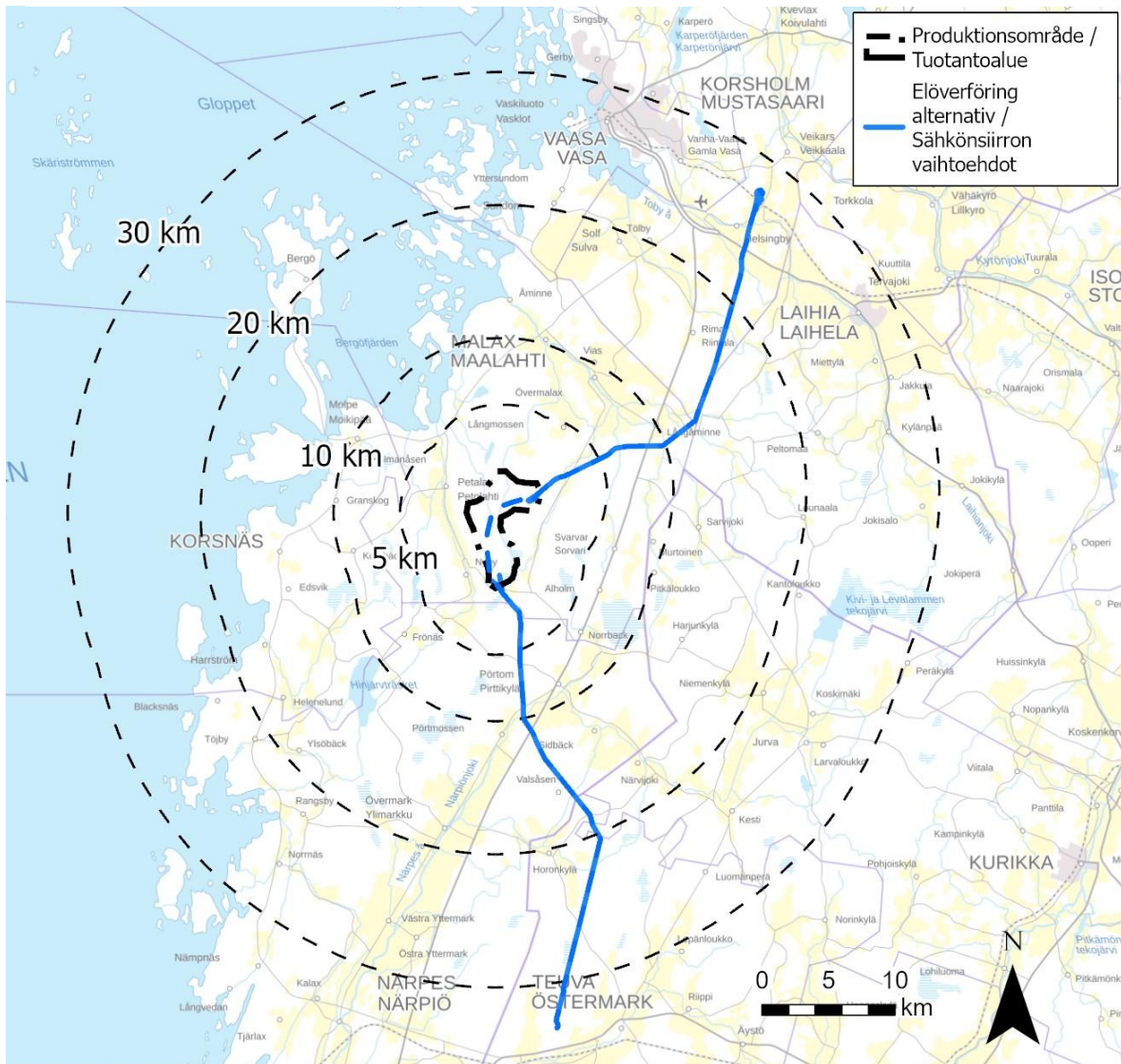


Hömosseenin tuulivoimahankkeen ilmastovaikutusten arviointi



Päiväys	22.10.2024
Tekijä	Jan Lehtomaja
Tarkastaja	Milla Lehikoinen
Hyväksynyt	Kati Kankainen
Projektinumero	YKK67731

