



ETHA WIND



HIILIKÄDENJÄLKILASKENTA TAKAKANGAS-PIHLAJAHARJUN HANKKEELLE

SISÄLLYS

1	YHTEENVETO	3
2	TAUSTA.....	4
3	HIILIJALANJÄLKI.....	5
3.1	Tausta.....	5
3.2	Hiilinielu.....	6
3.3	Tulokset.....	7
4	HIILIKÄDENJÄLKILASKENNAT	9
4.1	Soveltamisalan, asiakkaan, lähtötason ja potentiaalisten kädenjälkeen vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen	9
4.2	Käytetyn yksikön, järjestelmän rajojen ja tarvittavan datan määrittäminen	10
4.3	Hiilikädenjäljen laskeminen	10
4.4	Tulosten kriittinen tarkastelu ja niistä viestiminen.....	11
5	YHTEENVETO	12
6	LÄHTEET	13

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, pvm.	Tarkastaja	Hyväksyjä	Lyhyt kuvaus
Ver 1	Christian Granlund 10.6.2022	Nina Nurmela 10.6.2022	Jukka Rönnlund 10.6.2022	Hiilikädenjälki- ja hiilijalanjälkilaskennat tuulivoimahankkeelle.
Rev1	Christian Granlund 19.8.2022	Sonja Telkki 19.8.2022	Sonja Telkki 19.8.2022	Muutama tarkennus ELY:n kommenttien perusteella.

KÄSITTEET

- Elinkaariarviointi** *(Life cycle assessment, LCA) Menetelmä, jolla voidaan analysoida ja arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta.*
- Hiilidioksidiekvivalentti** *(CO₂-ekv. Carbon dioxide equivalent) Hiilijalanjäljen yksikkö. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus muunnettuna hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi ilmakehässä.*
- Hiilijalanjälki** *Tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset hiilidioksidiekvivalentteina ilmoitettuna. Keskiössä välittömät negatiiviset päästövaikutukset.*
- Hiilikädenjälki** *Tuotteen tai palvelun ilmastohyödyt. Kertoo paljonko käyttäjä voi tuotteella tai palvelulla vähentää päästöjään. Keskiössä tulevat myönteiset päästövaikutukset.*
- Hiilivarasto** *Maaperään ja kasvillisuuteen yhteyttämisen ohessa sitoutunut hiili.*
- Hiilinielu** *Maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuosittainen kasvu.*

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuiston hiilijalanjälki- ja hiilikädenjälkilaskennat. Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimapuiston hiilijalanjälki- ja hiilikädenjälkilaskennat ovat osa projektin ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.

Työmenetelmät:

Hiilikädenjälki- ja hiilijalanjälkilaskennat perustuvat moniin eri lähteisiin hankkeen elinkaaren aikaisista päästöistä sekä muista energialähteistä aiheutuvista päästöistä. Arvioinnin aikana on ollut tavoitteena käyttää uusimpia ja luotettavimpia lähteitä.

Hiilijalanjälkilaskennat perustuvat ISO 14044 (Elinkaariarviointi) ja ISO 14067 (Hiilijalanjälki) standardeihin. Hiilikädenjälkilaskennat perustuvat hiilikädenjälkioppaaseen (VTT, 2021).

Tulokset:

Hiilijalanjälkianalyysi osoittaa, että Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimahankkeen hiilijalanjälki on noin 7 g CO₂-ekv. / kWh, kun hiilijalanjälki kivihielelle on noin 1 000 g CO₂-ekv. / kWh ja maakaasulle 400–500 CO₂-ekv. / kWh (UNECE, 2021).

Hiilikädenjälkianalyysimme mukaan Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimahankkeen hiilikädenjäljen arvioidaan olevan 461 g CO₂-ekv/kWh. Tämän 12 voimalan kokoisen hankkeen hiilikädenjälki vastaa sitä, että 16 000 suomalaista (13 000 suomalaista, kymmenen voimalan vaihtoehdolla) saavuttaa hiilineutraaliuden. Tuulivoimarakentaminen tukee vahvasti Suomen ja EU:n ilmastotavoitteita.

