

MASALAN EKOÄLYKYLÄN
KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN JA
ILMASTOVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

LCA Inno Oy

Juha Seppälä

20.10.2019

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Työn tarkoitus ja tavoite	1
2.	Arviointimenetelmä	2
2.1	Kasvihuonekaasupäästöarviot.....	2
2.2	Säteilypakotemalli	2
3.	Energiajärjestelmä	4
3.1	Energian tuotanto ja kulutus.....	4
3.2	Lämmitys	7
3.3	Sähkö.....	9
3.4	Sähkön ja lämmön tuotannon päästöt.....	13
4.	Alueen maaperän hiilivarasto ja sen muutos.....	18
4.3	Asuinalueen metsämaan poisto.....	18
4.4	Suo.....	19
5.	Asuinrakennusten valmistus	20
6.	Alueen infran rakentaminen ja käyttö	21
6.1	Väylät	21
6.2	Vesi- ja viemäriverkosto	22
7.	Liikkuminen	23
7.3	Julkinen liikenne ja yhteiskäyttöautot.....	23
7.2	Henkilöautoliikenne	25
8.	Ekokylän kasvihuonekaasupäästöt eri rakentamisvaihtoehdoilla	28
9.	Eköäkylä verrattuna asuinalueeseen Masalan aseman vieressä.....	33
10.	Säteilypakotelaskelmien tulokset ja niiden tulkinta	36
10.1	Fossiilisten kasvihuonekaasupäästöjen vaikutukset	36
10.2	Fossiilisten ja biopohjaisten kasvihuonekaasupäästöjen sekä metsän hiilinielujen yhteisvaikutus	39
11.	Yhteenveto	42
	Lähdeluettelo.....	44
	Liite 1. Masalan eköäkylän tieverkoston maa-ainesten käsittelyn kasvihuonekaasupäästöjen vaikutusarviointi	46
	Liite 2. Lämmitystarveluvut Helsinki 2013-2018 (°Cvirk)	54
	Liite 3. Puunpolton vaikutukset	55
	Liite 4. Säteilypakote laskelmien päästöt ja aikajakauma.....	57

1. JOHDANTO

1.1 TAUSTA

Ilmastonmuutoksen hillintä edellyttää asuinalueiden rakentamisessa uudenlaisia ratkaisuja, jossa kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on mukana kaikissa vaiheissa raaka-aineiden hankinnasta rakennusten ylläpitoon ja purkuun asti. Onnistuneen vähähiilisen asuinalueen edellytyksenä on hyvä suunnittelu ja ymmärrys eri osatekijöiden merkityksestä kokonaisuudessa.

Kirkkonummen Masalan Mustikkarinteeseen suunnitellun asuinalueen tavoitteena on olla mahdollisimman vähähiilinen. Asuinalueelle on olemassa kaksi vaihtoehtoista rakentamissuunnitelmaa (VE1 ja VE2), jotka eroavat toisistaan pääasiassa rakennettavien kerrosneliömetrien ja energijärjestelmän mitoituksen suhteen. Asuinalue kattaa yli 20 hehtaarin alueen ja sijaitsee noin 2,5 km päässä Masalan rautatieasemalta. Alue on nykyisin maa- ja metsätalousaluetta.

1.2 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Tämän selvityksen tavoitteena on tuoda kokonaisnäkemys Masalan ekoälykylän kasvihuonekaasupäästöistä ja arvioida ekokylän ilmastovaikutukset yleissuunnittelun tietojen perusteella.

Työn tarkoituksena on antaa perusta vähähiiliselle jatkosuunnittelutyölle, jossa päätetään lopulliset ekokylän rakennuksiin, infraan ja toiminnallisuuksiin liittyvät ratkaisut.

2. ARVIOINTIMENETELMÄ

2.1 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖARVIOT

Työssä arvioidaan Masalan asuinalueen rakentamissuunnitelmien VE1 (23390 k-m²) ja VE2 (37780 k-m²) eri osatekijöiden kasvihuonekaasupäästöt suhteessa referenssisuunnitelmiin. Kumpaakin vaihtoehtoa verrataan erikseen Mustikkarinnettä referenssitilanteita vasten. Referenssisuunnitelma (REF) kuvaa tilannetta, jossa Masalan asuinalue toteutettaisiin ”kuin ennenkin”. Tässä vähähiilisyden tavoittelu ei ole keskiössä, ja toteutus noudattaa nykysääntöjä. Tämän lisäksi Mustikkarinteen asuinalueen ratkaisuvaihtoehtoja on verrattu referenssisuunnitelmaan (REFM), jossa Masalan ekokylän asuntomäärä sijoittuu Masalan rautatieaseman välittömään läheisyyteen. Asuntojen osalta vaihtoehdot tarjoavat saman toiminnallisuuden. Lähtökohtana on saada näkyviin Masalan ekokylän ratkaisujen päästöhyödyt referenssisuunnitelmiin nähden.

Eri vaihtoehtojen lisäksi on pyritty lähtötietojen puitteissa arvioimaan elinkaariset päästöt ja niiden toteutuminen eri ajan hetkenä. Nykytilanne ja vuoden 2040 tilanne ovat mukana eri vaihtoehtojen erojen tarkastelussa.

Masalan asuinalue on kasvihuonekaasupäästöarvioiden osalta jaoteltu seuraaviin osakokonaisuuksiin: 1) energiatuotanto (lämmitys, sähkö), 2) rakennusten valmistus ja ylläpito 3) alueen infran rakentaminen ja ylläpito (väylät, vesi- ja viemäriverkosto), 4) liikkuminen (julkisten kulkuneuvojen käyttö, henkilöautoliikenne).

Eri osa-alueille tehdyt päästöarviot perustuvat erilaisten tekijöiden määrätietoihin ja niitä vastaaviin päästökertoimiin. Päästökertoimet voivat olla tapauksista riippuen joko kasvihuonekaasupäästöjen päästötietoja kg/aktiviteettiyksikkö tai kg CO₂-ekv./aktiviteettiyksikkö. Viimeksi mainittu yksikkö on hiilidioksidiekvivalenttitonimäärä, jossa eri kasvihuonekaasujen päästöt on muutettu hiilidioksidipäästöön nähden vertailukelpoiseksi, kun lähtökohtana on kunkin kasvihuonekaasun 100 vuoden aikana aiheuttama ilmastovaikutus. Ilmastovaikutus lasketaan käytännössä kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) ohjeistamien GWP-kertoimien avulla. Jos kasvihuonekaasupäästöt on ilmoitettu absoluuttisina kiloina, niin nämä lukuarvot kerrotaan niitä vastaavilla GWP-kertoimilla ja tuloksena saadaan kg CO₂-ekv.-yksikkö. Työssä käytetyt GWP-kertoimet ovat hiilidioksidille (CO₂) 1, metaanille (CH₄) 24 ja dityppioksidille (N₂O) 310.

Eri osa-alueille tuotetut CO₂-ekv. -luvut perusteineen on raportoitu luvuissa 3-7. Luvut lasketaan yhteen, minkä perusteella tehdään lopuksi Masalan Mustikkarinteen vaihtoehtojen välistä vertailua (luku 8). Työssä tuodaan näkyviin tilanne tänä päivänä ja vuonna 2040, jolloin yhteiskunnan on oletettu edenneen vähähiilisydessä merkittävästi. Mustikkarinteen toteutusvaihtoehdon lisäksi päästötuloksia verrataan myös Masalan ekoälykylän ja Masalan rautatieaseman läheisyyteen rakennettavan (REFM) suunnitteluvaihtoehtojen kesken (luku 9).

2.2 SÄTEILYPAKOTEMALLI

Perinteisen GWP-kertoimien avulla tapahtuvan hiilidioksidiekvivalenttilaskennan (yllä) lisäksi työssä tehdään ns. Säteilypakotetarkastelu. Siinä tuodaan Masalan ekokylän ja rautatieaseman läheisyyteen rakennettavan (REFM) suunnitteluvaihtoehdon ilmastovaikutuserot näkyviin ajan funktiona. Tällä tavalla saadaan eri aikaan tapahtuvien päästöjen vaikutukset näkyviin täsmällisemmin kuin GWP-laskennalla. Säteilypakotelaskennan tulokset ja niiden tulkinta on esitetty luvussa 10.

Työssä käytetyt säteilypakotelaskelmat perustuvat kansainvälisen ilmastopaneelin, IPCC:n, esittämään menetelmään. Menetelmää käytetään tieteellisissä selvityksissä erilaisten vaihtoehtojen välisten ilmastovaikutusten tarkasteluun, kun tarkoituksena on tarkastella eroja ajan suhteen. Menetelmästä on olemassa hieman erilaisia versioita, lähinnä mallin parametrisoinnin näkökulmasta. Tässä käytetty menetelmä perustuu kansainvälisen ilmastopaneelin viimeisimpään mallikokonaisuuteen kokonaisuuteen, joka on julkaistu vuonna 2013 (Persson, ym. 2015).

Säteilypakotemallin lähtökohtana on se, että eri kasvihuonekaasuilla on erilainen poistumisnopeus ja lämmittävä vaikutus ilmakehässä. Tässä yhteydessä seurataan hiilidioksidi- ja metaanipäästöjen vaikutusta ilmakehän ko. kaasujen pitoisuuteen ja edelleen pitoisuuslisän aiheuttamaa säteilypakotetta aina kolmensadan vuoden aikana.

Laskennassa on käytetty ns. marginaalimallia. Siinä oletetaan, että tarkasteltavan kohteen päästön aiheuttama pitoisuusmuutos on niin pieni, että se ei vaikuta globaaliin taustapitoisuuteen. Tämä oletus pätee hyvin ekokylän tapaisten kohteiden tarkasteluun.

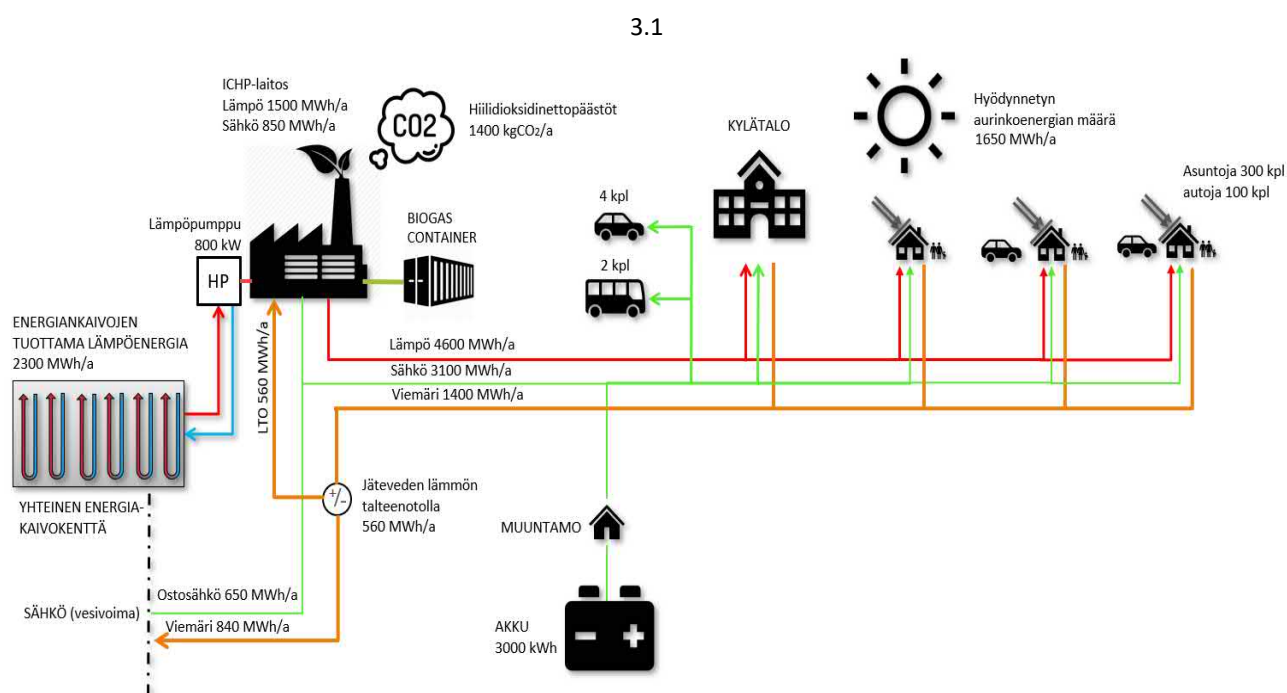
Marginaalilaskennan lopputulokseen vaikuttaa jonkin verran ilmakehän kulloinenkin taustapitoisuus, joka pitää antaa mallille erikseen valmiiksi annettuna. Tässä laskennassa on käytetty RCP4.5 -skenaariota eli pitoisuuksien kehityskulun skenaariota (Meinshausen, ym. 2011). RCP4.5 -skenaario johtaa tilanteeseen, jossa globaali lämpötila nousee vuosisadan lopussa noin 3 astetta. Skenaarioitten nimitykset perustuvat kutakin skenaariota vastaavaan säteilypakotteen voimakkuuteen vuonna 2100 (vertailukohtana v. 1750): RCP2.6-skenaarion mukainen säteilypakote on tuolloin noin 2,6 W/m², RCP4.5-skenaarion 4,5 W/m², RCP6.0:n 6,0 W/m² ja RCP8.5:n 8,5 W/m² (Ruosteenoja 2014).

Säteilypakote ilmaistaan kunakin vuonna yksikössä watteina neliometriä kohti (W/m²). Laskemalla eri vaihtoehdon kunkin vuoden säteilypakotemäärät yhteen saadaan eri vaihtoehtojen ero ilmaston lämmittämisessä. Mitä suurempi kumulatiivinen säteilypakotemäärä (eli mitä suurempi pinta-ala säteilypakotekuivissa), sitä suurempi lämmittävä vaikutus ilmastoon.

3. ENERGIAJÄRJESTELMÄ

3.1 ENERGIAN TUOTANTO JA KULUTUS

Koko energiajärjestelmän (Kuva 1) mitoituksen tärkeimpänä lähtökohtana on ollut se, että kylä olisi mahdollisimman vähäpäästöinen. Kaikki järjestelmät ja laitteet on valittu siten, että niiden kasvihuonekaasupäästöt olisivat mahdollisimman pienet. Pääasiallisena lämpöenergianlähteenä toimii maalämpö, jolla pyritään tuottamaan suurin osa kylän tarvitsemasta lämmitysenergiasta ja loput lämmitysenergiat tuotetaan ICHP-laitoksen lauhdelämmöllä (Integroitu lämmön- ja sähkön yhteistuotantolaitos) sekä jäteveden lämmöntalteenotolla. Sähköenergiaa kylässä tuotetaan aurinkoenergialla, jonka avulla pyritään kattamaan 40 - 60 % vuotuisesta sähköenergiantarpeesta. ICHP-laitoksen avulla pyritään tuottamaan 20 - 30 % vuotuisesta sähköenergiantarpeesta ja loput sähköenergiantarpeesta ostetaan energiayhtiöltä vesivoimalla tuotettuna. (Zidbeck 2018)



Kuva 1. Masalan ekoölykylän energiajärjestelmä sekä energian kulutus ja tuotanto rakentamismahdollisuudessa 2. (Sivula ja Zidbeck 2018)

Energian tuotannon ja kulutuksen arviot pohjautuvat Granlund Oy:n antamiin lähtötietoihin ja niistä johdettuihin tuloksiin. Tehdyt oletukset on esitetty tarkemmin luvuissa 3.1 – 3.4.

Taulukossa 1 on esitetty arvio Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE1:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautumisesta vuositasona, kun sähköautojen vaikutusta sähkön kulutukseen ei ole otettu huomioon.

Taulukko 1. Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE1:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautuminen vuositasona, kun sähköautojen vaikutusta sähkön kulutukseen ei ole otettu huomioon.

VE1	Sähkö		Lämpö	
	osuus	MWh/a	osuus	MWh/a
Tuotanto				
ICHP-laitos	40,4 %	849,6	49,6 %	1498,4
Akusto + Aurinkopaneelit	38,5 %	809,7	0,0 %	0,0
Energiakaivot	0 %	0	38,5 %	1162,6
Jäteveden LTO	0 %	0	11,9 %	361,1
Ostoenergia	21,0 %	441,1	0,0 %	0,0
Yhteensä	100 %	2100,4	100 %	3022,1
Kulutus				
Kylä	75,4 %	1558,1	100,0 %	3009,0
Lämpöpumput	24,6 %	507,9	0,0 %	0
Sähköautot (4 kpl)	0,0 %	0,0	0,0 %	0
Yhteensä	100 %	2065,9	100 %	3009,0

Taulukossa 2 on esitetty arvio Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE1:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautumisesta vuositasona, kun on oletettu, että alueella on 100 sähköautoa. Jokaisella sähköautolla ajetaan vuodessa noin 15000 kilometriä.

Taulukko 2. Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE1:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautuminen vuositasona, kun alueella on 100 sähköautoa, joilla ajetaan noin 15000 km vuodessa.

VE1	Sähkö		Lämpö	
	osuus	MWh/a	osuus	MWh/a
Tuotanto				
ICHP-laitos	30,9 %	849,6	49,8 %	1498,4
Akusto + Aurinkopaneelit	43,0 %	1183,1	0,0 %	0,0
Energiakaivot	0 %	0	38,2 %	1162,6
Jäteveden LTO	0 %	0	12,0 %	361,1
Ostoenergia	26,2 %	720,7	0,0 %	0,0
Yhteensä	100 %	2753,4	100 %	3022,1
Kulutus				
Kylä	56,9 %	1558,1	100,0 %	3009,0
Lämpöpumput + Jäteveden LTO	18,6 %	507,9	0,0 %	0
Sähköautot (100 kpl)	24,5 %	671,4	0,0 %	0
Yhteensä	100 %	2737,3	100 %	3009,0

Taulukossa 3 on esitetty arvio Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE2:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautumisesta vuositasona, kun sähköautojen vaikutusta sähkön kulutukseen ei ole otettu huomioon.

Taulukko 3. Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE2:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautuminen vuositasona, kun sähköautojen vaikutusta sähkön kulutukseen ei ole otettu huomioon.

VE2	Sähkö		Lämpö	
	osuus	MWh/a	osuus	MWh/a
Tuotanto				
ICHIP-laitos	24,8 %	849,6	30,8 %	1498,4
Akusto + Aurinkopaneelit	39,6 %	1356,2	0,0 %	0,0
Energiakaivot	0 %	0	57,2 %	2780,0
Jäteveden LTO	0 %	0	12,0 %	583,2
Ostoenergia	35,6 %	1219,8	0,0 %	0,0
Yhteensä	100 %	3425,6	100 %	4861,6
Kulutus				
Kylä	67,2 %	2300,0	100,0 %	4860,2
Lämpöpumput + Jäteveden LTO	32,8 %	1121,1	0,0 %	0
Sähköautot (4 kpl)	0,0 %	0,0	0,0 %	0
Yhteensä	100 %	3421,0	100 %	4860,2

Taulukossa 4 on esitetty arvio Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE2:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautumisesta vuositasona, kun on oletettu, että alueella on 100 sähköautoa. Jokaisella sähköautolla ajetaan vuodessa noin 15000 kilometriä.

Taulukko 4. Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE2:n energian tuotannon ja kulutuksen jakautuminen vuositasona, kun alueella on 100 sähköautoa, joilla ajetaan noin 15000 km vuodessa.

VE2	Sähkö		Lämpö	
	osuus	MWh/a	osuus	MWh/a
Tuotanto				
ICHIP-laitos	20,7 %	849,6	30,8 %	1498,4
Akusto + Aurinkopaneelit	42,2 %	1728,6	0,0 %	0,0
Energiakaivot	0 %	0	57,2 %	2780,0
Jäteveden LTO	0 %	0	12,0 %	583,2
Ostoenergia	37,0 %	1516,3	0,0 %	0,0
Yhteensä	100 %	4094,5	100 %	4861,6
Kulutus				
Kylä	56,2 %	2300,0	100,0 %	4860,2
Lämpöpumput + Jäteveden LTO	27,4 %	1121,1	0,0 %	0
Sähköautot (100 kpl)	16,4 %	671,4	0,0 %	0
Yhteensä	100 %	4092,4	100 %	4860,2

3.2 LÄMMITYS

Lämpöenergian kulutus on oletettu olevan VE1:ssä noin 3010 MWh/vuosi ja VE2:ssa noin 4860 MWh/vuosi. Tuotanto on kummassakin tapauksessa hieman kulutusta suurempi. Maalämpöpumppujen SCOP-kertoimena on käytetty talvikaudelle lukuarvoa 3 ja kesäkaudelle lukuarvoa 5. SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) on lämmityskauden lämpökerroin. Maalämpöpumppujen tehoksi on oletettu VE1:ssä 600 kW ja VE2:ssa 800 kW. ICHP-laitoksen lämmön tuotanto on vakio kummassakin tapauksessa eli hieman alta 1500 MWh/vuosi. ICHP-laitoksen hyötysuhteeksi on oletettu 83,2 %.

Taulukossa 5 on esitetty arvio Masalan ekoölykylän rakentamissuunnitelma VE1:n lämmön tuotannon ja kulutuksen jakautumisesta kuukausitasolla. Kulutuksen jakautuminen kuukausitasolla perustuu tuntikohtaiseen tilastoon vertailukiinteistön lämmitysenergian tarpeesta vuoden aikana.

Taulukko 5. Masalan ekoölykylän rakentamissuunnitelma VE1:n lämmön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausitasolla.

VE1 Lämpö	Kulutus (MWh/vuosi)	Tuotanto (MWh/vuosi)			
	Kokonaiskulutus	ICHP	Maalämpö	Jäteveden LTO	Yhteensä
Tammikuu	490,20	267,14	164,24	58,82	490,20
Helmikuu	364,79	228,32	92,70	43,78	364,79
Maaliskuu	360,54	182,29	135,48	43,26	361,03
Huhtikuu	294,85	69,95	189,60	35,38	294,93
Toukokuu	164,07	11,08	133,73	19,69	164,49
Kesäkuu	78,33	0,00	68,93	9,40	78,33
Heinäkuu	64,78	0,00	57,01	7,77	64,78
Elokuu	90,72	1,74	78,32	10,89	90,95
Syyskuu	136,40	19,68	105,76	16,37	141,80
Lokakuu	268,46	198,77	43,90	32,21	274,88
Marraskuu	328,67	252,04	37,22	39,44	328,70
Joulukuu	367,19	267,41	55,72	44,06	367,19
Yhteensä	3008,99	1498,40	1162,59	361,08	3022,07

Taulukossa 6 on esitetty arvio Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE2:n lämmön tuotannon ja kulutuksen jakautumisesta kuukausitasolla.

Taulukko 6. Masalan ekoälykylän rakentamissuunnitelma VE1:n lämmön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausitasolla.

VE2 Lämpö	Kulutus (MWh/vuosi)	Tuotanto (MWh/vuosi)			
	Kokonaiskulutus	ICHP	Maalämpö	Jäteveden LTO	Yhteensä
Tammikuu	791,78	267,14	429,63	95,01	791,78
Helmikuu	589,22	228,32	290,20	70,71	589,22
Maaliskuu	582,35	182,29	330,18	69,88	582,35
Huhtikuu	476,24	69,95	349,15	57,15	476,24
Toukokuu	265,02	11,08	222,14	31,80	265,02
Kesäkuu	126,52	0,00	111,34	15,18	126,52
Heinäkuu	104,63	0,00	92,08	12,56	104,63
Elokuu	146,54	1,74	127,21	17,58	146,54
Syyskuu	220,31	19,68	175,56	26,44	221,67
Lokakuu	433,62	198,77	182,86	52,03	433,66
Marraskuu	530,87	252,04	215,13	63,70	530,87
Joulukuu	593,09	267,41	254,51	71,17	593,09
Yhteensä	4860,18	1498,40	2779,96	583,22	4861,59

3.3 SÄHKÖ

Sähköenergian kulutus (kylä + lämpöpumput) on oletettu olevan VE1:ssä noin 2070 MWh/vuosi ja VE2:ssa noin 3420 MWh/vuosi. Lisäksi kummallekin rakentamisvaihtoehdolle on arvioitu tilanne, jossa alueella on 4 – 100 sähköautoa, joilla jokaisella ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa. ICHP-laitoksen sähkön tuotanto on vakio jokaisessa tapauksessa eli noin 850 MWh/vuosi. ICHP-laitoksen hyötysuhteeksi on oletettu 83,2 %.

Taulukossa 7 on esitetty sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa VE1, kun sähköautoja on 4. Kulutus jakautuu hieman eri tavalla ympäri vuoden. Talvikuukausina kulutus tuotetaan pääasiassa ICHP-laitoksen ja ostoenergian avulla, kun taas kesäaikana aurinkopaneelien ja akuston osuus tuotannosta vastaa lähes koko kulutusta.

Taulukko 7. Masalan ekoälykylän sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa 1 (VE1), kun alueella on 4 sähköautoa, joilla ajetaan noin 15000 km vuodessa.

VE1 Sähkö	Kulutus (MWh)				Tuotanto (MWh)			
	Kylä	Lämpöpumput	Autot	Kokonaiskulutus	ICHP	Akusto + aurinkopaneelit	Osto	Kokonaistuotanto
Tammikuu	215,8	74,4	2,3	292,4	144,7	0,6	147,2	292,4
Helmikuu	193,2	45,5	2,1	240,8	123,7	16,2	100,9	240,8
Maaliskuu	173,7	59,6	2,3	235,6	103,2	83,5	48,9	235,6
Huhtikuu	98,8	75,0	2,2	176,0	50,9	129,3	0,0	180,1
Toukokuu	74,2	51,1	2,3	127,6	9,8	121,3	0,0	131,2
Kesäkuu	75,0	26,1	2,2	103,3	1,0	102,4	0,0	103,4
Heinäkuu	79,7	21,6	2,3	103,6	0,0	103,6	0,0	103,6
Elokuu	86,8	29,7	2,3	118,8	2,6	117,5	0,0	120,0
Syyskuu	73,0	40,7	2,2	116,0	23,2	108,4	0,0	131,6
Lokakuu	111,7	25,4	2,3	139,3	109,2	38,1	0,0	147,3
Marraskuu	169,1	25,6	2,2	196,9	136,5	4,0	56,3	196,9
Joulukuu	207,2	33,3	2,3	242,7	144,8	0,0	97,9	242,7
Yhteensä	1558,1	507,9	26,9	2092,8	849,6	824,8	451,1	2125,5

Taulukossa 8 on esitetty sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa VE1, kun sähköautoja on 100. Aurinkopaneelien ja akuston sekä ostoenergian osuudet tuotannosta kasvavat. Akuston, aurinkopaneelien ja ostoenergian osuus tuotannosta kasvaa autojen määrän noustessa, johtuen siitä ICHP-laitoksen tuotanto on jo maksimissa.

