

Huittisten aurinkovoimala Sun 2 Oy – kasvihuonekaasuvaikutukset

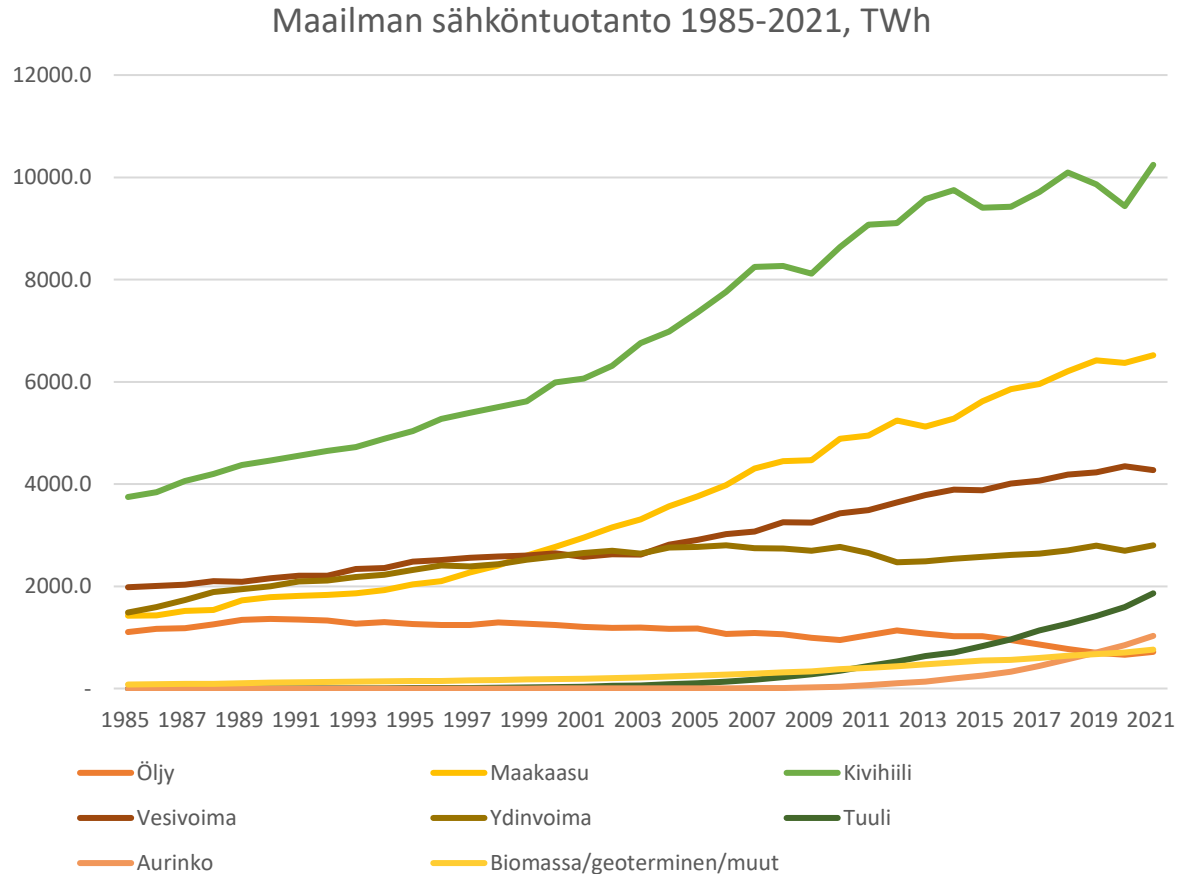
Kimmo Klemola, Cleanfi Oy

29.12.2022

Tiivistelmä

- Suunnitellun aurinkovoimalan sähköntuotanto suurimmassa vaihtoehdossa VE3 on ensimmäisen 25 vuoden aikana keskimäärin **0,52 TWh vuodessa**, mikä on noin 0,6 % Suomen sähkönkulutuksesta vuonna 2021. Voimalan elinkaareksi arvioidaan 50 vuotta ja tarkasteluajan puolivälissä paneelit vaihdetaan tehokkaampiin. Tarkasteluajan toisen puoliskon keskimääräiseksi sähköntuotannoksi arvioidaan **0,73 TWh vuodessa**.
- Suurimman aurinkovoimalavaihtoehdon elinkaaren päästöt ovat 50 vuoden ajalta **1078 ktCO₂e**. Lisäksi puuston hakkuusta ja maaperän hiilivarastojen ja -nielujen muutoksista johtuvat päästöt ovat **339 ktCO₂**. Yhteensä aurinkovoimalan elinkaaren päästöt ovat siis **1417 ktCO₂e**.
- Aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästöjä voidaan verrata muuhun sähköntuotantoon tai toimintoihin, joita voidaan korvata aurinkosähköllä. Tällaisia ovat esimerkiksi teräksen tuotanto kivihiilellä tai autoilu fossiilisilla polttoaineilla.
- Mikäli alueella tuotetulla aurinkosähköllä korvataan Suomen vuoden 2021 keskimääräistä sähköä, on elinkaaren **päästövähennys 58,8 % (1417 ktCO₂e vs. 3444 ktCO₂e)**. Hiiliterästä aurinkosähköllä korvattaessa päästövähennys on 92,2 % ja aurinkosähkön korvattaessa polttomoottoriauton bensiiniä sähköautossa päästövähennys on 96,0 %. Vastaavan hiiliteräsmäärän päästöt ovat nykyään **9077 ktCO₂e** ja bensiiniautojen **17752 ktCO₂e**.

