



HELSINGIN KAUPUNKI

**KIINTEISTÖKOHTAISEN HAJAUTETUN ENERGIAN
TUOTANNON POTENTIAALI HELSINGISSÄ**

LOPPURAPORTTI 22.9.2015

52X285819

VASTUUVAPAUSSLAUSEKE

Pöyry Management Consulting Oy ("Pöyry") pidättää kaikki oikeudet tähän raporttiin. Raportti on luottamuksellinen ja laadittu yksinomaan Helsingin Kaupungin hajautetun energiatuotannon ja energiatehokkuuden selvittämistyöryhmän ("Asiakas") käyttöön. Raportin käyttö muiden kuin Asiakkaan toimesta ja muuhun kuin Asiakkaan ja Pöyryn välisessä sopimuksessa tarkoitettuun tarkoitukseen on sallittu ainoastaan Pöyryn etukäteen antaman kirjallisen suostumuksen perusteella. Raportti on laadittu noudattaen Pöyryn ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoja. Pöyryn tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti.

Raportin sisältämät tulkinnat ja johtopäätökset perustuvat osittain Pöyryn kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saamiin tietoihin. Pöyry ei ole tarkistanut minkään kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saadun ja raportin laatimiseen käytetyn tiedon oikeellisuutta tai täydellisyyttä, koska se ei ole kuulunut Pöyryn toimeksiannon laajuuteen. Pöyry ei anna raportin perusteella tai siihen liittyen mitään vakuutusta (nimenomaista tai konkludenttista) eikä vastaa sen sisältämien tietojen ja arvioiden oikeellisuudesta.

Pöyry ei vastaa kolmannelle osapuolelle tämän raportin käyttämisen tai siihen luottamisen perusteella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.

SISÄLTÖ

- Tausta ja tavoite
- Lämmön ja sähkön kysynnän kehittyminen Helsingissä
- Kiinteistökohtaisen hajautetun energian tuotannon potentiaali
- Hajautetun tuotannon järjestelmävaikutukset
- Johtopäätökset

SELVITYKSEN TAUSTA

Energia-alalla on meneillään iso teknologinen muutos, joka vaikuttaa myös maailman tehokkaimpana palkittuun Helsingin energiajärjestelmään

- Helsinkiin tarvitaan energiaratkaisu, jolla katetaan asiakkaiden energiatarpeet mutta myös taloudelliset ja ympäristölliset tavoitteet – samalla se voisi palvella laajemmin koko aluetta
- Energiatoimialalla on käynnissä iso teknologinen ja liiketoiminnallinen muutos, jonka lopputuloksesta ja ajoituksesta ei ole varmuutta
 - Uusiutuvan energian tuotanto vaikuttaa sähkön markkinahintoihin laskevasti, sähkömarkkinoilla investoinnit ovat viime vuosina perustuneet pitkälti tukiin. Alhainen sähkön markkinahinta ei kannusta sähkön tuotannon investointeihin ilman tukia
 - Keskitetty ja hajautettu energian tuotanto toimivat markkinoilla rinnakkain ja uudenlaiset toimijat tulevat markkinoille
 - Uusien teknologioiden kustannukset laskevat ja ne lähestyvät kilpailukyvyltään perinteisiä teknologioita.
 - Uusiutuvan energian voimakkaan lisäyksen vaikutuksesta tuotannon ja kysynnän eriaikaisuus voi muodostua ongelmaksi, mikäli energian varastointiteknologia ei kehity nopeasti.
- Nykyinen epävarmuus huomioiden tulisi luoda ratkaisu, jonka avulla pystyttäisiin pitämään pitkän aikavälin vaihtoehdot avoimina mutta silti ratkaisemaan lyhyemmän aikavälin tarpeet
- Ratkaisumallin olisi kyettävä optimoimaan monta tekijää - esimerkiksi:
 - Energiatuotannon kestävyys
 - Kustannus- ja resurssitehokkuus
 - Joustavuus tulevaisuuden muutokset huomioiden
 - Taloudellisuus
 - Huoltovarmuus

Minkälainen on optimaalinen ratkaisu tulevaisuuden alueelliseksi energiamalliksi?

Joka huomioisi muutostarpeet nykyisistä kaukolämpö- ja energiamarkkinoista

Joka jättäisi joustavuutta huomioida tulevan teknologisen kehityksen ja sopeutua muutokseen

Joka takaisi liiketaloudelliset tavoitteet, käyttäjien kilpailukyvyyn ja kustannustehokkaan energian hankinnan niin lyhyellä kuin pitkällä tähtäimellä

Joka mahdollistaisi hiilineutraaliuden tulevaisuudessa

Joka antaisi mahdollisuuden hyödyntää kolmansien osapuolten kilpailukykyiset ratkaisut

Joka varmistaisi koko systeemin tavoitteiden mukaisen ohjauksen

Jota voisi pilotoida joustavasti

SELVITYKSEN TAVOITE JA RAJAUKSET

Yhtenä osana Helsingin energiaratkaisua voi toimia hajautettu, kiinteistökohtainen energiantuotanto. Myös energiatehokkuuden parantumisella on suuri vaikutus energiaratkaisuihin. Tämän selvityksen tavoitteena oli arvioida hajautetun kiinteistökohtaisen energiantuotannon ja energiansäästön potentiaalia vuoteen 2030

- Työn tavoitteena oli selvittää Helsingin konkreettiset, teknisesti ja taloudellisesti parhaat keinot kasvattaa kiinteistökohtaisen hajautetun sähkön ja lämmön tuotannon osuutta vuoteen 2030 mennessä siten, että energian tuotannon rakenne mahdollistaa viimeisimmän teknologian ja uusien innovaatioiden hyödyntämisen myös tulevaisuudessa.
 - Työssä arvioitiin, kuinka suuri on teknisesti mahdollinen kiinteistökohtaisen sähkön ja lämmön tuotanto sekä kuinka suuri osuus tästä voi realisoitua taloudellisesti kannattavasti vuoteen 2030 mennessä
- Työssä arvioitiin myös energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus lämmön tarpeeseen. Arvio perustuu Helsingin rakennuskannan kiinteistöjen ikään ja käyttötarkoitukseen sekä nykyisiin korjausrakentamisen energiamääräyksiin.
 - Arviossa on otettu huomioon ainoastaan määräysten mukaiset tai taloudellisesti kannattavat korjaukset. Esimerkiksi uudenlaisten kannustimien tai vaatimusten mahdollisia vaikutuksia ei ole huomioitu selvityksessä. Energiatehokkuuspotentiaalin osalta ei ole erikseen arvioitu maksimipotentiaalia, vaan tämänhetkinen teknis-taloudellinen potentiaali.
 - Ilmaston lämpenemisen vaikutusta lämmön tarpeeseen ei ole erikseen huomioitu työssä. Työn lähtökohtana käytetty lämmön tarve kuvaa viime vuosien lämmöntarvetta, joka on selvästi alhaisempi kuin viimeisen 30 vuoden lämmön tarve.
- Työssä valittiin tarkasteluun aurinkolämpö, aurinkosähkö sekä maalämpö. Nämä ovat jo vakiintunutta, käytössä olevaa teknologiaa.
 - Biomassaan pohjautuva pientuotanto rajattiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä biomassaa on tyypillisesti kannattavampaa ja ilmanlaadun kannalta parempaa hyödyntää kiinteistökohtaisia kattiloita suuremmissa yksiköissä, esimerkiksi osana Helenin kaukolämmön tuotantoa
- Aurinkoenergian hyödynnettävyyttä rajoittaa tuotannon ja energian tarpeen eriaikaisuus. Mikäli varastointitekniikat tulevaisuudessa kehittyvät, voi aurinkoenergian kannattavuus parantua merkittävästi. Teknologioiden kehitykseen ja taloudelliseen kannattavuuteen liittyy kuitenkin epävarmuuksia eikä varastointitekniologioiden mahdollista yleistymistä huomioitu tässä selvityksessä.

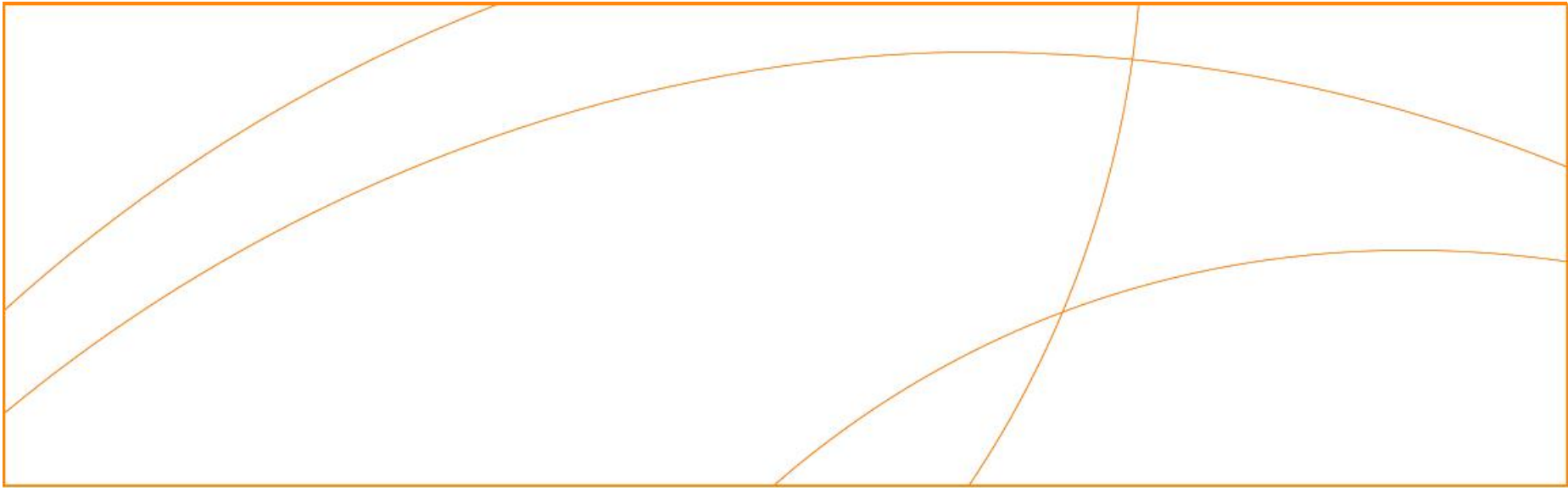
TYÖN TOTEUTUSTAPA

Tarkastelu perustuu Helsingin todelliseen rakennuskantaan, tonttitietoihin sekä tyyppitalosimulaatioihin, joiden avulla laskettiin energian tarve ja tuotantopotentiaali

- Kiinteistökohtaisen tuotannon potentiaalia arvioitiin tyyppitalosimulaatioiden, Helsingin rakennuskantarekisterin (Facta) sekä tonttitietojen perusteella. Tyyppitalomallia tarkasteltiin omakotitalolle, asuinkerrostalolle, toimistotalolle ja kauppakeskukselle. Tyyppitaloille määritettiin lämmön kulutusprofiili, lämpimän käyttöveden tarve sekä kiinteistösähkön kulutusprofiili.
- Tyyppitalojen simulointimalleilla selvitettiin eri rakentamismääräsjankohtien vaikutusta rakennustyyppien energiankulutukseen. Malleilla on tarkasteltu vuosia 2010, 2003, 1985, 1978 ja 1969 ja tyyppitalojen tekniset ominaisuudet vastaavat em. vuosien rakentamismääräyksien minimitasoa. Tyyppitalomallit eivät ota kantaa eri aikakausien eroihin rakennusmuodossa tai aukoituksissa, mutta ne antavat lähtökohdan energiansäästöpotentiaalien määrittämiselle. Uudisrakentamisen tyyppitalojen arvot vastaavat vuoden 2012 tyyppitaloa, johon on sisällytetty FlnZEB*-loppuraportissa esitetyt kustannusoptimaaliset säästötoimenpiteet
 - Energiatehokkuuspotentiaalia arvioitiin rakennuskannan iän ja oletetun korjausrakentamistarpeen perusteella. Energiansäästöpotentiaalissa on huomioitu julkisivu- ja ikkunaremonttien, lämmön talteenottokoneistojen sekä poistoilmalämpöpumppujen asentamisen vaikutus perustuen korjausrakentamista koskeviin rakennusmääräyksiin sekä taloudellisiin investointeihin (20 vuoden takaisinmaksuajalla). Muita kuin peruskorjausten yhteydessä tehtäviä energiansäästötoimia ei ole huomioitu
- Maalämmön potentiaali arvioitiin tonttipinta-alaan ja lämmön tarpeeseen perustuen, aurinkoenergia mitoitettiin vapaana olevan kattopinta-alaan ja kiinteistösähkön** (aurinkosähkö) tai lämpimän käyttöveden (aurinkolämpö) tarpeen mukaan
- Olemassa olevien kiinteistöjen lämmitystavan vaihdon kannattavuutta arvioitiin investoinnin takaisinmaksuajan avulla. Kannattavaksi valittiin tapaukset, joissa takaisinmaksuaika oli alle 20 vuotta, huomioiden sekä investointi- että käyttökustannukset
 - Menetelmän käytön lähtökohtana on kiinteistönomistajan näkökulma, ei liiketaloudellinen investoinnin kannattavuus
 - Mikäli lämmitystavan vaihto maksaa aiheuttamansa kustannukset takaisin alle 20 vuodessa, voi investoinnin arvioida kannattavaksi. Lämmitystavan vaihtoa ei oleteta rahoitettavan erillisillä tuilla
 - Yksittäisten kiinteistönomistajien investointihalukkuutta on kuitenkin vaikea arvioida, eikä kiinteistönomistaja välttämättä päädy lämmitystavan vaihtamiseen, vaikka se olisikin arvioitu kannattavaksi. Arvioitu kannattava potentiaali ei siis välttämättä toteudu ilman jonkinlaisia kannustimia

* FlnZEB-hankkeen tavoitteena on ollut luoda kansainväliset tulkinat rakennusten energiatehokkuusdirektiivin lähes nollaenergiarakentamista koskeviin määritelmiin ja tuottaa kiinteistö- ja rakennusalan yhteinen näkemys vuonna 2015 käynnistyvän energiatehokkuuden säädösvalmistelun pohjalta.

** Kiinteistösähköllä viitataan kiinteistön yleisten tilojen sähkön tarpeeseen, luku ei sisällä esim. kiinteistön vuokralaisten tai osakkaiden sähkön kulutusta.



LÄMMÖN JA SÄHKÖN KYSYNNÄN KEHITTYMINEN

NYKYINEN RAKENNUSKANTA JA LÄMMÖNTARVE HELSINGISSÄ

Sekä rakennuskanta että sen lämmöntarve koostuvat pitkälti asuinrakennuksista

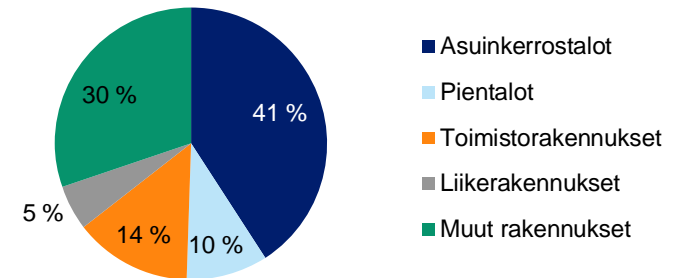
Lähtökohdat rakennuskannan kehityksessä

- Lähtötietoina käytettiin Facta-rekisteriä Helsingin alueen rakennuskannasta
- Jokaisesta rakennuksesta kerättiin tietoina esim. pinta-ala, tilavuus, käyttötarkoitus, rakennusvuosi, lämmitysmuoto jne.
- Rakennuskanta jaettiin luokkiin käyttötarkoituksen mukaan
 - Suurimmat luokat asetettiin omiksi ryhmikseen ja loput yhdistettiin ”muut rakennukset” -luokkaan

Lähtökohdat lämmöntarpeen kehityksessä

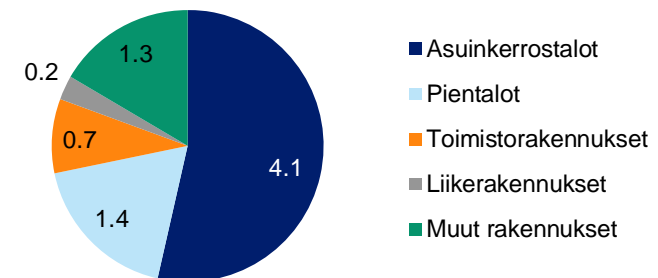
- Rakennuskannan lämmöntarve arvioitiin käyttötarkoitukseluokakohtaisesti
- Arvioissa huomioitiin myös rakennusvuoden vaikutus lämmöntarpeeseen
- Arviot perustuvat mitattuun dataan esim. Helsingin ympäristötilastosta
 - Lisäksi arviointityökaluna käytettiin energiasimulointeja
- Tuloksena saatiin eri vuosikymmeninä valmistuneiden, eri tyyppisten rakennusten ominaiset lämmönkulutukset
- Näiden avulla laskettiin koko rakennuskannan lämmönkulutuksen arvio
- Työssä ei ole huomioitu ilmastonmuutoksen mahdollisesti aiheuttamaa lämmityksen tarpeen laskua

