



Skenaariotarkastelu pääkaupunkiseudun kaukolämmöntuotannosta vuosina 2020-2080

Energiakonsultoinnin johtaja Heli Antila
Pöyry Management Consulting Oy

18.1.2010

Agenda

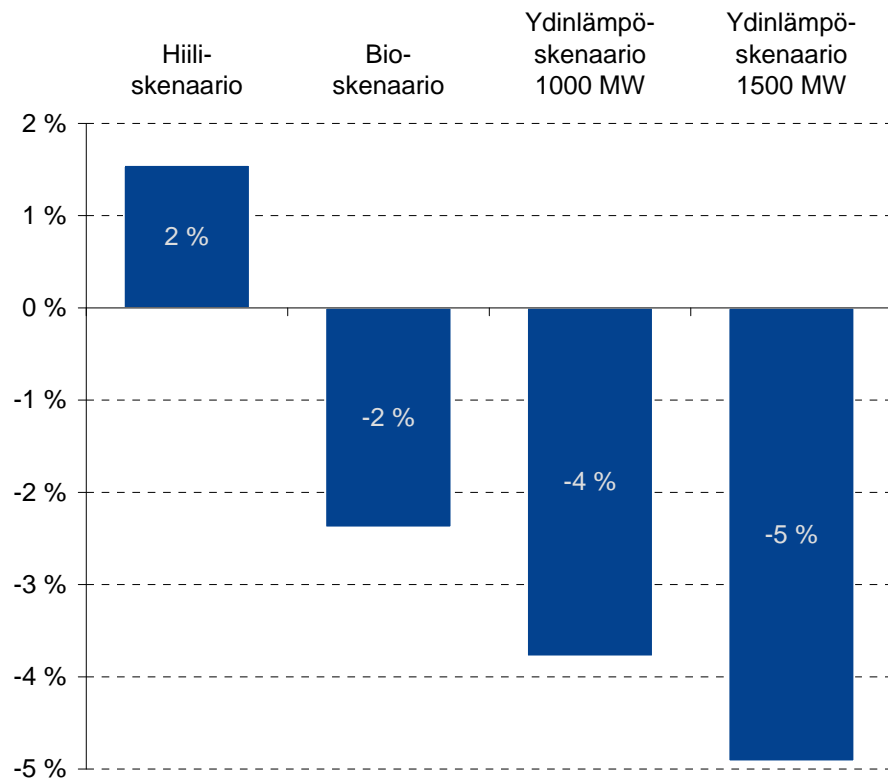
- ➔ 1. Johdanto ja keskeiset tulokset
- 2. Kaukolämmön kysyntä pääkaupunkiseudulla
- 3. Skenaarioiden kuvaus
- 4. Kaukolämmön tuotanto ydinvoimalla
- 5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
- 6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
- 7. Johtopäätökset

Johdanto

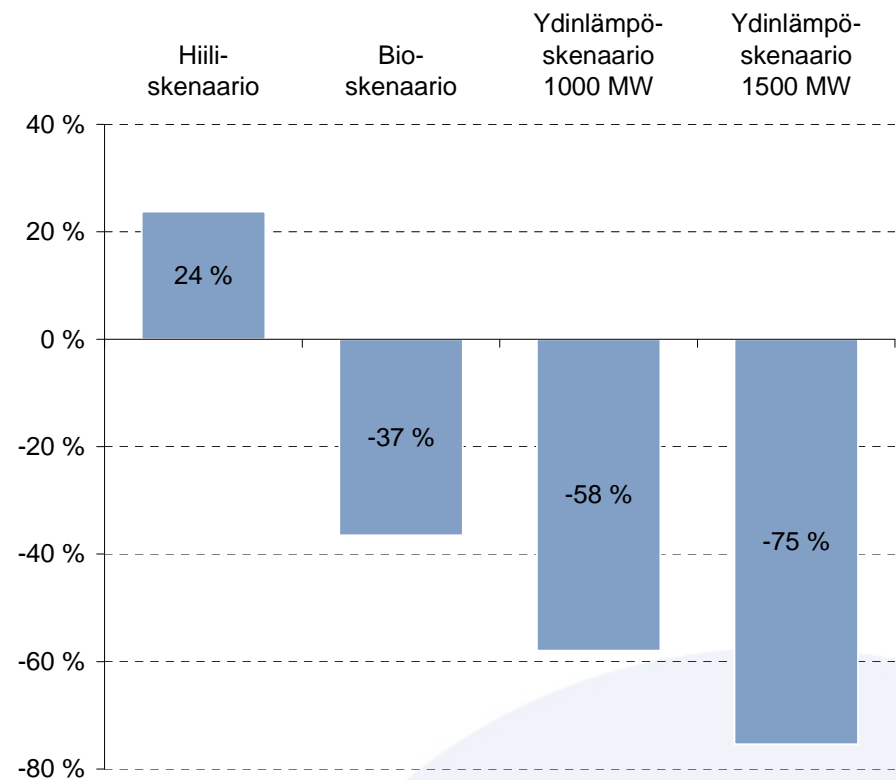
- Pöyry on toteuttanut Fortumin tilaamana toimeksiantona selvityksen ydinkaukolämmön teknisestä toteutettavuudesta ja kannattavuudesta pääkaupunkiseudulla
- Ydinkaukolämpö tuotettaisiin Loviisa 3 -ydinvoimalaitosyksikössä ja lämpö johdettaisiin yli 100 km pitkässä putkessa pääkaupunkiseudulle
- Selvityksessä muodostettiin kolme vaihtoehtoista tulevaisuuden skenaariota pääkaupunkiseudun kaukolämmön tuotantorakenteelle
 - Hiiliskenaario, jossa jatketaan nykyisellä tuotantorakenteella, joka pohjautuu pääasiallisesti hiileen ja maakaasuun
 - Bioskenaario, jossa energiantuotanto pohjautuu biomassaan ja maakaasuun
 - Ydinlämpöskenaariot 1000 MW:n ja 1500 MW:n kaukolämpöteholla
- Skenaarioita vertaillaan toisiinsa taloudellisen kannattavuuden, CO₂-päästöjen, muiden päästöjen, sekä vesistö- ja ympäristövaikutusten suhteen
- Toimeksiannossa käsitellään pääkaupunkiseudun kaukolämmön tuotantoa yhtenä kokonaisuutena, jolloin skenaarioiden vaikutuksia eri toimijoille ei ole arvioitu

Skenaarioiden CO₂-päästöjen muutos Suomessa ja pääkaupunkiseudulla vuoden 1990 päästötasoon verrattuna

