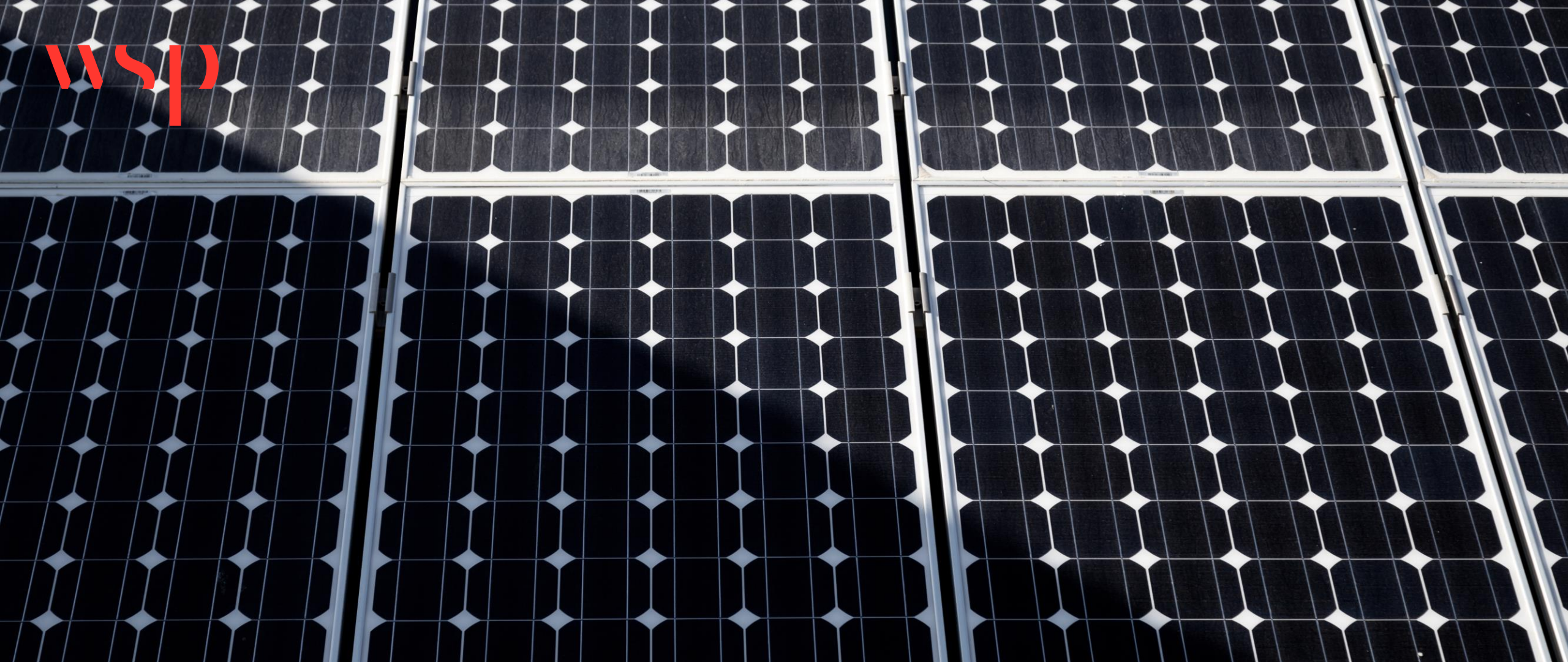




wsp

NURMELANSUON AURINKOVOIMALAN HIILITASSELASKELMA

SITEMA OY

27.02.2025 WSP Finland Oy

Sisältö

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

Lyhenteet ja sanasto

CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Hiilijalanjälkiekvivalentti huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi muut merkittävät kasvihuonekaasut. Hiilijalanjälki raportoidaan useimmiten hiilidioksidiekvivalenteina.
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 hiilidioksidiekvivalenteina (CO ₂ e), mikä huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt, kuten metaanin (CH ₄) ja dityppioksidin (N ₂ O).
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.