SISÄLLYSLUETTELO

KÄSITTEET	2
1 SYSTEEMIRAJAUS	3
2 LASKENTAMENETELMÄ	4
3 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET	7
3.1 Tuulivoimalat.....	7
3.2 Sähkönsiirto	8
3.3 Tiet	8
3.4 Hiilivarastot ja -nielut	8
4 HANKKEEN TIEDOT.....	10
5 TULOKSET	11
5.1 Päästöt	11
5.2 Päästövähennykset	12
6 LÄHTEET	13

KÄSITTEET

Käsite	Selite
Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment)	Menetelmä, jolla voidaan analysoida ja arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta.
Hiilidioksidiekvivalentti	Päästöjen 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 lämmittävää vaikutus.
Kasvihuonekaasu	Ilmastonlämpenemistä aiheuttavat kaasut, joita ovat mm. hiilidioksidi CO ₂ , metaani CH ₄ ja dityppioksidi N ₂ O.
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 SYSTEEMIRAJAUS

Tuulivoimahankkeesta aiheutuu ilmastovaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta, joita arvioidaan niin sanotulla hiilitaselaskennalla. Hiilitase muodostuu hankkeen elinkaaren aikana muodostuneiden päästöjen sekä sillä saavutettavien päästövähennysten erotuksena. Hiilitase voi olla joko negatiivinen tai positiivinen sen mukaan, aiheutuuko hankkeesta enemmän päästöjä vai voidaanko sillä välttää enemmän päästöjen muodostumista. Ilmastonlämpenemisvaikutus aiheutuu hankkeen eri elinkaaren vaiheissa syntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on yhteismitallistettu hiilidioksidin ilmastonlämpenemisvaikutusta vastaavaksi, jolloin tulokset esitetään yksikössä CO₂-ekv.

Hankkeen päästöjä on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta (ns. cradle-to-grave) huomioiden materiaalien sekä komponenttien valmistus ja kuljetukset, asennus ja rakentaminen, käyttö ja kunnossapito, purkaminen sekä materiaalien ja komponenttien loppukäyttö. Hiilitaselaskennassa on otettu huomioon päästöt niin tuulivoimaloiden, sähkönsiirron kuin tiestön osalta. Lisäksi hankkeen päästöiksi luokitellaan myös hiilivaraston ja -nielun poistuma.

Myös hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta. Päästövähennyksiä saavutetaan, kun tuulivoimalla tuotetulla sähköllä korvataan esimerkiksi päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä energiantuotannossa.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut yhden tuulivoimahankkeen koko elinkaaren aikainen päästö. Päästöarvio esitetään tuloksissa elinkaaren aikana aiheutuneena absoluuttisena kokonaispäästönä (t CO₂-ekv) sekä elinkaaren aikana tuotettuun energiaan suhteutettuna päästönä (g CO₂-ekv/kWh).

2 LASKENTAMENETELMÄ

Hiilitaselaskenta on toteutettu elinkaariarvioinnin periaatteisiin nojautuen (ISO 14040 ja ISO14044). Arvioinnissa keskityttiin tunnistamaan merkittävimmät päästötekijät ja hyödynnettiin ensisijaisesti Ti-laajalta 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 infraraken-tamisen päästötietokannan (CO2data.fi) sekä Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan (Ecoinvent v.3.9.1) tietoja.

