
Sähköjakeluverkon investointien hiilijalanjälki

TUTKIMUSRAPORTTI

26.5.2025



SISÄLLYSLUETTELO

	Lyhenteet	3
1	Johdanto	4
2	Tutkimuksen taustat ja tavoitteet	5
2.1	Tutkimuksen taustat	5
2.2	Tavoitteet ja tutkittavat aiheet	6
2.3	Ohjausryhmä	7
2.4	Hankkeessa tuotetut materiaalit	7
3	Sähköverkon komponenttien ja työmaiden päästötiedot	9
3.1	Komponentti- ja materiaalitoimittajien raportointivalmius	9
3.2	Komponenttien ja materiaalien päästötiedot	9
3.3	Rakentamisen toimitusketjujen raportointivalmius	10
3.4	Sähköverkkoinvestointien päästökertoimet	11
	3.4.1 Tausta Energiaviraston yksiköiden valinnalle	11
	3.4.2 Päästökertoimet Energiaviraston yksiköille	12
	3.4.3 EV-yksiköiden rajaukset	12
	3.4.4 EV-yksiköiden oletukset	12
	3.4.5 EV-yksiköiden päästötietojen rakenne	13
4	Sähköverkkoinvestointien olennaiset päästölähteet ja päästövähennysmahdollisuudet	15
4.1	Olennaiset päästölähteet	14
4.2	Päästöjen vähennysmahdollisuudet	18
5	Toimialan yhtenäinen raportointimalli	22
6	Urakoitsijoiden päästö- ja kierrätysmateriaalitavoitteet kilpailutuksissa ja urakkaohjeissa	23
7	Hankkeen keskeiset tulokset	25
8	Jatkokehitystarpeet	26
	Lähdeluettelo	27
	Liitteet	28

LYHENTEET

CO₂e	CO2-ekvivalentti
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
EFRA	European Financial Reporting Advisory Group
EPD	Environmental Product Declaration (ympäristöseloste)
ESRS	European Sustainability Reporting Standards
GHG-protokolla	Greenhouse Gas protocol
GWP	Global Warming Potential
PEP	Product Environmental Profile



1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja kestävä kehityksen edistäminen ovat nousseet keskeisiksi tavoitteiksi niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla. Sähkönjakeluverkkojen investoinnit ovat merkittävä osa tätä kokonaisuutta, sillä ne muodostavat merkittävän osan verkon päästöistä. Tämä tutkimusraportti keskittyy sähkönjakeluverkon investointien hiilijalanjäljen arviointiin sekä siihen liittyviin päästövähennysmahdollisuuksiin.

EU:n uusi kestävyysraportointidirektiivi (CSRD) velvoittaa yrityksiä raportoimaan ilmastovaiikutuksistaan entistä laajemmin, mikä lisää tarvetta yksityiskohtaiselle ja luotettavalle päästötiedolle. Yhtiöt kohtaavat kasvavia raportointivaatimuksia sidosryhmiltään, kuten asiakkailta, viranomaisilta ja rahoittajilta. Koska vaatimukset koskevat suurta joukkoa sähköverkkoalan toimijoista, on toimialle järkevää kehittää yhteinen ja luotettava tapa arvioida sekä raportoida sähköverkkoinvestointien päästötietoja.

Hankkeen keskeisenä tavoitteena on tuottaa luotettavaa ja kattavaa tietoa alan yhtiöille sähköverkkoinvestointien hiilijalanjäljestä ja sen päästövähennysmahdollisuuksista. Projektissa määritellään keskeisten sähköverkon komponenttien ja rakentamisen päästötiedot. Lisäksi hankkeessa on tuotettu ohjeistus päästötietojen keräämiseen urakointiketjusta sekä selvitetty, millaisilla vaatimuksilla kilpailutuksessa ja urakkaohjeissa urakoitsijoille voidaan saavuttaa päästö- ja kierrätysmateriaalitavoitteita.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTAT JA TAVOITTEET

2.1 Tutkimuksen taustat

CSRD-direktiivi (Corporate Sustainability Reporting Directive) pyrkii lisäämään yritysten avoimuutta ja vastuullisuutta ympäristöön, yhteiskuntaan ja hallintoon liittyvissä kysymyksissä. Se edellyttää, että isot ja keskisuuret EU:ssa toimivat yritykset raportoivat säännöllisesti muun muassa päästöistään, luonnonvarojen käytöstään, ihmisoikeuksistaan, monimuotoisuudesta, korruptiosta ja työntekijöidensä hyvinvoinnista.

Raportointivelvollisuus koskee vuoden 2027 alusta alkaen merkittävää osaa energia-alan toiminnoista. Tällöin voimaan astuva raportointivelvollisuus koskee yhtiöitä, jotka täyttävät vähintään kaksi seuraavista ehdoista: nettoliikevaihto yli 40 milj.€, tase yli 20 milj.€ tai henkilöstömäärä yli 250 henkilöä. Tulevina vuosina raportointivelvollisuus tulee vielä laajenemaan edellä mainitusta. Raportointivelvollisuus koskee konsernin kaikkia yhtiöitä, joten myös verkkoyhtiöt joutuvat käynnistämään raportoinnin. Varsinainen raportointi perustuu kestävyysraportointistandardeihin ESRS, joita EU-komissio kehittänyt yhteistyössä European Financial Reporting Advisory Groupin (EFRAG) kanssa.

EU:n uusi kestävyysraportointidirektiivi velvoittaa yrityksiä raportoimaan ilmastovaikutuksistaan aikaisempaa laajemmin. Käytännössä tämä tarkoittaa yksityiskohtaisempaa raportointia yrityksen hiilijalanjäljen osalta. Raportointivaatimusten täyttäminen vaatii selvitystyötä, sillä nykyisellään sähköverkkoyrityksien päästöjen, merkittävimpien päästölähteiden ja materiaali-kierrätyksen nykytilaa ei ole kartoitettu kattavasti toimialan tasolla.

Kasvava työmäärä heikentää verkkoyhtiöiden mahdollisuuksia tukea ja seurata omia tavoitteitaan ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja resurssiviisaaksi rakentajaksi. Lisäksi yhtiöt kohtaavat kasvavia raportointivaatimuksia sidosryhmiltään, kuten asiakkailta, viranomaisilta ja rahoittajilta, jotka edellyttävät läpinäkyvyyttä ja vastuullisuutta sähköverkon rakentamisen ympäristövaikutuksista. Tämän vuoksi on tarpeen kehittää yhteinen ja luotettava tapa arvioida ja raportoida sähköverkkoyrityksien hiilijalanjälkeä ja sen päästövähennysmahdollisuuksia, sekä hyödyntää parhaita käytäntöjä ja innovaatioita materiaali-kierrätyksessä.

Yhtenäisen raportointitiedon kerääminen sähköverkkotoimialalta on hankalaa, jos eri yhtiöiden käytännöt poikkeavat paljon toisistaan. Toimialan palveluekosysteemi on vahvasti verkostoitunut: verkkoyhtiöt toimivat useiden palveluntuottajien kanssa, ja samat palveluntuottajat toimivat usean verkkoyhtiön kanssa. Pahimmillaan raportointitiedon kerääminen voi johtaa moninkertaiseen työkuormaan ja heikentää toimialan tehokkuutta kokonaisuutena.

Sähköverkkoyhtiöt ja verkon rakentamiseen osallistuvat yritykset voivat edistää omalta osaltaan vihreää siirtymää ottamalla käyttöön vähähiilistä teknologiaa ja tuotteita sekä vähentämällä päästöjä omassa toiminnassaan. Laskemalla hiilijalanjälkensä yritykset tunnistavat omat päästölähteet ja ohjaavat toimintaa vähähiilisyyteen. Samalla yritys parantaa yrityksen brändi-imagoa ja auttaa saavuttamaan kustannussäästöjä.

Hiilijalanjäljen laskenta on keskeinen osa yritysten vastuullisuusjohtamista ja kestävyysrapor-



tointia. Hiilijalanjälki muodostuu suorista ja epäsuorista kasvihuonekaasupäästöistä, jotka syntyvät yrityksen toiminnasta. Kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan käytetään GHG-protokollaa, joka on maailman luonnonvaraininstituutin (WRI) ja maailman kestävän kehityksen yritysneuvoston (WBCSD) hanke.

Taustatietoja ympäristöselosteista ja elinkaaren hiilijalanjäljen laskennasta löytyy esimerkiksi seuraavista lähteistä:

EN 15978:2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method - Standardi määrittelee rakennusten elinkaaren ympäristövaikutusten arvioinnin ja päästömoduulit (A1–A5, B1–B7, C1–C4, D).

EN 15804:2012+A2:2019 - Rakennustuotteiden ympäristöselosteiden (EPD) sisältö ja rakenne. Standardissa täsmennetään moduulien käyttö tuotteiden tasolla.

Green Building Council Finland (FIGBC) - Soveltamisoppaat ja käytännön esimerkit elinkaaren hiilijalanjäljen laskentaan.

Ympäristöministeriö (2019), Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä (Suomi) - Ohjeistus ja linjaukset mm. rakennuksen hiilijalanjälkilaskennassa (ml. vaiheiden A–D sisältö).

2.2 Tavoitteet ja tutkittavat aiheet

Hankkeen keskeisenä tavoitteena on tuottaa luotettavaa ja kattavaa tietoa alan yhtiöille 0,4 ja 20 kV:n sähköverkkojen investointien hiilijalanjäljestä ja sen päästövähennysmahdollisuuksista. Projektissa määritellään keskeisten sähköverkon komponenttien ja rakentamisen päästötiedot ja vertaillaan eri komponenttien ja ratkaisujen hiilijalanjälkeä. Selvityksessä hyödynnetään olemassa olevia päästötietokantoja ja laskentamenetelmiä, sekä kerätään tietoa työmaiden kierräysmateriaaleista ja niiden käytön mahdollisuuksista.