Maailman sähköntuotanto 1985–2021, TWh (BP statistical review of world energy 2022)

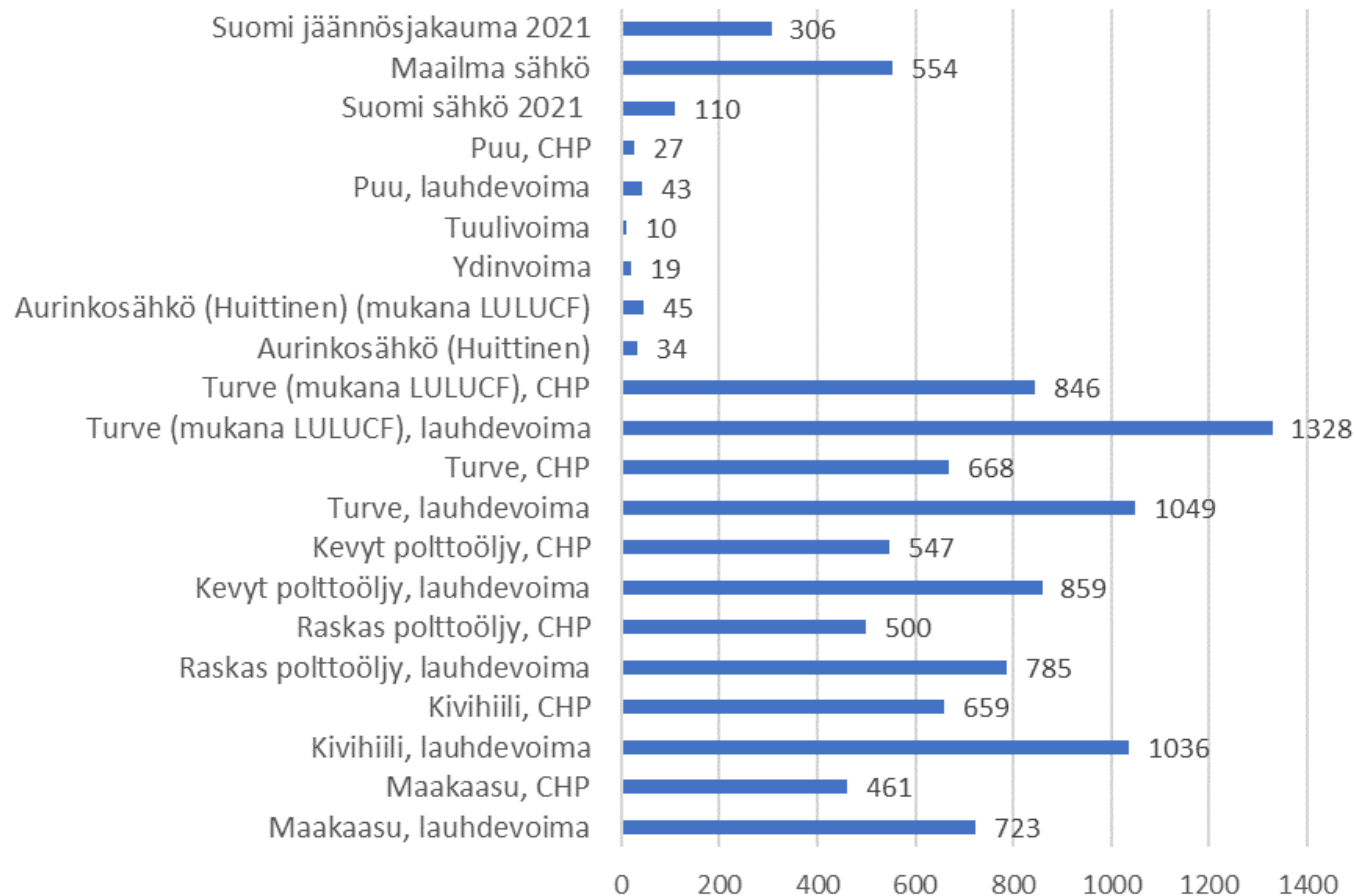


Maailman sähköntuotanto 1985–2021, TWh (BP statistical review of world energy 2022)

- Vaikka tuulivoima ja aurinkovoima ovat viime vuosina kasvaneet voimakkaasti, niiden osuus maailman sähköntuotannosta edelleen pieni verrattuna kivihiilellä ja maakaasulla tuotettuun sähköön.
- Koska kasvihuonekaasut eivät tunne valtioiden rajoja, olisi aurinkovoimalan päästöjä periaatteessa järkevää verrata maailman sähköntuotantoon.

