

SITRA

Sitran selvityksiä

89

Energiaälykäs pääkaupunkiseutu

Loppuraportti
17.3.2015



© Sitra 2015

Sitran selvityksiä 89

Gaia Consulting Oy:
Erkka Rynänen, Katariina Simola, Laura Ylimäki,
Laura Descombes, Juha Vanhanen

ISBN 978-951-563-910-3 (PDF) www.sitra.fi

ISSN 1796-7112 (PDF) www.sitra.fi

Julkaisua koskevat tiedustelut:
julkaisut@sitra.fi

Sitran selvityksiä -sarjassa julkaistaan
Sitran tulevaisuustyön ja kokeilujen tuloksia.

Esipuhe

KAUPUNGIT VOIVAT OLLA EDELLÄKÄVIJÖITÄ kansallisten päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa kokeilemalla ja toimeenpanemalla innovatiivisia, paikallisia ratkaisuja. Myös valtioneuvoston cleantech-strategian tavoitteena on kaksinkertaistaa cleantech-kotimarkkina vuoteen 2020 mennessä 20 miljardiin euroon. Jotta tähän tavoitteeseen päästään, tarvitaan Suomeen nopeasti suuren mittakaavan referenssialueita, jotka toimivat kotimarkkina- ja testialustoina vähähiilisille ratkaisuille ja cleantech-yrityksille. Pääkaupunkiseutu sopii erinomaisesti tällaiseksi referenssialueeksi.

Aiempien selvitysten mukaan voimakkaimmat päästövähennykset tulisi pääkaupunkiseudulla kohdistaa energijärjestelmään, liikenteeseen sekä cleantech-liiketoiminnan kehittämiseen. Energiasektori muodostaa ylivoimaisesti merkittävimmän alueen pyrittäessä pääkaupunkiseudun hiilineutraalisuuteen. Pääkaupunkiseudun olemassa olevien vahvuuksien – kuten tehokkaan kaukolämmön ja kaukokylmän – hyödyntämisen lisäksi on voimakkaasti panostettava uusiutuviin energiamuotoihin ja energiatehokkuuteen sekä kehitettävä uusia älykkäitä ratkaisuja esimerkiksi avoimiin energiaverkkoihin. Osioitoinnin sijaan tarvitaan myös uudenlaisia yritys-, sektori- ja kuntarajoja ylittäviä ratkaisuja sekä yhteistyötä.

Tätä taustaa vasten Sitra käynnisti selvityksen pääkaupunkiseudun energiasektorin päästövähennysmahdollisuuksien ja uusien cleantech-ratkaisujen edistämiseksi. Työssä on ensimmäistä kertaa tarkasteltu pääkaupunkiseutua yhtenä kokonaisuutena. Selvityksessä keskityttiin pääkaupunkiseudun energiasektorin päästövähennystoimintaan. Tavoitteena oli kuvata polku, jonka avulla pääkaupunkiseudun energijärjestelmää kehitetään älykkääksi ja hiilineutraaliksi 2050 mennessä. Selvitys kartoitti toimia ja ratkaisuja, jotka kustannustehokkaasti vähentävät

pääkaupunkiseudun energijärjestelmän päästöjä sekä energiantuotannossa, energiankulutuksessa että energijärjestelmän kehityksessä. Lisäksi arvioitiin panostuksia ja ratkaisuja cleantech-liiketoiminnan synnyttämiseksi pääkaupunkiseudulla. Selvitys kokosi eri vaihtoehdot mahdollisuuskartaksi, jossa niitä arvioitiin kokonaispotentiaaliltaan, vaikuttavuuden ja toteutettavuuden kannalta.

Jotta pääkaupunkiseutu voisi nousta edelläkävijöiden joukkoon, täytyy vähähiilisyteen johtavia toimenpiteitä saada käytäntöön välittömästi. Selvityksessä keskityttiin erityisesti sellaisiin toimenpiteisiin, joita voidaan toteuttaa seuraavien 15 vuoden kuluessa. Keskeisimmät nopeasti tuottavat mahdollisuudet liittyvät pääkaupunkiseudun kaukolämpöjärjestelmän älykkyyden ja vähähiilisyden kehittämiseen, energiatehokkuustoimiin etenkin vanhassa rakennuskannassa sekä energijärjestelmän älykkyyden ja joustavuuden lisäämiseen muun muassa hajautetulla energiantuotannolla, kysyntäjoustolla ja varastoinnilla. Kaikkiin näihin liittyy päästövähennysmahdollisuuksien lisäksi merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia sekä edellytyksiä luoda uusia työpaikkoja lähitulevaisuudessa. Kaikki ehdotetut toimenpiteet auttavat osaltaan myös pääkaupunkiseudun energijärjestelmän systeemisen muutoksen aikaansaamisessa ja pitkän tähtäimen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisessa. Päästövähennystoimenpiteiden toteuttamisessa tarvitaan eri sidosryhmien kuten valtion, kaupunkien, energiayhtiöiden, teknologiatoimittajien ja kuluttajien sujuvaa yhteispeiliä. Siksi energiaälykäs pääkaupunkiseutu tehdään yhdessä.

Selvityksen on toteuttanut Gaia Consulting Oy tiiviissä yhteistyössä Sitran kanssa. Gaia on vastuussa raportin sisällöstä eivätkä raportissa esitetyt tulokset välttämättä vastaa kaikkien hankkeeseen osallistuneiden sidosryhmien näkemyksiä.

Helsingissä 10.3.2015

Jaana Pelkonen

Johtava asiantuntija, hiilineutraali teollisuus
Sitra



Sisällys

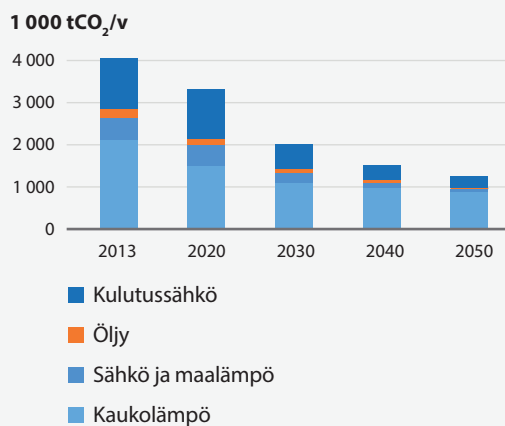
Esipuhe	1
Tiivistelmä	4
1. Johdanto	5
2. Tavoitteet ja tarkastelun viitekehys	6
3. Metodologia ja oletukset	7
3.1 Päästöskenaarioiden laskentamenetelmät	7
Hilma-menetelmä	7
Oletukset – kulutussähkö	8
Oletukset – lämmitys	9
3.2 Päästövähennystoimenpiteiden laskentamenetelmät	11
4. Päästöskenaarioiden tulokset	12
4.1 Hilma-mallin mukainen laskenta	12
4.2 Sähkön tuotannon päästöt	14
4.3 Kaukojäähdytyksen tarpeen kehitys	15
5. Päästövähennystoimenpiteet	16
5.1 Toimenpiteiden ryhmittely	16
5.2 Energiantuotantoon liittyvät toimenpiteet	17
Kulutussähkö	17
Kaukolämpö	19
Erillislämmitys	21
5.3 Energiajärjestelmiin liittyvät toimenpiteet	22
5.4 Energiankulutukseen liittyvät toimenpiteet	25
5.5 Poikkileikkaavat toimenpiteet	28
5.6 Yhteenveto toimenpiteiden vaikutuksista	29
6. Herkkyystarkastelut	33
7. Toimenpiteiden priorisointi	35
8. Pohdintoja	39
9. Johtopäätökset	41
Lähteet	43
Liite 1 Työpajoihin ja/tai raportin kommentointiin osallistuneet	44

Tiivistelmä

SUOMI ON SITOUTUNUT VÄHENTÄMÄÄN hiilidioksidipäästöjään 80–95 % vuoteen 2050 mennessä. Tämä edellyttää, että puhtaita energiateknologioita kehitetään ja otetaan käyttöön nykyistä nopeammin. Cleantech-sektorilla on tärkeä rooli vähäpäästöisempien vaihtoehtojen tarjoamisessa. Hallituksen tuoreen cleantech-strategian mukaan Suomeen on luotava suuren mittakaavan referenssialue cleantech-tuotteiden kotimarkkinoiden kehittämiseksi. Pääkaupunkiseutu sopii erinomaisesti tällaiseksi referenssialueeksi.

Sitra käynnisti vuoden 2014 lopussa *energiaälykäs pääkaupunkiseutu* -selvityksen, jonka tavoitteena oli pääkaupunkiseudun energiasektorin päästövähennysmahdollisuuksien selvittäminen ja hiilineutraalin energijärjestelmän tiekartan laatiminen kohti vuotta 2050. Aluksi selvitettiin pääkaupunkiseudun energiasektorin päästökäytös vuosina 2020–2050 ottaen huomioon pääkaupunkiseudun yritysten konkreettiset suunnitelmat biopolttoaineiden käytön lisäämiseksi, energiatehokkuuden arvioitu parantuminen rakennuskannassa sekä valtakunnallisen sähkön päästökertoimen alentuminen, joiden avulla luotiin skenaario *kehityspolku 2* (ks. kuva alla).

Pääkaupunkiseudun energiasektorin päästökäytös kehityspolussa 2



Konkreettisiin olemassa oleviin suunnitelmiin ja niihin perustuvaan päästötarkasteluun pohjautuen pääkaupunkiseudun energiasektorin päästöt laskevat nykytasolta 4 000 000 tCO₂/v vuoteen 2050 mennessä noin 1 300 000 tCO₂/v tasolle, mikä tarkoittaa noin 70 % päästöjen laskua nykytasosta.

Päätavoitteena oli tunnistaa uusia toimenpiteitä, jotka voisivat edelleen alentaa pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöjä sekä tukea cleantech-liiketoiminnan kehittymistä ja luoda työpaikkoja. Tunnistettujen toimenpiteiden perusteella muodostettiin kolme toimenpidekokonaisuutta, joiden avulla eteneminen kohti hiilineutraalia energijärjestelmää voidaan aloittaa:

Tiivistelmä toimenpidekokonaisuuksista

Kokonaisuus	Keskeinen sisältö	Keskeiset edut
Vähäpäästöiseen energiantuotantoon siirtyminen	Lisätään biopolttoaineiden käyttöä yhteistuotannossa suunniteltua nopeammin. Toteuttaminen edellyttää biopolttoaineiden kilpailukykyyn parantamista sekä niiden vaatiman infrastruktuurin kuten logistiikan tarpeiden huomioimista.	Huomattava työllisyysvaikutus Suomelle ja pääkaupunkiseudulle
Energiatehokkuuspotentiaalın realisoiminen	Kootaan 1950–1970-lukujen kerrostaloalueista kokonaisuuksia, joissa toteutetaan peruskorjauksen yhteydessä merkittäviä energiatehokkuuden parannuksia. Toimenpiteitä tehostetaan perustamalla energiatehokkuusinvestointeja tukeva rahasto.	Kustannustehokain tapa vähentää päästöjä lyhyellä tähtäimellä
Älykkään energijärjestelmän toteuttaminen	Kaukolämpöjärjestelmässä hyödynnetään erilaisia integroituja lämmitys- ja jäähdytysratkaisuja, lämmön ja kylmän varastointia sekä kulutuksen ohjausta. Sähköjärjestelmässä lisätään hajautetun aurinkosähkön tuotantoa, energian varastointia ja kysyntäjouston hyödyntämistä.	Tukee uuden cleantech-liiketoiminnan kehittymistä kotimarkkinoilla

Käytännössä kaikki nämä toimenpiteet voidaan käynnistää välittömästi, ja niiden toteutus jatkuu pitkälle tulevaisuuteen. Huomattavaa on, että monia toimenpiteitä toteutetaan jo tällä hetkellä. Päästövähennykset eivät tule ilmaiseksi, mutta samalla niihin liittyy usein merkittävää liiketoimintapotentiaalia ja myönteisiä työllisyysvaikutuksia. Päästövähennystoimenpiteiden toteuttamiseen tarvitaan eri sidosryhmien kuten valtion, kaupunkien, energiayhtiöiden, teknologiatoimittajien ja kuluttajien sujuvaa yhteispeliä. Yksittäisen toimijan mahdollisuudet ovat rajalliset; siksi energiaälykäs pääkaupunkiseutu tehdään yhdessä.

1. Johdanto

SUOMEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN vähentäminen 80–95 % vuoteen 2050 mennessä edellyttää, että puhtaita energiateknologioita kehitetään ja otetaan käyttöön nykyistä nopeammassa tahdissa energiantuotannossa, teollisuudessa, asumisessa ja liikkumisessa. Tavoitteen saavuttaminen vaatii toimenpiteitä kaikilla yhteiskunnan osa-alueilla.

Alueellisella ilmastotyöllä on merkittävä rooli päästöta-voitteiden saavuttamisessa. Se täydentää kansallisia toimia päästöjen vähentämiseksi sekä luo kestävästä kulutuksesta tukevia käytännönläheisiä innovaatioita ja toimeliaisuutta.¹ HINKU-kunnat ovat hyvä esimerkki kuntatason toiminnasta, jossa kunnat etsivät yhdessä kuntalaisten ja elinkeinoelämän sekä tutkimuslaitosten ja asiantuntijoiden kanssa kestäviä ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi. Suuri osa Suomen kunnista tekee nykyään järjestelmällistä ilmastotyötä.²

Myös cleantech-sektorilla on tärkeä rooli vähäpäästöisempien vaihtoehtojen tarjoamisessa. Hallituksen 8.5.2014 hyväksymässä cleantech-strategiassa visioidaan Suomesta uutta cleantech-toiminnan keskittymää vuoteen 2020 mennessä. Strategian mukaan tavoitteeseen pääsy edellyttää suuren mittakaavan referenssialueen perustamista cleantech-tuotteiden kotimarkkinoiden kehittämiseksi ja testialueen luomiseksi vähähiilisille ratkaisuille. Suomessa pääkaupunkiseutu³ tarjoaa riittävät puitteet ja kokoluokan kansainvälisesti merkittävän testialueen luomiseksi.

Sitran kesällä 2014 julkaiseman selvityksen⁴ mukaan pääkaupunkiseudun voimakkain kehitys tulisi kohdistaa

energiajärjestelmään, liikkumiseen ja liikenteeseen sekä cleantech-liiketoiminnan kehittämiseen. Päästöjen näkökulmasta energiasektorin rooli on keskeinen. Energiatoimet ovat vallitsevassa asemassa myös pääkaupunkiseudulla toteutettujen ilmastotoimien joukossa.⁵ Tätä taustaa vasten Sitra käynnisti selvityksen pääkaupunkiseudun energiasektorin päästövähennysmahdollisuuksien selvittämiseksi ja uusien cleantech-ratkaisujen mahdollisuuksien edistämiseksi. Hankkeessa tarkastellaan ensimmäistä kertaa pääkaupunkiseutua yhtenä kokonaisuutena.

Tässä raportissa kuvataan pääkaupunkiseudun päästökehitys erilaisissa skenaarioissa kohti vuotta 2050 sekä joukko päästövähennystoimenpiteitä, joilla voidaan edetä kohti vähäpäästöistä pääkaupunkiseutua. Toimenpiteet on tunnistettu ja jalostettu työpajoissa sekä väliraportin kommentointikierron perusteella. Toimenpiteiden ideointiin ja kehittämiseen on osallistunut laaja joukko pääkaupunkiseudun energiayhtiöiden ja kaupunkien sekä ministeriöiden ja muiden relevanttien sidosryhmien edustajia. Selvityksessä esitettyjen päästöskenaarioiden kehityspolkuja kuvaavat laskelmat ovat vertailukelpoisia hiljattain toteutettujen Helsingin 30 % päästövähennys-selvityksen⁶ ja Espoon ilmastotoimien priorisointityön⁷ kanssa, mutta toimenpidelaskelmien laskentaoletuksissa on merkittäviäkin eroja. Nämä erot liittyvät muun muassa uusien teknologioiden kustannuskehitykseen sekä energian ja polttoaineiden hintakehitykseen.

1 Työ- ja elinkeinoministeriö (2013)

2 Mattsson Lotta (2012)

3 Pääkaupunkiseudulla viitataan tässä raportissa alueeseen, johon kuuluvat Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Vantaa

4 Mutikainen Mirja et al. (2014)

5 HSY (2014)

6 Ryyänen Erkki et al. (2014)

7 Ylimäki Laura et al. (2014)

2. Tavoitteet ja tarkastelun viitekehys

SELVITYKSEN TAVOITTEENA ON OLLUT kartoittaa toteutuskelpoisia ja realistisia toimia ja ratkaisuja, joilla voidaan vähentää energiasektorin päästöjä sekä tukea hiilineutraalin⁸ ja älykkään energijärjestelmän kehittymistä pääkaupunkiseudulla. Tarkastelun aikajänne ulottuu nykyhetkestä vuoteen 2050. Tarkastelun kohteena on energian tuotannon ja kulutuksen lisäksi energijärjestelmän kehitys. Toimenpiteiden osalta on arvioitu päästövaikutusten ohella kustannuksia sekä niiden edullisuutta työllisyyden ja liiketoimintapotentiaalin näkökulmasta. Samalla on tunnistettu ratkaisuja ja mahdollisuuksia,

joilla cleantech-liiketoiminta voisi olla merkittävässä roolissa hiilineutraalin energijärjestelmän rakentamisessa.

Kuvassa 1 on esitetty tässä työssä käytetyn tarkastelun viitekehys. Toimenpiteet voidaan jakaa käyttökelpoisiin kokonaisuuksiin ensinnäkin sen perusteella, liittyvätkö ne kulutussähköön, kaukolämpöön vai erillislämmitykseen. Toiseksi toimenpiteet jakautuvat luontevasti sen perusteella, kohdistuvatko ne energian tuotantoon, kulutukseen vai koko energijärjestelmään. Viitekehystä on käytetty lähtökohtana päästövähennystoimenpiteiden ryhmittelyssä.

Kuva 1. Päästövähennystoimenpiteiden tarkastelun viitekehys

	Kulutussähkö	Kaukolämpö	Erillislämmitys
Energian tuotanto			
Energijärjestelmä			
Energian kulutus			

Miksi panostaa alueelliseen ilmastotyöhön?

EU:n ilmastotyön lähtökohtana on yhteinen EU-tason päästötavoite, jota kiristetään yhteisesti sovittujen tavoitteiden mukaisesti. Joustomekanismit, kuten kansainvälinen päästökauppa, ohjaavat päästövähennykset sinne, missä ne saadaan aikaan pienimmillä kustannuksilla. Lisäksi puhtaan kehityksen mekanismilla voidaan osa päästövähennyksistä toteuttaa myös kehitysmaissa.

EU-tason yhteinen tavoite ja siihen liittyvä taakanjakosopimus eli ns. EU:n kupla tarkoittaa sitä, että koko EU-alueen päästöt on rajoitettu eikä sinänsä ole väliä, missä päästöjä alennetaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jos jossain alueella tehdään enemmän päästövähennystoimia kuin EU:n tavoite keskimäärin edellyttää, voidaan jossain muualla tehdä vähemmän. Siten esimerkiksi päästövähennystoimet pääkaupunkiseudulla eivät välttämättä vähennä päästöjä koko EU:n tasolla.

Alueellisiin ilmastotoimiin liittyy kuitenkin muita hyötyjä kuin pelkästään saavutettavat päästövähennykset. Kansallisen cleantech-strategian mukaisesti päästövähennystoimenpiteet luovat tärkeitä edellytyksiä cleantech-liiketoiminnan kehittymiselle, jonka kysynnän voidaan olettaa kasvavan ilmastotavoitteiden kiristyessä. Tällä tavoin voidaan luoda uutta liiketoimintaa ja parantaa työllisyyttä, mikä puolestaan parantaa alueen elinvoimaisuutta ja kilpailukykyä.

Edellä kuvatun perusteella energiaälykkään pääkaupunkiseudun rakentaminen on perusteltua, mikäli samalla pystytään luomaan uutta liiketoimintaa ja työpaikkoja. Pelkästään olemassa olevaa teknologiaa käyttöönottamalla ei voida saavuttaa täysimääräisesti niitä hyötyjä, joita hiilineutraalin pääkaupunkiseutuun voi liittyä.

⁸ Hiilineutraalilla viitataan tässä raportissa tilanteeseen, jossa pääkaupunkiseudun nettohiilijalanjälki on 0. Tämä tarkoittaa, että pääkaupunkiseutu tuottaa ilmakehään vain sen verran hiilipäästöjä kuin se pystyy sitomaan.

3. Metodologia ja oletukset



3.1 Päästöskenaarioiden laskentamenetelmät

Hilma-menetelmä

Kasvihuonekaasujen kehitystä on arvioitu tässä selvityksessä ensisijaisesti Kasvener-mallista pääkaupunkiseudun tarpeisiin kehitetyllä Hilma-laskentamenetelmällä.⁹ Hilma-mallin avulla voidaan arvioida kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt valitulta ajanjaksolta (tyypillisesti vuosi) ja rajatulta alueelta (esim. kunta) riippumatta siitä, kuka päästöt aiheuttaa. Hilma-mallia on käytetty pääkaupunkiseudun päästölaskelmissa vuodesta 2007 ja sen käyttö varmistaa, että päästölaskelmat ovat mahdollisimman vertailukelpoisia muiden alueella tehtyjen päästöselvitysten kanssa.

