennyskeinot käsittävät teknisiä ja toiminnallisia keinoja, mutta ei puhtaasti verotukseen, tukiin tai hinnoitteluun liittyviä keinoja.
 - Vuosilaskelmassa eri käyttövoimien osalta on otettu huomioon vain niiden käytöstä syntyvät päästöt (jolloin osa käyttövoimista on laskennallisesti päästöttömiä). Ei ole siis otettu huomioon eri käyttövoimien elinkaari-vaikutuksia (käyttövoiman ja sitä käyttävän ajoneuvokaluston valmistuksen ja kuljetuksen aiheuttamat päästöt).
 - Ei otettu huomioon eri kuljetusmuotojen vaatiman infrastruktuurin rakentamiseen liittyviä päästöjä (esim. vesitiekuljetuksissa ko. päästöt ovat selvästi muita kuljetusmuotoja matalammat).
 - Ei ole arvioitu, miten eri tavoitteet (esim. biopolttoaineiden käytön kasvu) vaikuttaisivat kotimaisen puun kuljetusvirtoihin Suomessa.
 - Keinojen vaikutuksia kustannuksiin tai keinojen hintakehitysnäkymiä ei ole tarkasteltu.



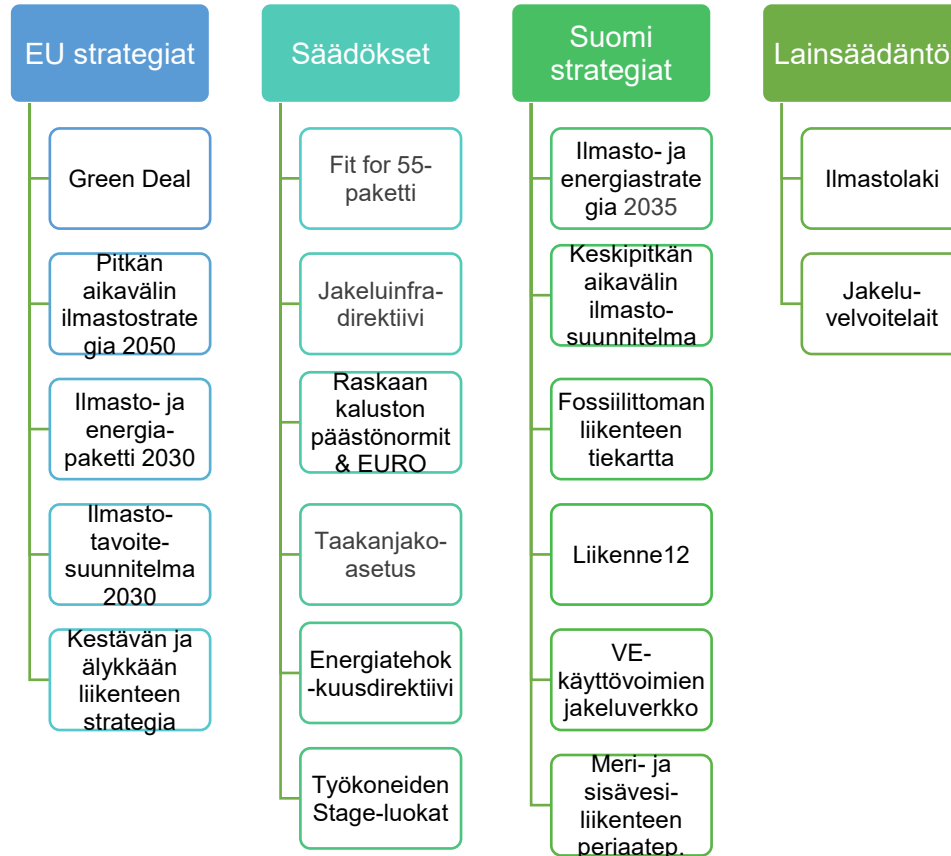
2. Päästöjä koskevat tavoitteet



Päästövähennystavoitteet

- Seuraaviin kalvoihin (8–9) ja liiteraporttiin 2 on koottu Euroopan unionin ja Suomen esittämiä tavoitteita raskaan liikenteen ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi.
 - EU:n lisäksi kansainvälisiä päästötavoitteita ja -velvotteita syntyy myös YK:n tasolla (esim. Pariisin ilmastonmuutossopimus ja IMO:n tavoitteet merenkulussa).
 - Mikäli raskaan liikenteen osuutta tavoitteissa ei ole eritelty, esitetään tavoite koko liikenteen päästöjen vähentämiseksi.
 - Tavoitteet eivät välttämättä koske sellaisenaan esim. puukuljetuksia, vaan keinojen toteutus saatetaan kohdistaa esim. kaupunkiympäristöön, jossa asukkaiden altistus päästöille on suurempi.
- Tavoitteet vaihtelevat tavoiteajankohdan ja esitettyjen keinojen sitovuuden osalta.

