



Motiva



**Taustaselvitys
primäärienergiakertoimista
uudelleen laadittavaa
EPBD-direktiiviä varten**

02/2023

Taustaselvitys primäärienergiakertoimista uudelleen laadittavaa EPBD-direktiiviä varten.

Lea Gynther, Motiva Oy

Copyright Motiva Oy, Helsinki, helmikuu 2023

Esipuhe

Uudelleen laadittavana oleva Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) sisältää linjauksia primäärienergiakertoimista ja niiden käytöstä. Tämän selvityksen tavoitteena on ollut selvittää primäärienergiakertoimien eri laskentavaihtoehtojen käytettävyyttä ja näiden tuottamia kertoimien arvoja.

Työn aikana käytössä on ollut Euroopan komission 15.12.2021 julkaisema luonnos rakennuksen energiatehokkuusdirektiivistä sekä Euroopan neuvoston yleisnäkemyks 25.10.2022. Selvitys on jouduttu siis toteuttamaan tilanteessa, jossa direktiivin linjaukset eivät vielä ole lopullisia. Tämä keskeneräisyys on vaikuttanut myös työssä konsultoitujen sidosryhmien kannanmuodotukseen.

Hankkeen tuloksena tässä raportissa on esitetty primäärienergiakertoimia eri energiamuodoille, erityisesti sähkölle ja lämmölle useilla eri lähtöoletuksilla. Sähkön osalta laskentaa ja tuloksia on peilattu myös Euroopan Komission vuonna 2022 teettämään sähkön kertoimen eurooppalaiseen päivitykseen.

Selvityksen on rahoittanut ympäristöministeriö, tulevan EPBD-direktiivin täytäntöönpanoa koskevien päätösten taustaksi. Työtä on ohjannut Pekka Kalliomäki. Lisäksi työn asiantuntijaryhmässä ovat toimineet Maarit Haakana ja Jyrki Kauppinen ympäristöministeriöstä, Bettina Lemström ja Pia Kotro työ- ja elinkeinoministeriöstä, Heikki Väisänen ja Tiina Sekki Energiavirastosta, Mirja Tiitinen, Mikko Vuorenmaa ja Janne Kerttula Energiateollisuus ry:stä sekä Päivi Laitila, Harri Heinaro ja Ulla Suomi Motiva Oy:stä.

Työn aikana on konsultoitu erilaisia sidosryhmiä kolmessa eri vaiheessa. Ympäristöministeriö ja tekijät kiittävät mukana olleita saadusta palautteesta.

Motivassa hankkeen projektipäällikkönä on toiminut Lea Gynther ja lisäksi työhön on osallistunut Kirsi-Maaria Forssell.

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Sisällysluettelo	4
1 Johdanto	6
1.1 Tausta	6
1.2 Hankkeen tavoite ja rajaukset	7
1.3 Tietoaineisto	7
1.4 Sidosryhmäkonsultoinnit	8
1.5 Raportin rakenne	9
2 Määritelmiä	10
3 Standardi SFS-EN 17423:2020:en	11
3.1 Standardin sisältö	11
3.2 Primäärienergiakertoimien laskentakaavat	14
4 Sähkö ja kaukolämpö	15
4.1 Lähtötiedot	15
4.2 Energiantuotanto ja häviöt	15
4.3 Primäärienergiankulutus	16
4.4 Sähkön ja kaukolämmön primäärienergiakertoimet	18
4.4.1 Tulokset energia- ja hyödynjakomenetelmällä	19
4.4.2 Tulokset Power Bonus -menetelmällä	21
4.4.3 Tulokset Residual Heat -menetelmällä	22
4.5 Sähkön kuukausitason kokonaisprimäärienergiakertoimet	23
4.6 Kaukolämmön kokonaisprimäärienergiakertoimet erilaisilla hankintarakenteilla	24
4.7 Sähkön ja kaukolämmön kokonais-PEF tulokset	26
5 Kaukojäähdytys	30
5.1 Kulutus ja kasvuennuste	30
5.2 Tuotantojakauma	30
5.3 Kaukojäähdytyksen primäärienergiakertoimet	31
6 Fossiiliset ja uusiutuvat lämmityspolttoaineet	35
6.1 Primäärienergiakertoimet	35
6.2 Fossiilisten ja uusiutuvien lämmityspolttoaineiden käyttö	36
7 Rakennuksissa tuotettu energia	38

7.1	Rakennuksessa tuotettu ja siinä kulutettu energia	38
7.2	Rakennuksessa tuotettu ja verkkoon syötetty energia	39
8	Johtopäätöksiä ja pohdintaa	40
	Lähteet	45
	Liite 1: Sidosryhmien näkemyksiä	47
	Liite 2: HIISI-hankkeen lähtötietoja	54

1.1 Tausta

Uudelleen laadittavana oleva Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) sisältää linjauksia primäärienergiakertoimista (PEF) ja niiden käytöstä. Selvityksen tavoitteena on ollut selvittää PEF-kertoimien eri laskentavaihtoehtojen käytettävyyttä ja näiden tuottamia kertoimien arvoja. Työn aikana käytössä on ollut Euroopan komission 15.12.2021 julkaisema luonnos sekä Euroopan neuvoston yleisnäkemyks 25.10.2022 (Euroopan komission 2021, Euroopan neuvosto 2022).

EPBD-luonnoksen liitteen 1 mukaisesti primäärienergian laskennan on perustuttava sellaisiin primäärienergiakertoimiin (erikseen uusiutuvalle, uusiutumattomalle ja kokonaisprimäärienergiälle) tai painotuskertoimiin energiamuotoa kohden, joiden on oltava kansallisten viranomaisten tunnustamia. Nämä primäärienergiakertoimet voivat perustua kansallisiin, alueellisiin tai paikallisiin tietoihin. Primäärienergiakertoimet voivat perustua vuosittaisiin, kuukausittaisiin, vuorokausittaisiin tai tunnittaisiin tai tarkempiin tietoihin, jotka on ilmoitettu yksittäisiä kaukoenergiajärjestelmiä varten.

Liite 1 linjaa edelleen, että jäsenvaltioiden on määritettävä primäärienergiakertoimet tai painotuskertoimet. Tehdyt valinnat ja tietolähteet on ilmoitettava EN 17423-standardin tai mahdollisen korvaavan asiakirjan perusteella. Jäsenvaltiot voivat valita uudelleenlaaditun energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti vahvistetun EU:n keskimääräisen primäärienergiakertoimen sähkölle sen sijaan, että käytetään primäärienergiakerrointa, joka kuvastaa sähköntuotantoa kyseisessä maassa. Direktiivi viittaa vuonna 2020 julkaistuu standardiin EN 17423:2020:en, Energy performance of buildings. Determination and reporting of Primary Energy Factors (PEF) and CO₂ emission coefficient. General Principles, Module M1-7.