2 TAUSTA

Euroopan komissio on asettanut tavoitteekseen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 55 % vuoteen 2030 mennessä, verrattuna vuoden 1990 tasoihin. Tavoitteena on saavuttaa ilmastoneutraalius EU:ssa vuoteen 2050 mennessä (Ympäristöministeriö, 2021). EU:n tavoitteiden lisäksi Suomi on asettanut omat kansalliset päämääränsä, joissa tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 %:lla vuoteen 2050 mennessä, verrattuna vuoden 1990 tasoihin (Ympäristöministeriö, 2021).

Tuulivoimalla on kriittinen rooli näiden tavoitteiden saavuttamisessa, sillä tuulivoima pienentää merkittävästi Suomessa käytetyn energian hiilijalanjälkeä. Suomen uusiutuva energia voi lisäksi tukea muita EU-maita ilmastotavoitteidensa saavuttamisessa, kuten raportissa myöhemmin kerrotaan.

Tuulivoimahankkeiden vaikutusta ilmastonmuutokseen on perinteisesti arvioitu tekemällä hankkeen hiilijalanjäljelle elinkaariarviointi (Life cycle assessment, LCA). Vaikka hiilijalanjälkimenetelmä on yleisesti ottaen perusta ilmastonmuutoksen vaikutuslaskelmissa, tämä menetelmä keskittyy tuotteen, tai tässä tapauksessa tuulivoimahankkeen, kielteisiin vaikutuksiin. Tuulivoimahankkeella on pieni negatiivinen vaikutus hiilitaseeseen, mikä johtuu pääasiassa voimalan valmistusprosessin aikaisista päästöistä, mutta myös kuljetuksista ja pienenevästä hiilinielusta, kun osa hankealueen metsästä kaadetaan. Tuulivoiman kokonaispäästöt (hiilijalanjälki) ovat tällä hetkellä alle 10 g CO₂-ekv/kWh tuotettua energiaa (DW, 2021).

Ehdotuksemme on kuitenkin, että ilmastonmuutoksen vaikutusarvioinnissa keskitytään päästöihin, jotka on vältetty, kun on siirrytty uusiutuvaan energiaan. Tämä on tuulivoimahankkeiden selvästi merkittävämpi vaikutus hiilijalanjälkeen verrattuna, ja se voidaan tuoda keskiöön hiilikädenjälkilaskelmien avulla.

Hiilikädenjäljen käsite otettiin käyttöön, jotta uuden tuotteen tai palvelun ympäristöhyödyt voitaisiin tuoda esiin. Hiilikädenjäljen periaatteena on arvioida, kuinka paljon asiakas voi tietyn tuotteen avulla pienentää hiilijalanjälkeään.

3 HIILIJALANJÄLKI

3.1 TAUSTA

Koska hiilikädenjälkilaskelmat perustuvat hiilijalanjälkilaskelmiin, arvioidaan ensin Takakangas-Pihlajaharjun hiilijalanjälki.

Tuulivoimahankkeiden viimeaikaisissa elinkaariarvioinneissa on tyypillisesti arvioitu hiilijalanjäljen olevan noin 6–9 g CO₂-ekv. / kWh (UBA 2021 ja Vestas 2022). Käyttöiän pidentyessä tulevien hankkeiden hiilijalanjälki tulee olemaan hieman pienempi. Suurin osa päästöistä tulee voimalan (~70–75 %), perustan (~10–15 %) ja kaapeleiden (~5–10 %) valmistamisesta. Asennuksen (~1 %), käytön (~5 %) ja käytöstä poiston (~1 %) aikaiset päästöt ovat melko pieniä verrattuna kokonaispäästöihin (Vestas, 2021).

Laskennassa käytetyt oletukset ja tulokset on esitetty alla olevissa kaavioissa ja taulukoissa. Laskennan oletukset perustuvat useisiin eri lähteisiin. Suurin osa laskelmasta perustuu V150 4,2 MW voimalalle tehtyyn elinkaariarviointiin (Vestas, 2022), koska tätä pidettiin luotettavimpana nykyaikaiselle voimalatyypille tehtynä elinkaariarviointina. Tulokset ekstrapoloitiin tässä arvioinnissa käytetylle suuremmalle voimalalle. Myös muita lähtöoletuksia mukautettiin suuremmalle voimalatyypille (käyttöikä, kaapelointi, kuljetus, hiilinielun menetys jne.). Voimaloiden oletettu käyttöikä sekä kierrätyksestä tehdyt oletukset (kierrätysshyvitysten käyttö laskennassa) vaikuttavat merkittävästi hankkeen hiilijalanjälkeen (\pm 2–3 g CO₂-ekv. / kWh). Hiilijalanjälki raportoidaan sekä kierrätysshyvitysten kanssa, että ilman niitä.

