



**ALHONOJAN
AURINKOVOIMAHANKKEEN JA
AKKUVARASTON
HIILITASELASKELMA**

SITEMA OY

20.5.2026 WSP Finland Oy

Sisältö

1. Tausta
2. Hankkeen tiedot
3. Työn kuvaus
4. Laskennan rajaukset
5. Maankäytön muutos
6. Laskennan tulokset
7. Päästökertoimen tarkastelu
8. Kierrätyksen vaikutukset
9. Tulosten tarkastelu
10. Huomioita ja johtopäätöksiä





Lyhenteet ja sanasto

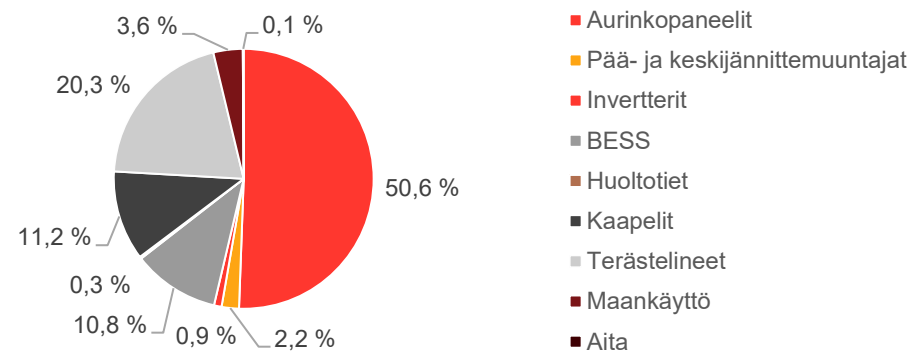
CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Hiilidioksidiekvivalentti huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi muut merkittävät kasvihuonekaasut. Hiilijalanjälki raportoidaan useimmiten hiilidioksidiekvivalentteina.
Elinkaariarviointi	Tuotteen tai palvelun koko elinkaaren, eli sen eri vaiheiden aikana syntyvien ympäristövaikutusten arviointi.
EPD	Environmental Product Declaration (ympäristöseloste), joka on kolmannen osapuolen verifioima dokumentti, jossa esitetään tuotteen ympäristövaikutukset koko sen elinkaaren ajalta.
Hiilijalanjälki	Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan ihmisen toiminnan aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Useimmiten hiilijalanjälki raportoidaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO ₂ e), mikä huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt, kuten metaanin (CH ₄) ja dityppioksidin (N ₂ O).
Hiilikädenjälki	Hiilikädenjäljellä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla voidaan pienentää kasvihuonekaasupäästöjä tai edistää ilmastohyötyjä. Se kuvaa tietyn ratkaisun positiivisia ilmastovaikutuksia sen elinkaaren aikana.
Hiilivarasto	Hiilen määrä, joka on sitoutuneena esimerkiksi puuhun tai muuhun biomassaan, eikä siis ole vapaana ilmakehässä.
Hiilinielu	Prosessi, toiminta tai mekanismi, joka poistaa kasvihuonekaasua, kasvihuonekaasun tai aerosolia ensiaste ilmakehästä.
Päästökerroin	Päästökertoimella tarkoitetaan syntyvän päästön määrää suhteessa tuotetun tuotteen tai palvelun määrään. Päästökertoimen yksikkö riippuu tarkasteltavan kohteen rajauksesta, ja se voidaan ilmoittaa esimerkiksi g CO ₂ e/kWh.

Tulostiivistelmä

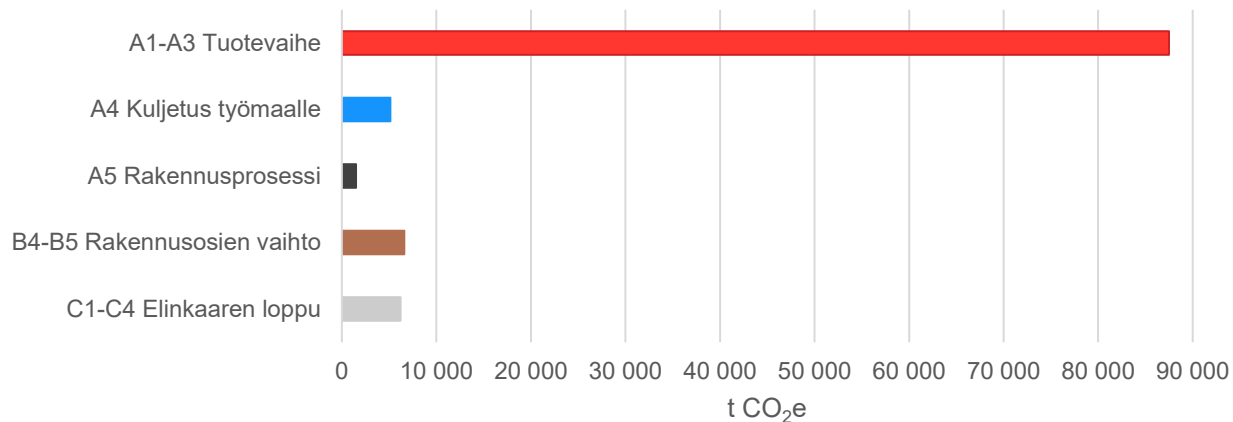


Tällä sivulla on esitetty hiilitaselaskelman tulokset tiivistettynä. Hankkeen elinkaaren aikaiset päästöt ovat yhteensä noin **110 990 t CO₂e** 40 vuoden ajanjaksolla tarkasteltuna (sisältäen päästöt elinkaaren vaiheista A1-A3, A4, A5, B4-B5 ja C1-C4 ja maankäytöstä).