Kuten edellä mainittiin, Hilma tarkastelee alueellisia päästöjä riippumatta siitä, kuka päästöt aiheuttaa. Siten päästölaskelmiin ei tule mukaan pääkaupunkilaisten päästöjä, jotka syntyvät pääkaupunkiseudun ulkopuolella. Samoin pääkaupunkiseudulla tehtävien toimenpiteiden aiheuttamat päästöt alueen ulkopuolella eivät sisälly laskelmiin, vaikka ne liittyisivätkin lämmöntuotannon ratkaisuihin.

Kulutussähkön (jatkossa sähkön) päästökertoimen Hilma-mallissa käytetään valtakunnallista sähkön ominaispäästökerrointa. Siten Hilma ei huomioi esimerkiksi alueellisia investointeja vähäpäästöiseen sähköntuotantoon. Toisaalta malli ei myöskään rankaise korkeapäästöisestä sähköntuotannosta tarkastelualueella. Lämmön päästökertoimen laskennassa yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon osalta käytetään hyödynjakomenetelmää, jossa päästöt jaetaan vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoainekulutusten suhteessa. Vaihtoehtoina sähkölle

hyödynjakomenetelmässä käytetään lauhdetuotantoa, jonka hyötysuhde on 40 %, ja lämmölle vesikattilalämpöä 90 % hyötysuhteella. Sähkölämmitykselle Hilma-mallissa käytetään vakiopäästökerrointa 400 gCO₂/kWh. Tämä johtuu siitä, että sähkölämmitykseen käytetään tavallisesti korkeapäästöistä väli- tai huippusähköä. Tässä hankkeessa lämmityssähkön päästökertoimen on oletettu olevan 400 gCO₂/kWh vuonna 2013 ja laskevan tämän jälkeen suhteessa yhtä nopeasti kuin valtakunnallisen päästökertoimen.¹⁰

Koska Hilma-malli ei huomioi alueella syntyviä sähköntuotannon päästöjä, on sähköntuotannosta ja sen päästöistä laadittu erillinen laskelma. Myöskään kaukojäähdytyksen päästövaikutukset eivät sisälly Hilma-laskentaan ja niistä on tehty erillistarkastelu.

Hilma-mallia on käytetty pääkaupunkiseudun päästölaskelmissa vuodesta 2007 ja sen käyttö varmistaa, että päästölaskelmat ovat mahdollisimman vertailukelpoisia muiden alueella tehtyjen päästöselvitysten kanssa.

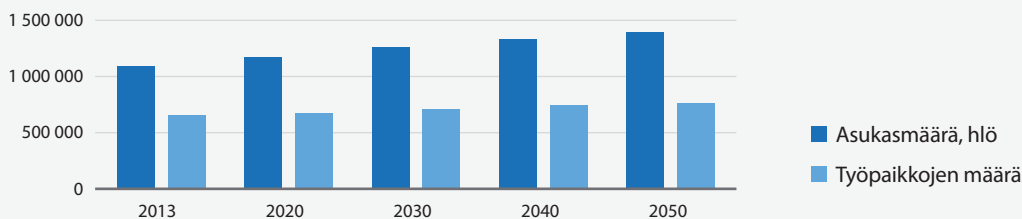
⁹ Perustietoja Hilma-metodin ja Kasvener-mallin yhtäläisyyksistä, eroavaisuuksista ja käytöstä löytyy Kasvihuonekaasujen alueellisten laskentamenetelmien vertailua -raportista. Lounasheimo Johannes (2009), Kasvihuonekaasupäästöjen alueellisten laskentamenetelmien vertailua, Laurea-ammattikorkeakoulu.

¹⁰ Hilma-malli ei ole suunniteltu tulevaisuuteen ulottuvia päästöskenaarioita varten, joten vuosien 2020–2050 päästölaskelmissa malliin on tehty joitain muutoksia.

Kuva 2. Asukasmäärän ja työpaikkojen kasvuennusteet pääkaupunkiseudulla 2013–2050

Arvion lähtökohtana ovat Tilastokeskuksen kasvuennusteet¹².

Kasvun vuosina 2040–2050 on oletettu olevan sama kuin Tilastokeskuksen ennusteissa vuosina 2030–2040.



Oletukset – kulutussähkö

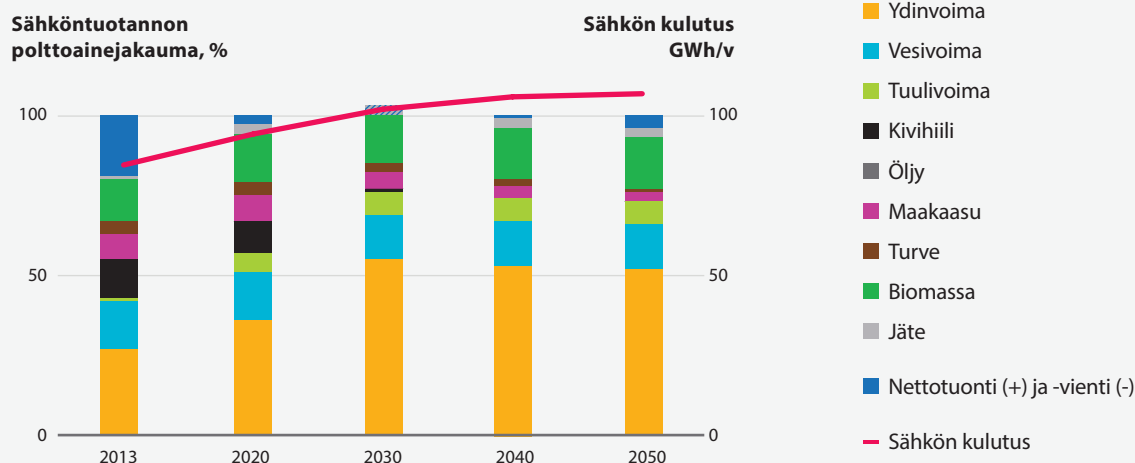
Sähkönkulutuksen arvioissa on oletettu, että sähkön ominaiskulutus asukasta ja työpaikkaa kohden säilyy vuosina 2013–2050 vuoden 2013 keskiarvon tasolla.¹¹ Oletuksen taustalla on ajatus, että sähkölaitteiden parantuva energiatehokkuus kompensoi niiden määrän nopean kasvun. Tällöin sähkön kulutus kasvaa samaa vauhtia asukasmäärän ja työpaikkojen kasvun kanssa. Kuvassa 2 on esitetty arvio väestön ja työpaikkojen määrän kasvusta pääkaupunkiseudulla. Asukasmäärän arvioidaan kasvavan nykytasosta noin 27 % eli noin 1,4 miljoonaan vuoteen 2050 mennessä.

Työpaikkojen lukumäärän odotetaan kasvavan jonkin verran hitaammin kaupunkien työpaikkaennusteiden ja pääkaupunkiseudun työpaikkojen kasvuhistorian perusteella.

Sähkön päästökertoimena päästölaskelmissa käytetään valtakunnallista sähkön ominaispäästökertoiminta. Päästökertoimen laskenta perustuu kotimaisen tuotannon polttoainejakaumiin ja kulutukseen. Polttoainejakaumien ja sähkön kulutuksen ennusteiden lähtökohtana on käytetty Kansallisen energia- ja ilmastostrategian¹³ ja VTT:n Low Carbon Finland 2050 -platform hankkeen¹⁴ taustaraporteissa

Kuva 3. Vuoden 2013 sähköntuotannon polttoainejakauma ja sähkön kulutus sekä arvio näiden kehityksestä vuoteen 2050

Nettotuontia/-vientä on käytetty täsmäyttämään laskelmat. Kuvaaja perustuu konsultin laskelmiin.



11 Koko pääkaupunkiseudulla kulutussähkön käyttö asukasta/työpaikkaa kohden on säilynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana samalla tasolla, vaikka kuntakohtaisia erojakin on.

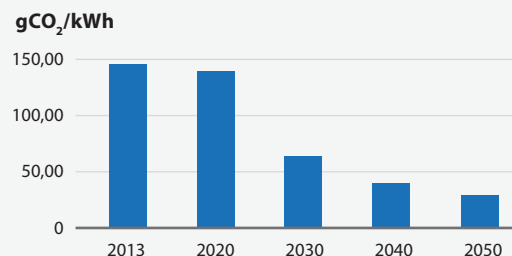
12 Tilastokeskus (2013)

13 Työ- ja elinkeinoministeriö (2013)

14 Lehtilä Antti et al. (2013)

Kuva 4. Sähkön valtakunnallinen ominaispäästökerroin vuonna 2013 ja sen kehitys vuosina 2020–2050

Kuvaaja perustuu konsultin laskelmiin.



esitettyjä skenaarioita, joita on täydennetty puuttuvan tiedon osalta Gaian asiantuntija-arvioilla. Päästökertoimen kehityksessä on huomioitu mm. suunnitellut ydinvoimaja jätevoimainvestoinnit, vesivoiman tehonkorotukset ja pienvesivoiman lisääntyminen sekä on oletettu, että tuuli-voimakapasiteetti kasvaa tukitoimilla 2 500 MW vuoteen 2020 mennessä. Sähkönkulutuksen on oletettu kasvavan noin 27 % vuoteen 2050 mennessä. Sähkönkulutus sekä sähköntuotannon polttoainejakaumat ja -ennusteet on esitetty kuvassa 3.

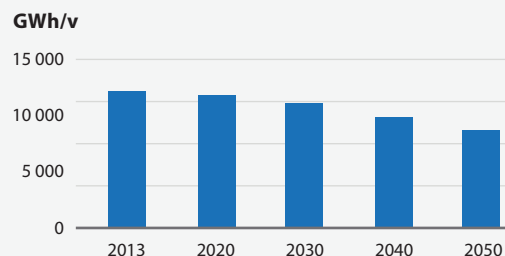
Sähköntuotannon polttoainejakauman pohjalta lasketut valtakunnalliset ominaispäästökertoimet on esitetty kuvassa 4. Päästökerroin laskee erityisesti ydinvoimakapasiteetin kasvun myötä voimakkaasti vuodesta 2020 vuoteen 2030. Samalla kivihiihtuotannosta luovutaan lähes kokonaan. Kokonaisuudessaan sähkön päästökertoimen on arvioitu laskevan noin viidesosaan vuoden 2013 päästöistä.

Oletukset – lämmitys

Pääkaupunkiseudun lämmön kulutuksen laskelmat perustuvat arvioon rakennuskannan ja sen energiatehokkuuden kehittymisestä. Arvion lähtökohtana on nykyinen rakennuskanta¹⁵, joka on jaoteltu asuin- ja muihin rakennuksiin sekä rakentamisen vuosikymmenen mukaan. Rakennuskannan lämmönkulutus perustuu tietoon toteutuneesta kaukolämmönkulutuksesta pääkaupunkiseudulla¹⁶ ja tietoon rakennuskannan lämmitystapavalinnoista¹⁷ sekä arvioihin rakennusten lämmön ominaiskulutusten jakaumasta vuosikymmenittäin.

Kuva 5. Pääkaupunkiseudun lämmitystarve 2013 ja tarpeen kehittyminen vuosina 2020–2050

Kuvaaja perustuu konsultin laskelmiin.



Rakennuskannan kehityksen osalta on oletettu, että

- 1 % yli 50-vuotiaista rakennuksista puretaan vuosittain
- 2,5 % yli 30-vuotiaista rakennuksista korjataan vuosittain, jolloin niiden energiankulutus laskee keskimäärin 20 %¹⁸
- uutta rakennuskantaa rakennetaan väestön ja työpaikkojen lisääntymistä vastaava määrä olettaen, että lämmitetyt kerrosneliöt asukasta ja työpaikkaa kohden säilyvät kunnittain nykyisellä tasolla.

Lisäksi ilmastomuutoksen on oletettu vaikuttavan lämmönkulutukseen Ilmatieteen laitoksen ennusteen mukaisesti.¹⁹ Näin laskettu pääkaupunkiseudun lämmitystarve ja sen kehitys on esitetty kuvassa 5. Lämmöntarve pysyy arvion mukaan suurin piirtein nykytasolla vuoteen 2020 saakka, jonka jälkeen lämmönkulutus lähtee laskuun johtuen rakennuskannan energiatehokkuuden parantumisesta sekä ilmastomuutoksen vaikutuksista.

Kaukolämmön osuus pääkaupunkiseudun lämmityksestä vuonna 2013 oli asuinrakennuksissa noin 77 % ja muissa rakennuksissa noin 90 %. Sähkölämmityksen osuudet olivat vastaavasti 14 % ja 4 %. Kauko- ja sähkölämmityksen osuuksien on oletettu säilyvän rakennuskannoissa samoina. Sen sijaan öljylämmityksen osuuden erillislämmityksestä on arvioitu vähenevän ja vastaavasti maalämmön osuuden kasvavan, siten että öljylämmityksen kulutus laskee noin viidennekseen vuoden 2013 tasosta vuoteen

15 Lähde: Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan 31.12.2013. Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökkit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 1.12.2014]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/rakke/tau.html>

16 Energiategollisuus ry, Kaukolämpötilasto 2013. Saatavissa <http://energia.fi/tilastot/kaukolammitys> [viitattu 2.12.2014]

17 Lähde: Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja lämmitystapain mukaan 31.12.2013. Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökkit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 2.12.2014]. Saantitapa: <http://www.tilastokeskus.fi/til/rakke/tau.html>

18 Arvio perustuu mm. kansallisiin määräyksiin korjausrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksista sekä tilastoarvioihin toteutuneesta kokonaisuutuksesta lämmönkulutuksessa

19 Pirinen Pentti et al. (2014)

2050 mennessä²⁰. Näiden oletusten mukaisesti laskettu lämmönkulutus lämmitystavoittain on esitetty kuvassa 6.²¹

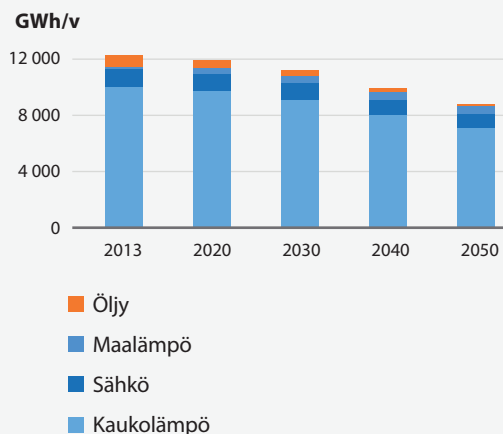
Kuten edellä mainittiin, lämmityssähkön päästökertoimeksi on oletettu 400 gCO₂/kWh vuonna 2013, jonka jälkeen lämmityssähkön päästökerroin laskee samassa suhteessa kuvassa 4 esitetyn valtakunnallisen sähkön ominaispäästökertoimen kanssa. Kaukolämmön päästökertoimen kehitystä tarkastellaan kahdessa, luvussa 4.1 tarkemmin kuvatussa skenaariossa, jotka eroavat pääkaupunkiseudun energiayhtiöiden toteuttamien toimenpiteiden suhteen. Ensimmäisessä skenaariossa²² (*kehityspolku 1*) pääkaupunkiseudun kaukolämpöjärjestelmään ei tehdä toimenpiteitä, jolloin päästökerroin säilyy nykyisellä tasolla. Toisessa skenaariossa (*kehityspolku 2*) energiayhtiöt toteuttavat suunnittelemansa konkreettiset yksilöidyt päästövähennystoimenpiteet. Näillä oletuksilla lasketut lämmityssähkön ja kaukolämmön päästökertoimet pääkaupunkiseudulle on esitetty taulukossa 1.

Lämmityssähkön päästökerroin laskee kulutussähkön päästökertoimen mukaisesti vajaaseen neljännekseen nykytasosta vuoteen 2050 mennessä. Kaukolämmön päästökertoimen kehitys riippuu sen sijaan voimakkaasti energiayhtiöiden oletetuista toimenpiteistä. On huomattavaa, että jo nykyiset suunnitelmissa olevat konkreettiset toimenpiteet ovat mittaluokaltaan merkittäviä ja edellyttävät mm. useiden uusien biopoltoainetta hyödyntävien voimaloiden ja laitojen rakentamista ja vastaavasti nykyisestä laitospasiteetista luopumista. Toimenpiteet pienentävät kaukolämmön päästöjä yli 40 % vuoteen 2030 mennessä. Toisaalta niiden avulla ei päästä vielä lähelle hiilineutraalia tasoa, vaan maakaasua ja kivihiihtä käytetään edelleen näiden toimenpiteiden jälkeenkin.

Kaukolämmön päästökertoimen kehityksessä ei ole mukana energiayhtiöiden toimenpiteitä vuoden 2030 jälkeen, koska niin pitkällä aikavälillä toteutettavia toimenpiteitä ei ole vielä päätetty. Tämän seurauksena *kehityspolussa 2* maakaasun ja kivihiihtien osuus lämmöntuotannossa ei laske vuodesta 2030 vuoteen 2050 ja kaukolämmön

Kuva 6. Pääkaupunkiseudun lämmönkulutus lämmitystavoittain vuonna 2013 ja lämmönkulutuksen kehittyminen vuosina 2020–2050

Kuvaaja perustuu konsultin laskelmiin.



päästökerroin säilyy siten lähes muuttumattomana vuodesta 2030 eteenpäin. Käytännössä energiayhtiöt tulevat todennäköisesti jatkamaan bioperäisten polttoaineiden osuuden lisäämistä lämpölaitoksilla ja yhteistuotannossa. Esimerkiksi Helenin tavoite hiilineutraalista lämmöntuotannosta vuoteen 2050 mennessä laskisi yksin kaukolämmön päästökertoimen pääkaupunkiseudulla tasolle 30 gCO₂/kWh vuoteen 2050 mennessä. Tässä mielessä lasketut kaukolämmön päästökertoimet vuosina 2040 ja 2050 antanevat todellista pessimistisemmän kuvan kaukolämmön päästöjen kehityksestä.

Taulukko 1. Pääkaupunkiseudun lämmityssähkön (Hilma) ja kaukolämmön päästökertoimet (gCO₂/kWh) vuonna 2013 sekä niiden kehitys vuosina 2020–2050

Päästökehitykselle on laadittu kaksi skenaariota, jotka eroavat energiayhtiöiden toimenpiteiden suhteen. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Selvityksessä käytetyt päästökertoimet (gCO ₂ /kWh)				
	2013	2020	2030	2040	2050
Lämmityssähkö	400	358	164	98	71
Kaukolämpö – kehityspolku 1	212	212	212	212	212
Kaukolämpö – kehityspolku 2	212	156	123	123	122

20 Lämmitysjärjestelmät kuten öljylämmitys ovat pitkäaikaisia investointeja, jotka uusitaan tavallisesti vasta käyttöiän lopulla. Lisäksi öljyä voidaan käyttää lämmityksessä muiden lämmitysmuotojen rinnalla. Laskelmissa on siksi oletettu, että noin 20 % erillislämmityksestä käyttää polttoaineena edelleen öljyä vuonna 2050.

21 Ilmastonmuutoksen vaikutus perustuu Ilmatieteen laitoksen rakennusten energialaskennan ilmastollisiin testivuosiin TRY2030 ja TRY2050 ja niihin liittyviin lämmitystarvelukuihin, joita verrataan nykyilmastoa vastaavan TRY2012-testivuoden lämmitystarvelukuun. Ilmastonmuutoksen vaikutusta arvioitaessa on huomioitu myös lämpimän käyttöveden osuus. Lisätietoa: Ilmatieteen laitos (2014)

22 Energiayhtiöiden toimenpiteet on kuvattu tarkemmin luvussa 4.1 skenaariokuvausten yhteydessä

3.2 Päästövähennystoimenpiteiden laskentamenetelmät

Päästövähennystoimenpiteille on laskettu päästövähennykset, vuotuiset kustannukset ja säästöt sekä päästöt tehokkuus, joka kuvaa päästövähennystoimenpiteen taloudellista vaikutusta suhteessa saavutettuihin päästövähennyksiin. Päästövähennykset perustuvat joko sähkön- tai lämmön tuotannossa tapahtuneisiin muutoksiin tai kulutuksen pienenemiseen. Päästölaskelmissa on käytetty kuvassa 4 esitettyjä sähkön ja taulukossa 1 esitettyjä lämmityssähköä ja kaukolämmön päästökertoimia. Maakaasun, kevyen polttoöljyn ja kivihiilen päästökertoimet perustuvat Tilastokeskuksen kasvihuonekaasulaskennassa käyttämiin arvoihin²³.

Toimenpidekohtaiset kustannukset ja säästöt on laskettu vuositasona. Lähtökohtana säästöjen laskemisessa ovat toimenpiteillä vältetyt kustannukset esimerkiksi pienemmän energian kulutuksen ansiosta tai korvattuun energiantuotantoon verrattuna. Kustannukset sisältävät puolestaan vuotuisen käyttöön, ylläpitoon ja huoltoon liittyvät kulut sekä investointikustannukset. Investointikustannuksia on käsitelty vuotuisena tasaeränä, joka perustuu investointikohtaiseen teknistaloudelliseen käyttöikään ja 5 % korkoletukseen. Polttoaineiden ja energian reaalisten hintojen on oletettu säilyvän nykytasolla. Arviot hinnoista tarkaste-

lujakson alussa on esitetty taulukossa 2. Päästöoikeuden hinnan on oletettu nousevan tasolle 20 €/tCO₂ vuoteen 2020 mennessä ja tasolle 35 €/tCO₂ vuoteen 2030 mennessä.