Taulukko 8. Masalan ekoälykylän sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa 1 (VE1), kun alueella on 100 sähköautoa, joilla ajetaan noin 15000 km vuodessa.

VE1 Sähkö	Kulutus (MWh)				Tuotanto (MWh)			
	Kylä	Lämpöpumput	Autot	Kokonaiskulutus	ICHP	Akusto + aurinkopaneelit	Osto	Kokonaistuotanto
Tammikuu	215,8	74,4	56,8	347,0	144,7	0,6	201,7	347,0
Helmikuu	193,2	45,5	52,2	290,9	123,7	17,4	149,8	290,9
Maaliskuu	173,7	59,6	57,0	290,3	103,2	104,3	82,9	290,3
Huhtikuu	98,8	75,0	55,2	229,0	50,9	177,6	0,5	229,0
Toukokuu	74,2	51,1	57,0	182,3	9,8	176,1	0,0	185,9
Kesäkuu	75,0	26,1	55,2	156,3	1,0	155,3	0,0	156,3
Heinäkuu	79,7	21,6	56,8	158,1	0,0	158,1	0,0	158,1
Elokuu	86,8	29,7	57,0	173,5	2,6	172,2	0,0	174,8
Syyskuu	73,0	40,7	55,2	168,9	23,2	156,9	0,0	180,1
Lokakuu	111,7	25,4	57,0	194,1	109,2	59,5	25,4	194,1
Marraskuu	169,1	25,6	54,7	249,4	136,5	5,1	107,8	249,4
Joulukuu	207,2	33,3	57,0	297,5	144,8	0,0	152,6	297,5
Yhteensä	1558,1	507,9	671,4	2737,3	849,6	1183,1	720,7	2753,4

Taulukossa 9 on esitetty sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa VE2, kun sähköautoja on 4. Kulutus jakautuu melko tasaisesti ympäri vuoden. Talvikuukausina kulutus tuotetaan pääasiassa ICHP-laitoksen ja ostoenergian avulla, kun taas kesällä aurinkopaneelien ja akuston osuus tuotannosta vastaa lähes koko kulutusta.

Taulukko 9. Masalan ekoölykylän sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa 2 (VE2), kun alueella on 4 sähköautoa, joilla ajetaan noin 15000 km vuodessa.

VE2 Sähkö	Kulutus (MWh)				Tuotanto (MWh)			
	Kylä	Lämpöpumput	Autot	Kokonaiskulutus	ICHP	Akusto + aurinkopaneelit	Osto	Kokonaistuotanto
Tammikuu	293,8	174,9	2,3	471,0	144,7	1,0	325,3	471,0
Helmikuu	265,2	120,3	2,1	387,6	123,7	29,1	234,8	387,6
Maaliskuu	248,3	133,4	2,3	383,9	103,2	145,7	135,1	383,9
Huhtikuu	147,0	135,4	2,2	284,6	50,9	222,1	11,7	284,6
Toukokuu	120,2	84,6	2,3	207,1	9,8	198,9	0,0	208,8
Kesäkuu	121,1	42,2	2,2	165,4	1,0	164,3	0,2	165,4
Heinäkuu	128,7	34,9	2,3	165,9	0,0	165,9	0,0	165,9
Elokuu	140,6	48,3	2,3	191,2	2,6	189,1	0,0	191,6
Syyskuu	126,8	67,3	2,2	196,3	23,2	175,5	0,0	198,7
Lokakuu	205,6	78,3	2,3	286,2	109,2	72,6	104,3	286,2
Marraskuu	222,9	92,9	2,2	318,1	136,5	7,1	174,4	318,1
Joulukuu	279,8	108,6	2,3	390,6	144,8	0,0	245,8	390,6
Yhteensä	2300,0	1121,1	26,9	3447,9	849,6	1371,3	1231,5	3452,3

Taulukossa 10 on esitetty sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa VE2, kun sähköautoja on 100. Aurinkopaneelien ja akuston sekä ostoenergian osuudet tuotannosta kasvavat.

Taulukko 10. Masalan ekoälykylän sähkön tuotannon ja kulutuksen jakautuminen kuukausittain rakentamisvaihtoehdossa 2 (VE2), kun alueella on 100 sähköautoa, joilla ajetaan noin 15000 km vuodessa.

VE2 Sähkö	Kulutus (MWh)				Tuotanto (MWh)			
	Kylä	Lämpöpumput	Autot	Kokonaiskulutus	ICHP	Akusto + aurinkopaneelit	Osto	Kokonaistuotanto
Tammikuu	293,8	174,9	56,8	525,5	144,7	1,0	379,8	525,5
Helmikuu	265,2	120,3	52,2	437,7	123,7	30,2	283,8	437,7
Maaliskuu	248,3	133,4	57,0	438,7	103,2	165,7	169,8	438,7
Huhtikuu	147,0	135,4	55,2	337,6	50,9	270,4	16,3	337,6
Toukokuu	120,2	84,6	57,0	261,9	9,8	253,7	0,0	263,5
Kesäkuu	121,1	42,2	55,2	218,4	1,0	217,3	0,2	218,4
Heinäkuu	128,7	34,9	56,8	220,4	0,0	220,4	0,0	220,4
Elokuu	140,6	48,3	57,0	245,9	2,6	243,8	0,0	246,4
Syyskuu	126,8	67,3	55,2	249,3	23,2	224,3	1,8	249,3
Lokakuu	205,6	78,3	57,0	340,9	109,2	93,5	138,2	340,9
Marraskuu	222,9	92,9	54,7	370,6	136,5	8,2	225,9	370,6
Joulukuu	279,8	108,6	57,0	445,4	144,8	0,0	300,5	445,4
Yhteensä	2300,0	1121,1	671,4	4092,4	849,6	1728,6	1516,3	4094,5

3.4 SÄHKÖN JA LÄMMÖN TUOTANNON PÄÄSTÖT

Sähkön ja lämmön tuotannon päästöt on esitetty alla olevissa taulukoissa 12 – 19 erikseen sähkön kulutuksen ja tuotannon sekä lämmön kulutuksen ja tuotannon osalta. Päästöt ovat arvioitu kummallakin vaihtoehdolle (VE1 ja VE2) erikseen. Päästöt on esitelty kahdella tasolla, jotka ovat polton/käytön aikaiset päästöt ja elinkaariset päästöt. Elinkaarisista päästöistä puuttuu sekä ICHP-laitoksen rakentamisen päästöt että maalämmön ja jäteveden lämmöntalteenoton rakentamisen päästöt. Käytetyt päästökertoimet ja päästökertoimien lähteet on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Käytetyt päästökertoimet ja päästökertoimien lähteet.

Päästökertoimet	Polton / käytön päästöt (kg CO ₂ e/MWh)	Elinkaariset päästöt (kg CO ₂ e/MWh)	Lähde
Kaasu			
Maakaasu	198	610 ($\eta = 40\%$)	(ÅF-Consult Oy 2019)
Biokaasu, Gasum	0	70,2	(Nevalainen 2019)
Aurinkopaneelit			
Total c-Si	0	55,3	(Nugent ja Sovacool 2014)
Total thin-film	0	20,9	(Nugent ja Sovacool 2014)
Akusto			
Li-ion akku	0	3,08 - 6,17	(ÅF-Consult Oy 2019)
Li-ion akku + keskimääräinen ostosähkö	131	160,3 – 163,4	(ÅF-Consult Oy 2019)
Li-ion akku + Total c-Si	0	61,47	LCA Inno Oy
Li-ion akku + Total thin-film	0	23,98	LCA Inno Oy
Sähkö			
Pohjoismainen vesivoima	1,907	10,5	(Vattenfall, EPD® of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower 2018)
Tuulisähkö (ei sis. biog. CO ₂) keskimääräinen	1,88	14,5	(Vattenfall, EPD® of Electricity from Vattenfall's Wind Farms 2018)
	131	157,2	(Tilastokeskus 2019)
Kaukolämpö			
keskimääräinen	164	196,8	(Motiva, Kaukolämpö – keskimääräinen kaukolämpö 2019)
erillistuotanto, ryhmä A, Kirkkonummi	20	24 - 403,2	(Motiva, Kaukolämpö – erillistuotanto 2019), (Tilastokeskus 2019)

Taulukossa 12 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehdon VE1:n lämmöntuotannon polton-/käytönaikaiset päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin. 100 sähköauton vaikutus edellä mainituin oletuksin nostaa kylän toteutuksen hiilidioksidiekvivalenttipäästöt 0,66 tonniin.

Taulukko 12. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n lämmöntuotannon polton/käytön päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin.

VE1 Lämpö	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)		
	Kaukolämpö (Ryhmä A, Kirkkonummi)	Kaukolämpö (Keskimääräinen)	ICHP	Maalämpö + Jäteveden LTO	Yhteensä
Tammikuu	9,80	80,39	0	0,21	0,21
Helmikuu	7,30	59,83	0	0,11	0,11
Maaliskuu	7,21	59,13	0	0,07	0,07
Huhtikuu	5,90	48,36	0	0,00	0,00
Toukokuu	3,28	26,91	0	0,00	0,00
Kesäkuu	1,57	12,85	0	0,00	0,00
Heinäkuu	1,30	10,62	0	0,00	0,00
Elokuu	1,81	14,88	0	0,00	0,00
Syyskuu	2,73	22,37	0	0,00	0,00
Lokakuu	5,37	44,03	0	0,00	0,00
Marraskuu	6,57	53,90	0	0,04	0,04
Joulukuu	7,34	60,22	0	0,08	0,08
Yhteensä	60,18	493,47	0	0,51	0,51

Taulukossa 13 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n lämmön tuotannon elinkaariset päästöt, kun alueella on oletettu olevan 100 sähköautoa, joilla ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa. Kylän energiajärjestelmän rakentamisaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana. Rakentamisaikaisilla päästöillä tarkoitetaan tässä yhteydessä muun muassa putkien, laitteiden materiaaleja ja niiden valmistamiseen, asentamiseen sekä kuljettamiseen ja itse rakentamistoimintaan tarvittavaa energiaa.

Taulukko 13. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n lämmöntuotannon elinkaariset päästöt. Kylän energiajärjestelmän rakentamisaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana. Alueella on oletettu olevan 100 sähköautoa, joilla kullakin ajetaan 15 000 km/vuosi.

VE1	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)		
	Kaukolämpö (Ryhmä A, Kirkkonummi)	Kaukolämpö (Keskimääräinen)	ICHP	Maalämpö + Jäteveden LTO	Yhteensä
Tammikuu	11,76	96,47	18,75	9,33	28,08
Helmikuu	8,76	71,79	16,03	5,33	21,36
Maaliskuu	8,66	71,05	12,80	4,98	17,78
Huhtikuu	7,08	58,04	4,91	2,83	7,74
Toukokuu	3,95	32,37	0,78	1,39	2,17
Kesäkuu	1,88	15,41	0,00	0,64	0,64
Heinäkuu	1,55	12,75	0,00	0,52	0,52
Elokuu	2,18	17,90	0,12	0,74	0,86
Syyskuu	3,40	27,91	1,38	1,29	2,67
Lokakuu	6,60	54,10	13,95	1,92	15,87
Marraskuu	7,89	64,69	17,69	2,90	20,59
Joulukuu	8,81	72,26	18,77	3,98	22,76
Yhteensä	72,53	594,74	105,19	35,85	141,04

Taulukossa 14 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehdon VE2:n lämmöntuotannon polton-/käytönaikaiset päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin. 100 sähköauton vaikutus edellä mainituin oletuksin nostaa kylän toteutuksen hiilidioksidiekvivalentit päästöt 2,43 tonniin.

Taulukko 14. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n lämmöntuotannon polton/käytön päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin.

VE2 Lämpö	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)		
	Kaukolämpö (Ryhmä A, Kirkkonummi)	Kaukolämpö (Keskimääräinen)	ICHP	Maalämpö + Jäteveden LTO	Yhteensä
Tammikuu	15,84	129,85	0	0,69	0,69
Helmikuu	11,78	96,63	0	0,42	0,42
Maaliskuu	11,65	95,51	0	0,27	0,27
Huhtikuu	9,52	78,10	0	0,03	0,03
Toukokuu	5,30	43,46	0	0,00	0,00
Kesäkuu	2,53	20,75	0	0,00	0,00
Heinäkuu	2,09	17,16	0	0,00	0,00
Elokuu	2,93	24,03	0	0,00	0,00
Syyskuu	4,43	36,35	0	0,00	0,00
Lokakuu	8,67	71,12	0	0,16	0,16
Marraskuu	10,62	87,06	0	0,29	0,29
Joulukuu	11,86	97,27	0	0,39	0,39
Yhteensä	97,23	797,30	0	2,25	2,25

Taulukossa 15 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n lämmön tuotannon elinkaariset päästöt, kun alueella on oletettu olevan 100 sähköautoa, joilla ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa. Kylän energiajärjestelmän rakentamisaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana. Rakentamisaikaisilla päästöillä tarkoitetaan tässä yhteydessä muun muassa putkien, laitteiden materiaaleja ja niiden valmistamiseen, asentamiseen sekä kuljettamiseen tarvittavaa energiaa.

Taulukko 15. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n lämmöntuotannon elinkaariset päästöt. Kylän energiajärjestelmän rakentamisaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana.

VE2	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)		
	Kaukolämpö (Ryhmä A, Kirkkonummi)	Kaukolämpö (Keskimääräinen)	ICHP	Maalämpö + Jäteveden LTO	Yhteensä
Tammikuu	19,00	155,82	18,75	23,69	42,45
Helmikuu	14,14	115,96	16,03	15,18	31,21
Maaliskuu	13,98	114,61	12,80	11,99	24,79
Huhtikuu	11,43	93,72	4,91	5,35	10,26
Toukokuu	6,36	52,16	0,78	2,22	3,00
Kesäkuu	3,04	24,90	0,00	1,03	1,03
Heinäkuu	2,51	20,59	0,00	0,84	0,84
Elokuu	3,52	28,84	0,12	1,19	1,31
Syyskuu	5,32	43,63	1,38	2,06	3,44
Lokakuu	10,41	85,34	13,95	7,65	21,61
Marraskuu	12,74	104,47	17,69	11,70	29,39
Joulukuu	14,23	116,72	18,77	14,22	32,99
Yhteensä	116,68	956,76	105,19	97,11	202,30

Taulukossa 16 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n sähkön tuotannon polton/käytön aikaiset päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin. 100 sähköauton vaikutus edellä mainituin oletuksin nostaa kylän toteutuksen hiilidioksidiekvivalentit päästöt 1,37 tonniin.

Taulukko 16. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n sähköntuotannon polton/käytön päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin.

VE1 Sähkö	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)			
	Vesivoimalla	Keskimääräinen	ICHHP	Akusto + aurinkopaneelit	Osto (vesivoima)	Yhteensä
Tammikuu	0,55	37,54	0	0	0,28	0,28
Helmikuu	0,46	30,88	0	0	0,19	0,19
Maaliskuu	0,44	30,65	0	0	0,09	0,09
Huhtikuu	0,34	23,22	0	0	0,00	0,00
Toukokuu	0,25	16,80	0	0	0,00	0,00
Kesäkuu	0,19	13,20	0	0	0,00	0,00
Heinäkuu	0,19	13,51	0	0	0,00	0,00
Elokuu	0,22	15,82	0	0	0,00	0,00
Syyskuu	0,25	17,40	0	0	0,00	0,00
Lokakuu	0,28	19,30	0	0	0,00	0,00
Marraskuu	0,37	25,09	0	0	0,10	0,10
Joulukuu	0,46	30,74	0	0	0,18	0,18
Yhteensä	4,01	274,16	0	0	0,84	0,84

Taulukossa 17 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n sähköntuotannon elinkaariset päästöt, kun alueella on oletettu olevan 100 sähköautoa. Kylän energiajärjestelmän rakentamisaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana. Rakentamisaikaisilla päästöillä tarkoitetaan tässä yhteydessä muun muassa putkien, laitteiden materiaaleja ja niiden valmistamiseen, asentamiseen sekä kuljettamiseen tarvittavaa energiaa.

Taulukko 17. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE1:n sähköntuotannon elinkaariset päästöt, kun sähköautoja on 100 kappaletta ja niillä kullakin ajetaan 15 000 km vuodessa. Kylän energiajärjestelmän rakentamisaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana.

VE1	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)					Yhteensä, minimi	Yhteensä, maksimi
	Vesivoimalla	Keskimääräinen	ICHHP	Minimi, Akusto + aurinkopaneelit	Maksimi, Akusto + aurinkopaneelit	Osto			
Tammikuu	3,64	53,87	12,21	0,01	0,03	2,12	14,34	14,36	
Helmikuu	3,05	45,16	10,43	0,42	1,07	1,57	12,43	13,08	
Maaliskuu	3,05	45,77	8,70	2,50	6,41	0,87	12,08	15,99	
Huhtikuu	2,40	35,82	4,29	4,26	10,92	0,00	8,56	15,21	
Toukokuu	1,95	29,09	0,83	4,22	10,82	0,00	5,05	11,65	
Kesäkuu	1,64	24,46	0,08	3,73	9,55	0,00	3,81	9,63	
Heinäkuu	1,66	25,30	0,00	3,79	9,72	0,00	3,79	9,72	
Elokuu	1,84	28,18	0,22	4,13	10,59	0,00	4,35	10,80	
Syyskuu	1,89	29,05	1,96	3,76	9,65	0,00	5,72	11,60	
Lokakuu	2,04	30,71	9,21	1,43	3,65	0,27	10,91	13,13	
Marraskuu	2,62	38,58	11,52	0,12	0,31	1,13	12,77	12,96	
Joulukuu	3,12	45,65	12,22	0,00	0,00	1,60	13,82	13,82	
Yhteensä	28,91	431,64	71,68	28,38	72,73	7,57	107,63	151,98	

Taulukossa 18 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n sähköntuotannon polton/käytön aikaiset päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin. 100 sähköauton vaikutus edellä mainituin oletuksin nostaa kylän toteutuksen hiilidioksidiekvivalentit päästöt 2,89 tonniin.

Taulukko 18. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n sähköntuotannon polton/käytön päästöt, kun sähköautojen vaikutusta ei ole otettu huomioon päästökertoimiin.

VE2 Sähkö	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)			
	Vesivoimalla	Keskimääräinen	ICHP	Akusto + aurinkopaneelit	Osto (vesivoima)	Yhteensä
Tammikuu	0,89	60,64	0	0	0,62	0,62
Helmikuu	0,74	49,87	0	0	0,44	0,44
Maaliskuu	0,73	50,14	0	0	0,25	0,25
Huhtikuu	0,54	36,82	0	0	0,02	0,02
Toukokuu	0,39	26,92	0	0	0,00	0,00
Kesäkuu	0,31	21,28	0	0	0,00	0,00
Heinäkuu	0,31	21,82	0	0	0,00	0,00
Elokuu	0,36	25,44	0	0	0,00	0,00
Syyskuu	0,37	26,42	0	0	0,00	0,00
Lokakuu	0,54	37,44	0	0	0,20	0,20
Marraskuu	0,60	40,71	0	0	0,33	0,33
Joulukuu	0,74	49,66	0	0	0,46	0,46
Yhteensä	6,53	447,16	0	0	2,33	2,33

Taulukossa 19 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n sähköntuotannon elinkaariset päästöt, kun alueella on oletettu olevan 100 sähköautoa. Kylän energiajärjestelmän rakentamisenaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana. Rakentamisenaikaisilla päästöillä tarkoitetaan tässä yhteydessä muun muassa putkien, laitteiden materiaaleja ja niiden valmistamiseen, asentamiseen sekä kuljettamiseen tarvittavaa energiaa.

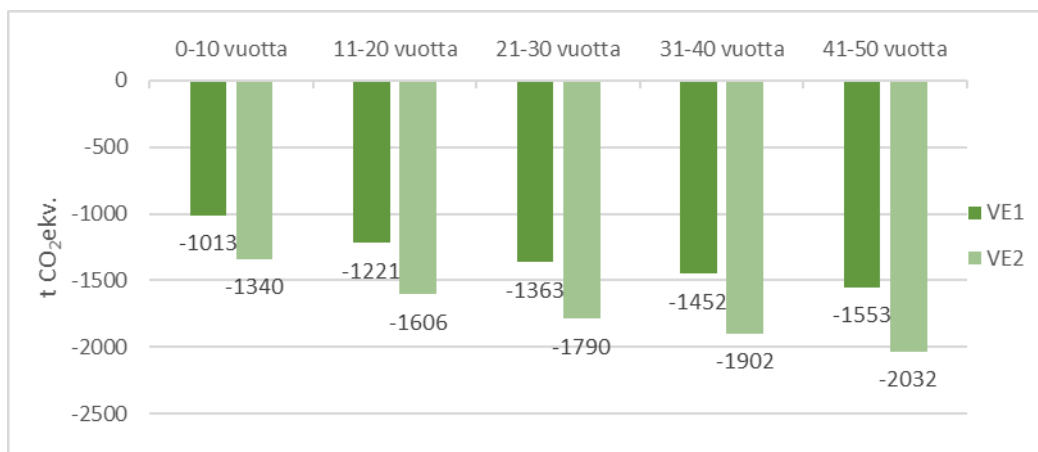
Taulukko 19. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihto VE2:n sähköntuotannon elinkaariset päästöt, kun sähköautoja on neljä kappaletta ja niillä kullakin ajetaan 15 000 km vuodessa. Kylän energiajärjestelmän rakentamisenaikaiset päästöt eivät ole tuloksissa mukana.

VE2 Sähkö	Vaihtoehtoinen toteutus (t CO ₂ ekv.)		Kylän toteutus (t CO ₂ ekv.)					Yhteensä, minimi	Yhteensä, maksimi
	Vesivoimalla	Keskimääräinen	ICHP	Minimi, Akusto + aurinkopaneelit	Maksimi, Akusto + aurinkopaneelit	Osto			
Tammikuu	5,52	81,59	12,21	0,02	0,06	3,99	16,22	16,26	
Helmikuu	4,60	67,96	10,43	0,72	1,86	2,98	14,14	15,27	
Maaliskuu	4,61	69,16	8,70	3,97	10,19	1,78	14,46	20,67	
Huhtikuu	3,54	52,82	4,29	6,49	16,62	0,17	10,95	21,09	
Toukokuu	2,77	41,23	0,83	6,08	15,59	0,00	6,91	16,42	
Kesäkuu	2,29	34,17	0,08	5,21	13,35	0,00	5,30	13,44	
Heinäkuu	2,31	35,27	0,00	5,29	13,55	0,00	5,29	13,55	
Elokuu	2,59	39,73	0,22	5,85	14,99	0,00	6,07	15,20	
Syyskuu	2,62	40,20	1,96	5,38	13,79	0,02	7,36	15,77	
Lokakuu	3,58	53,95	9,21	2,24	5,75	1,45	12,91	16,41	
Marraskuu	3,89	57,32	11,52	0,20	0,50	2,37	14,09	14,40	
Joulukuu	4,68	68,34	12,22	0,00	0,00	3,16	15,38	15,38	
Yhteensä	42,99	641,74	71,68	41,46	106,26	15,92	129,06	193,86	

4. ALUEEN MAAPERÄN HIILIVARASTO JA SEN MUUTOS

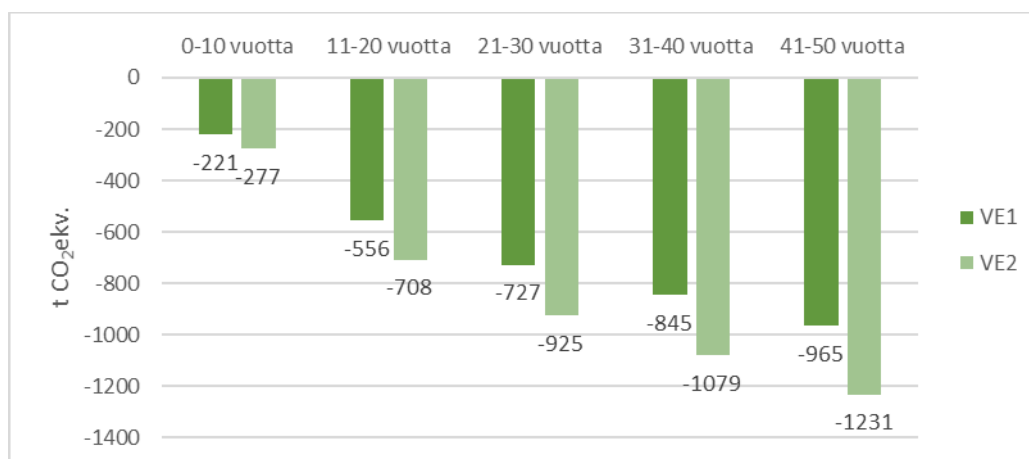
4.3 ASUINALUEEN METSÄMAAN POISTO

Kuvassa 2 on esitetty hakkuiden vaikutus metsän hiilitasapainoon, kun huomioon otetaan puuston määrän ja maaperän muutos. Laskelmissa on oletettu, että vaihtoehdossa 1 (VE1) metsäalaa poistuu alueelta, ekoälykylän rakentamisen yhteydessä, 10 hehtaaria ja vaihtoehdossa 2 (VE2) 12,1 hehtaaria. Lähtökohdana on ollut ekoälykylän alueen todelliset puustotiedot. Tiedot on saatu avoimesta tietolähteestä (Avoin ry 2019).



Kuva 2. Hakkuiden vaikutus metsän CO₂ekv-tasapainoon (puut + maaperä), kun metsää kaadetaan alueelta 10 hehtaaria.

Kuvassa 3 on esitetty hakkuiden vaikutus metsän hiilitasapainoon, kun huomioon otetaan puuston määrän ja maaperän muutoksen lisäksi vielä kaadettavan metsän muuttuminen puutuotteiksi. Oletukset ja lähtökohdat ovat edellistä tapausta vastaavat muilta osin.



Kuva 3. Hakkuiden vaikutus metsän CO₂ekv-tasapainoon (puut + maaperä + tuotteet), kun metsää kaadetaan alueelta 10 hehtaaria.

