

LOHJAN PALONIEMEN ENERGIA- JA EKOTEHOKKUUSTARKASTELU



02.01.2014

Raportti

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	1
2 TARKASTELUALUEEN NYKYTILANNE	1
3 PALONIEMEN OSAYLEISKAAVA	2
4 ENERGIATARKASTELU	3
4.1 Alueen energiankulutus.....	3
4.2 Energiaratkaisujen vaihtoehdot	5
4.2.1 Kaukolämpö	6
4.2.2 Maa- tai järvilämpö	7
4.2.3 Bioenergia	10
4.2.4 Aurinkoenergia.....	10
4.2.5 Tuulivoima	11
4.3 Ehdotettavat energiajärjestelmät	13
5 EKOTEHOKKUUSTARKASTELU	15
5.1 Laskentaperusteiden kuvaus	15
5.2 Tulokset	21
6 YHTEENVETO	22
7 LÄHTEET	23

Lohjan Paloniemen energia- ja ekotehokkuustarkastelu

RAPORTTI

1 JOHDANTO

Lohjan Paloniemen alueen energia- ja ekotehokkuustarkastelussa kartoitetaan alueen energiantarve sekä alueelliset energiantuotantomahdollisuudet Tarkastelussa keskitytään erityisesti uusiutuvien ja vähähiilisten energiamuotojen hyödyntämispotentiaaliin. Alueelle ehdotettavien energiajärjestelmien laatimisessa ovat päänäkökohtina monipuolisuus sekä alueellisten erityispiirteiden huomioiminen.

Ekotehokkuustarkastelussa lasketaan alueelle kasvihuonekaasupäästöt aikavälille 2015–2050 rakentamisen, energiankulutuksen, liikenteen, jätehuollon ja infrastruktuurin sektoreissa. Ilmastovaikutusten arviointiin on käytetty Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd:n kehittämää Ecocity Evaluator –laskentaohjelmistoa.

2 TARKASTELUALUEEN NYKYTILANNE

Paloniemen alue sijaitsee Lohjanjärven Karstuntien väliin jäävällä kaistaleella noin 3–4 kilometrin päässä Lohjan keskustasta luoteeseen. Alueen maasto on polveilevaa, paikoin kallioista pelto- ja metsämaisemaa. Alueella on nykyisin noin kaksi sataa asukasta.

Alueella on jonkin verran olemassa olevia rakennuksia. Näistä erikseen mainittavia ovat ainakin Paloniemen sairaala sekä kartano oheisrakennuksineen. Karstuntien varrella on Paloniementien risteyksessä lähikauppa, asuinkerrostalo ja pientaloja. Edellä mainittujen lisäksi on alueella vielä maatilarakennuksia, omakotitaloja ja loma-asuntoja. Suuri osa nykyisestä rakennuskannasta on rakennettu 1950- ja 1960-luvuilla tai aikaisemmin. Alue ei ole Lohjan Energihuolto Oy Loherin kaukolämpöverkon piirissä. Useimmissa rakennuksissa on joko sähkö- tai öljylämmitys.

3 PALONIEMEN OSAYLEISKAAVA

Paloniemen osayleiskaava on vireillä. Rakentamisen myötä alueen väkiluku kasvaa nykyisestä noin kahdesta sadasta hieman alle kolmeen tuhanteen asukkaaseen. Kuvassa 1 on esitetty havainnekuva AJAK-arkkitehtien osayleiskaavaehdotuksesta.



KUVA 1. HAVAINNEKUVA PALONIEMEN ALUEEN OSAYLEISKAVALUONNOKSESTA (AJAK-ARKKITEHDIT).

Alueen rakentamisaikataulusta ei vielä ole mahdollista ennustaa. Tässä energia- ja ekotehokkuustarkastelussa on käytetty EPECC:n laatimaa viitteellistä rakentamisaikataulua, joka ei perustu Lohjan kaupungin tai AJAK-arkkitehtien arvioihin.

Osayleiskaavaehdotuksen mukaiset alueelle rakennettavien asuinrakennusten kerrosalat sekä niiden jakautuminen osa-alueille ja rakennustyyppeihin on esitetty kuvassa 2, jossa käytettyyn osa-aluenumerointiin tarkastelussa vastedes viitataan. Tarkasteluun laaditussa rakentamisaikataulussa alueen rakentaminen tapahtuu neljässä viiden vuoden jaksossa 2015–2035. Rakentaminen alkaa kuvassa esitetyillä alueilla 5 ja 6. Seuraavassa vaiheessa

rakennetaan alueet 2, 4 ja 7. Kolmannessa vaiheessa rakennetaan alueet 3, 8 ja 11, ja neljännessä vaiheessa alueet 1, 9 ja 10.



Talotyyppi	kem alue 1	kem alue 2	kem alue 3	kem alue 4	kem alue 5	kem alue 6	kem alue 7	kem alue 8	kem alue 9	kem alue 10	kem alue 11
Omakotitalo	3 888	1 944	1 944	4 281	3 600	0	2 376	5 076	2 700	0	4 247
Rivitalo	0	0	0	3 460	0	0	972	2 916	3 564	2 268	0
Kerrostalo	0	8 152	0	14 897	33 016	7 292	16 800	6 240	0	0	3 818

KUVA 2. PALONIEMEN ALUEEN OSA-ALUEET JA RAKENTAMISEN MITOITUS (AJAK-ARKKITEHDIT).

4 ENERGIATARKASTELU

4.1 Alueen energiankulutus

Alueen energiankulutuksen arvioimiseksi tarvitaan alueelle rakennettavien rakennusten ominaisenergiankulutukset rakennustyypeittäin. Rakennukset käyttävät energiaa tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitykseen, kiinteistö- ja huoneistosähkönkulutukseen sekä mahdolliseen jäähdytykseen.

Rakennusten ominaisenergiankulutus riippuu niiden energiatehokkuudesta. Energiatehokkuusmääräysten kehittämisestä Suomessa lähitulevaisuudessa ei ole

täsmällistä tietoa. Uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimukset ovat uudistuneet viimeksi vuonna 2012, josta lähtien rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskennan lisäksi myös netto-ostoenergian tarve ja energiantuotantomuodot sisältyvät energiatehokkuustarkastelun piiriin. Heinäkuussa 2012 voimaan astuneessa Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 on määritetty primäärienergiankulutuksella painotettu enimmäisraja rakennustyyppin nettoenergian ominaiskulutukselle lämmitettyä nettoneliötä kohti eli ns. E-luku. E-luku -vaatimus tulee säilymään myös jatkossa osana rakentamisen energiatehokkuusvaatimuksia.

EU:n energiatehokkuusdirektiivin mukaan vuoden 2021 alkaen kaikkien uudisrakennusten tulee olla lähes nollaenergiatasoa. Suomi on käytännössä sitoutunut noudattamaan EU:n asettamia tavoitteita.

Alueelle rakennettavien rakennusten ominaisenergiankulutukset on koottu taulukkoon 1. Kaikissa talotyypeissä on oletettu lämmitetyn nettoalan kattavan 90 % kerrosalasta. Omakotitalojen keskimääräisenä kerrosalana on käytetty 160 k-m².

TAULUKKO 1. TILOJEN JA ILMANVAIHDON, KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYKSEN SEKÄ LAITESÄHKÖN OMINAISKULUTUKSET ERI RAKENNUSTYYPEISSÄ JA ERI ENERGIATEHOKKUUSTASOILLA.

Tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys, kWh/k-m²	C-energialuokka (RMK 2012)	B-energialuokka	A-energialuokka
Omakotitalo	68	50	18
Rivitalo	59	41	18
Kerrostalo	50	27	14
Käyttöveden lämmitys, kWh/k-m²	C-energialuokka (RMK 2012)	B-energialuokka	A-energialuokka
Omakotitalo	27	27	21
Rivitalo	32	32	21
Kerrostalo	32	32	21
Laitesähkö, kWh/k-m²	C-energialuokka (RMK 2012)	B-energialuokka	A-energialuokka
Omakotitalo	28	28	23
Rivitalo	27	27	23
Kerrostalo	35	28	25

Laskelmissa on oletettu, että ensimmäisessä rakennusvaiheessa valmistuvat rakennukset noudattavat tällä hetkellä voimassa olevia määräyksiä. Nykyisten energiatehokkuusmääräysten mukaan rakennettaville rakennuksille käytetyt

hyötyenergian ominaiskulutukset on määritetty siten, että ne vastaavat Suomen rakentamismääräyskokoelman osien D3 (2012)¹ ja D5 (2012)² laskentaohjeita. Esitetyillä ominaiskulutuksilla rakennukset myös toteuttavat nykyisiin rakentamismääräyksiin sisältyvän E-lukuvaatimuksen, mikäli pääasiallisena lämmitysmuotona on esimerkiksi kaukolämpö.