Hiilivaraston ja -nielun menetystä on arvioitu hyödyntäen Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvara-keskuksen ja Avoin ry:n yhteistyönä laatimaa Hiilikartta-työkalua, joka huomioi sekä kasvillisuuden että maaperän hiilivarastot ja -nielut. Hiilikartan tiedot kasvillisuuden hiilivarastosta on koostettu eri lähteistä. Metsämaan osalta tiedot perustuvat monilähteen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) puuston biomassateemakarttoihin vuodelta 2021. Maatalousmaan osalta tiedot perustuvat YASSO laskentoihin, ELY-keskuskohtaisiin satotietoihin vuosilta 2012–2021 ja kuntakohtaiseen viljelypinta-alaan vuonna 2021. Maatalousmaan rajausta perustuu Maanmittauslaitoksen, Ruokaviraston ja Syken tuottamaan aineistoon. Hiilikartan tiedot maaperän hiilivarastosta on myös koostettu useasta eri aineistosta. Turvemaiden osalta Hiilikartta hyödyntää suoallaskohtaista turpeen hiilivarastoaineistoa GTK:n tutkimille soille sekä GTK:n valtakunnallista ravinteisuustaso -aineistoa ja siihen liitettyjä oletusarvoja. Turvemaiden ulkopuolelle jäävän maatalousmaan osalta hiilivarasto on määritetty Suomen ympäristökeskuksen, Maanmittauslaitoksen ja Ruokaviraston aineistoihin perustuvaan maatalousmaa-aineistoon ja siihen liitettyihin oletusarvoihin perustuen. Puuston hiilivaraston kehityksen laskennan perustana on metsien inventoinnin (MVMI) aineistoihin pohjautuva metsikköalueaineisto, jossa on luokiteltu kasvupaikan ja puuston ominaisuuksien perusteella mahdollisimman yhtenäisiä metsikköalueita. Alueita määrittäviä luokamuuttajia ovat sijaintimaakunta, maaluokka (metsä-, kitu- ja joutomaa), päätyyppi (kivennäismaa, räme, korpi ja avosuo), ojitustilanne (ojitettu ja ojittamaton), ravinteisuustaso (lehdosta karukkokankaisiin), pääpuulaji (mänty, kuusi, koivu ja muu lehtipuu) ja puuston keski-ikä. Luokamuuttajien perusteella metsikköalue on yhdistetty Luonnonvarakeskuksen tuottamiin biomassakäyriin, jotka kuvaavat biomassan ja sen sisältämän hiilen kehitystä kyseisen tyyppisellä kasvupaikalla ajan funktiona. Biomassakäyrien pohjana toimii Luonnonvarakeskuksen Motti-ohjelmistolla tuotettu aineisto. (Syke, 2024)

Hiilikartta-työkalulla arvioidaan hiilivarastoa ja -nielua koko tuotantoalueella hankevaihtoehdossa 1. Kun nämä tiedot suhteutetaan tuotantoalueen pinta-alaan, saadaan hiilivaraston ja -nielun poistumille hehtaarikohtaiset kertoimet ($t\ CO_2/ha$). Näitä kertoimia hyödynnetään yhdessä tuotantoalueelta todellisuudessa raivatun alueen pinta-alatiedon kanssa. Tuulivoimahankkeen tieltä pysyvästi sekä väliaikaisesti poistuvan puuston pinta-alaa on arvioitu olemassa oleviin selvityksiin sekä asiantuntija-arvioihin perustuen. Tässä päästölaskennassa on huomioitu pysyvät sekä tilapäiset puuston ja maaperän poistuma tuulivoimaloiden perustus- ja kokoamisalueelta, nosturin kokoamisalueelta, sähköasema-alueelta sekä sähkönsiirron rakenteiden ja uuden tiestön edestä. Sähkönsiirtolinjojen osalta laskennassa oletetaan vain puuston poistuma, maaperän pysyessä edelleen hiilivarastona ja -nieluna. Muiden rakenteiden oletetaan vaikutta sekä puustoon että maaperään.

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 kulutussähköinä, 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. Tuulivoimahankkeiden päästövähennysvaikutuksen arvioinnille ei ole olemassa yhtenäistä menetelmää tai ohjeistusta, joten tässä selvityksessä tarkastellaan päästövähennysvaikutusta kolmesta näkökulmasta:

