

Liite 11. Ilmastoarvioinnin arviointimenetelmät

1 Laskennan lähtötiedot

Ilmastovaikutuksia arvioitiin laskennallisesti laskemalla hankkeen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt, eli hankkeen elinkaaren hiilijalanjälki, ja vertaamalla niitä VE0:n tilanteeseen. Laskennan hiilijalanjälki kuvaa hankkeen vaikutusta ilmastomuutokseen. Lisäksi arvioinnissa laskettiin hankkeen vaikutus hiilinieluihin ja -varastoihin sekä arvioitiin ilmastomuutoksen vaikutusta hankkeeseen ja hankkeen sopeutumista ilmastomuutokseen.

Hankkeen päästölaskennassa huomioitiin hiilidioksidin (CO₂) lisäksi muut kasvihuonekaasupäästöt, joita ovat metaani (CH₄), typpioksiduuli (N₂O) ja ns. F-kaasut. Laskennan tulokset ilmoitettiin hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂e), jossa kaikki laskentaan sisältyvät kaasut ovat yhteismitallistetussa muodossa. Tästä luvusta muodostuu myös hankkeen hiilijalanjälki.

Laskennan osakokonaisuudet on jaettu rakennusvaiheen, käytön ja käytöstä poiston päästöihin. Tuulivoimapuiston päästöt määritettiin pohjautuen olemassa oleviin elinkaariarviointeihin ja voimalinjan päästöt laskettiin infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmää soveltaen.

Käytetyt laskentamenetelmät ja lähtötiedot esitellään seuraavissa kappaleissa.

1.1 Tuulivoimapuisto

Tuulivoimapuiston ilmastovaikutukset on jaettu rakentamisen aikaisiin, toiminnan aikaisiin ja toiminnan päättymisen jälkeisiin vaikutuksiin. Tuulivoimapuiston ilmastovaikutuksiin sisältyy tuulivoimalat, niitä varten rakennettavat tiet, kunnostettavat olemassa olevat tiet, alueen sisäiset maakaapelit ja sähköasema.

Tuulivoimapuiston ilmastovaikutuksien arvioinnissa käytettiin seuraavia oletuksia:

- Tuulivoimaloiden teho on 10 MW/voimala
- Vuosittainen sähköntuotanto on VE1:ssä 960 GWh/a, VE2:ssä 830 GWh/a ja VE3:ssä 757 GWh/a.
- Rakennuspaikka on 1–2 ha/voimala (laskennassa käytettiin keskiarvoa 1,5 ha/voimala).
- Uuden tiestön pituus on VE1:ssä noin 37 km, VE2:ssä noin 34 km ja VE3:ssä noin 33 km.
- Kunnostettavan tiestön pituus on molemmissa vaihtoehdoissa noin 13 km.
- Uuden tiestön leveys on noin 16 m ja kunnostettavan tiestön levennys on noin 13 m.
- Tietöissä, sähköasemilla ja sähkö- ja energiavarastoissa käytettävän murskeen määrä VE1:ssä on noin 163 000 m³, VE2:ssä noin 157 000 m³ ja VE3:ssä noin 154 000 m³.
- Tuulivoimapuiston käyttöikä on 35 vuotta

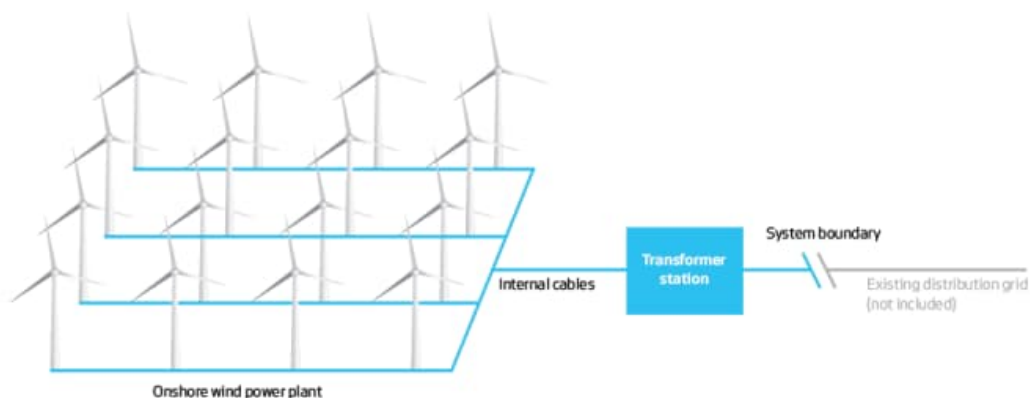
Laskennassa käytetyt lähteet on esitetty taulukossa 1-1.