Toisessa vaiheessa rakennettavat rakennukset ovat jonkin verran energiatehokkaampia kuin ensimmäisen vaiheen rakennukset. Laskennassa käytetyt hyötyenergian ominaiskulutukset ovat sellaiset, että mikäli rakennusten päälämmitysmuoto olisi kaukolämpö, ne olisivat uuden energiatodistusasetuksen³ mukaista B-energialuokkaa.

Kolmannessa ja neljännessä vaiheessa toteutettavien rakennusten hyötyenergian ominaiskulutukset ovat sellaisia, että mikäli rakennusten päälämmitysmuoto olisi kaukolämpö, ne olisivat uuden energiatodistusasetuksen mukaista A-energialuokkaa, jonka voidaan ajatella vastaavan lähes nollaenergiatalon mukaista määritelmää.

Edellä esitetyn pohjalta on määritetty arvio lämpöenergian ja ostosähkön tarpeesta kullakin osa-alueella. Lukuarvot on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. LÄMMÖNTARVE OSA-ALUEITTAIN.

Osa-alue	Lämmönkulutus, MWh/a	Laitesähkönkulutus, MWh/a
1	152	91
2	626	282
3	76	45
4	1 448	628
5	3 014	1 259
6	591	256
7	1 235	561
8	527	342
9	244	143
10	88	51
11	297	196
Yhteensä	8 298	3 855

4.2 Energiaratkaisujen vaihtoehdot

4.2.1 Kaukolämpö

Paikallinen kaukolämpöyhtiö on Lohjan kaupungin omistama Lohjan Energiahuolto Oy Loher. Oman tuotannon lisäksi Loher hankkii lämpöä paikallisilta lämpöyrittäjiltä ja teollisuudelta. Siten Loherin lämmönhankinnan polttoainejakaumakin on verraten monipuolinen: Se kattaa esimerkiksi bioenergiaa, teollisuuden jätelämpöä, mutta myös fossiilisia polttoaineita kuten hiiltä, maakaasua ja öljyä.

Tällä hetkellä Loherin kaukolämpöverkko ulottuu pohjoisimmillaan Roution alueelle, jonne verkostoa on vastikään jatkettu Tytyrin alueelta. Kaukolämpöverkon jatkaminen Routiolta suunnittelualueen rajalle vaatisi kaukolämpöverkon jatkamista Karstuntien suunnassa länteen noin 0,9 kilometriä.

Kaukolämpöverkon rakentamisessa voidaan taloudellisen kannattavuuden alustavana nyrkkisääntönä pitää vähintään 1 MWh/m,a lineaarista energiatiheyttä⁴. Eli jokaista rakennettavaa runko- ja jakeluverkon linjametriä kohti tulisi liitettävällä alueella olla vähintään 1 MWh vuotuinen lämmönkulutus.

Kaukolämpöverkon pituutena kullakin osa-alueella on käytetty arviota osa-alueen tieverkon pituudesta. Arviossa on oletettu, että kaukolämmön ollessa rakennettavissa, osa-alueen asuinkerrostaloista 100 %, rivitaloista 90 % ja omakotitaloista 75 % liittyy kaukolämpöön. Taulukossa 3 on esitetty arvioitu kaukolämpöverkon pituus ja vuotuinen kaukolämpöenergiankulutus kullakin osa-alueella, mikäli kaukolämpöverkko alueelle rakennettaisiin. Osa-alueen 7 tieverkon pituudessa on huomioitu koko Paloniemen alueen Lohjan kaukolämpöverkkoon yhdistävän putken rakentaminen.

TAULUKKO 3. KAUKOLÄMMÖNKULUTUS, TIEVERKON PITUUS JA LINEAARINEN ENERGIATIHEYYS ERI OSA-ALUEILLA.

Alue	Lämmönkulutus, MWh/a	Tieverkon pituus, km	Energiatiheys, MWh/m,a
1	114	0,81	0,14
2	588	1,42	0,41
3	57	0,28	0,20
4	1341	0,8	1,68
5	2929	1,4	2,09
6	591	0,5	1,18
7	1182	1,78	0,66
8	466	1,05	0,44
9	204	1,08	0,19

10	80	0,36	0,22
11	256	0,7	0,37
Yhteensä	7 808	10,2	0,77

Taulukossa esitetyistä tiedoista voidaan laskea lineaariset energiatiheddet eri osa-alueiden yhdistelmille. Taulukosta voidaan todeta, että jos kaikki osa-alueet liitettäisiin kaukolämpöön, tulisi lineaariseksi energiatihedeksi 0,77 MWh/m², eli kaukolämpöverkon rakentaminen näin laajaksi ei mitä todennäköisimmin olisi kaukolämpöliiketoiminnan näkökulmasta kannattavaa. Taulukon tiedoista voidaan määrittää, että suurin lämmönmyynti siten, että kannattavuusraja 1 MWh/m² ylitetään, saadaan yhdistämällä alueet 2, 4, 5, 6, 7 ja 8. Lisäksi on hyvinkin mahdollista, että alueella nykyisin sijaitsevat kohteet kuten sairaalan ja kartanon rakennukset sekä kauppa ja sitä ympäröivät asuinrakennukset liittyvät kaukolämpöön sen ollessa mahdollista.

4.2.2 Maa- tai järvilämpö

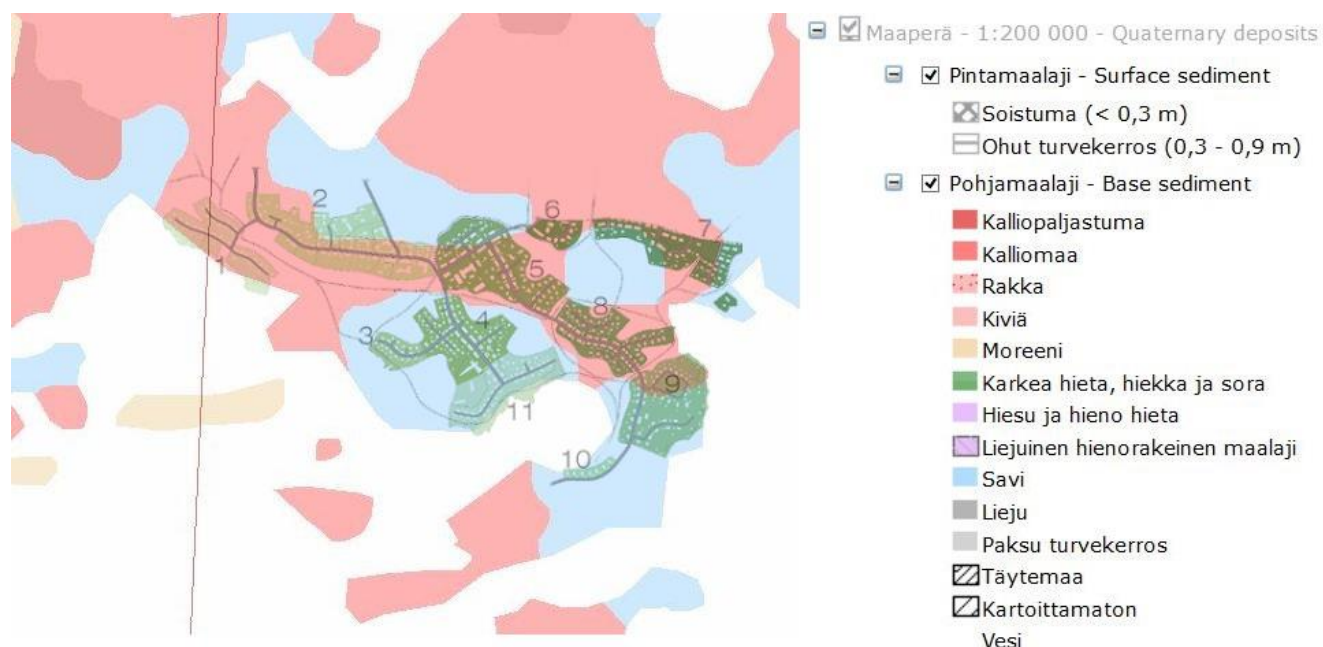
Maa- tai kallioperään tai vesistöön varastoinutta matala-arvoista energiaa voidaan kerätä lämmönsiirtimellä, ja korottamalla sen exergiatasoa lämpöpumpulla, voidaan tätä energiaa hyödyntää rakennusten tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksessä. Lämpökerroin eli COP (*Coefficient of Performance*) kertoo kuinka suuri lämpöpumpun tuottama teho on suhteessa kompressorin tarvitsemaan sähkötehoon. Laskelmissa lämpöpumpuille on oletettu keskimääräinen tehokerroin COP = 3,0. Tällöin 2/3 pumpun tuottamasta lämmöstä on peräisin lämmönlähteen ilmaisenergiasta ja loppu 1/3 lämpöpumpun sähkönkäytöstä.

