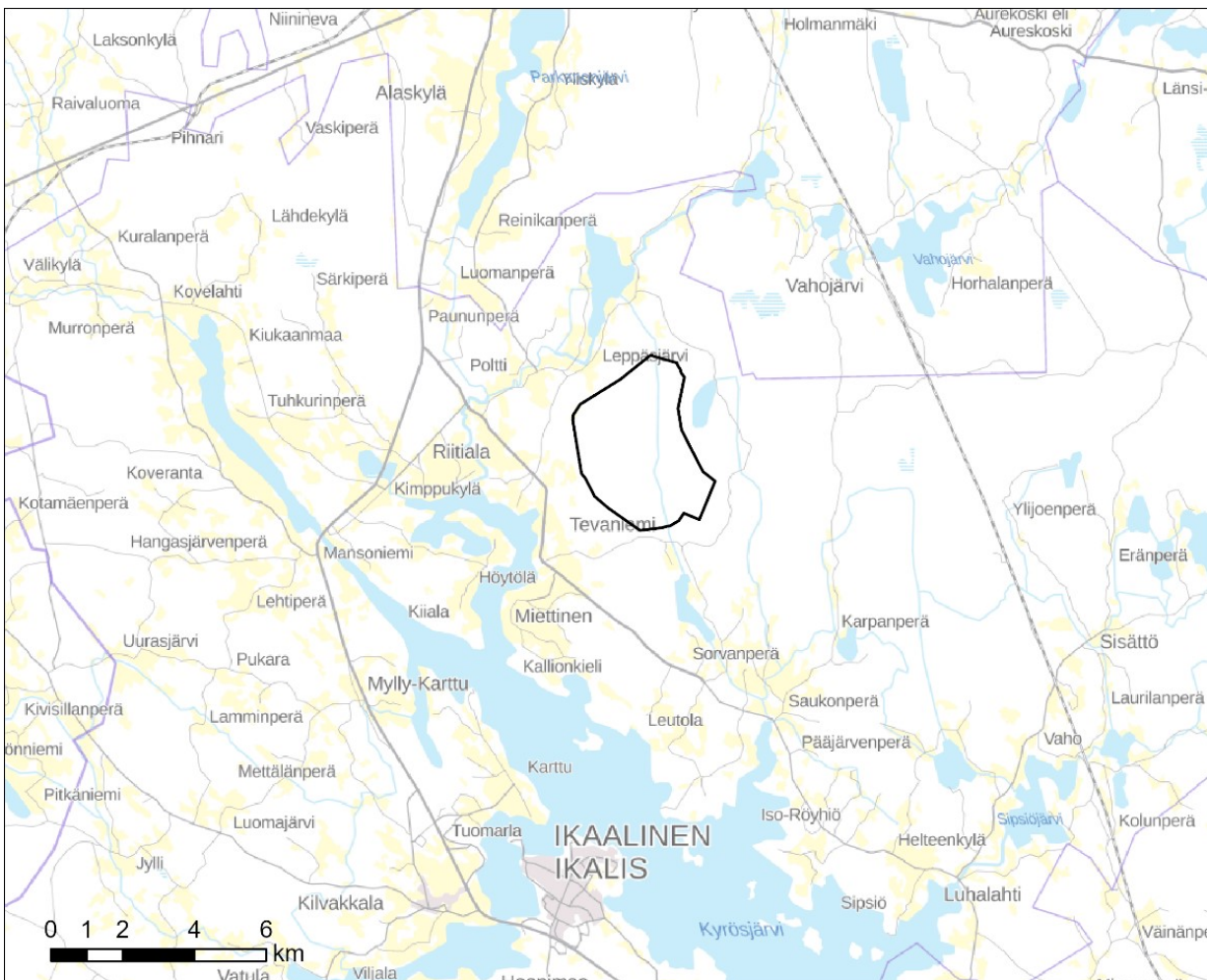


Sitowise Oy
Juha Seppälä, Maija Mattinen-Yuryev, Matti Koutonen

Tevaniemen tuulivoiman tuotantoalueen hiilitaselaskelma

Tulokset ja menetelmäkuvaus



Päiväys	15.3.2022
Tekijä	Juha Seppälä, Maija Mattinen-Yuryev, Matti Koutonen
Tarkastaja	Timo Huhtinen
Hyväksynyt	Timo Huhtinen
Projektinumero	YKK66284

Sisällys

Tulokset	1
1 Johdanto	8
2 Keskeiset käsitteet	9
3 Lähtötiedot, oletukset ja arviointimenetelmät	9
4 Lähteet	12
Liite 1: Kartta hankealueesta	13
Liite 2: Energiatuotantomuotojen päästöt	14
Liite 3: Elinkaariarviointi ja vuokaaviot	16

Tiivistelmä

Menetelmä

Hankkeen vaikutusta ilmastonmuutokseen arvioitiin hankkeen johdosta ja sen eri vaiheissa syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen perusteella. Kasvihuonekaasupäästöt esitetään yhteismitallistettuna hiilidioksidiekvivalenttina (CO₂-ekv.), joka kuvaa ilmastoa lämmittävää kokonaisvaikutusta (global warming potential, GWP).

Ilmastovaikutusten arvioinnissa huomioitiin hankkeen elinkaaren aikana syntyvät päästöt: rakentamisen aiheuttamat päästöt ja vaikutukset hiilinieluihin ja -varastoihin sekä käytön aikaiset ja elinkaaren lopussa tapahtuvat vaikutukset.

Tuulivoima-alueen kielteiset ilmastovaikutukset aiheutuvat voimaloiden rakentamisesta ja käytön aikaisista päästöistä sekä elinkaaren lopun toiminnoista. Lisäksi tuulivoima-alueella toteuttaminen vaikuttaa alueen kasvillisuuden nykyisiin ja tuleviin hiilinieluihin ja -varastoihin, kun metsäisillä alueilla puusto poistetaan.

Rakentamisvaiheessa päästöjä aiheutuu materiaalien valmistuksesta, kuljetuksista ja työmaatoiminnoista. Tuulivoima-alueella tuotetaan vähäpäästöistä energiaa, jolloin vältetään päästöintensiivisemmän sähköntuotantotavan aiheuttamia päästöjä. Näihin vältettyihin vaikutuksiin viitataan raportissa myönteisinä päästövaikutuksina.

Vaikutukset hankkeen aiheuttamiin hiilivaraston- ja nielun muutokseen arvioitiin määrittelemällä hankkeessa poistuvan puuston ja sen hiilensitomispotentiaalin (hiilinielun) määrä.

Tulokset

Hanke (VE1) tuottaa elinkaaren (30 vuotta) aikana sähköä 10 260 GWh. Tuotannon toteuttaminen tuulivoimalla aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä 87 717 t CO₂-ekv. Jos sama määrä sähköä tuotetaan Suomen keskimääräisen sähkönhankinnan (2013-2015, SYKE 2015) päästökertoimen mukaisesti, sähköntuotanto aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä 1 887 840 t CO₂-ekv. Tuulivoimatuotannon hiilidioksidipäästöjen säästö on tällöin edellisten lukujen erotus eli 1 800 123 t CO₂-ekv.

Ikaalisten kaupungin kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2020 olivat 63 900 t CO₂-ekv (<https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>). Jos vuotuisten päästöjen määrä säilyy samalla tasolla, päästöjen määrä 30 vuoden aikana on 1 980 900 t CO₂-ekv.