Päästöjä koskevia tavoitteita ja säädöksiä



Keskeisiä tavoitteita ja niissä mainittuja keinoja

- Vuoteen 2050 mennessä EU:ssa tavoitellaan liikenteen päästöjen vähentämistä 90 %:lla (Euroopan komissio 2019).
 - Vuoteen 2030 mennessä EU:n tavoitteena on vähentää nettokasvihuonekaasupäästöjä 55 %:lla vuoteen 1990 verrattuna (European Commission 2020b).
 - EU:n konkreettisia toimia tavoitteiden saavuttamiseksi ovat mm. kuorma-autojen tiukentuvat päästönormit, vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuuriverkon ja tuotannon sekä päästökaupan laajentaminen.
- Komission ehdotuksena on Suomen taakanjakosektorin (mm. liikenne ja työkoneet) velvoite kasvihuonekaasupäästöjen puolittamiseksi (vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä) (Ympäristöministeriö 2022)
- Suomen omana tavoitteena on mm.:
 - Liikenteen ilmastopäästöjen vähentyminen vuoteen 2030 mennessä vähintään 60 %, vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 % ja vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 % (vertailuvuoteen 1990 nähden) (Ilmastolaki)
 - Raskaan liikenteen kuljetusten energiatehokkuuden parantaminen (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022).
 - Fossiilisten liikennepolttoaineiden myynti kotimaan liikenteeseen loppuun 2045 (Jääskeläinen (toim.) 2021)
 - Konkreettisimpia keinoja liikenteen ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi ovat mm. biopolttoaineiden jakeluvälvoitteen kasvattaminen ja vähäpäästöisen kaluston hankintatuet.
- Lisäksi sekä EU:ssa että Suomessa on asetettu tavoitteita mm. rautatie- ja vesiliikenteen osuuden kasvattamiseksi, liikenteen infrastruktuurin kehittämiseksi vähäpäästöisen liikenteen tueksi ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi.