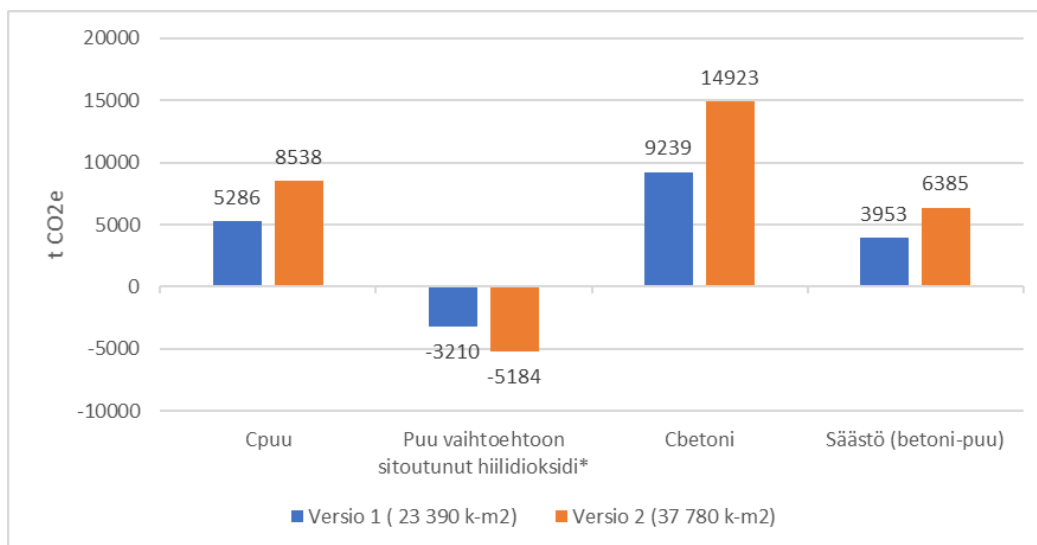
4.4 SUO

Masalan ekokylän suunnittelussa on lähdetty siitä, että aurinkopaneelit sijoitetaan läheiseen hylättyyn suopeltoon. Suopeltoon ohjataan hulevedet ja aurinkopaneelien asennusta varten maaperää joudutaan stabilisoimaan. Toiminta voi vaikuttaa suon hiilitasetta heikentävästi tai sitten ei. Tässä yhteydessä ei pystytä lähtötietojen puutteellisuuden takia arvioimaan lopputulosta, minkä takia hulevesien ja maan stabiloinnin yhteisvaikutusta suohon ei ole arvioitu.

5. ASUINRAKENNUSTEN VALMISTUS

Kuvassa 4 on esitetty vaihtoehtojen VE1 ja VE2 valmistuksen hiilijalanjälki (Cpuu), puurakennuksiin sitoutunut hiilidioksidi sekä vaihtoehtoinen hiilijalanjälki (Cbetoni) mikäli rakennukset valmistettaisiin puun sijaan betonista, että puurakentamisen ja betonirakentamisen erotus. Cpuu ja Cbetoni on arvioitu rakennettavien kerrosneliömetrien pohjalta, vaihtoehto 1 (VE1) 23390 k-m² ja vaihtoehto 2 (VE2) 37780 k-m². Rakennettavien kerrosneliömetrien määrä on kerrottu VTT Oy:n ja Aalto-yliopiston määrittämien päästökertoimien avulla (Nykänen, ym. 2017).

Puurakennusten materiaaleihin sitoutunut hiilidioksidi on arvioitu Ympäristöministeriön laatimalla työkalulla (Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arviointityökalu lausuntokierrokselle 16.11.2018.xlsm), joka oli työn laadinta hetkellä vielä keskeneräinen. Puutalon rakentamismateriaalit arvioitiin opinnäytetyöstä (Tastula 2013).



Kuva 4. Asuinrakennusten valmistuksen hiilijalanjälki ja rakennusmateriaaleihin sitoutunut hiilidioksidi.

6. ALUEEN INFRAN RAKENTAMINEN JA KÄYTTÖ

6.1 VÄYLÄT

Rakentaminen - Kuljetukset

Masalan ekoölykylän tieverkoston maa-ainesten käsittelyn kasvihuonekaasupäästöjen vaikutusarviointi on suoritettu erillisenä työnä (liite 1). Työn tavoitteena oli tehdä kasvihuonekaasupäästölaskelmat kahdelle eri tieverkoston rakentamissuunnitelmalle (VE1 ja VE2), jotka eroavat toisistaan vain maamassojen määrän suhteen. Kummassakin suunnitelmassa on kaksi vaihtoehtoista toteuttamistapaa maa-ainesten hyödyntämiselle. Toteuttamistavassa 1 (TT1) maa- ja kalliioleikkauksista syntyvät maamassat hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti paikan päällä. Toteuttamistavassa 2 (TT2) kaikki maa- ja kalliioleikkauksissa syntyvät maa-ainekset kuljetetaan pois kohteesta ja rakentamiseen tarvittavat maa-ainekset tuodaan kohteen ulkopuolelta.

Taulukossa 20 on esitetty Masalan ekoölykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvien kuljetusten päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 50 % osakuormalla sekä jokaista kuormattuna ajettavaa kilometriä kohden ajetaan vastaava matka tyhjällä kuormalla. VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **424 t CO₂ekv**, joka vastaa noin **141** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä¹. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **365 t CO₂ekv**, joka vastaa noin **122** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Mikäli oletetaan, että maansiirtoautot lastataan täyteen (50 % osakuorma) jokaisen vientimatkan jälkeen tuotavalla maa-aineksella, voidaan päästöistä poistaa tuontimatkojen määrä tyhjänä ajoa Kulmankorven läjitysalueen ja Masalan ekoölykylän välillä. Tällöin tuloksiksi VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **350 t CO₂ekv**, joka vastaa noin **117** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **301 t CO₂ekv**, joka vastaa noin **100** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Taulukko 20. Masalan ekoölykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvat maa-ainemassat sekä näiden maamassojen kuljetuksista aiheutuvat päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 50 % osakuormalla.

	Kulmankorven läjitysalue				kilometrit kuormattuna		kilometrit tyhjinä		päästöt		
	viedään, massa (t)	vienti- matkat (9,5 t/kuorma)	tuodaan, massa (t)	tuonti- matkat (9,5 t/kuorma)	taajamassa	maantiellä	taajamassa	maantiellä	päästöt kuormattuna (t CO ₂ ekv)	päästöt tyhjinä (t CO ₂ ekv)	päästöt yhteensä (t CO ₂ ekv)
VE1											
TT1	58972	6208	8070	849	39533	110103	39533	110103	116	94	210
TT2	116021	12213	63921	6729	128349	317761	128349	317761	349	284	634
Erotus	57049	6005	55851	5879	88816	207659	88816	207659	234	190	424
VE2											
TT1	55355	5827	8070	849	37629	104392	37629	104392	110	90	199
TT2	104241	10973	56323	5929	114151	283166	114151	283166	311	253	564
Erotus	48886	5146	48253	5079	76522	178774	76522	178774	201	163	365

Taulukossa 21 on esitetty Masalan ekoölykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvien kuljetusten päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 85 % osakuormalla sekä jokaista kuormattuna ajettavaa kilometriä kohden ajetaan vastaava matka tyhjällä kuormalla. VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **268 t**

¹ Yhden henkilöauton päästöjen on oletettu tässä yhteydessä olevan 3 t CO₂ekv/vuosi.

CO₂ekv, joka vastaa noin **89** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **230** t CO₂ekv, joka vastaa noin **77** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Taulukko 21. Masalan ekoälykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvat maa-ainesmassat sekä näiden maamassojen kuljetuksista aiheutuvat päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 85 % osakuormalla.

VE1	Kulmankorven läjitysalue				kilometrit kuormattuna		kilometrit tyhjinä		päästöt		
	viedään, massa (t)	vienti-matkat (16,15 t/kuorma)	tuodaan, massa (t)	tuonti-matkat (16,15 t/kuorma)	taajamassa	maantiellä	taajamassa	maantiellä	päästöt kuormattuna (t CO ₂ ekv)	päästöt tyhjinä (t CO ₂ ekv)	päästöt yhteensä (t CO ₂ ekv)
TT1	58972	3652	8070	500	23254	64766	23254	64766	77	55	132
TT2	116021	7184	63921	3958	75499	186919	75499	186919	233	167	400
Erotus	57049	3532	55851	3458	52245	122152	52245	122152	156	112	268
VE2											
TT1	55355	3428	8070	500	22135	61407	22135	61407	73	53	126
TT2	104241	6455	56323	3487	67148	166568	67148	166568	207	149	356
Erotus	48886	3027	48253	2988	45013	105161	45013	105161	134	96	230

Mikäli oletetaan, että maansiirtoautot lastataan täyteen (85 % osakuorma), jokaisen vientimatkan jälkeen tuotavalla maa-aineksella, voidaan päästöistä poistaa tuontimatkojen määrä tyhjänä ajoa Kulmankorven läjitysalueen ja Masalan ekoälykylän välillä. Tällöin tuloksiksi VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **224** t CO₂ekv, joka vastaa noin **75** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **193** t CO₂ekv, joka vastaa noin **64** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Yhteenvedon voidaan sanoa, että Masalan ekoälykylän maa- ja kallioliikkauksesta syntyvien maa-ainesten tehokas hyödyntäminen säästää päästöjä vaihtoehdossa VE1 noin **224 - 424** t CO₂ekv sen mukaan kuinka maansiirtoautojen kuljetukset pystytään toteuttamaan. Vastaavasti vaihtoehdossa VE2 säästöjä syntyy **193 -365** t CO₂ekv.

Materiaalit

Ei ole arvioitu.

Työkoneet

Ei ole arvioitu.

6.2 VESI- JA VIEMÄRIVERKOSTO

Masalan ekoälykylän vaatiman vesi- ja viemäriverkoston rakentamisen päästöjä ei ole arvioitu. Niiden oletetaan olevan kuitenkin huomattavasti pienempiä kuin itse talojen rakentamisen päästöjen.

7. LIKKUMINEN

7.3 JULKINEN LIIKENNE JA YHTEISKÄYTTÖAUTOT

Tässä yhteydessä ei arvioida Masan ekokylän aiheuttamaa absoluuttista julkisen liikenteen aiheuttamaa päästövaikutusta. Tavoitteena on tuoda näkyviin se päästölisa, joka syntyy Masalan ekokylän suunnitellusta liikennejärjestelystä, jolla pyritään välttämään henkilöautojen käyttö Mustikkarinteen ja Masalan keskustan välillä. Järjestelyinä on käyttää ekokylän ja rautatieaseman väliseen liikkumiseen 4 yhteiskäyttöautoa ja 1 sähköbussia.

Taulukossa 22 on esitetty yhteiskäyttöautoihin ja sähköbusseihin liittyvät oletukset sekä hiilidioksidiekvivalenttipäästöt vaihtoehdossa VE1. Kylän energiajärjestelmän sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin on laskettu luvun 3 tuloksista. Muun muassa autojen ja akkujen valmistuksen päästötiedot ovat peräisin Suomen Ilmastopaneelin kehitteillä olevasta autojen päästölaskurista.

Taulukko 22. Yhteiskäyttöautoihin ja sähköbusseihin liittyvät oletukset sekä hiilidioksidiekvivalenttipäästöt vaihtoehdossa VE1.

VE1	Yhteiskäyttöautot	Sähköbussi
Lukumäärä	4	1
Valmistuksen päästöt (t CO ₂ -ekv.)	6,5	8,0
yhteensä	26,1	8,0
Akuston koko (kWh)	42,1	90,0
Akuston valmistuksen päästökerroin (kg CO ₂ -ekv/kWh)	115,0	115,0
Akuston päästöt	4,8	10,4
yhteensä (t CO ₂ -ekv.)	19,4	10,4
Ajokilometrejä vuodessa	16100	16100
yhteensä	64400	16100
Ajoneuvon kulutus (kWh/100 km)	17,0	20,2
Ajoneuvon kulutus vuodessa (kWh/vuosi)	2737,0	3252,2
yhteensä	10948,0	3252,2
Latauksen tehokkuuskertoimen	0,93	0,93
Sähkön tuotannon elinkaariset päästöt (kg CO ₂ -ekv./kWh)	0,03909	0,03909
Ajamisen päästöt vuodessa	0,11	0,13
yhteensä (t CO ₂ -ekv./vuosi)	0,43	0,13
Päästöt yhteensä 21 vuodessa (2040)	54,43	21,06
Päästöt per vuosi	2,72	1,05

Työn yhteydessä on oletettu, että yhteiskäyttöautot ja sähköbussi yhdessä korvaavat junamatkustajien tarpeen käyttää omia autojaan asemalla siirtymiseen. Mikäli jokainen junalla matkustaja käyttäisi omaa autoaan Masalan rautatieasemalle kulkemiseen, niin syntyisi työmatka-ajosta kylän ja Masalan rautatieaseman välillä noin 11 tonnia CO₂-päästöjä vuodessa.

Taulukossa 23 on esitetty yhteiskäyttöautoihin ja sähköbusseihin liittyvät oletukset sekä hiilidioksidiekvivalentipäästöt vaihtoehdossa VE1. Kylän energiajärjestelmän sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin on laskettu luvun 3 tuloksista. Muun muassa autojen ja akkujen valmistuksen päästötiedot ovat peräisin Suomen Ilmastopaneelin kehitteillä olevasta autojen päästölaskurista.

Taulukko 23. Yhteiskäyttöautoihin ja sähköbusseihin liittyvät oletukset sekä hiilidioksidiekvivalentipäästöt vaihtoehdossa VE2.

VE2	Yhteiskäyttöautot	Sähköbussi
Lukumäärä	4	1
Valmistuksen päästöt (t CO ₂ -ekv.)	6,5	8,0
yhteensä	26,1	8,0
Akuston koko (kWh)	42,1	90,0
Akuston valmistuksen päästökerroin (kg CO ₂ -ekv/kWh)	115,0	115,0
Akuston päästöt	4,8	10,4
yhteensä (t CO ₂ -ekv.)	19,4	10,4
Ajokilometrejä vuodessa	16100	16100
yhteensä	64400	16100
Ajoneuvon kulutus (kWh/100 km)	17,0	20,2
Ajoneuvon kulutus vuodessa (kWh/vuosi)	2737,0	3252,2
yhteensä	10948,0	3252,2
Latauksen tehokkuuskerroin	0,93	0,93
Sähkön tuotannon elinkaariset päästöt (kg CO ₂ -ekv./kWh)	0,03152	0,03152
Ajamisen päästöt vuodessa	0,09	0,10
yhteensä (t CO ₂ -ekv./vuosi)	0,35	0,10
Päästöt yhteensä 21 vuodessa (2040)	52,69	20,54
Päästöt per vuosi	2,63	1,03

7.2 HENKILÖAUTOLIIKENNE

Seuraavassa on tehty karkea oletus siitä, kuinka Masalan ekoälykylän asukkaiden työmatkaliikenne muodostuu VE1:n tapauksessa (päästöjen näkökulmasta huonoin skenaario). Oletukset perustuvat tutkimuksiin (van Soest;Tight ja Foss Rogers 2019), joiden mukaan ihmiset valitsevat oman auton julkisen liikenteen sijaan matkan ylittäessä yhden mailin. Oletukset ovat seuraavat:

- Ekokylässä 200 perhettä/asuntoa, 200 autoa
- Helsingissä töissä käy 60,5 % asukkaista. Heistä 50 % omalla autolla (60,5 autoa), Helsinkiin on matkaa edestakaisin 55 km, auton kulutus 120 g CO₂/km, työpäiviä 220
- Loput Helsingissä töissä kävijöistä käyvät töissä junalla ja hyödyntävät asemalle liikkumiseen yhteiskäyttöautoja sekä sähköbussia.

Sitä verrataan tilanteeseen (REFM), jossa Masan ekoälykylää ei rakennettaisi, ja saman asukasmäärän mahdollistama asuinalue tehtäisiin rautatieaseman välittömään läheisyyteen. Näiden työmatkaliikenteessä pätee seuraavat oletukset:

- Masalan rautatieaseman läheisyydessä sijaitsevalla asuinalueella 200 perhettä/asuntoa, 150 autoa
- 60,5 % käy töissä Helsingissä, ainoastaan 20 % näistä ajaa omalla autolla (50 km edestakaisin ajoa, 220 päivää vuodessa, auton kulutus 120 g CO₂/km
- Loput Helsingissä töissä käyvät käyttävät junaa

Taulukossa 24 on esitetty yllä mainituin oletuksin Helsingin työmatkaliikkumisen aiheuttamat päästöt vaihtoehdossa VE1 vuonna 2019. Kaikki autot on oletettu bensiinikäyttöisiksi.

Taulukko 24. Masalan ekoälykylän VE1:n ja Masalan aseman läheisyyteen rakennettavan vertailuasuinalueen työpaikkaliikkumisen oletukset ja hiilidioksidipäästöt vuonna 2019. Kaikki autot on oletettu bensiinikäyttöisiksi.

VE1: Tilanne vuonna 2019	Masalan ekoälykylä	Masalan aseman viereinen asuinalue
Asunnot	200	200
Autot	200	150
Helsingissä töissä käyvät	60,5 %	60,5 %
Työmatkan autolla tekevien osuus (%)	50,0 %	20,0 %
Työpäiviä vuodessa	220	220
Työmatkan pituus (km)	55	50
Ajokilometrit vuodessa	732050	199650
Autojen elinkaarin päästökerroin (g/km [kulutus 7,1 l/100km])	244	244
Autojen päästöt yhteensä (t CO ₂ - ekv./vuosi)	178,6	48,7

Taulukossa 25 on esitetty yllä mainituin oletuksin Helsingin työmatkaliikkumisen aiheuttamat päästöt vaihtoehdossa VE1 vuonna 2040. Kaikki autot on oletettu sähkökäyttöisiksi.

VE1: Tilanne vuonna 2040	Masalan ekoälykylä	Masalan aseman viereinen asuinalue
Asunnot	200	200
Autot	200	150
Helsingissä töissä käyvät	60,5 %	60,5 %
Työmatkan autolla tekevien osuus (%)	50,0 %	20,0 %
Työpäiviä vuodessa	220	220
Työmatkan pituus (km)	55	50
Ajokilometrit vuodessa	732050	199650
Autojen päästökerroin (g/kWh)	35,38	34,02
Autojen päästöt yhteensä (t CO ₂ -ekv./vuosi)	25,9	6,8

Taulukko 25. Masalan ekoälykylän VE1:n ja Masalan aseman läheisyyteen rakennettavan vertailuasuinalueen työpaikkaliikkumisen oletukset ja hiilidioksidipäästöt vuonna 2040. Kaikki autot on oletettu sähkökäyttöisiksi.

Taulukossa 26 on esitetty yllä mainituin oletuksin Helsingin työmatkaliikkumisen aiheuttamat päästöt vaihtoehdossa VE2 vuonna 2019. Kaikki autot on oletettu bensiinikäyttöisiksi.

Taulukko 26. Masalan ekoälykylän VE2:n ja Masalan aseman läheisyyteen rakennettavan vertailuasuinalueen työpaikkaliikkumisen oletukset ja hiilidioksidipäästöt vuonna 2019. Kaikki autot on oletettu bensiinikäyttöisiksi.

VE2: Tilanne vuonna 2019	Masalan ekoälykylä	Masalan aseman viereinen asuinalue
Asunnot	315	315
Autot	315	236
Helsingissä töissä käyvät	60,5 %	60,5 %
Työmatkan autolla tekevien osuus (%)	50,0 %	20,0 %
Työpäiviä vuodessa	220	220
Työmatkan pituus (km)	55	50
Ajokilometrit vuodessa	1152978,75	314448,75
Autojen elinkaarinen päästökerroin (g/km [kulutus 7,1 l/100km])	244	244
Autojen päästöt yhteensä (t CO ₂ -ekv./vuosi)	281,3	76,7

Taulukossa 27 on esitetty yllä mainituin oletuksin Helsingin työmatkaliikkumisen aiheuttamat päästöt vaihtoehdossa VE2 vuonna 2040. Kaikki autot on oletettu sähkökäyttöisiksi.

Taulukko 27. Masalan ekoälykylän VE2:n ja Masalan aseman läheisyyteen rakennettavan vertailuasuinalueen työpaikkaliikkumisen oletukset ja hiilidioksidipäästöt vuonna 2040. Kaikki autot on oletettu sähkökäyttöisiksi.

VE2: Tilanne vuonna 2040	Masalan ekoälykylä	Masalan aseman viereinen asuinalue
Asunnot	315	315
Autot	315	236
Helsingissä töissä käyvät	60,5 %	60,5 %
Työmatkan autolla tekevien osuus (%)	50,0 %	20,0 %
Työpäiviä vuodessa	220	220
Työmatkan pituus (km)	55	50
Ajokilometrit vuodessa	1152978,75	314448,75
Autojen päästökerroin (g/kWh)	34,03	34,016
Autojen päästöt yhteensä (t CO ₂ -ekv./vuosi)	39,2	10,7

8. EKOKYLÄN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT ERI RAKENTAMISVAIHTOEHDILLA

Kuvassa 5 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehto VE1:n fossiiliset kokonaispäästöt ja näiden päästöjen vertailu Mustikkarinteen referenssisuunnitelmiin. Vaihtoehdolle yhteiset oletukset ovat seuraavat: rakennusten eliniän on oletettu olevan 70 vuotta, jolla rakentamisen päästöt on jaettu per vuosi muotoon. Maankäytön suhteen oletus on kaikille vaihtoehdolle sama eli metsää kaadetaan 10 hehtaaria rakennusten tieltä (ks. luku 4). Metsän kaatamisen 50 vuoden kumulatiiviset vaikutukset/päästöt on jaettu per vuosi muotoon jakamalla edellä mainittu kokonaisvaikutus 50:llä. Liikkumisen oletukset on esitetty luvussa 7. Muut oletukset ovat seuraavat:

REF1a:

- Sähkö on tuotettu vesivoimalla, 10,5 kg CO₂e/MWh
- Lämpö on tuotettu kaukolämmöllä, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Rakennusten materiaali on pääosin puuta pois lukien perustukset (ks. luku 5).
-

REF1b:

- Sähkö on tilastokeskuksen 2017 hyödynjakomenetelmällä lasketulla päästökertoimella, 131 kg CO₂e/MWh. Lukua on muokattu kuukausitasolla vastaamaan Energiategollisuus ry:n päästökertoimen kuukausivaihtelua (elinkaariset päästökertoimet kuukausittain, alkuperäiset päästökertoimet kerrottu 1,2:lla -> 157,2 kg CO₂e/MWh).
- Lämpö on tuotettu kaukolämmöllä, keskimääräinen, 196,8 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Rakennusten pääasiallisen rakennusmateriaalin on betoni.

REF1c:

- Sähkö on tuotettu tuulivoimalla, 14,5 kg CO₂e/MWh
- Lämpö on tuotettu kaukolämmöllä, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Rakennusten pääasiallisen rakennusmateriaalin on betoni.

VE1min:

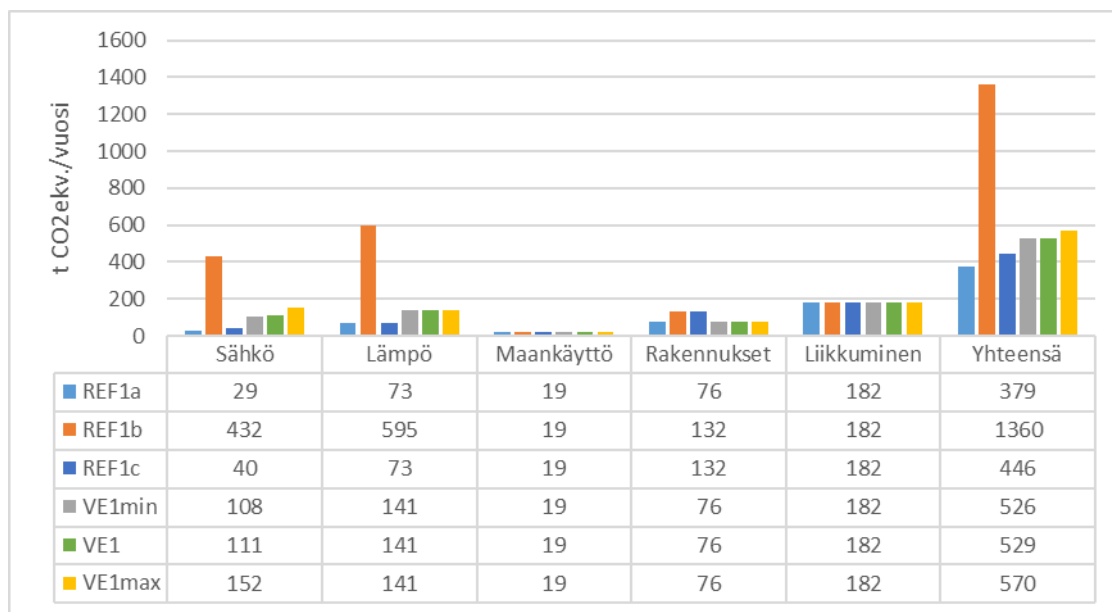
- Sähkön päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 17. Aurinkopaneelien ja akustojen päästöinä on käytetty minimi -vaihtoehtoa.
- Lämmön päästöjen muodostuminen on esitetty taulukossa 13.
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.

VE1:

- Sähkön päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 17, lukuun ottamatta ostosähköä, joka on tuotettu tuulisähköllä. Aurinkopaneelien ja akustojen päästöinä on käytetty minimi -vaihtoehtoa.
- Lämmön päästöjen muodostuminen on esitetty taulukossa 13.
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.

VE1max:

- Sähkön päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 17. Aurinkopaneelien ja akustojen päästöinä on käytetty maksimi -vaihtoehtoa.
- Lämmön päästöjen muodostuminen on esitetty taulukossa 13.
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.



Kuva 5. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehdon VE1 kokonaispäästöt ja näiden päästöjen vertailu referenssiskenaarioihin.

Kuvassa 6 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehdo VE2:n kokonaispäästöt ja näiden päästöjen vertailu referenssisuunnitelmiin. Vaihtoehdoille yhteiset oletukset ovat seuraavat: rakennusten eliniän on oletettu olevan 70 vuotta, jolla rakentamisen päästöt on jaettu per vuosi muotoon. Maankäytön suhteen oletus on kaikille vaihtoehdoille sama eli metsää kaadetaan 12,1 hehtaaria rakennusten tieltä. Metsän kaatamisen 50 vuoden kumulatiiviset vaikutukset/päästöt on jaettu per vuosi muotoon jakamalla edellä mainittu kokonaisvaikutus 50:llä. Infrastruktuurin ja liikunnan päästöjä ei ole arvioitu. Muut oletukset ovat seuraavat:

REF2a:

- Sähkö on tuotettu vesivoimalla, 10,5 kg CO₂e/MWh
- Lämpö on tuotettu kaukolämmöllä, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.

REF2b:

- Sähkö on tilastokeskuksen 2017 hyödynjakomenetelmällä lasketulla päästökertoimella, 131 kg CO₂e/MWh. Lukua on muokattu kuukausitasolla vastaamaan Energiategollisuus ry:n päästökertoimen kuukausivaihtelua (elinkaariset päästökertoimet kuukausittain, alkuperäiset päästökertoimet kerrottu 1,2:lla -> 157,2 kg CO₂e/MWh).
- Lämpö on tuotettu kaukolämmöllä, keskimääräinen, 196,8 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2)
- Rakennusten pääsiallisen rakennusmateriaalin on betoni.

