



Haarasuonkankaan Tuulipuisto Ky

Vaarinkankaan tuulivoimahanke (Puolanka, Vaala, Paltamo): tuulivoimapuisto ja 400 kilovoltin voimajohto

Ilmastovaikutusten arviointimenetelmät
8.11.2024

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101021081.

Kannen kuva: Tuulivoimala © AFRY Finland Oy

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 420 GWh/a ja VE2:ssä 315 GWh/a.
- Rakennuspaikka on 1–2 ha/voimala (laskennassa käytettiin keskiarvoa 1,5 ha/voimala). Laskennassa huomioitiin myös sähköaseman, sähkövaraston ja muiden alueiden osalta poistettavan 6 ha puustoa molemmissa hankevaihtoehdoissa.
- Uuden tiestön pituus on VE1:ssä noin 10,6 km ja VE2:ssä noin 8,3 km.
- Kunnostettavan tiestön pituus on molemmissa vaihtoehdoissa noin 19 km.
- Uuden ja kunnostettavan tiestön ajouran leveys on noin 7 m. Puuttoman alueen leveydeksi on oletettu 20 metriä uusille teille ja levennykseksi 10 metriä kunnostettaville teille.
- Tietöissä, nostokentillä ja muissa rakenteissa käytettävän murskeen määrä VE1:ssä on noin 174 000 m³ ja VE2:ssä noin 150 000 m³.
- Tuulivoimapuiston käyttöikä on 35 vuotta.

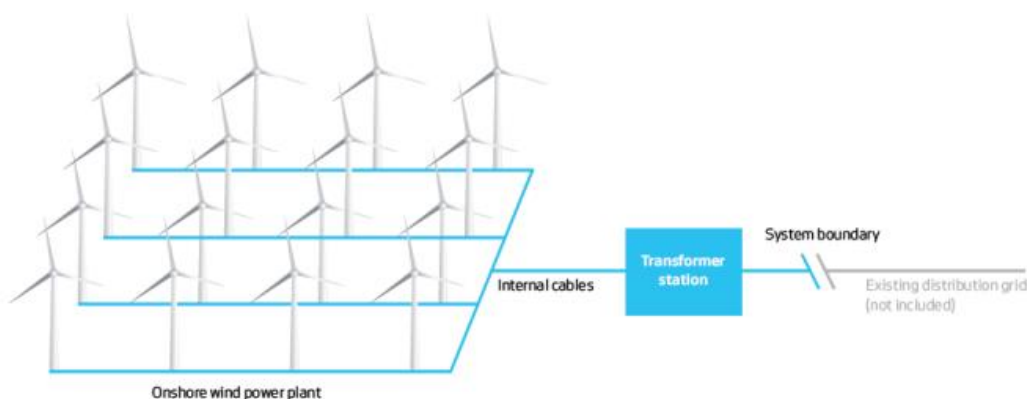
Laskennassa käytetyt lähteet on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 1-1).

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.

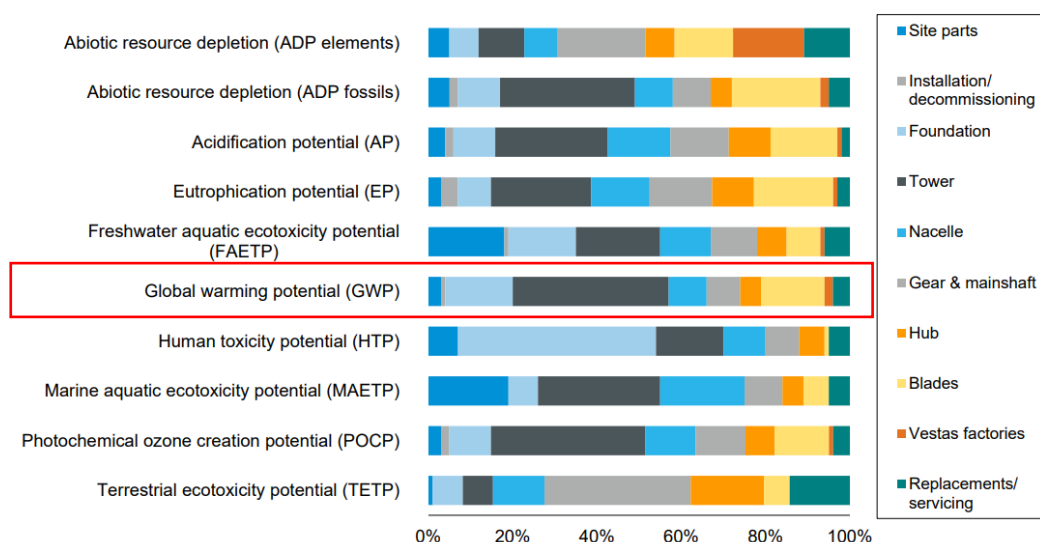

Kuva 1-1. Tuulivoimapuiston elinkaarilaskentaan sisältyvät osat (Vestas 2023b).