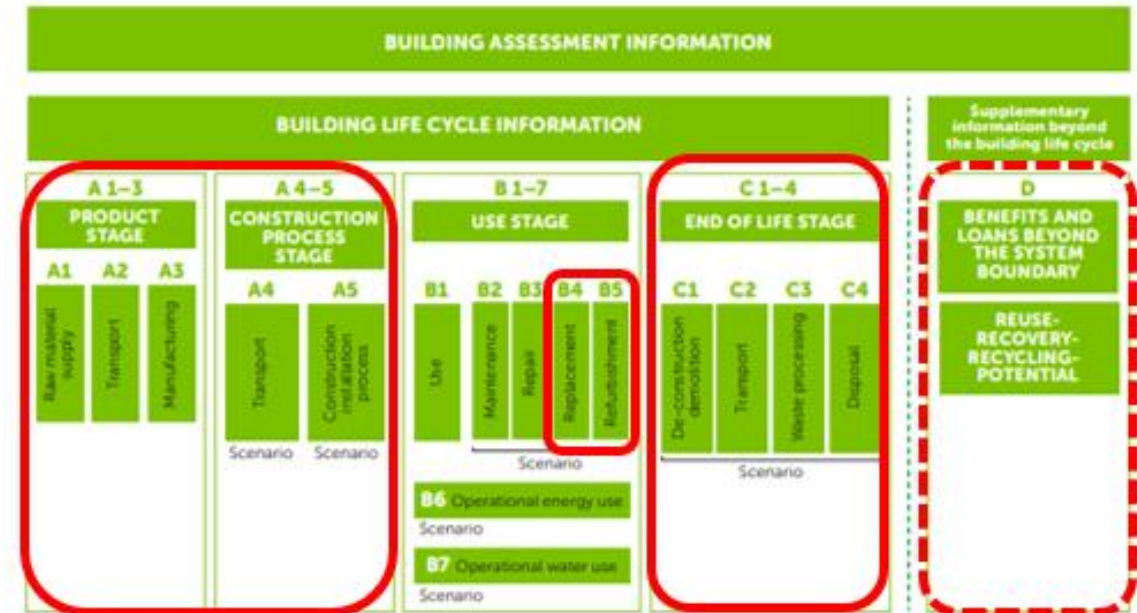
1. Työn tausta

Työn tilaajana on Sitema 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 (korvaaminen ja kunnostaminen) sekä vaiheisiin C1-C4 (C1-C4 elinkaaren loppu: C2 jätteiden kuljetus, C3 jätteen tuotanto, C4 jätteenloppusijoitus). Lisäksi lopussa tarkastellaan vaiheen D (elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset) vaikutusta aurinkovoimalan elinkaaren aikaisiin päästöihin.

Hiililaskenta 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: Rakennuksen elinkaaren vaiheet jaoteltuina ryhmiin. Lähde: RT

2. Hankkeen tiedot

Nurmelansuon hankealueen pinta-ala on noin 39,9 ha.

Aurinkovoimalan teho 37,6 MWp.

Aurinkovoimalan vuosituotanto on noin 35,3 GWh.

Voimalan käyttöiän oletetaan olevan 30 vuotta.

Aurinkopaneelien määrä 58 800 kpl.

Muuntamoiden määrä 7 kpl.

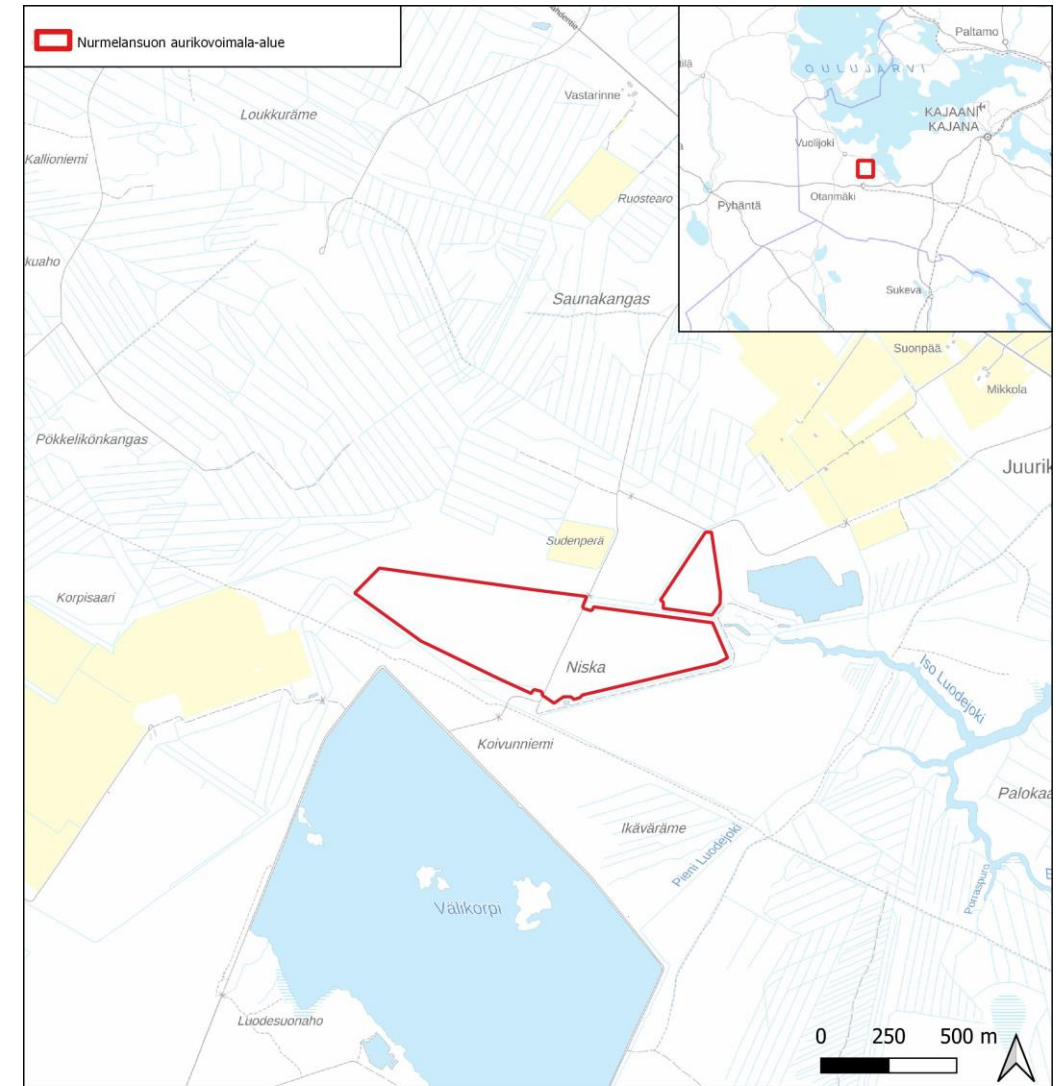
Invertterien määrä 90 kpl.

Sähkönsiirtokaapelin pituus 4 km.

Hankealueen sisäisten kaapelin pituus 677 km.

Huoltotien pituus 4,8 km.