Projektin tavoitteena on kehittää toimialalle perusteet yhdenmukaiselle raportoinnille ja määritellä päästötiedot nykytilanteessa sähkön jakeluverkon keskeisille komponenteille. Raportoinnista on tarkoitus kehittää yhtenäinen malli, jotta alan tilaajilla on yhtenäiset vaatimukset urakoitsijoille ja materiaalitoimittajille, mitä päästöihin liittyvää tietoa tilaajat keräävät.

Lisäksi hankkeessa on tarkoitus selvittää, millaisilla vaatimuksilla kilpailutuksessa ja urakkaohjeissa urakoitsijoille voidaan saavuttaa päästö- ja kierräysmateriaalitavoitteita. Hankkeen suunnitteluvaiheessa tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin tuottaa vastaukset seuraaviin kysymyksiin ja tarpeisiin:

1. Kuvaus sähkönjakeluverkkoinvestointien komponenttien ja työmaiden keskeisistä päästötiedoista
2. Kuvaus sähköverkkoinvestointien olennaisista päästölähteistä ja esimerkkejä päästövähennysmahdollisuuksista

3. Toimialan yhtenäinen raportointimalli; tilaajien yhtenäiset vaatimukset urakoitsijoille ja materiaalitoimittajille investointien hiilijalanjäljen raportoimiseen
4. Kuvaus millaisilla vaatimuksilla kilpailutuksessa ja urakkaohjeissa urakoitsijoille voidaan asettaa olennaisia päästö- ja kierrätysmateriaalitavoitteita

2.3 Ohjausryhmä

Projekti toteutettu HeadPower Oy:n ja Sähkö- ja Teleurakoitsijat STUL ry:n yhteishankkeena marraskuun 2024 ja toukokuun 2025 välisenä aikana. Hankkeen koordinointia ja työn tukemista varten perustettiin ohjausryhmä, joka kokoontui hankkeen aikana viisi kertaa. Ohjausryhmän tehtäviä olivat muun muassa hyväksyä toteutussuunnitelma ja välivaiheiden tulokset sekä koordinoida ja tukea työn etenemistä. Se vastasi myös tutkimushankkeen aikana tehdyistä rajauksista käsiteltäviin aiheisiin. Tämä tutkimusraportti on hankkeen ohjausryhmän hyväksymä.

Projektin ohjausryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt:

- Elenia: Pirjo Vaahtera
- Eltel Networks: Erno Lehto
- Elvera: Henni Teräs
- Enerke: Perttu Rytivaara
- HeadPower: Jenniliina Stenfors, Juha Jokinen, Mikko Holm ja Timo Mutila
- Helen Sähköverkko: Oskari Patjas ja Petra-Liisa Salkoviiri
- Järvi-Suomen Energia: Jani Siltala
- Kymenlaakson Sähkö: Aleksis Klap
- Savon Voima Verkko: Mika Piirainen ja Sami Viiliäinen
- STUL: Timo Ylinen ja Riikka Liedes

Ohjausryhmän lisäksi projektissa työskentelivät HeadPowerilta Juha-Pekka Laitinen, Toivo Nivala, Anne Siira-Pietikäinen ja Matti Soanjärvi.

Hankkeen toteutuksesta vastanneet HeadPower ja STUL haluavat antaa erityiset kiitokset ohjausryhmälle sen panoksesta projektille.

2.4 Hankkeessa tuotetut materiaalit

Hankkeen tuloksena on tuotettu seuraavat neljä asiakirjaa:

- Tutkimusraportti - Sähköjakeluverkon investointien hiilijalanjälki (tämä asiakirja)
- [Tulosraportti - Sähköjakeluverkon investointien hiilijalanjälki](#) (PDF)
- [CO2raportointimalliasiakirja](#) (Excel-taulukko)
- [EV-yksiköiden hiilijalanjälkitaulukko & laskuri](#) (Excel-taulukko)

Tämä tekstimuotoinen tutkimusraportti, johon on koottu kattavasti hankkeen tulokset ja johtopäätökset sekä avattu kattavasti taustatietoja tulosten takana. Tulosraportti on hankkeen loppuseminaarissa esitelty tulost materiaali, joka sisältää kaikki hankkeen olennaiset tulokset ja



johtopäätökset. Sisältö vastaa tätä tutkimusraporttia tiiviimmässä muodossa. CO2raportointi-malliasiakirjassa on kuvattu malli polttoaine- ja maamassatietojen keräämiseen. Asiakirja sisältää myös kyselylomakkeen vastaavien tietojen keräämiseen. EV-yksiköiden hiilijalanjälki-
taulukko & laskuri on laskentataulukko investointien hiilijalanjäljen laskentaan EV-yksiköiden mukaisesti. Laskuri arvioi päästötiedot komponenttien, asennuksen, maarakennuksen ja logistiikan osalta.

3 SÄHKÖVERKON KOMPONENTTIEN JA TYÖMAIDEN PÄÄSTÖTIEDOT

3.1 Komponentti- ja materiaalitoimittajien raportointivalmius

Hiilijalanjälkitietojen kerääminen komponentti- ja materiaalitoimittajilta on toteutettu yhdistämällä suoria kyselyitä toimittajille sekä itsenäistä tiedonhakua eri lähteistä. Vaikka tietoa on pyritty hankkimaan valmistajilta ja tukkureilta, päästötietojen saatavuus on osoittautunut rajalliseksi suhteessa sähköverkossa käytettävien komponenttien laajaan kirjoon. Kyselyiden avulla on kuitenkin saatu päästötietoja joistakin keskeisistä komponenteista, kuten kaapeleista, suoraan valmistajilta. Nämä tiedot tarjoavat arvokkaan lähtökohdan kokonaisarvioinnille.

Suurin osa projektin aikana kerätyistä päästötiedoista on hankittu itsenäisesti internetin kautta. Tämä prosessi korostaa tiedon hajanaisuutta ja valmistajien raportointivalmiuden vaihtelevuutta. Osa toimittajista ei vastannut kyselyihin, mikä saattaa johtua siitä, että hiilijalanjälkitiedot eivät ole vielä vakiintunut osa kaikkien toimijoiden raportointikäytäntöjä. Joissakin tapauksissa aihe vaikutti olevan uusi, eikä siihen ollut vielä kiinnitetty erityistä huomiota omassa toiminnassa. Tämä on osaltaan tehnyt tiedonkeruusta haastavaa.

Vaikka tiedon saatavuus on ollut rajallista, projektin aikana on havaittu merkkejä positiivisesta kehityksestä. Useat valmistajat ovat julkaisseet uusia ympäristöselosteita, kun taas toiset ovat aloittaneet päästötietojen laskennan ja raportoinnin. Tämä suuntaus vastaa kasvavaan kysyntään sekä kiristyviin raportointivaatimuksiin, mikä luo pohjan entistä läpinäkyvämmälle ja kattavammalle päästöjen arvioinnille. Tulevaisuudessa hiilijalanjälkitietojen saatavuuden odotetaan paranevan merkittävästi, mikä vahvistaa yhteistyötä toimitusketjun eri osapuolten välillä ja tukee sähköverkon komponenttien päästöjen tehokkaampaa seurantaa.

3.2 Komponenttien ja materiaalien päästötiedot

Päästötietojen keräämisessä on käytetty kehdosta portille -metodia, jossa päästökertoimet sisältävät päästöt, jotka syntyvät materiaalin tai tuotteen elinkaaren aikana siihen asti, kun tuottaja myy tuotteen. Yleisesti ottaen kehdosta portille -päästökertoimia tulisi käyttää laskemaan tavaroihin tai palveluihin liittyviä päästöjä (scope 3 kategoriat 1 ja 2). Keskimääräisiin (average-data method) tietoihin perustuva menetelmä arvioi tavaroiden ja palveluiden päästöt keräämällä tietoja ostettujen tavaroiden tai palveluiden määrästä (esimerkiksi kilogrammoina) tai muina vastaavina yksikköinä. Nämä tiedot kerrotaan asiaankuuluvilla toissijaisilla päästökertoimilla, kuten toimialan keskimääräisillä arvoilla, jotka ilmaisevat keskimääräiset päästöt per tavara- tai palveluyksikkö. (GHG Protocol, 2013, s. 14, 21).

Päästötietoja kerättiin ja arvioitiin tärkeimpien päästölähteiden tunnistamista sekä EV-yksiköiden hiilijalanjälkitaulukon laatimista varten (EV-yksiköiden hiilijalanjälkitaulukko & laskuri.xlsx, liite 1). Osalle komponenteista löytyi valmiiksi ympäristöselosteet (EPD:t) tai vastaavat tiedot, jolloin niiden päästöjä ei tarvinnut erikseen arvioida. Näihin komponentteihin kuuluivat muun muassa:



- Kaapelit
- 20/0,4 kV jakelumuuntajat
- Puupylväät
- Jonovarokeytkimet (160 A lukuun ottamatta)
- Osa erottimista

Päästötietoja saatiin komponenteille, joiden julkaisemattomat tiedot valmistajat toimittivat kyselyjen avulla. Näihin komponentteihin kuuluivat:

- Kaapelit
- Puistomuuntamot

Komponenttien hiilijalanjäljen arvioinnissa käytettiin pääraaka-aineiden massoja ja päästöker-toimia, mikäli valmiita päästötietoja ei ollut saatavilla tai löytynyt.

