

TUTKIMUSRAPORTTI



Tehokas CHP, kaukolämpö ja - jäähdytys Suomessa 2010 – 2025

Kirjoittajat: Terttu Vainio, Tomi Lindroos, Esa Pursiheimo, Teemu Vesanen, Kari Sipilä, Miimu Airaksinen, Antti Rehunen

Luottamuksellisuus: julkinen



Raportin nimi		
Tehokas CHP, kaukolämpö ja -jäähdytys Suomessa 2010 – 2025		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) Ympäristöministeriö (YM) Energiateollisuus (ET)		TEM/2350/13.01.01/2014 YM2/612/2015 tilaus 23.12.2014
Projektin nimi		Projektin numero/lyhytnimi
Tehokas sähkön ja lämmön yhteistuotanto sekä tehokas kaukolämpö ja sen potentiaali		102719 / lämpökartta
Raportin laatija(t)		Sivujen/liitesivujen lukumäärä
Terttu Vainio ¹ , Tomi Lindroos ¹ , Esa Pursiheimo ¹ , Teemu Vesanen ¹ , Kari Sipilä ¹ , Miimu Airaksinen ¹ & Antti Rehunen ²		53/10
Avainsanat		Raportin numero
CHP, kaukolämpö, rakennus, asutus, väestö, lämpökartta		VTT-R-04071-15
Tiivistelmä		
<p>Kaupunkien ja taajaan asuttujen kuntien lämmitetystä rakennuskannasta merkittävä osa on kytketty kaukolämpöön. Lämmitysenergian kulutuksen ja kaukolämpötilastojen perusteella asuinrakennuksista lämmitetään kaukolämmöllä 90 prosenttia, teollisuusrakennuksista 30 prosenttia ja muista rakennuksista yli 60 prosenttia. Omakotitaloissa osuus on noin 10 prosenttia. Yhteensä kaukolämmön markkinaosuus on 45 prosenttia (35,9 TWh, 2010). Vuonna 2025 kaukolämmön kulutukseksi ennustetaan 40 TWh.</p> <p>Vuosien 2010–2025 aikana voisi syntyä 1500 MW uutta lämpökapasiteettia, josta CHP lämpöä 0-1000 MW ja vastaavasti sähköä 0-500 MW uusien CHP laitosten avulla. Lämmön lisätuotanto olisi 4 TWh ja sähkön 2 TWh. Primäärienergian säästö on n. 14 % verrattuna uuden ja vanhan CHP -laitoksen tuotantoa ja 25 % verrattuna sähkön ja lämmön erillistuotantoon. Osa kapasiteetista korvaisi vanhaa kapasiteettia. Jos vanhoja raskasöljykattiloita korvattaisiin uusiutuvia polttoaineita käyttävillä CHP laitoksilla, niin primäärienergian säästö on n. 27 %.</p> <p>Suomeen on valmistumassa jätevoimalaitokset Tampereelle, Leppävirralle ja Saloon. Näiden kaukolämmöntuotanto on yhteensä noin 600 – 700 GWh vuodessa. Muut jo päätetyt monipolttoaineinvestoinnit sijoittuvat Naantaliin (voimalaitos; kl-teho 250 MW) ja Nokialle (lämpökeskus; kl-teho 68 MW).</p> <p>Teollisuuden lämmönsiirtimillä toteutetuksi prosessilämmön hyödyntämispotentiaaliksi kaukolämpöjärjestelmissä arvioitiin n. 1,6 TWh vuodessa. Lämpöpumpun avulla potentiaali on 2-3 -kertainen.</p> <p>Loppuosa suunnitellusta lämmön kysynnästä tuotetaan erilliskattiloilla paikkakunnalle sopivalla polttoaineella, lämpöpumpuilla, uusiutuvilla energialähteillä, jätteiden energiakäytöllä sekä teollisuuden ja muiden lämpöä tuottavien prosessien ylijäämlämmön hyödyntämisellä.</p> <p>Tilojen jäähdytykseen kuluu energiaa vuosittain noin 1,4 TWh. Trendiennusteen mukaan jäähdytystarve kasvaa 1,7 TWh:iin vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2014 kaukojäähdytyksen markkinaosuus kysynnästä on reilu 10 prosenttia. Myynnin määrän kasvun on mahdollista jatkaa nykyisellä kasvuvauhdilla seuraavan 15 vuoden ajan, jolloin jäähdytysmarkkinat kasvaisivat n. 20 GWh vuodessa. Markkinaosuus voisi kasvaa noin 25 prosenttiin jäähdytysmarkkinoista.</p>		
Luottamuksellisuus	julkinen	
Espoo 10.11.2015		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Kari Sipilä Johtava tutkija	Tiina Koljonen Tiimipäällikkö	Tuula Mäkinen Tutkimusalueen päällikkö
VTT:n yhteystiedot		
Kari Sipilä, PI 1000, 02044 VTT, kari.sipila@vtt.fi , p. 020 722 6550		
Jakelu (asiakkaat ja VTT)		
Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM), Ympäristöministeriö (YM), Energiateollisuus (ET)		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

¹ VTT

² SYKE



Alkusanat

Tämä projekti perustettiin Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM), Ympäristöministeriön (YM) ja Energiateollisuuden (ET) toimeksiantona selvittämään kaukolämmön tuotantokapasiteettia ja jakelua sekä kysyntää ja niiden potentiaalia vuoteen 2025 mennessä. Tämän selvityksen rinnalla on tehty myös arviota Suomen rakennuskannan jäähdytysmarkkinapotentiaalista.

Projektissa on pidetty neljä johtoryhmän kokousta. Johtoryhmään ovat kuuluneet:

Pentti Puhakka, TEM
Pekka Kalliomäki, YM
Mirja Tiitinen, ET
Hille Hyytiä, Motiva
Antti Rehunen, SYKE
Miimu Airaksinen, VTT
Kari Sipilä, VTT

Kiitokset johtoryhmälle kommentaiteista ja vilkkaasta keskustelusta työn aikana.

Espoo 10.11.2015

Tekijät



Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	9
1.1 Taustaa	9
1.2 Energiatohokkuusdirektiivi	9
1.3 Rakennusten energiatohokkuuteen liittyvät direktiivit	9
1.3.1 Rakennusten energiatohokkuusdirektiivi, EPBD.....	10
1.3.2 RES	10
1.3.3 EED	11
1.3.4 EcoDesign	11
1.4 Kansalliset tavoitteet rakennusten lämmityksessä	11
2. Tavoite ja toteutus.....	13
3. Tulokset.....	14
4. Suomen rakennuskanta	16
4.1 Suomen rakennuskanta ja sen kehitys 2010–2025	16
4.1.1 Suomen rakennuskanta 2010	16
4.1.2 Yhdyskunnat ja rakentamistehokkuus.....	17
4.1.3 Suomen rakennuskannan kehitys 2010–2030.....	23
4.1.4 Kaukolämmön markkinaosuus	25
4.2 Suomen rakennuskannan lämmitys	26
4.2.1 Lämmönkulutuksen mallit.....	26
4.2.2 Lämmönkulutuksen muutokset.....	26
5. Kaukolämmön tuotanto Suomessa	30
5.1 Lämmön tuotantokapasiteetti Suomessa	30
5.1.1 Tietolähteet.....	30
5.1.2 Kaukolämpölaitokset.....	30
5.1.3 Teollisuuden tuottama kaukolämpö.....	33
5.1.4 Lämmöntuotantokapasiteetin kehittyminen 2010-2025.....	34
5.1 Kaukolämpöjärjestelmät Suomessa	35
5.1.1 Olemassa olevat kaukolämpöjärjestelmät	35
5.1.2 Kaukolämpöjärjestelmien energiatiheys	35
5.1.3 Potentiaaliset uudet kaukolämmitetyt alueet	36
6. Arvio kaukolämmön kysynnästä, tuotannosta ja järjestelmän tehostamisesta	37
6.1 Arvio kaukolämmön kysynnästä ja kaukolämpöön liitettävästä rakennuskannasta 2025	37
6.2 Arvio CHP tuotannolla tuotettavasta kaukolämmöstä 2025.....	37
6.3 Primäärienergian säästämismahdollisuudet	39
6.4 Arvio kaukolämpöinfrastruktuurin energiatohokkuuden parantamismahdollisuuksista.....	40
7. Lämmityksen ja jäähdytyksen kustannus - hyötyanalyysi	42
7.1 Kustannus-hyötyanalyysin määrittely	42
7.2 Investoinnin nykyarvo	43
7.3 Kustannus-hyötyanalyysin toteutus.....	43
8. Rakennusten kaukojäähdytys	45
8.1 Arvioinnin toteutus	45
8.2 Rakennuskannan jäähdytysenergian tarve	45
8.2.1 Rakennuskanta 2015 ja 2030.....	45

8.2.2 Rakennusten jäähdytystarve	46
8.3 Kaukojäähdytys	48
8.3.1 Nykyinen kaukojäähdytys.....	48
8.3.2 Kaukojäähdytyksen potentiaali 2030.....	49
9. Lähdeviitteet	51
Liite: Aluetehokkuus tilastoruuduittain suurimmissa kaupungeissa	55

1. Johdanto

1.1 Taustaa

Euroopan Unionin (EU) energiatehokkuusdirektiivi velvoittaa jäsenmaita ilmoittamaan nykyisen lämmön- ja sähkön yhteistuotannon tilanteen ja kaukolämmön kulutuksen sekä arvion tilanteen kehittymisestä noin 10 vuoden aikajänteellä. Arvio vaaditaan 20 MW tai suuremman sähkön tuotantokapasiteetin toteuttamisesta sähkön ja lämmön yhteistuotantona (CHP) tai teollisuusprosessien ylijäämlämmöllä.

1.2 Energiatehokkuusdirektiivi

Energiatehokkuusdirektiivi 2012/27/EU annettiin 25.10.2012. Sen tarkoituksena on varmistaa Euroopan Unionin 20-20-20 energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttaminen energiatehokkuuden osalta. Tavoitteen mukaan kokonaisenergiankulutuksen tulisi olla vuonna 2020 vähintään 20 prosenttia alempi kuin se olisi vuonna 2007 arvioidun perusuran mukaan.

Direktiivin 14 artiklan mukaan jäsenvaltioiden tulee laatia 31.12.2015 mennessä kansallinen kattava arviointi tehokkaan sähkön ja lämmön yhteistuotannon sekä tehokkaan kaukolämmön ja jäähdytyksen potentiaaleista. Arviointi on komission pyynnöstä saatettava ajan tasalle ja ilmoitettava komissiolle joka viides vuosi. Jäsenvaltioiden on rohkaistava paikallisella ja alueellisella tasolla tehokkaisiin lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin, varsinkin tehokkaaseen yhteistuotantoon.

Kustannus-hyötyanalyysi on tehtävä mikäli

- a) suunnitellaan uutta sähkön lauhdetuotantolaitosta, jonka kokonaislämpöteho on yli 20 MW, laitoksen kustannusten ja hyötyjen arvioimiseksi sen toteuttamisesta tehokkaana yhteistuotantolaitoksena
- b) uudistetaan merkittävästi olemassa olevaa sähkön lauhdetuotantolaitosta, jonka kokonaislämpöteho on yli 20 MW, kustannusten ja hyötyjen arvioimiseksi sen muuttamisesta tehokkaaksi yhteistuotantolaitokseksi;
- c) suunnitellaan tai uudistetaan merkittävästi hukkalämpöä käyttökelpoisella lämpötilatasolla tuottavaa teollisuuslaitosta, jonka kokonaislämpöteho on yli 20 MW, kustannusten ja hyötyjen arvioimiseksi hukkalämmön käyttämisestä taloudellisesti perusteltua kysyntää varten, mukaan lukien yhteistuotannon tuloksena, ja tämän laitoksen liittämistä kaukolämmitys- ja jäähdytysverkkoon;
- d) suunnitellaan uutta kaukolämmitys- ja kaukojäähdytysverkkoa tai olemassa olevassa kaukolämmitys- ja kaukojäähdytysverkossa uutta energiantuotantolaitosta, jonka kokonaislämpöteho on yli 20 MW, tai uudistetaan merkittävästi tällaista olemassa olevaa laitosta, aiheutuvien kustannusten ja hyötyjen arvioimiseksi lähellä sijaitsevien teollisuuslaitosten hukkalämmön käyttämisestä.

Direktiivin 15 artiklan mukaan jäsenvaltioiden on varmistettava, että käyttäjät voivat toteuttaa energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä älykkäiden verkkojen käyttöönoton yhteydessä turvallisuutta vaarantamatta. Jäsenvaltioiden on myös varmistettava, että siirtoverkonhaltijat ja jakeluverkonhaltijat varmistavat lämmön toimittamisen jatkuvuuden.

1.3 Rakennusten energiatehokkuuteen liittyvät direktiivit

Useat direktiivit asettavat vaatimuksia rakennusten lämmön ja jäähdytyksen kulutukselle (Kuva 1). Direktiiveillä pyritään vähentämään energiankulutusta ja kasvihuonepäästöjä sekä lisäämään uusiutuvien energioiden käyttöä.



Kuva 1. Rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttavat direktiivit.

1.3.1 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, EPBD

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. Direktiivi on uudelleenlaadittu versio direktiivistä 2002/91/EY. Direktiivi kattaa sekä uudis- että korjausrakentamiseen ja kohdistuu kolmeen tehtävään:

- energiatodistuksen käyttöönotto
- energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset;
- lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset tai ne korvaava kokonaisvaikutuksiltaan vastaava neuvontamenettely

Direktiivin kansallisen tason soveltamisessa otetaan huomioon maan ilmasto-olosuhteet, paikalliset olosuhteet, sisäilmastolle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus. Suomen kansalliset direktiivin mukaiset vaatimukset on esitetty rakentamismääräyskokoelmassa.

Lähes nollaenergiarakentamisesta direktiivissä todetaan, että 31. päivän joulukuuta 2020 jälkeen valmistuvien uusien rakennusten on oltava lähes nollaenergiarakennuksia ja jäsenvaltioiden on laadittava kansalliset suunnitelmat lähes nollaenergiarakennusten lukumäärän kasvattamiseksi. Lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta: ”, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus, sellaisena kuin se on määritettyä [direktiivin] liitteen I mukaisesti. Tarvittava lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä olisi hyvin laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia.” Kansallisesti määriteltäväksi jää mitä direktiivin määritelmän mukaisilla kuvauksilla ”erittäin korkea”, ”lähes olematon tai erittäin vähäinen”, ”hyvin laajalti” ja ”rakennuksen lähellä” tarkoitetaan. Määräysten ns. lausuntoversio valmistuu vuoden 2016 alussa.

1.3.2 RES

Euroopan unionin tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus 20 prosenttiin energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä ja 27 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. Uusiutuvia energialähteitä ovat muun muassa aurinkoenergia, vesivoima, tuulivoima,

puuenergia, peltoenergia, biovoima ja lämpöpumput. Uusiutuvan energian direktiiviin (RES) on kirjattu jäsenvaltioille maakohtaiset tavoitteet, joilla kokonaisuuteen pyritään. Maat voivat itsenäisesti päättää keinoista, joilla tavoitteisiin pyritään pääsemään.

Komission ehdotuksen mukaan Suomen uusiutuvan energian osuus olisi nostettava 38 prosenttiin loppukulutuksesta. Virallisen arvion mukaan osuus olisi noussut 36,8 prosenttiin vuonna 2013³. Tärkeimmät uusiutuvat energiamuodot Suomessa ovat bioenergia (erityisesti puu ja puupohjaiset polttoaineet), vesivoima, tuuli-voima, maalämpö ja aurinkoenergia.

Pääsääntöisesti direktiivi käsittelee uusiutuvan energian käyttöä ja edistämistä yleisesti, mutta rakennusalaan koskien on mainittu että *”Jäsenvaltioiden on rakennussäännöksissään ja määräyksissään otettava käyttöön asianmukaiset toimenpiteet, joilla lisätään kaikentyyppisen uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuutta rakennusalaan.”*

RES -direktiivin näkyvin vaikutus rakennusalaan liittyy uusiutuvan energian osuuteen rakentamismääräyksissä. Parhaillaan pohditaan tuleeko rakentamismääräyksiin minimivaatimus uusiutuvan energian osuudelle vai voidaanko direktiivin vaatimukset täyttää muuten.

1.3.3 EED

Energiatohokkuusdirektiiviä (EED) käsiteltiin yleisellä tasolla jo kappaleessa 1.2. Energiapalveludirektiivin (ESD, 2006/32/EY) ja CHP -direktiivin (2004/8/EY) korvaavaan direktiiviin sisältyy paljon myös suoraan rakentamiseen ja rakennusalaan vaikuttavia säädöksiä. Näitä ovat mm. rakennusten peruskorjausstrategian luominen, vaatimus julkisten rakennusten esimerkkiasemasta, energiakatselmuksentekijät ja -hallintajärjestelmät, kulutuksen mittaamisen liittyvät säädökset, sekä sektorikohtaiset toimet, joiden perusteella Suomessa on luotu mm. eri alojen energiansäästösopimukset, joilla useimmat kunnat suurimmat kaupungit mukaan lukien ovat sitoutuneet pienentämään rakennuskantansa energiankulutusta 2 prosenttia vuodessa.

1.3.4 EcoDesign

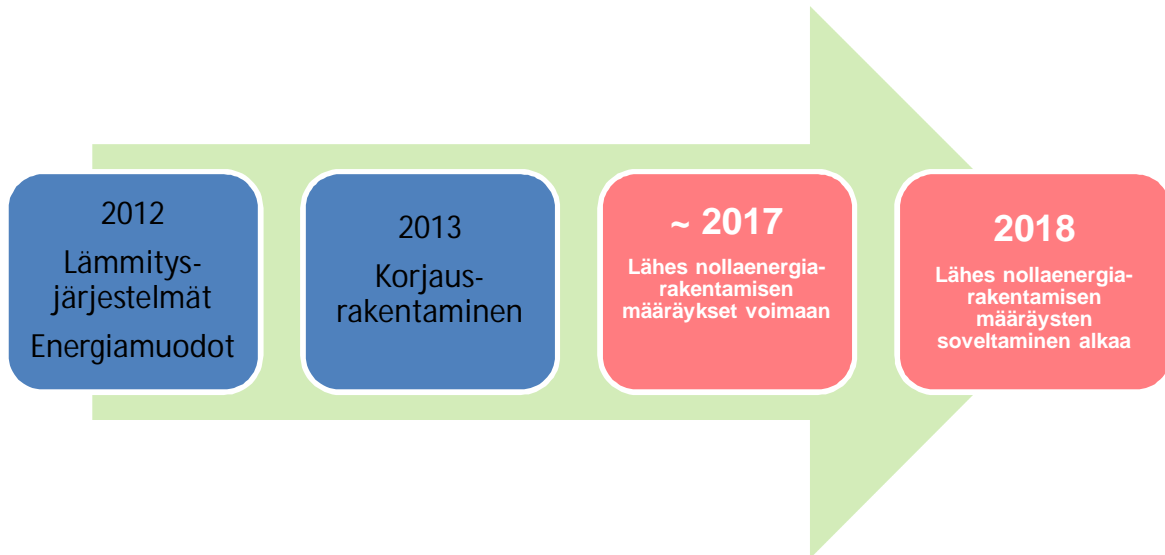
Ecodesign -direktiivi (2009/125/EY) tuli voimaan 20. marraskuuta 2009. Se korvasi soveltamisalaltaan suppeamman EuP -direktiivin (2005/32/EY). Se määrittelee tuotteiden suunnittelun ja tuotekehityksen ekologiset vaatimukset. Tavoitteena on ympäristönäkökohtien ja elinkaariajattelun huomiointi tuotteiden suunnittelussa.

EcoDesign -direktiivi on puitedirektiivi, jonka nojalla annetaan varsinaiset tuoteryhmäkohtaiset vaatimukset ympäristön huomioonottamiselle. Tuotteiden vaatimusten mukaisuudesta huolehtii valmistaja itse sisäisellä tuotannonvalvonnallaan, joka sisältää myös teknisten asiakirjojen ja EU-vaatimusten mukaisuusvakuutuksen laadinnan sekä CE-merkinnän kiinnittämisen tuotteeseen. Tunnetuin esimerkki direktiivin vaikutuksista on hehkulamppujen asteittainen kieltäminen.

1.4 Kansalliset tavoitteet rakennusten lämmityksessä

Kansallisilla säädöksillä toimeenpannaan rakennusten energiatohokkuusdirektiiviä ja edistetään Suomen omia tavoitteita energiatohokkuuden parantamiseksi. Tuoreimmat uudisrakennuksia koskevat energiatohokkuusvaatimukset - energiamuodon huomioonottavat E-lukuvaatimukset (Kuva 2) - astuivat voimaan 2012. Energianmuotojen huomioon otolla pyritään ohjaamaan kulutusta suuntaan, jossa kasvihuonekaasupäästöt vähentyvät. Sähkön osalta kerroin on 1,7, kaukolämmön 0,7, kaukokylmän 0,4, fossiilisten polttoaineiden 1,0 ja uusiutuvien polttoaineiden 0,5. (Ympäristöministeriö, 2011)

Energiatehokkuusvaatimukset ovat aiemmin koskeneet pelkästään uudisrakennuksia. Koska olemassa olevien rakennusten energiankulutus on merkittävin tekijä rakennusten ympäristövaikutuksista, on EPBD laajennettu kattamaan myös perusparannukset. Suomessa korjausrakentamisen energiatehokkuusvaatimukset otettiin käyttöön 2013.



Kuva 2. Energiatehokkuusvaatimusten "roadmap".

Seuraavassa vaiheessa vuosina 2017–2018 toimeenpannaan lähesnollaenergia rakennuksia koskevat vaatimukset. Niissä yhdistyvät rakennusten energiatehokkuus ja energiantarpeen kattaminen uusiutuvilla energialähteillä (Kuva 3).



Kuva 3. Lähes nollaenergiarakennuksessa yhdistyvät korkea energiatehokkuus ja uusiutuvan energian käyttö

2. Tavoite ja toteutus

Tämän tutkimuksen yhtenä tavoitteena on tuottaa tietoa aluetasolla kaukolämmön nykyisestä tuotannosta ja investoinneista uuteen tai korvaavaan tuotantokapasiteettiin sekä tuotannon tehokkuudesta. Erityisen kiinnostuksen kohteena on lämmön- ja sähkönyhteistuotanto (CHP). Toisena tavoitteena on tuottaa tietoa kaukolämmityksen nykyisestä osuudesta rakennusten lämmityksessä sekä mahdollisuudesta lisätä sitä. Kolmantena tavoitteena on selvittää rakennusten nykyinen ja tuleva jäähdytystarve sekä mahdollisuus tuottaa se keskitetysti.

Lähtökohtana käytetään VTT:n kansallisten ja kansainvälisessä yhteistyössä tehtyjen tutkimusten tuloksia Suomen rakennuskannasta ja sen kehityksestä, energian tuotannosta ja kulutuksesta sekä teknologian kehityksestä.

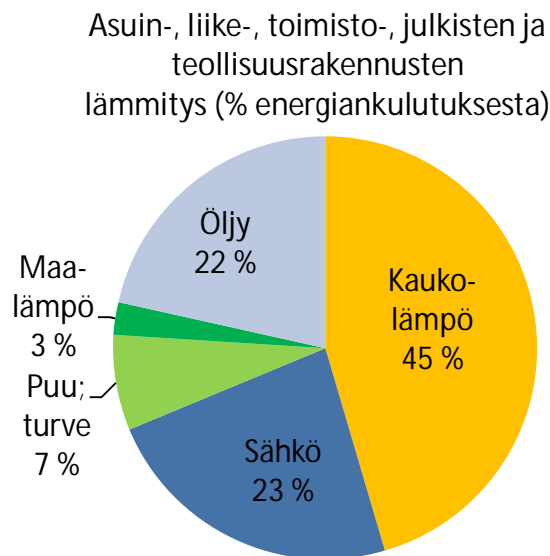
Lämmityksen osalta tarkastelut on tehty poikkileikkauksena vuosista 2010 ja 2015. Tutkimusta tehtäessä vuodesta 2010 oli käytettävissä kattavin tilastoaineisto kaukolämmön tuotannosta ja rakennusten lämmitysenergian kulutuksesta. Tulevaisuuden tarkasteluaikajänne ulottuu tutkimuksen tekoajankohdasta 10 vuotta eteenpäin vuoteen 2025. Koko maan tulokset esitetään taulukoina ja kaavioina. Alueelliset tulokset esitetään kuntatasolla sijoitettuna karttapohjille.

Rakennusten jäähdytyksessä tarkasteluvuodet ovat 2015 ja 2030. Rakennusten jäähdytyksen energiankulutus on estimoitu IDA ICE -mallilla tyyppitalotarkasteluina. Kulutuksesta vuonna 2030 on laadittu kolme skenaariota. Koko maan tulokset esitetään taulukoina ja kaavioina. Alueelliset tulokset esitetään kuntatasolla sijoitettuna karttapohjille.

3. Tulokset

Lämmityksen kysyntä ja kaukolämmitys

Vuonna 2010 asuin-, liike-, toimisto-, julkisten ja teollisuusrakennusten tilojen ja käyttöveden lämmitykseen kului hyötysuhteet huomioiden energiaa noin 89 000 GWh. Näin lasketusta kulutuksesta kaukolämmön markkinaosuus oli asuinkerrostaloissa 90 prosenttia, liike-, toimisto- ja julkisissa rakennuksissa noin 60 prosenttia ja teollisuusrakennuksissa 30 prosenttia. Omakotitaloissa kaukolämmön osuus on alle 10 prosenttia. Omakotitalojen suuren määrän takia kaukolämmön kulutuksen osuus rakennusten lämmityksestä (Kuva 4) on n. 45 prosenttia (40 000 GWh; laskettu VTT rakennustietokantalaskentamallilla Tilastokeskuksen, Energiateollisuuden ja Kuntaliiton lukujen perusteella).



Kuva 4. Lämmönlähteet vuonna 2010 asuin-, liike-, toimisto-, teollisuus- ja julkisissa rakennuksissa. Lähde: Tilastokeskus ja VTT.

Vuosien 2011–2025 uudisrakentaminen lisäisi lämmityskulutusta yhteensä 8 000 GWh. Vuonna 2025 lämmitykseen kuluisi energiaa yhteensä 97 000 GWh. Kaukolämmityksen kannalta uudisrakentamisen kulutuksesta potentiaalista kulutusta 50–75 prosenttia eli kaukolämmityksen määrä voisi nousta 42 000 - 44 000 GWh vuodessa.

Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta pyritään kuitenkin parantamaan ulkovaipan ja teknisten järjestelmien korjauksilla. Yhteiskunnan rakennemuutoksen takia rakennuksia myös joko poistuu kokonaan tai jää vaille vakituista käyttöä, joten rakennuskannan lämmitysenergian kulutus tulee vähenemään. Kansallisen tavoitteellisen arvion mukaan rakennuskannan lämmityksen energiankulutus voisi laskea 74 000 - 81 000 GWh:iin vuodessa vuoteen 2025 mennessä. Kulutus vähenisi erityisesti muuttotappioalueilla ja haja-asutusalueilla, missä energiatehokkuus on pieni kannattavalle kaukolämpöliiketoiminnalle. Kaukolämmön kulutusta ovat vähentäneet rakennusten lämmitysenergian kierrätys lämmön talteenoton ja poistoilmalämpöpumppujen avulla sekä tuloilman esilämmitys sähköllä ja sähköinen lattialämmitys.

Kaukolämmön tuotanto

Suomen CHP kapasiteetti oli vuonna 2010 4700 MW sähköä ja 6730 MW lämpöä (rakennusaste keskimäärin 0,7). Lämpökeskusten kapasiteetti oli 14470 MW (kiinteät 13070 MW ja siirrettävät 1400 MW). Yhteensä kaukolämpökapasiteettia oli käytössä 21680 MW. Kaukolämmön tuotanto oli 38500 GWh, johon liittyen CHP sähköntuotantoa oli 1650 GWh. Kaukolämmön kulutus oli 35900 GWh.

Suomeen on valmistumassa uutta kaukolämmön tuotantokapasiteettia (jätevoimalaitokset Tampereelle, Leppävirralle ja Saloon; yhteenlaskettu kaukolämmöntuotanto on suuruusluokkaa 600 – 700 GWh vuodessa). Muita merkittäviä investointeja tulee sijoittumaan Naantaliin (monipolttoainevomalaitos; kaukolämpöteho 250 MW) ja Nokialle (monipolttoainelämpökeskus; kaukolämpöteho 68 MW). Lisäksi Helsinki on luopumassa hiilen käytöstä ja korvaa sen ainakin osittain uusiutuville energialähteillä. Myös Oulu, Lahti ja Rovaniemi suunnittelevat uusiutuviin energialähteisiin siirtymistä.

Suomen ilmasto- ja energiapolitiikassa on asetettu tavoitteeksi lisätä puun polttoa. Puun käyttöä pyritään lisäämään sekä nykyisissä että uusissa lämpökeskuksissa ja voimalaitoksissa. Työvoima- ja elinkeinoministeriön mukaan puun käyttöön perustuvan sähkön syöttötariffin puolesta olisi mahdollista investoida 3500 MW polttoainetehoa vuosien 2007–2020 aikana.

