

BIOS-tutkimusyksikkö

Ylätason tiekartta hiilineutraaliin energiantuotantoon siirtymiseksi Helsingissä

Loppuraportti
28.11.2018

VALOR

Sisällysluettelo

1. Työn tausta ja tavoitteet

2. Lämmöntuotantomuotojen priorisointi päästöjen näkökulmasta

3. Helsingin energiantuotantoskenaarioiden kuvaukset ja vertailu

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Työn taustalla on huoli siitä, että hallituksen esittämät toimenpiteet eivät vähennä todellisia hiilidioksidipäästöjä energiantuotannossa

- Tiedeyhteisössä vallitsee konsensus siitä, että ilmastonmuutoksen torjuntatoimissa epäonnistuminen aiheuttaa "eksistentiaalisen uhan" niin suomalaiselle yhteiskunnalle kuin globaalistikin
- Tutkimustiedon perusteella globaalilla kolmen asteen (Suomessa +6 astetta) kehityspolulla Suomi tulisi suurella todennäköisyydellä kohtaamaan haasteita, jotka saattaisivat romahduttaa yhteiskunnan toimintakyvyn ja investointien arvon
- Kaoottisen ja hallitsemattoman kehityksen torjuminen on syytä nostaa julkisen ja yksityisen sektorin ykkösprioriteetiksi

Työn tavoitteena on hahmotella ylätason tiekartta hallitulle siirtymälle hiilineutraaliin energiantuotantoon Helsingissä

Työn tavoitteet

- **Edistää ymmärrystä** vaihtoehtoisten **lämmöntuotantoratkaisujen** ja niistä muodostettujen skenaarioiden **soveltuvuudesta** hiilineutraalin energiantuotannon toteutustavaksi Helsingissä sekä ilmastovaikutusten että helsinkiläisten kannalta
- **Hahmottaa** ilmaston ja helsinkiläisten kannalta **järkevä aikataulu** toimenpiteiden toteuttamiselle
- **Esittää ylätason tiekartta** hallitulle ja kustannustehokkaalle siirtymälle hiilineutraaliin energiantuotantoon Helsingissä
- **Toteuttaa** karkea **vaikutusarviointi** päästöjen ja kustannusten näkökulmasta

Toimenpiteitä arvioidaan todellisten päästöjen näkökulmasta, mutta myös toteutettavuuden ja kustannusten näkökulmasta

Priorisoidut tavoitteet ylätasoinen tiekartan toimenpiteille ja niistä muodostetuille skenaarioille

1

Nollata nettopäästöt Suomen Ilmastopaneelin esittämässä aikataulussa⁽¹⁾ - myös siinä tapauksessa, että uusia teknologisia läpimurtoja ei tule

2

Varmistaa kaukolämmön toimintaedellytykset ja korkea toimitusvarmuus sekä lämmöntuotannon huoltovarmuus kriisitilanteissa

3

Minimoida tuotantoratkaisujen todennettavissa olevat riskit (ihmisille, ympäristölle)⁽²⁾

4

Varmistaa kaukolämmön kilpailukykyinen ja mahdollisimman kohtuullinen hinta

1. Mahdollisimman pian vuoden 2030 jälkeen; IPCC vaatii nettopäästöjen nollausta globaalisti vuoteen 2050 mennessä
2. Uuden peruskuormakapasiteetin on oltava kaupallisessa käytössä olevaa toimivaa teknologiaa ja toteuttamiskelpoista suuressa mittakaavassa Helsingin olosuhteissa

Sisällysluettelo

1. Työn tausta ja tavoitteet

2. Lämmöntuotantomuotojen priorisointi päästöjen näkökulmasta

3. Helsingin energiantuotantoskenaarioiden kuvaukset ja vertailu

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

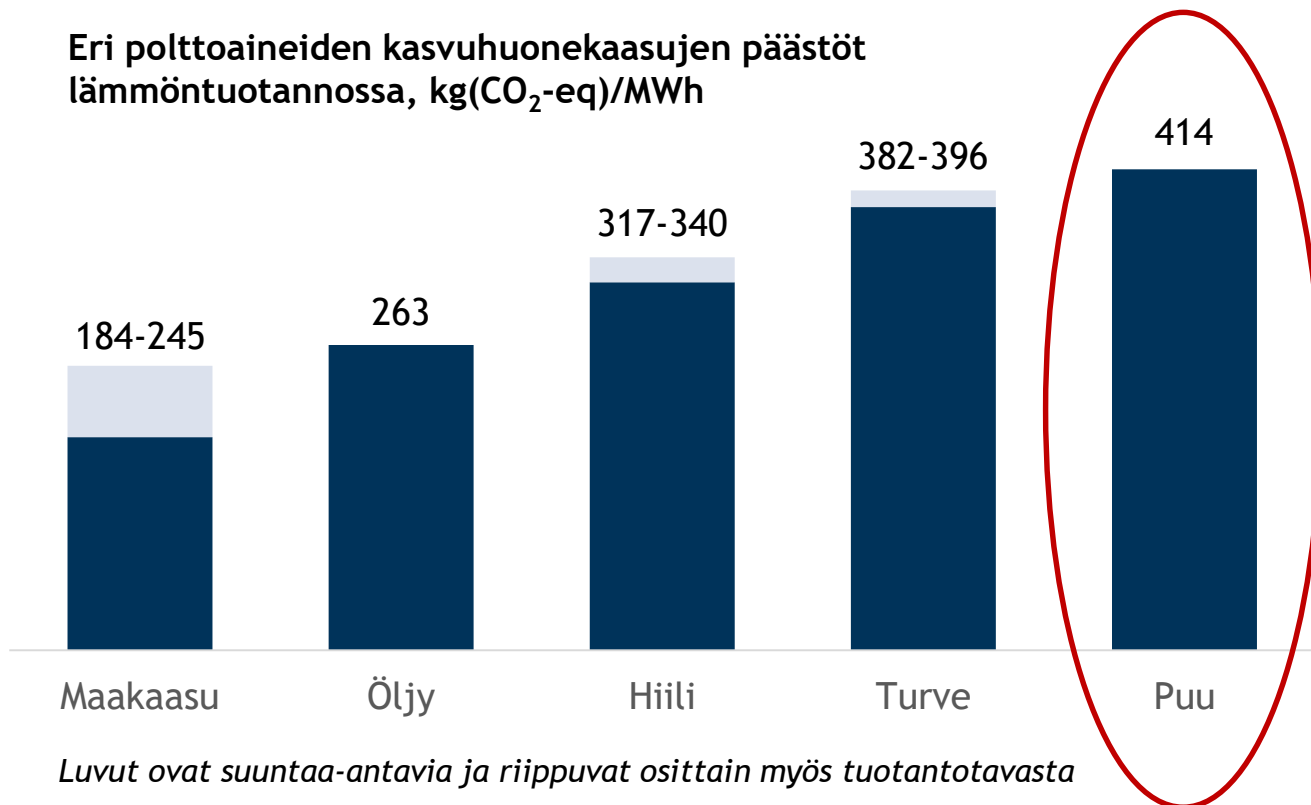
Lämmöntuotantomuotojen priorisointi tehdään ensisijassa todellisten kasvihuonepäästöjen perusteella

1. Arviointi tehdään *todellisten* kasvihuonepäästöjen perusteella
 - Jos savupiipun päästä tulee hiilidioksidia tai muita kasvihuonekaasuja, se on huono asia riippumatta siitä, mikä polttoaine on kyseessä
 - Uusiutuvuus ei tarkoita päästöttömyyttä!
2. Tarkasteluaikaväli on lyhyt, 10-20 vuotta
 - Hiilidioksidia ilmakehässä vähentävillä toimenpiteillä on kiire - polttoaineita arvioidaan vain niiden todellisten, polttohetkellä mitattavien hiilidioksidipäästöjen perusteella⁽¹⁾ (vertailussa pitäisi muutenkin käyttää nettoenergiaperiaatetta, jossa huomioitaisiin myös polttoaineen keruun, valmistuksen ja logistiikan aiheuttamat ilmastovaikutukset)
3. Priorisoinnissa ei huomioida energian tuotantorakenteen muutoksen vaikutuksia Suomen sähköjärjestelmään, jos niillä ei ole lämmityksen kannalta oleellista merkitystä

1. Kun esimerkiksi poltetaan kantoja tai muita hakkuutähteitä, vapautuu niiden sisältämä hiili heti ilmakehään hiilidioksidina. Jos ne jätettäisiin metsään mätänemään, niihin sitoutunut hiili vapautuisi hitaasti noin 30-100 vuoden kuluessa, ja hiili pysyisi pitkään poissa ilmakehästä

Puun polton todelliset kasvihuonekaasujen päästöt lämmöntuotannossa ovat suuremmat kuin maakaasulla tai hiilellä

Eri polttoaineiden kasvihuonekaasujen päästöt lämmöntuotannossa, kg(CO₂-eq)/MWh



Luvut ovat suuntaa-antavia ja riippuvat osittain myös tuotantotavasta

Puun laajamittaiseen käyttöön Helsingin lämmöntuotannossa liittyy merkittäviä haasteita ja riskejä

1. Puun polttaminen tuottaa ilmakehään hiilidioksidia ja pienhiukkasia enemmän kuin kivihiilen poltto⁽¹⁾
2. Puun kestävyyskriteereistä käydään jatkuvaa keskustelua EU-tasolla - kukaan ei tiedä kuinka uusiutuvaksi polttoaineeksi puu lasketaan 2020-luvulla, joten puun laajaan energiakäyttöön sisältyy merkittävä riski
3. Puun riittävydestä Suomessa saha-, paperi- ja selluteollisuuden lisäksi energiakäyttöön ei ole takeita⁽²⁾
4. Puun energiakäytön lisääminen Helsingissä ei vahvista Suomen kauppasetta tai valtiontaloutta⁽³⁾ - Helen arvioi tuovansa valtaosan tarvitsemastaan puupolttoaineesta Baltiasta tai Venäjältä