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 koosta 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 infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaista 50 km oletusetäisyyttä per suunta. Laskennassa huomioitiin meno- ja paluumatka.

Kierrätykseen kuljetettujen materiaalin määrä (tonnia) arvioitiin Vestaksen elinkaariarvioinnin massaluettelon perusteella (Vestas 2023b). Materiaalivirrat arvioitiin toimitettavan kierrätykseen Majasaaren jätekeskukseen Kajaaniin noin 95 kilometrin etäisyydelle. Laskennassa huomioitiin meno- ja paluumatka. Kierrätyksestä saavutettuja hyötyjä ei huomioitu tässä laskennassa.

Näillä kriteereillä laskennassa käytettäväksi tuulivoiman päästöksi arvioitiin yhteensä 6,5 gCO₂e/kWh 35 vuoden ajalle.

1.2 Ulkoinen sähkönsiirto

Arvioinnissa tarkasteltiin kolmea ulkoisen sähkönsiirron toteutusvaihtoehtoa, jotka on esitelty taulukossa 1-3. Tuulivoimapuiston sisäiset sähkönsiirtorakenteet (kuten maakaapelit ja sähköasema) sisältyvät tuulivoiman laskelmiin, joten rakenteet on esitetty harmaalla taulukossa 1-3, eikä niitä ole laskettu uudelleen ulkoisen sähkönsiirron laskennassa kaksoislaskennan välttämiseksi.

Taulukko 1-3. Sähkösiirron voimajohtohankkeen toteutusvaihtoehdot.

Toteutusvaihtoehto	Kuvaus
SVE1	- Tuulivoimapuiston sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein. - Tuulivoimapuistoon rakennetaan sähköasema. - Liittymispisteenä on Lumimäen sähköasema. Uuden voimalinjan pituus on noin 14 kilometriä.
SVE2	- Tuulivoimapuiston sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein. - Tuulivoimapuistoon rakennetaan sähköasema. - Liittymispisteenä on Lumimäen sähköasema. Uuden voimalinjan pituus on noin 19 kilometriä.
SVE3	- Tuulivoimapuiston sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein. - Tuulivoimapuistoon rakennetaan sähköasema. - Liittymispisteenä on Haarasuonkankaan hankealueelle suunniteltu sähköasema. Uuden maakaapelin pituus on noin 1,6 kilometriä.

Voimajohdon ja maakaapelin ilmastovaikutukset 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 vastaavantyyppisiin hankkeisiin tekemien laskentojen pohjalta.

Ilmajohtovaihtoehtojen ilmastovaikutusten arvioinnissa käytettiin seuraavia oletuksia:

- Voimajohto rakennetaan kokonaisuudessaan uuteen maastokäytävään
- Johtoalueen leveys on 62 metriä
- Johtoauekan leveys on 42 metriä
- Reunavyöhykkeet ovat noin 10 metriä ja niiden osalta 1/4 puuston kuutiomäärästä on oletettu menetettävän latvonnan yhteydessä
- Pylväsväli on 350 m
- Voimajohdon käyttöikä on 80 vuotta

Maakaapelivaihtoehtojen ilmastovaikutusten arvioinnissa käytettiin seuraavia oletuksia:

- Maakaapeli rakennetaan uuteen maastokäytävään. Maastokäytävän kokonaisala on hehtaarin.
- Maakaapelikäytävän leveys on 6 metriä
- Maakaapelin 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/

Päästölähde	Käytetty tietolähde
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 40 t, 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/
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).

Rakentaminen

Rakennusmateriaalien määrät ja työkoneiden (kaivinkone ja nosturi) käyttötunnit ovat etukäteisarvioita, jotka on kerätty aiemmissa laskennoissa sekä julkisista lähteistä. Laskennassa huomioitiin suurimmat materiaalivirrat, jotka koostuvat ilmavoimajohtojen osalta teräspylväistä, teräsbetonista, kaapeleista, murskeesta, haruksista, eristinketjuista ja maadoituskuparista. Maakaapelit koostuvat pääasiassa kaapelista, suojabetonilaatasta ja suojamuoviputkesta. Materiaalit voimajohdon rakentamista varten arvioitiin kuljetettavan 180 kilometrin säteeltä Infrarakentamisen Vähähiilisyiden Arviointimenetelmän mukaisesti. Murske arvioitiin kuljetettavan keskimäärin 50 kilometrin säteeltä. Laskennassa huomioitiin meno- ja paluumatkat.

Voimajohdon rakentamisessa kuluva työkoneiden käyttöaika arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (EFLA 2018). Koneiden käyttöajaksi arvioitiin samat kuin lähteessä eli kaivinkoneen käyttöajaksi 40 h/pylväs ja nosturin käyttöajaksi 8 h/pylväs. Maakaapelille arvioitiin vain kaivinkonetyötunnit.