Tiedot perustuvat tämänhetkisiin suunnitelmiin ja tilaajalta saatuihin lähtötietoihin. (12.2.2025)



Tulostettu 25/02/2025, MN.
Taustakartta @ Maanmittauslaitos

Nurmelansuon hankealueen sijainti kartalla.

3. Työn kuvaus

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

Kokonaispäästöjä tarkastellaan lisäksi aurinkovoimalan käyttöiän aikana tuotettuun energiaan. Saatua päästökerrointa verrataan kivihiilen, maakaasun ja Suomen keskimääräisen sähköntuotantotavan päästökertoimiin.

Laskelmissa oletetaan aurinkopaneelien olevan kidepaneeleita, jotka on perustettu maanvaraisesti. Paneelien oletetaan olevan asennettu sinkityille terästelineille. Aurinkopaneelien oletetaan olevan huoltovapaita ja oletetaan ettei paneeleita tarvitse vaihtaa 30 vuoden laskentajakson aikana.

Muuntamoiden alle oletetaan lisättävän 30 cm paksuinen sorakerros.

Huoltotiet oletetaan sorateiksi, joiden alla on suodatinkangas.

Kaapeleiden oletetaan olevan matala- ja keskijännitemaakaapeleita.



4. Laskennan rajaukset

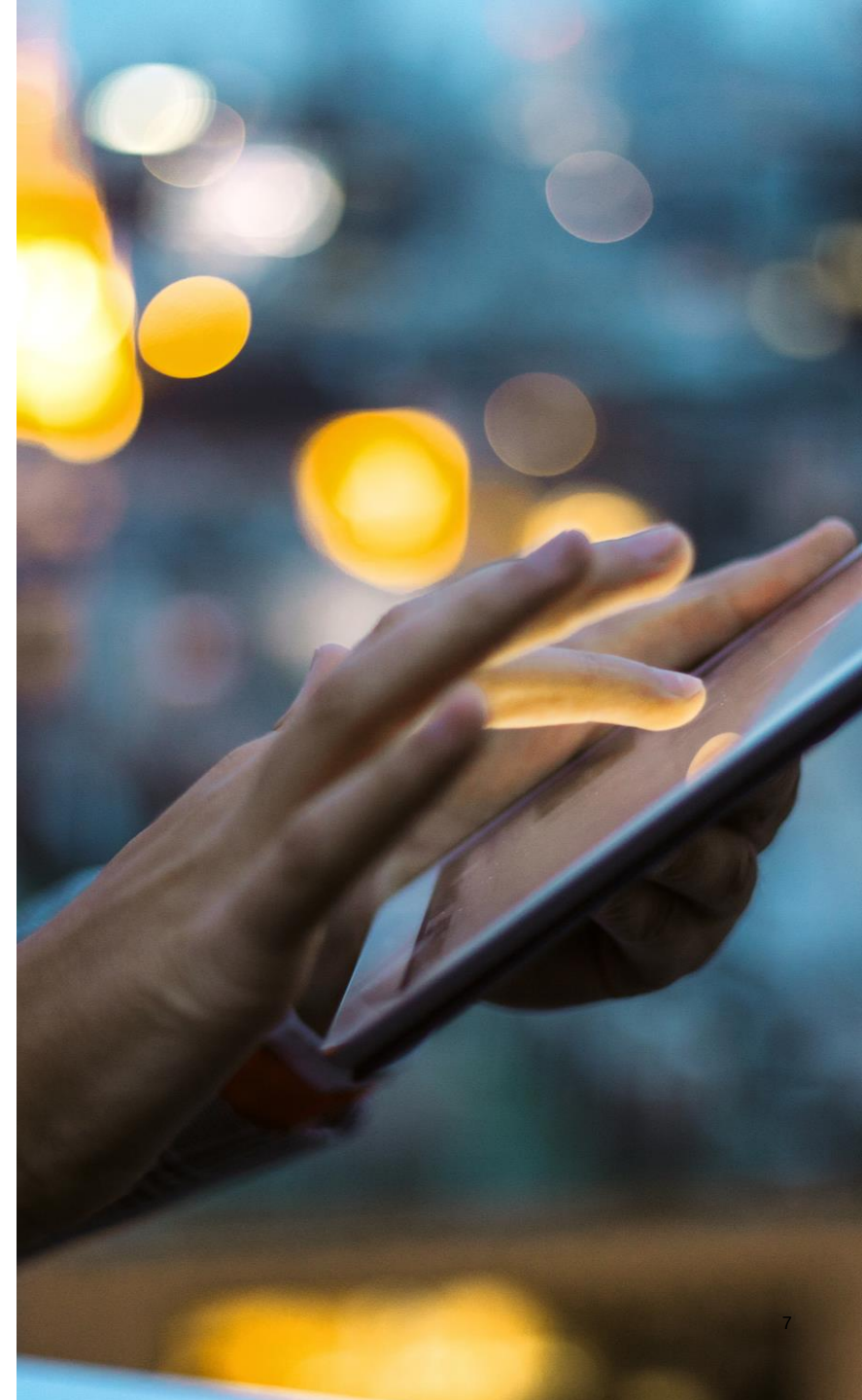
Laskennassa mukana:

- A1-A5 vaiheet
- B4-B5 vaiheet
- C1-C4 vaiheet
- Aurinkopaneelit
- Huoltotiet
- Huoltoteiden alle tuleva suodatinkangas
- Sähkökaapelit
- Invertterit
- Muuntamot
- Muuntamoiden alle tuleva sorapeti
- Metsien kaataminen (hiilivarasto ja hiilinielu)
- Aurinkopaneelien terästelaine

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

- Aurinkopaneelien perustukset
- Sähköasema
- 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 muunnettu parhaiten vastaavia kertoimia soveltumaan laskettavaan kohteeseen. Laskelmat sisältävät oletuksia ja epävarmuuksia.