Päästöt tehokkuus lasketaan suoraviivaisesti jakamalla vuotuiset nettokustannukset (kustannukset vähennettynä säästöillä) toimenpiteen vuotuisella päästövähennyksellä. Laskenta tehdään vuosina 2020 ja 2030. Laskennassa huomioidaan päästökertoimen muutos (esim. sähkön päästökertoimen pienenee ajan kuluessa) ja kustannusten muutokset (esim. aurinkopaneelit halpenevat tulevaisuudessa). Mikäli jonkun toimenpiteen säästöt ovat kustannuksia suurempia, saa tunnusluku tällöin negatiivisen arvon.

Päästöt tehokkuuden laskeminen ja etumerkit

$$\text{Päästöt tehokkuus (€/tCO}_2\text{-vähennys)} = \frac{\text{päästövähennystoimenpiteen kustannukset - säästöt (M€/v)}}{\text{päästövähennys (tCO}_2\text{/v)}}$$

☑ Päästövähennystoimenpiteen kustannukset ovat suurempia kuin sillä saavutettavien päästövähennyksien arvo

☑ Päästövähennystoimenpiteellä saavutettavien päästövähennyksien arvo on suurempi kuin siitä aiheutuvat kustannukset

Taulukko 2. Päästövähennystoimenpiteiden laskelmissa käytetyt energian ja polttoaineiden hinta-arviot

Arviot perustuvat pääasiassa Tilastokeskuksen tilastoihin vuodelta 2014.

Energiamuoto/polttoaine	Hinta
Kaukolämpö, kotitaloudet (€/MWh, alv 24 %)	76,33
Kaukolämpö, muut käyttäjät (€/MWh, alv 0 %)	56,83
Sähkö, kulutussähkö, kotitaloudet (€/MWh, alv 24 %)	165,00
Sähkö, lämmityssähkö, kotitaloudet (€/MWh, alv 24 %)	115,30
Sähkö, muut käyttäjät (€/MWh, alv 0 %)	83,06
Sähkö, markkinahinta (€/MWh, alv 0 %)	36,02
Kivihiili, sähkön tuotanto (€/MWh, alv 0 %)	8,00
Maakaasu, sähkön tuotanto (€/MWh, alv 0 %)	27,00
Lämmitysöljy, kotitaloudet (€/MWh, alv 24 %)	104,40
Kevyt polttoöljy, lämmön tuotanto (€/MWh, alv 0 %)	84,19

Toimenpidekohtaisesti on arvioitu lisäksi toimenpiteeseen liittyviä työllisyysvaikutuksia ja liiketoimintapotentiaalia. Arvioissa kuvataan laajemmin vaikutuksia Suomessa eikä rajauduta vaikutuksiin pääkaupunkiseudulla. Työllisyysvaikutuksissa on huomioitu investoinnin ja käytön aikaiset vaikutukset sekä kotimainen laitevalmistus ja polttoaineen hankintaketju. Lähtökohtana on käytetty seuraavaa vaikutusasteikkoa (1–5):

1. Toimenpiteellä ei ole tai on jopa negatiivisia vaikutuksia työllisyyteen / toimenpiteellä ei ole liiketoimintapotentiaalia.
2. Toimenpiteellä on vähäisiä positiivisia työllisyysvaikutuksia / toimenpiteellä on vähäinen liiketoimintapotentiaali.
3. Toimenpiteellä on jonkin verran positiivisia työllisyysvaikutuksia / toimenpiteellä on jonkin verran liiketoimintapotentiaalia.
4. Toimenpiteellä on merkittäviä työllisyyttä lisääviä vaikutuksia / toimenpiteellä on varsin merkittävä liiketoimintapotentiaali.
5. Toimenpiteellä on erittäin suuria työllisyyttä lisääviä vaikutuksia / toimenpiteellä on erittäin suuri liiketoimintapotentiaali.

4. Päästöskenaarioiden tulokset



4.1 Hilma-mallin mukainen laskenta

Päästölaskennan tuloksia tarkastellaan kahdessa skenaariossa:

Kehityspolku 1:

- Energiajärjestelmässä ei tapahdu pääkaupunkiseudulla muutoksia, mutta valtakunnallinen sähkön päästökerroin pienenee ja rakennuskannan energiatehokkuus paranee. Lisäksi öljylämmitystä korvataan erillislämmityksessä maalämmöllä.

Kehityspolku 2:

- Edellisen skenaarion lisäksi pääkaupunkiseudun energiayhtiöt toteuttavat julkaisemansa vuosille 2015–2030 ajoittuvat yksilöidyt konkreettiset suunnitelmat kaukolämmön päästöjen vähentämiseksi. Suunnitelmiin kuuluu mm. Helsingissä 20 % uusiutuvan energian osuus vuoteen 2020 mennessä joko rakentamalla uusi pääasiassa haketta käyttävä voimalaitos Vuosaaren tai lisäämällä biomassan käyttöä Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksissa. Vantaalla toimenpiteitä ovat uuden Långmossebergenin jätevoimalan lisäksi hakkeen vuotuisen käytön lisääminen lämpölaitoksissa noin 300 GWh/v ja Martinlaakson voimalaitoksen uusiminen vuoteen 2030 mennessä pääasiassa biopolttoaineita käyttäväksi. Espoossa konkreettiset suunnitelmat sisältävät vuoteen 2020 mennessä Suomenojan jätevedenpuhdistamon lämpöpumpun rakentamisen (300 GWh/v), bioöljyn siirtymisen Vermon lämpölaitoksella (100 GWh/v), pellettien käytön lisäämisen Kivenlahden lämpölaitoksella (300 GWh/v), Espoon sairaalan ylijäämälämpöjen hyödyntämisen (50 GWh/v) sekä Suomenojan voimalaitoksen yhden tuotantoyksikön muuttamisen biokäyttöiseksi (400 GWh/v). Lisäksi vuoteen 2030 mennessä suunnitelmiin sisältyy uuden noin 1 000 GWh/v biopohjaisen yhteistuotantolaitoksen rakentaminen.

Perusuralla (kehityspolku 2) oletetaan, että pääkaupunkiseudun energiayhtiöt toteuttavat julkaisemansa vuosille 2015–2030 ajoittuvat yksilöidyt konkreettiset suunnitelmat kaukolämmön päästöjen vähentämiseksi.

Kehityspolussa 2 esitettyjen konkreettisten toimenpiteiden lisäksi Helen on asettanut pitkän aikavälin päästötavoitteen hiilineutraalin lämmöntuotannon vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteeseen liittyviä konkreettisia toimenpiteitä ei ole kuitenkaan vielä päätetty ja siksi tavoitetta ei ole huomioitu kehityspolussa. Alueen kunnianhimoisemmat päästötavoitteet ja niiden tavoittelu huomioidaan selvityksen herkkyystarkastelussa.

Kuvassa 7 on esitetty edellä kuvattujen päästöjen *kehityspolkujen 1 ja 2* päästökkehitys. *Kehityspolussa 1* valtakunnallisen sähkön päästökertoimen pienentyminen, rakennuskannan energiatehokkuuden parantuminen ja öljylämmityksen vähentyminen pienentävät päästöjä hieman alle puoleen nykytasosta vuoteen 2050 mennessä. *Kehityspolussa 2* pääkaupunkiseudun kaukolämpöjärjestelmässä tehtävät päästövähennystoimenpiteet pienentävät päästöjä edelleen ja vuoteen 2050 mennessä päästöt laskevat nykytasosta noin 70 %.

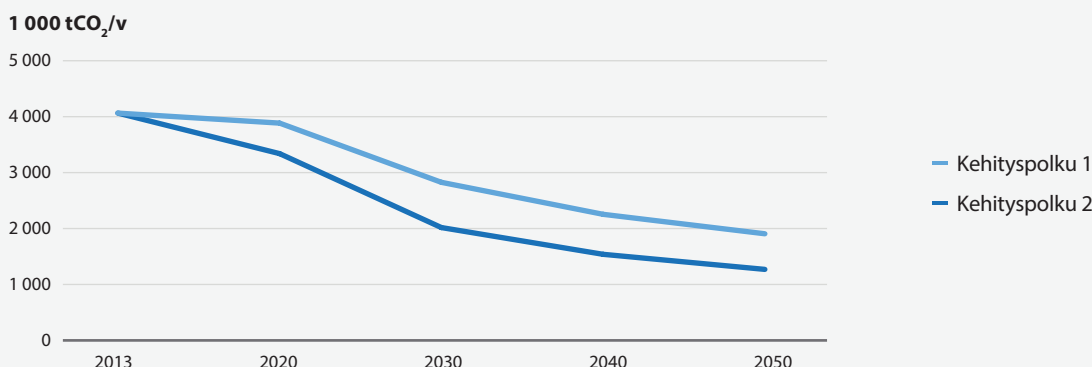
Pääkaupunkiseudun yhteisessä ilmastostrategiassa vuodelta 2008 asetettiin tavoitteeksi 39 % päästövähennys vuoteen 2030 mennessä²⁴ vuoden 1990 tasoon verrattuna. Helsinki sitoutuu lisäksi strategiaohjelmassaan²⁵ vähentämään hiilidioksidipäästöjä 30 % vuoteen 2020 mennessä vuoden 1990 tasosta. Oman tavoitteensa on asettanut myös Uudenmaan liitto, joka pyrkii saamaan alueensa hiilineut-

raaliksi vuoteen 2050 mennessä.²⁶ Pääkaupunkiseudun energiasektorin päästöt ovat tällä hetkellä hieman vuoden 1990 tason yläpuolella.²⁷ Energiasektorin päästöjä ei voida suoraan verrata näihin tavoitteisiin, koska mm. liikenteen päästöt ovat lisäksi merkittävät. Nykyiset *kehityspolun 2* mukaiset toimenpiteet näyttävät kuitenkin tukevan pääkaupunkiseudun yhteisen ilmastostrategian tavoitteiden saavuttamista. Toisaalta ne eivät ole ehkä riittäviä Helsingin päästötavoitteiden eivätkä Uudenmaan liiton hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi.

Kehityspolkuun 2 liittyvät päästökajakaumat vuonna 2050 on esitetty kuvassa 8. Vertailun vuoksi kuvassa on mukana myös nykytilanne. Kuvan perusteella voidaan hahmotella, minne lisätoimenpiteitä voidaan päästöjen vähentämiseksi suunnata. Tulosten perusteella kaukolämpö on suhteellisesti suurin päästöjen aiheuttaja vuonna 2050 ja sen merkitys on suhteellisesti suurempi kuin nykyisin johtuen kulutussähkön päästökertoimen oletetusta merkittävästä pienentymisestä. Tästä huolimatta myös kulutussähkön aiheuttamat päästöt ovat merkittävät. Kuvaa 8 tulkittaessa on huomattava, että *kehityspolussa 2* ei ole mukana energiayhtiöiden toimenpiteitä vuosilta 2030–2050, jotka tulevat todennäköisesti merkittävästi pienentämään kaukolämmön päästöjä ja siten pienentämään kaukolämmön päästöjen merkitystä suhteessa muihin päästöihin.

Kuva 7. Pääkaupunkiseudun Hilma-mallilla lasketut energiasektorin päästöt vuonna 2013 sekä päästöjen kehitys eri kehityspoluiissa vuosina 2020–2050

Kuvaaja perustuu konsultin laskelmiin.



24 Esim. Lounasheimo Johannes & Niemi Jarkko (2009)

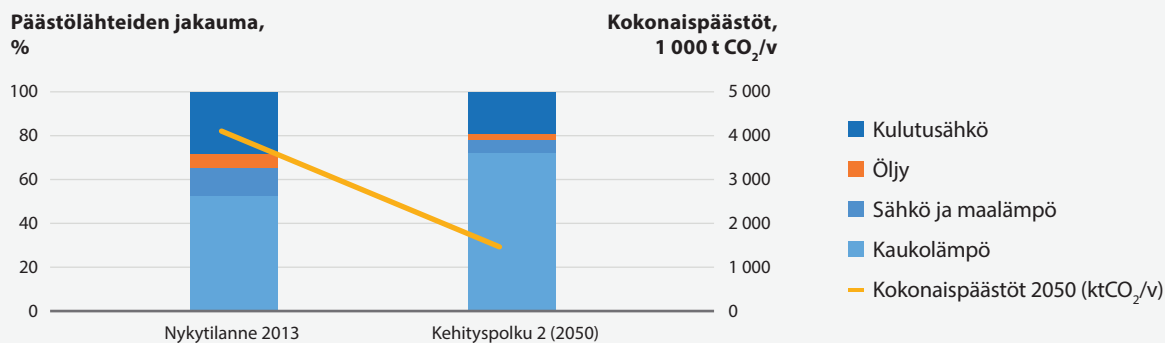
25 Helsingin kaupunki (2013)

26 Uudenmaan liitto (2013)

27 HSY (2013)

Kuva 8. Päästöjen jakaumat päästölähteen mukaan sekä pääkaupunkiseudun energiajärjestelmän kokonaispäästöt nykytilanteessa vuonna 2013 ja kehityspolku 2 -skenaariossa vuonna 2050

Kuvaaja perustuu konsultin laskelmiin.



4.2 Sähkön tuotannon päästöt

Pääkaupunkiseudun sähköntuotanto tapahtuu käytännössä kokonaan sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksilla²⁸. Sen vuoksi yhteistuotannon ratkaisut ja lämmön vuosituotanto ohjaavat myös sähkön vuosituotantoa ja päästökertoimia. Sähköntuotannon tarkastelun lähtökohtana on *kehityspolku 2*, joka sisältää energiayhtiöiden ilmoittamat konkreettiset ja yksilöidyt suunnitelmat. Koska nämä toimenpidesuunnitelmat ulottuvat vuoteen 2030, vuodet 2040 ja 2050 on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

Yhteistuotannon perusteella arvioitu sähköntuotanto sekä pääkaupunkiseudun sähkön kulutus on esitetty taulukossa 3. Sähköntuotanto pääkaupunkiseudulla vuonna 2013 oli noin 5 600 GWh/v, ja se kattoi noin 61 % pääkaupunkiseudun sähkönkulutuksesta. Vuosina 2020 ja 2030 tämä osuus pienenee, mikä johtuu sähkönkulutuksen kasvusta ja alueen sähköntuotannon pienenemisestä sähkön ja lämmön yhteistuotannon vähentyessä.

Pääkaupunkiseudulla tuotetun sähkön päästökertoimen kehitys vuodesta 2013 vuoteen 2030 on esitetty kuvassa 9. Pääkaupunkiseudulla tuotetun sähkön ominaispäästöt ovat varsin korkeat verrattuna keskimääräiseen kansalliseen päästökertoimeen. Vaikka pääkaupunkiseudun sähkön päästökerroin laskee biopohjaisen yhteistuotannon lisääntyessä vuoden 2013 tasosta (460 gCO₂/kWh) noin kolmanneksen tasolle 300 gCO₂/kWh vuoteen 2030 mennessä, päästöt pienenevät suhteessa vähemmän kuin kansallinen päästökerroin.

Päästökertoimia tarkasteltaessa on kuitenkin huomattava, että sähköjärjestelmässä pääkaupunkiseudun sähköntuotanto korvaa nykyisin pääosin marginaalituotantona olevaa hiililauhdesähköä, jonka päästökerroin on luokkaa 800–900 gCO₂/kWh eli suuruusluokaltaan kaksinkertainen pääkaupunkiseudun nykyiseen sähköntuotantokertoimeen verrattuna.

Taulukko 3. Yhteistuotantoon perustuva sähkön tuotanto (GWh/v) ja sähkön kulutus pääkaupunkiseudulla. Sähkön kulutuksessa on mukana sekä lämmitys- että kulutussähkö

Tuotannon päästöt on laskettu energiayhtiöiden ilmoittamien tietojen perusteella ja kulutus perustuu konsultin laskelmiin.

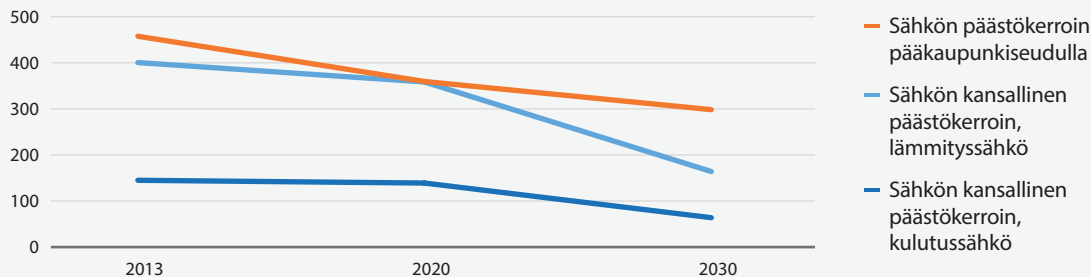
	Sähkön tuotanto ja kulutus (GWh/v)		
	2013	2020	2030
Sähkön tuotanto pääkaupunkiseudulla	5 575	5 454	5 544
Sähkön kulutus pääkaupunkiseudulla	9 075	9 853	10 356
Tuotannon osuus kulutuksesta	61,4 %	55,4 %	53,5 %

²⁸ Yhteistuotannon lisäksi pääkaupunkiseudulla tuotetaan hieman mm. aurinkosähköä, mutta sen merkitys on käytännössä hyvin vähäinen ja aurinkosähkö on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Kuva 9. Pääkaupunkiseudulla tuotetun sähkön, kansallisen sähkön ja tässä raportissa käytetyn lämmitys­sähkön päästökertoimet vuosilta 2013, 2020 ja 2030

Pääkaupunkiseudun sähkön päästökertoimet on laskettu kehityspolun 2 perusteella. Kuvaajat perustuvat konsultin laskelmiin.

1 000 tCO₂/v



4.3 Kaukojäähdytyksen tarpeen kehitys

Kaukojäähdytyksen markkinaosuus on Suomessa vielä hyvin alhainen. Pääkaupunkiseudulla tuotettiin jäähdytysenergiaa kaukojäähdytysjärjestelmissä noin 130 GWh/v vuonna 2013.

Jäähdytyksen aiheuttamaa energian tarvetta ei Suomessa tilastoida. Kaukojäähdytykseen kuulumattomissa kiinteistöissä jäähdytys tuotetaan yleensä kompressorilaitteistoilla ja joskus ilmalämpöpumpuilla, eli sähköön perustuen. Nämä jäähdytysmäärät sisältyvät nykyisin kiinteistöjen sähkönkulutukseen. Kompressorilaitteistoilla tarvitaan tyypillisesti 1 sähköyksikkö 2,5 jäähdytysyksikköä kohti, ja jäähdytetty lämpöenergia poistuu ilmaan.

Suomen laajimmissa kaukojäähdytysjärjestelmissä Helsingissä ja Turussa vuotuisen jäähdytystarpeen keskiarvo on 8–9 MWh/1000m³. Nykyisin kaukojäähdytys kohdistuu korkean jäähdytyskuorman liikekiinteistöihin, joten jäähdytyskuorman keskiarvo koko kaupunkialueella on näitä kuormia pienempi. Kun arvioidaan liitetään toimistokiinteistöt, joissa jäähdytystarve keskittyy vain arkipäiviin, on vuotuinen jäähdytyskuorma nykyrakennuskannassa arviolta noin 4 MWh/1000m³. Mikäli tämä jäähdytyskuorma tuotettaisiin sähköllä, vastaava vuotuinen sähköntarve olisi noin 1,6 MWh/1000m³. Vastaavasti lämpökuorma kaukolämpöön liitetyissä rakennuksissa pääkaupunkiseudulla on noin 33 MWh/1000m³. Nykyinen jäähdytystarve on pääkaupunkiseudulla siten arviolta noin 12 % lämmitystarpeesta. Näin voidaan arvioida koko pääkaupunkiseudun jäähdytysenergian tarpeen olevan ei-asuinrakennuksissa noin 700–1 000 GWh/v.

Jäähdytystarve on kuitenkin nousemassa ilmaston lämpenemisen, liikekiinteistöjen erilaisten laitteiden määrän lisääntymisen ja eristävemmän uuden rakennustekniikan vallatessa alaa. Ilmatieteen laitos on arvioinut, että ilmaston lämpenemisen takia jäähdytystarve nousisi pääkaupunkiseudulla noin 15 % vuoteen 2030 mennessä ja 30 % vuoteen 2050 mennessä²⁹. Suomessa jäähdytystarve on kuitenkin lämmitystarpeeseen nähden toistaiseksi varsin pieni. Uuden rakennuskannan jäähdytystarve nousee jonkin verran paremmin lämpöä eristävien rakenteiden takia, arviolta noin 20 %.³⁰

Kaukojäähdytyksessä jäähdytys voidaan tuottaa joko ns. vapaajäähdytyksellä (käytetään luonnon lämpövarastoja), lämpöpumpuilla, lämpöenergiasta absorptiojäähdytyksellä, tai myös konventionaalisesti kompressoreilla. Pääkaupunkiseudulla kaukojäähdytyksessä talteen saatu lämpöenergia on usein hyödynnetty kesäisin kaukolämpöjärjestelmän kuuman käyttöveden tuotannossa, jolloin säästetään sekä erillisen kompressorin vaatima sähköenergia että lämpimän käyttöveden tuotantoon tarvittava polttoaine. Lisäksi jäähdytyksessä syntyvää lämpöä on alettu varastoida. Kaikki nämä seikat puoltavat sitä, että kaukojäähdytystä ja jäähdytyksessä muodostuvan lämmön hyötykäyttöä edistetään erityisesti sellaisilla alueilla tai rakennuksissa, joissa on pysyviä, korkeita jäähdytyskuormia (ostos- ja liikuntakeskukset, sairaalat).