Olemassa oleva rakennuskanta, tilavuusjakauma



Nykyinen rakennuskanta, lämmitysenergiankulutus

Kokonaislämmönkulutus 7,7 TWh/vuosi



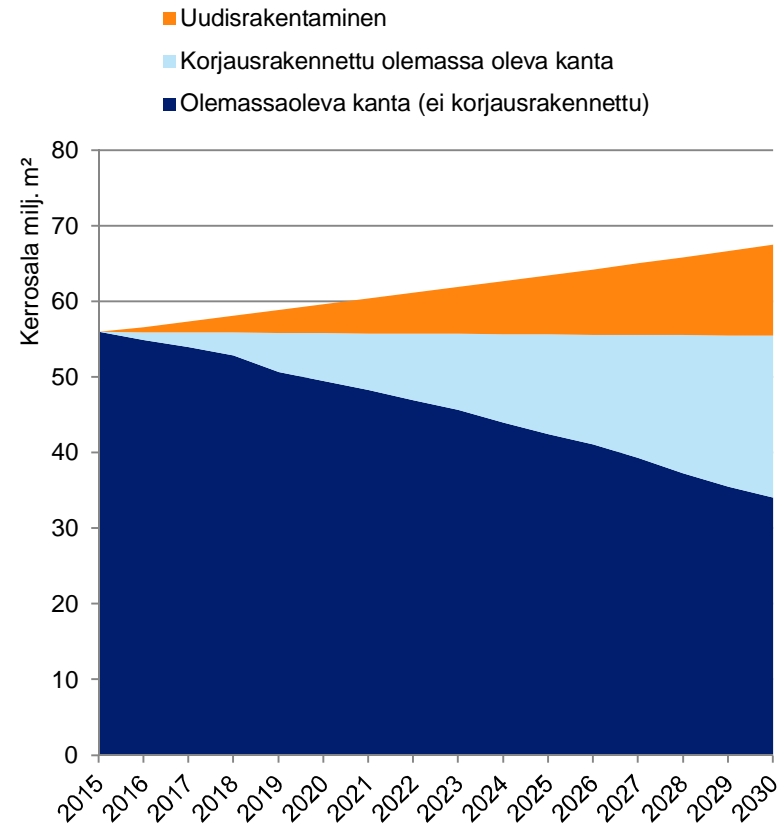
RAKENNUSKANNAN KEHITYS

Helsingin rakennuskannan odotetaan kasvavan voimakkaasti vuoteen 2030 mennessä erityisesti asuinrakennusten osalta

Oletukset rakennuskannan kehityksessä

- Helsingin kaupungin oman ennusteen mukaan väestönkasvu tulee olemaan aiempia ennusteita nopeampaa, hieman yli 1 prosentti vuositasona vuoteen 2030 mennessä
 - Väestönkasvuennusteen mukainen väestömäärä vuonna 2030 on 733 050
 - Toimisto-, liike- ja muiden rakennusten muodostaman rakennuskannan kasvu perustuu tähän oletamaan
- Asuinrakennuskannan kasvu on arvioitu hieman väestönkasvuoletusta voimakkaammaksi (noin 1,4 prosenttia vuosittain vuoteen 2030 mennessä)
 - Tämä merkitsee samalla asumisväljyyden kasvua vuoteen 2030 mennessä
- Muiden rakennusten osalta rakennuskannan oletetaan kasvavan asuinrakennuksia hitaammin, mikä selittyy osaltaan toimistorakennuskannan ylivoimaisuudesta nykytarpeisiin nähden
- Olemassa olevan rakennuskannan saneerauspotentialiksi on arvioitu reilut 21 miljoonaa neliometriä vuoteen 2030 mennessä (eli keskimäärin vajaa 1,5 milj. m² vuosittain)
- Kumulatiiviseksi poistumaksi on arvioitu noin 0,5 miljoonaa neliometriä (kokonaisalamääräisesti) vuoteen 2030 mennessä

Rakennuskannan kehitys vuoteen 2030



UUDIS- JA KORJAUSRAKENTAMINEN VUOTEEN 2030

Rakennuskannan energiatehokkuuspotentiaali on merkittävä vuoteen 2030 mennessä energian kulutukseen vaikuttavien korjaustoimenpiteiden sekä uuden energiatehokkaan rakennuskannan johdosta

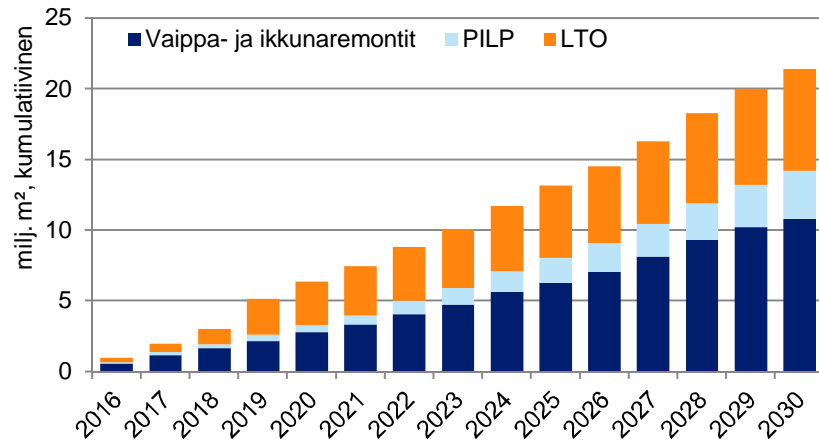
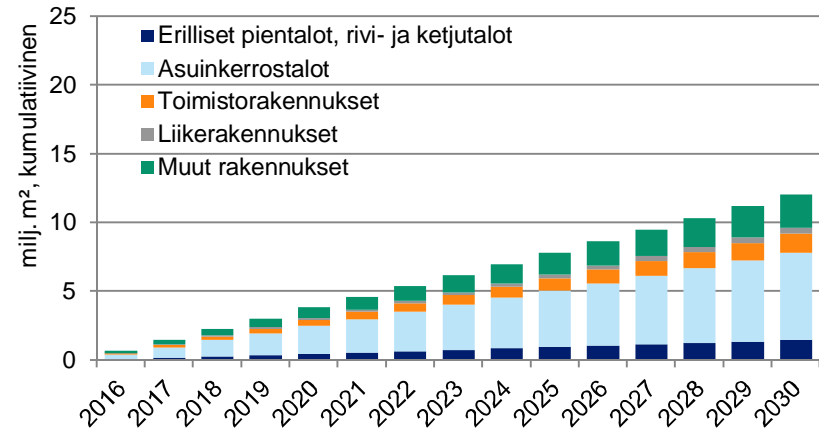
Uudisrakentaminen

- Uudisrakentamisen vuotuinen määrä arvioitiin rakennustyyppiakohtaisesti kaupungilta saatujen tietojen perusteella
- Uutta rakennuskantaa arvioidaan syntyvän noin 12 miljoonaa neliometriä vuoteen 2030 mennessä, josta noin puolet on asuinkerrostaloja
- Uudisrakentamisen lämmöntarve arvioitiin tulevien energiamääräysten perusteella rakennustyyppiakohtaisesti
- Lähtökohtana käytettiin FlNZEB*-loppuraportissa esitetyjä arvoja.

* FlNZEB-hankkeen tavoitteena on ollut luoda kansainväliset tulkinat rakennusten energiatehokkuusdirektiivin lähes nollaenergiarakentamista koskeviin määritelmiin ja tuottaa kiinteistö- ja rakennusalan yhteinen näkemys vuonna 2015 käynnistyvän energiatehokkuuden säädösvalmistelun pohjalle.

Korjausrakentaminen

- Energian kulutukseen vaikuttava korjausrakentaminen koostuu suurelta osin vaippa- ja ikkunaremonteista sekä lämmön talteenoton parannuksista
- Toimenpiteiden arvioitu vaikutus vastaa korjausrakentamisen energiamääräyksiä.
- Ikkuna- ja julkisivuremontit on arvioitu tehtäväksi 50 vuoden ja ilmanvaihdon parannukset linjasaneerausten yhteydessä 40 vuoden välein. Ilmanvaihtolaitteiden käyttöä on arvioitu 23 vuotta.
- Esitetty säästöpotentiaali vaippa- ja ikkunaremonttien suhteen on siten nykymääräysten mukaan realistinen, mutta toteutumisaikataulu voi olla hitaampi remonttien toteutumisen mukaan. PILP- ja LTO-parannukset ovat vapaaehtoisia mutta yleensä taloudellisesti kannattavia

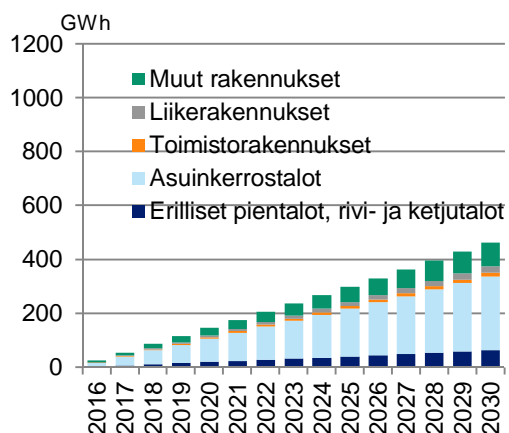


LTO = Lämmön talteenotto
PILP = Poistoilmalämpöpumppu

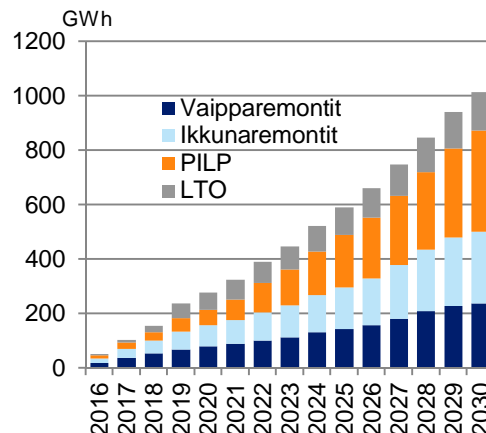
LÄMMÖNKULUTUKSEN KEHITYS

Korjausrakentamisen energiansäästöpotentiaalin ansiosta lämmön kokonaiskulutus voi laskea selvästi vuoteen 2030 mennessä uudisrakentamisesta huolimatta

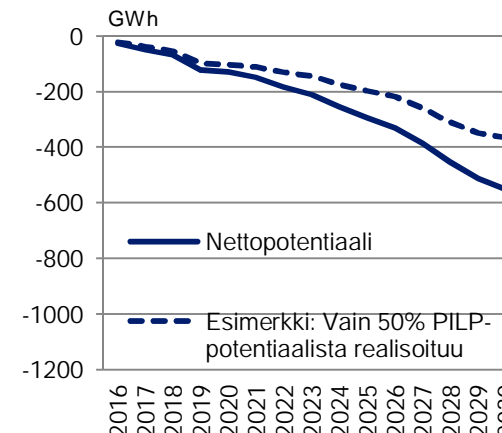
Uuden rakennuskannan lämmönkulutus



Korjausrakentamisen säästöpotentiaali



Lämmönkulutuksen vähentymisen nettopotentiaali nykytasoon nähden

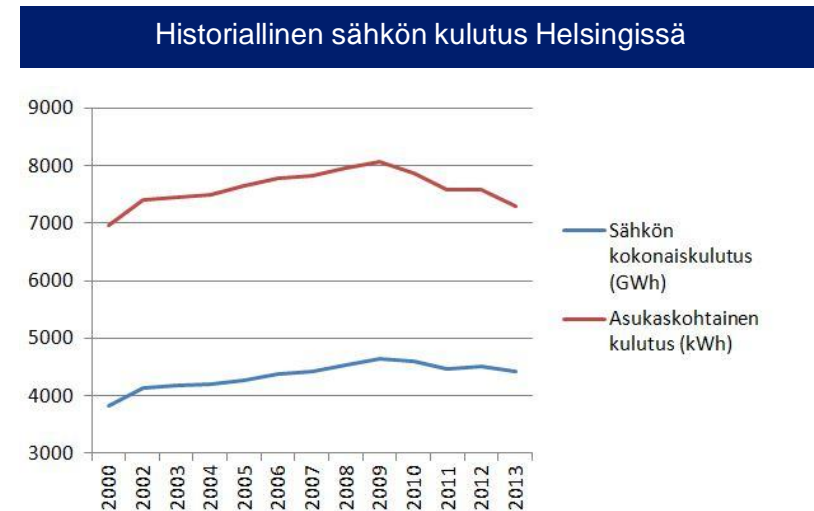


- Uudisrakennusten vuotuisen lämmöntarpeen arvioidaan kohoavan noin 460 gigawattituntiin 2030 mennessä
- Korjausrakentamisella (vaippa- ja ikkunaremontit, poistoilmalämpöpumppuasennukset (PILP) ja lämmön talteenoton parannukset (LTO)) voidaan saavuttaa jopa noin 1 TWh:n vuotuinen säästö vuoteen 2030 mennessä
 - PILP-järjestelmät lisäävät kuitenkin sähkönkulutusta arviolta noin 125 GWh:n verran vuositasolla, lisäksi yhteistuotantosähkön tuotanto laskee kaukolämmön tuotannon vähentyessä.
 - Muiden kuin peruskorjausten yhteydessä tehtävien toimenpiteiden energiansäästövaikutuksia ei tässä työssä ole arvioitu. Tällaisia voivat olla mm. ilmanvaihdon käyntiaikojen ohjausmuutokset, tuloilman lämpötilamuutokset, termostaattisten patteriventtiilien asennukset, lämmitysverkon tasapainotukset, ikkunoiden tiivistykset ja kylmälaitteiden lämmöntalteenotot. Näiden sekä muiden, uusien toimenpiteiden vaikutuksesta lämmönkulutus voi laskea tässä esitettyä enemmän, mutta niiden merkitys arvioidaan peruskorjauksia vähäisemmäksi.
- Vuotuinen lämmönkulutus voisi laskea vuoteen 2030 mennessä reilun 0,5 TWh:n verran, mikäli korjaustoimenpiteet toteutetaan arvioidussa aikataulussa. Poistoilmalämpöpumppujen potentiaali tuskin realisoituu täysin tässä aikataulussa ilman ohjausta ja/tai kannustimia, samoin ikkuna- ja julkisivuremonttien toteutumiseen voidaan vaikuttaa neuvonnalla. LTO-laitteiden tehokkuus paranee ilman erillisiä ohjaustoimenpiteitä, kun olemassa olevia laitteita uusitaan käyttöikänsä päättyessä nykytasoiseen tekniikkaan.

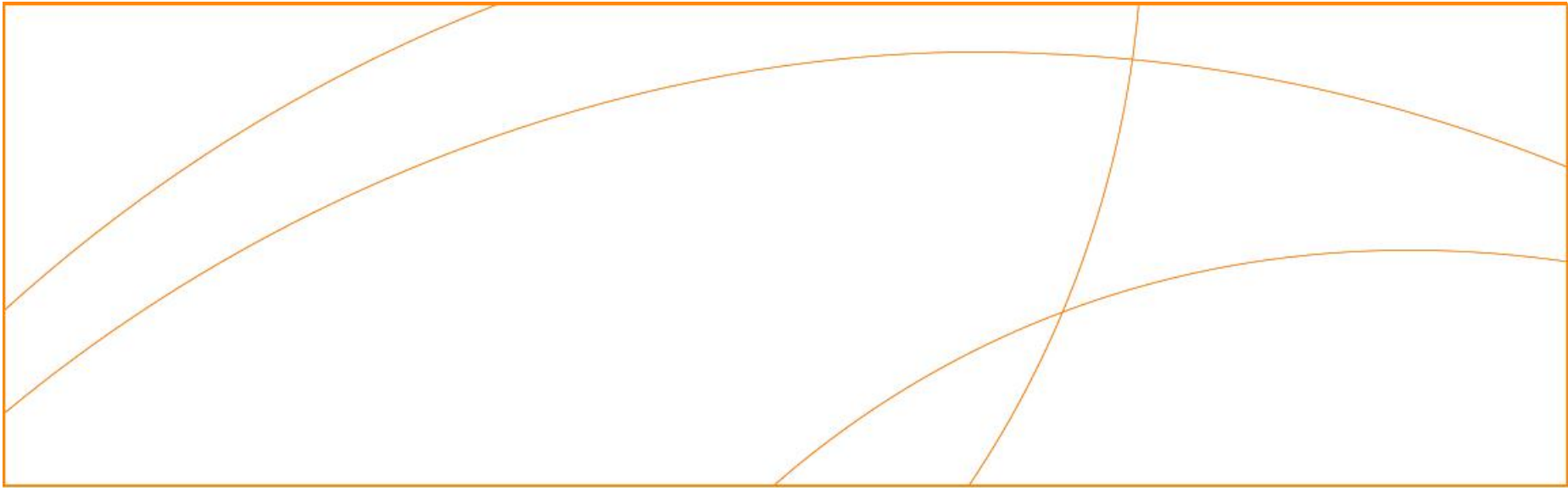
SÄHKÖN KULUTUKSEN KEHITYS

Sähkön kulutuksen kasvu Helsingissä on taittunut 2010-luvulla. Lämpöpumput ja sähköautot voivat kääntää kulutuksen uudelleen kasvuun pidemmällä aikavälillä.

