



Isokuusen yleissuunnitelman päästöarviointi

22.3.2012

Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd



Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd

Johdanto

Tampereen kaupunki valmisteleo Isokuusen alueen asemakaavaa osana Vuoreksen alueen kokonaisuutta. Tavoitteena on Isokuusen vaiheittainen rakentaminen, jossa yhdistyvät viihtyisyys, ympäristöystävällisyys ja mielekäs liikkuminen. Siirryttäessä yleiskaavasta rakentamisen suunnitteluun ja ohjaukseen, Tampereen kaupunki tarvitsee konkreettisia keinoja, joilla Isokuusesta luodaan tavoitteiden mukainen hiilineutraali ja kestävän kehityksen mukainen asuinalue. Alueen suunnittelu tukee Tampereen ja Vuoreksen energia- ja ilmastotavoitteita ja toimii tulevaisuudessa maanlaajuisena esimerkkinä ekotehokkaille ja vähähiilille puukaupunkialueille.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu Isokuusen alueen energiahuoltoa ja kasvihuonekaasupäästöjä aluerakenteen suhteen. Selvitys on tehty osana Isokuusen yleissuunnitelmatyötä läheisessä yhteistyössä yleissuunnitelman tuottaneen Arkkitehtuuritoimisto B&M:n ja Tampereen Kaukolämpö Oy:n kanssa.

Menetelmät

Isokuusen päästöarviointi on toteutettu liikenteen, energiahuollon ja rakentamisen päästöjen osalta. Liikenteen ja rakentamisen arviointi on tehty Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd:n kehittämän Ecocity Evaluator –ohjelmiston avulla. Energiahuollon arvioinnissa on hyödynnetty Tampereen Kaukolämpö Oy:n tekemää kaukolämmön rajakulutusarviota Isokuusen neljälle eri alueelle (Puukaupunki, Kuusivaara, Harjanne ja Aurinkorinne). Rajakulutusarvion ja arvoidun rakentumisaikataulun pohjalta Isokuusen alueelle on tuotettu energiantuotannon vyöhykemalli. Mallin päästölaskenta perustuu Ecocity Evaluator –ohjelmiston energiahuollon päästölaskentaan.

Rakentaminen

Isokuusen rakennusten energiatehokkuuden on oletettu myötäilevän kulloinkin voimassa olevia rakentamismääräyskokoelman energiatehokkuusvaatimuksia. Energiatehokkuusvaatimukset uudistuvat vuoden 2012 aikana ja todennäköisesti myös vuosina 2015 ja 2020. Alueiden rakentamisaikataululla on siis voimakas vaikutus energiankulutuksen ja päästötason ennusteisiin. Isokuusen alueista Puukaupungin ja Kuusivaaran oletetaan valmistuvan vuosien 2013 ja 2018 välillä (taulukko 1). Näiden alueiden osalta käytetään sekä vuoden 2012 Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisia energiatehokkuusvaatimuksia¹ että arviota vuoden 2015 energiatehokkuusvaatimuksista. Jälkimmäinen perustuu olettamukseen, että energiatehokkuuden vaatimukset kiristyvät noin 20 prosentilla vuosien 2012 ja 2015 välillä. Harjanteen ja Aurinkorinteiden alueiden puolestaan oletetaan valmistuvan vuosien 2015 ja 2020 välillä. Näin ollen Harjanteelle ja Aurinkorinteelle on laskennoissa käytetty vuosien 2015 ja 2020 oletettuja energiatehokkuusvaatimuksia. EU:n energiatehokkuusdirektiivin mukaan vuodesta 2020 uudisrakennusten tulee olla lähes nollaenergiatasoa², ja Suomen rakentamismääräysten energiatehokkuusvaatimusten oletetaan myötäilevän tätä tavoitetta. Perusolettamuksena tämän raportin laskelmissa on, että energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät noin 50 prosentilla vuosien 2012 ja 2020 välillä.

¹ D3 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126231>

² Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta. Saatavilla: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF>

Taulukko 1. Rakennusaikataulun vaikutus rakentamismääräyksiin ja energiamuotoihin

Alue	Rakennusvuosi	Rakentamismääräys	Lämmitysmuoto	Muu energia
"Puukaupunki"	2013 – 2018	2012 tai 2015	Kaukolämpö	Aurinkolämpö / tuulivoima
"Kuusivaara"	2013 – 2018	2012 tai 2015	Sähkö / maalämpö	Aurinkolämpö
"Harjanne"	2015 – 2020	2015 tai 2020	Sähkö / maalämpö	Aurinkosähkö / aurinkolämpö
"Aurinkorinne"	2015 – 2020	2015 tai 2020	Sähkö / maalämpö	Aurinkosähkö / aurinkolämpö

Uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimukset uudistuvat vuonna 2012. Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskennan lisäksi myös netto-ostoenergian tarve ja energiantuotantomuodot sisältyvät energiatehokkuustarkastelun piiriin. Uudessa heinäkuussa 2012 voimaan astuvassa Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 on määritetty primäärienergiankulutuksella painotettu enimmäisraja rakennustyyppin nettoenergiankulutukselle.

Laskennoissa on käytetty viittä mallirakennustyyppiä: erillispientalo, rivitalo, asuinkerrostalo, liikeyrakennus ja opetusrakennus. Näille rakennuksille on ensin laskettu rakennusneliökohtaiset primäärienergiankulutuksen nettoarvot (taulukko 2). Primäärienergiankulutuksesta on tämän jälkeen laskettu rakennustyyppien neliökohtainen energiankulutus oletetuilla lämmöntuottomuodoilla. Lopuksi rakennusmassat on jaoteltu Isokuusen alueelle yleissuunnitelman mukaisesti, jolloin saadaan kokonaisenergiankulutuksen raja-arvot eri osa-alueille.

Taulukko 2. Isokuusen mallitalojen E-luvut. Vertailuna Gaia Oy:n Koukkurannan alueelle laskemia E-lukuja (kWh/m²).

	Koukkuranta		
	2012	Passiivi	Lantti
Erillispientalo	156	58	50
Rivitalo	150	70	50
Asuinkerrostalo	130	71	50
	Isokuusi		
	2012	2015 (-20 %)	2020 (-50 %)
Erillispientalo (220 m ²)	158	126	79
Rivitalo	150	120	75
Asuinkerrostalo	130	104	65
Liikeyrakennus	240	192	120
Opetusrakennus ja päiväkot	170	136	85

Rakennusmateriaalina on puu. Pientaloissa laskennassa on käytetty puukehikkorakennetta. Kerrostalot, liikerakennukset ja opetusrakennukset puolestaan on mallinnettu Stora Enson CLT –massiivielementtien avulla. Rakennusosille on laskettu niiden valmistamisesta ja kuljetuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. CLT-rakenteissa on huomioitu kantavat ulkoseinät, yläpohjat, kantavat huoneistojen väliset väliseinät ja välipohjat. Muiden rakennusosien kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu EcoCity Evaluator -työkalulla.

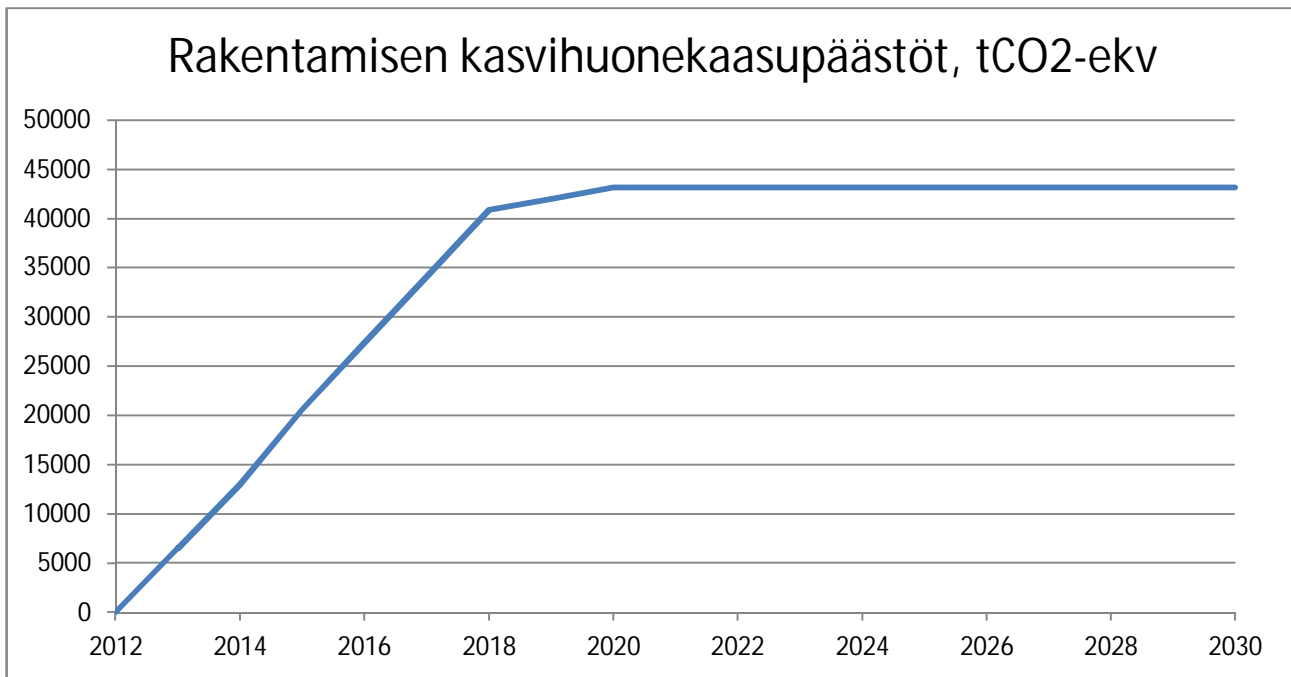
Talon rakennusosien pinta-alojen suhde kerrosalaan riippuu suunnitteluratkaisuista kuten rakennusrungon syvyydestä, huonekorkeudesta, seinälinjan monimuotoisuudesta, kerrosten lukumäärästä sekä rakennuksen käyttötarkoituksesta. Taulukossa 3 on esitetty laskennassa käytettyjen mallirakennusten lähtöarvot rakennusosaneliömetrien ja kerrosneliömetrien suhteena.