Kaukojäähdytysjärjestelmien laajenemisen esteeksi on oletettu muodostuvan lämpimän käyttöveden tarve kesällä, mutta on todettava, että huomattavia päästöhyötyjä saavutetaan myös jo vapaajäähdytyksellä.

29 Pirinen Pentti et al. (2014)

30 Vinha Petri (2014)

5. Päästövähennystoimenpiteet



5.1 Toimenpiteiden ryhmittely

Selvityksen laatimista varten pidettiin kolme työpajaa, joihin osallistui pääkaupunkiseudulta energiayhtiöiden ja kaupunkien sekä ministeriöiden ja muiden sidosryhmien edustajia. Lisäksi laadittiin väliraportti ja loppuraportin luonnosversio, joita kommentoimalla sidosryhmät pystyivät ehdottamaan toimenpiteitä tai tarkennuksia niihin. Kahden ensimmäisen työpajan ja raporttien kommenttien tuloksena muodostettiin 15 päästövähennystoimenpidettä. Toimenpiteet on ryhmitelty luvussa 2 esitetyn viitekehysten mukaisesti kuvassa 10. Näiden toimenpiteiden lisäksi tunnistettiin kaksi laajaa, eri osa-alueita poikkileikkaavaa toimenpidettä, jotka koskevat energiaälykässtä maankäytön suunnittelua ja energiatehokkuuteen liittyvän koulutuksen kehittämistä. Tarkemmin toimenpiteet on kuvattu luvuissa 5.2–5.5 ja niihin liittyvien laskelmien taustalla olevat laskentaoletukset luvussa 3.2.

Vaikutusarvioiden lähtökohtana on luvussa 4.1 esitetty päästöjen *kehityspolku* 2. Toimenpiteille tehtiin vielä priorisointi kolmannessa työpajassa. Priorisoidut toimenpiteet on esitelty tarkemmin vielä luvussa 7.

On syytä huomata, että vaikka selvityksessä tarkasteltavien toimenpiteiden lista on varsin kattava, se ei sisällä kaikkia toteutuskelpoisia toimenpiteitä pääkaupunkiseudulla. Esimerkiksi tuulivoiman tai biokaasun hyödyntämismahdollisuudet eivät nouseet tässä hankkeessa esiin pääkaupunkiseudun kannalta kiinnostavina vaihtoehtoina. Tarkasteltavien toimenpiteiden valinta ja niihin liittyvät vaikutusarviot on tehty parhaan saatavilla olevan nykytiedon valossa. On huomioitava, että eri toimenpiteiden houkuttelevuus muuttuu vuodesta toiseen ja uudet teknologiat voivat tarjota huomattavia mahdollisuuksia energijärjestelmän kehittämiseen jo lähivuosina.

Tarkasteltavien toimenpiteiden valinta ja niihin liittyvät vaikutusarviot on tehty parhaan saatavilla olevan nykytiedon valossa.

Kuva 10. Selvityksessä tunnistetut päästövähennystoimenpiteet sijoitettuna tarkastelun viitekehukseen

	Kulutussähkö	Kaukolämpö	Erillislämmitys
Energian tuotanto	1. Aurinkosähköpaneelien laajamittainen asentaminen katoille 2. Suurten aurinkosähkövoimaloiden rakentaminen	3. Biopolttoaineiden käytön ripeä lisääminen yhteistuotannossa 4. Kivihiilen korvaaminen maakaasulla yhteistuotannossa 5. Lämpöpumppujen hyödyntäminen suurissa kaukolämpökiinteistöissä	6. Kevyen polttoöljyn korvaaminen bioöljyllä erillislämmityksessä 7. Tehostettu maalämpöpumppujen käyttö erillislämmityksessä
Energiajärjestelmä	8. Sähkön varastointi hajautetusti ja keskitetysti	9. Matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmien käyttö* 10. Kaukolämmön älykäs käyttö 11. Kaukolämpöverkkojen laajempi yhdistäminen*	
Energian kulutus	12. Älytalot: Energiatohokkuuden kasvattaminen uudessa rakennuskannassa ja uusilla alueilla 13. Energiarenesanssi: Energiatohokkuuden kasvattaminen nykyisessä rakennuskannassa 14. Energiatohokkuuden kiihdytys informaatio-ohjauksella 15. Energiatohokkuuden kiihdytys rahoituksella		

* Toimenpiteet ovat päästövähennystoimia mahdollistavia eivätkä ne yksin vähennä päästöjä.

5.2 Energiantuotantoon liittyvät toimenpiteet

Kulutussähkö

1 Aurinkosähköpaneelien laajamittainen asentaminen katoille

Pääkaupunkiseudun katoille asennetaan vuoteen 2020 mennessä noin 3 000 aurinkopaneelijärjestelmää, joiden keskimääräinen teho on 3 kW. Vuosien 2020 ja 2030 välillä asennusten määrä kasvaa 15 % vuodessa, jolloin vuonna 2030 on asennettuna yhteensä 60 MW kiinteistökohtaisia aurinkosähköjärjestelmiä. Tämän jälkeen asennusmäärä kasvaa maltillisemmin keskimäärin 3 % vuodessa, jolloin vuonna 2050 on asennettuna yhteensä 300 MW kiinteistökohtaisia aurinkosähköjärjestelmiä. Määrällisesti tämä tarkoittaa esimerkiksi yhdistelmää, jossa on 50 000 kpl pientalojen 3 kW:n järjestelmiä, 3 000 kpl kerrostalojen 30 kW:n järjestelmiä ja 600 kpl suuria 100 kW:n järjestelmiä, jotka

voivat sijaita esimerkiksi palvelurakennuksissa, kauppakeskuksissa ja julkisissa rakennuksissa.

Edellä kuvatut aurinkosähköjärjestelmät tuottavat sähköä vuonna 2030 yhteensä 55 GWh/v ja vuonna 2050 yhteensä 280 GWh/v, jolloin niillä katetaan noin 2,9 % pääkaupunkiseudun sähkönkulutuksesta.

Aurinkosähköpaneelien investoinneista vastaavat kuluttajat, jotka korvaavat aurinkosähköllä merkittävästi ostosähköä. Vuotuisia säästöjä laskettaessa on oletettu, että keskimäärin puolet tuotetusta sähköstä käytetään itse paikan päällä ja puolet syötetään sähköverkkoon markkinahintaisena. Kiinteistökohtaisiin aurinkosähköjärjestelmiin liittyvät laskentatulokset on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Aurinkopaneelien laajamittainen asentaminen katoille:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästöt tehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästöt tehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästöt ehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	1 100	0,8	0,7	117
2030	3 500	4,7	5,9	-337
2040	6 000			
2050	8 100			
Liiketoimintapotentiaali: 2			Työllisyysvaikutukset: 3	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **TEM:** Aurinkopaneelien käytön laajentamista edesauttavat investointituet (yritykset ja taloyhtiöt), aurinkosähkön tuotannon nettomittarointi
- **VM:** Kotitalousvähennys asennustöistä (yksityiset)
- **Kaupungit:** Investoinnit aurinkopaneelien kaupunkien omilla kiinteistöissä, aurinkosähkön huomiointi ja edistäminen maankäytön suunnittelussa sekä kaavoituksessa

2 Suuret aurinkosähkövoimalat

Pääkaupunkiseudulle rakennetaan ensimmäinen 50 MW aurinkosähkövoimala vuonna 2030, toinen vastaava vuoteen 2040 mennessä sekä kaksi muuta vastaavaa tuotantoyksikköä ennen vuotta 2050. Kokonaiskapasiteetti vuonna 2050 on yhteensä 200 MW. Pinta-alana tämä tarkoittaa noin 150 ha aurinkopaneelita. Yksi aurinkosähkövoimala tuottaa sähköä vuonna 2030 noin 55 GWh/v. Vuonna 2050 neljä aurinkosähkövoimalaa tuottavat yhteensä 220 GWh/v, mikä vastaa noin 2,2 % pääkaupunkiseudun sähkönkulutuksesta.

Suurten aurinkosähkövoimaloiden investoinneista vastaavat energiayhtiöt. Vuotuisia säästöjä laskettaessa on oletettu, että aurinkosähkön tuotanto vähentää markkina-sähkön ostoa, joten ne poikkeavat tältä osin rakennusten katoille asennettavista aurinkopaneelista (toimenpide 1), jotka merkittävältä osin korvaavat kuluttajan sähkönhankintaa veroineen ja siirtomaksuineen. Taulukossa 5 on esitetty tiivistetysti aurinkosähkövoimaloiden aikaansaamat päästövähennykset, kustannukset ja säästöt sekä päästöt tehokkuus sekä arvio niiden liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista.³¹

Taulukko 5. Suuret aurinkosähkövoimalat:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästöt tehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästöt tehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästöt ehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	-	-	-	-
2030	3 500	3,2	2,7	141
2040	4 300			
2050	6 300			
Liiketoimintapotentiaali: 2			Työllisyysvaikutukset: 2	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **Kaupungit:** Maankäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa sopivien maa-alueiden varaaminen aurinkosähkövoimaloille
- **TEM:** Investointituet

³¹ Liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista käytetään skaalaa 1–5, jossa 1 viittaa pieneen liiketoimintapotentiaaliin tai vähäisiin työllisyysvaikutuksiin ja 5 vastaavasti hyvin suureen liiketoimintapotentiaaliin tai työllisyysvaikutukseen. Tarkemmin luokittelun kuvaus on esitetty luvussa 4.1.

Kaukolämpö

3 Biopolttoaineiden käytön riipeä lisääminen yhteistuotannossa

Pääkaupunkiseudun energiayhtiöillä on biopolttoaineiden (hake tai pelletti) käytön lisäämiseksi pitkälle meneviä suunnitelmia. Joissakin tapauksissa ei kuitenkaan ole vielä yksilöity niitä investointeja, jotka tarvittaisiin biopolttoaineiden käytön lisäämiseen, tai investoinnit on ajoitettu myöhäisempään ajankohtaan, esimerkiksi 2030-luvulle.

Mahdollisena toimenpiteenä tuotiin esille biopolttoaineiden käytön nopeuttaminen perusuraan verrattuna niin, että energiantuotannosta 900 GWh/v suunniteltua enemmän korvataan biopolttoaineilla jo vuoteen 2020 men-

nessä (nykyisessä aikataulussa 2030) ja 1 750 GWh/v vuoteen 2030 mennessä (nykyisessä aikataulussa 2050).

Kustannusten laskenta perustuu investointien aikaistamisen aiheuttamiin kohonneisiin pääomakustannuksiin siten, että investointiin vaadittavan pääoman korko nousee investoinneille oletetusta 5 prosentista 7 prosenttiin. Lisäksi on oletettu, että biomassan kysynnän nopea kasvu pääkaupunkiseudulla nostaa biomassan hinnan tasolle 30 €/MWh_{pa}. Taulukossa 6 kuvattujen lämmön tuotannon päästövähennemien lisäksi toimenpide vähentää pääkaupunkiseudun vuotuisia sähköntuotannon päästöjä 99 800 tCO₂/v vuonna 2020 ja 329 300 tCO₂/v vuosina 2030–2050.

Taulukko 6. Biopolttoaineiden käytön riipeä lisääminen yhteistuotannossa: Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennemät, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentialista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	202 600	8,2	0,0	41
2030	258 700	7,2	0,0	28
2040	258 700			
2050	258 700			
Liiketoimintapotentiaali: 3			Työllisyysvaikutukset: 5	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **EU:** Päästökauppa
- **VM:** Biopolttoaineita suosivat veroratkaisut
- **TEM:** Tuet uusille sekä muutosinvestoinneille; tuet korvaavien polttoaineiden kehittämiseen ja valmistamiseen

4 Kivihiilen korvaaminen maakaasulla pääkaupunkiseudulla

Yhtenä vaihtoehtona tutkittiin pääkaupunkiseudun kivihiilen käytön korvaamista maakaasulla. Pääkaupunkiseudulla ei kuitenkaan ole riittävästi maakaasukäyttöistä sähkön ja lämmön yhteistuotantokapasiteettia, jotta polttoaineen vaihto voitaisiin suorittaa ilman voimalaitosinvestointeja. Tämän vaihtoehdon käytännön toteuttaminen edellyttäisi uuden maakaasulaitoksen rakentamista pääkaupunkiseudulle, mikä ei ole suunnitelmassa. Lisäksi on huomattava, että maakaasun käytön voimakas lisääminen johtaa myös huoltovarmuusnäkökulmien korostumiseen.

Koska kivihiilen hinta päästöoikeuksineen ja polttoaineveroineen on huomattavasti halvempi kuin maakaasun

(tilanne 12/2014), korvaaminen toisi lisäkustannuksia pääkaupunkiseudun energiayhtiöille. Kivihiilen korvaaminen kokonaan aiheuttaisi nykyisillä kaukolämpökuormilla noin 180 M€ vuotuiset lisäkustannukset kaukolämpöyhtiöille.

Maakaasuun siirtyminen pienentäisi pääkaupunkiseudun kaukolämmöstä johtuvia vuotuisia päästöjä noin 1,1 MtCO₂/v ja lisäksi pääkaupunkiseudun sähköntuotannon päästöjä noin 0,6 MtCO₂/v vuoden 2015 oletetusta polttoainekäytöstä. Toimenpiteen vaikutus päästöihin kuitenkin pienenee nopeasti kivihiilen käytön muutenkin vähentyessä ja biopolttoaineiden käytön kasvaessa kohti vuotta 2030, kuten taulukosta 7 käy ilmi.

Mikäli pääkaupunkiseudun kaukolämpöyhtiöt jakaisivat lisäkustannuksen kaukolämmön hintaan tasaisesti,

kaukolämmön hinnat nousisivat noin 15–20 €/MWh (ALV 0 %). Arvonlisäverollisena korotus olisi noin 19–25 €/MWh, mitä on pidettävä nykytilanteessa erittäin korkeana hinnan-

nousuna ja mikä vaarantaisi kaukolämmön kilpailukyvyn. Lisäksi toimenpide vaikuttaisi yhtiöiden kilpailuasemaan ja liiketaloudelliseen tulokseen huomattavasti.

Taulukko 7. Kivihiilen korvaaminen maakaasulla:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	616 700	206,1	48,5	256
2030	314 600	131,7	11,2	383
Liiketoimintapotentiaali: 1			Työllisyysvaikutukset: 1	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **EU:** Päästökauppa
- **VM:** Maakaasun verotuksen keventäminen sähkön ja lämmön yhteistuotannossa verrattuna kivihiileen

5 Lämpöpumput suurissa

kaukolämmitetyissä kiinteistöissä

Tässä toimenpide-ehdotuksessa suuriin kaukolämmitettyihin kiinteistöihin asennetaan joko rakentamisen tai peruskorjauksen yhteydessä lämpöpumppuja, joita käytetään sekä jäähdytykseen että lämmitykseen. Esimerkiksi Meilahden sairaalan korkean ns. Hilton-osan korjauksessa on saavutettu yli 5:n oleva COP^{32, 33}. Järjestelmä on kytkettävissä LTO-järjestelmään ja siihen voidaan lisätä maalämpöpumppu. Tuotettu energia voidaan hyödyntää joko kaukolämpöverkossa tai samassa kiinteistössä. Haasteena on se, että lämpöpumppuratkaisut voidaan useimmiten

toteuttaa vain uudisrakennuksen tai suuren peruskorjauksen yhteydessä.

Päästötietua suurten kiinteistöjen lämpöpumpuilla saavutetaan, jos tuotetun lämmön/jäähdytyksen ominaispäästö on pienempi kuin kaukolämmön/kaukojäähdytyksen ominaispäästö. Tällöin peruslämpökuormassa COP olisi oltava suurempi kuin 2, joka saavutettaneen kiinteistökohtaisilla lämpöpumppuratkaisulla lähes aina. Taulukossa 8 on oletettu suurten lämpöpumppujen markkinaosuudeksi vuonna 2050 noin 30 % niistä kaukolämmitetyistä kiinteistöistä, jotka eivät ole asuinrakennuksia.

Taulukko 8. Lämpöpumput suurissa kaukolämmitetyissä kiinteistöissä:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	0	-	-	-
2030	25 900	21,5	29,0	-290
2040	59 100			
2050	85 200			
Liiketoimintapotentiaali: 3			Työllisyysvaikutukset: 4	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **Kaupungit:** Maalämmön mahdollisuuksien huomiointi tontinluovutusehdoissa ja suurten hallinto-, liike- ja teollisuusrakennusten rakennusluvuissa
- **YM:** Sisällyttäminen RakMK

32 COP (tässä): lämpökerroin, joka kuvaa, kuinka paljon enemmän lämpöä laite tuottaa kuin suora sähkölämmitys.

33 Nurkkala Juha (2012)

Suuriin kaukolämmitettyihin kiinteistöihin voidaan asentaa joko rakentamisen tai peruskorjauksen yhteydessä lämpöpumppuja, joita käytetään sekä lämmitykseen että jäähdytykseen.

Erillislämmitys

6 Kevyen polttoöljyn korvaaminen bioöljyllä erillislämmityksessä

Öljylämmitettyjen kiinteistöjen käyttämää kevyttä polttoöljyä aletaan korvata bioöljyllä vuoden 2020 jälkeen, ja vuoteen 2030 mennessä bioöljyn käyttö korvaa 30 % vastaavan määrän öljylämmitetyissä kiinteistöissä. Vuoteen 2050 mennessä kaikki loputkin öljylämmitetyt kohteet siirtyvät bioöljyn käyttöön. Samaan aikaan myös osa öljylämmitetyistä kohteista siirtyy maalämmön käyttöön.

Vuonna 2030 bioöljyllä tuotetaan erillislämmityksessä kohteissa lämpöä yhteensä 82 GWh/v. Vuonna 2050 läm-

möntuotanto bioöljyllä on yhteensä 151 GWh/v, mikä vastaa noin 1,7 % koko pääkaupunkiseudun lämmönkulutuksesta ja 9,0 % kaukolämmön ulkopuolisesta erillislämmön kulutuksesta.

Kevyen polttoöljyn vaihtamisesta bioöljyyn vastaavat kuluttajat. Vuotuisia kustannuksia laskettaessa on huomioitu ainoastaan bioöljyn hankinnan kustannus. Polttimen vaihto on oletettu tapahtuvan, kun vanha poltin on elinkaarensa lopussa, jolloin siitä ei aiheudu lisäkustannusta. Taulukossa 9 on esitetty toimenpiteen vaikutukset.

Taulukko 9. Kevyen polttoöljyn korvaaminen bioöljyllä erillislämmityksessä: Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	0	-	-	-
2030	23 200	11,5	11,5	0
2040	34 300			
2050	42 800			
Liiketoimintapotentiaali: 3			Työllisyysvaikutukset: 4	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **TEM:** Investointiavustukset
- **VM:** Kotitalousvähennykset muutoksiin, joilla mahdollistetaan bioöljyn käyttö lämmityksessä
- **VM:** Bioöljyn kilpailukyvyyn varmistaminen verotuksella ja sen säilyttäminen vapaana valmisteverosta.

7 Tehostettu maalämpöpumppujen käyttö erillislämmityksessä

Aiemmin esitetystä päästöjen kehityksessä 1 on oletettu, että noin kolmannes öljylämmitystistä kiinteistöistä siirtyy maalämmön käyttöön vuosikymmenittäin. Tehostetun lämpöpumppujen käytön tapauksessa oletetaan lisäksi, että jäljelle jääneistä öljylämmitystistä kohteista 10 % siirtyy maalämpöön vuoteen 2020 mennessä ja 30 % vuoteen 2030 mennessä. Samoin vesikiertoisista sähkölämmityskohteista 10 % oletetaan siirtyvän maalämpöön vuoteen 2020 mennessä ja 50 % vuoteen

2030 mennessä. Vuonna 2030 lämpöpumppujen ansioista kevyen polttoöljyn vuotuinen kulutus vähenee 117 GWh/v ja lämmityssähkön kulutus 41 GWh/v.

Lämpöpumppuinvestoinneista vastaavat kuluttajat. Vuotuisia kustannuksia laskettaessa on huomioitu lämpöpumppuinvestoinnit ja niiden vuotuiset huoltokustannukset. Säästöissä on huomioitu muutokset sähkön ja kevyen polttoöljyn hankintakustannuksissa. Taulukossa 10 on esitetty tiivistetysti toimenpiteen laskentatulokset.

Taulukko 10. Tehostettu maalämpöpumppujen käyttö erillislämmityksessä: Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästöt tehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästöt tehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästöt tehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	15 600	6,4	6,4	2
2030	39 800	20,1	22,7	-67
2040	37 100			
2050	36 000			
Liiketoimintapotentiaali: 3			Työllisyysvaikutukset: 3	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **TEM:** Investointiavustukset
- **VM:** Kotitalousvähennykset lämpöpumppujen asennuksiin

5.3 Energiajärjestelmiin liittyvät toimenpiteet

8 Sähkön varastointi hajautetusti ja keskitetysti

Sähkön laajamittainen varastointi sisältää sähköautojen käyttämisen sähkövarastoina, suuret akkuväsymykset osana sähköjärjestelmää sekä konseptin *power-to-gas*, jossa sähkön ylituotannon aikana sähköä tehdään kaasua, jota voidaan hyödyntää myöhemmin polttoaineena sähkön ja lämmöntuotannossa. Vuonna 2050 sähköautoja oletetaan olevan 200 000 kpl ja vuorokausisyklillä toimivien akkuväsymyksen kapasiteetin oletetaan olevan 1 000 MWh. *Power-to-gas*-konseptilla oletetaan muunnettavan sähköä kaasuksi 200 GWh/v.