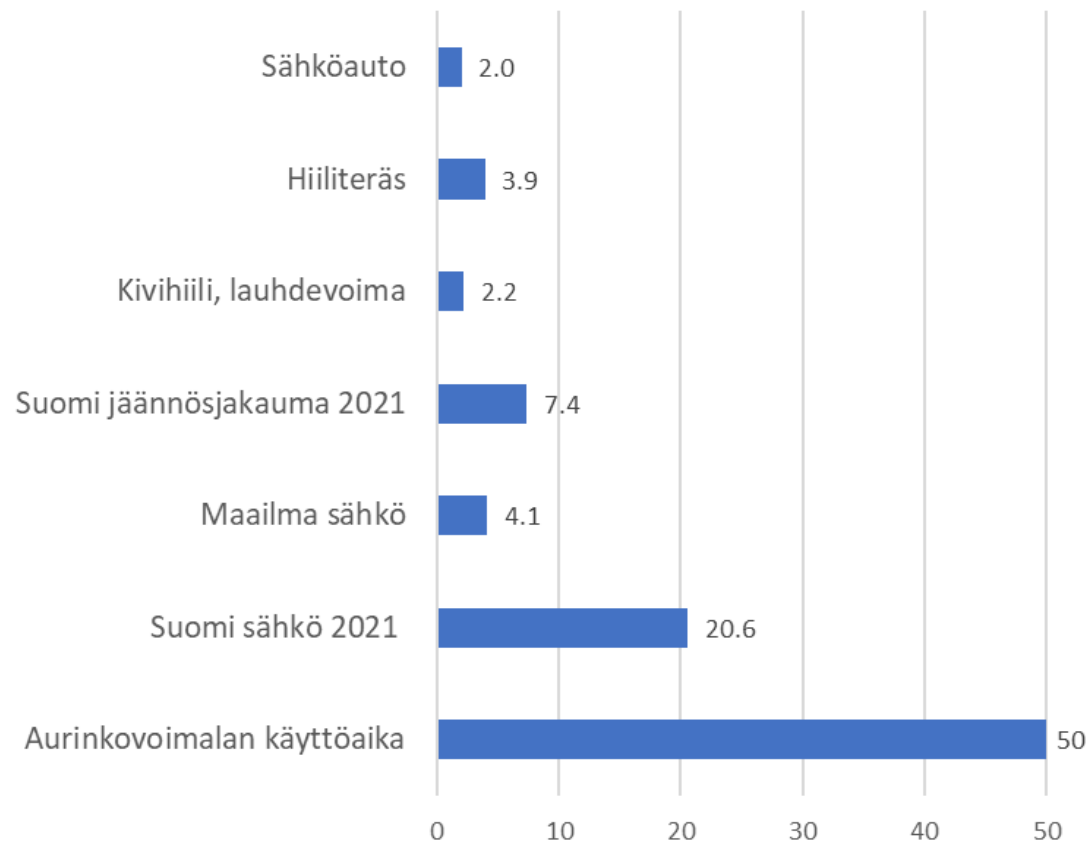
Sähkön päästökertoimia (koko elinkaari), gCO2e/kWh