Taulukko 3. Mallitalojen ominaisuuksia.

r-osa- m ² /kem ²	Erillispientalot	Rivitalot	Asuin- kerrostalot	Liike- rakennukset	Opetusrakennukset ja päiväkodit
US/A	0,8	0,7	0,6	0,5	1
VS/A	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
YP/A	1	0,5	0,2	0,5	0,5
VP/A	0	0,5	0,8	0,5	0,5
AP/A	1	0,5	0,2	0,5	0,5

Mallirakennusten perusteella on laskettu Isokuusen rakennustuotannosta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Kaikkiaan Isokuusen rakentaminen aiheuttaa 43,1 ktCO₂-ekv bruttopäästöt, kun mukaan luetaan rakennusmateriaalien ja rakentamisen aiheuttamat päästöt. Tulokset on esitetty myös viitteellisen rakentamisaikataulun mukaisella aikajanalla kuvassa 1.

Puurakentamisen osalta on myös huomioitu rakenteisiin sitoutunut hiilidioksidi. Sitoutunutta hiilidioksidia ei ole sellaisenaan vähennetty rakentamisen päästöistä vaan se ilmoitetaan erillisenä lukuna. Jokainen rakennuksen rakennusosissa käytettävä kilo puuta sitoo noin 1,6 kiloa hiilidioksidia. Näin ollen Isokuusen rakennuskantaan on sitoutunut hiilidioksidia kaikkiaan 28,5 kt.



Kuva 1. Isokuusen rakennustuotannon kasvihuonekaasupäästöt, tCO₂-ekv.

Energia

Kun rakennusmassat ja rakennusten energiatehokkuus on määritelty, voidaan laskea alueen arvioitu sähkön ja lämmön tarve. Rakennusten energiankulutus muodostuu tilojen lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmityksestä (LKV) sekä kiinteistö- ja taloussähköstä.

Rakennusten laitesähkön ja lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksena on käytetty talotyyppikohtaisia arvoja (taulukko 4), jotka on laskettu pääasiassa RakMK D3 (2012) pohjalta, kuitenkin sillä erotuksella, että asuinrakennusten lämpimän käyttöveden kulutus on laskettu asukasta kohti ja käyttäen yleisluonnoksen mukaisia talotyyppien keskimääräisiä asukastiheyksiä.

Taulukko 4. Isokuusen rakennusten laitesähkön ja käyttöveden lämmityksen ominaisenergiankulutukset.

	Laitesähkö, kWh/m ²	LKV, kWh/m ²
Erillispientalo	38	17
Rivitalo	44	26
Asuinkerrostalot	47	25
Liikerakennukset	100	4
Opetusrakennus ja päiväkot	49	11

Tilojen lämmitysostoenergian tarve sekä rakennuskohtainen sähkön- ja lämmöntuotanto määräytyvät rakennuksen laitesähkön ja lämpimän käyttöveden tarpeesta siten, että energiatehokkuusmääräysten ja -tavoitteiden mukainen primäärienergian enimmäiskulutus alitetaan.

Lämmönkulutuksen perusteella on laskettu raja-arvot kaukolämmön kannattavuudelle Isokuusen eri alueilla (taulukko 5). Laskenta perustuu Tampereen Kaukolämpöyhtiö Oy:n tekemään rajakysyntäarvioon (kuva 2). Laskentamalli edellyttää, että kaikki alueen rakennukset käyttävät kaukolämpöä. Rajakysynnän herkkyyttä aluetehokkuuden suhteen testattiin kolmella erilaisella rakennemallilla. Yleissuunnitelmassa esitettyyn malliin (VE1) verrattuna tarkasteltiin tiiviimmän keskustan mallia (VE2) sekä hajautetumpaa mallia (VE3). Puukaupungille ei ole asetettu kannattavuusrajaa, koska kaukolämpöyhtiön mukaan Puukaupungin kulutustaso riittää kannattavaan kaukolämmöntuotantoon joka tapauksessa. Kuusivaaran ja Harjanteen osalta kaukolämmön jakelu muodostuu ongelmallisemmaksi. Koska Kuusivaaran oletetaan rakentuvan varsin pian (2013 – 2017), riittäisi oletettujen energiatehokkuusnormien seuraaminen sinänsä kaukolämmön kannattavuuteen. Ongelmana on kuitenkin myöhemmin rakentuva Harjanteen alue, jonka kautta kaukolämpöyhteys rakennettaisiin. Tiukkenevien energiatehokkuusnormien ja Tampereen kaupungin omien energiatehokkuustavoitteiden valossa Harjanteen kysyntä ei välttämättä riitä kaukolämmön kannattavaan jakeluun. Aurinkorinteen kohdalla kaukolämmön jakelu on kannattavuuden rajalla, mutta alueen rakentaminen energiatehokkuuden pilottialueeksi saattaa heikentää tilannetta tulevaisuudessa.

Taulukko 5. Lämmönkulutuksen (tilojen lämmitys ja lämmin käyttövesi) vuosiarvio Isokuusen eri osille (MWh). Vihreällä merkityt arvot ovat kannattavuusrajan yläpuolella, oranssit luvut ovat kannattavuusrajan alapuolella. Kaavamix -vaihtoehdossa on alueen oletetusta valmistumisaikataulusta riippuen laskettu rakennuskantaa eri energiatehokkuusvaatimuksien (2012, 2015 ja 2020) pohjalta. Muissa vaihtoehdoissa on kaikille rakennuksille käytetty samaa energiatehokkuusvaatimusta.

	VE 1				VE 2				VE 3				Kaukolämmön kannattavuusraja (MWh)
	Kaava-mix	2012	2015	2020	Kaava-mix	2012	2015	2020	Kaava-mix	2012	2015	2020	
Puu-kaupunki	17886	19295	13053	6112	16727	17778	11923	6070	13160	14076	9512	4493	-
Kuusivaara	2054	2279	1608	613	747	871	623	230	2115	2374	1672	641	550
Harjanne	1206	2373	1652	672	345	706	505	186	1347	2772	1939	755	950
Aurinkorinne	1137	2339	1640	635	441	900	644	238	1291	2665	1849	733	650

Kaukolämmön kannattavuuden herkkyyttä tarkasteltiin myös Isokuusen eri alueiden rakennusneliöiden suhteen. Taulukossa 6 esitetään minimirakennusalat, joilla kaukolämmön jakelu olisi taloudellisesti kannattavaa. Tarkastelu osoittaa, että Kuusivaaran alueen yleissuunnitelmassa ehdotettu rakentamisala (16000 k-m²) riittäisi kaukolämmölle. Harjanteen alueen rakentamisala (18000 k-m²) riittää vaiheistetun rakentamisen (kaavamix) vaihtoehdossa kaukolämmölle, mutta jää alle minimirajan jos alue rakennetaan vuoden 2020 oletettujen energiatehokkuusnormien mukaan. Samankaltainen tulos saatiin myös Aurinkorinteen alueelle.