- Sähkön kulutuksen kasvu on taittunut Helsingissä viimeisen vuoden aikana, vaikka väkiluku samaan aikaan on noussut
- Taludellinen taantuma vaikuttaa todennäköisesti kulutuksen taittumiseen suhteellisen vähän, sillä teollisen sektorin osuus Helsingissä on varsin pieni
- Kaupungin asiantuntijat arvioivat, että merkittävimmät tekijät kulutuksen vähentymiselle ovat olleet laitekannan ja ohjausjärjestelmien energiatehokkuuden parantuminen sekä toteutetut energiatehokkuustoimenpiteet. Energiatehokkuuden voidaan odottaa edelleen paranevan ja leikkaavan kiinteistösähkön kulutusta tulevaisuudessa.
- Ekosuunnitteludirektiivi on jo vähentänyt laitesähkön kulutusta ja sen vaikutuksesta kulutus edelleen laskee tulevaisuudessa
- Laitteiden energiatehokkuuden kehittymisen lisäksi sähkönkulutusta on vähentänyt suurissa kiinteistöissä kompressorijäähdytyksen osittainen korvautuminen kaukojäähdytyksellä
- Lähitulevaisuudessa sähkön kulutuksen ei ennusteta kasvavan merkittävästi väkiluvun kasvusta huolimatta, sillä energiatehokkuuden odotetaan edelleen parantuvan eikä elinkeinorakenteessa tule tapahtumaan muutoksia energia-intensiivisempään suuntaan.
 - Pidemmällä aikavälillä sähkön kulutusta kasvattavia tekijöitä voivat olla erityisesti lämpöpumppujen ja sähköautojen yleistyminen.



Lähde: www.stadinilmasto.fi / Helsingin ympäristökeskus



KIINTEISTÖKOHTAISEN HAJAUTETUN TUOTANNON POTENTIAALI

LÄHTÖOLETUKSET

Työssä tarkasteltiin kiinteistökohtaisen aurinkoenergian ja maalämmön potentiaalia huomioiden Helsingin rakennuskanta, lämmön tarve ja tonttien koko

Yleiset oletukset

- Kiinteistökohtaisista hajautetun lämmön- ja sähköntuotannon potentiaaleista työssä tarkastellaan aurinkolämpöä ja -sähköä sekä maalämpöä.
- Tarkastelluissa vaihtoehdoissa oletetaan, että kiinteistöt tuottavat sähköä tai lämpöä pääasiallisesti omaan käyttöön.
- Kustannustarkasteluissa todettiin, että laitteistot on yleensä kannattavinta mitoittaa oman kulutuksen mukaisiksi. Nykyisellä sähkön markkinahinnalla tai kaukolämmön tuotantokustannushinnalla syöttäminen verkkoon ei ole kannattavaa, vaikkakin teknisesti mahdollista. Laitteistojen mitoitus on tehty siten, että saatava energiamäärä on mahdollisimman suuri takaisinmaksuaikavaade (20 vuotta) huomioiden, jolloin osa tuotannosta voidaan syöttää verkkoon.
- Investointien toteuttajien oletetaan olevan kiinteistöjen omistajia. Kannattavuustarkastelussa on huomioitu 5 %:n korko. Tarkastelussa ei ole otettu huomioon mahdollisia tukia.
- Lisäksi kunkin tuotantomuodon asettamat tekniset ja fyysiset reunaehdot on huomioitu tarkastelussa.
- Potentiaalit tarkasteltiin rakennustyyppikohtaisesti
- Myös rakennusten iän asettamat reunaehdot otettiin huomioon

Lähtöoletukset eri tuotantomuodoille

- **Aurinkoenergia**
 - Potentiaalista kattopinta-alaa rajoittavat mm. seuraavat tekijät:
 - Katon tyyppi: tasakatto / harjakatto
 - Katolla sijaitseva talotekniikka, kattoikkunat ym. fyysiset esteet
 - Aurinkopaneelimoduulien asennusetäisyys
 - Ilmansuunnat
 - Rajoitteiden puitteissa hyödynnettäväksi alaksi on arvioitu reilut 40% arvioidusta kokonaiskattopinta-alasta (maksimipotentiaali)
 - Paneelien ja aurinkolämpökeräinten sijoituspaikkana pidettiin ainoastaan rakennusten kattoja
 - Aurinkolämmön taloudellinen käyttöpotentiaali on mitoitettu rakennuksen lämpimän käyttöveden mukaan, aurinkosähkön potentiaali kiinteistön kuluttaman sähkön mukaan, huomioimatta esim. vuokralaisten sähkönkulutusta
 - Mahdollisesti tarvittavista kattorakennevahvistuksista koituvia lisäkustannuksia ei ole otettu huomioon, jotka voivat tehdä monista hankkeista kannattamattomia
- **Maalämpö**
 - Maalämpöpotentiaalin maksimiarvo on määritetty omalle tontille mahtuvien porakaivojen maksimimäärän avulla
 - Teknillis-taloudellisen potentiaalin arvioinnissa on pyritty mahdollisimman suureen energiantuotantoon (> 90 % energian tarpeesta). Mikäli tontille ei mahdu tarpeeksi kaivoja riittävän lämmön tuotannon takaamiseksi, tonttia ei ole huomioitu teknillis-taloudellisessa potentiaalissa.
 - Huippulämpö on oletettu tuotettavaksi suoralla sähköllä

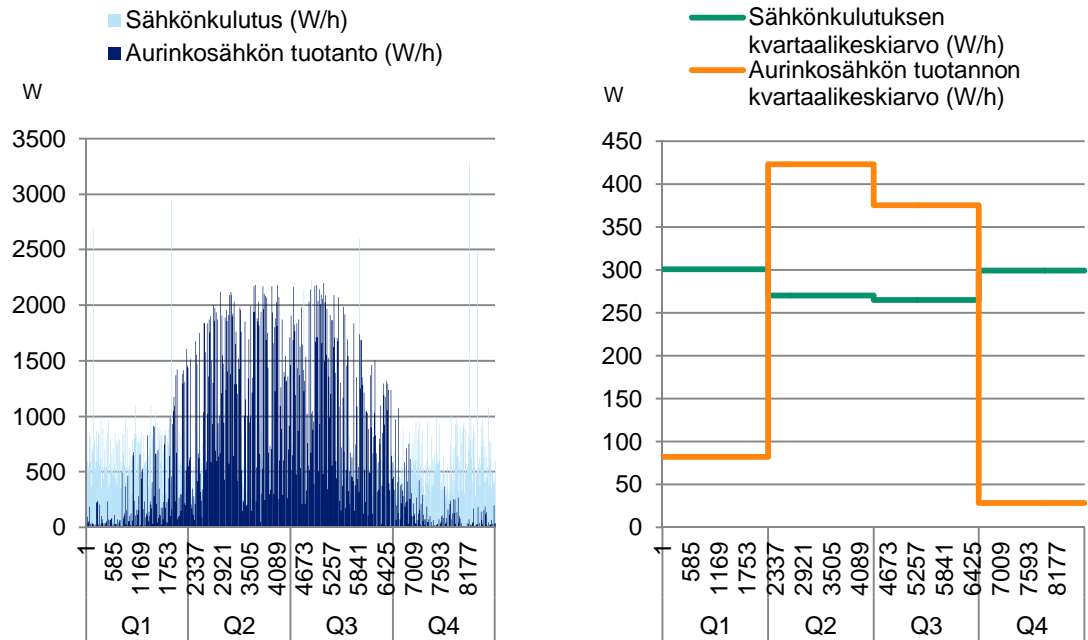
AURINKOENERGIAN TUOTANNON AJOITTUMINEN

Niin aurinkosähkön kuin -lämmönkin potentiaalia rajoittaa kulutuksen ja tuotannon sijoittuminen eri ajankohtiin, joten aurinkoenergian nykyinen teknillis-taloudellinen potentiaali on huomattavasti pienempi kuin teoreettinen maksimipotentiali

Aurinkosähkö ja -lämpö

- Aurinkosähkön ja -lämmön kannattavuuden kannalta oleellista on tuotannon ja kulutuksen yhteen sovittaminen
- Rakennuksen käyttöön ei kannata tuottaa enempää sähköä tai lämpöä kuin rakennus itse kuluttaa
 - Ylimääräinen sähkö voidaan Helsingissä myydä verkkoon Nordpoolin spot-hinnalla, mutta se ei nykyisin ole taloudellisesti kannattavaa
 - Teknisesti on mahdollista siirtää ylimääräistä lämpöä esim. kaukolämpöverkkoon, mutta nykyisillä hinnoilla se ei ole kannattavaa
- Lämmöntarve sijoittuu valtaosin talveen, kun taas aurinkolämpöä tuotetaan pääasiassa maalissyyskuun välisenä aikana
 - Aurinkolämpöä voidaan siten parhaiten hyödyntää lämpimän käyttöveden lämmitykseen kesäkaudella
- Varastointitekniikat eivät vielä ole riittävän kehittyneitä, jotta kesäajan lämmön- ja sähkön tuotantoa voitaisiin kannattavasti varastoida talven kulutusta varten
 - Lämmön kausivarastointiin ei ole suuren mittakaavan ratkaisuja näköpiirissä

Esimerkkikiinteistö, vuodensisäinen kiinteistösähkön kulutus* vs. -aurinkosähkön tuotanto**, W/h



* Kiinteistösähkön kulutusprofiili pientalolle; perustuu mitattuun tuntidataan
 ** Paneelit etelään (15m², kallistus 45 astetta), tuntituotanto

Huhti-syyskuussa (Q2-Q3) aurinkosähkön keskimääräinen tuntituotanto ylittää kiinteistösähkön keskimääräisen tuntikulutuksen, kun taas tammi-maaliskuussa (Q1) ja loka-joulukuussa (Q4) tilanne on päinvastainen

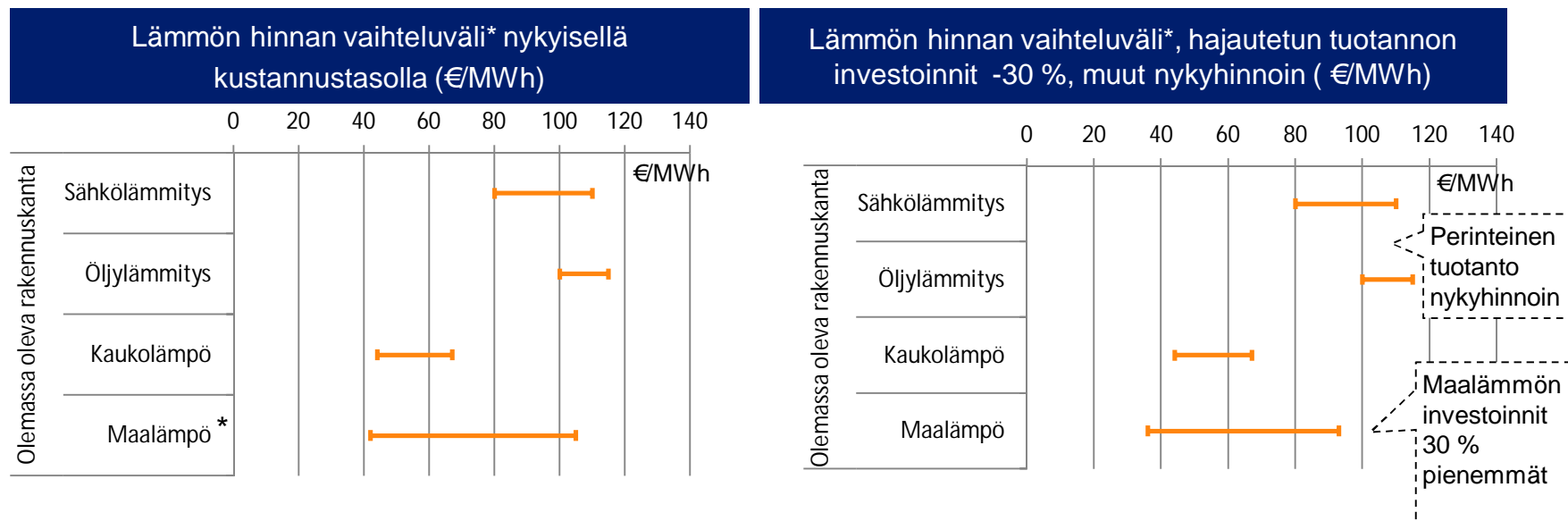
HAJAUTETUN TUOTANNON KUSTANNUKSET

Kiinteistökohtaisen tuotannon kannattavuutta tarkasteltiin nykyhinnoilla sekä herkkystarkasteluna 30 % nykyistä alhaisemmilla investointikustannuksilla erikseen uusille rakennuksille sekä olemassa olevalle rakennuskannalle lämmitystavan vaihtamisen näkökulmasta

- Hajautetun tuotannon nykyinen kustannustaso on konsultin arvio, joka perustuu toteutuneisiin hankkeisiin.
- Hajautetun tuotannon investointikustannusten oletetaan laskevan tulevaisuudessa, mutta potentiaalia arvioitiin myös nykyiseen hintatasoon pohjautuen, jotta voidaan arvioida kuinka kiinteistökohtainen tuotanto voisi korvata kaukolämmön tuotantoa jo lähivuosina, nykyisellä kustannustasolla.
 - Herkkystarkasteluna on tarkasteltu tilannetta, jossa hajautettujen tuotantomuotojen investoinnit olisivat 30 % alhaisemmat. Tämä voi kuvata tilannetta vuoden 2030 paikkeilla. Kustannusten kehitykseen liittyy kuitenkin merkittävää epävarmuutta ja kehitys voi eri teknologioiden osalta olla erilainen.
- Olemassa olevien rakennusten osalta kannattavuutta tarkasteltiin laskemalla maalämpö- tai aurinkoenergia-investoinnille takaisinmaksuaika. Kannattavuuden rajana pidettiin 20 vuotta. Mikäli takaisinmaksuaika ylitti 20 vuotta, kohdetta ei huomioitu mukaan teknillis-taloudelliseen potentiaaliin.
- Sähkö- ja öljylämmityksen kustannuksia arvioitiin nykyiseen hintatasoon perustuen. Niiden osalta ei erikseen laskettu hinta-arviota tulevaisuuteen, sillä tarkasteltu hajautettu tuotanto oli jo nykyisellään kannattavaa.
- Kaukolämmityksen hintaa tarkasteltiin Helenin nykyisellä hintatasolla kausihinnottelu huomioiden, sekä arvioitiin millä kaukolämmön hintatasolla kiinteistökohtaiset järjestelmät olisivat kannattavia.
- Aurinkosähkön kannattavuutta verrattiin omaan käyttöön tulevan tuotannon osalta keskimääräiseen ostosähkön hintaan sekä verkkoon syötön kannattavuutta arvioidessa pörssisähkön hintaan.
- Perustarkastelussa sähkön hinta pidettiin nykytasolla (pörssisähkö n. 40 €/MWh). Pöyryn arvion mukaan pörssisähkön hinta voi nousta noin 50 % nykytasolta vuoteen 2030 mennessä, eli tasolle n. 60 €/MWh. Tämä vaikuttaisi heikentävästi maalämmön kannattavuuteen erityisesti uudiskohteissa (mikäli kaukolämmön hinta ei nouse samassa suhteessa) ja parantaisi aurinkosähkön kannattavuutta.
- Yritykset ja yhteisöt voivat saada energiatukea uusiutuvan energian investoinneille, esimerkiksi maalämpöön ja aurinkoenergiahankeisiin. Tukea ei ole huomioitu tässä työssä, sillä niiden jatkuvuus ja määrä tulevaisuudessa on epävarmaa.
 - Tuki on tarveharkintainen ja suuruudeltaan 15 % - 30 % investoinnista. Tukea ei myönnetä kaukolämmöstä erilliseen lämmöntuotantoon siirtymiseen.
 - Asuinkiinteistöille voidaan myöntää harkinnanvaraisia energia-avustuksia, joiden suuruus on enintään 25 % investoinneista.