Taulukko 1-1. Tuulivoiman ilmastovaikutusten arvioinnissa käytetyt lähteet.

Kohde	Tiedonlähde
Tuulivoimalan elinkaaripäästöt	Vestas Wind Systems A/S, Keskiarvo voimaloista: V162-6.2 MW, V150-6.0 MW, V150-4,2 MW, V136-4,2 MW, V136-3,45 MW, V112-3,3 MW, V120-2,0 MW, V90-2,0 MW. Saatavilla: https://www.vestas.com/en/sustainability/reports-and-ratings#lcadownload .
Maarakentamisen elinkaaripäästöt (murskeen tuotanto)	CO2data, 2023. Murske (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Kuljetukset	CO2data, 2023. Maansiirtoautot 32 t, 50 % kuorma, katuajo. Puoliperävaunuyhdistelmä 40 t, 50 % kuorma, maantieajo. Saatavilla: https://co2data.fi/infra/

Rakentaminen, käyttöaika ja käytöstä poisto

Tuulivoimapuistojen kolmannen osapuolen arvioituja elinkaariarvioita on tehty Vestas Wind Systems A/S tuulivoimalatoimittajan (myöhemmin Vestas) toimesta. Elinkaariarviot ovat kattavia ja niissä on otettu laajasti huomioon tuulivoimalan komponenttien päästöt, tuulivoimalan kuljettamisen päästöt, Vestaksen tiloissa ja tuulivoima-alueella tapahtuvan rakentamisen aiheuttamat päästöt, asennuksen päästöt, toiminta- ja huollon päästöt sekä tuulivoimalan käytöstä poiston päästöt. Vestaksen julkaiseman elinkaarilaskennan raja-alue on esitetty kuvassa 1-1.



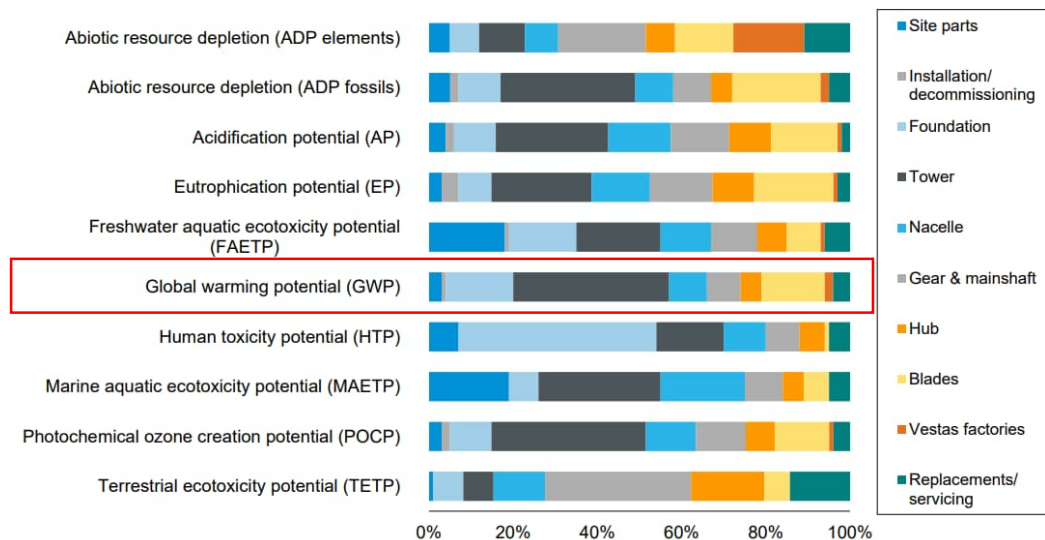
Kuva 1-1. Tuulivoimapuiston elinkaarilaskentaan sisältyvät osat (Vestas 2023b).

Kyseisissä tuulivoimalan elinkaariarvoissa tuulivoimalan elinkaareksi on määritetty 20 vuotta, vaikka arvioinnissa todetaan, että tuulivoimalan elinkaari ei ole näin lyhyt. Tuulivoimaloiden päästöt per tuotettua sähköä kohden 20 vuoden aikana pysyvät kahdeksan LCA:n otoksen tarkastelulla tehosta tai tuulimyllyn lapojen välistä huolimatta samalla tasolla, keskimäärin noin 6,9 gCO₂e/kWh, kun otetaan huomioon eri tuulivoimalan osien kierrätyksessä saavutetut hyödyt (Vestas 2023a). Vestaksen elinkaariarvioista laskettujen eri elinkaaren vaiheiden keskimääräisiä päästökertoimia käytettiin laskennan perusteena. Päästökertoimet 20 vuodelle on esitetty alla taulukossa 1-2.