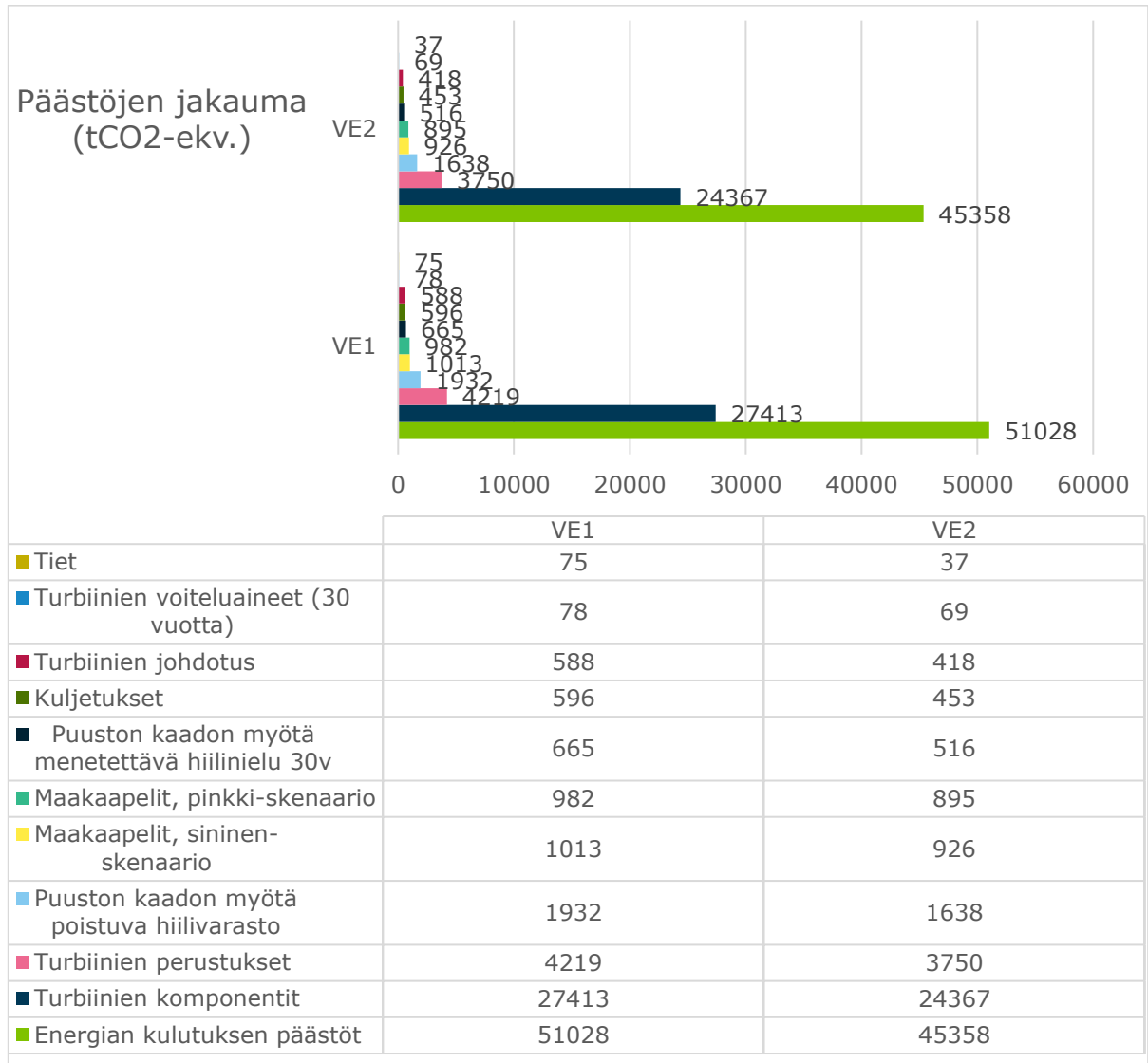
Laskelman perusteella Tevaniemen tuulivoimahankkeen tuottama päästöjen vähenemä on lähes yhtä suuri kuin kaupungin kokonaispäästöt 30 vuoden aikana.

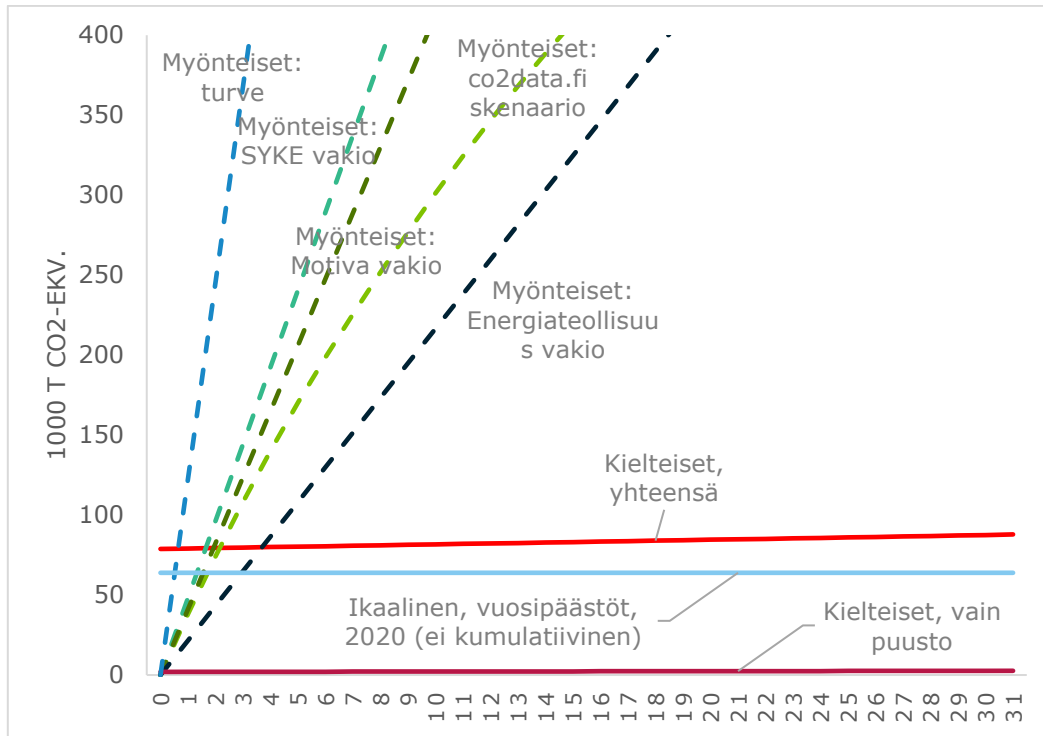
Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty tuotantoalueen päästöjen jakaumat. Käytön aikaiset myönteiset ilmastovaikutukset ylittävät yhteenlasketut kielteiset elinkaariset päästövaikutukset viimeistään neljän käyttövuoden jälkeen (Kuvat 1 ja 2). Tuotantoalueen elinkaariset päästöt tuotettua sähköä kohden (ml. vaikutus puuston hiilivarastoihin ja -nieluihin) ovat noin 8,3-8,5 g CO₂-ekv/kWh, mikä on huomattavasti alempi kuin fossiilisilla energiamuodoilla tuotetun sähkön tai Suomen keskimääräisen sähkönhankinnan päästöt (Kuvat 3).

Kuvassa Kuva 4 on esitetty Tevaniemen kumulatiivinen sähköntuotanto verrattuna Ikaalisten sähkönkulutukseen vuoden 2019 mukaan. Sähköntuotanto on huomattavasti suurempaa kuin vuoden 2019 mukainen kulutus. Kuvassa Kuva 5