Sähkön päästökertoimia, gCO2e/kWh



Päästöjen korvautumiseen kulunut aika verrokista riippuen, vuosia

Päästöjen korvautumiseen kulunut aika, vuotta



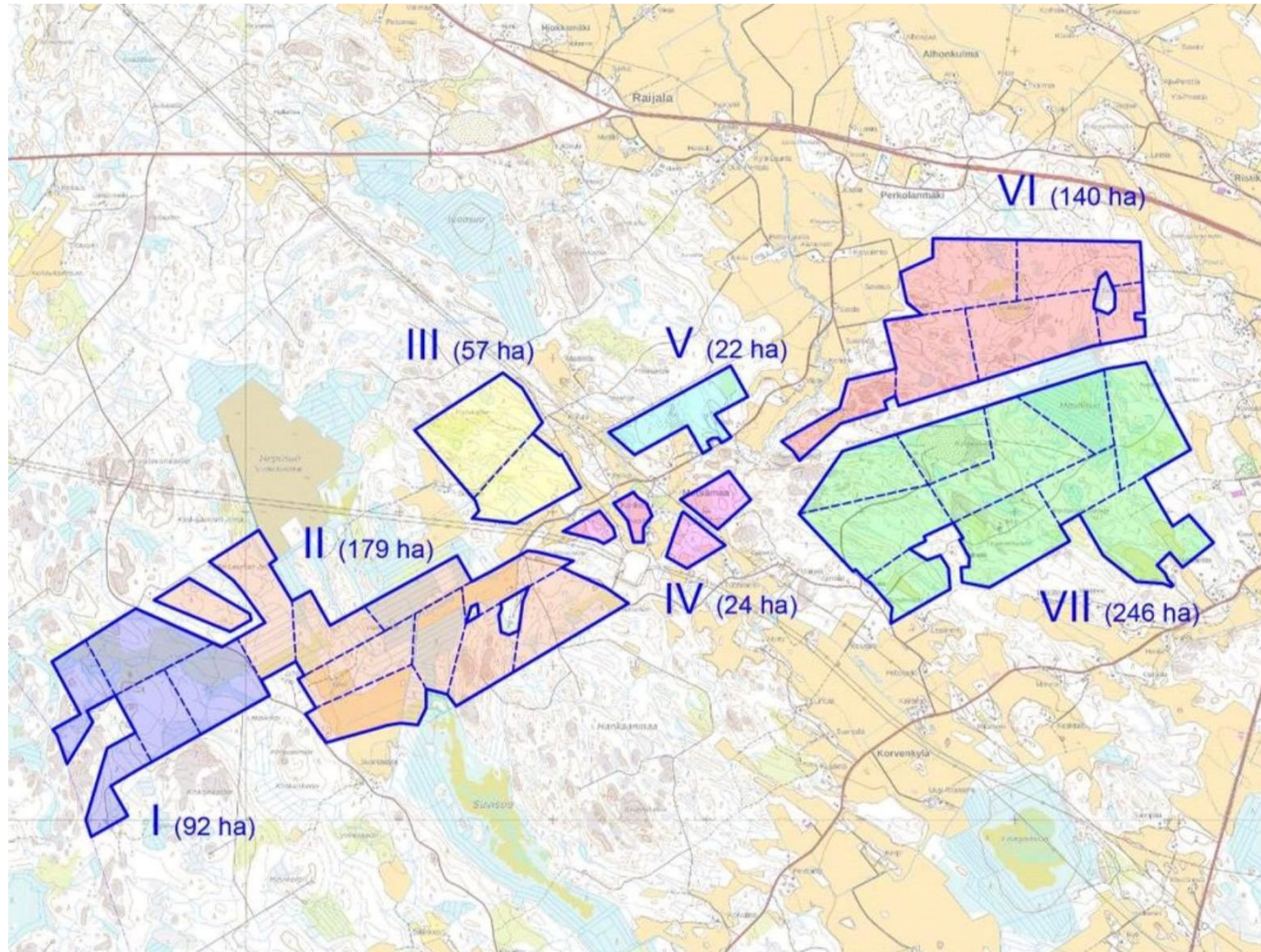
Päästöjen korvautumiseen kulunut aika

- Aurinkovoimala tuottaa sähköä 50 vuotta.
- Mikäli aurinkovoimalan sähköllä korvataan Suomen jäännösjakauman mukaista sähköä (2021), aurinkovoimalan päästöt ja hiilivarastojen/nielujen menetykset korvautuvat 7,4 vuodessa.
- Mikäli aurinkovoimalan sähköllä korvataan Suomessa käytettyä sähköä (2021), aurinkovoimalan päästöt ja hiilivarastojen/nielujen menetykset korvautuvat 20,6 vuodessa.
- Mikäli aurinkovoimalan sähköllä korvataan maailmassa tuotettua sähköä (2019), aurinkovoimalan päästöt ja hiilivarastojen/nielujen menetykset korvautuvat 4,1 vuodessa.
- Mikäli aurinkovoimalan sähköllä korvataan kivihiilisähköä, aurinkovoimalan päästöt ja hiilivarastojen/nielujen menetykset korvautuvat 2,2 vuodessa.

Päästöjen korvautumiseen kulunut aika

- Suurin hyöty aurinkosähköstä saadaan terästuotannossa ja sähköautoissa.
 - Terästuotannossa aurinkovoimalan päästöt ja hiilivarastojen/nielujen menetykset korvautuvat 3,9 vuodessa.
 - Sähköautoissa aurinkovoimalan päästöt ja hiilivarastojen/nielujen menetykset korvautuvat 2,0 vuodessa.
 - Toisin sanoen jäljellä olevat 46–48 vuotta aurinkovoimalan voidaan katsoa olevan ”päästötön”.

Taustaa ja tarkastelun raja



Taustaa ja tarkastelun raja

- Kasvihuonekaasulaskelmat ja hiilitasearviointit tehtiin seuraaville vaihtoehdoille:
- VE0 eli 0-vaihtoehdot: Hanketta ei toteuteta. Tarkastellaan kullekin kolmelle vaihtoehdolle (VE1, VE2, VE3) vertailuvaihtoehdot
 - VE0-VE1-ei hakkuita
 - VE0-VE1-hakkuilla (alueella hakataan normaalisti 50 vuoden aikana)
 - VE0-VE2-ei hakkuita
 - VE0-VE2-hakkuilla
 - VE0-VE3-ei hakkuita
 - VE0-VE3-hakkuilla
- VE1: Kokonaispinta-ala **374 ha**, 5 erillistä aluetta (I, II, III, IV, V). Voimalan kapasiteetti **300 MWp**. 84 % metsämaata.
- VE2: Kokonaispinta-ala **489 ha**, 5 erillistä aluetta (III, IV, V, VI, VII). Voimalan kapasiteetti **300 MWp**. 92 % metsämaata.
- VE3: Kokonaispinta-ala **760 ha**, 7 erillistä aluetta (I, II, III, IV, V, VI, VII). Voimalan kapasiteetti **600 MWp**. 88 % metsämaata.

Tarkastellut vertailukohteet

- Suomen sähkö 2021
 - Suomessa käytetty sähkö tuotantomuotojen osuuksien mukaan, yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon päästöt on kohdennettu sähkölle ja lämmölle käyttäen hyödynjakomenetelmää. Sähkön tuonti ja vienti on otettu huomioon.
 - Päästöjen laskennassa on otettu huomioon koko elinkaari.
- Virallisen jäännösjakautuksen 2021 mukainen sähkö
 - Energiaviraston julkaisema vuoden 2021 jäännösjakautuksen mukainen päästökerroin.
 - Ei ota huomioon sähköntuotannon koko elinkaarta, vain ”piipun pään” päästöt.
 - Jäännösjakautus kertoo Suomessa kulutetun varmentamattoman sähkön tuotantotajakauman.
- Jäännösjakautuksen 2021 mukainen sähkö koko elinkaaren osalta
- Energiaviraston 2020 päästökertoimen mukainen sähkö
- Hiiliteräksen tekeminen
 - Aurinkosähköä voidaan käyttää vedyn valmistamiseksi teräksen vetypelkistykseen ns. rautasieneksi ja valokaariuunissa rautasienen sulattamiseen. Nykyään pelkistys tehdään kivihiihellä.
- Bensiini tieliikenteessä
 - Aurinkosähköä käytetään sähköautoissa korvaamaan polttomoottoriautoissa käytettyä bensiiniä.