Sähkön varastointihäviöiden vuoksi sähköä on tuotettava vuonna 2050 yhteensä 173 GWh/v enemmän kuin ilman varastointia. Koska varastoinnin ansiosta sähkö

tuotanto voidaan kuitenkin ajoittaa vähäpäästöisempään ajankohtaan, voidaan varastoinnin avulla vähentää päästöjä vuonna 2050 yhteensä 5 000 tCO₂/v.

Laajamittaiset varastointiratkaisut ajoittunevat vuoden 2030 jälkeiseen aikaan ja niiden kustannustason määrittämiseen liittyy suuria epävarmuuksia. Tämän vuoksi näiden ratkaisujen kustannuksia ja säästöjä ei ole laskettu. Varastoteknologian kaupallistuminen voi tapahtua nopeamminkin, mikäli akkuteknologiaan viime aikoina ladatut odotukset realisoituvat. Tässäkin tapauksessa vaikutukset päästövähennyksiin jäävät vähäisiksi ennen vuotta 2030. Taulukossa 11 on esitetty tiivistetysti toimenpiteen päästövähennykset sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista.



Taulukko 11. Sähkön varastointi hajautetusti ja keskitetysti:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästöttehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästöttehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästöttehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	-	-	-	-
2030	1 100	-	-	-
2040	2 000			
2050	5 000			
Liiketoimintapotentiaali: 4			Työllisyysvaikutukset: 2	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **TEM:** Investointiavustukset sähkönvarastojen pilotoitihankkeille
- **Kaupungit:** Edellytysten luominen sähköautoilulle (latauspisteet, edullisemmat pysäköintimaksut sähköautoille jne.)
- **Tekes:** Tutkimusavustukset ja lainat teknologian kehittämiseksi ja käyttöönotolle

9 Matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmä

Matalan lämpötilan kaukolämmön (LTDH) -tekniikassa ryhdytään mitoittamaan kaukolämpöjärjestelmät alemmille veden kuljetuslämpötiloille, 50–80 °C. Muissa Pohjoismaissa saadun kokemuksen mukaan kaukolämpöverkoston investointikustannukset ja lämpöhäviöt pienenevät, joskin Suomessa ei tästä ole vielä näyttöä. LTDH-tekniikassa CHP-sähkön tuotanto kasvaa, lämpöpumppujen COP ja aurinkokeräinten tehokkuus paranevat sekä lämpövarastojen häviöt pienenevät.

Matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmiä on kannattavaa rakentaa energiatehokkaille alueille. Hajautetun lämmön-

tuotannon, jätelämmön ja uusiutuvien energioiden hyödyntäminen on tällöin huomattavasti helpompaa. LTDH-tekniikan haittapuolena ovat verkoston tiukat suunnittelukriteerit mikrobien kasvun estämiseksi, LTDH:n soveltamisen vaikeus vanhoille alueille ja se, että LTDH-tekniikka edellyttää myös korkeaa rakentamistehokkuutta (arvio: e-kerroin³⁴ > 0,3). LTDH on mahdollistava teknologia, se ei itsessään tuo kustannus- tai päästösäästöjä, vaan sen tehokkuus riippuu verkostoon kytkettävistä lämmitys- ja jäähdytysenergian tuotantotavoista.

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **TEM, Tekes, Sitra:** Panostetaan LTDH:n koealueisiin
- **Kaupungit, YM:** Kaavoitustiheydet nostetaan tasolle, joka vastaa LTDH:n vaatimuksia

34 e-kerroin = kaavassa sallittu rakennusala / tontin pinta-ala

10 Kaukolämmön älykäs käyttö

Älykkäällä kaukolämmöllä tarkoitetaan eri lämmöntuotannon teknologioiden (ml. yhteistuotanto) sovittamista osaksi älykästä kaukolämpöjärjestelmää siten, että eri tuotantomuodot tukevat toisiaan koko verkon alueella. Tällöin lämpöenergian varastoinnin luomat mahdollisuudet tasottavat kysynnän vaihteluita niin tunti-, vuorokausi- kuin vuosisatasolla. Tarkennetulla mittaustoiminnalla ja siihen liittyvillä palveluilla voidaan ohjata kulutusta ja optimoida kaukolämmön käyttöä. Erilaisilla uusilla kaukolämpötuotteilla voidaan vaikuttaa suotuisasti kaukolämmön kulutusprofiiliin ja huipputehon tarpeeseen. Lisäksi voidaan hyödyntää paikallisia energianlähteitä ja hukkalämpöjä.

Kaukolämpöverkon älykkyyden lisääminen on jatkuvaa työtä, joka mahdollistuu mittauksen ja muun instrumentoinnin kehityksessä. Kokonaisuudessaan tämä on siten vuosikymmeniä kestävä instrumentointi- ja ohjausjärjestelmien kehitysprojekti, jonka kustannusten ja hyötyjen arviointi on tällä ajanhetkellä epätarkkaa. Taulukossa 12 on oletettu, että älykkyyden parantaminen tapahtuu joka tapauksessa eikä siitä aiheudu sinänsä lisäkustannuksia. Vuotuiset säästöt oletetaan saavutettaviksi kulutushuippujen leikkamisella ja sillä, että hajautettuja, päästöttömiä lämmön lähteitä, mm. hukkalämpöjä, voidaan kytkeä helpommin älykkääseen kaukolämpöverkkoon.

Taulukko 12. Kaukolämmön älykäs käyttö:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentialista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	172 900	0,0	4,1	-23
2030	127 400	0,0	7,0	-55
2040	112 300			
2050	99 400			
	Liiketoimintapotentialiaali: 4		Työllisyysvaikutukset: 3	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **TEM ja Tekes:** Demonstraatiohankkeet ja niiden rahoitus

11 Kaukolämpöverkkojen laajempi yhdistäminen

Pääkaupunkiseudun kaukolämpöverkot ovat jo nykyisin yhteydessä toisiinsa. Kytkevien kautta käydään tänä päivänä lämpökauppaa, jolloin käyttövuorokautta edeltävänä päivänä yhtiöt tarkistavat kaupankäyntimahdollisuudet seuraavalle päivälle.

Pääkaupunkiseudun energiayhtiöiden kaukolämpöverkkojen laajempaa yhdistämistä on pohdittu aika ajoin. Esimerkiksi Salmisaari-Tapiola -linjan yhdistämistä on tarkasteltu erikseen, mutta hanketta ei pidetty kannattavana.

Tulevaisuudessa on kuitenkin nähtävissä tilanteita, jotka voivat nostaa yhdysputkien kannattavuuden uuteen tarkasteluun. Tällaisia tilanteita olisivat mm.

1. kaukojäähdytyksen energiatehokkaiden laajentumismahdollisuuksien varmistaminen laajentamalla sitä aluetta, jolla kaukojäähdytyksessä tuotettu lämpö käytetään lämpimän käyttöveden tuottamiseen kesäaikana

2. yhteisvoimalaitokset siinä tilanteessa, että mahdollisia voimalaitostontteja on vaikea löytää tai luvittaa, esimerkiksi pääkaupunkiseudun länsiosissa
3. lämmöllä käytävän kaupankäynnin mahdollinen laajeneminen päästöoikeuden hinnan noustessa.

Joka tapauksessa kaukolämpöverkkojen laajempi yhdistäminen on ennen kaikkea kaupallinen kysymys ja ja edellyttää, että eri osapuolet näkevät sen järkeväksi. Päästövähennysten näkökulmasta itse verkkojen yhdistäminen ei johda päästövähennyksiin, mutta saattaa edesauttaa sitä välillisesti. Tämän vuoksi tämän toimenpiteen päästövähennyksiä ei ole arvioitu.

5.4 Energiankulutukseen liittyvät toimenpiteet

12 Älytalot: Tehostettu energiatehokkuus uudessa rakennuskannassa ja uusilla alueilla

Uusilla asuinalueilla sekä uusissa asuin- ja palvelurakennuksissa panostetaan energiatehokkuuteen hyödyntäen erilaisia automaattioratkaisuja sähkö- ja lämmitysenergian kulutuksen optimoimiseksi ja vähentämiseksi. Esimerkiksi uusilla kerrostaloalueilla energiankulutuksen optimointia toteutetaan laajoina aluetason kokonaisratkaisuin. Kaupungit ja julkinen sektori tukevat kehitystä demonstraatiohankkeilla ja uusien alueiden pilottihankkeita avustetaan investointituilla ja muilla kannustimilla. Energiatehokkaita ratkaisuja tuetaan myös maankäytön suunnittelussa, ja tarpeen mukaan energiatehokkaaseen rakentamiseen ohjataan tontinluovutusehdoissa.

Näillä toimenpiteillä uusista rakennuksista ja asuinalueista noin kolmanneksessa toteutetaan tehostettuja energiatehokkuusratkaisuja, joiden avulla sähkön ja lämmön

kulutukset laskevat keskimäärin 20 %. On huomattava, että tiukentuvien rakennusmääräysten vuoksi uuden rakennuskannan energiatehokkuus paranee joka tapauksessa, mikä rajoittaa ehdotettujen energiatehokkuustoimien vaikutusta. Tästä huolimatta toimenpiteen on arvioitu vähentävän pääkaupunkiseudun vuotuisia päästöjä noin 8 000 tCO₂/v vuonna 2020 ja 12 500 tCO₂/v vuonna 2030. Samalla uusien energiatehokkaiden ratkaisujen kehittämiseen ja hyödyntämiseen liittyy merkittävä sekä kansallinen että kansainvälinen liiketoimintapotentiaali. Toimenpiteeseen liittyvät laskelmat ja arviot on koostettu taulukkoon 13. Kustannuslaskelmia ei tälle toimenpiteelle tehty, koska älytalojen arvon muodostumisessa energiankulutuksen pieneminen on vain yksi tekijä ja usein suurin arvo syntyy paremmasta viihtyvyydestä ja asumismukavuudesta.

Taulukko 13. Älytalot:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	8 000	-	-	-
2030	12 500	-	-	-
2040	12 900			
2050	15 800			
Liiketoimintapotentiaali: 5			Työllisyysvaikutukset: 3	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **Kaupungit:** Energiatehokkuutta tukeva maankäytön suunnittelu, uusilla alueilla energian kulutukseen liittyvät tontinluovutusehdot sekä pilotti- ja demonstraatiohankkeet
- **Tekes/TEM:** Kaupallistamisen tuet ja investointituet energiatehokkuutta tukeville ratkaisuille

13 Energiarenessanssi: Tehostettu energiatehokkuus nykyisessä rakennuskannassa

Pääkaupunkiseudulla käynnistetään kehitysohjelma, jonka puitteissa tunnistetaan peruskorjauksen tulevia asuinalueita, aktivoidaan alueiden asukkaita energiatehokkuuden parantamiseen ja toteutetaan näissä peruskorjauksen yhteydessä merkittäviä energiatehokkuuden parannuksia³⁵. Laajojen alueiden yhteistoteutus laskee energiatehokkuustoimenpiteiden hintoja, vähentää kilpailutuksen ja hallin-

non kustannuksia sekä pienentää korjauksiin liittyviä riskejä. Toimenpide on sopiva myös siksi, että pääkaupunkiseudulla on runsaasti 1950–70-luvuilla rakennettuja kerrostaloja ja alueita, joista useissa peruskorjaus on edessä lähivuosina. Kaupungit voivat toimia hankealueiden kokoajina ja hankkeiden koordinaattoreina. Hankkeen sosiaalisia hyötyjä voidaan vahvistaa toteuttamalla ne osana muita lähiöiden kehittämissuunnitelmia.

35 Esimerkkejä toimenpiteistä, jotka on järkevä toteuttaa peruskorjausten yhteydessä, ovat rakennusten vaipan eristetason parantaminen, ikkunoiden vaihto ja talotekniikan pääosittainen uusiminen sekä lämmön talteenotto. Laajemmin sopivia toimenpiteitä on tunnistettu Sitran raportissa: Lindstedt Tuomo et al. (2011)

Toimenpiteen on arvioitu koskevan noin 10 000 asukkaan koteja vuosittain, mikä vastaa reilua sataa pientä kerrostaloa. Näissä kohteissa lämmönkulutuksen on arvioitu laskevan noin 40 % nykytasosta. Suuri energiansäästö on mahdollinen sen vuoksi, että 1950–70-luvuilla rakennettujen asuntojen energiatehokkuus oli tyypillisesti varsin kehnolla tasolla.

Toimenpiteeseen liittyvät laskelmat ja arviot on esitetty tiiviisti taulukossa 14. Vuotuinen päästövähennys vuonna 2020 on arviolta 21 000 tCO₂/v ja kasvaa noin 50 000 tCO₂/v vuoteen 2030 mennessä. Samalla toimenpiteellä on vahva työllistävä vaikutus ja energiatehokkuusinvestoinnit ovat taloudellisestikin kannattavia. Investoinnit ovat myös taloudellisesti kannattavia.

Taulukko 14. Energiarenessanssi:

Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötehokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötehokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	21 100	9,6	11,4	-83
2030	49 700	27,9	41,6	-276
2040	81 300			
2050	109 400			
Liiketoimintapotentiaali: 3			Työllisyysvaikutukset: 4	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **Kaupungit:** Sopivien asuinalueiden tunnistaminen, hankkeiden kokoaminen ja koordinointi sekä energiatehokkuusparannukset kaupunkien omissa kiinteistöissä

Energiatehokkuustoimenpiteillä on vahva työllistävä vaikutus ja merkittävä liiketoimintapotentiaali. Samalla investoinnit ovat myös taloudellisesti kannattavia.

14 Energiatohokkuuden kiihdytys informaatio-ohjauksella

Energiatohokkuuden edistäminen edellyttää tietoa siitä, minne toimenpiteet kannattaa kohdistaa. Luotettavan ja tehokkaan tiedon leviämistä voidaan tukea laajentamalla energiakatselmusmallia asuinrakennuksiin, kehittämällä rivi- ja omakotitaloille kevyempi energiakartoitus sekä ottamalla energianeuvonta osaksi rakennusvalvonnan tehtäviä. Samalla perinteistä energiakatselmusmallia kehitetään enemmän tulevaisuuteen katsovaksi ja siihen tulee sisällyttää aiempaa suurempi toimenpidevalikoima energiatohokkuuden parantamiseksi.

Myös kaupungit tukevat omalta osaltaan energiatohokkuustiedon tuottamista ja levittämistä. Yhtenä esimerkkinä tästä voidaan mainita Helsingissä toteutetut lämpökamerailmakuvaukset, mikä on kustannustehokas tapa tunnistaa laajalta alueelta lämpöhukkarakennuksia. Lisäksi toteutetaan korjausrakentamisen asuntomessut, jossa messualueena on vanha asuinalue, josta on remontoimalla ja korjaamalla tehty energiatohokas ja houkutteleva asumiskohde. Tärkeää on luoda viestintää ja neuvontaa palveleva kokonaisuus, jonka kehittämisessä esimerkiksi kaupungeilla voi olla tärkeä rooli. Samalla on tärkeää kehittää

sopivia liiketoimintamalleja, joilla toimenpide-ehdotukset saadaan tehokkaasti käytäntöön.

Informaatio-ohjauksen on arvioitu vaikuttavan vuoteen 2020 mennessä 10 % väestöstä ja muista toimijoista. Vaikutus laajenee 1 prosenttiyksiköllä vuodessa, jolloin vaikutus kattaa 40 % pääkaupunkiseudun väestöstä vuoteen 2050 mennessä. Informaatio-ohjaus pienentää asukkaiden sähkönkulutusta 10 % ja lämmönkulutusta 5 % sekä muiden toimijoiden sähkönkulutusta 5 %. Pääosin kyseessä ovat toimintamallien muutokset ja pienet esim. lämmityksessä tehtävät säädöt, jolloin toimenpiteiden kustannukset jäävät alhaisiksi.

Toimenpiteen päästö- ja kustannusvaikutusten laskelmat sekä arviot muista vaikutuksista on tiivistetty taulukon 15. Toimenpiteen päästövähennemä vuonna 2020 on noin 15 700 tCO₂/v ja kasvaa 17 300 tCO₂/v vuoteen 2030 mennessä. Koska toteutuksen kustannukset ovat pääasiassa hyvin alhaisia, on toimenpiteen päästötohokkuus korkea. Samalla toimenpiteen työllisyysvaikutukset ja sen tuomat liiketoimintamahdollisuudet jäävät kuitenkin melko vähäisiksi.

Taulukko 15. Energiatohokkuuden kiihdytys informaatio-ohjauksella: Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennemät, niiden kustannukset, säästöt ja päästötohokkuus sekä arvio liiketoimintapotentialista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötohokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötohokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	14 800	4,8	11,4	-446
2030	17 000	8,7	28,7	-1 179
2040	18 700			
2050	20 300			
Liiketoimintapotentiali: 2			Työllisyysvaikutukset: 2	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahoja:

- **Motiva:** Energiakatselmusten laajentaminen ja uudistaminen sekä energiatohokkuusviestinnän tukeminen
- **TeKes:** Energiatohokkuutta edistävien liiketoimintamallien kehityksen tukeminen
- **Kaupungit:** Energiatohokkuuteen liittyvän viestinnän kehittäminen ja energiatohokkuustiedon tuottaminen sekä rakennusvalvonnan roolin kehittäminen
- **VM:** Energiakatselmus/-kartoitus kotitalousvähennyksen piiriin
- **Sitra:** Korjausrakentamisen asuntomessujen järjestäminen
- **Energiavirasto:** Viestinnän ja neuvonnan tukeminen

15 Energiatohokkuuden kiihdytys rahoituksella

Monet energiatohokkuuteen tehtävät investoinnit ovat taloudellisesti kannattavia, mutta niitä ei toteuteta, koska takaisinmaksuajat ovat pitkiä, säästöihin liittyy epävarmuuksia ja säästöt saattavat kohdistua seuraaville asukkailla. Ongelman ratkaisemiseksi energiatohokkuusinvestointeja tuetaan erillisellä rahastolla, jossa sijoittajina ovat kaupungit ja esimerkiksi eläkeyhtiöt. Rahastoon voidaan liittää valtion takaus, jolla saadaan paremmin yksityinen raha liikkeelle. Rahasto kytketään myös energiatohokkuuspalveluita tarjoavien yritysten toimintaan, mm. ESCO-palveluihin.

Rahaston on arvioitu johtavan energiatohokkuusinvestointeihin vuosittain noin 10 000 asukkaan asunnoissa, joiden lämmönkulutus pienenee toimenpiteiden³⁶ seurauksena keskimäärin 25 %. Toimenpide vaikuttaa päästöihin merkittävästi ja vuotuiset päästövähennykset ovat 15 600 tCO₂/v vuonna 2020 ja 32 600 tCO₂/v vuonna 2030. Toimenpiteeseen liittyvät laskelmat on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Energiatohokkuuden kiihdytys rahoituksella:
 Toimenpiteellä saavutettavat päästövähennykset, niiden kustannukset, säästöt ja päästötohokkuus sekä arvio liiketoimintapotentiaalista ja työllisyysvaikutuksista

Päästötohokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Vuotuinen päästö- vähennys (tCO ₂ /v)	Vuotuiset kustannukset (M€/v)	Vuotuiset säästöt (M€/v)	Päästötohokkuus (€/tCO ₂ -vähennys)
2020	13 200	4,4	7,1	-203
2030	31 100	7,9	26,0	-583
2040	48 300			
2050	65 400			
Liiketoimintapotentiaali: 2			Työllisyysvaikutukset: 3	

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahoja:

- **Kaupungit:** Sijoitukset energiatohokkuusrahastoon, rahastojen perustaminen yhdessä yksityisten (ml. eläkeyhtiöt) sijoittajien kanssa
- **VM:** Valtion takaus energiatohokkuusrahastolle

5.5 Poikkileikkaavat toimenpiteet

Energiaälykäs maankäytön suunnittelu

Tulevaisuuden maankäytön suunnittelussa otetaan huomioon energian käytön minimointi (lämmitys ja liikenne). Sekä olemassa olevien että täydennysrakennettavien alueiden suunnittelussa huomioidaan kaukolämmityksen, kaukojäähdytyksen sekä älykkäiden kaukolämpö- ja sähköjärjestelmien soveltuvuus alueelle. Uudet alueet muodostuvat tällöin tiiviimmin rakennetuiksi, ja omakotialuei-

den painotus laskee. Tontinluovutussovituksissa otetaan huomioon alueen rakennuksilta vaadittava rakennusautomaation aste kaukojäähdytyksen ja kaukolämmön kannalta. Hyödyt muodostuvat uusille asuinalueille (Kalasatama, Östersundom jne.) ja suunnittelustandardien vakiintuessa vanhoille alueille. Energiaälykkääseen maankäyttöön liittyen on tehty useita selvityksiä esimerkiksi ERA17-toimintaohjelmaan liittyen.

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **YM:** Lainsäädännön ja määräysten kehittämisen jatkaminen maankäytön suunnitteluun
- **Kaupungit:** Energianäkökulman huomiointi asemakaavoituksessa ja maankäytössä

36 Sopivia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi ikkunoiden uusiminen tai lämmön talteenoton asentaminen ilmanvaihtojärjestelmän uusimisen yhteydessä.