Taulukko 1-2. Tuulivoimapuiston laskennan perustana käytetyt keskimääräiset päästökertoimet 20 vuoden pituiselle elinkaarelle (Vestas 2023a).

[gCO ₂ e / kWh]				
Valmistus	Rakennus	Käyttö	Käytöstä poisto	Yhteensä
10,06	0,09	0,29	-3,58	6,87

Vestas on elinkaariarvioinnissaan tuottanut eri päästölähteiden vaikutuksista seuraavan kuvan (Kuva 1-2). Kuvasta nähdään, että suurin osa päästöistä (GWP-rivi) muodostuu tuulivoimaloiden tornien ja muiden osien valmistuksessa sekä perustuksista. Paikalliset päästöt työkoneista edustavat päästöistä pientä osaa. (Vestas 2023b)



Kuva 1-2. Tuulivoimalan elinkaaren aikaisten vaikutusten jakautuminen, 162-6.2 MW (Lähde: Vestas 2023b)

Tässä laskennassa Vestaksen elinkaariarviota laajennettiin vastaamaan 35 vuoden elinkaarta, lisättiin tietöissä käytetyn murskeen tuotannon ja kuljetusten päästöt rakentamisen hiilijalanjälkeen, sillä sen lisäämisen ei arvioitu aiheuttavan kaksoislaskentaa, sekä arvioitiin toiminnan päättymisen päästöt tuulivoimalan osien kuljetuksille kierrätykseen, sillä LCA:ssa tulokseen oli laskettu myös positiiviset vaikutukset eli kierrätyksestä saavutetut hyödyt.

Teiden rakennuksessa ja kunnostuksessa tarvittava murske oletettiin hankittavan saman kunnan alueelta. Kuljetusetäisyytenä käytettiin 30 km/suunta. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka.

Kierrätykseen kuljetettujen materiaalin määrä (tonnia) arvioitiin Vestaksen elinkaariarvioinnin massaluettelon perusteella (Vestas 2023b). Materiaalivirrat arvioitiin toimitettavan kierrätykseen Ylivieskan jätekeskukseen noin 80 kilometrin etäisyydelle. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka. Kierrätyksestä saavutettuja hyötyjä ei huomioitu tässä laskennassa.

Näillä kriteereillä laskennassa käytettäväksi tuulivoiman päästöksi arvioitiin yhteensä 6,3 gCO₂e/kWh 35 vuoden ajalle.

1.2 Voimajohto

Sähkön siirtoon liittyvästä voimajohtohakkeesta tarkasteltiin kolmea toteutusvaihtoehtoa, jotka on esitelty taulukossa 1-3. Tuulivoimapuiston sisäiset sähkönsiirtorakenteet (kuten maakaapelit ja sähkökeskus) sisältyvät tuulivoiman laskelmiin, joten rakenteet on esitetty harmaalla taulukossa 1-3, eikä niitä ole laskettu uudelleen voimajohtohankkeen laskennassa kaksoislaskennan välttämiseksi. Lisätietona laskettiin Ritukkaperän voimajohtoon (2,9 km) päästöt, sillä Ritukkaperän voimajohto voi liittyä tarvittaessa lisänä muihin voimajohtovaihtoehtoihin. Ritukkaperän voimajohtoon päästöt laskettiin samoin kuin muutkin vaihtoehdot, mutta niitä ei ole kuitenkaan otettu arvioinnin vaihtoehtojen vertailussa huomioon.

Taulukko 1-3. Sähkösiiirron voimajohtohankkeen toteutusvaihtoehdot.

Toteutusvaihtoehto	Kuvaus
SVE1	- Tuulivoimapuiston sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein. - Tuulivoimapuistoon rakennetaan sähköasema. - Tuulivoimapuisto liitetään sähköverkkoon uudella 400+110 kV -voimajohtolla. Liittymispisteenä on Raahen Lumijärven sähköasema. Uuden voimalinjan pituus on noin 28,5–33 kilometriä, joista laskentaan on käytetty pisintä vaihtoehtoa.
SVE2A	- Tuulivoimapuiston sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein. - Tuulivoimapuistoon rakennetaan sähköasema. - Tuulivoimapuisto liitetään sähköverkkoon uudella 400+110 kV -voimajohtolla. Liittymispisteenä on Haapaveden Pihtinevan sähköasema. Uuden voimalinjan pituus on noin 24,5–31,5 kilometriä, joista laskentaan on käytetty pisintä vaihtoehtoa.
SVE2B	- Tuulivoimapuiston sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein. - Tuulivoimapuistoon rakennetaan sähköasema. - Tuulivoimapuisto liitetään sähköverkkoon uudella 400+110 kV -voimajohtolla. Liittymispisteenä on Haapaveden Pihtinevan sähköasema. Uuden voimalinjan pituus on noin 25–32 kilometriä, joista laskentaan on käytetty pisintä vaihtoehtoa.