1. Ensimmäinen näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta Euroopan tasolla, sillä Suomi on osa Euroopan yhteisiä sähkömarkkinoita, joilla sähköä kaupataan Pohjoismaiden välillä sekä myös Pohjoismaista muualle Eurooppaan. Tuulivoimalla tuotetun energian 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 29 % olisi hiiltä, 36 % ydinvoimaa ja 35 % maakaasua (European Council, 2023). Tätä jakaumaa ja näillä polttoaineilla tuotetun energian elinkaarisia päästökertoimia (UNECE, 2022) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatus sähkön päästökertoimeksi 425 g CO₂-ekv/kWh.
2. Toinen näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan nykyhetken näkökulmasta, jolloin tuulivoimalla tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Tilastokeskukselta saatavan uusimman tiedon mukaan Suomen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin on vuonna 2022 ollut 79 g CO₂-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2024). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava nimenomaan Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaariseen päästökertoimeen perustuen, jotta päästökertoimen rajausta on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioitun tuulivoimahankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida esimerkiksi ajantasaisempaan Fingridin ilmoittamaan Suomen sähköntuotannon päästökertoimeen, sillä se sisältää vain sähköntuotannosta aiheutuneet suorat päästöt. Fingridin ilmoittama päästökerroin sisältää myös vain hiilidioksidin, eikä se huomioi muiden kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
 - Tässä näkökulmassa kuitenkin oletetaan, että tuulivoimalla korvattaisi uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. On huomioitava, että hankkeen tuottama tuulivoima ei todellisuudessa korvaa suoraan eri polttoaineilla tuotettua Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Todellisuudessa hankkeen tuottama energia lisää tuulivoimalla tuotetun energian määrää Suomen sähköntuotannossa, samalla korvaten päästöintensiteetinsä polttoaineiden käyttöä.
3. Kolmas näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan tulevaisuuden näkökulmasta, jolloin tuulivoimalla tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan tulevaisuuden keskimääräistä sähköntuotantoa. Oletetaan tuulivoimalla tuotetun sähkön korvaavan kansallisesti tuotetun keskiarvoisen tulevaisuuden sähkön käyttöä (TEM, 2019). Sähköntuotannon tuotantotavan ja päästöjen kehitystä on arvioitu vuoteen 2050 asti, joten arvioidaan keskiarvoista sähköntuotannon päästöä vuosien 2030–2050 välillä. Tuotannon ajankohdalle ennustettavaksi sähköntuotannon elinkaariseksi päästökertoimeksi on arvioitu 37 g CO₂-ekv/kWh (Ensisijaisesti: UNECE, 2022; Toissijaisesti: IPCC, 2018). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon polttoainejakaumaan perustuen. Tällöin voidaan määrittää tulevaisuuden sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin, jotta päästökertoimen rajausta on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioitun tuulivoimahankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida suoraan esimerkiksi Energiategollisuuden ilmoittamaan tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon päästökertoimeen. Energiategollisuuden 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 Energiategollisuuden ilmoittamissa tulevaisuudelle arvioituissa 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 kuitenkin oletetaan, että Suomessa useita uusiutuvan energian hankkeita olisi toteutunut. Käytännössä tämän hankkeen toteutuminen mahdollistaa tämän ennusteellisen päästökertoimen toteutuminen. Ilman hankkeen toteutumista tulevaisuuden sähköntuotannon alhaisempi päästökerroin ei realisoidu, jolloin tällä menetelmällä laskettaessa 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.

3 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Toteutuessaan tuulivoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.1) esitetyille hankevaihtoehtoille.

Taulukko 3.1. Kuvaukset hankevaihtoehtoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VE0	Tuulivoimahanke ei toteudu, jolloin materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia ei aiheudu. Hankkeen toteuttamatta jäämisen seurauksena myös olemassa olevat hiilivarastot ja -nielut säilyvät. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali menetetään, jolloin sähkö on edelleen tuotettava muilla enemmän päästöjä aiheuttavalla tuotantometelmällä.
VE1	Alueelle toteutetaan 26 tuulivoimalaa. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia tulevat esiin ja tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.
VE2	Alueelle toteutetaan 6 tuulivoimalaa. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia tulevat esiin ha tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.

Yllä olevien hankevaihtoehtojen lisäksi tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.2) esitetyille sähkönsiirron vaihtoehtoille.

Taulukko 3.2. Kuvaukset sähkönsiirron vaihtoehtoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VEA	Enintään 36 kilometriä pitkä 110 tai 400 kV ilmajohto tuotantoalueelta pohjoiseen Tuovilan sähköasemalle.
VEB	Enintään 45 kilometriä pitkä 110 tai 400 kV ilmajohto tuotantoalueelta etelään Kärppiön sähköasemalle.

3.1 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 ja Nordexin tuulivoimaloiden elinkaariarviointeihin perustuen. Elinkaariarvioinneissa tarkastellut tuulivoimalat olivat teholtaan 2-6,2 MW ja niissä on esitetty tuulivoimaloiden päästöjä elinkaarenvaiheittain. Tässä yhteydessä huomattiin tuulivoimaloiden päästöjen olevan tuotettua energiaa kohti melko vakio, riippumatta tuulivoimalan tehosta. Tähän perustuen näiden ympäristötuoteselosteiden keskiarvoisia päästökertoimia (g CO₂-

ekv/kWh) on voitu hyödyntää tässä laskennassa, vaikka tuulivoimalat eivät teholtaan olisikaan täysin vastaavat.