3. Keinoja päästöjen vähentämiseksi

Johdanto

- Keinoja raskaiden kuljetusten ja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi tunnistettiin
 - a) luvussa 2 ja liiteraportissa 2 esitetyistä päästöjen vähentämistavoitteita koskevista dokumenteista
 - b) aihepiirin tutkimuksista ja
 - c) muusta materiaalista (uutisartikkelit ja yritysten internetsivut).
- Yhteenveto tässä tarkasteltavista keinotyypeistä on esitetty seuraavassa kalvossa.
 - Verotuksellisia ja tukikeinoja ei tarkasteltu selvityksessä, mutta ko. keinot on mainittu useissa liiteraportin 2 tavoitedokumenteissa.
- Kalvoissa 14–16 on esitetty karkeatasoinen yhteenveto eri keinojen vaikutuksista työkoneiden ja ajoneuvojen käytön tai elinkaaren aikaisiin päästöihin.
- Keinojen vaikutuksia ei ole välttämättä arvioitu juuri puun käsittelyn tai kuljetusten näkökulmasta, joten vaikutusten sekä hyödyntämisen potentiaalin arvioimiseksi tarvitaan lisätarkasteluita.
 - Vaikutuksia on koottu eri tutkimuksista ja arvioista, eivätkä ne ole täysin vertailukelpoisia.
 - EU:ssa yhtenä tavoitteena onkin kehittää yhtenäisiä periaatteita päästöjen mittaamiseen (European Commission 2020c). Ajoneuvojen erilaisten käyttövoimien elinkaarivaikutuksista on laadittu EU:n selvitys (Ricardo Energy & Environment 2020), jossa on tunnistettu myös laskentatapojen kehittämistarpeita. EU:ssa on käynnissä liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen yhteisten laskentaperiaatteiden kehittäminen (CountEmissions EU -aloite).
- Liiteraportissa 3 on esitetty kunkin keinon osalta
 - keinon hyödyntämisen nykytila (ensisijaisesti Suomen puuhuollossa, mutta tarvittaessa myös yleisemmin, jos keino on käytössä vasta muualla)
 - keinoa koskevat Suomen ja EU-tason tavoitteet
 - keinojen kehitysnäkymät
 - arvio keinon vaikutuksista päästöihin (tai polttoaineen kulutukseen).



Keinot

pl. verotus,
tuet ja
hinnoittelu

Polttonesteet

- Biodiesel ja -polttoöljy
- Uusiutuva diesel ja polttoöljy
- Sähköpolttoaineet (P2F)
- Etanoli, metanoli

Muut käyttövoimat

- Täyssähkö
- Kaasut
 - Bio- ja maakaasu, metaani
 - Ammoniakki, vety
 - Sähköpolttoaineet (P2G)
- Hybridit

Kalusto

- Kalustokoko (HCT, LHT)
- Polttomoottorit
- Voimansiirto
- Aerodynamiikka ja muu rakenne
- Hankintojen neuvonta

Digitalisaatio

- Kuljettajien ohjausjärjestelmät
- Automaatio (ml. letka-ajo)
- Korjuun ja kuljetusten suunnittelu (mm. mepa-kuljetukset)

Vesi- ja rautatieliikenne

- Tehokkuus
- Kilpailukyky
- Kuljetusten osuus

Infrastruktuuri

- Tiestön kunto
- Vesi- ja rautatieliikenteen infrastruktuuriverkko



Keinojen käyttöönoton tilanne Suomessa

	Käytössä laajasti	Markkinoilla / tulossa 2024 mennessä	Pilotointi- vaiheessa	Konsepti- tai esiselvitys- vaiheessa	Tulossa 2020-luvulla
Auto (vähintään 68-tonniset)	Biopolttoaineet	Maakaasu&biokaasu Uusiutuva diesel Hybridi Sähköpolttoaineen ja vedyn jakelu	Täyssähkö (Ruotsi 84 t) HCT Letka-ajo	Sähkötiet Sähköpoltto- aineen tuotanto	Vetypolttokenno- kuorma-autot (65 t)
Juna	Täyssähkö, hybridi, biopolttoöljy	Pidemmät junta Vety		Leveämmät ja korkeammat vaunut	
Alus	Biopolttoöljy	LNG, hybridi, maasähkö Metanoli	Uusiutuva laivapolttoaine (Tanska)	Vety	Ammoniakki
Metsäkoneet	Biopolttoöljy	Uusiutuva polttoöljy Hybridi		Sähkö (kuormatraktori)	
Terminaalikoneet	Biopolttoöljy	Täyssähkö, hybridi, vety Uusiutuva polttoöljy		Kaasu (pyörä- kuormaaja)	
Eri vaiheissa	Aerodynaamiset ratkaisut, digitalisaatio, moottorikehitys, kuljetusinfrastruktuurin kehittäminen				

Yhteenveto keinojen vaikuttavuudesta 1

Yhteenvedossa on otettava huomioon, että vaikutuksia on esitetty myös muista tilanteista kuin puun kuljetuksista ja käsittelystä tai muualta kuin Suomesta. Vaikutukset perustuvat liiteraportissa 3 esitettyihin tutkimustuloksiin ja muihin arvioihin, eivätkä ne ole täysin keskenään vertailtavia.