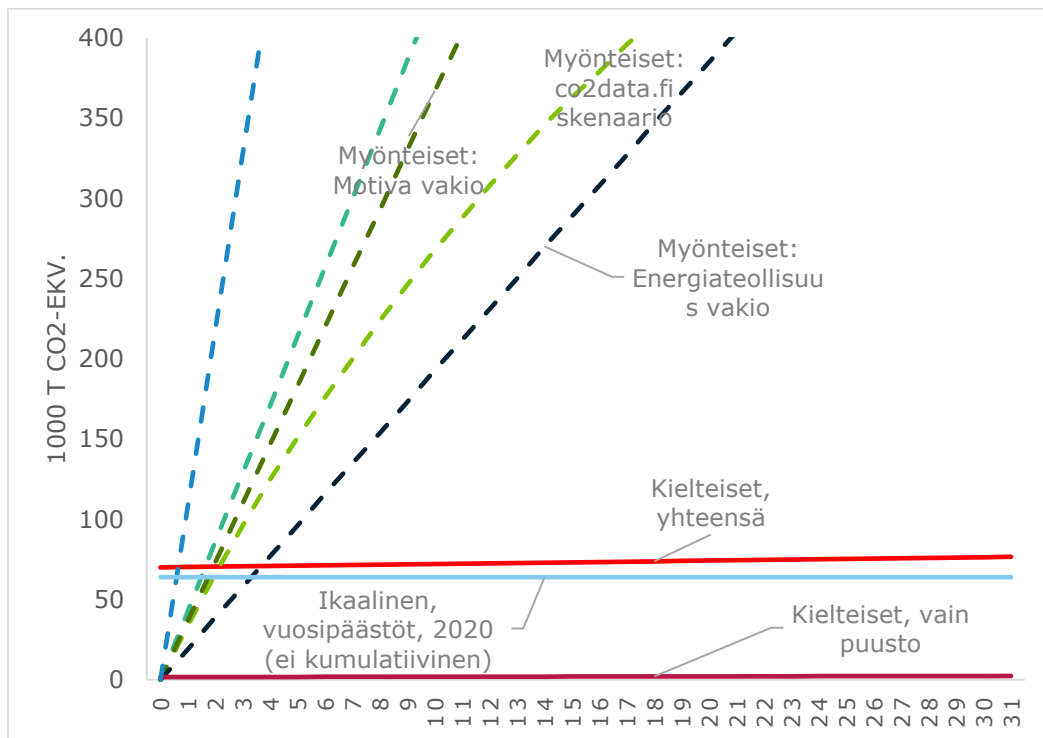
on esitetty Ikaalisten kumulatiiviset päästöt vuoden 2020 päästöjen mukaan verrattuna Tevaniemen päästöihin. Tuulivoiman päästöt ovat hyvin pieni osa Ikaalisten kokonaispäästöistä. Kokonaispäästöjen jakauma on esitetty kuvassa Kuva 6.

Taulukko 1. Tuotantoalueen vaihtoehtojen VE1 ja VE2 päästöjen jakauma.

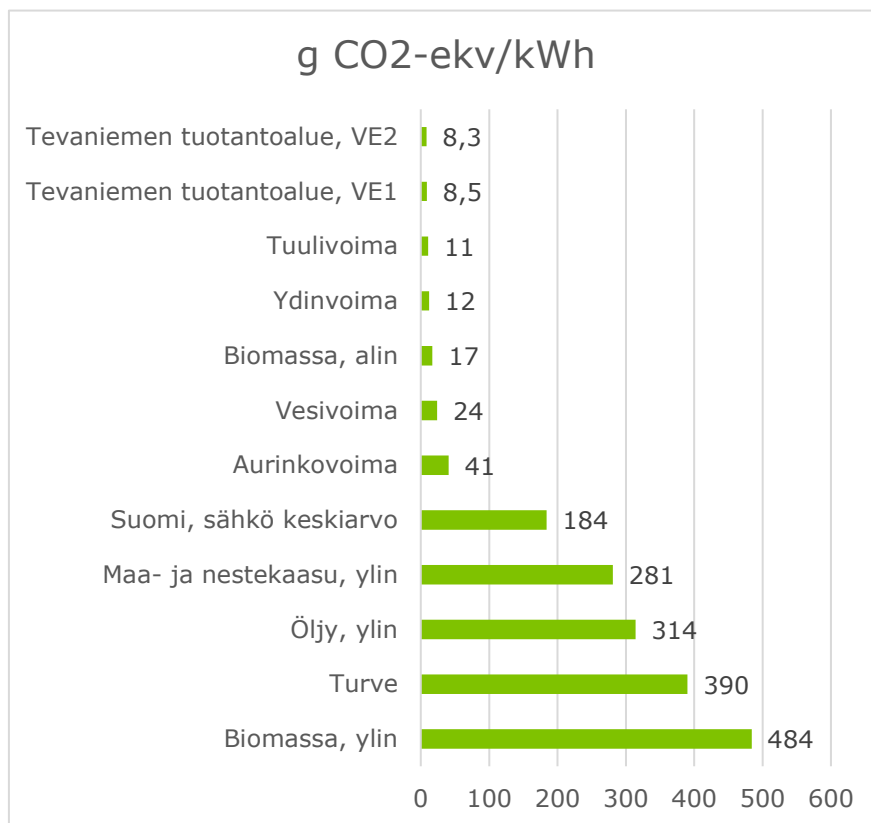




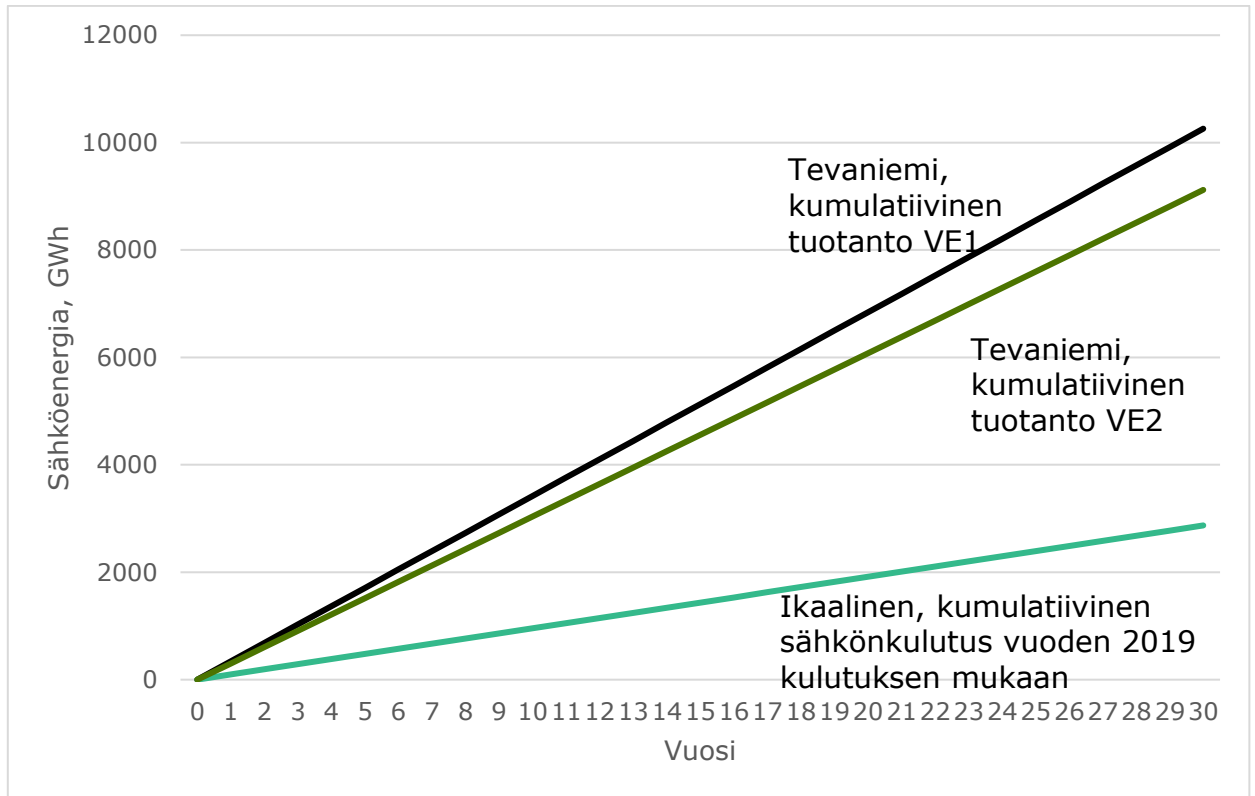
Kuva 1. Tuotantoalueen VE1 kumulatiiviset päästövaikutukset elinkaaren aikana. Vuosi 0 on rakentamisvaihe, v. 1 on ensimmäinen käyttövuosi ja v. 31 voimala puretaan. Yhtenäiset viivat kuvaavat kielteisiä päästövaikutuksia, katkoviivat myönteisiä (vältettyjä) vaikutuksia.