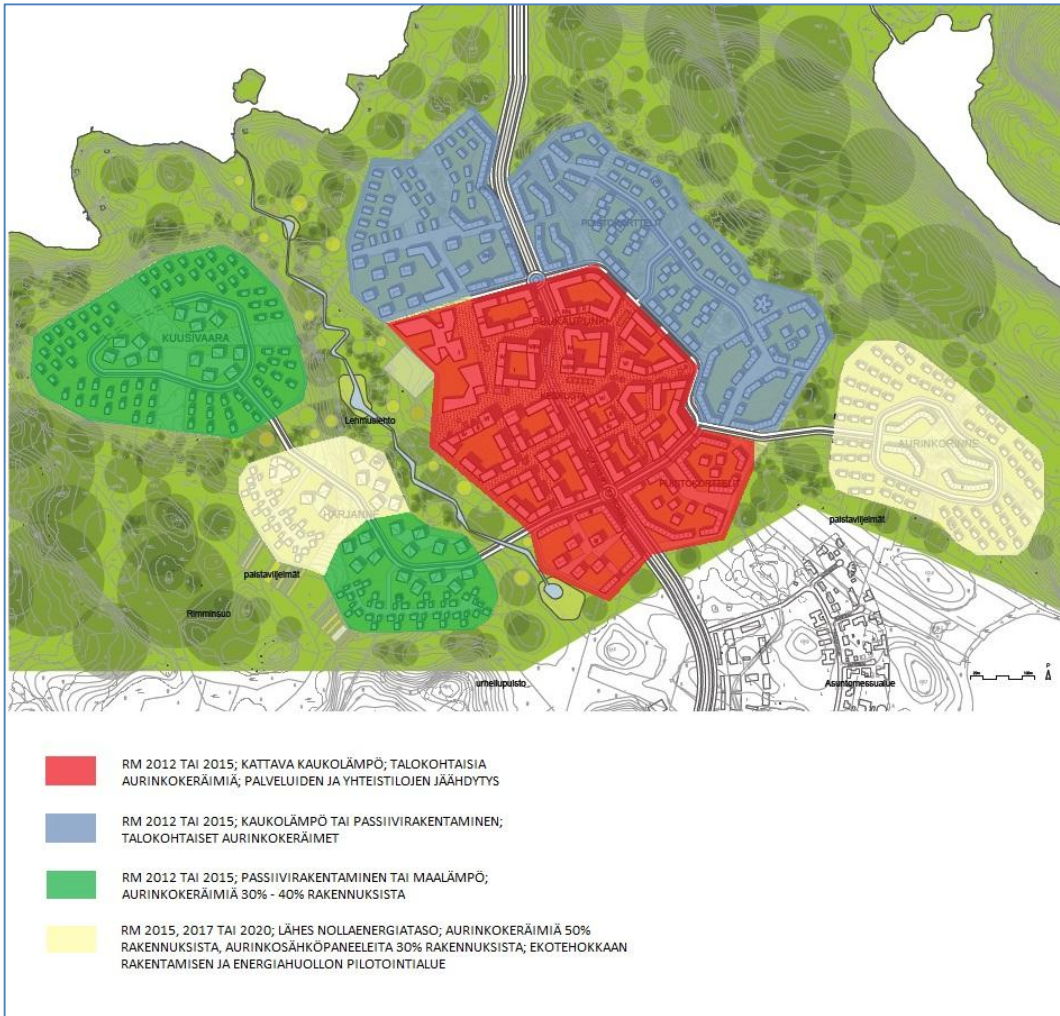


Kuva 2. Kaukolämmön kannattavuusarviointi Isokuusen alueelle. Kuva ja laskennat: Juho Anttila, Tampereen Kaukolämpötyhtiö Oy.

Taulukko 6. Rakentamisan (k-m²) vähimmäismäärät kaukolämmön jakelulle Isokuudessa.

	VE 1				VE 2				VE 3			
	Kaavamix	2012	2015	2020	Kaavamix	2012	2015	2020	Kaavamix	2012	2015	2020
Puukaupunki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuusivaara	5980	3861	5473	14356	6358	3819	5340	14474	6051	3868	5495	14336
Harjanne	16957	7007	10061	24752	17757	6597	9223	25000	17757	6716	9604	24669
Aurinkorinne	12150	4586	6542	16903	12150	4514	6311	17105	12150	4624	6665	16802

Kaukolämmön herkkyytarkastelut antavat pohjan Isokuusen energiakaavalle, jossa on neljä erillistä energiavyöhykettä (kuva 3). Ensimmäisellä vyöhykkeellä Puukaupungin keskusta ja eteläosan puutarhakorttelit tulevat kokonaisuudessaan kaukolämmön piiriin. Toisella vyöhykkeellä Puukaupungin pohjoisosien puutarhakortteleiden energiahuollossa suositellaan yhdistelmää, jossa rakentamisen ehdoksi asetetaan joko passiivirakentaminen tai kaukolämpö. Lisäksi Puukaupungin lounaisrinteiden taloihin ja pohjoisosien puutarhakortteleihin on varattu mahdollisuus aurinkoenergian tuotantoon. Aurinkoenergian mallinnuksessa on oletettu, että Isokuusen ensimmäisten alueiden valmistuessa aurinkosähköjärjestelmien investointikustannukset ovat vielä varsin korkeat. Tästä syystä alkuvaiheen alueille (Puukaupunki, Kuusivaara) on laskennassa mallinnettu aurinkolämmitysjärjestelmiä, jotka pystyvät tuottamaan huomattavan osan alueiden lämmöntarpeesta ekotehokkaasti. Aurinkosähköjärjestelmien taloudellisuuden odotetaan kuitenkin paranevan 2020-luvulle tultaessa, joten Isokuusen myöhemmin rakennettaville osille on mitoitettu laskelmissamme myös aurinkosähköä.



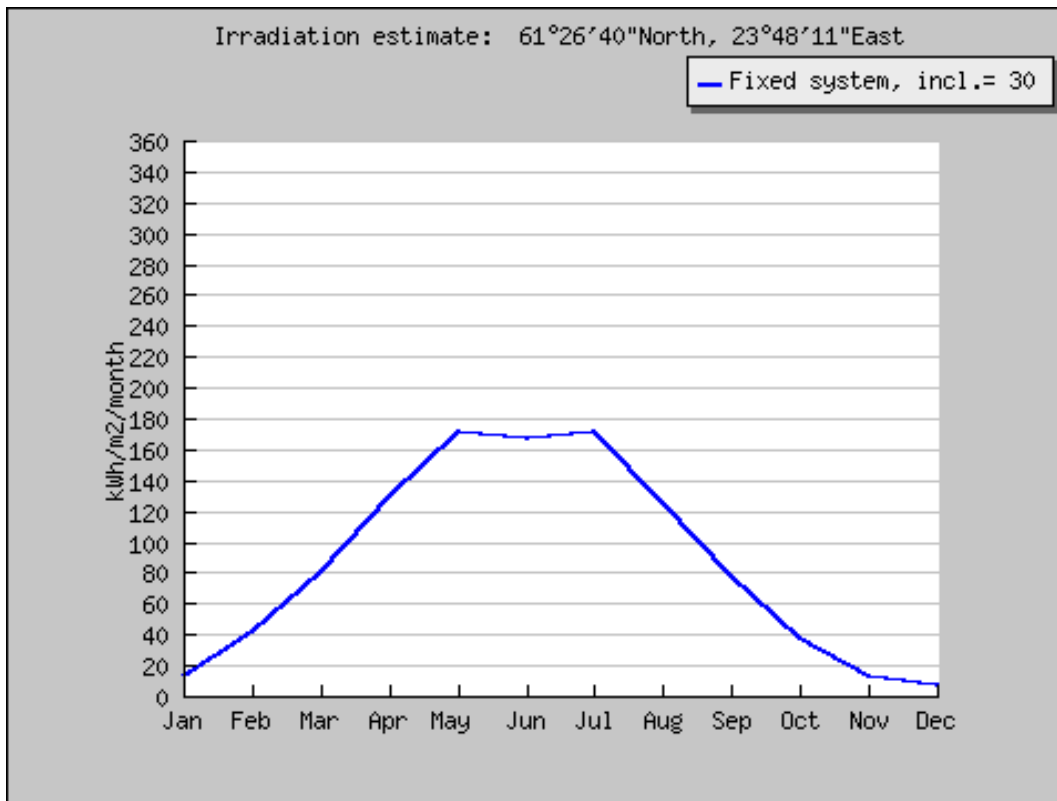
Kuva 3. Isokuseen energiavyöhykkeet.

Kuusivaaran alue ja Harjanteen eteläosa muodostavat kolmannen vyöhykkeen energiakaavassa. Alueelle suositellaan passiivirakentamista tai maalämpöä. Laskennallisesti aurinkokeräimille on arvioitu noin 30 prosenttia rakennusten hyödynnettävissä olevasta kattopinnasta. Kuusivaaran viitetonttikoko yleissuunnitelmassa on noin 1000 m², mikä mahdollistaa vierekkäisten tonttien maalämpökaivojen toisistaan riippumattoman toiminnan.

Neljännän vyöhykkeen energiakaavassa muodostavat viimeiseksi rakentuvat Harjanteen pohjoisosa ja Aurinkorinne. Alueet sisältävät valmistuessaan runsaasti pilottikohteita ekotehokkaan rakentamisen ja energihuollon ratkaisuille. Erityisesti Aurinkorinteeseen on mitoitettu laajamittaista aurinkosähkön ja -lämmön hyödyntämistä: 50 prosenttia rakennusten hyödynnettävissä olevasta kattopinta-alasta on laskettu aurinkolämmön keräämiseen ja 30 prosenttia aurinkosähkön tuottamiseen. Koska rakennukset ovat määritelmällisesti passiivitasoa, saadaan aurinkoenergian hyödyntämisellä tuotettua lähes nollaenergiatasoista rakentamista. Aurinkoenergian määrittely Isokuseen on esitetty tämän raportin liitteessä 1.

