



Brännträsketin aurinkopuiston ilmastovaikutusten arviointi

Laatinut	Adele Halttunen 29.8.2025
Tarkastanut	Tiina Harpila 29.8.2025

Sisällys

.....	1
Brännträsketin aurinkopuiston ilmastovaikutusten arviointi	1
Johdanto	2
Negatiiviset vaikutukset	2
Rakennustyöt ja -materiaalit	2
Käyttö	2
Elinkaaren loppu	3
Positiiviset vaikutukset	3
Tulokset ja niiden vertailu muihin tutkimuksiin	4
Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	5
Alueen nykyiset ilmasto-olosuhteet	5
Ilmastonmuutoksen aiheuttamat olosuhdemuutokset ja riskit	5
Sopeutuminen	6

Johdanto

Tässä ilmastovaikutusten arvioinnissa tarkastellaan Energiequellen Kruunupyyn kehittämän aurinkoenergian tuotantolaitoksen Bränträsketin aurinkovoimalan elinkaaren aikaisia ilmastovaikutuksia sekä hankkeen mahdollisuuksia sopeutua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Arviointi perustuu ajantasaiseen, julkisesti saatavilla olevaan tietoon sekä Energiequellen omaan asiantuntemukseen.

Hiilijalanjälkilaskelma perustuu Macon ja Carbon Wise oy:n kehittämään laskuriin ja se kattaa aurinkopuiston perustamisen tärkeimmät yksikköprosessit antaen näin ollen kattavan ja todenmukaisen kuvan aurinkovoimalan kokonaispäästöistä. Laskelmasta on jätetty yksityiskohtaisen tiedon puutteen vuoksi pois muutamia materiaaleja, kuten sähkölaitteita. Niiden päästöt ovat kokonaisuuden kannalta pienet, eivätkä vaikuta olennaisesti lopputulokseen.

Ilmastoriskien kartoittaminen ja niihin sopeutuminen perustuvat Energiequellen omaan asiantuntemukseen sekä mainittuihin lähteisiin.

Negatiiviset vaikutukset

Aurinkovoimalahankkeen negatiiviset ilmastovaikutukset (hiilijalanjälki) muodostuvat maankäytön muutoksesta (esimerkiksi alueen puuston poisto ja maaperän hiilensidonnan muutokset), maanrakennus- ja rakennustöistä, laitteiden ja rakenteiden raaka-aineiden valmistuksesta ja kuljetuksesta, voimalan käyttövaiheen energiankulutuksesta ja huoltotöistä sekä käytöstä poistovaiheessa rakenteiden purkamisesta ja materiaalien kierrätyksestä.

Rakennustyöt ja -materiaalit

Rakennustöiden osalta on huomioitu maanrakennustyöt sekä paalutus ja paneelien asennus. Materiaaleista on huomioitu kaikki päämateriaalien ja -komponenttien, kuten perustusten ja sähkölaitteiden päästöt. Rakennustöiden ja -materiaalien päästöt on laskettu ensisijaisesti primääridatan eli arvioitujen suoritemäärien ja niiden päästökertoimien mukaisesti. Toissijaisesti on käytetty kirjallisista lähteistä peräisin olevia arvioita.

Käyttö

Useiden lähteiden mukaan käytönaikaiset ilmastovaikutukset ovat aurinkovoimantuotannossa pienet suhteessa koko elinkaaren päästöihin. Käyttövaiheen päästöissä huomioitiin invertterien vaihtamiset, käytön aikana vioittuneet paneelit sekä invertterien lepotilassa kuluttama energia. Tarkastelussa oletettiin, että 1 % aurinkovoimalan paneeleista vioittuu käytön aikana ja invertterit vaihdetaan kerran voimalan elinkaaren aikana. Huolto- ja tarkastuskäyntejä on arvioitu olevan n. kerran vuodessa, joten niiden osuutta voidaan pitää kokonaisuuden kannalta merkityksettömänä.