5. Maankäytön muutos

Aurinkovoimalan hankealueet sijoittuvat osittain metsäalueelle. 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 luokitukseen. 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.

Hiilivaraston arvioinnissa oletetaan hiiltä vapautuvan ilmakehään se määrä, mitä puustoon on varastoitunut sen kasvuaikana. Laskelmassa ei huomioida kaadettavan puuston mahdollista hyötykäyttöä.

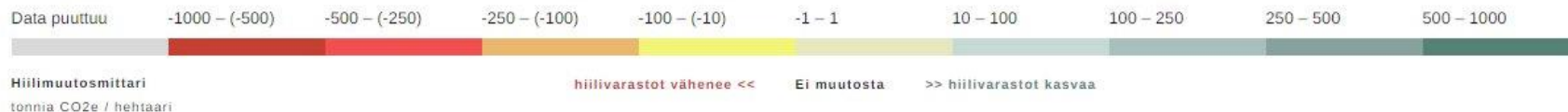
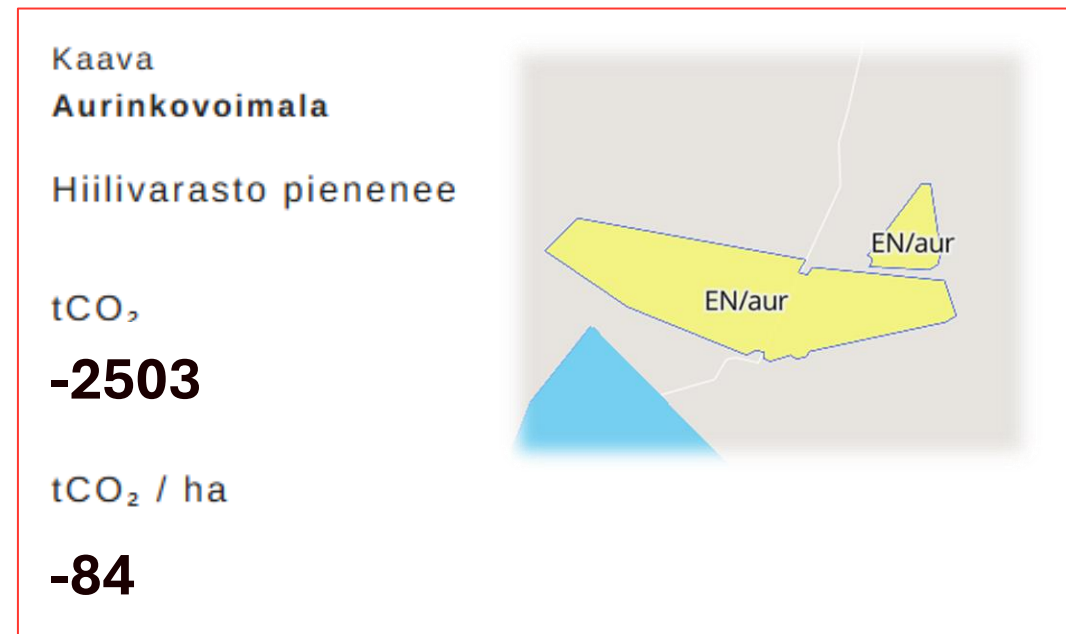


Tulostettu 25/02/2025, MN.
Ortokuva @ Maanmittauslaitos

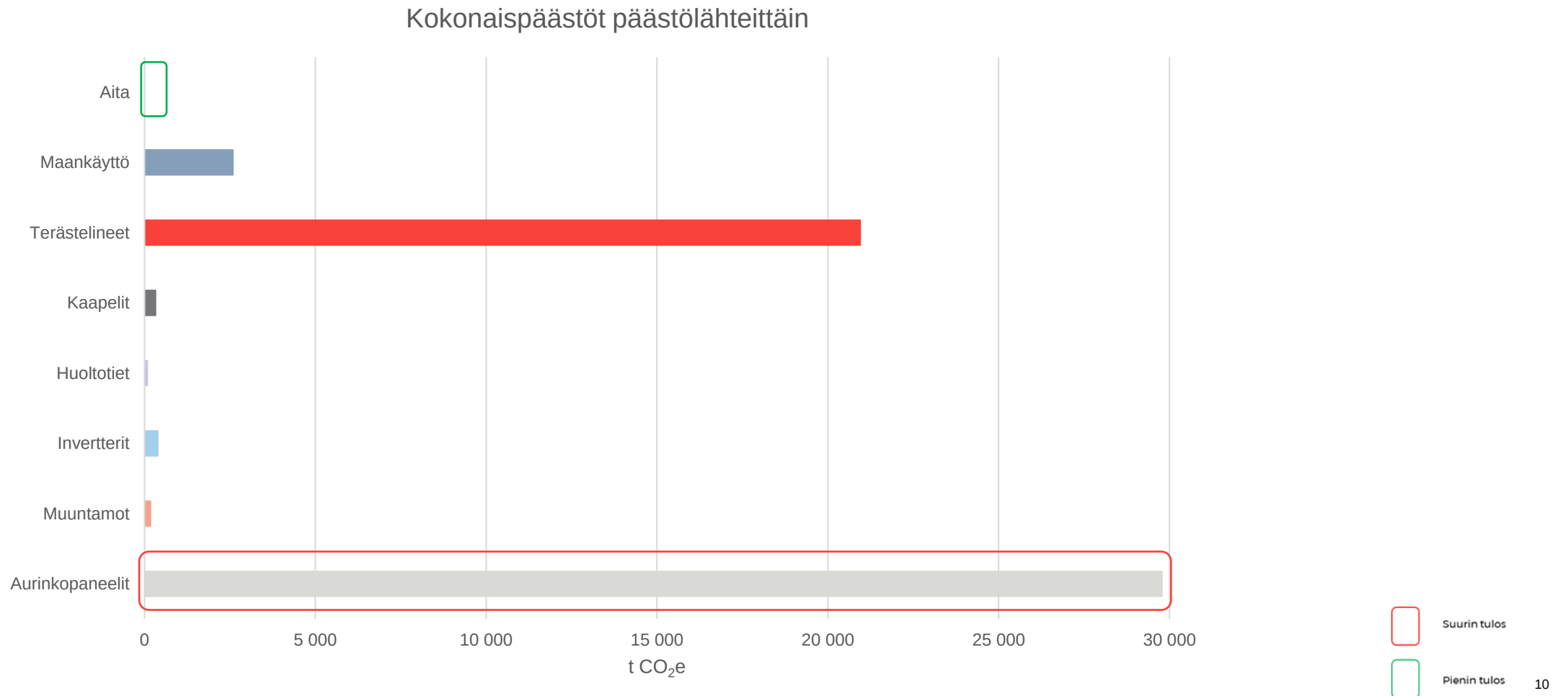
Ilmakuva hankealueesta.