REF2c:

- Sähkö on tuotettu tuulivoimalla, 14,5 kg CO₂e/MWh
- Lämpö on tuotettu kaukolämmöllä, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Rakennusten pääsiallisen rakennusmateriaalin on betoni.

VE2min:

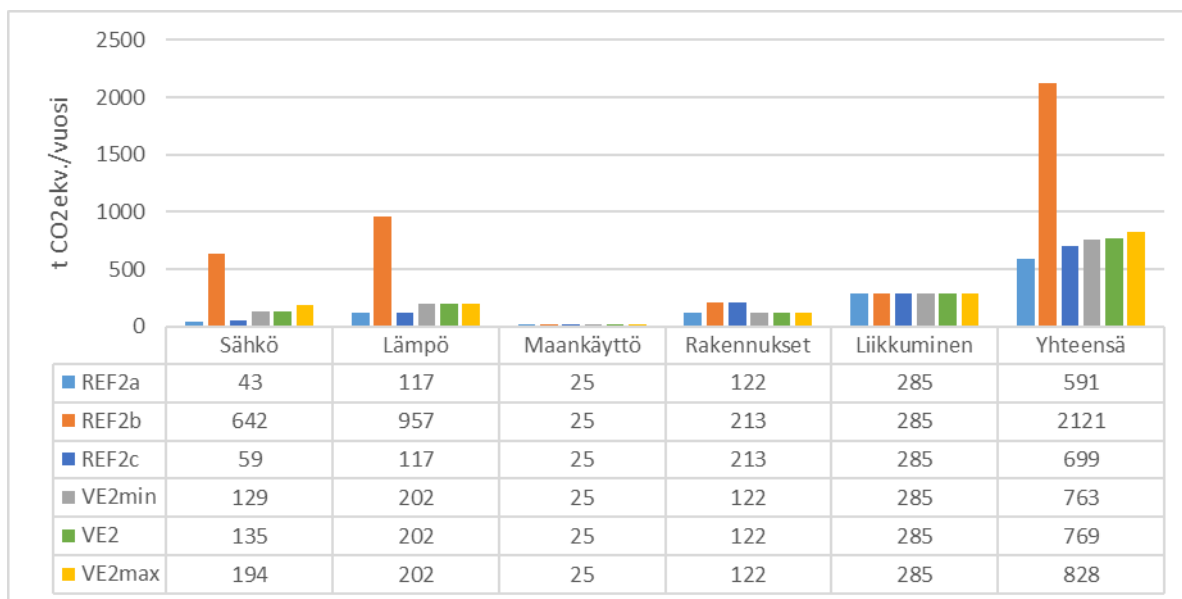
- Sähkön päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 17. Aurinkopaneelien ja akustojen päästöinä on käytetty minimi -vaihtoehtoa.
- Lämmön päästöjen muodostuminen on esitetty taulukossa 13.
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.

VE2:

- Sähkön päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 17. Aurinkopaneelien ja akustojen päästöinä on käytetty minimi -vaihtoehtoa.
- Lämmön päästöjen muodostuminen on esitetty taulukossa 13.
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.

VE2max:

- Sähkön päästöjen jakautuminen on esitetty taulukossa 17. Aurinkopaneelien ja akustojen päästöinä on käytetty maksimi -vaihtoehtoa.
- Lämmön päästöjen muodostuminen on esitetty taulukossa 13.
- Rakennukset on tehty puusta pois lukien perustukset.



Kuva 6. Masalan ekoälykylän rakentamivaihtoehdon VE2 kokonaispäästöt ja näiden päästöjen vertailu referenssiskenaarioihin.

Kuvassa 7 on esitetty Masalan ekoölykylän rakentamisvaihtoehdon VE1 kokonaispäästöjen vertailu referenssisuunnitelmaan nykyhetkenä ja vuonna 2040. Oletukset ovat pääosin vastaavat kuin edellisissä tapauksissa. Eroavat oletukset ovat seuraavat:

REF1d (2019):

- Sähkö on tilastokeskuksen 2017 hyödynjakomenetelmällä lasketulla päästökertoimella, 131 kg CO₂e/MWh. Lukua on muokattu kuukausitasolla vastaamaan Energiategollisuus ry:n päästökertoimen kuukausivaihtelua (elinkaariset päästökertoimet kuukausittain, alkuperäiset päästökertoimet kerrottu 1,2:lla -> 157,2 kg CO₂e/MWh).

REF1d (2040):

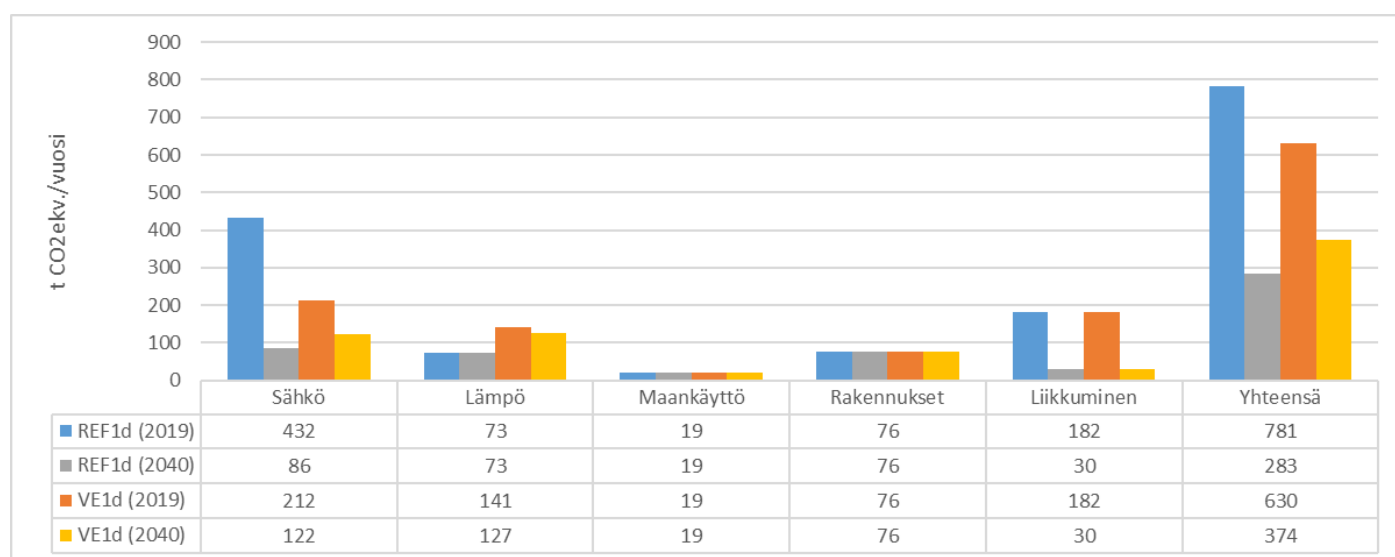
- Sähkön päästökerroin on vähentynyt edellisestä 80 %.

VE1d (2019):

- Ostosähkön osuus on tuotettu vastaavilla päästökertoimilla kuin tapauksessa REF1d (2019).

VE1d (2040):

- Ostosähkön osuus on tuotettu vastaavilla päästökertoimilla kuin tapauksessa REF1d (2040).



Kuva 7. Masalan ekoölykylän rakentamisvaihtoehdon VE1 kokonaispäästöjen vertailu referenssiskenaarioon nykyhetkenä ja vuonna 2040.

Kuvassa 8 on esitetty Masalan ekoölykylän rakentamisvaihtoehdon VE2 kokonaispäästöjen vertailu referenssiskenaarioon nykyhetkenä ja vuonna 2040. Oletukset ovat pääosin vastaavat kuin edellisissä tapauksissa. Eroavat oletukset ovat seuraavat:

REF2d (2019):

- Sähkö on tilastokeskuksen 2017 hyödynjakomenetelmällä lasketulla päästökertoimella, 131 kg CO₂e/MWh. Lukua on muokattu kuukausitasolla vastaamaan Energiategollisuus ry:n päästökertoimen kuukausivaihtelua (elinkaariset päästökertoimet kuukausittain, alkuperäiset päästökertoimet kerrottu 1,2:lla -> 157,2 kg CO₂e/MWh).

REF2d (2040):

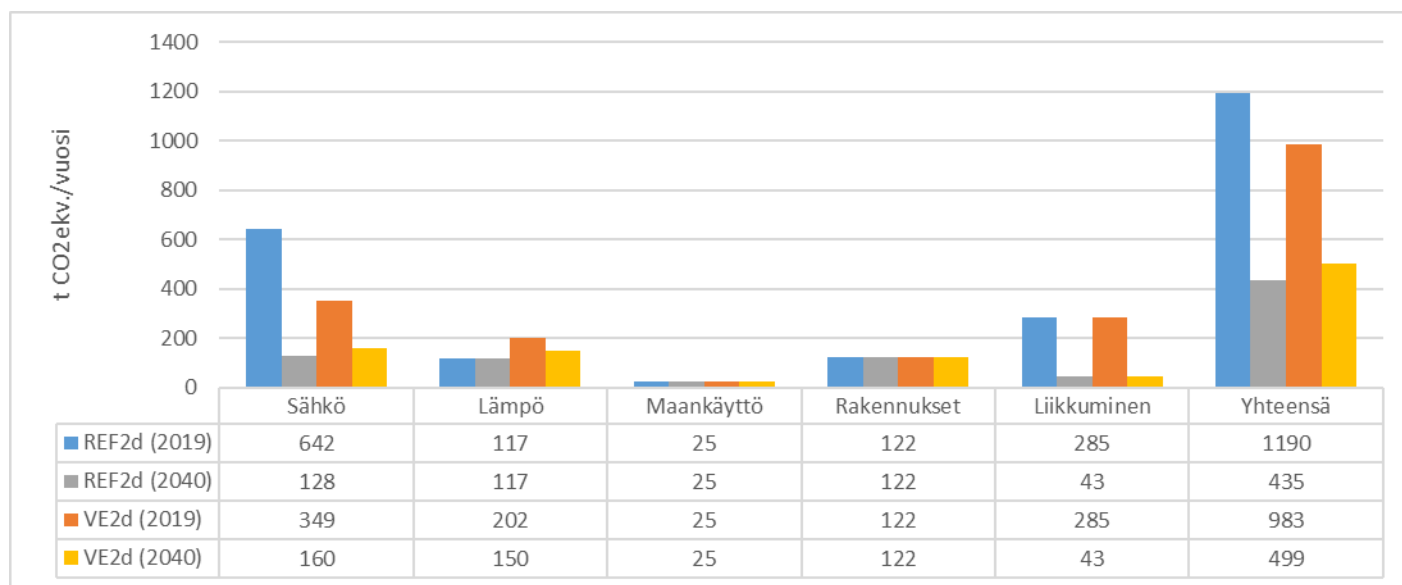
- Sähkön päästökerroin on vähentynyt edellisestä 80 %.

VE2d (2019):

- Ostosähkön osuus on tuotettu vastaavilla päästökertoimilla kuin tapauksessa REF1d (2019).

VE2d (2040):

- Ostosähkön osuus on tuotettu vastaavilla päästökertoimilla kuin tapauksessa REF1d (2040).



Kuva 8. Masalan ekoölykylän rakentamisvaihtoehdon VE2 kokonaispäästöjen vertailu referenssiskenaarioon nykyhetkenä ja vuonna 2040.

9. EKOÄLYKYLÄ VERRATTUNA ASUINALUEESEEN MASALAN ASEMAN VIERESSÄ

Kuvassa 9 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehto VE1:n vertailu vastaavan kokoiseen verrokkialueeseen (REFM1), joka sijaitsisi Masalan juna-aseman vieressä. Tarkasetlussa on mukana vain fossiiliset päästöt. Vertailu on tehty vuoden 2019 päästökertoimilla sekä vuoden 2040 oletetuilla päästökertoimilla. Alueita koskevat oletukset on esitetty alla:

Asuinalue aseman vieressä (REFM1 2019):

- Sähkön päästöt on laskettu tilastokeskuksen 2017 hyödynjakomenetelmään perustuvalla päästökertoimella, 131 kg CO₂e/MWh. Lukua on muokattu kuukausitasolla vastaamaan Energiateollisuus ry:n päästökertoimen kuukausivaihtelua ja kerrottu luvulla 1,2 vastaamaan elinkaarisia päästöjä (keskiarvo 157,2 kg CO₂e/MWh).
- Lämmön päästöt on laskettu Motivan sivuilta saadulla päästökertoimella: kaukolämpö, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Maankäyttö: alue tulee aseman läheisyyteen alueelle, jolla ei ole puustoa.
- Rakennukset on valmistettu betonista (ks. luku 5).
- Liikkuminen: ks. luku 7.2.

Asuinalue aseman vieressä (REFM1 2040):

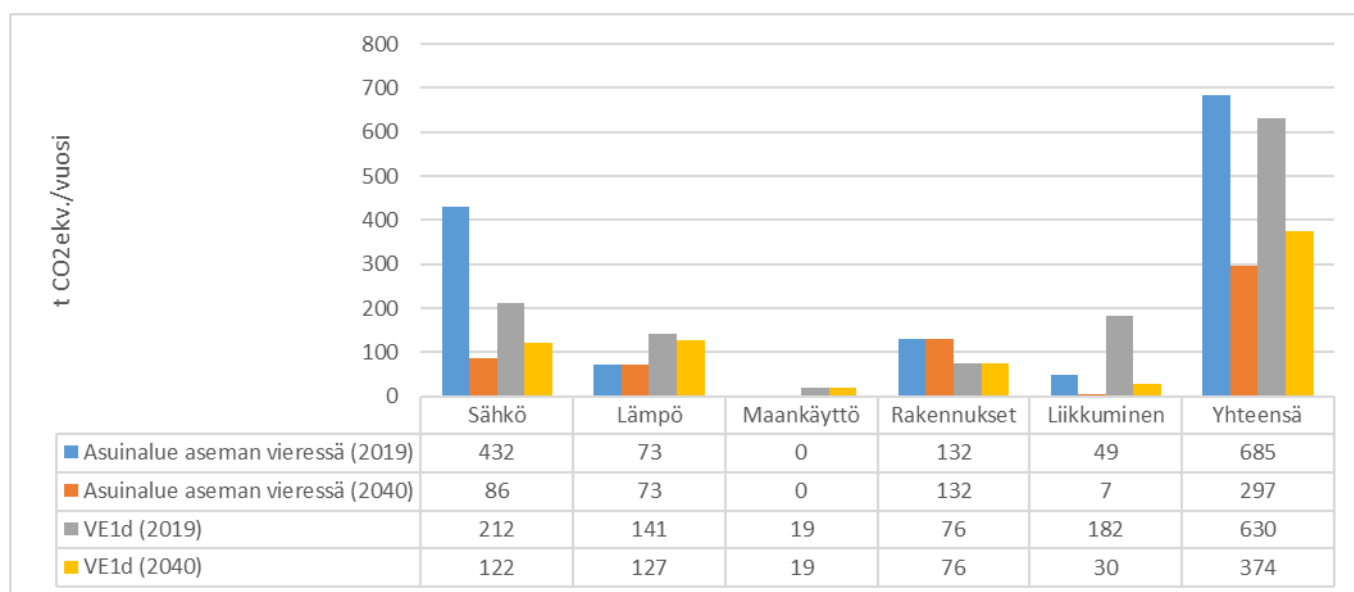
- Sähkön päästökerroin on vähentynyt edellisestä 80 %.
- Lämmön päästöt on laskettu Motivan sivuilta saadulla päästökertoimella: kaukolämpö, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
 - o Polttoaineena on lähes 100 % puu, jonka päästökerroin ei muutu ajan myötä.
- Maankäytön ja rakennusten oletukset ovat vastaavat kuin vuoden 2019 tilanteessa.
- Liikkuminen: ks. luku 7.2.

VE1d (2019):

- Oletukset on esitetty luvussa 8.

VE21 (2040):

- Oletukset on esitetty luvussa 8.



Kuva 9. Masalan ekoälykylän rakentamisvaihtoehto VE1:n vertailu vastaavan kokoiseen verrokkialueeseen (REFM1), joka sijaitsisi Masalan juna-aseman vieressä. Vertailu vuoden 2019 päästökertoimilla sekä vuoden 2040 oletetuilla päästökertoimilla.

Kuvasta 9 nähdään, että Masalan ekoälykylä (VE1d) on edellä mainituilla oletuksilla vuoden 2019 tilanteessa aseman vieressä sijaitsevaa verrokkiasuinaluetta (REFM1) vähäpäästöisempi, keskimääräisten päästökertoimien alentuessa aseman viereisen asuinalueen päästöt laskevat suhteessa ekoälykylään nopeammin. Vuonna 2040 aseman viereinen asuinalue (REFM1) on jo selkeästi Masalan ekoälykylää vähäpäästöisempi.

Kuvassa 10 on esitetty Masalan ekoälykylän rakentamismuutoksen VE2:n vertailu vastaavan kokoiseen verrokkialueeseen (REFM2), joka sijaitisi Masalan juna-aseman vieressä. Vertailu on tehty vuoden 2019 päästökertoimilla sekä vuoden 2040 oletetuilla päästökertoimilla. Alueita koskevat oletukset on esitetty alla:

Asuinalue aseman vieressä (REFM2 2019):

- Sähkön päästöt on laskettu tilastokeskuksen 2017 hyödynjakomenetelmään perustuvalla päästökertoimella, 131 kg CO₂e/MWh. Lukua on muokattu kuukausitasolla vastaamaan Energiategollisuus ry:n päästökertoimen kuukausivaihtelua ja kerrottu luvulla 1,2 vastaamaan elinkaarisia päästöjä (keskiarvo 157,2 kg CO₂e/MWh).
- Lämmön päästöt on laskettu Motivan sivuilta saadulla päästökertoimella: kaukolämpö, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
- Maankäyttö: alue tulee aseman läheisyyteen alueelle, jolla ei ole puustoa.
- Rakennukset on valmistettu betonista (ks. luku 5).
- Liikkuminen: ks. luku 7.2.

Asuinalue aseman vieressä (REFM2 2040):

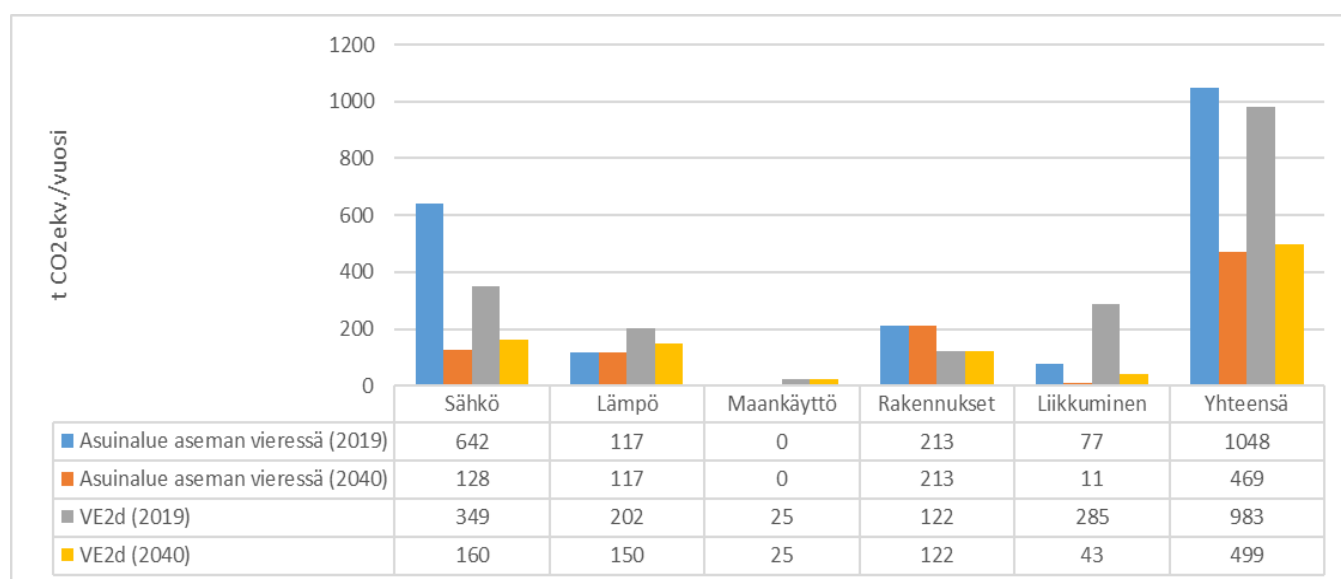
- Sähkön päästökerroin on vähentynyt edellisestä 80 %.
- Lämmön päästöt on laskettu Motivan sivuilta saadulla päästökertoimella: kaukolämpö, Ryhmä A, Kirkkonummi, 24 kg CO₂e/MWh (elinkaarinen päästökerroin, alkuperäinen arvo kerrottu 1,2:lla)
 - o Polttoaineena on lähes 100 % puu, jonka päästökerroin ei muutu ajan myötä.
- Maankäytön ja rakennusten oletukset ovat vastaavat kuin vuoden 2019 tilanteessa.
- Liikkuminen: ks. luku 7.2.

VE1d (2019):

- Oletukset on esitetty luvussa 8.

VE21 (2040):

- Oletukset on esitetty luvussa 8.



Kuva 10. Masalan ekoälykylän rakentamismuutoksen VE2:n vertailu vastaavan kokoiseen verrokkialueeseen (REFM2), joka sijaitisi Masalan juna-aseman vieressä. Vertailu vuoden 2019 päästökertoimilla sekä vuoden 2040 oletetuilla päästökertoimilla

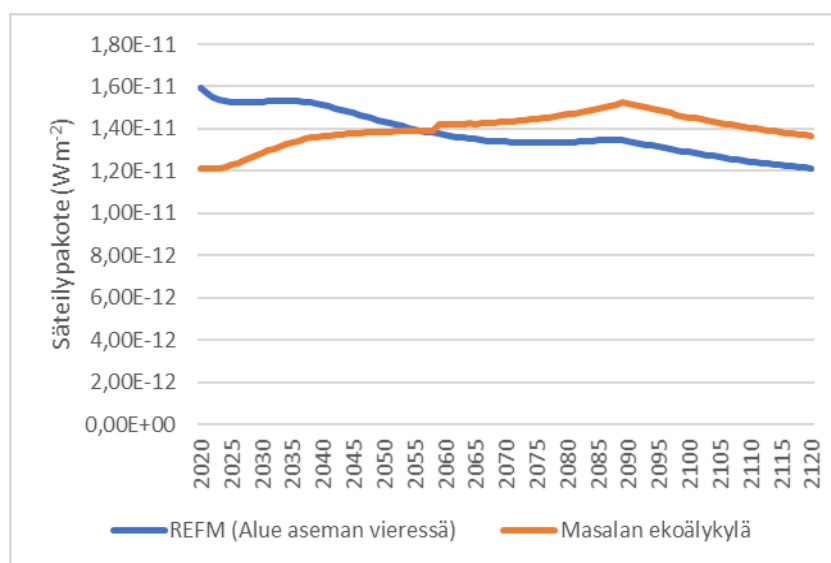
Kuvasta 10 nähdään, että Masalan ekoälykylä (VE2d) on edellä mainituilla oletuksilla vuoden 2019 tilanteessa aseman vieressä sijaitsevaa verrokiasuinaluetta (REFM2) vähäpäästöisempi, keskimääräisten päästökertoimien alentuessa aseman viereisen asuinalueen päästöt laskevat suhteessa ekoälykylään nopeammin. Vuonna 2040 aseman viereinen asuinalue on jo selkeästi Masalan ekoälykylää vähäpäästöisempi.

10. SÄTEILYPAKOTELASKELMIEN TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

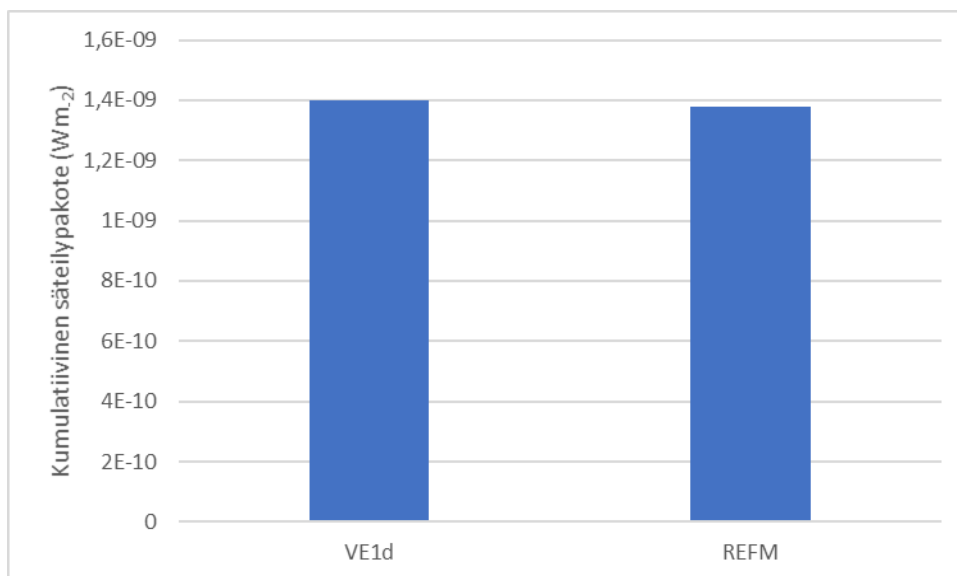
10.1 FOSSIILISTEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VAIKUTUKSET

Säteilypakotemallilla tehdyn tarkastelun lähtökohtana on Masalan ekoälykylän vaihtoehtojen (VE1d ja VE2d) ja Masalan vieressä sijaitsevan verrokkialueen (REFM1 ja REFM2 luku 9) edellisessä luvussa arvioidut fossiiliset kasvihuonekaasupäästöt, joiden ajallinen säteilypakote arvioidaan. Tässä yhteydessä otetaan huomioon vain fossiiliset hiilidioksidipäästöt, eikä mukana ole puun käytön bioperäisipäästöjä tai nieluja. Lähtökohtana on, että asuinalueiden päästöjä tapahtuu 70 vuotta. Laskennassa käytettyjen päästöjen ajallinen toteutuminen sekä vaihtoehtojen VE1d:n ja VE2d:n osalta on esitetty liitteessä 4.