Keino (Autokuljetukset/liikenne)	Arvioitu vaikutus polttoaineen kulutukseen / käytön aikaisiin päästöihin	Arvioitu vaikutus elinkaaren aikaisiin päästöihin
Biodiesel (bio-osuus 34 %) Uusiutuva diesel (100 %)	-13 % CO ₂ kg per diesellitra (v. 2021 verrattuna) -100 % päästöt	Jopa -90 % kasvihuonekaasupäästöt
Sähkölaitteet	<i>Ehdotus menetelmästä päästöjen arvioimiseksi tehty</i>	Vähintään -70 % kasvihuonekaasupäästöt (kestävyyskriteeri)
Täyssähkö	-100 % päästöt	
Hybridi (polttoaine&sähkö)	<i>Ei vielä saatavilla luotettavia eroja tutkimuksesta</i>	
Maakaasu (raskas liikenne)	-10 % CO ₂ -päästöt	yli -20 % kasvihuonekaasupäästöt
Biokaasu (tieliikenne)	<i>Tutkimus vaikutuksista puutavarakuljetuksissa käynnissä</i>	Jopa -90 % kasvihuonekaasupäästöt
Vety (uusiutuva) Vetyhybridi (vety+sähkö)	-100 % päästöt -100 % päästöt	

Yhteenveto keinojen vaikuttavuudesta 2

Keino	Arvioitu vaikutus polttoaineen kulutukseen / käytön aikaisiin päästöihin	Arvioitu vaikutus elinkaaren aikaisiin päästöihin
Ajoneuvon aerodynaamikan kehittäminen	-10...-40 % polttoaineen kulutus	
Kalustokoko (HCT)	-4...-11 % kulutus / tuoretonni (puutavara)	
Taloudellinen ajotapa Letka-ajo	<i>Tutkimusta käynnissä</i> <i>Tutkimusta käynnissä</i>	
Rautatiekuljetusketju (kotimainen puu) - Autokuljetuksiin verrattuna	Diesel: -33 % CO ₂ -ekv.-päästöt per tkm	
Vesikuljetusketju (kotimainen puu) - Alus - Uitto	-44 % CO ₂ -ekv.-päästöt/tkm -62 % CO ₂ -ekv.-päästöt/tkm	
Uusiutuva laivapolttoaine		-80 % kasvihuonekaasupäästöt
Kuljetusinfrastruktuurin kehittäminen - Rataverkon sähköistäminen - Tieverkon kunto - Talvikunnossapito	Ka. -57 % CO ₂ -päästöt per hanke Kuluneilla teillä raskaan liikenteen polttoaineen kulutus nousee 3–9 % Lumi nostaa tien vierintävastusta 7–8 %	
Logistiikan digitalisaatio (mm. sähköiset tietoympäristöt, automatisaatio, älykkäät reittitiedot)	Osuus Suomen päästöjen vähentymisestä vuonna 2030 voisi olla 4–13 %	

Yhteenveto keinojen vaikuttavuudesta 3

Keino	Arvioitu vaikutus polttoaineen kulutukseen / käytön aikaisiin päästöihin	Arvioitu vaikutus elinkaaren aikaisiin päästöihin
Työkoneet yleisesti • Biopolttoöljy • Uusiutuva polttoöljy	-0,2 t CO ₂ -ekv. vuonna 2030	Keskimäärin -90 % hiilijalanjälki
Veturit • Sähkö • LNG • Vanhan dieselveturin korvaaminen Stage IIIA-dieselveturilla	-100 % päästöt -30 % CO ₂ -päästöt, -70 % NO _x -päästöt Noin -50 % polttoaineen kulutus	
Työkoneet • Hybridi (yleisesti) • Täyssähkö (esim. vaununsiirotlaite) • Uusiutuva diesel (pyöräkuormaajassa)	-10...-50 % -100 % päästöt -80 % CO ₂ -päästöt, -10 % NO- ja pienhiukkaspäästöt	