Taulukko 1. Laskennassa käytetyt oletukset

Oletus	VE1	VE2
Tuulivoimapuiston elinikä	35 vuotta	35 vuotta
Voimalamäärä	12	10
Voimalan kokonaiskorkeus	300 m	300 m
Roottorin halkaisija	200 m	200 m
Tornin korkeus	200 m	200 m
Tuotanto per voimala	30 000 MWh/vuosi	30 000 MWh/vuosi

3.2 HIILINIELU

Tuulivoimapuiston rakentaminen edellyttää metsän kaatamista, millä on kielteinen vaikutus hiilitaseeseen ja joka tulisi sisällyttää hiilijalanjälki- sekä hiilikädenjälkilaskelmiin. Metsää kaadetaan 110 kV:n sähkölinjan ja uusien metsäteiden rakentamiseksi, sekä voimaloiden sijaintien luona tapahtuvan rakentamisen vuoksi.

Arvioinnissa oletetaan, että hiilidioksidia vapautuu takaisin ilmakehään sama määrä, kuin mitä metsää kaadetaan. Arvioinnissa ei täten oteta huomioon kaadettavan puuston mahdollista hyötykäyttöä. Tämä tarkoittaa, että laskentaan sisältyy metsäkaadon vuoksi menetetyt hiilivaraston vaikutus sekä menetetty hiilinielu, kun metsää ei kasva seuraavan 35 vuoden ajan.

Laskenta tehtiin SYKE:n hiilinielulaskurilla (2021). Laskennassa käytetyt oletukset on lueteltu alla yhdessä tulosten kanssa. Pinta-ala oletukset on laskettu paikkatieto-ohjelmistolla tuulivoimapuiston sijoitussuunnitelman, tiesuunnittelun ja sähköverkkoliittymän perusteella. Oletukset puuston tilavuudesta ja kasvukertoimesta tulevat LUKE:lta (2021). Hiilivaraston pieni kasvu on huomioitu käyttövaiheen aikana, sillä kasvillisuuden annetaan jonkin verran kasvaa takaisin 110 kV:n sähkölinjaa pitkin. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on kolme voimajohtoreittivaihtoehtoa ja tässä laskennassa on käytetty itäistä vaihtoehtoa, joka toteutettaisiin ilmajohtona.

Taulukko 2. Laskennassa käytetyt oletukset

Oletus	12 voimalaa	10 voimalaa
Puuston tilavuus	157 m ³ / ha	157 m ³ / ha
Puuston kasvukerroin	7,4 m ³ / ha / v	7,4 m ³ / ha / v
Käyttöikä	35 vuotta	35 vuotta
Uudet huoltotiet	6 km, leveys 6 m	5 km, leveys 6 m
Uudet voimajohdot, 110 kV	16,5 km, leveys 55 m	16,5 km, leveys 55 m
Hiilen osuus puuaineksesta	50 %	50 %
Poistuva metsä, pysyvä	89 ha	85 ha
Poistuva metsä, palautuva	64 ha	61 ha
Poistuva kuutiomäärä	13 936 m ³	13 394 m ³
Hiilivaraston menetys, poistuvan biomassan aiheuttama	12892 t CO ₂ -ekv.	12390 t CO ₂ -ekv.
Hiilinielun menetys, tulevan kasvun poistuman aiheuttama	9297 t CO ₂ -ekv.	8795 t CO ₂ -ekv.
Hiilivaraston ja -nielun menetys, 35 v	22 189 t CO₂-ekv.	21 185 t CO₂-ekv.