1. Puun polttamisessa syntyy moninkertainen määrä pienhiukkasia kivihiilen polttoon verrattuna - kivihiilen osuus polttoaineiden hiukaspäästöstä oli Tilastokeskuksen mukaan 1,3 prosenttia vuonna 2016. Vastaava osuus puun energiankäytölle oli 82 prosenttia. (lähde: hallituksen esitys eduskunnalle laiksi hiilen energiakäytön kieltämisestä)
2. Metaäteollisuus ry:n lausunto hallituksen esitysluonnokseen laiksi hiilen energiakäytön kieltämisestä: ”Kansantaloudellisten vahinkojen välttämiseksi on tärkeää analysoida kuinka kivihiihikielto voi vaikuttaa puupolttoaineiden hintaan ja kuitupuumarkkinaan. Metsäteollisuuden mielestä on syytä tehdä huolellinen vaikutusarvio kivihiihikiellon aiheuttamista puumarkkinavaikutuksista sekä yleisemmin puun saatavuudesta näköpiirissä oleviin käyttötarkoituksiin.”
3. Kivihiilen valmistevero vuoden 2019 valtion talousarviossa on 203,87 €/t - näin ollen Helen maksaa valtiolle v. 2019 kivihiilen valmisteveroa arviolta 70-80 M€, jonka valtio menettää, jos Helen siirtyy biomassan polttoon (osa palautuu maakaasun veroina)

Lakia hiilen energiakäytön kieltämisestä perustellaan CO₂-päästöjen merkittäväällä vähenemisellä, mutta kyse on vain laskennallisista päästövähennyksistä - ei todellisista päästövähennyksistä

Lainaukset hallituksen esityksen perusteluista:

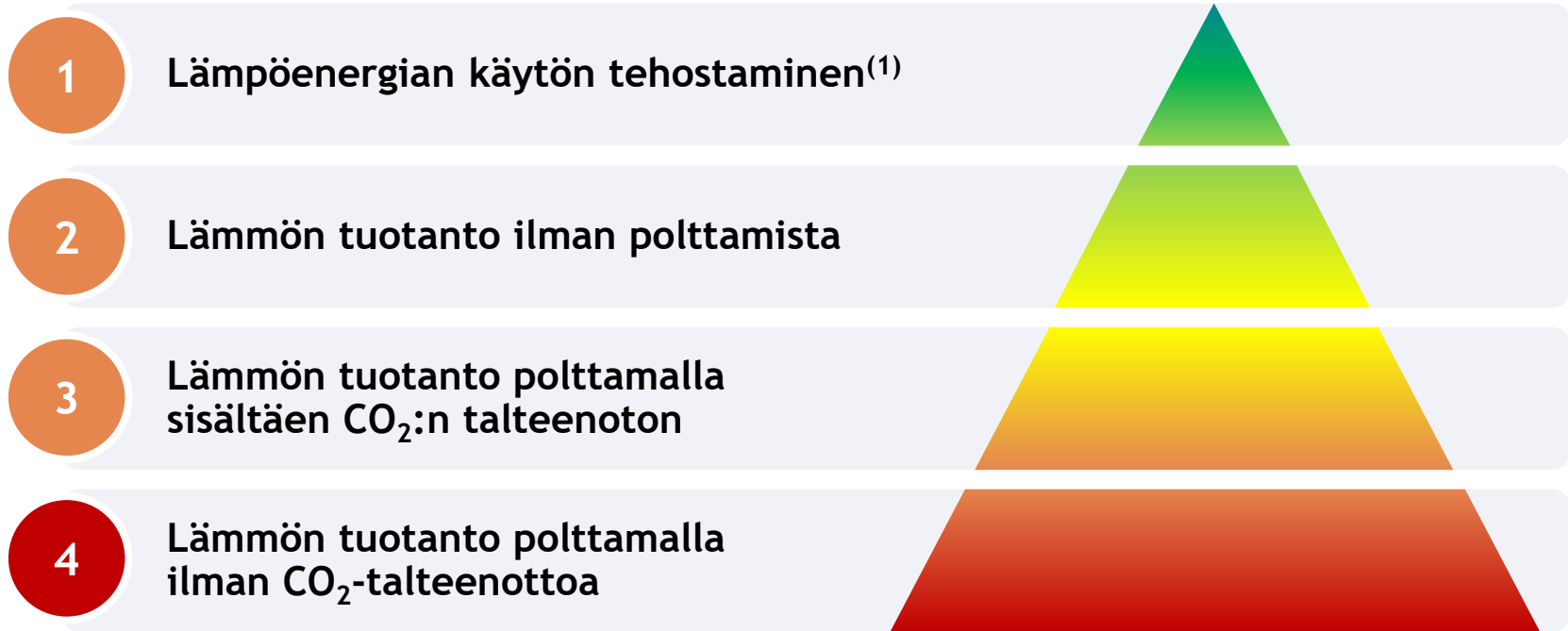
- ”Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi kasvihuonepäästöjä on tarpeen vähentää nopeasti.”
- ”Kivihiilen energiakäytöstä luopuminen nopeutetussa aikataulussa ja samalla kivihiilen korvaaminen uusiutuvilla tai vähäpäästöisillä energialähteillä vähentäisi lämmityksen paikallisia kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi.”

Edellä mainittu ei kuitenkaan pidä paikkaansa, sillä biomassan poltto tuottaa enemmän todellisia paikallisia hiilidioksidipäästöjä kuin kivihiilen poltto

- ”Hiilen energiakäytön kieltö toukokuussa 2029 tarkoittaisi, että hiili korvautuisi lähes kokonaan biomassalla, jonka käyttö kasvaisi noin 2,0 terawattituntia. Koska sähkön tuotanto vähenee kiellon vaikutuksesta, vähenee myös polttoaineiden kokonaiskäyttö.”

Lämmöntuotantoon liittyvistä toimenpiteistä ensisijaiset ovat lämmön käytön tehostaminen ja lämmön tuotanto ilman polttamista

Lämmöntuotantoon liittyvien toimenpiteiden hierarkia:



1. kategoriaan kuuluvista toimenpiteistä potentiaalisimmat ovat lämmön kulutuksen ohjaaminen, tehostaminen ja säästäminen

1

Lämpöenergian käytön tehostaminen



- Lämmön kulutuksen ohjaaminen ja tehostaminen
 - Lämmönkäytön tarveperusteiset ohjausjärjestelmät kiinteistöihin⁽¹⁾, joiden avulla lämmöntuotannon tehokkuutta voidaan optimoida lämmönkulutusta ohjaamalla
 - Kiinteistöjen sisälämpötilojen alentaminen⁽²⁾
- Kaukolämmön jakeluhäviöiden pienentäminen
 - Kaukolämpöverkon menoveden lämpötilan alentaminen⁽³⁾
 - Järkevästi mitoitettu verkko ja verkon optimaalinen ajaminen⁽⁴⁾
- Kaukolämmön tuotantolaitosten hyötysuhteiden maksimointi⁽⁴⁾

1. Järjestelmä, jossa esim. asuinkerrostalon huoneistoihin asennetaan langattomat lämpötila- ja kosteusanturit, joiden mittausdatan mukaan patteriverkon menoveden lämpötilaa ohjataan (nykyisen ulkolämpötilaan perustuvan mallin sijaan); järjestelmillä voidaan toteuttaa lämmön kysyntäjoustoa ja säästää vuositasolla 5-15% lämmitysenergiaa heikentämättä koettuja asuinolosuhteita
2. Lämpötila pitäisi määritellä tarkoituksen mukaiseksi kullekin käyttökohteelle; asteen pudotus sisälämpötilassa säästää lämmitysenergiaa noin 5%; STM:n asumisterveys-suosituksen mukainen sisälämpötila asuintiloissa on 21°C
3. Ei voida yksinään toteuttaa heikentämättä asuinolosuhteita tai vaihtamatta asiakkaan lämmityslaitteiden mitoituksia
4. Paljon tähän liittyviä toimenpiteitä tehty jo, lisäpotentiaali pieni

Lämmön tuottamiseen ilman polttamista on useita vaihtoehtoja, mutta vain sähköön pohjautuvat ovat tällä hetkellä toteutuskelpoisia

2

Lämmön tuotanto ilman polttamista

- Sähköön pohjautuvat lämmön tuotantomuodot
 - Järjestelmätason lämpöpumppulaitokset⁽¹⁾
 - Power-to-heat-ratkaisut (sähkökattilat yms.)
 - Kiinteistökohtaiset lämmön talteenottoratkaisut⁽²⁾
- Geotermisen lämmön hyödyntäminen
- Paikalliset miniydinreaktorit
- Keskitetyt aurinkokeräin- ja muut auringon lämmön hyödyntämiskäytännöt

1. Lämmönlähteinä kaukojäähdytyksen paluuvesi, yhdyskunnan jätevesi, teolliset ylijäämälämmöt, vesistölämpö yms.

2. Lämmön talteenottoratkaisut voidaan nähdä myös 1. kategoriaan kuuluviksi toimenpiteiksi, mutta niiden vaihtoehto on keskitetty kiinteistöjen ylijäämälämpöjen talteenotto kaukojäähdytysvedestä lämpöpumppujen avulla, mikä katsotaan tuotannoksi; johdonmukaisuuden vuoksi myös vastaava hajautettu ratkaisu katsotaan tuotannoksi

Kierrätykseen kelpaamaton jäte pitää joka tapauksessa hävittää, mutta muut polttoaineet priorisoidaan todellisten päästöjen mukaan

3

Lämmön tuotanto polttamalla sisältäen CO₂:n talteenoton

- Hiilidioksidin talteenottoratkaisun asentaminen olemassa olevaan tai uuteen lämmöntuotanto-/CHP-laitokseen
- Polttoaineiden priorisointi:
 1. Kierrätyksen jälkeisen jätteen energiahyödyntäminen
 2. Tulevaisuudessakin kestävyyskriteerit täyttävän biomassan tai biohiilen⁽¹⁾ polttaminen
 3. Maakaasun polttaminen
 4. Öljyn polttaminen
 5. Kivihiilen polttaminen
 6. Turpeen tai ei-kestävyyskriteerien-mukaisen puun polttaminen