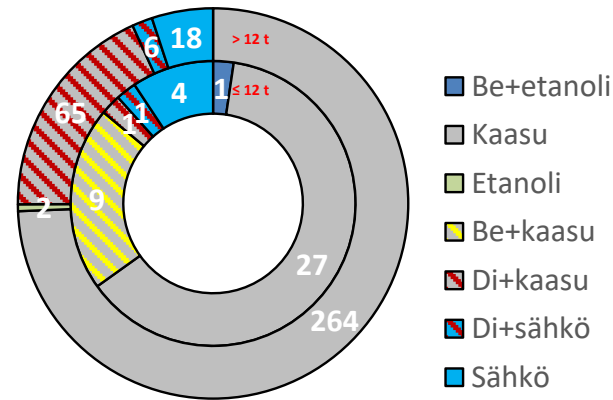
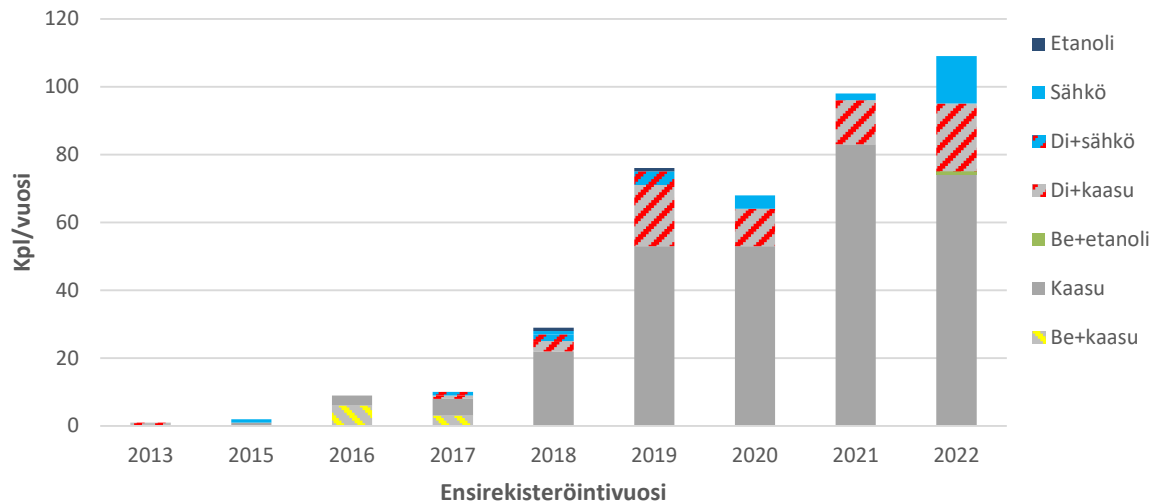
4. Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