Kuvassa 11 on esitetty Masalan ekoälykylän VE1d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokkiasuinalueen (REFM1) säteilypakotteet vuosien 2020-2120 välillä. Vertailussa on oletettu, että aurinkopaneelit ja akustot uusitaan 30 vuoden välein. Aurinkopaneelien ja akustojen valmistuksien päästöjen on oletettu laskevan neljä prosenttia vuodessa. Kuvasta nähdään, että Masalan ekoälykylän säteilypakote kasvaa suuremmaksi kuin aseman viereisen verrokkialueen noin vuonna 2060. Ilmaston näkökulmasta Masalan ekoälykylän vaihtoehto muuttuu huonommaksi vasta silloin kun sen kumulatiiviset päästöt muuttuvat suuremmaksi kuin verrokkialueen. Käytännössä tämä tapahtuu vuosisadan vaihteessa. Kuvassa 12 on esitetty vaihtoehtojen kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä, joista voidaan havaita määrien olevan lähes yhtä suuret. Kumulatiivisuudella tarkoitetaan, että kunkin vuoden säteilypakotteet lasketaan edellisten vuosien kanssa yhteen.

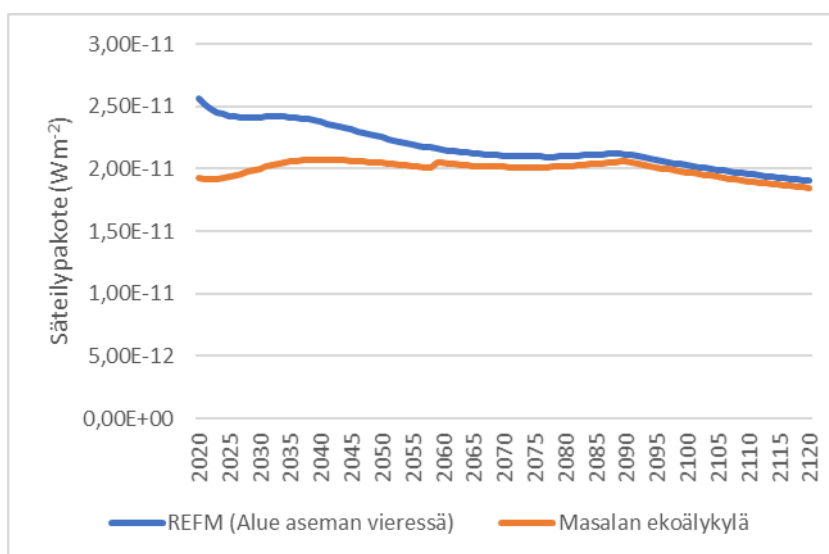


Kuva 11. Masalan ekoälykylän VE1d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokkiasuinalueen (REFM1) fossiilisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat säteilypakotteet, kun alueista aiheutuvat päästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta.

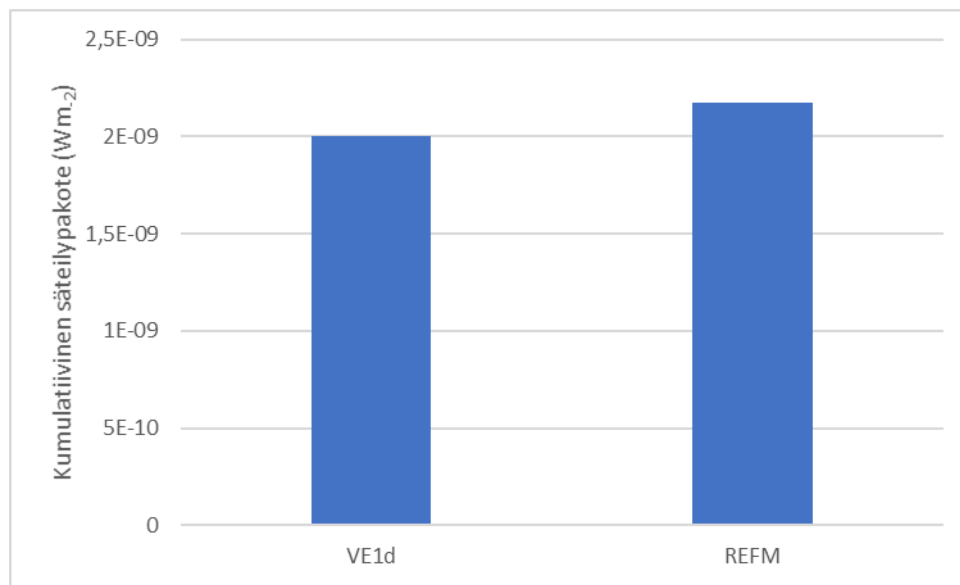


Kuva 12. Masalan ekoälykylän VE1d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokiasualueen (REFM1) fossiilisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä, kun alueista aiheutuvat päästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta.

Kuvassa 13 on esitetty Masalan ekoälykylän VE2d ja Aseman vieressä sijaitsevan verrokiasualueen (REFM2) säteilypakotteet vuosien 2020-2120 välillä. Vertailussa on oletettu, että aurinkopaneelit ja akustot uusitaan 30 vuoden välein. Aurinkopaneelien ja akustojen valmistuksen päästöjen on oletettu laskevan neljä prosenttia vuodessa. Kuvasta nähdään, että toisin kuin VE1:n tapauksessa Masalan ekoälykylän säteilypakote ei kasva suuremmaksi kuin aseman viereisen verrokialueen. Ilmaston näkökulmasta Masalan ekoälykylän vaihtoehto säilyy siis parempana vaihtoehtona koko vertailuajanjaksona. Ero johtuu käytännössä siitä, että biokaasun osuus sähkön ja lämmön tuotannosta on pienempi vaihtoehdossa VE2 kuin vaihtoehdossa VE1. Kuvassa 14 on esitetty vaihtoehtojen kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä, joista voidaan havaita määrien olevan lähes yhtä suuret. Oletetut päästöt ja niiden aikajakauma on esitetty liitteessä 4.



Kuva 13 Masalan ekoälykylän VE2d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokiasualueen (REFM2) fossiilisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat säteilypakotteet, kun alueista aiheutuvat päästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta.



Kuva 14. Masalan ekoälykylän VE2d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokiasuinalueen (REFM2) fossiilisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä, kun alueista aiheutuvat päästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta.

10.2 FOSSIILISTEN JA BIOPOHJAISTEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN SEKÄ METSÄN HIILINIELUJEN YHTEISVAIKUTUS

Lähtökohdat

Tässä yhteydessä toteutetaan vastaavat säteilypakotelaskelmat kuin luvussa 10.1 sillä erotuksella, että fossiilisten hiilidioksidipäästöjen lisäksi tarkasteluun on otettu mukaan puutuotteiden hiilivaraston ja puun polton sekä metsässä tapahtuva hiilitaseen muutosten aiheuttamat hiilidioksidivaikutukset. Puun polton hiilidioksidivaikutuksia on selvennetty liitteessä 3.

Puun polttaminen aiheuttaa biopohjaisia CO₂-päästöjä noin 112 t CO₂ tuotettua TJ määrää kohti (Tilastokeskus 2019). Jos oletetaan, että Kirkkonummen kaukolämpö tehdään puupelletistä ja kaukolämmön tuotannon hyötysuhde on 0,83, niin suunnitteluvaihtoehto VE1:n kohdalla biopohjaisia CO₂-päästöjä tulee vuositasolla noin 1470 t CO₂.

Laskelmissa on oletettu, että metsä palautuu 60 vuodessa samaan hiilitasetilanteeseen kuin se oli ennen puuenergiabiomassan korjuuta ja muutos tapahtuu ajan suhteen lineaarisesti. Tällöin siis metsään sitoutuu hiiltä vuositasolla hiilidioksidiksi muutettuna 21,5 t CO₂. Tämän määrän verran siis joka vuosi aiheutettu biopohjainen päästö pienenee, kunnes päästöt tilanne on nollattu 70 vuoden aikana. Kun joka vuosi poltetaan puuta (1 470 t CO₂/v) ja sitä vastaava hakkuualue sitoo hiiltä 21,5 t CO₂/v, saadaan laskettua päästö (+)- ja nielukehitys (-) 100 vuoden aikana.

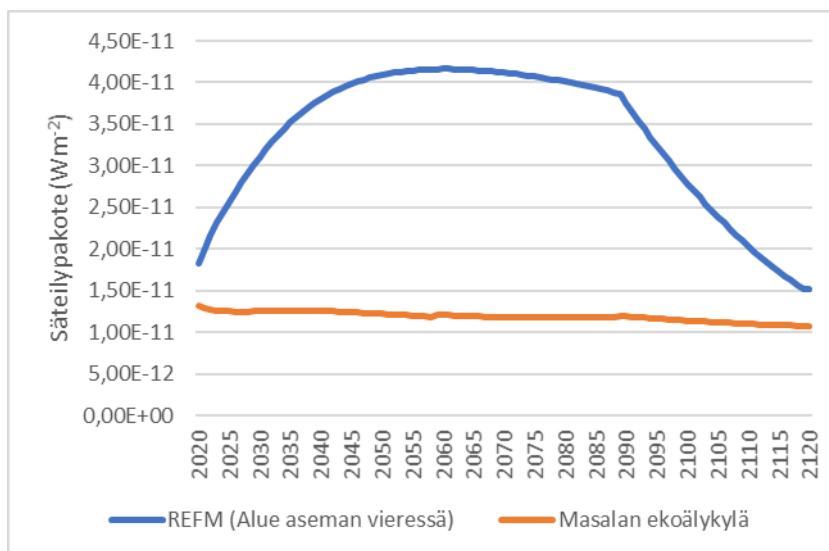
Suunnitteluvaihtoehdon VE2:n yhteydessä on tehty vastaavanlaiset oletukset kaukolämmön puupohjaisten biopäästöjen yhteydessä kuin edellä vaihtoehdossa VE1 ottaen huomioon vaihtoehdoitujen välisen lämpöenergian tuotantoeron.

Masalan puurakentamisen kautta muodostettu hiilivarasto otetaan laskelmissa huomioon siten, ettei sen sisältämää hiilimäärää vähennetä metsän hiilitaseesta. Puurakentamisessa on kuitenkin oletettu, että puuta kaadetaan kaksi kertaa enemmän kuin rakenteisiin kuluu. Puolet tästä sahoihin hakatusta puusta poltetaan ja sen käyttö korvaa fossiilisia polttoaineita. Polton substituutiohyötykertoimena on käytetty arvoa 0,8 ton C / ton C (Soimakallio, ym. 2016). Lisäksi on oletettu, että kaadettu metsä palautuu 70 vuoden aikana takaisin hiilitaseeltaan samaan tilaan kuin mistä se lähti.

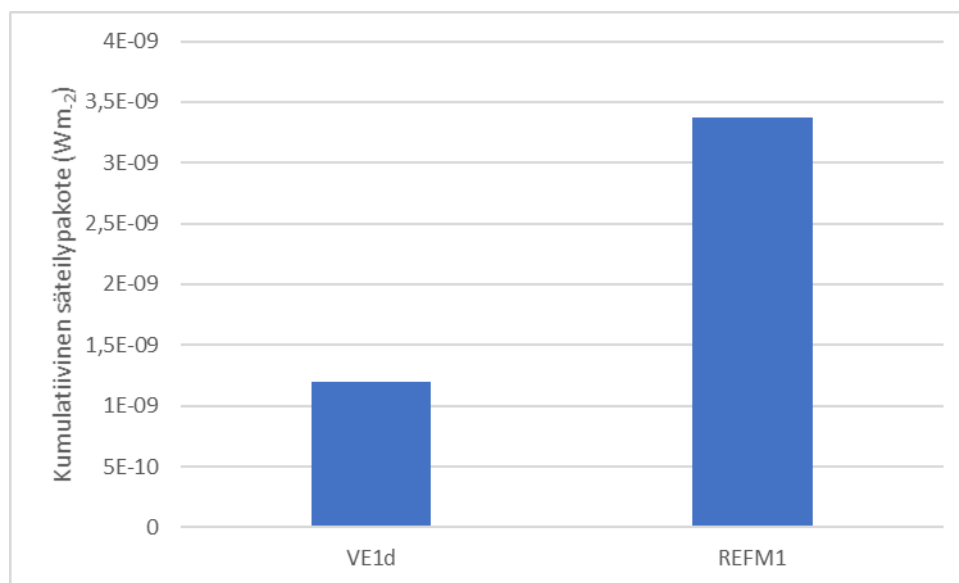
Tehdyt oletukset ovat karkeita, eikä niissä oteta huomioon hakkuiden aiheuttamaa hiilinielumenetystä metsässä. Hiilinielumenetys syntyy silloin kuin hiilitaseen kehitystä verrataan tilanteeseen, jossa metsää ei hakattaisi. Metsä jatkaisi vielä pitkään kasvua ja hakkuut aloittavat hakkuujätteiden jätteiden hajoamisen ennenaikaisesti (ne olisivat muutoin vielä suurimmaksi osaksi elävissä puussa) (vrt. Soimakallio 2018).

Tulokset ja tulkinta

Kuvassa 15 on esitetty Masalan ekoälykylän VE1d ja REFM1 aseman vieressä sijaitsevan verrokiasuinalueen (vrt. luku 9 vertailu) säteilypakotteet, kun alueista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta. Puurakentamisen ja puun polttamisen vaikutukset on huomioitu. Lisäksi on huomioitu puuston kasvu 0-100 vuoden ajalta. Kuvasta nähdään, että puun käyttö lämmön tuotannossa johtaa sadan vuoden aikajänteellä ja edellä mainituilla oletuksilla huomattavaan säteilypakotteen kasvuun suhteessa luvun 10.1 vastaavaan tarkasteluun. Lyhyen aikavälin ilmastotavoitteiden kannalta edellä mainituilla oletuksilla tarkasteltuna puun polttaminen kaukolämmön tuotantoon näyttäytyy täysin kestävämmän. Oletetut päästöt ja niiden aikajakauma on esitetty liitteessä 4. Kuvassa 16 on esitetty vaihtoehtojen kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä. REFM1:n kumulatiivinen säteilypakotemäärä on 2,83 kertainen verrattuna Masalan ekoälykylän vaihtoehtoon VE1d. Ero johtuu kuitenkin pääosin puun käytöstä lämmön tuotannossa eikä suoraan kerro ekoälykylän ratkaisujen yleisestä paremmuudesta.

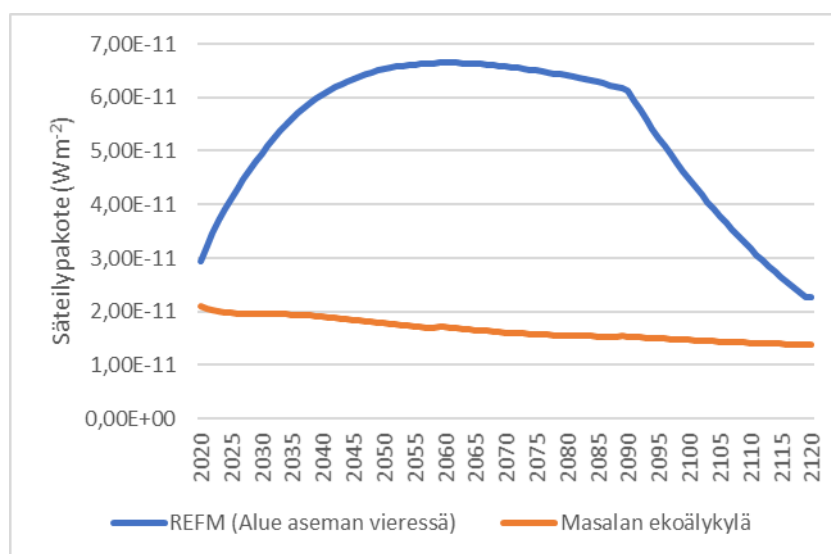


Kuva 15. Masalan ekoölykytän VE1d ja Aseman vieressä sijaitsevan verrokiasuinalueen (REFM1) (luvun 9 vertailu) fossiilisten ja bioperäisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat säteilypakotteet, kun alueista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta. Puurakentamisen ja puun polttamisen vaikutukset on huomioitu. Lisäksi on huomioitu puuston kasvu 0-100 vuoden ajalta.

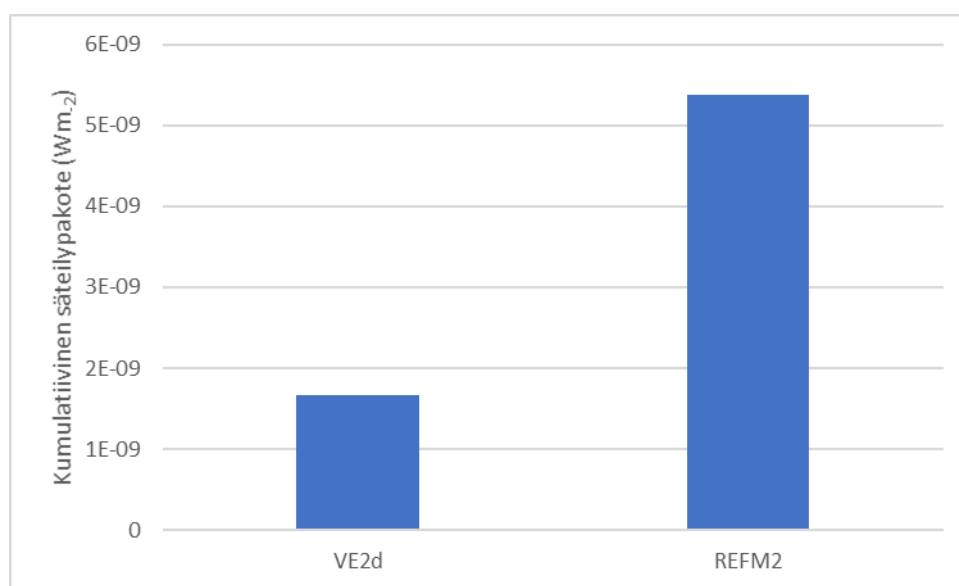


Kuva 16. Masalan ekoölykytän VE1d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokiasuinalueen (REFM1) fossiilisten ja bioperäisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä, kun alueista aiheutuvat päästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta. Puurakentamisen ja puun polttamisen vaikutukset on huomioitu. Lisäksi on huomioitu puuston kasvu 0-100 vuoden ajalta.

Kuvassa 17 on esitetty Masalan ekoälykylän VE2d ja REF2 aseman vieressä sijaitsevan verrokiasuinalueen (luvun 9 vertailu) säteilypakotteet, kun alueista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta. Puurakentamisen ja puun polttamisen vaikutukset on huomioitu. Lisäksi on huomioitu puuston kasvu 0-100 vuoden ajalta. Kuvasta nähdään, että puun käyttö lämmön tuotannossa johtaa sadan vuoden aikajänteellä ja edellä mainituilla oletuksilla huomattavaan säteilypakotteen kasvuun suhteessa luvun 10.1 vastaavaan tarkasteluun. Lyhyen aikavälin ilmastotavoitteiden kannalta edellä mainituilla oletuksilla tarkasteltuna puun polttaminen kaukolämmön tuotantoon näyttäytyy täysin kestävämmän. Oletetut päästöt ja niiden aikajakauma on esitetty liitteessä 4. Kuvassa 18 on esitetty vaihtoehtojen kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä. REF2:n kumulatiivinen säteilypakotemäärä on 3,23 kertainen verrattuna Masalan ekoälykylän vaihtoehtoon VE2d. Ero johtuu kuitenkin pääosin puun käytöstä lämmön tuotannossa eikä suoraan kerro ekoälykylän ratkaisujen yleisestä paremmuudesta.



Kuva 17. Masalan ekoälykylän VE2d ja Aseman vieressä sijaitsevan verrokiasuinalueen (REF2) (luvun 9 vertailu) fossiilisten ja bioperäisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat säteilypakotteet, kun alueista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta. Puurakentamisen ja puun polttamisen vaikutukset on huomioitu. Lisäksi on huomioitu puuston kasvu 0-100 vuoden ajalta.



Kuva 18. Masalan ekoälykylän VE2d ja aseman vieressä sijaitsevan verrokkiasuinalueen (REFM2) hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä, kun alueista aiheutuvat päästöt on huomioitu 70 vuoden ajalta. Puurakentamisen ja puun polttamisen vaikutukset on huomioitu. Lisäksi on huomioitu puuston kasvu 0-100 vuoden ajalta.

11. YHTEENVETO

Fossiiliset kasvihuonekaasupäästöarviot

Koko energijärjestelmän mitoituksen tärkeimpänä lähtökohtana on ollut se, että Mustikkarinteen kylä olisi mahdollisimman vähäpäästöinen. Kaikki järjestelmät ja laitteet on pyritty valitsemaan siten, että niiden kasvihuonekaasupäästöt olisivat mahdollisimman pienet. Masalan ekoälykylä kasvihuonekaasupäästöt ovat lähes olemattomat, kun tarkastellaan sähkön ja lämmön tuotannon polton/käytön aikaisia päästöjä. Polton/käytön aikaisten päästöjen vertailussa ekoälykylä onkin huomattavasti referenssitilanteita parempi. Tilanne kääntyy kuitenkin päälaelleen, kun vertailu suoritetaan elinkaarisilla päästökertoimilla ja edetään kohti vuotta 2040. Näissä vertailuissa ei ole kuitenkaan huomioitu ensi vuosikymmenellä tulevaa EU:n maankäyttösektoria (LULUCF) koskevaa ilmastopoliittista linjausta, joka asettaa uuteen valoon Kirkkonummen kaukolämmön metsäbiomassan käytön päästöttömyyden.

Verrattaessa Masalan ekoälykylää Masalan aseman vieressä sijaitsevaan verrokkiasuinalueeseen voidaan havaita, että tavanomainen suunnittelu aiheuttaa enemmän päästöjä kuin ekoälykylä vuoden 2019 tilanteessa. Asetelma muuttuu kuitenkin päinvastaiseksi jo vuoden 2030 tienoilla, jos oletetaan sähkön päästöjen vähenevän 80 % lineaarisesti vuoden 2019 tilanteesta vuoden 2040 tilanteeseen. Tulevaa LULUCF muutosta ei ole huomioitu vertailussa.

Tässä raportissa käsitellyistä vertailuista erityistä huomiota tulisi kiinnittää referenssitilanteeseen REF1/2b ja VE1/2, joissa on vertailtu keskimääräisillä päästökertoimilla toteutettua referenssitilannetta ja ekoälykylää, jossa ostosähkö on tuotettu tuulivoimalla. Tuulivoiman tuotannon kapasiteettia voidaan nostaa toisin kuin vesivoiman. Lisäksi Kirkkonummen kaukolämmön alhainen päästökerroin ei anna todenmukaista kuvaa syntyvistä hiilidioksidiekvivalenteistapäästöistä. Masalan ekoälykylä on keskimääräistä sähkön ja lämmön tuotantoa huomattavasti parempi. Ekoälykylän yhdeksi merkittäväksi ansioksi voidaan laskea matalapäästöisen energiantuotantokapasiteetin lisäämisen.

Lisäksi tämän raportin pohjalta Masalan ekoälykylän energijärjestelmän ongelmakohtia on mahdollista korjata ja päästöjä on mahdollista laskea merkittävästi. Muutoksien avulla ekoälykylä voisi olla vuoden 2040 tilanteessakin keskimääräisiä ratkaisuja parempi.

Rakennusten materiaalivalinta kasvihuonekaasupäästöjen osalta ei ole niin yksinkertainen kuin lukua 5 suoraan tulkitsemalla voisi olettaa. Liitteessä 3 on käsitelty puunkäytön ongelmallisuutta.

Liikkumisen päästöjen kannalta sähköautoihin siirtyminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa alentaisi merkittävästi syrjäisestä sijainnista johtuvia liikkumisen päästöjä. Lisäksi kunnollisen pyöräily- ja kävelyväylän toteuttaminen Masalan juna-asemalle tulisi olla ensisijainen tavoite.

Säteilypakotelaskelmat

Säteilypakotemallilla tehdyn tarkastelun lähtökohtana oli Masalan ekoälykylän vaihtoehtojen (VE1d ja VE2d) ja Masalan vieressä sijaitsevan verrokkialueen (REFM1 ja REFM2) kasvihuonekaasupäästöt, joiden ajallinen säteilypakote arvioitiin. Arviot suoritettiin kahdella eri tavalla. Ensimmäisessä tavassa otettiin huomioon vain fossiiliset hiilidioksidipäästöt, eikä mukana ollut puun käytön bioperäisiä päästöjä ja puutuotteiden hiilivarastonäkökohtia. Lähtökohtana oli, että asuinalueiden päästöjä tapahtuu 70 vuotta. Vastaavasti toisessa yhteydessä toteutettiin vastaavat säteilypakotelaskelmat kuin edellisessä tapauksessa sillä erotuksella, että fossiilisten hiilidioksidipäästöjen lisäksi tarkasteluun otettiin mukaan puutuotteiden hiilivaraston ja puun polton sekä metsässä tapahtuva hiilitaseen muutosten aiheuttamat hiilidioksidi vaikutukset.

Erot näiden kahden lähestymistavan välillä muodostuivat valtaviksi sadan vuoden ilmastovaikutusten näkökulmasta. Puutuotteiden hiilivaraston ja puun polton sekä metsässä tapahtuva hiilitaseen muutosten aiheuttamien hiilidioksidivaikutusten huomioimatta jättäminen johti tilanteeseen, jossa Masalan ekoölykylä oli lähes yhtä hyvä 100 vuoden aikajänteellä kuin aseman viereinen verrokkiasuinalue. VE1d:ssä hieman huonompi ja VE2d:ssä hieman parempi. Fossiilisten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä muodostuivat ekoölykylässä siis lähes yhtä suuriksi kuin verrokkiasuinalueen tapauksessa. Kumulatiiviset säteilypakoterot kuvaavat vaihtoehtojen välistä ilmastovaikutuseroa.

Puutuotteiden hiilivaraston ja puun polton sekä metsässä tapahtuva hiilitaseen muutosten aiheuttamien hiilidioksidivaikutusten huomioon ottaminen johti puolestaan täysin erilaiseen loppu tulokseen. VE1d:n ja REFM1:n vertailussa aseman viereisen asuinalueen kumulatiiviset säteilypakotemäärät olivat 2,83 kertaiset ekoölykylään nähden. Vastaavasti VE2d:n ja REFM2:n vertailussa aseman viereisen asuinalueen hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kumulatiiviset säteilypakotemäärät sadan vuoden aikajänteellä muodostuivat 3,23 kertaisiksi ekoölykylään nähden. Ero johtuu kuitenkin pääosin puun käytöstä lämmön tuotannossa eikä suoraan kerro ekoölykylän ratkaisujen yleisestä paremmuudesta.