Voimajohtoon ilmasto vaikutukset on jaettu rakentamisen aikaisiin, käytön aikaisiin ja käytöstä poiston päästöihin. Hankkeen päästölaskennassa käytettiin päästökertoimia useista eri lähteistä. Merkittävä osa lähtötietoja arvioitiin julkisten lähteiden perusteella (EFLA 2018) ja AFRY Finlandin aiempiin vastaavatyyppeihin hankkeisiin tekemien laskentojen pohjalta.

Vaihtoehtojen ilmasto vaikutuksien arvioinnissa käytettiin seuraavia oletuksia:

- Voimajohdon pituus on toteutusvaihtoehtoista pisin (esitelty taulukossa 1-3)
- Voimajohto rakennetaan pääosin olemassa olevan voimajohdon rinnalle sen itäpuolelle, mutta myös joltain osin uuteen maastokäytävään. Uudet johtoalueet ovat reunavyöhykkeineen noin 42–62 metriä.
- Johtoaukean leveys (eli ilman reunavyöhykettä) on 32–42 metriä
- Reunavyöhykkeet ovat noin 10 metriä ja niiden osuus on arvioitu olevan puuston kuutiomäärästä ¼-osa.
- Pylväsväli on 350 m
- Voimajohdon käyttöikä on 80 vuotta

Käytettyjen päästökerrointen lähteet on esitetty taulukossa 1-4.

Taulukko 1-4. Laskentaan sisällytetyt päästölähteet ja niiden päästökerrointen lähteet.

Päästölähde	Käytetty tietolähde
Kaapeli	Midal Cables, EPD 2020. Teräsvahvistetut alumiinijohtimet (AACSR). Sveid Conductor. Saatavilla: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/63766e80-7e1f-485f-a985-efa9816fa31f/Data
Murske	CO2data, 2023. Murske (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Teräspylväs	CO2-data, 2023. Teräsrakenne, kantava rakenne, pinnoitettu tai COR-TEN pinta (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Teräsbetoni	CO2-data, 2023. Betonipaalu RBT-300 (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Harukset ja eristinketjut	CO2-data, 2023. Teräsprofiili ja -verkko, kevytrakenteinen, sinkitty (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Maadoituskupari	CO2-data, 2023. Kuparilanka (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Kuljetukset	CO2data, 2023. Maansiirtoautot 32 t, 50 % katuajo. Jakelukuorma-auto 15 t, 50 % kuorma, katuajo. Puoliperävaunuyhdistelmä 40t, 50 % kuorma, maantieajo. Saatavilla: https://co2data.fi/infra/
Nosturi	CO2-data, 2023. Nosturi. Saatavilla: https://co2data.fi/infra/
Kaivinkone	CO2-data, 2023. KKH 21, kaivinkone, tela-alustainen. Saatavilla: https://co2data.fi/infra/

Päästölähde	Käytetty tietolähde
Hakkuukone	VTT Lipasto, 2017. Hakkuukoneet (Moto).
Moottorisaha ja raivaussaha	VTT Lipasto, 2017. Moottorisahat, ammattikäyttö.
Tarkastukset: Helikopteri	DEFRA, 2023. Aviation turbine fuel. Saatavilla: https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022 EFLA, 2018. Helicopter fuel consumption. Saatavilla: https://www.statnett.no/contentassets/1aa0ae3324714e939efc762f029b0691/life-cycle-assessment-for-transmission-towers---a-comparative-study-of-three-tower-types.pdf
Tarkastukset: Mönkijä ja moottorikelkka	VTT Lipasto, 2017. Keskiarvo mönkijästä ja moottorikelkasta. Saatavilla: http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/
Puuston kaadon ja keräyksen nopeus	FAO 2023. Felling, Production rate, table 9./Extraction, productivity, table 10. Saatavilla: https://www.fao.org/3/y2698e/y2698e09.htm
Maatuulivoiman elinkaaren päästöt	Ecoinvent 3.9.1 Electricity production, wind, >3MW turbine, onshore – FI – electricity, high voltage. (Tämä on hyvin lähellä IPCC:n ilmoittamaa mediaanipäästökerrointa tuulivoiman elinkaarelle).

