Hiilitaselaskenta

Kolopetäjä-Rovavaaran tuulivoimahankkeen ympäris-tövaikutusten arviointiselostuksen **liite 17**

Päiväys	**20.1.2026**
Laatija	**Milla Lehikoinen**

Sisällysluettelo

Käsitteet 1

1 Johdanto 2

2 Systeemirajaus 2

3 Laskentamenetelmä 2

4 Lähtötiedot ja oletukset 5

4.1 Perustamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteet 5

4.2 Tuulivoimalat 5

4.3 Sähkönsiirto tuotantoalueella 6

4.4 Sähkönsiirto tuotantoalueen ulkopuolella 6

4.5 Huoltotiet 6

4.6 Hiilivarastot ja -nielut tuotantoalueella ja sen ulkopuolella 6

4.7 Tuulivoimahankkeen lähtötiedot 7

5 Hiilitaselaskennan tulokset 8

6 Lähteet 11

Käsitteet

Käsite	Selite
Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment)	Menetelmä, jolla voidaan analysoida ja arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta.
Hiilidioksidiekvivalentti	Hiilijalanjäljen yksikkö CO_2-ekv kuvaa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta muunnettuna vastaamaan hiilidioksidin ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
Hiilitase	Hankkeen elinkaaren aikana aiheutuneiden päästöjen sekä sen myötä saavutettavien päästövähennysten erotus.
Hiilivarasto	Metsään, maaperän kasvillisuuteen sekä maaperään sitoutunut hiili hankkeen aloitushetkellä.
Hiilinielu	Kuvaa sitä, kuinka paljon metsän, maaperän kasvillisuuden sekä maaperän hiilivarasto olisi hankkeen elinkaaren aikana kasvanut, mikäli hanke olisi jäänyt toteuttamatta.
Ilmastovaikutus	Ilmaan vapautuneiden kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus.
Kasvihuonekaasu	Ilmastonlämpenemistä aiheuttavat kaasut, joita ovat mm. hiilidioksidi CO_2, metaani CH_4 ja dityppioksidi N_2O.
Päästö (ts. hiilijalanjälki)	Ilmaan vapautuneiden kasvihuonekaasujen yhteisvaikutus.
Päästövähennys	Kuvaa päästöjä, jotka olisivat aiheutuneet hankkeen toteutumisen myötä vältetystä vaihtoehtoisesta energiantuotannosta.
Ympäristötuoteseloste (EPD, Environmental Product Declaration)	Laatuvarmistettu elinkaariarviointiin ja kansainvälisiin standardeihin perustuva tuotteiden ympäristöselvitys.

1 Johdanto

Energiequelle Oy suunnittelee Kolopetäjä-Rovavaaran tuulivoimahanketta Tervolan kunnan alueelle. Hankealue sijaitsee noin yhdeksän kilometriä Tervolan keskustan luoteispuolella. Tämän hiilitaselaskennan pohjalta laaditaan hankkeen ilmastovaikutusten arviointi. Tämä hiilitaselaskenta on esiselvitys, jossa arvioidaan alustavalla tasolla hankkeen vaikutusta ilmastoon.

2 Systeemirajaus

Tuulivoimahankkeen ilmastovaikutuksia arvioidaan niin sanotulla hiilitaselaskennalla. Hiilitase muodostuu hankkeen elinkaaren aikana muodostuneiden päästöjen sekä sillä saavutettavan päästövähennyksen erotuksena. Hiilitase voi olla joko positiivinen tai negatiivinen sen mukaan, aiheutuuko hankkeesta enemmän päästöjä vai voidaanko sillä välttää enemmän päästöjen muodostumista. Ilmastonlämpenemisvaikutus aiheutuu hankkeen eri elinkaaren vaiheissa syntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä (mm CO2, CH4, N2O). Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on yhteismitallistettu hiilidioksidin ilmastonlämpenemisvaikutusta vastaavaksi, jolloin tulokset esitetään hiilidioksidiekvivalentteina yksikössä t CO2-ekv. Hiilitaselaskennan tulokset esitetään sekä päästötekijöihin että elinkaaren vaiheisiin jaoteltuna. Tulokset esitetään myös hankkeen elinkaaren aikana tuotettuun energiantuotantoon suhteutettuna (g CO2-ekv/kWh).