Nykytila

- Kotimaisen puun korjuun, kaukokuljetusten ja puun tehdasvastaanoton arvioitiin tuottavan CO₂-ekv.-päästöjä noin 611 000 tonnia vuonna 2019 (Venäläinen ym. 2021). Päivitetty laskelma julkaistaan myöhemmin.
 - Tästä sekä puun korjuu että kaukokuljetus kattavat kummatkin 48 % ja puun tehdasvastaanotto 4 %.
 - Arvio on tehty vain käytön aikaisille päästöille. Eri käyttövoimien elinkaarivaikutusten vertailukelpoisia laskentaperusteita tulee kehittää.
- Tällä hetkellä laajasti käytössä olevia keinoja ko. päästöjen vähentämiseksi ovat:
 - Lain mukaiset biopolttoaineiden osuudet dieselissä ja polttoöljyssä.
 - Sähköiset puun vastaanotossa käytössä olevat työkoneet
 - Eräät kuorma-autojen aerodynaamiset ratkaisut ja kuljettajia opastavat järjestelmät
 - Rautatiekuljetusten osuus kotimaisen puun kuutioista vuonna 2021 oli 23 % (41 % m³km), ja 75 % nettotonnikilometreistä kulkee sähköistetyllä rataverkolla.
 - Vesikuljetusten osuus kotimaisen puun kuutioista oli 2,5 % (5 % m³km).
- Viime vuosina on myös otettu käyttöön
 - Ensimmäiset hybridiratkaisut puun korjuussa ja kuljetuksissa. Vaihtoehtoisia käyttövoimia on alettu ottaa käyttöön kuorma-autokuljetuksissa yleisesti (ks. seuraava kalvo).
 - Ensimmäinen LNG-käyttöinen puutavarayhdistelmä.
- Keinojen vaikutuksista nimenomaan puun käsittelyssä ja kuljetuksissa on vain rajatusti tietoa, joten lisätarkastelut vaikuttavuudesta ovat tarpeen.



Kuorma-autojen käyttövoimat



31.12.2022 liikennekäytössä olleet ajoneuvoluokkien N2 (3,5 - 12 t) ja N3/N3G (>12 t) kuorma-autot, joissa käyttövoimana muu kuin diesel tai bensiini ja käyttöönottovuosi >= 2013

Päästövähennystavoitteet

- EU:n tavoitteena on vähentää liikenteen päästöjä 90 %:lla vuoteen 2050 mennessä.
- Keskeisin maantiekuljetuksia koskeva tavoite EU-tasolla on uusien raskaiden autojen CO₂-päästöjen vähentäminen (vuoden 2019 tasoon verrattuna) keskimäärin 15 % vuoteen 2025 mennessä ja keskimäärin 30 % vuodesta 2030 lähtien
 - Suomessa tavoitellaan koko liikenteen osalta kasvihuonekaasupäästöjen puolittamista vuoteen 2030 mennessä. Tarvittavat toimenpiteet on koottu Fossiilittoman liikenteen tiekarttaan.
 - Myös työkoneiden energiatehokkuuden parantamista tavoitellaan.
- Tavoitteiden toimeenpanemiseksi EU:ssa on käynnissä useita säätelyaloitteita (mm. Fitfor55-paketti, päästökauppauudistus ja jakeluinfraa koskeva asetus).
 - Lisäksi tavoitellaan venäläisistä fossiilisista polttoaineista riippuvuuden poistamista ja vihreää siirtymää (REPowerEU-ohjelma).
- Suomessa on mm. päivitetty biopolttoaineiden jakeluvuoroitusta ja lisätty päästövähennystavoitteet osaksi ilmastolakia.
- Tavoitteiden yhteydessä on tunnistettu useita keinoja päästövähennysten saavuttamiseksi.
 - Vaikka päästövähennystavoitteiden kohdentumisesta puuhuollon prosesseihin ei ole tarkkaa tietoa, myös puuhuollossa on tarpeen varautua uudenlaisten keinojen kehittämiseen ja käyttöönottoon.
 - Tietoa ja tutkimusta keinojen vaikuttavuudesta on lisättävä.