LÄMMÖN HINTA ERI LÄMMITYSMUODOILLA OLEMASSA OLEVISSA RAKENNUKSISSA

Työssä on tarkasteltu, millainen hajautetun tuotannon määrä on teknillis-taloudellisesti potentiaalinen nykyisellä hintatasolla sekä 30 % pienemmillä investointikustannuksilla

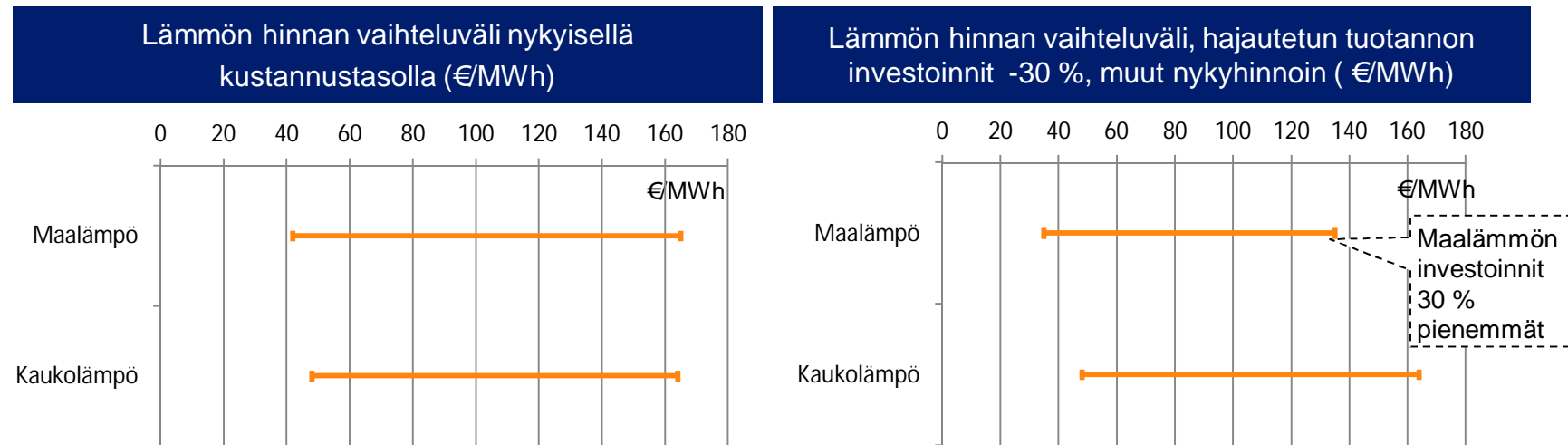


- Hajautetun tuotannon potentiaalia on tarkasteltu nykyisellä kustannustasolla sekä skenaariossa, jossa investointikustannusten on oletettu laskevan 30 % vuoteen 2030 mennessä. Näissä kuvaajissa sähkön hintaan ei ole oletettu merkittäviä muutoksia nykytasosta, mutta vaikutusta on tarkasteltu erikseen herkkyytstarkasteluna.
- Olemassa olevan rakennuskannan lämmityskustannuksia on tarkasteltu sähkölämmityksen, öljylämmityksen ja kaukolämmön osalta huomioimatta investointikustannusta. Maalämmössä investointikustannus on huomioitu, jolloin tarkasteltu osoittaa mikä lämmön hinnaksi muodostuu, jos nykyisestä lämmitysmuodosta vaihdetaan maalämpöön olemassa olevissa rakennuksissa.
- Toimistot ja liikerakennukset on oletettu jäädytetyiksi ja maalämpöenergian hinnassa on huomioitu vapaajäähdytyksestä saatava säästö perinteiseen jäähdytykseen nähden
- Kuvaajissa esitetyt hinnat perustuvat kaikkien rakennustyyppien hintoihin, mistä syystä vaihteluväli on suuri

*Maalämmön investoinnit sisältyvät esitettyihin hintoihin. Kaukolämmön osalta investoinnit sisällytetty vain uudisrakennuksissa.

LÄMMÖN HINTA ERI LÄMMITYSMUODOISSA UUSISSA RAKENNUKSISSA

Uudisrakennuksissa lämmön hinnan vaihteluväli maalämmöllä ja kaukolämmöllä kasvaa hyvin suureksi

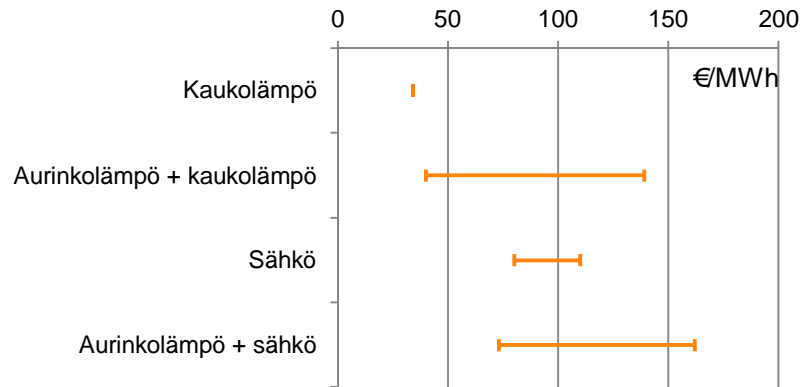


- Kuvaajissa on esitetty uudisrakennusten lämmön hinta huomioiden sekä energiakustannukset että investointikustannukset.
 - Hinta sisältää myös kiinteistön lämmönjakojärjestelmän kustannukset
- Lämmön hinta on esitetty vaihteluvälinä kaikille erilaisille rakennustypeille, jolloin vaihteluväli kasvaa hyvin suureksi.
- Hajautetun tuotannon potentiaalia on tarkasteltu nykyisellä kustannustasolla sekä skenaariossa, jossa investointikustannusten on oletettu laskevan 30 % vuoteen 2030 mennessä. Sähkön hintaan ei ole tässä oletettu merkittäviä muutoksia nykytasosta, mutta vaikutusta on tarkasteltu erikseen herkkyystarkasteluna.

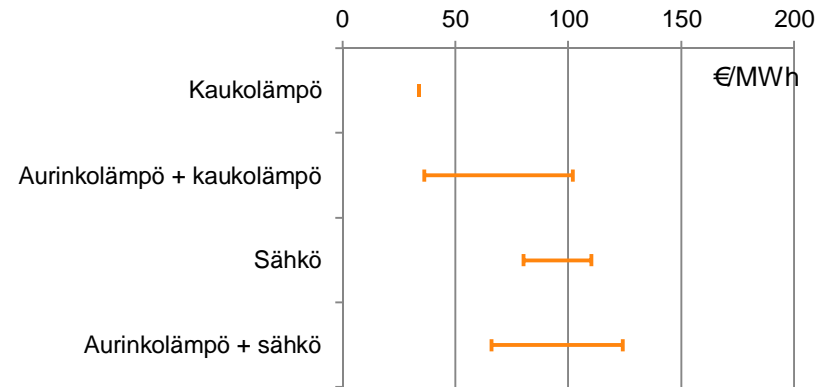
AURINKOLÄMMÖN HINTA

Aurinkolämpö kilpailee lämpimän käyttöveden tuotannossa kiinteistöjen olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää vastaan, eikä aurinkolämpö riitä yksinään lämmönlähteeksi

Aurinkolämmön* kilpailukyky lämpimän käyttöveden tuotannossa nykyisellä hintatasolla (€/MWh)



Aurinkolämmön* kilpailukyky lämpimän käyttöveden tuotannossa, aurinkolämmön investoinnit -30% (€/MWh)

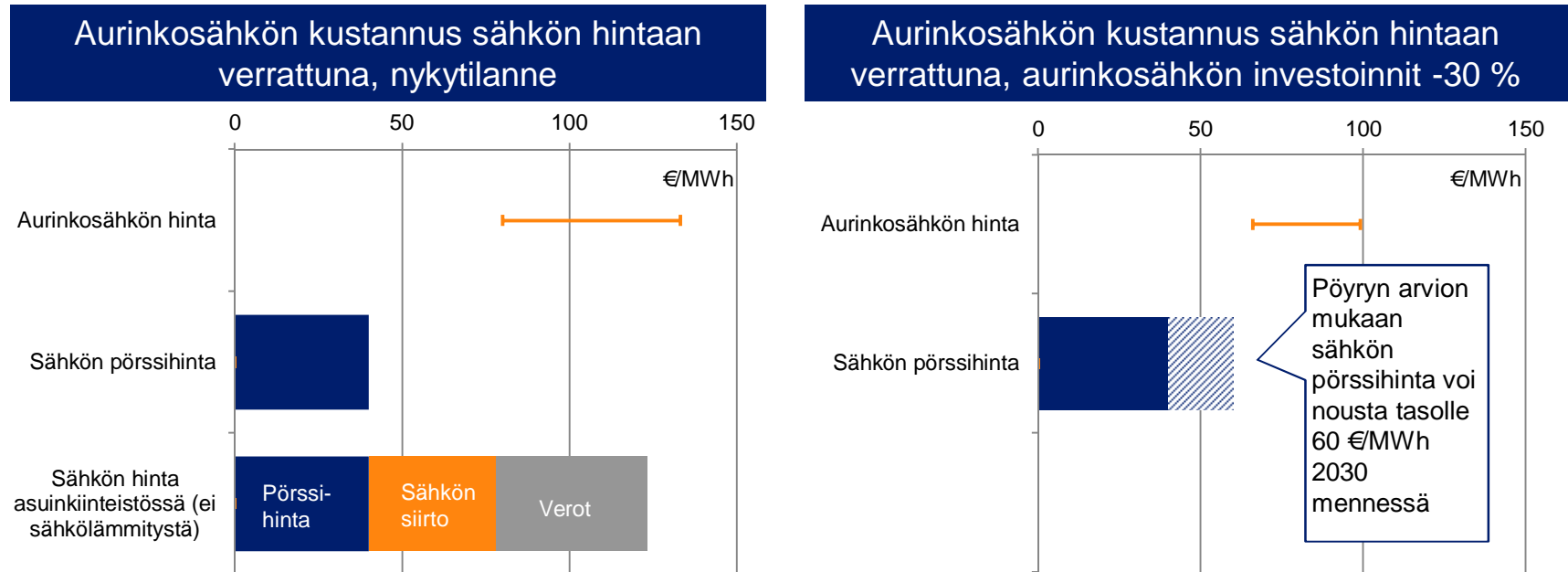


*Aurinkolämmön investoinnit sisältyvät esitettyihin hintoihin. Muiden teknologioiden hinnat on esitetty ilman investointikustannuksia (toisin sanoen vertailu jo käytössä olevaan lämmitysjärjestelmään).

- Aurinkolämmön hintoja tulee tarkastella erillään, sillä aurinkolämpöjärjestelmä toimii pääasiallisen lämmitysjärjestelmän rinnalla korvaten lämpimän käyttöveden hankintaa. Pelkän aurinkolämmön varaan kiinteistön lämmitysjärjestelmää ei voida rakentaa.
- Aurinkolämmön hinnat on arvioitu paneelimäärällä 0,02 m²/m². Suurempien järjestelmäkokojen kohdalla kannattavuus heikkenee (hyödynnettävän lämmön osuus alhaisempi) ja hintahaarukka on suurempi. Hinnat ovat keskimääräisiä vuosikustannuksia sisältäen myös tarvittavan toisen lämmitysmuodon (kaukolämpö tai sähkö) energiakustannukset
- Kuvaajissa esitetty vaihteluväli perustuu kaikkien rakennustyyppien hintoihin, mistä syystä vaihtelu on suurta
 - Esimerkiksi liikerakennuksissa samalla määrällä aurinkokeräimiä saadaan katettua suurempi suhteellinen osuus käyttöveden lämmitystarpeesta kuin asuinrakennuksessa

AURINKOSÄHKÖN TUOTANTOKUSTANNUS

Aurinkosähkön tuottaminen omaan käyttöön on jo nykyisellään kannattavaa, mutta verkkoon syöttämisen kannattavuus vaatii voimakasta aurinkosähköjärjestelmien hintojen laskua ja/tai sähkön hinnan nousua



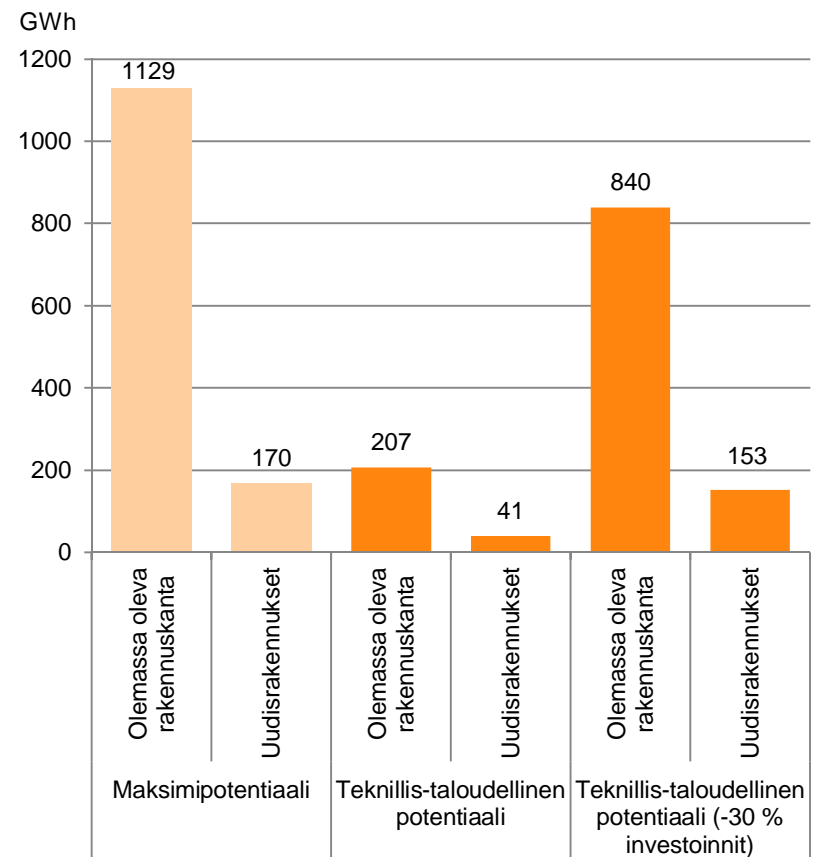
- Tällä hetkellä aurinkosähkön tuottaminen omaan tarpeeseen kannattaa, sillä aurinkosähkön kustannus on asukkaalle koituvaa sähkönhintaa (sis. siirtomaksut ja verot) alempi, mutta ylimääräisen aurinkosähkön myyminen verkkoon ei ole kannattavaa sähkön alhaisen markkinahinnan takia
- Pöyryn arvion mukaan sähkön markkinahinta nousee vuoteen 2030 mennessä noin tasolle 60 €/MWh, ja aurinkosähkön tuottamiseksi vaadittavat investoinnit laskenevat
 - Sähkön hinnan nousu ja aurinkojärjestelmien 30 % hinnan lasku eivät vielä tuo aurinkosähkön syöttämistä keskimäärin kannattavaksi. Järjestelmiä ei yleisesti kannata rakentaa tarkoituksena sähkön verkkoon syöttäminen.
 - Investointikustannusten laskiessa järjestelmät kannattaa mitoittaa suuremmiksi ja suurempi osa sähköstä kannattaa syöttää verkkoon, mutta lähtökohtana on edelleen sähkön mahdollisimman suuri hyödyntäminen omassa käytössä.

HAJAUTETTUIJEN ENERGIAMUOTOJEN POTENTIAALIT HELSINGISSÄ: AURINKOSÄHKÖ

Aurinkosähkön teknillis-taloudellinen potentiaali tulee paranemaan 2020-luvulla merkittävästi

- Kiinteistökohtaisen aurinkosähkön maksimipotentiaali (=kaikki mahdollinen aurinkosähkön tuottamiseen hyödynnettävissä oleva kattopinta-ala käytössä) vuoteen 2030 mennessä on Helsingissä noin 1300 GWh.
- Nykyisellä hintatasolla teknillis-taloudellisesti kannattava potentiaali on 20 % maksimista (250 GWh).
 - Tämä on arvioitu siten, että kiinteistö voi käyttää oman kiinteistösähkönkulutuksen kattamiseen aurinkosähköä ilman siirtokustannuksia ja veroja, ja myydä ylijäämäsähkön verkkoon. Aurinkopaneelit mitoitetaan siten että takaisinmaksuaika on alle 20 vuotta.
 - Tällöin paneelit hyödyntävät noin 8 % kaupungin kokonaiskattopinta-alasta
- Mikäli aurinkosähköjärjestelmien hinnat laskisivat 30 %, takaisinmaksuajat lyhenisivät merkittävästi ja myös verkkoon syöttö on kannattavampaa.
 - Kannattavan tuotannon määrä nousee nelinkertaiseksi, eli noin 1000 GWh:iin. (1 TWh)
- Helsingin sähkön kulutus vuonna 2013 oli 4,6 TWh. Aurinkosähkö voisi siis 2030 mennessä olla merkittävässä asemassa sähkön tuotannossa Helsingissä. On kuitenkin huomattava, että ilman varastointiteknologian merkittävää kehitystä aurinkosähkön potentiaalin hyödyntäminen rajoittuu kesäaikaan, jolloin talvikaudelle vaaditaan korvaavaa sähköntuotantokapasiteettia. Nykyisellä teknologialla aurinkosähkö ei siis vähennä sähköntuotantokapasiteetin tarvetta.