Hankkeesta aiheutuvia päästöjä on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta huomioiden materiaalien sekä komponenttien valmistus ja kuljetukset, asennus ja rakentaminen, käyttö ja kunnossapito, purkaminen sekä materiaalien ja komponenttien loppukäyttö. Hiilitaselaskennassa on otettu huomioon päästöt perustamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteistä, tuulivoimaloista, tuotantoalueen sisäisistä sähkönsiirtorakenteista, tiestöstä sekä tuotantoalueen ulkopuolisesta sähkönsiirrosta. Lisäksi hiilitaselaskennassa huomioidaan hankkeen myötä menetetyn puuston ja maaperän hiilivaraston ja -nielun poistuma. Hiilivarastoja ja -nieluja poistuu tuulivoimaloiden, hankealueen sähkönsiirtorakenteiden, uusien teiden, työskentely- ja varastointialueiden sekä maa-aineksen ottoalueiden tieltä. Myös hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta. Päästövähennyksiä saavutetaan, kun tuulivoimalla tuotetulla sähköllä korvataan enemmän päästöjä aiheuttavaa energiantuotantoa.

3 Laskentamenetelmä

Hiilitaselaskenta on toteutettu elinkaariarvioinnin periaatteisiin nojautuen (ISO 14040 ja ISO14044). Arvioinnissa keskityttiin tunnistamaan merkittävimmät päästötekijät ja hyödynnettiin ensisijaisesti Tilaajalta saatavia suunnitteluvaiheen tietoja. Siltä osin kuin tarkkoja määrätietoja ei ollut saatavissa, hyödynnettiin julkaistuja tutkimuksia sekä asiantuntija-arvioita.

Päästölaskennan osalta pyrittiin hyödyntämään ensisijaisesti eri elinkaariarvioinneissa (LCA, life cycle assessment) sekä ympäristötuoteselosteissa (EPD, environmental product declaration) esitettyjä päästötietoja vastaaville tuotteille. Näiden lisäksi laskennassa on myös hyödynnetty kattavasti infrarakentamisen päästötietokannan (CO2data.fi) sekä Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan (Ecoinvent v.3.11) tietoja.

Hiilivaraston ja -nielun menetystä on arvioitu tekoälypohjaisella Smart Analytics -hiilivarastojen laskentamallilla. Mallin opetusaineistona on käytetty Suomen Metsäkeskuksen avoimesta metsävaratiedosta saatua laajaa metsikkökuvioiden kasvuennustedataa (Metsäkeskus, 2025). Mallilla voidaan ennustaa vuotuista puuston ja maaperän hiilivarastojen kehitystä. Malli laskee perusmetsämuuttujien (puuston pääpuulaji, keskipituus, keskiläpimitta, pohjapinta-ala, tilavuus) vuotuista kasvua ja hiilinielua metsikkökuviokohtaisesti. Laskennassa huomioidaan puustoon sitoutunut hiili biomassoista johdettuun vuotuiseen kariketasoon perustuen (Repola et al., 2007). Maaperään sitoutunutta hiiltä arvioidaan YASSO-malliin

perustuen (Ilmatieteenlaitos, 2025; Euroopan geotieteiden liitto, 2022). Hiilivaraston ja -nielun arvioinnissa huomioidaan kasvillisuuden vaihteleva ikärakenne sekä puulajien vaihtelevuus.

Arviot puuston sekä maaperän hiilinielujen ja -varastojen vuotuisesta kehityksestä mallinnettiin oletetusta rakentamisvuodesta 2029 oletettuun sähköntuotannon lopettamisvuoteen 2070 asti. Hiilivarastot ja -nielut laskettiin hyödyntäen paikkatietoaineistoja raivattavien alueiden sijainneista. Hiilivarastot ja -nielut arvioitiin tekoälypohjaisella laskentamallilla kahdessa skenaariossa:

1) Perusuraskenaario: Puustoa ei raivata vaan sen kasvu jatkuu suositusten mukaisten metsänhoitotoimenpiteiden mukaisesti.

2) Toimenpideskenaario: Raivattaville alueille toteutetaan avohakkuut.

Hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruus riippuu täysin tarkasteltavasta näkökulmasta eli siitä, mitä energiantuotantomuotoa tämän hankkeen tuottaman energian on oletettu korvaavan. Hankkeella tuotettua sähköä voidaan hyödyntää esimerkiksi suoraan kulutussähkönä, mutta sillä voidaan tuottaa myös esimerkiksi kaukolämpöä tai vetyä, josta voidaan jalostaa uusiutuvia liikennepolttoaineita. Laskennassa kuitenkin oletetaan, että uusiutuvan sähkön lisääntyminen ei tällä hetkellä kasvata sähkönkulutuksen osuutta lämmön- tai liikennepolttoaineiden tuotannossa, jolloin se korvaisi suoraan esimerkiksi fossiilista dieseliä liikennekäytössä. Uusiutuvan sähköntuotannon oletetaan vaikuttavan lämmön- ja liikennepolttoaineiden tuotannon päästöihin epäsuorasti pienentäen sähköntuotannon päästökerrointa. Rajauksen yksinkertaistamiseksi tuulivoimalla tuotetun sähkön oletetaan siis korvaavan vaihtoehtoista sähköntuotantoa, eikä suoraan fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tai liikennepolttoaineen tuotannossa. Tuulivoiman päästövähennysvaikutuksen arvioinnille ei ole olemassa yhtenäistä menetelmää tai ohjeistusta, joten tässä selvityksessä tarkastellaan päästövähennysvaikutusta kolmesta näkökulmasta:

Näkökulma 1: Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö korvaa fossiilisten polttoaineiden (maakaasu, kivihiili, öljy) käyttöä sähköntuotannossa.

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta Euroopan tasolla, sillä Suomi on osa Euroopan yhteisiä sähkömarkkinoita, joilla sähköä kaupataan Pohjoismaiden välillä sekä myös Pohjoismaista muualle Eurooppaan. Hankkeella tuotetun sähkön voidaan olettaa korvaavan Suomessa tuontisähkön tarvetta. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sen, että muissa Pohjoismaissa tuotettua uusiutuvaa sähköä vapautuu enemmän Euroopan markkinoille syrjäyttämään ei toivottujen polttoaineiden käyttöä. Syrjäytetyistä sähköntuotannon polttoaineista 56 % olisi maakaasua, 39 % kivihiiltä ja 5 % öljyä (European Council, 2024). Tätä jakaumaa ja näillä polttoaineilla tuotetun sähkön elinkaarisia päästökertoimia (IPCC, 2018 & JRC, 2017) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatun sähkön päästökertoimeksi 610 g CO2-ekv/kWh.

Näkökulma 2: Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö korvaa nykyhetken (2024) Suomen keskiarvoista sähköntuotantoa.

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan nykyhetken näkökulmasta, jolloin hankkeella tuotetun sähkön voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Tilastokeskukselta saatavan uusimman tiedon mukaan Suomen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin on vuonna 2024 ollut 38 g CO2-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2025). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava nimenomaan Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaariseen päästökertoimeen perustuen, jotta päästökertoimen rajaus on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioidun hankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida esimerkiksi ajantasaisempaan Fingridin ilmoittamaan Suomen sähköntuotannon päästökertoimeen, sillä se sisältää vain sähköntuotannosta aiheutuvat suorat päästöt. Fingridin ilmoittama päästökerroin sisältää myös vain hiilidioksidin, eikä se huomioi muiden kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
    - Tässä näkökulmassa kuitenkin oletetaan, että uusiutuvalla energialla korvattaisi osin uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. On huomioitava, että hankkeen tuottama sähkö ei todellisuudessa korvaa suoraan eri polttoaineilla tuotettua Suomen

keskimääräistä sähköntuotantoa. Todellisuudessa hankkeen tuottama sähkö lisää uusiutuvan energian määrää Suomen sähköntuotannossa, samalla korvaten päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä.

Näkökulma 3: Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö korvaa tuotannon ajankohdalle ennustettavaa (2031–2070) Suomen keskiarvoista sähköntuotantoa.

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan tulevaisuuden näkökulmasta, jolloin hankkeella tuotetun sähkön voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä tulevaisuuden sähköntuotantoa. Vuosien 2031–2070 välisen sähköntuotannon keskimääräistä elinkaarista päästökerrointa arvioidaan Energiateollisuuden vuonna 2024 julkaiseman ilmastotiekartan tietoihin perustuen. Ilmastotiekartan taustaselvitysraportissa on arvioitu eri tuotantomuodoilla tuotetun sähköenergian määriä vuosina 2035 ja 2050 (Energiateollisuus, 2023). Arvioidaan eri tuotantomuodoilla tuotetun sähköenergian määrän kehittyvän vuoteen 2035 ja vuoteen 2050 perusuraskenaarion mukaisesti. Arvioidaan sähköntuotannon elinkaarisia päästökertoimia vuosille 2035 ja 2050 kyseisten vuosien sähköntuotantojakaumiin sekä IPCC:n (IPCC, 2018) ja JRC:n (JRC, 2017) päästökertoimiin perustuen. Oletetaan sähköntuotannon päästökertoimen kehittyvän lineaarisesti vuosien 2035–2050 välillä, vuosien 2050–2070 välillä sähkön päästökertoimen oletetaan olevan vuoden 2050 tasolla. Vuosien 2031–2035 välillä tapahtuvaa sähkön päästökertoimen kehitystä arvioidaan nykyhetken päästökertoimeen perustuen. Tilastokeskuksen viimeisin julkaisema tieto sähköntuotannon elinkaarisesta päästökertoimesta on vuodelle 2024. Tilastokeskus on ilmoittanut sähköntuotannon elinkaariseksi päästökertoimeksi kyseiselle vuodelle 38 g CO_2-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2025). Sähköntuotannon päästökertoimen oletetaan kehittyvän lineaarisesti vuosien 2024–2035 välillä. Näihin tietoihin perustuen saadaan johdettua keskimääräinen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin vuosille 2031–2070, jonka arvioitiin olevan 17 g CO_2-ekv/kWh.