Skenaarioiden CO₂-päästöjen merkitys Suomen vuoden 1990 päästöihin verrattuna



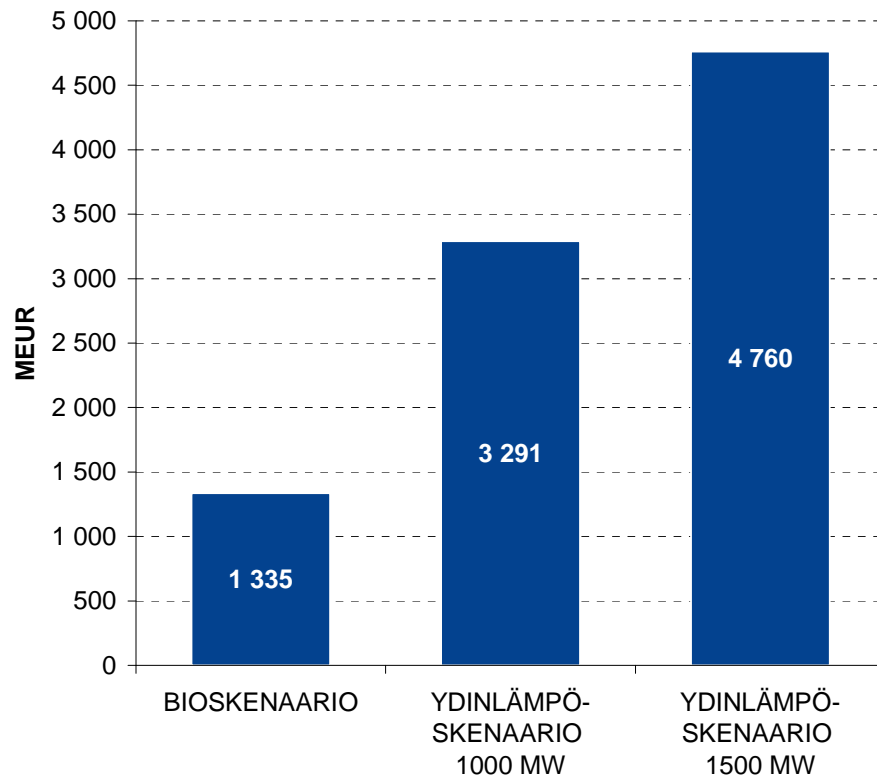
CO₂-päästöjen muutos pääkaupunkiseudulla vuoden 1990 tasoon verrattuna



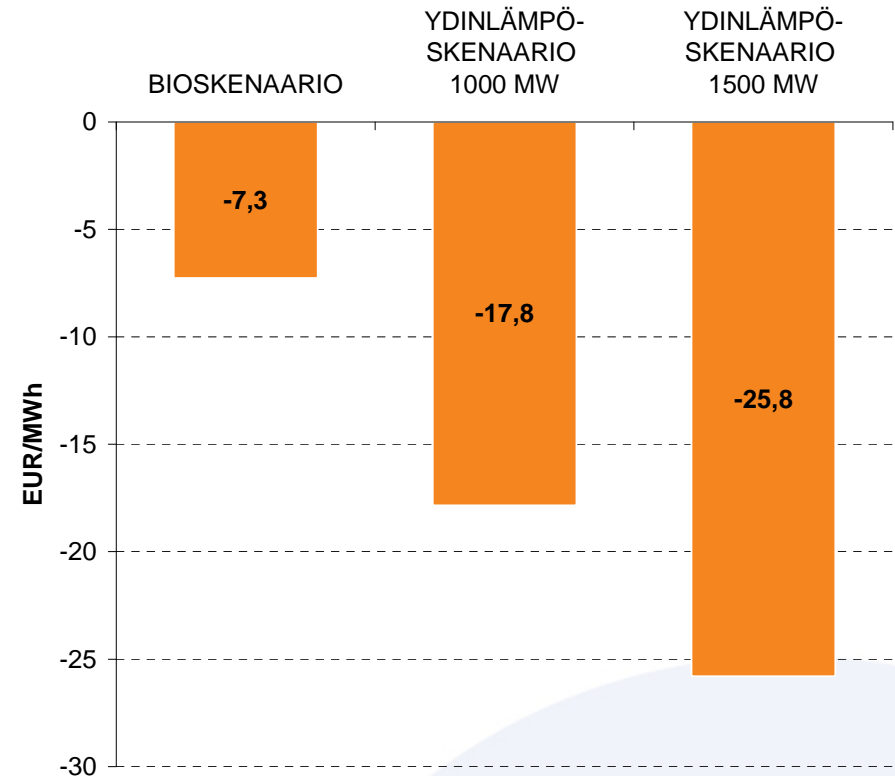
1500 MW:n ydinlämpöskenaariossa vuosittaiset CO₂-päästöt ovat 4,6 Mt hiiliskenaariota pienemmät

Ydinlämpöskenaarioiden elinaikainen säästö 3,3 - 4,8 mrd. euroa

Kassavirtojen nykyarvojen erotus hiiliskenaarioon verrattuna



Skenaarioiden ero kohdistettuna lämmön kustannukseen (verrattuna hiiliskenaarioon)



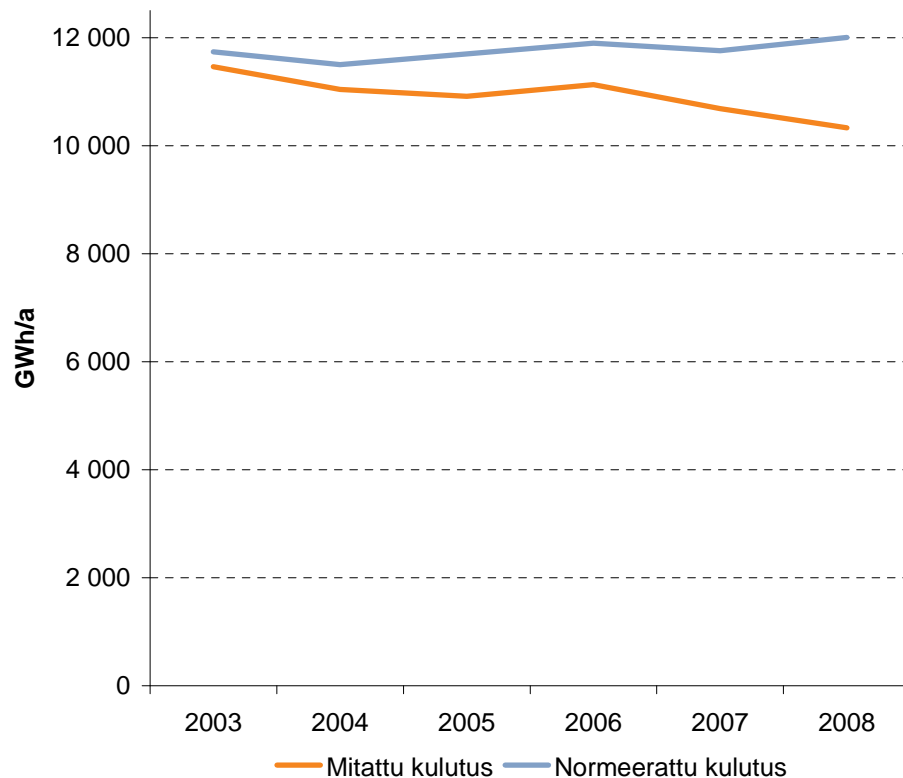
Agenda

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
- ➔ 2. Lähtötiedot
3. Skenaarioiden kuvaus
4. Kaukolämmön oton vaikutukset ydinvoimalaan
5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
7. Johtopäätökset