3.2 Sähkönsiirto

Sähkönsiirto tuotantoalueella tapahtuu maakaapeleilla ja tuotantoalueen ulkopuolella ilmajohdoilla. Tuotantoalueen ulkopuolisen sähkönsiirron oletetaan tapahtuvan 400 kV voimalinjalla. Sähkönsiirron päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt.

Maakaapeleiden valmistuksen, asennuspaikalle kuljetuksen, käytön ja kunnossapidon, jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn päästöjä on arvioitu keskijännitekaapeleiden ympäristötuoteselosteiden tietoihin perustuen. Ympäristötuoteselosteissa 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 työkalujen käytöstä (polttoainesten valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

Ilmajohdojen osalta huomioidaan sähkönsiirtorakenteiden komponenttien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, käyttö ja kunnossapito, kuljetus jatkokäsittelyyn sekä jatkokäsittely. Voimalinjan päästöjä on arvioitu Statnett -kantaverkkoyhtiön elinkaariarviointiin perustuen. Maakaapeleiden ja ilmajohdojen lisäksi laskennassa huomioidaan myös sähköasemien valmistus.

3.3 Tiet

Tiestön osalta laskennassa on huomioitu uusien sorapäälysteisten teiden sekä olemassa olevien teiden parantamisen ympäristövaikutukset. Tiestön päästöjen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä työkalujen (kai-vinkone, täry, tiehöylä) käytöstä (polttoainesten valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

3.4 Hiilivarastot ja -nielut

Hankkeen hiilivarastojen ja -nielujen poistuman osalta huomioidaan metsän ja maaperän hiilivarastojen ja -nielujen menetys seuraavien pysyvien rakenteiden tieltä: tuulivoimaloiden perustukset, sähköasemat sekä uudet tiet. Tuotantoalueen ulkopuolella sijaitsevien voimalinjojen osalta arvioidaan, että niiden rakentaminen poistaa alueelta puuston hiilivaraston sekä -nielun. Oletetaan, että voimalinja alle jäävän maaperän hiilivarasto sekä -nielu säilyvät ennallaan. Todellisuudessa tämän alueen hiilensidonta voi aiemmasta hieman hidastua, sillä ympäröivien puiden hakkuun myötä alueen maaperään ei enää kerry aiempaan tapaan hiiltä sitovaa kariketta. Tuulivoimahankkeiden hiilivarastojen ja -nielujen poistumaa on arvioitu olettaen, että kaikki rakenteet pystytetään metsäiselle alueelle.

Tilapäisesti hiilivarastoja -ja nieluja menetetään tuulivoimaloiden sekä nosturin kokoamisalueelta. Hiilivarastojen ja -nielujen poistumaa on arvioitu olettaen, että kaikki rakenteet pystytetään metsäiselle alueelle. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alaa on arvioitu seuraavan taulukon (Taulukko 3.3) tietoihin perustuen.

Taulukko 3.3. Rakentamisen tieltä raivattu alue.

Pysyvä muutos	
Tuulivoimaloiden perustus	0,07 ha/tuulivoima
Maakaapelit	Oletetaan rakennettavan tien viereen, jolloin uutta aluetta ei tarvitse raivata.
Ilmajohtojen raivausleveys (400 kV)	42 metriä
Sähköasema	0,2 ha/asema
Uusien teiden raivausleveys	8 metriä (6 metriä leveä tie sekä yhden metrin pengerrykset)
Tilapäinen muutos	
Tuulivoimaloiden kokoamisalue	0,16 ha /tuulivoimala
Nosturin kokoamisalue	0,10 ha/tuulivoimala