5. Maankäytön muutoksen vaikutus hiilivarastoon ja hiilinieluun

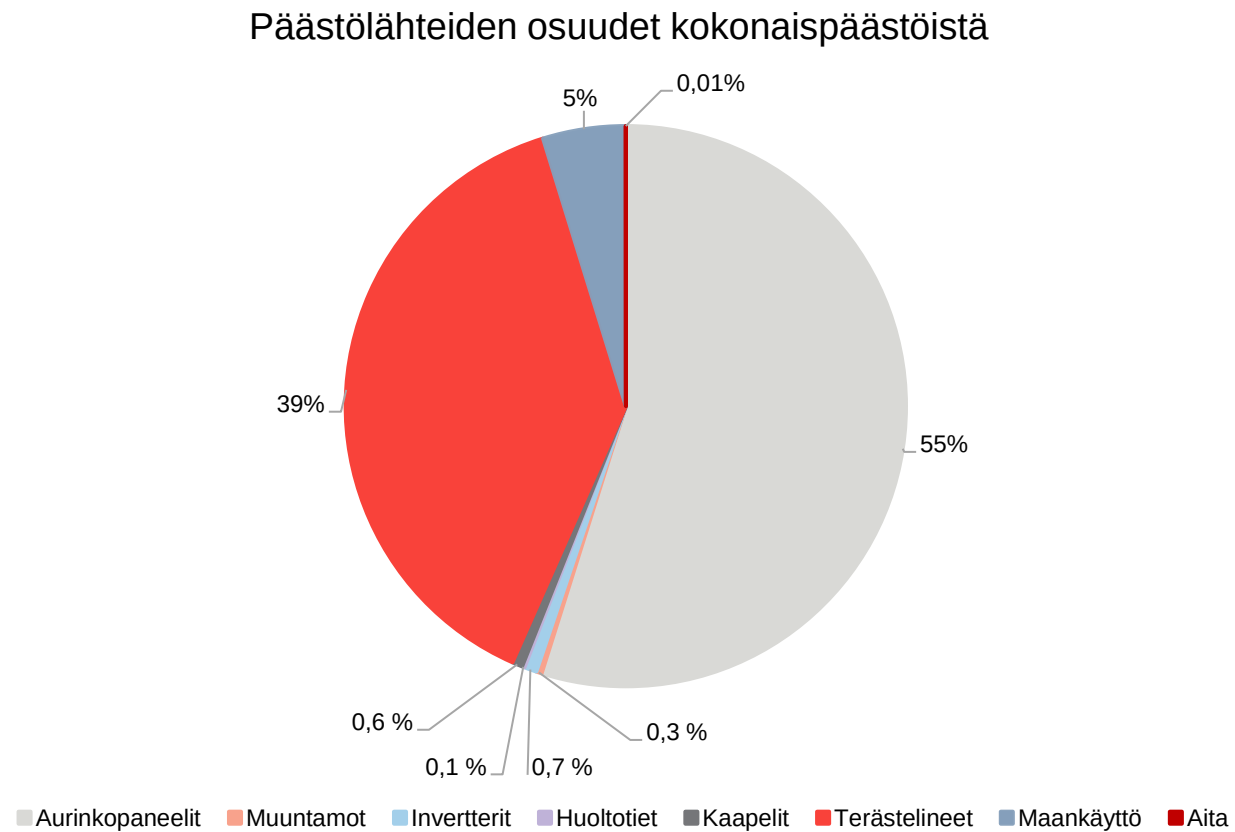
Maankäytön muutoksen seurauksena hiilivaraston kokonaismuutos 30 vuoden aikana on noin **2 503 t CO₂e**. Hiilivaraston päästöt ovat yhteensä noin **2 419 t CO₂e**, josta **1 021 t CO₂e** on peräisin kasvillisuuden poistosta ja noin **1 398 t CO₂e** maanmuokkauksesta. Hiilinielujen päästöosuus ovat puolestaan noin **84 CO₂e**.