Päästölähteiden osuudet kokonaispäästöistä



Päästöt elinkaaren vaiheittain



Kaava

Aurinkovoimalan
Maanmuokkauksen
kokonaispäästöt

tCO₂
- 4 050

tCO₂ / ha
- 30



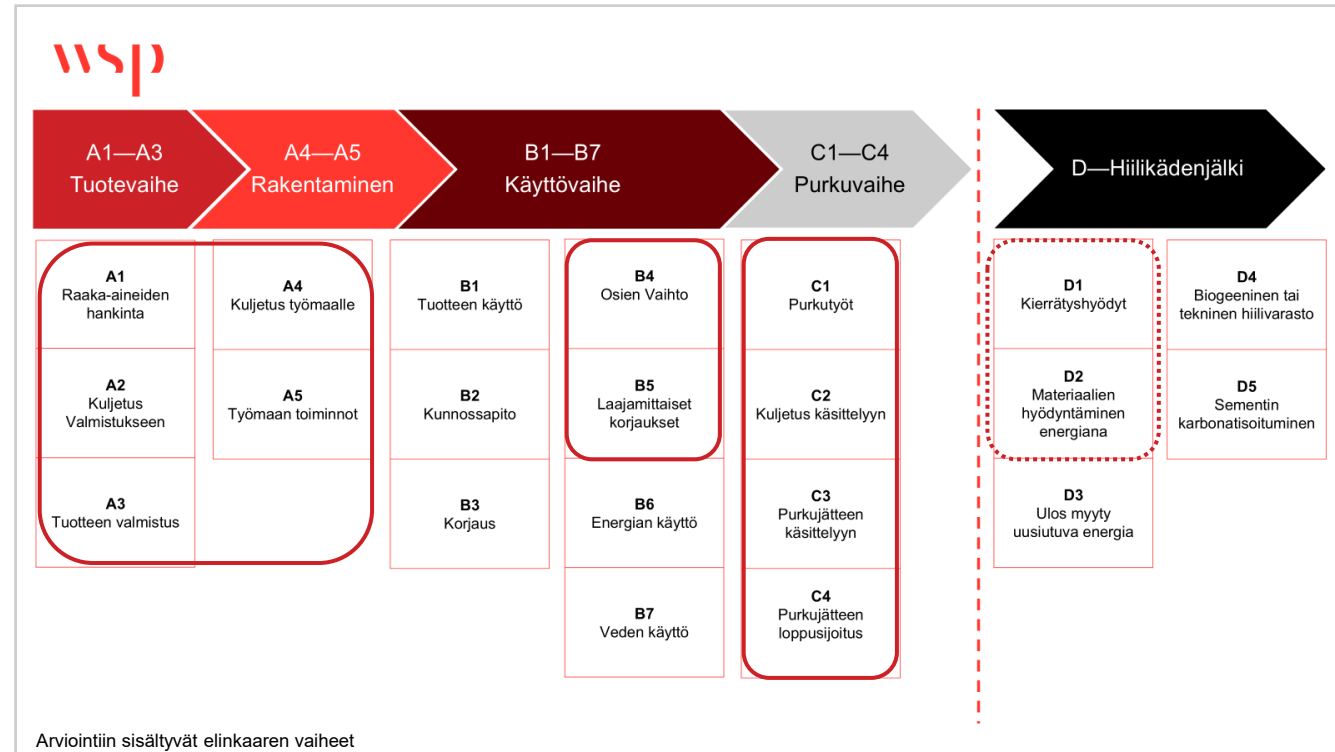
1. Työn tausta

Hanketta suunnittelevan hankeyhtiön nimi on FRV Sauvo Oy.

Laskennassa keskitytään aurinkovoimalan elinkaaren vaiheisiin A1–A5 (A1–A3 tuotevaihe, mm. käytettävien materiaalien valmistuksen päästöt ja kuljetukset, A4 liikkuminen, mm. materiaalien kuljettaminen työmaalle, A5 rakennusprosessi, mm. rakenteiden asentaminen), vaiheisiin B4–B5, mm. korvaaminen ja kunnostaminen sekä vaiheisiin C1–C4 (elinkaaren loppu: C2 jätteen kuljetus, C3 jätteen tuotanto, C4 jätteenloppusijoitus). Lisäksi lopussa tarkastellaan vaiheen D (elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset) vaikutusta aurinkovoimalan elinkaaren aikaisiin päästöihin. Tarkasteltavat elinkaaren vaiheet on esitetty kuvassa 1.

Hiilitaselaskenta on tehty pääosin One Click LCA työkalulla infrahankkeen laskentamallilla. Maankäytön muutoksista aiheutuneet hiilipäästöt on laskettu SYKE:n Hiilikartta-työkalun avulla.

Lähtötietoina käytetään tilaajan toimittamia tietoja, julkaistuja ympäristötuoteselosteita (EPD) ja päästökertoimia (co2data.fi ja One Click LCA) sekä Hiilikarttaa.



Kuva 1. Laskennassa tarkasteltavat elinkaaren vaiheet.

2. Hankkeen tiedot

Hankealueen pinta-ala 133,8 ha

Aurinkovoimalan tuotantoteho 139,1 MWp

Aurinkovoimalan vuosituotanto noin 141 GWh

Voimalan käyttöiän oletetaan olevan 40 vuotta ja aurinkopaneeleita ei vaihdeta 40 vuoden aikana.

Aurinkopaneelien määrä 207 680 kpl

Ilmajohto 15,8 km

Keskijännitemuuntajat (33kV) 23kpl

Päämuuntajat (110 kV) 2 kpl

Tiedot perustuvat tämänhetkisiin suunnitelmiin ja tilaajalta saatuihin lähtötietoihin (28.4.2026).