1. Biohiili on biomassasta keinotekoisesti tuotettua hiiltä. Sitä saadaan aikaan pyrolyysillä eli kuivatislauksella, jossa biomassasta kaasutetaan haihtuvat ainesosat hapettomissa tai vähähappisissa oloissa muutamien satojen asteiden lämpötilassa (lähde: Wikipedia)

























Lämmön tuotanto polttamalla ilman hiilidioksidin talteenottoratkaisua ei ole pitkällä aikavälillä järkevä vaihtoehto

4

Lämmön tuotanto polttamalla ilman CO₂-talteenottoa

- Ei ole pitkällä aikavälillä järkevä vaihtoehto
- Voidaan toteuttaa korkeintaan väliaikaisena siirtymäkauden ratkaisuna
- Polttoaineiden priorisointijärjestys sama kuin edellisellä kalvolla

Hiilen polton korvaamiselle biomassalla on useita ilmaston kannalta priorisoidumpia toimenpiteitä 1(2)

Hierarkia-kategoria	Toimenpide	Päästöväh.- potentiaali	Toimitus-/ huoltovarm.	Toteutet- tavuus ⁽¹⁾	Kustannus- tehokkuus
1	Lämmön kulutuksen vähentäminen sisäolosuhteita heikentämättä (22°C) ⁽³⁾	 ⁽²⁾			
1	Lämmön kulutuksen vähentäminen sisäolosuhteita heikentämällä (20°C) ⁽³⁾				
1	Kaukolämmön jakeluhäviöiden pienentäminen ja tuotantolaitosten hyötysuhteiden maksimointi				
2	Uusien järjestelmätason lämpöpumppulaitosten rakentaminen				
2	Power-to-heat-ratkaisut (sähkökattilat)				
2	Kiinteistökohtaiset lämmön talteenottoratkaisut				

1. Sekä tämänhetkinen tekninen toteutettavuus että yleinen hyväksyttävyyys

2. Arviolta 5-15% vuosittaisesta lämpöenergiasta

3. Lämmön kulutuksen ohjausjärjestelmän asentaminen mahdollistaa samalla tehokkaan lämmön kysyntäjoustopuuttamisen

Hiilen polton korvaamiselle biomassalla on useita ilmaston kannalta priorisoidumpia toimenpiteitä 2(2)

Hierarkia-kategoria	Toimenpide	Päästöväh.- potentiaali	Toimitus-/ huoltovarm.	Toteutet- tavuus ⁽¹⁾	Kustannus- tehokkuus
2	Geotermisen lämmön hyödyntäminen				
2	Paikalliset miniydinreaktorit				
2	Keskittetyt aurinkokeräin- ja muut aurinkolämmön hyödyntämiskäytännöt				
3	Hiilidioksidin talteenottoratkaisun asentaminen Salmisaareen				
4	Kierrätyksen jälkeisen jätteen laajempi energiahyödyntäminen ⁽²⁾				
4	Siirtyminen biohiilen polttamiseen Salmisaarella				

Arvioidun päästövähennyspotentiaalin perusteella parhaat toimenpiteet eivät ole kaikki heti tai helposti toteutettavissa

Sijointus (päästöt)	Toimenpide	Päästöväh.- potentiaali	Toimitus-/ huoltovarm.	Toteutet- tavuus ⁽¹⁾	Kustannus- tehokkuus
1	Paikalliset miniydinreaktorit				
2	Lämmön kulutuksen vähentäminen sisäolosuhteita heikentämällä (20°C) ⁽²⁾				
3	Hiilidioksidin talteenottoratkaisun asentaminen Salmisaareen				
4	Lämmön kulutuksen vähentäminen sisäolosuhteita heikentämättä (22°C) ⁽²⁾				
5	Uusien järjestelmätason lämpöpumppulaitosten rakentaminen				
6	Power-to-heat-ratkaisut (sähkökattilat)				
7	Geotermisen lämmön hyödyntäminen				

1. Sekä tämänhetkinen tekninen toteutettavuus että yleinen hyväksyttävyys

2. Lämmön kulutuksen ohjausjärjestelmän asentaminen mahdollistaa samalla tehokkaan lämmön kysyntäjoukon toteuttamisen; tarveperusteinen lämmitys tuottaa säästöä n. 5-15% vuosittaisesta lämpöenergiasta, sisälämpötilan pudotus 1°C:llä lisää n. 5%/v.

Sisällysluettelo

1. Taustaa linjauksille
2. Alustavia ylätasoa linjauksia hiilineutraaliin energiantuotantoon siirtymiseksi
3. Helsingin energiantuotantoskenaarioiden kuvaukset ja vertailu
4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Skenaarioissa lähdetään siitä, että lämmöntuotannon täytyy olla hiilineutraalia viimeistään v. 2045

Kaikille skenaarioille yhteiset oletukset:

- Helsingin lämmöntuotannon tulee olla likimain hiilineutraalia viimeistään vuonna 2045 (skenaariossa 4 v. 2035), mikä tarkoittaa, että tällöin polttaminen lopetetaan kokonaan tai laitokset on varustettu tehokkaalla hiilidioksidin talteenottojärjestelmällä (CCS)
- Hanasaaren CHP-hiililaitos suljetaan vuonna 2024, ja korvataan sen tuotanto Helenin esittämän suunnitelman mukaisesti lämpöpumppulaitoksilla, lämpövarastoilla sekä uusilla biolämpölaitoksilla (ks. liite) - Hanasaaren CHP-sähköntuotanto menetetään
- Lopetetaan hiilenkäyttö Salmisaari A:ssa (hiilikäyttöinen huippulämpökeskus) 2020-luvulla
- Kaukolämmön tuotantotarve kasvaa nettona arviolta noin 10% vuosina 2017-2035, kun huomioidaan asukasluvun (asuinkuutioiden) kasvu sekä toisaalta lämmönkäytön tehostuminen nykytahdilla
- Kaukojäähdytyksen tarve kasvaa kolminkertaiseksi vuoteen 2035 mennessä
- Polttoaineiden hinnanmuutosten vaikutusta kaukolämmön hintaan ei ole arvioitu - ainoastaan tarvittavien investointien tai ennenaikaisten käytöstä poistamisten vaikutus

Skenaariossa 1 jatketaan nykyistä kehityspolkua Helsingin energiantuotannossa (As is -skenaario)

Oletukset:

- Jatketaan Salmisaari B:n käyttöä vuoden 2034 loppuun asti jatkaen puupellettien polttoa hiilen seassa (5-7%); korvataan Salmisaari B:n tuotanto ja teho kokonaisuudessaan uusilla biolämpölaitoksilla (n. 2 x 160 MW) v. 2034 - näin ollen Salmisaaren CHP-sähköntuotanto menetetään v. 2035 alkaen
- Salmisaaren korvaavien biolämpölaitosten käyttöikä jää lyhyeksi, koska energiantuotanto polttamalla kielletään vuoteen 2045 mennessä tai vaihtoehtoisesti suurimmat lämmöntuotantolaitokset varustetaan hiilidioksidin talteenotolla tähän mennessä (riippuen kumpi on taloudellisesti järkevämpää toteuttaa)
- Toteutetaan taloudellisesti ja toiminnallisesti järkevät toimet lämmönkäytön tehostamiseksi asiakaspäässä sekä lämmön kysyntäjoustop toteuttamiseksi

Skenaarion 1 todelliset päästövähennykset ovat vähäiset

Vuosi	Kaukolämmön tuotanto	Sähkön CHP-tuot.	Lämpötehon tarve	Todelliset CO ₂ -päästöt
2017	7,1 TWh	3,9 TWh	2500 MW	3,4 Mt
2025	7,3 TWh	2,8 TWh	2550 MW	3,2 Mt
2030	7,5 TWh	2,8 TWh	2600 MW	3,2 Mt
2035	7,7 TWh	1,7 TWh	2650 MW	3,0 Mt

Kohde	Investointi	Vaikutus kl:n hintaan
Hanasaaren korvausinvestoinnit	500 M€	+6-8% ⁽¹⁾ v. 2025
Salmisaaren korvaavat BLL:t	255 M€	+5-10% ⁽²⁾ v. 2035

1. Laskettuna keskimäärin 20 vuoden käyttöajalla (ennen polttamiskieltoa)
2. Laskettuna investointikustannuksella 0,8 M€/MW ja keskimäärin 10 vuoden käyttöajalla (ennen polttamiskieltoa)

BLL = biolämpölaite, LPL = lämpöpumppulaitos

Lähde: Energiategollisuus ry, Helen, VALOR-analyysi

Vuosi	Laitos	Lämpötehon muutos
2024	Hanasaari B CHP	-420 MW
2018	Salmisaaren BLL	+92 MW
2018	Esplanadin LPL	+22 MW
2019	Katri Valan LPL	+18 MW
2021	Mustikkamaan lämpövarasto	+120 MW (lyhytaik.)
2023	Vuosaaren BLL	+240 MW
2023	Patolan BLL	+120 MW
2025	Tattarisuon BLL	+130 MW
2026	Salmisaari A	-180 MW
	Netto	+22 MW
2035	Salmisaari B	-300 MW
2035	Uusia BLL:ia	+320 MW

Skenaariossa 2 irtaudutaan kivihiilen poltosta Helsingissä lakiesityksen mukaisesti v. 2029

- Suljetaan Salmisaari B 1.5.2029 mennessä ja korvataan sen tuotanto ja teho kokonaisuudessaan uusille biolämpölaitoksilla (n. 2 x 160 MW) v. 2029 - näin ollen Salmisaaren CHP-sähköntuotanto menetetään kokonaan v. 2030 alkaen
- Salmisaaren korvaavien biolämpölaitosten käyttöikä jää lyhyeksi, koska energiantuotanto polttamalla (ilman CCS:ää) kielletään vuoteen 2045 mennessä
- Toteutetaan lisäksi taloudellisesti ja toiminnallisesti järkevät toimet lämmönkäytön tehostamiseksi asiakaspäässä sekä lämmön kysyntäjouston toteuttamiseksi