Aurinkosähkön potentiaali vuoteen 2030, GWh/vuosi

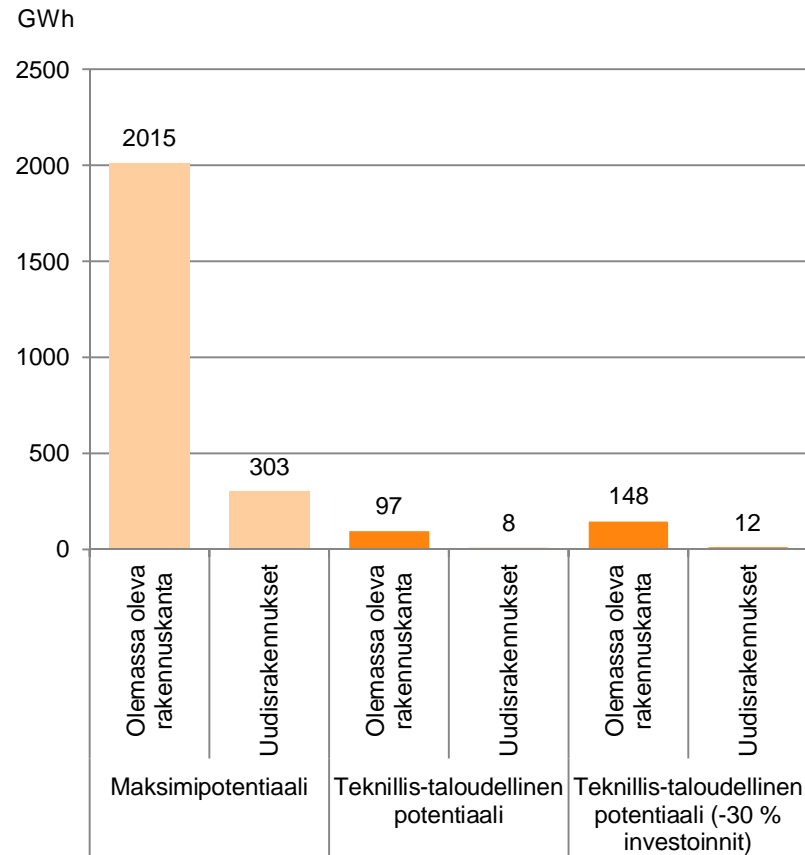


HAJAUTETTUJEN ENERGIAMUOTOJEN POTENTIAALIT HELSINGISSÄ: AURINKOLÄMPÖ

Aurinkolämpö kannattaa öljy- ja sähkölämmitteisissä taloissa jo nykyhinnoilla, kaukolämpöä vastaan kilpailukyky jää heikoksi. Aurinkolämmön ja –sähkön maksimipotentialit ovat toisensa poissulkevia tilarajoitteiden vuoksi

- Aurinkolämmön tuotanto ajoittuu kesäaikaan, jolloin tilojen lämmitystarve on vähäinen. Aurinkolämpöä voidaan kannattavasti hyödyntää vain käyttöveden lämmitykseen, mikä laskee merkittävästi taloudellisesti hyödynnettävissä olevaa potentiaalia.
 - Koska kaukolämmön tuotanto joudutaan mitoittamaan talvikauden tarpeeseen, kesällä kapasiteettia on huomattavasti enemmän kuin tarvetta, joten kiinteistöiltä ylijäävän lämmön arvo kaukolämpöverkossa on hyvin alhainen.
- Kiinteistökohtaisen aurinkolämmön teoreettinen maksimipotentiali (=kaikki mahdollinen aurinkolämmön tuottamiseen hyödynnettävissä oleva kattopinta-ala käytössä) vuoteen 2030 mennessä on n. 2300 GWh
- Nykyisellä hintatasolla teknillis-taloudellinen potentiaali on noin 100 GWh (vrt. nykyinen lämmöntarve noin 7 700 GWh).
 - Rakennuskohtainen lämpimän käyttöveden kulutus määrittää pitkälti teknis-taloudellisen potentiaalin aurinkolämmölle
 - Tällöin paneelit hyödyntävät noin 2 % kaupungin kokonaiskattopinta-alasta
- Vaikka aurinkolämpöjärjestelmien hinnat laskisivat 30 %, se ei olennaisesti kasvata taloudellisesti toteutettavissa olevaa potentiaalia, vaikutus on n. 55 GWh.
- Vertailtavalla lämmitysmuodolla on oleellinen vaikutus aurinkolämmön kannattavuuteen; kaukolämmityksessä rakennuksissa aurinkolämpö ei ole kannattavaa, sen sijaan sähkö- ja öljylämmitteisissä kiinteistöissä aurinkolämpö voi jo nykytasolla olla kannattavaa, mikäli lämmintä käyttövettä kuluu kesäaikaan (eli erityisesti asuinrakennuksissa)
- Nykyisellä varastointiteknologialla aurinkolämmön varastoiminen kesäkaudelta talvikaudelle ei ole kannattavaa.

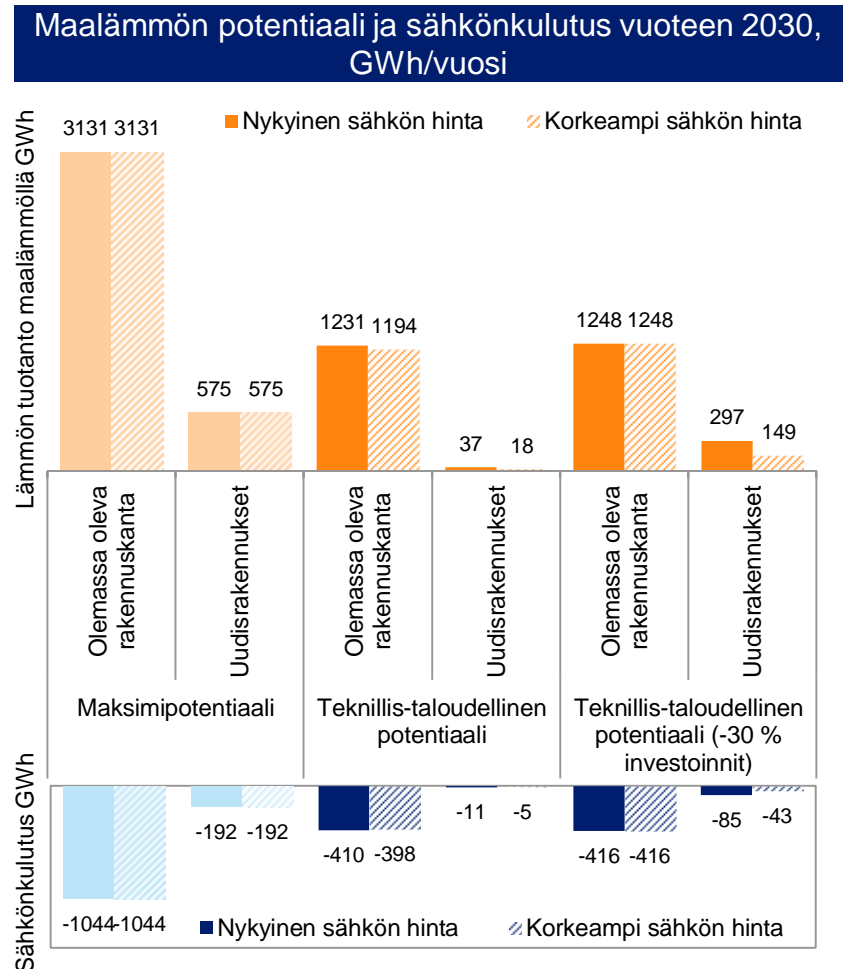
Aurinkolämmön potentiaali vuoteen 2030, GWh/vuosi



HAJAUTETTUIJEN ENERGIAMUOTOJEN POTENTIAALIT HELSINGISSÄ: MAALÄMPÖ

Maalämpö on jo nykyhinnoin kannattavaa useissa öljy- ja sähkölämmitteisissä kiinteistöissä sekä uudisrakennuksissa. Kaukolämmityksen vaihtaminen maalämpöön kannattaa heikosti, poikkeuksena jäähdytystä tarvitsevat kiinteistöt.

- Maalämmön potentiaalia Helsingissä rajoittaa tonttien koko. Maalämpöjärjestelmää ei saa kannattavaksi, mikäli tontille ei mahdu riittävästi porakaivoja kiinteistön lämmön tarpeeseen nähden.
 - Maalämmön maksimipotentiaaliksi tällä perusteella arvioitiin vuoteen 2030 mennessä noin 3100 GWh/a. Sähköä tuotantoon kuluisi n. 1000 GWh
- Nykyisellä kustannustasolla teknillis-taloudellisesti toteutettava potentiaali olisi noin 1200 GWh/a (vrt. nykyinen lämmöntarve noin 7 700 GWh).
 - Maalämpö on jo nykyisellään kannattavaa vaihtaa useisiin öljy- ja sähkölämmitteisiin taloihin (mikäli tontti on riittävän suuri).
 - Olemassa olevan kaukolämmityksen vaihtaminen maalämpöön ei ole kannattavaa. Kaukolämmön hinnan tulisi nousta merkittävästi suhteessa muihin hintoihin, jotta vaihtaminen olisi kannattavaa.
 - Poikkeuksena ovat jäähdytystä tarvitsevat liike- ja toimistorakennukset, joissa maalämpö voi olla kilpailukykyistä kaukolämpöä vastaan, etenkin uudemmissa rakennuksissa.
- Sähkön hinnan vaikutusta maalämpöjärjestelmien kannattavuuteen on tarkasteltu Korkeampi sähkön hinta-skenaariolla, jossa sähkön markkinahinta nousee 50% siirtomaksujen ja verojen pysyessä ennallaan.
 - Vaikutus näkyy lähinnä uudiskohteissa.
- Vaikka maalämpöjärjestelmän investointikustannus laskisi 30 %, olemassa olevien rakennusten potentiaali ei juuri kasva, sillä takaisinmaksuaika kaukolämmöstä maalämpöön siirtymiselle jää edelleen pitkäksi (> 20 vuotta), mikäli kaukolämmön hinta suhteessa muihin kustannuksiin ei nouse n. 1,5-kertaiseksi.
 - Uudisrakennuksissa potentiaali kasvaa 300 gigawattituntiin nykyisellä sähkön hinnalla, mikä vastaa noin 55 %:ä vuosina 2015-2030 rakennettujen kiinteistöjen lämmöntarpeesta

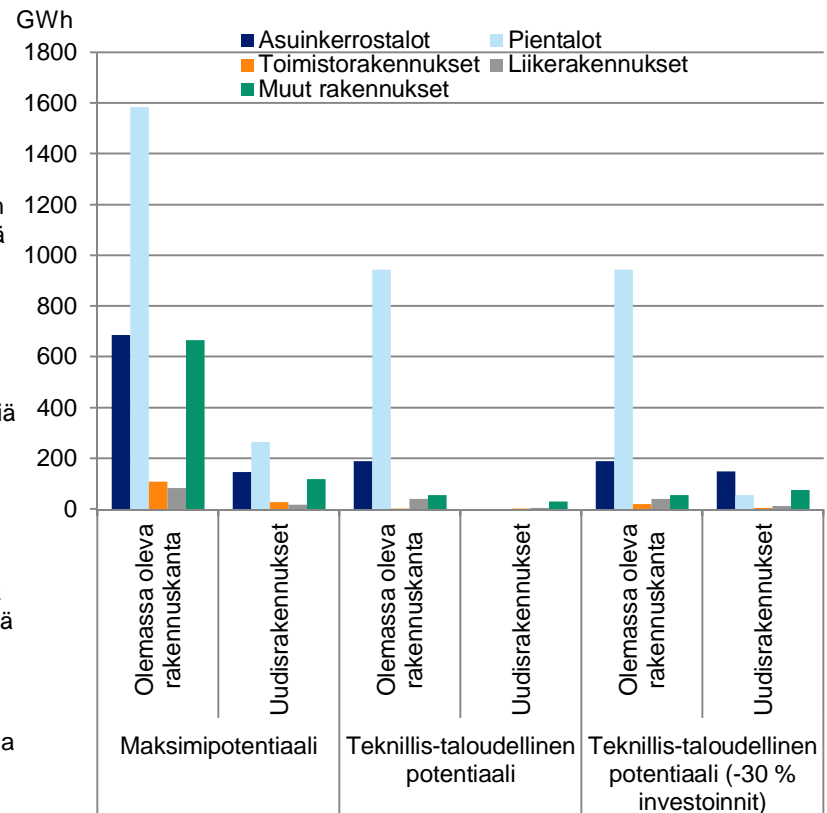


MAALÄMPÖPOTENTIAALI TALOTYPEITTÄIN JA ALUEITTAIN

Maalämpöpotentiaalista suurin osa sijoittuu pientaloihin, sillä suurissa kiinteistöissä tontin koko ei usein riitä tarvittavan lämpömäärän tuottamiseen

- Maalämpöpotentiaali sijoittuu selvityksen perusteella erityisesti pientaloihin, joissa lämmöntarve on pienempi ja tonttikoot riittäviä lämmöntarpeen kattamiseksi maalämmöllä.
 - Selvityksessä on laskettu yhden kaivon tarvitsemaksi alaksi noin 180 m²
- Teknis-taloudellisessa potentiaalissa pientalojen osuus korostuu entisestään, sillä tonttirajoitteiden lisäksi maalämpöinvestoinnin kannattavuus saavutetaan vaihtamalla öljy- ja sähkölämmityksestä maalämpöön.
 - Suuremmissa kiinteistöissä on vähemmän öljy- ja sähkölämmitteisiä pientaloihin verrattuna.
 - Uusissa asuinkerrostaloissa ja pientaloissa maalämmön teknistaloudellinen potentiaali jää suuremman investointikustannuksen vuoksi vähäiseksi tässä työssä valitulla tarkastelutavalla (suurempi investointi pitäisi saada maksettua 20 vuodessa takaisin pienentyneinä energiakustannuksina). Todellisuudessa potentiaali voi muodostua korkeammaksi (kts. maksimipotentiaali), sillä rakentajat arvostavat mm. maalämmöllä saavutettavaa vähäisempää riippuvuutta energian hintakehityksestä.
- Kantakaupungissa potentiaali jää pieneksi, sillä tonttikoot eivät usein ole riittäviä lämmöntarpeen kattamiseksi.
 - Lisäksi rakentamista rajoittavat erityisesti erilaiset maanalaiset rakenteet. Kaupunkisuunnitteluviraston tekemän arvion mukaan noin 60 %:ssa kantakaupungin pinta-alasta on olemassa tiloja tai varauksia tai kallioresurssirajoitteita, jotka saattavat estää kokonaan maalämpökaivojen rakentamisen. Kantakaupungin osalta potentiaalia on rajoitettu tästä syystä 60 %, mikä on energiamääränä noin 120 GWh. Rajoitukset eivät välttämättä kokonaan estä maalämmön rakentamista jokaisella tontilla, jolloin kokonaispotentiaali voi olla hieman tässä esitettyä suurempi, vaikutus ei kuitenkaan ole merkittävä.
- Maalämpöpotentiaalia rajoittaa myös maaperän ominaisuudet. Pohjavesialueilla sijaitseva potentiaali on poistettu kokonaispotentiaalista kaupunginosan tarkkuudella. Muita mahdollisia rajoitteita ei ole erikseen huomioitu, sillä rajoitteet ovat usein tontikohtaisia ja vaatisivat tarkempaa tontikohtaista tarkastelua.

Maalämmön potentiaali vuoteen 2030, GWh/vuosi*



* Nykyisen sähkön hinnan skenaario, korkeamman sähkön hinnan skenaario liitteessä 4

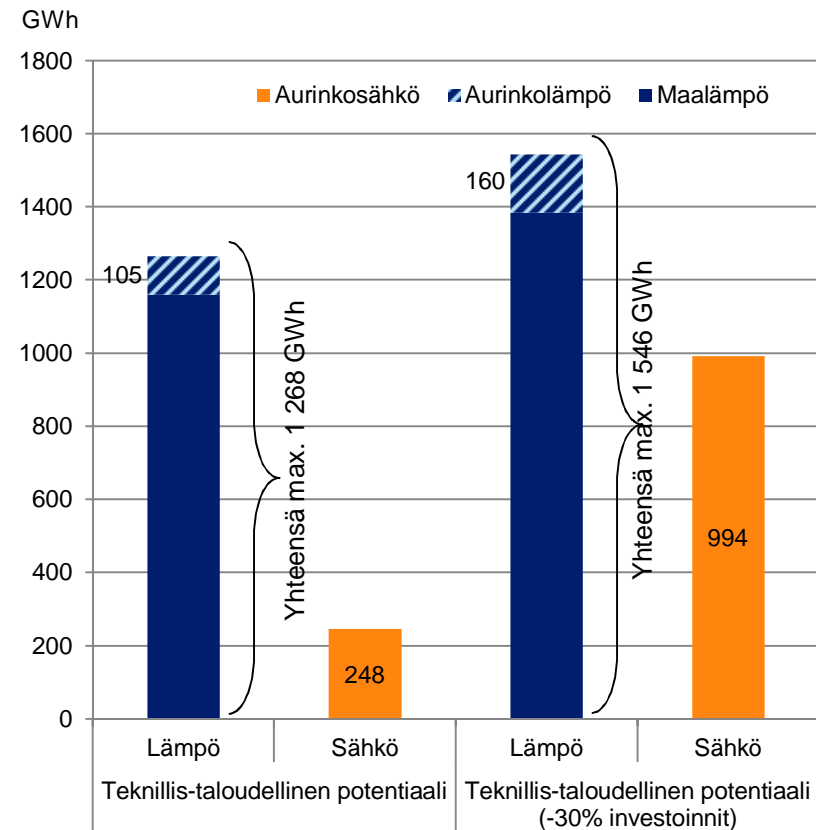
AURINKOENERGIAN JA MAALÄMMÖN KOKONAISPOTENTIAALI