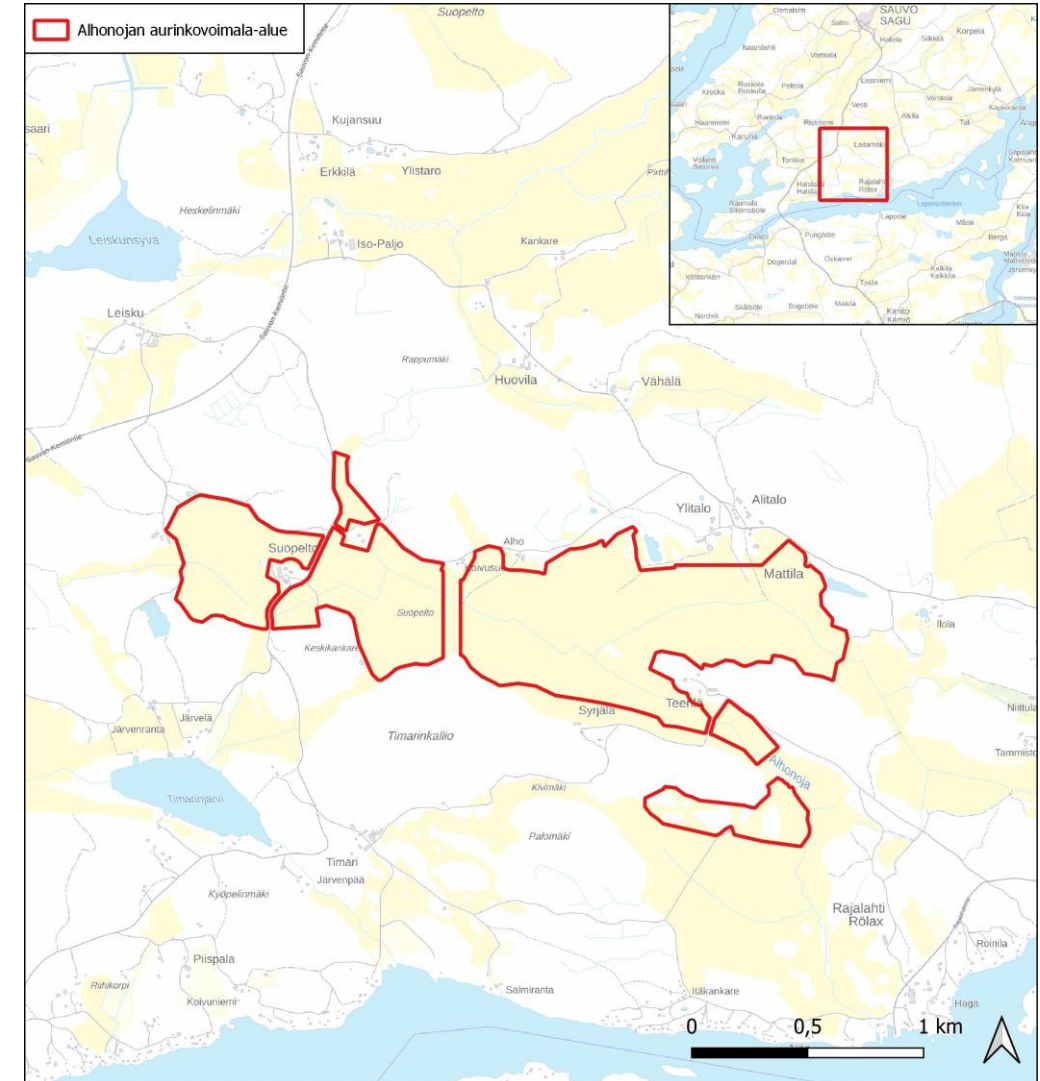
Invertterit 363 kpl

Hankealueen sisäisten kaapelien pituus 2 050,4 km.

Huoltotien pituus 13,6 km.

Aita 14,2 km

BESS 76 kpl



Kuva 2. Hankealueen sijainti kartalla.

3. Työn kuvaus

Työssä laskettiin suunnitellun aurinkosähkön tuotantoalueen hiilitaselaskelma. Hiilitaselaskelmassa lasketaan koko aurinkovoimalan elinkaaren aikana tuottamat hiilipäästöt. Laskelmissa huomioidaan hankealueella kasvillisuuden poisto, joka huomioidaan hiilitaselaskennassa alueelta poistuvana hiilivarastona sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävänä hiilinieluna.

Aurinkopaneelien oletetaan olevan pääosin huoltovapaita, eikä niiden vaihtotarvetta arvioida syntyvän 40 vuoden laskentajakson aikana. Poikkeuksena huomioidaan kuitenkin paneelien mahdolliset rikkoutumiset, joiden arvioidaan johtavan noin 1 %:n paneelien vaihtoon kyseisen ajanjakson aikana.

Huoltotiet oletetaan sorateiksi, joiden alla on suodatinkangas.

Muuntamoiden alle oletettiin lisättävän 30 cm paksuinen sorakerros.

Paneelien oletetaan olevan asennettu terästelineille, ja teräksen määräksi oletetaan noin 35 kg per paneeli.

Materiaalien kuljetuspituuksien osalta hyödynnetään laskentatyökalun oletusarvoja, jotka perustuvat laskennassa käytettyihin tietokortteihin. Teräksen osalta laskennassa on käytetty lähtökohtaisesti joko pohjoismaista tai eurooppalaista tietokorttia.



4. Laskennan rajaukset

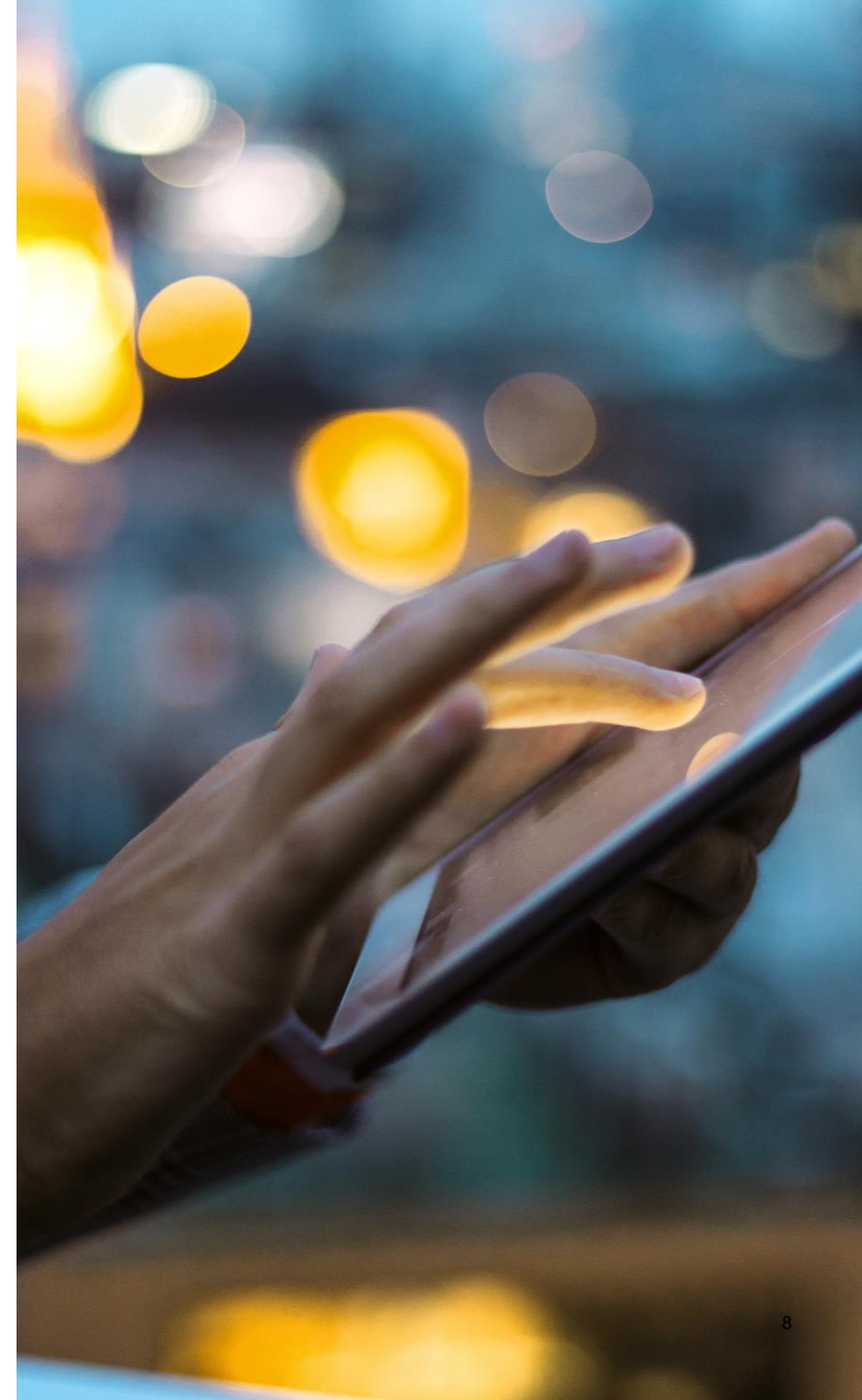
Laskennassa mukana:

- A1-A5 vaiheet
- B4-B5 vaiheet
- C1-C4 vaiheet
- Aurinkopaneelit
- Huoltotiet
- Huoltoteiden alle tuleva suodatinkangas
- Sähkökaapelit
- Aidat
- Invertterit
- Maankäyttö
- Aurinkopaneelien terästelieet
- Muuntajat
- Muuntamoiden alle tuleva sorapeti
- BESS

Rajattu pois (ei arvoja ohjelmassa tai ei tarkkoja määriä tiedossa):

- Aurinkopaneelien perustukset
- Työmaan päästöt

Lisäksi tulee huomioida, että laskennan lähtötiedot kuvaavat nykyistä suunnittelutilannetta ja tiedot voivat vielä muuttua. Kaikille laskettaville kohteille ei löydy täysin vastaavaa EPD tietoa One Click LCA-ohjelmasta, joten näiden kohdalla on muunneltu parhaiten vastaavia kertoimia soveltumaan laskettavaan kohteeseen. Laskelmat sisältävät oletuksia ja epävarmuuksia.

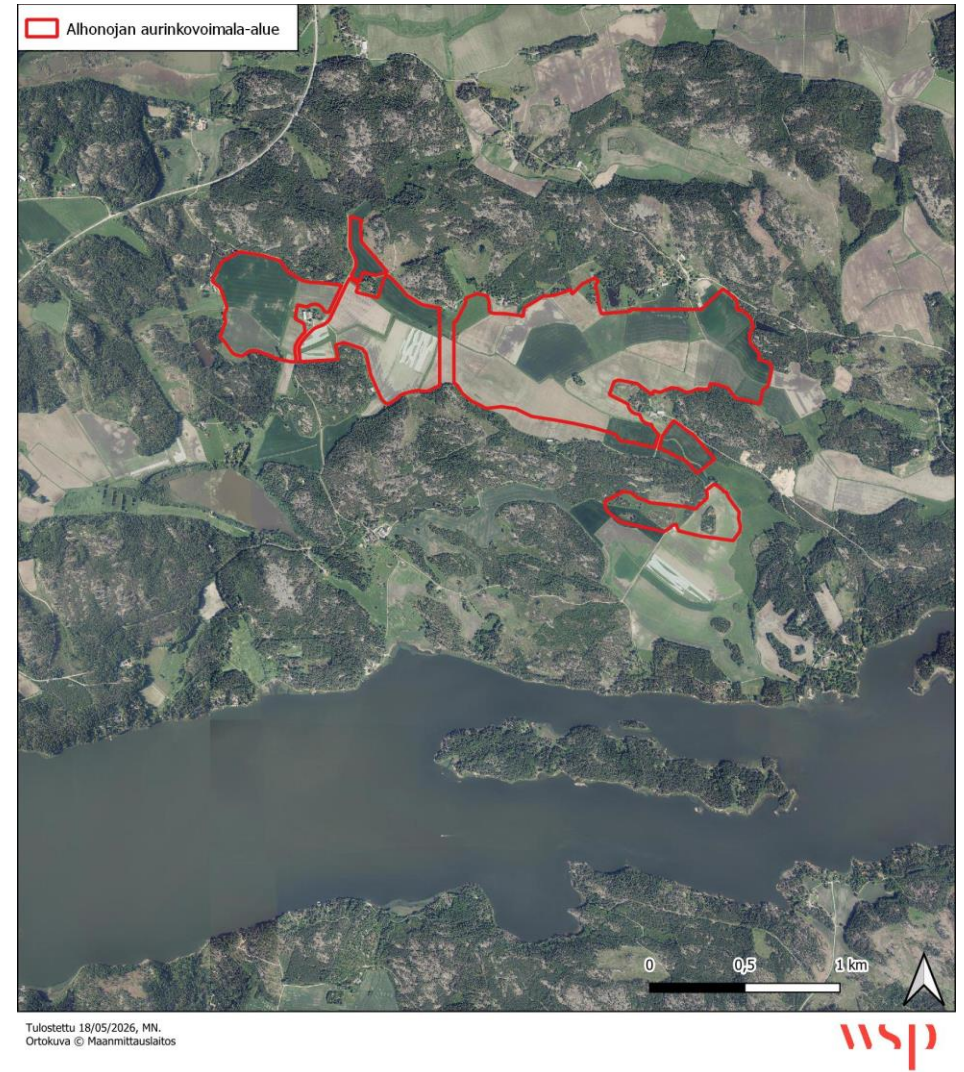


5. Maankäytön muutos

Aurinkovoimalan hankealueet sijoittuvat peltoalueelle. Maankäytön muutokset on laskettu Suomen ympäristökeskuksen koostaman ja ylläpitämän Hiilikartan avulla.

Hiilikartta –työkalu laskee sekä kasvillisuuden, että maaperän nykyisen hiilivaraston kattavien paikkatietoaineistojen perusteella. Arvio hiilivaraston kehityksestä perustuu kasvupaikan luokituksiin. Maanmuokkauksen osalta huomioitiin syntyvät päästöt muuntajien ja huoltoteiden alueiden osalta.

Hiilitaselaskennassa kasvillisuuden poistuminen alueelta otetaan huomioon poistuvana hiilivarastona sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävänä hiilinieluna. Muun kasvillisuuden osalta työkalu olettaa, että 50 % aurinkovoima-alueesta pidetään kasvipeitteisenä. On kuitenkin mahdollista, että suurempi osa kuin 50 % hankealueesta pidetään kasvipeitteisenä.



Kuva 3. Ilmakuva hankealueesta.