3.3 TULOKSET

Hiilijalanjälkilaskennan tulokset on esitelty tässä luvussa. Eri osien vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen on esitelty alla olevassa taulukossa. Voimalan, perustuksen ja kaapeloinnin valmistus vastaavat valtaosasta hankkeen elinkaaren aikaisista päästöistä.

Taulukko 3. Prosenttiosuudet päästöistä

	VE1	VE2
Voimala	53 %	51 %
Perustukset	8 %	8 %
Kaapelointi	4 %	4 %
Sähköasema	1 %	1 %
Kuljetus ja tiet	1 %	1 %
Käyttövaihe	6 %	5 %
Käytöstä poisto	1 %	1 %
Hiilinielun menetys	27 %	29 %

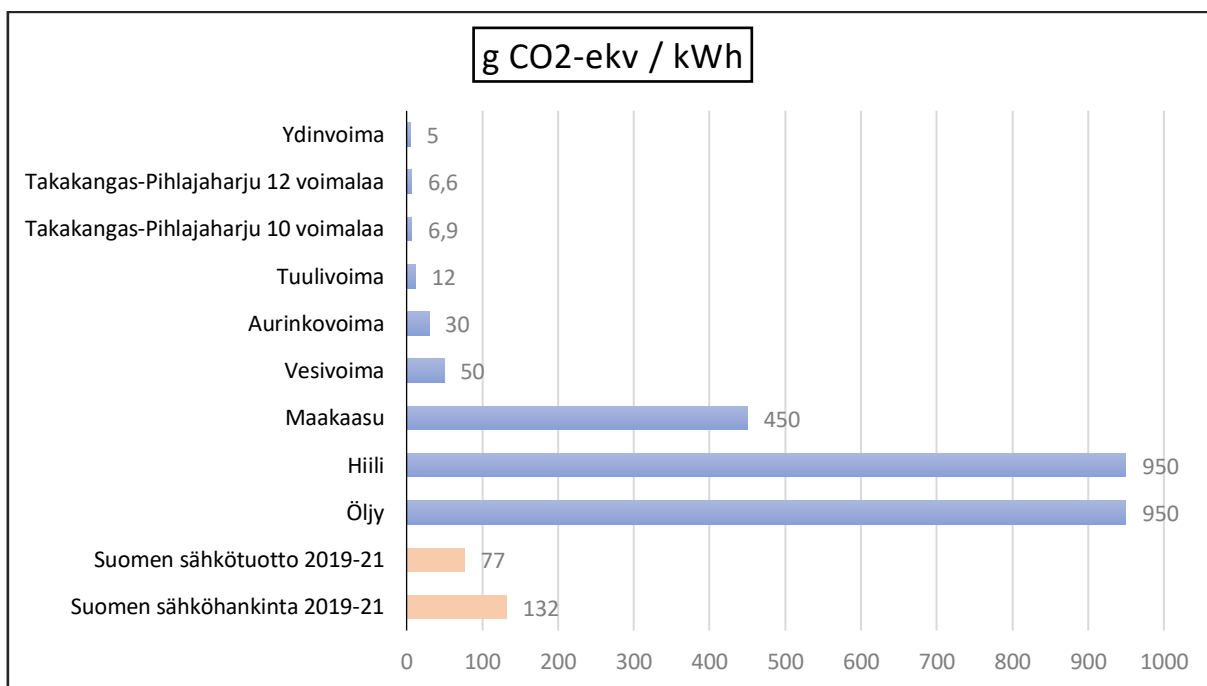
Lopulliset tulokset on esitelty alla olevassa taulukossa. Arvioitu hiilijalanjälki on 6,7–7,0 g CO₂-ekv. / kWh, kun kierrätysyhvitykset on huomioitu laskennassa. Oletetun 35 vuoden käyttöiän vuoksi päästöt ovat hieman pienemmät kuin Vestaksen (2022) ja UBA:n (2021) esittämät arviot 7,3–9 g / kWh-ekv. päästöistä, vaikka metsähakkuista johtuva hiilinielun menetys on laskentaan lisätty.