Elinkaaren loppu

Aurinkopuiston elinkaaren lopussa päästöjä syntyy puiston purkamisesta. Tässä vaiheessa kohteena olevan puiston osalta tarkkoja tietoja ei ole vielä saatavilla, joten laskelma perustuu muihin julkaistuihin arvioihin. Käytännössä EU vaatii aurinkopaneelien valmistajia kierrättämään valmistamansa paneelit. Jossain vaiheessa niistä syntyy myös hiilikädenjälkeä. Suomessa paneelien kierrätysprosesseja ei ole vielä kehitetty niin, että niiden päästöjä voisi suoraan arvioida. Hankkeen elinkaaren aikana niitä kuitenkin todennäköisesti syntyy. Tässä työssä noudatetaan purkuvaiheen päästöjen osalta aiemmin julkaistua tutkimusta¹, jossa purkamisen on oletettu olevan puolet nopeampaa kuin rakentamisen samoilla työkaluilla.

Positiiviset vaikutukset

Aurinkovoimalahankkeen positiiviset ilmastovaikutukset eli hiilikädenjälki muodostuu päästöintensitiivisemmän sähköntuotannon korvaamisesta aurinkoenergialla, mikäli uusiutuvan energian hankkeet toteutuvat. Lisäksi kädenjälkeä voi muodostua tulevaisuudessa purkuvaiheen jälkeen materiaalien kierrätyksestä, kun siihen liittyvät teknologiat ja markkinat kehittyvät, sekä muiden energiamuotojen korvaamisesta aurinkovoimalla. Kaskisuon aurinkovoimalan kohdalla myös maankäytön muutos johtaa positiiviseen ilmastovaikutukseen. Tässä arviossa on huomioitu vain sähköön korvaamiseen liittyvä hiilikädenjälki sekä kotimaiseen että tuontisähköön verrattuna.

Syrjäytettävä sähköntuotanto koostuu eri sähköntuotantomenetelmistä, jotka voivat perustua uusiutuviin tai ei-uusiutuviin energialähteisiin. Syrjäytettävän energiantuotannon voidaan katsoa vähentävän sähköön tuontitarvetta ja siten korvaavan ei-uusiutuvan sähköön tuotantoa maissa, missä sitä käytetään vielä runsaasti. Vaihtoehtoisesti voidaan olettaa, että tuotetulla sähköllä korvataan kotimaista sähköntuotantoa¹ nyt tai tulevaisuudessa eri skenaarioiden mukaisesti.

Tuontisähköön osalta voidaan käyttää UNECE 2021 raportin mukaista syrjäytettävien energiamuotojen painotettua keskiarvoa 470 g/kWh.

Kotimaisen sähköön tämänhetkisen tuotannon osalta voidaan käyttää Motivan julkaisemaa kolmen viimeisen tilastovuoden (2020-2022) keskiarvoa 70 kg CO₂/MWh, jossa yhteistuotanto on jaettu energiamenetelmällä².

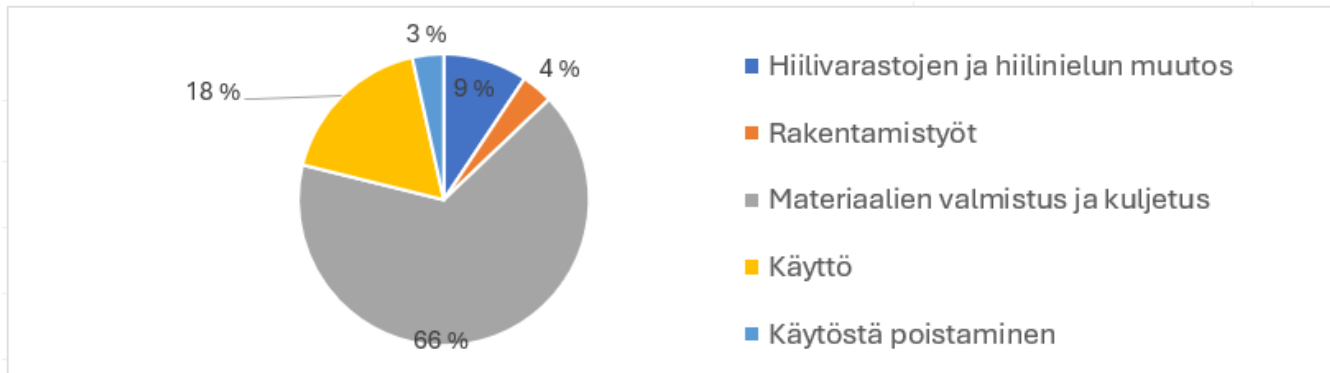
Kotimaisen sähköön tulevan tuotannon osalta voidaan käyttää ominaispäästökerrointa, joka pienenee ajan kuluessa. Laskelmaa voi yksinkertaistaa niin, että muutos oletetaan lineaariseksi. Siten voidaan tarvittaessa laskea todellinen muutos puiston käyttöajalle. Aiemmissa laskelmissa on käytetty kerrointa 11 g/kWh ajalle 2028-2058, mitä voidaan pitää soveltuvana myös tähän arvioon³.