Skenaarion 2 todelliset päästöt ovat vuonna 2035 lisäkustannuksista huolimatta suuremmat kuin skenaariossa 1

Vuosi	Kaukolämmön tuotanto	Sähkön CHP-tuot.	Lämpötehon tarve	Todelliset CO ₂ -päästöt
2017	7,1 TWh	3,9 TWh	2500 MW	3,4 Mt
2025	7,3 TWh	2,8 TWh	2550 MW	3,2 Mt
2030	7,5 TWh	1,7 TWh	2600 MW	3,0 Mt
2035	7,7 TWh	1,7 TWh	2650 MW	3,1 Mt

Kohde	Investointi	Vaikutus kl:n hintaan
Hanasaaren korvausinvestoinnit	500 M€	+6-8% ⁽¹⁾ v. 2025
Salmisaaren ennenaik. alasajo + korvaavat biolämpölaitokset	15 M€ ⁽²⁾ + 255 M€	+4-7% ⁽³⁾ v. 2030

1. Laskettuna keskimäärin 20 vuoden käyttöajalla (ennen polttamiskieltoa)

2. Perustuu hallituksen esityksen perusteluissa esitettyyn arvioon

3. Laskettuna investointikustannuksella 0,8 M€/MW ja keskimäärin 15 vuoden käyttöajalla (ennen polttamiskieltoa)

BLL = biolämpölaitos, LPL = lämpöpumppulaitos

Lähde: Energiategollisuus ry, Helen, VALOR-analyysi

Vuosi	Laitos	Lämpötehon muutos
Alkuvuodet kuten skenaariossa 1		
	Netto	+22 MW
2029	Salmisaari B	-300 MW
2029	Uudet BLL:t	+320 MW

As is -skenaarioon verrattuna

- Lämmöntuotannon päästöt kasvavat Salmisaaren alasajosta alkaen (v. 2030)
- Sähköntuotannon päästöt laskevat vuodesta 2030 alkaen, kun Salmisaaren sähköntuotanto menetetään
- Kaukolämmön hinta nousee +3-5% vuosille 2030-35

Skenaariossa 3 tähdätään hiilineutraaliin energiantuotantoon noin vuonna 2045 (polttoaineiden vaihtamisen sijaan)

- Lähdetään erittäin aktiivisesti edistämään ja toteuttamaan asiakaskiinteistöjen lämmönkäytön tehostamista, ylijäämälämpöjen talteenottoa ja kysyntäjoustoa⁽¹⁾
- Maksimoidaan uusien järjestelmätason lämpöpumppulaitosten määrä ja tuotanto (kapasiteetti +170 MW, tuotanto +130%) v. 2030 mennessä⁽²⁾
- Rakennetaan kapasiteettia (edullisen) sähkön hyödyntämiseksi lämmöntuotannossa (power-to-heat, +130 MW ja 0,4 TWh) v. 2030 mennessä⁽³⁾
- Jatketaan Salmisaari B:n käyttöä vuoden 2034 asti jatkaen puupellettien polttoa hiilen seassa (5-7%), jonka jälkeen se korvataan uuteen teknologiaan perustuvalla lämmöntuotannolla
- Panostetaan teknologiakehitykseen ja päätetään v. 2025 vaiheilla merkittäviä päästöjä aiheuttavien laitosten alasajosta sen mukaan mitä teknologisia ratkaisuja on tarjolla (geoterminen/maalämpö, pienydinvoima) → v. 2035 mennessä rakennetaan uutta päästötöntä lämmöntuotantokapasiteettia 300 MW (tuotanto 1,5 TWh)

1. Oletuksena lämmön käyttö -5% ja piikkiteho -50 MW v. 2025; lämmön käyttö -10% vuodessa v. 2030 alkaen ja piikkiteho -100 MW (normaaliuraan verrattuna)

2. Oletetaan, että käytettävissä olevilla ylijäämälämmön lähteillä pystytään kattamaan tämä määrä (teollisuus, kiinteistöt, jätevesi, merivesi)

3. Sähkökattiloita tarvitaan lämpöakkujen lataamiseen sekä mm. lämpöpumpuilla tuotetun lämmön priimaamiseen kylmimpinä aikoina

Skenaariossa 3 todelliset päästöt yli puolitetaan vuoteen 2035 mennessä ilman kohtuuttomia lisäkustannuksia

Vuosi	Kaukolämmön tuotanto	Sähkön CHP-tuot.	Lämpötehon tarve	Todelliset CO ₂ -päästöt
2017	7,1 TWh	3,9 TWh	2500 MW	3,4 Mt
2025	6,9 TWh	2,8 TWh	2500 MW	3,0 Mt
2030	6,8 TWh	2,8 TWh	2500 MW	2,5 Mt
2035	6,9 TWh	1,7 TWh	2550 MW	1,5 Mt

Vuosi	Laitos	Lämpötehon muutos
Alkuvuodet kuten skenaariossa 1		
	Netto	+22 MW
2029	Lämpöp.laitos	+170 MW
2029	Sähkökattilat	+130 MW
2035	Salmisaari B	-300 MW
2035	Uusi päästötön	+300 MW

Kohde	Investointi	Vaikutus kl:n hintaan
Hanasaaren korvausinvestoinnit	500 M€	+6-8% ⁽¹⁾ v. 2025
Uusi lämpöpumppulaitos + Sähkökattilat + Uusi päästötön tuotanto	250 M€ ⁽²⁾ + 90 M€ + 600 M€	+2-5% ⁽³⁾ v. 2030 +5-10% ⁽³⁾ v. 2035

1. Laskettuna keskimäärin 20 vuoden käyttöajalla (ennen polttamiskieltoa)

2. Investoinnit: LPL 1,5 M€/MW, sähkökattila 0,7 M€/MW ja uusi päästötön 2,0 M€/MW

3. Kaikkien käyttöiksi arvioitu 30 v.

BLL = biolämpölaitos, LPL = lämpöpumppulaitos

Lähde: Energiategollisuus ry, Helen, VALOR-analyysi

Skenaariossa 4 pyritään hiilineutraaliin lämmöntuotantoon jo vuonna 2035

- Lähdetään erittäin aktiivisesti edistämään ja toteuttamaan asiakaskiinteistöjen lämmönkäytön tehostamista, ylijäämälämpöjen talteenottoa ja kysyntäjoustoa (vaatinee asuinkiinteistöjen keskilämpötilojen alentamista n. 21 asteeseen v. 2030)⁽¹⁾
- Maksimoidaan uusien järjestelmätason lämpöpumppulaitosten määrä ja tuotanto (kapasiteetti +170 MW, tuotanto +130%) v. 2030 mennessä⁽²⁾
- Rakennetaan kapasiteettia (edullisen) sähkön hyödyntämiseksi lämmöntuotannossa (power-to-heat, +100 MW ja 0,4 TWh v. 2029 ja vielä +150 MW ja 0,6 TWh v. 2034)⁽³⁾
- Jatketaan Salmisaari B:n käyttöä v. 2034 asti jatkaen puupellettien polttoa hiilen seassa (5-7%), jonka jälkeen se korvataan uuteen teknologiaan perustuvalla lämmöntuotannolla
- Panostetaan teknologiakehitykseen ja päätetään v. 2025-30 Salmisaaren alasajosta sen mukaan mitä teknologisia ratkaisuja on tarjolla (geoterminen/maalämpö, pienydinvoima) → v. 2035 mennessä rakennetaan uutta päästötöntä kapasiteettia 300 MW (tuotanto 1,5 TWh)
- Asennetaan Vuosaaren maakaasukäyttöisen CHP-laitokseen hiilidioksidin talteenottoratkaisu (CCS) v. 2034 (investointiarvio 1,0-1,5 miljardia euroa⁽⁴⁾, poistaa 90% hiilidioksidipäästöistä)

1. Oletuksena lämmön käyttö -5% ja piikkiteho -50 MW v. 2025; lämmön käyttö -15% vuodessa v. 2030 alkaen ja piikkiteho -150 MW
2. Oletetaan, että käytettävissä olevilla ylijäämälämmön lähteillä pystytään kattamaan tämä määrä (teollisuus, kiinteistöt, jätevesi, merivesi)
3. Sähkökattiloita tarvitaan lämpöakkujen lataamiseen sekä mm. lämpöpumpuilla tuotetun lämmön priimaamiseen kylmimpinä aikoina
4. Valistunut arvaus inv.kustannuksesta 2030-luvulla; CCS heikentää laitoksen sähkötehoa, koska se vaatii paljon sähköenergiaa

Skenaariossa 4 todelliset päästöt painetaan lähelle nolaa v. 2035 mennessä, mutta varsin kovalla hinnalla

Vuosi	Kaukolämmön tuotanto	Sähkön CHP-tuot.	Lämpötehon tarve	Todelliset CO ₂ -päästöt
2017	7,1 TWh	3,9 TWh	2500 MW	3,4 Mt
2025	6,9 TWh	2,8 TWh	2500 MW	3,0 Mt
2030	6,8 TWh	2,8 TWh	2500 MW	2,3 Mt
2035	6,9 TWh	1,7 TWh	2550 MW	0,4 Mt

Kohde	Investointi	Vaikutus kl:n hintaan
Hanasaaren korvausinvestoinnit	500 M€	+6-8% ⁽¹⁾ v. 2025
Uusi lämpöpumppulaitos + Sähkökattilat + Sähkökattilat + Uusi päästötön tuotanto + CCS Vuosaari	250 M€ ⁽²⁾ + 70 M€ + 105 M€ + 600 M€ + 1000-1500 M€	+2-5% ⁽³⁾ v. 2030 +15-30% ⁽³⁾ v. 2035