Maalämpö

Maalämpöä voidaan kerätä pysty- tai vaakakeräysputkistolla. Suomen maaperä- ja ilmasto-olosuhteissa on tavallisinta asentaa lämmönkeruupiiri pystysuoraan lämpökaivoon. Yli viidentoista metrin syvyydessä maaperän lämpötila on käytännössä vakio – noin +4,5 °C – riippumatta vuodenaikojen ja ulkolämpötilan muutoksista.

Kuvassa 3 on tarkastelualueen havainnekuvaan liitetty Geologian tutkimuskeskuksen 1:200 000 kartta tarkastelualueen maaperästä⁵. Kartan perusteella alueen pohjamaa on savea ja kalliota. Tarkastelun tarkkuustaso on karkea, mutta maalämmön kannalta otollisinta kalliomaata löytyy osa-alueilta 1–2 ja 5–9. Lämpökaivon rakentaminen

savimaahan ei sekään ole täysin mahdotonta, mutta lämpökaivon asennus saattaa olla vaikea toteuttaa, ja lämmönsaantikaan ei ole yhtä hyvä kuin kalliomaassa. Savimaastossa kannattavinta saattaa olla lämmönsiirtimien sijoittaminen vaakasuoraan kaivantoihin routarajan alapuolelle. Pystysuoraan lämpökaivoon verrattuna vaakaputkisto on investoinniltaan edullisempi, mutta se vaatii enemmän tonttitilaa ja maaperän lämpötila seuraa hieman lähemmin ilman lämpötilaa, jolloin lämpöpumpun lämpökerroin on talvella myös pienempi.



KUVA 3. TARKASTELU ALUEEN MAAPERÄ (GTK).

Järvilämpö

Vesistöihin varastoitunutta lämpöä voidaan myös hyödyntää rakennusten lämmityksessä. Suurten vesistöjen pohjassa lämpötila on veden ominaistiheyden lämpötilariippuvuudesta johtuen ympäri vuoden noin +4 °C. Kuten maalämpöjärjestelmissä, tätä matala-arvoista energiaa voidaan kerätä keräinpiirillä ja hyödyntää lämpöpumpulla rakennusten tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksessä. Isojen vesimassojen suuri lämpökapasiteetti ja lämpöliike mahdollistavan sen, että lämpövarasto on energiajärjestelmän mitoituksen näkökulmasta käytännöllisesti katsoen ehtymätön.

Järvilämmössä putkimetriä kohti vuodessa saatava energia on samaa luokkaa kuin lämpökaivoillakin. Erona maalämpöön on se, että lämmönkeruupiiriä varten ei tarvitse porata lämpökaivoa, vaan keruuputket ankkuroidaan vesistön pohjaan.

Järvilämpöä hyödynnetään Lohjalla Kisakallion urheilupuiston alueella, missä suurin osa urheilupuiston vuotuisesta lämmöntarpeesta ja koko jäähdytystarve katetaan Lohjanjärven pohjaan asennetuilla lämmönkeruuputkilla⁶.

Paloniemen alueella järvilämmön hyödyntämistä saattaa rajoittaa vesistön suhteellinen mataluus kohtuullisen etäisyyden päässä rannasta. Järvilämmön kannalta olisi toivottavaa, että vesistön syvyys olisi yli kolme metriä, ja että tämä tavoitteellinen vähimmäissyvyys saavutettaisiin jo lähellä rantaa⁷. Kuvassa 4 on esitetty vesistön syvyyskäyrästä tarkastelualueen ympäristössä. Yli kolmen metrin syvyys saavutetaan vain osa-alueen 9 viereisellä Ristiselän vesialueella alle sadan metrin päässä suunnittelualueen rannasta.



KUVA 4. LOHJANJÄRVEN SYVYYS TARKASTELUALUEEN LÄHEISYYDESSÄ⁸.

Matalassa vesistössä ongelmaksi muodostuu lämmönkeruuputkien rikkoutuminen järven jäätyessä talvisin. On toki mahdollista kaivaa keruuputkisto järven pohjan ja routarajan alle; tämän toteutettavuus riippuu luonnollisesti järven pohjasta. Tällöin kuitenkin

kustannushyöty suhteessa maalämpökaivoihin kuitenkin menetetään nopeasti. Järvilämpö voi olla toteutettavissa osa-alueen 9 lisäksi osa-alueilla 1, 3 ja 11.

4.2.3 Bioenergia

Bioenergia on biomassapohjaisesta polttoaineen palamisesta syntyvää energiaa. Bioenergiaa voidaan tehdä esimerkiksi puubiomassasta tai kierrätyspolttoaineista kuten maa- tai metsätalouden tähteistä. Polttoaineen lajille ja jalostusarvolle löytyy lukuisia vaihtoehtoja.

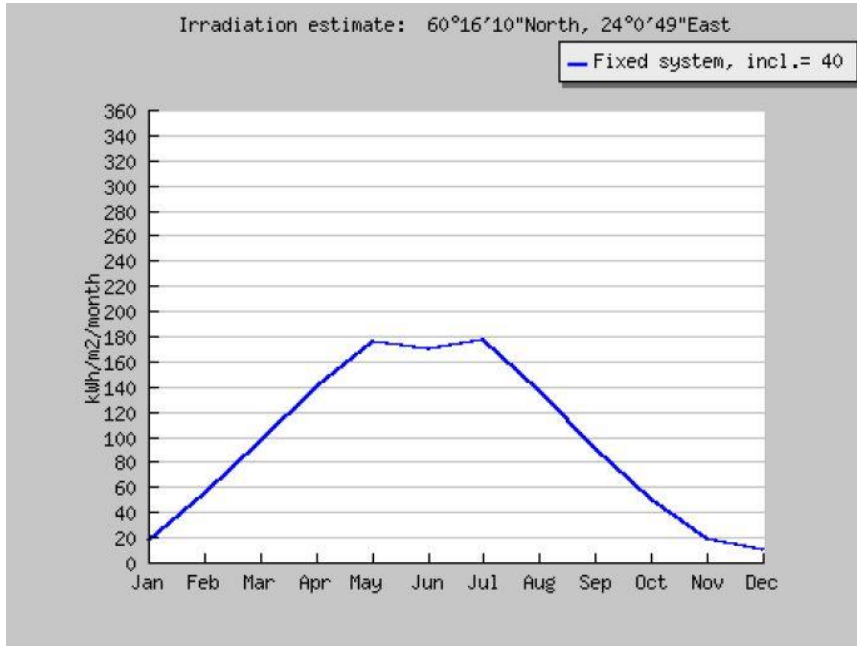
Bioenergiaa voidaan hyödyntää laajaskaalaisesti niin rakennuskohtaisena lämmitysmuotona kuin kortteli- tai aluelämmitysratkaisunakin. Bioenergiaa voidaan hyödyntää paikallisesti myös pienimuotoisessa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa (CHP, *Combined Heat and Power*).

Tarkastelualue ei aseta rajoituksia bioenergian hyödyntämiselle. Tarkastelualueen ja ympäröivän seudun maa- ja metsätaloustoiminnan huomioiden on mahdollista, että biomassapohjaisen polttoaineen suhteen voidaan olla paikallisesti omavaraisia.

4.2.4 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voidaan aktiivisesti hyödyntää aurinkolämpökeräinten avulla lämmityksessä tai aurinkosähköpaneelien avulla sähköntuotannossa. Aurinkosähköllä jalostusarvo on korkeampi kuin aurinkolämmöllä, mutta toisaalta aurinkolämpökeräinten hyötysuhteet ovat moninkertaisia aurinkopaneelien vastaaviin verrattuna.

Eteläisessä Suomessa tuotannon kannalta optimaalisinta on suunnata paneeli tai keräin suoraan etelään edullisimman kallistuskulman ollessa n. 40 astetta vaakatasosta. Kuvassa 5 on arvio optimaalisesti suunnatun pinnan kuukausittain vastaanottamasta aurinkoenergiasta tarkastelualueella. Paneelit tai keräimet on tapana asentaa rakennusten katoille, mutta myös rakennusten julkisivuja tai erillisiä rakenteita on mahdollista hyödyntää.