Tässä työssä voimajohtojen päästöt olivat toteutusvaihtoehdosta riippuen 443-491 tCO₂e/km.

Rakentaminen

Rakennusmateriaalien määrät ja työkoneiden (kaivinkone ja nosturi) käyttötunnit ovat etukäteisarvioita, jotka on kerätty aiemmissa laskennoissa sekä julkisista lähteistä. Laskennassa huomioitiin suurimmat materiaalivirrät, jotka koostuvat teräspylväistä, teräsbetonista, kaapeleista, murskeesta, haruksista, eristinketjuista ja maadoituskuparista. Materiaalit voimajohdon rakentamista varten arvioitiin kuljetettavan 180 kilometrin säteeltä. Päästökertoimet laskentaa varten on kerätty rakentamisen ja infrarakentamisen päästötietokannoista (CO₂data.fi-palvelu) ja EPD-korteista. Jos työkoneiden tiedot eivät ole olleet saatavissa CO₂datasta, on käytetty jo poistuneen VTT:n Lipaston päästökertoimia.

Voimajohdon rakentamisessa kuluva työkoneiden käyttöaika arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta. Koneiden käyttöajaksi arvioitiin samat kuin lähteessä eli kaivinkoneen käyttöajaksi 40 h/pylväs ja nosturin käyttöajaksi 8 h/pylväs.

Voimajohtoalueen metsän hakkuun hiilijalanjälki laskettiin arvioidun hakattavan puuston kuutiomäärän ja FAO:n arvioidun hakkuunopeuden mukaisesti. Ilmajohtoalueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella ja reunavyöhykkeen latvomisen ilmasahauksella moottorisahan avulla.

Käyttöaika

Sähkönsiirtohäviöistä aiheutuvat päästöt arvioitiin perustuen tuulipuiston tulevaan sähköntuottoon. Häviön kertoimena käytettiin Suomessa syntyvää häviösähkön osuutta 1,5 % (*Fingrid 2022*). Päästökertoimena käytettiin Ecoinventin tietokannassa julkaistua suomalaisen maatuulivoiman elinkaaren aikaista päästökerrointa.

Ilmavoimajohdon korjaamisesta aiheutuva materiaalikulutus ja jätteen määrä arvioitiin niin, että terästä, kaapeleita, haruksia ja eristeketjuja täytyy vaihtaa yhteensä 1 % voimajohdon rakentamiseen kuluneista materiaaleista per käyttövuosi. Arvio perustuu aiemmissa laskennoissa saatuihin tietoihin ja sen suuruus perustuu teräspylväiden suureen massaan. Samalla periaatteella arvioitiin myös nosturia tarvittavan huoltoihin 1 % verrattuna rakentamisen tarpeeseen per käyttövuosi. Materiaalien päästöistä arvioitiin A1–A3 moduulien tasoiset päästöt (raaka-aineiden tuotanto ja kuljetus, sekä tuotteen valmistus). Vaihdetut materiaalit arvioitiin kuljetettavan Ylivieskan jätekeskukseen (160 km). Laskennassa huomioitiin menopaluumatka. Materiaalien valmistuksen osalta käytettiin samoja päästökertoimia kuin rakentamisen aikaisissa vaikutuksissa.

Voimajohdon tarkastusvälit ja tarkastuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (*EFLA 2018*). Työsuoritteista on vähennetty Suomen tasaisemmasta pinnanmuodosta johtuen 10 %. Tarkastukset arvioitiin tehtävän LCA-raportin mukaisesti monkijällä/moottorikelkalla tai helikopterilla.

Johtoalueen aluskasvillisuuden raivaus oletettiin tehtävän 8,5 vuoden välein ja reunavyöhykkeiden latvomisen 17,5 vuoden välein. Laskennassa raivaus arvioitiin tehtävän raivaussahalla ja latvomisen ilmasahauksella moottorisahan avulla.

Käytöstä poisto

Purkamiseen kuluvan polttoaineen kulutus arvioitiin olevan EFLA:n (2018) raportissa esitetyn Statnetin arvion mukainen. Raportissa purkamisen polttoaineen kulutus arvioitiin olevan 20 % rakentamiseen kuluvan polttoaineen kulutuksesta. Tässä työssä purkamisen oletetaan tapahtuvan samoilla työkoneilla kuin rakentamisen eli nosturilla ja kaivinkoneella, ja arvioitu polttoaineen kulutus sisältää myös mahdolliset pienimuotoiset maisemointityöt.