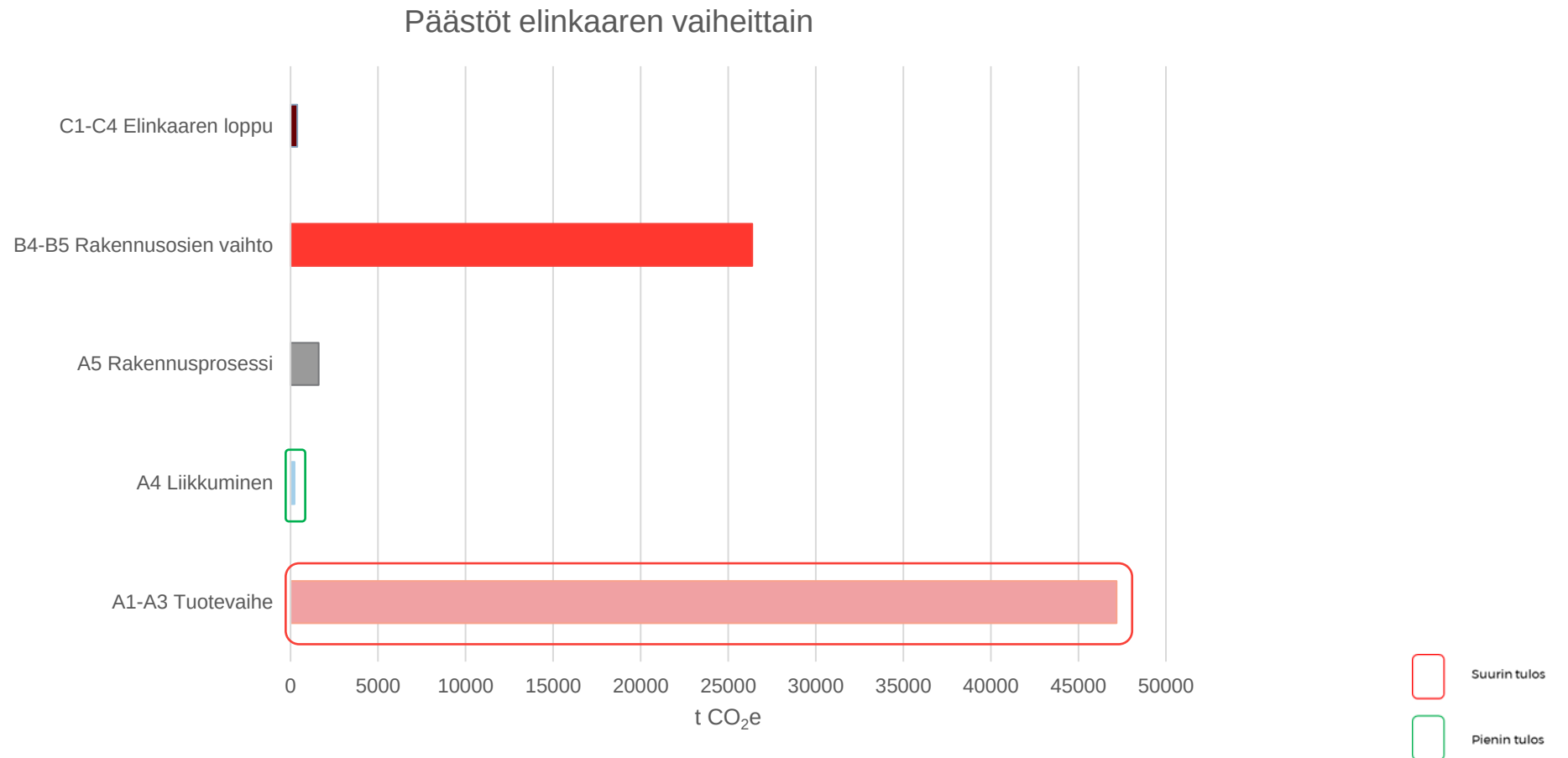
6. Kokonaispäästöjen jakautuminen päästölähteisiin



6. Hankealueen kokonaispäästöjen jakautuminen kohteittain



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



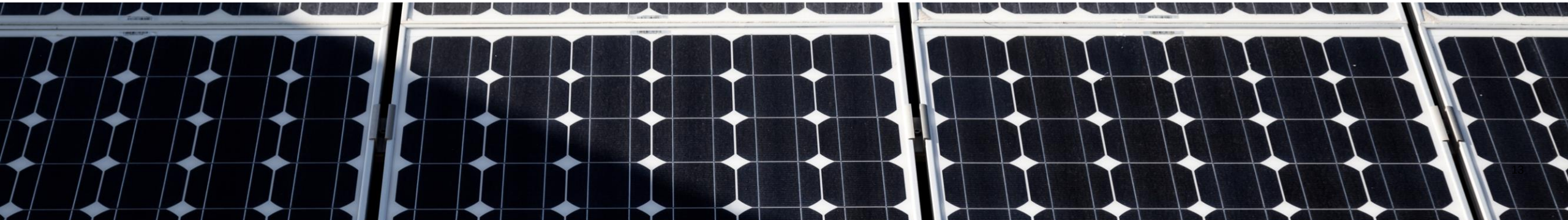
7. Kierrätyksen vaikutukset

Aurinkovoimalan hiilitaselaskelmassa on oletettu aurinkovoimalan käyttöiän päätyttyä materiaalien päätyvän loppusijoitukseen, eikä materiaalia ole päätynyt 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.

Aurinkopaneelit sisältävät mm. lasia, alumiinia, kuparia, piitä ja vähäisiä määriä hopeaa. Piipohjaisten aurinkokennojen materiaalista suurin osa voidaan kierrättää, jota 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.