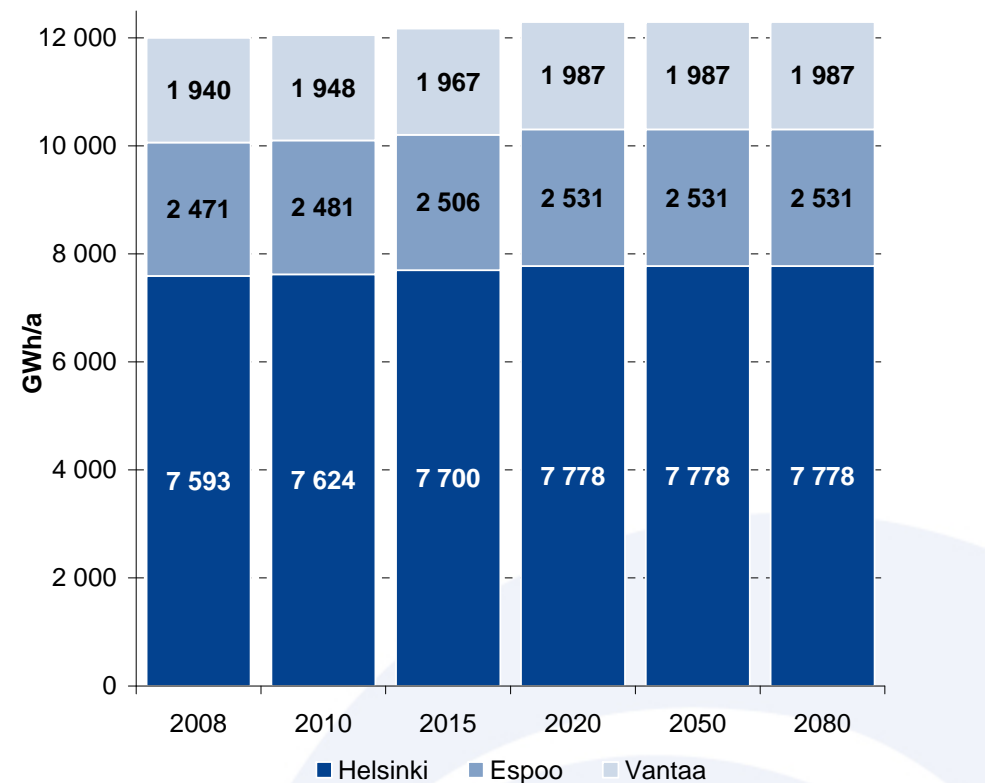
Pääkaupunkiseudun kaukolämmöntarve vuosille 2020-2080

Vuoden 2020 ennustettu lämmöntarve (GWh/a) perustuu 0,2 % vuosikasvuun vuodesta 2008 alkaen. Vuodesta 2020 alkaen lämmöntarve pysyy samalla tasolla.

Kaukolämmön kulutus 2003-2008



Pääkaupunkiseudun lämmöntarpeen kehitys vuosina 2020-2080



Käytetyt lähtötiedot perustuvat julkisesti saatavaan materiaaliin sekä Pöyryn asiantuntija-arvioihin

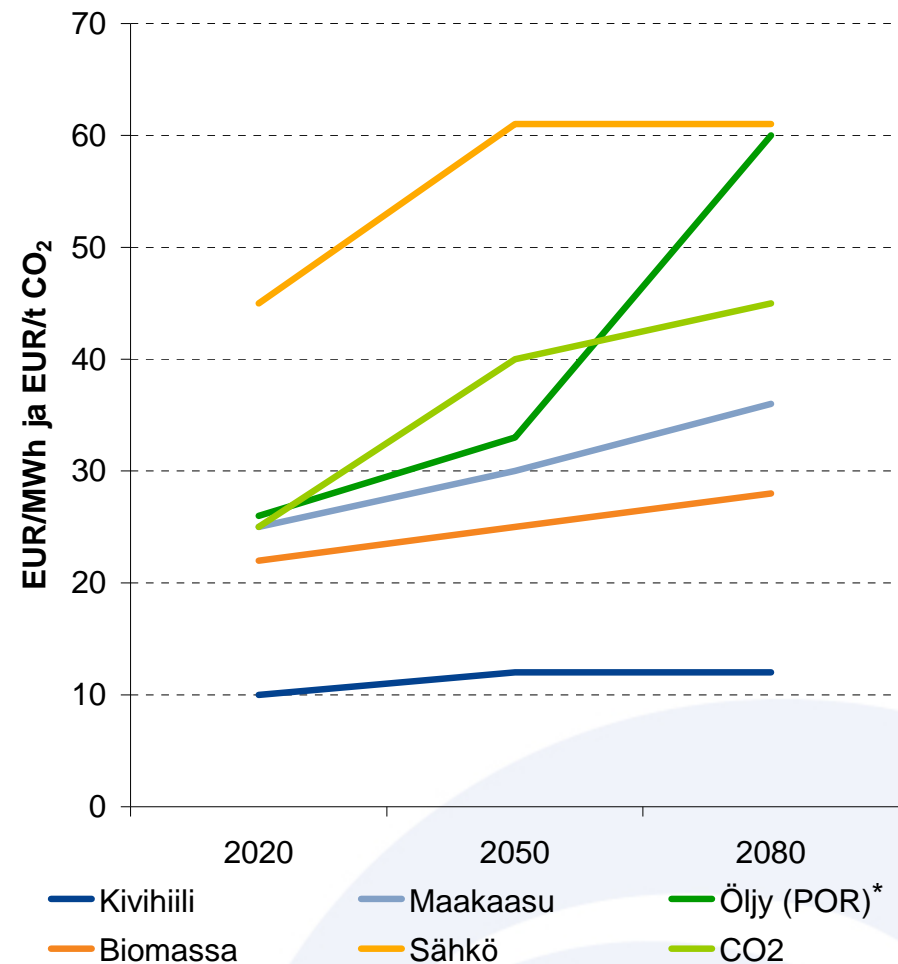
Säätely ja ohjauskeinot

- Vuoden 2020 jälkeen kaikki fossiilisia polttoaineita käyttävät laitokset hankkivat päästöoikeudet täysimääräisesti markkinoilta
- Lämmöntuotannon polttoaineverotuksen oletetaan pysyvän reaalisesti samalla tasolla vuodesta 2011 eteenpäin, jolloin uudet polttoaineverot tulevat voimaan
- Metsähakkeelle maksettavan 6,9 EUR/MWh_e:n tuen oletetaan pysyvän reaalisesti samalla tasolla koko tarkastelujakson ajan