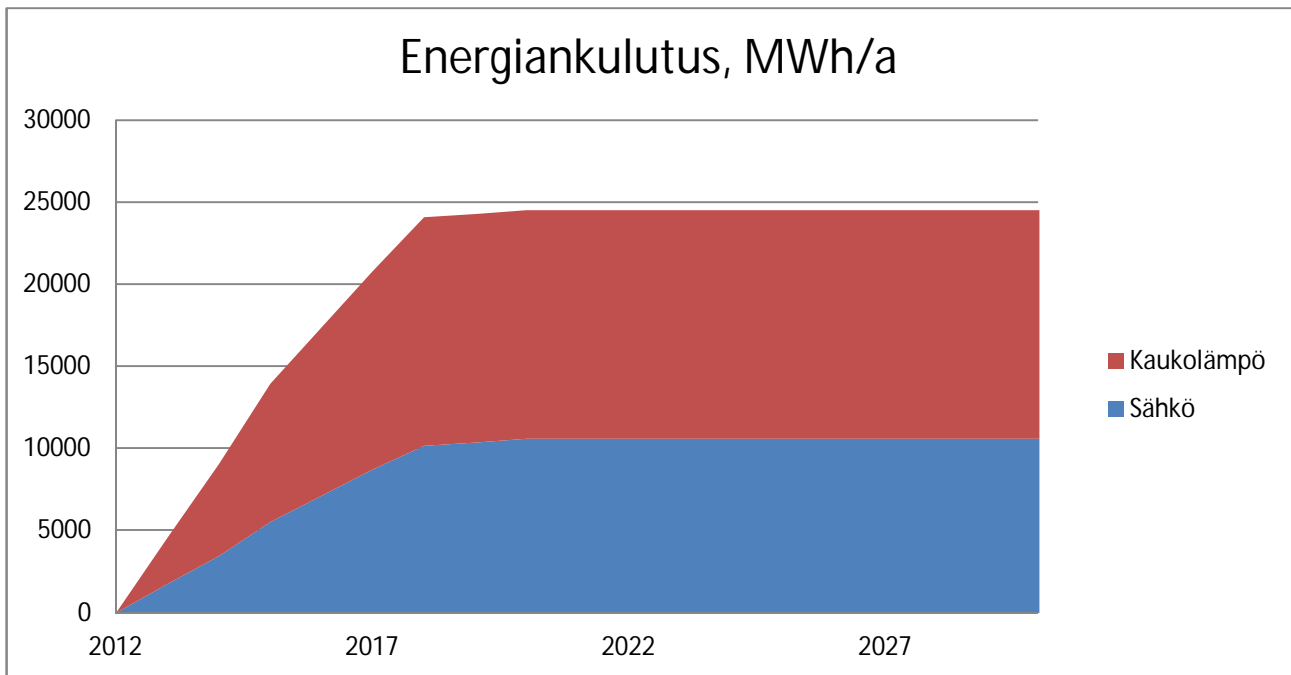
Auringon vuotuinen säteilyenergia Tampereen seudulla on noin 910 kWh/m² vaakapinnalle. Vaakatasoon nähden 30 asteen kulmassa oleva lounaaseen suunnattu kattopinta vastaanottaa energiaa noin 1030

kWh/m² vuodessa (kuva 4). Siten 45 prosentin vuosihyötysuhteella toimiva kattointegroitu aurinkolämpökeräin, jonka keräinpinta-ala on 4 m², riittää kattamaan jo miltei puolet malliomakotitalon vuotuisesta käyttöveden lämmitystarpeesta. Keväisin ja syksyisin on myös mahdollista tuottaa osa tilojen lämmitysenergiatarpeesta aurinkoenergialla. Aurinko- ja maalämmön hybridijärjestelmässä on lisäksi mahdollista varastoida ylijäämälämpöä maahan, jolloin sillä on lämmityskautena maalämmön tehokerrointa korottava vaikutus.



Kuva 4. Lounaaseen suunnatun 30 astetta kallistetun pinnan vastaanottama auringon kuukausittainen säteilyenergia Isokuudessa. Lähde: European Commission. Photovoltaic Geographical Information System.

Kuvassa 5 on esitetty Isokuusen kokonaisenergiatarpeen kehitys. Tässä laskennassa Puukaupungin keskus- ja puistokorttelit ovat kokonaisuudessaan kaukolämmitettyjä. Muilla alueilla lämmönlähteenä on sähkö yhdistettynä uusiutuviin energialähteisiin kuten aurinkoenergiaan tai maalämpöön.



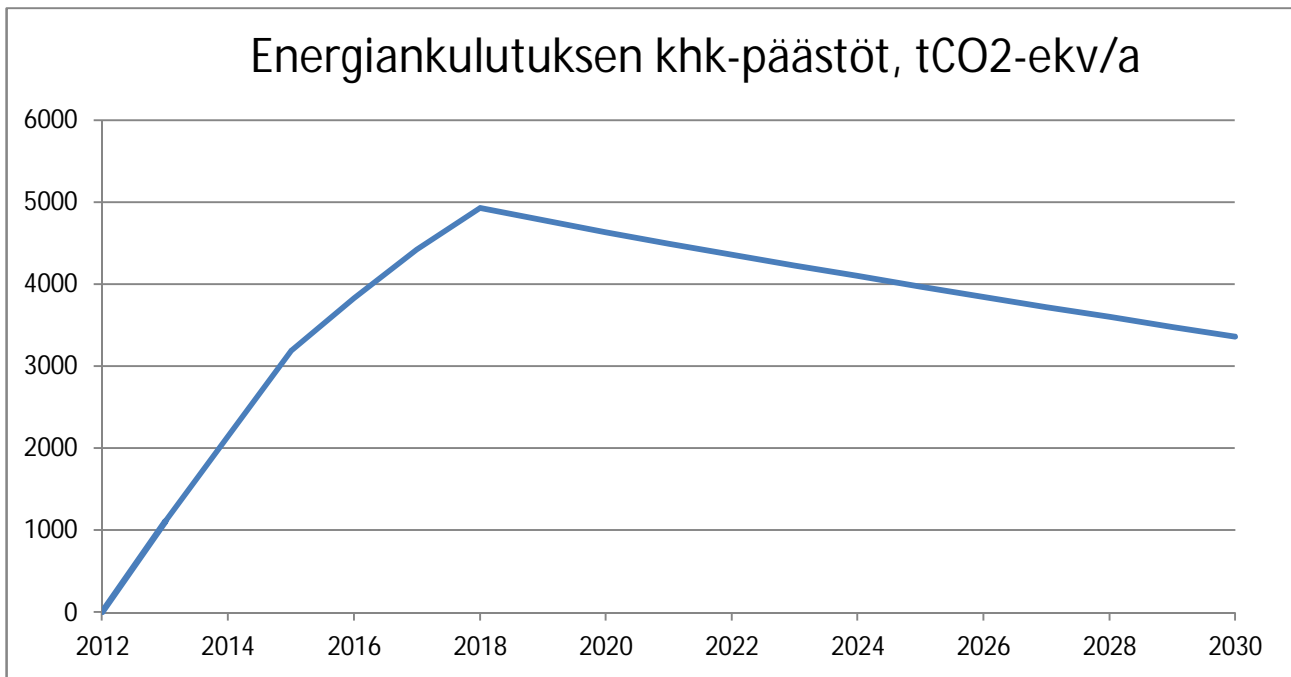
Kuva 3. Vuotuisen energiankulutuksen kehittyminen Isokuudessa.

Uusiutuvan ja hiilineutraalin energiantuotannon osuus Suomen energiapaletista tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Siksi ei ole perusteltua käyttää nykyistä sähkön ja kaukolämmön ominaispäästökertointa tulevaisuutta koskevissa tarkasteluissa. Sähkön ominaispäästökertoimen kehitykselle on laskennassa käytetty Energiateollisuus ry:n laatimaa vuoteen 2050 ulottuvaa visiota hiilineutraalista sähkön ja kaukolämmön tuotannosta³. Visiossa sähköntuotannon ominaispäästökertoimen laskee nykyisestä noin 270 gCO₂/kWh arvoon 135 gCO₂/kWh vuoteen 2030 mennessä.