Syntyvän purkujätteen määräksi oletettiin pääasiassa yhtä paljon materiaalia kuin mitä käytettiin rakentamiseen, pois lukien kuitenkin käytetty teräsbetoni ja murske. Kyseinen rajausta tehtiin, koska oletettiin ettei kaikkea teräsbetonia pystytä kaivamaan pois maasta, joten sen mahdolliseksi keräysasteeksi arvioitiin 10 % rakentamiseen käytettävästä määrästä. Murske oletetaan jätettävän maahan. Kerätyt materiaaliveirrat arvioitiin toimitettavan kierrätykseen Ylivieskan jätekeskukseen noin 45 kilometrin etäisyydelle. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka.

1.3 Aurinkovoima

Aurinkovoiman päästöt sisältävät päästöt aurinkopaneeleista, muuntajista ja maakaapeleista. Selvityksen tekovaiheessa aurinkovoima-alueen suunnittelu oli vielä kesken, joten päästöt laskettiin suurimmalle suunnitellulle alueelle.

Aurinkovoiman ilmastovaikutuksien arvioinnissa käytettiin seuraavia oletuksia:

- Vuosittainen sähköntuotanto on 425 GWh/a

- Aurinkopaneelien käyttöikä on 40 vuotta, mutta työssä ne on laskettu 35 vuodelle, jotta ne ovat yhdenmukaiset tuulivoiman kanssa
- Aurinkopaneelialueen pinta-ala on 120-600 ha, mutta arviointi tehtiin maksimipinta-alalla. Pinta-ala vaikuttaa paneelien määrään, joten päästöt tuotettua sähkön määrää kohden pysyvät arviolta samalla tasolla pinta-alasta riippumatta.
- Muuntajia on yhteensä 1-6 kappaletta (laskennassa käytetty 6 kpl)
- Maakaapelikaivantojen laskennassa käytettiin kaivantojen pituuksille arviota 35 km, maakaapelien käytölle 210 km ja suojamuoviputkille 70 km.

Käytettyjen päästökertoimien lähteet on esitetty taulukossa 1-5.

Taulukko 1-5. Aurinkovoiman laskentaan sisällytetyt päästölähteet ja niiden tietolähteet.

Päästölähde	Käytetty tietolähde
Aurinkopaneelit	NREL, 2012. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics. Saatavilla: https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf (Arvio on linjassa IPCC:n ilmoittamalle aurinkosähkön elinkaaren päästölle)
Muuntajat	Toshiba, 2023. EPD. Aluminum wound, Mineral oil filled Transformer – 8574E. Transformer model: 08574E – ENEL Romania, 630kVA 20-10/0.42kV. CRGO core, Aluminum wound, Mineral oil filled transformer. Saatavilla: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/e1ac525b-bf26-4fe1-8d35-08db7203e99c/Data
Kaapeli	Midal Cables, EPD 2020. Teräsvahvistetut alumiinijohtimet (AACSR). Sveid Conductor. Saatavilla: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/63766e80-7e1f-485f-a985-efa9816fa31f/Data
Betonilaatta	CO2-data, 2023. Betonipaalu RBT-300 (konservatiivinen arvo). Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/
Kuljetukset	Puoliperävaunuyhdistelmä 40t, 50 % kuorma, maantieajo. Saatavilla: https://co2data.fi/infra/
Kaivinkone	CO2-data, 2023. KKH 21, kaivinkone, tela-alustainen. Saatavilla: https://co2data.fi/infra/
Aurinkosähkön elinkaaren päästöt	Schlömer et. al, 2014. Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Table A.III.2.

Aurinkopaneelin päästöt laskettiin tuotetun sähkön määrän mukaan ja muuntajien arvioidun kappalemäärän mukaan. Maakaapelien päästöt on

laskettu massaperusteisesti ja lähes samoin oletuksin kuin ilmavoimajohtojen päästöt, eroavaisuuksina erilaiset materiaalit ja se, ettei maakaapeille oletettu tehtävän erillisiä tarkistuksia.

Elinkaaren aikaiset päästöt jakautuvat tässä työssä seuraavanlaisesti (Taulukko 1-6).

Taulukko 1-6. Aurinkovoiman päästöjen jakautuminen tuotettua aurinkosähkömäärää kohden.