Muut tekijät

- Pääkaupunkiseudun sähkön- ja lämmöntuotanto on mallinnettu voimalaitoksittain
- Investointi-, käyttö- ja kunnossapitokustannukset on arvioitu skenaariokohtaisesti
- Vuoden sisäinen energiantuotannon vaihtelu on laskettu tuntitasolla
- Reaalikorko 5 %

Hyödykkeiden hintakehitys



*Öljyn hinta vuonna 2020 87 USD/bbl ja vuonna 2080 200 USD/bbl

Agenda

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
2. Lähtötiedot
- ➔ 3. Skenaarioiden kuvaus
4. Kaukolämmön tuotanto ydinvoimalla
5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
7. Johtopäätökset

Skenaariotarkastelun lähtökohdat

- Selvityksessä on muodostettu kolme selvästi toisistaan eroavaa skenaariota, joissa koko pääkaupunkiseudun lämmön- ja sähköntuotantoa tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena
 - Skenaariot pidetään tarkastelun yhdenmukaisuuden vuoksi koko tarkastelujakson ajan samanlaisena
 - Toteutuva skenaario on mahdollisesti yhdistelmä esitetyistä skenaarioista täydennettynä tarkastelujakson aikana kehittyvillä kilpailukykyisillä tai sääntelyn edellyttämällä teknologioilla
- Tuotantotoiminta ja korvausinvestoinnit nykyiseen tuotantorakenteeseen huomioidaan vuoden 2020 alusta vuoden 2079 loppuun saakka, yhteensä 60 vuotta
- Myytävän lämpöenergian määrä ja myyntihinta on sama kaikissa skenaarioissa, jolloin myös lämpöenergian myynnin liikevaihto pysyy samana
- Myytävän sähköenergian määrä on pyritty asettamaan kaikissa skenaariossa samaksi

Skenaarioiden yleiskuvaukset

Hiiliskenaario

- Hiiliskenaario on nykyisen tuotantorakenteen mukainen, jossa energiantuotanto perustuu pääosin kaasuun ja hiileen
- Nykyinen tai vastaava voimalaitoskoneisto ylläpidetään korvausinvestoinneilla käyttökunnossa vuoteen 2080 saakka
- Selvityksen lähtötiedoilla on kannattavaa ajaa hiilivoimaa pohjalla ennen kaasuvoimalaitoksia
- Nykytilanteesta poiketen hiilivoimalaitosten polttoaineesta oletetaan 10 % olevan biopolttoaineiksi luokiteltavaa
- Lisäyksenä nykyiseen tuotantokoneistoon on kaikissa skenaariossa Vantaalle rakennettu jätteestä lämpöä ja sähköä tuottava voimalaitos

Bioskenaario

- Bioskenaariossa korvataan mahdollisimman paljon hiiltä biomassalla
- Bioskenaariossa rakennettavan biomassaa käyttävän voimalaitoskapasiteetin sähköntuotannon tehoksi on määritetty 350 MW
- Teknisistä syistä johtuen biovoimalaitoksen polttoaineesta 10 % oletetaan olevan hiiltä
- Biomassan hinta ja hankinnasta aiheutuva liikenne rajoittavat bioenergian lisäämistä pääkaupunkiseudun energiantuotannossa
- Uuden voimalaitoksen polttoainehuolto edellyttää merkittävää liikennettä (rekka, juna, laiva)

Ydinlämpöskenaario

- Ydinlämpöskenaariossa Loviisa 3- ydinvoimalaitosyksikössä tuotetaan sähkön lisäksi kaukolämpöä
- Tarkastelu on toteutettu sekä 1000 MW:n että 1500 MW:n ydinkaukolämpöteholla
- Kaukolämpö siirretään pääkaupunkiseudulle noin 100 km:n pituisessa putkessa
- Suuri osa pääkaupunkiseudun nykyisestä voimalaitoskapasiteetista jää varakapasiteetiksi, mutta ydinvoimalasta saatava sähköosuus kompensoi menetetyn sähköenergian
- Tarkastelussa ydinvoimala toimii ns. mankala-yhtiönä, joka myy tuottamansa energian osakkailleen omakustannushintaan

Lämmöntuotannon huoltovarmuus on varmistettu riittävällä varalämpökapasiteetilla

Skenaarioiden lämmön- ja sähkönhankinta sekä polttoainekäyttö

Lämmön- ja sähköntuotanto on kaikissa skenaariossa lähes yhtä suurta, mutta polttoainekäyttö vaihtelee suuresti skenaarioittain.

	Hiili- skenaario	Bio- skenaario	Ydinlämpö 1 000 MW	Ydinlämpö 1 500 MW
	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Lämmönhankinta	12 297	12 297	12 297	12 297
Sähkönhankinta	7 392	7 019	7 392	7 392
Polttoainekäyttö				
Maakaasu	9 867	11 008	9 121	5 106
Hiili	10 855	1 831	0	0
Jäte	978	978	978	978
Bio	886	6 903	0	0

Agenda

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
2. Lähtötiedot
3. Skenaarioiden kuvaus
- ➔ 4. Kaukolämmön tuotanto ydinvoimalla
5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
7. Johtopäätökset

Kaukolämmön tuotannon vaikutukset ydinvoimalan toimintaan ja saatavaan sähkötehoon

- Reaktorin toiminta pysyy muuttumattomana riippumatta siitä tuotetaanko kaukolämpöä vai ei
- Ydinkaukolämmön tuotanto on teknisesti toteutettavissa sekä paine- että kiehutusvesireaktorilla
- Kaukolämmön tuotanto vähentää voimalaitoksesta saatavaa sähkötehoa
 - Ydinvoimala oletetaan suunniteltavan lauhdesähkön tuotannolle, jota täydennetään kaukolämmön tuotannolla
 - Jos ydinvoimala suunniteltaisiin yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon, niin kaukolämmön tuotannon yhteydessä menetettäisiin vähemmän sähkötehoa