Laskennassa käytettyjä oletuksia

- Alue on aurinkovoimakäytössä **50 vuotta** ja sen jälkeen alue palaa pelto- ja metsämaaksi tai muuhun käyttöön.
- Alussa kapasiteettikerroin on 10,5 % eli esimerkiksi 600 MWp voimala tuottaa sähköä ensimmäisenä vuonna keskimäärin 63 MW teholla. Voimalan teho tippuu keskimäärin 0,4 % vuodessa.
- Paneelit tuottavat sähköä 25 vuotta. Osa paneeleista vaihdetaan tänä aikana esimerkiksi rikkoutumisen takia. 25 vuoden kohdalla kaikki paneelit vaihdetaan uusiin. Oletetaan että samoilla päästöillä 25 vuoden päästä paneelit tuottavat 40 % enemmän sähköä. Aurinkosähköteknologian nopean kehityshistorian valossa oletus on konservatiivinen.
- Invertterit vaihdetaan 15 vuoden välein.

Tulokset ilman maankäyttöä (VE3)

- Suurimman voimalavaihtoehdon eli vaihtoehto VE3:n aurinkovoimalan elinkaaren päästöt ovat **50 vuoden ajalta 1078 ktCO₂e**.
- Voimala tuottaa 50 vuoden aikana 31,43 TWh sähköä ja aurinkosähkön päästökertoimeksi tulee **34,29 gCO₂e/kWh**.
- Voimalan päästöt koostuvat suurimmalta osin aurinkopaneelien ja muiden komponenttien valmistuksesta.
- Alueella tapahtuvat päästöt ovat vain 0,72 prosenttia (7,8 ktCO₂e) voimalan päästöistä (ilman hakkuita ja maaperän päästöjä).
 - Alueen energiankäytön päästöt koostuvat puuston hakkaamisesta (harvesterit), metsäkuljetuksesta (kuormatraktorit), juurien ja hakkuutähteiden hakettamisesta, maansiirtotöistä (myös tien rakentaminen), asennuksista, kuljetuksista ja huoltotöistä – käytännössä pitkälti dieselin polttamisesta.
 - Alueella tapahtuvat suorat dieselin polttamisesta (pakoputki) johtuvat päästöt (**6,0 ktCO₂e**) ovat ns. scope 1 päästöjä.
 - Dieselin jalostamisesta ja sähköntuotannosta johtuvat päästöt ovat ns. scope 2 päästöjä (**1,8 ktCO₂e**). Scope 2 -päästöt siis johtuvat dieselin polttamisesta ja sähkönkulutuksesta, mutta ne syntyvät alueen ulkopuolella.

Maankäyttö (VE3)

- Puuston ja maaperän hiilivarastojen ja -nielujen muutoksista johtuen aurinkovoimalan päästöihin tulee lisätä **339 ktCO₂** maankäytön muutosten LULUCF-vaikutusta (land use, land use change and forestry).
- Se on alueen hiilitaseen negatiivinen vaikutus verrattuna tilanteeseen, jossa aurinkovoimalaa ei rakennettaisi ja alue olisi jäänyt nykyiseen käyttöön eikä alueella hakattaisi metsää 50 vuoteen.
- Mikäli metsiä hakattaisiin eli ne jatkaisivat normaalissa metsätalouuskäytössä, maaperän ja metsien päästölisäys olisi pienempi eli **289 ktCO₂**.
 - Laskelmissa on otettu huomioon myös alueelta hakattu puu ”hiilinieluna”.
- VE3:ssa aurinkosähkön päästökertoimeksi tulisi maksimissaan **45,08 gCO₂e/kWh**, kun puusto ja maaperän päästöt otetaan huomioon.

Vertailun oletus: puustoa ja maaperän päästöjä ei oteta huomioon

Vaihtoehto	VE1	VE2	VE3
<i>Aurinkovoimalan tietoja:</i>			
Tehokapasiteetti, MWp	300	300	600
Elinkaaren aikana tuotettu sähkö, GWh	15712	15712	31425
Pinta-ala, ha	376	491	762
<i>Aurinkovoimalan aiheuttamat päästöt:</i>			
Puuston ja maankäytön muutos verrattuna vaihtoehdon VEO-ei hakata maankäytön muutokseen	164	229	339
Aurinkovoimalan päästöt	539	540	1078
Aurinkovoimalan päästöt, mukana puusto ja maaperä (verrattuna hakkaamattomuuteen alueella)	703	769	1417

*) Pieni ero johtuu erosta alueen raivauksessa

Vertailun oletus: puustoa ja maaperän päästöjä ei oteta huomioon – Aurinkosähköllä korvaamalla vähennetään päästöjä (%)

Vaihtoehto	VE1	VE2	VE3
Suomen sähkö 2021, hyödynjakomenetelmä	59.2	55.4	58.8
Virallisen jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö	81.0	79.2	80.8
Jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö koko elinkaaren osalta	85.4	84.0	85.3
Energiaviraston 2020 päästökertoimen mukainen sähkö	54.8	50.6	54.4
Hiiliteräksen tekeminen	92.3	91.5	92.2
Bensiini tieliikenteessä	96.0	95.7	96.0

Vertailun oletus: alueella normaali metsätalous tarkasteluaikana

Vaihtoehto	VE1	VE2	VE3
<i>Aurinkovoimalan tietoja:</i>			
Tehokapasiteetti, MWp	300	300	600
Elinkaaren aikana tuotettu sähkö, GWh	15712	15712	31425
Pinta-ala, ha	376	491	762
<i>Aurinkovoimalan aiheuttamat päästöt:</i>	ktCO2e	ktCO2e	ktCO2e
Puuston ja maankäytön muutos verrattuna vaihtoehdon VEO-hakkuilla maankäytön muutokseen	140	195	289
Aurinkovoimalan päästöt	539*	540*	1078
Aurinkovoimalan päästöt, mukana puusto ja maaperä (verrattuna siihen että alueella hakataan normaalisti)	679	735	1367