Taulukko 4. Hiilidioksidipäästöjen yhteenveto, Takakangas-Pihlajaharjun elinkaariarviointi

Vaihe	12 WTG	10 WTG
Rakentaminen (t CO ₂ -ekv.)	55 643 (92 016 ilman kierrätysyhvitystä)	46 369 (76 680 ilman kierrätysyhvitystä)
Käyttövaihe (t CO ₂ -ekv.)	4 576	3 813
Käytöstä poisto (t CO ₂ -ekv.)	610	508
Hiilivaraston ja -nielun menetys (t CO ₂ -ekv.)	22 189	21 185
Yhteensä (t CO ₂ -ekv.)	83 018 (119 391 ilman kierrätysyhvitystä)	71 875 (102 186 ilman kierrätysyhvitystä)

Arvioitu tuotanto (MWh, 35 vuoden aikana)	12 600 000	10 500 000
g CO ₂ -ekv. / kWh	6,6 (9,5 ilman kierrätysyhvitystä)	6,9 (9,7 ilman kierrätysyhvitystä)

Alla olevassa kaaviossa on verrattu Takakangas-Pihlajaharjun hankkeen päästöjä muiden energiantuotantomuotojen tyypillisiin päästöihin. Tietolähteet ovat UNECE (2021) ja Fingrid (2022).



Kuva 1. Sähköntuotannon päästöjen vertailu

4 HIILIKÄDENJÄLKILASKENNAT

Tässä luvussa arvioidaan Takakangas-Pihlajaharjun hiilikädenjälki. Luvut 4.1–4.4 noudattavat VTT:n hiilikädenjälkioppaassa (VTT, 2021) hahmoteltuja vaiheita.

4.1 SOVELTAMISALAN, ASIAKKAAN, LÄHTÖTASON JA POTENTIAALISTEN KÄDENJÄLKEEN VAIKUTTAVIEN TEKIJÖIDEN TUNNISTAMINEN

Hiilikädenjäljen periaatteena on arvioida, kuinka paljon asiakas voi tietyn tuotteen avulla pienentää hiilijalanjälkeään. Ydinkysymys on, *mikä energiantuotantomuoto korvataan tuulivoimapuistojen sähköntuotannolla ja mikä on vaikutus hiilipäästöihin?* Tarkasteltava skenaario on kuvattu alla.

Tuulipuistojen tuotanto korvaa tuontisähköä (tätä pidetään realistisimpana skenaariona). Suomen pienempi tuontitarve auttaa pienentämään Euroopan energialähteiden yhdistelmän hiilijalanjälkeä. Tämä voi tapahtua kahdella eri tavalla:

- a) Suomen pienempi tuontitarve tarkoittaa sitä, että uusiutuva energia, joka olisi tuotu Suomeen, voidaan käyttää muissa maissa, mikä pienentää näiden maiden hiilijalanjälkeä.
- b) Vaihtoehtoisesti, kun Suomen sähköntuonnin tarve on pienempi, Suomeen uusiutumattomaa energiaa vievät maat voivat vähentää uusiutumattoman energian tuotantoaan, mikä jälleen pienentää viejämaiden hiilijalanjälkeä.

Sekä vaihtoehtoissa a että b korvatut energialähteet ovat pääasiassa kivihilli, maakaasu, ydinvoima, öljy ja turve. Tämä on järkevä oletus, sillä EU-maat pyrkivät saavuttamaan EU:n asettamat tavoitteet ilmastoneutraaliudesta. Laskennan oletusten yhteenveto on alla.

- Soveltamisala: Sähköntuotanto tuulivoimapuistosta.
- Asiakas: Suomalaiset kuluttajat ja yritykset, epäsuorasti myös eurooppalaiset kuluttajat ja yritykset.

- Lähtötaso: Lähtötaso perustuu Suomen ja Euroopan nykyiseen sähköntuotantotilanteeseen. Koska tuulivoima korvaa vain ei-toivotut energialähteet, raportin lähtötason olettamuksena on, että 35 % korvatusta energiasta tulee öljystä, turpeesta ja hiilestä, 35 % tulee ydinvoimasta ja 30 % maakaasusta.
- Kädenjälkeen vaikuttavat tekijät: Laskelmien kädenjälki on laskettu perustuen lähtötasoratkaisun hiilijalanjälkeen, josta on vähennetty tuulivoimapuiston hiilijalanjälki.