Sähkötehon menetys lauhdesähkön tuotantoon suunnitellusta ydinvoimalasta

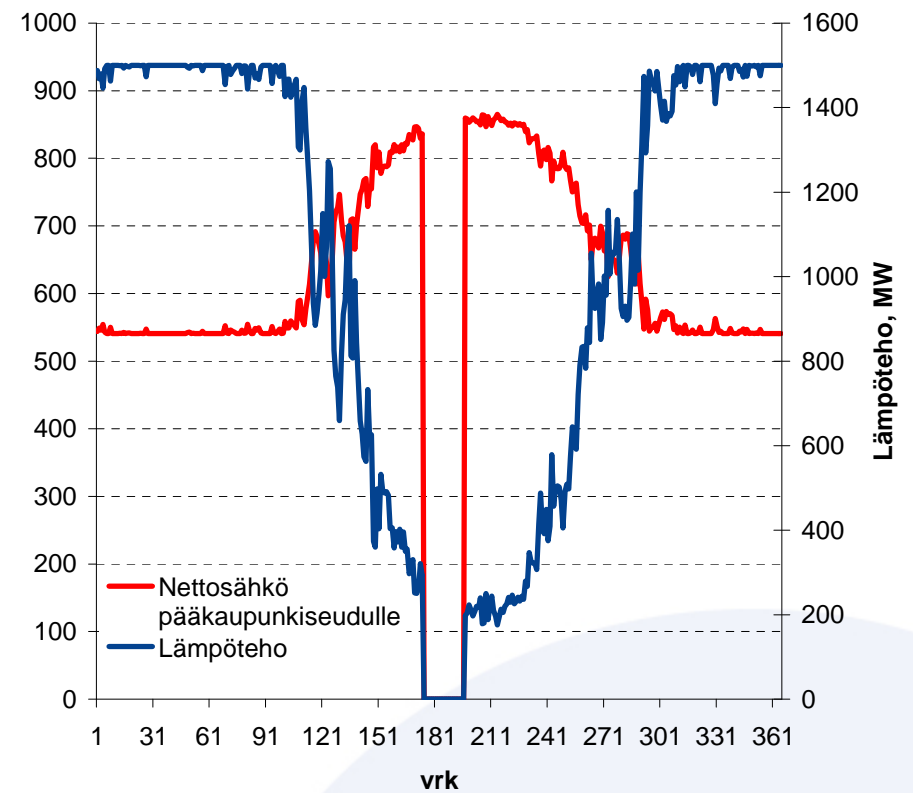
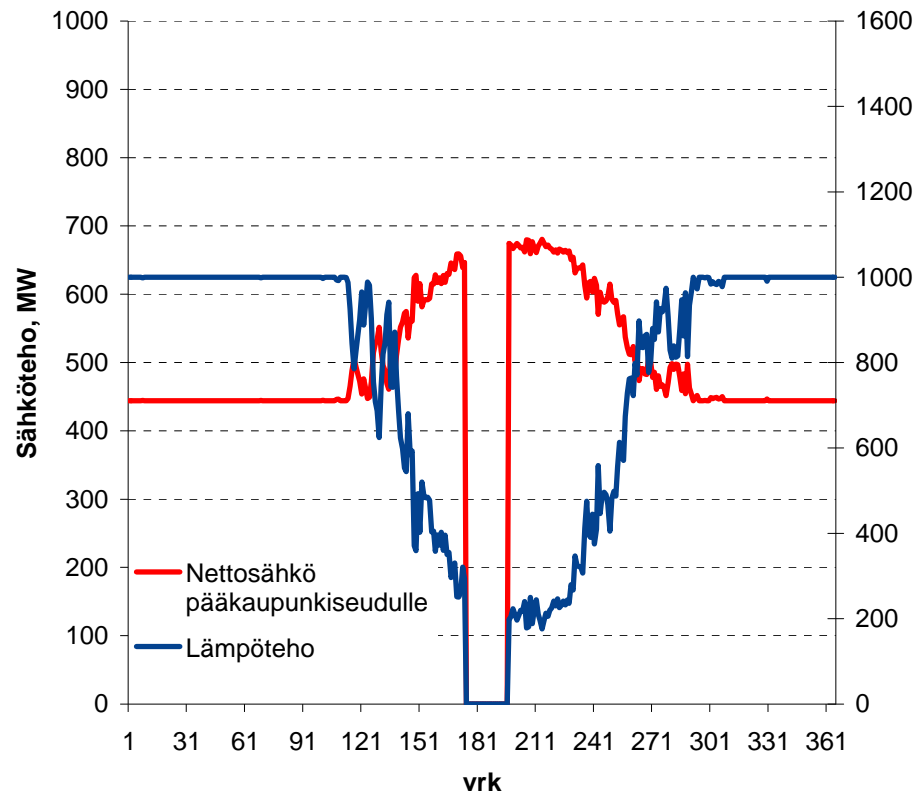
		Kaukolämpöteho	
		1000 MW	1500 MW
Sähkötehon menetys	MWe	220	340
KL-pumppaus	MWe	67	112
Vähentymä yhteensä	MWe	287	452

Pääkaupunkiseudun sähkön- ja lämmönsaanti ydinvoimalaitoksesta

Ydinvoimalaitoksesta saatava sähköosuus korvaa pääkaupunkiseudulla menetettävän sähköntuotannon

1000 MW:n ydinlämpöskenaario*

1500 MW:n ydinlämpöskenaario*



Kesällä kaukolämmön tarpeen vähentyessä pääkaupunkiseudun nettosähkön saanti ydinvoimalasta kasvaa (punainen viiva)

*Seisokin pituudeksi on molemmissa tapauksissa arvioitu 22 vrk eli ~3 viikkoa

Kaukolämmön siirtämiseksi pääkaupunkiseudulle rakennetaan noin 100 kilometriä pitkä siirtoputki

- Kaukolämpöputkisto voidaan sijoittaa tunneliin tai kaivantoon
- 1000 MW:n ydinlämpöskenaariossa kaukolämpöputkisto kulkisi reittiä Loviisa - Myllypuro - Hanasaari - Salmisaari
- 1500 MW:n ydinlämpöskenaariossa kaukolämpöputkisto kulkisi reittiä Loviisa - Långmosseberg - Myllypuro - Hanasaari - Salmisaari - Tapiola
- Lämpö jaetaan pääkaupunkiseudun kaukolämpöverkkoon Myllypurossa, Hanasaassa, Salmisaassa ja 1500 MW:n skenaariossa lisäksi Långmossebergissä ja Tapiolassa
- Putkilinjaston rakentaminen ajoittuu vuosille 2014-2019