KUVA 5. AURINGON KUUKAUSITTAINEN KOKONAISÄTEILYENERGIA NELIÖTÄ KOHTI 40 ASTEEN KULMASSA ETELÄÄN SUUNNATULLE PINNALLE TARKASTELUALUEEN OLOSUHTEISSA.⁹

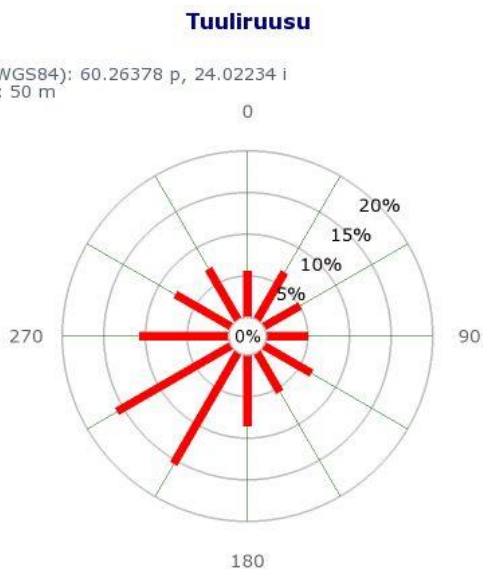
Aurinkokeräimet soveltuvat Suomessa yleisimmin käyttöveden lämmitykseen kesällä ja osin välivuodenaikoina. Keräimet ovat tavallisesti tasokeräimiä tai tyhjiöputkikeräimiä. Aurinkokeräimen hyötysuhde riippuu muun muassa keräimessä kiertävän nesteen ja ulkoilman välisestä lämpötilaerosta. Tyhjiöputkikeräinten etuna on niiden tasokeräimiä parempi hyötysuhde suurilla lämpötilaeroilla. Keräimien vuosihyötysuhteet ovat tavallisesti noin 30...50 % luokkaa. Keräinpinta-alaltaan 1 m² tyhjiöputkikeräin tuottaa 40 asteen kulmaan asennettuna noin 400 kWh/m² vuodessa.

Auringon säteilyenergiasta voidaan tuottaa suoraan sähköä aurinkokennoilla. Kaupallisten aurinkokennojen hyötysuhteet vaihtelevat teknologiasta riippuen yleensä 7...15 % välillä. Aurinkokennojen yleistymistä ovat pitkään jarruttaneet kennojen kustannukset. Aurinkokennon suurin kustannustekijä on investointi, sillä käyttökustannukset ovat käytännössä olemattomat. Aurinkosähkömarkkinan sekä tuotantosarjojen kasvaessa ja kilpailun lisääntyessä aurinkokennojen hinnat ovat pienentyneet nopeasti. Aurinkokennomoduulien yksikkökustannukset ovatkin kuluneiden kymmenen vuoden aikana pudonneet alle puoleen.

4.2.5 Tuulivoima

Alueella sijaitsevan ja alueelle tulevan asutuksen vuoksi suurikokoista tuulivoimalaa ei alueelle voi sijoittaa. Pientuulivoimaa voidaan kuitenkin hyödyntää paikallisesti. Pientuulivoimalla tarkoitetaan tässä pienimuotoista urbaaniin ympäristöön soveltuvaa yksikkökooltaan alle 50 kW tuulivoimalan sähköntuotantoa. Lähellä maanpintaa tuulienergian hyödyntämispotentiaali on yleensä sangen heikko: rakennukset, puut ja muut maastoesteet hidastavat tuulta ja aiheuttavat turbulenttisia pyörteitä heikentäen tuulivoimalan tuotantoa vielä useiden kymmenien metrien korkeudella maanpinnasta. Vaaka- tai pysty akselisten tuuliturbiinien sijoittaminen mahdollisimman aukeille paikoille tai rakennusten katoille on kuitenkin mahdollista.

Suomen Tuuliatlaksen¹⁰ perusteella keskituulennopeus alueella 50 metrin korkeudessa on keskimäärin noin 5,3 m/s, mitä voidaan sisämaassa pitää mainitulla korkeudella sangen hyvänä arvona. Tuuliruusun (kuva 6) perusteella tuulen pääilmansuunta on lounaasta eli Lohjanjärven selältä.



KUVA 6. TARKASTELUALUEEN TUULIRUUSU ELI TUULEN SUHTEELLISET OSUUDET ERI SUUNNISTA VUODEN AIKANA.

Pysty akselisten tuuliturbiinien kuten Savonius-roottorien (Kuva 7) etu suhteessa vaaka- akselisiin tuuliturbiineihin on se, että ne kykenevät vastaanottamaan tuulta mistä suunnasta tahansa ja niiden tuotanto ei siten häiriinny tuulensuunnan hetkellisistä muutoksista. Toisaalta pysty akselisten tuuliturbiinien siipihyötysuhde on huonompi kuin

kilpailevien vaaka-akselisten suunnitteluratkaisujen. Esimerkiksi erään pienen mitoitusteholtaan 1 kW pystyakselisen tuulivoimalan sähkön vuosituotanto tarkastelualueen keskituulennopeudella olisi noin 600 kWh, kun tuulennopeuden todennäköisyys oletetusti noudattaa Weibull-jakaumaa ($k = 2,0$).



KUVA 7. SAVONIUS-ROOTTORIN RAKENNUKSEN KATOLLA.¹¹

4.3 Ehdotettavat energiajärjestelmät

Luvussa 4.2 esitettyjen energiaratkaisujen vaihtoehtojen perusteella on alueelle laadittu energiamuotojen saatavuus ehdotus alueen energiajärjestelmäksi.

Alustavan tarkastelun perusteella, kaukolämpö olisi pääasiallinen lämmitysmuoto osa-alueiden 2, 4, 5, 6, 7 ja 8 asuinkerrostaloissa. Tällöin myös suurin osa-alueilla olevista erillispientaloista ja rivitaloista todennäköisesti liittyy kaukolämpöön.

Maalämpöä voidaan periaatteessa hyödyntää lähes kaikkialla suunnittelualueella. Parhaiten maalämpö soveltuu kuitenkin alueilla 1–2 ja 5–9, joissa järjestelmä voidaan toteuttaa suurimmaksi osaksi pystysuuntaisin lämpökaivoin. Muilla alueilla kiinteistökohtainen maalämpöratkaisu on toteutettavissa vaakaputkijärjestelmin, mikäli tonttiala on riittävä.

Järvilämmön toteutettavuudesta ei voida varmuudella sanoa, sillä tarkastelualueen rannoilla Lohjanjärvi syvenee loivasti. Tällöin lämmönkeruuputkea täytyy kaivaa järven pohjaan riittävän, vähintään noin 3 metrin syvyyden saavuttamiseksi. Toimenpiteen

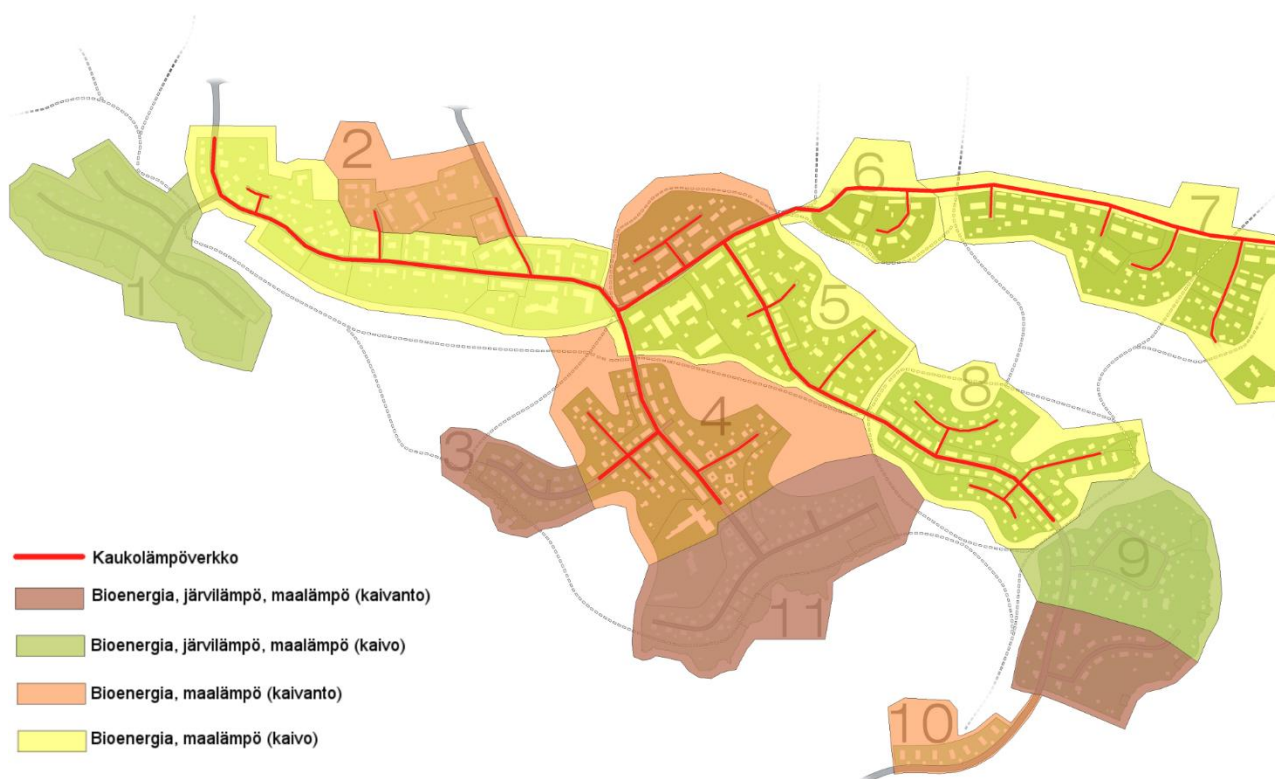
tekniinen toteutettavuus ja taloudellinen kannattavuus vaativat todennäköisesti erillistarkastelun. Todennäköisesti järvilämpöä voidaan hyödyntää osa-alueella 9. Myös osa-alueilla 1, 3 ja 11 järvilämmön hyödyntäminen saattaa olla kannattavaa, mikäli lämmönkeruuputkien kaivaminen routarajan alle järven pohjaa pitkin osoittautuu kannattavaksi.