  Hankkeen arvioidaan tuottavan sähköä vuosien 2031–2070 välillä, joten arvioidaan tälle aikavälille keskimääräisen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin. Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on arvioitava nimenomaan elinkaariseen päästökertoimeen perustuen, jotta päästökertoimen rajaus on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioidun hankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida suoraan esimerkiksi Energiateollisuuden ilmoittamaan tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon päästökertoimeen. Energiateollisuuden ilmoittamassa tulevaisuudelle arvioidussa sähköntuotannon päästökertoimessa on huomioitu vain sähköntuotannosta aiheutuvat suorat päästöt, eikä niissä ole huomioitu esimerkiksi tuotantolaitosten rakentamisesta tai polttoaineiden hankinnasta aiheutuvia päästöjä. Lisäksi Energiateollisuuden ilmoittamissa tulevaisuudelle arvioiduissa päästökertoimissa on mukana vain hiilidioksidista aiheutuvat päästöt, eikä kaikkien kasvihuonekaasujen vaikutusta ole huomioitu. Tällöin päästökertoimet eivät ole vertailukelpoisia tästä laskennasta saatavan päästökertoimen kanssa, joka sisältää tuulivoimahankkeen elinkaariset päästöt.

  - Tässä näkökulmassa kutienkin oletetaan, että Suomessa useita uusiutuvan energian hankkeita olisi toteutunut. Käytännössä tämän hankkeen toteutuminen mahdollistaa tämän ennusteellisen päästökertoimen toteutumisen. Ilman hankkeen toteutumista tulevaisuuden sähköntuotannon alhaisempi päästökerroin ei realisoidu, jolloin tästä näkökulmasta arvioitu päästövähennysvaikutus on täysin hypoteettinen.

On keskeistä huomioida, että hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruudesta voidaan saada hyvinkin erilaisia tuloksia riippuen siitä, mistä näkökulmasta asiaa halutaan tarkastella. Hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruuden arviointiin liittyy useita erilaisia näkemyksiä, eikä siihen ole tällä hetkellä olemassa yhtenäistä arviointimenetelmää.

4 Lähtötiedot ja oletukset

Toteutuessaan tuulivoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavissa taulukoissa (Taulukko 4.1 sekä Taulukko 4.2) esitetyille vaihtoehdoille sekä voimajohtovaihtoehdoille.

Taulukko 4.1. Kuvaukset vaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VE0	Hanketta ei toteuteta.
VE1	Alueelle toteutetaan 53 tuulivoimalaa. Voimaloiden kokonaiskorkeus enintään 300 m, yksikköteho 7–10 MW ja kokonaisteho enintään 530 MW.
VE2	Alueelle toteutetaan 34 tuulivoimalaa. Voimaloiden kokonaiskorkeus enintään 300 m, yksikköteho 7–10 MW ja kokonaisteho enintään 340 MW.

Taulukko 4.2. Kuvauksen voimajohtovaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus
VE0	Hanketta ei toteuteta.
VEA	Uusi noin 23 km pitkä 400 kV voimajohto olemassa olevan Petäjäskoski-Letsi 400 kilovoltin voimajohdon rinnalle, sen pohjoispuolelle suunnitteilla olevan Louepalon sähköasemalle asti.
VEB	Uusi, noin 23 km pitkä 400 kV voimajohto tuotantoalueen koillisosasta Tervolan uudelle rakentavalle Louepalon sähköasemalle, olemassa oleva Petäjäskoski-Letsi 400 kV voimajohdon rinnalle, sen eteläpuolelle Kätkävaaran luonnonsuojelualuetta kiertäen etelän kautta.