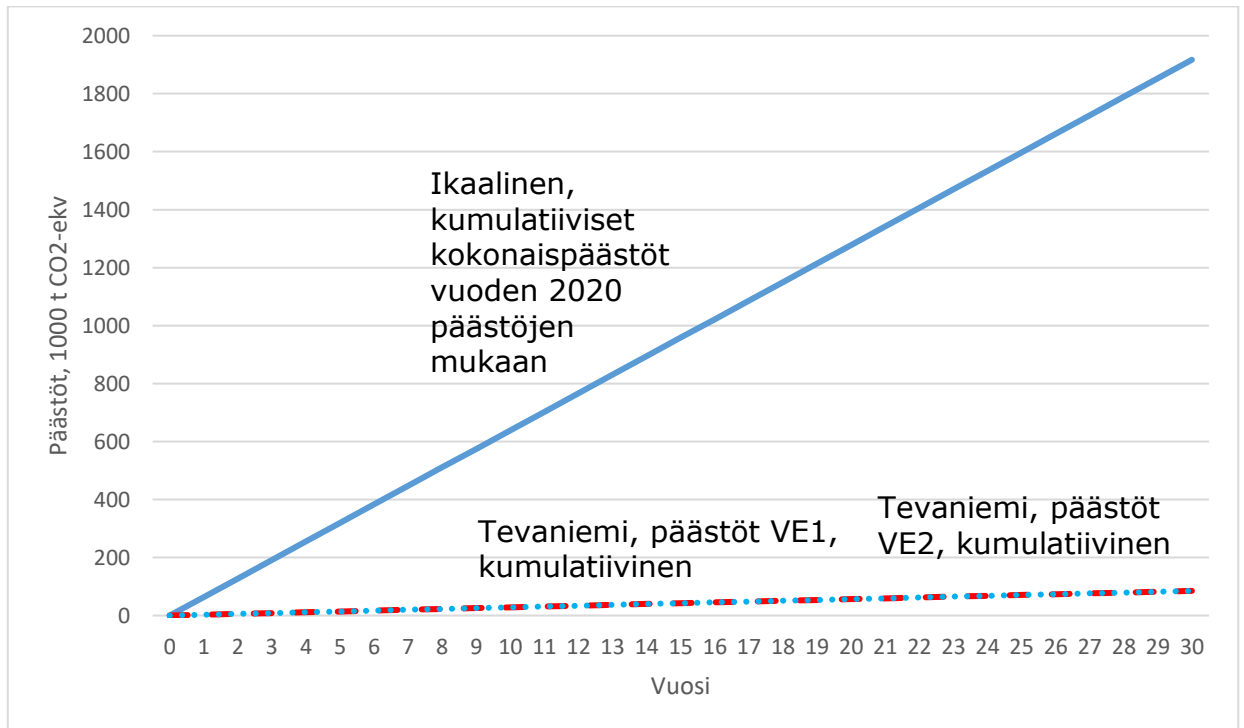
Kuva 2. Tuotantoalueen VE2 kumulatiiviset päästövaikutukset elinkaaren aikana. Vuosi 0 on rakentamisvaihe, v. 1 on ensimmäinen käyttövuosi ja v. 31 voimala puretaan. Yhtenäiset viivat kuvaavat kielteisiä päästövaikutuksia, katkoviivat myönteisiä (vältettyjä) vaikutuksia.



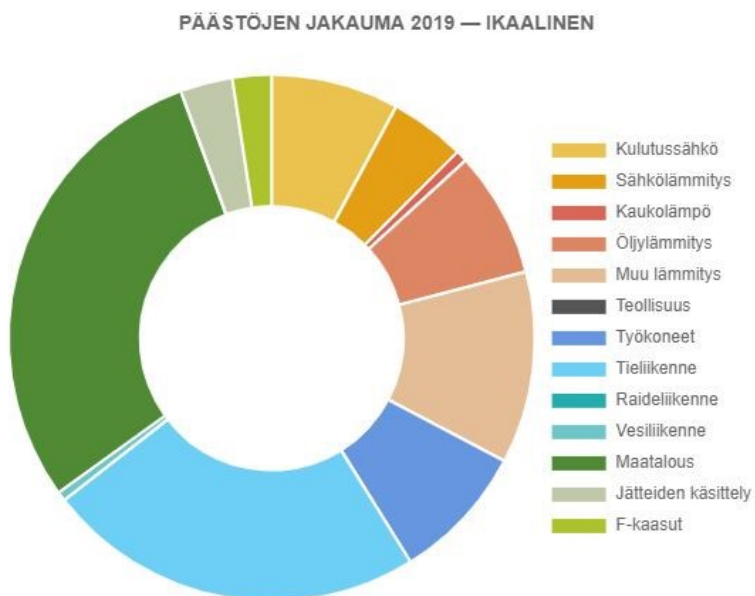
Kuva 3. Energialähteiden elinkaarisia päästöarvioita, g CO₂-ekv./kWh. Lisätiedot ja lähteet liitteen taulukossa L2.1.



Kuva 4. Tevaniemen kumulatiivinen sähköntuotanto verrattuna Ikaalisten sähkönkulutukseen vuoden 2019 mukaan.



Kuva 5. Ikaalisten kumulatiiviset kokonaispäästöt vuoden 2020 päästöjen mukaan verrattuna Tevaniemen päästöihin.



Kuva 6. Kuvassa on esitetty Ikaalisten kaupungin hiilidioksidipäästöjen jakauma vuodelta 2019. Kaupungin kokonaispäästöt vuonna 2020 olivat 63 900 t CO₂-ekv (SYKE 2020).

Taulukko 2. Hiilitaselaskelman tulokset hankkeen elinkaaren (30 vuotta) aikana.

Muuttuja	Päästöt ja sähköntuotanto elinkaaren aikana (t CO ₂ -ekv.)	
	VE1 (90 MW)	VE2 (80 MW)
Turbiinit		
Komponentit	27 413	24 367
Johdotus	588	418
Perustukset	4 219	3 750
Voiteluaineet (30 vuotta)	78	69
Maakaapelit		
Sininen-skenaario	1 013	926
Pinkki-skenaario	982	895
Tiet	75	37
Kuljetukset		
Turbiinit		
Laiva, Kööpenhamina-Rauma	144	128
Erikoiskuljetukset		
Lavat	64	57
Tornit	43	38
Konehuoneet	64	57
Perustukset (+ työkoneet)	282	200
Tiet	109	55
Kulutetun energiamäärän CO₂-ekv. päästöt eri vaiheissa		
Raaka-aineiden hankinta	16 723	14 864
Valmistus	19 800	17 600
Kuljetus	3 384	3 008
Asennus	2 790	2 480
Käyttö ja kunnossapito	2 480	2 204
Elinkaarenloppu	435	387
Konehuone	1 530	1 360
Roottori	1 406	1 250
Torni	2 480	2 204
Puuston kaadon myötä poistuva hiilivarasto	1 932	1 638
Puuston kaadon myötä menettävä hiilinielu 30v	665	516
Päästöt yhteensä	87 717	75 947
Sähköntuotanto	10 260 GWh	9 120 GWh

1 Johdanto

Työn tausta ja tavoite

Tevaniemen Tuuli Oy suunnittelee tuulivoimahanketta Tevaniemeen, joka sijaitsee noin 9 kilometriä Ikaalisten keskustan pohjoispuolella. Hankealueen koko on 1249 hehtaaria. Sinne on suunnitteilla enintään 9 tuulivoimalaa, joiden yksikköteho on 8–10 MW. Tuotantoalueen maksimiteho on 90 MW. Voimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 280 metriä. Tuulivoimaloiden lisäksi alueelle rakennetaan tarvittavat yhdystiet, voimaloiden väliset huoltotiet, maakaapelointi voimaloiden välille ja sähköasema.

Tässä raportissa esitetään arvio tuulivoima-alueen ilmastovaikutuksista elinkaariarviointiin perustuen. Hiilitaseella tarkoitetaan tässä yhteydessä elinkaariarviointiin perustuvaa laskelmaa tuulivoima-alueen elinkaaren aikaisista ilmastovaikutuksista, joissa huomioidaan kasvihuonekaasujen lisäksi vaikutukset alueen puuston hiilinieluun ja -varastoon.