Bioenergiaa voidaan hyödyntää kaikkialla suunnittelualueella. Tiheillä pientalovaltaisilla paikoilla kuten osa-alueilla 3, 10 tai 11 voidaan toteuttaa kortteli- tai pienaluekohtainen lämpökeskus tai jopa pien-CHP-laitos. Muualla alueella pelletti- tai hakekattilat vastaavat yksittäisten rakennusten lämmityksestä.

Johtuen aurinkoenergian saatavuuden ja toisaalta suurimman energiankulutuksen sijoittumisesta vastakkaisiin vuodenaikoihin, ei aurinkoenergialla yksin voida kattaa rakennuksen vuotuista energiankulutusta. Tuulennopeuden satunnaisten vaihtelujen vuoksi sama rajoitus koskee myös tuulivoimaa, vaikka tuulivoiman keskimääräinen kuukausittainen tuotantoprofiili vastaakin paremmin sähkön kuukausikulutusta. Sekä aurinkoenergia että tuulivoima voivat kuitenkin toimia täydentävinä ratkaisuin, joilla alueen energiaomavaraisuutta lisätään ja hiilidioksidipäästöjä vähennetään.

Aurinkoenergiaa ja tuulivoimaa voidaan hyödyntää kaikkialla tarkastelualueella. Pientuulivoiman kannalta parhaita sijainteja ovat esteettömät ja ympäröivää maastoa korkeammat paikat. Pieniä pystyakselisia tuuliturbiineja voi sijoittaa myös kerrostalojen katoille. Aurinkosähkölle ja aurinkolämmölle otollisimpia sijainteja ovat rakennusten varjostamattomat etelän suuntaiset katot.

Havainnollistus luvussa selostetusta eri energiamuotojen sijoittumisesta alueelle on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. PALONIEMEN ENERGIATARKASTELUN ENERGIAVAIHTOEHTOJEN SJOITTUMINEN.

5 EKOTEHOKKUUSTARKASTELU

5.1 Laskentaperusteiden kuvaus

Rakentaminen

Rakentamisen kasvihuonekaasupäästöissä on otettu huomioon rakennusmateriaalien tuotannon, rakentamisvaiheen ja kunnossapidon kasvihuonekaasupäästöt talotyyppikohtaisesti oletetulla 50 vuoden elinkaarella. Rakentamisen päästöt on arvioitu EcoCity Evaluator –laskentaohjelmalla, jonka rakennusosien päästötiedot perustuvat RTS-ympäristöselosteisiin. Rakentamisvaiheen päästöihin lukeutuvat rakennusmateriaalien ja –osien tuotannossa sekä työmaalla syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Alueen rakentamisaikatauluna on käytetty luvussa 3 esitettyä arviota.

Yhdyskuntatekniikka

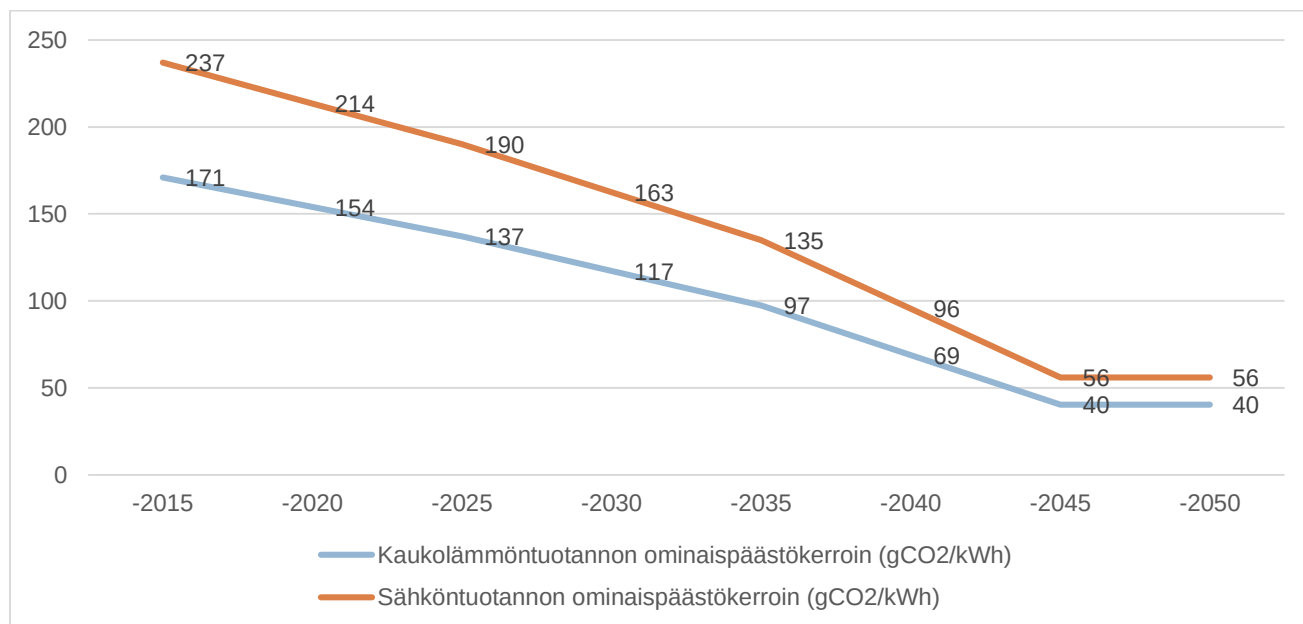
Yhdyskuntatekniikan kasvihuonekaasupäästöjen laskenta käsittää teiden, vesi- ja viemäriverkon sekä kaukolämpöverkon rakentamisen ja kunnossapidon. Yhdyskuntatekniikan rakentamisen päästöjen laskennassa on oletettu, että alueen nykyistä infraa ei hyödynnetä, vaan uusi verkosto rakennetaan koko alueelle.

Energiankulutus

Alueen rakennusten energiankulutus sekä energiamuodot on esitetty luvun 4 energiatarkastelussa.

Uusiutuvan ja hiilineutraalin energiantuotannon osuus Suomen sähkönhankinnasta tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Siksi ei ole perusteltua käyttää nykyistä sähkön ja kaukolämmön ominaispäästökerrointa tulevaisuutta koskevissa tarkasteluissa. Sähkön ominaispäästökertoimen kehitykselle on laskennassa käytetty Energiategollisuus ry:n laatimaa vuoteen 2050 ulottuvaa visiota hiilineutraalista sähkön ja kaukolämmön tuotannosta¹². Visiossa sähköntuotannon ominaispäästökerroin laskee nykyisestä noin 200 gCO₂/kWh arvoon 135 gCO₂/kWh vuoteen 2030 mennessä.

Loherin kaukolämmöntuotannon nykyisellä polttoainejakaumalla tuotannon ominaispäästökerroin on noin 160 gCO₂/kWh, kun teollisuuden hukkalämpö oletetaan uusiutuvaksi energiaksi¹³. Loherin kaukolämmöntuotannon ominaispäästökertoimen kehittymisestä ei ole julkaistu tulevaisuudenarviota. On kuitenkin oletettavaa, että tuotantojakauma tulevaisuudessa muuttuu. Tarkastelua varten on oletettu, että kivihiiiltä, ja maakaasua korvataan biopolttoaineilla. Muutos on sellainen, että se vastaa sähkön ominaispäästökertoimen muutosnopeutta. Kuvassa 9 on kuvattu energiamuotojen oletetut ominaispäästökertoimien muutokset lähivuosikymmeninä.