3.3 Rakentamisen toimitusketjujen raportointivalmius

Taustatiedot tämän osion kirjoittamiseen on hankittu haastattelemalla Sähkö- ja teleurakoitsijat STUL ry:n jäsenkunnasta verkostourakointialan edustajia talvella 2025. Sähköpostikyselyitä to-teutettiin viidellä eri kerralla. Kasvokkain pidettiin kaksi eri keskustelutilaisuutta.

Haastattelut on toteutettu sekä sähköpostikyselyinä että kasvokkain. Yhteenvedo on koostet-tu haastatteluissa sovitusti siten, että tulokset esitetään anonyymisti. Yhteenvedo on realistinen kuva tämänhetkisestä toimitusketjun raportointivalmiudesta.

Verkonrakentamisen hiilijalanjäljen selvittäminen on kokonaisuudessaan alalla vielä melko al-kutekijöissään. Asiaan perehtyneisyydessä ja valmiuksissa tarkastelun tekemiseen on runsaasti yhtiökohtaisia eroja. Osassa yrityksiä on jo tehty melko pitkällekin meneviä tarkasteluja hiilija-lanjäljen laskentoihin, osassa yrityksiä ollaan vasta heräämässä siihen, että jotain pitäisi tehdä. Verkonrakentamiseen liittyvään maarakennustyöhön voi liittyä tapauskohtaisesti useita erilaisia polttomootorikäyttöisiä laitteita, esim:

- Pakettiauto, jolla liikutaan työmaalle.
- Lavetti, jolla siirretään kaivuria ja muita laitteita.
- Kaivuri, jolla kaivetaan kaapeliojaa.
- Traktori, jolla vedetään kaapelikelavaunuja.
- Kuorma-auto, jolla vaihdetaan tarvittaessa maamassoja.
- Alituslaitteet (suuntapora, siirtolavetti, kaivuri).

Näiden koneiden CO₂-päästöt voidaan raportoida yritysten raportointikäytäntöjen mukaisesti joko polttoaineperusteisesti tai kilometri/tuntiperusteisesti. Joissakin yrityksissä raportoidaan työryhmien liikkuminen ainoastaan kilometriperusteisesti, toisissa raportoidaan käytetyn polt-toaineen laatu ja määrä. Joissakin yrityksissä on jo siirrytty sähköajoneuvoihin.

Oma lukunsa on aliurakoitsijoina toimivien maarakentajien raportointivalmius. Yrityksiä ja yrittäjiä on monenlaisia. Vähintäänkin voi sanoa, että maarakentajien CO₂-päästöjen raportointivalmiuden parantaminen vaatii ohjeistusta, lisätyötä ja asennemuutoksen aikaansaamista.

Kaivinkoneista ja muista laitteista voi Stage-luokituksen ja käyttötuntien mukaan laskea hiilidioksidipäästöjä, ellei polttoainelitroja ole maarakentajilta helposti saatavilla.

Myös rakentamistarvikkeiden osalta tilanne on samansuuntainen. Osasta tuotteista tietoa on helposti saatavilla, mutta ei suinkaan kaikista. Osasta rakennustarvikkeista löytyy EPD-ympäristöseloste, jossa on ilmoitettu myös tuotteen hiilijalanjälki.

Merkittäviksi tekijöiksi verkonrakentamisen hiilijalanjäljen arvioinnissa muodostunevat materiaalien ja komponenttien päästöt sekä näiden kuljetusten päästöt.

Myös urakoitsijoiden kilpailutuksissa on runsaasti vastuullisuuteen/hiilijalanjälkeen liittyviä yhtiökohtaisia eroja. Joissakin tarjouspyynnöissä on asetettu hyvinkin selviä ja tiukkojakin reuna-ehtoja, toisissa ei juuri lainkaan ehdottomia vaatimuksia.

Ehdottomia vaatimuksia kilpailutukseen mukaan pääsemiseksi voivat olla esimerkiksi vaatimus uusiutuvien polttoaineiden käyttämisestä, työkonien päästövaatimuksille asetetut rajat, sekä työmaan sisäisen henkilö- ja pakettiautoliikenteen vähäpäästöisyys. Näitä voidaan valvoa erilaisilla todistuksilla tai valvontakäynneillä.

3.4 Sähköverkkoinvestointien päästökertoimet

3.4.1 Tausta Energiaviraston yksiköiden valinnalle

Valvontamallissa Energiavirasto määrittää verkkoyhtiöille tuottokaton, joka on sähköverkkoon sitoutuneelle pääomalle sallittu kohtuullinen tuotto. Menetelmät vahvistetaan kahdeksaksi vuodeksi eteenpäin, ja hinnoittelun kohtuullisuus tarkastetaan jälkikäteen yhtiökohtaisesti. Nelivuotisen valvontajakson päätyttyä Energiavirasto antaa jokaiselle sähköverkkoyhtiölle päätöksen hinnoittelun kohtuullisuudesta, jossa arvioidaan, onko yhtiön hinnoittelu ylittänyt vai alittanut kohtuullisen tason. (Energiavirasto, 2025)

Energiaviraston verkkokomponentit muodostavat perustan kohtuullisen tuoton laskennalle. Verkonhaltijat toimittavat Energiavirastolle vuosittain hallinnassaan olevan sähköverkon verkkokomponenttien määrä- ja ikätiedot, vuoden aikana sähköverkkoon investoitujen ja verkosta purettujen verkkokomponenttien määrä- ja ikätiedot sekä korvausinvestointien määrätiedot. Toimitettuja tietoja Energiavirasto käyttää verkonhaltijan verkon jälleenhankinta-arvon laskennassa. Energiavirasto ylläpitää verkkokomponenttien yksikköhintoja verkonhaltijoille tekemällään kyselyllä. Verkonhaltijan on myös toimitettava verkkotoiminnan eriytetyn taseen ja tuloslaskelman oikaisuisia tarvittavat muut erittelyt. (Energiavirasto, 2024).



3.4.2 Päästökertoimet Energiaviraston yksiköille

Jokainen verkkoyhtiö raportoi siis vuosittain Energiavirastolle (EV) toteutuneet verkkoinvestoinnit EV:n verkkokomponenttien/yksiköiden määrillä. Tämän projektin tulosten on lähtökohteisesti oltava kaikkien verkkoyhtiöiden hyödynnettävissä mahdollisimman pienellä lisätyöllä. Tavoitteena on myös hyödyntää valmista tietoa investointien päästöjen määrittelyssä.

Näistä perusteilla projektin ohjausryhmässä päätettiin muodostaa projektin tuloksena syntyvät päästökertoimet Energiaviraston verkkokomponenteille / yksiköille (jatkossa EV-yksiköt).

Hyödyt

- Verkkoyhtiöt eivät tarvitse erillistä raportointia investointien päästöille
- Jokainen verkkoyhtiö voi suoraan hyödyntää tuloksia
- Kattaa rakentamisen laajasti
- Laskettu läpinäkyvästi -> mahdollistaa tarkentamisen

Haitat

- Laajoissa yksiköissä päästökerroin jää hyvin yleiselle tasolle

3.4.3 EV-yksiköiden rajaukset

Projektissa jouduttiin rajaamaan yksiköitä joko osittain tai kokonaan päästökerrointaulukon tulosten ulkopuolelle seuraavista syistä:

- Yksiköitä ei enää käytetä uutena.
- Yksikön sisältämiä tarvikkeita ei ole saatavilla.
- Yksikön tarvikkeiden päästö- tai materiaalitietoja ei ollut saatavilla, ja tarvikkeet sisältävät useita materiaaleja, jolloin hiilijalanjälkeä ei pystytä arvioimaan.

Selvityksen ulkopuolelle rajattiin esimerkiksi seuraavia komponentteja:

- Kaapelijatkot
- Suurin osa erottimista
- Katkaisijat (piiskat)
- Moottorinohjaimet
- Sähköasemien laitteet (jännitemuuntajat, automaatio/suojareleistys, vianindikointilaitteet, vikaindikaattorit, mittausanturit, suojaus/vikailmaisinlogiikka, tietoliikennelaitteet)

3.4.4 EV-yksiköiden oletukset

Vesistökaapelin rantautumisen keskimääräiseksi pituudeksi arvioitiin 20 metriä. Vesistökaapelointi sisältää kaapelin ja sen painottamisen betonilla. Kaikki muut päästöt on arvioitava tapauskohtaisesti.