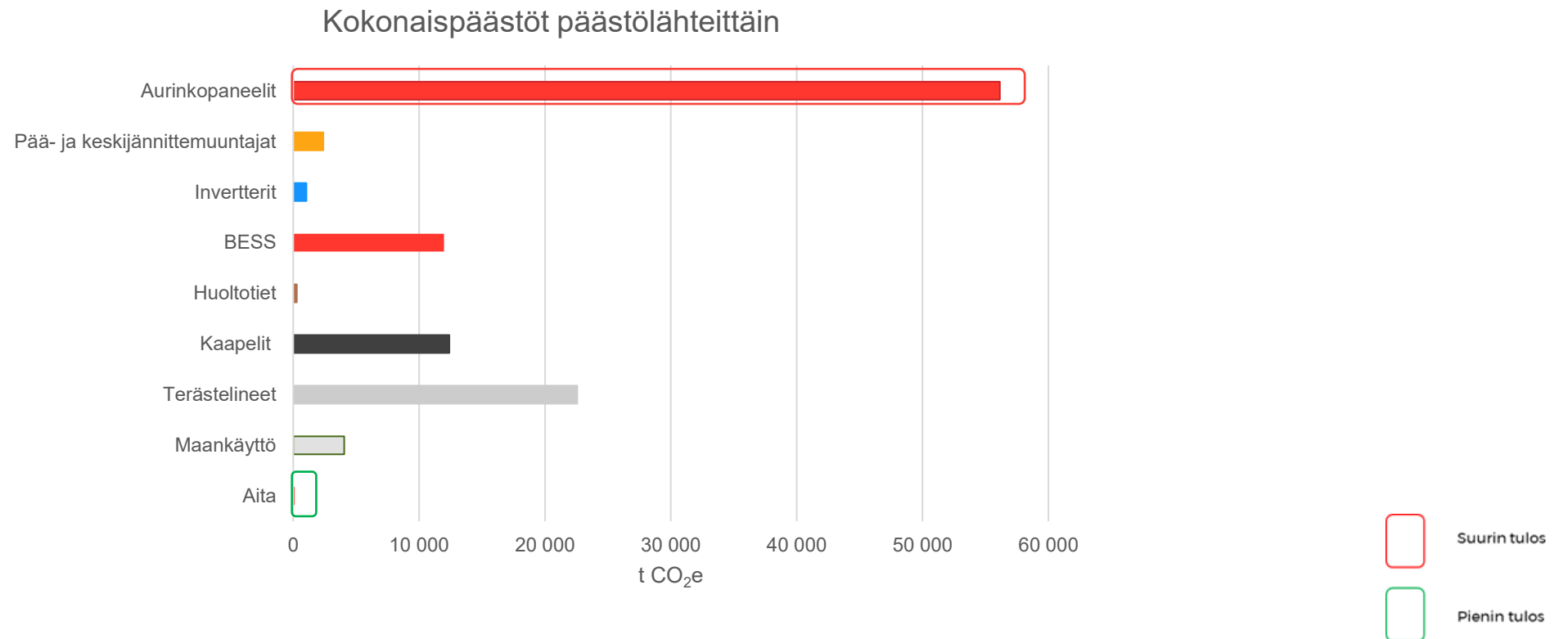
5. Maankäytön muutoksen vaikutus hiilivarastoon ja hiilinieluun

Maankäytön muutoksen seurauksena kokonaispäästöt ovat on noin 4 050 t CO₂e vuoteen 2070 mennessä. Hiilivaraston päästöt ovat yhteensä noin 3 750 t CO₂e, josta 2 750 t CO₂e on peräisin kasvillisuuden poistosta ja noin 950 t CO₂e maanmuokkauksesta. Hiilinielujen päästöosuus on puolestaan noin 340 t CO₂e.



6. Kokonaispäästöjen jakautuminen päästölähteisiin

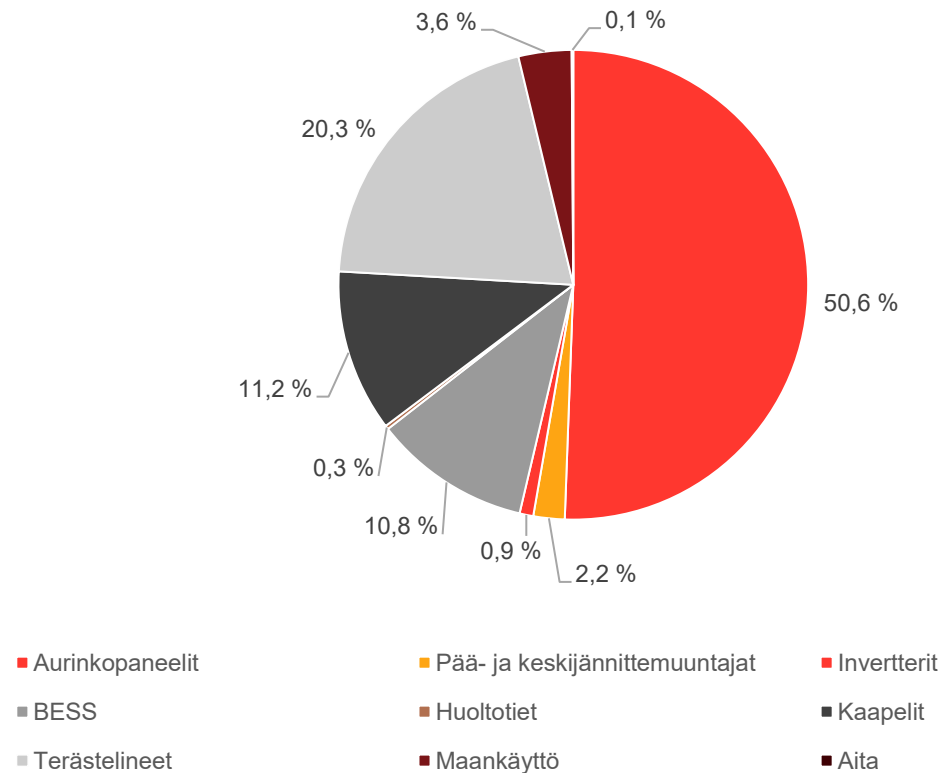
Kuvaajassa esitetään aurinkovoimalan kokonaispäästöjen jakautuminen eri päästölähteisiin. Suurimmat päästöt syntyvät aurinkopaneeleista noin 56 140 t CO₂e ja terästelaineista 22 560 t CO₂e, jotka muodostavat yhdessä valtaosan elinkaaren aikaisista päästöistä. Sen sijaan pienimmät päästöt aiheutuvat aidasta, jonka päästöt ovat noin 109 t CO₂e.