Huomioitavaa on, että esimerkiksi tuulivoimaloiden nostamiseen on mahdollista hyödyntää rakennettua tiestöä, jolloin tuulivoimaloiden ja nosturin kokoamisalueen tilapäinen muutos voi jäädä arvioitua pienemmäksi. Pysyvän muutoksen oletetaan poistavan alueen hiilivaraston sekä hiilinielun seuraavaksi kolmeksi kymmeneksi vuodeksi. Hankkeen elinkaaren jälkeen aluetta alettaisiin uudestaan metsittää, jolloin hiilinielu palautuisi ajan kuluessa. Tarkkaa tutkimustietoa siitä, milloin taimikko muuttuu hiilinieluksi, ei ole vielä saatavilla. On kuitenkin arvioitu, että taimikko alkaisi sitoa hiiltä noin 10–20 vuoden iässä. Tähän perustuen voidaan arvioida, että hankkeella olisi sen päättymisen jälkeen vielä seuraavat 20 vuotta kielteisiä vaikutuksia alueen hiilinieluihin. Tätä hankkeen jälkeistä kielteistä vaikutusta ei kuitenkaan voida suoraan arvioida, sillä tällä pitkällä aikavälillä alueen metsiin saatetaan toteuttaa hakkuita jo metsänhoidollisina toimenpiteinä. Koska tässä tarkastelussa rajauksena on hankkeen elinkaari, ei hankkeen elinkaaren jälkeisiä vaikutuksia ole tarkasteltu tämän tarkemmin. Myös nämä mahdolliset vaikutukset on kuitenkin hyvä tiedostaa.

Tilapäisen muutoksen oletetaan poistavan kokonaan sekä metsän että maaperän hiilivaraston hakutulta alueelta. Myös alueen hiilinielu poistuu hetkellisesti, mutta metsityksen jälkeen sen oletetaan palautuvan hakkuuta edeltäneelle tasolle noin 20 vuoden kuluttua.

4 HANKKEEN TIEDOT

Energiequelle Oy suunnittelee tuulivoimahanketta Hömossenin alueelle, joka sijaitsee Maalahden kunnan alueilla. Tarkempia tietoja hankkeen eri vaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4.1).

Taulukko 4.1. Lähtötiedot eri hankevaihtoehtoissa.

	VE1	VE2
Tuotantoalueen pinta-ala	2 300 ha	770 ha
Tuulivoimaloiden lukumäärä	26 kpl	6 kpl
Tuulivoimalan maksimiteho	10 MW	10 MW
Arvioitu elinkaarinen sähköntuotanto (maksimiteholla: 10 MW)	35 000 GWh	8 200 GWh
Maakaapelointi tuotantoalueella	Pituus: 15,0 km Leveys: 0,4 m Syvyys: 0,7 m	Pituus: 5,0 km Leveys: 0,4 m Syvyys: 0,7 m
Sähkönsiirtoasemat tuotantoalueella	2 kpl	1 kpl
Uudet sorapäälysteiset huoltotiet	Pituus: 9,0 km Leveys: 6,0 m	Pituus: 2,5 km Leveys: 6,0 m
Parannetut sorapäälysteiset huoltotiet	Pituus: 25,0 km Leveys: 6,0 m Ei lisälevennystä	Pituus: 7,5 km Leveys: 6,0 m Ei lisälevennystä
Raivattu alue tuotantoalueella, pysyvä	Tuulivoimalat: 1,8 ha Sähköasemat: 0,4 ha Tiet: 7,2 ha	Tuulivoimalat 0,4 ha Sähköasema: 0,2 ha Tiet 2,0 ha
Raivattu alue, palautuva	Tuulivoimalat: 6,7 ha	Tuulivoimalat: 1,5 ha
Poistuva puusto tuotantoalueella	2 320 m ³	600 m ³

Tarkempia tietoja hankkeen eri sähkönsiirtovaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4.2).

Taulukko 4.2. Lähtötiedot eri sähkönsiirron vaihtoehtoissa.

	VEA	VEB
Ilmajohto tuotantoalueen ulkopuolella (400 kV)	Pituus: 36 km	Pituus: 45 km
Raivattu alue, pysyvä	151 ha	189 ha
Poistuva puusto	21 800 m ³	27 250 m ³

5 TULOKSET

5.1 Päästöt

Hankkeesta aiheutunut päästö on määritetty sekä absoluuttisena kokonaispäästönä koko hankkeen elinkaaren ajalle (t CO₂-ekv) sekä hankkeen elinkaaren aikana tuotettuun energiantuotantoon suhteutettuna (g CO₂-ekv/kWh). Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.1) on esitetty arvio hankkeen elinkaaren aikaisesta absoluuttisesta kokonaispäästöstä ilman kierrätysshyvytyksiä (t CO₂-ekv).

Taulukko 5.1. Kokonaispäästö päästötekijöihin jaoteltuna eri hankevaihtoehdoissa.