Maakaapelin kaivuuseen liittyvät työvaiheet ja vaatimukset vaihtelevat olosuhteiden mukaan. Luokitukset tarkennettiin seuraavilla oletuksilla:

- Helppo: sisältää pelkän aurauksen haja-asutusalueella
- Tavallinen: sisältää pelkän kaivuun haja-asutusalueella
- Tavallinen kallio: sisältää pelkän louhinnan sisältäen pintamaan poiston
- Vaikea: sisältää pelkän kaivuun taajamassa
- Erittäin vaikea: sisältää pelkän kaivuun kaupungissa

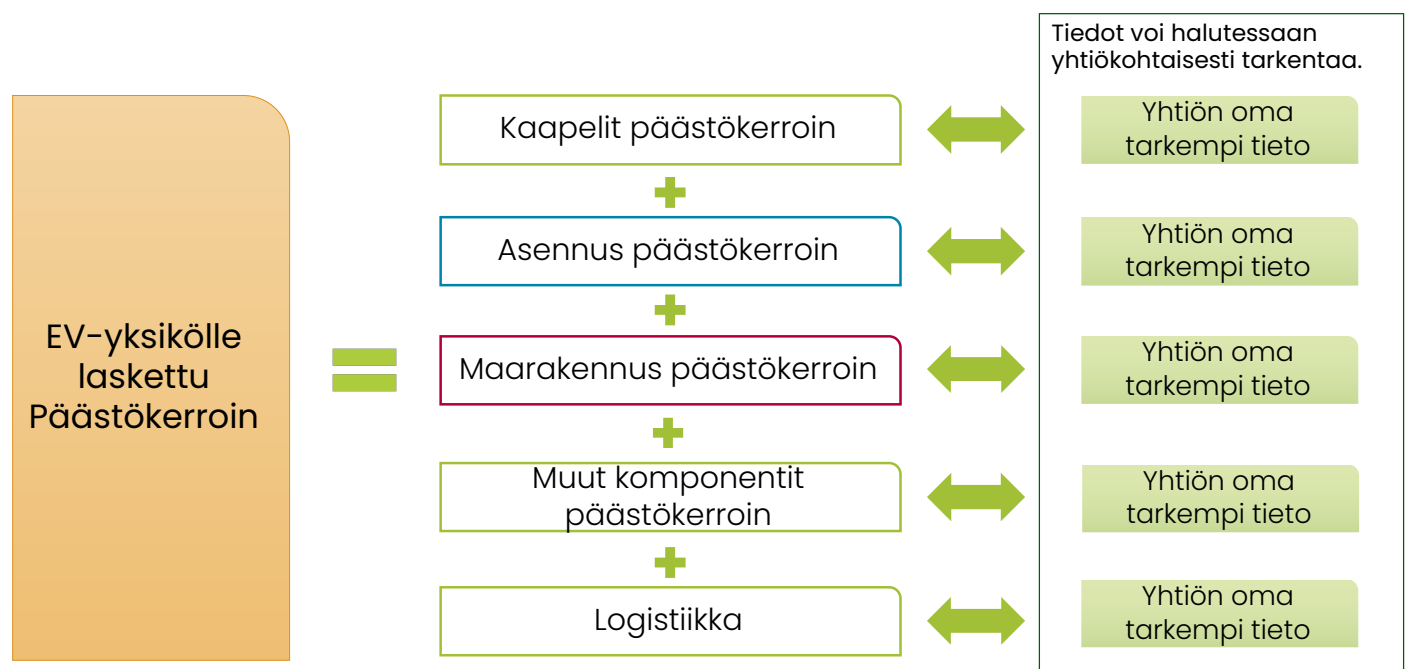
Puistomuuntamot ovat oletettu ulkoa hoidettaviksi.

Kiinteistömuuntamo sisältää erottimet, pienjännitekeskuksen ja maadoituksen. Kaikki muut päästöt on arvioitava tapauskohtaisesti.

3.4.5 EV-yksiköiden päästötietojen rakenne

EV-yksikön päästökerroin muodostuu yksikön sisältämien osien kokonaisuudesta. Yksikön sisältö voi vaihdella suuresti. Osa EV-yksiköistä koostuu vain yhdestä komponentista, kun taas toiset EV-yksiköt sisältävät useita eri osia, joita kuva 1 havainnollistaa. Päästökerroin kattaa yksikön komponenttien päästötiedot, ja siihen voidaan sisällyttää myös asennuksen ja logistiikan päästöarviot. Maanrakennuksen päästöosuus liittyy pääasiassa EV-yksiköihin, jotka sisältävät maakaapeloinnin kaivutöitä.

Tulokset päästökertoimista ja tarkemmista lähteistä on koottu Excel-taulukkoon *EV-yksiköiden hiilijalanjälkitaulukko & laskuri.xlsx* (liite 1). Taulukko sisältää käyttöohjeen, mahdollisuuden tarkentaa päästötietoja yrityskohtaisesti oman toimintaympäristön mukaisesti sekä päästötietojen jäljitettävyyden kannalta olennaiset tiedot siitä, mihin päästötiedot perustuvat ja mistä päästötiedoista EV-yksikön päästökerroin on muodostettu.



Kuva 1. EV-yksiköiden päästötietojen rakenne.



Asentajien kulkeminen työmaalle muodostaa osan sähköverkon rakennustyömaiden aiheuttamista päästöistä. Mikäli EV-yksikkö sisältää asennuksen, asentajien kulkemisesta aiheutuvat päästöt on sisällytetty arvioon. Asennuksen päästöarvio muodostuu kahdesta tekijästä: asentajien kulkemisesta toimipisteeltä sähköverkon rakennustyömaalle ja takaisin sekä ajasta, jonka komponentin asennus vie. Päästöjen laskenta perustuu kuljettuun matkaan (km) ja käytettävän ajoneuvon päästöihin (g CO₂/km) yhden työpäivän (8 h) aikana. Yhden työpäivän aikana syntyvä kulkemisen aiheuttama päästö jaetaan EV-yksikön asentamiseen käytettävän arvioidun ajan perusteella, jolloin saadaan asennuksen aiheuttama päästöarvio.

EV-yksiköiden kaivutöiden päästöjen arvioinnissa on huomioitu kaapelireitin valmistumisen nopeus, joka vaihtelee ympäristön ja olosuhteiden mukaan, sekä maanrakentajien kulkeminen työmaalle työryhmäautolla. Maanrakentajien ja asentajien työmaalle kulkemisesta aiheutuvat päästöt lasketaan kuljetun matkan ja käytetyn ajoneuvon päästötietojen perusteella (Syke, 2024, s.5-6). Kaapelireitin valmistumisen etenemisnopeus on arvioitu kyselyjen perusteella, ja siihen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- Kaapelin asennustapa: Esimerkiksi auraus tai kaapeliojan kaivu.
- Ympäristö ja maaperä: Maaperän ominaisuudet ja ympäristön olosuhteet voivat merkittävästi vaikuttaa kaapelointityön nopeuteen ja vaatimuksiin.
- Käytettävä kalusto: Työssä käytettävien koneiden ja laitteiden soveltuvuus kyseisiin olosuhteisiin.

EV-yksiköissä asfaltointi on erotettu omaksi osa-alueekseen. Asfaltoinnin yksiköksi on määritetty neliömetri, jolloin käyttäjä lisää asfaltoidun alan määrän. Asfaltoinnin erottaminen maakaapelin kaivutöistä mahdollistaa tarkemman arvioinnin eri työvaiheiden ympäristövaikutuksista.

Logistiikan päästöt on arvioitu tonnakilometrien perusteella. Yksittäisen komponentin logistiikan päästöarvio lasketaan kaavalla: komponentin paino × kuljetettava matka × kuljetuksen päästökerroin (Syke, 2024, s.5-6). Tämä kaava kuvaa kuljetuksen aikana syntyviä päästöjä huomioiden kuljetettavan tavaran painon, matkan pituuden ja käytetyn kuljetusmuodon päästökerroin.

4 SÄHKÖVERKKOINVESTOINTIEN OLENNAISET PÄÄSTÖLÄHTEET JA PÄÄSTÖVÄHENNYSMAHDOLLISUUDET

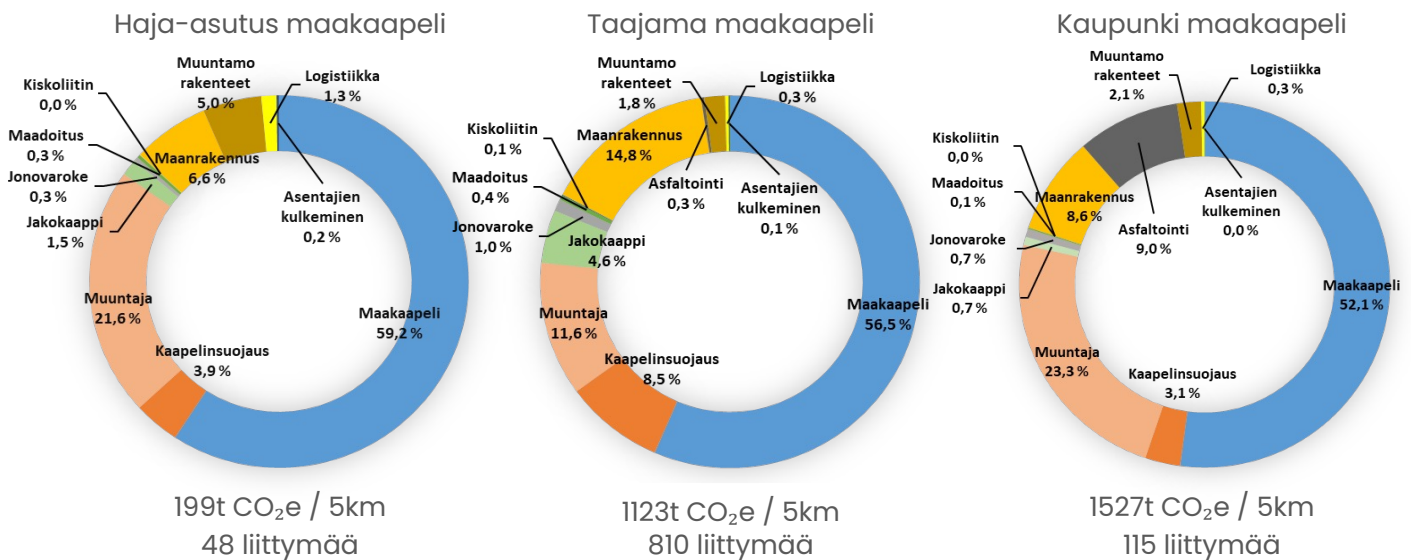
4.1 Olennaiset päästölähteet

Sähköverkon rakenteiden päästöjen jakautumisen ja niiden olennaisuuden arvioimiseksi ei ollut olemassa valmista pohjaa. Näiden tarpeiden täyttämiseksi kehitettiin malliverkkoja, joiden avulla voitiin kerätä tarvittavaa dataa ja luoda vertailukelpoisia analyysejä. Malliverkkojen avulla voidaan tarkastella päästölähteitä sähköverkkojen rakentamisessa sekä vertailla erilaisten verkotyyppien päästöjä, sekä ne mahdollistavat oleellisten päästölähteiden tunnistamisen ja päästövähennysmahdollisuuksien kartoittamisen. Tämä tukee sähköverkkojen ympäristövaikutusten pienentämistä ja antaa suuntaviivoja kestävämpien ratkaisujen kehittämiseksi.