¹ FCG (2024). Tuuramäen tuulivoimahankkeen osayleiskaava.

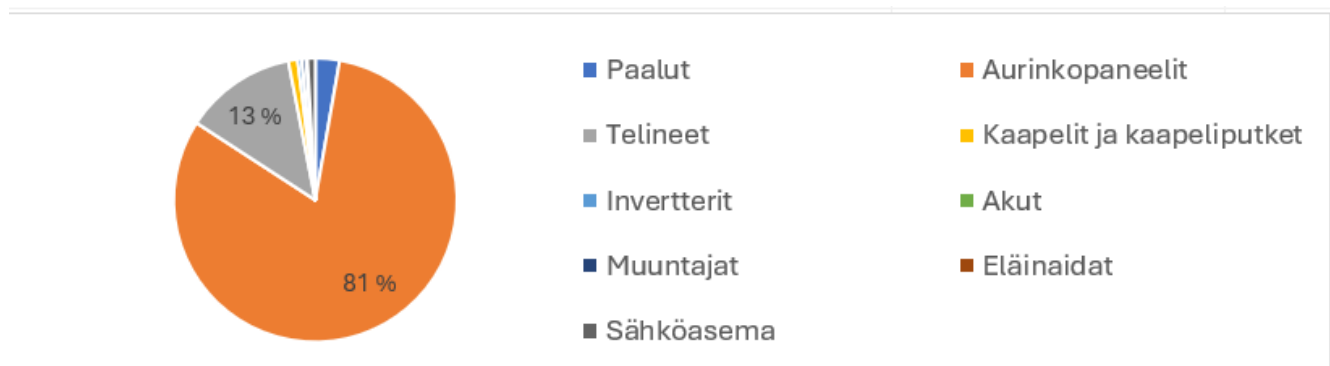
² Motiva (2024). CO₂-päästökertoimet osoitteessa <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto-suomessa/co2-paastokertoimet>.

Tulokset ja niiden vertailu muihin tutkimuksiin

Tämän arvion mukaan suunnitellun aurinkopuiston hiilijalanjälki on (maankäytön muutokset mukaanlukien) 42 857 t CO₂e eli n. 29,1 g/kWh. Laskelman tulos vastaa muualla esitettyjä arvioita (mm. 18,9–40,7 g/kWh¹, 25 g/kWh³ ja 20–60 g/kWh⁴). Kuten muissakin arvioissa myös tässä on päädytty siihen, että suurin osa aurinkopuiston ilmastovaikutuksista aiheutuu aurinkopaneelien valmistuksen ja kuljetuksen päästöistä (Kuva 1). Materiaalien aiheuttamat päästöt ovat 66 % koko elinkaaren päästöistä (kuva 1) ja paneelien osuus niistä on n. 81 % (kuva 2).



Kuva 1. Aurinkopuiston hiilijalanjäljen muodostuminen.



Kuva 2. Aurinkopuiston materiaalien hiilijalanjäljen muodostuminen.

³ Koutonen (2023). Ulvilan aurinkoenergian tuotantoalueen hiilitaselaskelma. Sitowise Oy.

⁴ Hiidenniemi, S. (2021). Aurinkosähkön ja tuulivoiman elinkaarianalyysi ja hiilijalanjälki (Bachelor's thesis).