Hankkeen liittyminen ilmastotavoitteisiin

Suomessa ja muissa teollisuusmaissa merkittävä osa kasvihuonekaasupäästöistä syntyy energiasektorilla. Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2019 noin 52,8 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia. Tilastokeskuksen ennakkotiedon mukaan vuonna 2019 energiasektorin osuus kansallisista päästöistä oli 74 prosenttia (noin 38,8 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia). Energiasektorin päästöistä merkittävä osa (43 prosenttia) aiheutui energiateollisuudesta. Maankäytön muutoksesta aiheutuvat metsän raivauksen päästöt olivat Suomessa noin 3 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia. Rakennetuksi maaksi muutetut alueet vastasivat noin viidenneksestä, metsämaasta viljelysmaaksi muutetut alueet noin puolesta, ja turvetuotantoalueet noin viidenneksestä metsän raivauksen aiheuttamista kokonaispäästöistä. (Tilastokeskus 2020).

Suomen pyrkimyksenä on tehdä osansa, jotta Pariisin ilmastopimuksen mukaisesti rajoitetaan ilmaston lämpeneminen 1,5 asteeseen. Suomen ilmastolakia (609/2015) uudistetaan parhaillaan. Uudistuksen tavoitteena on kansallisen hiilineutraaliuden toteutumisen mahdollistaminen vuoteen 2035 mennessä. Samalla ilmastolaki laajenee kattamaan myös maankäyttösektorin sekä hiilinielujen vahvistamisen. Suomen ilmastopaneelin linjauksen mukaan vuoteen 2035 mennessä päästöjä tulee Suomessa vähentää 70 prosenttia vuoden 1990 tasoon verrattuna, ja maankäyttösektorin nettohiilinielun tulee olla vähintään 21 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia, jotta hiilineutraalius toteutuu (Ilmastopaneeli 2021).

2 Keskeiset käsitteet

Elinkaariarviointi (Life cycle assessment, LCA) menetelmä tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin ja arviointiin.

Hiilidioksidiekvivalentti (CO₂-ekv. Carbon dioxide equivalent) - Hiilijalanjäljen yksikkö. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus muunnettuna hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi ilmakehässä.

Hiilijalanjälki (Carbon footprint) - Hiilijalanjälki kuvaa tuotteen tai palvelun elinkaarisia ilmastovaikutuksia muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.

Hiilinielu Maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuosittainen kasvu.

Hiilivarasto Yhteyttämisen kautta kasvillisuuteen ja maaperään varastoitunut hiili.

Päästö Tässä raportissa päästöillä tarkoitetaan ilmastovaikutuksia. Katso: hiilijalanjälki.

3 Lähtötiedot, oletukset ja arviointimenetelmät

Ilmastovaikutusten arviointi toteutettiin elinkaariarvioinnin periaatteisiin nojautuen (ks. tarkemmin Liite 3). Arvioinnissa keskityttiin merkittävimpien vaikutusten arviointiin hyödyntämällä suunnitteluvaiheessa olevia määrätietoja sekä julkaistua kirjallisuutta päästökertoimista sekä materiaalien määrä- ja laatutiedoista.

Laskennassa huomioitiin rakentamisen yhteydessä aiheutuvat päästöt (voimalan materiaalit, kaapelointi ja tiestö) ja kasvillisuuden poistamisen yhteydessä aiheutuvat vaikutukset hiilivarastoihin ja -nieluihin. Käyttövaiheessa huomioitiin vältetyt sähköntuotannon päästöt, ja elinkaaren lopussa materiaalien kierrätyksen ja käsittelyn päästöt. Työmaatoimintojen (rakentaminen ja purkaminen, huolto- ja korjaus) päästövaikutukset ovat vähäiset, ja niitä ei ole sen vuoksi kaikilta osin arvioitu.

Arvioinnin lähtötietoina käytetään Tevaniemen Tuuli Oy:n toimittamia tietoja, julkaistuja ympäristötuoteselosteita (EPD) ja elinkaaritietopankkien (co2data.fi, ÖKOBAUDAT ja ecoinvent 3.8) päästötietoja, Metsäkeskuksen hila-aineistoa (2022) sekä Luonnonvarakeskuksen ja Tilastokeskuksen tilastotietoja. Turbiinien määrä- ja laatutiedot on kerätty Gomaa et al. (2019) julkaisusta.

Taulukossa 2 on esitetty keskeisimmät laskennassa käytetyt lähtötiedot ja oletukset.

Materiaalien ja jätteiden käsittelyn päästökertoimet on poimittu julkaistusta EPD dokumentista sekä edellä mainituista elinkaaritietopankeista. Kuljetusten päästöt on arvioitu suomalaisen co2data.fi- sekä One Click LCA-tietokannan perusteella. Erikoiskuljetukset on arvioitu Ethawind Oy:n ja VTT Lipasto-tietokannan avulla.

Käytön aikaisten myönteisten vaikutusten arvioinnissa (vältetyt sähköntuotannon päästöt) tarkasteltiin muutamia tapauksia sen mukaan, mitä tuotantomuotoa tuulivoimalla tuotetun sähkön on ajateltu syrjäyttävän kansallisen tason tuotannossa. Syrjäytetyn sähköntuotantomuodon päästökertoimina käytettiin seuraavia:

- Kansallinen sähkön päästökerroin (skenaario), 127-30 g CO₂-ekv./kWh (SYKE / co2data.fi-palvelu)
- Kansallinen sähköntuotannon päästökerroin (vakiona pidettävä keskiarvo, 131 g CO₂/kWh (Motiva, 2021)
- Turpeen elinkaarin päästökerroin, 390 g CO₂-ekv./kWh (Koffi, 2017)

Taulukko 2. Laskelman keskeiset lähtötiedot ja oletukset.

Muuttuja	Arvo	Lähde
Voimaloiden tehotiedot	8-10 MW (voimala)	Tevaniemen Tuuli Oy
Voimaloiden määrä	VE1 9 kpl, VE2 8 kpl	Tevaniemen Tuuli Oy
Poistuvan metsän pinta-ala, pysyvä	VE1 12,1 ha, VE2 9,9 ha	Paikkatietolaskenta
Poistuvan metsän pinta-ala, palautuva	VE1 4 ha, VE2 4 ha	Paikkatietolaskenta
Puuston kasvukerroin	Pirkanmaalla 1,2-3,5 m ³ /ha/v	Vaahtera 2021
Hiilen osuus puuaineksesta	50 %	
Voimaloiden käyttöikä	30 vuotta	Tevaniemen Tuuli Oy
Korvattavan sähkön-tuotannon päästöker-toimet	ks. Liite 2.	Motiva 2021, Koffi ym. 2017, co2data.fi
Uudet huoltotiet	pituus VE1 2 km, pituus VE2 1 km, leveys 6 m, tieaukean leveys 14 m hiekkapäällyste	Tevaniemen Tuuli Oy
Uusia sähköasemia	1 kpl	Tevaniemen Tuuli Oy
Maakaapelit	pituus VE1 16,3 km, pituus VE2 14,9 km	Tevaniemen Tuuli Oy
Kuljetukset	Tuulivoimalat laivarahtina Tanska-Rauma. Materiaalien kuljetukset Suomessa: Eritelty taulukossa 1.	Kuljetusetäisyydet arvioitu Google maps ja sea-distances.org -palvelujen avulla. Päästökertoimet One Click LCA:n ja co2data.fi -tietopankin mukaiset.

4 Lähteet

Gomaa, M. R. et al. 2019. Evaluating the Environmental Impacts and Energy Performance of a Wind Farm System Utilizing the Life-Cycle Assessment Method: A Practical Case Study. *Energies*, 12, 3263; doi:10.3390/en12173263

Koffi ym. 2017: Covenant of Mayors for Climate and Energy, Default emission factors for local emission inventories – Version 2017, EUR 28718 EN. Saatavilla: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107518/jrc_technical_reports_-_com_default_emission_factors-2017.pdf (viitattu 3.9.2021).