Jos ennen vuotta 1985 rakennetut CHP laitokset ja yli 10 MW raskasöljykattilat poistetaan ikänsä puolesta käytöstä vuoteen 2025 mennessä ja korvataan uusiutuvia polttoaineita käytävillä laitoksilla sekä otetaan huomioon jo tehdyt päätökset sekä tiedossa olevat suunnitelmat niin uutta CHP lisäkapasiteettia tarvittaisiin 0-1000 MW lämmöntuotantoon ja 0-500 MW sähköntuotantoon. Kattilakapasiteettia tarvitaan lisää n. 500 MW kasvaviin kaupunkeihin. Muu kapasiteetin rakentaminen korvaa vanhaa poistuvaa CHP- ja kattilakapasiteettia uusiutuville energialähteillä.

Jos ennen vuotta 1985 rakennettuja CHP laitoksia korvataan uusilla monipolttoaine CHP laitoksilla, kuten Tampereella, Oulussa ja Lahdessa on suunnitteilla, päästään noin 14 % primäärienergian säästöön (hyötysuhteen ja rakennusasteen parannus) ja 25 % säästöön verrattuna sähkön ja lämmön erillistuotantoon.

Jos ennen vuotta 1985 rakennettuja raskasöljykattiloita korvataan uusiutuvia polttoaineita käytävillä CHP laitoksilla, päästään n. 27 % primäärienergian säästöön (siirtyminen CHP tuotantoon ja vanhojen kattiloiden huono hyötysuhde).

Uusiutuvien energialähteiden, jätteiden energiakäytöllä sekä teollisuuden ja muiden lämpöä tuottavien prosessien jälkilämmön hyödyntämisellä kaukolämmössä voidaan pienentää lämmityksen primäärienergian tarvetta lisää. Nykyisin teollisuusprosessien ylijäämälämpöä hyödynnetään n. 770 GWh vuodessa. Metsäteollisuuden lämmönsiirtimillä toteutetuksi prosessilämmön lisähyödyntämispotentiaaliksi arvioitiin n. 1400 GWh vuodessa, puu- ja sahatavateollisuudessa 700 GWh, metalliteollisuudessa 2000 GWh, elintarviketeollisuudessa 500 GWh ja kemianteollisuudessa 100 GWh. Yhteensä teollisuuden energian lisähyödyntämispotentiaalia on arvioitu olevan 4700 GWh, josta 2/3 osaa hyödyntämisestä vaatii kuitenkin lämpöpumpun käyttöä lämpötilan korottamiseksi kaukolämmitykseen sopivaksi.

Kaukojäähdytyksen kysyntä ja tuotanto

Tilojen jäähdytykseen kuluu energiaa vuosittain noin 1400 gigawattituntia. Trendiennusteen mukaan jäähdytystarve kasvaa 1700 gigawattituntiin vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2014 kaukojäähdytyksen markkinaosuus realistisesti määritellystä kysynnästä on reilu 10 prosenttia. Myynnin määrän kasvun on mahdollista jatkaa nykyisellä kasvuvauhdilla seuraavan 15 vuoden ajan, jolloin toimitusten määrä kasvaisi 20 GWh vuodessa. Myös markkinaosuuden on mahdollista kasvaa noin 25 prosenttiin.

Kaukojäähdytystä voidaan lisätä sekä olemassa olevassa että uudessa rakennuskannassa usealla tavalla. Nykyisiä kaukojäähdytysverkostoja voidaan laajentaa ja käyttöön voidaan ottaa sekä uutta teknologiaa että uusia, avoimia liiketoimintamalleja. Esimerkkejä uusista malleista ovat rakennusten lämmityksen ja jäähdytyksen yhdistävät hybridijärjestelmät tai maa- tai vesistökylmän sekä pohjaveden hyödyntäminen jäähdytyksessä.

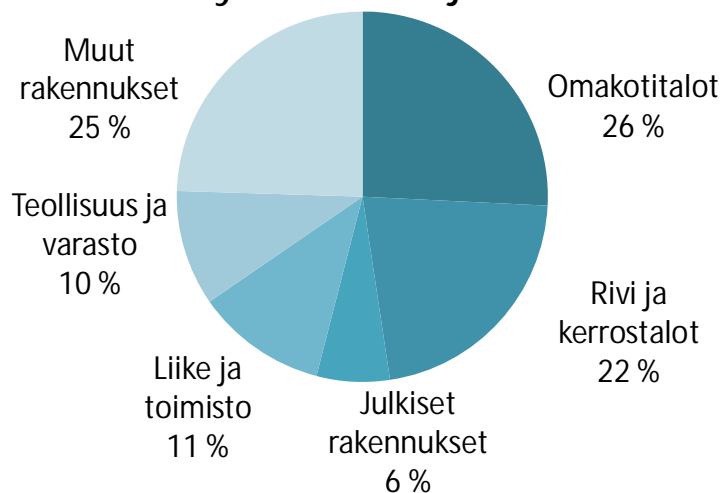
4. Suomen rakennuskanta

4.1 Suomen rakennuskanta ja sen kehitys 2010–2025

4.1.1 Suomen rakennuskanta 2010

Rakennuskantaa oli vuonna 2010 arviolta noin 550 miljoonaa neliometriä, kun siihen lasketaan mukaan kaikki rakennukset (Kuva 5). Koko on arvioitu osittain uudistuantotietojen perusteella, koska rakennus- ja huoneistorekisteri ei sisällä kaikkia rakennuksia, etenkin ei kaikkia vanhoja rakennuksia.

Rakennuskanta 2010 talotyypeittäin, yht. 550 milj.m²



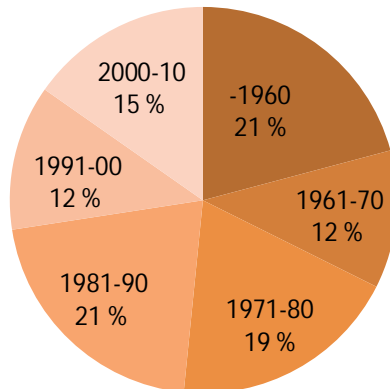
Kuva 5. Talotyyppien osuudet vuoden 2010 rakennuskannasta. Rakennus- ja huoneistorekisterin tietoihin on lisätty uudisrakentamisen tilastojen avulla puuttuvat tiedot. Lähde: VRK & VTT.

Suomen kaukolämpötilastoissa rakennuskanta jaetaan kolmeen luokkaan asuinrakennuksiin (omakoti-, rivi- ja kerrostalot), teollisuusrakennuksiin ja muihin rakennuksiin (sisältää mm. liike-, toimisto- ja julkiset rakennukset). Näiden osuus rakennuskannan kerrosalasta on noin 75 prosenttia. Tarkastelujen ulkopuolelle jäävät yksityishenkilöiden käytössä olevat kesämökit, talusrakennukset, maatalusrakennukset ja varastorakennukset.

Suomessa rakentamisen määrä lähti kasvuun 1950-luvulla. Siitä eteenpäin 1990-luvun loppuun saakka rakennettiin jatkuvasti enemmän ja enemmän uusia rakennuksia ja alueita. Kaksi kolmasosaa Suomen rakennuskannasta on rakennettu vuoden 1970 jälkeen, jolloin ulkovaipan lämmöneristävyydelle on jo ollut vähimmäisvaatimukset (Kuva 6). Rakennuskanta on kaiken kaikkiaan melko energiatehokasta.

Uudistuotanto on vaihdellut viime vuosina 8 -10 miljoonassa neliometrissä, joka on noin 1,5 prosenttia rakennuskannan kokonaismäärästä (Tilastokeskus, 2011). Rakennuskannasta poistuu vuosittain prosentti joko tuhoutumisen, tulipalojen ja purkamisen takia tai jää vaille vakinaisia käyttäjiä muuttoliikkeen, yritysten toiminnan päättymisen ja julkisen sektorin tehostamistoimenpiteiden seurauksena.

Rakennuskanta 2010 ikäluokittain, yht. 550 milj.m²



Kuva 6. Eri vuosikymmeninä rakennettujen rakennusten osuudet vuoden 2010 rakennuskannasta. Lähde: VRK & VTT.

Tarkastelun kohteena olevista talotyypeistä suurin osa (68 %) sijoittuu kaupunkimaisiin. Loput rakennukset sijaitsevat puoliksi taajaan asutuissa kunnissa (16 %) ja maaseutumaisissa kunnissa (16 %).

Taulukko 1. Rakennuskannan sijoittuminen taajama-asteen eli väestön keskittymisen perusteella luokiteltuihin kuntiin.

	Omakoti- talot	Rivitalot	Asuin- kerrostalot	Liike-, toimisto ja julkiset rakennukset	Teollisuus- rakennukset	Yhteensä
Kaupunkimaiset kunnat	51 %	67 %	90 %	72 %	65 %	68 %
Taajaan asutut kunnat	24 %	17 %	7 %	14 %	19 %	16 %
Maaseutumaiset kunnat	25 %	16 %	3 %	14 %	15 %	16 %

4.1.2 Yhdyskunnat ja rakentamistehokkuus

Kaupungistumisen myötä taajamien osuus koko maan väestöstä ja rakennusten kerrosalasta on kasvanut. Vuonna 2014 noin 85 prosenttia suomalaisista asui taajamassa. Vuosina 1990–2014 taajamien pinta-ala on kasvanut lähes 40 prosenttia, taajamissa sijaitsevien rakennusten kerrosala noin 55 prosenttia ja asukasmäärä noin 18 prosenttia. Taajamien keskimääräinen asukastiheys on alentunut, mutta aluetehokkuus on kasvanut (Taulukko 2).

Vuonna 2014 Suomessa oli yhteensä 735 taajamaa. Lähes jokaisessa kunnassa on vähintään yksi taajama-alue. Ainoastaan kymmenessä pääosin Ahvenanmaalla sijaitsevassa kunnassa ei ollut lainkaan taajamaa. Suurin osa taajamista on kooltaan pieniä. Yli 20 000 asukkaan taajamia oli vuonna 2014 yhteensä 31, yli 10 000 asukkaan taajamia 50, yli 5 000 asukkaan taajamia 104 ja yli 3 000 asukkaan taajamia 151.

Kaukolämmön kysynnän ja tarjonnan näkökulmasta on oleellista tarkastella asemakaavoitettuja taajama-alueita, missä lämpötiheys on suurin ja tästä syystä hyvin potentiaalinen kaukolämmölle. Asemakaavoitettua aluetta sijaitsee noin 80 prosentissa taajamista. Loput 20 prosenttia taajamista ovat rakenteeltaan niin väljiä tai kooltaan pieniä, ettei niitä ole lainkaan asemakaavoitettu.

Taulukko 2. Taajama-alueiden pinta-alan, asukasmäärän ja rakennusten kerrosalan muutos vuosina 1990–2014. Tietolähteenä on käytetty SYKEN aluerajauksia ja maankäyttötietoja sekä Tilastokeskuksen tietoja väestöstä ja rakennuskannasta, johon ei sisälly maatalousrakennuksia tai vapaa-ajan asuntoja.

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	Muutos 1990-2014
Maa-ala, km ²	4 830	5 236	5 561	6 012	6 430	6 691	38,5 %
Asukasmäärä	3 895 000	4 066 000	4 186 000	4 316 000	4 473 000	4 603 000	18,2 %
Osuus koko maan väestöstä	78,9 %	80,3 %	81,6 %	82,9 %	84,1 %	85,1 %	6,2 %-yks.
Asukastiheys (as./km ²)	807	777	753	718	696	688	-14,7 %
Kerrosala (milj. k-m ²)	250,9	277,4	303,2	337,2	364,7	388,6	54,9 %
Osuus koko maan kerrosalasta	82,4 %	83,0 %	83,5 %	83,8 %	84,2 %	84,4 %	2,0 %-yks.
Aluetehokkuus (k-m ² /m ²)	0,052	0,053	0,055	0,056	0,057	0,058	11,8 %

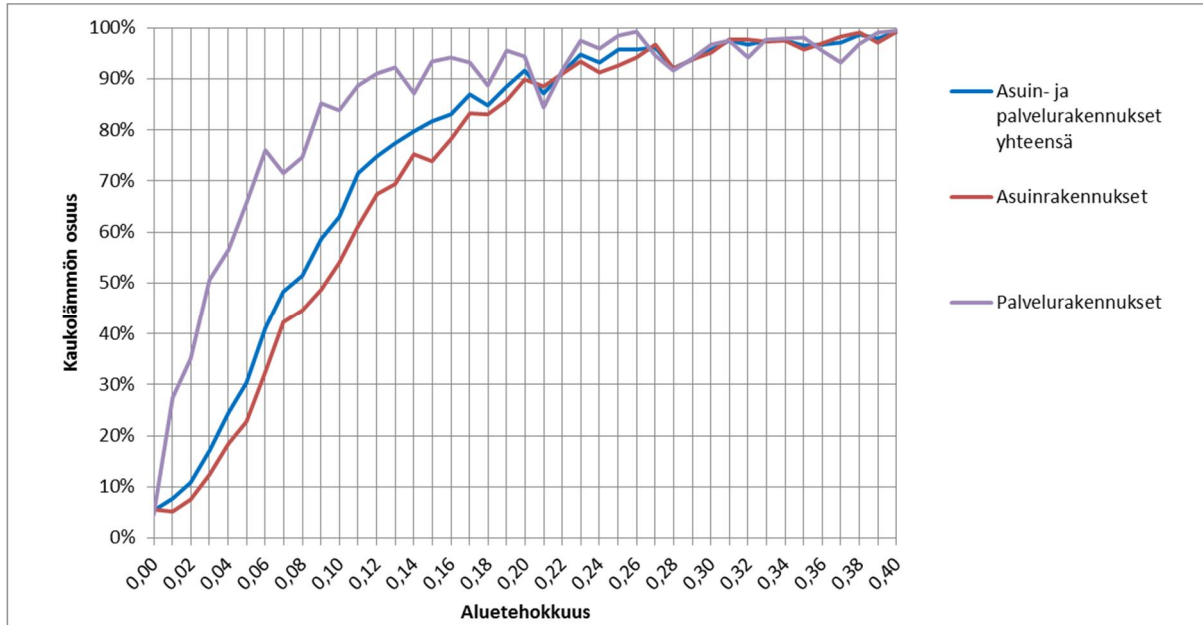
Asemakaava-alueita voidaan kuvata tilastollisesti varsin hyvin niin sanotun tiheän taajama-alueen rajauksella. Tiheällä taajama-alueella jokaisessa 250 metrin tilastoruudussa aluetehokkuus naapuriruutujen summana laskettuna on vähintään 0,02. Asemakaava-alue tai tiheän taajaman alue kattaa yleensä vain osan taajamasta. Muut osat taajamasta ovat harvaa taajama-alueita, jolle ei tyypillisesti ole rakennettu kunnallistekniikkaa.

Tiheälle taajama-alueelle sijoittui vuonna 2014 noin 78 prosenttia koko maan asukkaista ja rakennusten kerrosalasta (taulukko 3). Tiheän taajaman kasvuvauhti vuosina 1990–2014 on ollut nopeampaa kuin kaikilla taajama-alueilla yhteensä.

Taulukko 3. Asemakaavoitettua aluetta vastaavien tiheiden taajama-alueiden pinta-alan, asukasmäärän ja rakennusten kerrosalan muutos vuosina 1990–2014. Tietolähteenä on käytetty SYKEN aluerajauksia ja maankäyttötietoja sekä Tilastokeskuksen tietoja väestöstä ja rakennuskannasta, johon ei sisälly maatalousrakennuksia tai vapaa-ajan asuntoja.

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	Muutos 1990-2014
Maa-ala, km ²	2 633	2 876	3 065	3 339	3 571	3 724	41,5 %
Asukasmäärä	3 479 000	3 652 000	3 781 000	3 916 000	4 072 000	4 206 000	20,9 %
Osuus koko maan väestöstä	70,5 %	72,2 %	73,7 %	75,3 %	76,6 %	77,8 %	7,3 %-yks.
Asukastiheys (as./km ²)	1321	1270	1234	1173	1140	1129	-14,5 %
Kerrosala (milj. k-m ²)	227,9	252,9	277,4	309,7	335,5	358,4	57,2 %
Osuus koko maan kerrosalasta	74,9 %	75,6 %	76,4 %	77,0 %	77,5 %	77,8 %	2,9 %-yks.
Aluetehokkuus (k-m ² /m ²)	0,087	0,088	0,091	0,093	0,094	0,096	11,2 %

Aluetehokkuudella eli rakennusten kerrosalan suhteella maa-alaan on tilastoruutasolla tarkasteltuna selvä yhteys kaukolämmön käyttöön lämmönlähteenä. Jo aluetehokkuudeltaan 0,1 tilastoruuduissa pääosa uusien asuin- ja palvelurakennusten kerrosalasta sijaitsee kaukolämmön piirissä (Kuva 7).



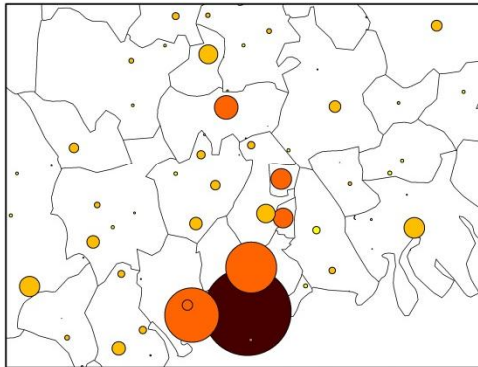
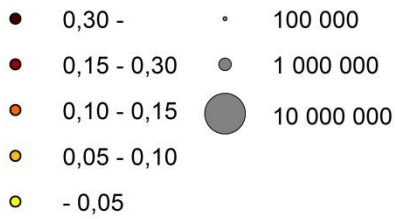
Kuva 7. Kaukolämmön osuus rakennusten kerrosalasta rakennustyypeittäin aluetehokkuuden mukaan asemakaavoitetulla taajama-alueella vuonna 2013. Osuus on määritetty vain niistä rakennuksista, joiden lämmön lähde on tiedossa. Tarkastelussa ovat mukana vain 2000-luvulla valmistuneet asuin- ja palvelurakennukset, joiden kohdalla tietoa lämmitystavasta voidaan pitää luotettavana. Aluetehokkuus on määritetty 250 metrin ruudukossa naapuriruutujen summana. Palvelurakennuksiin kuuluvat liike-, toimisto-, liikenteen, hoitoalan, kokoontumis- ja oppilaitosrakennukset. Lähde: YKR/SYKE, VTJ/VRK 4/2014.

Aluetehokkuus vaihtelee paljon asemakaava-alueiden sisällä. Aluetehokkuudeltaan alle 0,1 asuinalueet on tyypillisesti suhteellisen väljiä pientaloalueita, ja aluetehokkuudeltaan 0,10–0,15 asuinalueet tiiviitä pientaloalueita. Tätä tiiviimmin rakennetut asuinalueet ovat yleensä kerrostalovaltaisia. Keskusta-alueet on yleensä rakennettu tiiviisti, mutta muilla palveluiden ja teollisuuden alueilla rakentamistehokkuudessa on eroja alueittain ja toimialoittain.

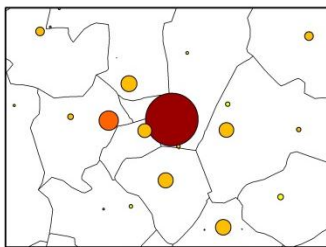
Vain Helsingin kaupungin asemakaavoitettua aluetta vastaavalla tiheällä taajama-alueella koko alueen keskimääräinen aluetehokkuus oli yli 0,3. Turun, Tampereen ja Kuopion (liite) kaupunkien tiheällä taajama-alueella keskimääräinen aluetehokkuus oli yli 0,15. Näiden lisäksi 29 muulla kunnittain jaotellulla tiheällä taajama-alueella keskimääräinen aluetehokkuus sijoittui välille 0,10–0,15. Lähes 250 eri kunnassa sijaitsevalla erillisellä tiheän taajaman alueella keskimääräinen aluetehokkuus vaihteli välillä 0,05–0,10 (Kuva 8).

Aluetehokkuudeltaan vähintään 0,1 tilastoruutuja sijaitsi kaikkiaan noin 250 erillisellä kunnittain jaotellulla tiheällä taajama-alueella (Kuva 9). Näiden vähintään 0,1 aluetehokkuuden ruutujen kerrosalasta yli 80 prosenttia sijaitsi 30 suurimmalla kunnittain jaotellulla taajama-alueella.

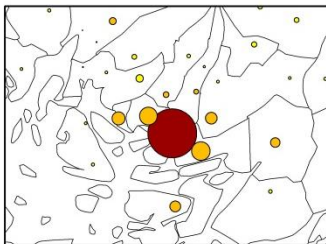
Aluetehokkuudeltaan vähintään 0,2 tilastoruutuja sijaitsi kaikkiaan noin 94 erillisellä kunnittain jaotellulla taajama-alueella. Aluetehokkuudeltaan vähintään 0,3 tilastoruutuja sijaitsi kaikkiaan noin 53 erillisellä kunnittain jaotellulla taajama-alueella.

Aluetehokkuus Kerrosala (k-m²)


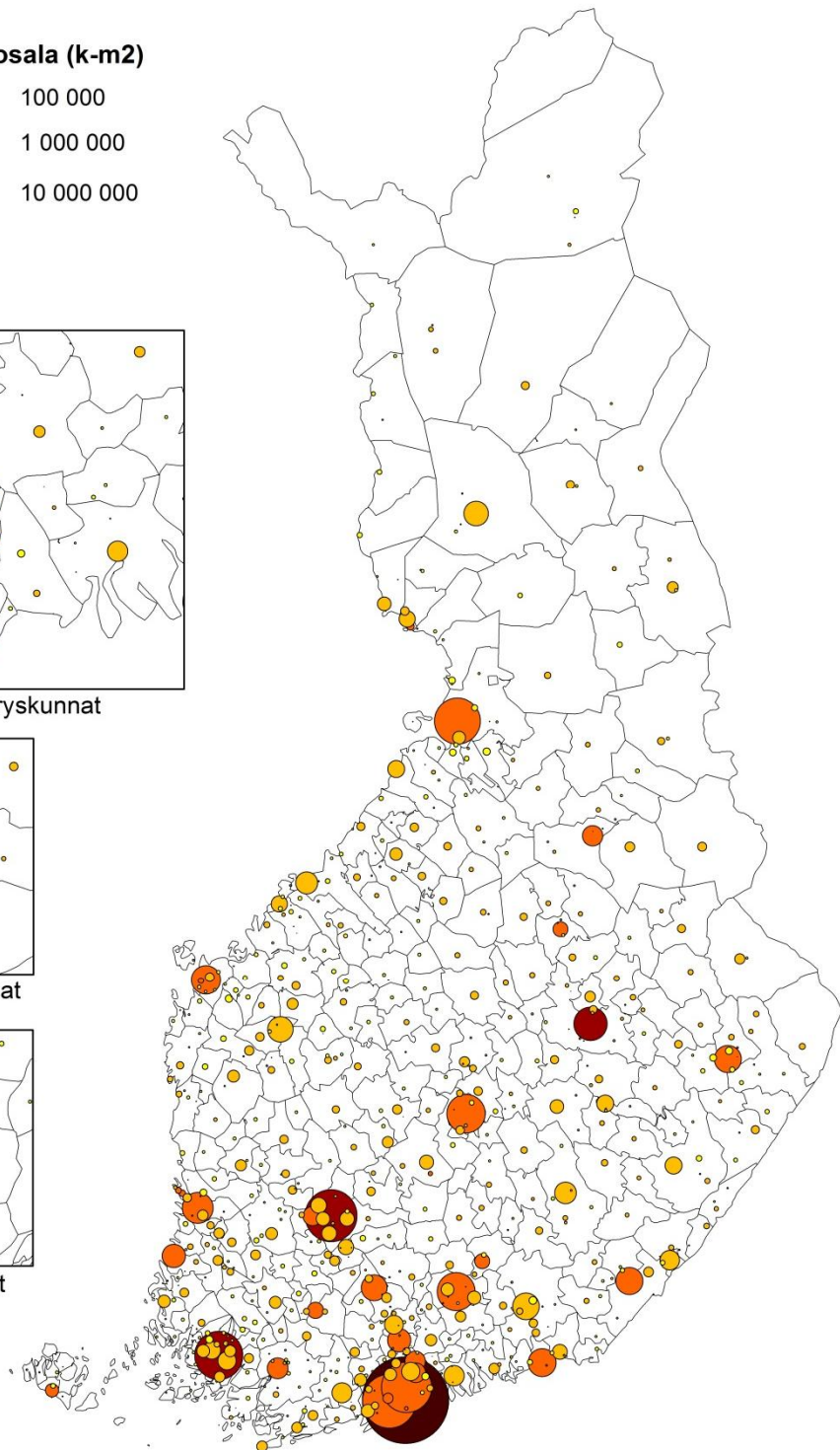
Helsinki ja ympäryskunnat



Tampere ja ympäryskunnat

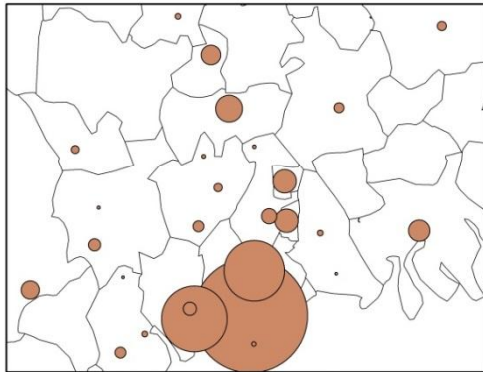
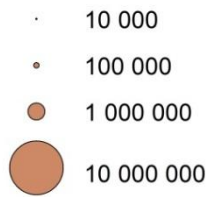


Turku ja ympäryskunnat



Kuva 8. Asemakaavoitettua aluetta vastaavat tiheät taajama-alueet kunnittain keskimääräisen aluetehokkuuden ja rakennusten yhteen lasketun kerrosalamäärän mukaan vuonna 2014. Taajamat on tarkastelussa leikattu kuntarajalla, siten että taajaman eri kunnassa sijaitsevia osia käsitellään omina alueinaan. Lähde: SYKE.