Aurinkopuiston elinkaarenaikainen hiilikädenjälki kotimaisen tämänhetkisen sähköntuotannon perusteella laskettuna on yli 103 100 tCO₂e ja tuontisähkön perusteella laskettuna yli 692 700 tCO₂. Aurinkopuistossa tuotetun energian päästövähennäpotentiaali on kotimaisen sähköntuotannon perusteella laskettuna lähes 41 g/kWh.

Ilmastomuutokseen sopeutuminen

Alueen nykyiset ilmasto-olosuhteet

Keväällä ja alkukesällä meri viilentää Pohjanmaan rannikkoseutuja ja saaristoa, kun taas syksyllä ja alkutalvella meren lämpö lauhduttaa ilmastoa merkittävästi. Vuoden keskilämpötila vaihtelee tyypillisesti noin +4 asteesta reiluun +5 asteeseen. Merenkurkun saaristossa sataa keskimäärin noin 500 millimetriä ja sisämaassa 550–600 millimetriä.⁵

Ilmastomuutoksen aiheuttamat olosuhdemuutokset ja riskit

Ilmastomuutos vaikuttaa Suomen sääilmiöihin, tehden niistä entistä äärimmäisempiä ja arvaamattomampia:

- Lämpötilojen nousu johtaa voimakkaampiin helleaaltoihin kesäisin, mikä lisää kuivuusjaksojen ja metsäpalojen riskiä.
- Talvisin lämpötilan vaihtelut voivat aiheuttaa äkillisiä lämpötilan nousuja ja laskuja, mikä vaikuttaa lumipeitteen pysyvyyteen ja lisää jäätävien sateiden määrää. Talvisateet lisääntyvät, ja yhä suurempi osa sateista tulee vetenä lumen sijaan. Tämä voi lisätä tulvariskiä talvella.
- Sademäärien kasvu ja niiden epätasainen jakautuminen voivat johtaa rankkasateisiin ja tulviin, erityisesti keväisin ja syksyisin.
- Myrskyt ja voimakkaat tuulet voivat yleistyä, aiheuttaen vahinkoja infrastruktuurille ja metsille.
- Lämpötilojen nousu johtaa myös pidentyneeseen kasvukauteen.⁶

Pohjanmaalla ilmaston arvioidaan lämpenevän kuluvaan vuosisadan aikana noin 1,9–5,2 °C vertailukauteen 1981–2010 verrattuna. Lämpenemisen määrä riippuu siitä, miten maailmanlaajuiset kasvihuonekaasupäästöt kehittyvät tulevina vuosina. On myös hyvä huomata, että ilmasto on jo lämmennyt: jakso 1991–2020 oli noin 0,6 °C lämpimämpi kuin 1981–2010.⁷

Vastaavasti vuotuisten sademäärien arvioidaan kasvavan alueella vuosisadan aikana 6–15 prosenttia verrattuna jaksoon 1981–2010. Keskimäärin vuodessa sataisi 600–660 mm. Vuosisadan puoliväliin mennessä sademäärät kasvavat lähes kaikkina kuukausina, mutta heinä-elokuussa muutos on pieni. Sadetta tulisi eniten marras-helmikuussa.⁸

⁵ Ilmatieteenlaitos (2022). Ilmasto-Opas: Pohjanmaa.

⁶ Tallinen, Paula (2019). Ilmastomuutoksen vaikutus Suomen luontoon esimerkkiympäristöissä.

⁷ Ilmatieteenlaitos (2022). Ilmasto-Opas: Pohjanmaa.

⁸ Ilmatieteenlaitos (2022). Ilmasto-Opas: Pohjanmaa.

Sopeutuminen

Kruunupyyn Bränträsketin aurinkovoimalan tapauksessa olennaisimmat ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit liittyvät kuivuusjaksoihin, suurista sademääristä johtuvaan tulvimiseen ja toisaalta mahdollisesti suuriin lumimääriin, jos talvisateet tulevat lumena.