4.2 KÄYTETYN YKSIKÖN, JÄRJESTELMÄN RAJOJEN JA TARVITTAVAN DATAN MÄÄRITTÄMINEN

Käytetty yksikkö on g CO₂-ekv. / kWh tuotettua sähköä. Elinkaariarviointi tehdään kolmelle eri skenaariolle. Laskelmissa tarvittavat CO₂-päästötietoaineistot tarkistetaan ja arvioidaan sen varmistamiseksi, että laskelmissa on käytetty luotettavia ja ajantasaisia oletuksia.

Suomi on osa Euroopan yhteisiä sähkömarkkinoita, joilla sähköä kaupataan Pohjoismaiden välillä sekä myös Pohjoismaista muualle Eurooppaan. Yhteistä sähkömarkkinajärjestelmää ajatellen voidaan ottaa huomioon esimerkki, jossa tuulivoiman lisääntymisestä johtuva sähköntuotannon kasvu vähentää Suomen tarvetta tuoda sähköä Ruotsista. Tämän seurauksena Ruotsi voi viedä enemmän vihreää energiaa Puolaan ja Saksaan, mikä vähentää Puolan ja Saksan riippuvuutta hiilivoimasta. Tämä myönteinen vaikutus otetaan huomioon hiilikädenjälkilaskennassa.

4.3 HIILIKÄDENJÄLJEN LASKEMINEN

Hiilijalanjälkeä arvioidaan tuulivoimapuiston koko elinkaaren aikana, tässä tapauksessa 35 vuoden ajan (vuosina 2022–2057). Tuulivoimapuiston hiilijalanjäljeksi lasketaan 7 g CO₂-ekv/kWh tuotettua energiaa (luku 3).

Korvattu sähköntuotanto koostuu uusiutuvan energian ja uusiutumattoman energian yhdistelmästä. Suomen pienempi tuontitarve tarkoittaa sitä, että uusiutuva energia, joka olisi viety Suomeen, voidaan käyttää muissa maissa, kun taas ei-toivotut energialähteet voidaan vaihteittain poistaa käytöstä näissä maissa. Korvatut energialähteet ovat pääasiassa öljy, turve, kivihiili, ydinvoima ja maakaasu. Näiden osuuksien ja niiden päästöjen (UNECE 2021) arvioidaan olevan:

Öljy, turve ja hiili	35 % osuus	950 g CO ₂ -ekv/kWh
Ydinvoima	35 % osuus	6 g CO ₂ -ekv/kWh
Maakaasu	30 % osuus	450 g CO ₂ -ekv/kWh

Tuloksena on painotettu keskiarvo 470 g CO₂-ekv/kWh.

Hiilikädenjälki on $470 \text{ g} - 7 \text{ g} = 463 \text{ g CO}_2\text{-ekv/kWh}$.

4.4 TULOSEN KRIITTINEN TARKASTELU JA NIISTÄ VIESTIMINEN

Suomen hiilijalanjälki on 10,3 tonnia CO₂-ekv. per henkilö/vuosi (Sitra, 2018). Luvun 4.3 laskelman perusteella Takakangas-Pihlajaharjun 12 tuulivoimalan kokoinen tuulivoimapuisto vähentää hiilidioksidipäästöjä noin 167 000 tonnilla vuodessa. Tämä vastaisi samaa, jos 16 000 suomalaista saavuttaisi hiilineutraaliuden. 10 tuulivoimalan kokoinen toteutusvaihtoehtoon päästövähennys on 139 000 tonnia vuodessa, mikä vastaisi 13 000 suomalaisen hiilineutraaliutta.

Kun ilmastoneutraalius on saavutettu EU:ssa, tulee suomalaisen tuulivoiman hiilikädenjälki olemaan paljon pienempi. Seuraavien 20–30 vuoden aikana valtaosa tuulivoimasta kuitenkin käytetään fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen eri muodoissa Euroopan komission asettamien ilmastotavoitteiden mukaisesti.