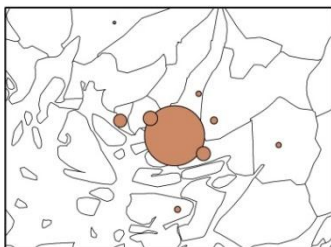
Kerrosala aluetehokkuudeltaan vähintään 0,1 alueilla



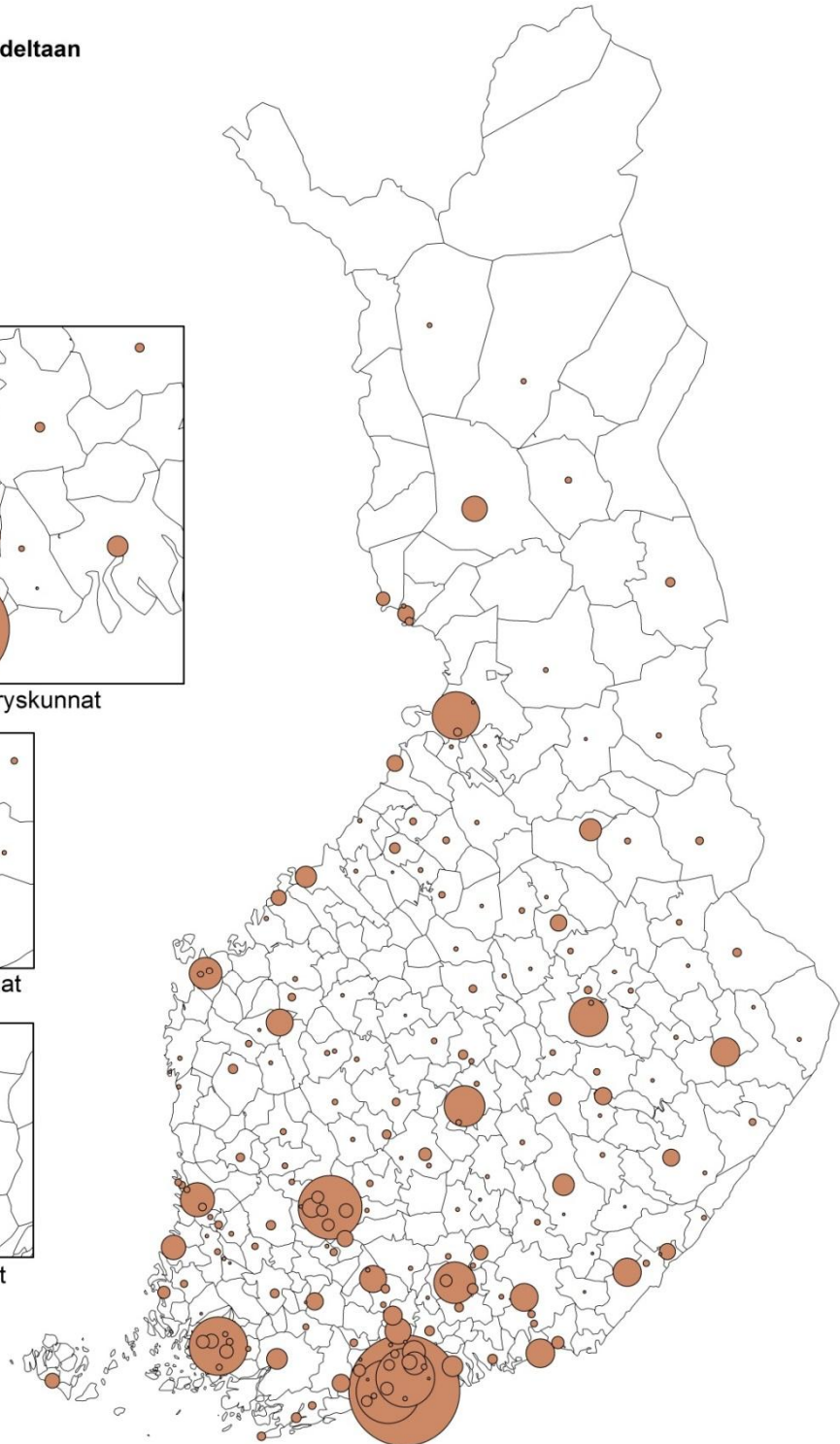
Helsinki ja ympäryskunnat



Tampere ja ympäryskunnat

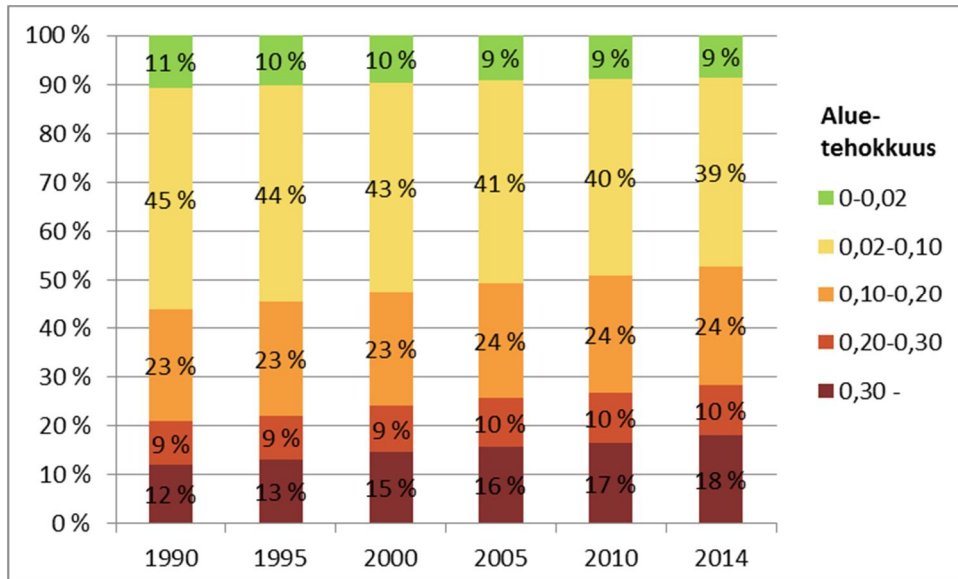


Turku ja ympäryskunnat

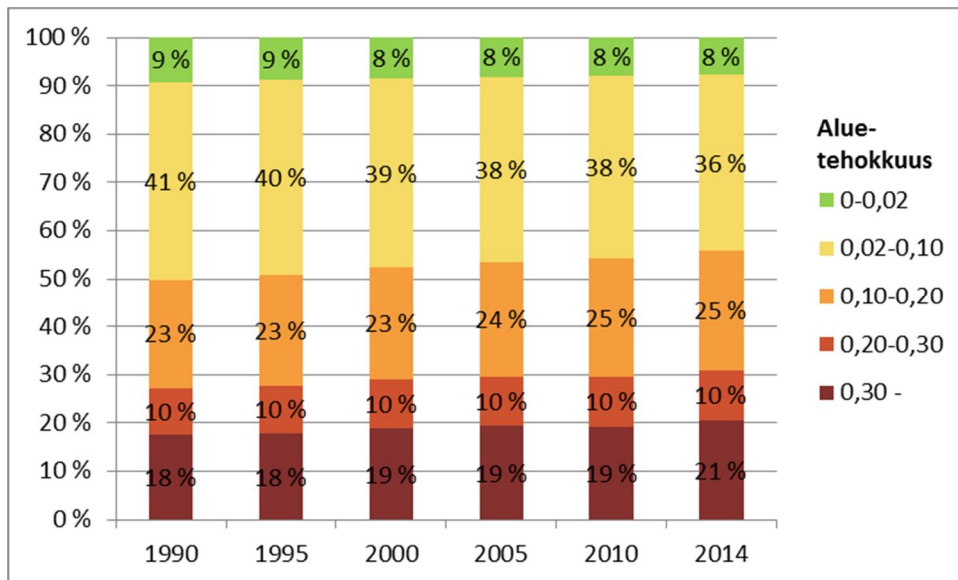


Kuva 9. Aluetehokkuudeltaan vähintään 0,1 tilastoruutujen yhteen laskettu kerrosala tiheillä taajama-alueilla taajamittain ja kunnittain vuonna 2014. Taajamat on tarkastelussa leikattu kuntarajalla, siten että taajaman eri kunnassa sijaitsevia osia käsitellään omina alueinaan. Lähde: SYKE.

Tiiviisti rakennettujen alueiden osuus taajamien asukkaista ja kerrosalasta on kasvanut merkittävästi viime vuosikymmeninä. Vuonna 2014 noin 18 prosenttia kaikista taajamien asukkaista asui aluetehokkuudeltaan yli 0,3 alueella, noin 28 prosenttia aluetehokkuudeltaan yli 0,2 alueella ja noin 52 prosenttia aluetehokkuudeltaan yli 0,1 alueella (Kuva 10). Rakennusten kerrosalan mukaan laskettuna osuudet olivat muutaman prosenttiyksikön suurempia (Kuva 11).



Kuva 10. Aluetehokkuudeltaan erilaisilla alueilla asuvien osuus taajamaväestöstä koko maassa vuosina 1990–2014. Tarkastelussa on koko taajama-alue. Lähde: YKR/SYKE.



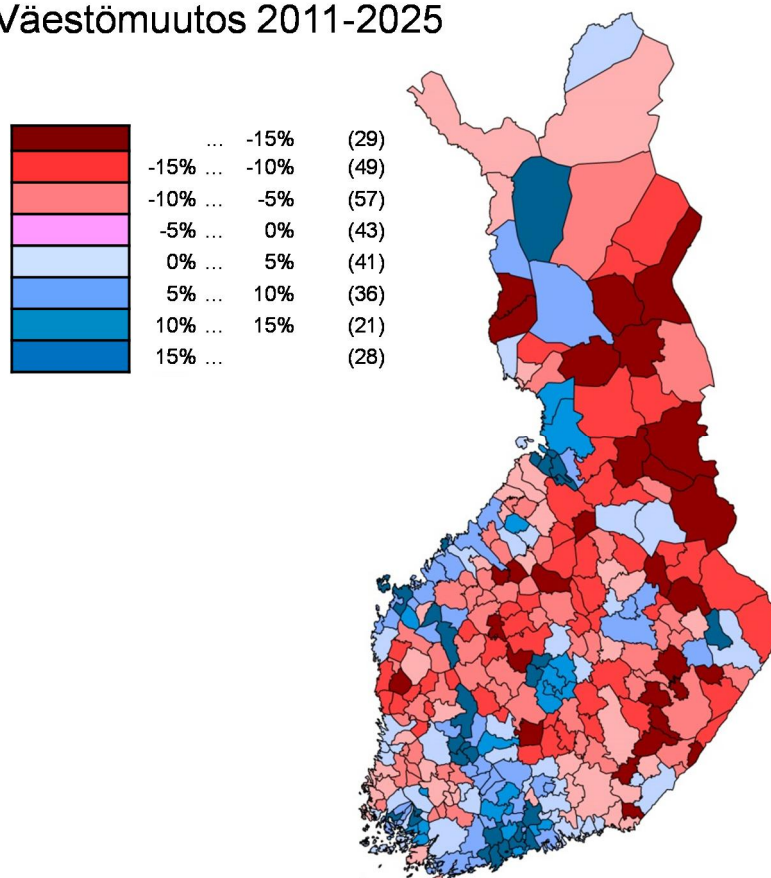
Kuva 11. Aluetehokkuudeltaan erilaisilla alueilla sijaitsevan kerrosalan osuus taajamien kerrosalasta koko maassa vuosina 1990–2014. Tarkastelussa on koko taajama-alue. Lähde: YKR/SYKE.

4.1.3 Suomen rakennuskannan kehitys 2010–2030

Pääsuunnan rakennuskannan muutoksille antaa alueellinen väestökehitys. Väestökehitys on yksi asuntotuotantotarpeen komponenteista ja vaikuttaa merkittävästi työpaikkarakentamisen ja uusien väestöä palvelevien rakennusten sijoittumiseen.

Suomen väestön määrä tulee kasvamaan ainakin vuoteen 2060 saakka, minne ulottuu Suomen virallinen väestöennuste (Tilastokeskus, 2012). Väestöennusteen mukaan Manner-Suomen väkiluku olisi vuonna 2025 noin 5,7 miljoonaa henkilöä. Suuressa osassa kunnista (Kuva 12) on päädytty väestön kehityksen suhteen supistuvaan kierteeseen, jossa nuoret muuttavat kasvaville kaupunkiseuduille ja luonnollinen väestönkasvu on vähäistä. Tämä kehitys tulee vähentämään myös maalta muuttoa koska mahdollisia muuttajia on entistä vähemmän. Supistuvilla alueilla sekä asuntoja että toimitiloja jää tyhjilleen.

Väestömuutos 2011-2025



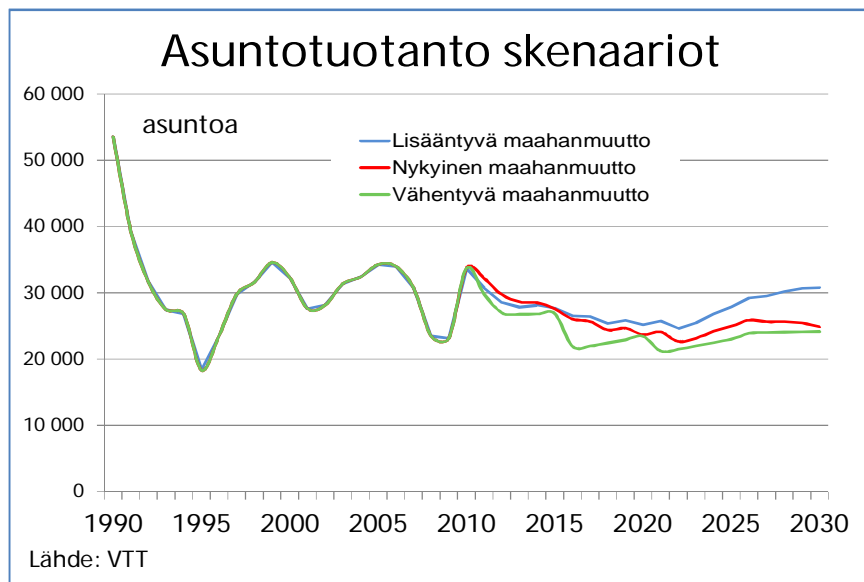
Kuva 12. Kunnan väestömäärään suhteutettu väestönkasvu.

Suhteessa kunnan väestömäärään, väestön määrä kasvaa 126 kunnassa. Absoluuttisen väestönkasvun jakaa n. 20 kuntaa, joiden osuus väestönkasvusta on enemmän kuin 2 % (Taulukko 4).

Taulukko 4. Väestön kasvun sijoittuminen väestötiheydeltään erityyppisiin kuntiin. Suurin osa väestökasvusta sijoittuu Helsinkiin (22 %), Espooseen (13 %), Vantaalle (10 %), Ouluun (8 %), Tampereelle (6 %) ja Jyväskylään (4 %). Muita kasvivia kuntia ovat Turku, Lahti, Seinäjoki (väestönkasvusta 3 % per kunta) ja pääkaupunkiseudun ympäryskunnat Kirkkonummi ja Tuusula (2 % per kunta), Tampereen ympäryskunnat Kangasala, Pirkkala, Nokia, Ylöjärvi ja Lempäälä (2 % per kunta) sekä Hämeenlinna, Kuopio, Vaasa ja Rovaniemi (2 % per kunta).

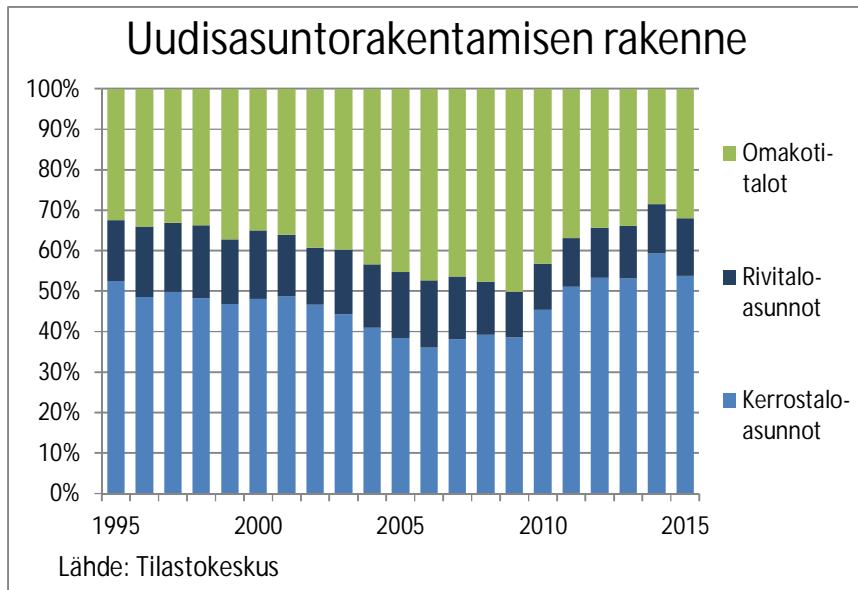
	2010 Väkiluku	2025 Väkiluku	Väestömuutos	
			Hlö	%
Kaupunkimaiset kunnat	3 680 866	4 029 102	348 236	9 %
Taajaan asutut kunnat	888 209	921 023	32 814	4 %
Maaseutumaiset kunnat	796 108	758 010	-38 098	-5 %

Väestöennusteista ja rakennuskannan poistumasta johdettuna asuntotuotantotarve on keskimäärin 26 500 + 2 550 asuntoa aikavälillä 2011–2025. Tulokseen (Kuva 13) on päädytty laskemalla vaihtoehtoisia kehityspolkuja väestökehitykselle ja asuntokannan poistumalle (Vainio et al. 2012). Asuntotuotantotarve keskittyy mainituille harvalukuisille kaupunkiseuduille.



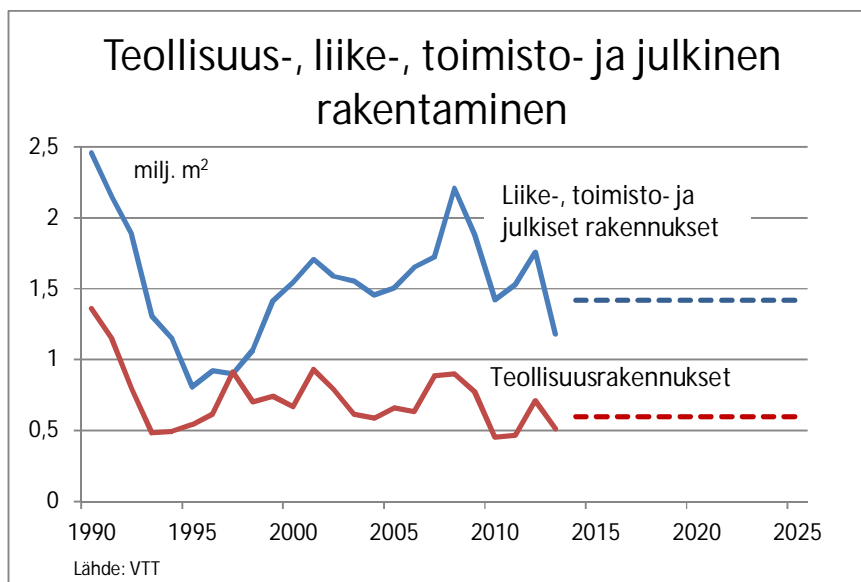
Kuva 13. Uudisasuntotuotannon skenaariot.

Asuinrakennukset jaetaan omakotitaloihin, rivitaloihin ja kerrostaloihin. Talotyyppien markkinaosuudet ovat vaihdelleet vuosien saatossa (Kuva 14). Markkinaosuuksia ovat ohjanneet kotitalouksien preferenssien lisäksi mm. rahoituksen saatavuus, suhdanteet, asuntopolitiikka ja kuntien kaavoitus. Tulevasta kehityksestä on ollut vallalla sekä asuntotuotannon pientalovaltaistuminen että kerrostalovaltaistuminen. Pientalovaltaistumisen on ennakoitu olevan seurausta elintason noususta. Kerrostalovaltaistumista puoltaa heikko kansantalouden tila, väestön ikääntyminen ja keskittyminen kaupunkeihin sekä ekotehokkuustavoitteet. Asuntotyyppillä on vaikutusta tulevaan kaukolämmön kysyntään. Uusista kerrostaloista lähes kaikki on liitetty kaukolämpöön, rivitaloista 60 % ja omakotitaloista vain 15 %.



Kuva 14. Talotyypin osuudet uusista asunnoista.

Muuhun kuin asuntorakentamiseen vaikuttavat talouden ja toimialojen kehitys. Suomen talouden odotetaan palautuvan kasvu-uralle vasta 2020-luvun alussa. Tästä syystä vuoteen 2025 saakka muun kuin asuntorakentamisen määrät jäävät melko matalalle tasolle (Kuva 15). Yhteiskunnan rakennemuutoksen odotetaan jatkuvan. Tämä tarkoittaa kasvun painottumista palvelutoimialoille alkutuotannon ja jalostuksen kustannuksella (Ahokas et al. 2015). Talouskasvu ja työllisyyden parantuminen ja sitä myötä muu talonrakentaminen keskittyvät samoille maantieteellisille alueille kuin väestönkasvu ja asuntorakentaminen.

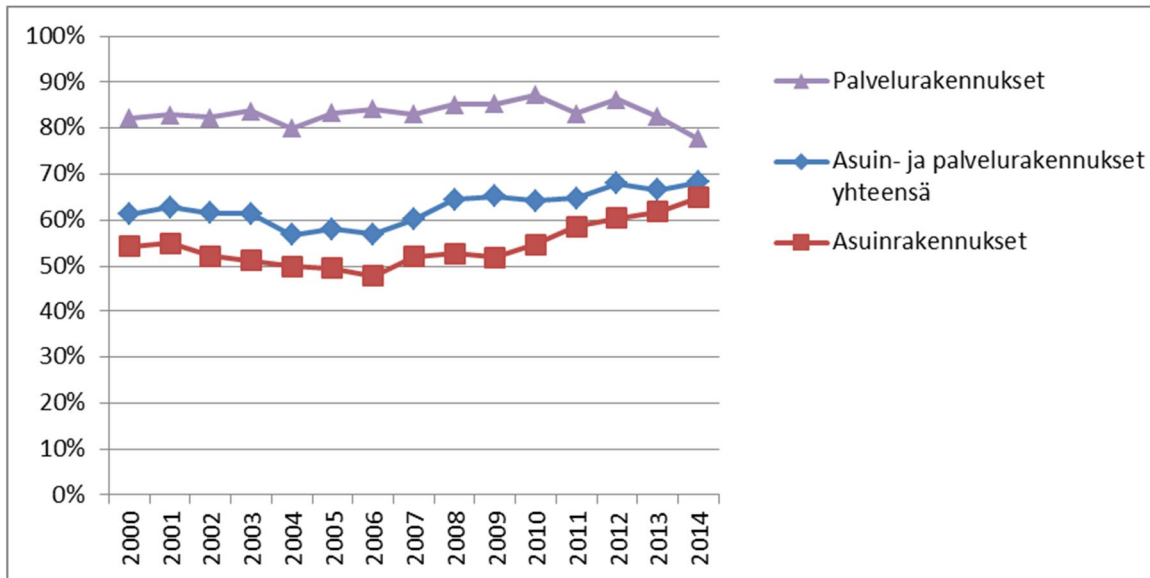


Kuva 15. Toteutunut ja tuleva taso teollisuusrakentamisessa sekä liike-, toimisto- ja julkinen rakentamisessa 1990–2025.

4.1.4 Kaukolämmön markkinaosuus

Kaukolämmön osuus vuosina 2000–2014 valmistuneissa asuin- ja palvelurakennuksissa on vaihdellut 60 prosentin molemmin puolin (Kuva 16). Viime vuosina osuus on noussut yli 65 prosenttiin, kun uudisrakentaminen on painottunut kerrostaloihin. Tarkasteltaessa pelkkiä

uusia asuinrakennuksia muutos on ollut jyrkempi. Kaukolämmön osuus valmistuneiden asuinrakennusten lämmönlähteenä on tippunut 54 prosentista vuonna 2000 48 prosenttiin vuonna 2006 ja noussut siitä 62 prosenttiin vuonna 2013. Uusissa palvelurakennuksissa kaukolämmön osuus on pysynyt pääosin yli 80 prosentin tasolla.



Kuva 16. Kaukolämmön piiriin sijoittuvien, vuosina 2000–2014 valmistuneiden asuin- ja palvelurakennusten osuus valmistumisvuoden mukaan asemakaava-alueella. Osuus on määritetty vain niistä rakennuksista, joiden lämmön lähde on tiedossa. Palvelurakennuksiin kuuluvat liike-, toimisto-, liikenteen, hoitoalan, kokoontumis- ja oppilaitosrakennukset. Lähde: SYKE, VTJ/VRK 4/2015.

4.2 Suomen rakennuskannan lämmitys

4.2.1 Lämmönkulutuksen mallit

Tässä tutkimuksessa rakennuskannan energiankulutus on arvioitu REMA -mallilla (Tuominen et al., 2014) ja EKOREM mallilla (Heljo et al., 2012) REMA sisältää omakotitalot, rivi- ja kerrostalot, liike- ja palvelurakennukset. Teollisuusrakennusten energiankulutuksen arvioitiin EKOREM -mallilla. Malleissa rakennuksia käsitellään jaettuna ikäluokkiin niiden toteutuneen tai tulevan valmistusvuoden mukaan. Näin siksi, että voidaan ottaa huomioon Suomen energiatehokkuusvaatimusten kehitys sekä korjausten yhteydessä tehtävät toimenpiteet. Jokaisesta rakennusluokasta on mallinnettu sekä tilojen ja käyttöveden lämmitykseen kuluva energia että muu energiankulutus kuten valaistus ja teknisten järjestelmien sähkökulutus ja tilojen käytöstä saatava ilmaisen energia.

Uudet rakennukset rakennetaan kansallisen ja EU:n säädösten mukaisina. Tätä tutkimusta tehtäessä olivat voimassa uudisrakentamisen osalta kesällä 2012 ja luvanvaraisen korjausrakentamisen osalta vuoden 2013 syksyllä tulleet vaatimukset. Seuraava muutos ajoittuu vuosille 2017–2018, jolloin uudisrakennusten vaatimustaso kiristyy lähes nollaenergia-rakennus -tasolle.

4.2.2 Lämmönkulutuksen muutokset

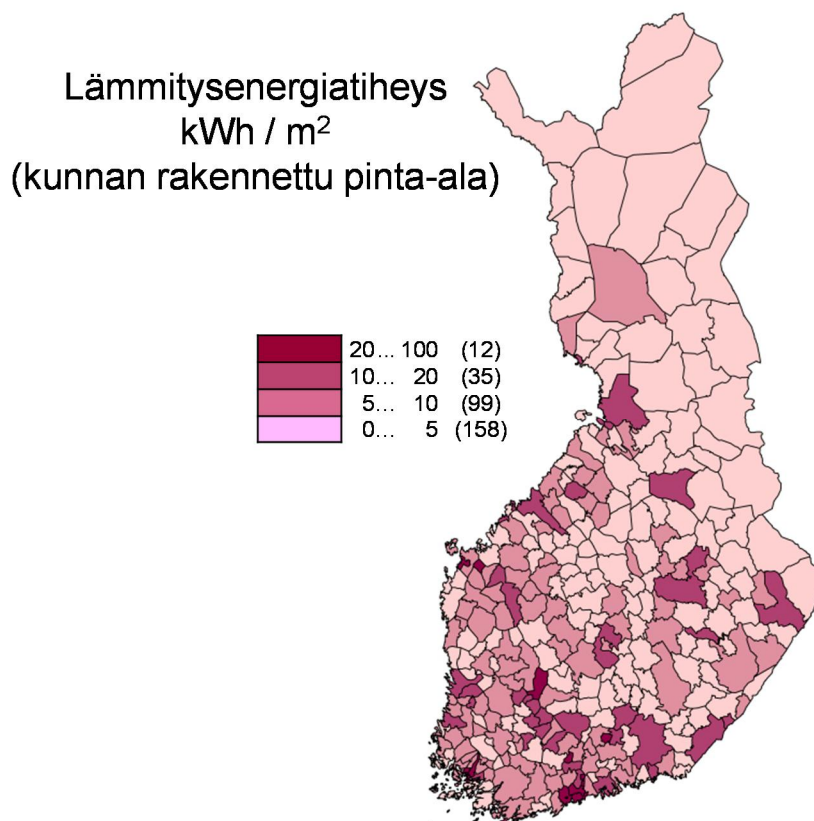
Lämmönkulutuksen muutoksiin tulevan 10 vuoden tähtäimellä vaikuttavat uusien rakennusten rakentaminen ja muutokset olemassa olevassa rakennuskannassa eli poistuma joko kokonaan tai pois vakituisesta käytöstä sekä rakennusten korjausten yhteydessä tehtävät energiatehokkuuden parannukset. Energiatehokas uudisrakentaminen korvaa paljon energiaa kuluttavia vanhoja rakennuksia ja pienentää osaltaan rakennuskannan energian-

kulutusta. Korjausrakentamisessa energiatehokkuutta parannetaan ulkovaipan korjausten yhteydessä (ikkunat, julkisivujen lisäeristys) ja teknisten järjestelmien uusimisen yhteydessä (tehokkaampi uusi teknologia). Osa lämmitysenergiasta kierrätetään uudelleen käyttöön lämmöntalteenoton ja lämpöpumppujen avulla.

Vuoden 2010 lämmitysenergian kulutus (89 000 GWh) sisältää tilojen ja käyttöveden lämmittämisen ja jakaantuu talotyypeille omakotitalot (~30 prosenttia), liike- ja julkiset rakennukset (~30 prosenttia), rivi- ja kerrostalot (~25 prosenttia) ja teollisuusrakennukset (~15 prosenttia). Kaukolämmön markkinaosuus on suurin kerrostaloissa (90 prosenttia) ja pienin omakotitaloissa (alle 10 prosenttia). Liike-, toimisto- ja julkisissa rakennuksissa kaukolämmön markkinaosuus on noin 60 prosenttia. Huomattava, että myös kaukolämpöön liitetyissä rakennuksissa osa lämmityksestä tuotetaan sähköllä. Sähköllä voidaan mm. esilämmittää tuloilma ja kosteat tilat (sähköinen lattialämmitys).

Lämmitysenergian kulutus on jaettu kunnille niiden rakennuskannan määrän ja rakenteen perusteella. Lämmitysenergiatiheys (Kuva 17) on laskettu jakamalla kunnan rakennusten lämmitystarve kunnan rakennetulla maapinta-alalla. Vaikka kunnan pinta-ala olisi suuri, keskittyvät rakennukset lopulta melko pienelle maapinta-alalle.

Lämmitysenergiatiheys on ylivoimaisesti suurin Helsingissä (90 kWh/m² rakennettu maapinta-ala). Muissa suurissa kaupungeissa (Espoo, Vantaa, Turku, Tampere, Lahti) energiatiheys jää selvästi pienemmäksi, 30–40 kWh/m² välille.

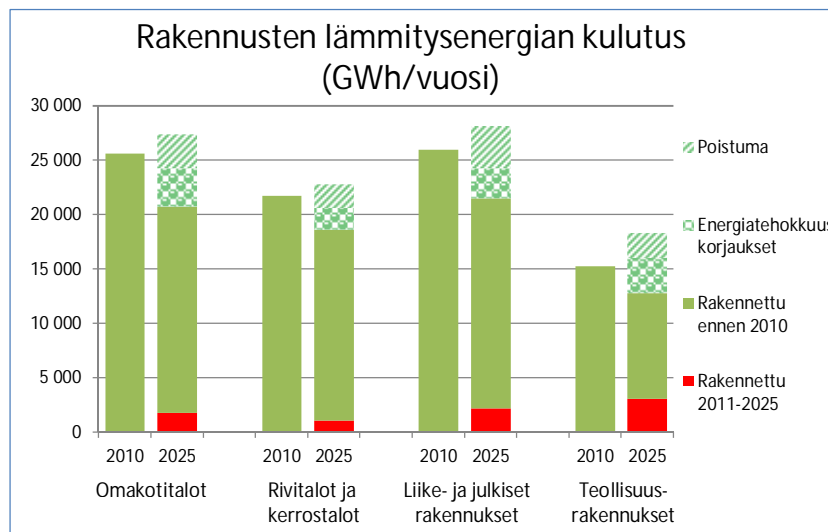


Kuva 17. Kuntien lämmitysenergiatiheys vuonna 2015 (kunnan rakennusten lämmitysenergian kysyntä kWh jaettuna kunnan rakennetun ympäristön maapinta-alalla).