1. Laskettuna keskimäärin 20 vuoden käyttöajalla (ennen polttamiskieltoa)

2. Investoinnit: lämpöpumppulaitos 1,5 M€/MW, sähkökattila 0,7 M€/MW ja uusi päästötön 2,0 M€/MW

3. Kaikkien käyttöiksi arvioitu 30 v.

Lähde: Energiategollisuus ry, Helen, VALOR-analyysi

Vuosi	Laitos	Lämpötehon muutos
Alkuvuodet kuten skenaariossa 1		
	Netto	+22 MW
2029	Lämpöp.laitos	+170 MW
2029	Sähkökattilat	+100 MW
2034	Sähkökattilat	+150 MW
2035	Salmisaari B	-300 MW
2035	Uusi päästötön	+300 MW

Skenaario 4 osoittaa, että täydellisen hiilineutraaliin lämmöntuotantoon on käytännössä mahdotonta päästä ilman hiilinelujen hyödyntämistä

Sisällysluettelo

1. Taustaa linjauksille
2. Alustavia ylätasoa linjauksia hiilineutraaliin energiantuotantoon siirtymiseksi
3. Helsingin energiantuotantoskenaarioiden kuvaukset ja vertailu
4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Kivihiilen käyttökielto on sekä ympäristön että helsinkiläisten näkökulmasta huono päätös

Skenaariotarkastelun perusteella kivihiilen polton kieltäminen ei vähennä todellisia hiilidioksidipäästöjä 2030-luvulla, vaan kivihiilen korvaaminen puun polttamisella yksiselitteisesti **lisää Helsingin todellisia hiilidioksidi- ja pienhiukkaspäästöjä**⁽¹⁾

Lämmöntuotannosta polttamalla täytyy ja on järkevää luopua jollain aikavälillä - siitä kaikki ovat samaa mieltä

Ei kuitenkaan ole ympäristön eikä helsinkiläisten kannalta järkeä päättää nyt kivihiilen kieltämisestä 1.5.2029 alkaen, koska lyhyt aikaväli **pakottaisi** vain **korvaamaan yhden polttamisen muodon toisella polttamisen muodolla** ilman todellista päästöjen vähenemistä

Järkevämpää olisi tehdä Helsingissä **vaiheittain ja hallitusti** toimenpiteitä, joilla **tähdätään polttamisen lopettamiseen** lämmöntuotannossa **pysyvästi** ja sulkea Salmisaari, kun hiilenpoltolle on ilmaston kannalta oikeasti järkevä ja pysyvä vaihtoehto⁽²⁾

Jos nyt pakotetaan investoimaan merkittävästi **biomassan polttokapasiteettiin**, investoinnit voivat osoittautua **merkittäväksi hukkainvestoinniksi**, kun biomassan kestävyyskriteerit kiristyvät ja polttamalla tapahtuvaa lämmöntuotantoa aletaan säännellä entistä enemmän

1. Hiilidioksidipäästöt tuotettua energiayksikköä kohti nousevat; nykyisten laskentaperiaatteiden mukaan päästöt eivät kuitenkaan *laskennallisesti* lisääny, vaikka todellisuudessa näin käy
2. Myöskään Hanasaaren sulkemista ei voi perustella ilmastosiyllä, mutta päätöksen takana olivatkin lähinnä maankäytölliset syyt

Hyvästä tarkoituksesta huolimatta hiilen polttamisen kieltämisellä v. 2029 ja korvaamisella puulla on merkittäviä haittavaikutuksia

Kansantalouden näkökulma

- Pääkaupungin huoltovarmuus kriisitilanteissa heikkenee, koska biomassaa ei voi varastoida kriisin varalle yhtä helposti kuin kivihiiltä
- Kieltolaki johtaa⁽¹⁾ CHP-tuotannon korvautumiseen pelkällä lämmöntuotannolla, jolloin Helsingin ja Suomen sähkötehon saatavuus heikkee

Valtiontalouden näkökulma

- Valtiontalous kärsii, kun helsinkiläisten maksamat n. 60-80 M€:n kivihiilverot jäävät saamatta
- Kauppatase ei parane biomassan tullessa pääosin Baltiasta ja Venäjältä

Kivihiilen polton kieltäminen

Helsingin/helsinkiläisten näkökulma

- Todelliset hiilidioksidi- ja pienhiukkaspäästöt lisääntyvät, mikä heikentää Helsingin ilmanlaatua⁽²⁾
- Uusien lämpökeskusten myötä yhä useampi helsinkiläinen saa asua lämpölaitoksen naapurissa
- Tehottomat väliaikaiset laitosinvestoinnit nostavat helsinkiläisten maksamaa kaukolämmön hintaa
- Helsinkiläisten Helen-omistuksen arvo laskee⁽³⁾
- Asumiskustannukset nousevat

Yhtiön näkökulma

- Yhtiö joutuu investoimaan energiaratkaisuun, joka ei ole pysyvä eikä ilmaston kannalta suotuisa
- Uusia kehittyviä teknologioita ei ehditä hyödyttää
- Kaukolämmön hinta nousee, kun yhtiö joutuu varmistamaan biomassan saatavuuden kovalla hinnalla
- Lämmön toimitusvarmuus voi kärsiä (+huoltovarmuus)
- Kaukolämmön hinta nousee ja kilpailukyky heikkenee⁽⁴⁾
- Polttoaineen kuljetus siirtyy laivoista kumipyörille

1. Ainakin nykyisellä sähkön keskimääräisellä hintatasolla, joka ei kannusta rakentamaan CHP-kapasiteettia vaan korvaamaan sen lämpökattiloilla
2. Kivihiilen osuus polttoaineiden hiukkaspäästöstä oli Tilastokeskuksen mukaan 1,3% v. 2016; puun energiankäytön osuus oli 82%
3. Turhien kassavirtaa syövien lämpölaitosinvestointien ja toimivan omaisuuden alasajon vuoksi
4. Mahdollisuudet yhdistetyn tuotannon ja kattavan kaukolämpöverkon ylläpitämiseksi jatkavat heikkenemistään

Suomen näkökulmasta pragmaattinen lähestymistapa olisi vahvistaa hiilinieluja sekä rajoittaa puun energiakäyttöön liittyviä riskejä

- 1 Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tulisi lähteä vastaamaan ensisijassa hiilinieluja vahvistamalla
- 2 Hiilinielujen lisäykset tulisi ottaa mukaan päästökauppaan (nielusertifikaatit tms.), jolloin päästöt ja nielut kohtaisivat samalla markkinapaikalla muodostaen CO₂-ekvivalentille hinnan
- 3 Suomessa fokus tulisi järkevää asettaa nielujen maksimointiin niin, että kansantalouden kannalta keskeisten teollisuudenalojen, kuten mekaanisen puunjalostuksen ja kuiduttavan metsäteollisuuden raaka-ainehuolto turvattaisiin⁽¹⁾
 - Riski kestävyyskriteerien tiukkenemisestä ja niukkuuden lisääntymisestä jäisi silloin biomassan energiakäytölle
- 4 Kivihiilen ja muiden fossiilisten ja edelleen kaikkien polttoaineiden käytöstä luovutaan aikanaan ja korvataan ne suoraan uusilla päästöttömillä teknologioilla
- 5 Toteutettavien toimenpiteiden ei tulisi olla hätiköityjä loikkia, vaan askel askeleelta oikeaan suuntaan etenemistä yritysten investointikyky ja kehitystoiminta turvaten

Helsingin energiaratkaisussakin olisi viisaampaa katsoa kauemmas ja valita suoraan polttamisen lopettamiseen tähtäävä polku

- 1 Maksimoidaan kiinteistöissä tapahtuva lämmönkäytön optimointi asuinolosuhteita heikentämättä hyödyntämällä anturiteknologiaa ja reaaliaikaista lämmönkäytön ohjausta
- 2 Maksimoidaan uusien järjestelmätason lämpöpumppulaitosten määrä ja tuotanto siinä mittakaavassa, kun ylijäämälämmön lähteitä on saatavilla (teollisuus, kiinteistöt, merivesi)⁽¹⁾
- 3 Rakennetaan kapasiteettia ajoittain edullisen (tuulivoima)sähkön hyödyntämiseksi lämmöntuotannossa (power-to-heat) - erityisesti yhdistettynä lämpövarastoihin)
- 4 Panostetaan tekniseen kehitystyöhön, joilla päästöttömiä lämmöntuotantomuotoja saataisiin kaupallistettua ja laajaan käyttöön (geoterminen lämpö, CCUS⁽²⁾, pienydinvoima)
- 5 Jatketaan välivaiheessa hiili- ja kaasulaitosten käyttöä, mutta maksimoidaan biohiilen ja biokaasun käyttö laitoksissa - tarvittaessa tukien bioraaka-aineiden lisätuotantoa
- 6 Priorisoidaan jätteenpolttoa viimeisenä polttoon perustuvana lämmöntuotantomuotona, koska kierrätyskelvottomat jätteet täytyy joka tapauksessa käsitellä⁽³⁾
- 7 Selvitetään kannustimia tai mahdollisuuksia lämmitysenergian lisäsäästöön sisälämpötilojen osa-aikaisella alentamisella tai ylitämpöjen leikkausmekanismeilla, ainakin osassa kiinteistöjä

1. Teollisuuden ylijäämälämpö on paras, koska sitä voi hyödyntää tasaisesti läpi vuoden - muut lämmönlähteet heikkenevät talvella
2. Carbon Capture, Utilization and Storage = hiilidioksidin talteenotto, hyödyntäminen ja varastointi (hiilinielu)
3. Esimerkiksi yhteistyö Vantaan Energian kanssa Vantaan jätevoimalan laajennusosalla tuotetun kaukolämmön ostamisessa

Helsingin energiaratkaisussakin olisi viisaampaa katsoa kauemmas ja valita suoraan polttamisen lopettamiseen tähtäävä polku