Putkistoinvestoinnin suuruus eri vaihtoehdoissa

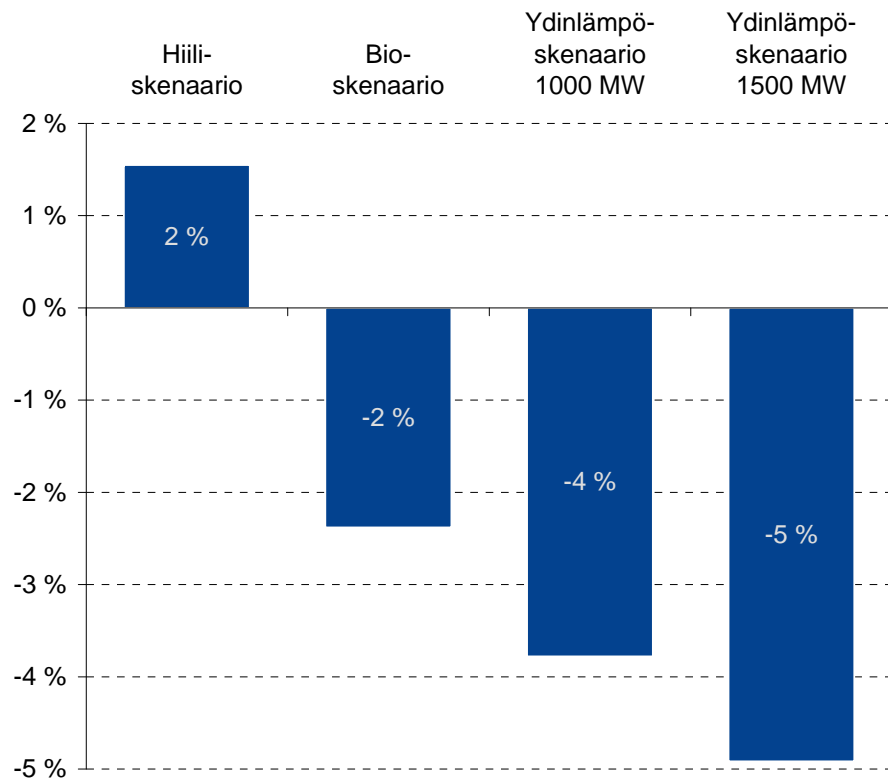
	Tunneli 1000 MW	Kaivanto 1000 MW	Tunneli 1500 MW	Kaivanto 1500 MW
	M EUR	M EUR	M EUR	M EUR
Putkistot ja laitteistot	545	545	800	800
Rakennustyöt	440	370	485	420
Yhteensä	985	915	1 285	1 220

Agenda

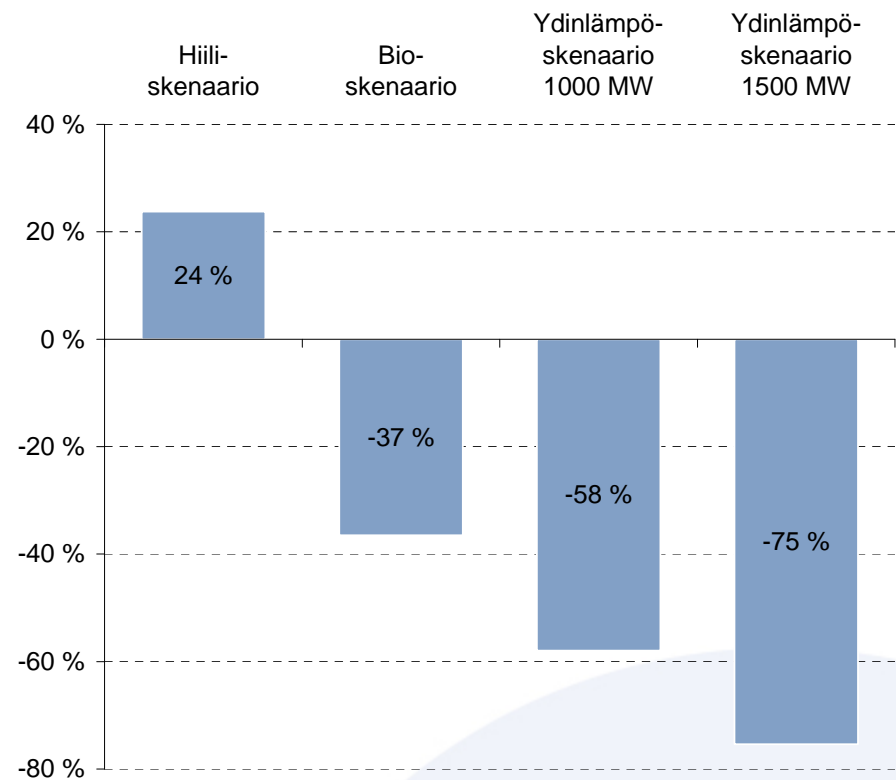
1. Johdanto ja keskeiset tulokset
2. Lähtötiedot
3. Skenaarioiden kuvaus
4. Kaukolämmön tuotanto ydinvoimalla
- ➔ 5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
7. Johtopäätökset

Skenaarioiden CO₂-päästöjen muutos Suomessa ja pääkaupunkiseudulla vuoden 1990 päästötasoon verrattuna