Luonnonvarakeskus (Luke) 2020: Luken maakunnittaiset arviot metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksista sekä hiilinieluista julkaistu, Saatavilla: Luken maakunnittaiset arviot metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksista sekä hiilinieluista julkaistu - Luonnonvarakeskus (viitattu 3.3.2022).

Metsäkeskus 2022: Paikkatietoaineistot, Hila-aineistot. Saatavilla: Paikkatietoaineistot | Finnish Forest Centre (metsakeskus.fi) (viitattu 25.2.2022).

Motiva 2021: CO₂-päästökertoimet. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet (viitattu 30.9.2021)

Vaahtera E. (toim.) 2021: Suomen metsätilastot. Luonnonvarakeskus 2021. 200 s. Saatavilla: https://stat.luke.fi/sites/default/files/suomen_metsatilat_tot_2021_verkko.pdf (viitattu 2.3.2022).

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2015: Suomen sähkönhankinnan päästöt elinkaarilaskelmissa. Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan_paastot (viitattu 2.3.2022)

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2020: Kuntien ja alueiden khk-päästöt. Saatavilla: <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/> (viitattu 2.3.2022).

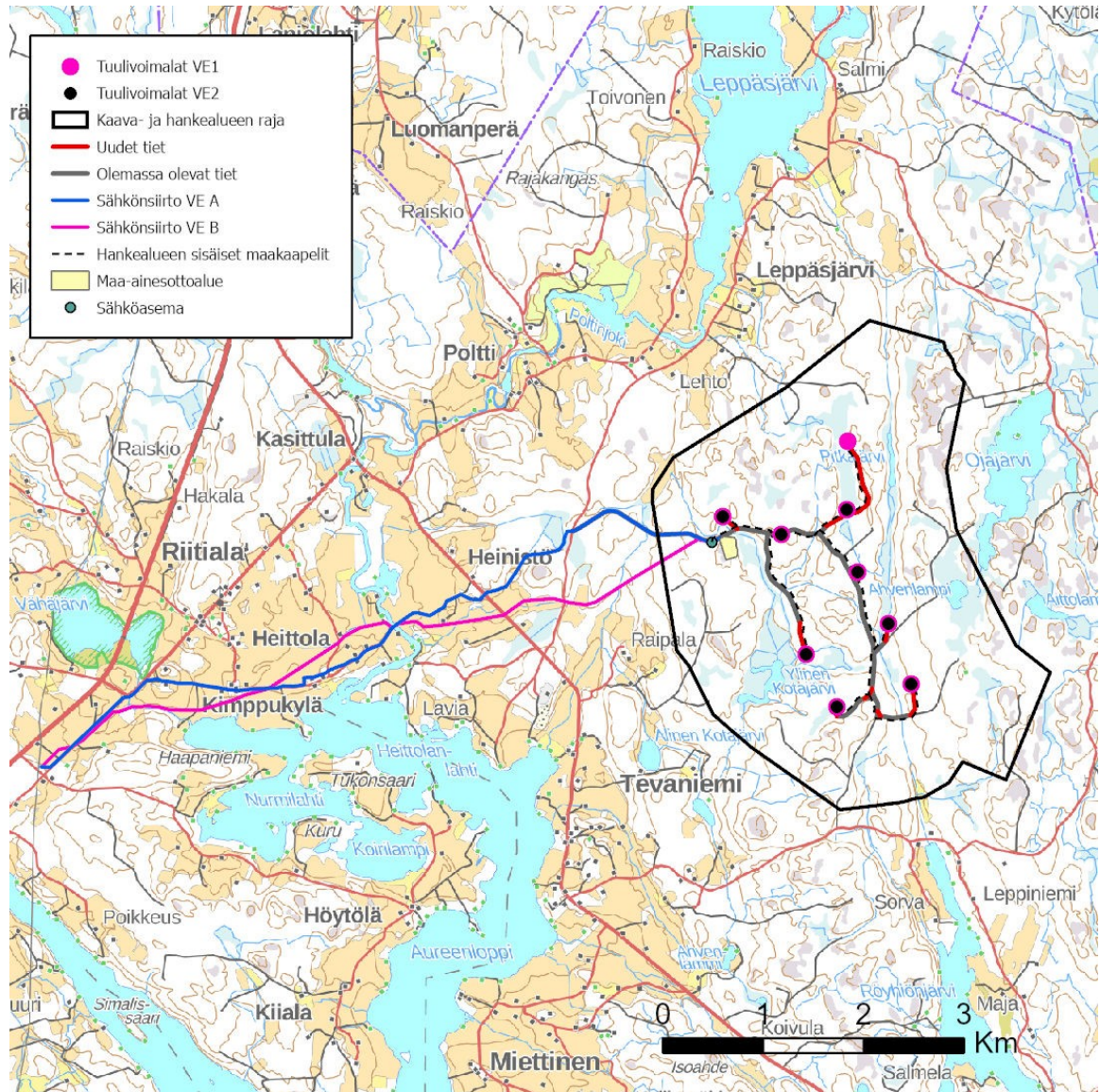
Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2021: Y-hiilari Hiilijalanjälki -työkalu. Saatavilla: https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari (viitattu 2.3.2022).

Suomen ilmastopaneeli 2021: Ilmastolakiin kirjattavat pitkän aikavälin päästö- ja nielutavoitteet- Ilmastopaneelin analyysi ja suositukset. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2021. 14 s. Saatavilla: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2021/02/ilmastopaneelin-raportti_ilmastolain-suositukset_final.pdf (viitattu 23.4.2021).

Tilastokeskus 2020: Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2019. Ympäristö ja luonnonvarat 2020. 85 s. Saatavilla: http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf (viitattu 23.4.2021).

Liite 1: Kartta hankealueesta

Kuvassa L1 on esitetty hankealueen, voimaloiden, uusien teiden ja maakaapeleiden sijainti.



Kuva L1: Hankealueen kartta.

Liite 2: Energiatuotantomuotojen päästöt

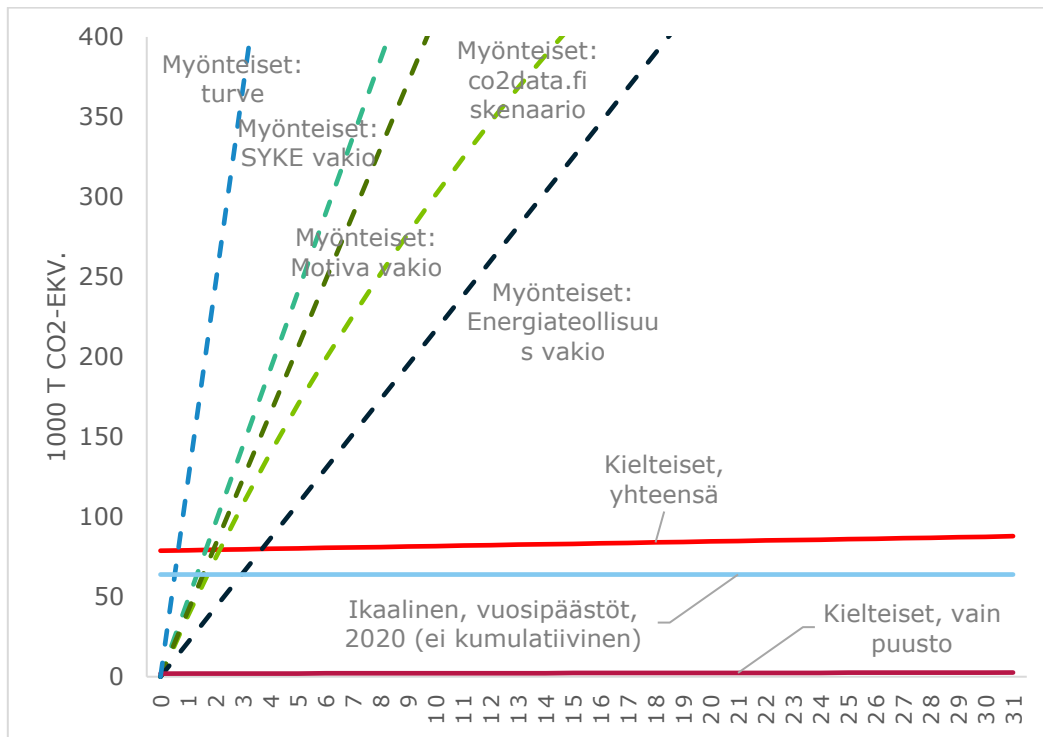
Taulukossa L2.1. on esitetty koonti julkaistuihin energialähteiden elinkaaripäästöistä. Kuvassa L2.1. on esitetty co2data.fi -palvelun sähkön päästökertoimen skenaario, jota on hyödynnetty tässä arvioissa. CO2data.fi -palvelun päästökertoimen ei ota huomioon polttoaineiden valmistuksen ja kuljetuksen päästöjä, eikä näin ollen ole suoraan vertailukelpoinen taulukon L2.1. elinkaarisiin päästöihin.