Direktiiviluonnoksen mukaisesti tietoja primäärienergiankäytöstä tarvitaan sekä rakennusten energiatehokkuustodistusta että energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten noudattamista varten.

PEF-kertoimien muodostamista ja käyttöä on käsitelty maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 (MRL) pykälässä 117g. Sen mukaan energiatehokkuutta määritettäessä eri energiamäärät on muunnettava yhteenlaskettavaan muotoon energiamuotojen kertoimien avulla. Kunkin energiamuodon kerroin on annettava arvioimalla jalostamattoman luonnonenergian kulutusta, uusiutuvan energian käytön edistämistä sekä lämmitystapaa energiantuotannon yleisen tehokkuuden kannalta. Tämänhetkessä MRL:n päivityksessä ei ole esitetty muutoksia energiamuotojen kertoimiin. Käytössä olevat energiamuotojen kertoimet eivät ole suoraan primäärienergiakertoimia vaan direktiivin viittaamia painotuskertoimia.

Energiamuotojen kertoimet asetettiin ensimmäisen kerran 2013 ja ne päivitettiin 2017. Voimassa olevat E-lukulaskennassa käytettävät energiamuotokertoimet ovat:

- sähkö 1,2
- kaukolämpö 0,5
- kaukojäähdytys 0,28

- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5

Ensimmäisten kertomien taustalla oli ympäristöministeriön v. 2010 käynnistämä PEF-kerroin selvitys. Selvityksen toteutti Aalto yliopisto (Keto 2010). Vuoden 2017 kerroinpäivityksen yhteydessä vastaavaa selvitystä ei tehty vaan kertomien tasoja muutettiin pitämällä kuitenkin eri energiamuotojen suhteet samoina kuin vuonna 2013.

1.2 Hankkeen tavoite ja rajaukset

Selvityksen tavoitteena on ollut selvittää primäärienergiakertomien eri laskentavaihtoehtojen käytettävyyttä ja näiden tuottamia kertomien arvoja.

Selvityksessä ei oteta kantaa kansallisten painotuskertomien tai energiamuotokertomien asettamiseen, vaikka nämä tulevat pohjautumaankin primäärienergiakertomiin. Tämä työ tehdään ympäristöministeriössä, kun uudelleen laadittava EPBD-direktiivi tulee voimaan.

1.3 Tietoaineisto

Historiatiedoissa tärkein tietolähde on ollut Tilastokeskuksen energiatilastot (Tilastokeskus 2020). Lisäksi sähköntuotannon kuukausitason tilastotietoja on saatu Energiateollisuus ry:stä (Liedes 2022).

Tulevaisuuden energiantuotantoa ja sen primäärienergiälähteitä koskevien tietojen perustana on VTT:n koordinoima HIISI-hanke¹ (Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset). HIISI-hanke toteutettiin kansallisen ilmasto- ja energiastrategian sekä keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU) valmistelun tueksi. Tarvittavia lähtötietoja ei kuitenkaan ole ollut saatavissa suoraan hankkeen raporteista, vaan ne on saatu erillistoimituksena työ- ja elinkeinoministeriöstä (Lemström 2022).

Vuosien 2025 ja 2030 tiedot on otettu WAM-H-skenaariosta, joka sisältää ilmasto- ja energiastrategian ja KAISU:n politiikkalinjaukset, joten sitä voidaan pitää tämän hetken perusskenaariona. Koska vuoden 2020 tiedot olivat HIISI-työssä ennusteita, ne on korvattu vuoden 2020 toteutuneilla tiedoilla. Toimintaympäristö on muuttunut viimeisen vuoden aikana ja Energiateollisuus ry:stä on saatu joitakin päivityksiä HIISI-skenaarioihin. Näissä muutoksissa energiankulutuksen kokonaisnustetta ei ole muutettu, vaan muutokset korjaavat hieman eri energiantuotantomuotojen välisiä suhteita.

EPBD-direktiiviluonnoksessa viitataan mahdollisuuteen käyttää uudelleen laadittavan Energiatehokkuusdirektiivin (EED) mukaista yhteistä eurooppalaista primäärienergian kokonaiskerrointa sähköille. Kerroin on tällä hetkellä 2,1, mutta vuonna 2022 toteutetussa päivityksessä uudeksi kertoimeksi ehdotettiin 1,9 (Amann et. al. 2022) ja Euroopan komissio on julkaissut tätä koskevan asetusluonnoksen². Kyseisessä selvityksen laskennassa tehdyt valinnat on käsitelty

¹ [HIISI-hankkeen verkkosivut](#).

² Euroopan komission [asetusluonnos](#) ja sen [liite](#) sähkön päivityksestä eurooppalaisesta PEF-kertomesta.

seuraavassa tietolaatikossa. EED-direktiiviluonnos mahdollistaa myös kansallisten kertoimien käytön sähkölle.

Infolaatikko 1

Komission sähkön primärenergiakertoimien päivityshanke 2022

Selvityksessä uudeksi sähkön eurooppalaiseksi PEF-kertoimeksi ehdotettiin 1,9, mikä taso on myös Euroopan komission kerrointa koskevassa asetuseräluonnoksessa. Kerroin päivitetään neljän vuoden välein. Kertoimen päivityslaskennassa tehdyt valinnat olivat:

- Hankkeessa tarkasteltiin toteutuneita tilastotietoja sekä Primes-mallilla pitkän ajan skenaariota. Laskentaan valittiin vuoden 2025 ennuste.
- Laskenta tehtiin vuositason tiedoilla.
- Arviointi tehtiin keskimääräiselle markkinatilanteelle (ei marginaalitarkastelua).
- Tarkasteltu maantieteellinen markkina-alue oli EU-27 sekä Norja.
- Ydinvoiman hyötysuhteena käytettiin 33 % ja vesi-, tuuli- ja aurinkosähkön 100 %. Bioenergialle käytettiin sähköntuotannon teknistä hyötysuhdetta. Nämä valinnat ydinvoimalle ja bioenergialle tehtiin, koska ne vastaavat tilastokäytäntöjä ja Energiatehokkuusdirektiivissä PEF-kertoimella halutaan ohjata ensisijaisesti energiatehokkuutta, ei päästöjä.
- CHP-tuotannon allokointimenetelmänä käytettiin hyödynjakomenetelmää. Tämä eroaa Eurostatin käytännöstä, jossa on käytössä energiamenetelmä.
- Elinkaaritarkasteluja ei tehty niihin liittyvien epävarmuuksien vuoksi.