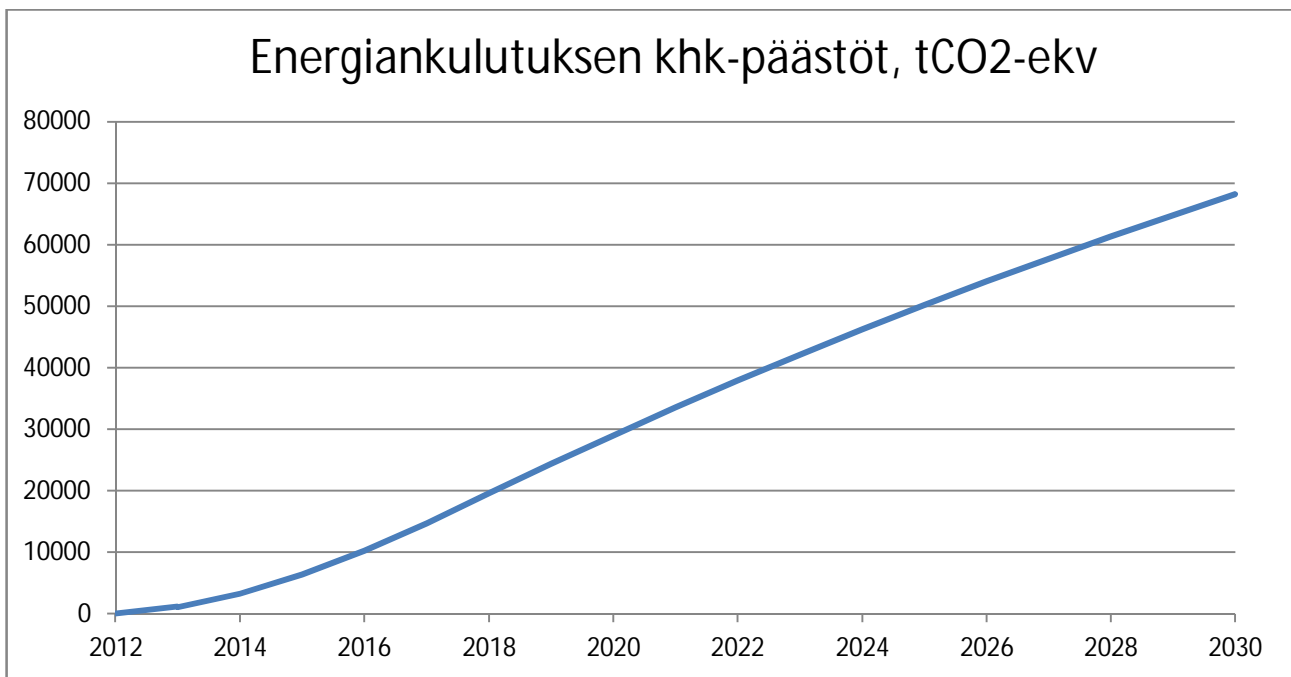
Kattavaa selvitystä Tampereen kaukolämmön ominaispäästökertoimen kehittymisestä ei tämän hankkeen aikana ollut saatavilla. Tarkastelussa on oletettu päästökertoimen laskevan nykyisestä 240 gCO₂/kWh tasosta keskimäärin 3 % vuosivauhdilla. Oletettu vuosivauhti vastaa Energiateollisuus ry:n visiossa esitettyä koko Suomen keskimääräisen kaukolämmöntuotannon päästökertoimen muutosta vuoteen 2030 saakka.

Vuonna 2030 Isokuusen rakennusten energiankulutus aiheuttaa laskennallisesti noin 3360 tCO₂-ekv kokonaispäästön. Energiankulutuksen asukaskohtaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat tällöin noin 0,7 tCO₂-ekv. Vuonna 1990 energiankulutuksen keskimääräinen kasvihuonekaasupäästö asukasta kohti Tampereella oli noin 5 tCO₂-ekv. Ehdotetun mukainen Isokuusen rakenne mahdollistaa siis noin 86% vähennyksen energiankulutuksen asukaskohtaisissa kasvihuonekaasupäästöissä vuosien 1990 ja 2030 välillä. Päästöjen kehitys on esitetty vuotuisina kuvassa 6 ja kumulatiivisina kuvassa 7.

³ Energiateollisuus 2010. Haasteista mahdollisuuksia — sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050. Saatavilla: http://www.visio2050.fi/fileadmin/inpress_demo/user_files/pdf/visio.pdf



Kuva 4. Isokuusen rakennuskannan energiankulutuksesta aiheutuvat vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt.



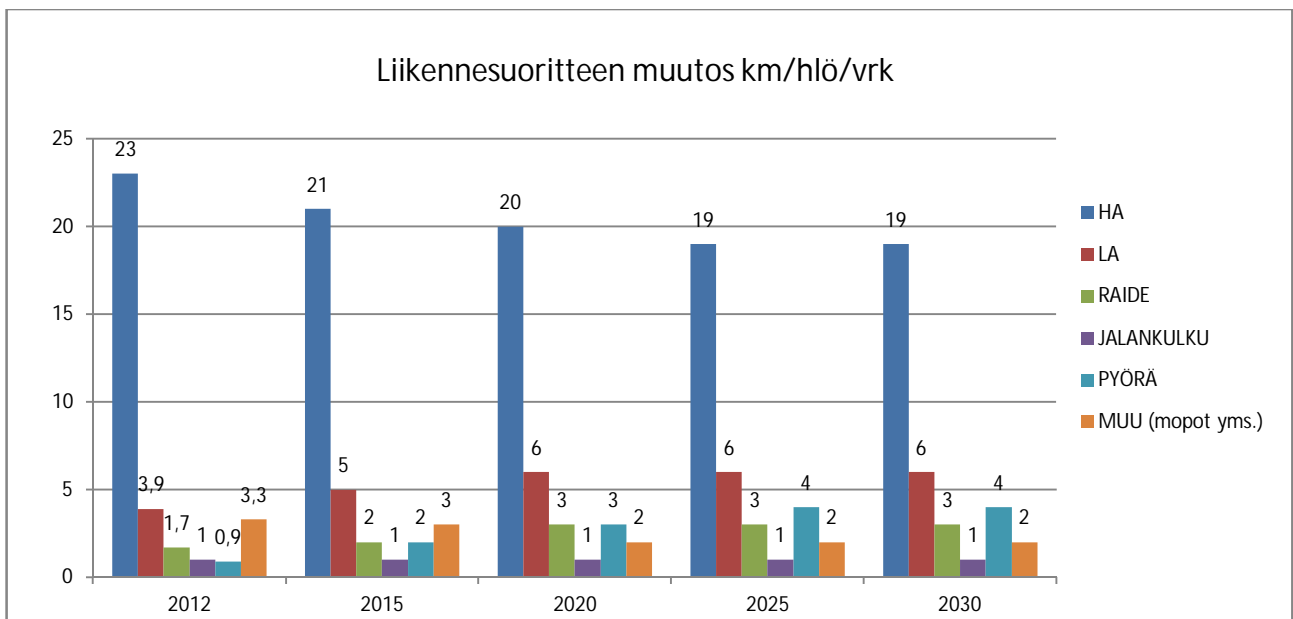
Kuva 5. Isokuusen rakennuskannan energiankulutuksesta aiheutuvat kumulatiiviset kasvihuonekaasupäästöt.

Liikenne

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat henkilöautoliikenteestä ja julkisesta liikenteestä. Päästötaseeseen voidaan vaikuttaa kolmella tavalla: vaikuttamalla liikennesuoritteeseen tai kulkutapajakaumaan, tai kehittämällä vähäpäästöisempiä liikennevälineitä. Isokuusen yleissuunnitelman

arvioinnissa on ensin luotu tulevaisuusnäkyvä kulkutapajakauman muutokselle. Tämän jälkeen tarkastellaan tekniikan kehityksen vaikutuksia liikennevälineiden ominaispäästökertoimien muutokseen. Lopuksi tarkastellaan tilannetta, jossa liikennesuorite ja kulkutapajakauma muuttuvat kun osa Isokuusen alueesta mallinetaan autovyöhykkeeksi joukkoliikennevyöhykkeen sijaan.

Isokuusen liikennepäästöt on laskettu alueelle muuttavien ihmisten arvioidusta matkatuotoksesta. Laskennassa käytetään siis "kuluttaja vastaa" -periaatetta, jossa Isokuudessa vierailijoiden tai alueen läpiajoliikenteen aiheuttamia päästöjä ei huomioida. Liikennesuoritteen ja matkatuotoksen profiili perustuu liikenne- ja viestintäministeriön henkilöliikennetutkimukseen (HLT)⁴ ja ympäristöministeriön julkaisuun "Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa"⁵. Isokuusen alue on lähtökohtaisesti suunniteltu joukkoliikennevyöhykkeeksi, joten alueen liikennesuoritteen mallinnuksessa käytetään luokitusta "Tampereen seudun keskustaajaman joukkoliikennevyöhyke". Näin saadaan lähtötilanne henkilöliikennesuoritteelle vuonna 2012 (kuva 8). Liikennesuoritteen oletetaan muuttuvan tarkastelujaksolla jonkin verran kevyen liikenteen ja julkisen liikenteen hyväksi. Muutos on linjassa Tampereen ilmastostrategian kanssa, jossa julkisen liikenteen osuus on 25 prosenttia kokonaisliikennesuoritteesta vuonna 2030. Kevyen liikenteen osalta pyöräilyn kilometrisuorite on nelinkertainen vuonna 2030 verrattuna vuoteen 2012. Jotta saavutettaisiin ilmastostrategian mukainen 25 prosentin kulkutapaosuus kevyelle liikenteelle, pitäisi jalankulun ja pyöräilyn kilometrisuoritteen viisinkertaistua nykyisestä. Tähän muutokseen tarvittavia muutoksia henkilöautokilometreissä pidettiin epärealistisena Isokuusen sijainnista johtuen.