Skenaarioiden CO₂-päästöjen merkitys Suomen vuoden 1990 päästöihin verrattuna

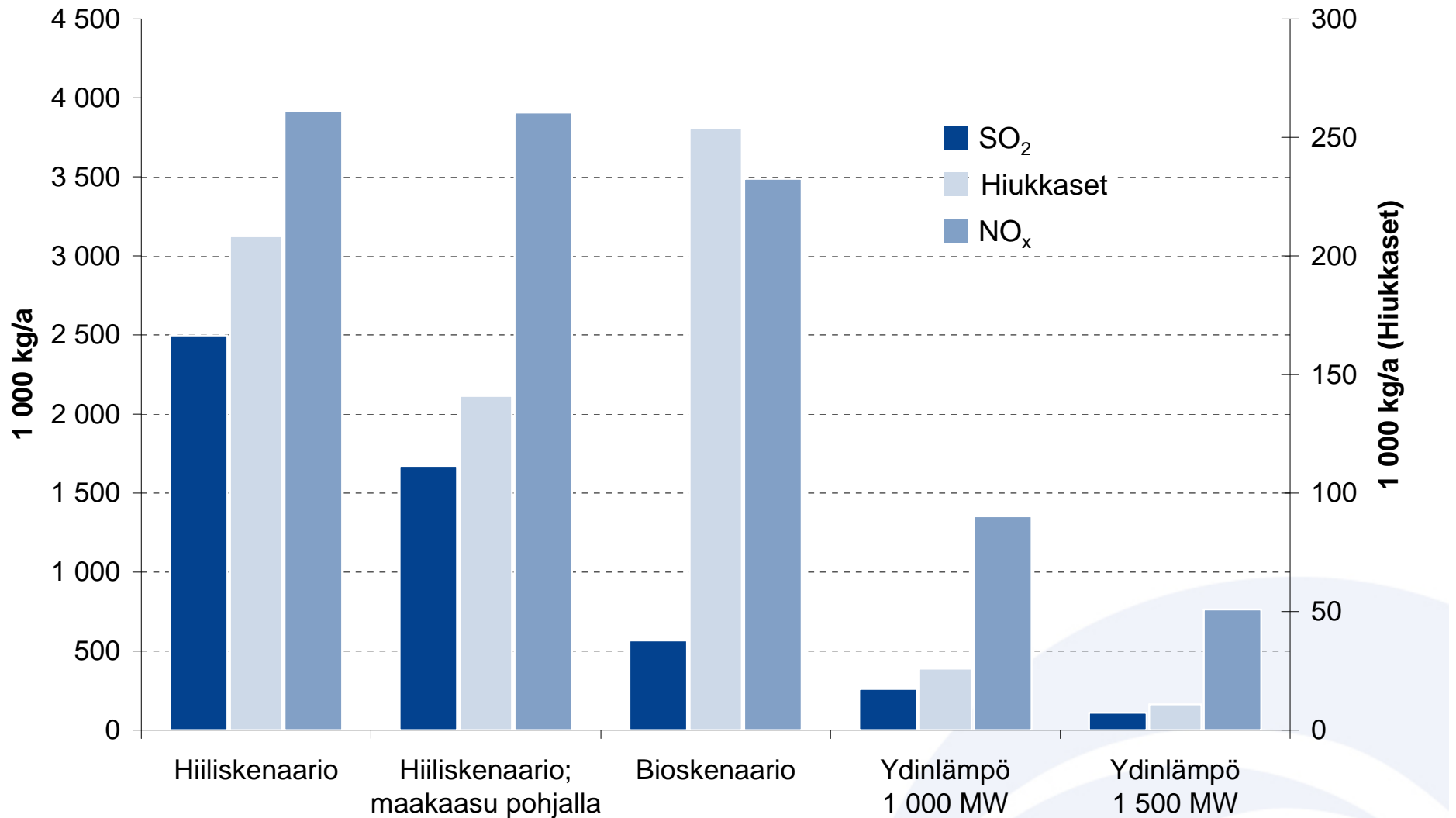


CO₂-päästöjen muutos pääkaupunkiseudulla vuoden 1990 tasoon verrattuna



1500 MW:n ydinlämpöskenaariossa vuosittaiset CO₂-päästöt ovat 4,6 Mt hiiliskenaariota pienemmät

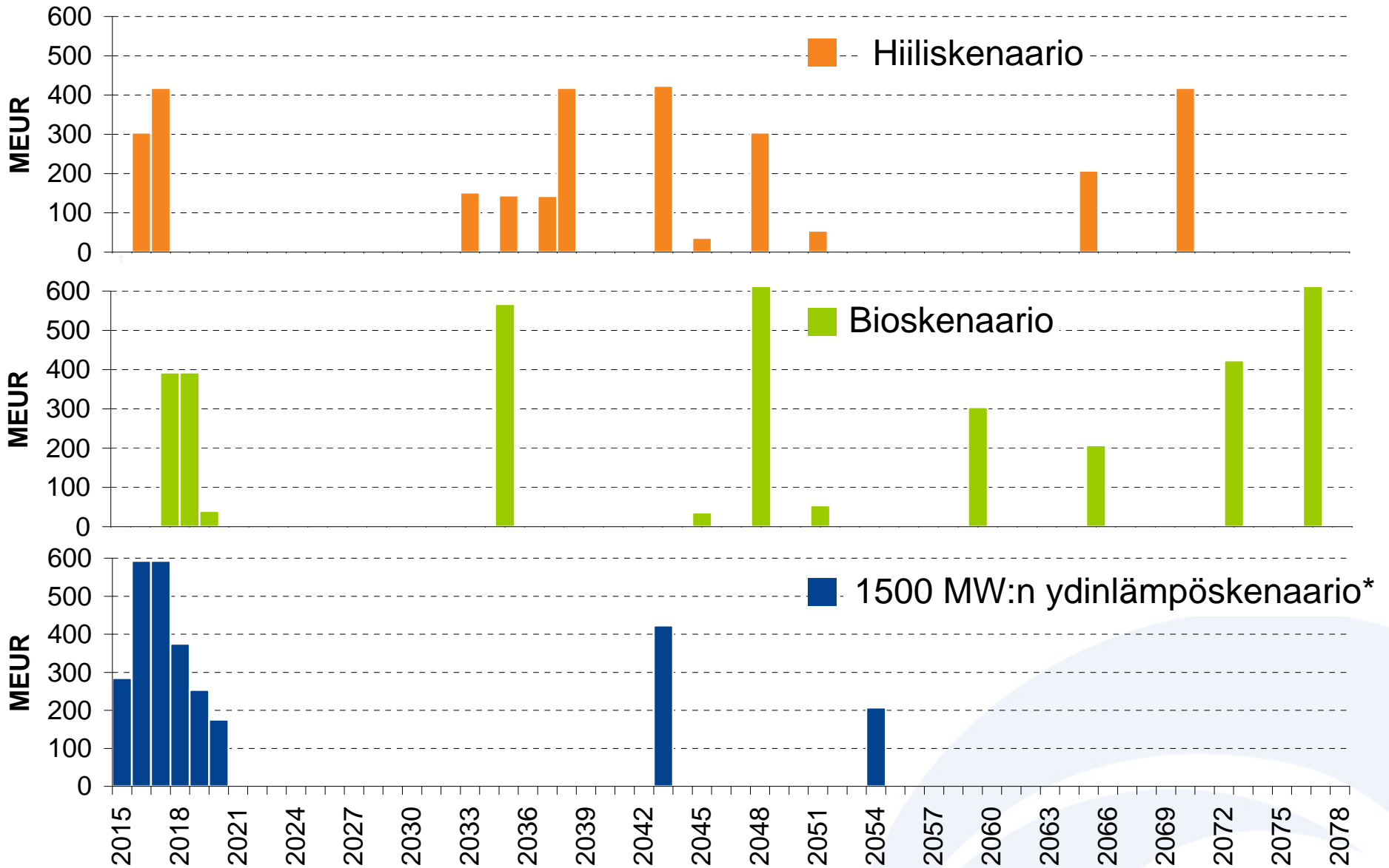
Skenaariokohtaiset muut päästöt pääkaupunkiseudulla



Agenda

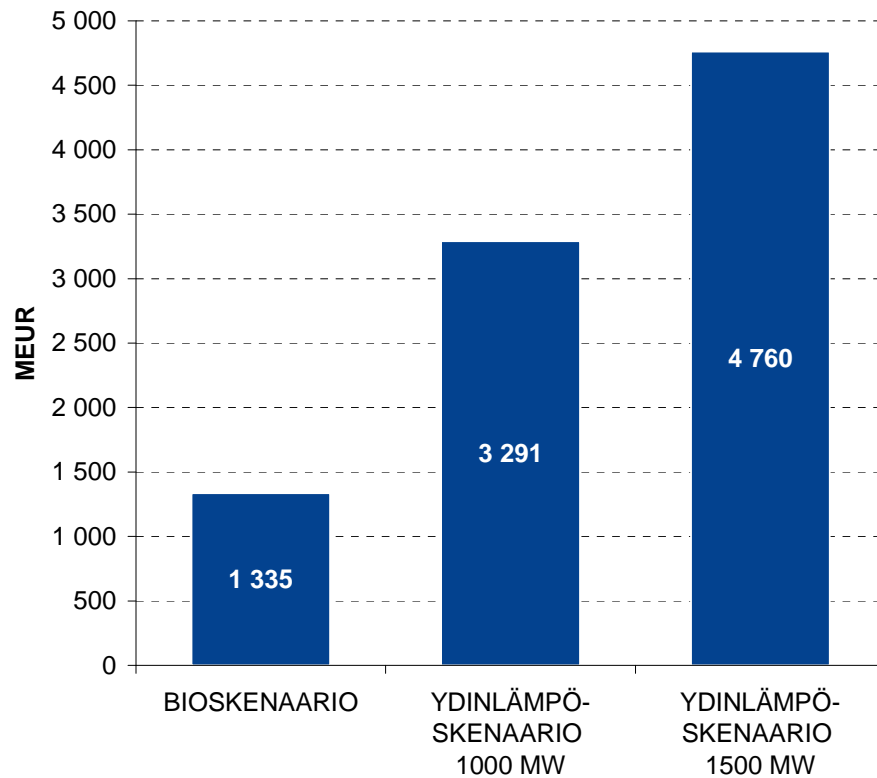
1. Johdanto ja keskeiset tulokset
 2. Lähtötiedot
 3. Skenaarioiden kuvaus
 4. Kaukolämmön tuotanto ydinvoimalla
 5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
 - ➔ 6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
 7. Johtopäätökset
-