Lähde: Amann et. al. 2022

1.4 Sidosryhmäkonsultoinnit

Hankkeessa kuultiin sidosryhmiä kolmessa vaiheessa:

- Hankkeen käynnistymisestä kerrottiin Teams-tiedotustilaisuudessa 2.6.2022. Tilaisuudessa tarjottiin mahdollisuus kirjata ensimmäiset näkemykset Padlet-työkaluun, mikä jätettiin auki viikoksi tilaisuuden jälkeen.
- Tarkempi webropol-kysely eri laskentavaihtoehtojen linjauksista järjestettiin elokuussa 2022.
- Laskentatuloksista kerrottiin Teams-tilaisuudessa 8.11.2022. Tilaisuuden jälkeen oli mahdollista antaa palautetta webropol-kyselyssä.

Mukana olleista tahoista ja saaduista näkemyksistä on esitetty tiivistelmä raportin liitteessä 1. Sidosryhmiä kuultaessa uusittavana olevasta EPBD-direktiivistä on ollut käytössä vasta luonnoksia, joten kantoja on jouduttu muodostaman keskeneräisen tiedon pohjalta.

1.5 Raportin rakenne

Luku 1 on johdanto. Lukua 1 täydentää liite 1, jossa on kuvattu sidosryhmäyhteistyön tuloksia.

Luvussa 2 on esitetty primäärienergian ja primäärienergiakertoimien (PEF) määritelmät.

Luvussa 3 on kuvattu PEF-kertoimien laskentaa ja raportointia ohjaavan standardin EN 17423:2020:en keskeistä sisältöä.

Luvuissa 4–6 on käsitelty sähköä ja kaukolämpöä, kaukojäähdytystä sekä fossiilisia ja uusiutuvia polttoaineita. Luvuissa on esitetty sekä laskennassa käytetyt keskeiset lähtötiedot että laskentatulokset. Lukua 4 täydentää liite 2, jossa on esitetty HIISI-hankkeesta hyödynnettyjä tulevaisuusskenaarioita sähkölle ja kaukolämmölle.

Luvussa 7 on käsitelty rakennuksissa tuotettua ja siinä kulutettua tai verkkoon syötettyä energiaa.

Luvussa 8 esitetään johtopäätöksiä ja pohdintaa tulosten soveltuvuudesta ja valintojen eduista ja haitoista.

Sidosryhmien näkemyksiä on koottu liitteeseen 1 ja HIISI-skenaarioita tulevaisuuden energiantuotannon määrästä ja energialähteistä on esitetty liitteessä 2.

EPBD-direktiiviluonnoksessa ”primäärienergia” määritellään uusiutuvista tai uusiutumattomista lähteistä peräisin olevaa energiaksi, jota ei ole muunnettu millään prosessilla.

Lisäksi esitetään seuraavat määritelmät primäärienergiakertoimille:

- ”uusiutumattoman primäärienergian kertoimella” tarkoitetaan uusiutumattomaa primäärienergiaa tietyn energiamuodon osalta, mukaan lukien toimitettu energia ja lasketut energian käyttöpisteisiin toimittamisen häviöt, jaettuna toimitetulla energialla;
- ”uusiutuvan primäärienergian kertoimella” tarkoitetaan paikan päällä, lähellä tai etäällä sijaitsevasta energialähteestä tuotettua tietyn energiamuodon kautta toimitettua uusiutuvaa primäärienergiaa, mukaan lukien toimitettu energia ja lasketut energian käyttöpisteisiin toimittamisen häviöt, jaettuna toimitetulla energialla;
- ”kokonaisprimäärienergiakertoimella” tarkoitetaan uusiutuvan ja uusiutumattoman primäärienergian kertoimien painotettua yhteenlaskettua summaa tietyn energiamuodon osalta

Direktiivin määritelmästä huolimatta käytännössä, esimerkiksi tilastoissa, primäärienergia ei ole täysin muuntamatonta. Esimerkiksi lämmitykseen käytettäviä fossiilisia polttoöljyjä ei käsitellä raakaöljynä ja energiatilastoissa aurinkosähkön primäärienergia ei ole auringon säteilyn lämpöenergia vaan tuotettu aurinkosähkö. Lisäksi sähkön tuonnin primäärienergiaksi asetetaan tuodun sähkön energia. Käytännössä siis primäärienergia on energiaa, joka on ensimmäistä kertaa siinä tilassa, että sitä voidaan hyödyntää energialähteenä.

Tässä raportissa primäärienergiakertoimista käytetään lyhennettä PEF (Primary Energy Factor).

3.1 Standardin sisältö

Direktiiviluonnoksen mukaisesti primäärienergiakertoimia tai painotuskertoimia laskettaessa tehdyt valinnat ja tietolähteet on ilmoitettava standardin EN 17423:2020:en, Energy performance of buildings. Determination and reporting of Primary Energy Factors (PEF) and CO₂ emission coefficient. General Principles, Module M1-7, mukaisesti (SFS 17423:2020:en).

Standardi koostuu lukuisista tekijöistä, joihin kuhunkin liittyy monia eri toteutusvaihtoehtoja. Näistä muodostuu kokonaisuudessaan monimuotoinen ”päästöpuu”. Koska laskentavaihtoehtoja on lähes rajattomasti, standardin ohjausvaikutus kohdistuu pääasiassa systemaattiseen etenemiseen ja läpinäkyvään raportointiin.

Jos primäärienergiakertoimien sijasta käyttöön otetaan energiamuotokohtaiset painotustekijät, niiden muodostamisessa tai raportoinnissa ei voi nojata standardiin muuten kuin prosessiin siihen vaiheeseen asti, missä primäärienergiakertoimet lasketaan painotustekijöiden taustaksi.

Seuraavassa taulukossa on lueteltu nämä eri vaihtoehdot PEF-kertoimien osalta. Standardissa esitetyt vain CO₂-päästökertoimiin liittyviä valintoja ei tässä käsitellä.