- 1 Maksimoidaan kiinteistöissä tapahtuva lämmönkäytön optimointi asuinolosuhteita heikentämättä hyödyntämällä anturitekniologiaa ja reaaliaikaista lämmönkäytön ohjausta
- 2 Maksimoidaan uusien järjestelmätason lämpöpumppulaitosten määrä ja tuotanto siinä mittakaavassa, kun ylijäämälämmön lähteitä on saatavilla (teollisuus, kiinteistöt, merivesi)⁽¹⁾
- 3 Rakennetaan uusia lämmöntuotantolaitteita ja -laitteita (esimerkiksi lämmöntuotantolaitteita ja -laitteita) (esimerkiksi lämmöntuotantolaitteita ja -laitteita)
- 4 Panostetaan teollisuuden lämmöntuotantolaitteiden saataisiin kauemmas (esimerkiksi lämmöntuotantolaitteita ja -laitteita)
- 5 Jatketaan välitöntuotantoa ja biokaasun käyttöä (esimerkiksi lämmöntuotantolaitteita ja -laitteita)
- 6 Priorisoidaan jätteenpolttoa viimeisenä polttoon perustuvana lämmöntuotantomuotona, koska kierrätyskelvottomat jätteet täytyy joka tapauksessa käsitellä⁽³⁾
- 7 Selvitetään kannustimia tai mahdollisuuksia lämmitysenergian lisäsäästöön sisälämpötilojen osa-aikaisella alentamisella tai ylitämpöjen leikkausmekanismeilla, ainakin osassa kiinteistöjä

Huomattakoon, että tällä hetkellä Helen toteuttaa jo suunnitelmallisesti suurta osaa esitetyistä toimenpiteistä sekä kehittää ja testaa uusia ratkaisuja mahdollistaakseen uudet, entistä laajemmat toimenpiteet.

1. Teollisuuden ylijäämälämpö on paras, koska sitä voi hyödyntää tasaisesti läpi vuoden - muut lämmönlähteet heikkenevät talvella
2. Carbon Capture, Utilization and Storage = hiilidioksidin talteenotto, hyödyntäminen ja varastointi (hiilinielu)
3. Esimerkiksi yhteistyö Vantaan Energian kanssa Vantaan jätevoimalan laajennusosalla tuotetun kaukolämmön ostamisessa

Helsingin tuleva lämmöntuotantomalli vaikuttaa luonnollisesti myös Suomen sähköjärjestelmän toimintaan

- ▶ Esitetyssä ratkaisussa polttamiseen perustuva CHP-lämmöntuotanto vähenee ja sähköä tarvitseva lämmöntuotanto lisääntyy (lämpöpumput, sähkökattilat, geoterminen)
- ▶ Hanasaari B:n myötä Suomen sähkömarkkinoilta ja Helsingin alueelta häviää 220 MW sähkötehoa ja Salmisaari B:n myötä 160 MW
- ▶ Vastaavasti sähkötehon tarve kasvaa esitetyn ratkaisun myötä lämmityskauden aikana noin 200 MW:lla
- ▶ Muutosten jälkeenkin Helenin omistama sähköntuotantokapasiteetti on n. 1000 MW (pl. Kellosaari)
- ▶ Muutokset saattavat kuitenkin vaatia muutoksia sähköverkon rakenteeseen ja heikentävät osaltaan sähkön toimitusvarmuutta Helsingissä ja valtakunnallisesti
- ▶ Sähkötehon riittävyys onkin merkittävin Suomen kansantalouden toimintakykyä ja huoltovarmuutta uhkaava tekijä, jonka ratkaisemiseen täytyy kiinnittää huomiota

Hanasaaren ja Salmisaaren ennenaikaiseen alasajoon liittyy myös muita näkökohtia

- ▶ Euroopan tasolla katsoen ei ole kovin järkevää, että Suomessa ajetaan alas yli 90%:n hyötysuhteella toimivia kivihiili-CHP-voimalaitoksia, jolloin näiden päästöoikeudet vapautuvat pitkittämään Saksan ja Puolan ruskohiililauhdevoimaloiden käyttöikä - ne tuottavat sähköä vain 40-45%:n hyötysuhteella ja päästöjä monin verroin enemmän
- ▶ Molempien hiili-CHP-laitosten (Hanasaari ja Salmisaari) korvaaminen biolämpölaitoksilla tarkoittaisi sitä, että pellettejä tarvittaisiin miljoona tonnia vuodessa lisää - tämä on noin neljä kertaa Suomen koko pellettituotanto vuonna 2017
- ▶ Perävaunurekoilla kuljetettuina tämä tarkoittaisi yli 13 000 täysperävaunurekallista vuodessa eli lämmityskaudella noin 50 perävaunurekallista vuorokaudessa - haketta käytettäessä kuljettamiseen tarvittaisiin kuormia neljä kertaa enemmän (n. 200/vrk)
- ▶ Kaukolämpöverkon näkökulmasta Salmisaaren alasajo vaatii, että korvaava biolämpölaitos sijoitetaan joko Salmisaareen, Ruoholahteen, Lauttasaareen tai Jätkäsaareen

Energiapolitiikassa tärkeintä on ennustettavuus, vakaus ja selkeys - sekä osaoptimointiin johtavien toimenpiteiden välttäminen

- ▶ Ennustettavuus ja vakaus energiapolitiikassa ja sitä kautta kaukolämmön hinnassa on sekä kuluttaja-asiakkaan että energiayhtiön etu
- ▶ Pystyäkseen investoimaan uusiin energiaratkaisuihin energiayhtiöiden täytyisi pystyä luottamaan siihen, että erilaisten lämmöntuotantoteknologioiden ja polttoaineiden hyväksyttävyyys säilyisi koko investointikauden ajan eli niiden vero- ym. kohtelu olisi vakaata
- ▶ Kaukolämpötoiminta perustuu hyötyjen ja tehokkuuden optimointiin *koko järjestelmän tasolla* - tästä syystä kl-verkkojen avaamisessa ei saisi hätiköidä, koska huono malli johtaa osaoptimointiin, joka heikentää järjestelmän kokonaistehokkuutta ja toimintaedellytyksiä⁽¹⁾
- ▶ Päätäjien on myös harhaanjohtavaa puhua eri lämmitysratkaisujen kustannusvaikutuksista⁽²⁾ energiayhtiöille tai kunnille, koska kaikki kustannukset peritään lopulta asiakkailta/asukkailta
- ▶ Lämpöenergiaa voidaan säästää rajoittamalla lämmitystä tietyissä kiinteistötyypeissä tai tiettyinä vuoden-/vuorokaudenaikoina, mutta energiansäästöpotentiaali asuinolosuhteita heikentämällä on rajallinen - ihmiset alkavat muuten lisälämmittää sähköpattereilla yms.⁽³⁾

1. Tästä syystä esimerkiksi single buyer -malli, jossa kaukolämpöyhtiöllä on velvollisuus ostaa ylijäämälämpöjä läpinäkyvällä, kustannuksiin perustuvalla hinnoittelulla, on hyvä malli (kyky optimoida toimintaa järjestelmätasolla säilyy)
2. Mukaan lukien verojen ja tukien yhdistelmästä, joiden kokonaisvaikutusta on monesti varsin hankalaa hahmottaa
3. Voisi selvittää mekanisme, jolla määritellyn peruslämpörajan tai suhteellisen lämmönkäytön (per m³) ylittävästä lämmityksestä asukkailta tai asiakkailta voisi veloittaa ilmastomaksuja tms.

LIITTEET

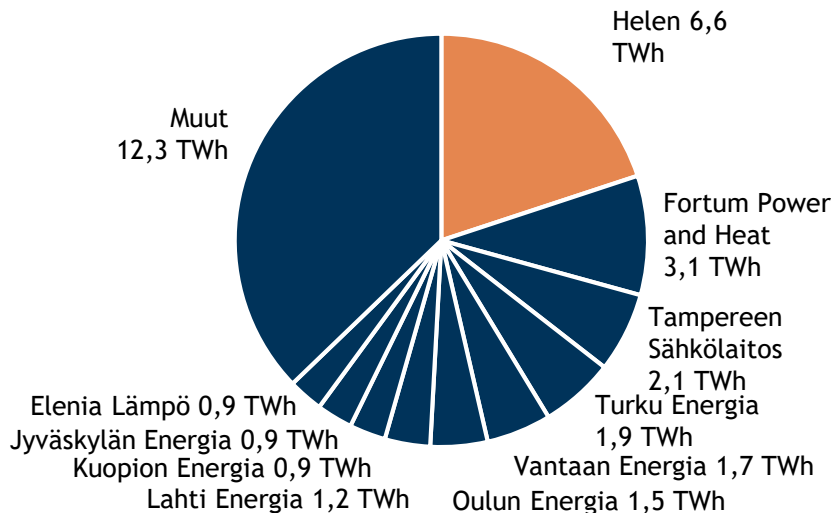
1. Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus
2. Tarkempia tietoja hiilidioksidin talteenottoteknologiasta (CCUS:stä)
3. Kehitysskenaarioiden taustaoletukset

VALOR

Liite 1: Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus

Helsingin kaukolämpöjärjestelmä lukuina

Suomen suurimmat kaukolämmön myyjät v. 2017 (100% = 33,1 TWh)



Suomen 10 suurinta kl-järjestelmää sopimusteholla mitattuna v. 2017

Kaukolämpöjärjestelmä	Asuin- talot MW	Teolli- suus MW	Muut MW	Yht. MW
1 Helsinki (Helen Oy)	1 688	197	1 506	3 390
2 Espoo (Fortum P&H Oy)	648	81	624	1 353
3 Turku (Turku Energia Oy Ab)	498	131	407	1 036
4 Tampere (Treen Sähkölaitos)	481	132	411	1 024
5 Vantaa (Vantaan Energia Oy)	425	189	379	992
6 Oulu (Oulun Energia Oy)	428	42	331	801
7 Jyväskylä (J-kylän Energia Oy)	648
8 Kouvolaa (KSS Lämpö Oy)	473	12	129	614
9 Kuopio (Kuopion Energia Oy)	278	36	214	527
10 Lappeenranta (L-rannan Energia Oy)	189	27	185	401