6. Hankealueen kokonaispäästöjen jakautuminen kohteittain

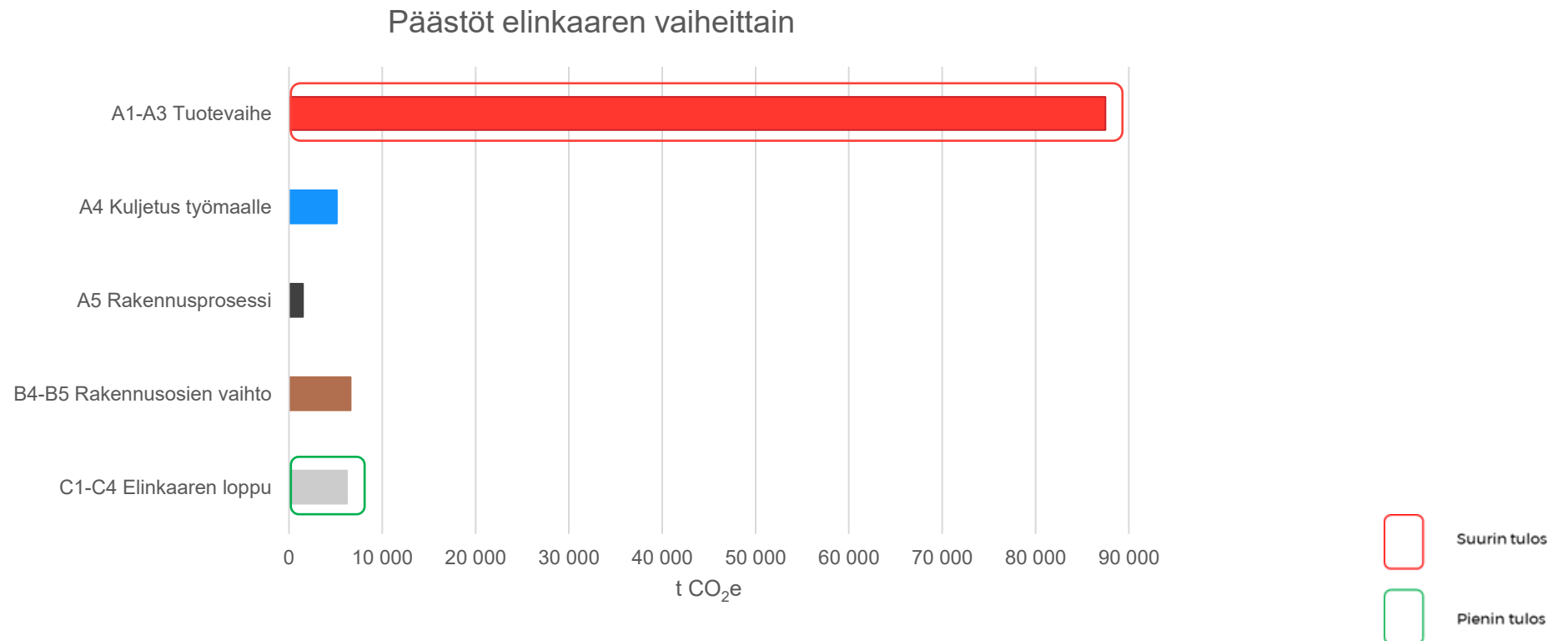
Kuvaaja havainnollistaa eri päästölähteiden suhteelliset osuudet aurinkovoimalan elinkaaren aikaisista kokonaispäästöistä. Suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista ja terästelineistä, jotka muodostavat yhteensä noin 71 % päästöistä.

Päästölähteiden osuudet kokonaispäästöistä



6. Elinkaaren vaiheiden A1–A5, B4–B5 ja C1–C4 päästöt

Kuvaaja esittää aurinkovoimalan päästöjen jakautumisen elinkaaren eri vaiheisiin, pois lukien maankäytön muutoksen aiheuttamat päästöt. Suurin osa päästöistä syntyy tuotantovaiheessa (A1–A3), kuten materiaalien valmistuksessa. Muita merkittäviä vaiheita ovat rakennusosien vaihto (B4–B5), elinkaaren loppu (C1–C4) ja kuljetus (A4). Rakennusprosessin (A5) osuus jää hyvin pieneksi.



7. Päästökertoimen tarkastelu

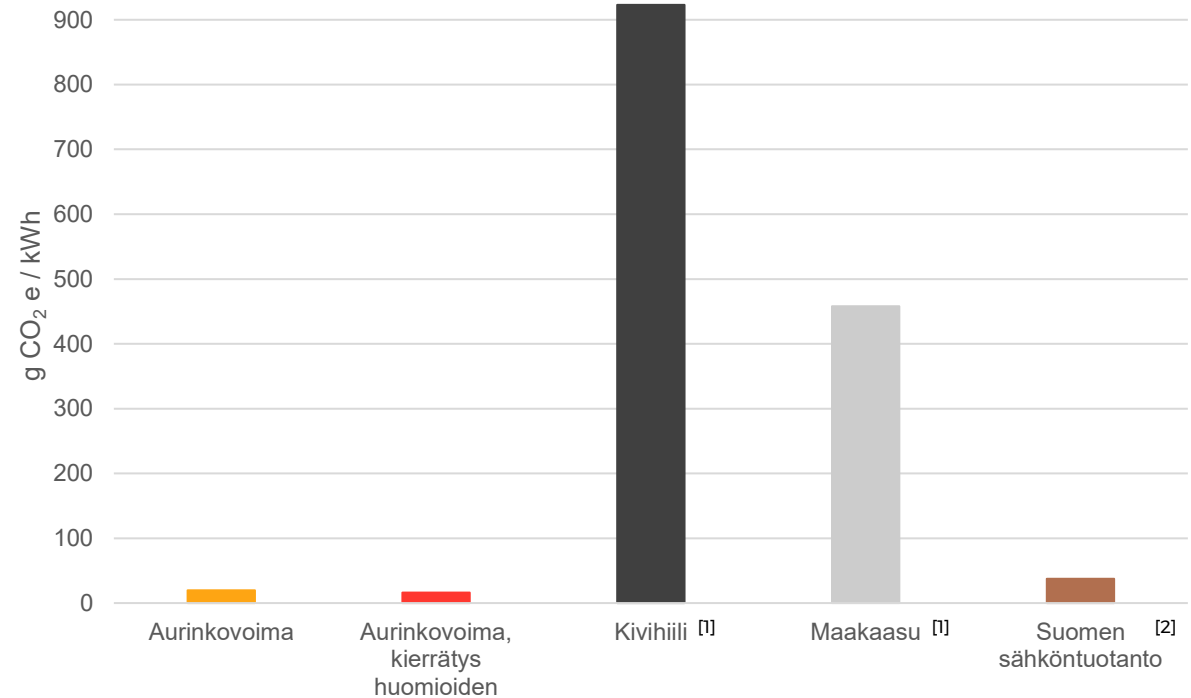
Tällä sivulla on tarkasteltu muutaman eri tuotantotavan päästökertoimia. Päästökertoimia tarkastellessa tulee kuitenkin huomioida, että nämä eivät ole verrattavissa keskenään johtuen muun muassa erilaisista laskentamenetelmistä.

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on laskennan perusteella noin 20 g CO₂e/kWh ja kierrätyksellä saatavalla vähennyksellä huomioiden noin 16 g CO₂e/kWh.

Vuonna 2024 Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaaren päästökerroin oli 37,5 g CO₂e/kWh. (Tilastokeskus). Kivihiilellä tuotetun sähkön päästökerroin on noin 923 g CO₂e /kWh ja maakaasulla noin 458 g CO₂e /kWh.