Voimajohtoalueen metsän hakkuun hiilijalanjälki laskettiin arvioidun hakattavan puuston kuutiomäärän ja FAO:n arvioiman hakkuunopeuden mukaisesti. Ilmajohtoalueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella. Reunavyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean määrä laskettiin paikoin yliarvioin. Maakaapelialueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella ilman reunavyöhykkeitä.

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 massa. Samalla periaatteella arvioitiin myös nosturia tarvittavan huoltoihin 1 % verrattuna rakentamisen tarpeeseen per käyttövuosi. Maakaapelien korjaamisessa vaihdettavien materiaalien määrän arvioitiin olevan 0,5 % vuodessa, pohjautuen ilmajohdon huollon arvioon. Määrä arvioitiin puolet pienemmäksi, sillä maakaapelien tapauksessa ei käytetä suuria teräspylviä. Materiaalien päästöistä arvioitiin A1–A3-moduulien tasoiset päästöt. Vaihdetut materiaalit arvioitiin kuljetettavan kierrätykseen Majasaaren jätekeskukseen Kajaaniin noin 95 km päähän. Laskennassa huomioitiin meno- ja paluumatka. 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. Maakaapelien tarkastuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin kokonaisuuden kannalta merkityksettömiksi.

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 kuluva polttoaineen kulutuksen arvioitiin olevan EFLA:n (2018) raportissa esitetyn Statnetin arvion mukainen. Raportissa purkamisen polttoaineen kulutuksen arvioitiin olevan 20 % rakentamiseen kuluva polttoaineen kulutuksesta. Tässä työssä purkamisen oletetaan tapahtuvan samoilla työkoneilla kuin rakentamisen eli nosturilla (ilmavoimajohto) ja kaivinkoneella (ilmavoimajohto ja maakaapeli). 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 materiaalivirrat arvioitiin toimitettavan kierrätykseen Majasaaren jätekeskukseen Kajaaniin noin 95 kilometrin etäisyydelle. Laskennassa huomioitiin meno- ja paluumatka.

1.3 Hiilinielut ja -varastot sekä niiden muutokset

Tuulivoimapuiston ja ulkoisen sähkönsiirron rakentaminen edellyttävät puuston poistoa ja raivausta sekä johtoukean reunavyöhykkeen latvomista. Tuulivoimala-alueella puustoa hakataan voimalapaikkojen, energiavaraston, sähköasemien 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). Johtoukeaa oletetaan pidettävän puuston poistamisen jälkeen avoimena raivaamalla sitä 7–10 vuoden välein voimajohdon elinkaaren ajan (80 vuotta). Näiden toimien vaikutuksia alueen hiilinieluihin ja -varastoihin on arvioitu taulukossa 1-5.

Taulukko 1-5. Hankkeen vaikutukset hankealueen hiilinieluihin ja -varastoihin.

Vaikutus	Syntytapa
Hiilinielun menetys	Puuston hakkuu poistaa puiden kasvusta muodostuvan nielun rakennettavilla alueilla
	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 lehtipuiden biomassan määrälle runkopuutilavuutta kohden arvoja $0,76 \text{ t/m}^3$ ja $0,75 \text{ t/m}^3$ (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. Kainuun osalta kasvunopeus on tilastojen mukaan noin $3,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ per vuosi, mistä havupuiden osuus on noin $3,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ per vuosi ja lehtipuiden osuus noin $0,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ per vuosi.

Maaperän hiilinielujen ja -varastojen laskennassa hankealue on jaettu MVMI-aineiston ja Suomen ympäristökeskuksen Soiden ojitustilanne -paikkatieto-aineiston (Suomen ympäristökeskus 2011) avulla kivennäismaahan, ojitettuun ja ojittamattomaan turvemaahan sekä muihin alueisiin. Ojitetun turvemaan osalta on lisäksi määritetty kasvupaikkatyyppi. Muut alueet sisältävät esimerkiksi tiestöä ja muita metsätalousmaaksi luokittelemattomia alueita. Maaperän hiilivaraston arvioinnissa on hyödynnetty maakuntakohtaisia keskiarvoja turpeen ja siinä olevan hiilen määrälle (Minkkinen & Laine 1998), turvekerroksen keskipaksuudelle (Korhonen ym. 2013) turvemaalla sekä hiilen määrälle kivennäismaalla (Liski ym. 2006). 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). Kaikkien tulosten osalta hiilen määrä on muutettu hiilidioksidiksi moolimassasuhteen $3,67$ mukaisesti (IPCC 2007).

1.4 VE0

Hankevaihtoehto VE0:ksi arvioidaan tilanne, jossa tuulipuistoa, voimajohtoa ja aurinkovoima-aluetta ei toteuteta, eikä siten uutta uusiutuvaa sähköä tuoteta. Hankkeen tuottama $315\text{--}420 \text{ GWh/vuodessa}$ (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 sähköjakaumalla. (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

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>

Suomen ympäristökeskus 2011. Soiden ojitustilanne (SOJT_09b1). Syken avoin paikkatietoaineisto.

<https://ckan.ymparisto.fi/dataset/soiden-ojitustilanne>

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#lcadownload>

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>