Malliverkot sisältävät oletuksena 5 km mittaisen runkoverkon osuuden, jossa rakenteet ja ratkaisut vaihtelevat ympäristöstä ja liittymämääristä riippuen. Malliverkkojen liittymät syötetään pääosin 160 A jonovarokelähdöistä, mutta kaupunkiverkossa liittymäkaapelit lähtevät 630 A jonovarokelähdöistä. Malliverkot ja niiden tyypit ovat seuraavat:

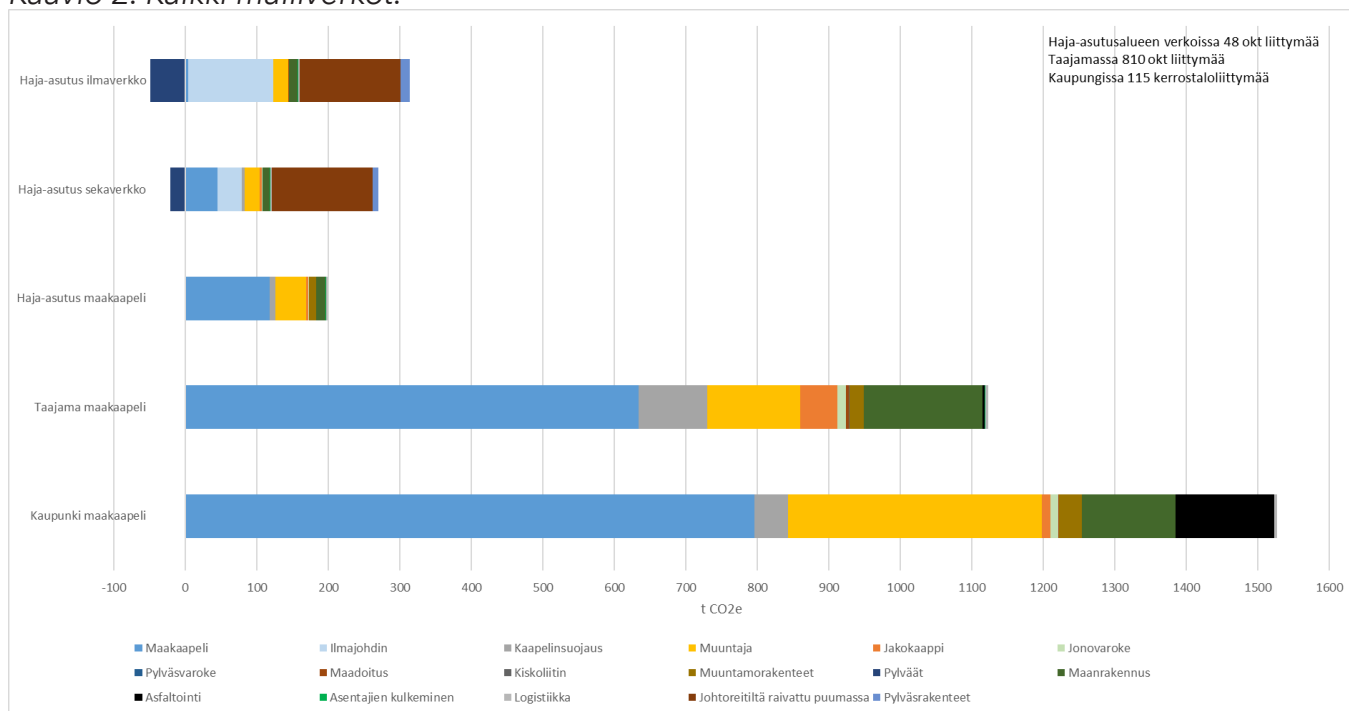
- Kaupunki maakaapeli
- Taajama maakaapeli
- Haja-asutus maakaapeli
- Haja-asutus sekaverkko (20 kV ilmassa, 0,4 kV maakaapeloitu)
- Haja-asutus ilmaverkko

Kaavio 1. Malliverkot, jotka maakaapeloituja.





Kaavio 2. Kaikki malliverkot.



Malliverkkojen komponentit ja niiden määrät vaihtelevat käyttötarpeiden mukaan, rakennetaanko ne taajamaan, kaupunkiin vai haja-asutusalueelle. Esimerkiksi kaapelien poikkipinta-alat ja muuntajien koot vaihtelevat eri malliverkoissa. Lisäksi kaapelien suojaustarve riippuu rakennusympäristöstä. Alla listattuna eri malliverkkojen muuntajat, kaapelit ja kaapelisuojaus. Ne ovat oleellisimpia komponentteja, jotka aiheuttavat päästölähteitä verkonrakentamisessa. Lista sisältää eri kokoiset kaapelit, ilmajohtimet, muuntajat ja kaapelisuojausten, sekä niiden määrät kussakin malliverkossa.

Kaupunkialueen maakaapeliverkko

- Muuntajat: 16 kappaletta (1000 kVA).
- Kaapelit: 20 kV kaapelit: 300 mm², 5 km. 0,4 kV kaapelit: 300 mm², 12,8 km ja 240 mm², 6,9 km.
- Kaapelisuojaus: Suojaputkea 24,7 km.

Taajama-alueen maakaapeliverkko

- Muuntajat: 10 kappaletta (315-500 kVA).
- Kaapelit: 20 kV kaapelit: 150 mm², 5 km. 0,4 kV kaapelit: 150 mm², 24 km ja 25 mm², 64,8 km.
- Kaapelisuojaus: Suojaputkea 47 km, betonisuojausta 0,5 km.

Haja-asutusalueen maakaapeliverkko

- Muuntajat: 4 kappaletta (50-100 kVA), sekä 1 reaktorimuuntaja.
- Kaapelit: 20 kV kaapelit: 95 mm², 2,5 km ja 70 mm², 2,5 km. 0,4 kV kaapelit: 95 mm², 4 km ja 25 mm², 3,2 km.
- Kaapelisuojaus: Suojaputkea 2,4 km, betonisuojausta 0,2 km.

Haja-asutusalueen sekaverkko (20 kV ilmassa, 0,4 kV maakaapeloitu)

- Muuntajat: 4 kappaletta (50-100 kVA).
- Ilmajohdot: 20 kV Raven, 5 km.
- Kaapelit: 0,4 kV kaapelit: 95 mm², 4 km ja 25 mm², 3,2 km.

- Kaapelisuojaus: Suojaputkea 1,4 km, betonisuojausta 0,2 km.

Haja-asutusalueen ilmaverkko

- Muuntajat: 4 kappaletta (50–100 kVA).
- Ilmajohdot: 20 kV Raven, 5 km. 0,4 kV riippukierrekaapelit: 3x70+95 mm², 4 km ja 3x35+50 mm², 3,6 km.
- Kaapelit: 0,4 kV kaapelit: 25 mm², 1,9 km.

Kaavioista 1 ja 2 käy ilmi, että maakaapeleiden, muuntajien ja maanrakennuksen osuus päästöistä on merkittävä. Näiden prosenttiosuudet kuitenkin vaihtelevat eri malliverkkojen välillä, mikä johtuu esimerkiksi liittymien määrästä ja niiden kapasiteettitarpeesta. Tehotarpeen kasvaessa käyttöpaikkojen lisääntymisen myötä myös komponenttien määrä kasvaa, mikä nostaa kokonaispäästöjä. Taajamaverkossa muuntajien hiilijalanjäljen osuus on suhteessa pienempi kuin muissa malliverkoissa. Haja-asutusalueella muuntajiin sisältyy myös reaktorimuuntaja, jonka päästöt muodostavat noin puolet muuntajien kokonaispäästöistä. Kaupunkiverkossa liittymät ovat suurempia ja käyttäjämäärä huomattavasti suurempi, mikä lisää verkoston määrää sekä kasvattaa muuntajien kokoa, lukumäärää ja kokonaispäästöjä.

Maanrakennuksen osuus korostuu erityisesti taajamaverkossa. Tämä johtuu suuresta pienjännitekaapelireitin osuudesta ja sen aiheuttamasta maamassojen korvaustarpeesta. Sen sijaan haja-asutusalueella maamassojen vaihtotarve on huomattavasti pienempi, mikä vähentää maanrakennuksen osuutta haja-asutusalueen malliverkoissa. Asfaltointi on eritelty maanrakennuksesta, koska asfaltoinnin aiheuttama päästö voi olla hyvinkin merkittävä kaupunkiympäristössä.

Runkoverkon rakentamisessa huomioidaan useita päästöihin vaikuttavia tekijöitä, kuten maanrakennus, logistiikka ja asentajien kulkemiset. Maanrakennukseen sisältyvät kaivinkonetyöt, alitukset, maamassojen siirrot, korvattavat maamassat ja työntekijöiden liikkuminen työmaalle. Logistiikka kattaa suurten komponenttien, kuten muuntajien, muuntamoiden, kaapelien, johtimien ja pylväiden kuljetuksen valmistajalta työmaalle sekä pienempien tarvikkeiden jakelun tukkurilta työmaalle. Asentajien kulkemiset työmaalle arvioidaan asennuksiin kuluvan ajan perusteella. Esimerkiksi neljän jakokaapin asentaminen yhden päivän aikana tuottaa yhden kuljetun matkan toimipisteeltä työpisteelle ja takaisin.