Vuoteen 2025 mennessä uudisrakentaminen tuo lisää kulutusta noin 10 prosenttia (8 GWh vuodessa) verrattuna vuoden 2010 kulutukseen. Lämmitysenergian kulutus voisi kasvaa 96 GWh:iin vuoteen 2025 mennessä. Mikäli rakennusten energiatehokkuutta parantavat korjaukset ja ostolämmön lämmön tehokas hyödyntäminen (talteenotto, kierrätys) toteutuvat

kansallisen tavoitteen mukaisina ja rakennuksia poistuu joko kokonaan tai jää vaille vakituista käyttöä, lämmön kulutus voi laskea 74 000 GWh:iin vuodessa (Kuva 18). Taulukko 5 esittää poistuman, korjausrakentamisen energiatehokkuuden parannusten ja uudisrakentamisen vaikutuksen lämmönkulutukseen. Ilman poistumaa ja korjauksia lämmitysenergiantarve kasvaisi 10 prosenttia.

Ennuste perustuu oletukseen, että talouskehitys pysyy heikkona. Mikäli talous kehittyisi odotettua myönteisemmin tai vaihtoehtoisesti heikommin, toteutuisi uudisrakentaminen joko vilkkaampana tai vähäisempänä. Vanhan rakennuskannan energiatehokkuuden parannukset voidaan tehdä ns. etunojassa tai jättää kokonaan tekemättä. Poistuma rakennuskannasta voi olla suurempi, mikäli energiatehokkuutta haetaan uudelleen rakentamisella tai vähäisempi, mikäli esimerkiksi materiaalitehokkuuden nimissä suositaan korjausrakentamista.



Kuva 18. Lämmitysenergian kulutus voi laskea tasolta 89 000 GWh vuodessa tasolle 74 000 GWh vuodessa mikäli vanhoja rakennuksia korjataan energiatehokkaammiksi ja uudet rakennukset korvaavat runsaasti energiaa kuluttavia rakennuksia.

Taulukko 5. Lämmönkulutuksen muutoksen komponentit.

GWh / vuodessa	Omakotitalot	Rivi- ja kerrostalot	Liike- ja julkiset rakennukset	Teollisuusrakennukset	Yhteensä
Rakennusten lämmitys 2010	25 600	21 700	26 000	15 200	88 500
Kaukolämmön markkinaosuus	< 10 %	~80 %*	~ 55 %	~ 25 %	~45 %
Uudisrakennukset 2010–2025	1 750	1 080	2 160	3 060	8 050
Edelliset yhteensä	27 360	22 780	28 160	18 260	96 550
Rakennusten poistuma ** 2010–2025	-3 130	-2 120	-3 980	-2 280	-11 510
Rakennusten energia- tehokkuusparannukset 2010–2025 ***	-3 470	-2 080	-2 620	-3 220	-11 390
Rakennusten lämmitys 2025	20 800	18 600	21 600	12 800	73 00

*Rivitalot 50 %; kerrostalot 90 %

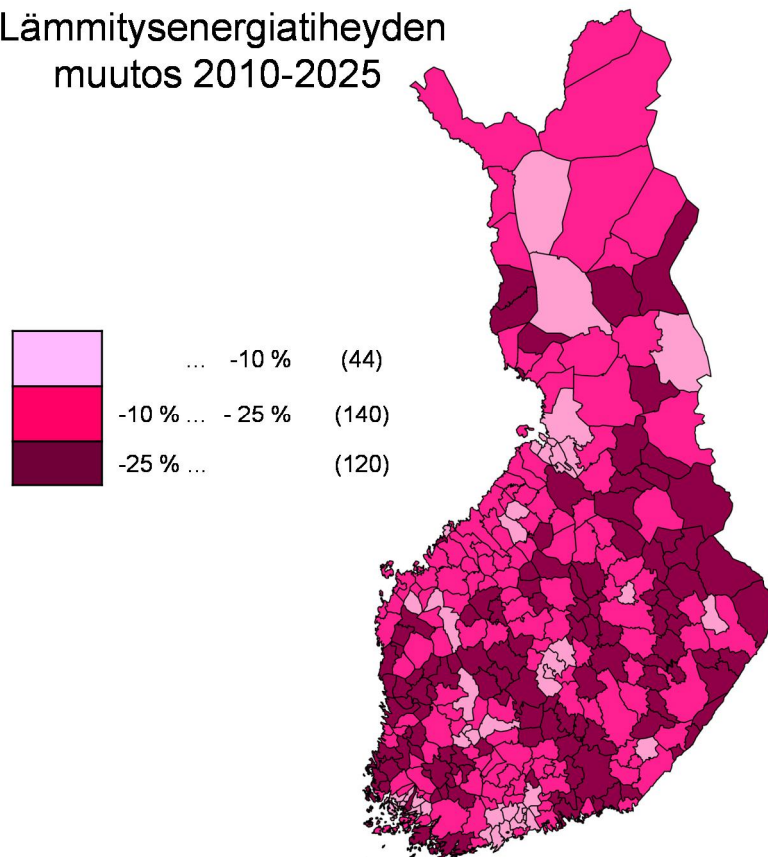
** Poistuma joko kokonaan tai vaille vakituista käyttöä

*** Ulkovaipan lämpöäviöiden pienentäminen, tehokkaammin hyödynnetty/kierrätetty ostoenergia

Kuntakohtainen energiatiheyden muutos vuodesta 2010 vuoteen 2025 on tehty olettaen, että korjausrakentamisen yhteydessä tehdään energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ja rakennuskannasta poistuu rakennuksia (Kuva 19). Uudisasuntotuotanto ja uusien liike- ja julkisten rakennusten rakentaminen on jaettu niille paikkakunnille, minne väestönkasvu sijoittuu. Uusi teollisuusrakentaminen on jaettu kunnille olemassa olevan teollisuusrakennuskannan suhteessa.

Kartalla on kuvattu vaihtoehto, jossa rakennuskannan lämmitysenergiankulutus on 74 GWh vuodessa. Koko maan tasolla lämmitysenergiankulutus vähenisi noin 15 prosenttia. Siellä, minne uudisrakentaminen painottuu ja se korvaa osan vanhan rakennuskannan kulutuksen laskusta, vähenee lämmitysenergian kulutus alle 10 prosenttia. Muuttotappioalueilla kulutuksen lasku pienentää energiatiheyttä jopa neljänneksen tai enemmän.

Lämmitysenergiatiheyden muutos 2010-2025



Kuva 19. Lämmitysenergiatiheyden (kWh/m² rakennettu pinta-ala) muutos vuodesta 2010 vuoteen 2025 mikäli rakennuskannan energiatehokkuutta parannetaan ja rakennuksia poistuu joko kokonaan tai jää vaille vakinaista käyttöä. Kunnille jaettava lämmitysenergian kulutus on vuonna 2025 74 GWh.

Aikavälillä 2010–2025 rakennettavien uusien rakennusten ostoenergian tarve (8 000 GWh /vuosi) sijoittuu kuntiin, missä jo nyt kaukolämmöllä on merkittävä markkinaosuus. Nykyisen trendin mukaisesti kaupungeissa pyritään mahdollisimman pitkälle sijoittamaan uusi rakentaminen vanhan rakennuskannan sisälle joko täydennysrakentamisena tai alueiden uusiokäyttönä. Nämä kohteet sijaitsevat tyypillisesti kaukolämpöverkon ulottuvissa ja ovat potentiaalisia kaukolämpökohteista.

5. Kaukolämmön tuotanto Suomessa

5.1 Lämmön tuotantokapasiteetti Suomessa

5.1.1 Tietolähteet

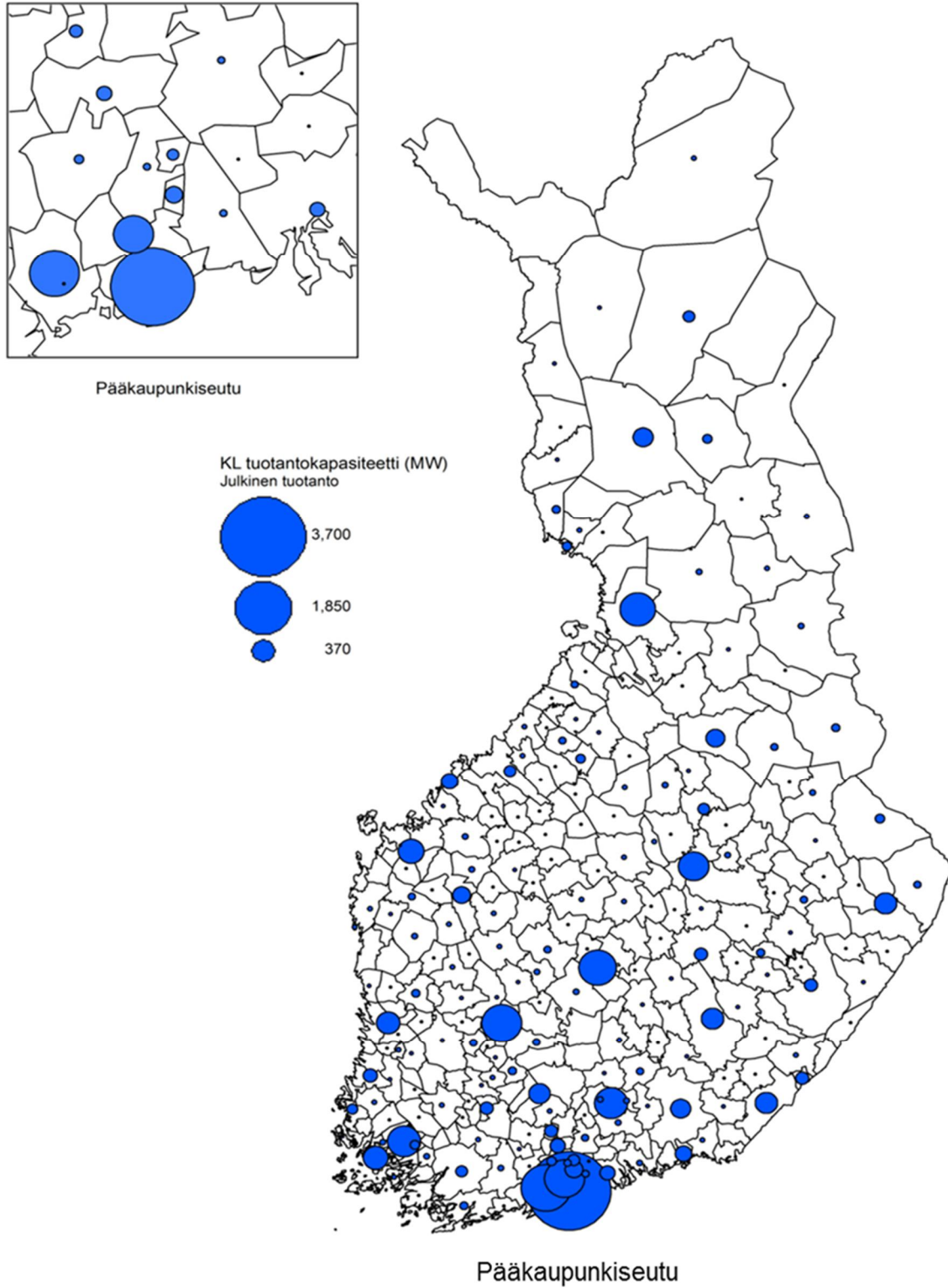
Hankkeessa on arvioitu kaukolämmön tuotantokapasiteettia ja tuotetun lämmön määrää käyttäen lähteinä Energiateollisuus ry:n kaukolämpötilastoja, Kuntaliiton tilastoja (pienet lämpölaitokset), VTT:n laitostietokantaa ja Suomen Ympäristökeskuksen laitostietokantaa. Tietoja on täydennetty laitosten ympäristölupahakemuksista, yritysten esittelyistä, uutisarkistoista ja tieto hakujen avulla hankituilla tiedoilla.

Energiateollisuus ry:n kokoamat kaukolämpötilastot kattavat suuren osan kaukolämmön tuotannosta. Laitosten kaukolämpötehossa (MW) mitattuna peitto on noin 95 prosenttia ja tuotetusta energiasta (GWh) noin 97 prosenttia. Ulkopuolelle jäävän osuuden tuottavat useat pienet laitokset, joiden osuus on määritetty muista lähteistä mm. Kuntaliiton tilastoista. Tuotanto on jaettu varsinaisten kaukolämpölaitosten tuotantoon ja teollisuuden tuotantoon.

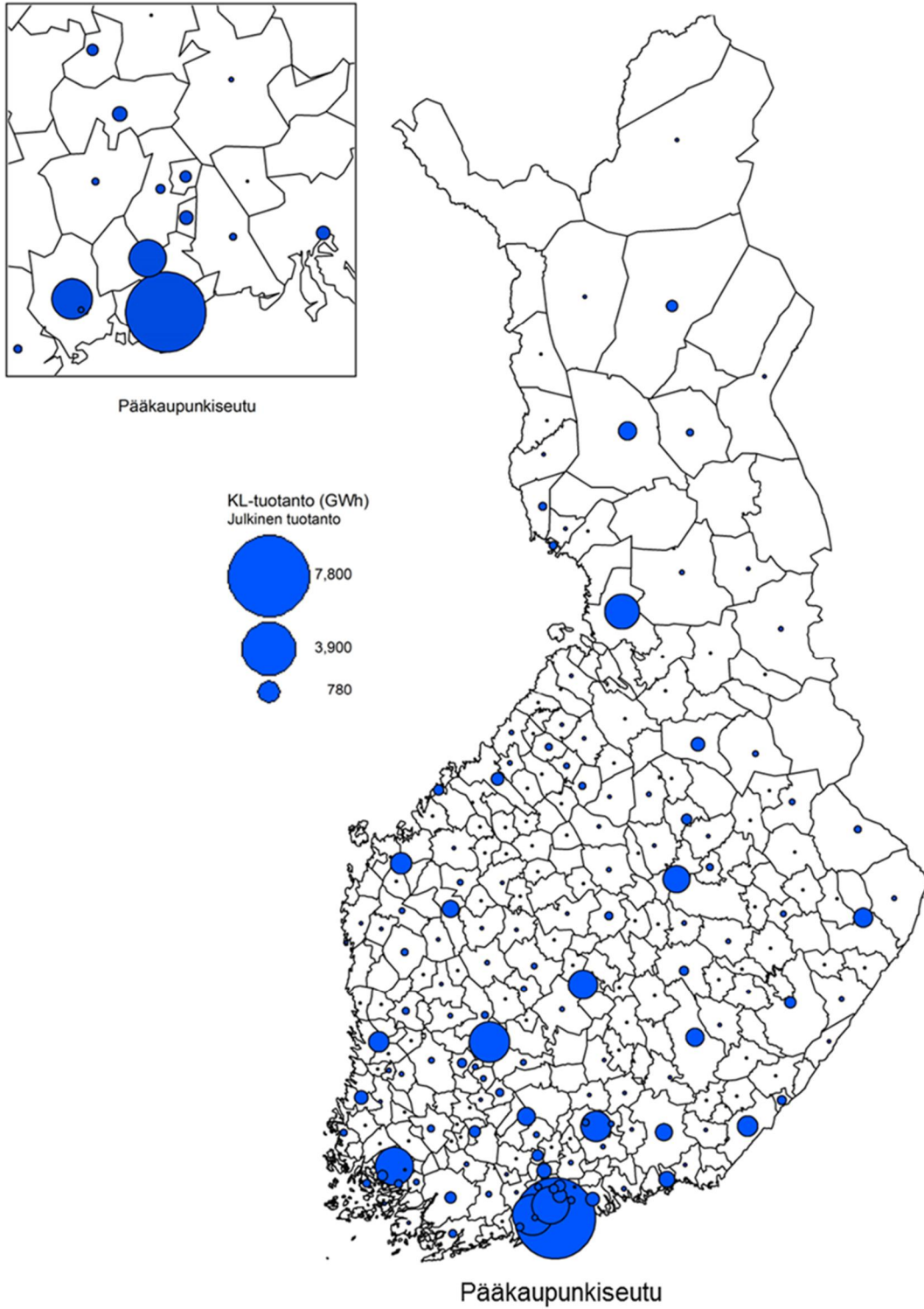
5.1.2 Kaukolämpölaitokset

Energiateollisuuden ja Kuntaliiton tilastojen mukaan vuonna 2010 kaukolämpöä tuotetaan 213 kunnassa (Kuva 20). Yhteenlaskettu kapasiteetti oli 20600 MW. Suurin tuotantokapasiteetti oli Helsingissä (hieman yli 3600 MW). Toiseksi suurin lämmöntuotantokapasiteetti oli Espoossa (noin 1500 MW) ja kolmanneksi suurin Tampereella (noin 1000 MW). Näiden lisäksi Suomessa oli 6 kaukolämpöjärjestelmää, joiden tuotantokapasiteetti oli 500–1000 MW, 14 kaukolämpöjärjestelmää kokoluokassa 200–500 MW ja 14 kaukolämpöjärjestelmää kokoluokassa 100–200 MW.

Kaukolämmön tuottajat joutuvat varautumaan kylmien talvien kulutuspiikkeihin ja laitosten mahdolliseen vikaantumiseen. Lämmöntuotantolaitosten keskimääräinen vuotuinen käyttöaika oli vuonna 2010 noin 1900 tuntia. Suurin kaukolämmön tuotanto oli Helsingissä, missä kaukolämpölaitokset tuottivat vuonna 2010 noin 7800 GWh lämpöä. Toiseksi suurin tuotanto oli Espoossa ja Tampereella, joissa molemmissa tuotettiin noin 2300 GWh kaukolämpöä (Kuva 21).



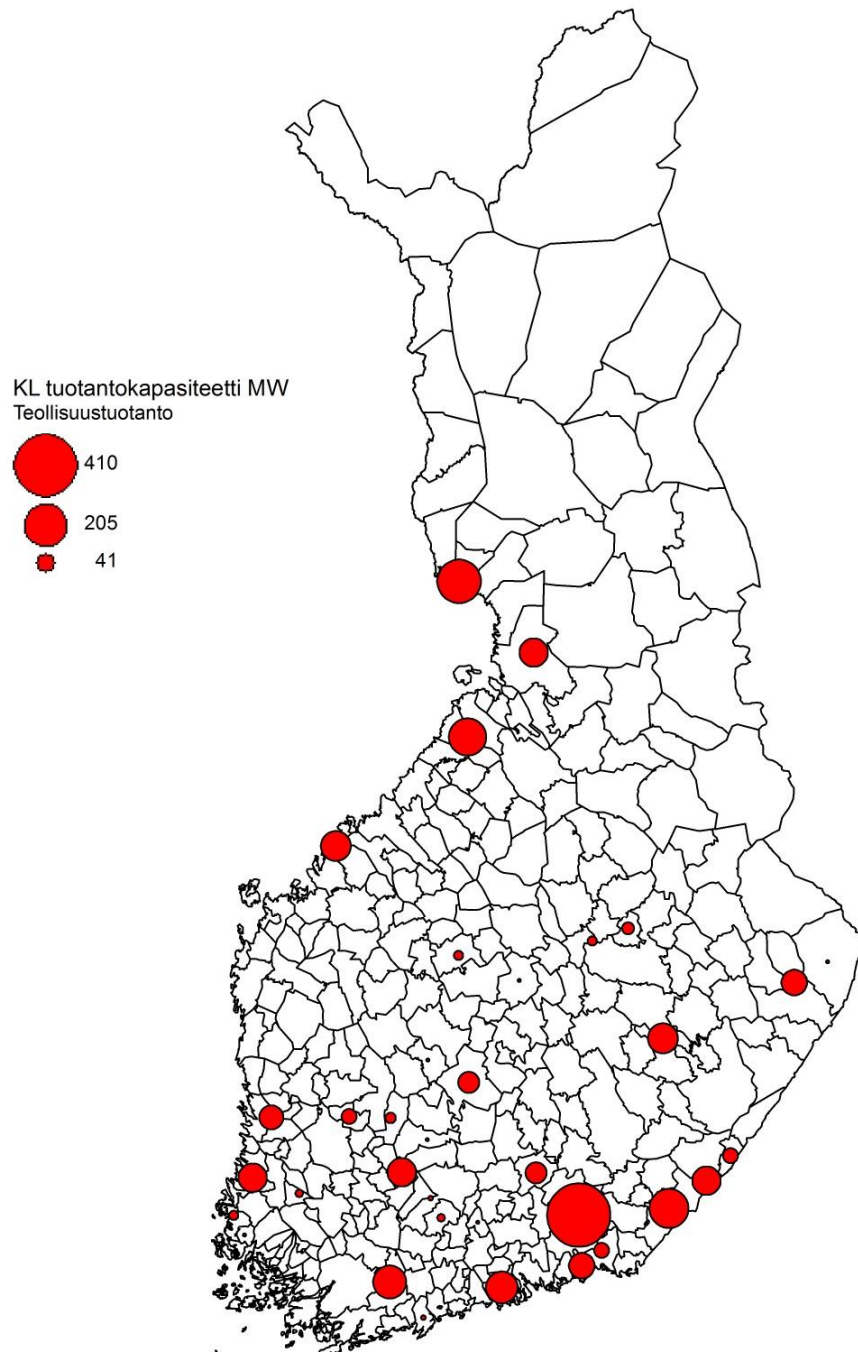
Kuva 20. Suomen kaukolämpölaitosten tuotantokapasiteetti (MW) kunnittain vuonna 2010.



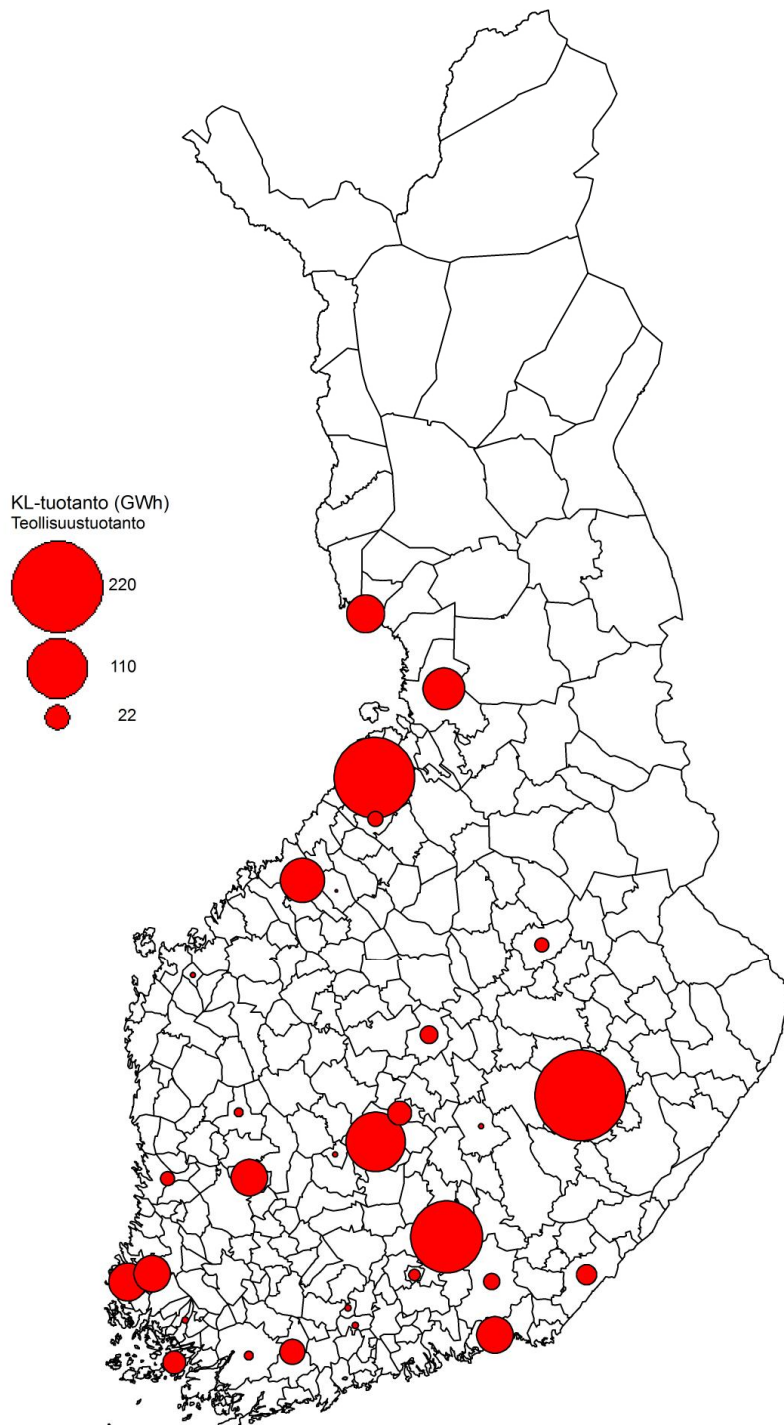
Kuva 21. Kaukolämpölaitoksissa tuotettu kaukolämpö (GWh) kunnittain vuonna 2010.

5.1.3 Teollisuuden tuottama kaukolämpö

Teollisuuden tuottama (tuotettu + ylijäämä prosessista) lämpömäärä oli kaukolämpötilastojen mukaan yhteensä noin 1100 GWh. Suurimmat myydyt lämpömäärät olivat Varkaudessa, Raahessa, Heinolassa ja Jämsässä. Kuva 22 esittää teollisten toimijoiden kaukolämpökapasiteetin ja Kuva 23 teollisuuden myymän kaukolämmön vuonna 2010.



Kuva 22. Teollisuuden kaukolämmön tuotantokapasiteetti (MW) kunnittain vuonna 2010.



Kuva 23. Teollisuuden myymä kaukolämpöenergia (GWh) kunnittain vuonna 2010.

5.1.4 Lämmöntuotantokapasiteetin kehittyminen 2010-2025

Vuosien 2010–2014 aikana rakennettiin kaukolämmön tuotantoon kapasiteettia yhteensä noin 800 MW. Merkittävimmät uudet investoinnit ovat olleet jätevoimalaitokset Vantaalle, Mustasaareen Vaasan lähelle ja Ouluun. Näiden yhteenlaskettu kaukolämpöteho on noin 200 MW. Näiden lisäksi on valmistunut 50 pienempää kaukolämpövoimalaa ja lämpökeskusta, joissa lämpö tuotetaan puulla tai turpeella. Investoinnit ovat kasvattaneet kapasiteettia vain osittain, koska uusilla voimalaitoksilla on korvattu vanhempia fossiilisilla polttoaineilla toimivia kaukolämmön tuotantolaitoksia.

Jätelaitosyhdistyksen mukaan vuoden 2018 loppuun mennessä valmistuvat jätevoimalaitokset Tampereelle, Leppävirralle ja Saloon. Näiden yhteenlaskettu kaukolämmöntuotanto on suuruusluokkaa 600–700 GWh vuodessa. Suomessa toimii myös 24 rinnakkaispolttolaitosta, jotka hyödyntävät hyvälaatuista jätepolttoainetta (Pöyry, 2015). Lisäksi ovat suunnitteilla rinnakkaispolttolaitokset Lahteen ja Rovaniemelle, jotka valmistuisivat 2020-luvulla.

Muita merkittäviä investointeja ovat monipolttoaineella toimivat Naantalin voimalaitos ja Nokian lämpökeskus. Naantalin voimalaitos pystyisi käyttämään jopa 100 % biopolttoaineita, laitoksen kaukolämpöteho olisi 250 MW ja toimitukset ulottuisivat Naantalin lisäksi Turkuun vuoden 2017 kuluessa. Nokian 68 MW lämpökeskuksen polttoaineita ovat mm. puupolttoaineet, turve ja paperitehtaan lietteet (Nokian uutiset, 2015).

Suomen ilmasto- ja energiapolitiikassa on asetettu tavoitteeksi puupolttoaineiden käytön lisäys sekä nykyisissä että uusissa laitoksissa. Työvoima- ja elinkeinoministeriön mukaan metsähakkeella tuotetun uusiutuvan sähkön tuotantotuki mahdollistaisi vuosien 2007–2020 välisenä aikana polttoaineteholtaan jopa 3500 MW uudet investoinnit bioenergia-voimalaitoksiin (TEM, 2010). Tämä olisi merkittävä lisäys vuoden 2007 tasoon. Osa investoinneista on jo toteutunut. Lisäksi Helsinki on osittain luopumassa hiilen käytöstä ja korvaa sen uusiutuvilla energialähteillä. Myös Tampere, Oulu, Lahti ja Rovaniemi suunnittelevat uusiutuviin energialähteisiin siirtymistä.

Äänekosken uusi sellutehdas aloittaa toimintansa nykyisen aikataulun mukaan vuonna 2017 loppupuolella. Sellutehtaan tuottamaa kaukolämpöä voidaan käyttää Äänekosken kaukolämpöverkossa. Vuonna 2010 Äänekosken kaukolämmön kokonaiskulutus oli noin 140 GWh ja kaukolämmöstä ostettiin jo noin 90 % teollisuudelta (Metsä Botnia, Kumpuniemen Voima, Äänevoima).