Taulukko L2.1. Vertailu sähköntuotantoteknologioiden elinkaarisista päästöistä, g CO₂-ekv./kWh.

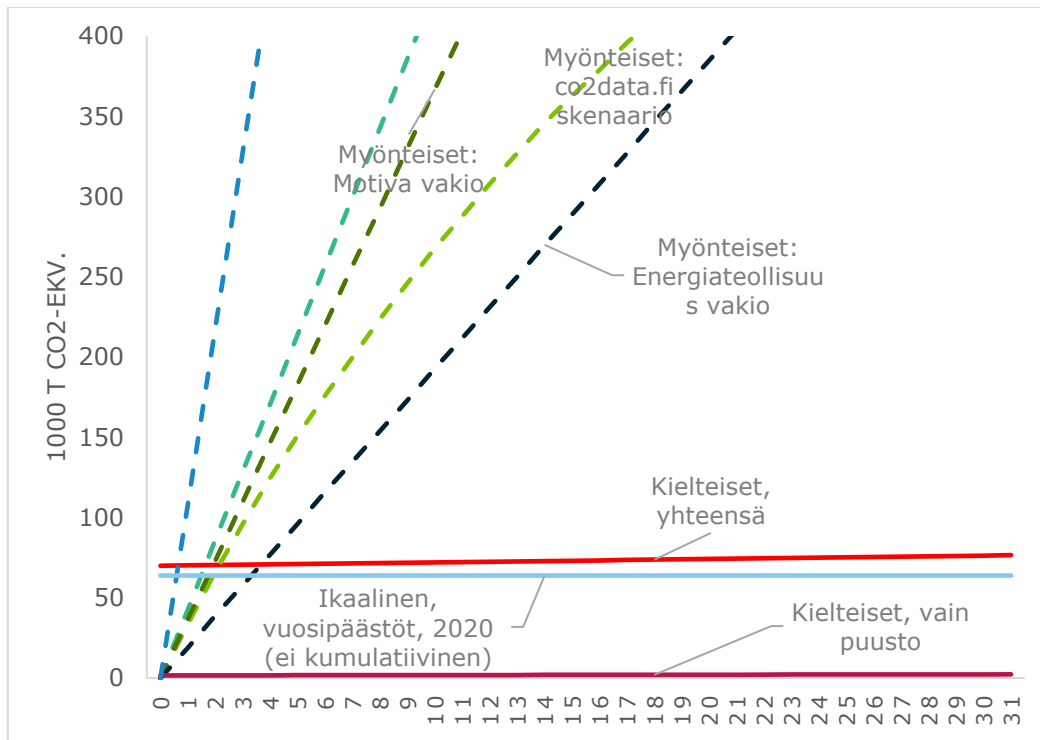
	g CO ₂ -ekv.kWh	Lähde
Tevaniemen tuulivoima-alue, VE1	8,5	Tässä työssä arvioitu
Tevaniemen tuulivoima-alue, VE2	8,3	Tässä työssä arvioitu
Aurinkovoima	41	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Tuulivoima	11	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Vesivoima	24	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Ydinvoima	12	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Turve	390	Koffi ym. 2017 (ylin arvo)
Biomassa (eri lajikkeita)	17-484	Koffi ym. 2017 (alin ja ylin arvo)
Öljy (eri lajikkeita)	306-314	Koffi ym. 2017 (alin ja ylin arvo)
Suomen sähkönhankinta, keskiarvo v. 2013-2015	184	SYKE, 2015

Hankkeen (VE1) elinkaaren aikainen sähköntuotanto on 10 260 GWh. Tuotannon toteuttaminen tuulivoimalla aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä 87 717 t CO₂-ekv (Taulukko 2. Hiilitaselaskelman tulokset hankkeen elinkaaren (30 vuotta) aikana. Taulukko 2). Jos sama määrä sähköä tuotetaan Suomen keskimääräisen sähkönhankinnan (2013-2015, SYKE 2015) päästökertoimen mukaisesti, sähköntuotanto aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä 1 887 840 t CO₂-ekv. Tuulivoimatuotannon hiilidioksidipäästöjen säästö on tällöin edellisten lukujen erotus eli 1 800 123 t CO₂-ekv.

Kuvissa L2.2 ja L2.3 on esitetty kumulatiiviset vaikutukset Tevaniemen tuuli-voima-alueen elinkaaren ajalta. Kuvasta nähdään, että hankkeen myönteiset kumulatiiviset vaikutukset ovat yhtä suuria kuin kielteiset vaikutukset aikaisintaan ensimmäisenä käyttövuotena ja viimeistään 4 vuoden käyttöään jälkeen, riippuen korvaavan sähkön päästökertoimesta. Vertailun vuoksi kuvissa on esitetty myös ennakkotieto Ikaalisten vuosipäästöistä vuonna 2020 (SYKE, 2020).



Kuva L2.2. Tuotantoalueen VE1 kumulatiiviset päästövaikutukset elinkaaren aikana. Vuosi 0 on rakentamisvaihe, v. 1 on ensimmäinen käyttövuosi ja v. 31 voimala puretaan. Yhtenäiset viivat kuvaavat kielteisiä päästövaikutuksia, katkoviivat myönteisiä (vältettyjä) vaikutuksia.

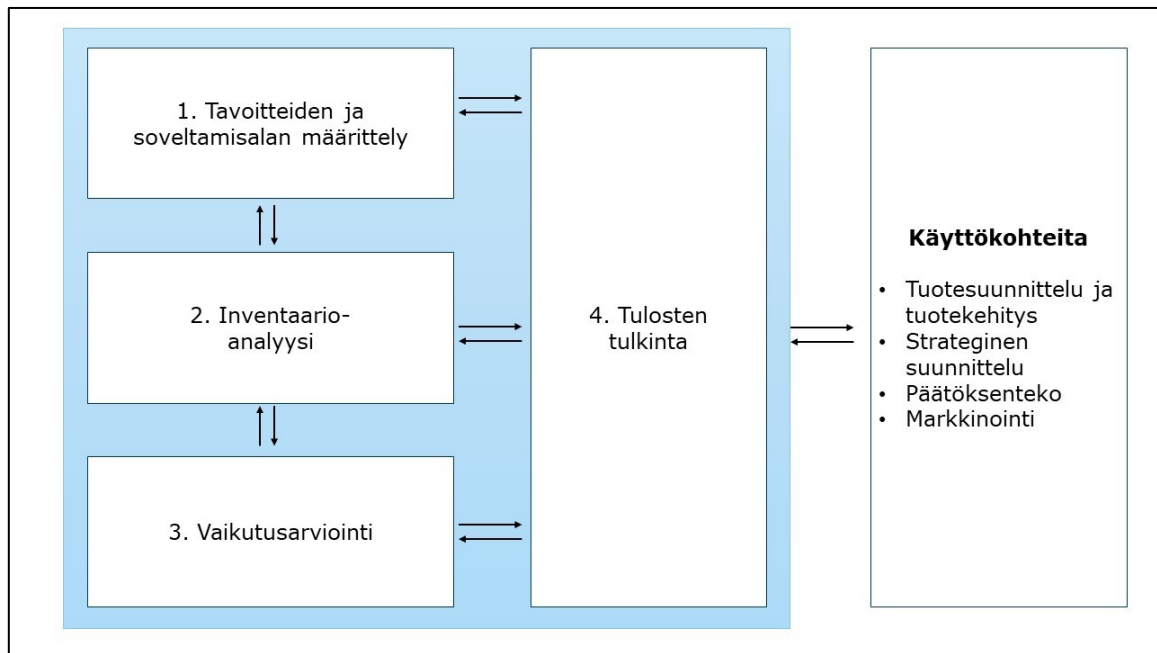


Kuva L2.3. Tuotantoalueen VE2 kumulatiiviset päästövaikutukset elinkaaren aikana. Vuosi 0 on rakentamisvaihe, v. 1 on ensimmäinen käyttövuosi ja v. 31 voimala puretaan. Yhtenäiset viivat kuvaavat kielteisiä päästövaikutuksia, katkoviivat myönteisiä (vältettyjä) vaikutuksia.