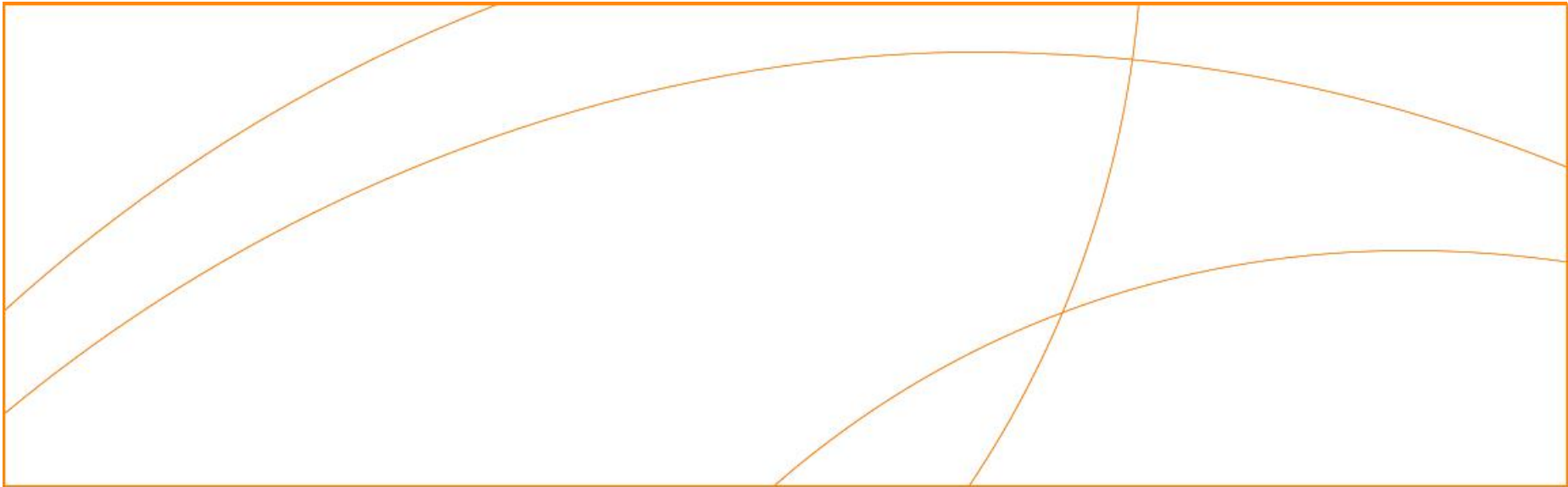
30 % investointikustannusten lasku nostaisi jonkin verran kiinteistökohtaisen hajautetun tuotannon teknillis-taloudellista potentiaalia, aurinkosähkössä vaikutus on merkittävä

Kokonaispotentiaali

- Kokonaisuudessaan kiinteistökohtaisen hajautetun tuotannon teknillis-taloudellinen potentiaali on Helsingissä lähivuosina nykyisin lämmön osalta noin 1300 GWh/a (vrt. nykyinen lämmöntarve noin 7 700 GWh) ja sähkön 250 GWh/a (nykyinen sähkön kulutus noin 4 600 GWh)
 - Mikäli investointikustannukset laskisivat 30%, nousisi hajautetun lämmön vuosittaisen tuotannon potentiaali.
 - Aurinkosähkön potentiaali nousisi lähes nelinkertaiseksi, ollen noin 1000 GWh/a.
- Teknillis-taloudellisissa potentiaaleissa maa- ja aurinkolämmön tuotanto sijoittuu pääosin samoihin kiinteistöihin, joten niiden potentiaali ei ole kumulatiivinen (aurinkolämmön osuus merkitty viivoituksella). Aurinkolämpö toteutuessaan syö siis maalämmön potentiaalia.
- Maksimipotentiaalissa aurinkolämpö ja aurinkosähköpotentiaalit ovat päällekkäisiä, sillä rakennusten kattotila rajoittaa keräinten ja paneelien määrää
 - Kokonaismaksimipotentiaali ei ole aurinkolämmön ja aurinkosähkön osalta samanaikaisesti mahdollinen, vaan todellinen kokonaispotentiaali riippuu siitä, missä suhteessa paneeleita ja keräimiä katoille asennettaisiin
 - Tästä syystä kokonaismaksimipotentiaalia ei ole esitetty kuvaajamuodossa

Kokonaispotentiaalit vuoteen 2030, GWh/vuosi





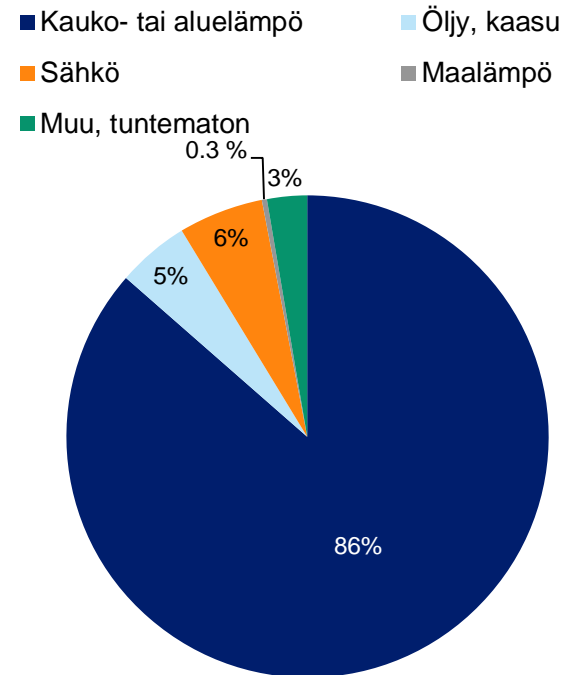
HAJAUTETUN TUOTANNON JÄRJESTELMÄVAIKUTUKSET

LÄMMITYS HELSINGISSÄ – NYKYTILANNE

Lähes 90 % Helsingin kiinteistöistä lämmitetään kaukolämmöllä

- Suurin osa Helsingissä käytettävästä lämmöstä tuotetaan kaukolämmöllä
 - Helen tuottaa kaukolämpöä suurissa sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantolaitoksissa, joissa polttoaineina käytetään pääasiassa maakaasua ja kivihiiltä
 - Lisäksi lämpöä ja kaukokylmää tuotetaan Katri Valan lämpöpumppulaitoksella
 - Pieni osa vuotuisesta tuotannosta tuotetaan lämmön erillistuotannolla, yleensä maakaasulla
- Kaukolämmön lisäksi Helsingin alueella käytetään lämmityksessä sähköä (suora sähkö ja lämpöpumput) sekä polttoöljyä. Lisäksi maakaasua käytetään vähäisissä määrin Helsingissä kiinteistöjen lämmittämiseen
 - Nämä ovat erilliskohteita, jotka eivät ole nykyisellään kiinni kaukolämpöverkossa, kuten omakotitaloja, asunto-osakeyhtiöitä ja teollisuuskiinteistöjä

Lämmitystapojen jakauma (lämmitetyt pinta-alat)



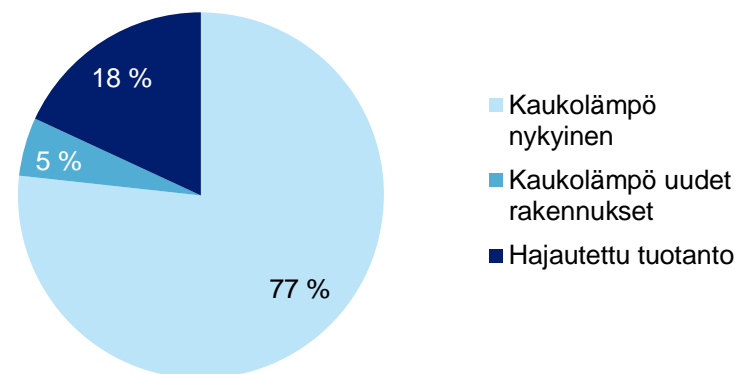
Kokonaislämmönkulutus 7,7 TWh/vuosi

HAJAUTETUN TUOTANNON VAIKUTUKSET KIINTEISTÖJEN LÄMMÖN HANKINNASSA 2030 ASTI

Maalämpö ja aurinkolämpö voivat korvata öljy- ja sähkölämmityksen. Kaukolämmön osuus pysyy lähes nykytasolla

- Analyysin perusteella hajautettu tuotanto voisi korvata vuoteen 2030 mennessä kannattavimmin pääasiassa kaukolämpöverkon ulkopuolista lämmön käyttöä
 - Öljy- ja sähkölämmitys korvautuisivat aurinko- ja maalämpöpohjaisilla ratkaisuilla
 - Uudessa hallitusohjelmassa on tavoitteena tuontiöljyn käytön puolittaminen, mikä saattaa edelleen vauhdittaa öljylämmityksestä luopumista
- Aurinko- ja maalämpö ei olisi kannattavaa verrattaessa kaukolämpöön suurimmissa osissa kohteita (takaisinmaksuaika nousee yli 20 vuoteen)
 - Poikkeuksena erityisesti jäädytystä tarvitsevat liike- ja toimistokiinteistöt, sekä esim. uuden rakennuskannan pientalot
- Vuosien 2015 – 2030 aikana rakennettavat kiinteistöt lisäävät lämmöntarvetta hieman alle 0,5 TWh
 - Tästä noin neljänneksellä voisi olla maalämpö vuonna 2030
 - Loppuosuus käyttäisi pääasiassa kaukolämpöä
- Erityisesti korjausrakentaminen vähentää Helsingin alueen lämmitysenergiatarvetta
 - Energiatohokkuuden parantumisen potentiaaliksi arvioitiin noin 1 TWh vuoteen 2030 mennessä, mikä vastaa noin 13 %:a nykyisestä lämmön kulutuksesta.
 - Toisin sanoen myös kaukolämmön absoluuttinen vuosikysyntä putoaisi nykytasoon nähden

Kiinteistöjen lämmityksen jakauma 2030



- Kokonaislämmönkulutus vuonna 2030 noin 7,1 TWh/vuosi
 - Nykyisen rakennuskannan lämmönkulutus noin 6,6 TWh
 - Uudisrakennusten lämmönkulutus noin 0,5 TWh/vuosi
- Hajautetut uusi –kategoria sisältää pääasiassa maalämpöä, mutta voi sisältää myös aurinkolämpöä. Tähän kategoriaan sisältyy myös jonkin verran kiinteistö-kohtaista öljy- ja sähkölämmitystä, jota ei vielä ole korvattu muilla ratkaisuilla

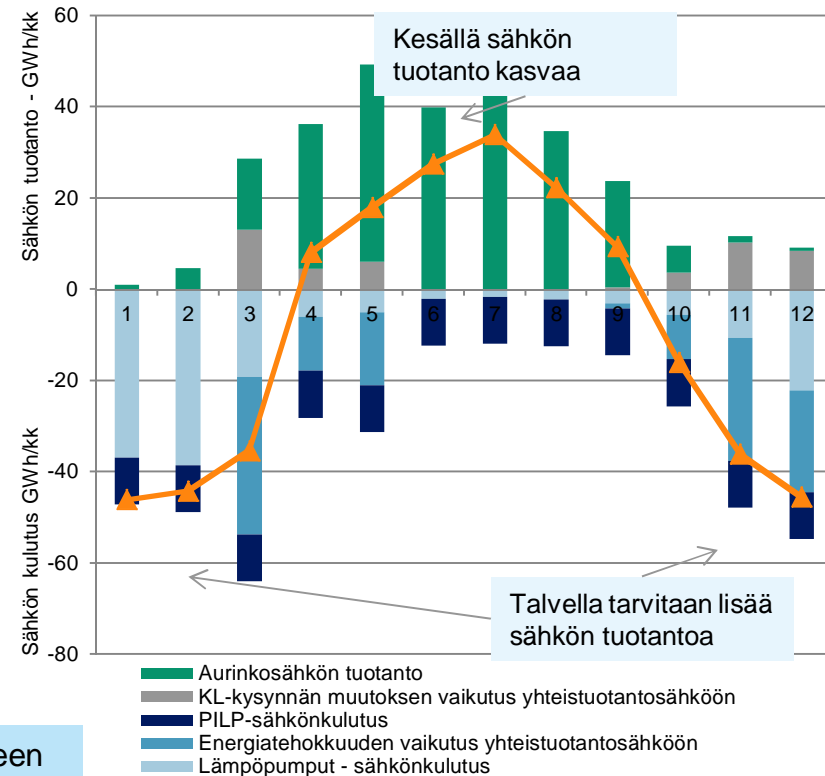
HAJAUTETUN TUOTANNON VAIKUTUS SÄHKÖN KÄYTTÖÖN JA TUOTANTOON

Sähkön tuotanto kasvaa kesällä, mutta talviaikana tarvitaan lisää sähköntuotantoa lämpöpumppujen kulutuksen ja vähentyvän yhteistuotantosähkön korvaamiseksi

- KL-verkon ulkopuolisen öljylämmityksen korvautuminen aurinko- ja maalämpöratkaisuilla lisää Helsingin alueella kulutettavaan sähkön määrään ja vähentää Helsingin päästöjä
- Maalämpöpohjaisen lämmityksen lisääntyminen voisi kasvattaa Helsingin alueella käytettävän sähkön määrää noin 150 GWh/a vuoteen 2030 mennessä.
 - Osittain maalämpö korvaa suoraa sähkölämmitystä (n. 300 GWh), maalämpöpumppujen sähkönkulutus on n. 450 GWh.
- Lisäksi poistoilmalämpöpumppujen yleistymisen lisäksi sähkön tarvetta noin 125 GWh/a
- Energiatohokkuuden aiheuttama kaukolämmön kysynnän lasku vähentää yhteistuotantolaitoksilla tuotetun sähkön määrää 120 GWh vuositasolla huomioiden Helenin nykyisin käytössä olevat voimalaitokset ja kysynnän laskun ajoittuminen. Tätä kompensoi uuden kaukolämmön kysynnän aiheuttama lisääntynyt sähkön yhteistuotanto (50 GWh)
 - Vaikutus yhteistuotantosähköön painottuu etenkin kevät- ja syyskuukausille, koska talvikuukausina vähentyvä kaukolämmön kysyntä vaikuttaa pääasiassa erillisen lämmöntuotannon vähentymiseen eikä näin ollen juurikaan vähennä yhteistuotantolaitosten lämpökuormaa
- Aurinkosähköä voitaisiin tuottaa vuositasolla noin 250 GWh. Tuotanto painottuu etenkin kesäkuukausille

Hajautetun tuotannon kokonaisvaikutus Helsingin sähköntuotantoon on noin 100 GWh. Kesä- ja talvikausien erot voimistuvat.

Muutos sähkön käytössä ja tuotannossa kuukausitasolla*



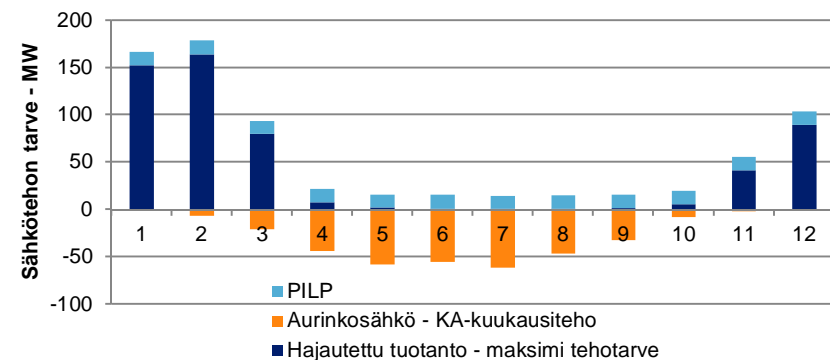
* Pohjautuu teknistaloudelliseen potentiaaliin

ENERGIA JA TEHON TARVE

Hajautettu lämmöntuotanto voi johtaa sähkön kulutushuippujen korostumiseen. Hajautettu sähköntuotanto ajoittuu eri hetkeen kuin kulutushuiput

- Sähköä on tuotettava joka hetki kulutusta vastaava määrä, eikä sähköä voida suuressa mittakaavassa varastoida nykyisellä teknologialla. Käytössä on oltava kulutusta vastaava riittävä määrä sähkötehoa joka hetki.
- Aurinkosähköä tuotetaan lähinnä kesäaikaan, kun taas sähkön tarve on suurimmillaan talvella.
- Lämpöpumput eivät tyypillisesti kata rakennuksen huipputehon tarvetta ja uusissa kohteissa huipputeho saadaan yleensä suoralla sähköllä
 - Kun maalämpö asennetaan olemassa oleviin kohteisiin, voidaan huippulämmön lähteenä käyttää olemassa olevaa vanhaa lämmitysmuotoa (tyypillisesti sähkö)
 - Huipputehon tarve ajoittuu yleensä samaan hetkeen kun sähkötehon tarve on Suomessa muutenkin huipussaan
 - Kylminä talvipäivinä Suomessa ei ole riittävästi omaa sähköntuotantokapasiteettia tarvittavan sähkön tuottamiseen, mutta tuonnin avulla sähkö riittää normaalitilanteissa. Kulutuksen keskittyminen entisestään kylmiin talvipäiviin heikentää tilannetta ja tehon riittävyyttä.
- Poistoilmalämpöpumput toimivat tasaisella teholla ympäri vuoden, eli nostavat sähkön tarvetta mutta eivät lisää kulutuspiikkejä.

Sähköntuotannon lisästarve nykytilanteeseen nähden kuukausitasolla



Hajautetun tuotannon aiheuttama muutos kysynnässä

- Maalämpö lisää talviaikaista sähkön kysyntää ja nostaa kylmien talvipäivien tehontarvetta.
- Poistoilmalämpöpumput vähentävät kaukolämmön kysyntää ja nostavat sähkön tarvetta melko tasaisesti vuoden ympäri
- Kiinteistökohtainen aurinkosähkön tuotanto laskee kesäajan sähkön kysyntää.