Yhdistetyn tuotannon polttoaineiden allokoinnissa lopputuotteille (sähkö, kaukolämpö ja kylmä) standardi EN 17423:2020:en viittaa edelleen standardiin EN 15316-4-5:2017, Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Part 4–5: District heating and cooling (SFS EN 15316-4-5:2017). Standardi EN 17423:2020:en ei siis pidä sisällään allokointimenetelmien yksityiskohtaista kuvausta, vaan vain luettelon käytettävissä olevista menetelmistä.

Standardin soveltamisessa yksi lähtökohtia on tarkastelun taserajan asettaminen. Näitä tarvitaan käytännössä kaksi. Maantieteellisenä taserajana on käytetty koko Suomea. Toinen taseraja on rakennus eli siihen tuleva ja siitä mahdollisesti viety energia. Esimerkiksi lämpöpumput (pois luettuna ylijäämälämpöjen hyödyntämiseen käytettävät) ja aurinkopaneelit sijoittuvat rakennuksen taserajan sisälle.

Taulukko 1 Standardin EN 17 423:2020:en mukaisesti tehtävät valinnat PEF-kertoimien laskentaan

Valintatekijä	Tarkasteluvaihtoehdot standardissa	Valinnat, joiden mukaisesti tarkasteluja on tehty
Datan aikaresoluutio	Vuosi, kuukausi, tunti, muu vaihtoehto	Vuositaso, mutta sähkössä myös suppea kuukausitason tarkastelu
Datan aikajänne	Toteutunut tai mallinnettu historiallinen, mallinnettu eteenpäin katsova, muu vaihtoehto	Historiatieto 2016–2020 ja ennusteet 2025 ja 2030
Polttoaineiden lämpöarvo	Alempi lämpöarvo, ylempi lämpöarvo	Alempi lämpöarvo, jota käytetty tilastoissa
Tarkastelun maantieteellinen taseraja	Euroopan laajuinen, valtakunnallinen, alueellinen, paikallinen, muu vaihtoehto	Verkkoenergioissa valtakunnallinen tarkastelu. Kaukolämmölle on tehty lisätarkasteluja eri hankintarakenteilla, mutta ei tarkastellen yksittäisiä kaukolämpöalueita.
Energian tuonnin ja viennin tarkastelu valitun maantieteellisen taserajan yli	Vaihtoehdot: ei tarkastella, tarkastellaan nettotuontia, tarkastellaan bruttotuontia ja -vientä, muu. Tarkasteltava, jos on merkittävää. Käytännössä koskee sähkön tuontia ja vientiä.	Tuontia ja vientiä ei ole tarkasteltu, sillä sähkön nettotuonnin oletetaan laskevan hyvin pieneksi suhteessa kotimaiseen tuotantoon jo vuonna 2025.
Rakennuksessa tuotetun ja siinä itse kulutetun tai ulos viedyn energian käsittely	Rakennuksissa tuotettua ja niissä itse kulutettua energiaa ei oteta huomioon PEF-kertoimissa/Rakennuksissa tuotettua ja erillisin sopimuksin myytävää energiaa ei oteta huomioon PEF-kertoimissa (koskee mm. paikallisten energiayhteisöjen myymää energiaa) /Kaikki rakennuksissa kulutettu energia (myös niissä itse tuotettu) otetaan huomioon PEF-kertoimissa /Muu vaihtoehto	Rakennuksissa tuotettua ja niissä itse kulutettua energiaa ei ole otettu huomioon valtakunnallisissa PEF-kertoimissa, sillä kyseistä energiaa ei missään vaiheessa siirretä energiaverkkoon.

Valintatekijä	Tarkasteluvaihtoehdot standardissa	Valinnat, joiden mukaisesti tarkasteluja on tehty
Rakennuksesta verkkoon viedyn energian PEF-kerroin	Tuotantoon käytetyn primäärienergian mukaisesti, vältetyn vaihtoehtoisen tuotannon primäärienergian mukaisesti, muu vaihtoehto	Valtakunnallisella tasolla verkkoon syötetty ylijäämä- lämpö näkyy tilastoissa kaukolämmön erillistuotantona ja (aurinko)sähkö osana sähkön tuotannon tilastoja.
Energiamuunnosten käsittely ¹	Ydinvoiman PEF 3 (tilastojen mukainen käytäntö) tai 1, vesi-, tuuli- ja aurinkovoiman PEF 1 (tilastojen mukainen käytäntö) tai 0, bioenergian PEF hyötysuhteen mukainen tai 0, muu vaihtoehto	Laskennassa on tarkasteltu seuraavia tilanteita sähkölle ja kaukolämmölle hyödynjako- ja energiamenetelmiä käyttäen: <ul style="list-style-type: none"> - Ydinvoiman PEF=3, biomassalla hyötysuhteen mukainen PEF ja muulla uusiutuvalla PEF=1 (tilastojen mukainen käytäntö) - Ydinvoiman PEF=1, uusiutuvat kuten yllä - Ydinvoiman PEF=1, kaiken uusiutuvan PEF=0
Markkinaperuste	Keskimääräiset tai marginaaliperusteiset tarkastelut	Keskimääräinen markkinatilanne
Yhdistetyn tuotannon polttoainneiden allokointi lopputuotteille	Power bonus, Power loss simple, Power loss, Power loss ref, Carnot, Alternative production (hyödynjakomenetelmä), Residual heat, muu vaihtoehto (mm. energiamenetelmä)	Kattavimmat tarkastelut on tehty hyödynjako- ja energiamenetelmällä. Lisäksi on tarkasteltu suppeammin power bonus- ja residual heat -menetelmien tuottamia tuloksia. Power loss- ja Carnot-menetelmät soveltuvat huonommin koko valtakunnan tason tarkasteluihin.
Elinkaaritarkastelut (LCA)	Ei LCAta, täysimittainen LCA, muu vaihtoehto (esim. osittainen LCA). Samaa valittua periaatetta on sovellettava kaikille energiamuodoille.	Ei elinkaaritarkasteluja

¹ Energiamuunnoksilla tarkoitetaan tässä tarkastelun taserajan (rakennus) ulkopuolella tapahtuvia energiamuunnoksia kuten sähkön, kaukolämmön ja kylmän tuotantoa, "power to gas"- ja "gas to power" -prosesseja sekä vedyn tuotantoa.