4.1 Perustamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteet

Perustamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteitä toteutetaan tuulivoimaloiden nostoalueelle, työmaa- ja varastointialueelle sekä sähköasema-alueelle. Oletetaan, että kaikille näille alueille toteutetaan kantava rakenne. Perustamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteiden päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt. Rakentamisen päästöjen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä työkoneiden (kaivinkone, täry, tiehöylä) käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin. Päästötietolähteenä on hyödynnetty Suomen ympäristökeskuksen infrarakentamisen päästötietokannan tietoja (Syke, 2025).

4.2 Tuulivoimalat

Tuulivoimalan pääkomponentteja ovat perustukset, torni, konehuone, roottori sekä lavat. Tuulivoimaloiden päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt, sisältäen seuraavat päästötekijät: komponentteihin tarvittavien materiaalien valmistus ja kuljetus, komponenttien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, asennus, käyttö ja kunnossapito, purkaminen, komponenttien kuljetus jatkokäsittelyyn ja jatkokäsittely.

Tuulivoimaloiden elinkaarisia päästöjä on arvioitu Vestaksen vuonna 2025 julkaisemaan tuulivoimaloiden elinkaariarviointiin perustuen (Vestas, 2025). Elinkaariarviossa tarkasteltu tuulivoimala on teholtaan 4,5 MW ja siinä on esitetty tuulivoimalan päästöt elinkaarenvaiheittain. Tuulivoimalan päästöt on esitetty tuotettuun energiamäärään suhteutettuna. Tuulivoimalan päästöt tuotettuun energiamäärään suhteutettuna ovat melko vakioita, riippumatta tuulivoimalan tehosta. Oletetaan, että 4,5 MW tuulivoimalan päästöt energiamäärään suhteutettuna vastaavat vastaavia 10 MW tehoisen tuulivoimalan energiamäärään suhteutettuja päästöjä.

4.3 Sähkönsiirto tuotantoalueella

Sähkönsiirto tuotantoalueella tapahtuu maakaapeleilla. Tuotantoalueen sähkönsiirron päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt.

Maakaapeleiden valmistuksen, asennuspaikalle kuljetuksen, käytön ja kunnossapidon, jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn päästöjä on arvioitu keskijännitekaapelin ympäristötuoteselosteiden tietoihin perustuen (Hascelik Kablo, 2022). Ympäristötuoteselosteessa ei ole otettu riittävällä tarkkuudella huomioon kaapelien asennusta ja purkamista, joten sitä on arvioitu erikseen. Maakaapelien asennuksen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suojaputket, suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä kaivuuseen, tiivistykseen ja täyttöön tarvittavien työkoneiden käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty Suomen ympäristökeskuksen infrarakentamisen päästötietokannan tietoja (Syke, 2025).

Sähkönsiirron päästöihin huomioidaan myös tuotantoalueella rakennettavan sähköaseman koko elinkaaren aikaiset päästöt.

4.4 Sähkönsiirto tuotantoalueen ulkopuolella

Sähkönsiirto tuotantoalueen ulkopuolella tapahtuu 400 kV voimajohdoilla. Tuotantoalueen ulkopuolisen sähkönsiirron päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt. Kantaverkon pylvästyypiksi on oletettu standardi teräspylväs. Voimajohdon päästöjä on arvioitu Statnett -kantaverkkoyhtiön elinkaariarviointiin perustuen (Stattnet, 2018).

4.5 Huoltotiet

Uusien sorapäällysteisten teiden osalta laskennassa on huomioitu koko elinkaaren aikaiset päästöt pois lukien tien käytöstä poisto. Oletetaan, että huoltoteitä ei pureta hankkeen elinkaaren loputtua. Tiestön rakentamisen päästöjen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä työkoneiden (kaivinkone, täry, tiehöylä) käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty Suomen ympäristökeskuksen infrarakentamisen päästötietokannan tietoja (Syke, 2025). Uusien sorapäällysteiden teiden käytön päästöjen arvioidaan koostuvan viiden vuoden välein tehtävästä sorastuksesta sekä vuosittain tehtävästä lanauksesta. Olemassa oleville sorapäällysteisille teille huomioidaan käytön päästöt vastaavasti kuin uusille sorapäällysteisille teille.

4.6 Hiilivarastot ja -nielut tuotantoalueella ja sen ulkopuolella

Hankealueen puuston sekä maaperän hiilivarastojen ja -nielujen poistuman osalta huomioidaan näiden menetys seuraavien rakenteiden tieltä: maa-ainesten ottoalueet, tuulivoimaloiden perustukset, tuulivoimaloiden nostoalue, työmaa- ja varastointialue, sähköasema, uudet huoltotiet sekä tuotantoalueen ulkopuoliset voimajohdot. Maakaapelit sijoitetaan teiden vierelle, joten niiden tieltä ei tarvitse raivata puustoa.