[gCO ₂ e / kWh]				
	Valmistus	Käyttö	Käytöstä poisto	Yhteensä
Aurinkopaneelit	26,0	9,0	5,0	40,0
Muuntajat	0,01	0,3	0,0001	0,3
Maakaapelit	0,3	0,8	0,02	1,1

1.4 Hiilinielu ja -varastot sekä niiden muutokset

Tuulivoimapuiston, aurinkovoimalan ja voimajohtoreitin rakentaminen edellyttävät puuston poistoa ja raivausta sekä johtoaukean reunavyöhykkeen latvomista. Tuulivoimalan alueella puustoa hakataan voimalapaikoilta, energiavaraston, sähkökeskuksen, työmaatukikohdan ja sosiaalityöalueiden alueilta sekä uusien ja levennettävien teiden alueelta (sisältäen maakaapelivedot). Hakatuille alueille oletetaan lisättävän mursketta, jolloin metsä ei kasva takaisin tuuli- ja aurinkovoimapuiston elinkaaren aikana (35 vuotta). Johtoaukea pidetään avoimena raivaamalla sitä 7–10 vuoden välein voimajohtojen elinkaaren ajan (80 vuotta). Näiden toimien vaikutuksia alueen hiilinieluihin ja -varastoihin on arvioitu taulukossa Taulukko 1-7.

Taulukko 1-7. Hankkeen vaikutukset hankealueen hiilinieluihin ja -varastoihin.

Vaikutus	Syntytapa
Hiilinielun menetys	Puuston hakkuu poistaa puiden kasvusta muodostuvan nielun voimaloiden rakennuspaikoilta
	Hakkuut vaikuttavat maaperän hiilinielua pienentävästi
	Maanmuokkaukset muuttavat hiilitasetta
Hiilivaraston menetys	Puustoon sitoutunut hiili menetetään hakkuiden yhteydessä Maaperästä vapautuu hiiltä hakkuualueilla, erityisesti turvemaalla

Hankkeen vaikutusta hiilinieluun ja -varastoon on arvioitu yhdistelemällä eri tietolähteitä. Hankealueen puuston lajikohtaiset tilavuudet on saatu Luonnonvarakeskuksen avoimesta MVMI-aineistosta (Luke 2021a), ja puuston hiilivarasto on laskettu hankevaihtoehtojen pinta-alojen, puuston keskitilavuuksien ja puiden laskennallisen hiilipitoisuuden avulla.

Hiilipitoisuuden laskennassa on käytetty havu- ja lehtipuille tiheyksiä 0,76 t/m³ ja 0,75 t/m³ (Lehtonen ym. 2004), ja puun biomassasta on oletettu olevan hiiltä 50 % (Alakangas ym. 2016). Hiilinielu taas on arvioitu MVMI-aineiston (Luke 2021b) maakuntakohtaisen keskimääräisen puuston kasvun perusteella. Pohjois-Pohjanmaan osalta kasvunopeus on tilastojen mukaan 3,9 m³/ha per vuosi, mistä havupuiden osuus on 3,2 m³/ha per vuosi ja lehtipuiden osuus 0,7 m³/ha per vuosi.

Maaperän hiilinielujen ja -varastojen laskennassa hankealue on jaettu MVMI-paikkatietoaineiston avulla kivennäismaahan, turvemaahan ja muihin alueisiin. Turvemaan osalta on lisäksi määritetty kasvupaikkatyypit, ja muista alueista on vielä eritelty maatalousmaa, joka on jaettu peltoalueisiin ja pysyvän nurmen alueisiin Ruokaviraston avoimen paikkatietoaineiston avulla (Ruokavirasto 2022). Hiilinielu taas on laskettu käyttämällä maaperälle tehdyn jaottelun mukaisia Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaarion kertoimia (Tilastokeskus 2021, taulukko 1 (liite 6f), taulukko 3 (liite 6j) ja taulukko 6.4–6). Puustoalueiden maaperän hiilivaraston määrän laskennassa on hyödynnetty keskimääräisiä lukuarvoja turpeen ja siinä olevan hiilen määrälle (Minkkinen & Laine 1998) ja turvekerroksen keskipaksuudelle (Korhonen ym. 2013) ojitetulla turvemaalla sekä hiilen määrälle kivennäismaalla (Liski ym. 2006). Maatalousmaan hiilivaraston arviointiin on käytetty Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventariosta (Tilastokeskus 2021, taulukko 6.4–5) löytyviä kivennäismaan pellon ja nurmen keskimääräisiä hiilipitoisuuksia. Kaikkien tulosten osalta hiilen määrä on muutettu hiilidioksidiksi moolimassasuhteen 3,67 mukaisesti (IPCC 2007).

1.5 VE0

Hankevaihtoehto VE0:ksi arvioidaan tilanne, jossa tuulipuistoa, voimajohtoa ja aurinkovoima-aluetta ei toteuteta, eikä siten uutta uusiutuvaa sähköä tuoteta ja hankkeen tuottama 1 250 – 1 390 GWh/vuodessa (max.arvo) tulee tuottaa muilla menetelmillä.