Liite 1: Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus

Hanasaaren ja Salmisaaren CHP-laitokset

Hanasaari B

- Hiilikäyttöinen CHP-laitos (seassa puupellettejä noin 5-7%)
- Valmistumisvuosi 1974
- Sähköteho 220 MW
- Lämpöteho 420 MW
- Hyötysuhde n. 86 prosenttia



Salmisaari B

- Hiilikäyttöinen CHP-laitos (seassa puupellettejä noin 5-7%)
- Valmistumisvuosi 1984
- Sähköteho 160 MW
- Lämpöteho 300 MW
- Tuottaa lisäksi jäähdytystä kaukojäähdytysverkkoon
- Hyötysuhde n. 90 prosenttia
- Samalla alueella on neljä maanalaista hiilisiiloa, lämpöakku, lämpökeskus (Salmisaari A, 180 MW) sekä pellettilämpölaite (92 MW)



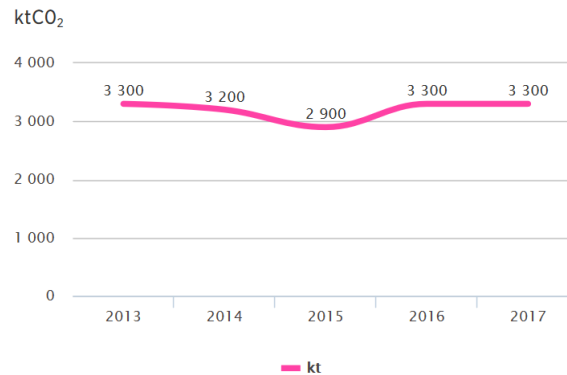
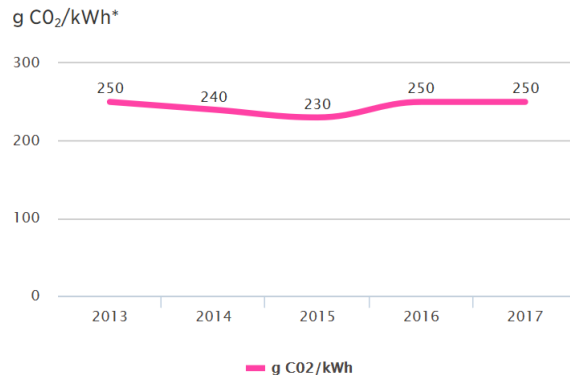
Liite 1: Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus

Helenin nykyiset lämmöntuotantolaitokset

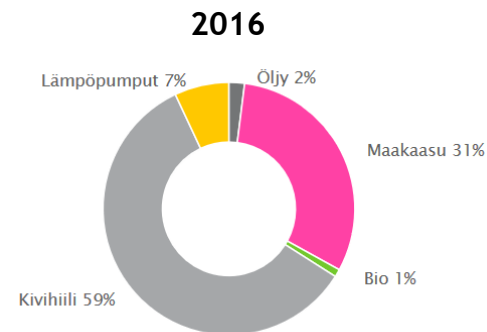
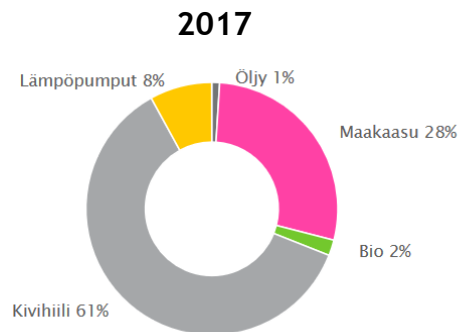


Liite 1: Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus Helenin hiilidioksidipäästöt ja kaukolämmön alkuperä 2016-17

Hiilidioksidin ominais- ja kokonaispäästöt



Kaukolämmön alkuperä



Liite 1: Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus Helenin toteuttamat ja suunnittelemat muutokset lämmöntuotantorakenteeseen

- Vuoteen 2025 mennessä Helenin tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 40 % v. 1990 tasosta, lisätä uusiutuvan energian osuus 25 %:iin ja puolittaa kivihiilen käyttö
- Tämän toteuttamiseksi Helen on ilmoittanut sulkevansa Hanasaaren voimalaitoksen vuoden 2024 loppuun mennessä
- Korvatakseen Hanasaaren lämmöntuotantoa Helen on
 - Rakentanut uuden pellettilämpökeskuksen (92 MW) Salmisaaren voimalaitosalueelle
 - Rakentanut Esplanadin uuden lämpöpumppulaitoksen (lämpöteho 2 x 11 MW)
 - Päättänyt laajentaa Katri Valan lämpöpumppulaitosta yhdellä uudella lämpöpumpulla (lämpöteho 18 MW)
 - Rakentamassa Mustikkamaan öljyluoliin suurta lämpövarastoa (120 MW / 11,6 GWh)
 - Suunnittelemassa suurta lämpöenergian kausivarastoa Kruunuvuorenrantaan
 - Suunnittelemassa kolmea uutta biolämpölaitosta Vuosaaren, Patolaan ja Tattarisuolle
- Suunnitellut uudet lämpölaitokset käyttäisivät kestävästä lähteistä hankittuja biopolttoaineita, kuten pellettiä ja metsähaketta (pääasiassa Baltiasta ja Venäjältä)

Liite 1: Helsingin kaukolämpöjärjestelmän ja sen jatkokehityksen kuvaus

Kivihiilen käytön lopettamisen vaikutuksia Helsingin lämmitysjärjestelmälle

- Kaiken kaikkiaan kivihiilen käytön lopettamisen myötä Helenin kaukolämpökapasiteetti vähenee 870 MW ja sähköntuotannon kapasiteetti 380 MW
- Tällä hetkellä uutta tuotantoa on rakennettu 114 MW
- Hanasaaren sulkemisesta johtuen Helen investoi lähivuosien aikana puoli miljardia euroa vähäpäästöiseen lämmöntuotantoon (=tuhat euroa per helsinkiläinen, joka kerätään loppuasiakkailta kaukolämpömaksuina) - lisäksi sähköntuotantoa menetetään
- Näillä investoinneilla varaudutaan vasta vain Hanasaaren sulkemiseen
- Kivihiilikielto vuonna 2029 pakottaisi Helenin tekemään päätöksiä Salmisaaren korvaamisesta jo 2-3 vuoden kuluessa
- Tämä estäisi uusien teknologioiden hyödyntämisen (voimalaitoksen CO₂-päästöjen talteenottoratkaisut, paikalliset miniydinreaktorit, geoterminen energia jne.)
- Kaikki Helenin laitokset ovat jo päästökaupan piirissä eikä kivihiilen kieltolaki vähentäisi päästöoikeuksia - vaikutus ilmastoon voi olla nolla EU-tasolla

Liite 2: Tarkempia tietoja hiilidioksidin talteenottoteknologiasta (CCUS:stä) Yleiskuvaus CCUS:stä

- CCUS on teknologia, jota on käytetty jo 40 vuoden ajan
- Tällä hetkellä globaalisti on käytössä tai suunnitteilla on 22 suuren mittakaavan CCUS-laitosta (joista 21 toiminnassa vuoden 2018 loppuun mennessä)
- Nämä laitokset poistavat yhteensä 37 miljoonaa tonnia hiilidioksidia pääsemästä ilmakehään (12 kertaa Helenin kokonaispäästöt, vastaa kahdeksan miljoonan auton päästöjä)

Liite 2: Tarkempia tietoja hiilidioksidin talteenottoteknologiasta (CCUS:stä) Voimalaitosten CCS-teknologiat

Hiilidioksidin talteenotto savukaasuista (post-combustion capture)

- Savukaasut ohjataan kemiallisen liuottimen läpi, joka ottaa talteen jopa 90% savukaasujen sisältämästä hiilidioksidista
- Haihdutuskolonissa hiilidioksidi erotetaan liuottimesta, paineistetaan ja varastoidaan
- Muut savukaasut (lähinnä typpi) vapautetaan ilmakehään

Hiilidioksidin talteenotto happipolton avulla (oxy-combustion capture)

- Polttoaineen palaminen toteutetaan puhtaan hapen ja kierrätetyn savukaasun seoksessa ilman sijaan (ei typpeä)
- Savukaasujen hiilidioksidi-pitoisuus on korkea, jolloin sen erottaminen hiilidioksidin käsittely-yksikössä on helpompaa ja edullisempaa

Hiilidioksidin talteenotto polttoaineena käytettävästä kaasusta (pre-combustion capture)

- Polttoaine muutetaan ennen polttoa synteettiseksi kaasuksi, jonka pääkomponentit ovat vety ja hiilidioksidi
- Hiilidioksidi erotetaan kaasuvirrasta liuoksilla, paineistetaan ja varastoidaan
- Lähinnä vedystä koostuva polttokaasu johdetaan kaasuturbiinille polttoa varten

Liite 2: Tarkempia tietoja hiilidioksidin talteenottoteknologiasta (CCUS:stä) Toimivat voimalaitokset, joissa hyödynnetään CCUS-teknologiaa

Laitos	Omistaja(t)	Sijainti	Voimalatyyppi	CCUS:n tyyppi	Hinta ja vuosi	Kommentit
Petra Nova	NRG Energy, JX Nippon Oil & Gas Exploration Corp.	Texas, Yhdysvallat	Hiilivoimalaitos (Yksikkö 8, 1982), 654 MW	Post-combustion (240 MW)	1,0 mrd, USD, 2017 \$4200/kW	<ul style="list-style-type: none"> • CO2 hyödynnetään öljykentällä öljyn keräämisessä • Talteenotto 1,4 milj.t/v. (90% käsitellystä)
Boundary Dam Power Station	SaskPower	Saskatchewan, Kanada	Hiilivoimalaitos (Yksikkö 3, 115 MW, 2013, kaikki yht. 813 MW)	Post-combustion (115 MW)	1,4 mrd. CAD, 2014 \$12200/kW	<ul style="list-style-type: none"> • CO2 hyödynnetään öljykentällä öljyn keräämisessä • Talteenotto 0,8 milj.t/v. (80-90% käsitellystä)