Maa-ainesten ottoalueelle toteutetaan avohakkuu, mutta alue metsitetään rakentamisen jälkeen. Tuulivoimala-alueelle toteutetaan avohakkuu, alueen oletetaan pysyvän puuttomana alueena koko hankkeen elinkaaren ajan. Voimajohdon johtoaukealle toteutetaan avohakkuu, jonka jälkeen alueelle sallitaan maksimissaan kolmen metrin pysyvä kasvillisuus. Johtoaukean reunavyöhykkeelle toteutetaan avohakkuu siinä vaiheessa, kun reunavyöhykkeen puusto saavuttaa 15 metrin keskipituuden. Hankkeen elinkaaren aikana tehtävien metsitysten vaikutus hiilivarastoihin ja -nieluihin on huomioitu laskennassa.

Tuotantoalueen sekä sähkönsiirron tieltä raivattavien alueiden pinta-alat on arvioitu seuraavien taulukoiden (Taulukko 4.3 ja Taulukko 4.4) mukaisiksi.

Taulukko 4.3. Tuotantoalueelta raivatun alueen pinta-alat.

Avohakkuu alue	VE1	VE2
Maa-ainesten ottoalueet	18 ha	18 ha

Tuulivoimalat	103 ha	65 ha
Maakaapelit	0 ha	0 ha
Sähköasema	0,2 ha	0,2 ha
Huoltotiet	57 ha	42 ha

Taulukko 4.4. Sähkönsiirron alueelta raivatun alueen pinta-alat.

Avohakkuu alue	**VEA**	**VEB**
Johtoaukea	96 ha	96 ha
Reunavyöhyke	23 ha	25 ha

4.7 Tuulivoimahankkeen lähtötiedot

Tarkempia tietoja tuotantoalueen sekä sähkönsiirron suunnitteluvaiheen lähtötiedoista on esitetty seuraavissa taulukoissa (Taulukko 4.5 ja Taulukko 4.6).

Taulukko 4.5. Tuotantoalueen suunnitteluvaiheen lähtötiedot.

	VE1	**VE2**
Tuotantoalueen pinta-ala	6 328 ha	6328 ha
Tuulivoimaloiden lukumäärä	53 kpl	34 kpl
Yhden tuulivoimalan maksimiteho	10 MW	10 MW
Sähköntuotantovuodet	2031–2070	2031–2070
Arvioitu elinkaarinen sähköntuotanto	63 600 GWh	40 800 GWh
Maakaapelointi	Pituus: 52 100 m	Pituus: 40 000 m
Sähkönsiirtoasemat tuotantoalueella	1 kpl	1 kpl
Uudet sorapäällysteiset huoltotiet	Pituus: 32 800 m Leveys: 6 m	Pituus: 22 700 m Leveys: 6 m
Olemassa olevat sorapäällysteiset huoltotiet	Pituus: 10 800 m Leveys: 6 m	Pituus: 9 100 m Leveys: 6 m

Taulukko 4.6. Sähkönsiirron suunnitteluvaiheen lähtötiedot.

	VEA	**VEB**
400 kV voimajohto	Pituus: 23 078 m	Pituus: 22 938 m

5 Hiilitaselaskennan tulokset

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.1) on esitetty arviot eri vaihtoehtojen päästöistä eri päästötekijöihin jaoteltuna sekä tuotettuun energiamäärään suhteutettuna.

Taulukko 5.1. Tuotantoalueen päästöt eri vaihtoehdoissa, eri päästötekijöihin jaoteltuna sekä tuotettuun energiamäärään suhteutettuna.

Päästötekijä	**VE1**	**VE2**
Perustamis- ja pohjanvahvistustoimenpiteet, t CO2-ekv	6 760	4 350
Tuulivoimalat, t CO2-ekv	479 320	307 490
Tuotantoalueen sisäinen sähkönsiirto, t CO2-ekv	9 660	7 300
Huoltotiet, t CO2-ekv	4 210	3 000
Hiilivaraston poistuma, t CO2-ekv	41 150	19 400
Hiilinielun poistuma, t CO2-ekv	72 670	25 830
Kokonaispäästö yhteensä, t CO2-ekv*	**613 790**	**367 370**
Kokonaispäästö energiamäärään suhteutettuna, g CO2-ekv/kWh	**9,7**	**9,0**

*Ei täsmää täysin eri päästötekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Tuotantoalueen päästöt eri elinkaaren vaiheisiin jaoteltuna on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.2).