Energiatehokkuuskoulutus

Energiatehokkuuden täysimittainen huomioiminen edellyttää sen huomioimista suunnittelussa, rakentamisessa ja käyttövaiheessa. Mikäli hyviä suunnitelmia ei toteuteta rakennusvaiheessa oikein tai käyttö on puutteellista, ei saavuteta haluttuja vaikutuksia. Tässäkin tapauksessa koko ketju on yhtä hyvä kuin sen heikoin lenkki. Sen vuoksi on

tärkeä varmistaa, että osaaminen on riittävä ketjun kaikissa vaiheissa.

Teknologian kehittyminen tuo jatkuvasti esille uusia mahdollisuuksia ja sen vuoksi on tärkeää, että eri toimijoiden tiedot ovat ajan tasalla. Siksi peruskoulutuksen lisäksi olisi panostettava riittävään täydennyskoulutukseen.

Toimenpiteen mahdollisia ohjauskeinoja ja niiden vastuutahot:

- **OKM:** Energiatehokkuuskoulutus paremmin osaksi perus- ja täydennyskoulutusta

5.6 Yhteenveto toimenpiteiden vaikutuksista

Taulukossa 17 on esitetty kooste tarkasteltujen toimenpiteiden päästövaikutuksista. Päästövaikutuksiltaan ylivoimaisesti merkittävimmät toimenpiteet vuosina 2020–2030 ovat polttoainemuutokset yhteistuotannossa ja kaukolämmön älykkään käytön tehostaminen. Niiden avulla pääkaupunkiseudun vuotuisia päästöjä voidaan alentaa satoja tuhansia CO₂-tonneja. Samalla niiden osuus tässä tarkasteltujen toimenpiteiden potentiaalisista vuotuisista

päästövähennyksistä on 93 % vuonna 2020 ja 77 % vuonna 2030. Myös rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien toimenpiteiden päästövaikutukset ovat huomattavia ja niiden vuotuiset päästövähennykset ovat suuruusluokassa kymmeniä tuhansia CO₂-tonneja. Energiatehokkuustoimien merkitys korostuu pitkällä aikavälillä, kun yhä suuremmalle joukolle peruskorjattavia rakennuksia tehdään energiaremontti. Päästövaikutuksiltaan

Taulukko 17. Kooste tarkasteltujen toimenpiteiden vuotuisista päästövähennyksistä

Mukana ei ole mahdollistavia toimenpiteitä. Vuotuisten päästövähennyksien yksikkö on tCO₂/v. Päästövaikutuksia on havainnollistettu taulukossa solujen värityksellä, jossa tummempi sininen indikoi suurempaa päästövähennyspotentiaalia. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

Päästövähennystoimenpide	Saavutettava päästövähennys (tCO ₂ /v)			
	2020	2030	2040	2050
1. Aurinkosähköpaneelien laajamittainen asentaminen katoille	1 116	3 516	5 965	8 086
2. Suurten aurinkosähkövoimaloiden rakentaminen		3 509	4 334	6 336
3. Biopolttoaineiden käytön riipeä lisääminen yhteistuotannossa	202 608	258 720		
4. Kivihiilen korvaaminen maakaasulla	616 722	314 640		
5. Lämpöpumppujen hyödyntäminen suurissa kaukolämpökiinteistöissä		25 875	59 065	85 192
6. Kevyen polttoöljyn korvaaminen bioöljyllä erillislämmityksessä		23 170	34 281	42 789
7. Tehostettu maalämpöpumppujen käyttö erillislämmityksessä	15 624	39 819	37 115	36 009
8. Sähkön varastointi hajautusti ja keskitetysti		1 134	2 050	5 004
10. Kaukolämmön älykäs käyttö	172 914	127 425	112 317	99 427
12. Älytalot: Energiatehokkuuden kasvattaminen uudessa rakennuskannassa	7 993	12 527	12 919	15 811
13. Energiarenesanssi: Energiatehokkuuden kasvattaminen vanhassa rakennuskannassa	21 060	49 743	77 258	104 645
14. Energiatehokkuuden kiihdytys informaatio-ohjauksella	14 816	16 975	18 739	20 328
15. Energiatehokkuuden kiihdytys rahoituksella	13 163	31 089	48 286	65 403

pienemmät toimenpiteet liittyvät aurinkosähköön ja sähkön varastointiin. Niiden vuotuiset päästövähennykset liikkuvat muutamissa tuhansissa CO₂-tonneissa.

Taulukossa 18 on esitetty kooste toimenpiteiden vuotuisista säästöistä, kustannuksista ja päästötötehoukkuudesta niiden toimenpiteiden osalta, joille näitä oli

Taulukko 18. Kooste tarkasteltujen toimenpiteiden vuotuisista kustannuksista ja säästöistä sekä päästötötehoukkuusarvioista

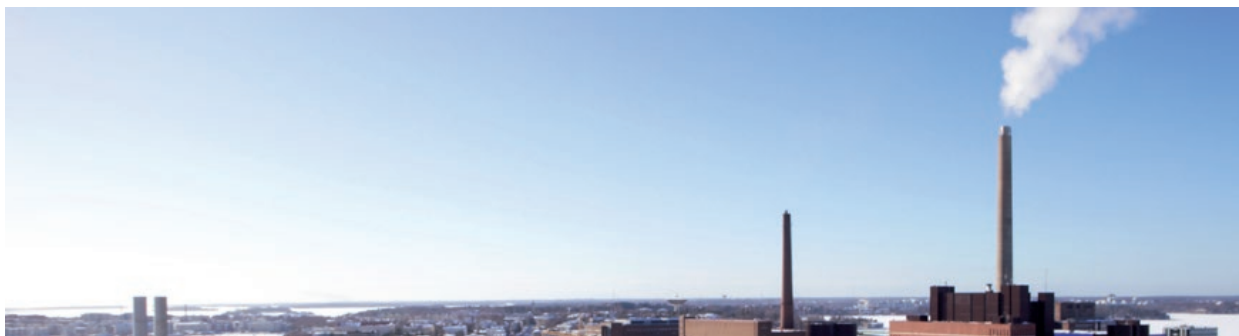
Mukana ovat vain ne toimenpiteet, joille näitä oli mahdollista arvioida. Päästötötehoukkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Sen positiiviset arvot tarkoittavat kustannuksia ja negatiiviset arvot säästöjä. Päästötötehoukkuutta on havainnollistettu taulukossa solujen värityksellä, jossa tummempi sininen indikoi suurempia säästöjä ja tummempi punainen suurempia kustannuksia. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

Päästövähennystoimenpide	Kustannukset (M€/v)		Säästöt (M€/v)		Päästötötehoukkuus (€/tCO ₂ -vähennys)	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030
1. Aurinkosähköpaneelien laajamittainen asentaminen katoille	0,8	4,7	0,7	5,9	117	-337
2. Suurten aurinkosähkövoimaloiden rakentaminen	-	3,2	-	2,7	-	141
3. Biopolttoaineiden käytön ripeä lisääminen yhteistuotannossa	8,2	7,2	0,0	0,0	41	28
4. Kivihillen korvaaminen maakaasulla	206,1	131,7	48,5	11,2	256	383
5. Lämpöpumppujen hyödyntäminen suurissa kaukolämpökiinteistöissä	-	21,5	-	29,0	-	-290
6. Kevyen polttoöljyn korvaaminen bioöljyllä erillislämmityksessä	-	11,5	-	11,5	-	0
7. Tehostettu maalämpöpumppujen käyttö erillislämmityksessä	6,4	20,1	6,4	22,7	2	-67
10. Kaukolämmön älykäs käyttö	0,0	0,0	4,1	7,0	-24	-55
13. Energiarenessanssi: Energiatötehoukuden kasvattaminen vanhassa rakennuskannassa	9,6	27,9	11,4	41,6	-83	-276
14. Energiatötehoukkuuden kiihdytys informaatio-ohjauksella	4,8	8,7	11,4	28,7	-446	-1 179
15. Energiatötehoukkuuden kiihdytys rahoituksella	4,4	7,9	7,1	26,0	-203	-583

mahdollista arvioida. Päästötötehoukkuuden näkökulmasta kaikkein lupaavimmat toimenpiteet liittyvät rakennuskannan energiatahoukkuuden parantamiseen sekä lämpöpumppuihin. Kalleimpia toimenpiteitä ovat puolestaan yhteistuotannon polttoaineiden korvaaminen ja aurinkosähkön hyödyntäminen, joskin aurinkopaneelijärjestelmien asentaminen katoille muuttuu teknologian kehittyessä taloudellisesti kannattavaksi vuoteen 2030 mennessä.

Monet toimenpiteistä ovat taloudellisesti kannattavia, mikä herättää kysymyksen, toteutuisivatko toimenpiteet itsestään ja voisiko ne toteuttaa esitettyä laajempina säästöjen lisäämiseksi. Pääosin toimenpiteet eivät kuitenkaan

toteudu itsestään, koska säästöt toteutuvat varsin pitkällä aikavälillä ja sen vuoksi niihin liittyy investoijan näkökulmasta merkittäviä epävarmuuksia. Lisäksi hyödynsaaja ja investoija eivät aina ole samat. Esimerkiksi rakennusten energiatahoukkuusinvestoinneissa säästöjä on vaikea arvioida tarkasti ja ne ajoittuvat pitkälle aikavälille, jolloin investoija saattaa menettää säästöt esimerkiksi muuton yhteydessä. Myös epäsymmetrinen informaatio sekä tiedon ja esimerkkien puute hidastavat toimenpiteiden toteutumista. Laajuuden puolesta toimenpiteet on laadittu siten, että ne hyödyntävät olemassa olevan potentiaalin pääasiassa jo varsin kattavasti. Useimpien toimenpiteiden



laajentaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista. Joitain toimenpiteitä kuten informaatio-ohjausta voidaan toki tehostaa toimenpiteessä esitetystä, mutta samalla lisäinvestoinneista saatavat hyödyt pienenevät.

Taulukossa 19 on esitetty kooste eri toimenpiteiden arvioiduista työllisyysvaikutuksista sekä toimenpiteisiin liittyvistä liiketoimintapotentiaaleista. Suurimmat työllisyysvaikutukset liittyvät biopolttoaineiden käytön lisäämiseen yhteis- ja erillistuotannossa, lämpöpumppeihin suurissa

kiinteistöissä sekä energiarenessanssiin. Biopolttoaineiden käytön lisäämisessä työllistäminen tapahtuu pitkien polttoaineen logistiikka- ja tuotantoketjujen kautta pääkaupunkiseudun ulkopuolella, kun taas lämpöpumppujen asentamisessa ja energiarenessanssissa työllisyysvaikutukset liittyvät laajoihin rakennuskannalle tehtäviin korjaus- ja rakennustoimenpiteisiin. Kivihiilen korvaamisessa maakaasulla ja kaukolämpöverkon laajemmassa yhdistämisessä työllisyysvaikutukset ovat kaikkein vähäisimmät.

Taulukko 19. Kooste tarkasteltujen päästövähennystoimenpiteiden työllisyysvaikutuksista ja liiketoimintapotentiaalista

Asteikolla 1–5 (1=ei työllisyysvaikutuksia / ei liiketoimintapotentiaalia, 5 = suuria työllisyyttä lisääviä vaikutuksia / suuri liiketoimintapotentiaali). Työllisyysvaikutuksia ja liiketoimintapotentiaalia on havainnollistettu taulukossa solujen väriytyksellä, jossa tummempi sininen indikoi suurempia työllisyysvaikutuksia / liiketoimintapotentiaalia. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

Päästövähennystoimenpide	Työllisyysvaikutus	Liiketoimintapotentiaali
1. Aurinkosähköpaneelien laajamittainen asentaminen katoille	3	2
2. Suurten aurinkosähkövoimaloiden rakentaminen	2	2
3. Biopolttoaineiden käytön ripeä lisääminen yhteistuotannossa	5	3
4. Kivihiilen korvaaminen maakaasulla	1	1
5. Lämpöpumppujen hyödyntäminen suurissa kaukolämpökiinteistöissä	4	3
6. Kevyen polttoöljyn korvaaminen bioöljyllä erillislämmityksessä	4	3
7. Tehostettu maalämpöpumppujen käyttö erillislämmityksessä	3	3
8. Sähkön varastointi hajautetusti ja keskitetysti	2	4
9. Matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmien käyttö	3	3
10. Kaukolämmön älykäs käyttö	3	4
11. Kaukolämpöverkkojen laajempi yhdistäminen	1	2
12. Älytalot: Energiatohokkuuden kasvattaminen uudessa rakennuskannassa	3	5
13. Energiarenessanssi: Energiatohokkuuden kasvattaminen vanhassa rakennuskannassa	4	3
14. Energiatohokkuuden kiihdytys informaatio-ohjauksella	2	2
15. Energiatohokkuuden kiihdytys rahoituksella	3	2

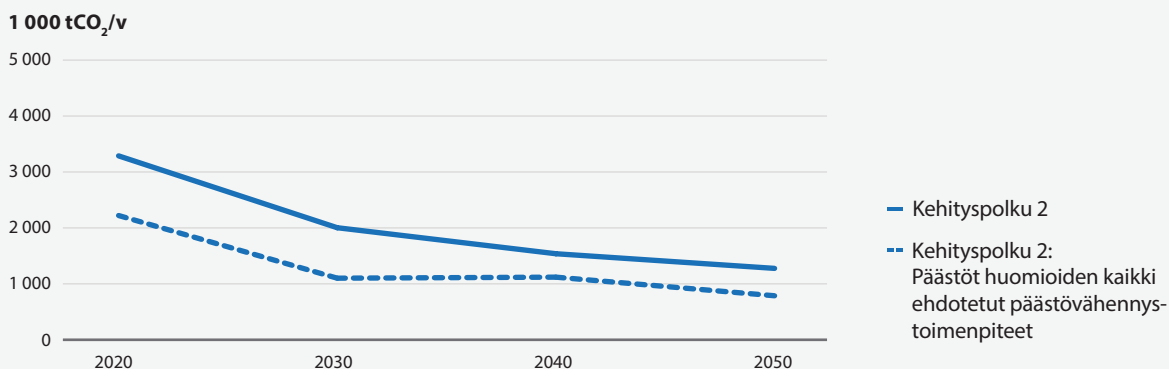
Suurin uuden liiketoiminnan potentiaali liittyy kaukolämmön älykkääseen käyttöön, energiatehokkuusratkaisuihin uudessa rakennuskannassa (älytalot) sekä sähkön varastointiratkaisuihin (ml. sähköautot). Näiden toimenpiteiden voidaan arvioida tuottavan teknologioita, joilla on kotimarkkinoiden lisäksi laajaa kansainvälistä kysyntää. Vähäisin liiketoimintapotentiaali liittyy kivihiilen korvaamiseen.

Kuvassa 11 on esitetty, kuinka tarkastellut toimenpiteet yhteensä vaikuttaisivat päästöihin vuosina 2020–2050

verrattuna luvussa 4.1 esitettyyn *kehityspolkuun 2*. Päästötoimenpiteiden yhteisvaikutus päästötasoon on vuodesta riippuen 27–45 %. Vaikka kaikki toimenpiteet toteutettaisiin, hiilineutraalista tasosta jäädään vuonna 2050 silti vielä noin 800 000 tCO₂ päähän. Toisaalta on muistettava, että *kehityspolkuun 2* liittyy jo erittäin merkittäviä energiayhtiöiden investointeja, mutta siinä ei ole huomioitu energiayhtiöiden kaukolämpöön kohdentuvia päästövähennystoimia vuoden 2030 jälkeen.

Kuva 11. Päästövähennystoimenpiteiden vaikutus päästökehitykseen kehityspolussa 2

Kuvaajat perustuvat konsultin laskelmiin.



6. Herkkyystarkastelut



TÄSSÄ LUVUSSA ON TARKASTELTU, miten sähkön- ja lämmöntuotannon kehittyminen hiilineutraaliksi vuoteen 2050 mennessä vaikuttaa päästövähennystoimenpiteisiin. Skenaariota, jossa sähkön päästökerroin laskee nollaan, kutsutaan nimellä *Päästötön sähkö 2050*. Vastaavasti skenaariota, jossa kaukolämmöstä tulee päästötöntä, kutsutaan nimellä *Päästötön lämpö 2050*. Nämä skenaariot on valittu herkkyystarkastelun lähtökohdaksi, koska hiilineutraalia sähkön- ja lämmöntuotantoa vuonna 2050 on tuotu esiin useissa yhteyksissä. Hiilineutraalia sähköntuotantoa on esittänyt mm. Euroopan sähköalan yhteistyö- ja edunvalvontajärjestö Eurelectric³⁷. Päästötön lämmöntuotanto on puolestaan noussut esiin monessa yhteydessä esimerkiksi edellytyksenä Suomen 80–95 % päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi vuonna 2050³⁸.

Päästötön sähkö 2050 -skenaario on toteutettu siten, että sähkön päästökerroin kulutus- ja lämmityssähkön osalta on laskettu lineaarisesti nollaan vuoden 2030 tasosta

vuoteen 2050 mennessä. *Päästötön lämpö 2050* -skenaariota tarkastellessa lähtökohdaksi on päästötön kehityspolku 2, josta päästökerroin on laskettu vastaavasti lineaarisesti nollaan vuodesta 2030 vuoteen 2050. Näin saadut päästökertoimet on esitetty taulukossa 20. Vertailukohdaksi on esitetty myös alkuperäisten kehityspolkujen päästökertoimet.

Muutokset päästökertoimessa vaikuttavat sekä päästökertykseen että päästötoimenpiteiden vaikutuksiin. Sen vuoksi herkkyystarkastelussa on huomioitava molemmat osa-alueet. Kuvassa 12 on verrattu *Päästötön sähkö 2050* ja *Päästötön lämpö 2050* skenaarioiden päästökertystä luvussa 4.1 esitettyyn *kehityspolkuun 2*. Sähköntuotannon kehittyminen päästöttömäksi 2050 mennessä pienentää päästöjä vuonna 2050 noin 280 000 tCO₂/v. Päästöttömän lämmön vastaava vaikutus vuonna 2050 on noin 860 000 tCO₂/v.

Herkkyystarkastelun perusteella lämmön päästökertoimessa tapahtuvilla muutoksilla on selvästi suurempi vaikutus pääkaupunkiseudun päästökertykseen kuin sähkön

Taulukko 20. Herkkyystarkasteluissa käytetyt päästökertoimet ja alkuperäisten luvussa 4.1 esitettyjen päästöskenaarioiden päästökertoimet

Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

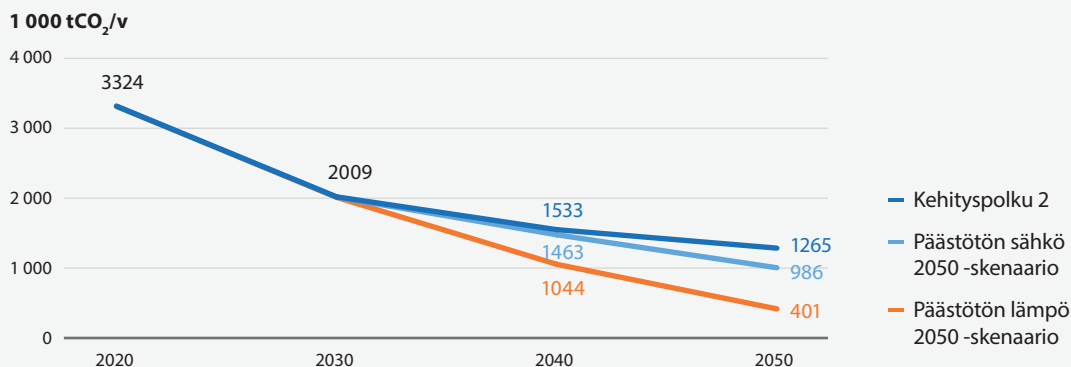
	Herkkyystarkastelun päästökertoimet (gCO ₂ /kWh)			
	2020	2030	2040	2050
Kaukolämmön päästökerroin: kehityspolku 2	156	123	123	122
Kaukolämmön päästökerroin: Päästötön lämpö 2050	156	123	61	0
Sähkön päästökerroin: kehityspolut 1-2	139	64	39	29
Sähkön päästökerroin: Päästötön sähkö 2050	139	64	32	0

37 Eurelectric (2010)

38 Esim. Energiautiset (2014)

Kuva 12. Sähkön ja lämmön herkkystarkasteluihin liittyvien vuotuisten päästöjen kehitysurien vertailu kehityspolkuun 2

Kuvaajat perustuvat konsultin laskelmiin



päästökertoimen muutoksilla. Esimerkiksi vuonna 2050 lämmön päästökertoimen muutos aiheuttaa noin kolminkertaiset muutokset kokonaispäästöissä verrattuna vastaavaan muutokseen sähkön päästökertoimessa. Päästöskenaarioiden tulokset ovat siten erityisen herkkiä muutoksille lämmön päästökertoimissa.

Entä miten päästökertoimen muutokset vaikuttavat toimenpiteiden vaikutuksiin? Taulukossa 21 on kuvattu päästövähennystoimenpiteiden yhteenlasketut vaikutukset herkkystarkastelun skenaarioissa. Luonnollisesti

Päästötön sähkö 2050 -skenaariossa tässä tarkastellut, sähkön liittyvät toimenpiteet eivät synnytä enää yhtä suuria päästövähennyksiä kuin perusskenaariossa ja vastaavasti lämpöön liittyvien päästövähennystoimenpiteiden vaikutukset pienenevät *Päästötön lämpö 2050* -skenaariossa. Erityisesti lämmön päästöjen laskemisella on ratkaiseva vaikutus päästövähennystoimenpiteiden vaikutukseen. Tämä tarkoittaa, että useimmat tarkastellut päästövähennystoimenpiteet vähentävät nimenomaan lämmityksen päästöjä.