3.2 Primäärienergiakertoimien laskentakaavat

Standardissa on esitetty laskentakaavat energiaverkkojen kautta kulkevalle primäärienergialle. Rakennuksiin toimitetun energian kokonaisprimäärienergiakerroin (PEF) lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$PEF = \frac{\text{Kokonaisprimäärienergia}}{\text{Toimitettu energia}}$$

, missä

$$\text{Toimitettu energia} = \text{Tuotettu energia} - \text{Voimalaitosten omakäyttö} - \text{Verkostohäviöt}$$

Koska nimittäjässä on toimitettu energia, tarkastelussa tulee ottaa huomioon voimalaitosten omakäyttöenergia ja verkostohäviöt. Omakäyttöhäviöt on jo otettu huomioon tilastoissa annettavissa sähkön ja kaukolämmön nettotuotantomäärissä, joten käytännössä huomioon tarvitsee ottaa erikseen vain verkostohäviöt. Raportissa käytettävä nettotuotannon käsite on siis ilmaistavissa seuraavalla kaavalla:

$$\text{Nettotuotanto} = \text{Tuotettu energia} - \text{Voimalaitosten omakäyttö}$$

Sähköenergian tarkastelussa ei ole mukana Suomeen tuotua sähköä eikä sen primäärienergiapainostuksia.

Uusiutuvan energian PEF-kerroin lasketaan siten, että osoittajaan sijoitetaan kokonaisprimäärienergiamäärän sijaan verkon kautta kulkevan energian tuotannossa käytetty uusiutuvan energian määrä. Nimittäjässä on koko toimitettu energia.

Vastaavasti uusiutumattoman energian PEF-kerroin lasketaan siten, että osoittajaan sijoitetaan kokonaisprimäärienergiamäärän sijaan verkon kautta kulkevan energian tuotannossa käytetty muun kuin uusiutuvan energian määrä. Nimittäjässä on tässäkin koko toimitettu energia.

Laskemalla yhteen uusiutuvan ja uusiutumattoman energian PEF-kertoimet tuloksena on kyseisen energiamuodon kokonais-PEF.

4 Sähkö ja kaukolämpö

Tässä luvussa sähköä ja kaukolämpöä on tarkasteltu yhdessä, sillä kaukolämmön PEF-kerroin on sidoksissa myös sähkön PEF-kertoimen kehitykseen.

Standardin mukaisesti PEF-kerrointarkasteluja voidaan tehdä sekä tilastotietojen pohjalta että eteenpäin katsovien mallinnusten perusteella. Seuraavassa on esitetty molemmissa tapauksissa käytettävissä oleva tietopohja ja tulokset.

4.1 Lähtötiedot

Tässä selvityksessä sähkön ja kaukolämmön PEF-kertoimet on laskettu viimeiselle viidelle tilastovuodelle 2016–2020 sekä arvioitu tulevaisuudessa vuosille 2025 ja 2030. Koska kertoimia on tarpeen ajoittain päivittää, pidemmälle tulevaisuuteen ulottuvaa tarkastelua ei katsottu tarpeelliseksi.

Tilastokeskuksen energiatilastoissa on hyvä tietopohja toteutuneen tilanteen tarkastelua varten. Käytettävissä oli seuraavat laskennassa tarvittavat keskeiset lähtötiedot:

- Sähkön ja kaukolämmön nettotuotanto ja tuotannon energialähteet erillistuotannon- ja CHP-laitoksissa (jaettuna energia- ja hyödynjakomenetelmillä)
- Sähkön ja kaukolämmön verkostohäviöt

Arviot 2025 ja 2030 energiantuotannosta ja energialähteistä on haettu pääosin HIISI-hankkeen taustatiedoista WAM-H-skenaariosta, jossa erilaiset tuotantoon ja kulutukseen vaikuttavat tekijät on otettu huomioon ja jota voi siten pitää tässä perusskenaariona (Lemström 2022). HIISI-hankkeen tietoja on hieman päivitetty Energiateollisuuden täydentävien tietojen pohjalta. Tarkemmat tiedot vuosille 2025 ja 2030 arvioidusta tilanteesta on esitetty liitteessä 2.

4.2 Energiantuotanto ja häviöt

Taulukossa 2 on annettu sähkön nettotuotanto, taulukossa 3 kaukolämmön nettotuotanto ja taulukossa 4 molempien energiamuotojen verkostohäviöt. Nettotuotanto ei sisällä voimalaitosten omakäyttöä, joten sitä ei tarvitse tässä enää erikseen vähentää. Toimitetussa energiassa (taulukko 5) nettotuotannosta on vähennetty verkostohäviöt.

Vaikka lämmön varastointi lisää järjestelmän joustavuutta ja on siitä näkökulmasta tavoiteltava asia, mahdollisesta varastoinnista aiheutuvat häviöt on laskennassa laskettava mukaan häviöihin, mikä kasvattaa PEF-kertoimia.

Taulukko 2 Sähkön nettotuotanto, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Erillistuotanto	45 323	44 312	45 695	44 475	48 491	70 183	74 692
CHP-tuotanto	20 880	20 730	21 836	21 576	18 105	19 162	17 356
Sähköntuotanto yhteensä	66 204	65 042	67 531	66 051	66 596	89 345	92 048

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen tulevaisuusskenaariot

Taulukko 3 Kaukolämmön nettotuotanto, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Erillistuotanto	13 944	13 641	13 800	14 119	15 691	19 507	20 829
CHP-tuotanto	24 581	24 659	24 709	24 022	19 399	15 728	12 170
Kaukolämmöntuotanto yhteensä	38 525	38 301	38 509	38 141	35 090	37 047	35 235

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot

Taulukko 4 Verkostohäviöt, prosenttia nettotuotannosta

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Sähkö	3,0 %	3,2 %	3,5 %	3,6 %	3,7 %	3,4 %	3,4 %
Kaukolämpö	10,1 %	9,0 %	9,5 %	10,4 %	11,1 %	10,0 %	10,0 %

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot v. 2016–2020. Vuodet 2025 ja 2030 arvioitu keskiarvona vuosien 2016–2020 toteumasta.

Taulukko 5 Toimitettu kaukolämpö ja sähkö, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Sähkö	64 193	62 935	65 197	63 702	64 130	86 273	90 143
Kaukolämpö	34 640	34 852	34 840	34 158	31 206	33 342	31 712

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot v. 2016–2020. Vuodet 2025 ja 2030 HIISI-skenaarioiden ja arvioitujen verkostohäviöiden avulla.