Vuoden 2015 aikana hyväksytyt pienten ja keskiuurten polttolaitosten direktiivi (ns. MCP - direktiivi) tulee vaikuttamaan pitkällä aikavälillä monen pienen kaukolämpölaitoksen toimintaan. Direktiivissä sallitaan pitkät siirtymäajat nykyisille laitoksille. Alle 5 MW laitoksille siirtymäaika on vuoteen 2030 saakka ja 5-50 MW laitoksille vuoteen 2025 (YM, 2015b). MCP -direktiivi ei siis ehdi vaikuttamaan käytössä olevaan kapasiteettiin tämän raportin tarkastelujakson aikana.

5.1 Kaukolämpöjärjestelmät Suomessa

5.1.1 Olemassa olevat kaukolämpöjärjestelmät

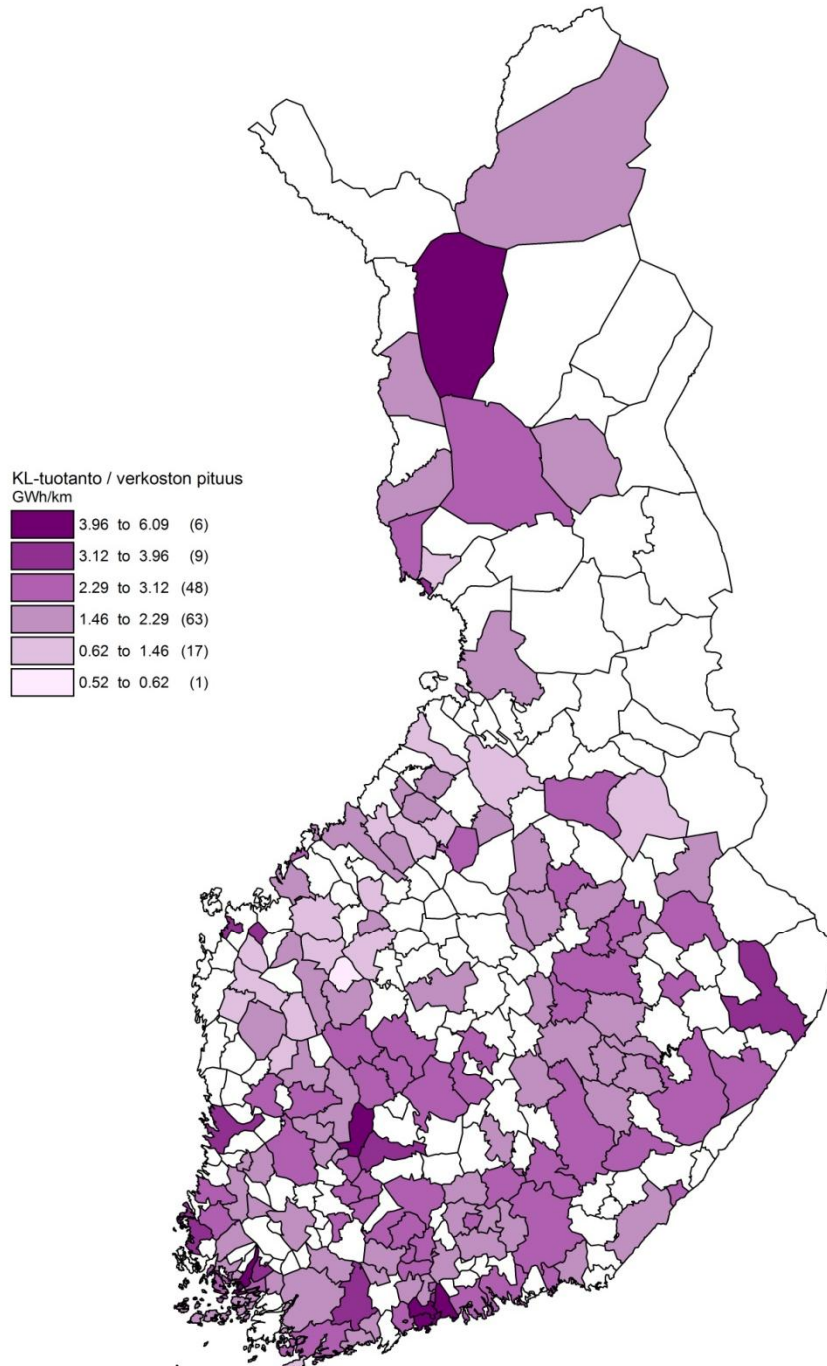
Energiateollisuus ry:n tilastoinnin piirissä on 171 kunnassa sijaitsevat kaukolämpöverkostot. Näiden yhteispituus oli 12 630 kilometriä vuonna 2010 ja 14 300 km vuonna 2014 (ET, 2010, 2014). Kasvua oli neljässä vuodessa noin 13 %. Pituuskasvu johtuu verkostojen laajennuksista uusien asiakkaiden ulottuville.

Em. lisäksi on lukuisa määrä pieniä kuntia, joissa on kunnan keskustassa lyhyt kaukolämpöverkko ja polttoaine hankitaan pääsääntöisesti oman tai lähikuntien alueelta. Kaukolämpöverkkoja oli yhteensä 350 vuonna 2014 (ET, 2014).

5.1.2 Kaukolämpöjärjestelmien energiatiheys

Kaukolämpöjärjestelmien keskimääräinen lämmön myynti johtopituutta kohden eli energiatiheys oli 2,84 GWh/johto-km/vuosi vuonna 2010 kun taas vuonna 2014 se oli 2,21 GWh/johto-km/vuosi. Vuosi 2014 oli lämpimämpi kuin vuosi 2010 ja lämmön kulutus oli n. 14 % pienempi, jolloin lämmityspäiviä oli vähemmän (5403 °C-vrk/2010 ja 4312 °C-vrk/2013, Ilmatieteenlaitoksen tilasto). Vuoden 2010 keskilämpötila oli 1,5 °C alhaisempi kuin 30 vuoden keskiarvo ja vuoden 2014 keskilämpötila oli taas 1,1 °C lämpimämpi kuin

pitkäaikainen keskiarvo (Imatieteenlaitos). Yleensä kaukolämpötoiminnan kannattavuuden rajana pidetään 0,5 GWh/johto-km/vuosi. Kuvassa 27 esitetään kaukolämpöjärjestelmien lämmön energiatiheys (myyty energia/johtokilometri, GWh/km) kunnittain. Useimmassa kunnassa kaukolämmön kysyntä keskittyy ydinkeskustan kaavoitetun alueen lämmitämiseen. Kaupungeissa kaukolämpötoiminta on laajempaa.



Kuva 24. Kaukolämpöjärjestelmien myydyin energian määrä per johtopituus (energiatiheys) (GWh/km) kunnittain vuonna 2010

5.1.3 Potentiaaliset uudet kaukolämmitetyt alueet

Uusia kaukolämmitettyjä alueita syntyy kasvaviin kaupunkeihin, joissa rakennetaan uusia asuin-, työ- ja palvelualueita. Uusia pieniä kaukolämpöverkkoja syntyy asutustaajamiin,

joissa taajaman suurimmat rakennukset (koulu, kirkko, kauppakeskus, kirjasto, jne.) halutaan liittää samaan lämmitysjärjestelmään, joihin polttoaine hankitaan asutustaajaman lähialueilta.

6. Arvio kaukolämmön kysynnästä, tuotannosta ja järjestelmän tehostamisesta

6.1 Arvio kaukolämmön kysynnästä ja kaukolämpöön liitettävästä rakennuskannasta 2025

Vuoden 2010 tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian kulutuksesta (89 000 GWh) käyttävät omakotitalot n. 30 prosenttia, liike- ja julkiset rakennukset n. 30 prosenttia, rivi- ja kerrostalot n. 25 prosenttia ja teollisuusrakennukset n. 15 prosenttia. Tästä kaukolämmön kannalta potentiaalisinta on isojen rakennusten kulutus. Kaukolämmön markkinaosuus on suurin kerrostaloissa n. 90 prosenttia sekä liike-, toimisto- ja julkisissa n. 60 prosenttia.

Aikavälillä 2010–2024 rakennettavien uusien rakennusten energiankulutus on yhteensä 8000 GWh. Se sijoittuu kaupunkeihin, joissa jo nyt kaukolämmöllä on merkittävä markkinaosuus. Uusi rakentaminen pyritään nykyisin sijoittamaan vanhan rakennuskannan sisälle, jolloin ne sijaitsevat kaukolämpöalueella ja ovat potentiaalisia kaukolämpökohteista. Uudesta kysynnästä voidaan laskea 50–75 prosenttia relevantiksi kaukolämmön markkinapotentiaaliksi.

Vuoteen 2025 mennessä uudisrakentaminen tulee kuitenkin korvaamaan osan vanhan rakennuskannan lämmitysenergian kulutuksen laskusta. Vanhan rakennuskannan lämmitysenergian kulutus vähenee poistuman ja energiatehokkuutta parantavien korjausten ansiosta. Rakennuskannalle asetettujen energiatehokkuustavoitteiden johdosta vuoden 2025 lämmitysenergiankulutus tulisi laskemaan jopa tasolle 74 000 GWh.

Vaikka rakennuskannan kerrosala voi kasvaa hieman, ei rakennusten lämmitysenergian kulutus kasva. Kaukolämmön osuus lämmitysenergian kulutuksesta voi kuitenkin kasvaa, koska uudet rakennukset rakennetaan kaupunkeihin ja käytöstä poistuva rakennuskanta sijoittuu haja-asutusalueille.

Tähän ennusteeseen liittyy kuitenkin epävarmuutta. Talouskehityksen seurauksena uudisrakentaminen voi toteutua vilkkaampana tai vähäisempänä. Vanhan rakennuskannan energiatehokkuusparannukset voidaan tehdä ns. etunojassa tai jättää kokonaan tekemättä. Poistuma rakennuskannasta voi olla suurempi, mikäli energiatehokkuutta haetaan uudelleen rakentamisella tai vähäisempi, mikäli esimerkiksi materiaalitehokkuuden nimissä suositaan korjausrakentamista.

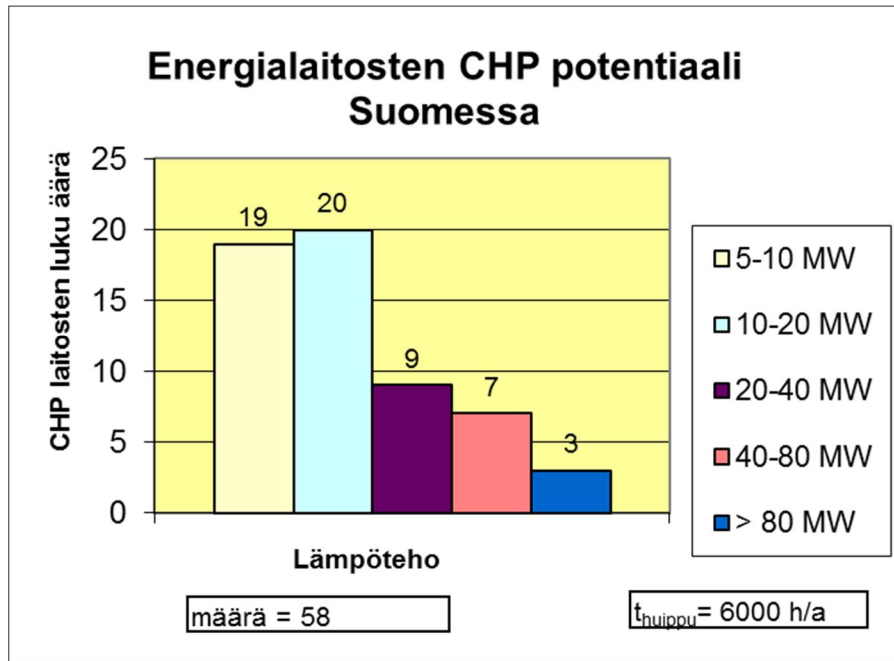
6.2 Arvio CHP tuotannolla tuotettavasta kaukolämmöstä 2025

Vuonna 2010 Suomen CHP kapasiteetti oli 6300 MW lämpöä ja CHP-voimalaitosten lämmön tuotanto 27400 GWh. CHP sähkön kapasiteetti oli 4700 MW ja tuotanto 16500 GWh. Yhteissähkön tuotannon ennakoidaan laskevan 15000 GWh:iin vuonna 2030, jos CHP lämmön tuotanto laskisi 7,5 % (Pöyry, 2011).

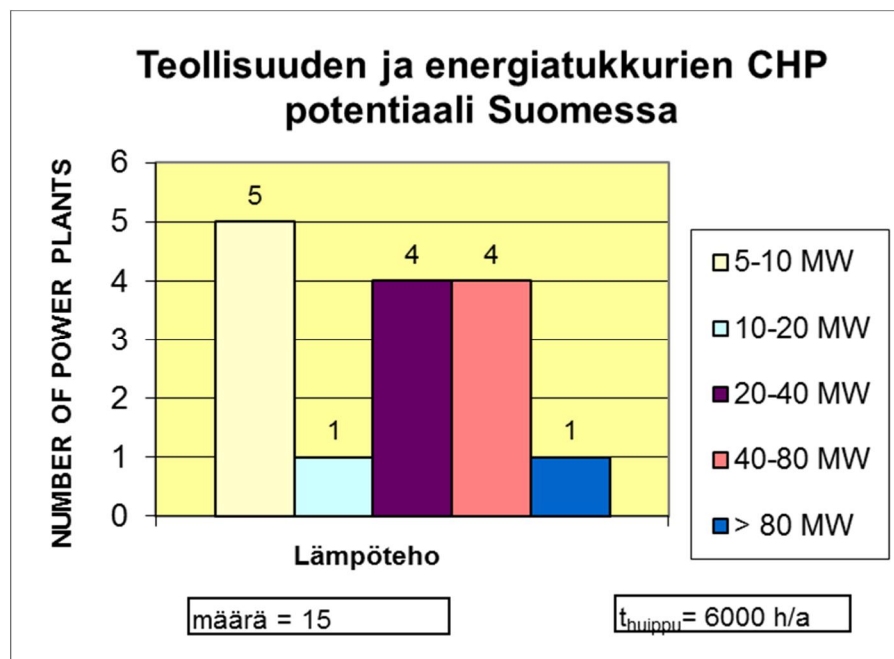
Jos vuoden 2010 kaukolämmön tuotannon ja CHP lämmön tuotannon erotuksesta (ET, 2010) katettaisiin 70 % uusilla CHP -laitoksilla, saataisiin CHP lämmön lisätehon tarpeeksi 3000 MW ja sähkötehon lisätarpeeksi 2500 MW. Lisäys jakaantuu 58 laitokselle (Kuva 26). Teollisuuden/lämpötukkureiden CHP lämpötehon lisäykseksi saadaan 600 MW ja sähkötehon 415 MW jakautuen 15 laitokselle (Kuva 26) (laskentamenetelmä lähteestä, Sipilä & all, 2005).

Näiden lisäksi pientuotannossa (< 5 MW) voidaan tuottaa CHP -sähköä n. 9 GWh vuodessa (Gaia, 2014), joka vastaa n. 30 GWh:n lämmöntuotantoa.

Investoinnit CHP kapasiteettiin ovat vain osittain uutta tuotantoa, koska osa investoinneista korvaa vanhaa CHP- ja lämpökattilakapasiteettia. Kysynnän, sähkön ja lämmön hintakehitys pitkällä aikavälillä vaikuttavat toteutettaviin tuotantokapasiteetin investointeihin.



Kuva 25. Kaukolämpöyritysten CHP -laitosten potentiaalinen määrä lämpökapasiteetti-luokittain vuoteen 2025 mennessä.



Kuva 26. Teollisuuden/tukkureiden CHP -laitosten potentiaalinen määrä lämpökapasiteetti-luokittain vuoteen 2025 mennessä.

Vuoden 2018 loppuun mennessä valmistuvat jätevoimalaitokset Tampereelle, Leppävirralle Itä-Suomeen ja Saloon. Näiden yhteenlaskettu kaukolämmöntuotanto on suuruusluokkaa 600–700 GWh vuodessa.

Teollisuus- ja elinkeinoministeriön (TEM) arvion mukaan syöttötariffin puolesta olisi mahdollista lisätä puupolttoaineen käyttöä vuosien 2007–2020 välisenä aikana yhteensä 3500 MW. Osa näistä investoinneista on jo toteutunut.

Jo päätettyjä investointeja ovat monipolttoainevoimalaitos Naantaliin ja –lämpökeskus Nokialle. Naantalin voimalaitoksen on arvioitu valmistuvan 2017. Sen lämpöteho on 250 MW ja se toimittaisi lämpöä Naantalin lisäksi Turkuun. Naantali voisi toimia 100 % biopolttoaineilla. Nokialle valmistuvan voimalaitoksen lämpöteho on 68 MW. Sen polttoaineita ovat mm. puupolttoaineet, turve ja paperitehtaan lietteet.

Äänekosken uusi sellutehdas aloittaa toimintansa nykyisen aikataulun mukaan vuonna 2017 loppupuolella. Sellutehtaan tuottamaa kaukolämpöä voidaan käyttää Äänekosken kaukolämpöverkossa. Vuonna 2010 Äänekosken kaukolämmön kokonaiskulutus oli noin 140 GWh, josta noin 10 % ostettiin teollisuudelta. Uuden sellutehtaan lämmöllä voitaisiin korvata vanhaa RPÖ -kattilakapasiteettia.

Varkauteen on suunnitteilla uusi paperikone, jonka prosessilämmöllä voisi korvata vanhaa RPÖ -kapasiteettia.

Data palvelinkeskusten jäähdytystarpeet ovat uusia lämmön tuottajia, joilla voi olla paikallisesti merkitystä kaukolämmön tuottajana. Samoin kaukojäähdytyksen piiriin kytkettyjen rakennusten lämpö voidaan hyödyntää kaukolämpötoiminnassa.

Ilman poistumaa ja energiatehokkuusparannuksia rakennusten lämmön tarpeeksi arvioidaan vuonna 2025 97 000 GWh. Siitä kaukolämmön osuus voisi olla 44 000 GWh. CHP:n osuus kaukolämmön tuotannosta on 70 % eli 30 000 GWh ja loput tuotetaan kattiloilla tai muista lämmön lähteistä kuten prosessien ylijäämälämmöillä, lämpöpumpuilla, kaukojäähdytyksen lämmöllä, auringolla, jne. Näin arvioituna CHP kapasiteetin kokonaistarve olisi 5000 MW lämpöä ja 2500 MW sähköä.

Jos ennen vuotta 1985 rakennetut CHP laitokset ja yli 10 MW raskasöljykattilat ovat poistettu ikänsä puolesta käytöstä vuoteen 2025 mennessä ja korvataan uusiutuvia polttoaineita käytävillä laitoksilla ja otetaan huomioon jo tehdyt päätökset sekä tiedossa olevat suunnitelmat ja verrataan rakennusten lämmön tarve-ennusteeseen vuonna 2025, niin uutta CHP lisäkapasiteetin tarvetta on 0-1000 MW lämpöä ja sähköä 0-500 MW ja kattilakapasiteettia tarvitaan lisää n. 500 MW keskittyen kasvaviin kaupunkeihin. Muu kapasiteetin rakentaminen korvaa vahaa poistuvaa CHP- ja kattilakapasiteettia uusiutuvilla polttoaineilla.

6.3 Primäärienergian säästömahdollisuudet

Lämmitysenergiantarve on voimakkaasti riippuva ulkolämpötilasta. Vuoden keskilämpötilan nousutrendi tulee osaltaan pienentämään lämmitystarvetta, mutta toisaalta rakennusten jäähdytystarve lisääntyy. Jäähdytyksen tuotantotavasta riippuu, mitä primäärienergiälähdettä jäähdytys tulee käyttämään tulevaisuudessa.

Alueilla, joissa lämmitystarve pienenee, primäärienergian tarvekin pienenee. Kasvavilla alueilla lämmityksen primäärienergiantarve kasvaa jonkin verran huolimatta lisärakentamisesta tiukentuvien rakennusmääräysten takia.

Yhdistetyllä sähkön ja lämmön (CHP) tuotannolla pystytään primäärienergian tarvetta pienentämään n. 30 % sähkön ja lämmön erillistuotantoon verrattuna, jos laitosten käyntiajat ovat riittävän pitkiä.

Jos ennen vuotta 1985 rakennettuja CHP laitoksia korvataan uusilla monipolttoaine CHP laitoksilla kuten Tampereella, Oulussa ja Lahdessa on suunnitteilla, EU direktiivin 2012/27/EU mukaan päästään n. 14 % primäärienergian säästöön verrattuna vanhaan CHP tuotantoon (hyötysuhteen ja rakennusasteen parannus) ja 25 % säästöön verrattuna sähkön ja lämmön erillistuotantoon.

Jos ennen vuotta 1985 rakennettuja raskasöljykattiloita korvataan uusiutuvia polttoaineita käyttävillä CHP laitoksilla, päästään n. 27 % primäärienergian säästöön (siirtyminen CHP tuotantoon ja vanhojen kattiloiden huono hyötysuhde).

Uusiutuvien energialähteiden, jätteiden energiakäytöllä sekä teollisuuden ja muiden lämpöä tuottavien prosessien jälkilämmön hyödyntämisellä kaukolämmössä voidaan pienentää lämmityksen primäärienergian tarvetta lisää. Nykyisin teollisuusprosessien ylijäämlämpöä hyödynnetään n. 770 GWh vuodessa. Metsäteollisuuden lämmönsiirtimillä toteutetuksi prosessilämmön lisähyödyntämispotentiaaliksi arvioitiin n. 1400 GWh vuodessa, puu- ja sahatavara-teollisuudessa 700 GWh, metalliteollisuus 2000 GWh, elintarviketeollisuudessa 500 GWh ja kemianteollisuus 100 GWh (YIT, 2010). Yhteensä teollisuuden energian lisähyödyntämispotentiaalia on arvioitu olevan 4700 GWh. 2/3 osaa hyödyntämisestä vaatii kuitenkin lämpöpumpun käyttöä lämpötilan korottamiseksi kaukolämmitykseen sopivaksi. Uusista jo päätetyistä jätevoimalaitoksista saadaan lisää kaukolämpöä n. 700 GWh vuodessa.

6.4 Arvio kaukolämpöinfrastruktuurin energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista

Suomen kaukolämpöverkkojen lämpöhäviöt ovat noin 8-9 % vuodessa laskettuna tuotannon ja myydyn lämmön erotuksena. Lasketaan sisältyy myös mittausvirhe. Keskimäärin asiakkaille toimitettu lämpömäärä on 2,5 MWh/kl-johto-m.

Keinoja kaukolämpöjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen:

- Lämpötilan lasku kaukolämpöverkostossa (115 °C → 80 °C → 60 °C)
 - nykyverkko: potentiaalinen menolämpötilatason lasku n. 5 °C nykyisessä järjestelmässä. Jos lasketaan lämpötilaa enemmän, joudutaan uusimaan lämmönjakokeskukset ja mitoittamaan rakennusten lämmitysjärjestelmä paremmin lämpöä luovuttavaksi.
 - Mahdollistaa alempiarvoisten lämmönlähteiden hyödyntämisen ja edistää lämpöpumpun käyttöä kaukolämpöjärjestelmässä.
 - Lämpöhäviön laskupotentiaali n. 8 % eli 300 GWh, jos sekä meno- että paluu kauttaaltaan laskee 5 °C
 - nykyverkkoon liittyvä uudisrakentaminen: menolämpötilataso pääosin nykyverkon mukainen, matalalämpötilaverkko voidaan liittää aluekeskuksella pääverkkoon
 - uudet erillisverkot: potentiaali/volyymi pieni → vaikutus pieni
- Painetasen pudotus ja pumppauksen jakaminen verkkoon
 - pumppausenergian pienentämispotentiaali suhteellisen pieni, mutta painetasoa voidaan laskea; kustannusvaikutus. Tehostamispotentiaali on n. 20 % (n. 25 GWh:sta → 20 GWh). Jos uudisrakentaminen pienentää lämpötiheyttä, pumppausenergian suhteellinen osuus voi hieman kasvaa
- CHP tuotannon kannalta riittävä lämpökuorma kaukolämpöverkossa
 - ei sinällään merkitystä lämpöhäviöihin, mutta lämpötilan lasku verkossa mahdollistaa sähkön lisätuotannon eli CHP:n rakennusaste nousee. Menolämpötilan vaikutus CHP:n sähkön tuotantoon on noin viisinkertainen verrattuna paluulämpötilan vaikutukseen.
- Rakennustiheyden ja kerrosmäärän lisääminen rakennuksissa kaupunkialueella
 - Mikä olisi potentiaali?

- Lämpökuorman kasvattaminen kesäaikana esim. rakennuskohtaisilla absorptio- tai adsorptiojäähdytyksellä
 - kustannustehokkuus/kannattavuus pitäisi arvioida
- Pienillä putkilla samaan kuoreen 2-putkijärjestelmä ("Twin-pipe")
 - nykyverkossa ei ole tarvetta / ei kannata saneerata olemassa olevaa 1-putkirakennetta 2-putkirakenteeksi.
 - uudisrakentamisesta toteutetaan nykyisin pienillä dimensioilla n. 2/3 2-putkirakenteella. Jos osuus nousee 90 %:iin, lämpöhäviöt pienenevät n. 30 GWh eli vajaan 1 %
- Eristetason parantaminen: supereristeet
 - Tuotekehitys ja hintataso ratkaisevat, onko käyttökelpoinen laajasti kaupallisella tasolla 2025. Lämpöhäviöiden pienemispotentiaali nykyisellä eristyspaksuudella on n. 20...30 %.
- Lämpimän käyttövesitehon vaihtelun tasoittaminen
 - lämminvesivaraaja
- Säätilan ennusteet ja tarkkuus
 - Ennustetarkkuus parantaa tuotannon ja verkon käytän ajosuunnittelua
- Kaukolämpöverkon hallintajärjestelmä, joka automatisoi verkon ajotavan optimoinnin
 - mahdollistaa virtausten, paineiden ja lämpötilojen paremman optimoinnin. Potentiaali on esim. 5 °C keskimääräinen lämpötilan tason lasku
- 2-suuntainen lämpökauppa
 - jos yleistyy ja johtaa lämpötilatasojen laskuun, potentiaali pitäisi arvioida
- Kaukolämpöverkon paluuvien lämpötilan lasku
 - potentiaali 5...10 °C: jäähdytyksen parantaminen. Vastaa CHP:n sähkön tuotannon kannalta n. 1 - 2 °C:n menoveden lämpötilan laskua.
- Kaukolämpöverkon saneeraus
 - vanhojen johtorakenteiden saneerauksesta saatava potentiaali on vajaa 200 GWh eli säästö n. 5 %, jos vanhojen rakenteiden osuus on noin kuudesosa verkkopituudesta eli 2500 km. Rakenteiden osuus koko lämpöhäviöistä on n. 40 % eli 1500 GWh. Jos niitä saneerataan tuplasti nykytahtiin verrattuna eli n. 80 km/vuosi, lämpöhäviö/m pienenee n. 30 %
- Kaukolämpöverkon uudisrakentaminen
 - rakenteesta riippuen se saattaa pienentää lämpöhäviön suhteellista osuutta. Jos 2000 km:n uudisrakentamisen lämpöhäviöt on 7 %, niin koko verkon lämpöhäviöt 2025 pienenee 9 % eli 8 %:iin. Lämpötiheyden pienetessä suhteellinen häviö voi myös kasvaa.

7. Lämmityksen ja jäähdytyksen kustannus - hyötyanalyysi

EU:n direktiivi 2012/27/EU⁴ ja energiatehokkuuslaki 1429/2014⁵ velvoittavat toiminnanharjoittajia tekemään kustannus-hyötyanalyysin sähkön ja lämmön yhteistuotannon edistämiseksi ja teollisuuden käyttökelpoisen ylijäämälämmön hyödyntämiseksi.

Kustannus-hyötyanalyysi kustannusten ja hyötyjen arvioimiseksi on tehtävä seuraavissa tilanteissa:

1. Uuden polttoaineteholtaan yli 20 megawatin (MW) sähkön lauhdetuotantolaitoksen suunnittelu tai merkittävä uudistaminen
2. Uuden kokonaislämpöteholtaan yli 20 MW:n teollisuuslaitoksen suunnittelu tai laitoksen merkittävä uudistaminen
3. Uuden kaukolämmitys- ja kaukojäähdytysverkon suunnittelu alueelle, jossa on kokonaislämpöteholtaan yli 20 MW:n teollisuuslaitos
4. Uuden polttoaineteholtaan yli 20 MW:n energiantuotantolaitoksen suunnittelu tai uudistaminen olemassa olevassa kaukolämmitys- ja kaukojäähdytysverkossa

7.1 Kustannus-hyötyanalyysin määrittely

Kustannus-hyötyanalyysi (KHA) on investointien suunnittelua tai yleisimmin vaihtoehtojen analysointia siten, että asioita tarkastellaan laajemmasta kuin esim. yksittäisen yrityksen näkökulmasta. Kustannus-hyötyanalyysiä investointien suunnittelussa voidaan pitää tavanomaisten liiketaloudellisten investointilaskelmien laajenuksena niin, että tarkastelussa otetaan huomioon myös sellaisia hyötyjä ja kustannuksia, jotka syntyvät suunniteltavan yksikön ulkopuolella, esim. uudet työpaikat, alihankintaketjut tai saasteet.