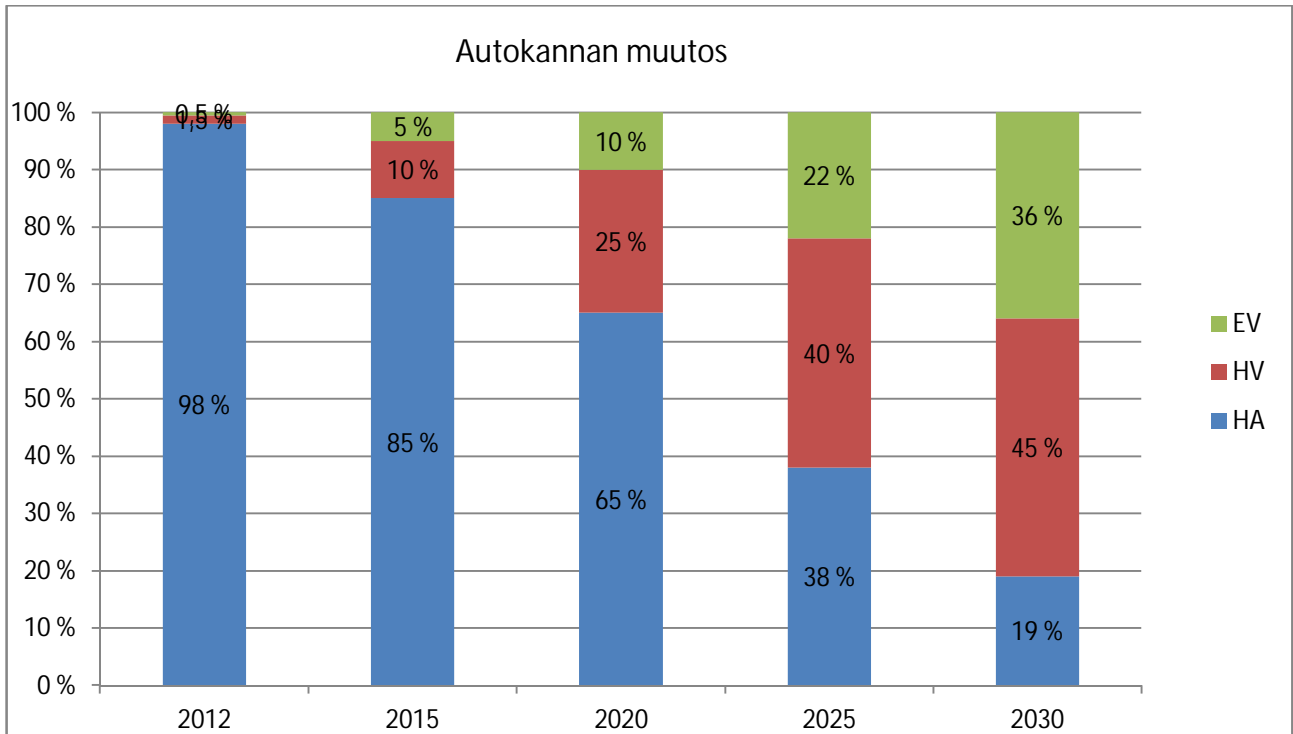


Kuva 8. Isokuusen liikennesuorite vuosina 2012 – 2030. Lyhenteiden selite: HA = henkilöauto, LA = linja-auto.

⁴ Henkilöliikennetutkimus 2004-2005. Liikenne- ja viestintäministeriö 2006. Saatavilla: http://www.hlt.fi/HTL04_loppuraportti.pdf

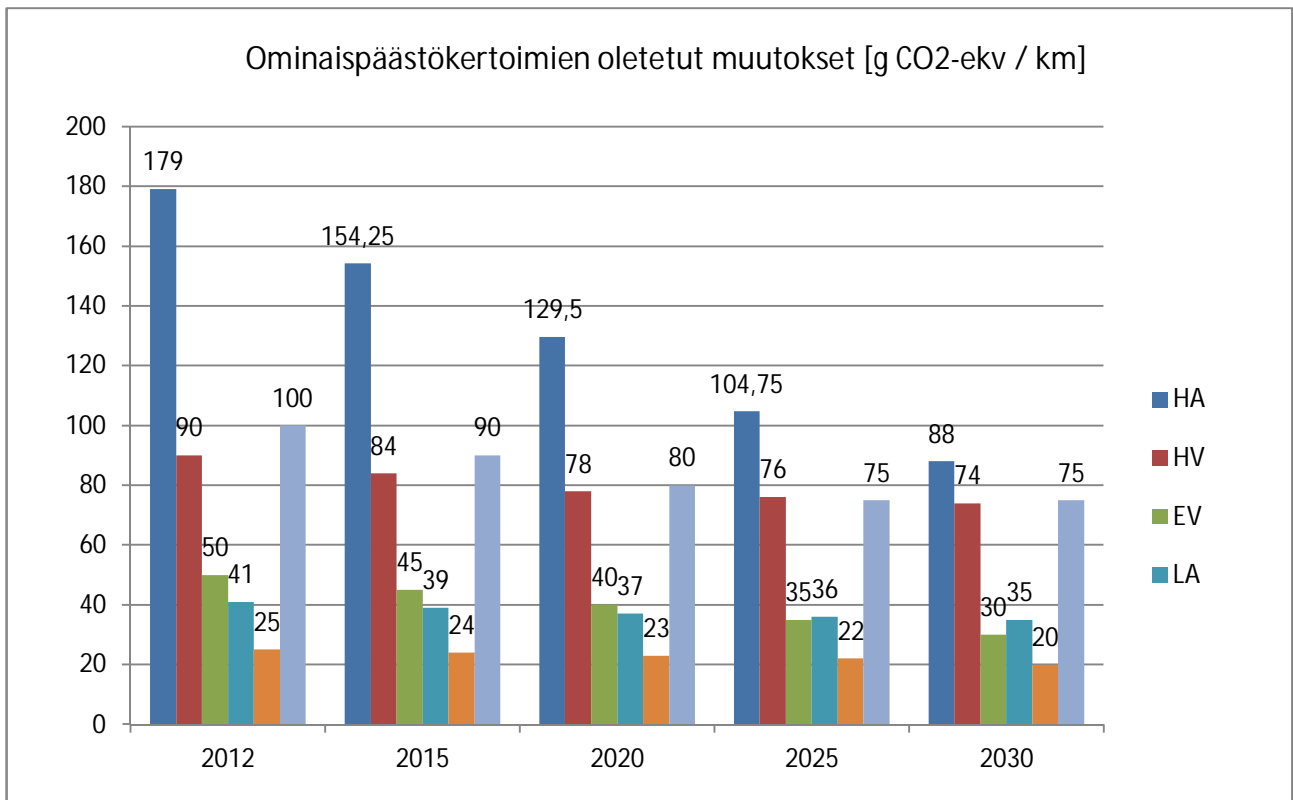
⁵ Kalenoja H, Vihanti K, et. al. (2008): Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa. Suomen ympäristö 27. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=89856>

Ajoneuvokannan muutokset vaikuttavat voimakkaasti liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Kuvassa 9 on esitetty oletettua autokannan muutosta. Vuonna 2030 myös Isokuusen autokannasta suurin osa on hybridejä ja sähköautoja, ja perinteisten diesel- ja bensiinikäyttöisten autojen osuus on pudonnut viidennekseen nykyisestä.



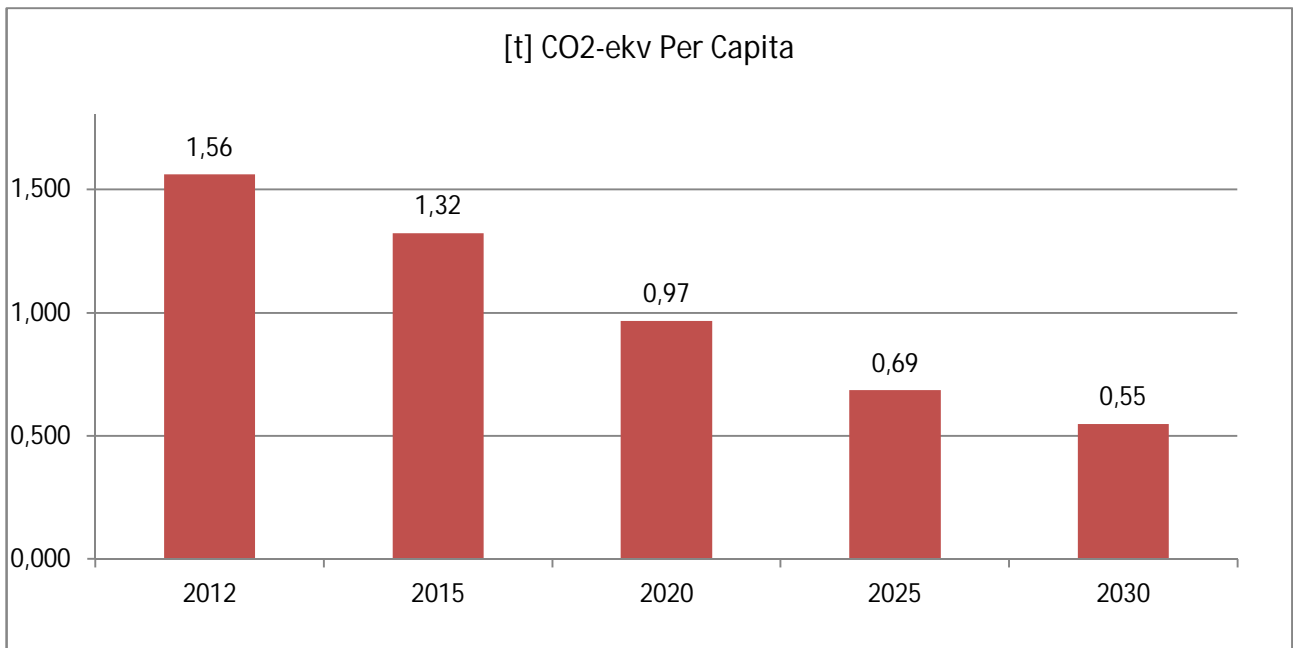
Kuva 9. Autokannan oletettu muutos Isokuusen valmistuessa. Lyhenteet: EV = sähköauto, HV = hybridi, HA = perinteinen diesel- tai bensiinikäyttöinen auto.