HAJAUTETUN TUOTANNON VAIKUTUKSET PÄÄSTÖIHIN

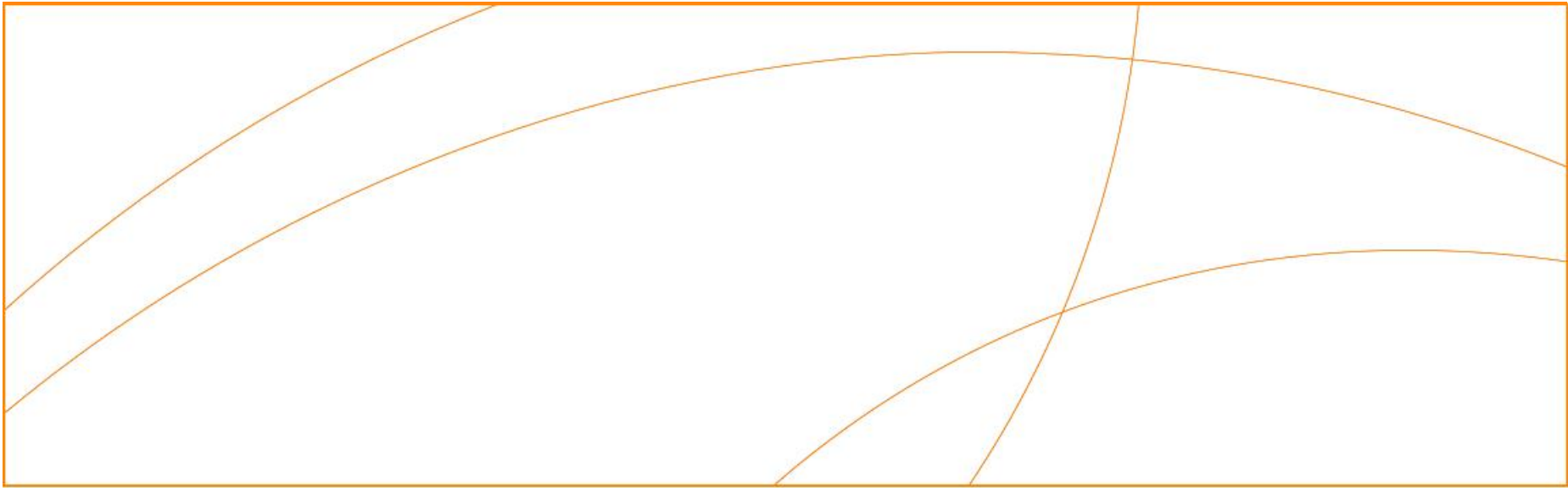
Hajautetun tuotannon vaikutus päästöihin on vähentävä, mikäli öljy- ja sähkölämmitystä korvataan maa- tai aurinkolämmöllä. Kaukolämmön korvautuessa hajautetulla tuotannolla päästöt voivat jopa kasvaa.

- Lämmön kysynnän väheneminen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksesta vähentää kaupungin hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöjä lämmitystavasta riippumatta
 - Kaukolämmön kulutuksen väheneminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, kun lämpöä tuotetaan vähemmän. Kaukolämmön tuotannon yhteydessä tuotettava yhteistuotantosähkö kuitenkin yleensä vähenee samalla kun lämmöntuotanto vähenee. Vastaava sähkö voidaan joutua osittain tuottamaan lauhdesähkönä kivihieillä, jolloin päästöt edelleen kasvavat
 - Hiukkaspäästöjen väheneminen riippuu vahvasti siitä, mitä tuotantoa vähentyvä kulutus korvaa. Jos korvautuva tuotanto on kivihieipohjaista, on vaikutus hiukkaspäästöihin huomattavasti suurempi kuin tilanteessa, jossa korvataan maakaasua
 - Öljy- ja sähkölämmityksen sekä muiden lämmitysmuotojen osalta energiatehokkuuden parantuminen vähentää päästöjä.
- Öljylämmityksen korvautuminen hajautetulla tuotannolla vähentää Helsingin alueen pienhiukkas- ja hiilidioksidipäästöjä
 - Kiinteistökohtainen puunpoltto kuitenkin lisää ilman laatuun vaikuttavia päästöjä, erityisesti pienhiukkaspäästöjä.
- Sähkölämmityksen vaihto maalämpöön laskee hiilidioksidipäästöjä, sillä sähkön kulutus vähenee vuositasolla. Päästöjen vähenemisen suuruus riippuu lämmön kulutusprofiilista ja tarkasteluhetken sähkön tuotantokapasiteetista.
- Kun kaukolämpöä korvautuu maalämmöllä, riippuu kokonaisvaikutus hiilidioksidipäästöjen osalta useammasta tekijästä
 - Maalämpöpumppujen käyttö lisää sähkön kulutusta erityisesti huippukulutushetkillä talven pakkasilla. Nykyisellä tuotantokapasiteetilla tämä johtaa lisääntyneeseen lauhdesähköntuotantoon Suomessa tai muualla sähkömarkkina-alueella.
 - Kaukolämmön tuotannon väheneminen Helsingissä vähentää yhteistuotantosähkön määrää
 - Kokonaisvaikutus päästöjen kannalta riippuu voimakkaasti koko sähkömarkkina-alueella käytössä olevasta tuotantokapasiteetista.

VAIKUTUS HELSINGIN KAUKOLÄMPÖRATKAISUIHIN JA HELENIN KEHITYSOHJELMAAN

Kaukolämpöalueella päästöt pienenevät taloudellisesti tehokkaimmin energiatehokkuutta parantamalla ja kaukolämmön tuotannon päästöjä pienentämällä

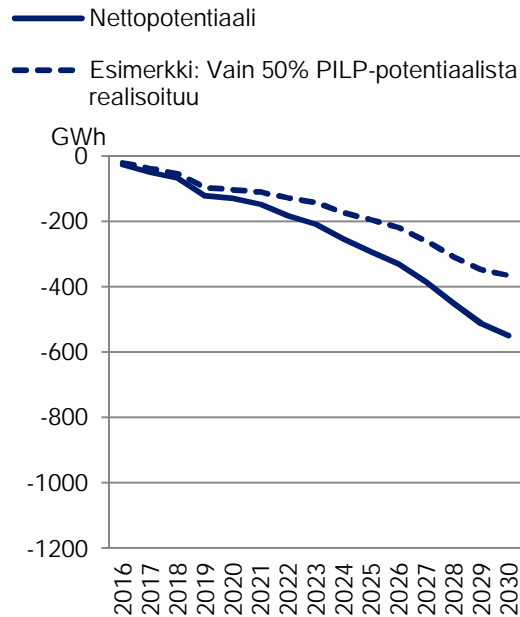
- Energiatehokkuustoimet vähentävät lämmön kulutusta, mikä vaikuttaa myös kiinteistöjen lämmöntarpeeseen ja sitä kautta kaukolämmön kysyntään.
- Olemassa olevien kaukolämpöasiakkaiden ei pääosin ole kannattavaa vaihtaa lämmitysmuotoa. Näin ollen kiinteistökohtaisen maa- ja aurinkolämmön vaikutus kaukolämpöjärjestelmään jää verrattain vähäiseksi
 - Kaukolämpöasiakkaiden päästöjä voidaan tehokkaimmin pudottaa vähentämällä kaukolämmön tuotannon päästöjä
- Teollisuuden ja kaupan sekä kiinteistöjen järjestelmien hukkalämmön hyödyntämistä kaukolämpö- ja jäähdytysverkoissa tulee tarkastella tapauskohtaisesti osana Helenin muita järjestelmäratkaisuja. Kiinteistökohtaisen tuotannon kannattavuus voisi parantua, mikäli ylijäämälämpöä pystyttäisiin hyödyntämään verkossa. Käytännössä tämä on usein vaikeaa, sillä hukkalämpöä syntyy usein silloin, kun kaukolämmön tarve on hyvin vähäistä (esimerkiksi kesäaikaan).
- Kysyntäjousto voi laskea huippukapasiteetin tarvetta. Kysyntäjoustopotentialien arvioiminen etenkin lämmityssektorilla vaatii tarkempaa selvitystä. Aiheesta on meneillään valtakunnallisia selvityksiä, joiden tuloksia voitaneen hyödyntää Helsingissäkin.
- Sähkön kulutuksen kysyntäjoustopotentialia suuria yksittäisiä kohteita Helsingissä on vähän, sillä kaupungin alueella on vähän suurempaa teollisuutta. Yksittäisten kuluttajien osallistuminen kysyntäjoustopotentialien parantamiseen toimintamallien ja älykkäiden järjestelmien käyttöönoton myötä.
- Aurinkosähkön kannattavuutta voitaisiin parantaa kehittämällä hinnoittelu- ja liiketoimintamalleja, joissa kiinteistössä tuotettua aurinkosähköä voitaisiin hyödyntää kiinteistösähkön lisäksi myös asukkaiden / vuokralaisten käyttöön. Tällöin kiinteistökohtaisen järjestelmän kannattava koko voisi olla tässä selvityksessä tunnistettua suurempi.



JOHTOPÄÄTÖKSET

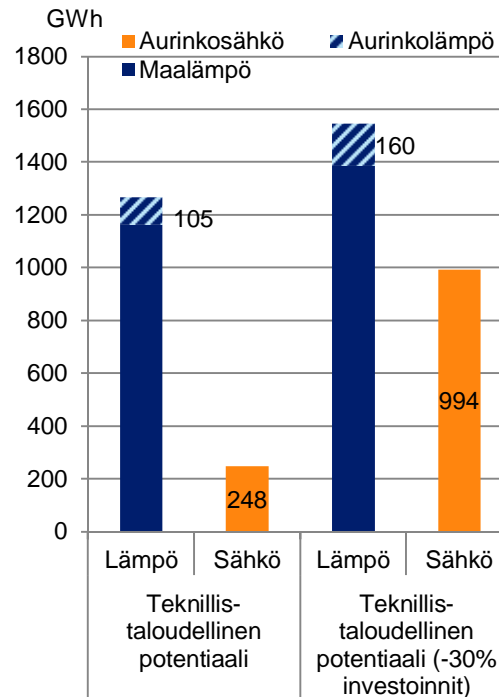
ENERGIATEHOKKUUDEN JA HAJAUTETUN TUOTANNON KOKONAISPOTENTIAALI

Lämmönkulutuksen vähentymisen nettopotentiaali nykytasoon nähden



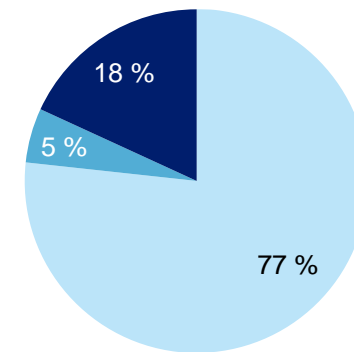
- Energiatehokkuuden parantumisen ansiosta kulutus laskee noin 1000 GWh olemassa olevissa rakennuksissa
- Uusien rakennusten energian kulutus on noin 500 GWh

Hajautetun tuotannon kokonaispotentiaali 2030



Kiinteistöjen lämmityksen jakauma Helsingissä 2030*

- Kaukolämpö nykyinen
- Kaukolämpö uudet rakennukset
- Hajautettu tuotanto



Kokonaislämmön kulutus vuonna 2030 olisi noin 7,1 TWh/vuosi

* Oletuksella että investointi-kustannukset laskevat 30%

Kaukolämmön kulutus vuonna 2030 olisi reilu 5,8 TWh, mikäli energiaterhokkuuden ja hajautetun tuotannon potentiaali toteutuu

JOHTOPÄÄTÖKSET (1/2)

Lähivuosina Helsingin on kannattavinta panostaa energiatehokkuuteen ja kaukolämpöverkon ulkopuolella olevien rakennusten lämmitystavan muutoksiin

- Lähivuosina maa- ja aurinkolämmöllä voitaisiin kannattavasti korvata nykyinen öljy- ja sähkölämmitys lähes kokonaan, mikä vähentäisi Helsingin lämmityssektorin hiilidioksidipäästöjä.
 - Nykyisen hallituksen ohjelmaan kirjattu tavoite tuontiöljyn käytön puolittamisesta saattaa vauhdittaa tätä kehitystä edelleen, sillä lämmityksessä öljy on liikennesektoria helpommin korvattavissa
 - Öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöjärjestelmään tai öljyn korvaaminen kesäaikana aurinkolämmöllä on kannattavaa. Bioöljy vähentäisi päästöjä fossiiliseen lämmitysöljyyn verrattuna mutta sen käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa, ellei sen käyttöä tueta esimerkiksi veroratkaisuin.
- Öljy- ja kaukolämmityksen korvaaminen maalämmöllä nostaa sähkön kulutusta, sähkölämmityksen korvaaminen maalämmöllä puolestaan vähentää.
 - Öljyn korvaaminen maalämmöllä vähentää päästöjä. Kaukolämmön korvaamisen vaikutus päästöihin riippuu kaukolämmön tuotannon polttoaineista ja lämpöpumppujen käyttämän sähkön tuotantotavasta, kokonaispäästöt saattavat jopa kasvaa.
 - Maalämpöjärjestelmien kannattavuuteen uudiskohteissa vaikuttaa merkittävästi sähkön hinta. Olemassa olevissa rakennuksissa sähkön hinnan vaikutus lämmitystavan vaihtamisen kannattavuuteen on hyvin pieni, ja vaikutus kokonaispotentiaaliin jää täten pieneksi.
- Olemassa olevien kaukolämpöasiakkaiden osalta lämmitysmuodon vaihtaminen ei ole yleisesti ottaen kannattavaa takaisinmaksuaikojen noustessa yli 20 vuoteen.
 - Kaukolämmön hinnan tulisi nousta selvästi nykytasosta, jotta maalämpöinvestointi kaukolämmitettyyn rakennukseen olisi keskimäärin kannattavaa
 - Kannattavuus vaihtelee riippuen muun muassa porauksen kustannuksista, lämmön käyttöprofiilista, nykyisestä lämmön tarpeesta ja jäähdytyksen tarpeesta, joten joissain kohteissa lämmitystavan vaihto voi olla kannattavaa jo nykyhinnoilla
- Uudisrakennusten osalta hajautettu lämmön tuotanto on vanhoja rakennuksia kannattavampaa, ja vuoteen 2030 mennessä teknis-taloudellisen potentiaaliarvion perusteella joka viidennessä uudessa rakennuksessa voisi olla maalämpö. Myös aurinkoa ja maalämpöä hyödyntävät hybridiratkaisut voivat olla mahdollisia.

JOHTOPÄÄTÖKSET (2/2)

Helsingin kaupunki voi vaikuttaa päästöjen vähentämiseen neuvonnalla ja ohjauksella, mutta myös uudenlaisia toimintamalleja ja rahoitusta voidaan tarvita

- Energiatehokkuuden ja hajautetun tuotannon potentiaali on arvioitu tässä työssä merkittäväksi, mutta potentiaali ei välttämättä toteudu mikäli kiinteistöjen omistajilla ei ole halukkuutta tai rahaa investointien toteutukseen
 - 20 vuoden takaisinmaksuaika ei välttämättä houkuttele investointien toteutukseen.
 - Taloyhtiöissä on myös merkittävästi muita investointitarpeita ja lisäinvestointien rahoitus voi osoittautua vaikeaksi vaikka investointi vaikuttaisikin järkevältä.
 - Hankkeiden toteutuminen voi vaatia esimerkiksi uudenlaisia toimintamalleja tai rahoituksen tarjoamista
- Energiatehokkuutta voidaan parantaa myös muilla pienemmillä toimenpiteillä kuin tässä työssä tarkastelluilla peruskorjausten yhteydessä tehtävillä toimenpiteillä. Nämä liittyvät tyypillisesti mm. kiinteistöjen lämmönjako- ja ilmanvaihtojärjestelmien säätöön ja huoltoon. Näiden vaikutusten arvioidaan olevan yhteenlaskettunakin tarkasteltuja toimenpiteitä pienempi, mutta vaikutus voi kuitenkin olla merkittävä.
- Kaupunki voi edistää energiaterhokkuutta ja uusiutuvan energian käyttöönottoa neuvonta- ja ohjauspalveluilla myös ilman varsinaisia rahallisia tukia, sillä monet toimenpiteet ovat kannattavia jo nykyisellä hintatasolla.
 - Kaukolämmitettyjen rakennusten osalta lämmitystapamuutoksia kannattavampaa on lähitulevaisuudessa panostaa energiaterhokkuustoimenpiteisiin.
 - Lämmön talteenoton tehostaminen on taloudellisesti kannattavaa (takaisinmaksuajat tyypillisesti < 10 vuotta), joten kaupunki voisi ohjauksella ja neuvonnalla edistää niitä toimenpiteitä erityisesti luvitettavien remonttien (esim. linjasaneeraukset) yhteydessä.
 - Ikkuna- ja julkisivuremontit parantavat huomattavasti rakennusten energiaterhokkuutta ja vähentävät lämmön tarvetta ja lämmityskustannuksia, sillä korjauksien yhteydessä on noudatettava nykyisiä korjausrakentamisen määräyksiä.
 - Suojeltujen rakennusten osalta julkisivu- ja ikkunaremonttien toteutukseen liittyy rajoituksia mutta myös suojelluissa rakennuksissa voidaan yleensä parantaa energiaterhokkuutta
 - Aurinkosähköä voidaan jo nykyisellään kannattavasti tuottaa omaan käyttöön ja aurinkosähköjärjestelmien hintojen voidaan odottaa edelleen laskevan. Kiinteistöjen omistajat eivät välttämättä ole tietoisia aurinkosähkön mahdollisuuksista ja saattavat siten olla haluttomia investointeihin. Neuvonnalla voitaisiin edistää aurinkosähköratkaisujen yleistymistä.
 - Maa- ja aurinkolämmön hyödyntämiseen voidaan ohjeistaa niissä tapauksissa kun se on kannattavaa ja teknisesti mahdollista