KHA ei ole kuitenkaan pelkkää mekaanista nettonykyarvojen laskentaa, sillä huomioon otettavat asiat eivät ole pelkästään triviaaleja. Kustannusten ja hyötyjen sekä niistä kärsivien tai hyötyvien tahojen arvioiminen voi olla haasteellista, mutta riittävän syvällinen näkemys asioista parantaa tulosta. Lisäksi on arvioitava, kuinka laajasti analyysi on tehtävä. Jos arvioidaan esim. CHP:n vaikutuksia, kaukolämpövaikutus rajataan kunnan/kaupungin kaukolämpöverkon vaikutusalueelle, sähkön vaikutus valtion rajojen sisälle tai pohjoismaiset sähköpörssimarkkinat huomioiden ja polttoaineen hankinta paikalliselle hankinta-alueelle tai valtakunnan rajojen sisälle. KHA tekeminen voidaan jakaa 3 vaiheeseen:

1. Tarvitaan teoriaa: projektin toimenpiteistä ja niiden vaikuttavuudesta tietyllä aikajaksolla, taloudenpitäjien käyttäytymisestä, markkinoiden sopeutumisesta, diskonttokoron valinnasta, ym.
2. Tarvitaan menetelmiä: investointien ja muiden yliajallisesti vaikuttavien tekijöiden nykyarvojen ja annuiteettien laskenta, ekonometriaa, markkinahinnattomien vaikutusten arvottamista, ym.
3. KHA:n rajaaminen ja toteutus ovat itse asiassa jokaisessa tapauksessa tehtävä aina erikseen siitä tapauksesta ja sen tapauksen lähtökohdista, mitä tutkitaan. Kustannus-hyötyanalyysissä on otettava huomioon kaikki järjestelmän ja maantieteellisen rajan sisällä saatavilla olevat asiaankuuluvat energialähteet saatavilla olevia tietoja käyttäen, mukaan lukien sähköntuotantolaitosten ja teollisuuslaitosten hukkalämpö ja uusiutuva energia, sekä lämmityksen ja jäähdytyksen kysynnän ominaispiirteet ja kehityssuunnat.

⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF>

⁵

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429?search\[type\]=pika&search\[pika\]=energiatehokkuuslaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429?search[type]=pika&search[pika]=energiatehokkuuslaki)

7.2 Investoinnin nykyarvo

Direktiivin 2012/27/EU ehdottaman investoinnin nykyarvo n vuotta kestäväälle investoinnille lasketaan diskonttaamalla tuotot ja kustannukset alkuhetkeen:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t},$$

jossa i = diskonttokorko, B_t = tuotto vuonna t , C_t = kustannukset (pääoma + käyttö) vuonna t ja n = vertailujakson kesto vuosina.

Kun tuotto- ja kustannussummat N vuoden jälkeen ovat yhtä suuret, investointi on maksanut itsensä. Kustannustermiin sisällytetään kaikki investoinnista aiheutuvat välittömät ja välilliset kustannukset ja tuotot riippuen rajauksesta.

Tuotto- ja kustannustermiin voidaan myös lisätä investoinnin lisäksi esim. ympäristövaikutuksia ja sosiaalisia vaikutuksia, jos ne pystytään ilmaisemaan rahalla.

Hankkeen kustannus-hyötyanalyysi on myönteinen, jos taloudellisen analyysin mukaisten diskontattujen hyötyjen määrä ylittää diskontattujen kustannusten määrän.

7.3 Kustannus-hyötyanalyysin toteutus

Kustannus-hyötyanalyysi toteutetaan yleensä käytännössä noudattaen seuraavia pääpiirteitä:

1. Määritellään tarkasteltavat hankevaihtoehdot ja perustilanne mihin verrataan.
2. Päätetään kenelle koituvilla hyödyillä ja kustannuksilla on merkitystä.
3. Määritetään hankkeen vaikutukset ja käytettävät mittayksiköt (välittömät, välilliset edut ja haitat)
4. Ennustetaan tulevat vaikutukset koko hankkeen ajalta (vaihtoehtoiset skenaariot).
5. Muutetaan kaikki vaikutukset rahamääräisiksi arvoiksi (sosiaalis-taloudelliset).
6. Diskontataan tulevat kustannukset ja hyödyt nykyhetkeen (B ja C).
7. Lasketaan kunkin hankevaihtoehdon nettonykyarvo (NPV).
8. Suoritetaan herkkyysanalyysi merkittävimpien parametrien suhteen, esim. energian hinnat, investoinnin hinta, korko
9. Tehdään suositus nettonykyarvon ja herkkyysanalyysin perusteella.

Kaikkia perustilanteen asiaankuuluvia vaihtoehtoja tarkastellaan. Skenaariot, joita ei voida toteuttaa teknisistä tai taloudellisista syistä jätetään kustannus-hyötyanalyysin ulkopuolelle aikaisessa vaiheessa, jos se on perusteltua. Kustannus-hyötyanalyysin perustana käytettävä suunnitellun laitoksen ja vertailulaitoksen tai -laitosten kuvausta, joka kattaa tapauksen mukaan sähkö- ja lämpökapasiteetin, polttoainetyypin, suunnitellun käytön ja suunniteltujen vuosittaisten käyttötuntien määrän, sijainnin sekä sähkön ja lämmön kysynnän. Aikajänne valitaan niin, että skenaarioiden kaikki asiaankuuluvat kustannukset ja hyödyt otetaan huomioon. Esimerkiksi kaasu- tai bioenergiavoimalan osalta sopiva aikaväli voisi olla 25 vuotta, kaukolämpöjärjestelmän osalta 30 vuotta ja lämmityslaitteiden, kuten lämmityskattiloiden, osalta 20 vuotta (EU direktiivi 2012/27/EU).

Ainoastaan tehokas yhteistuotanto, tehokas kaukolämmitys ja -jäähdytys sekä tehokkaat käyttäjäkohtaiset lämmitys- tai jäähdytysvaihtoehdot otetaan huomioon kustannus-hyötyanalyysissä perustilanteelle vaihtoehtoisina skenaarioina.

Kustannus-hyötyanalyysiin sisällytetään ainakin seuraavat kustannukset:

- Laitosten ja laitteiden pääomakustannukset
- Liitännäisten energiaverkkojen pääomakustannukset
- Muuttuvat ja kiinteät käyttökustannukset
- Energiakustannukset
- Ympäristö- ja terveyskustannukset mahdollisuuksien mukaan

Valtakunnalliseen lämmön kysynnän laskentaan voidaan käyttää esim. Tilastokeskuksen rakennuskantatilastoa ja väestökisterikeskuksen väestön kehitysennustetta rakennuskannan kehitysarvioon. Ennusteen perusteella rakennusten energian kulutusmallia esim. REM⁶, EKOREM rakennuskantaan ja IDA-ICE⁷ tyypitaloille käyttämällä saadaan lämmitysenergian kysyntäarvio. TIMES –laskentamallia⁸ (The Integrated MARKAL-EFOM System) voidaan käyttää valtakunnalliseen sähkön ja lämmön tarpeen kapasiteetilaskentaan sekä kaukolämpöalueen energian tuotannon laskentaan esim. KOPTI⁹ -laskentamallia, kaukolämpöverkon laskentaan APROS¹⁰ ja välillisten vaikutusten laskentaa esim. Vattage –laskentamallilla¹¹. Muitakin vastaavia laskentamalleja on olemassa.

Esimerkki 1 kustannus-hyötyanalyysistä Helsinki irti kivihielestä maalämpöön tai bioenergia-lähtöiseen tuotantoon:

<http://docplayer.fi/1231118-Lrti-kivihielesta-kustannus-hyotyanalyysi-uusiutuvienergialahteiden-lisaamisesta-helsingissa.html>

Esimerkki 2 kustannus-hyötyanalyysistä Helsingin satamien veden käsittelystä:

<http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-21-14.pdf>

⁶ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231400033X>

⁷ <http://www.equaonline.com/iceuser/pdf/ICE45eng.pdf>

⁸ <http://www.etsap.org/Docs/TIMESDoc-Intro.pdf>

⁹ <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-05372-10.pdf>

¹⁰ <https://www.simulationstore.com/apros>

¹¹ <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/kak12009/kak12009honkatukia.pdf>

8. Rakennusten kaukojäähdytys

8.1 Arvioinnin toteutus

Vuonna 2015 olemassa olevan rakennuskannan jäähdytystarve on mallinnettu talotyypeittäin ja ikäluokittain IDA-ICE dynaamisella simulointityökalulla. Työkaluun on alustettu Suomen rakennusten lämpötekniset ominaisuudet sekä rakennusmääräysten mukainen standardikäyttö kuvaamaan sähkön ja veden kulutusta. Muutamista talotyypeistä käytettävissä oli myös mitattua kulutustietoa. Nykytilanne on laskettu käyttäen Suomen ilmatieteenlaitoksen laatimaa säävuotta 2013.

Jäähdytysenergian kulutus on sijoitettu rakennusrekisteritietojen avulla kuntiin. Jäähdytystarpeen keskittymiä eli potentiaalisia kaukojäähdytysalueita on tutkittu Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän Corine -alueellisen maankäytön tietokannan avulla.

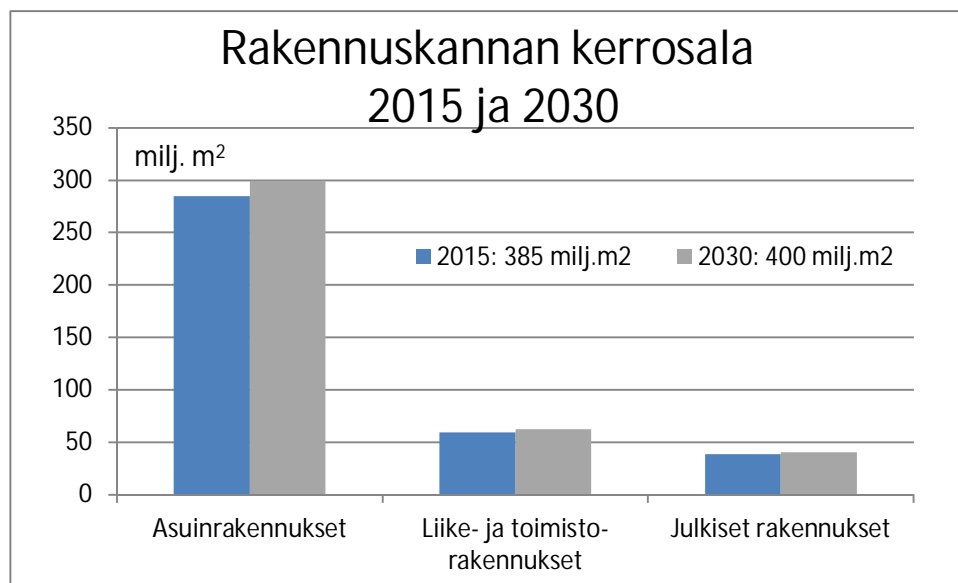
Jäähdytysenergia kulutus vuonna 2030 on laadittu samoin periaattein kuin edellä kuvattu nykytila 2015. Jäähdytyskysynnän simuloinnissa on käytetty vuodelle 2030 laadittua säävuotta.

8.2 Rakennuskannan jäähdytysenergian tarve

8.2.1 Rakennuskanta 2015 ja 2030

Jäähdytystarpeen kannalta merkityksellisimpiä rakennusten kerrosala oli vuonna 2015 noin 385 miljoonaa neliometriä (Kuva 27), josta 75 prosenttia on varsinaisia asuinrakennuksia. Vuoteen 2030 mennessä näiden rakennusten kerrosala kasvaa 400 miljoonaan neliometriin. Vähäinen kasvu johtuu siitä, että osa uudisrakentamisesta korvaa poistuvaa rakennuskantaa, toimitiloissa tilojen käytön tehokkuus kasvaa ja uudet tavat töitä yleistyvät.

Virallisen, vuoden 2012 väestöennusteen mukaan Suomen väkiluku olisi vuonna 2030 noin 5,8 miljoonaa henkilöä (Tilastokeskus, 2012). Väestönkasvu ja sitä myötä uusien asuntojen sekä palvelurakennusten ja työpaikkojen rakentaminen keskittyy suurille kaupunkiseuduille pääasiassa eteläiseen Suomeen.



Kuva 27. Jäähdytysenergian tarpeen suhteen merkittävien rakennusten kerrosala vuonna 2015.

8.2.2 Rakennusten jäähdytystarve

Suomen rakennusmääräykset velvoittavat tekemään suunnittelun yhteydessä kesäajan huonelämpötilan tarkastelun, jotta mahdollisiin yllämpöongelmiin voidaan puuttua suunnitteluvaiheessa. Lähtökohtaisesti suunnittelua pyritään ohjaamaan resurssitehokkuutta kohti niin, että rakennusten yllämpöä pyritään ensisijaisesti välttämään passiivisin keinoin (esim. aurinkosuojat, yöaikainen tehostettu ilmanvaihto, jne). Taulukko 6 sisältää eri talotyypeille asetetut jäähdytysrajat, joiden merkittävää ylittämistä pyritään välttämään.

Taulukko 6. Kesälämpötilatarkasteluissa käytettävät käyttötarkoitukseluokan mukaiset jäähdytysrajat (ympäristöministeriö, 2012).

Käyttötarkoitukseluokka	Jäähdytysraja °C
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	27,0
Asuinkerrostalo	27,0
Toimistorakennus	25,0
Liikerakennus	25,0
Majoitusliikerakennus	25,0
Opetusrakennus ja päiväkot	25,0
Liikuntahalli	25,0
Sairaala	25,0

Energiälaskennan testivuoden 2012 mukaan jäähdytystarve on vain 190 astepäivää mutta lämmitystarve 3793 astepäivää. Ulkolämpötilasta johtuva jäähdytystarve on vähäinen suhteessa rakennuksen lämpökuormista (aurion säteily, ihmiset, sähkölaitteet ja valaistus) johtuvaan jäähdytystarpeeseen.

Rakennusten jäähdytystarpeesta tehtiin useita erilaisia simuloituja. Simuloinneissa varioitiin rakenteita, säävuosia ja aurinkosuojauksia, jotta jäähdytystarpeelle löydettiin minimi- ja maksimiarvot. Simulointien perusteella päädyttiin käyttämään taulukon (Taulukko 7) mukaisia ominaislukuja jäähdytystarpeelle.

Vuoteen 2010 osuu Suomen uudisrakennusten energiatehokkuusvaatimusten kiristys. Tästä syystä tarkastellaan erikseen ennen vuotta 2010 ja sen jälkeen rakennettuja rakennuksia.

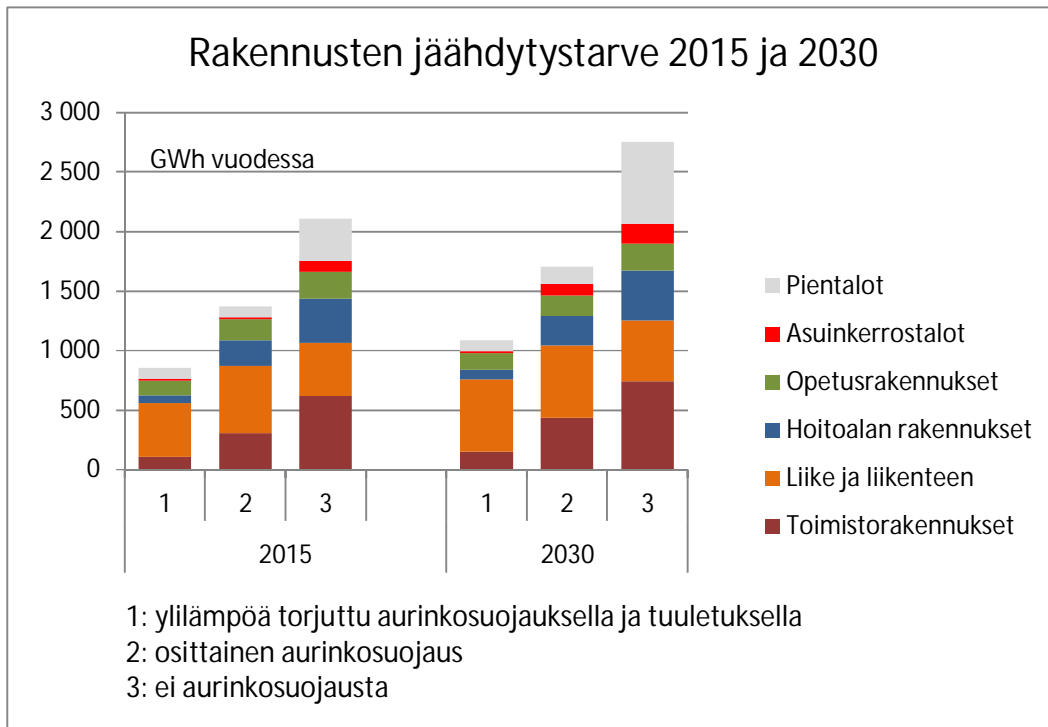
Taulukko 7. Jäähdytystarve rakentamisen ajankohdan funktiona.

kWh/kerros-m ²	Ennen v. 2010 rakennetut	2010-2030 rakennetut	Ennen v. 2010 rakennetut	2010-2030 rakennetut
	ei aurinkosuojauksia		aurinkosuojaus	
Pientalot	2	12	0,5	2
Kerrostalot	1	6	0,5	3
Toimistorakennukset	34	39	6	7
Liikerakennukset	12	15	12	15
Hoitoalan rakennukset	34	39	6	7
Opetusalan rakennukset	13	14	7	8

Aurinkosuojauksen huomiointi vähentää merkittävästi jäähdytystarvetta. Lähtökohtaisesti suunnittelussa tulee aina huomioida passiiviset keinot energiankulutuksen minimoinniksi. Pienet jäähdytystarpeet voidaan kattaa esimerkiksi ilmanvaihtoa lisäämällä. Asuinrakennuksissa käytetään myös yleisesti ikkunatuuletusta erityisesti omakotialueilla.

Jäähdytystarveskenaariot (Kuva 28) on laskettu olettaen, että 1) kaikki rakennukset on varustettu hyvin aurinkosuojin (kaihtimet, rullaverhot, tms), 2) kaikki pientalot on varustettu aurinkosuojin ja isoista rakennuksista puolet on oletettu aurinkosuojuiksi ja puolet vaille aurinkosuojausta, 3) rakennuksissa ei ole aurinkosuojausta.

Vaihtoehtoista 2) on realistisin ja se on otettu alueellisten tarkastelujen lähtökohdaksi. Siinä rakennusten jäähdytystarve on vuonna 2015 hieman alle 1 400 GWh. Se tulee kasvamaan seuraavan 15 vuoden aikana 1700 GWh:iin. Absoluuttisesti eniten kasvaa toimistorakennusten jäähdytystarve ja suhteellisesti eniten asuinkerrostalojen jäähdytystarve.



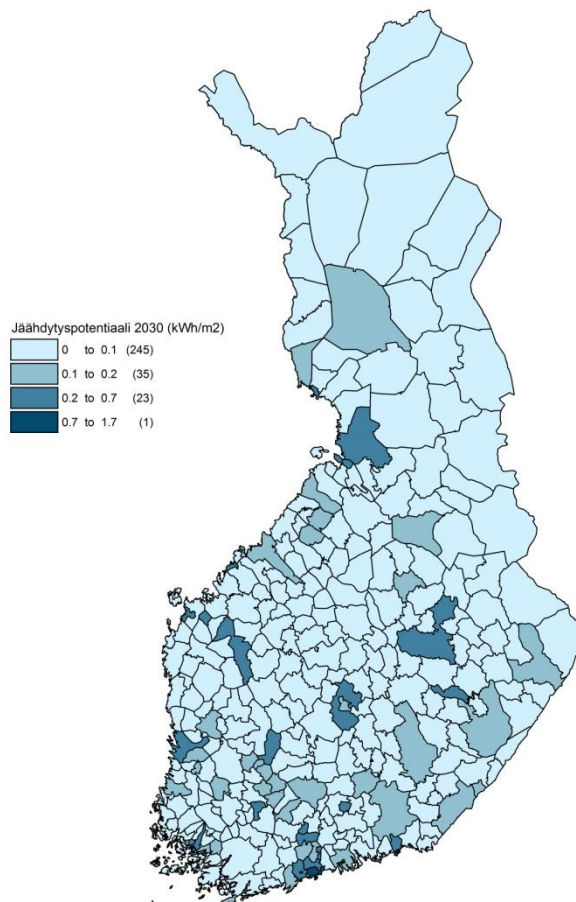
Kuva 28. Jäähdytysenergian tarpeen skenaariot.

Vuoden 2030 jäähdytystarve on sijoitettu kuntiin ja laskettu kuntakohtainen jäähdytysenergiatiheys jakamalla rakennusten jäähdytystarve (kWh) kunnan rakennetulla maapinta-alalla (m²).

Jäähdytysenergiatiheys (Kuva 29) on Helsingissä aivan omaa luokkaansa (1,65 kWh/m²-rakennettu maapinta-ala) verrattuna muuhun maahan tai edes muihin suuriin kaupunkeihin. Helsingin osuus jäähdytystarpeesta on 14 prosenttia.

Kartassa seuraavaan energiatiheyskategoriaan (~0,6 kWh/m²-rakennettu maapinta-ala) kuuluvat muut Suomen suuret kaupungit kuten Espoo, Vantaa, Tampere, Turku, Jyväskylä, Lahti, Kuopio ja Oulu sekä joukko pienempiä kuntia. Tämän kategorian osuus jäähdytystarpeesta on 38 prosenttia.

Harvaan rakennettujen kuntien (kaksi matalinta jäähdytysenergia tiheyskategoriaa) osuus jäähdytystarpeesta on 48 prosenttia.



Kuva 29. Jäähdytysenergiatiheys kunnittain (rakennusten jäähdytistarve kWh jaettuna rakennetun maan pinta-alalla).

8.3 Kaukojäähdytys

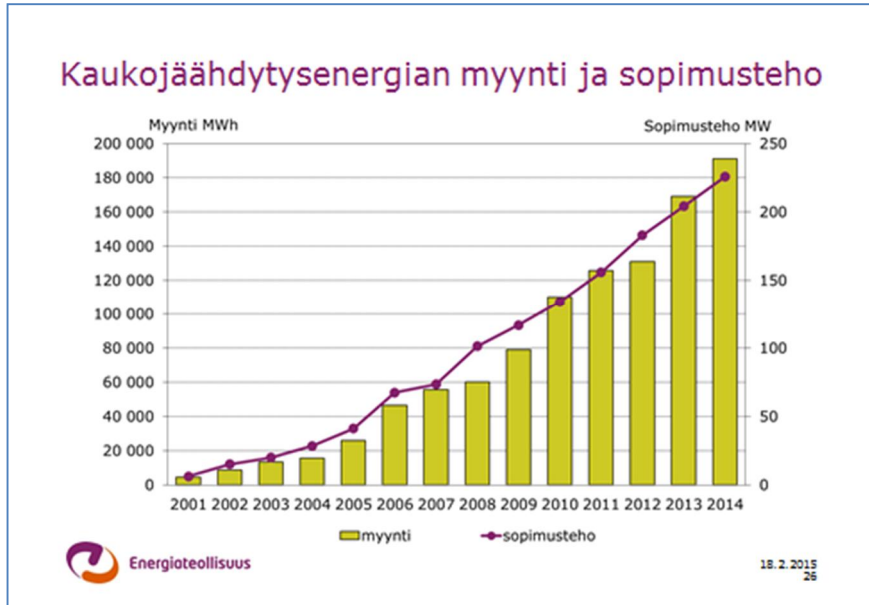
8.3.1 Nykyinen kaukojäähdytys

Vuonna 2014 kaukojäähdytystä myytiin 191 000 megawattituntia. Kaukojäähdytyksestä tuottaa eniten Helsingin Energia (70 prosenttia tilastoidusta liiketoiminnasta). Helsingin Energia toimii alueella, jossa jäähdytysenergiatiheys on suurin.

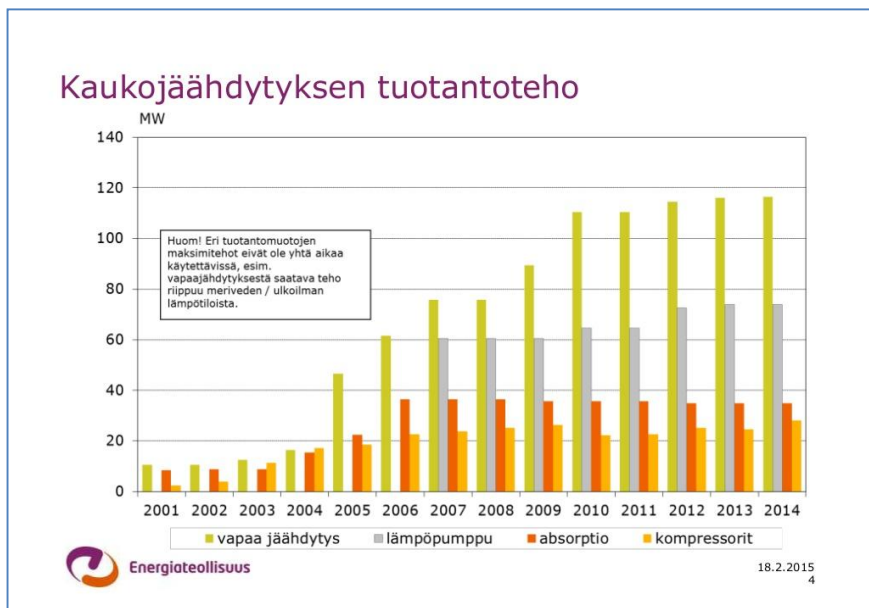
Muita isoja toimijoita ovat Turku Energia (lähes 20 prosenttia) ja Fortum Espoossa (lähes 10 prosenttia). Loput pari prosenttia kaukojäähdytyksestä toimittaa viisi yritystä. Näihin lukeutuu Tampereella toimiva Tampereen Sähkölaitos/Kaukojäähdytys, joka rakentaa kaukojäähdytystä kaupungin tiheimmin rakennetulle keskusta alueelle.

Kaukojäähdytysverkkojen yhteispituus oli vuonna 2014 reilu 100 kilometriä, joka osaltaan kertoo siitä, että kaukojäähdytystä on tarjolla hyvin rajatulla alueella, suurten kaupunkien liike-, toimisto- ja julkisten palvelujen keskittymissä.

Energiateollisuus ry:n tilaston mukaan kaukojäähdytyksen myynti on 2,5-kertaistunut ja asiakkaiden lukumäärä kaksinkertaistunut viimeisen viiden vuoden aikana (Kuva 30 ja Kuva 31). Jäähdytyksestä tuotetaan yli puolet lämpöpumpuilla ja neljännes vapaajäähdytyksellä.



Kuva 30. Jäähdytysenergian myynti 2001-2014 (Lähde: Energiateollisuus).



Kuva 31. Kaukojäähdytyksen tuotantoteho. Vuonna 2014 osuudet olivat: lämpöpumppu 56,1 %, vapaa jäähdytys 24,4 %, absorptio 13,3 % ja kompressorit 6,2 % (Lähde: Energiateollisuus).

8.3.2 Kaukojäähdytyksen potentiaali 2030

Varovaisen arvion mukaan tilojen jäähdytykseen kuluu energiaa vuosittain noin 1400 gigawattituntia. Trendiennusteen mukaan jäähdytystarve kasvaa 1700 gigawattituntiin vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2014 kaukojäähdytyksen markkinaosuus realistisesti määritellystä jäähdytystarpeesta on reilu 10 prosenttia. Myynnin määrän kasvun on mahdollista jatkaa nykyisellä kasvuvauhdilla seuraavan 15 vuoden ajan, jolloin toimitusten määrä kasvaisi 20 GWh vuodessa. Markkinaosuus kasvaisi noin 25 prosenttiin relevantista jäähdytystarpeesta.

Kaukojäähdytykselle potentiaalisimpia kohteita ovat korkealuokkaiset asuinkerrostalot, liike- ja toimistorakennukset sekä julkiset rakennukset, jotka sijoittuvat kaupunkien tiheimmin rakennetuille alueille tai muodostavat muutoin rakennuskeskittymiä (esimerkiksi vapaa-ajan viettokeskuksia).

Uusia potentiaalisia kohteita löytyy sekä nykyisestä rakennuskannasta että uudisrakennuksista. Olemassa olevassa rakennuskannassa otollisin ja taloudellisesti järkevin kohta liittyä kaukojäähdytykseen on silloin, kun kiinteistökohtaisen järjestelmän tekninen käyttöikä on lopussa ja on joka tapauksessa investoiva uuteen järjestelmään. Sekä vanhojen rakennusten että uudisrakennusten kohdalla vaihtoehtona voi olla liittyminen kaukolämpöverkostoon tai suppeampaan alueelliseen verkostoon.

Nykyisin kaukojäähdytystä tarjoavat yritykset laajentavat jakeluverkostoa sen mukaan, mitä kiinteistöjen omistajat ovat kiinnostuneita liittämään kiinteistönsä kaukojäähdytykseen. Kiinnostusta kaukojäähdytykseen on ollut. Muun muassa uusiin asuinkerrostaloihin tehdään varauksia, jotta liittyminen olisi myöhemmin mahdollista.