Taulukko 5.2. Tuotantoalueen päästöt eri vaihtoehdoissa, eri elinkaaren vaiheisiin jaoteltuna.

Elinkaaren vaihe	**VE1**	**VE2**
Materiaalien ja komponenttien tuotanto (A1– A3), t CO2-ekv	465 120	299 280
Kuljetukset tuotantoalueelle (A4), t CO2-ekv	2 610	1 700
Rakentaminen (A5), t CO2-ekv	44 090	21 320
Toiminta (B), t CO2-ekv	75 980	28 150
Toiminnan lopettaminen (C), t CO2-ekv	25 990	16 910
Yhteensä, t CO2-ekv*	**613 790**	**367 370**

*Ei täsmää täysin eri päästötekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.3) on esitetty arvio eri voimajohtovaihtoehtojen päästöistä eri päästötekijöihin jaoteltuna sekä tuotettuun energiamäärään suhteutettuna.

Taulukko 5.3. Sähkönsiirron päästöt eri voimajohtovaihtoehdoissa, eri päästötekijöihin jaoteltuna sekä tuotettuun energiamäärään suhteutettuna.

Päästötekijä	**VEA**	**VEB**
Tuotantoalueen ulkoinen sähkönsiirto, t CO2-ekv	7 020	6 980
Hiilivaraston poistuma, t CO2-ekv	21 170	22 640
Hiilinielun poistuma, t CO2-ekv	18 010	27 570
Kokonaispäästö yhteensä, t CO2-ekv	**46 200**	**57 190**

Sähkönsiirron päästöt eri elinkaaren vaiheisiin jaoteltuna on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.4).

Taulukko 5.4. Sähkönsiirron päästöt eri vaihtoehdoissa, eri elinkaaren vaiheisiin jaoteltuna.

Elinkaaren vaihe	**VEA**	**VEB**
Materiaalien ja komponenttien tuotanto (A1– A3), t CO2-ekv	6 390	6 350
Kuljetukset tuotantoalueelle (A4), t CO2-ekv	70	70
Rakentaminen (A5), t CO2-ekv	21 460	22 930
Toiminta (B), t CO2-ekv	18 120	27 680
Toiminnan lopettaminen (C), t CO2-ekv	150	150
Yhteensä, t CO2-ekv*	**46 200**	**57 190**

*Ei täsmää täysin eri päästötekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Päästövähennyksiä saavutetaan, kun tuotantoalueella tuotetulla sähköllä korvataan vaihtoehtoista sähköntuotantoa. Tuotantoalueella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruudesta voidaan saada hyvinkin erilaisia tuloksia riippuen siitä, mistä näkökulmasta asiaa halutaan tarkastella, joten tarkastelu on tehty kolmesta näkökulmasta. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.5) on esitetty tuotantoalueen kokonaispäästö, päästövähennysvaikutus sekä näiden erotuksena laskettu hiilitase. Hiilitaseen negatiivinen arvo kertoo siitä, että tuotantoalueella vältetään sen elinkaaren aikana enemmän päästöjä kuin niitä aiheutuu. Mitä suurempi negatiivinen arvo hiilitaseella on, sitä suurempi sen myönteinen ilmastovaikutus on.

Taulukko 5.5. Tuotantoalueen päästöt, päästövähennysvaikutus sekä hiilitase.

	VE1	**VE2**
Tuotantoalueen kokonaispäästö, t CO2-ekv	613 790	367 370
Tuulivoimahankkeen elinkaarinen sähköntuotanto, GWh	63 600	40 800
Päästövähennysvaikutus		
Päästövaikutus, jos tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu fossiilisilla polttoaineilla (maakaasu, kivihiili, öljy), t CO2-ekv	38 777 830	24 876 340
Päästövaikutus, jos tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu nykyhetken (2024) Suomen keskimääräisellä sähköntuotannolla, t CO2-ekv	2 385 000	1 530 000
Päästövaikutus, jos tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu tulevaisuudelle (2031–2070) ennustettavalla Suomen keskimääräisellä sähköntuotannolla, t CO2-ekv	1 071 690	687 500
Hiilitase		
Tuotantoalueen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun tuulivoimahankkeella tuotettu sähkö korvaisi fossiilisten polttoaineiden (maakaasu, kivihiili, öljy) käyttöä sähköntuotannossa, t CO2-ekv	-38 164 040	-24 508 980
Tuotantoalueen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun tuulivoimahankkeella tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken (2024) Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa, t CO2-ekv	-1 771 210	-1 162 630
Tuotantoalueen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun tuulivoimahankkeella tuotettu sähkö korvaisi tuotannon ajankohdalle (2031–2070) ennustettavaa Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa, t CO2-ekv	-457 900	-320 130