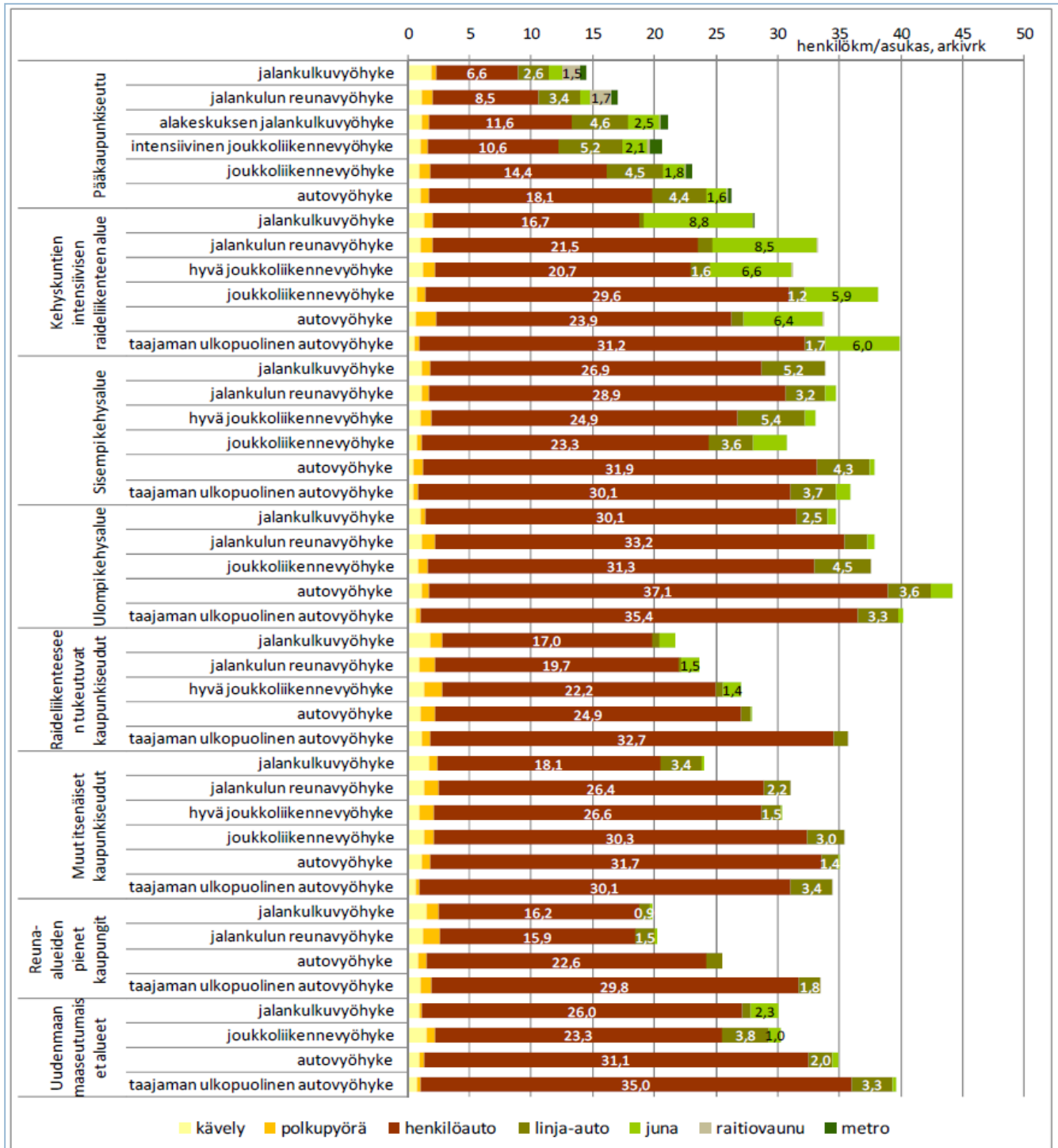
KUVA 9. OSTOENERGIOIDEN OMINAISPÄÄSTÖKERTOIMIEN OLETETTU MUUTTUMINEN LÄHIVUOSIKYMMENINÄ.

Liikenne

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat Paloniemen alueen generoimasta henkilöautoliikenteestä, julkisesta liikenteestä ja tavaraliikenteestä. Päästötaseeseen voidaan vaikuttaa kolmella tavalla: vaikuttamalla liikennesuoritteeseen tai kulkutapajakaumaan, tai kehittämällä vähäpäästöisempiä liikennevälineitä.

Paloniemen rakentamisen generoimia liikenteen ilmastovaikutuksia arvioitiin erilaisin megatrendein vuoteen 2050 asti. Muuttujina skenaarioissa olivat liikennesuorite (kulkutapajakauma km/vrk/henkilö), henkilöajoneuvokanta (tavallisten henkilöautojen, hybridien sekä sähköajoneuvojen osuuksien muutokset ajoneuvokannassa) sekä liikennemuotojen ominaispäästökertoimien projisoidut muutokset tulevaisuudessa, jotka liittyvät edellä mainittuun sähkön ominaispäästökertoimen ennustettuun muutosvauhtiin Suomessa. Tämän lisäksi laskennassa arvioitiin erikseen toimitila- ja palvelurakentamisen generoimia tavaraliikenteen liikennesuoritteita ja päästöjä.

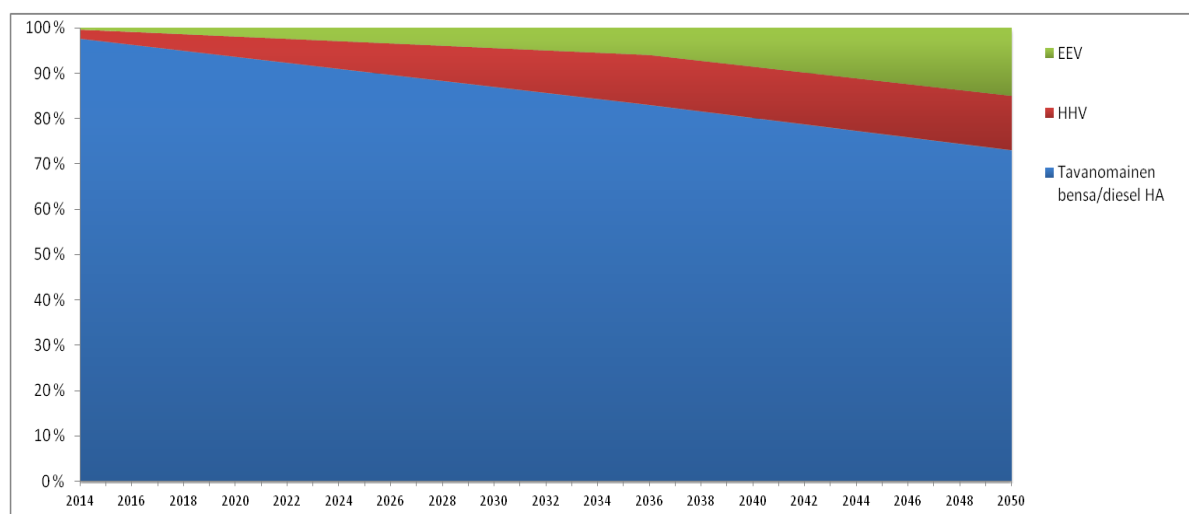
Tässä arvioinnissa käytetyt liikennesuoritteet määritettiin *Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet* -julkaisun perusteella (kuva 10)¹⁴. Lohjan Paloniemen alue tulkittiin tässä arvioinnissa pääkaupunkiseudun muun itsenäisen kaupunkiseudun autovyöhykkeeksi.



KUVA 10. LIIKENNELASKENNASSA KÄYTETYT LIIKENNESUORITTEET¹⁵. LOHJA TULKITTIIN LASKENNASSA PÄÄKAUPUNKISEUDUN ITSENÄISEN KAUPUNKISEUDUN AUTOVYÖHYKKEEKSI.

Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet –julkaisusta johdetuissa ja laskennassa käytetyissä liikennesuoritteissa on huomioitu työmatkat, vapaa-ajan matkat, matkat palveluihin sekä muut matkat.