Johtopäätökset

Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli antaa perusta vähähiiliselle jatkosuunnittelutyölle, jonka pohjalta päätetään lopulliset ekokylän rakennuksiin, infraan ja toiminnallisuuksiin liittyvät ratkaisut. Tämän raportin tuloksien perusteella voidaan todeta useiden ekoölykylän ratkaisujen olevan erittäin järkeviä pitkällä aikavälillä tarkasteltuina suhteessa tavanomaisten asuinalueiden ratkaisuihin. Jotkin ratkaisut puolestaan, kuten biokaasun käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa, eivät johda yleiseen sähkөөn verrattuna parempaan lopputulokseen pitkällä aikavälillä. Lopuksi todettakoon, että lyhyen aikavälin ilmastotavoitteiden kannalta tarkasteltuna puun polttaminen kaukolämmön tuotantoon näyttyy ilmaston kannalta selvästi huonommalta kuin biokaasun tuotanto ICHP-laitoksessa.

LÄHDELUETTELO

- Aulakoski, Anna, Pekka Montin, Petri Lydman, ja Kalle Häyrynen. *Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa - Kehä I liittymän parantaminen kivikonttien eritasoliittymän kohdalla*. Helsinki: Liikennevirasto, 2014.
- Avoin ry. *avoinmap.org*. 2019. <https://avoinmap.org/> (haettu 24. Syyskuu 2019).
- Hilden, Mikael, Sampo Soimakallio, Jyri Seppälä, ja Jari Liski. *Metsien hiilinielut otettava mukaan biotalouden kestävyystarkasteluihin*. Suomen ympäristökeskus, 2016.
- Laine-Ylijoki, Jutta, Ulla-Maija Mroueh, Kari Wellman, ja Esa Mäkelä. *Maarakentamisen elinkaariarviointi - Ympäristövaikutusten laskentaohjelma*. Espoo: Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, 2000.
- Meinshausen, M., ym. *The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300*. Climatic Change (Special Issue), 2011.
- Motiva, Oy. *Kaukolämpö – erillistuotanto*. 2019.
- Motiva, Oy. *Kaukolämpö – keskimääräinen kaukolämpö*. 2019.
- Mäkinen, Juhamatta. *Ulkoisten massojen seuranta maanrakennustyömaalla*. Savonia, 2015.
- Nevalainen, Olli. ”Biokaasun elinkaariset päästöt.” Gasum Oy, 26. Syyskuu 2019.
- Nugent, Daniel, ja Benjamin K. Sovacool. *Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey*. Elsevier, 2014.
- Nykänen, Esa, ym. *Puurakentaminen Euroopassa, LeanWOOD, VTT Technology 297*. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2017.
- Persson, U. M., Daniel J.A. Johansson, Christel Cederberg, ja Fredrik, Bryngelsson, David Hedenus. *Supporting Online Material to: Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: where’s the beef?* 2015.
- Ramboll, SITO. *Vt 12 Lahden eteläinen kehätie - Tiesuunnitelman laatiminen - Massataloustarkastelu*. Lahti: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2015.
- Ruosteenoja, K. *Suomennos: Climate change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution of to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ilmatieteenlaitos, 2014.
- Sivula, Timo-Mikael, ja Rene Zidbeck. *Energiajärjestelmä - Masalan ekoälykylä*. Innodriver Oy, 2018.
- Soimakallio, S., L. Saikku, L. Valsta, ja K. Pingoud. *Climate change mitigation challenge for wood utilization - the case of Finland*. *Environmental science & technology* 50(10), 5127-5134. 2016.
- Soimakallio, Sampo. *Miksi puuntuotannon maksimointi ei maksimoi hiilinielua?* 10.9.2018. 2018.
- Tastula, Joonas. *Omakotitalon rakentaminen kappaletavarasta ja sen vertailu elementtitalopakettiin*. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, 2013.
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. *LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta*. Päivitetty 13.9.2018. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2018.
- Tilastokeskus. *ENERGIAVUOSI 2017: 12.3.2 Sähkön ja lämmön tuotannon CO₂-päästöt*. 2019.

Tilastokeskus. *Polttoaineluokitus 2019*. 2019.

van Soest, Dennis, Miles Tight, ja Chris David Foss Rogers. *Exploring the distances people walk to access public transport*. 2019.

Vattenfall. *EPD® of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower*. The International EPD® System, 2018.

Vattenfall. *EPD® of Electricity from Vattenfall's Wind Farms*. The International EPD system, 2018.

Zidbeck, Rene. *Ekologisen asumisen energiataloudellisuus - Masalan ekoälykylä*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Talotekniikan koulutus, LVI-talotekniikka, 2018.

ÅF-Consult Oy. *Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle*. Energiateollisuus ry, 2019, 78.

LIITE 1. MASALAN EKOÄLYKYLÄN TIEVERKOSTON MAA-AINESTEN KÄSITTELYN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VAIKUTUSARVIOINTI

1. Johdanto

1.1 Tausta

Kirkkonummen Masalaan on suunnitteilla ekologisen asumisen ja elämisen suunnannäyttäjäksi tarkoitettu asuinalue. Masalan Ekoälykylästä tulee noin 1000 asukkaan lähes energiaomavarainen, luonnonläheinen kyläyhteisö. Tavoitteena on luoda uusi monistettava päästötön, yhteisöllinen ja edullinen kylämäinen asumismuoto ratojen varsien asemaseuduille. Osana tätä prosessia on hyödyntää Masalan ekoälykylän tieverkoston maa- ja kalliioleikkauksista syntyviä maa-aineksia paikan päällä mahdollisimman tehokkaasti. Tällä pystytään vähentämään maa-ainesten käsittelystä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä.

1.2 Työn tarkoitus ja tavoite

Työn tarkoitus on selvittää tieverkoston rakentamisesta aiheutuvat vältetyt kasvihuonekaasupäästöt, kun maa- ja kalliioleikkaus maa-ainekset hyödynnetään paikan päällä. Työn tavoitteena on tehdä kasvihuonekaasupäästölaskelmat kahdelle eri tieverkoston rakentamissuunnitelmalle (VE1 ja VE2), jotka eroavat toisistaan vain maamassojen määrän suhteen. Kummassakin suunnitelmassa on kaksi vaihtoehtoista toteuttamistapaa maa-ainesten hyödyntämiselle. Toteuttamistavassa 1 (TT1) maa- ja kalliioleikkauksista syntyvät maamassat hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti paikan päällä. Toteuttamistavassa 2 (TT2) kaikki maa- ja kalliioleikkauksissa syntyvät maa-ainekset kuljetetaan pois kohteesta ja rakentamiseen tarvittavat maa-ainekset tuodaan kohteen ulkopuolelta.

Työnarviointi on vain suuruusluokkahakuinen, koska käytettävissä olevat lähtötiedot ovat alustavia arvioita alueen maamassojen käsittelymääristä.

2. Arviointimenetelmä ja käytetyt oletukset

Työssä oletetaan, että ekoälykylän alueen maa- ja kalliioleikkausmateriaalista paikan päällä valmistettujen materiaalien päästövaikutukset ovat yhtä suuret kuin jos materiaalit tuotaisiin alueen ulkopuolelta kuljetuksia lukuun ottamatta. Tämän takia työssä keskitytään TT1:n ja TT2:n kuljetuspäästöjen eroihin kummassakin rakentamissuunnitelmassa VE1 ja VE2.

Työssä ei ole huomioitu työkoneiden siirtokuljetuksista johtuvia päästöeroja vaihtoehtojen TT1 ja TT2 välillä, koska niiden merkitys on vähäinen. Lisäksi työssä on oletettu, että asfalttimassojen kuljetuksien ja valmistuksien päästövaikutuksissa ei ole eroja.

Lähtökohtana on, että kuutiometreinä annetut maa-ainesten määrätiedot muutetaan tonneiksi. Tonnitiedoilla pystytään arvioimaan maansiirtokuljetusten määrät ja kasvihuonekaasupäästöt. Arviointimenetelmä pohjautuu muun muassa Liikenneviraston käyttämään laskentatapaan (Aulakoski, ym. 2014).

Kuorma-autokuljetusten osalta on käytetty VTT:n LIPASTO -tietokannan (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2018) maansiirtoauton päästökertoimia seuraavin oletuksin:

Taajama, katuajo:

- Maansiirtoauto ilman perävaunua, kokonaismassa 32 t, kantavuus 19 t, osakuorma 50 % (9,5 t), EURO VI.
 - **116,5 g/tkm CO₂ekv**
- Maansiirtoauto ilman perävaunua, kokonaismassa 32 t, kantavuus 19 t, osakuorma 85 % (16,15 t), EURO VI.
 - **80,5 g/tkm CO₂ekv**
- Maansiirtoauto ilman perävaunua, kokonaismassa 32 t, kantavuus 19 t, tyhjä kuorma, EURO VI.
 - **558 g/km CO₂ekv**

Maantieajo:

- Maansiirtoauto ilman perävaunua, kokonaismassa 32 t, kantavuus 19 t, osakuorma 50 % (9,5 t), EURO VI.
 - **68,7 g/tkm CO₂ekv**
- Maansiirtoauto ilman perävaunua, kokonaismassa 32 t, kantavuus 19 t, osakuorma 85 % (16,15 t), EURO VI.
 - **44,6 g/tkm CO₂ekv**
- Maansiirtoauto ilman perävaunua, kokonaismassa 32 t, kantavuus 19 t, tyhjä kuorma, EURO VI.
 - **838 g/km CO₂ekv**

Kirkkonummen kunnalla ei ole omaa virallista maanlajitusalueita, mutta sillä on sopimus Espoon kaupungin kanssa, että Kirkkonummen alueelta ylijäämämaat voi viedä Espoon Kulmakorven maanlajitusalueelle (Kulmakorventie 11, Espoo). Matkaa Kulmakorven maanlajitusalueen ja Masalan ekoölykylän välillä kertyy noin 20 km, josta maantieajoa on 15 km ja 5 km taajama-ajoa.

Maa-aineksia voi hankkia useasta paikasta, mutta työssä on oletettu, että maa-ainekset hankitaan Kulmakorven alueelta. Kulmakorven maanlajitusalueelle voi tuoda Espoosta, Kauniaisista ja Kirkkonummelta tulevia maa- ja kiviaineksia. Tämän takia työssä on oletettu, että Kulmakorven maanlajitusalueelta ekoölykylään tuotavat maa-ainekset tuodaan noin 10 kilometrin päästä Kulmakorpeen.

3. Suunnitteluvaihtoehtojen VE1 ja VE2 lähtötiedot

3.1 Massayhteenvedot

Ramboll Oy:ltä 4.9.2019 saadut tieverkoston maa-ainesten massayhteenvedot on esitetty taulukossa 1 kummankin vaihtoehdon osalta.

Taulukko 1. Masalan ekoölykylän massayhteenvedot, VE1 ja VE2. m3ktr = teoreettinen kiintotilavuus, m2tr = teoreettinen pinta-ala.

Kadut (K1, K2, K3 ja jkpp plv 0-400)	yksikkö	VE1	VE2
maaleikkaus	m3ktr	15525	12135
kallioleikkaus	m3ktr	23960	22640
penger	m3ktr	3710	3470
päällyste, ajorata	m2tr	7721	8186
päällyste, jkpp	m2tr	7486	7401
profilointi	m3ktr	759,95	779
kantava	m3ktr	2280,85	2338
jakava	m3ktr	8033	5841
Raitit / huoltotiet			
kapeat raitit (yhteensä)	m	1000	1000
sorapinta	m2tr	305	305
rakennekerrokset (oletus 400mm)	m3ktr	3300	3300
Tonttien sisäiset yhteydet (esitetty maankäyttösuunnitelmassa)			

pituus	m	1590	1814
asfaltti, ajorata	m2tr	7455	8163
rakennekerrokset (oletus 300mm)	m3ktr	2147	2449

Tiedot ovat suuntaa-antavia, koska massayhteenvetoihin liittyy seuraavia puutteita ja oletuksia:

Kadut:

- Tuloksista puuttuu irtilouhinta sekä mahdollisista johtokaivuista/puista johtuva kalliolouheen poisto.
- Maaleikkauksissa arvioitu kokonaisrakennekerrospaksuudeksi 1,5m. Rakenne laskettu kantava + jakava (suodatinkerrosta ei ole arvioitu).
- JKPP:n leikkaukset merkitty maaleikkaukseksi 50%, koska kallion syvyydestä ei ole varmuutta lähellä Sepänkyläntietä. Osin kallio on näkyvissä kuvissa.

Raitit / huoltotiet:

- Penger/leikkausmaita ei ole arvioitu.

Tonttien sisäiset yhteydet (esitetty maankäyttösuunnitelmassa):

- Penger/leikkausmaita ei ole arvioitu.
- Suurin osa tonttityhteyksistä on kallioisella alueella, sen vuoksi ohuet rakennekerrokset (kalliorakenne vaatii rak-kerr. 200mm).

Puuttuvia:

- johtokaivannot (sis. vesihuollon), ympäristöön liittyvät maatyöt (istutukset, hulevesialtaat)
- kiinteistöjen kohtien täytöt / leikkaukset
- luiskatäytöt, kasvualustat, kiveykset, reunatuet, istutukset jne.

3.2 Alueella syntyvät, hyödynnettävät ja alueelle tuotavat maa-ainemäärät

Timo Koppasen (E. M. Pekkinen Oy) alustavan arvion mukaan (13.9.2019) TT1:ssä maaleikkausmassoja ei hyödynnettäisi lainkaan alueella. Kallioleikkausmassat puolestaan hyödynnettäisiin osittain.

Taulukossa 2 on esitetty karkea arvio maamassojen hyödyntämisestä sekä alueelta poistettavista että alueelle tuotavista maa-ainemääristä suunnitteluvaihtoehdoissa VE1 ja VE2 kun toteutetaan mahdollisimman tehokas maa- ja kallioleikkausten maa-ainesten hyödyntäminen alueella (TT1). Taulukossa tarjonta kuvaa alueella maa- ja kallioleikkauksesta syntyviä maa-ainemääriä ja kysyntä tieverkoston rakentamiseen tarvittavia määriä. Jos tarjonnan ja kysynnän erotus on positiivinen, erotuksen osoittama määrä viedään alueelta pois ja jos erotus on negatiivinen, määrä tuodaan alueelle.

Taulukko 2. Arvio maamassojen hyödyntämisestä sekä alueelta poistettavista että alueelle tuotavista maa-ainemääristä suunnitteluvaihtoehdoissa VE1 ja VE2.

	yksikkö	VE1				VE2			
		Tarjonta (maal.)	Tarjonta (kalliol.)	Kysyntä	Tarjonnan ja kysynnän erotus	Tarjonta (maal.)	Tarjonta (kalliol.)	Kysyntä	Tarjonnan ja kysynnän erotus
Kadut (K1, K2, K3 ja jkpp plv 0-400)									
maaleikkaus	m3	15525	0	0	15525	12135	0	0	12135
kallioleikkaus	m3	0	23960	16464	7496	0	22640	14109	8532
penger	m3	0	3710	3710	0	0	3470	3470	0
profilointi	m3	0	760	760	0	0	779	779	0

kantava	m3	0	2281	2281	0	0	2338	2338	0
jakava	m3	0	8033	8033	0	0	5841	5841	0
Raitit / huoltotiet									
sorapinta, oletus paksuus: 100 mm	m3	0	31	31	0	0	31	31	0
rakennekerrokset (oletus 400mm)	m3	0	1650	3300	-1650	0	1650	3300	-1650
Tonttien sisäiset yhteydet* (esitetty maankäyttösuunnitelmassa)									
rakennekerrokset (oletus 300mm)	m3	0	1074	2147	-1074	0	1074	2147	-1074

Toteuttamistavassa TT2 kaikki alueella syntyvät massat viedään Kulmankorven läjitysalueelle ja alueella tarvittavat massat tuodaan Kulmankorven läjitysalueelta.

3.3 Siirrettävät maamassat

Taulukossa 3 on esitetty alustava arvio Masalan ekoölykylän tieverkoston takia alueelta pois vietävistä ja alueelle tuotavista maamassoista.

Kuutiometrit muutettiin tonneiksi seuraavien kertoimien mukaan:

- maaleikkaus: 2,13 ton/m³ktr
- kalliroleikkaus: 3,465 ton/m³ktr
- rakennekerros: 2,96 ton/m³ktr
- pengeri, profilointi, kantava, jakava, sora: 3,23 ton/m³ktr

Taulukko 3. Masalan ekoölykylän tieverkoston takia alueelta pois vietävät maamassat (t) ja alueelle tuotavat maamassat (t).

Rakennus- suunnitelma	Toteuttamis- tapa		Kulmankorven läjitysalue	
			viedään (t)	tuodaan (t)
VE1	TT1	maaleikkaus	32999	0
		kalliroleikkaus	25973	0
		rakennekerros	0	8070
		yhteensä	58972	8070
VE2	TT2	maaleikkaus	32999	0
		kalliroleikkaus	83021	0
		rakennekerros	0	16140
		pengeri, profilointi, kantava, jakava, sora	0	47781
		yhteensä	116021	63921
VE2	TT1	maaleikkaus	25794	0

	kallioleikkaus	29562	0
	rakennekerros	0	8070
	yhteensä	55355	8070
TT2	maaleikkaus	25794	0
	kallioleikkaus	78448	0
	rakennekerros	0	16140
	penger, profilointi, kantava, jakava, sora	0	40183
	yhteensä	104241	56323

4. Tulokset

Taulukossa 4 on esitetty Masalan ekoälykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvien kuljetusten päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 50 % osakuormalla sekä jokaista kuormattuna ajettavaa kilometriä kohden ajetaan vastaava matka tyhjällä kuormalla. VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **424 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **141** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä². VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **365 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **122** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Mikäli oletetaan, että maansiirtoautot lastataan täyteen (50 % osakuorma) jokaisen vientimatkan jälkeen tuotavalla maa-aineksella, voidaan päästöistä poistaa tuontimatkojen määrä tyhjänä ajoa Kulmankorven läjitysalueen ja Masalan ekoälykylän välillä. Tällöin tuloksiksi VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **350 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **117** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **301 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **100** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Taulukko 4. Masalan ekoälykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvat maa-ainemassat sekä näiden maamassojen kuljetuksista aiheutuvat päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 50 % osakuormalla.

VE1	Kulmankorven läjitysalue				kilometrit kuormattuna		kilometrit tyhjinä		päästöt		
	viedään, massa (t)	vienti-matkat (9,5 t/kuorma)	tuodaan, massa (t)	tuonti-matkat (9,5 t/kuorma)	taajamassa	maantiellä	taajamassa	maantiellä	päästöt kuormattuna (t CO ₂ ekv)	päästöt tyhjinä (t CO ₂ ekv)	päästöt yhteensä (t CO ₂ ekv)
TT1	58972	6208	8070	849	39533	110103	39533	110103	116	94	210
TT2	116021	12213	63921	6729	128349	317761	128349	317761	349	284	634
Erotus	57049	6005	55851	5879	88816	207659	88816	207659	234	190	424
VE2											
TT1	55355	5827	8070	849	37629	104392	37629	104392	110	90	199
TT2	104241	10973	56323	5929	114151	283166	114151	283166	311	253	564
Erotus	48886	5146	48253	5079	76522	178774	76522	178774	201	163	365

Taulukossa 5 on esitetty Masalan ekoälykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvien kuljetusten päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 85 % osakuormalla sekä jokaista kuormattuna ajettavaa kilometriä kohden ajetaan vastaava matka tyhjällä kuormalla. VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2: välillä säästöä syntyy **268 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **89** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **230 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **77** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Taulukko 5. Masalan ekoälykylän tieverkoston rakentamisesta aiheutuvat maa-ainemassat sekä näiden maamassojen kuljetuksista aiheutuvat päästöt, kun oletetaan, että maansiirtoautot ajavat 85 % osakuormalla.

VE1	Kulmankorven läjitysalue				kilometrit kuormattuna		kilometrit tyhjinä		päästöt		
	viedään, massa (t)	vienti-matkat (16,15 t/kuorma)	tuodaan, massa (t)	tuonti-matkat (16,15 t/kuorma)	taajamassa	maantiellä	taajamassa	maantiellä	päästöt kuormattuna (t CO ₂ ekv)	päästöt tyhjinä (t CO ₂ ekv)	päästöt yhteensä (t CO ₂ ekv)
TT1	58972	3652	8070	500	23254	64766	23254	64766	77	55	132

² Yhden henkilöauton päästöjen on oletettu tässä yhteydessä olevan 3 t CO₂ekv/vuosi.

TT2	116021	7184	63921	3958	75499	186919	75499	186919	233	167	400
Erotus	57049	3532	55851	3458	52245	122152	52245	122152	156	112	268
VE2											
TT1	55355	3428	8070	500	22135	61407	22135	61407	73	53	126
TT2	104241	6455	56323	3487	67148	166568	67148	166568	207	149	356
Erotus	48886	3027	48253	2988	45013	105161	45013	105161	134	96	230

Mikäli oletetaan, että maansiirtoautot lastataan täyteen (85 % osakuorma), jokaisen vientimatkan jälkeen tuotavalla maa-aineksella, voidaan päästöistä poistaa tuontimatkojen määrä tyhjänä ajoa Kulmankorven läjitysalueen ja Masalan ekoälykylän välillä. Tällöin tuloksiksi VE1:ssä toteuttamistapojen TT1:n ja TT2:n välillä säästöä syntyy **224 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **75** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä. VE2:ssa vastaavasti sääntöä syntyy **193 t** CO₂ekv, joka vastaa noin **64** henkilöauton vuosittaisen ajon päästöjä.

Yhteenvedon voidaan sanoa, että Masalan ekoälykylän maa- ja kalliroleikkauksesta syntyvien maa-ainesten tehokas hyödyntäminen säästää päästöjä vaihtoehdossa VE1 noin **224 - 424 t** CO₂ekv sen mukaan kuinka maansiirtoautojen kuljetukset pystytään toteuttamaan. Vastaavasti vaihtoehdossa VE2 säästöä syntyy **193 -365 t** CO₂ekv.

Lähdeluettelo

Aulakoski, Anna, Pekka Montin, Petri Lydman, ja Kalle Häyrinen. *Panospohjaisen CO2-laskennan pilotointi väylähankkeessa - Kehä I liittymän parantaminen kivikonttien eritasoliittymän kohdalla*. Helsinki: Liikennevirasto, 2014.

Avoin ry. *avoinmap.org*. 2019. <https://avoinmap.org/> (haettu 24. Syyskuu 2019).

Hilden, Mikael, Sampo Soimakallio, Jyri Seppälä, ja Jari Liski. *Metsien hiilinielut otettava mukaan biotalouden kestävyystarkasteluihin*. Suomen ympäristökeskus, 2016.

Laine-Ylijoki, Jutta, Ulla-Maija Mroueh, Kari Wellman, ja Esa Mäkelä. *Maarakentamisen elinkaariarviointi - Ympäristövaikutusten laskentaohjelma*. Espoo: Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, 2000.

Meinshausen, M., ym. *The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300*. Climatic Change (Special Issue), 2011.

Motiva, Oy. *Kaukolämpö – erillistuotanto*. 2019.

Motiva, Oy. *Kaukolämpö – keskimääräinen kaukolämpö*. 2019.

Mäkinen, Juhamatta. *Ulkoisten massojen seuranta maanrakennustyömaalla*. Savonia, 2015.

Nevalainen, Olli. "Biokaasun elinkaariset päästöt." Gasum Oy, 26. Syyskuu 2019.

- Nugent, Daniel, ja Benjamin K. Sovacool. *Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey*. Elsevier, 2014.
- Nykänen, Esa, ym. *Puurakentaminen Euroopassa, LeanWOOD, VTT Technology 297*. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2017.
- Persson, U. M., Daniel J.A. Johansson, Christel Cederberg, ja Fredrik, Bryngelsson, David Hedenus. *Supporting Online Material to: Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: where's the beef?* 2015.
- Ramboll, SITO. *Vt 12 Lahden eteläinen kehätie - Tiesuunnitelman laatiminen - Massataloustarkastelu*. Lahti: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2015.
- Ruosteenoja, K. *Suomennos: Climate change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution of to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ilmatieteenlaitos, 2014.
- Sivula, Timo-Mikael, ja Rene Zidbeck. *Energiajärjestelmä - Masalan ekoälykylä*. Innodriver Oy, 2018.
- Soimakallio, S., L. Saikku, L. Valsta, ja K. Pingoud. *Climate change mitigation challenge for wood utilization - the case of Finland. Environmental science & technology 50(10), 5127-5134*. 2016.
- Soimakallio, Sampo. *Miksi puuntuotannon maksimointi ei maksimoi hiilinielua?* 10.9.2018. 2018.
- Tastula, Joonas. *Omakotitalon rakentaminen kappaletavarasta ja sen vertailu elementtitalopakettiin*. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, 2013.
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. *LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta*. Päivitetty 13.9.2018. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2018.
- Tilastokeskus. *ENERGIAVUOSI 2017: 12.3.2 Sähkön ja lämmön tuotannon CO2-päästöt*. 2019.
- Tilastokeskus. *Polttoaineluokitus 2019*. 2019.
- van Soest, Dennis, Miles Tight, ja Chris David Foss Rogers. *Exploring the distances people walk to access public transport*. 2019.
- Vattenfall. *EPD® of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower*. The International EPD® System, 2018.
- Vattenfall. *EPD® of Electricity from Vattenfall's Wind Farms*. The International EPD system, 2018.
- Zidbeck, Rene. *Ekologisen asumisen energiataloudellisuus - Masalan ekoälykylä*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Talotekniikan koulutus, LVI-talotekniikka, 2018.
- ÅF-Consult Oy. *Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle*. Energiateollisuus ry, 2019, 78.