4.3 Primäärienergiankulutus

Sähkön- ja kaukolämmön tuotannon valtakunnalliset primäärienergiankulutukset on esitetty seuraavassa taulukossa energia- ja hyödynjakomenetelmällä. Tilastovuodet on otettu Tilastokeskuksen energiatalastoista ja ennusteet HIISI-hankkeen skenaarioista (ks. Liite 2). Näissä taulukoissa käytetyssä laskennassa ydinvoiman hyötysuhde on 33 % (eli PEF = 3) ja vesi-, aurinko- ja tuulivoiman 100 % (eli PEF = 1) sekä bioenergian toteutuneen mukainen. Menettely on Tilastokeskuksen ja Eurostatin käyttämän normaalin tilastokäytännön mukainen.

Taulukko 6 Sähköntuotannon primäärienergiankulutus tilastokäytäntöjen mukaisella menetelmällä laskettuna, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä	123 899	120 014	125 994	123 652	121 109	164 667	165 896
Hyödynjakomenetelmä	139 451	135 671	142 249	139 611	134 792	180 563	181 110

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

Taulukko 7 Kaukolämmöntuotannon primäärienergiankulutus tilastokäytäntöjen mukaisella menetelmällä laskettuna, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä	42 042	41 430	41 821	41 107	36 971	32 127	28 352
Hyödynjakomenetelmä	34 266	33 718	33 920	33 412	30 826	27 219	24 891

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

Standardi EN 17423:2020:en mahdollistaa ydinvoiman ja uusiutuvan energian käsittelyn myös toisin kuin perinteisesti tilastoissa, jos halutaan painottaa näiden päästöttömyyttä. Tällöin ydinvoiman hyötysuhde voisi olla 100 % (eli PEF = 1). Uusiutuvalla energialle on mahdollista käyttää myös PEF-kerrointa 0. Teoriassa laskentavaihtoehtoja lisää se, että tämä voidaan lisäksi ulottaa vesi-, aurinko- ja tuulivoiman lisäksi bioenergiaan.

Seuraavissa taulukoissa on laskettu sähkön- ja kaukolämmöntuotannon primäärienergiankäyttö energia- ja hyödynjakomenetelmällä varioiden ydinvoiman ja uusiutuvan energian käsittelytapaa. Ensimmäiseksi primäärienergiankäyttö on laskettu siten, että ydinvoiman hyötysuhteena käytetään 100 % (PEF = 1) ja uusiutuvia käsitellään kuten tilastoissa (Vaihtoehtoskenaario 1). Toisessa tarkasteltavassa kaikki uusiutuva, myös bioenergia, on käsitelty PEF-kertoimella 0 (Vaihtoehtoskenaario 2).

Taulukko 8 Sähköntuotannon primäärienergiankulutus ydinvoiman ja uusiutuvan energian erilaisilla käsittelytavoilla laskettuna, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä							
Vaihtoehtoskenaario 1	78 664	76 212	81 569	77 128	75 723	93 907	96 311
Vaihtoehtoskenaario 2	44 386	43 680	43 987	45 021	44 460	44 003	39 404
Hyödynjakomenetelmä							
Vaihtoehtoskenaario 1	94 216	91 870	97 824	93 087	89 406	109 803	111 525
Vaihtoehtoskenaario 2	51 407	47 405	50 977	46 754	46 193	44 682	40 397

Vaihtoehtoskenaario 1 = Ydinvoiman PEF = 1, uusiutuva tilastokäytännön mukainen

Vaihtoehtoskenaario 2 = Ydinvoiman PEF = 1, kaiken uusiutuvan PEF = 0

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

Taulukko 9 Kaukolämmöntuotannon primäärienergiankulutus ydinvoiman ja uusiutuvan energian erilaisilla käsittelytavoilla laskettuna, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä							
Vaihtoehtoskenaario 1	41 788	41 158	41 558	40 851	36 698	30 139	25 988
Vaihtoehtoskenaario 2	25 854	24 217	24 632	22 631	18 523	7 406	4 385
Hyödynjakomenetelmä							
Vaihtoehtoskenaario 1	34 012	33 446	33 657	33 156	30 552	25 231	22 527
Vaihtoehtoskenaario 2	20 450	18 984	19 264	17 665	14 797	5 964	6 271

Vaihtoehtoskenaario 1 = Ydinvoiman PEF = 1, uusiutuva tilastokäytännön mukainen

Vaihtoehtoskenaario 2 = Ydinvoiman PEF = 1, kaiken uusiutuvan PEF = 0

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

4.4 Sähkön ja kaukolämmön primäärienergiakertoimet

Seuraavassa on esitetty laskentatulokset sähkön ja kaukolämmön tuotannolle eri tavoin. Laskennassa on varioitu mm. CHP-tuotannon polttoaineiden allokontimentelmää sekä ydinvoiman ja uusiutuvan energian käsittelytapaa.

CHP-tuotannon allokontimentelmiä on kuvattu standardissa EN 15316-4-5:2017, Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Part 4–5: District heating and cooling (SFS EN 15316-4-5:2017). Hyödynjakomenetelmää kutsutaan standardissa nimellä "alternative production method".

Luvussa 4.4.1 tulokset on esitetty energia- ja hyödynjakomenetelmillä laskettuna. Näiden lisäksi laskentaesimerkkejä on esitetty luvuissa 4.4.2 ja 4.4.3 vähemmän tunnetuilla Power Bonus ja Residual Heat -menetelmillä, joille ei ole käytössä vakiintuneita suomenkielisiä nimiä. Sähkön kuukausitason primäärienergiakertoimia on käsitelty luvussa 4.5 ja kaukolämmön alueellista vaihtelua luvussa 4.6. Tulokset on esitetty graafisesti luvussa 4.7.

4.4.1 Tulokset energia- ja hyödynjakomenetelmillä

Kokonaisprimäärienergiakertoimet

Taulukoissa 10 ja 11 CHP-tuotannon polttoaineet on allokoitu sähkölle ja kaukolämmölle energiatilastoista tutuilla energia- ja hyödynjakomenetelmillä.