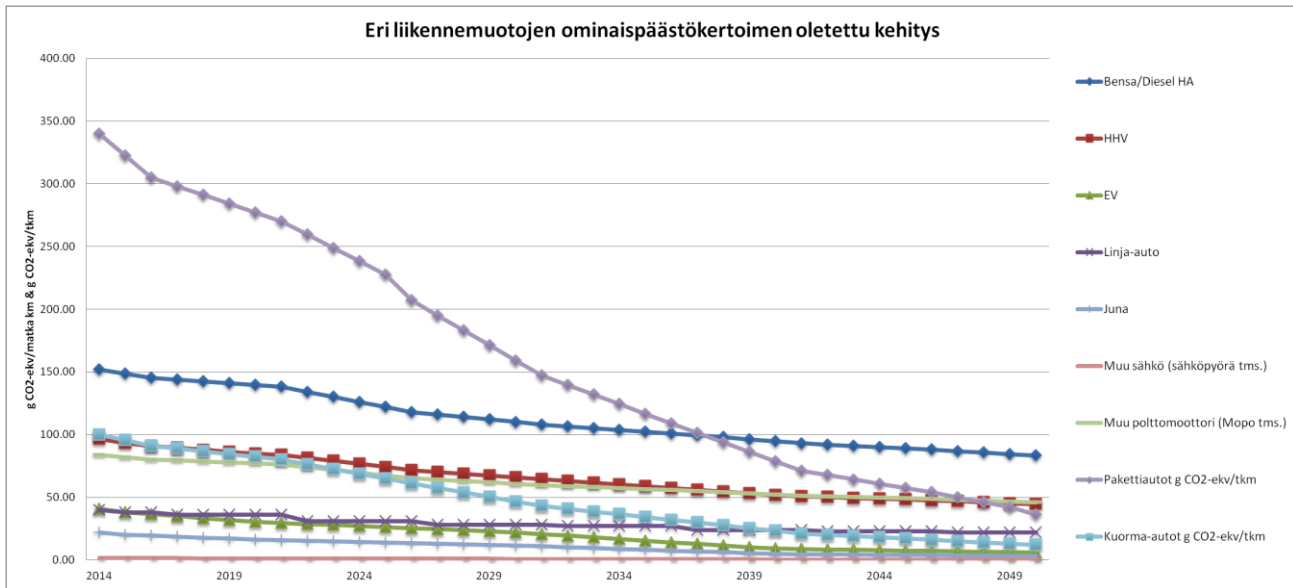
Ajoneuvokannan muutokset vaikuttavat voimakkaasti liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Kuvassa 11 on esitetty oletttamus autokannan muutoksesta. Oletettu muutos on johdettu työ- ja elinkeinoministeriön Sähköajoneuvot Suomessa (2008) –selvityksen mukaisen perusskenaarion oletukseen autokannan sähköistymisestä vuoteen 2030 asti. Vuoden 2030 jälkeen TEM:n perusskenaarion mukaisen kehityksen oletetaan jatkuvan tasaisesti tarkastelujakson loppuun.



KUVA 11. AUTOKANNAN OLETETTU MUUTOS VUOSIEN 2014–2050 VÄLILLÄ. LÄHDE: PERUSSKENAARIO, *SÄHKÖAJONEUVOT SUOMESSA, TEM 2008*

Myös liikennevälineiden teknisellä muutoksella on voimakas vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Siinä missä perinteisten polttomoottoriautojen yksikköpäästöt pienenevät moottoriteknologian ja polttoaineiden uudistusten vaikutuksesta, hybridien ja sähköisten kulkuvälineiden päästöt riippuvat sähköntuotannon ominaispäästökertoimen muutoksesta. Kuvassa 12 on esitetty ominaispäästökertoimien oletetut muutokset tulevaisuudessa. Ominaispäästökertoimet on ilmoitettu grammaa CO₂-ekvivalenttia jokaista matkakilometriä kohden (tai tonnikipometriä kohden paketti- ja kuorma-autojen ominaispäästökertoimissa). Ominaispäästökertoimien kehitys perustuu nykytilanteessa VTT:n LIPASTO

laskentajärjestelmään ja tulevaisuuden skenaarioissa ominaispäästökertoimien kehitys on johdettu ERA17-toimintaohjelmaan liittyvään SITRAN Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasut-selvityksen ajoneuvoteknologian kehitystä kuvaavista Baseline- ja VNK-C-skenaaroista.



KUVA 12. AJONEUVOTYYPPIEN OMINAISPÄÄSTÖKERTOIMIEN (G CO₂-EKV/KM & G CO₂-EKV/TKM)) MUUTOKSIA.

Tavaraliikenne muodostuu liikennemallin laskentaan maankäytön mukaan, eli tietty kerrosneliömetrimäärä tiettyä maankäyttöä aiheuttaa tietyn verran liikennettä kuorma-autoille ja pakettiautoille. Tässä työssä sovellettuun laskentatyökaluun, eli ECE-ohjelmiston liikennemalliin on ohjelmoitu lähtötiedoiksi kokonaisuudessaan *"Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa"*-tutkimus (Suomen Ympäristö 27 / 2008), ja tämä tietokanta on yhdistetty tilastokeskuksen toimittamiin lukuihin tavaraliikenteen keskimääräisistä rahdeista ja kuljetusetäisyyksistä. Analyysissä on pyritty mahdollisimman tarkasti määrittelemään kaava-alueilla tavaraliikennettä synnyttäviä toimintoja hyödyntämällä lähtötietoja toimitila- ja palvelurakentamisesta sekä asiantuntija-arvioita.

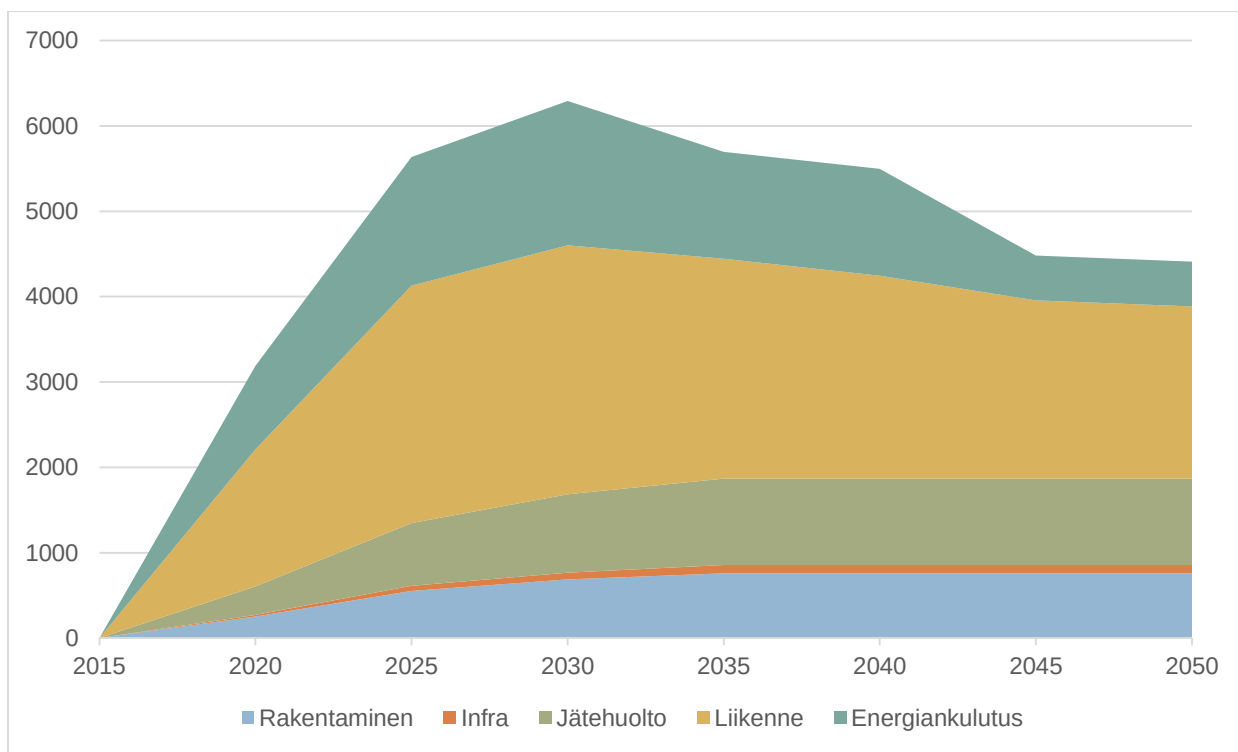
Liikenteen päästöprofiiliin ja edelleen päästöjen pienenemiseen vaikuttavat pääasiassa ajoneuvokannan sähköistyminen ja liikennemuotojen ominaispäästökertoimen kehitys edellä kuvattujen skenaarioiden mukaisesti.

Jätehuolto

Jätehuollon päästöjen nykyarvona on käytetty arvoa 0,38 tCO₂-evk/asukas vuodessa, joka oli Lohjan jätehuollon keskimääräinen hiilijalanjälki asukasta kohti vuonna 2009¹⁶. Jätehuollon päästöjen per capita -arvon oletetaan pysyvän samana koko tarkastelujakson ajan.