Liite 3: Elinkaariarviointi ja vuokaaviot

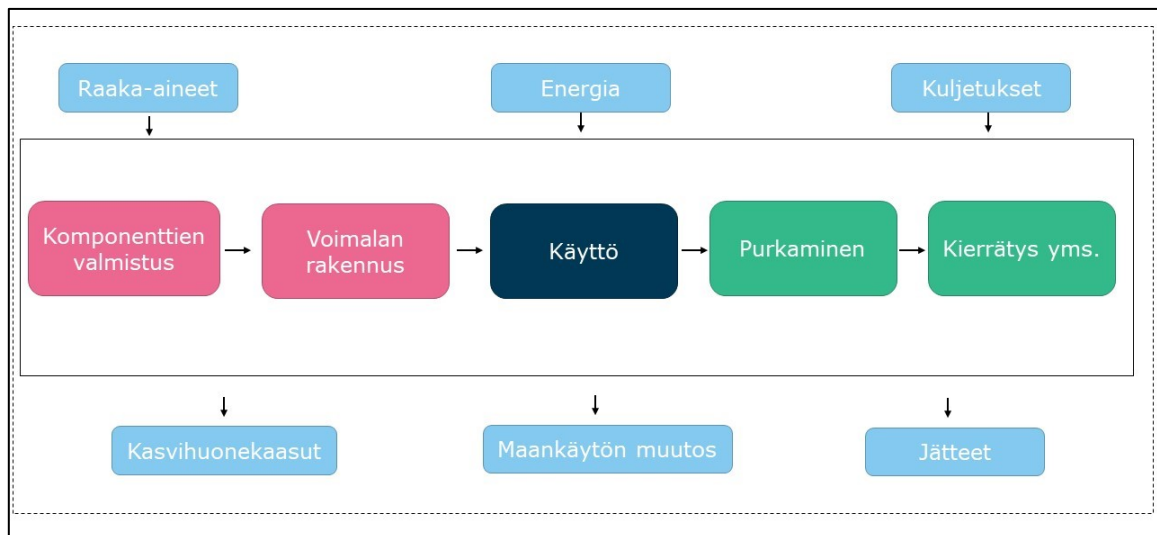
Elinkaariarviointi eli LCA (life cycle assessment) on tieteellinen menetelmä tuotteen tai prosessin koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin ja arviointiin. Arvioinnin toteuttamisen tueksi on laadittu kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n 14040-sarjan standardit. Elinkaariarviointi käsittää neljä vaihetta (kuva L3.1).

Hiilijalanjälki pohjautuu elinkaariarviointiin, jossa tarkasteltavana vaikutusluokkana on ilmastovaikutukset. Hiilijalanjälki ilmaistaan yleensä kilogrammoina tai tonneina CO₂-ekvivalenttia, joka kertoo vaikutuksen ilmaston lämpenemiseen (global warming potential, GWP).

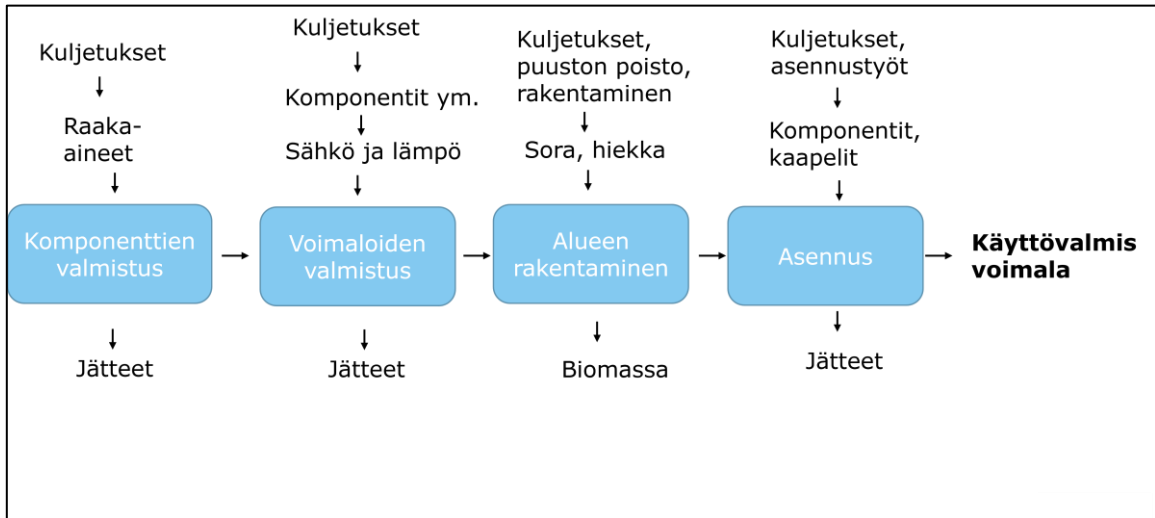


Kuva L3.1. Elinkaariarviointin vaiheet ja käyttökohteita (ISO 14044).

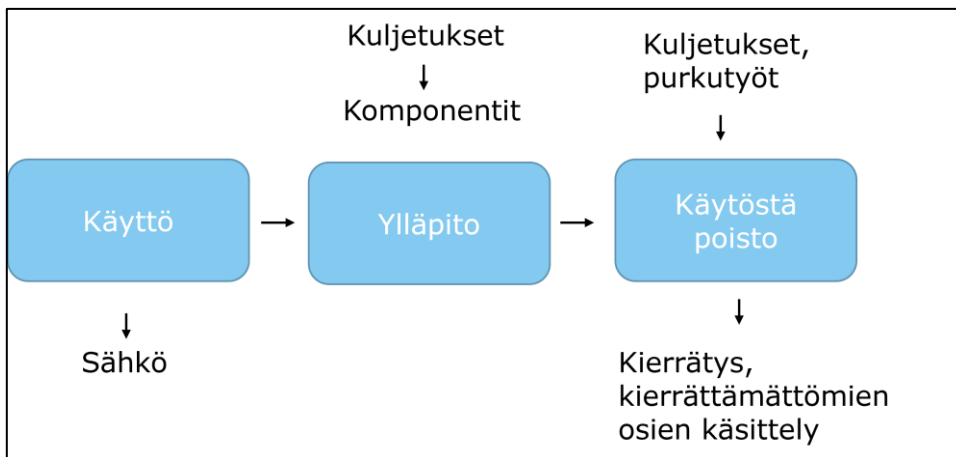
Arvioidun voimalan elinkaarivaiheet on esitetty Kuvassa L3.2. Kuvissa L3.3-4 on esitetty yksityiskohtaisemmat vuokaaviot tuotantoalueen elinkaarivaiheista.



Kuva L3.2. Tuulivoimalan elinkaaren vaiheet.



Kuva L3.3. Voimalan elinkaarivaiheet kehdestä valmiiseen voimalaan.



Kuva L3.4. Voimalan elinkaari käytöstä hautaan.