Liite 2: Tarkempia tietoja hiilidioksidin talteenottoteknologiasta (CCUS:stä) Suunnitteilla olevat CCUS-ratkaisut voimalaitoksissa

Laitos	Kapasiteetti	Vuosi	Sijainti	Voimalatyyppi	CCUS:n tyyppi	Varastointi
Caledonia Clean Energy	3,0 Mtpa	2024	Skotlanti	Maakaasu	Post-combustion	Maaperä (offshore)
China Resources Power (Haifeng)	1,0 Mtpa	202X	Kiina	Kivihiili	Post-combustion	Maaperä (offshore)
Huaneng GreenGen IGCC Project (Phase 3)	2,0 Mtpa	202X	Kiina	Kivihiili	Post-combustion (kaasutus)	Öljyn kerääminen
Korea-CCS 1	1,0 Mtpa	202X	Etelä-Korea	Kivihiili	Post-combustion	Maaperä (offshore)
Korea-CCS 2	1,0 Mtpa	202X	Etelä-Korea	Kivihiili	Post-combustion tai oxy-combustion	Maaperä (offshore)
Shanxi International Energy Group CCUS	2,0 Mtpa	202X	Kiina	Kivihiili	Oxy-fuel combustion capture	Ei päätetty
Sinopec Shengli Power Plant CCS	1,0 Mtpa	202X	Kiina	Kivihiili	Post-combustion	Öljyn kerääminen

Liite 3: Kehitysskenaarioiden taustaoletukset

Skenaarioon 1 (as is) liittyvät kaukolämmön tuotantomäärät ja -kapasiteetit eri tarkasteluvuosina

2017	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	61 %	870	4,5	4,3	320	1444
Maakaasu	28 %	1499	2,1	2,0	220	456
Lämpöpumput	8 %	90		0,6	45	25
Bio	2 %	Salmisaari	0,1	0,1	400	59
Öljy	1 %	1009	0,1	0,1	260	19
		3468		7,1		2004

2025	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	30 %	450	2,4	2,2	320	770
Maakaasu	27 %	1499	2,2	2,0	220	486
Lämpöpumput	11 %	130		0,8	45	35
Bio	31 %	490	2,5	2,3	400	1015
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3240		7,3		2327

2030	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	20 %	300	1,7	1,5	320	533
Maakaasu	35 %	1499	2,9	2,6	220	645
Lämpöpumput	11 %	130		0,8	45	35
Bio	33 %	490	2,8	2,5	400	1111
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3090		7,5		2345

2035	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	0 %	0	0,0	0,0	320	0
Maakaasu	34 %	1499	2,9	2,6	220	645
Lämpöpumput	10 %	130		0,8	32	25
Bio	55 %	810	4,7	4,2	400	1867
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3110		7,7		2557

Liite 3: Kehitysskenaarioiden taustaoletukset Skenaarioon 2 (hiilestä irti v. 2029) liittyvät kaukolämmön tuotantomäärät ja -kapasiteetit eri tarkasteluvuosina

2017	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	61 %	870	4,5	4,3	320	1444
Maakaasu	28 %	1499	2,1	2,0	220	456
Lämpöpumput	8 %	90		0,6	45	25
Bio	2 %	Salmisaari	0,1	0,1	400	59
Öljy	1 %	1009	0,1	0,1	260	19
		3468		7,1		2004

2025	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	30 %	450	2,4	2,2	320	770
Maakaasu	27 %	1499	2,2	2,0	220	486
Lämpöpumput	11 %	130		0,8	45	35
Bio	31 %	490	2,5	2,3	400	1015
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3240		7,3		2327

2030	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	0 %	0	0,0	0,0	320	0
Maakaasu	31 %	1499	2,6	2,3	220	562
Lämpöpumput	11 %	130		0,8	45	35
Bio	58 %	810	4,8	4,3	400	1928
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3110		7,5		2546

2035	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	0 %	0	0,0	0,0	320	0
Maakaasu	30 %	1499	2,6	2,3	220	562
Lämpöpumput	10 %	130		0,8	32	25
Bio	59 %	810	5,0	4,5	400	2017
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3110		7,7		2625

Liite 3: Kehitysskenaarioiden taustaoletukset

Skenaarioon 3 (hiilineutraali v. 2045) liittyvät kaukolämmön tuotantomäärät ja -kapasiteetit eri tarkasteluvuosina

2017	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	61 %	870	4,5	4,3	320	1444
Maakaasu	28 %	1499	2,1	2,0	220	456
Lämpöpumput	8 %	90		0,6	45	25
Bio	2 %	Salmisaari	0,1	0,1	400	59
Öljy	1 %	1009	0,1	0,1	260	19
		3468		7,1		2004

2025	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	31 %	450	2,4	2,2	320	770
Maakaasu	29 %	1499	2,2	2,0	220	486
Lämpöpumput	11 %	130		0,8	45	35
Bio	28 %	490	2,1	1,9	400	853
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3240		6,9		2165

2030	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	22 %	300	1,7	1,5	320	533
Maakaasu	29 %	1499	2,2	2,0	220	486
Lämpöpumput	27 %	300		1,8	45	82
Bio	14 %	490	1,1	1,0	400	432
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
Sähkö	6 %	130		0,4	150 ⁽¹⁾	60
		3390		6,8		1613

2035	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	0 %	0	0,0	0,0	320	0
Maakaasu	33 %	1499	2,6	2,3	220	562
Lämpöpumput	26 %	300		1,8	32	58
Bio	12 %	490	0,9	0,8	400	373
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
Sähkö	6 %	130		0,4	125 ⁽¹⁾	50
Uusi päästötön	22 %	300		1,5	0	0
		3390		6,9		1064

1. Sähkön päästökertoimen arvoidaan laskevan nykyisestä n. 175 :stä 150:een v. 2030 ja edelleen 125:een v. 2035
Kalvolta puuttuvat sähkön ja jäädytyksen tuotantoon liittyvät hiilidioksidipäästöt
Lähde: VALOR-analyysi, Energiateollisuus ry, Helen

Liite 3: Kehitysskenaarioiden taustaoletukset

Skenaarioon 4 (hiilineutraali v. 2035) liittyvät kaukolämmön tuotantomäärät ja -kapasiteetit eri tarkasteluvuosina

2017	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	61 %	870	4,5	4,3	320	1444
Maakaasu	28 %	1499	2,1	2,0	220	456
Lämpöpumput	8 %	90		0,6	45	25
Bio	2 %	Salmisaari	0,1	0,1	400	59
Öljy	1 %	1009	0,1	0,1	260	19
		3468		7,1		2004

2025	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	31 %	450	2,4	2,2	320	770
Maakaasu	29 %	1499	2,2	2,0	220	486
Lämpöpumput	11 %	130		0,8	45	35
Bio	28 %	490	2,1	1,9	400	853
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
		3240		6,9		2165

2030	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	24 %	300	1,7	1,5	320	533
Maakaasu	31 %	1499	2,2	2,0	220	486
Lämpöpumput	29 %	300		1,8	45	82
Bio	9 %	490	0,7	0,6	400	265
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
Sähkö	6 %	100		0,4	150 ⁽²⁾	60
		3360		6,4		1447

2035	Kaukolämpö					
	Osuus tuot.	Kapasiteetti (MW)	PA-käyttö (TWh)	Tuotanto (TWh)	CO2-kerroin (t/GWh)	Päästöt (kt)
Kivihiili	0 %	0	0,0	0,0	320	0
Maakaasu	30 %	1499	2,2	2,0	22 ⁽¹⁾	49
Lämpöpumput	28 %	300		1,8	32	58
Bio	3 %	490	0,2	0,2	400	74
Öljy	1 %	671	0,1	0,1	260	21
Sähkö	15 %	250		1,0	125 ⁽²⁾	125
Uusi päästötön	23 %	300		1,5	0	0
		3510		6,5		327

Tämän skenaarion toteutuminen saattaa vaatia, että osassa kiinteistöistä sisälämpötiloja rajoitetaan nykyistä alemmiksi (asuinkiinteistöissä esim. keskimäärin 21-22 asteeseen, varasto- yms. kiinteistöissä 15-18 asteeseen)

1. CCS poistaa 90% hiilidioksidipäästöistä - vaihtoehtoisesti laitoksessa voitaisiin polttaa 90%:sesti biokaasua
2. Sähkön päästökertoimen arvoidaan laskevan nykyisestä n. 175:stä 150:een v. 2030 ja edelleen 125:een v. 2035

Kalvolta puuttuvat sähkön ja jäähdytyksen tuotantoon liittyvät hiilidioksidipäästöt

Lähde: VALOR-analyysi, Energiategollisuus ry, Helen

Hyviä linkkejä liittyen puun polttamisen ilmastovaikutuksiin

- Puun pienpolttaminen Norjassa
- <https://www.ntnu.no/blogger/andersarvesen/2018/02/26/climate-impacts-of-wood-burning-stoves/>
- Kritiikkiä EU:n puun polttamista kasvattavaa ilmastopoliittikkaa kohtaan
- <https://insideclimatenews.org/news/21062018/forest-biomass-renewable-energy-paris-climate-change-emissions-logging-wood-pellets-electricity>
- <https://easac.eu/press-releases/details/the-eus-renewable-energy-ambitions-bioenergy-from-forests-is-not-always-carbon-neutral-and-may-e/>
- <https://easac.eu/publications/details/multi-functionality-and-sustainability-in-the-european-unions-forests/>
- https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Forests/EASAC_Forests_web_complete.pdf

VALOR

VALOR PARTNERS
ETELÄESPLANADI 24
00130 HELSINKI

VALOR.FI