Taulukko 21. Tarkasteltujen päästövähennystoimien yhteenlasketut vaikutukset päästökemiseen Päästötön sähkö 2050 ja Päästötön lämpö 2050 -skenaarioissa

Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.

	Päästövähennystoimenpiteiden vaikutus (1 000 tCO ₂ /v)			
	2020	2030	2040	2050
Kehityspolku 2	1 066	908	412	489
Päästötön sähkö 2050	1 066	908	408	459
Päästötön lämpö 2050	1 066	908	244	91

7. Toimenpiteiden priorisointi



EDELLÄ KUVATTUJEN TOIMENPITEIDEN priorisointi tehtiin työpajassa, jossa tavoitteena oli muodostaa toimenpiteistä kokonaisuus, joka olisi päästövähennysten, kustannusten, liiketoimintapotentiaalin ja työllisyysvaikutusten näkökulmasta paras mahdollinen yhdistelmä. Työpajan tulosten perusteella tärkeimmiksi toimenpiteiksi nousivat:

- Aurinkopaneelien laajamittainen asentaminen katoille
- Biopolttoaineiden käytön ripeä lisääminen yhteistuotannossa
- Älykäs kaukolämmön käyttö
- Energiarenessanssi: Tehostettu energiatehokkuus vanhassa rakennuskannassa
- Energiatehokkuustoimien kiihdyttäminen rahoitusratkaisuilla.

Kaikkia näitä toimenpiteitä yhdistää se, että niitä voidaan alkaa toteuttaa välittömästi ja osa toimenpiteiden toteutuksesta on jo hyvässä vauhdissa. Lisäksi näillä toimenpiteillä voidaan merkittävästi edistää cleantech-alan liiketoimintaa ja parantaa työllisyyttä.

Aurinkopaneelien laajamittainen asentaminen katoille nähtiin selkeästi kannattavammaksi ratkaisuksi kuin laajamittaiset aurinkovoimalaitokset. Katoille sijoitettavat aurinkopaneeliratkaisut korvaavat merkittävässä määrin verkosta ostettavan sähkön määrää, jolloin kuluttajat säästävät myös siirtopalvelumaksujen muuttuvan osan sekä verot siltä osin kuin sähkö kulutetaan kohteessa. Useiden hajautettujen järjestelmien asentamisen työllisyysvaikutukset ovat suuremmat kuin keskitetyillä järjestelmillä. Lisäksi hajautettuihin järjestelmiin voi syntyä uutta liiketoimintaa – esimerkiksi ohjaus-, optimointi- ja varastointiratkaisuja, joilla

voidaan kasvattaa aurinkopaneelien tuottaman sähkön omakäyttöosuutta sekä kytkeä kulutuksen ohjaus myös käytön optimointiin.

Biopolttoaineiden käytön ripeä lisääminen yhteistuotannossa nähtiin kokonaisuudessaan vaikutuksiltaan erittäin merkittäväksi toimenpiteeksi. Pääkaupunkiseudun energiayhtiöt ovat viime vuosina jo kasvattaneet biopolttoaineiden käyttöä ja niiden suunnitellut päästövähennystoimet perustuvat pitkälti biopolttoaineiden lisäämiseen pääkaupunkiseudun voimalaitoksissa (Suomenoja, Martinlaakso, Salmisaari, Hanasaari/Vuosaari). Biopolttoaineiden käytön lisäämistä olisi mahdollista ripeyttää. Tämä edellyttää, että biopolttoaineet ovat lämmöntuotannossa kilpailukykyisiä kivihiileen verrattuna verojen ja päästöoikeuksien jälkeen ja että kaupunkisuunnittelussa huomioidaan biopolttoaineiden vaatima kuljetuslogistiikka (tiet ja satamat), biopolttoaineiden varastointitarpeet sekä voimalaitosalueet. Biopolttoaineiden tuotanto ja kuljetus luovat merkittävästi työpaikkoja, jotka kuitenkin usein syntyvät pääkaupunkiseudun ulkopuolelle. Biopolttoaineiden lisäämisessä on kuitenkin muistettava, että niiden uusiutumistahti on rajallinen ja luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen edellyttää hakkuumäärien pysymistä kestävässä rajoissa. Lisäksi on mahdollista, että biomassan asema täysin päästöttömänä polttoainemuotona muuttuu tulevaisuudessa, mikäli päästölaskennassa aletaan allokoida päästöjä myös biomassalle.

Älykäs kaukolämmön käyttö on laaja kokonaisuus, johon kuuluu eri lämmöntuotannon teknologioiden (ml. yhteistuotanto) yhteensovittaminen, lämpöenergian varastointi kysynnän vaihtelun tasaamiseksi, kulutuksen

tarkempi mittaus ja ohjaus sekä uudet kaukolämpötuotteet ja hinnoittelumallit, joilla pystytään vaikuttamaan suotuisasti kaukolämmön kulutusprofiiliin ja huipputehon tarpeeseen. Näillä toimilla on yhteensä erittäin merkittävä päästövähennyspotentiaali (noin 200 000 tCO₂/v) sekä mahdollisuuksia uuden liiketoiminnan synnyttämiseen. Tämän potentiaalin toteutuminen edellyttää panostusta uuteen teknologiaan ja sen käyttöönoton testaamiseen erilaisissa kokeiluhankkeissa. Itse kaukolämpöjärjestelmän lisäksi ratkaisujen pitää ulottua myös taloautomaatiojärjestelmiin sekä kytkeytyä sähkömarkkinoilla tapahtuviin hintavaihteluihin.

Energiarenessanssi: Tehostettu energiatehokkuus vanhassa rakennuskannassa kohdistaa energiatehokkuustoimenpiteet niihin 1950–70 -luvulla rakennettuihin kerrostalotaluisiin, joissa on suuri energiatehokkuuspotentiaali ja parhaat edellytykset saada tehtyä toimenpiteet kustannustehokkaasti. Yhdistämällä energiatehokkuustoimenpiteet peruskorjauksiin voidaan samalla saavuttaa merkittäviä kustannusetuja sekä parantaa asumisviihtyvyyttä. Energiarenessanssilla on myös merkittävä työllistävä vaikutus pääkaupunkiseudulla niin rakentamisessa,

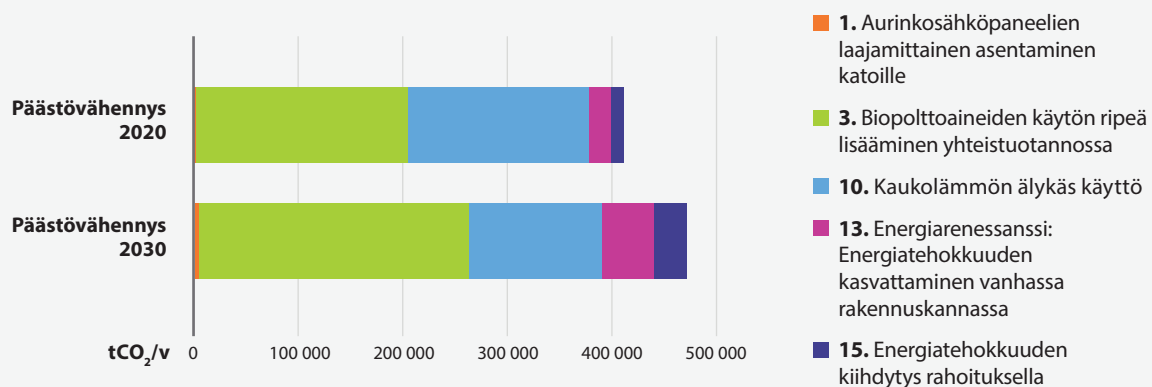
suunnittelussa kuin välillisesti rakennusmateriaaleja valmistavassa teollisuudessa (eristeet, energiatehokkaat ikkunat ja ovet, lämmön talteenottoratkaisut).

Energiatehokkuustoimien kiihdyttäminen rahoituksella on yksi keskeisistä toimista saada energiatehokkuusinvestoinnit liikkeelle. Useissa tapauksissa energiatehokkuustoimet ovat sinänsä kannattavia, mutta niiden toteuttaminen vaatii niin suuria investointeja, etteivät yksityiset henkilöt tai taloyhtiöt niitä toteuta. Erityisesti taloyhtiöiden kohdalla investointien liikkeelle saamiseen tarvitaan rahoitusmalleja, joissa investoinnit maksetaan saavutetuilla säästöillä (esim. ESCO-malli ja muut vastaavat rahoitusratkaisut).

Edellä kuvattujen **priorisoitujen toimenpiteiden** päästövähennykset vuosilta 2020 ja 2030 on koottu kuvaan 13. Biopolttoaineiden käytön ripeällä lisäämisellä saavutetaan suurin päästövähennys. Toiseksi suurin päästövähennys voidaan saavuttaa älykkäällä kaukolämmöllä, jonka osalta merkittäviä toimenpiteitä voidaan tehdä jo vuoteen 2020 mennessä. Kolmanneksi suurin päästövähennyspotentiaali on tehostetulla energiatehokkuudella

Kuva 13. Yhteenveto priorisoitujen toimenpiteiden vuotuisista päästövähennyksistä vuosina 2020 ja 2030

Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.



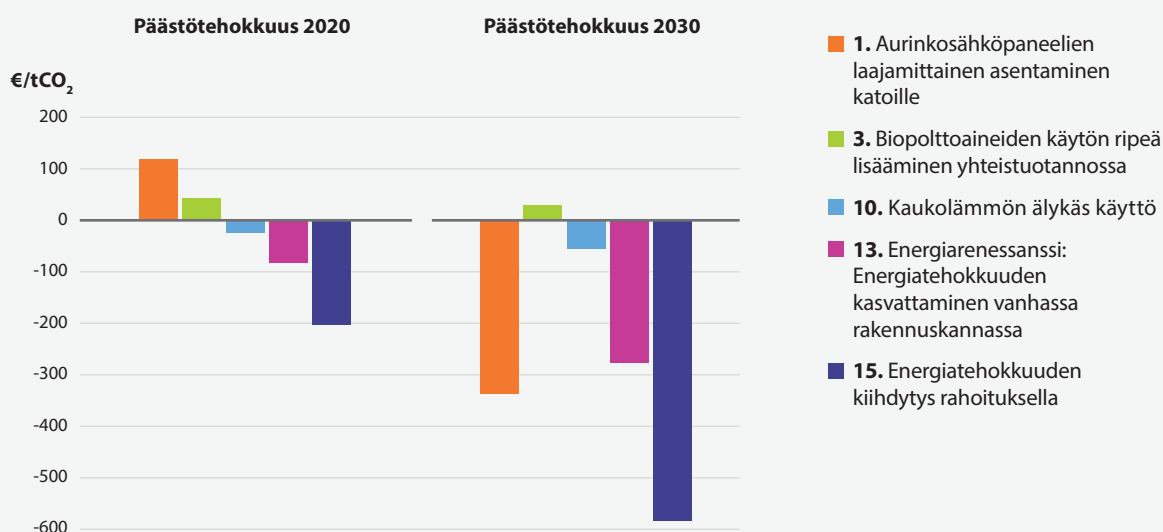
vanhassa rakennuskannassa. Energiatohokkuuden parantamisen osalta ajatuksena on ollut sovittaa energiatoimenpiteet peruskorjausten yhteyteen, joten energiatoimenpiteiden merkitys kasvaa tasaisesti vuodesta toiseen sitä mukaa, kun rakennukset tulevat peruskorjausikään. Aurinkopaneelien päästövaikutus kasvaa niin ikään, mutta sen vaikutus verrattuna muihin toimenpiteisiin on varsin alhainen.

Priorisoitujen toimenpiteiden päästötehokkuus on esitetty kuvassa 14. Taloudellisesti kannattavimpia toimenpiteitä ovat energiatoimenpiteiden parantamiseen liittyvät toimenpiteet. Myös älykkään kaukolämmön kautta saatavat säästöt ovat kustannuksia suurempia. Sen sijaan biopolttoaineiden käytön riipeä lisääminen aiheuttaa enemmän kustannuksia, vaikka kannattavuus paraneekin vuotta 2030 kohti. Aurinkosähköpaneelien osalta näkyy selvästi, kuinka niiden kustannusten lasku parantaa niiden kannattavuutta ajan kuluessa. Esimerkiksi viimeisen viiden vuoden aikana aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet noin 80 % ja aurinkopaneelijärjestelmien noin 50 %.³⁹ Vuonna 2020 katoille asennettavien aurinkosähköpaneelien kustannukset ylittävät vielä säästöt, mutta vuonna 2030 ne ovat jo selvästi kannattavia. Aurinkopaneelit ovat hyvä esimerkki

Toimenpiteiden oikea ja kustannustehokas ajoittaminen edellyttää huolellista suunnittelua. Lyhyellä aikavälillä panostukset kannattaa suunnata erityisesti energiatoimenpiteiden parantamiseen vanhassa rakennuskannassa.

Kuva 14. Yhteenveto priorisoitujen toimenpiteiden päästötehokkuudesta tarkasteltuna vuosina 2020 ja 2030

Päästötehokkuus kuvaa toimenpiteen kustannusten suhdetta saavutettuihin päästövähennyksiin. Positiivinen luku tarkoittaa kustannusta ja negatiivinen luku säästöä. Luvut perustuvat konsultin laskelmiin.



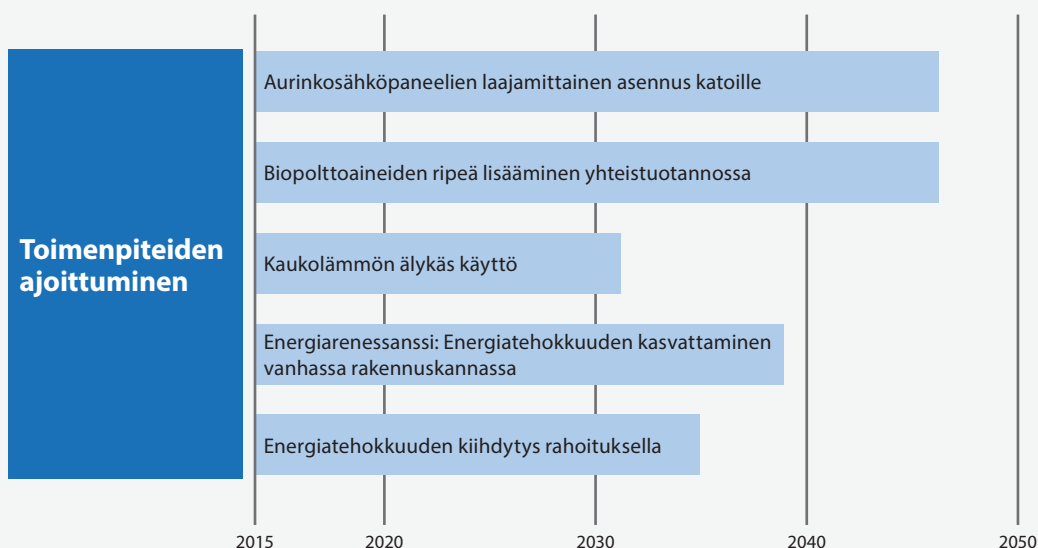
teknologiasta, jonka päästötehokkuus parantuu merkittävästi teknologian kehittyessä ja kustannusten alentuessa.

Priorisoitujen toimenpiteiden toteutuksen ajoittumista on hahmoteltu kuvassa 15. Käytännössä kaikki toimenpiteet voidaan käynnistää välittömästi, ja niiden toteutus jatkuu pitkälle tulevaisuuteen. Monia toimenpiteistä toisaalta toteutetaan jo nyt osittain, ja esimerkiksi energiayhtiöt ovat jo sitoutuneet varsin merkittäviin toimenpiteisiin, joilla ne lisäävät biopolttoaineiden käyttöä energiantuotannossa.

Toimenpiteiden oikea ja kustannustehokas ajoittaminen edellyttää huolellista suunnittelua. Lyhyellä aikavälillä panostukset kannattaa suunnata erityisesti energiatehokkuuden parantamiseen vanhassa rakennuskannassa pe-

ruskorjausten yhteydessä, sillä se on tällä hetkellä kaikkein kustannustehokkain tapa vähentää päästöjä merkittävässä määrin. Mikäli päästövähennyksiä halutaan aikaistaa, voidaan toimenpiteitä kiirehtiä. Tyypillisesti tällainen kii-rehtiminen lisää kuitenkin toimenpiteiden kustannuksia. Esimerkiksi rakennuskannan energiatehokkuustoimenpiteitä voidaan tehdä etupainoisesti. Toimenpiteiden toteuttaminen erillisinä energiatehokkuushankkeina on kuitenkin kalliimpaa kuin että ne tehtäisiin peruskorjausten yhteydessä. Samoin kivihiielen nopeampi korvaaminen biopolttoaineilla on ennen kaikkea kustannuskysymys, joskin kustannukset riippuvat voimakkaasti kivihiielen, maakaasun, biopolttoaineiden ja päästöoikeuksien hinnan kehitymisestä sekä polttoaineverotuksesta ja -tuista.

Kuva 15. Hahmotelma suositeltujen toimenpiteiden ajoittumisesta tarkasteluajanjaksolle 2015–2050



8. Pohdintoja

Hiilineutraalin tason saavuttaminen

Luvussa 6 esitetty herkkyystarkastelu tuo hyvin esille sen, että pyrittäessä kohti hiilineutraalisuutta pelkästään vähentämällä kasvihuonekaasupäästöjä pääkaupunkiseudulla, tehtävä vaikeutuu sitä mukaa, kun päästöt vähenevät. Tämä johtuu siitä, että mitä alhaisempi korvattavan sähkön tai kaukolämmön päästökerroin on, sitä enemmän tarvitaan toimenpiteitä päästövähennysten aikaansaamiseksi. Tämän vuoksi täysin hiilineutraaliin energijärjestelmään voidaan päästä pääkaupunkiseudulla esimerkiksi seuraavien vaihtoehtojen tai toisiaan täydentävien toimenpiteiden avulla (jo tarkasteltujen toimenpiteiden lisäksi):

- Hiilidioksidin talteenotolla ja varastoinnilla
- Toteuttamalla pääkaupunkiseudulla toimenpiteitä, joiden seurauksena päästöt vähenevät muualla
- Kompensoimalla pääkaupunkiseudun päästöjä muualla tehtävillä hankkeilla
- Hankkimalla päästöoikeuksia.

Hiilidioksidin talteenotolla ja varastoinnilla voidaan päästä laskennallisesti jopa alle nollan olevien päästöjen, edellyttäen että biopolttoaineiden poltossa syntyvä hiilidioksidi otetaan talteen. Toinen vaihtoehto energijärjestelmän hiilineutraaliuden saavuttamiseksi on toteuttaa pääkaupunkiseudulla toimenpiteitä, jotka vähentävät päästöjä muualla. Esimerkiksi jos pääkaupunkiseudulla tuotetaan päästötöntä sähköä (tai tarkemmin ottaen vähäpäästöisempää sähköä kuin muualla) yli oman tarpeen, vähentää se päästöjä muualla. Kolmantena mahdollisuutena saavuttaa hiilineutraalisuus on toteuttaa päästövähennämishankkeita muualla. Tällaisia ovat esimerkiksi kehitysmaissa toteutettavat päästövähennys-hankkeet. Neljäntenä mahdollisuutena on puuttuvien päästövähennysten hankkiminen ostamalla päästöoikeuksia.

Biopolttoaineiden riittävyys

Pääkaupunkiseudun energiayhtiöt ovat panostamassa biomassan käytön merkittävään lisäämiseen jo vuosina 2015–2020 sekä vuosina 2020–2030. Tällöin biomassaa käyttäisivät mm. Martinlaakson, Suomenojan, Salmisaaren ja Hanasaari/Vuosaari C voimalaitokset sekä alueellisesti vielä mahdollinen biomassaa käyttävä Kilpilahden uusi voimalaitos. Biomassan kysynnän nopea kasvu voi johtaa

ongelmiin saatavuudessa, jos kaikki suunnitellut hankkeet toteutuvat. Samalla nousee esiin myös kysymys siitä, kuinka suuri osa pääkaupunkiseudulla käytettävästä biomassasta pitää tuoda Suomeen muualta.

Tämän vuoksi olisi syytä tarkastella myös sellaista vaihtoehtoa, jossa osa uusista biopolttoainetta käyttävistä laitoksista olisi lämpölaitoksia sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosten sijaan. Tämä vaihtoehto vähentäisi biomassan tuontia pitkienkin kuljetusmatkojen takaa. Toisaalta tämä vaihtoehto vähentäisi myös uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä sekä heikentäisi pääkaupunkiseudun ja koko Suomen sähköomavaraisuutta. On kuitenkin mahdollista, että optimaalinen ratkaisu voi löytyä jostain sopivasta yhdistelmästä biopolttoaineita käyttäviä lämpölaitoksia ja yhteistuotantolaitoksia.