*) Pieni ero johtuu erosta alueen raivauksessa

Vertailun oletus: alueella normaali metsätalous tarkasteluaikana – Aurinkosähköllä korvaamalla vähennetään päästöjä (%)

Vaihtoehto	VE1	VE2	VE3
Suomen sähkö 2021, hyödynjakomenetelmä	60.6	57.3	60.3
Virallisen jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö	81.6	80.1	81.5
Jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö koko elinkaaren osalta	85.9	84.7	85.8
Energiaviraston 2020 päästökertoimen mukainen sähkö	56.3	52.7	56.0
Hiiliteräksen tekeminen	92.5	91.9	92.5
Bensiini tieliikenteessä	96.2	95.9	96.1

Vertailun oletus: puustoa ja maaperän päästöjä ei oteta huomioon

Vaihtoehto	VE1	VE2	VE3
<i>Aurinkovoimalan tietoja:</i>			
Tehokapasiteetti, MWp	300	300	600
Elinkaaren aikana tuotettu sähkö, GWh	15712	15712	31425
Pinta-ala, ha	376	491	762
<i>Aurinkovoimalan aiheuttamat päästöt:</i>	ktCO2e	ktCO2e	ktCO2e
Puuston ja maankäytön muutos verrattuna vaihtoehdon VEO-hakkuilla maankäytön muutokseen	0	0	0
Aurinkovoimalan päästöt	539*	540*	1078
Aurinkovoimalan päästöt	539	540	1078

*) Pieni ero johtuu erosta alueen raivauksessa

Vertailun oletus: puustoa ja maaperän päästöjä ei oteta huomioon – Aurinkosähköllä korvaamalla vähennetään päästöjä (%)

<i>Aurinkosähköllä korvaamalla vähennetään päästöjä:</i>	%	%	%
Suomen sähkö 2021, hyödynjakomenetelmä	68.7	68.6	68.7
Virallisen jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö	85.4	85.4	85.4
Jäännösjakauman 2021 mukainen sähkö koko elinkaaren osalta	88.8	88.8	88.8
Energiaviraston 2020 päästökertoimen mukainen sähkö	65.3	65.3	65.3
Hiiliteräksen tekeminen	94.1	94.1	94.1
Bensiini tieliikenteessä	97.0	97.0	97.0

Maaperän ja puuston päästöjen, hiilivaraston ja hiilinielujen laskennassa käytettyjä lähtötietoja

Hiilivaraston muutos maaperässä, kivennäismaat:	
tCO ₂ /ha/a	
0.3	Maisemapellot
0.6	Maisemaniitty
-1.5	Talousmetsä
-5.7	Arvometsä
0	Louhos
Hiilivaraston muutos maaperässä, turvemaat:	
tCO ₂ /ha/a	
1.8	Turvepellot
	<i>Metsämaa:</i>
7.2	Ruohoturvekangas
3.0	Mustikkaturvekangas
0.5	Puolukkaturvekangas
-0.4	Varputurvekangas
-1.6	Jäkäläturvekangas

Positiivinen luku tarkoittaa päästöä, negatiivinen luku tarkoittaa nielua.

Maaperän ja puuston päästöjen, hiilivaraston ja hiilinielujen laskennassa käytettyjä lähtötietoja

Puusto (Satakunta):	
137.8	Puuston keskitilavuus puuntuotannon metsämaalla (runkopuu), m ³ /ha
6.10	Puuston vuotuinen kasvu (runkopuu), m ³ /ha/a
5.15	Hakkuut (runkopuu), m ³ /ha/a
0.87	Luonnollinen poistuma (runkopuu), m ³ /ha/a
31.0	Oksisto ja lehvästö (biomassa) runkopuun määrästä, %
37.3	Kannot ja juuret (biomassa) runkopuun määrästä, %
0.739	Puun sitoma hiilidioksidi, tCO ₂ /m ³

Vaihtoehdon VE3 puuston poistamisen, talousmetsähakkuiden ja maaperän päästöt eri vaihtoehdoissa

VE0-ei hakkuita	VE0- hakuilla	VE3	
ktCO2e	ktCO2e	ktCO2e	
334.36	118.29	0.00	Alueen puuston hiilivarasto lopussa
115.36	115.36	115.36	Alueen puuston hiilivarasto alussa
219.00	2.93	-115.36	Puuston hiilivaraston muutos
0.00	128.13	68.55	Alueelta hakattu runkopuu
0.00	0.00	219.00	Toteutumatta jäänyt puuston kasvu
0.00	87.52	46.82	Maaperään hakkuutähteenä/hakkeena tai kantoina ja juurina siirtyvä hiili
0.00	49.54	43.31	Tarkasteluaikana hajoava hakkuutähteen/hakkeen tai kantojen ja juurien hiili
-42.36	-42.36	-50.60	Maaperän hiilimuutos ilman hakkuutähdettä/haketta
-42.36	-4.38	-47.08	Maaperän hiilimuutos, mukana hakkuutähde/hake
176.64	-1.45	-162.45	Hiilivarasto tarkasteluajan lopussa verrattuna alkutilaan
176.64	126.68	-381.44	Hiilivarasto tarkasteluajan lopussa verrattuna alkutilaan, mukana menetetty kasvu ja alueelta poistunut hakattu puu
	49.95	339.08	Puuston ja maankäytön muutos verrattuna vaihtoehdon VE0-ei hakata maankäytön muutokseen (päästö)
		289.13	Puuston ja maankäytön muutos verrattuna vaihtoehdoton VE0-hakuilla (päästö)
		1078.26	Aurinkovoimalan päästöt
		7.82	Aurinkovoimalan päästöt alueella
		1417.34	Aurinkovoimalan päästöt, mukana puusto ja maaperä (verrattuna hakkaamattomuuteen alueella)
		1367.39	Aurinkovoimalan päästöt, mukana puusto ja maaperä (verrattuna siihen että alueella hakataan normaalisti)