Tuulivoiman hiilijalanjälkeä voidaan verrata myös Suomen sähköntuotannon hiilijalanjälkeen, joka on tällä hetkellä noin 70 g CO₂-ekv. / kWh (Fingrid, 2022). Suomen sähköntuotannon jalanjäljen odotetaan pienenevän entisestään ainakin vuoteen 2035 saakka ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Tuodun sähkön yhdistelmän hiilijalanjälki on 133 g CO₂-ekv. / kWh (laskettu Fingridin vuosien 2019–2021 tietojen perusteella). Näitä Suomen sähköyhdistelmään liittyviä lukuja ei kuitenkaan oteta huomioon kädenjälkilaskennassa, koska tuulivoima korvaa ei-toivotut energialähteet, ei keskimääräistä sähköyhdistelmää.

5 YHTEENVETO

Hiilijalanjätkianalyysi osoittaa, että Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimahankkeen hiilijalanjätki on noin 7 g CO₂-ekv. / kWh, kun hiilijalanjätki kivihiilelle on noin 1000 g CO₂-ekv. / kWh ja maakaasulle 400–500 CO₂-ekv. / kWh (UNECE, 2021).

Hiilikädenjätkianalyysi osoittaa lisäksi sen myönteisen vaikutuksen, mikä syntyy, kun fossiiliset polttoaineet korvataan tuulivoimapuistojen uusiutuvalla energialla. Analyysimme mukaan suomalaisten tuulivoimapuistohankkeiden hiilikädenjätki on noin 50 kertaa suurempi kuin hiilijalanjätki. Tämä tarkoittaa, että myönteiset vaikutukset (päästövähennykset) ovat 50 kertaa suuremmat kuin tuulivoimapuistohankkeen kielteiset vaikutukset (tuulivoimapuiston elinkaaren aikana aiheutetut päästöt ja pienentynyt hiilinielu metsähakkuiden vuoksi).

Hiilikädenjätkianalyysimme mukaan Takakangas-Pihlajaharjun tuulivoimahankkeen hiilikädenjätkin arvioidaan olevan 461 g CO₂-ekv/kWh. Tämän 12 voimalan kokaisen hankkeen hiilikädenjätki vastaa sitä, että 16 000 suomalaista (13 000 suomalaista, kymmenen voimalan vaihtoehdolla) saavuttaa hiilineutraaliuden. Tuulivoimarakentaminen tukee vahvasti Suomen ja EU:n ilmastotavoitteita.

6 LÄHTEET

DW (2021). *How Sustainable is wind power?* <https://www.dw.com/en/how-sustainable-is-wind-power/a-60268971>

Fingrid (2022). *Sähköntuotannon CO₂-päästöarvio.*
<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Hybrit (2021). *LKAB och Vattenfall först i världen med vätgasreducerad järnsvamp*
<https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-ssab-lkab-och-vattenfall-forst-i-varlden-med-vatgasreducerad-jarnsvamp/>

ICCT (2021). *A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars.* <https://theicct.org/publication/a-global-comparison-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-combustion-engine-and-electric-passenger-cars/>

LUKE (2021) Metsien kasvuvauhti hidastui, mutta puuston tilavuus suureni
<https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsien-kasvuvauhti-hidastui-mutta-puuston-tilavuus-suureni>

Ministry of the Environment Finland (2021). *EU climate policy.* <https://ym.fi/en/eu-climate-policy>

Ministry of the Environment Finland (2022). *Finland's national climate change policy.*
<https://ym.fi/en/finland-s-national-climate-change-policy>

Sitra (2018). *Keskivertosuomalaisen Hiilijalanjälki.* The Finnish Innovation Fund Sitra.
<https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/>

SYKE (2021). *Hiilinielulaskuri.* <https://laskurit.hiilineutraalisuomi.fi/nielu/>

UBA (2021). *Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen.*
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf

UNECE (2021). *Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options*
<https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

Vestas (2022). *Life Cycle Assessment of Electricity from an Onshore V150 4.2MW wind plant.*
https://www.vestas.com/content/dam/vestas-com/global/en/sustainability/reports-and-ratings/lcas/LCA%20of%20Electricity%20Production%20from%20an%20onshore%20V150-4.5MW%20Wind%20Plant_web.pdf.coredownload.inline.pdf

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd (2021). *Carbon Handprint Guide, V2.*
https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2021/Carbon_handprint_guide_2021.pdf