Myös liikennevälineiden teknisellä muutoksella on voimakas vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Siinä missä perinteisten polttomoottoriautojen yksikköpäästöt pienenevät moottoritekniikan uudistusten vaikutuksesta, hybridien ja sähköisten kulkuvälineiden päästöt riippuvat sähköntuotannon ominaispäästökertoimen muutoksesta (kuva 10).

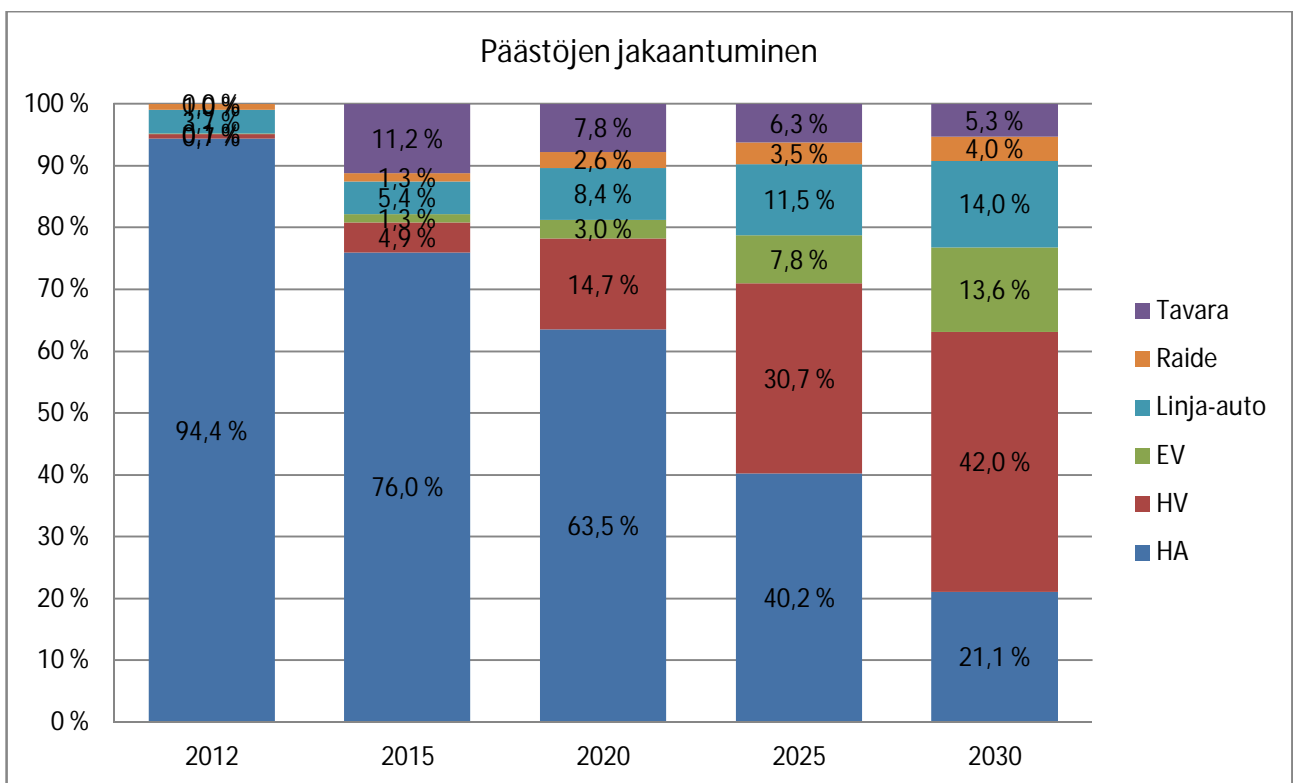


Kuva 10. Ajoneuvotyyppien ominaispäästökertoimien muutoksia. Lyhenteet: HA = perinteinen diesel- tai bensiinikäyttöinen auto, HV = hybridi, EV = sähköauto, LA = linja-auto.

Kun Isokuusen asukkaiden kulkutapajakauma sekä kilometrisuorite yhdistetään kulkuvälineiden ominaispäästökertoimiin, saadaan skenaario alueen päästökemityksestä (kuva 11). Päästötaseessa on huomioitu myös Isokuusen palveluiden aiheuttama tavaraliikenteen vaikutus. Päästöjakauma on esitetty kuvassa 12. Nykytila, vuoden 2012 päästötaso, vastaa hyvin tämänhetkistä keskimääräistä päästötasoa Tampereella. Tulevaisuuden päästövähennykset johtuvat tässä arvioinnissa sekä liikennetekniikan että kulkutapajakauman muutoksista.

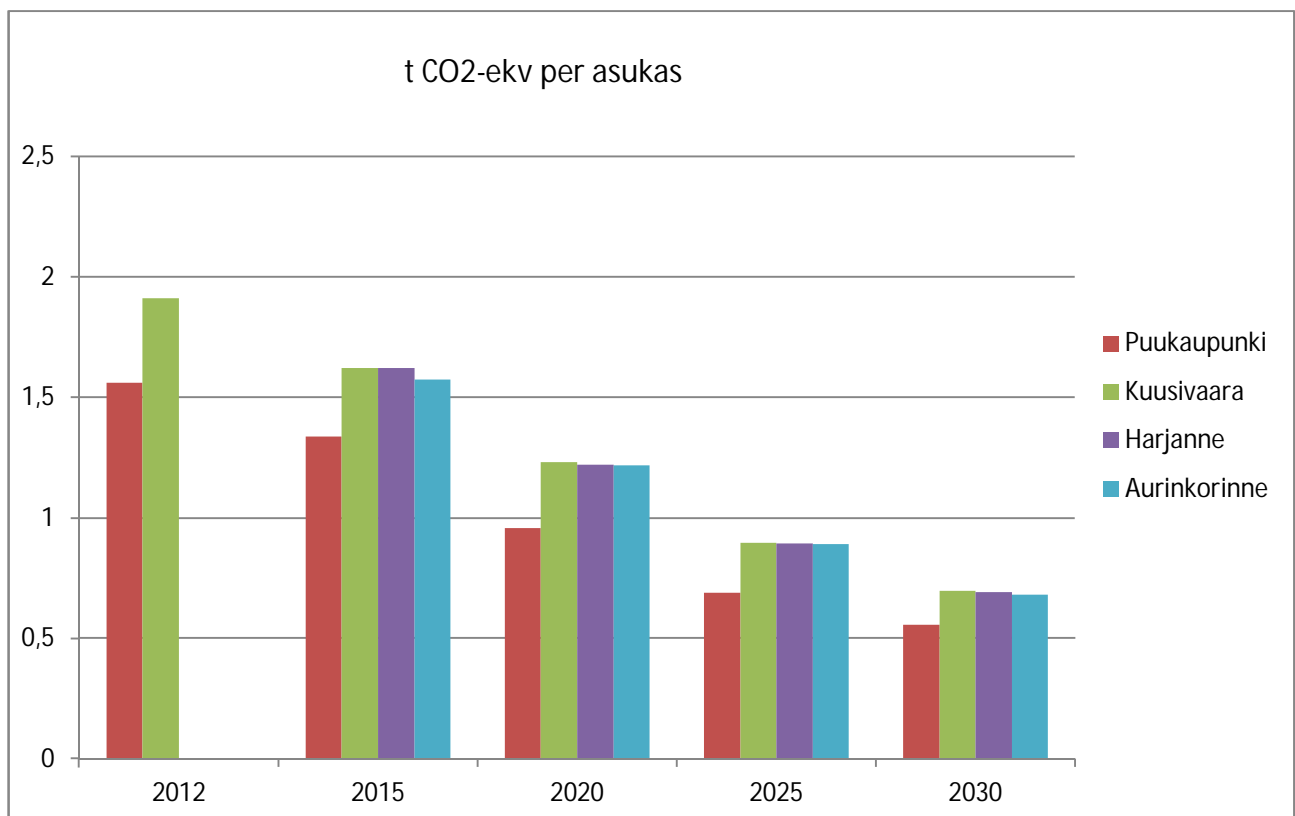


Kuva 11. Isokuusen liikenteen päästökkehitys.