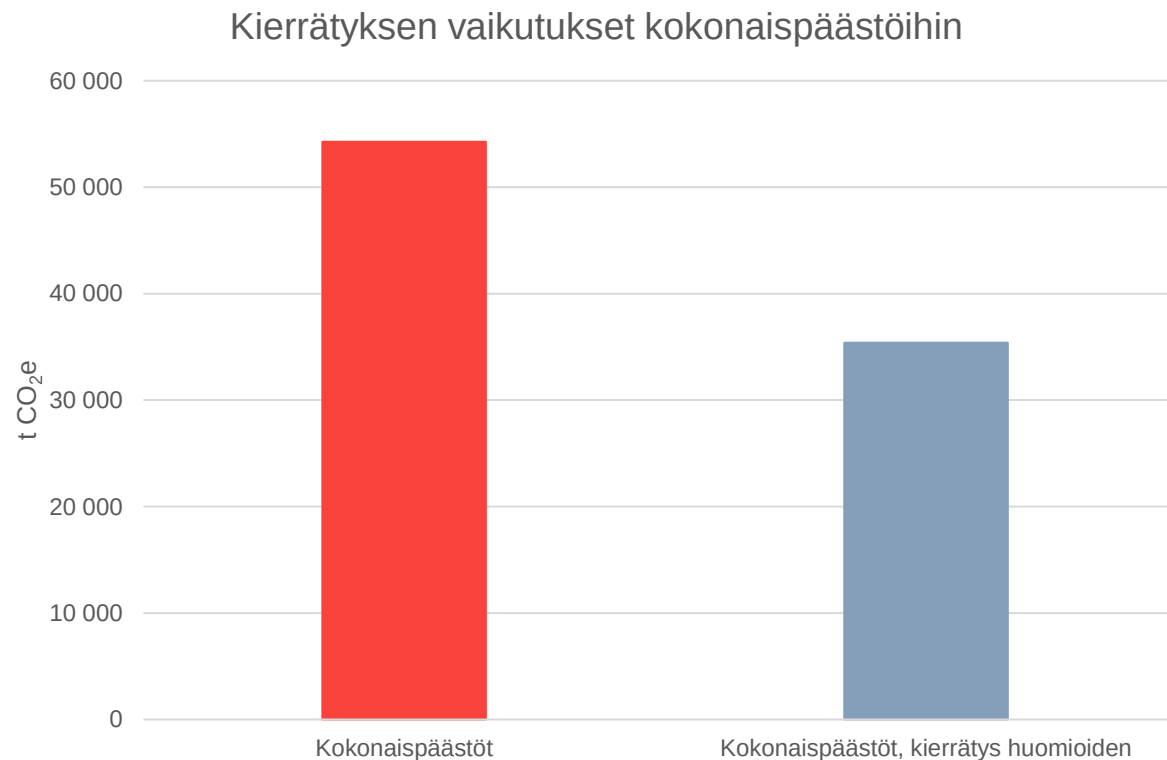
Kaapelit sisältävät suurimmaksi osaksi metallia, kuten kuparia ja alumiinia. **Kuparin ja alumiinin kierrätys on kannattavaa, sillä sitä voidaan teräksen tapaan kierrättää lähes loputtomiin ilman että sen laatu tai ominaisuudet heikentyvät.**



7. Kierrätyksen ja uudelleenkäytön vaikutus kokonaispäästöihin

Mikäli elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset otetaan huomioon laskelmissa, voidaan tämän hetken kierrätyksen ja uudelleenkäytettävyyden mahdollisuuksilla vähentää aurinkovoimalan kokonaispäästöjä yhteensä noin **18 890 t CO₂e**.

Tällöin aurinkovoimalan kokonaispäästöt vähenevät noin 35 %.



8. Päästökertoimen vertailu

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on laskennan perusteella noin **51 g CO₂e/kWh** ja kierrätyksellä saatavalla vähennyksellä huomioiden noin **33 g CO₂e/kWh**.

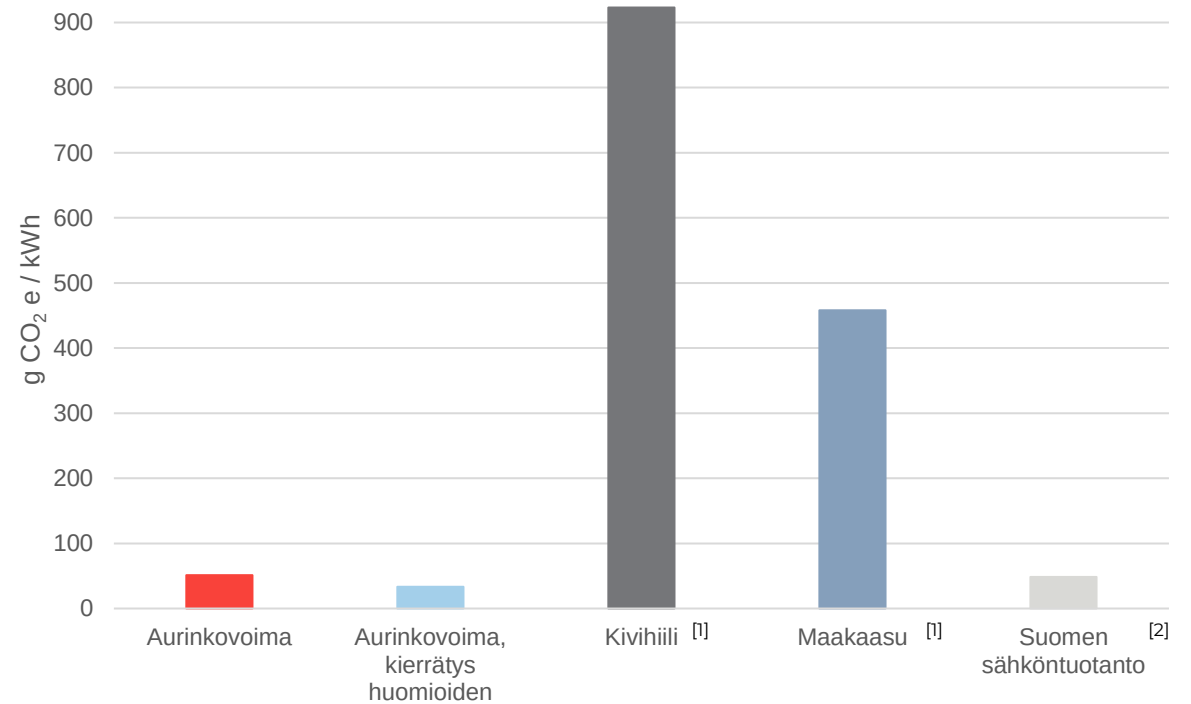
Kivihiilellä tuotetun sähkön päästökerroin on noin 923 g CO₂e /kWh ja maakaasulla noin 458 g CO₂e /kWh.