Nykyiset kaukojäähdytysjärjestelmät on rakennettu tai niitä ollaan rakentamassa Suomen suuriin kaupunkeihin. Samoihin suuriin kaupunkeihin tulee keskittymään tuleva uudisrakentaminen.

Suuret rakennukset (asuinkerrostalot, liike- ja toimistorakennukset, julkiset rakennukset) kaupungeissa ja muissa rakennuskeskittymissä ovat liitetty kaukolämpöön. Tuleva uudisrakentaminen pyritään Suomessa ohjaamaan sisälle rakennettuun ympäristöön eli olemassa olevan kaukolämpöverkoston piiriin. Tähän ympäristöön on mahdollista sovittaa hybridiratkaisuja, joissa yhdistyvät lämmön ja jäähdytyksen toimitukset (combined heating and cooling, CHC). Pidemmälle vietyinä rakennuksia voisi käyttää aurinkolämmön keräysyksikkönä, joista yllilämpö otettaisiin talteen kaukolämpöverkostoon (Shemeikka et al., 2015).

9. Lähdeviitteet

- Ahokas Jussi, Honkatukia Juha, Lehmus Markku, Niemi Janne, Simola Antti & Tamminen Saara (2015). Työvoiman tarve Suomen taloudessa vuosina 2015–2030. Helsinki, VATT http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t181.pdf
- Airaksinen Miimu & Vainio Terttu (2012). Rakennuskannan korjaamisen ja kunnossapidon energiatehokkuustoimenpiteiden vaikuttavuuden arviointi energiansäästön, CO2 ekv päästöjen, kustannuksien ja kannattavuuden näkökulmista. VTT.
- Bröckl Marika, Immonen Iiro, Vanhanen Juha (2014). Lämmön pientuotannon ja pienimuotoisen ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämpötoiminnassa. Gaia Consulting Oy.
- ET (2010), (2014). Kaukolämpötilasto 2010 ja 2014. Energiateollisuus ry.
- Energia uutiset (2015). Kaukojäähdytyksen kysyntä kasvaa. 19.2.2015. <http://www.energiauutiset.fi/uutiset/kaukojaahdytyksen-kysynta-kasvaa.html>.
- Finvac ry, (2014) Tilakohtaiset lähtötiedot jäähdytystarpeen mitoitukselle sekä yksityiskohtaisille energialaskelmille. http://www.en.finvac.org/files/en.finvac.kotisivukone.com/tiedostot/raportti_tilojen_kayt_toprofiilit_20140207.pdf sekä taulukko: http://www.en.finvac.org/files/en.finvac.kotisivukone.com/tiedostot/kayttoprofiilit_2014_0207.xlsx
- Heljo Juhani, Nippala Eero & Nuuttila Harri (2005). EKOREM - rakennusten energiankulutus ja CO2-ekv -päästöt Suomessa. TTKK. http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_Loppuraportti_051214.pdf
- Jylhä Kirsti, Kalamees Targo, Tietäväinen Hanna, Ruosteenoja Kimmo, Jokisalo Juha, Hyvönen Reijo, Ilomets Simo, Saku Seppo ja Huttila Asko (2011). Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2011:6. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/33069>
- Sipilä Kari, Pursiheimo Esa, Savola Tuula, Fogelholm Carl-Johan, Keppo Ilkka & Ahtila Pekka (2005). Small-Scale Biomass CHP Plant and District Heating, VTT Research Notes 2301, 129 p. + app. 7 p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2301.pdf>
- Nokian Uutiset (2015). Nokialle tulee kattila, joka keittää biomassaa. <http://www.nokianuutiset.fi/Uutiset/1194966565967/artikkeli/nokialle+tulee+kattila+joka+keittaa+biomassaa.html>
- Pöyry (2015) Jätteiden energiahyödyntäminen Suomessa, Energiateollisuus, 37 s. http://energia.fi/sites/default/files/et_jatteiden_energiakaytto_loppuraportti_161015.pdf
- Pöyry (2011). Kaukolämmön asema Suomen energiajärjestelmässä tulevaisuudessa, nr. 52A14971, 55 s. TEM 2010, Kiinteiden puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto, 66/2010. https://www.tem.fi/files/28437/TEM_66_2010_verkkojulkaisu.pdf
- Shemeikka Jari, Lylynkangas Kimmo, Ketomäki Jaakko, Heimonen Ismo, Pulakka Sakari, Pylsy Petri (2015). SunZEB – Plusenergiaa kaupungissa. VTT Oy, Technology 2019. www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T219.pdf

- Siitonen Eero, Laukkanen Mike, Kala Janne, Ståhl Niklas, Siitonen Simo (2010).
Teollisuuden ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämmityksessä. YIT Teollisuus- ja verkkopalvelut Oy.
http://energia.fi/sites/default/files/teollisuuden_ylijaamalammon_hyodyntaminen_kaukolammityksessa_yit2010.pdf
- Tuominen Pekka, Holopainen Riikka, Eskola Lari, Jokisalo Juha, Airaksinen, Miimu (2014).
Calculation method and tool for assessing energy consumption in the building stock: Elsevier. Building and Environment, Vol. 75, No. May, pp. 153 – 160
http://www.researchgate.net/publication/260216157_Calculation_Method_and_Tool_for_Assessing_Energy_Consumption_in_the_Building_Stock
- Vainio Terttu, Belloni Kaisa, Jaakkonen Liisa (2012). Asuntotuotanto 2030 - asuntotuotantotarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. VTT Technology 2.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T2.pdf>
- Ympäristöministeriö (2012). D3 laskentaopas: Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen.
https://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf
- Ympäristöministeriö (2015), Uusiutuvan energian osuus kasvaa; tiedote 22.4.2015;
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastomuutos_ja_energia/Uusiutuvan_energian_osuus_kasvaa\(28548\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastomuutos_ja_energia/Uusiutuvan_energian_osuus_kasvaa(28548))
- Ympäristöministeriö (2015b). Keskisuurten polttolaitosten päästörajoituksista sopu EU:ssa; tiedote 30.6.2015. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Keskisuurten_polttolaitosten_paastorajoi\(33923\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Keskisuurten_polttolaitosten_paastorajoi(33923))

Tilastot

- Asunnot ja asuinolot [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-6745. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 28.8.2015]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/asas/index.html>
- Kaukolämpötilastot [verkkojulkaisu]. Energiateollisuus. <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/kaukolampotilastot>
- Pienet lämpölaitokset [verkkojulkaisu]. Kuntaliitto,
<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyt/energia/energiahuolto/pienet-lampolaitokset/Sivut/default.aspx>
- Jätelaitosyhdistys, Jätevoimalaitokset Suomessa.
<http://jly.fi/energia5.php?treeviewid=tree3&nodeid=5>
- Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu].
ISSN=1798-677X. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 28.8.2015].
Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/rakke/index.htm>
- Väestöennuste [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-5137. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 28.8.2015]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/vaenn/index.html>
- Väestörakenne [verkkojulkaisu]. ISSN=1797-5379. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 28.8.2015]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/vaerak/tau.html>

Direktiivit ja lainsäädäntö

- Motivan direktiivitiivistelmät: <http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuuta 2010, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu) (EBPD), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF>

Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3, Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2/11, http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

Ympäristöministeriön asetus 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, http://www.finlex.fi/data/normit/40799-EU_27_2_2013YM_asetus_lopullinen_FIN.pdf

FiNZEB-hanke, <http://www.finzeb.fi>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (RES), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU, annettu 25 päivänä lokakuuta 2012, energiatehokkuudesta (EED), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF>

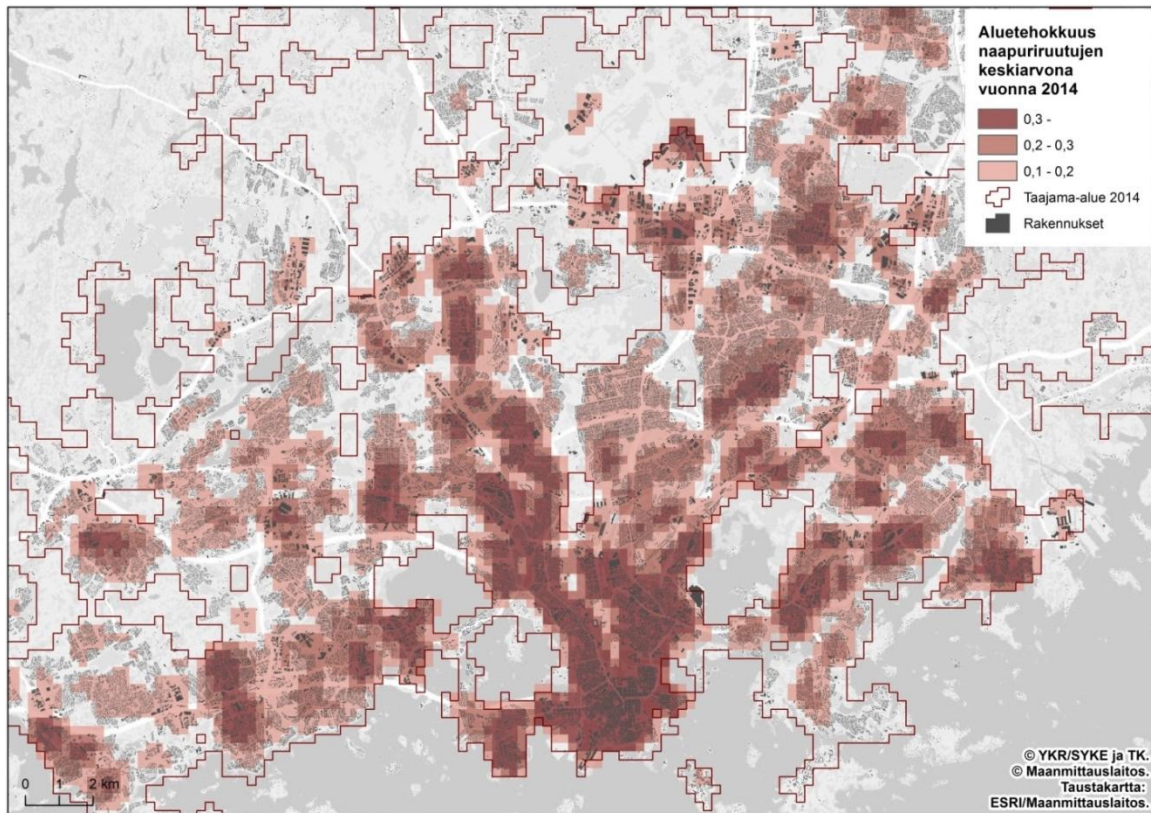
Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY, annettu 21 päivänä lokakuuta 2009, energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (EcoDesign), <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32009L0125>

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013, <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>