Aurinkovoimalan elinkaaren päästöt

	VE1	VE2	VE3
	tCO2e	tCO2e	tCO2e
Aurinkopaneelit	462000	462000	924000
Invertterit	14178	14178	28356
Muuntajat	14649	14649	29297
Tukirakenteet ja kaapelointi	17570	17570	35140
Kytkenärasiat	569	569	1138
Huoltorakennukset	2057	2057	4114
Käyttö ja huolto	22959	22959	45918
Alueen raivaus ja kunnostus	2221	3158	4719
Asennus ja kuljetukset	2479	2479	4955
Puuston poisto ja maaperän päästöt	163773	228755	339083
Yhteensä	702454	768374	1416721

Aurinkovoimalan elinkaaren päästöt

	VE1	VE2	VE3
	gCO2e/kWh	gCO2e/kWh	gCO2e/kWh
Aurinkopaneelit	29.40	29.40	29.40
Invertterit	0.90	0.90	0.90
Muuntajat	0.93	0.93	0.93
Tukirakenteet ja kaapelointi	1.12	1.12	1.12
KytKentärasiat	0.04	0.04	0.04
Huoltorakennukset	0.13	0.13	0.13
Käyttö ja huolto	1.46	1.46	1.46
Alueen raivaus ja kunnostus	0.14	0.20	0.15
Asennus ja kuljetukset	0.16	0.16	0.16
Puuston poisto ja maaperän päästöt	10.42	14.56	10.79
Yhteensä	44.71	48.90	45.08

Aurinkovoimalan alueen toimintojen päästöt

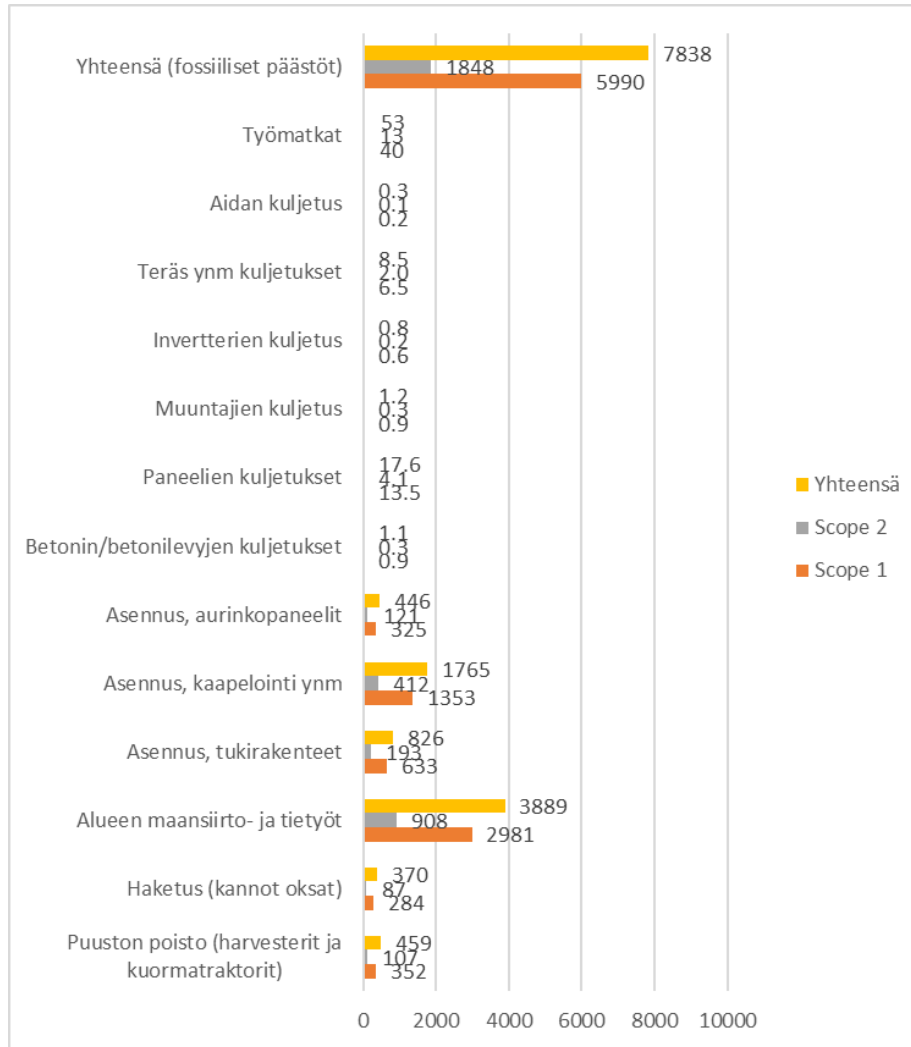
		L, MWh	VE3		
			Scope 1	Scope 2	Yhteensä
			tCO2e	tCO2e	tCO2e
Puuston poisto (harvesterit ja kuormatraktorit)	Diesel B7	129856	352	107	459
Haketus (kannot oksat)	Diesel B7	104846	284	87	370
Alueen maansiirto- ja tietyöt	Diesel B7	1100927	2981	908	3889
Asennus, tukirakenteet	Diesel B7	233782	633	193	826
Asennus, kaapelointi ynm	Diesel B7	499674	1353	412	1765
Asennus, aurinkopaneelit	Diesel B7	119953	325	99	424
Asennus, aurinkopaneelit ja kaapelointi	Verkkosähkö	200	0	22	22
Betonin/betonilevyjen kuljetukset	Diesel B7	321	0.9	0.3	1.1
Paneelien kuljetukset	Diesel B7	4992	13.5	4.1	17.6
Muuntajien kuljetus	Diesel B7	331	0.9	0.3	1.2
Invertterien kuljetus	Diesel B7	226	0.6	0.2	0.8
Teräs ynm kuljetukset	Diesel B7	2407	6.5	2.0	8.5
Aidan kuljetus	Diesel B7	78	0.2	0.1	0.3
Työmatkat	* (ks. alla)		40	13	53
Yhteensä (fossiiliset päästöt)			5990	1848	7838
Maaperän lisääntyneet päästöt					8234
Haketettujen kantojen, juurien ja oksien hajoaminen					43305
Yhteensä (maaperän päästöt)					51539
Yhteensä					59378