Vuonna 2023 Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaaren päästökerroin oli 48,5 g CO₂e/kWh. (Tilastokeskus) Päästökertoimesta tarkemmin 'Tulosten tarkastelu' -osiossa.

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on noin 6 % kivihiilellä tuotetun ja noin 11 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta.

Kierrätys huomioiden hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on noin 4 % kivihiilellä tuotetun ja noin 7 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta.

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, 2024. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000–2023. https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_14qt.px/

9. Tulosten tarkastelu

Nurmelansuon aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset päästöt ovat yhteensä noin **54 280 t CO₂e**. Suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista, ja niiden päästöt ovat noin **29 780 t CO₂e**. Aurinkopaneeleista tulee 55 % hankkeen päästöistä. Hankkeen pienimmät päästöt tulevat aidoista, joiden päästöt ovat **6 t CO₂e** eli noin 0,01 % hankkeen päästöistä.

Maankäytön päästöihin kuuluu alueelta poistuva hiilivarasto sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävä hiilinielu. Maankäytön kokonaispäästöt ovat yhteensä koko hankealueella noin **2 590 t CO₂e**, hiilivaraston poistumisen päästöjen ollessa noin **2 500 t CO₂e** ja hiilinielun poistumisen päästöjen ollessa noin **84 t CO₂e**. Maankäytön muutoksen osuus kokonaispäästöistä on noin 5 %.

Elinkaaren eri vaiheita tarkastellessa, havaitaan että suurimmat päästöt aiheutuvat A1 – A3 tuotevaiheesta. Tuotevaiheen päästöt ovat yhteensä noin **88 020 t CO₂e**. Pienimmät päästöt puolestaan aiheutuvat vaiheessa A4 (kuljetukset) päästöjen ollessa yhteensä noin **210 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

Laskelmien perusteella saadaan Nurmelansuon aurinkovoimalalla tuotetun sähkön päästökertoimeksi **51 g CO₂e/kWh**. Kun aurinkovoimalan loppuvaiheen kierrätyksen päästövähennykset otetaan huomioon saadaan tuotetun sähkön päästökertoimeksi **33 g CO₂e /kWh**.

Suomen sähköntuoton keskimääräistä päästökerrointa seuraaville 30 vuodelle ei ole määritetty ja parhaimmillaankin luku olisi tämän hetken paras arvaus. Jos seuraavan 30 vuoden aikana ei tapahtuisi muutosta sähkön tuotantotavoissa ja Suomen sähköntuotannon keskimääräisenä päästökertoimenä pysyisi vuoden 2023 päästökerroin (48,5 g CO₂/kWh) olisi 35,3 GWh/a:n tuottamisen päästöt vuodessa noin **1 710 t CO₂e** ja 30 vuodessa noin **51 420 t CO₂e**.

Vastaavasti tämän hankkeen kokonaispäästöt 30 vuoden ajalta ovat **54 280 t CO₂e** tarkoittaen keskimäärin **1810 t CO₂e** vuosipäästöjä. Jos huomioidaan hankkeen loppuvaiheen kierrätys, olisi hankkeen kokonaispäästöt yhteensä noin **35 390 t CO₂e**, ja vuotuiset päästöt puolestaan noin **1 180 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 kasvihuonekaasupäästöjä eikä muita ympäristövaikutuksia. Päästökertoimessa on oletettu, että vesi-, tuuli- ja aurinkovoima ovat päästöttömiä sekä ydinvoima lähes päästötön.
[3]

Aurinkovoima-alueelta kaadetaan metsää, joka vähentää alueen hiilivarastoa ja hiilinielua. Aurinkovoima kuitenkin edistää vihreää siirtymää ja vähentää tarvetta uusiutumattomalle energialle, koska toteutuessaan hanke tuottaa merkittävät päästövähennykset.

[3] 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 ja vertailun 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
- Aurinkovoimalan käyttöikää optimoimalla voidaan potentiaalisesti pienentää päästökerrointa. Aurinkovoimalan tuottaessa energiaa vähemmän aikaa, se vaikuttaa kokonaistuotantoon ja siten myös päästökertoimeen.



27.02.2025 WSP Finland Oy

Työn laskentaan ja raportointiin osallistuivat :

Rose Sarwar, Minna Nousiainen, Rosa Manninen

QA: Aurora Palin