Investointien suuruus ja ajallinen jaksottuminen eri skenaarioissa

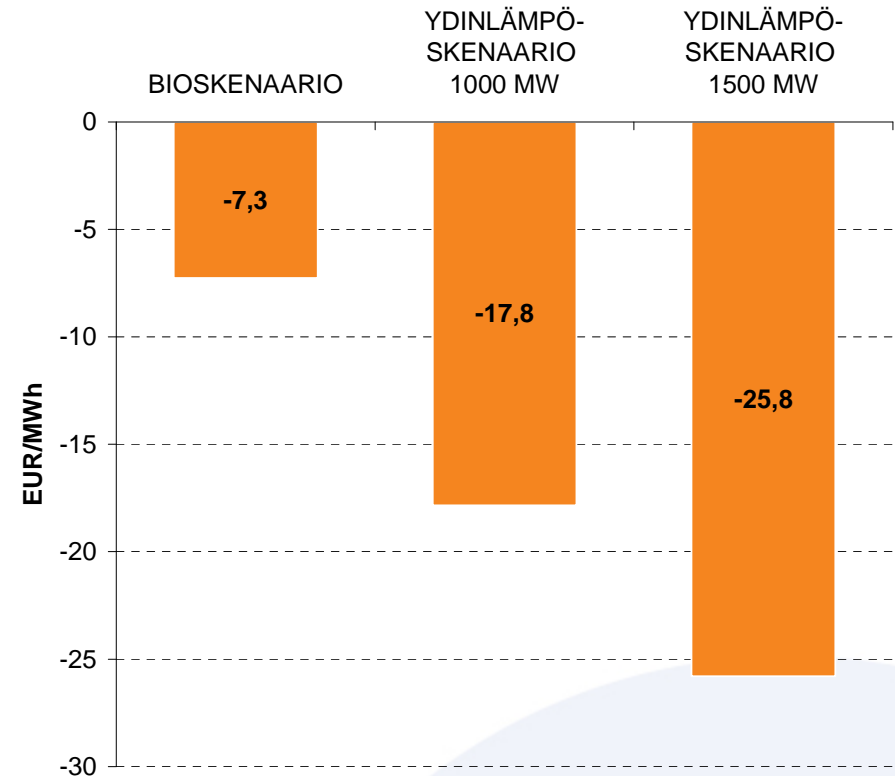


Ydinlämpöskenaarioiden elinaikainen säästö 3,3 - 4,8 mrd. euroa

Kassavirtojen nykyarvojen erotus hiiliskenaarioon verrattuna



Skenaarioiden ero kohdistettuna lämmön kustannukseen (verrattuna hiiliskenaarioon)



Herkkyystarkastelu eri muuttujien suhteen

Herkkyystarkastelussa on esitetty kuinka paljon yksittäisen tekijän tulisi muuttua koko tarkastelujaksolla, jotta bioskenaario olisi yhtä kannattava kuin ydinlämpöskenaariot

Muuttujat	Ydinlämpö 1000 MW	Ydinlämpö 1500 MW
Sähkön hinta	Ei vaikutusta järjestykseen	Ei vaikutusta järjestykseen
Maakaasun hinta	Ei vaikutusta järjestykseen	Ei vaikutusta järjestykseen
Biomassan hinta	- 73 %	Yli -100 %
Päästöoikeuden hinta	Ei vaikutusta järjestykseen	Ei vaikutusta järjestykseen
Ydinvoimaosuus + siirtoputki-investointi	+ 61 %	+ 85 %
Ydinvoimaenergian omakustannushinta	+ 82 %	+ 114 %
Tuottovaatimus (nimellinen perusoletus 6,5 %)	+ 5 %-yks (11,5 %)	+ 6,2 %-yks (12,7 %)

Agenda

1. Johdanto ja keskeiset tulokset
 2. Lähtötiedot
 3. Skenaarioiden kuvaus
 4. Kaukolämmön tuotanto ydinvoimalla
 5. Skenaarioiden päästöjen vertailu
 6. Skenaarioiden taloudellinen vertailu
 - ➔ 7. Johtopäätökset
-

Skenaariokohtaiset haasteet

- Hiiliskenaariossa suurimmat haasteet liittyvät CO₂-päästöihin ja niihin liittyviin kansainvälisiin ilmastotavoitteisiin
- Bioskenaariossa suurimpina haasteina ovat polttoainelogistiikka ja biomassan saatavuus ja hinta
- Ydinlämpöskenaarion merkittävimpänä haasteena on infrastruktuurihankkeen suuruus

Johtopäätökset

- CO₂-päästöt alenisivat merkittävästi bioskenaariossa sekä vielä enemmän ydinlämpöskenaarioissa
 - 1500 MW:n ydinlämpöskenaariossa pääkaupunkiseudun energiantuotannon CO₂-päästöt olisivat 75 % pienemmät kuin vuonna 1990 ja päästöjä on edelleen mahdollista pienentää korvaamalla maakaasua bioenergialla
 - Ydinlämpöskenaariot vähentäisivät myös pääkaupunkiseudun muita päästöjä oleellisesti
- Selvityksessä esitetyillä lähtötiedoilla ja oletuksilla ydinlämpöskenaariot ovat taloudellisesti kannattavimmat vaihtoehdot
 - Reaalinen lämmöntuotannon tuotantokustannus alenee bioskenaariossa 7 EUR/MWh, 1000 MW:n ydinlämpöskenaariossa 18 EUR/MWh ja 1500 MW:n skenaariossa 26 EUR/MWh hiiliskenaarioon verrattuna
- Pääkaupunkiseudun energiantuotannon järjestäminen ydinkaukolämmöllä sekä ydinvoimalasta saatavalla sähköosuudella sitoisi 730-910 MW rakennettavan ydinvoimalaitoksen sähkötehosta