TYÖN ULKOPUOLELLE RAJATUT TUOTANTOMUODOT JA MUUT VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

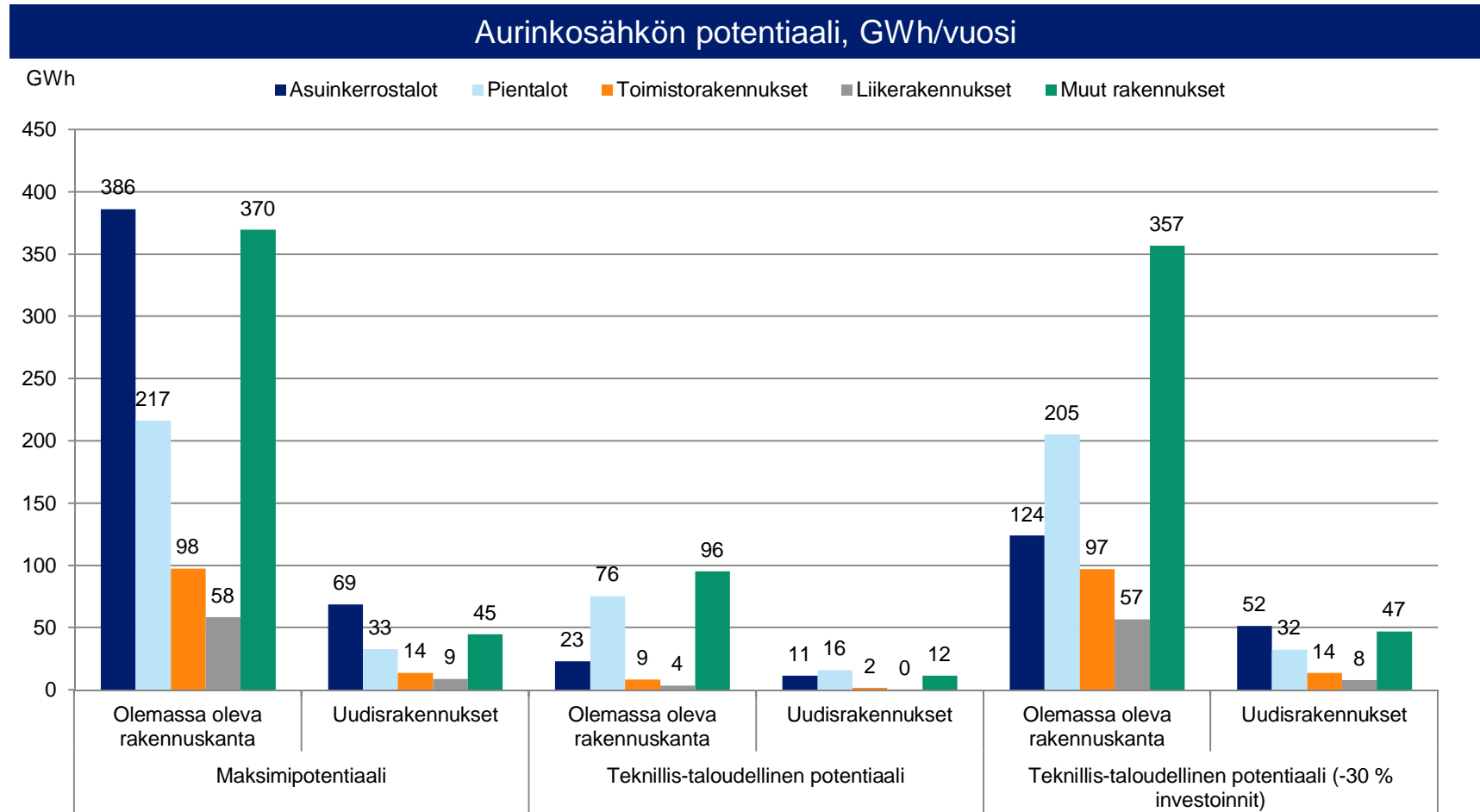
- Selvityksessä ei ole erikseen tarkasteltu pienimuotoista bioenergiaa, koska biomassaan pohjautuva lämmön tuotanto on kustannus- ja päästötehokkaampaa toteuttaa keskitetysti kaukolämpöverkkoa hyväksi käyttäen.
 - Helen on kesäkuussa julkistanut suunnitelmansa 1-2 biopolttoaineita käyttävän lämpökeskuksen rakentamisesta
 - Kun lämpökeskusten tuotannolla korvataan fossiilisia polttoaineita, se on taloudellisesti kannattavampi tapa vähentää lämmityksen päästöjä kaukolämpöalueella verrattuna kiinteistökohtaiseen hajautettuun tuotantoon tämän selvityksen aikajaksolla tarkasteltuna.
 - Helenin kustannustehokkaimmat päästövähennystoimet eivät kuuluneet tämän selvityksen piiriin.
- Myös muut, lämpö- ja sähköverkoja hyödyntävät kiinteistökokoluokkaa suuremman mittakaavan investoinnit ja hukkalämpöjen hyödyntäminen voivat olla kannattavia ja verkko mahdollistaa joustavuuden. Näitä mahdollisuuksia tulisikin selvittää yhdessä siten, että saavutetaan koko järjestelmän kannalta suurimmat hyödyt, pitäen tavoitteena päästöjen vähenemistä, kustannus- ja resurssitehokkuutta, huoltovarmuutta sekä järjestelmän mahdollisuutta sopeutua tulevaisuuden muutoksiin.
 - Mahdollisia kiinteistökokoluokkaa suurempia hajautetun tuotannon muotoja voivat olla mm. geoterminen lämpö, biomassapohjainen lämmöntuotanto, erilaisten hukkalämpöjen ja aurinkolämmön hyödyntäminen kaukojäähdytyksen avulla.



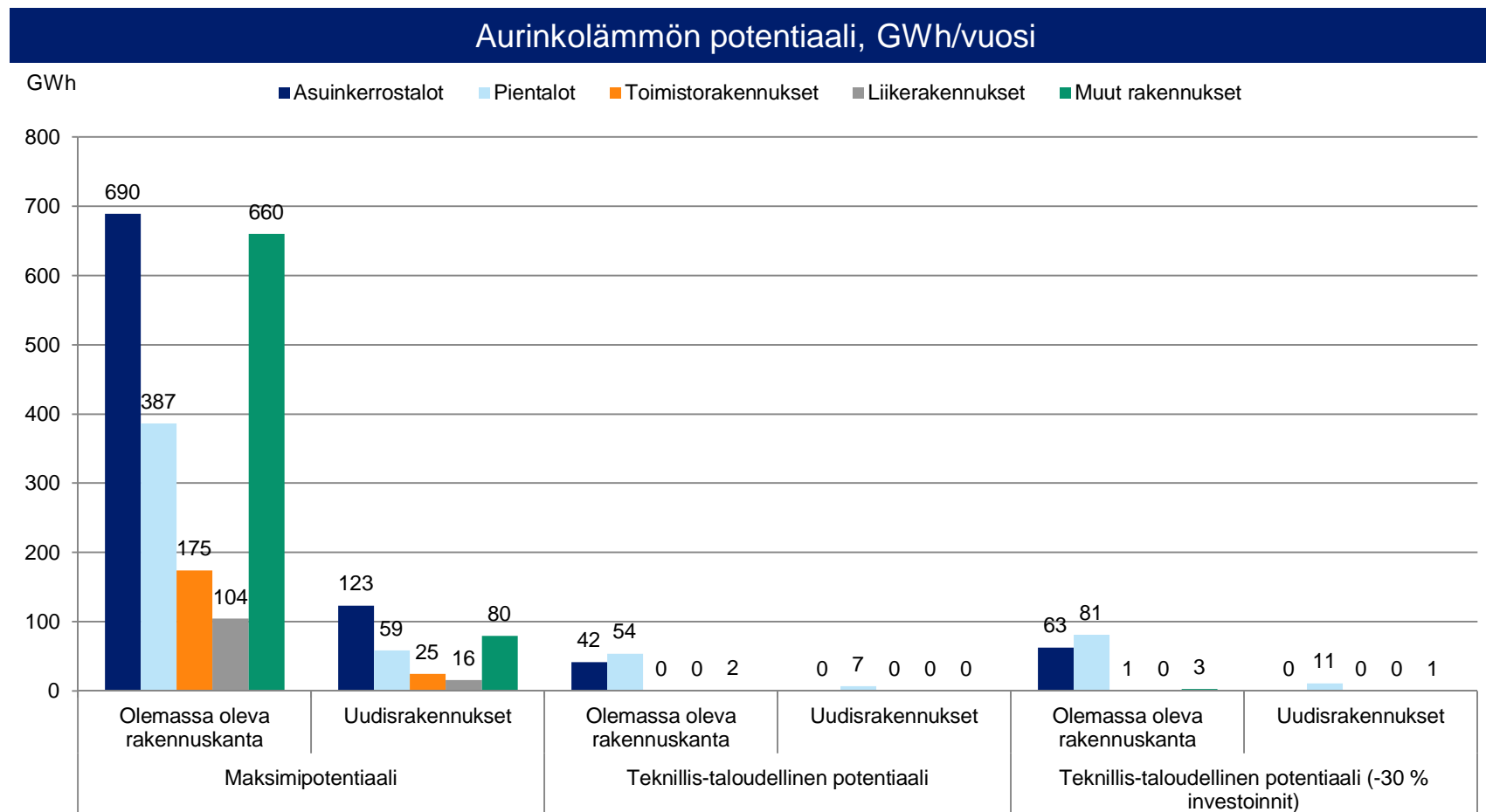
*The leading advisor to the world's capital and resource intensive industries.
Clients choose us for the sharpness of our insight, deep industry
expertise and proven track record – because results count.*

Pöyry Management Consulting

LIITE 1: AURINKOSÄHKÖPOTENTIAALI TALOTYYPEITTÄIN



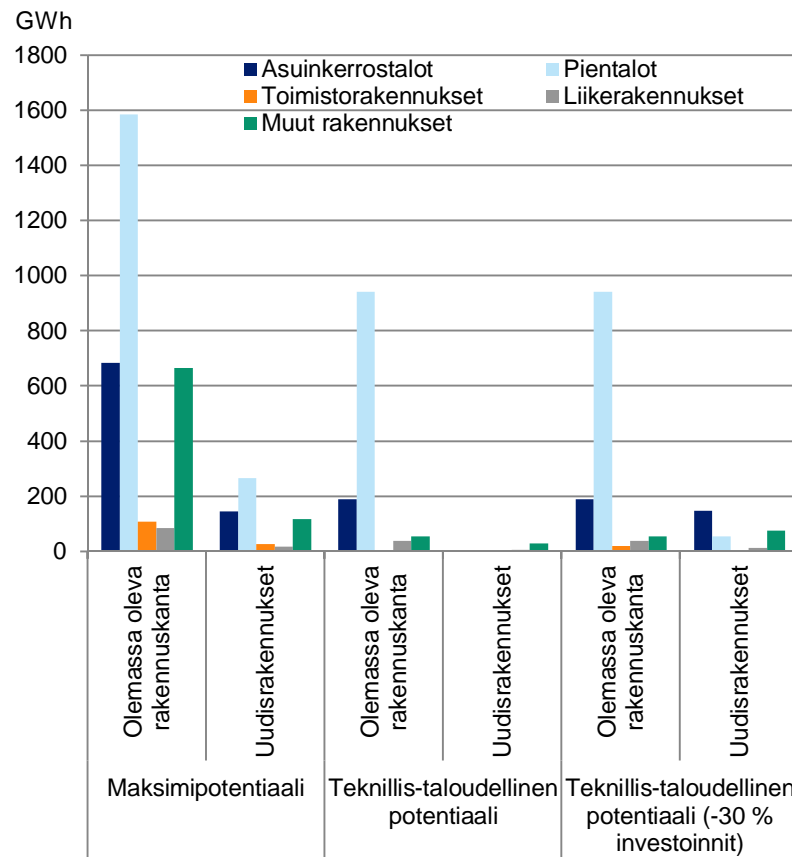
LIITE 2: AURINKOLÄMPÖPOTENTIAALI TALOTYYPEITTÄIN



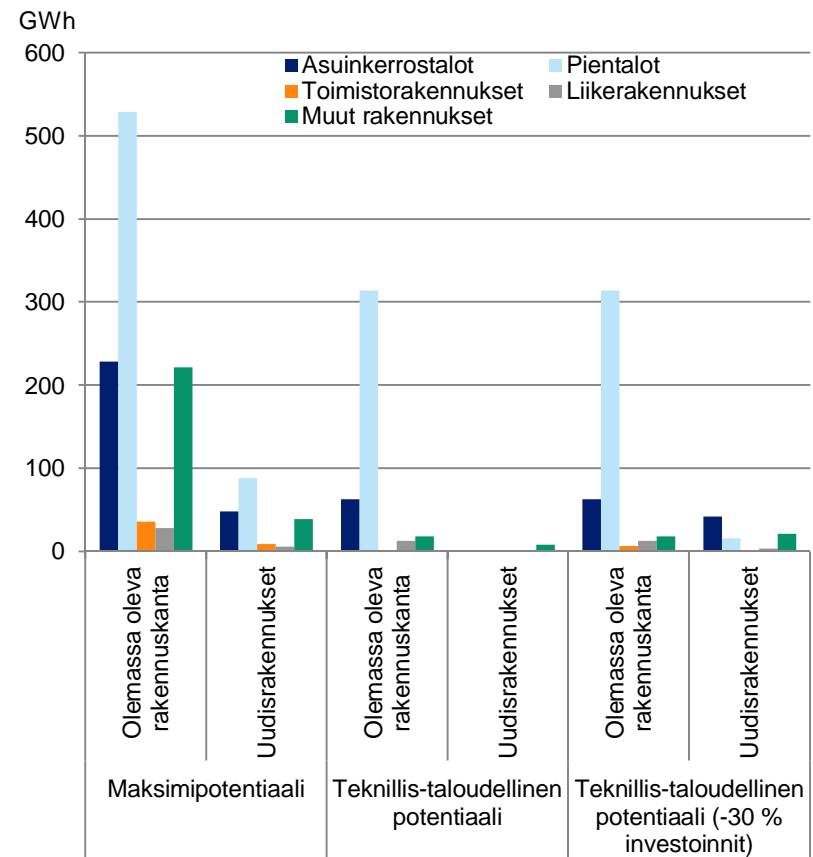
LIITE 3: MAALÄMPÖPOTENTIALI TALOTYYPEITTÄIN

Normaalin sähkön hinnan skenaario

Maalämmön potentiaali, GWh/vuosi



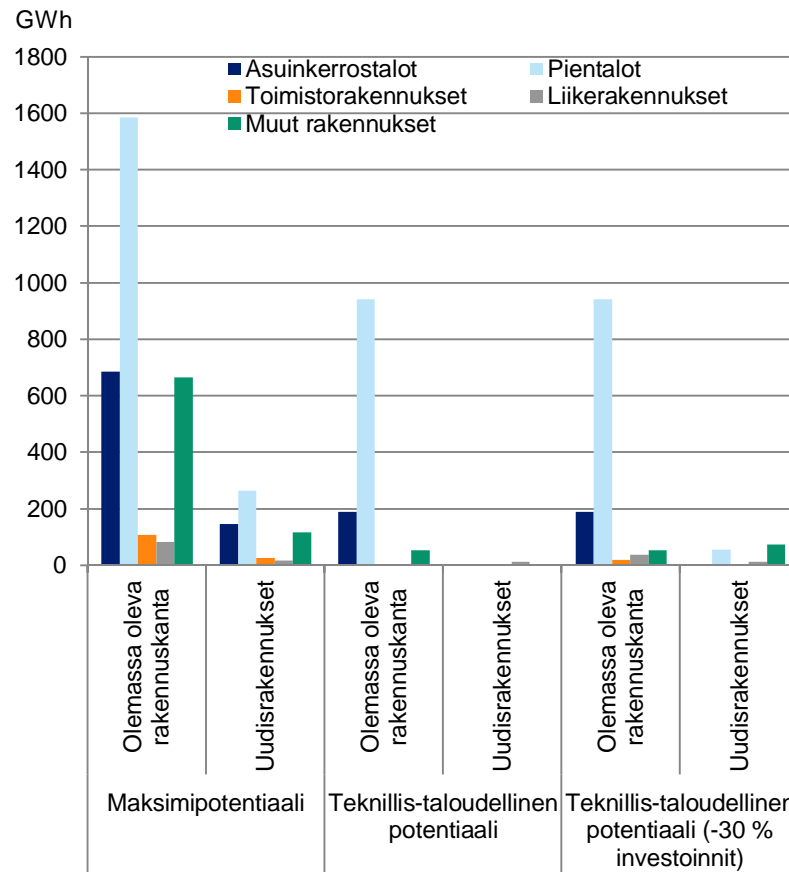
Sähkönkulutus, GWh/vuosi



LIITE 4: MAALÄMPÖPOTENTIAALI TALOTYYPEITTÄIN

Korotetun sähkön hinnan skenaario

Maalämmön potentiaali, GWh/vuosi



Sähkönkulutus, GWh/vuosi