LIITE 2. LÄMMITYSTARVELUVUT HELSINKI 2013-2018 (°CVRK)

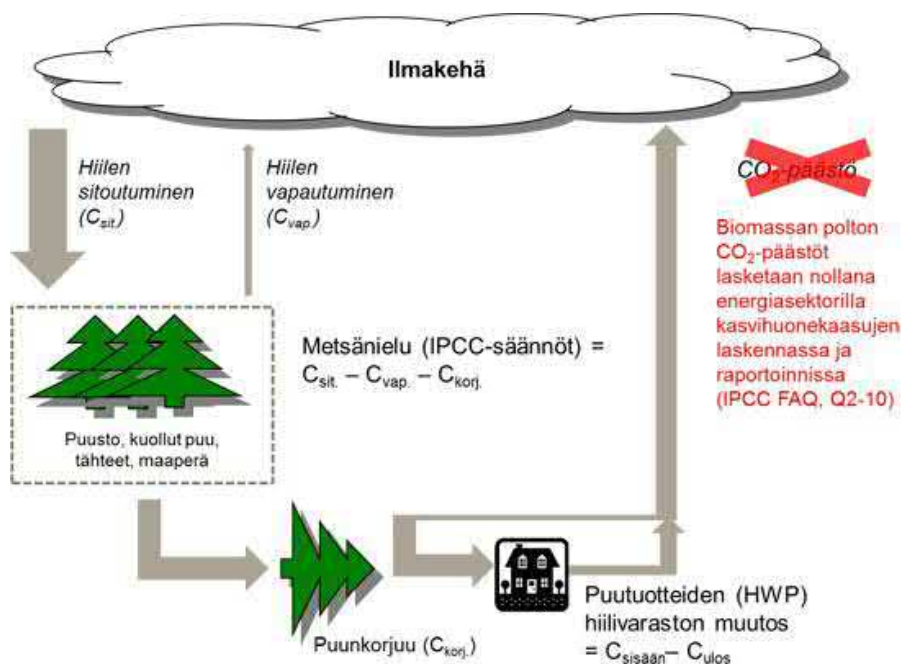
Lämmitystarveluvut Helsinki 2013-2018 (°Cvrk)													
	Tammikuu	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi
2018	597	712	674	347	36	15	0	0	83	311	426	588	3789
	16%	19%	18%	9%	1%	0%	0%	0%	2%	8%	11%	16%	100%
2017	586	532	489	427	183	28	0	17	82	346	388	471	3549
	17%	15%	14%	12%	5%	1%	0%	0%	2%	10%	11%	13%	100%
2016	800	483	501	365	0	0	0	0	59	350	510	521	3589
	22%	13%	14%	10%	0%	0%	0%	0%	2%	10%	14%	15%	100%
2015	555	451	454	350	190	0	0	0	30	321	343	424	3118
	18%	14%	15%	11%	6%	0%	0%	0%	1%	10%	11%	14%	100%
2014	709	472	461	317	183	24	0	0	44	316	415	523	3464
	20%	14%	13%	9%	5%	1%	0%	0%	1%	9%	12%	15%	100%
2013	678	527	690	417	73	0	0	0	91	291	370	455	3592
	19%	15%	19%	12%	2%	0%	0%	0%	3%	8%	10%	13%	100%
Keskiarvo	654	530	545	371	111	11	0	3	65	323	409	497	3517
	18,6%	15,1%	15,5%	10,5%	3,2%	0,3%	0,0%	0,1%	1,8%	9,2%	11,6%	14,1%	100%
Masala	855,6	692,6	712,6	484,6	145,0	14,6	0,0	3,7	84,8	421,8	534,5	650,1	4600
	18,6%	15,1%	15,5%	10,5%	3,2%	0,3%	0,0%	0,1%	1,8%	9,2%	11,6%	14,1%	100%

Lähde:

https://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut?p_auth=k4SOcZMu&p_id=WebProxyPortlet WAR WebProxyPortlet INSTANCE

LIITE 3. PUUNPOLTON VAIKUTUKSET

Kansainvälisesti on sovittu, että biomassan polton CO₂-päästöt lasketaan energiasektorilla nollana (kuva 17). Tämä on perusteltua, koska puun korjuu lasketaan hiilidioksidipäästönä ja puutuotteiden hiilivaraston muutos kasvaessaan hiilen poistumana (negatiivisena päästönä) ja pienentyessään päästönä maankäyttösektorilla (LULUCF). Vastaavanlaiseen lopputulokseen päästäisiin, jos puun polton CO₂-päästöt laskettaisiin täysimääräisinä ja metsän hiilitase määritettäisiin ennen puun korjuuta.



Kuva 19. Metsien ja puunkäytön hiilitaseiden määrittäminen hallitusten välisen ilmastopaneelin (IPCC) ohjeistuksen perusteella. Koska biomassan polton CO₂-päästöt lasketaan nollana, lasketaan puun mukana metsästä poistettava hiili CO₂-päästönä ja puutuotteiden hiilivaraston kasvu hiilen poistumana (nieluna) maankäyttösektorin (LULUCF) taseessa. Näin ilmakehän tase tulee lasketuksi oikein.

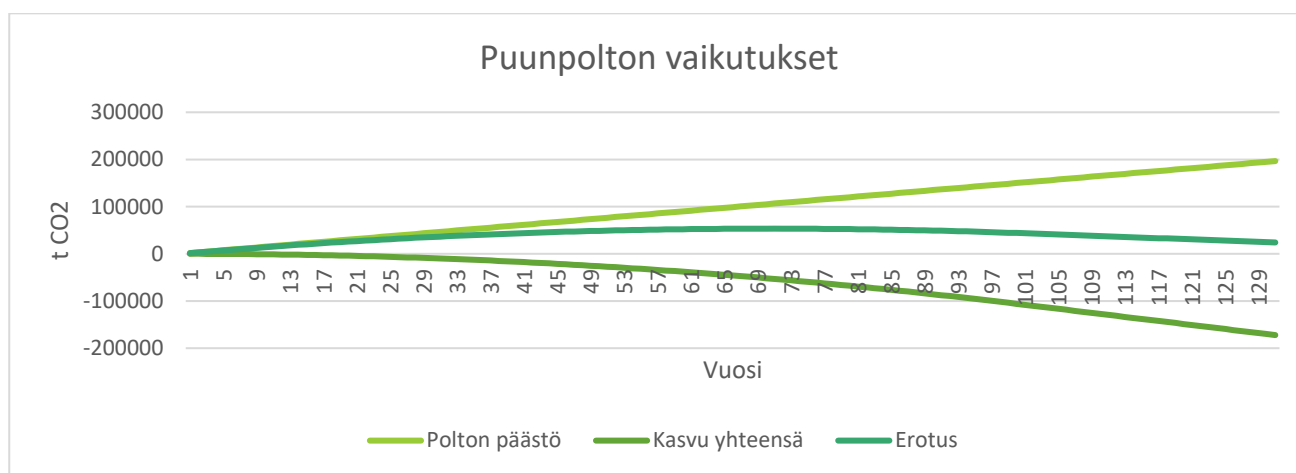
Metsien tai puutuotteiden hiilinielu tarkoittaa niiden hiilivaraston kasvua. Hiilivaraston kasvu, siis hiilinielu, taas riippuu hiilen sitoutumisen ja vapautumisen välisestä tasapainosta. Puuston ja kasvillisuuden kasvun kiihtyminen lisää hiilen sidontaa metsiin. Orgaanisen aineksen hajoaminen, kasvien hengitys ja puuston korjuu puolestaan lisäävät hiilen poistumaa metsistä. (S. Soimakallio 2018)

Metsäpalstan päätehakuussa suurin osa sen puuston hiilivarastosta otetaan käyttöön. Näin metsäpalsta muuttuu hetkellisesti voimakkaaksi päästölähteeksi, sillä suurin osa puun mukana korjatusta hiilestä vapautuu nopeasti ilmakehään. Hakuun jälkeen hiilivarasto pienenee aluksi myös siksi että hakkuutähteet lahoavat metsässä.

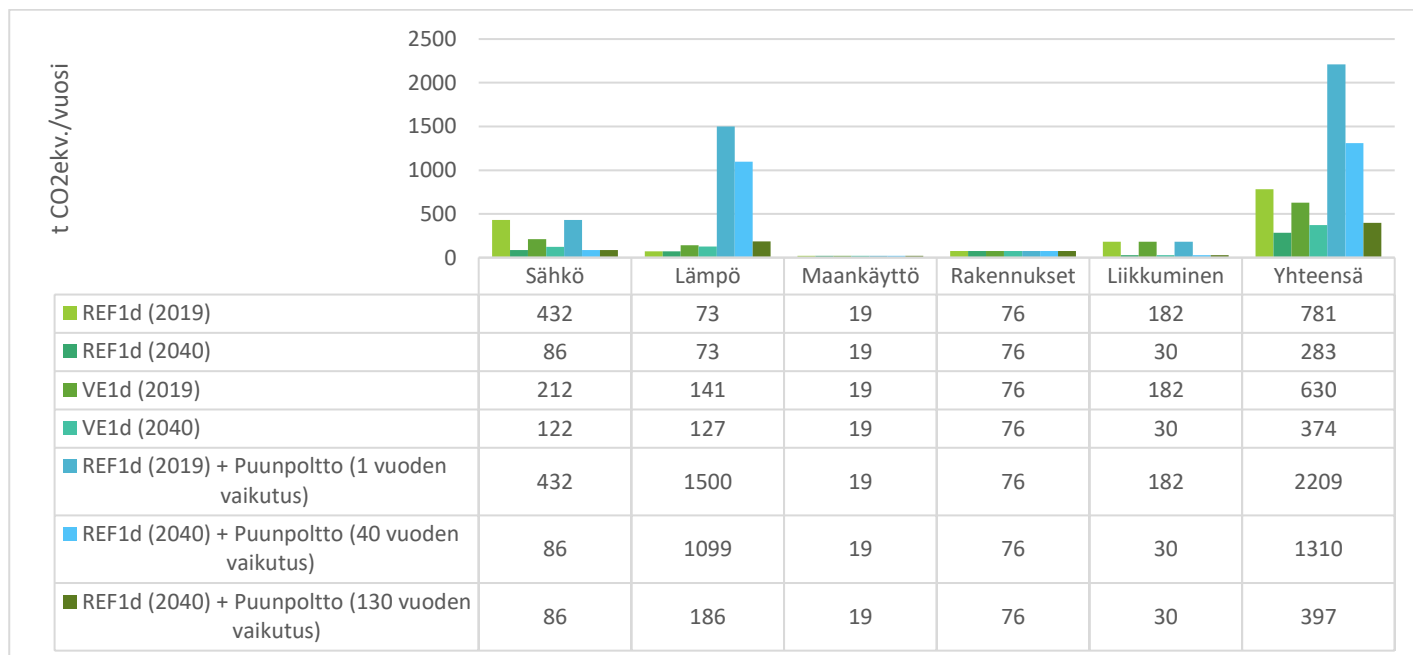
Vähitellen hiilivarasto alkaa palautua hakkuuta edeltävälle tasolle uuden puusukupolven myötä. Suomen oloissa kestää vuosikymmeniä ennen kuin metsäpalstan hiilinielu on kerryttänyt päätehakuussa ja puun käytössä vapautuneen hiilimäärän. Metsissä, joita ei hakata, puuston kasvu vähitellen hiipuu ja kuolleen puuaineksen määrä kasvaa puuston ikääntyessä. Tämän seurauksena vanhojen metsien vuosittainen hiilinielu on yleensä nuoria hyvin kasvavia metsiä pienempi, vaikka vanhoissa metsissä puuston ja maaperän kokonaishiilivarasto on selvästi suurempi kuin nuorissa metsissä. Hakkaamattomana metsäpalsta olisi voinut jatkaa hiilensidontaa, hiilivarasto olisi saattanut pysyä melko vakaana tai luonnontuhon seurauksena hiilivarasto olisi voinut alkaa pienentyä. Puun käyttö esimerkiksi pitkäikäisissä puurakenteissa voi ylläpitää omalta osaltaan hiilivarastoa. (Hilden, ym. 2016)

Puun polttaminen aiheuttaa biopohjaisia CO₂-päästöjä noin 112 t CO₂ tuotettua TJ määrää kohti (Tilastokeskuksen polttoaineluokitus). Jos oletetaan, että Kirkkonummen kaukolämpö tehdään puupelletistä ja kaukolämmön tuotannon hyötysuhde on 0,8, niin suunnitteluvaihtoehto VE1:n kohdalla biopohjaisia CO₂-päästöjä tulee vuositasolla 1500 t CO₂.

Oletetaan, että metsä palaa 70 vuodessa samaan hiiliasetilanteeseen kuin se oli ennen puuenergiabiomassa korjuuta ja muutos tapahtuu ajan suhteen lineaarisesti. Tällöin siis metsään sitoutuu hiiltä vuositasolla hiilidioksidiksi muutettuna 21,4 t CO₂. Tämän määrän verran siis joka vuosi aiheutettu biopohjainen päästö pienenee, kunnes päästötilanne on nollassa 70 vuoden aikana. Kun joka vuosi poltetaan puuta (1 500 t CO₂/v) ja sitä vastaava hakkuualue sitoo hiiltä 21,4 t CO₂/v, niin saadaan kuvan XXX mukainen päästö (+)- ja nielukehitys (-) 100 vuoden aikana. Päästön ja nielun välinen erotus kuvaa ilmakehään joutuneen CO₂-lisän kunakin vuonna.



Kuva 20. Puunpolton vaikutukset.



Kuva 3. Masalan ekoölykylän rakentamisvaihtoehdon VE1 kokonaispäästöt ja näiden päästöjen vertailu referenssiskenaarioihin. Lisäksi huomioon on otettu puunpolton vaikutukset.

LIITE 4. SÄTEILYPAKOTE LASKELMIEN PÄÄSTÖT JA AIKAJAKAUMA

		Masalan ekoalilyylä VE1 (kt CO2e)					Vaihtoehtoinen toteutus (kt CO2e)						
		sähkö	lämpö	maankäyttö	rakennukset	liikuminen	yhteensä	sähkö	lämpö	maankäyttö	rakennukset	liikuminen	yhteensä
1	2020	1,70E+00	1,41E-01	1,50E-01	5,29E+00	1,79E-01	7,45E+00	4,32E-01	7,25E-02	0,00E+00	9,24E+00	4,87E-02	9,79E+00
2	2021	1,79E-01	1,40E-01	2,14E-02		1,71E-01	5,12E-01	4,15E-01	7,25E-02			4,66E-02	5,34E-01
3	2022	1,75E-01	1,40E-01	2,14E-02		1,63E-01	4,99E-01	3,99E-01	7,25E-02			4,45E-02	5,16E-01
4	2023	1,71E-01	1,39E-01	2,14E-02		1,56E-01	4,87E-01	3,82E-01	7,25E-02			4,24E-02	4,97E-01
5	2024	1,66E-01	1,38E-01	2,14E-02		1,48E-01	4,74E-01	3,66E-01	7,25E-02			4,03E-02	4,79E-01
6	2025	1,62E-01	1,38E-01	2,14E-02		1,40E-01	4,62E-01	3,49E-01	7,25E-02			3,82E-02	4,60E-01
7	2026	1,58E-01	1,37E-01	2,14E-02		1,33E-01	4,49E-01	3,33E-01	7,25E-02			3,61E-02	4,42E-01
8	2027	1,54E-01	1,36E-01	2,14E-02		1,25E-01	4,36E-01	3,17E-01	7,25E-02			3,40E-02	4,23E-01
9	2028	1,49E-01	1,36E-01	2,14E-02		1,18E-01	4,24E-01	3,00E-01	7,25E-02			3,19E-02	4,05E-01
10	2029	1,45E-01	1,35E-01	2,14E-02		1,10E-01	4,11E-01	2,84E-01	7,25E-02			2,98E-02	3,86E-01
11	2030	1,41E-01	1,34E-01	2,14E-02		1,02E-01	3,99E-01	2,67E-01	7,25E-02			2,77E-02	3,67E-01
12	2031	1,37E-01	1,34E-01	2,14E-02		9,46E-02	3,86E-01	2,51E-01	7,25E-02			2,57E-02	3,49E-01
13	2032	1,32E-01	1,33E-01	2,14E-02		8,70E-02	3,74E-01	2,34E-01	7,25E-02			2,36E-02	3,30E-01
14	2033	1,28E-01	1,32E-01	2,14E-02		7,94E-02	3,61E-01	2,18E-01	7,25E-02			2,15E-02	3,12E-01
15	2034	1,24E-01	1,31E-01	2,14E-02		7,17E-02	3,48E-01	2,01E-01	7,25E-02			1,94E-02	2,93E-01
16	2035	1,20E-01	1,31E-01	2,14E-02		6,41E-02	3,36E-01	1,85E-01	7,25E-02			1,73E-02	2,75E-01
17	2036	1,15E-01	1,30E-01	2,14E-02		5,64E-02	3,23E-01	1,69E-01	7,25E-02			1,52E-02	2,56E-01
18	2037	1,11E-01	1,29E-01	2,14E-02		4,88E-02	3,11E-01	1,52E-01	7,25E-02			1,31E-02	2,38E-01
19	2038	1,07E-01	1,29E-01	2,14E-02		4,12E-02	2,98E-01	1,36E-01	7,25E-02			1,10E-02	2,19E-01
20	2039	1,03E-01	1,28E-01	2,14E-02		3,35E-02	2,86E-01	1,19E-01	7,25E-02			8,89E-03	2,01E-01
21	2040	9,83E-02	1,27E-01	1,71E-02		2,59E-02	2,69E-01	1,03E-01	7,25E-02			6,79E-03	1,82E-01
22	2041	9,40E-02	1,27E-01	1,71E-02		2,54E-02	2,63E-01	8,63E-02	7,25E-02			6,74E-03	1,66E-01
23	2042	9,29E-02	1,26E-01	1,71E-02		2,49E-02	2,61E-01	8,20E-02	7,25E-02			6,69E-03	1,61E-01
24	2043	9,18E-02	1,25E-01	1,71E-02		2,44E-02	2,58E-01	7,77E-02	7,25E-02			6,64E-03	1,57E-01
25	2044	9,07E-02	1,23E-01	1,71E-02		2,39E-02	2,55E-01	7,34E-02	7,25E-02			6,59E-03	1,52E-01
26	2045	8,96E-02	1,22E-01	1,71E-02		2,34E-02	2,52E-01	6,91E-02	7,25E-02			6,54E-03	1,48E-01
27	2046	8,85E-02	1,21E-01	1,71E-02		2,29E-02	2,50E-01	6,47E-02	7,25E-02			6,49E-03	1,44E-01
28	2047	8,73E-02	1,20E-01	1,71E-02		2,25E-02	2,47E-01	6,04E-02	7,25E-02			6,44E-03	1,39E-01
29	2048	8,62E-02	1,19E-01	1,71E-02		2,20E-02	2,45E-01	5,61E-02	7,25E-02			6,39E-03	1,35E-01
30	2049	8,51E-02	1,18E-01	1,71E-02		2,16E-02	2,42E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,34E-03	1,31E-01
31	2050	8,40E-02	1,17E-01	1,18E-02		2,12E-02	2,34E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,29E-03	1,31E-01
32	2051	8,29E-02	1,16E-01	1,18E-02		2,07E-02	2,31E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,24E-03	1,31E-01
33	2052	8,17E-02	1,15E-01	1,18E-02		2,03E-02	2,29E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,19E-03	1,31E-01
34	2053	8,06E-02	1,14E-01	1,18E-02		1,99E-02	2,26E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,14E-03	1,30E-01
35	2054	7,95E-02	1,13E-01	1,18E-02		1,95E-02	2,24E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,09E-03	1,30E-01
36	2055	7,84E-02	1,12E-01	1,18E-02		1,91E-02	2,21E-01	5,18E-02	7,25E-02			6,04E-03	1,30E-01
37	2056	7,73E-02	1,11E-01	1,18E-02		1,87E-02	2,18E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,99E-03	1,30E-01
38	2057	7,62E-02	1,09E-01	1,18E-02		1,84E-02	2,16E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,94E-03	1,30E-01
39	2058	7,50E-02	1,08E-01	1,18E-02		1,80E-02	2,13E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,89E-03	1,30E-01
40	2059	5,19E-01	1,07E-01	1,18E-02		1,76E-02	6,56E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,84E-03	1,30E-01
41	2060	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,73E-02	2,08E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,79E-03	1,30E-01
42	2061	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,69E-02	2,08E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,74E-03	1,30E-01
43	2062	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,66E-02	2,08E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,69E-03	1,30E-01
44	2063	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,63E-02	2,07E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,64E-03	1,30E-01
45	2064	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,59E-02	2,07E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,59E-03	1,30E-01
46	2065	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,56E-02	2,07E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,54E-03	1,30E-01
47	2066	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,53E-02	2,06E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,49E-03	1,30E-01
48	2067	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,50E-02	2,06E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,44E-03	1,30E-01
49	2068	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,47E-02	2,06E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,39E-03	1,30E-01
50	2069	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,44E-02	2,05E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,34E-03	1,30E-01
51	2070	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,41E-02	2,05E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,29E-03	1,30E-01
52	2071	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,38E-02	2,05E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,24E-03	1,30E-01
53	2072	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,36E-02	2,05E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,19E-03	1,30E-01
54	2073	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,33E-02	2,04E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,14E-03	1,29E-01
55	2074	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,30E-02	2,04E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,09E-03	1,29E-01
56	2075	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,28E-02	2,04E-01	5,18E-02	7,25E-02			5,04E-03	1,29E-01
57	2076	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,25E-02	2,04E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,99E-03	1,29E-01
58	2077	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,23E-02	2,03E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,94E-03	1,29E-01
59	2078	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,20E-02	2,03E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,89E-03	1,29E-01
60	2079	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,18E-02	2,03E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,84E-03	1,29E-01
61	2080	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,15E-02	2,03E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,79E-03	1,29E-01
62	2081	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,13E-02	2,02E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,74E-03	1,29E-01
63	2082	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,11E-02	2,02E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,69E-03	1,29E-01
64	2083	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,09E-02	2,02E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,64E-03	1,29E-01
65	2084	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,06E-02	2,02E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,59E-03	1,29E-01
66	2085	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,04E-02	2,01E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,54E-03	1,29E-01
67	2086	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,02E-02	2,01E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,49E-03	1,29E-01
68	2087	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		1,00E-02	2,01E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,44E-03	1,29E-01
69	2088	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		9,82E-03	2,01E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,39E-03	1,29E-01
70	2089	2,04E-01	1,06E-01	1,20E-02		9,62E-03	3,32E-01	5,18E-02	7,25E-02			4,34E-03	1,29E-01

Kuva 21. Kuvassa 11 esitetyn säteilypakotelaskelman tausta-aineisto.