Ilmiö	Riskit	Varautuminen / sopeutuminen
Kuivuusjaksojen lisääntyminen	Paloturvallisuuden heikkeneminen	Aurinkovoimalan vesitalous on suunniteltu siten, että hulevesien viipymää alueella lisätään ja alueelle rakennetaan sammutusvesialtainakin toimivat pintavesien viivytysrakenteet. Aluetta ei ole tarpeen kuivattaa. Hanke ei lisää alueen eikä ympäröivien aluiden kuivuusriskiä, ja jossain määrin myös tasaa ylivalumien vaikutusta alueiden ulkopuolisiin vesistöihin lisäämällä valumavesien viipymäaika hankkealueilla. Paloturvallisuutta lisätään myös esimerkiksi pitämällä paneelikenttien reuna-alueilla kasvillisuudesta vapaa vyöhyke, joka ehkäisee palojen leviämistä ympäröiviltä alueilta aurinkovoimala-alueelle ja toisin päin. Aurinkovoimalan paloherkimmät komponentit, invertterit, sijoitetaan palamattomalle alustalle pelastusteiden varsiin.
Tulvien lisääntyminen	Vauriot rakenteisiin ja laitteisiin Huollon hankaloituminen	Tulvien aiheuttama riski aurinkovoimalan toiminnalle on laitteisiin ja rakenteisiin kohdistuva vaurioriski ja näihin liittyvän huollon hankaloituminen. Kaikki rakenteet suunnitellaan lähtökohtaisesti kestäväksi olosuhteita ja esimerkiksi suurempaa routivuutta. Invertterit ja muuntajat sijoitetaan huoltotiestön varteen, ja huoltotiet mitoitetaan siten, ettei mahdollinen tulviminen aiheuta vedenpinnan nousua tiepinnan yläpuolelle.
Lumisuuden lisääntyminen	Vauriot rakenteisiin ja laitteisiin Huollon hankaloituminen Vaikutukset energiantuotantoon	Sademäärien lisääntyminen voi joinakin talvina johtaa keskimääräistä suurempiin lumimääriin alueella. Bränträsketin aurinkovoimalaan suunnitellaan telineratkaisua, jossa paneelin alareuna jää 0,62 m korkeudelle maanpinnasta, jonka arvioidaan riittävän vähentämään kasautuvan lumen vaikutusta paneelien vaurioitumiseen ja energiantuotannon vähenemiseen. Alueelle suunnitellaan riittävät ja asiallisesti sijoitellut lumenjättopaikat, jotta huolto- ja pelastustiet on mahdollista pitää kulkukelpoisina myös runsaslumisina talvina.
Myrskyt ja voimakkaat tuulet	Rakenteiden kestävyys	Aurinkovoimalan perustusratkaisussa huomioidaan paneelien kohdistuva tuulikuorma, niin että ne kestävät myös voimakkaat tuulet.

		Perusratkaisussa etsitään tasapaino materiaalien hiilijalanjäljen lieventämisen ja riittävän poikkeussääolosuhteisiin varautumisen välillä: perustuksien tarpeeton ylimeritys johtaa suurempaan teräksen määrään ja siten suurempaan hiilijalanjälkeen.
Pidentynyt kasvukausi	Vaikutukset huollon tarpeeseen	Pidempi kasvukausi voi tarkoittaa enemmän rikkakasveja ja korkeaa kasvillisuutta, joka voi varjostaa paneeleita ja vaatia enemmän huoltoa. Paneelien puhdistus, kasvillisuuden leikkaus ja rakenteiden tarkastus voivat vaatia enemmän resursseja.