Lyhyen aikajänteen (→ 2027) näkymiä 1/3

- Puunkorjuu
 - Päästöjen vähentämisessä keskeinen potentiaali on konekannan uusiutumisessa (→ uudet Stage-luokat) ja vetykäsiteltyjen biokomponenttien tuotantokapasiteetin kasvussa.
 - FAME-pohjaisten moottoripolttoöljyjen biopitoisuuksia ei todennäköisesti voida kasvattaa v. 2021–2028 asetetun jakeluvelvoitteen tasoa (3–10 %) korkeammaksi ilman ongelmia, ainakaan talviolosuhteissa.
 - Uusiutuvalla tai ”täyssynteettisellä” dieselillä voidaan saavuttaa välittömiä päästövähennyksiä ilman koneinvestointeja.
 - Koska metsäkoneympäristön keinovalikoima on huomattavasti kapeampi kuin tieliikenteessä ja vastaanottoiminnoissa, rajallinen biopolttoainetarjonta kannattaisi hyödyntää ensisijaisesti metsässä.
 - Hybriditekniikassa on potentiaalia, mutta tutkimusnäyttöä todellisista vaikutuksista ei vielä ole.
 - Voidaan vaikuttaa voimansiirron häviöihin ja kaventaa moottorin käyntialue optimialueelle.
 - Mahdollistaa potentiaalienergian ja liikkeiden jarrutusvoiman talteenoton.
 - Täyssähköinen voimansiirto leikkaisi tehohäviöt murto-osaan mutta tuo myös haasteita, esim. telin tasapainotus.
 - Korjuun työmalleilla sekä hakkuulaitteen huollolla (terät) ja säädöillä voidaan saavuttaa yli 10 prosentin säästöt polttoaineen kulutukseen tuottavuustasosta tinkimättä.
 - Useimmat tieliikenteestä tutut keinot (esim. aerodynamiikka ja kaasumaiset polttoaineet tai rakenteiden merkittävä keventäminen) eivät ole sellaisenaan siirrettävissä metsäympäristöön tai eivät tarjoa merkittäviä etuja.

Lyhyen aikajänteen (→ 2027) näkymiä 2/3

- Puun kuljetukset
 - Lyhyellä aikajänteellä dieselkäyttöisten kuorma-autojen osuus puukuljetuksissa tulee pysymään lähes nykytasolla.
 - Biopolttoaineen jakeluvelvotteen nouseminen tulee vähentämään päästöjä jo lähivuosina.
 - Myös bifuel- (diesel+kaasu), hybridi-, kaasu- ja vetyautot soveltuvat raskaisiin kuljetuksiin. Ko. ajoneuvoja on jo jonkin verran markkinoilla. Kaasu- ja vetyajoneuvot soveltuisivat alussa helpommin säännöllisten reittien sivutuotehakekuljetuksiin ja metsäteollisuuden tuotekuljetuksiin, mikäli tuotantolaitosten lähettyvillä olisi tankkausasemia.
 - EU:n mitta- ja massadirektiivin käynnissä oleva päivityksen vaikutukset Suomeen ovat vielä epäselvät.

Lyhyen aikajänteen (→ 2027) näkymiä 3/3

- Puun autokuljetusten päästöjen vähentämisessä on potentiaalia monia eri keinoja hyödyntämällä (mm. taloudellisen ajotavan koulutus, kuljetusten ohjausjärjestelmät, meno-paluukuljetukset). Myös kuljetusyrittäjät ovat tunnistanee nämä keskeisimpinä keinoina lisätä kuljetusten ympäristöystävällisyyttä (SKAL ry 2019). Liikenne- ja logistiikka-alan tiekartan (Vasara ym. 2022) mukaan eniten vaikuttavia tavaraliikennettä koskevia päästövähennyskeinoja olisivat uusiutuvat polttoaineet, digitalisaatioratkaisut, HCT-yhdistelmien lisääminen, tieverkon kunnossapidon parantaminen, raideliikenteen kasvu ja raskaan kaluston hankintatuki.
- Kotimaisen puun raidekuljetuksia on kasvattanut venäläisen puun tuonnin päättyminen. Puun raidekuljetusten osuuden kasvattamisessa keskeisessä roolissa on rataverkon välityskyvyn kehittäminen (mm. Digirata-hanke). Päästöjen vähentämisessä lähiajan keinoja ovat vetureiden uusiminen ja pidemmät raakapuujunat.
- Puun vesikuljetusten haasteena on pieni volyymi, mikä heikentää mahdollisuuksia kaluston uusimiseen. Uittokuljetukset ovat kasvamassa uusien uittajien myötä.
- Puun vastaanotossa tuotantolaitoksilla on hyvät mahdollisuudet lisätä täyssähkö-, hybridi- ja kaasukäyttöisten työkoneneiden osuutta. Ko. ratkaisuiden kustannusvertailu tarvitsisi erillisen tarkastelun.
- Biopolttoöljyn osuuden nosto vähentää työkoneneiden päästöjä jo lähivuosina. Työkoneneiden sääntely tulee todennäköisesti lisääntymään lähivuosina.