5.2 Tulokset

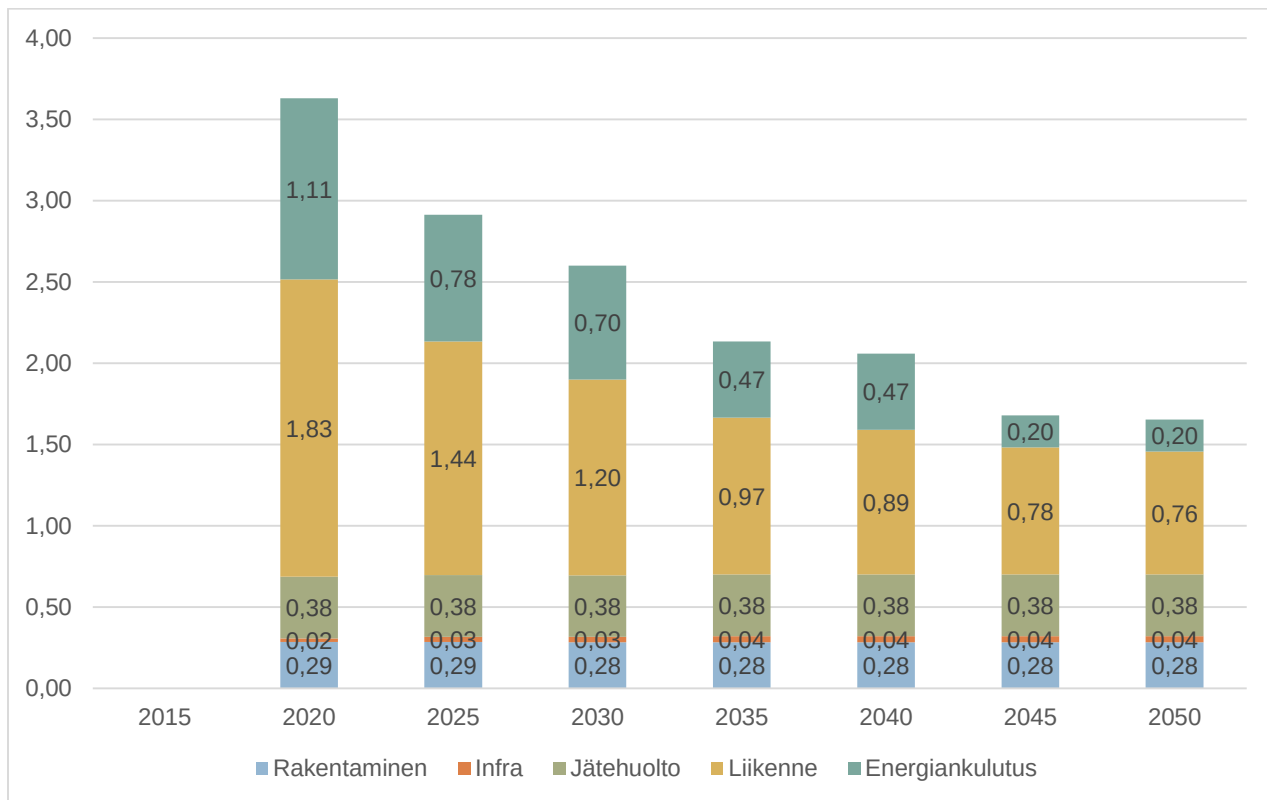
Alueen kasvihuonekaasupäästöt on laskettu laskentaperusteissa esitettyjen menetelmien ja oletusten mukaisesti. Kuvassa 13 on esitetty tarkastelualueen generoimat päästöt vuoteen 2050 asti.



KUVA 13. TARKASTELUALUEEN GENEROIMAT KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT 2015–2050 (TCO₂-EKV/A)

Kuvasta voidaan havaita, että sektoritasolla suurin päästöjen aiheuttaja on liikenne. Tämä johtuu pääasiassa henkilöautojen suuresta osuudesta henkilöliikennesuoritteessa. Sitä vastoin energiankulutuksen päästöt, jotka tyypillisesti muodostavat suurimman osa asuinalueiden päästöistä, eivät Paloniemessä ole lainkaan yhtä merkittävässä asemassa. Tämä puolestaan johtuu energiatarkasteluun tehdyistä valinnoista, mutta myös energiantuotannon ja energiatehokkuusmääräysten valtakunnallisista megatrendeistä, jotka lähitulevaisuudessa tulevat vaikuttamaan kaikilla alueilla.

Kuvassa 14 on vielä Paloniemen alueen generoimat kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain asukaskohtaisesti. Asukaskohtaiset vuotuiset päästöt ovat alussa 3,63 tCO₂-ekv/asukas, mutta putoavat 1,65 tCO₂-ekv/asukas tarkastelujakson loppuun mennessä. Kuvasta voidaan havaita, että liikenteen päästöt ovat suurimmat myös asukaskohtaisessa päästötarkastelussa. Energiankulutuksen merkitys on alussa vielä melko suuri, mutta energiatehokkuusmäärien kiristyessä ja hiilineutraalin tuotannon osuuden kasvaessa energiankulutuksen asukaskohtaiset päästöt pienevät huomattavasti. Kaikkiaan alueen asukaskohtaiset päästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin keskimääräisillä olemassa olevilla asuinalueilla Suomessa, mikä on toki oletettavaakin. Energiankulutuksen päästöjen osalta alueella voisi olla hyvin hiilineutraalia tasoa, mutta tämänkin tavoitteen toteutuminen edellyttää paitsi energiatarkastelun tavoitteiden noudattamista myös valtakunnallisten ennusteiden toteutumista.



KUVA 14. TARKASTELUALUEEN GENEROIMAT KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT ASUKASTA KOHTI 2015–2050 (TCO₂-EKV/ASUKAS,A)

6 YHTEENVETO

Lohjanjärven rannalla, alle neljän kilometrin päässä Lohjan keskustasta sijaitsevan Paloniemen alueen osayleiskaava on vireillä. AJAK-arkkitehtien kaavaehdotuksen pohjalta on laadittu energia- ja ekotehokkuustarkastelu.

Energiatarkastelussa on perehdytty alueen ominaispiirteisiin ja sen energiahuollolle asettamiin edellytyksiin ja toisaalta haasteisiin. Osayleiskaavaehdotus on jaettu tarkastelua varten pienempiin osakokonaisuuksiin. Alueille on laskettu energiatase ja määritetty toteutettavissa olevat energiavaihtoehdot. Tarkastelussa on pyritty luomaan alueelle mahdollistava, monipuolinen ja vähähiilinen energiapaletti, johon sisältyy kaukolämpöä, bioenergiaa, maalämpöä, järvilämpöä, aurinkoenergiaa ja tuulivoimaa. Tarkastelun perusteella alueella on hyvät edellytykset hiilineutraaliin ja omavaraiseen energiantuotantoon.

Ekotehokkuustarkastelussa on laskettu alueen rakentumisesta aiheutuvat ilmastovaikutukset. Laskentaan mukaan otettuja sektoreita ovat energiankulutus, liikenne, rakentaminen, infrastruktuuri ja jätehuolto. Niin asukas- kuin aluekohtaisestikin suurimmat päästöt koko tarkastelujakson ajan aiheutuvat liikenteestä. Alkuvaiheen jälkeen energiankulutuksen päästöt jäävät suhteellisen pieniksi. Muiden sektorien vaikutukset eivät merkittävästi muutu tarkastelujakson aikana, eikä niihin helposti voida vaikuttaakaan.

Tarkastelujen perusteella Paloniemen alueelle on rakennettavissa monipuolinen ja alueelle luonteenomainen energiahuolto, joka myös toteuttaa ilmastotavoitteita esimerkillisesti.

7 LÄHTEET

¹ Suomen rakentamismääräyskokoelma: D3 (2012) Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet.

Ympäristöministeriö. Saatavilla: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

² Suomen rakentamismääräyskokoelma: D5 (2012) Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet. Ympäristöministeriö. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>

³ Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130176>

⁴ Kaukolämmön käsikirja. 2006. Energiateollisuus ry

⁵ Geologiset aineistot. 2011. Geologian tutkimuskeskus. <http://geomaps2.gtk.fi/geo/>

⁶ Järvilämpöä urheilupuistoon. 2011. Suomen Ympäristökeskus. Saatavilla: <https://www.p5.ymparisto.fi/hinku/Kohteet/Tiedot.aspx?Id=265>

⁷ RT 50-10755 (2001), Maalämmitys. Rakennustieto Oy

⁸ Lohjan kaupunki <http://www.lohja.fi/kaupsu/Paloniemen%20OYK/09122013/Maastotietokanta%20syvyyskayrat.pdf>

⁹ Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Euroopan komissio.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

¹⁰ Suomen Tuuliatlas <http://www.tuuliatlas.fi>

¹¹ Vaasa Energy Institute. Saatavilla: <http://wind.vei.fi/public/index.php>

¹² Energiategollisuus 2010. Haasteista mahdollisuuksia — sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050.

Saatavilla: http://www.visio2050.fi/fileadmin/inpress_demo/user_files/pdf/visio.pdf

¹³ Loher <http://www.loher.fi/tuotanto.asp>

¹⁴ Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet (2011), Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 15/2011

¹⁵ Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet, (2011), Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 15/2011

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135000&lan=fi>

¹⁶ Lohjan kasviuonekaasupäästöt 2009–2010. Benviroc Oy. Saatavilla:

http://www.lohja.fi/Liitetiedostot/Kaupunkisuunnittelu/ymp%C3%A4rist%C3%B6yksikk%C3%B6/CO2-raportti_Lohja_2011.pdf