Taulukko 10 Sähkön valtakunnallinen PEF-kerroin erilaisilla käsittelytavoilla vuositasen tiedoista laskettuna

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä							
Tilastojen mukainen	1,93	1,91	1,93	1,94	1,89	1,91	1,84
Vaihtoehtoskenaario 1	1,23	1,21	1,25	1,21	1,18	1,09	1,07
Vaihtoehtoskenaario 2	0,69	0,69	0,67	0,71	0,69	0,51	0,44
Hyödynjakomenetelmä							
Tilastojen mukainen	2,17	2,16	2,18	2,19	2,10	2,09	2,01
Vaihtoehtoskenaario 1	1,47	1,46	1,50	1,46	1,39	1,27	1,24
Vaihtoehtoskenaario 2	0,80	0,75	0,78	0,73	0,72	0,52	0,45

Tilastojen mukainen: Ydinvoiman PEF = 1, vesi-, tuuli- ja aurinkosähkön PEF = 1, bioenergialla toteutunut/tekninen hyötysuhde

Vaihtoehtoskenaario 1 = Ydinvoiman PEF = 1, uusiutuva tilastokäytännön mukainen

Vaihtoehtoskenaario 2 = Ydinvoiman PEF = 1, kaiken uusiutuvan PEF = 0

Taulukko 11 Kaukolämmön valtakunnallinen PEF-kerroin erilaisilla käsittelytavoilla vuositasen tiedoista laskettuna

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä							
Tilastojen mukainen	1,21	1,19	1,20	1,20	1,18	0,96	0,89
Vaihtoehtoskenaario 1	1,21	1,18	1,19	1,20	1,18	0,90	0,82
Vaihtoehtoskenaario 2	0,75	0,69	0,71	0,66	0,59	0,22	0,14
Hyödynjakomenetelmä							
Tilastojen mukainen	0,99	0,97	0,97	0,98	0,99	0,82	0,78
Vaihtoehtoskenaario 1	0,98	0,96	0,97	0,97	0,98	0,76	0,71
Vaihtoehtoskenaario 2	0,59	0,54	0,55	0,52	0,47	0,18	0,20

Tilastojen mukainen: Ydinvoiman PEF = 1, vesi-, tuuli- ja aurinkosähkön PEF = 1, bioenergialla toteutunut/tekninen hyötysuhde

Vaihtoehtoskenaario 1 = Ydinvoiman PEF = 1, uusiutuva tilastokäytännön mukainen

Vaihtoehtoskenaario 2 = Ydinvoiman PEF = 1, kaiken uusiutuvan PEF = 0

Uusiutuvan ja uusiutumattoman energian primäärienergiakertoimet sähkölle ja kaukolämmölle

EPBD-direktiivi edellyttää, että kokonais-PEF-kertoimen lisäksi lasketaan PEF myös uusiutuvalla ja uusiutumattomalle energialle, mutta ei määrittele sitä, mihin ja miten näitä pitäisi käyttää. Seuraavassa on esitetty näiden kertoimien laskenta sähkölle ja lämmölle energia- ja hyödynjakomenetelmillä, kun ydinvoiman ja uusiutuvan energian muuntokertoimia käsitellään tilastojen mukaisilla menetelmillä. Vuosien 2016–2020 lähtötiedot on kerätty Tilastokeskuksen energiatilastoista ja vuosien 2025 ja 2030 ennusteet HIISI-hankkeen skenaarioista.

Kertoimien laskentakaavassa osoittajassa on uusiutuva tai uusiutumaton primäärienergiapanos ja nimittäjässä koko toimitettu sähkö- tai lämpöenergia. Täten näiden kertoimien summa on kokonais-PEF.

Taulukko 12 Uusiutuvan energian valtakunnallisia PEF-kertoimia vuositasen tiedoista laskettuna

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä							
Sähkö	0,53	0,56	0,58	0,58	0,62	0,59	0,64
Kaukolämpö	0,47	0,49	0,49	0,54	0,59	0,74	0,76
Hyödynjakomenetelmä							
Sähkö	0,67	0,71	0,72	0,73	0,76	0,76	0,80
Kaukolämpö	0,40	0,42	0,42	0,46	0,51	0,64	0,59

Taulukko 13 Uusiutumattoman energian valtakunnallisia PEF-kertoimia vuositason tiedoista laskettuna

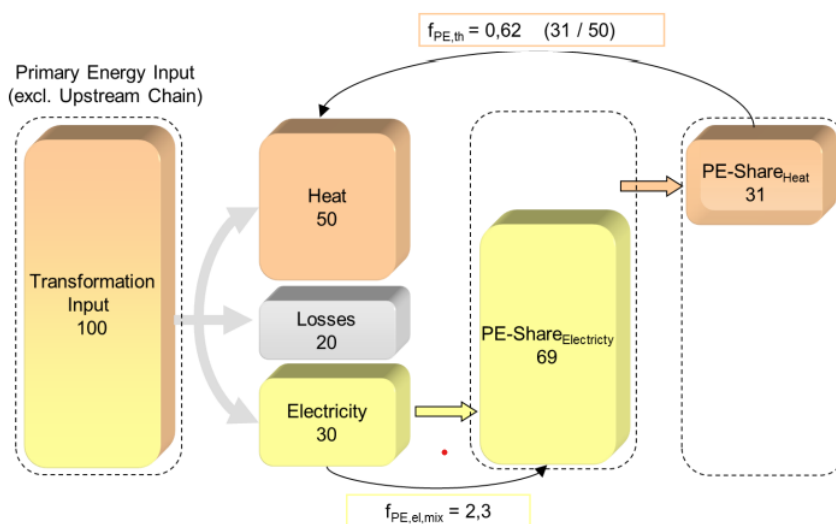
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Energiamenetelmä							
Sähkö	1,40	1,34	1,36	1,36	1,27	1,32	1,20
Kaukolämpö	0,75	0,69	0,71	0,66	0,59	0,22	0,14
Hyödynjakomenetelmä							
Sähkö	1,51	1,45	1,46	1,46	1,35	1,33	1,21
Kaukolämpö	0,59	0,54	0,55	0,52	0,47	0,18	0,20

4.4.2 Tulokset Power Bonus -menetelmällä

Menetelmässä lämpö on päätuote ja sähkö käsitellään bonuksena. Ajatuksena on, että muu keskitetty sähköntuotanto vähenee CHP-sähköntuotannon vuoksi. Tämä puolestaan säästää primäärienergiaa, mikä allokoidaan CHP-lämmöntuotannon eduksi.

Menetelmä tuottaa PEF-kertoimen vain lämmölle, ja sähkölle käytetään esimerkiksi EED-direktiivin mukaista kerrointa (komission asetusluonnoksessa 1,9, ks. luku 1.3) tai valtakunnallisen sähköntuotannon kokonaisuudesta laskettua kerrointa.