Suomen sähköntuotannon päästökerroin ei ole suoraan verrattavissa tässä laskettuun aurinkovoimalan päästökertoimeen, koska siinä ei ole huomioitu tuotantolaitosten ja infrastruktuurin elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä eikä muita ympäristövaikutuksia. Päästökertoimesta tarkemmin 'Tulosten tarkastelu' -osiossa.

Vaihtoehtoiset energiantuotantotavat



[1] UNECE. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. 2021. https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

[2] Tilastokeskus, 2025. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000–2023. https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_14qt.px/

8. Kierrätyksen vaikutukset

Aurinkovoimalan hiilitaselaskelmassa on oletettu aurinkovoimalan käyttöiän päätyttyä materiaalien päätyvän loppusijoitukseen, eikä materiaalia ole päätenyt kiertoon. Aurinkovoimalan hiilijalanjälkeä voidaan kuitenkin pienentää kierrättämällä materiaalia osana kiertotaloutta. Elinkaaren ulkopuolisilla vaikutuksilla (vaihe D) tarkoitetaan mm. kierrätettäviä materiaaleja ja uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita, jotka voivat pienentää elinkaaren ympäristövaikutuksia.

Aurinkopaneelien kierrätystä säätelee Euroopan unionin sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskeva direktiivi 2012/19/EU, eli niin sanottu WEEE-direktiivi (*Waste Electrical and Electronic Equipment Directive*). Direktiivi velvoittaa sähkö- ja elektroniikkalaitteiden valmistajia ja maahantuojia huolehtimaan laitteidensa jätehuollosta ja kierrätyksestä niiden elinkaaren päätyttyä. Aurinkopaneelit sisällytettiin direktiivin piiriin vuonna 2012, ja ne luokitellaan suurikokoisiksi sähkö- ja elektroniikkalaitteiksi (kategoria 4) direktiivin liitteessä III.^[3]

Aurinkopaneelit sisältävät mm. lasia, alumiinia, kuparia, piitä ja vähäisiä määriä hopeaa. Piipohjaisten aurinkokennojen materiaalista suurin osa voidaan kierrättää. Kierrätysmateriaalia voidaan käyttää esimerkiksi uusien paneelien valmistuksessa. Aurinkopaneeleilla on pitkä käyttöikä, jonka vuoksi aurinkopaneelien kierrättäminen tulee koko ajan ajankohtaisemmaksi. Muiden sähkölaitteiden tavoin aurinkopaneelien kierrätys on pakollista. Nykyään aurinkopaneelien kierrätys otetaan lisäksi huomioon jo paneelien suunnittelussa ja valmistuksessa, mikä lisää paneelien materiaalien kierrätysastetta.

Aurinkopaneelit asennetaan sinkityille terästelineille. Teräs on maailman kierrätetyin materiaali, sillä sitä voidaan kierrättää lähes loputtomiin eikä sen ominaisuudet heikkene kierrätyksessä. Tällöin teräs voidaan esimerkiksi sulattaa ja käyttää raaka-aineena uusien teräsrakenteiden valmistuksessa.

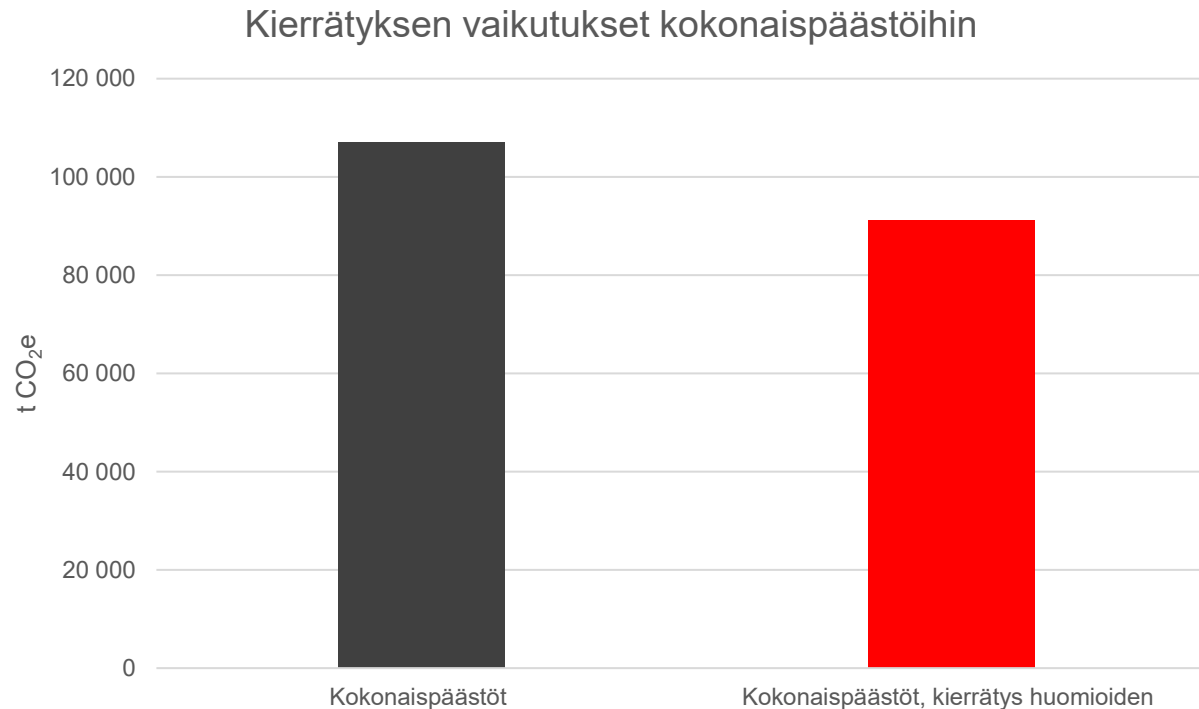
Kaapelit sisältävät suurimmaksi osaksi metallia, kuten kuparia ja alumiinia. Kuparin ja alumiinin kierrätys on kannattavaa, sillä sitä voidaan teräksen tapaan kierrättää lähes loputtomiin ilman, että sen laatu tai ominaisuudet heikentyvät.

[3] Euroopan unioni. 2012. Directive 2012/19/EU (WEEE) on waste electrical and electronic equipment
<http://data.europa.eu/eli/dir/2012/19/oj>

8. Kierrätyksen ja uudelleenkäytön vaikutus kokonaispäästöihin

Mikäli elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset otetaan huomioon laskelmissa, voidaan tämän hetken kierrätyksen ja uudelleenkäytettävyyden mahdollisuuksilla vähentää aurinkovoimalan kokonaispäästöjä yhteensä noin **15 710 t CO₂e**.