Kuva 12. Isokuusen liikenteen päästöjakauma. Lyhenteet: EV = sähköauto, HV = hybridi, HA = henkilöauto.

Perusarvioinnin jälkeen tarkasteltiin mallin herkkyyttä liikennevyöhykkeen muutoksille. Isokuusi määriteltiin peruslähtökohdiltaan joukkoliikennealueeksi. Herkkyystarkastelussa ainoastaan Puukaupunki ja Puutarhakorttelit ovat joukkoliikennealuetta. Kuusivaara, Harjanne ja Aurinkorinne puolestaan mallinnettiin autovyöhykkeeseen kuuluviksi. Vaihtoehto on mahdollinen, koska suuri osa Isokuusen reuna-alueista jää julkisen liikenteen vaikutusalueen (500m pysäkistä) ulkopuolelle. Samalla herkkyystarkastelu antaa paremman mahdollisuuden osa-aluekohtaisten liikennepäästöjen tarkasteluun (kuva 13).



Kuva 13. Liikenteen arvioidut päästöt Isokuusen eri alueilla.

Kun Isokuusen kolme reuna-aluetta mallinnetaan autovyöhykkeiksi, tuottavat ne laskennallisesti noin 20 prosenttia korkeammat asukaskohtaiset liikenteen kasvihuonekaasupäästöt Puukaupunkiin verrattuna. Koska Puukaupunkiin kuitenkin keskittyy suurin osa Isokuusen asukasmäärästä, kokonaispäästövaikutus putoaa noin 6 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä (taulukko 7). Herkkyystarkastelu kuitenkin osoittaa, että joukkoliikennevyöhykkeen ja autovyöhykkeen päästöerot kasvavat merkittäviksi jos riittävää joukkoliikenteen palvelutasoa ei voida taata. Perustilanteen arvio edellyttääkin hyvää joukkoliikenteen palvelutasoa, jossa Puukaupungista pääsee sujuvasti liikkumaan Tampereelle ilman oman auton käyttöä.

Vuonna 2030 Isokuusen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat laskennallisesti noin 2580 tCO₂-ekv, hieman vähemmän kuin asumisen ja palveluiden energiankulutuksen aiheuttamat päästöt. Asukaskohtaiset päästöt vuonna ovat noin 0,55 tCO₂-ekv jos koko alue lasketaan joukkoliikennevyöhykkeeksi, ja noin 0,58 tCO₂-ekv jos vain Puukaupunki lasketaan

joukkoliikennevyöhykkeeksi. Verrattuna vuoden 1990 liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin Tampereella (1,55 tCO₂-ekv), on Isokuudessa mahdollista päästä noin 65% päästövähennyksiin vuoteen 2030 mennessä.

Taulukko 7. Vyöhykemallin herkkyytarkastelu nettopäästötasolla

		Kokonaispäästöt, t CO ₂ -ekv				
		2012	2015	2020	2025	2030
Puukaupunki	jl-vyöhyke	117	1470	2396	2208	2102
Kuusivaara	autovyöhyke	2	162	215	224	206
Harjanne	autovyöhyke	4	162	244	246	247
Aurinkorinne	autovyöhyke	2	8	122	178	179
SUM		125	1803	2978	2857	2734
Ero yhden vyöhykkeen malliin		6 %	12 %	29 %	16 %	6 %
Isokuusi, lähtötilanne	jl-vyöhyke	117	1588	2129	2401	2578

Johtopäätökset

Isokuudella on yleissuunnitelman perusteella hyvät mahdollisuudet tulla lähes hiilineutraaliksi kaupunginosaksi. Yhdistetty energiahuollon ja rakentamisen energiatehokkuuden sekä vaihteisuuden tarkastelu mahdollistaa sekä energiankulutuksen minimoinnin että ohjaamisen vähäpäästöisempien energiamuotojen suuntaan. Joustavan ja monipuolisen energiarakenteen saavuttamiseksi on Isokuuden alue yleissuunnitelmassa jaoteltu energiahuollon vyöhykkeisiin. Keskustan Puukaupungissa tilat lämmitetään kaukolämmöllä, mutta myös aurinkolämpökeräimiä hyödynnetään runsaasti. Puukaupungin pohjoispuolen puutarhakorttelit valmistunevat myöhemmin ja ne voivat liittyä joko kaukolämmön piiriin tai vaihtoehtoisesti talot voidaan rakentaa passiivitasoisina. Kuusivaaran alueelle suositellaan maalämpöä tai passiivirakentamista, ja Puukaupunkia runsaampaa aurinkolämmön ja -sähkön käyttöä. Harjanteen eteläosa seuraa samaa energiakaavaa kuin Kuusivaara, mutta sen myöhemmin rakentuvassa pohjoisosassa on mahdollisuus toteuttaa jo lähes nollaenergiarakentamista. Samoin myöhemmin rakentuvalla Aurinkorinteen alueella rakentajia kannustetaan passiivitasoiseen rakentamiseen ja runsaaseen aurinkoenergian käyttöön. Näillä toimenpiteillä Isokuusi voi saavuttaa yli 80 prosentin asukaskohtaiset päästövähennykset energiankulutuksen suhteen verrattuna vuoteen 1990.

Liikenteen osalta Isokuuden kohdalla on tehty voimakkaita oletuksia kulkutapajakauman suhteen. Tampereen kaupungin tavoite kevyen liikenteen suoritteiden nostamisesta 25 prosenttiin saattaa Isokuuden kohdalla osoittautua hyvin vaikeaksi. Joukkoliikenteen suhteen sama 25 prosentin tavoite edellyttää riittävän hyvää palvelutasoa niin bussi- kuin raideliikenteellekin. Isokuuden reuna-alueet saattavat jäädä

joukkoliikennevyöhykkeen ulkopuolelle, mutta suhteellisen pienestä asukasmäärästä johtuen tällä ei ole päästöjen kannalta suurta merkitystä. Autopainotteinen liikkuminen saattaa kuitenkin korostua lisääntyneenä läpiajoliikenteenä Harjanteen alueella ja Isokuusen keskusväylällä.

Tässä raportissa kuvattu kokonaislaskenta on suuntaa-antava. Sen tarkoituksena on ollut tukea ekotehokkaan yleissuunnitelman valmistelua ja alustavaa asemakaavoitustyötä. Jotta Isokuusen energiatehokkuus- ja kasvihuonepäästötavoitteet toteutuisivat, tulisi esimerkiksi aurinkoenergian käytön reunaehdot selvittää tarkemmin asemakaavoituksen yhteydessä. Kuusivaaran, Harjanteen ja Aurinkorinteen osalta tarvitaan myös tekninen selvitys maalämmön soveltuvuudesta ja mahdollisista kapasiteettirajoituksista. Lopuksi, tämän raportin ulkopuolelle jää energiahuollon uusien liiketoimintamallien selvittäminen. Vuoreksen putkikeräysjärjestelmää toteuttavan Vuoreksen palveluyhtiön kaltaisia ratkaisuja tulisi etsiä myös uusien energijärjestelmien (aurinko, tuuli, maalämpö) hallinnointiin kaupunkirakenteessa, jotta kohtuullisilla investointikustannuksilla saataisiin puhtaampaa energiaa alueen kaikkien asukkaiden käyttöön.

Liite 1. Aurinkoenergian laskennallinen tuotanto Isokuusen alueella

	Kattoala, m ²	Käytettävä kattoala:	Ilman- suunta:	Kallistus:	Aurinkolämpö, penetraatio	PV, penetraatio	Aurinkolämpö, vuosihyötysuhde	PV, vuosi- hyötysuhde
Keskusta (ilman terasseja):	34350	20 %	SE-SW- 50	30 deg	5 %	0 %	45 %	10 %
Puistokorttelit:	45830	20 %	SW	30 deg	15 %	0 %	45 %	10 %
Kuusivaara:	12330	20 %	SW	30 deg	30 %	10 %	45 %	10 %
Harjanne:	11390	20 %	SE-SE- 25-S-50	30 deg	40 %	20 %	45 %	10 %
Aurinkorinne:	11240	25 %	SW	30 deg	50 %	30 %	45 %	10 %

	G, kWh/m ² ,a	Qaur, MWh/a	Paur, MWh/a	k-m ²	Q, kWh/k-m ²	P, kWh/k- m ²
Keskusta (ilman terasseja):	1030	159	0	93000	2	0
Puistokorttelit:	1030	637	0	76000	8	0
Kuusivaara:	1030	343	25	16 000	21	2
Harjanne:	1055	433	48	18 000	24	3
Aurinkorinne:	1030	651	87	14 000	47	6