Pitkän aikajänteen (2027 →) näkymiä 1/2

- Puunkorjuu

- Metsäkoneissa pidemmän aikavälin päästökehitys riippuu paljolti siitä, löydetäänkö toisen ja kolmannen sukupolven biodieselin/-polttoöljyjen raaka-ainetuotantoon ratkaisuja, joilla volyymit voisivat kasvaa merkittäviksi. Dieselmoottorit pysynevät vielä pitkään ensisijaisena voimanlähteenä. Kehityslinjaan vaikuttaa myös maatalouskonekannan muutokset, jotka ovat puolestaan osittain riippuvaisia autoteollisuuden linjanvedoista. Esim. polttokennotekniikan läpimurto edellyttäisi autonvalmistajien merkittäviä satsauksia.
- Kaasumaisilla polttoaineilla, erityisesti biokaasulla, voidaan päästöjä vähentää merkittävästi mutta käyttö on erittäin haasteellista metsäkoneympäristössä.
 - Tankkaus onnistuu käytännössä vain tankkausasemilta, lisäksi nesteytetty kaasu edellyttää jatkuvaa käyttöä tai erittäin hyvin lämpöeristettyjä säiliöitä.
 - Vaaditaan rinnakkaiset polttoainejärjestelmät → tilaongelma.
 - Tarvitaan pieni osuus dieseliä sytytyksen avuksi tai ottomoottori.
- Pitkällä tähtäimellä automaatio ja etäohjaus mahdollistavat koneiden merkittävän keventämisen, mikä voi tuoda säästöä myös polttoaineen kulutukseen.

Pitkän aikajänteen (2027 →) näkymiä 2/2

- Puun kuljetukset
 - Täyssähkökuorma-autojen yleistyminen edellyttää merkittävää edistystä akkuteknologiassa (akkujen keventyminen ja halpeneminen) sekä akkumateriaalien saatavuudessa. Aluksi täyssähköautot yleistyisivät todennäköisemmin metsäteollisuuden kevyissä tuotekuljetuksissa. Ruotsissa testataan täyssähköistä 84-tonnista puutavarayhdistelmää.
 - Vety- ja kaasuratkaisuja on jo muissa maissa käytössä vetureissa ja jopa lyhyen matkan aluskuljetuksissa. Isommissa rahtialuksissa on otettu käyttöön mm. LNG-, hybridi- ja ammoniakkiratkaisuita. Kaluston hidas uusimisvauhti ja kotimaisen puun vesikuljetusten pienet volyymit hidastavat uusien teknologioiden käyttöönottoa Suomessa.
 - Raskaan liikenteen täyssähköön, vedyn ja metaanin julkista jakeluinfraverkkoa tullaan kehittämään Suomessa 2020-luvulla, mikäli AFIR-asetusehdotus toteutuu. Sähkölaitteiden tuotantoa on käynnistymässä Suomessa lähivuosina. Pidemmällä aikajänteellä uusien käyttövoimien tarjonnan lisääntyminen voi tuoda mahdollisuuksia niiden hyödyntämiseen myös puukuljetuksissa.
- Tehtaiden työkoneet
 - Työkoneissa lisääntyvä sääntely lisännee energiatehokkaampien ja uusiin käyttövoimiin pohjautuvien ratkaisuiden tarjontaa myös suuremmissa teholuokissa. Myös lisääntyvä automatisaatio voi tuoda merkittävää lisäpotentiaalia energiatehokkuuden parantamiseen.