Haja-asutusalueiden verkkojen rakenteet eroavat toisistaan, mikä vaikuttaa päästöjen suuruuteen. Esimerkiksi 20 kV maakaapelin päästöosuus on kaksinkertainen verrattuna 20 kV avojohtimiin. Lisäksi puupylväät sitovat hiiltä käyttöaikanaan, mikä vähentää ilmajohtoreittien kokonaispäästöjä. Puupylväiden elinkaaren aikaiset (A1–C4) päästöt vastaavat suuruusluokaltaan pylväisiin asennettavien kannatuskoukkujen ja -pitimien päästöjä. Puupylväiden uudelleenkäyttö energiantuotantolaitoksessa polttamalla kuuluu elinkaaren ulkopuolisiin vaiheisiin (D).

Malliverkoissa arvioitiin raivauksen tarve 20kV ilmajohtoreitille. Muut johdin- ja maakaapelireitit kulkevat tienvieruksissa. Kaaviosta 2 voi havaita johtoreitiltä raivatun puumassan aiheuttaman hiilivaraston pienenemisen haja-asutusalueen malliverkoista ilmaverkko ja sekaverkko. Puumassan poisto nostaa ilmajohdinrakenteiden päästöjä merkittävästi. Oletuksena on ollut, että johtoreitistä 50 % on metsää, ja arviossa käytetään Suomessa keskimääräistä puumassaa hehtaaria kohden. 20kV johtoreitti kulkee tien vieressä, ja tarve raivattavan alueen leveydeksi on 5 metriä.



Kaupunki maakaapeli

Päästölähde t CO ₂ e	
Maakaapeli	795,81
Kaapelinsuojaus	46,95
Muuntaja	355,82
Jakokaappi	11,03
Jonovaroke	11,12
Maadoitus	1,62
Kiskoliitin	0,17
Maanrakennus	131,15
Asfaltointi	137,20
Muuntamorakenteet	31,92
Logistiikka	4,33
Asentajien kulkeminen	0,13

Taajama maakaapeli

Päästölähde t CO ₂ e	
Maakaapeli	634,34
Kaapelinsuojaus	95,32
Muuntaja	130,61
Jakokaappi	51,69
Jonovaroke	11,65
Maadoitus	4,61
Kiskoliitin	0,81
Maanrakennus	166,13
Asfaltointi	2,89
Muuntamorakenteet	19,95
Logistiikka	3,35
Asentajien kulkeminen	1,28

Haja-asutus maakaapeli

Päästölähde t CO ₂ e	
Maakaapeli	117,99
Kaapelinsuojaus	7,87
Muuntaja	43,08
Jakokaappi	2,94
Jonovaroke	0,68
Maadoitus	0,60
Kiskoliitin	0,05
Maanrakennus	13,10
Muuntamorakenteet	9,97
Logistiikka	2,60
Asentajien kulkeminen	0,38

Haja-asutus sekaverkko

Päästölähde t CO ₂ e	
Ilmajohdin	33,54
Maakaapeli	45,08
Muuntaja	20,84
Jonovaroke	0,68
Maadoitus	0,55
Maanrakennus	10,04
Pylväsmuuntamorakenteet	-1,10
Pylväät	-19,56
Pylväsrakenteet	7,89
Johtoreitiltä raivattu puumassa	141,00
Kaapelinsuojaus	4,64
Jakokaappi	2,94
Kiskoliitin	0,05
Logistiikka	1,45
Asentajien kulkeminen	1,00

Haja-asutus ilmaverkko

Päästölähde t CO ₂ e	
Ilmajohdin	119,06
Maakaapeli	3,89
Muuntaja	20,84
Pylväsvaroke	0,14
Maadoitus	0,77
Maanrakennus	11,87
Pylväsmuuntamorakenteet	-1,10
Pylväät	-47,58
Pylväsrakenteet	13,06
Johtoreitiltä raivattu puumassa	141,00
Logistiikka	2,15
Asentajien kulkeminen	1,34

4.2 Päästöjen vähennysmahdollisuudet

Päästövähennysmahdollisuudet muodostettiin ohjausryhmälle suunnatulla ideointikyselyllä, jonka tuloksia projektiryhmä täydensi. Lisäksi vähennysmahdollisuuksia käsiteltiin kahdessa ohjausryhmän kokouksessa, joissa luettelo täydentyi olennaisten päästölähteiden tunnistamisen pohjalta. Vähennysmahdollisuudet myös tarkentuivat edelleen ohjausryhmän kokouksissa käytyjen keskusteluiden ja kommentoinnin pohjalta.

Projektissa tunnistettiin päästövähennysmahdollisuudet:

- Hankinnassa
- Suunnittelussa
- Rakentamisessa ja dokumentoinnissa

- Koneiden päästöissä
- Valmistamisessa
- Logistiikassa
- Kierrätyksessä

Lisäksi todettiin, että valvontamallista puuttuu kannuste päästöjen vähentämiseen. Päästövähennysmahdollisuuksilla on tarkoitus herättää toimijoissa ajatuksia sekä antaa eri osapuolille ehdotuksia kohteista, joita kehittämällä päästöjä voidaan vähentää.

Luettelo ei ole täydellinen ja siinä on osin päällekkäisiä kohteita eri näkökulmista. Monet vähennyskohdista riippuvat käytetyistä tarvikkeista ja kohteen olosuhteista, joten tarkempia ehdotuksia ei ole sisällytetty. Päästövähennysten vaikutusanalyysi tai teknis-taloudellinen toteutettavuuden analyysi eivät olleet osa projektia.

Hankinta

Osapuolet laativat päästövähennyssuunnitelmia ja/tai -tiekarttoja, jotta tavoitteet ovat selkeät kaikille toimitusketjun osapuolille. Tämä auttaa heitä tunnistamaan konkreettiset toimenpiteet ympäristövaikutusten pienentämiseksi. Koko toimitusketju, joka ulottuu tilaajasta maaurakointiin, pyrkii yhteistyön avulla löytämään parhaat ratkaisut päästöjen vähentämiseksi, mikä edellyttää jatkuvaa tiedonvaihtoa ja keskinäistä sitoutumista ympäristötavoitteisiin. Tilaaja suosii yhteisrakentamista, jolloin maarakennuksen päästöt jakautuvat useamman toimijan kesken, mikä tehostaa resurssien käyttöä ja vähentää tarpeettomia päästöjä.

Tilaaja ottaa käyttöön kannusteita urakoitsijoiden päästövähennysten edistämiseksi, minkä tarkoituksena on palkita innovatiivisia käytäntöjä ja teknologioita, jotka johtavat pienempiin ympäristövaikutuksiin. Tilaaja edellyttää vähäpäästöisten työkoneiden tai päästöttömien polttoaineiden käyttöä, mikä tukee siirtymää kohti ympäristöystävällisempää rakentamista ja vähentää fossiilisten polttoaineiden riippuvuutta. Hankinnoissa ja hankintakriteereissä tilaaja asettaa seuraavat vaatimukset: laitteiden ja kaapeleiden valmistuksen aiheuttamat päästöt, jotka on minimoitava esimerkiksi prosesseja tehostamalla; laitteiden ja kaapeleiden kestävyys ja pitkäikäisyys, joka vähentää uusien hankintojen tarvetta; sekä laitteiden ja kaapeleiden huollettavuus ja varaosien saatavuus, jotka takaavat toimivuuden pitkällä aikavälillä.

Tilaaja suosii kierrätysmateriaalien käyttöä aina kun se on mahdollista, osoittaen sitoutumista kiertotalouden periaatteisiin. Valmistuksen vastuullisuus on myös keskeinen kriteeri, mikä tarkoittaa, että tuotteiden valmistusprosessien tulee täyttää korkeat ympäristö- ja eettiset standardit. Lisäksi tilaaja valitsee muuntajiin päästöttömät tai CO₂-vapaat öljyt, mikä vähentää ympäristön kuormitusta.

Tilaaja määrittelee ja ottaa käyttöön kannusteita materiaalilogistiikan päästöjen vähentämiseksi, mikä kannustaa optimoimaan kuljetusketjut ja vähentämään komponenttien liikuttelusta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Tilaaja muodostaa hankintaan kannusteet, jotka suosivat ensisijaisesti kierrätysmateriaaleista tehtyjä tuotteita aina kun mahdollista, koska standardien laatuvaatimukset eivät kaikissa tapauksissa mahdollistaisi kierrätysmateriaalien käyttöä.



Suunnittelussa ilmajohtorakentamisen lisääminen kohteissa, joissa ei tarvita puuston raivausta, on keskeinen toimenpide päästöjen vähentämiseksi, sillä se auttaa säilyttämään luonnon monimuotoisuutta ja vähentää materiaalien kulutusta. Lisäksi päästöjen kannalta painotetaan optimaalista verkostorakennetta (ilmajohto, maakaapeli, yleiskaapeli), jossa louhintamäärät, puuston poistomäärät ja reittipituudet minimoidaan. Tämä lähestymistapa tukee ympäristön säilyttämistä ja vähentää rakentamisen aiheuttamaa maaperän ja maiseman kulutusta. Lyhyt reittipituus vähentää lisäksi sekä kustannuksia että materiaalien tarvetta, optimoiden samalla rakentamisen kokonaisvaikutukset.