Tuotantoalueella eniten päästöjä aiheutuu vaihtoehdosta VE1, kun taas sähkönsiirrosta eniten päästöjä aiheutuu vaihtoehdosta VEB. Kuitenkin huomioiden eri vaihtoehtojen sähköntuotantopotentiaalit,

ilmaston kannalta suurin negatiivinen hiilitase saavutetaan yhdistelmällä VE1 + VEA. Pienin negatiivinen hiilitase saavutetaan yhdistelmällä VE2 + VEB. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.6) on esitetty ilmaston kannalta parhaan (VE1 + VEA) sekä huonoimman (VE2 + VEB) tuotantoalueen ja sähkönsiirron yhdistelmän kokonaispäästö, päästövähennysvaikutus sekä näiden erotuksena laskettu hiilitase.

Taulukko 5.6. Tuotantoalueen ja sähkönsiirron päästöt, päästövähennysvaikutus sekä hiilitase.

	VE1 + VEA	**VE2 + VEB**
Hankkeen kokonaispäästö, t CO2-ekv	659 990	424 550
Tuulivoimahankkeen elinkaarinen sähköntuotanto, GWh	63 600	40 800
Päästövähennysvaikutus		
Päästövaikutus, jos tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu fossiilisilla polttoaineilla (maakaasu, kivihiili, öljy), t CO2-ekv	38 777 830	24 876 340
Päästövaikutus, jos tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu nykyhetken (2024) Suomen keskimääräisellä sähköntuotannolla, t CO2-ekv	2 385 000	1 530 000
Päästövaikutus, jos tuulivoimahankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu tulevaisuudelle (2031–2070) ennustettavalla Suomen keskimääräisellä sähköntuotannolla, t CO2-ekv	1 071 690	687 500
Hiilitase		
Hankkeen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun tuulivoimahankkeella tuotettu sähkö korvaisi fossiilisten polttoaineiden (maakaasu, kivihiili, öljy) käyttöä sähköntuotannossa, t CO2-ekv	-38 117 840	-24 451 790
Hankkeen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun tuulivoimahankkeella tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken (2024) Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa, t CO2-ekv	-1 725 010	-1 105 450
Hankkeen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun tuulivoimahankkeella tuotettu sähkö korvaisi tuotannon ajankohdalle (2031–2070) ennustettavaa Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa, t CO2-ekv	-411 700	-262 940

6 Lähteet

Energiateollisuus, 2023. Low Carbon Roadmap Finnish Energy. Saatavissa: https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/06/Low_carbon_roadmap_2023_Team_FELCROM.pdf

European Council, 2024. How is EU electricity produced and sold? Saatavissa: https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/

Euroopan geotieteiden liitto, 2022. Calibrating the soil organic carbon model Yas-so20 with multiple datasets. Saatavissa: https://gmd.copernicus.org/articles/15/1735/2022

Hascelik Kablo, 2022. Environmental product declaration. MV underground Triplex Cable 20/34 (37,95) – 240 mm2. Saatavissa: https://epd.dijitalpanel.site/Upload/epdturkey.com/Products/Images/650172e7a3cff-Has%C3%A7elik_240mm2.pdf

Ilmatieteenlaitos, 2025. Soil carbon model – Yasso. Saatavissa: https://en.ilmatieteenlaitos.fi/yasso

IPCC, 2018. Annex III: Technology specific Cost and Performance Parameters. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf

JRC, 2017. Covenant of Mayors for Climate and Energy: Default emission factor for local emission inventories. Saatavissa: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107518

Metsäkeskus, 2025. Avoin metsä- ja luontotieto. Saatavissa: https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto

Repola et al., 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535968/mwp053.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Stattnet, 2018. Life Cycle Assesment for transmission towers. A comparative study of three tower types.

Syke, 2025. Infrarakentamisen päästötietokanta. Saatavissa: https://co2data.fi/infra/

Tilastokeskus, 2025. Energian hankinta ja kulutus. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000–2023. Saatavissa: https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_14qt.px/

Vestas, 2025. Life Cycle Assessment Of electricity production from an onshore V163-4.5MW wind plant. Saatavissa: https://www.vestas.com/content/dam/vestas-com/global/en/sustainability/environment/Life%20Cycle%20Assessment%20of%20electricity%20production%20from%20an%20onshore%20V163-4.5MW%20wind%20plant.pdf.coredownload.inline.pdf