Scope 1 = Suorat polton (pakoputken) päästöt

Scope 2 = Polttoaineen jalostuksesta tai sähköntuotannosta aiheutuvat päästöt

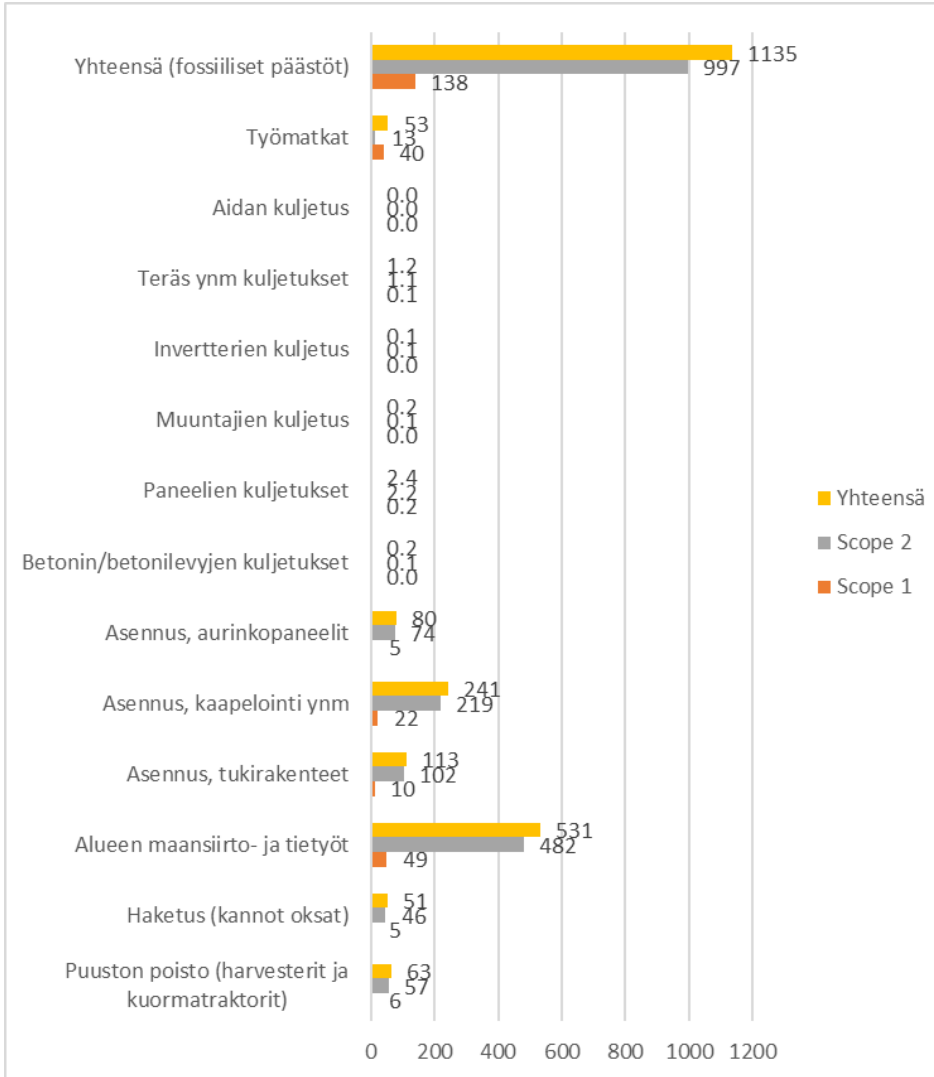
* Henkilöautolla: bensiini, diesel, kaasu, sähkö, pluginhybridi

Aurinkovoimalan alueen toimintojen päästöt, tCO2e, VE3, fossiilinen diesel



- Scope 1 = Alueella tapahtuvat suorat päästöt. Käytännössä dieselin polton pakoputken päästöt.
- Scope 2 = Polttoaineiden jalostamisen päästöt ja sähköntuotannon päästöt. Tapahtuvat alueen ulkopuolella.

Aurinkovoimalan alueen toimintojen päästöt, tCO2e, VE3, uusiutuva biodiesel (Neste My)



- Scope 1 = Alueella tapahtuvat suorat päästöt. Käytännössä dieselin polton pakoputken päästöt.
- Scope 2 = Polttoaineiden jalostamisen päästöt ja sähköntuotannon päästöt. Tapahtuvat alueen ulkopuolella.