Verkoston häviöt minimoidaan materiaalivalintojen, poikkipintojen sekä muuntopiirien määrän avulla, mikä edistää järjestelmän energiatehokkuutta ja vähentää häviöenergian tarvetta. Materiaalit tilataan vain tarpeen mukaan, jotta hukkamateriaalien syntyminen saadaan minimoitua, mikä tukee kestävä kehityksen periaatteita. Suositetaan vähäpäästöisiä ja kestäviä komponentteja, jotka täyttävät pitkäaikaisen käytön vaatimukset, ja siten varmistetaan järjestelmän luotettavuus ja ympäristöystävällisyys.

Rakentaminen ja dokumentointi

Rakentamisessa ja dokumentoinnissa yhteisrakentaminen vähentää maarakennuksen päästöjä ja edistää resurssien tehokasta käyttöä, jolloin saavutetaan huomattavia taloudellisia ja ympäristöhyötyjä. Materiaalihukkaa pienennetään työtapoja kehittämällä, mikä parantaa rakennuskohteiden taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Verkostorakentamisessa otetaan huomioon vuodenaika ja työn aikataulutus, jotta työ voidaan tehdä parhaimpana mahdollisena ajankohdaksi ja sille varataan riittävä aika päästöjen minimoimiseksi. Tämä lähestymistapa mahdollistaa työprosessien optimoinnin ja vähentää ympäristökuormitusta.

Työaikainen ja loppudokumentaatio valo- ja videokuvauksella on oltava kattavaa, jotta turhia työmaakäyntejä ja niiden aiheuttamia lisäpäästöjä vähennetään, mikä edistää projektin kokonaisvaltaista tehokkuutta. Projekti organisoidaan niin, että työ voidaan toteuttaa tehokkaasti optimoimalla logistiikka ja työn ajoitus sekä karsimalla turha liikkuminen ja konesiirrot, mikä vähentää merkittävästi projektin ympäristöjalanjälkeä. Ylijäämämassat ajetaan lähelle tekemällä yhteistyötä esimerkiksi kunnan osoittaman sijoituspaikan kanssa, mikä vähentää kuljetuspäästöjä ja parantaa massojen uudelleenkäytön mahdollisuuksia.

Koneiden ja ajoneuvojen päästöt

Koneiden ja ajoneuvojen päästöt ovat olennainen osa ympäristövaikutusten hallintaa. Erityisesti konekaluston ja muun logistiikan ympäristöystävällisyyttä tulee parantaa valitsemalla tarkkaan käytettävät polttoaineet sekä huolehtimalla niiden kulutuksen minimoinnista. Sähköisten ajoneuvojen ja työkoneiden yleistyminen tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia vähentää päästöjä, samalla kun biodieselin ja uusiutuvien polttoaineiden, kuten HVO:n (vetykäsitelty kasviöljy), käyttö toimii välivaiheena kohti täysin päästöttömiä ratkaisuja. Myös vaihtoehtoisten polttoaineiden, kuten

biokaasun, käyttöönottoaminen voi olla askel oikeaan suuntaan, ja pitkällä aikavälillä vedyn hyödyntäminen voi osoittautua merkittäväksi, mikäli markkinat ja teknologia kehittyvät myönteisesti.

Valmistaminen

Valmistuksen osalta vihreän teräksen ja alumiinin käyttö on tärkeä askel kohti vastuullisempaa rakentamista, sillä se vähentää valmistusprosessin hiilijalanjälkeä huomattavasti. Lisäksi kiertäysmateriaalien käyttäminen niin laajasti kuin mahdollista tukee kiertotalouden periaatteita, joissa luonnonvarojen käytön minimointi ja materiaalien uudelleenkäyttö ovat keskeisiä tavoitteita..

Logistiikka

Logistiikan päästövähennyksissä korostuu materiaalikuljetusten minimointi, mikä voidaan saavuttaa esimerkiksi optimoimalla projektien kokonaisuutta suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Tämä ei ainoastaan vähennä kuljetusten määrää, vaan myös tehostaa työmaiden toimintaa ja resursien käyttöä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä vihreisiin kuljetusratkaisuihin, joilla pyritään pienentämään logistiikkaan liittyviä päästöjä entisestään. Näiden toimintatapojen tavoitteena on edistää kestävä kehityksen periaatteiden mukaista rakentamista, joka vastaa sekä ympäristöä että yhteiskuntaa koskeviin haasteisiin.



5 TOIMIALAN YHTENÄINEN RAPORTOINTIMALLI

Projektin alussa nousi esiin selkeä tarve kerätä tietoa yhtenäisellä mallilla rakentamisen päästöistä toimitusketjun osalta. Sähkönjakeluverkon rakentamisessa on tyypillistä, että samaa kohdetta rakentaa useita eri ammattilaisia, pääurakoitsija ja useita aliurakoitsijoita. Näiltä kaikilta toimijoilta toimitusketjussa kerätään esimerkiksi työkoneiden ja kulkuneuvojen päästötietoja sekä polttoaineiden kulutustietoja. Polttoaineiden lisäksi toimitusketjun osalta voidaan kerätä tiedot vaihdetuista maamassoista, muista maamassoista (esim. murskeet ja asennushiekat) sekä jälkitöihin liittyvistä kiviaineksista, pinnoitteista (mm. asfaltti) ja maamassoista.

Yhtenäisen raportointimallin luominen hyödyttää kaikkia toimijoita, helpottaa urakoitsijoiden ja aliurakoitsijoiden raportointia sekä lisää kerätyn tiedon luotettavuutta ja laatua. Polttoainetietojen raportointi kuukausittain tai kvartaaleittain (1xkk tai 1xQ) lisää tiedon luotettavuutta ja laatua verrattuna kerran vuodessa tapahtuvaan tiedon raportointiin. Urakoitsijat ja aliurakoitsijat raportoivat polttoaineiden tyypit ja määrät säännöllisesti tilaajalle. Jos urakoitsija työskentelee usealle tilaajalle, polttoaineiden kokonaiskulutus suhteutetaan kyseisen tilaajan osuuteen urakoitsijan liikevaihdosta (%-osuus).

Raportointimalli ja malliasiakirja tietojen keräämiseen on koottu erilliseen dokumenttiin (Liite 2).

[CO2raportointimalliasiakirja.xlsx](#)

6 URAKOITSIJOIDEN PÄÄSTÖ- JA KIERRÄTYSMATERIAALITAVOITTEET KILPAILUTUKSISSA JA URAKKAOHJEISSA

Tavoitteena oli muodostaa kilpailutuksessa ja urakkaohjeissa hyödynnettäviä päästö- ja kierrätysmateriaalitavoitteita, jotka auttavat merkittävästi vähentämään sähköverkon rakentamiseen liittyviä päästöjä. Näiden tavoitteiden perimmäisenä tarkoituksena on edistää koko toimialan siirtymistä ympäristön kannalta kestävämpään suuntaan. Tavoitteet muodostettiin projektissa määriteltyjen olennaisten päästölähteiden ja päästövähennysmahdollisuuksien pohjalta, mikä mahdollisti vaikutukseltaan keskeisten tavoitteiden määrittelyn. Tavoitteet asetettiin ennakoivasti 5–10 vuoden päähän, jotta alan yritykset voivat hyödyntää niitä oman toimintansa pitkäjänteisessä ohjauksessa sekä kumppaniensa tietoisuuden lisäämisessä liittyen vaatimusten kiristymiseen tulevana vuosina.

Tästä johtuen osa tavoitteista ei ole vielä nykyhetkellä täysin toteutettavissa, vaan niiden saavuttaminen edellyttää teknologista ja prosessien kehitystä kaikilta osapuolilta. Tavoitteet on näin ollen suunniteltu toimimaan suosituksina, joita tulee käyttää yrityksen oman pitkän aikavälin strategian eli selkeän tahdonilmaisun muodostamisessa. Jokaisen yrityksen tulee poimia omaan liiketoimintaansa parhaiten soveltuvat tavoitteet, tiedottaa kumppaneitaan vaatimusten asteittaisesta kiristymisestä sekä vaatia kumppaneilta päästötietoja, jotka ovat keskeisiä toiminnan läpinäkyvyyden ja parantamisen kannalta.

Käytännön toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi tulee suunnitella tiiviissä yhteistyössä kumppaneiden kanssa, jotta saavutetaan mahdollisimman suuri vaikuttavuus ja vältetään esteet päästöjen vähentämisessä. Yrityskohtaisen päästöjen vähentämisen tiekartan tekemiseen löytyy tukea esimerkiksi valtakunnallisesta Päästöttömät työmaat - Green Deal -sopimuksesta, joka tarjoaa hyödyllisiä ohjeistuksia ja tavoitteita kestävän rakentamisen edistämiseksi (Sitoumus2050).

Urakoitsijoiden kilpailutuksen vaatimussuosituksukset päästöjen vähentämiseksi keskittyvät erityisesti työkoneiden ja ajoneuvojen portaittaiseen muuttamiseen päästöttömiksi. Ensimmäisenä tasona tulee saavuttaa Euro 6 -luokitus työkoneille ja ajoneuvoille. Seuraavana askeleena tulee ottaa käyttöön 100 % uusiutuvia polttoaineita, jotka tukevat ympäristön kannalta kestävää energiankäyttöä. Siirtyminen sähköisiin työkoneisiin ja ajoneuvoihin on merkittävin askel kohti päästötöntä työmaata. Lisäksi rakentamisessa on varmistettava, ettei synny hukkamateriaaleja, ja täytöissä on käytettävä ensisijaisesti kierrätys- tai uusioaineita, mikäli niiden kuljetus ei kumoa päästövähennyksiä. Rakentamisessa tulee hyödyntää kierrätettyjä komponentteja aina kun se on mahdollista, ja kaikki puretut materiaalit, joita ei voida uusiokäyttää, tulee kierrättää asianmukaisesti. Pakkausmateriaalit ja muut työmailla syntyvät jätteet tulee kierrättää.