Tällöin aurinkovoimalan kokonaispäästöt vähenevät noin 15 %.



* huom. tähän ei sisälly maankäyttöön liittyvät päästöt

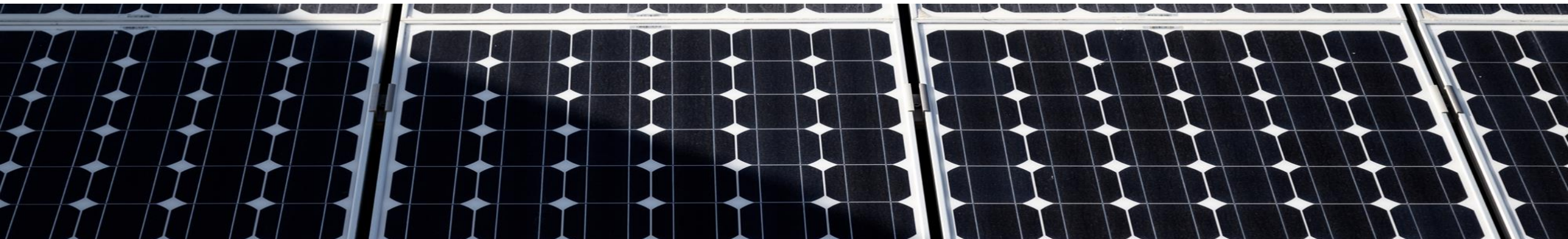
9. Tulosten tarkastelu

Alhonojan aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset päästöt (sisältäen päästöt elinkaaren vaiheista A1-A3, A4, A5, B4-B5 ja C1-C4 ja maankäytön muutos) ovat yhteensä noin 110 990 t CO₂e. Suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista, joiden päästöt ovat noin 56 140 t CO₂e. Paneeleista tulee 51 % hankkeen päästöistä. Hankkeen pienimmät päästöt tulevat aidoista, joiden päästöt ovat noin 130 t CO₂e eli noin 0,1 % hankkeen päästöistä.

Maankäytön päästöihin kuuluu alueelta poistuva hiilivarasto sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävä hiilinielu. Maankäytön kokonaispäästöt ovat yhteensä koko hankealueella noin 4 050 t CO₂e, hiilivaraston poistumisen päästöjen ollessa noin 3 710 t CO₂e ja hiilinielun poistumisen päästöjen ollessa noin 340 t CO₂e. Maankäytön muutoksen osuus kokonaispäästöistä on noin 3,6 %.

Elinkaaren eri vaiheita tarkastellessa havaitaan, että suurimmat päästöt aiheutuvat A1 – A3 tuotevaiheesta. Tuotevaiheen päästöt ovat yhteensä noin 87 490 t CO₂e. Pienimmät päästöt puolestaan aiheutuvat vaiheessa A5 (Rakennusprosessi) päästöjen ollessa yhteensä noin 1 500 t CO₂e. Elinkaaren eri vaiheiden päästöissä ei ole huomioitu maankäytön muutoksesta aiheutuneita päästöjä.

Hiililaskennan tulokset kuvaavat aurinkovoimalan tämän hetkisiä suunnitelmia ja tulokset ovat suuntaa antavia. Tuloksia voidaan tarkentaa suunnitelmien tarkentuessa.



9. Tulosten tarkastelu

Alhonojan aurinkovoimalalla tuotetun sähkön päästökertoimeksi saadaan 20 g CO₂e/kWh. Kun aurinkovoimalan loppuvaiheen kierrätyksen päästövähennykset otetaan huomioon saadaan tuotetun sähkön päästökertoimeksi 16 g CO₂e /kWh.

Suomen sähköntuotannon keskimääräistä päästökerrointa seuraaville 40 vuodelle ei ole määritetty ja parhaimmillaankin luku olisi tämän hetken paras arvaus. Jos seuraavan 40 vuoden aikana ei tapahtuisi muutosta sähkön tuotantotavoissa ja Suomen sähköntuotannon keskimääräisenä päästökertoimena pysyisi vuoden 2024 päästökerroin (37,5 g CO₂/kWh) olisi 120 GWh/a:n tuottamisen päästöt vuodessa noin 5 280 t CO₂e ja 40 vuodessa noin 211 250 t CO₂e.

Vastaavasti tämän hankkeen kokonaispäästöt 40 vuoden ajalta ovat 110 990 t CO₂e tarkoittaen keskimäärin 2 780 t CO₂e vuosipäästöjä. Jos huomioidaan hankkeen loppuvaiheen kierrätys, olisi hankkeen kokonaispäästöt yhteensä noin 91 230 t CO₂e, ja vuotuiset päästöt puolestaan noin 2 280 t CO₂e .

Suomen sähköntuotannon päästökerroin ei ole kuitenkaan suoraan verrattavissa tässä laskettuun aurinkovoimalan päästökertoimeen, koska siinä ei ole huomioitu tuotantolaitosten ja infrastruktuurin elinkaaren aikana syntyviä (mm. rakentamisesta aiheutuvia) kasvihuonekaasupäästöjä eikä muita ympäristövaikutuksia. Päästökertoimessa on oletettu, että jo toiminnassa oleva vesi-, tuuli- ja aurinkovoima ovat päästöttömiä sekä ydinvoima lähes päästötön. ^[4]

Aurinkovoima edistää vihreää siirtymää ja vähentää tarvetta uusiutumattomalle energialle, koska toteutuessaan hanke tuottaa merkittävät päästövähennykset.

[4] EUR-Lex. Delegated Regulation (EU) 2023/1185. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2023/1185/oj/eng/

10. Huomioita ja johtopäätöksiä

Laskennan tulokset ovat tässä vaiheessa hanketta suoritettuina karkeita arvioita, mutta saatuja tuloksia on verrattu kirjallisuudesta löytyviin päästölaskelmiin sekä muihin aurinkovoimaloihin tehtyihin hiilijalanjälkilaskelmiin. Vertailujen perusteella saadut arvot ovat oikean suuntaisia.

Mahdollisia keinoja päästöjen vähentämiseksi ja niiden minimoimiseksi, erityisesti suunnittelu- ja rakennusvaiheessa:

- Vähähiilisten materiaalien käyttäminen (teräs, betoni)
- Uusiomateriaalien käyttäminen (esim. betonimurske huoltoteissä)
- Kuljetusmatkojen optimointi
- Materiaalien kierrätyksen optimointi
- Hiilivarastojen sekä –nielujen menetyksen minimoiminen optimoimalla rakennusvaiheessa kaadettavan puuston määrää
- Kasvien juurien hiilensidonta



20.5.2026 WSP Finland Oy

Työn laskentaan ja raportointiin osallistuiivat:
Rose Laaksonen, Sonja Kuokkanen ja Minna
Nousiainen

QA: Aurora Palin