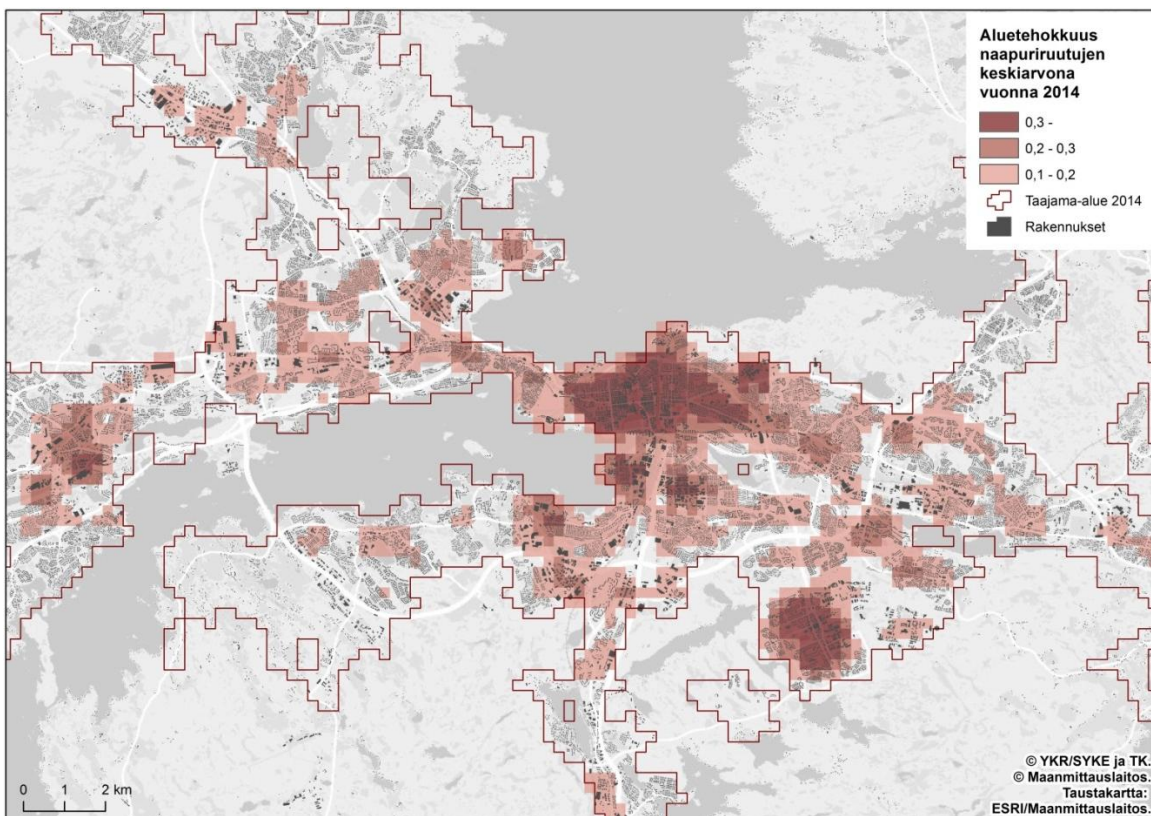


Liite: Aluetehokkuus tilastoruuduittain suurimmissa kaupungeissa

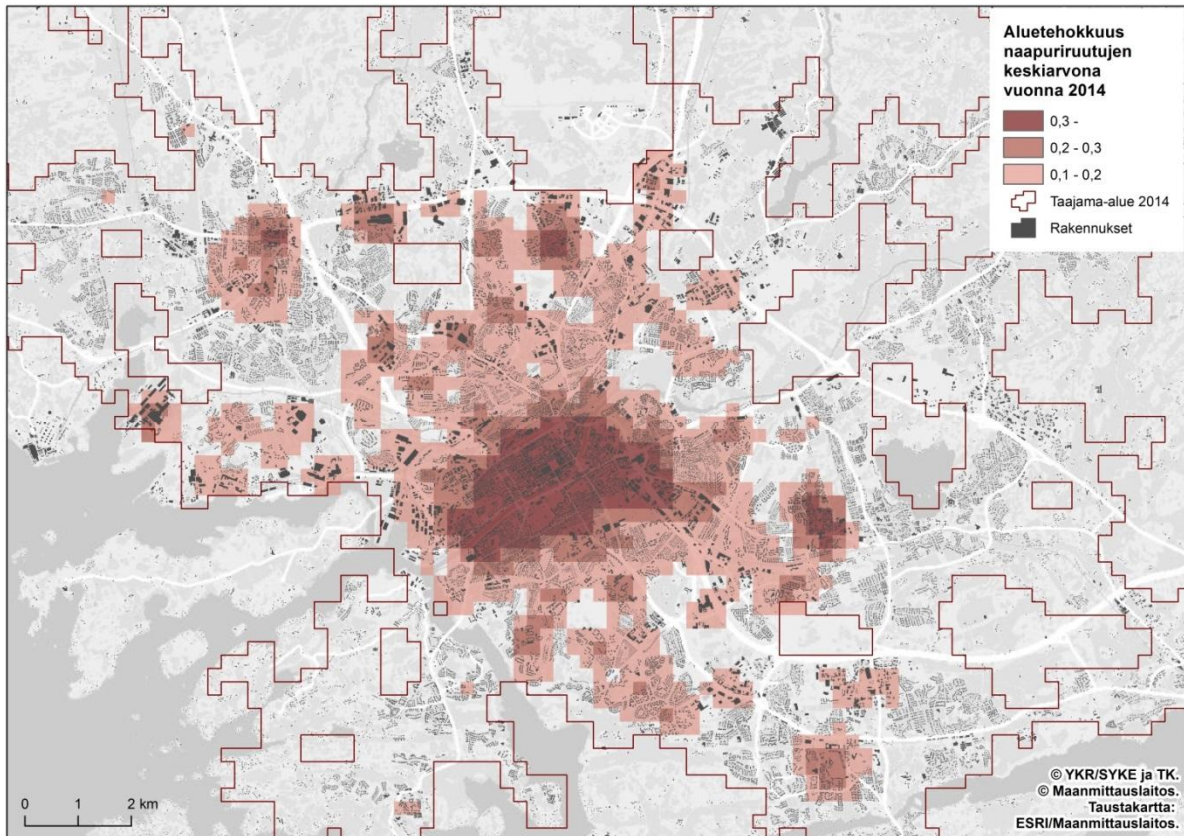
HELSINKI



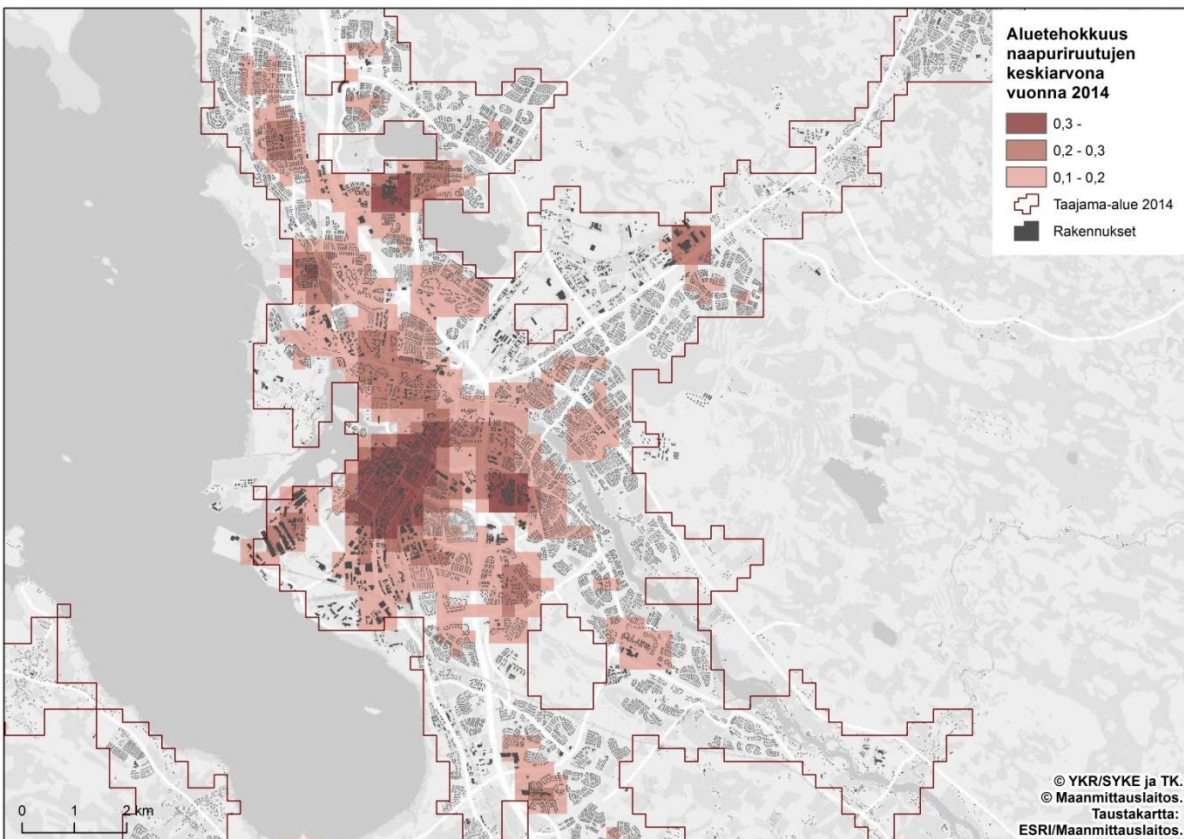
TAMPERE



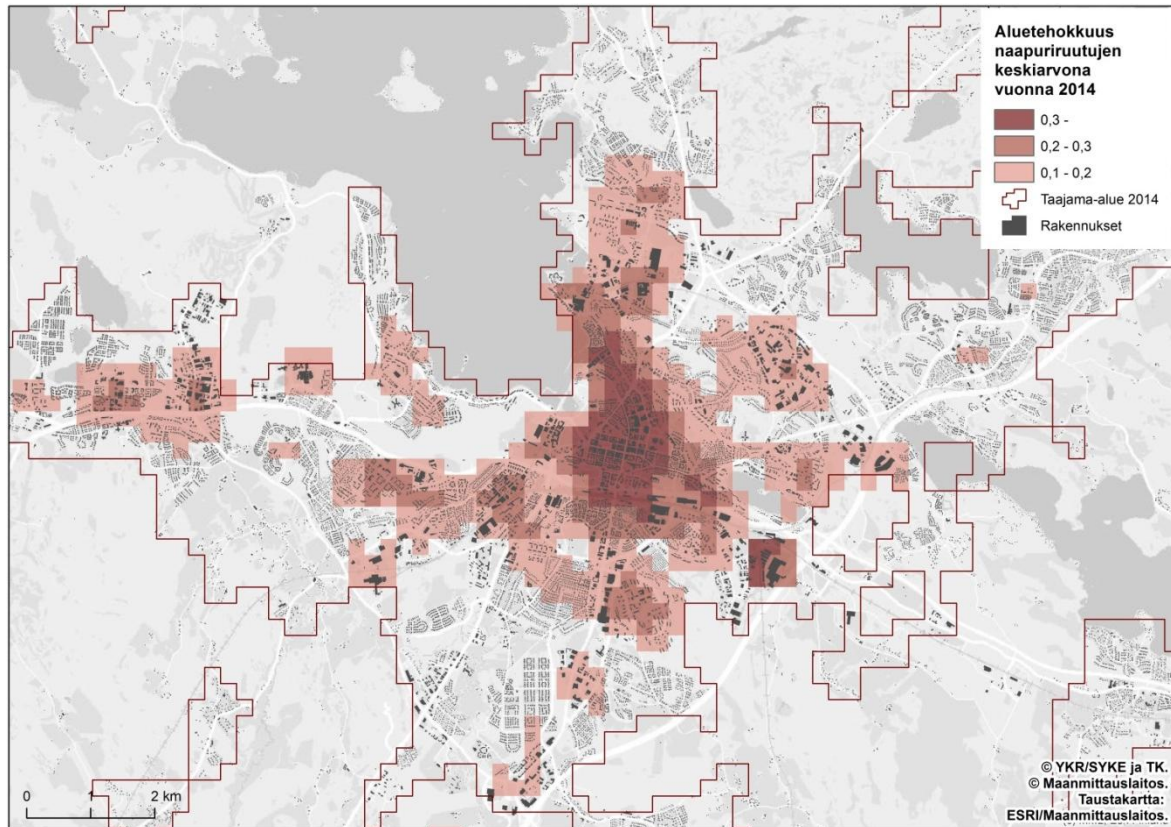
TURKU



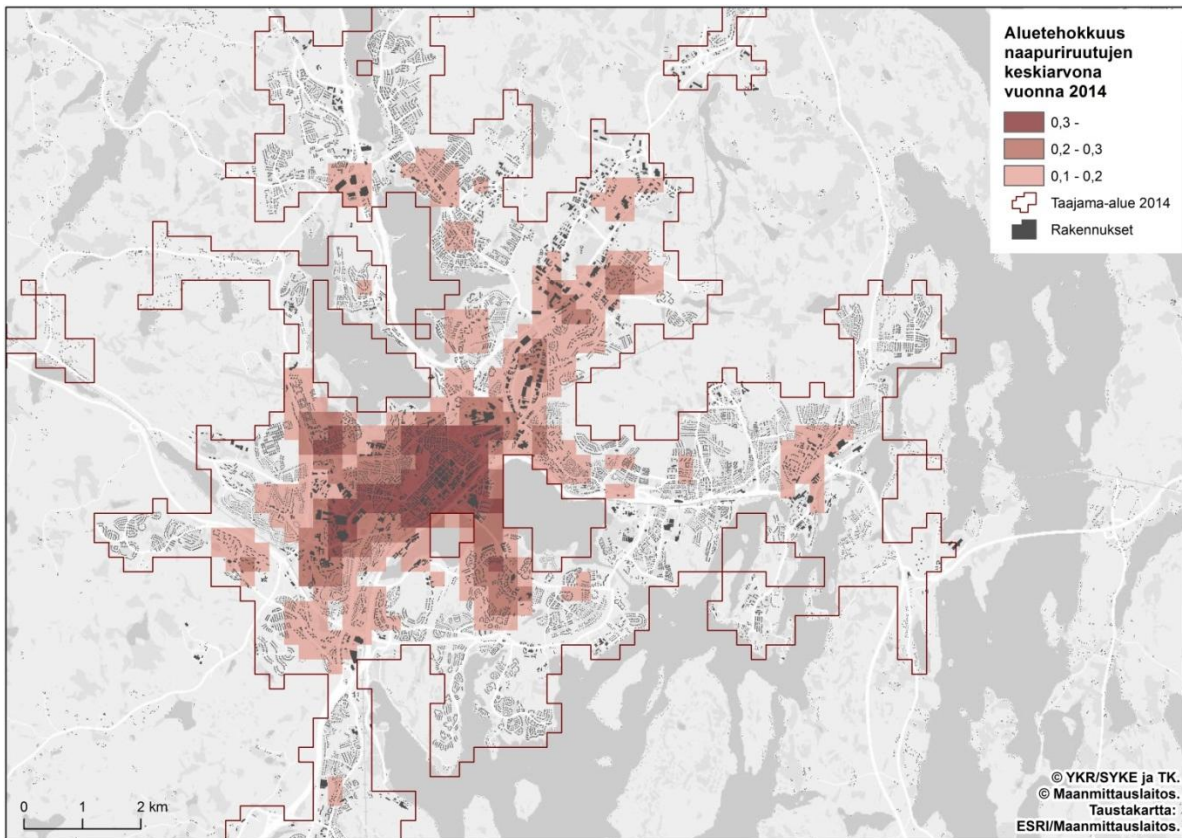
OULU



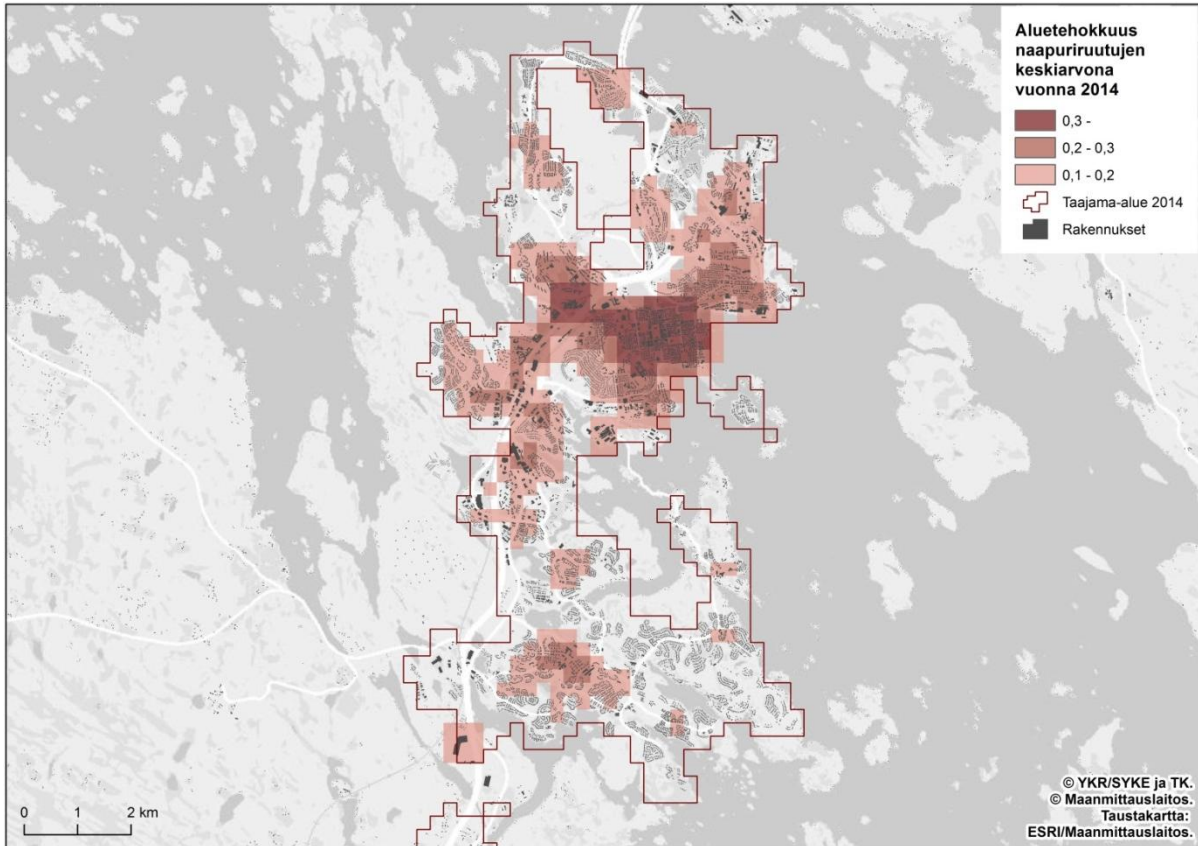
LAHTI



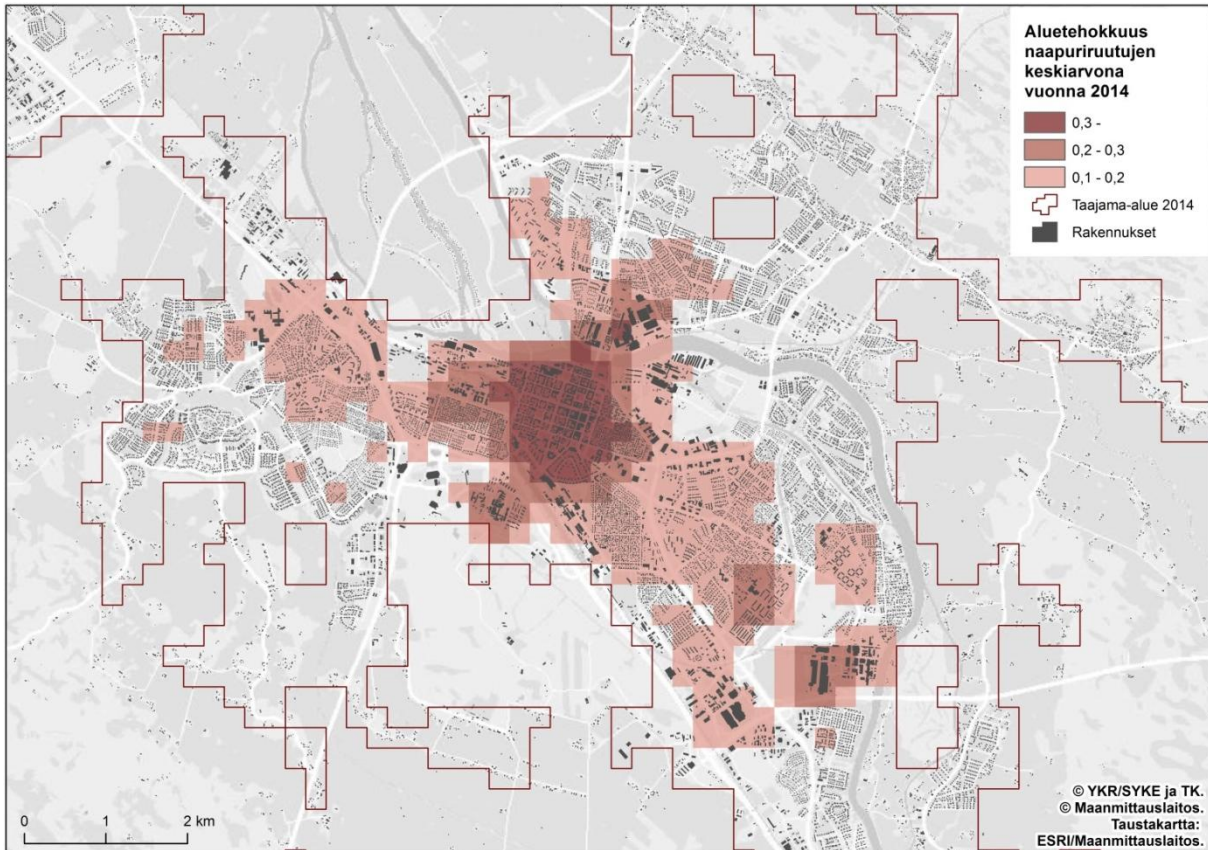
JYVÄSKYLÄ



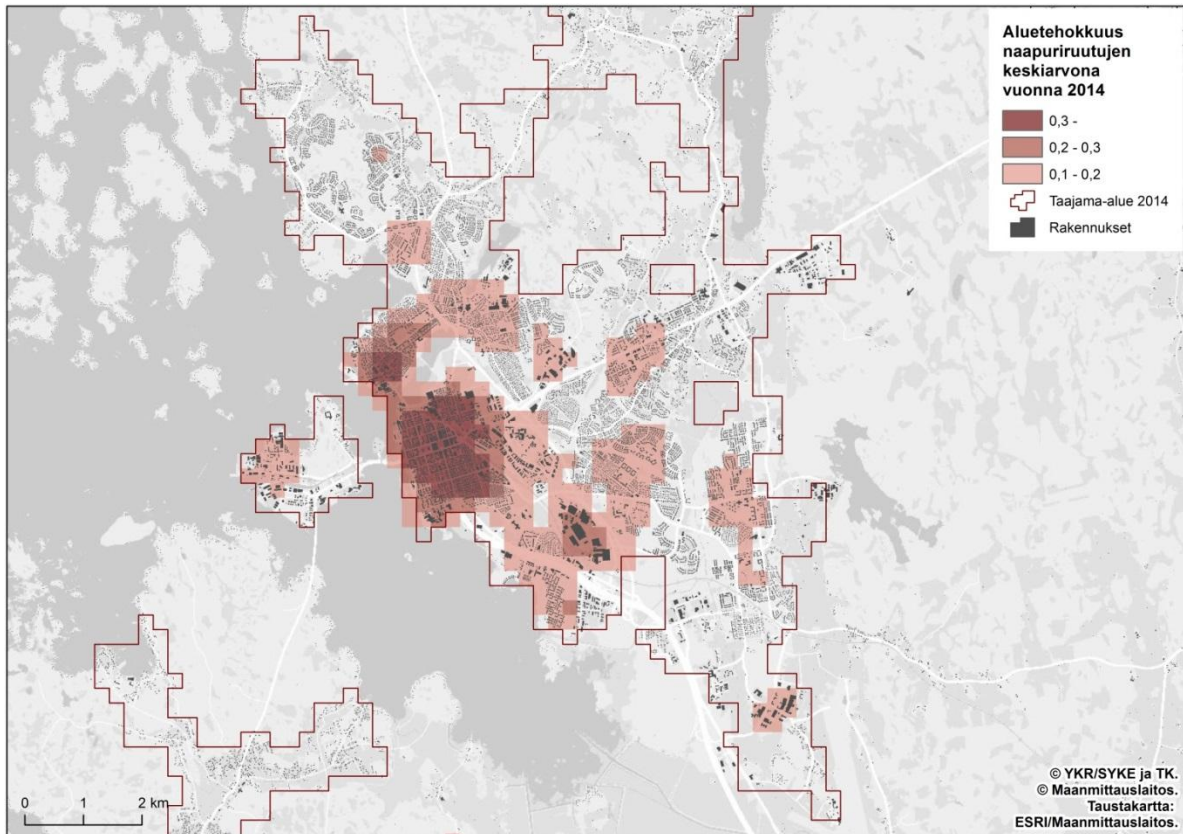
KUOPIO



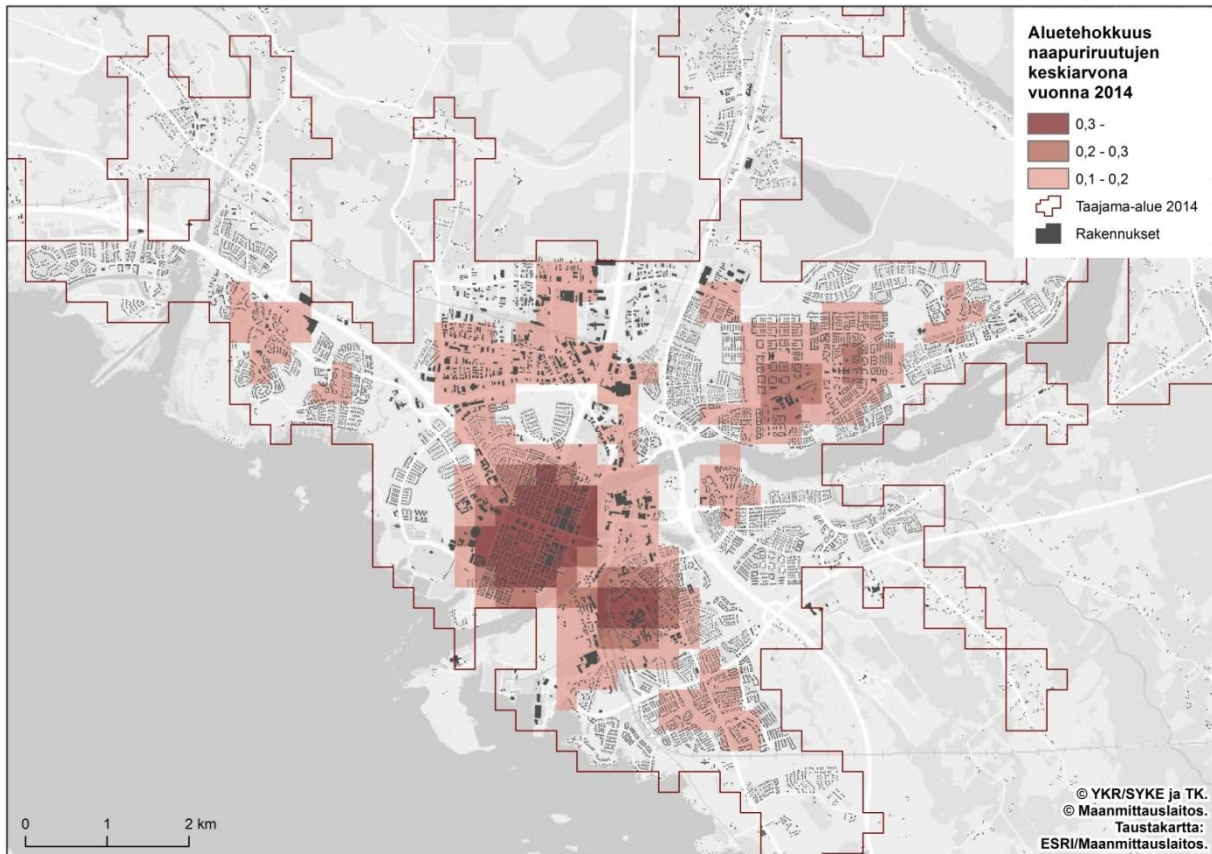
PORI



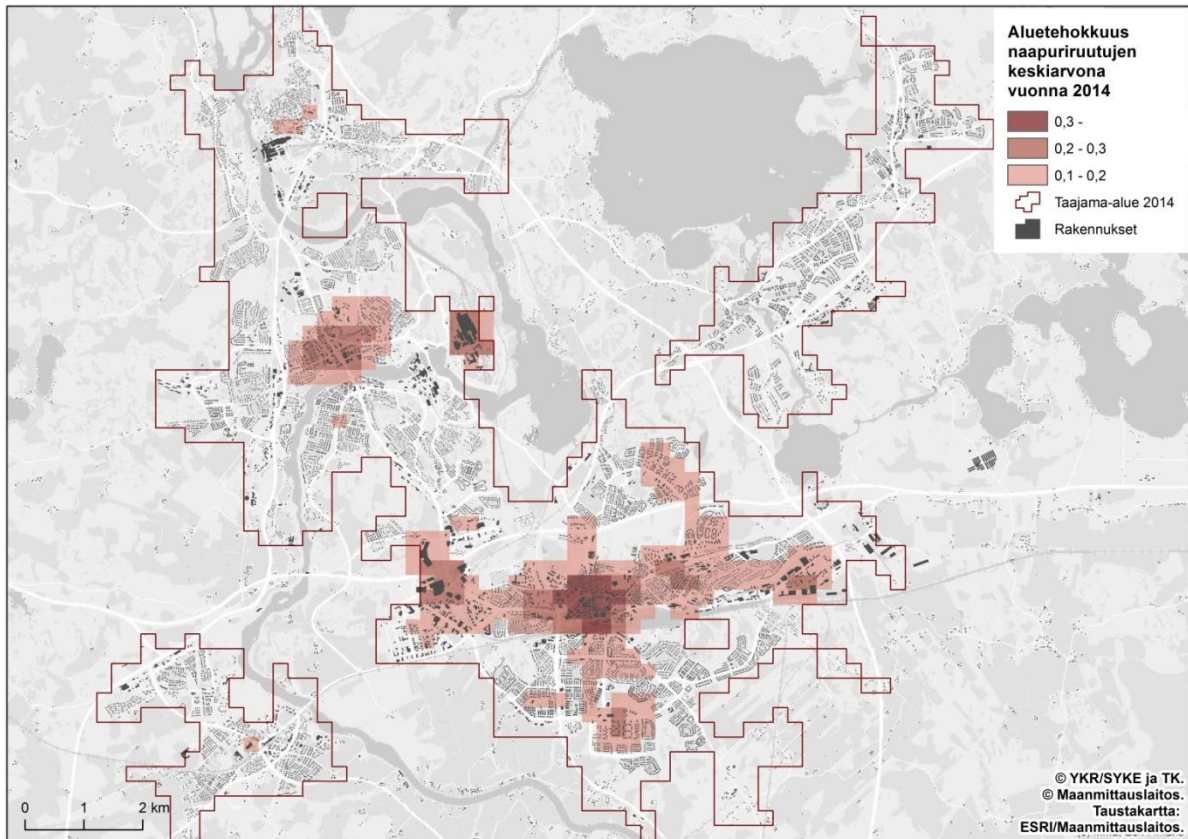
VAASA



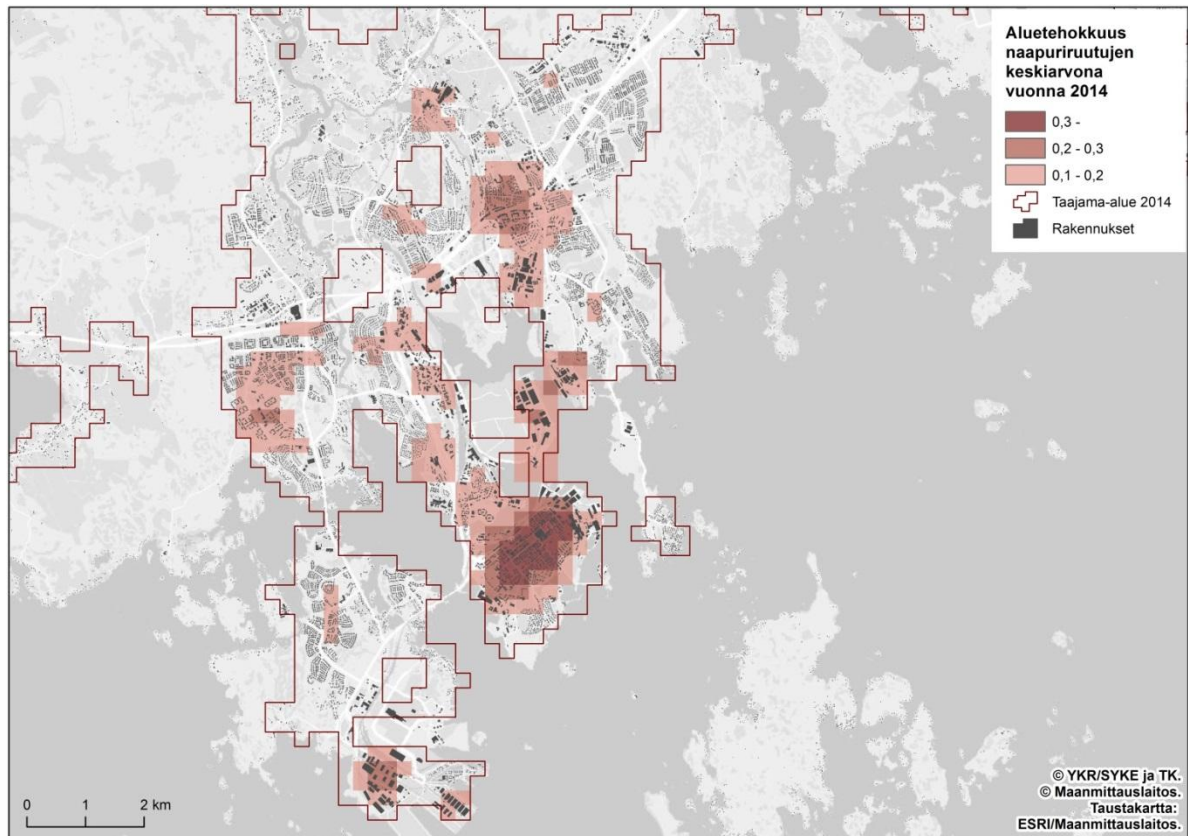
JOENSUU



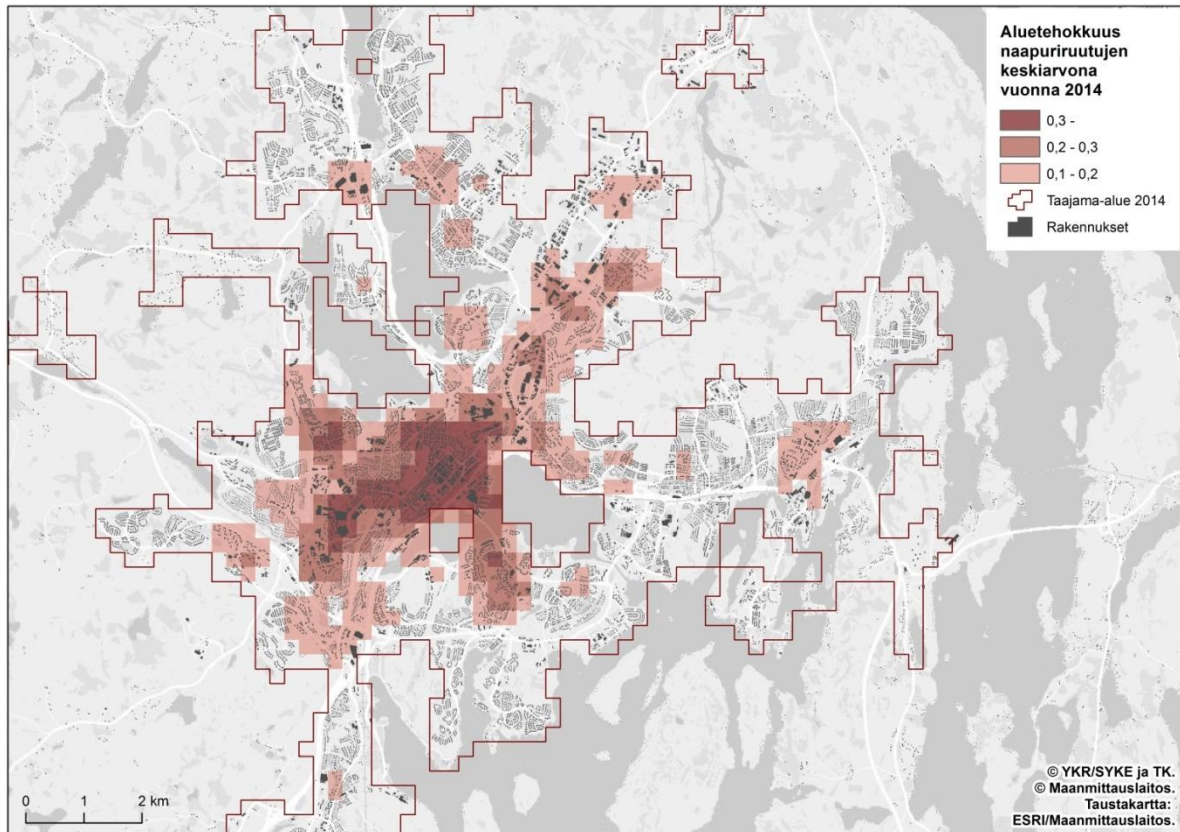
KOUVOLA



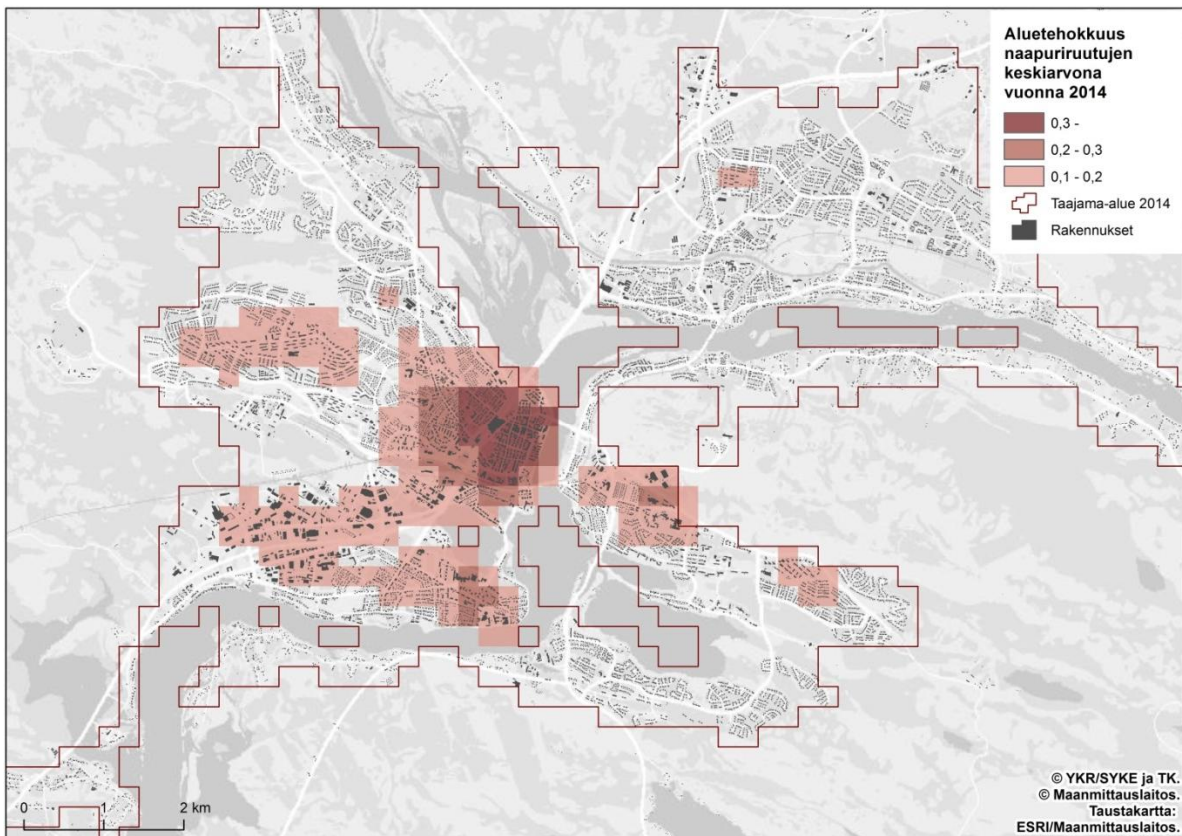
KOTKA



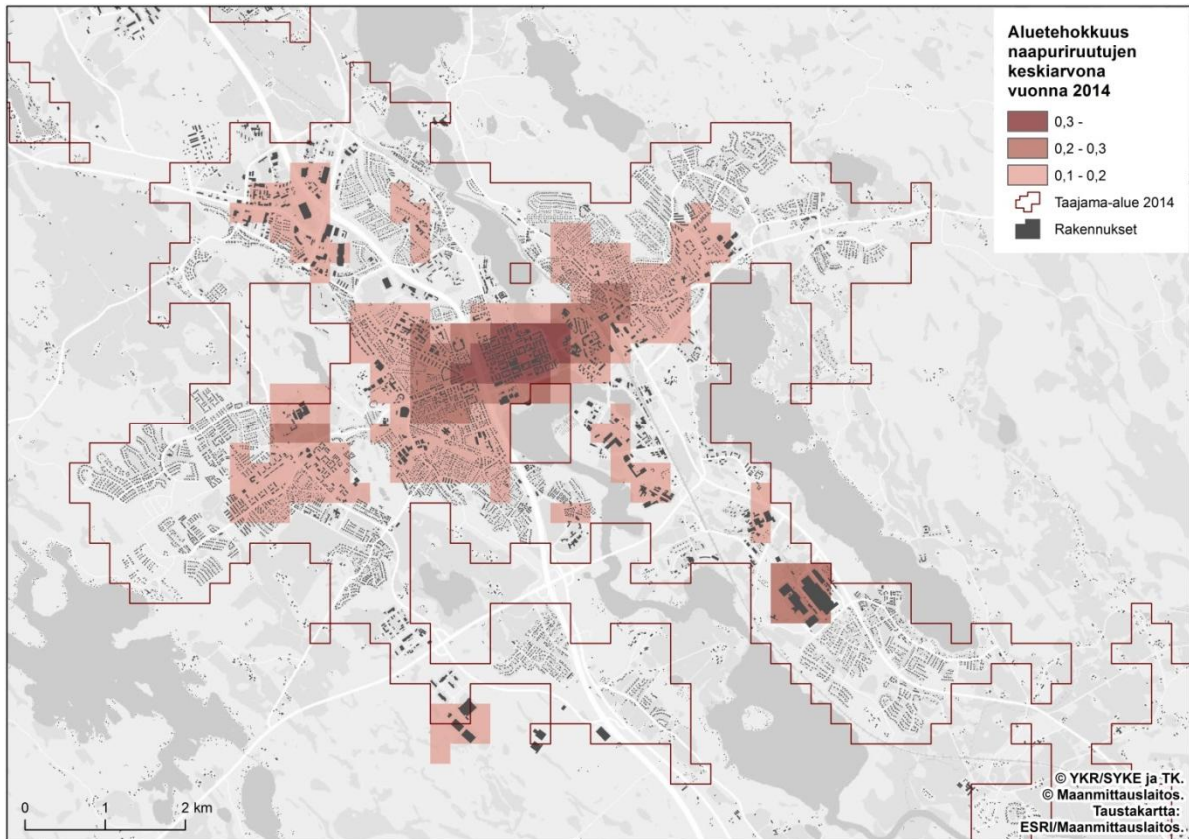
LAPPEENRANTA



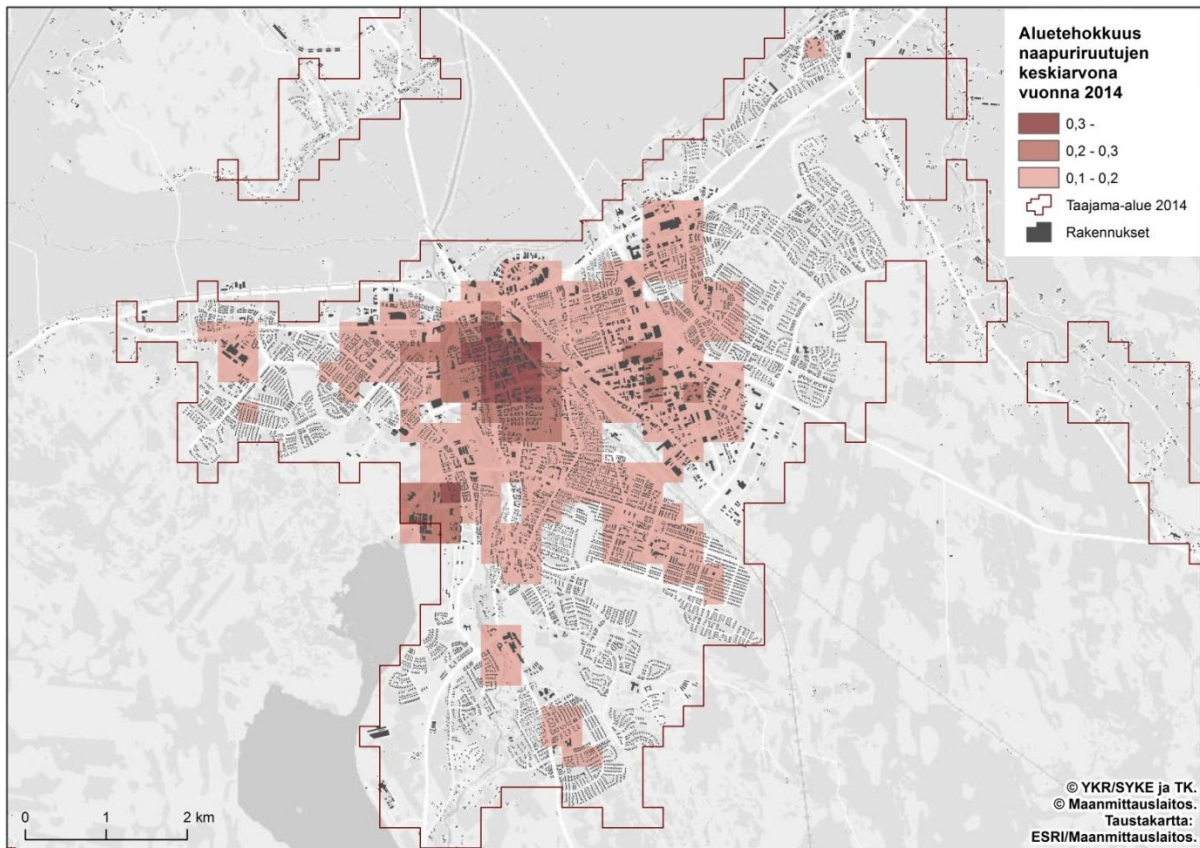
ROVANIEMI



HÄMEENLINNA



SEINÄJOKI



MIKKELI