		Maaolan ekoalilykylä VE1 (kt CO2e)						Vaihtoehtoinen toteutus (kt CO2e)							
		sähkö	lämpö	maankäyttö	rakennukset	puurakennukset	liikkinen	yhteensä	sähkö	lämpö	puunpoltto	maankäyttö	rakennukset	liikkinen	yhteensä
1	2020	1,70E+00	1,41E+01	1,50E+01	5,29E+00	6,42E-01	1,79E-01	8,10E+00	4,32E-01	7,25E-02	1,47E+00	0,00E+00	9,24E+00	4,87E-02	1,13E+01
2	2021	1,79E-01	1,40E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,71E-01	4,20E-01	4,15E-01	7,25E-02	1,44E+00			4,66E-02	1,98E+00
3	2022	1,75E-01	1,40E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,63E-01	4,08E-01	3,99E-01	7,25E-02	1,42E+00			4,45E-02	1,93E+00
4	2023	1,71E-01	1,39E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,56E-01	3,95E-01	3,82E-01	7,25E-02	1,39E+00			4,24E-02	1,89E+00
5	2024	1,66E-01	1,38E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,48E-01	3,83E-01	3,66E-01	7,25E-02	1,37E+00			4,03E-02	1,85E+00
6	2025	1,62E-01	1,38E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,40E-01	3,70E-01	3,49E-01	7,25E-02	1,35E+00			3,82E-02	1,81E+00
7	2026	1,58E-01	1,37E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,33E-01	3,57E-01	3,33E-01	7,25E-02	1,32E+00			3,61E-02	1,76E+00
8	2027	1,54E-01	1,36E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,25E-01	3,45E-01	3,17E-01	7,25E-02	1,30E+00			3,40E-02	1,72E+00
9	2028	1,49E-01	1,36E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,18E-01	3,32E-01	3,00E-01	7,25E-02	1,27E+00			3,19E-02	1,68E+00
10	2029	1,45E-01	1,35E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,10E-01	3,20E-01	2,84E-01	7,25E-02	1,25E+00			2,98E-02	1,63E+00
11	2030	1,41E-01	1,34E-01	2,14E-02		-9,17E-02	1,02E-01	3,07E-01	2,67E-01	7,25E-02	1,22E+00			2,77E-02	1,59E+00
12	2031	1,37E-01	1,34E-01	2,14E-02		-9,17E-02	9,46E-02	2,94E-01	2,51E-01	7,25E-02	1,20E+00			2,57E-02	1,55E+00
13	2032	1,32E-01	1,33E-01	2,14E-02		-9,17E-02	8,70E-02	2,82E-01	2,34E-01	7,25E-02	1,17E+00			2,36E-02	1,50E+00
14	2033	1,28E-01	1,32E-01	2,14E-02		-9,17E-02	7,94E-02	2,69E-01	2,18E-01	7,25E-02	1,15E+00			2,15E-02	1,46E+00
15	2034	1,24E-01	1,31E-01	2,14E-02		-9,17E-02	7,17E-02	2,57E-01	2,01E-01	7,25E-02	1,13E+00			1,94E-02	1,42E+00
16	2035	1,20E-01	1,31E-01	2,14E-02		-9,17E-02	6,41E-02	2,44E-01	1,85E-01	7,25E-02	1,10E+00			1,73E-02	1,38E+00
17	2036	1,15E-01	1,30E-01	2,14E-02		-9,17E-02	5,64E-02	2,32E-01	1,69E-01	7,25E-02	1,08E+00			1,52E-02	1,33E+00
18	2037	1,11E-01	1,29E-01	2,14E-02		-9,17E-02	4,88E-02	2,19E-01	1,52E-01	7,25E-02	1,05E+00			1,31E-02	1,29E+00
19	2038	1,07E-01	1,29E-01	2,14E-02		-9,17E-02	4,12E-02	2,06E-01	1,36E-01	7,25E-02	1,03E+00			1,10E-02	1,25E+00
20	2039	1,03E-01	1,28E-01	2,14E-02		-9,17E-02	3,35E-02	1,94E-01	1,19E-01	7,25E-02	1,00E+00			8,89E-03	1,20E+00
21	2040	9,83E-02	1,27E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,59E-02	1,77E-01	1,03E-01	7,25E-02	9,79E-01			6,79E-03	1,16E+00
22	2041	9,40E-02	1,27E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,54E-02	1,72E-01	8,63E-02	7,25E-02	9,54E-01			6,74E-03	1,12E+00
23	2042	9,29E-02	1,26E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,49E-02	1,69E-01	8,20E-02	7,25E-02	9,30E-01			6,69E-03	1,09E+00
24	2043	9,18E-02	1,25E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,44E-02	1,66E-01	7,77E-02	7,25E-02	9,05E-01			6,64E-03	1,06E+00
25	2044	9,07E-02	1,23E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,39E-02	1,63E-01	7,34E-02	7,25E-02	8,81E-01			6,59E-03	1,03E+00
26	2045	8,96E-02	1,22E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,34E-02	1,61E-01	6,91E-02	7,25E-02	8,56E-01			6,54E-03	1,00E+00
27	2046	8,85E-02	1,21E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,29E-02	1,58E-01	6,47E-02	7,25E-02	8,32E-01			6,49E-03	9,76E-01
28	2047	8,73E-02	1,20E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,25E-02	1,55E-01	6,04E-02	7,25E-02	8,07E-01			6,44E-03	9,47E-01
29	2048	8,62E-02	1,19E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,20E-02	1,53E-01	5,61E-02	7,25E-02	7,83E-01			6,39E-03	9,18E-01
30	2049	8,51E-02	1,18E-01	1,71E-02		-9,17E-02	2,16E-02	1,50E-01	5,18E-02	7,25E-02	7,58E-01			6,34E-03	8,89E-01
31	2050	8,40E-02	1,17E-01	1,18E-02		-9,17E-02	2,12E-02	1,42E-01	4,75E-02	7,25E-02	7,34E-01			6,29E-03	8,65E-01
32	2051	8,29E-02	1,16E-01	1,18E-02		-9,17E-02	2,07E-02	1,40E-01	4,32E-02	7,25E-02	7,10E-01			6,24E-03	8,40E-01
33	2052	8,17E-02	1,15E-01	1,18E-02		-9,17E-02	2,03E-02	1,37E-01	3,89E-02	7,25E-02	6,85E-01			6,19E-03	8,16E-01
34	2053	8,06E-02	1,14E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,99E-02	1,34E-01	3,46E-02	7,25E-02	6,61E-01			6,14E-03	7,91E-01
35	2054	7,95E-02	1,13E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,95E-02	1,32E-01	3,03E-02	7,25E-02	6,36E-01			6,09E-03	7,67E-01
36	2055	7,84E-02	1,12E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,91E-02	1,29E-01	2,60E-02	7,25E-02	6,12E-01			6,04E-03	7,42E-01
37	2056	7,73E-02	1,11E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,87E-02	1,27E-01	2,17E-02	7,25E-02	5,87E-01			5,99E-03	7,18E-01
38	2057	7,62E-02	1,09E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,84E-02	1,24E-01	1,74E-02	7,25E-02	5,63E-01			5,94E-03	6,93E-01
39	2058	7,50E-02	1,08E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,80E-02	1,22E-01	1,31E-02	7,25E-02	5,38E-01			5,89E-03	6,68E-01
40	2059	7,39E-02	1,07E-01	1,18E-02		-9,17E-02	1,76E-02	1,20E-01	8,64E-03	7,25E-02	5,14E-01			5,84E-03	6,44E-01
41	2060	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,73E-02	1,17E-01	7,21E-03	7,25E-02	4,89E-01			5,79E-03	6,19E-01
42	2061	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,69E-02	1,16E-01	6,78E-03	7,25E-02	4,65E-01			5,74E-03	5,95E-01
43	2062	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,66E-02	1,16E-01	6,35E-03	7,25E-02	4,40E-01			5,69E-03	5,70E-01
44	2063	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,63E-02	1,16E-01	5,92E-03	7,25E-02	4,16E-01			5,64E-03	5,46E-01
45	2064	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,59E-02	1,15E-01	5,49E-03	7,25E-02	3,91E-01			5,59E-03	5,21E-01
46	2065	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,56E-02	1,15E-01	5,06E-03	7,25E-02	3,67E-01			5,54E-03	4,97E-01
47	2066	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,53E-02	1,15E-01	4,63E-03	7,25E-02	3,43E-01			5,49E-03	4,72E-01
48	2067	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,50E-02	1,14E-01	4,20E-03	7,25E-02	3,18E-01			5,44E-03	4,48E-01
49	2068	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,47E-02	1,14E-01	3,77E-03	7,25E-02	2,94E-01			5,39E-03	4,23E-01
50	2069	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,44E-02	1,14E-01	3,34E-03	7,25E-02	2,69E-01			5,34E-03	3,99E-01
51	2070	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,41E-02	1,13E-01	2,91E-03	7,25E-02	2,45E-01			5,29E-03	3,74E-01
52	2071	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,38E-02	1,13E-01	2,48E-03	7,25E-02	2,20E-01			5,24E-03	3,50E-01
53	2072	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,36E-02	1,13E-01	2,05E-03	7,25E-02	1,96E-01			5,19E-03	3,25E-01
54	2073	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,33E-02	1,13E-01	1,62E-03	7,25E-02	1,71E-01			5,14E-03	3,01E-01
55	2074	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,30E-02	1,12E-01	1,19E-03	7,25E-02	1,47E-01			5,09E-03	2,76E-01
56	2075	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,28E-02	1,12E-01	7,50E-04	7,25E-02	1,22E-01			5,04E-03	2,52E-01
57	2076	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,25E-02	1,12E-01	3,01E-04	7,25E-02	9,79E-02			4,99E-03	2,27E-01
58	2077	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,23E-02	1,12E-01	1,52E-04	7,25E-02	7,34E-02			4,94E-03	2,03E-01
59	2078	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,20E-02	1,11E-01	1,03E-04	7,25E-02	4,89E-02			4,89E-03	1,78E-01
60	2079	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,18E-02	1,11E-01	5,40E-05	7,25E-02	2,45E-02			4,84E-03	1,54E-01
61	2080	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,15E-02	1,11E-01	8,91E-06	7,25E-02	-1,97E-02			4,79E-03	1,29E-01
62	2081	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,13E-02	1,11E-01	3,42E-06	7,25E-02	-2,45E-02			4,74E-03	1,05E-01
63	2082	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,11E-02	1,10E-01	1,93E-06	7,25E-02	-4,89E-02			4,69E-03	8,01E-02
64	2083	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,09E-02	1,10E-01	4,44E-07	7,25E-02	-7,34E-02			4,64E-03	5,56E-02
65	2084	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,06E-02	1,10E-01	1,95E-07	7,25E-02	-9,79E-02			4,59E-03	3,11E-02
66	2085	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,04E-02	1,10E-01	4,46E-08	7,25E-02	-1,22E-01			4,54E-03	6,53E-03
67	2086	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,02E-02	1,10E-01	1,97E-08	7,25E-02	-1,47E-01			4,49E-03	-1,80E-02
68	2087	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	1,00E-02	1,09E-01	9,18E-09	7,25E-02	-1,71E-01			4,44E-03	-4,25E-02
69	2088	7,28E-02	1,06E-01	1,20E-02		-9,17E-02	9,82E-03	1,09E-01	4,6						

		Masalan ekoäilykyky VE2 (kt CO2e)						Vaihtoehtoinen toteutus (kt CO2e)					
		sähkö	lämpö	maankäyttö	rakennukset	liikkinen	yhteensä	sähkö	lämpö	maankäyttö	rakennukset	liikkinen	yhteensä
1	2020	2,64E+00	2,02E-01	1,88E-01	8,54E+00	2,81E-01	1,18E+01	6,42E-01	1,17E-01	0,00E+00	1,49E+01	7,67E-02	1,58E+01
2	2021	2,98E-01	2,00E-01	2,74E-02		2,69E-01	7,95E-01	6,17E-01	1,17E-01			7,34E-02	8,07E-01
3	2022	2,89E-01	1,97E-01	2,74E-02		2,57E-01	7,71E-01	5,93E-01	1,17E-01			7,01E-02	7,80E-01
4	2023	2,80E-01	1,95E-01	2,74E-02		2,45E-01	7,47E-01	5,68E-01	1,17E-01			6,68E-02	7,52E-01
5	2024	2,71E-01	1,92E-01	2,74E-02		2,33E-01	7,24E-01	5,44E-01	1,17E-01			6,35E-02	7,24E-01
6	2025	2,62E-01	1,90E-01	2,74E-02		2,21E-01	7,00E-01	5,20E-01	1,17E-01			6,02E-02	6,96E-01
7	2026	2,53E-01	1,87E-01	2,74E-02		2,09E-01	6,77E-01	4,95E-01	1,17E-01			5,69E-02	6,69E-01
8	2027	2,44E-01	1,85E-01	2,74E-02		1,97E-01	6,53E-01	4,71E-01	1,17E-01			5,36E-02	6,41E-01
9	2028	2,35E-01	1,82E-01	2,74E-02		1,84E-01	6,30E-01	4,46E-01	1,17E-01			5,03E-02	6,13E-01
10	2029	2,26E-01	1,80E-01	2,74E-02		1,72E-01	6,06E-01	4,22E-01	1,17E-01			4,70E-02	5,85E-01
11	2030	2,18E-01	1,77E-01	2,74E-02		1,60E-01	5,82E-01	3,97E-01	1,17E-01			4,37E-02	5,58E-01
12	2031	2,09E-01	1,75E-01	2,74E-02		1,48E-01	5,59E-01	3,73E-01	1,17E-01			4,04E-02	5,30E-01
13	2032	2,00E-01	1,72E-01	2,74E-02		1,36E-01	5,35E-01	3,48E-01	1,17E-01			3,71E-02	5,02E-01
14	2033	1,91E-01	1,70E-01	2,74E-02		1,24E-01	5,12E-01	3,24E-01	1,17E-01			3,38E-02	4,74E-01
15	2034	1,82E-01	1,67E-01	2,74E-02		1,12E-01	4,88E-01	2,99E-01	1,17E-01			3,05E-02	4,47E-01
16	2035	1,73E-01	1,65E-01	2,74E-02		9,98E-02	4,64E-01	2,75E-01	1,17E-01			2,72E-02	4,19E-01
17	2036	1,64E-01	1,62E-01	2,74E-02		8,77E-02	4,41E-01	2,51E-01	1,17E-01			2,39E-02	3,91E-01
18	2037	1,55E-01	1,60E-01	2,74E-02		7,55E-02	4,17E-01	2,26E-01	1,17E-01			2,06E-02	3,63E-01
19	2038	1,46E-01	1,57E-01	2,74E-02		6,34E-02	3,94E-01	2,02E-01	1,17E-01			1,73E-02	3,36E-01
20	2039	1,37E-01	1,55E-01	2,74E-02		5,13E-02	3,70E-01	1,77E-01	1,17E-01			1,40E-02	3,08E-01
21	2040	1,28E-01	1,52E-01	2,74E-02		3,92E-02	3,41E-01	1,53E-01	1,17E-01			1,07E-02	2,80E-01
22	2041	1,19E-01	1,50E-01	2,17E-02		3,85E-02	3,28E-01	1,28E-01	1,17E-01			1,05E-02	2,56E-01
23	2042	1,16E-01	1,47E-01	2,17E-02		3,77E-02	3,23E-01	1,22E-01	1,17E-01			1,03E-02	2,49E-01
24	2043	1,14E-01	1,45E-01	2,17E-02		3,69E-02	3,18E-01	1,16E-01	1,17E-01			1,01E-02	2,42E-01
25	2044	1,12E-01	1,43E-01	2,17E-02		3,62E-02	3,12E-01	1,09E-01	1,17E-01			9,87E-03	2,36E-01
26	2045	1,09E-01	1,41E-01	2,17E-02		3,55E-02	3,07E-01	1,03E-01	1,17E-01			9,67E-03	2,29E-01
27	2046	1,07E-01	1,38E-01	2,17E-02		3,48E-02	3,02E-01	9,63E-02	1,17E-01			9,48E-03	2,22E-01
28	2047	1,05E-01	1,36E-01	2,17E-02		3,41E-02	2,97E-01	8,98E-02	1,17E-01			9,29E-03	2,16E-01
29	2048	1,02E-01	1,34E-01	2,17E-02		3,34E-02	2,91E-01	8,34E-02	1,17E-01			9,10E-03	2,09E-01
30	2049	1,00E-01	1,32E-01	2,17E-02		3,27E-02	2,86E-01	8,34E-02	1,17E-01			8,92E-03	2,09E-01
31	2050	9,76E-02	1,30E-01	1,54E-02		3,21E-02	2,75E-01	8,34E-02	1,17E-01			8,74E-03	2,09E-01
32	2051	9,52E-02	1,27E-01	1,54E-02		3,14E-02	2,69E-01	8,34E-02	1,17E-01			8,56E-03	2,09E-01
33	2052	9,29E-02	1,25E-01	1,54E-02		3,08E-02	2,64E-01	8,34E-02	1,17E-01			8,39E-03	2,08E-01
34	2053	9,05E-02	1,23E-01	1,54E-02		3,02E-02	2,59E-01	8,34E-02	1,17E-01			8,23E-03	2,08E-01
35	2054	8,82E-02	1,21E-01	1,54E-02		2,96E-02	2,54E-01	8,34E-02	1,17E-01			8,06E-03	2,08E-01
36	2055	8,58E-02	1,18E-01	1,54E-02		2,90E-02	2,49E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,90E-03	2,08E-01
37	2056	8,35E-02	1,16E-01	1,54E-02		2,84E-02	2,44E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,74E-03	2,08E-01
38	2057	8,11E-02	1,14E-01	1,54E-02		2,78E-02	2,38E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,59E-03	2,08E-01
39	2058	7,87E-02	1,12E-01	1,54E-02		2,73E-02	2,33E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,44E-03	2,08E-01
40	2059	7,60E-02	1,10E-01	1,54E-02		2,67E-02	9,12E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,29E-03	2,07E-01
41	2060	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,62E-02	2,23E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,14E-03	2,07E-01
42	2061	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,57E-02	2,22E-01	8,34E-02	1,17E-01			7,00E-03	2,07E-01
43	2062	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,52E-02	2,22E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,86E-03	2,07E-01
44	2063	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,47E-02	2,21E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,72E-03	2,07E-01
45	2064	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,42E-02	2,21E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,59E-03	2,07E-01
46	2065	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,37E-02	2,20E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,45E-03	2,07E-01
47	2066	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,32E-02	2,20E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,33E-03	2,06E-01
48	2067	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,27E-02	2,19E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,20E-03	2,06E-01
49	2068	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,23E-02	2,19E-01	8,34E-02	1,17E-01			6,08E-03	2,06E-01
50	2069	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,18E-02	2,18E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,95E-03	2,06E-01
51	2070	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,14E-02	2,18E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,83E-03	2,06E-01
52	2071	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,10E-02	2,18E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,72E-03	2,06E-01
53	2072	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,06E-02	2,17E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,60E-03	2,06E-01
54	2073	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		2,01E-02	2,17E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,49E-03	2,06E-01
55	2074	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,97E-02	2,16E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,38E-03	2,05E-01
56	2075	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,93E-02	2,16E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,27E-03	2,05E-01
57	2076	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,90E-02	2,16E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,17E-03	2,05E-01
58	2077	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,86E-02	2,15E-01	8,34E-02	1,17E-01			5,07E-03	2,05E-01
59	2078	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,82E-02	2,15E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,96E-03	2,05E-01
60	2079	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,78E-02	2,14E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,86E-03	2,05E-01
61	2080	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,75E-02	2,14E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,77E-03	2,05E-01
62	2081	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,71E-02	2,14E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,67E-03	2,05E-01
63	2082	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,68E-02	2,13E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,58E-03	2,05E-01
64	2083	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,65E-02	2,13E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,49E-03	2,05E-01
65	2084	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,61E-02	2,13E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,40E-03	2,05E-01
66	2085	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,58E-02	2,12E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,31E-03	2,04E-01
67	2086	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,55E-02	2,12E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,22E-03	2,04E-01
68	2087	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,52E-02	2,12E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,14E-03	2,04E-01
69	2088	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		1,49E-02	2,12E-01	8,34E-02	1,17E-01			4,06E-03	2,04E-01
70	2089	2,75E-01	1,07E-01	1,52E-02		1,46E-02	4,12E-01	8,34E-02	1,17E-01			3,97E-03	2,04E-01

Kuva 3. Kuvassa 15 esitetyn säteilypakotelaskelman tausta-aineisto.

		Masalan ekoilykyä VE2 (kt CO2e)							Vaihtoehtoinen toteutus (kt CO2e)						
		sähkö	lämpö	maankäyttö	rakennukset	puurakennukset	liikkuminen	yhteensä	sähkö	lämpö	puunpoltto	maankäyttö	rakennukset	liikkuminen	yhteensä
1	2020	2,64E+00	2,02E-01	1,88E-01	8,54E+00	1,04E+00	2,81E-01	1,29E+01	6,42E-01	1,17E-01	2,36E+00	0,00E+00	1,49E+01	7,67E-02	1,81E+01
2	2021	2,98E-01	2,00E-01	2,74E-02		-1,48E-01	2,69E-01	6,47E-01	6,17E-01	1,17E-01	2,32E+00			7,34E-02	3,13E+00
3	2022	2,89E-01	1,97E-01	2,74E-02		-1,48E-01	2,57E-01	6,23E-01	5,93E-01	1,17E-01	2,28E+00			7,01E-02	3,06E+00
4	2023	2,80E-01	1,95E-01	2,74E-02		-1,48E-01	2,45E-01	5,99E-01	5,68E-01	1,17E-01	2,24E+00			6,68E-02	3,00E+00
5	2024	2,71E-01	1,92E-01	2,74E-02		-1,48E-01	2,33E-01	5,76E-01	5,44E-01	1,17E-01	2,20E+00			6,35E-02	2,93E+00
6	2025	2,62E-01	1,90E-01	2,74E-02		-1,48E-01	2,21E-01	5,52E-01	5,20E-01	1,17E-01	2,17E+00			6,02E-02	2,86E+00
7	2026	2,53E-01	1,87E-01	2,74E-02		-1,48E-01	2,09E-01	5,29E-01	4,95E-01	1,17E-01	2,13E+00			5,69E-02	2,79E+00
8	2027	2,44E-01	1,85E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,97E-01	5,05E-01	4,71E-01	1,17E-01	2,09E+00			5,36E-02	2,73E+00
9	2028	2,35E-01	1,82E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,84E-01	4,81E-01	4,46E-01	1,17E-01	2,05E+00			5,03E-02	2,66E+00
10	2029	2,26E-01	1,80E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,72E-01	4,58E-01	4,22E-01	1,17E-01	2,01E+00			4,70E-02	2,59E+00
11	2030	2,18E-01	1,77E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,60E-01	4,34E-01	3,97E-01	1,17E-01	1,97E+00			4,37E-02	2,53E+00
12	2031	2,09E-01	1,75E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,48E-01	4,11E-01	3,73E-01	1,17E-01	1,93E+00			4,04E-02	2,46E+00
13	2032	2,00E-01	1,72E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,36E-01	3,87E-01	3,48E-01	1,17E-01	1,89E+00			3,71E-02	2,39E+00
14	2033	1,91E-01	1,70E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,24E-01	3,63E-01	3,24E-01	1,17E-01	1,85E+00			3,38E-02	2,32E+00
15	2034	1,82E-01	1,67E-01	2,74E-02		-1,48E-01	1,12E-01	3,40E-01	2,99E-01	1,17E-01	1,81E+00			3,05E-02	2,26E+00
16	2035	1,73E-01	1,65E-01	2,74E-02		-1,48E-01	9,98E-02	3,16E-01	2,75E-01	1,17E-01	1,77E+00			2,72E-02	2,19E+00
17	2036	1,64E-01	1,62E-01	2,74E-02		-1,48E-01	8,77E-02	2,93E-01	2,51E-01	1,17E-01	1,73E+00			2,39E-02	2,12E+00
18	2037	1,55E-01	1,60E-01	2,74E-02		-1,48E-01	7,55E-02	2,69E-01	2,26E-01	1,17E-01	1,69E+00			2,06E-02	2,06E+00
19	2038	1,46E-01	1,57E-01	2,74E-02		-1,48E-01	6,34E-02	2,45E-01	2,02E-01	1,17E-01	1,65E+00			1,73E-02	1,99E+00
20	2039	1,37E-01	1,55E-01	2,74E-02		-1,48E-01	5,13E-02	2,22E-01	1,77E-01	1,17E-01	1,61E+00			1,40E-02	1,92E+00
21	2040	1,28E-01	1,52E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,92E-02	1,93E-01	1,53E-01	1,17E-01	1,57E+00			1,07E-02	1,85E+00
22	2041	1,19E-01	1,50E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,85E-02	1,80E-01	1,28E-01	1,17E-01	1,54E+00			1,05E-02	1,79E+00
23	2042	1,16E-01	1,47E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,77E-02	1,75E-01	1,22E-01	1,17E-01	1,50E+00			1,03E-02	1,74E+00
24	2043	1,14E-01	1,45E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,69E-02	1,70E-01	1,16E-01	1,17E-01	1,46E+00			1,01E-02	1,70E+00
25	2044	1,12E-01	1,43E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,62E-02	1,64E-01	1,09E-01	1,17E-01	1,42E+00			9,87E-03	1,65E+00
26	2045	1,09E-01	1,41E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,55E-02	1,59E-01	1,03E-01	1,17E-01	1,38E+00			9,67E-03	1,61E+00
27	2046	1,07E-01	1,38E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,48E-02	1,54E-01	9,63E-02	1,17E-01	1,34E+00			9,48E-03	1,56E+00
28	2047	1,05E-01	1,36E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,41E-02	1,49E-01	8,98E-02	1,17E-01	1,30E+00			9,29E-03	1,51E+00
29	2048	1,02E-01	1,34E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,34E-02	1,43E-01	8,34E-02	1,17E-01	1,26E+00			9,10E-03	1,47E+00
30	2049	1,00E-01	1,32E-01	2,17E-02		-1,48E-01	3,27E-02	1,38E-01	7,70E-02	1,17E-01	1,22E+00			8,92E-03	1,43E+00
31	2050	9,76E-02	1,30E-01	1,54E-02		-1,48E-01	3,21E-02	1,27E-01	7,06E-02	1,17E-01	1,18E+00			8,74E-03	1,39E+00
32	2051	9,52E-02	1,27E-01	1,54E-02		-1,48E-01	3,14E-02	1,21E-01	6,41E-02	1,17E-01	1,14E+00			8,56E-03	1,35E+00
33	2052	9,29E-02	1,25E-01	1,54E-02		-1,48E-01	3,08E-02	1,16E-01	5,76E-02	1,17E-01	1,10E+00			8,39E-03	1,31E+00
34	2053	9,05E-02	1,23E-01	1,54E-02		-1,48E-01	3,02E-02	1,11E-01	5,11E-02	1,17E-01	1,06E+00			8,23E-03	1,27E+00
35	2054	8,82E-02	1,21E-01	1,54E-02		-1,48E-01	2,96E-02	1,06E-01	4,46E-02	1,17E-01	1,02E+00			8,06E-03	1,23E+00
36	2055	8,58E-02	1,18E-01	1,54E-02		-1,48E-01	2,90E-02	1,01E-01	3,81E-02	1,17E-01	9,84E-01			7,90E-03	1,19E+00
37	2056	8,35E-02	1,16E-01	1,54E-02		-1,48E-01	2,84E-02	9,54E-02	3,16E-02	1,17E-01	9,45E-01			7,74E-03	1,15E+00
38	2057	8,11E-02	1,14E-01	1,54E-02		-1,48E-01	2,78E-02	9,03E-02	2,51E-02	1,17E-01	9,05E-01			7,59E-03	1,11E+00
39	2058	7,87E-02	1,12E-01	1,54E-02		-1,48E-01	2,73E-02	8,51E-02	1,86E-02	1,17E-01	8,66E-01			7,44E-03	1,07E+00
40	2059	7,66E-01	1,10E-01	1,54E-02		-1,48E-01	2,67E-02	7,64E-02	1,21E-02	1,17E-01	8,27E-01			7,29E-03	1,03E+00
41	2060	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,62E-02	7,47E-02	5,56E-02	1,17E-01	7,87E-01			7,14E-03	9,95E-01
42	2061	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,57E-02	7,42E-02	4,91E-02	1,17E-01	7,48E-01			7,00E-03	9,55E-01
43	2062	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,52E-02	7,37E-02	4,26E-02	1,17E-01	7,09E-01			6,86E-03	9,16E-01
44	2063	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,47E-02	7,32E-02	3,61E-02	1,17E-01	6,69E-01			6,72E-03	8,76E-01
45	2064	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,42E-02	7,27E-02	2,96E-02	1,17E-01	6,30E-01			6,59E-03	8,37E-01
46	2065	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,37E-02	7,22E-02	2,31E-02	1,17E-01	5,90E-01			6,45E-03	7,97E-01
47	2066	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,32E-02	7,17E-02	1,66E-02	1,17E-01	5,51E-01			6,33E-03	7,58E-01
48	2067	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,27E-02	7,13E-02	1,01E-02	1,17E-01	5,12E-01			6,20E-03	7,18E-01
49	2068	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,23E-02	7,08E-02	3,36E-02	1,17E-01	4,72E-01			6,08E-03	6,79E-01
50	2069	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,18E-02	7,04E-02	2,71E-02	1,17E-01	4,33E-01			5,95E-03	6,39E-01
51	2070	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,14E-02	6,99E-02	2,06E-02	1,17E-01	3,94E-01			5,83E-03	6,00E-01
52	2071	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,10E-02	6,95E-02	1,41E-02	1,17E-01	3,54E-01			5,72E-03	5,60E-01
53	2072	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,06E-02	6,91E-02	7,56E-02	1,17E-01	3,15E-01			5,60E-03	5,21E-01
54	2073	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	2,01E-02	6,87E-02	6,91E-02	1,17E-01	2,76E-01			5,49E-03	4,81E-01
55	2074	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,97E-02	6,83E-02	6,26E-02	1,17E-01	2,36E-01			5,38E-03	4,42E-01
56	2075	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,93E-02	6,79E-02	5,61E-02	1,17E-01	1,97E-01			5,27E-03	4,02E-01
57	2076	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,90E-02	6,75E-02	4,96E-02	1,17E-01	1,57E-01			5,17E-03	3,63E-01
58	2077	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,86E-02	6,71E-02	4,31E-02	1,17E-01	1,18E-01			5,07E-03	3,23E-01
59	2078	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,82E-02	6,67E-02	3,66E-02	1,17E-01	7,87E-02			4,96E-03	2,84E-01
60	2079	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,78E-02	6,64E-02	3,01E-02	1,17E-01	3,94E-02			4,86E-03	2,44E-01
61	2080	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,75E-02	6,60E-02	2,36E-02	1,17E-01	-2,08E-02			4,77E-03	2,05E-01
62	2081	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,71E-02	6,57E-02	1,71E-02	1,17E-01	-3,94E-02			4,67E-03	1,65E-01
63	2082	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,68E-02	6,53E-02	1,06E-02	1,17E-01	-7,87E-02			4,58E-03	1,26E-01
64	2083	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,65E-02	6,50E-02	3,91E-02	1,17E-01	-1,18E-01			4,49E-03	8,65E-02
65	2084	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,61E-02	6,47E-02	3,26E-02	1,17E-01	-1,57E-01			4,40E-03	4,70E-02
66	2085	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,58E-02	6,43E-02	2,61E-02	1,17E-01	-1,97E-01			4,31E-03	7,59E-03
67	2086	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,55E-02	6,40E-02	1,96E-02	1,17E-01	-2,36E-01			4,22E-03	-3,19E-02
68	2087	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,52E-02	6,37E-02	1,31E-02	1,17E-01	-2,76E-01			4,14E-03	-7,13E-02
69	2088	7,40E-02	1,07E-01	1,52E-02		-1,48E-01	1,49E-02	6,34E-02	6,66E-						