	VE1	VE2
Tuulivoimalat, t CO ₂ -ekv	169 200	39 600
Hankealueen sisäinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	3 900	1 700
Huoltotiet, t CO ₂ -ekv	5 200	1 500
Hiilivaraston poistuma, t CO ₂ -ekv	17 900	4 600
Hiilinielun poistuma, t CO ₂ -ekv	500	100
Kokonaispäästö yhteensä, t CO₂-ekv*	196 700	47 600

*Ei täsmää täysin eri päästötekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Kokonaispäästön lisäksi hankkeen päästövaikutusta on arvioitu myös elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna (g CO₂-ekv/kWh). Tuulivoimahankkeen päästö tuotettua energiamäärä kohti eri vaihtoehdoissa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.2).

Taulukko 5.2. Tuotettuun energiaan suhteutettu päästövaikutus eri hankevaihtoehdoissa.

	VE1	VE2
Päästöt tuotettuun energiamäärään suhteutettuna, g CO₂-ekv/kWh	5,6	5,8

Hankevaihtoehtojen lisäksi tässä selvityksessä on tarkasteltu tuotantoalueen ulkopuolisten sähkönsiirtovaihtoehtojen ilmastovaikutuksia. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.3) on esitetty arviot tuotantoalueen ulkopuolisen sähkönsiirron absoluuttisesta kokonaispäästöstä ei päästötekijöihin jaoteltuna.

Taulukko 5.3. Kokonaispäästö päästötekijöihin jaoteltuna eri sähkönsiirron vaihtoehdoissa.

	VEA	VEB
Tuotantoalueen ulkopuolinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	11 000	13 700
Hiilivaraston poistuma, t CO ₂ -ekv	24 900	31 200
Hiilinielun poistuma, t CO ₂ -ekv	6 500	8 100
Kokonaispäästö yhteensä, t CO₂-ekv	42 400	53 000

5.2 Päästövähennykset

Päästövähennysvaikutusta saavutetaan, kun tuulivoimalla tuotetulla energialla saadaan syrjäytettyä päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä sähköntuotannossa. Kuten kappaleessa 2 todettiin, päästövähennysvaikutuksen suuruus on potentiaalinen ja sen suuruus riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta. Tässä tarkastelussa päästövähennysvaikutusta on arvioitu kolmesta eri näkökulmasta, jotka on kuvattu kappaleessa 2. Päästövähennysvaikutus arvioidaan koko hankkeen elinkaarelle (40 vuotta) ja eri hankevaihtoehdoille. Nämä on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.4).

Taulukko 5.4. Päästövähennysvaikutus sekä hiilitase eri hankevaihtoehdoissa.

	VE1	VE2
Hankkeen kokonaispäästö, t CO ₂ -ekv	196 700	47 600
Päästövähennysvaikutus		
Vältetty päästö 40 vuoden aikana, kun tuulivoimalla tuotettu sähkö korvaisi ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä, t CO ₂ -ekv	14 883 000	3 487 000
Vältetty päästö 40 vuoden aikana, kun tuulivoimalla tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	2 748 000	644 000
Vältetty päästö 40 vuoden aikana, kun tuulivoimalla tuotettu sähkö korvaisi tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	1 310 000	307 000
Hiilitase		
Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon 40 vuoden aikana, kun tuulivoimalla tuotettu sähkö korvaisi ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä, t CO ₂ -ekv	-14 686 300	-3 439 400
Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon 40 vuoden aikana, kun tuulivoimalla tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	-2 551 300	-596 400
Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon 40 vuoden aikana, kun tuulivoimalla tuotettu sähkö korvaisi tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	-1 113 300	-259 400

6 LÄHTEET

European Council, 2023. Infographic – How is EU electricity produced and sold? Saatavissa: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>

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

Syke, 2024. Hiilikartta-työkalu. Saatavissa: <https://www.syke.fi/hiilikartta>

TEM, 2019. Sähköntuotannon skenaariolaskelmat vuoteen 2050. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2132100/S%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon+skenaariolaskelmat+vuoteen+2050+%E2%80%93selvitys+22.2.2019/8d83651e-9f66-07e5-4755-a2cb70585262/S%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon+skenaariolaskelmat+vuoteen+2050+%E2%80%93selvitys+22.2.2019.pdf>

Tilastokeskus, 2024. 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/

UNECE, 2022. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. Saatavissa: https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FI-NAL%20March%202022.pdf