#	Päästölähde	Laskenta-Yks.	Määrä	Päästökerroin - kg CO ₂ e./yks.	Päästöt -kgCO ₂ e.	Päästöt -tCO ₂ e.
1	Hiilivarastojen ja hiilinielun muutos	4016250				
1.1	Puuston poiston vaikutus	kgCO ₂ e.	4016250	1	4016250	4016,3
2	Rakentamistyöt	1508253				
2.1	Puuston poisto					
	Puun korjuu	m3 puuta	2205	5,0	11025	11,0
	Puun kuljetus	m3 puuta	2205	4,9	10805	10,8
2.2	Kaivuutyöt					
	Kaapeliojien ja muiden vastaavien (n. 80 cm syvät) kaivuu	oja-km	28	640	18048	18,0
	Aitaojien ja muiden vastaavien (matalien ojien) kaivuu	oja-km	3,5	320	1120	1,1
	Kentän ja tiestön rakentaminen - Kaivinkone	työ-h	9250	40,66	376105	376,1
	Maan ajo - Traktorikaivuri	työ-h	9250	25,8	238650	238,7
2.3	Paalujen perustus ja paneelien asennus					0,0
	Perustus (paalutus)	paalu-m	69750	11,4	795150	795,2
	Paneelien asennus	työ-h	7750	7,4	57350	57,4
3	Materiaalien valmistus ja kuljetus	28269435				
3.1	Paalut	786501				
	Valmistus	t	279	2800	781200	781,2
	Kuljetus	t	279	19	5301	5,3
3.2	Aurinkopaneelit	23218380				

	Valmistus	t	2356	9500	22382000	22382,0
	Kuljetus	t	2356	355	836380	836,4
3,3	Telineet (Teräsprofiili ja -verkko, kevytrakenteinen, sinkitty)	3645869				
	Valmistus	t	1293	2800	3621296	3621,3
	Kuljetus	t	1293	19	24573	24,6
3.4	Kaapelit (AC, yhdyskaapelit)	48659				
	Valmistus	t	11,0262	4410	48626	48,6
	Kuljetus	t	11,0262	3	33,0786	0,0
3.5	Kaapelit (DC, sisäinen)	172871				
	Valmistus	t	34,72	4960	172211	172,2
	Kuljetus	t	34,72	19	660	0,7
3.6	Kaapelit (maadoitus)	21868				
	Valmistus	t	4,371	5000	21855	21,9
	Kuljetus	t	4,371	3	13	0,0
3.7	Kaapeliputket	56280				
	Valmistus	t	23,5188	2390	56210	56,2
	Kuljetus	t	23,5188	3	71	0,1

3.8	Invertterit	144978				
	Valmistus	kpl	124	1128	139872	139,9
	Kuljetus	t	14	355	5106	5,1
3.10	Akut (LPF)	0				
	Valmistus	MWh	0	9080	0	0,0
	Kuljetus	t	0	355	0	0,0
3.11	Muuntajat	133856				
	Valmistus	MVA	31,5	3795	119543	119,5
	Kuljetus	t	40	355	14314	14,3
3.12	Eläinaidat (aita ja jalusta)	40172				
	Valmistus	t	40,95	978	40049	40,0
	Kuljetus	t	40,95	3	122,85	0,1
3.13	Sähköasema (aidat ja kentän rakentaminen huomioitu muualla)	255426				
	Puistomuuntamo	kpl	9	5027	45243	45,2
	Sähköaseman muuntaja	kpl	1	133856	133856	133,9
	Betoni (perustukset)	t	307	150	46080	46,1
	Kuljetus	t	307	3	922	0,9

	Teräsrakenteet	t	10	2800	29294	29,3
	Kuljetus	t	10	3	31	0,0
4	Käyttö	7567875				
4.1	Kokonaispäästöt	MWp	43,4	174375	7567875	
5	Käytöstä poistaminen	1495274				
5.1	Purkutyöt	Rakentaminen yht.	633923	0,5	316962	
5.2	Paneelien kierrätys	t	2356	500	1178000	
5.3	Invertterien kierrätys	t	14	21,7	312	
				Yhteensä	42857086	
6	Hiilikädenjälki	Yks.	Määrä	Päästökerroin - kg CO2e./yks.	Päästöt -kg CO2e./yks.	
6.1	Välteyt sähkön päästöt					
	Vältetyt päästöt, tuontisähkö	MWh	1473973	470	692767080	
	Vältetyt päästöt, kotimainen sähkö nyt	MWh	1473973	70	103178076	
	Vältetyt päästöt, kotimainen sähkö tulevaisuudessa	MWh	1473973	11	16213698	
6.2	Materiaalien kierrätys					
	Materiaalien kierrätys: paneelit	MWp				
	Materiaalien kierrätys: invertterit	MWp				