Uusien teknologioiden mahdollisuudet

Kun tarkastellaan energijärjestelmän kehitystä vuoteen 2050 asti, on selvää, ettei kaikkia uusien teknologioiden mahdollisuuksia ole vielä tarkasteluhetkellä tiedossa. Tämän vuoksi on täysin mahdollista, että uudet päästöttömät teknologiat lyövät läpi seuraavien vuosikymmenien aikana. Tällä aikajänteellä voi tapahtua merkittävää edistystä esimerkiksi fuusioteknologiassa, levien hyödyntämisessä energiantuotannossa ja energian varastointiteknologioissa. Varastointiteknologioiden kehittyessä voidaan myös hyödyntää uusiutuviin pohjautuvaa ylijäämä-sähköä tehokkaammin ja tuottaa sillä esimerkiksi energiakaasuja (vety, metaani) tai lämpöä.

Yksi mahdollinen uusi teknologia, jolla voisi olla huomattava vaikutus pääkaupunkiseudun kaukolämmön tuotantoon, on geoterminen lämpö. Fortum ja St1 ilmoittivat loppuvuodesta 2014 aloittavansa yhteistyön, jonka tavoitteena on rakentaa Suomen ensimmäinen geotermisellä energialla toimiva teollisen mittakaavan pilottilämpölaite. St1 on aloittanut pilottituotantolaitoksen suunnittelun, ja laitoksen on arvioitu valmistuvan vuonna 2016. St1:n geotermiselle tuotantolaitokselle etsitään rakennuspaikka Fortumin Otaniemen tai Kivenlahden lämpölaitealueelta. Fortum ostaa laitoksen tuottaman lämpöenergian Espoon kaukolämpöverkkoon.⁴⁰ Kyseisen geotermisen lämpölaitearvion tuottavan parhaimmillaan jopa 40 MW:n teholla lämpöä. Fortum arvioi, että se

40 <http://www.fortum.com/fi/media/pages/fortum-ja-st1-aloittavat-geotermisen-lammontuotannon-pilottihankkeen-espoossa.aspx> [viitattu 2.12.2014]

pystyisi kattamaan sillä jopa 10 % kaukolämmön tarpeesta Espoon alueella, mikä vastaisi päästövähennyksenä noin 40 000 tCO₂/v.

Sähkön päästökertoimen kehitys

Erilaisten päästöjen vähentämiskeinojen tehokkuuteen vaikuttaa oleellisesti se, miten sähkön valtakunnallinen ominaispäästö kehittyy kohti vuotta 2050. Tässä selvityksessä on oletettu, että sähkön päästökerroin putoaa vuoteen 2030 mennessä tasolle 64 gCO₂/kWh ja siitä edelleen tasolle 29 gCO₂/kWh vuoteen 2050 mennessä. Mikäli sähkön päästökerroin kuitenkin laskee hitaammin, hiilineutraaliin tai edes lähes hiilineutraaliin pääkaupunkiseutuun on hyvin vaikea päästä vuoteen 2050 mennessä. Toisaalta tällöin tässä selvityksessä esitettyjen sähkön päästöihin vaikuttavien toimenpiteiden päästätehokkuus paranee, koska toimenpiteillä voidaan vähentää enemmän päästöjä.

Sähkön päästökertoimen kehittyminen vaikuttaa myös siihen, miten kaukolämpöön ja sähkönkulutukseen liittyviä toimenpiteitä kannattaa priorisoida toisiinsa nähden.

Lämpöpumput ja päästökertoimien kehitys

Lämpöpumppujen merkitykseen päästöjen vähentäjänä vaikuttaa oleellisesti se, miten sähkön ominaispäästöt kehittyvät. Korvattaessa öljy- tai sähkölämmitystä lämpöpumppujen merkitys päästöjen vähentäjänä on kiistaton. Sen sijaan yhteistuotannolla tuotetun kaukolämmön korvaamista lämpöpumpuilla ei pidetty tällä hetkellä päästöjen kannalta järkevänä. Edullisena pidettiin kuitenkin sellaista lämpöpumppukonseptia, jossa lämpöpumppuratkaisulla voidaan tuottaa sekä kaukolämpöä että kaukojäähdytystä. Tällöin voidaan korvata samalla myös sähköä kuluttavaa kompressorijäähdytystä.

Tulevaisuudessa ratkaisevaa on se, miten pääkaupunkiseudun kaukolämmön päästökerroin kehittyy suhteessa valtakunnallisen sähkön päästökertoimeen. Mikäli kaukolämmön tuotannossa siirrytään vahvasti biopolttoainien käyttöön, kuten tässä selvityksessä on hahmoteltu, ei lämpöpumppujen laajamittainen käyttö pelkästään lämmöntuotantoon kaukolämpöjärjestelmän piirissä ole perusteltua päästönäkökulmasta.

9. Johtopäätökset

ENERGIAÄLYKÄS PÄÄKAUPUNKISEUTU tarkoittaa kasviuonekaasupäästöjen vähentämistä, kustannustehokasta energiajärjestelmää, cleantechin edistämistä ja uuden liiketoiminnan synnyttämistä. Keskeisimmät tulevaisuuden mahdollisuudet liittyvät pääkaupunkiseudun kaukolämpöjärjestelmän kehittämiseen, lämmitysenergian kulutuksen vähentämiseen etenkin vanhassa rakennuskannassa ja älykkäämpiin tapoihin tuottaa, varastoida ja kuluttaa energiaa. Kaikkiin näihin liittyy päästövähennysmahdollisuuksien lisäksi merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia sekä edellytyksiä luoda uusia työpaikkoja.

Pääkaupunkiseudulla on jo toteutettu useita toimia, jotka ovat kohdistuneet edellä kuvattuihin mahdollisuuksiin. Esimerkiksi valtaosa pääkaupunkiseudun lämmöntarpeesta tuotetaan nykyisin energiatehokkaalla sähkön ja lämmön yhteistuotannolla. Samoin kaukojäähdytyksen älykäs ja tehokas yhdistäminen kaukolämpöjärjestelmään on maailman mittakaavassakin ainutlaatuista. Energiayhtiöillä on myös varsin merkittäviä suunnitelmia bioenergian osuuden lisäämiseksi sähkön- ja lämmöntuotannossa kohti vuotta 2030. Lisäksi useilla pääkaupunkiseudun uusilla asuinalueilla testataan parhaillaan uusia älykkäämpiä energiaratkaisuja.

Tavoiteltaessa hiilineutraalia pääkaupunkiseutua vuoteen 2050 mennessä tarvitaan uusia määrätietoisia toimia. Tässä selvityksessä tehdyt laskelmat toivat esille, että kasviuonekaasupäästöt vähentyvät pääkaupunkiseudulla

tulevaisuudessa merkittävästi valtakunnan sähköntuotannon kehittyessä vähäpäästöiseen suuntaan sekä jo suunniteltujen kaukolämmön tuotantoon liittyvien investointien myötä. Samoin uudet rakennusmääräykset, jotka koskevat sekä uudistuotantoa että peruskorjauksia, vähentävät kasviuonekaasupäästöjä. Näiden lisäksi tarvitaan kuitenkin joukko muita toimenpiteitä, joita tässä selvityksessä on käsitelty. Näistä toimenpiteistä on koottu kolme toimenpidekokonaisuutta (ks. kuva 16).

Vähäpäästöiseen energiantuotantoon siirtyminen

Suurimmat päästövähennykset pääkaupunkiseudulla voidaan saada aikaan energian tuotannossa. Keskeisimmäksi kysymykseksi muodostuu, miten pääkaupunkiseudun kaukolämmön päästöjä voidaan vähentää tehokkaasti? Energiayhtiöiden suunnitelmissa korostuu biopolttoainien käytön lisääminen yhteistuotannossa. Kotimaisten biopolttoainien käytöllä on samalla merkittäviä alueellisia ja kansallisia työllisyysvaikutuksia. Päästökaupan piirissä olevien voimalaitosten polttoainemuutosten aikataulu riippuu osaltaan päästöoikeuksien hintakehityksestä. Kotimaisin toimin biopolttoainien käyttöä voidaan ripeyttää varmistamalla biopolttoainien kilpailukyky kivihieleen nähden. Tässä avainasemassa ovat lämmöntuotantoon käytetyn kivihieleen verotus sekä biopolttoainien tuet. Kaupunkisuunnittelussa on myös huomioitava biopolttoainien

Kuva 16. Toimenpidekokonaisuudet ja niiden keskeiset edut päästövähennysten lisäksi

Toimenpidekokonaisuus	Keskeiset edut
Vähäpäästöiseen energiantuotantoon siirtyminen	Huomattava työllisyysvaikutus Suomelle ja pääkaupunkiseudulle
Energiatehokkuuspotentiaalin realisoiminen	Kustannustehokkain tapa vähentää päästöjä lyhyellä tähtämellä
Älykkään energiajärjestelmän toteuttaminen	Tukee uuden cleantech-liiketoiminnan kehittämistä kotimarkkinoilla

kuljetuksen, varastoinnin ja käytön tarpeet. Pidemmällä aikavälillä on syytä pohtia myös vaihtoehtoa, jossa osa uusista biopolttoainetta käyttävistä laitoksista olisi lämpölaitoksia sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosten sijaan. Tämä asia on tärkeä erityisesti, mikäli biopolttoaineiden saatavuus osoittautuu niiden kulutuksen kasvaessa haasteeksi ja samalla biopolttoaineen hinta nousee sitä enemmän, mitä enemmän ja mitä pidemmän matkan päästä polttoainetta joudutaan hankkimaan. Biopolttoaineiden lisäksi myös aurinkoenergia ja lämpöpumput voivat tarjota tulevaisuudessa tehokkaita tapoja tuottaa pääkaupunkiseudulla vähäpäästöistä energiaa.

Energiatehokkuuspotentiaalin realisoiminen

Pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää kustannustehokkaimmin parantamalla energiatehokkuutta vanhassa rakennuskannassa. Etenkin 1950–70 -luvulla rakennetuilla kerrostaloalueilla on mahdollista saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä hyvinkin kustannustehokkaasti, kun energiatehokkuustoimet ajoitetaan peruskorjausten yhteyteen. Energiarenessanssissa ajatuksena on tunnistaa sopivia laajoja kohteita, joissa toteutetaan koordinoitusti huomattavia energiaparannuksia peruskorjausten yhteydessä. Energiatehokkuustoimenpiteitä voidaan lisäksi vauhdittaa sekä informaatio-ohjauksella että rahoituksella. Tuomalla energiaremonttien konkreettiset hyödyt, kuten kustannussäästöt ja asumisviihtyvyyden paraneminen, nykyistä paremmin esille, voidaan lisätä kiinnostusta energiatehokkuustoimien toteuttamiseen. Erilaisilla rahoitusratkaisuilla, kuten ESCO-toiminnalla ja suunnatuilla energiatehokkuusrahastoilla, puolestaan voidaan alentaa kynnystä toimenpiteiden toteuttamiseksi etenkin taloyhtiöissä. Korjausrakentamiseen liittyy merkittävä työllistävä vaikutus niin itse rakentamisessa kuin suunnittelussa, palveluissa ja valmistavassa teollisuudessa. Esimerkkeinä valmistavasta teollisuudesta voidaan mainita eristeet, energiatehokkaat ikkunat ja ovet, erilaiset lämmön talteenottoratkaisut sekä mittaus- ja ohjausjärjestelmät.

Älykkään energijärjestelmän toteuttaminen

Älykkäät ratkaisut kaukolämmössä ja sähköjärjestelmässä voivat vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä sekä luoda uutta liiketoimintaa. Kaukolämpöjärjestelmässä erilaiset integroidut lämmitys- ja jäähdytysratkaisut sekä lämmön ja kylmän varastointiratkaisut ovat jo tätä päivää. Näihin liittyy vielä tärkeitä

lisäysmahdollisuuksia, samoin kuin kulutuksen tarkempaan mittaukseen, ennustamiseen ja ohjaukseen sekä uusiin kaukolämpötuotteisiin ja hinnoittelumalleihin. Kaikilla näillä pystytään vaikuttamaan suotuisasti kaukolämmön kulutusprofiiliin ja huipputehon tarpeeseen ja siten myös vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä.

Sähköjärjestelmässä hajautetun aurinkosähkön tuotannon, varastoinnin ja kysyntäjouston yhteensovittamiseen liittyy mittavia liiketoimintamahdollisuuksia, joilla on globaali kysyntä. Tällä hetkellä näitä ratkaisuja testataan etenkin uusilla asuinalueilla. Jotta näistä muodostuisi merkittävää liiketoimintaa, jolla olisi myös vientiedellytyksiä, tarvitaan tälle alalle merkittäviä panostuksia. Pääkaupunkiseudun kunnat ja energiayhtiöt voivat tarjota alustan ja demonstraatiokohteita niiden kehittämiseen, mutta itse liiketoiminnan synnyttämiseen tarvitaan toimenpiteitä koko valtakunnan tasolla. Tarvittavia toimenpiteitä ovat muun muassa T&K-toiminnan tukeminen, yrittäjyyden toimintaedellytysten vahvistaminen sekä riskirahoitus uusien ratkaisujen kehittämiseksi, markkinoille saattamiseksi ja yritysten kasvattamiseksi.

Kohti energiaälykästä järjestelmää

Vuosien 2040 ja 2050 päästötasojen tarkasteluun sisältyy runsaasti epävarmuuksia ja esimerkiksi uusien teknologioiden tuomia mahdollisuuksia on liian aikaista arvioida. Sen vuoksi juuri nyt kannattaa keskittyä erityisesti sellaisiin toimenpiteisiin, joita voidaan alkaa toteuttaa välittömästi ja seuraavan 5–10 vuoden sisällä. Toimenpiteitä kannattaa valita siten, että niihin liittyvät työllisyysvaikutukset ja liiketoimintapotentiaali ovat mahdollisimmat korkeat. Samoin toimenpiteillä kannattaa edistää energijärjestelmän älykkyyden lisäämistä ja joustavuutta. Myöhempiin ajankohtaan keskittyvien toimenpiteiden osalta pitää jo nyt varmistaa, että niiden toteutuminen mahdollistetaan esimerkiksi kaavoituksessa tehtävillä päätöksillä tai sellaisilla energiainfrastruktuurin investoinneilla, jotka tukevat päästöttömän energijärjestelmän kehittymistä tulevaisuudessa.

Päästövähennystoimenpiteitä suunniteltaessa ja toteutettaessa on tärkeä tunnistaa eri toimijoiden roolit. Energiayhtiöiden tehtävänä on vastata erityisesti päästöttömän energiantuotannon lisäämisestä, kun taas pääosin energian kuluttajat ja rakennusten omistajat ovat vastuussa energiatehokkuustoimista. Tuotannon ja kulutuksen välissä on älykkään ja joustavan energijärjestelmän luominen, jonka toteutuminen vaatii yhteispeliä sekä myös muiden sidosryhmien kuten valtion, kaupunkien, teknologiatoimittajien ja rahoittajien aktiivista osallistumista. Energiaälykäs pääkaupunkiseutu tehdään yhdessä.

Lähteet

- Energiautiset (2014)
Vain päästötöntä energiaa vuonna 2050, 14.04.2014,
saatavissa: <http://www.energiautiset.fi/uutiset/vain-paastotonta-energiaa-vuonna-2050.html>, viitattu 27.01.2015
- Eurelectric (2010)
Power Choices Pathways to Carbon-Neutral
Electricity in Europe by 2050
- Helsingin kaupunki (2013)
Strategiaohjelma 2013–2016, Liite 1.
Strategiaohjelman 2013–2016 perustelumuuisto, Khs 25.3.2013.
- HSY (2013)
Ilmastoveivi -laskentatyökalun taustatiedot
- HSY (2014)
Pääkaupunkiseudun ilmastotekoja-katsaus 1/2014
- Ilmatieteen laitos (2014)
Rakennusten energialaskennan ilmastolliset testivuodet,
saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakennusten-energiälaskennan-testivuosi>, viitattu 2.12.2014
- Lehtilä Antti et al. (2013)
Low Carbon Finland 2050 -platform, Energiajärjestelmien
kehityspolun kohti vähähiilistä yhteiskuntaa, VTT Technology 165
- Lindstedt Tuomo et al. (2011)
Energiatehokkaat ja teolliset korjausrakentamiskäytännöt
Suomessa ja kansainvälisesti, Sitran selvityksiä 11
- Lounasheimo Johannes (2009)
Kasvihuonekaasupäästöjen alueellisten laskentamenetelmien
vertailua, Laurea-ammattikorkeakoulu
- Lounasheimo Johannes & Niemi Jarkko (2009)
Pääkaupunkiseudun ilmastoraportti – päästöjen kehitys 2008,
YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta
- Mattsson Lotta (2012)
Selvitys kuntien ilmastotyöstä, Kuntaliitto
- Mutikainen Mirja et al. (2014)
Pääkaupunkiseutu kansainvälisen tason cleantech-veturiksi,
Sitran selvityksiä 79
- Nurkkala Juha (2012)
HUS-kiinteistöt: Meilahden potilastorni:
Energiatehokkuus ja laiteteknologia, 13.9.2012
- Pesola Aki et al. (2014)
Sähkön pientuotannon kilpailukyvyyn ja kokonaistaloudellisten
hyötyjen analyysi, Gaia Consulting Oy
- Pirinen Pentti et al. (2014)
Ilmastomuutos ja lämmitystarveluku paikkatietoina Suomessa,
Ilmatieteen laitos raportteja 2014/3
- Ryynänen Erka et al. (2014)
Helsingin 30 % päästövähennysselvitys – Kasvihuonekaasupäästöjen
kehitys ja vähentämisen kustannustehokkaat toimenpiteet,
Gaia Consulting Oy
- Tilastokeskus (2013)
Väestöennuste kunnittain 2012–2040
- Tilastokeskus (2014)
Polttoaineluokitus 2014
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2013a)
Kansallinen energia- ja ilmastostrategia, Valtioneuvoston
selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013 VNS 2/2013 vp,
Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto, 8/2013
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2013b)
Kansallisen energia- ja ilmastostrategia, taustaraportti, 21.3.2013
- Uudenmaan liitto (2013)
Uusimaa-ohjelma, Visio ja strategia 2040,
Strategiset valinnat 2014–2017, Uudenmaan liiton julkaisuja 2013
- Vinha Petri (2014)
Uudet energiamääräykset ja niiden vaikutukset,
Kuntien 7, Ilmastokonferenssi, 8.5.2014
- Ylimäki Laura et al. (2014)
Espoon kaupungin ilmastoasioiden priorisointityö,
Gaia Consulting Oy

Liite 1

Työpajoihin ja/tai raportin kommentointiin osallistuneet

Antila Heli,

Fortum

Cederlöf Magnus,

ympäristöministeriö

Hakko Hanna,

Maan ystävät

Heikinheimo Pirkko,

ympäristöministeriö

Huuska Petteri,

Helsingin Ympäristökeskus

Hynninen Vesa,

Vantaan Energia

Jarkko Mira,

Helsingin Ympäristökeskus

Kangas Hanna-Liisa,

WWF

Kivirinne Jouni,

Helen

Korteniemi Juho,

työ- ja elinkeinoministeriö

Kuusisto Risto,

ympäristöministeriö

Kähö Tiina,

Sitra

Lahti Liisa,

Sitra

Lahtinen Perttu,

Helen

Lammi Harri,

Greenpeace

Lehtiniemi Sami,

Vantaan Energia

Lehtinen Teppo,

ympäristöministeriö

Lounasheimo Johannes,

HSY

Lovio Raimo,

Aalto-yliopisto/ Suomen

Lähienergialiitto ry

Luhtala Jaakko,

Fortum

Lukin Markus,

Helsingin Ympäristökeskus

Lyttikäinen Susan,

HSY

Maidell-Münster Leena,

Vantaan kaupunki

Nikula Taina,

ympäristöministeriö

Pelkonen Jaana,

Sitra

Rauhämäki Janne,

Helen

Rinkineva Marja-Leena,

Helsingin kaupunki

Seppälä Jyri,

SYKE

Sjöstedt Tuula,

Sitra

Suominen Lauri,

Motiva

Valanta Jose,

Vantaan kaupunki

Veikkola Miikka,

Fortum

Viinanen Jari,

Helsingin Ympäristökeskus

Westergren Maiju,

Helen

Wirgentius Niko,

Fortum

Kaupungit voivat olla edelläkävijöitä kansallisten päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa kokeilemalla ja toimeenpanemalla innovatiivisia, paikallisia ratkaisuja.

Tässä selvityksessä kartoitettiin pääkaupunkiseudun energiayhtiöiden konkreettiset suunnitelmat päästövähennysten saavuttamiseksi ja kehitettiin muita lisäisiä päästövähennystoimenpiteitä, joita voidaan ottaa käytäntöön välittömästi. Pääkaupunkiseudun energiajärjestelmän olemassa olevien vahvuuksien – kuten tehokkaan kaukolämmön ja kaukokylmän – hyödyntämisen lisäksi voidaan voimakkaasti panostaa uusiutuviin energiamuotoihin ja energiatehokkuuteen sekä kehittää uusia älykkäitä ratkaisuja esim. avoimiin energia-verkkoihin.

Päästövähennystoimenpiteiden toteuttamisessa tarvitaan eri sidosryhmien kuten valtion, kaupunkien, energiayhtiöiden, teknologiatoimittajien ja kuluttajien sujuvaa yhteispeliä. Siksi energiaälykäs pääkaupunkiseutu tehdään yhdessä.

Sitran selvityksiä 89

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra on tulevaisuusorganisaatio, joka tekee töitä Suomen kilpailukyvyyn ja suomalaisten hyvinvoinnin edistämiseksi. Ennakoimme yhteiskunnan muutosta, etsimme käytännön tekemisellä uusia toimintamalleja ja vauhditamme kestävään hyvinvointiin tähtäävää liiketoimintaa.