VE0:n päästöt laskettiin Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2020 julkaisemalla sähkönkulutuksen hyödynjakomenetelmän mukaisilla ominaispäästöillä. Kyseinen ennuste on tehty vuosille 2020–2120 ja se määritetty kotimaisessa energiatuotannossa syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen ja kulutukseen siirretyn energian perusteella. Skenaariossa sähkön päästöjen oletetaan pienenevän vuosien saatossa ja kulutetun sähkön määrän oletetaan kasvavan. SYKE:n skenaario ottaa huomioon sähköntuotannon päästöt ja tämän vuoksi sähkön ei oleteta muuttuvan täysin päästöttömäksi tällä ajanjaksolla. VE0:n ennuste kuvastaa päästöjä, jotka syntyisivät tuulivoiman elinkaaren aikana (35 vuotta), mikäli korvaava sähkö tuotettaisiin SYKE:n skenaarion mukaisella sähkömixillä. (Suomen ympäristökeskus 2020)

VE0:n tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että se perustuu arvioihin ja oikeaan toteutumiseen vaikuttaa mm. se kuinka paljon uusiutuvaa sähköä tuotetaan tulevaisuudessa, kuinka paljon valtakunnallinen sähkönkulutus kasvaa sekä minkälaista sähköä ulkomailta ostetaan.

2 Lähdeluettelo

Alakangas ym. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia (Properties of the fuels used in Finland). VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Espoo (2016).

[<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>].

EFLA 2018. Life cycle assessment for transmission towers. A comparative study of three tower types. 20.02.2018. <https://www.statnett.no/contentassets/1aa0ae3324714e939efc762f029b0691/life-cycle-assessment-for-transmission-towers--a-comparative-study-of-three-tower-types.pdf>

Fingrid 2023. Häviösähkö
[<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirtovarmuus/haviosahko/>]. (24.11.2023)

IPCC 2007. Climate Change 2007. AR4 Synthesis Report. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf].

Korhonen ym. (2013). Suomen metsät 2004–2008 ja niiden kehitys 1921–2008. [<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/518978/Korhonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>].

Lehtonen ym. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management 188 (2004) 211–224.

Liski ym. 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004—an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. Annals of forest science 63.7 (2006): 687–697. [<https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2006/07/f6070.pdf>]

Luke 2021a. Avoin data, Luke - aineistonlatauspalvelu. [<https://kartta.luke.fi/opendata/valinta.html>].

Luke 2021b. Puuston keskikasvu metsämaalla, Luke - Tilastotietokanta. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__06%20Metsavarat/1.25_Puuston_keskikasvu_metsamaalla.px/?rxid=f8ed5f38-9607-4c55-91c9-791d660b234e].

Minkkinen & Laine 1998. Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland. Canadian Journal of Forest Research, 28(2), 178–186. [https://www.researchgate.net/profile/Kari-Minkkinen-2/publication/249534602_Effect_of_forest_drainage_on_the_peat_bulk_density_of_pine_mires_in_Finland/links/5e4ea16392851c7f7f48df4c/Effect-of-forest-drainage-on-the-peat-bulk-density-of-pine-mires-in-Fin].

Ruokavirasto 2022. Avoin data, Ruokavirasto - Inspire. [<https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/avointieto/inspire/>].

Suomen ympäristökeskus 2020. Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in building. 11.1.2020. [<https://co2data.fi/rakentaminen/reports/Energy%20service%20R01.00.pdf>]

Tilastokeskus 2021. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2019. National inventory report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. [<https://unfccc.int/documents/271571>].

Vestas 2023a. Life Cycle Assessments of electricity production from Onshore wind plants –2023. Vestas Wind Systems A/S. [<https://www.vestas.com/en/sustainability/reports-and-ratings#lcaownload>]

Vestas 2023b. Life Cycle Assessment of electricity production from an Onshore V162-6,2 MW wind plant –2023. Vestas Wind Systems A/S. [<https://www.vestas.com/content/dam/vestas->



[com/global/en/sustainability/reports-and-ratings/lcas/LCA%20of%20Electricity%20Production%20from%20an%20onshore%20EnVentus%20V162-6.2.pdf.coredownload.inline.pdf\]](https://www.afry.com/global/en/sustainability/reports-and-ratings/lcas/LCA%20of%20Electricity%20Production%20from%20an%20onshore%20EnVentus%20V162-6.2.pdf.coredownload.inline.pdf)