Materiaalitoimittajien kilpailutuksen vaatimussuosituksukset päästöjen vähentämiseksi sisältävät useita keskeisiä kohtia, kuten ympäristöselosteiden (EPD) tai tuotteen ympäristöprofiilin (PEP) toimittamisen tarjouksen liitteinä. Kuljetuslogistiikan hiilijalanjälkitiedot tulee myös toimittaa tilaajalle, mikä edistää kokonaisvaltaista päästöjen hallintaa toimitusketjussa. Komponentit eivät saa sisältää fluorattuja kasvihuonekaasuja (F-kaasuja), kuten SF₆-kaasua. Komponentteihin mahdollisesti sisältyvien SF₆-kaasujen määrät tulee ilmoittaa avoimesti. Kuljetuksissa on hyödynnettävä 100 % uusiutuvia polttoaineita ja sähköisiä kuljetustapoja, jotka tukevat logistiikan



ympäristöystävällisyyttä. Komponentit tulee valmistaa kierrätysmateriaaleista aina kun mahdollista, ja muuntajaöljyn osalta on varmistettava päästöttömyys. Materiaalien toimitukset tulee keskittää yhteen erään, ja pakkauksissa tulee käyttää kierrätettäviä materiaaleja, joiden määrää tulee minimoida.

Suunnittelun ohjesuositukset asettavat vaatimuksen, että suunnitelmassa tulee olla laskettu kohteen kokonaispäästöt elinkaaren kaikista vaiheista, mukaan lukien valmistus, käyttö ja purkaminen. Suunnitelmassa tulee myös vertailla eri toteutustapojen kokonaispäästöt, ja verkon pituus sekä komponenttien määrä tulee minimoida luontoarvot huomioiden. Louhinta ja asfaltointi isoina päästölähteinä tulee minimoida suunnittelussa. Kattava dokumentointi valokuvilla nähdään tärkeäksi, jotta työmaakäyntien määrää voidaan vähentää ja luoda tehokkaampia prosesseja. Suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota tarvikkeiden toimituksen logistiikkaan, jotta kuljetukset ja materiaalihukka minimoidaan, ja samalla varmistetaan resurssien tehokas käyttö.

Urakoinnin ohjesuositukset korostavat materiaalihukan minimointia työtapoja kehittämällä, ja toteutuksessa tulee kiinnittää huomiota turhan liikkumisen ja koneiden siirtojen vähentämiseen. Ylijäämämassat tulee siirtää lähimpään sijoituspaikkaan, mikä vähentää kuljetusten päästöjä ja parantaa prosessin tehokkuutta. Kattava dokumentointi valokuvilla nähdään myös urakoinnissa tärkeänä, jotta työmaakäyntien määrää voidaan vähentää ja samalla lisätä työn läpinäkyvyyttä. Kaikki nämä ohjeistukset tukevat osaltaan sähköverkkoalan siirtymistä kohti ympäristön kannalta kestävämpää toimialaa ja työmaiden päästöjen vähentämistä pitkällä aikavälillä.

7 HANKKEEN KESKEISET TULOKSET

Tutkimushankkeen tuloksena 0,4 ja 20 kV:n verkkojen EV-yksiköille määritettiin päästökertoimet, joita alan toimijat voivat hyödyntää päästötietojen laskennassa. Projektin aikana kerätyt päästökertoimet lähdetietoineen on julkaistu EV-yksiköiden hiilijalanjälkitaulukko & laskuri - Excel-tiedostona. Tiedosto on osa hankkeen tulospateriaaleja. Laskentataulukon avulla sähköverkkoyhtiöt voivat laskea investointiensa päästötietoja EV-yksiköiden perusteella sekä osoittaa tarkastajalle, miten päästötiedot on muodostettu.

Osana hankkeen tuloksia tunnistettiin 0,4 ja 20 kV:n sähköverkkojen investointien keskeisimmät päästölähteet ja päästövähennysmahdollisuudet. Tunnistaminen tehtiin tyypillisiä sähköverkoja kuvaavien malliverkkojen avulla. Päästövähennysmahdollisuudet tunnistettiin hankinnassa, suunnittelussa, rakentamisessa ja dokumentoinnissa, koneiden päästöissä, valmistuksessa, logistiikassa ja kierrätyksessä.

Projektin tuloksena toimialalle luotiin yhteiset käytännöt kumppaniverkoston raportointitiheyden sekä polttoaineiden ja maamassojen päästötietojen keräämiseen liittyen. Lisäksi osana hankkeen tulospateriaaleja julkaistiin tietojenkeräämisen malliasiakirja toimialan yritysten käyttöön.

Hankkeessa tunnistettujen olennaisten päästölähteiden ja päästövähennysmahdollisuuksien pohjalta projektin tuloksena muodostettiin suositusmuotoiset tavoitteet kilpailutusten ja urakaohjeiden päästö- ja kierrätysmateriaalitavoitteille. Tavoitteet kuvattiin urakoitsijoiden sekä materiaalitoimittajien kilpailutuksen vaatimuksille päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi luotiin periaatteelliset ohjeet suunnitteluun ja urakointiin.



8 JATKOKEHITYSTARPEET

Jokaisen sähköverkkoalan toimijan tulee hyödyntää tämän tutkimusprojektin tuloksia ja määrittää yhdessä kumppaneidensa kanssa tavoitteet sekä suunnitelmat kohti vähäpäästöisen verkon rakentamista.

Tutkimusprojektissa on kehitetty päästökertoimet ja päästölaskenta sähköverkon investointeihin, erityisesti elinkaaren vaiheeseen A (tuotanto ja rakentaminen). Seuraavana vaiheena toimialalla tulisi laatia yhdessä periaatteet päästölaskentaan elinkaaren seuraaville vaiheille B (käyttö), C (purku) ja D (hyödyt käytön jälkeen).

Päästökertoimien osalta tunnistettiin jatkokehitystarpeena päästökertoimien tuottaminen tämän tutkimuksen ulkopuolelle rajatuille EV-yksiköille. Lisäksi sähköverkkoinvestointien kokonaispäästöjen kartoituksessa luonnollisia seuraavia askelia ovat päästökertoimien tuottamien suurjänniteverkon ja sähköasemien komponenteille.

Hankkeessa määritellyt päästötiedot antavat ajantasaisen ja todenmukaisen kuvan sähkönjakelu-verkkoinvestointien komponenttien ja työmaiden keskeisistä päästötiedoista. Nyt kerätty tieto vaatii kuitenkin täydennystä ja säännöllistä päivitystä. Uusien komponenttien ja menetelmien myötä päästötiedot muuttuvat jatkuvasti. Lisäksi hiilijalanjälkitietojen saatavuuden odotetaan paranevan merkittävästi sähköverkon toimitusketjuun kohdistuvien raportointivaatimusten kiristytessä, minkä seurauksena tulevaisuudessa päästötiedot on mahdollista arvioida vielä nykyistä tarkemmin.

Sähköverkkoinvestointien suunnitteluvaiheessa tehdään merkittäviä valintoja, jotka vaikuttavat erityisesti rakentamisvaiheessa uuden verkon tuottamiin päästöihin. Suunnitellussa valittavat verkon reitit, käytetyt komponentit sekä työmenetelmät muodostavat merkittävän osan tuotetuista päästöistä. Suunnitteluvaiheessa vertailemalla eri vaihtoehtoja on mahdollista valita mahdollisimman vähäpäästöiset toteutustavat investoinnin tekniset ja taloudelliset rajoitteet huomioiden. Käytännössä tämä tarkoittaa, että suunnittelijoille tulee kehittää työkalu eri toteutusvaihtoehtojen päästöjen vertailuun.

Hankkeessa tunnistettujen päästövähennysmahdollisuuksien tarkempi arviointi päästövähennyspotentiaalin näkökulmasta oli rajattu tämän hankkeen ulkopuolelle. Tämän seurauksena tässä tutkimuksessa esitettyjen päästövähennysmahdollisuuksien tarkempi vaikutusten analysointi sekä teknistaloudellinen toteutettavuuden arviointi ovat selkeitä seuraavia askelia tunnistettujen keinojen jalkauttamisessa toimialalle.

LÄHDELUETTELO

Energiavirasto (2024). Valvontamenetelmät kuudennella 1.1.2024 – 31.12.2027 ja seitsemännellä 1.1.2028 – 31.12.2031 valvontajaksolla.

Energiavirasto (2025). Sähkön siirtohinnoittelun valvonta. <https://energiavirasto.fi/siirtohinnoittelun-valvonta>

EN 15804:2012+A2:2019 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.

EN 15978:2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method

Greenhouse gas protocol, GHG Protocol. (2013). Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope3_Calculation_Guidance_0%5B1%5D.pdf

Green Building Council Finland (FIGBC), <https://figbc.fi/>

Sitoumus2050, Päästöttömät työmaat, <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/>

Suomen ympäristökeskus, Syke. (2024). Kuljetukset. <https://co2data.fi/infra/reports/INFRA%20kuljetukset%20R01.01.pdf>

Ympäristöministeriö (2019), Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä (Suomi)



LIITTEET

[Tulosraportti - Sähkönjakeluverkon investointien hiilijalanjälki](#)

[EV-yksiköiden hiilijalanjälkitaulukko & laskuri.xlsx](#)

[CO2raportointimalliasiakirja.xlsx](#)