Menetelmä on hankalasti esitettävissä kaavoilla (ks. standardi EN 15316-4-5:2017), mutta sen periaate aukeaa kuvassa 1 esitetyn laskentaesimerkin kautta. Siinä CHP-laitokseen polttoaine-energia on 100 yksikköä, tuotettu lämpö 50 yksikköä, sähkö 30 yksikköä ja häviöt 20 yksikköä. Sähkön PEF-kertoimeksi on valittu 2,3. Laskennan ensimmäinen vaihe on laskea sähkön primäärienergiaosuus ($2,3 \times 30 = 69$). Sähköntuotannosta ”yli jäänyt” primäärienergia on tällöin 31 ($100 - 69 = 31$), mikä kohdistuu lämmöntuotantoon. Lämmöntuotannon primäärienergiakerroin saadaan jakamalla tämä ”ylijäämä” lämmön tuotantomäärällä ($31 / 50 = 0,62$).



Kuva 1 Power Bonus -menetelmä, laskentaesimerkki. (Kleinertz ym. 2018)

Taulukossa 14 on esitetty laskentatulokset laskettuna kaikelle kaukolämmön ja sähkön tuotannolle yhteensä ottaen huomioon CHP- ja erillistuotannon osuudet. Tulokset eivät siis kuvaa vain CHP-tuotantoa. Laskenta on tehty käyttämällä erilaisia sähkön PEF-kertoimia: EU:n päivitysselvityksen kerrointa 1,9 (ks. infolaatikko 1 luvussa 1) sekä energia- ja hyödynjakomenetelmillä laskettuja vuosittaisia kotimaisia kertoimia (ks. taulukko 10).

Taulukko 14 Kaukolämmön valtakunnallinen PEF-kerroin Power Bonus -menetelmällä sähkön erilaisilla PEF-kertoimilla vuositasen tiedoista laskettuna

Sähkön PEF syöttötieto	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Sähkön eurooppalainen kerroin 1,9	1,12	1,07	1,13	1,15	0,99	1,32	1,10
Sähkön kotimainen kerroin energiamentelmällä	1,44	1,42	1,44	1,45	1,43	1,29	1,26
Sähkön kotimainen kerroin hyödynjakomenetelmällä	0,99	0,97	0,97	0,98	0,99	0,82	0,78

4.4.3 Tulokset Residual Heat -menetelmällä

Tässä menetelmässä tarvitaan sähköntuotannolle vaihtoehdon oletushyötysuhde kuten hyödynjakomenetelmässäkin (ks. standardi EN 15316-4-5:2017). Energiatilastoissa tämä on lauhdesähkölle 39 % ja ns. kombituotannolle 45 %. Koska sähkön kombituotannon määrä on suhteellisen pieni, laskelmassa on käytetty yksinkertaisuuden vuoksi kaikelle erillistuotannolle vaihtoehtoisena hyötysuhteena 39 %. Laskelmaa tulee siis pitää karkeana suuntaa antavana esimerkkilaskelmana menetelmän soveltamistavasta.

Polttoainekäyttö allokoidaan kaukolämmölle seuraavalla kaavalla:

$$\alpha_T = 1 - \frac{E_{el:cm}}{\eta_{el:ref} * (E_{in} - E_{in:el:ncm})}$$

, missä

α_T	lämmölle allokoitava osuus primäärienergiasta
$E_{el:cm}$	yhteistuotantomenetelmällä tuotettu sähkö
$\eta_{el:ref}$	sähkön erillistuotannon hyötysuhde
E_{in}	voimalaitoksen polttoainekäyttö
$E_{in:el:ncm}$	polttoainekäyttö sähköntuotantoon kun voimalaitosta ei käytetä yhteiskäyttöön (jos ajetaan vain CHP-tuotantoa, termi jää pois nimittäjästä)

Kun lämmön allokointitekijä (α_T , lukuarvo välillä 0–1) on laskettu, tämän avulla lasketaan tuotetun lämmön osuus CHP-laitoksen primäärienergiasta. Loput kohdistuvat sähkölle. Kummankin energiamuodon PEF voidaan laskea normaalisti jakamalla polttoainekäyttö toimitetulla energialla.

Taulukossa 15 esitetyt PEF-kertoimet on laskettu kaikelle kaukolämmön ja sähkön tuotannolle yhteensä ottaen huomioon CHP- ja erillistuotannon osuudet. Tulokset eivät siis kuvaa vain CHP-tuotantoa.

Taulukko 15 Kaukolämmön PEF-kerroin Residual Heat -menetelmällä vuositason tiedoista kaikelle kaukolämmöntuotannolle laskettuna, karkea esimerkkilaskelma

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Lämmön allokointitekijä α_T	0,28	0,29	0,27	0,26	0,27	0,31	0,40
Lämmön PEF	0,72	0,71	0,70	0,70	0,75	0,65	0,67
Sähkön PEF	2,33	2,31	2,34	2,36	2,21	2,14	2,05

4.5 Sähkön kuukausitason kokonaisprimäärienergiakertoimet

Energiateollisuus ry julkaisee sähkön kuukausitilastot nettisivuillaan³. Tilastokeskuksen julkaisemista energiatilastoista on saatavissa sähkön tuotanto kuukausittain, mutta ei tuotannon primäärienergiajakautusta. Sen vuoksi tässä on päädytty käyttämään Energiateollisuuden tietoja (Liedes 2022).

Seuraavassa taulukossa on esitetty tiedot vuoden 2020 kotimaisesta sähköntuotannosta ja sen primäärienergiankäytöstä. Myös vuoden 2021 tiedot olisivat käytettävissä, mutta näitä ei ole tässä tarkasteltu, sillä muissakin PEF-laskennoissa viimeisin tilastovuosi on 2020.

Energiateollisuuden tilastossa yhdistetyn tuotannon polttoaineet on käsitelty energiamenetelmällä. Toimitettu sähkö on laskettu tuotetusta sähköstä ottamalla huomioon vuoden 2020 energiatilastoissa raportoitu keskimääräinen häviö 3,70 %.

Taulukko 16 Sähköntuotanto ja tuotannon primäärienergiakäyttö sekä kokonais-PEF kuukausittain vuonna 2020

Kuukausi	Primäärienergia GWh	Sähkön tuotanto GWh	Toimitettu sähkö GWh	PEF
1	11 759	6 677	6 430	1,83
2	10 929	6 150	5 922	1,85
3	11 571	6 666	6 419	1,80
4	10 205	5 712	5 500	1,86
5	8 935	5 138	4 948	1,81
6	8 712	4 515	4 348	2,00

³ Energiateollisuus: [Sähkön kuukausitilasto](#)

Kuukausi	Primäärienergia GWh	Sähkön tuotanto GWh	Toimitettu sähkö GWh	PEF
7	9 074	4 580	4 411	2,06
8	8 405	4 365	4 203	2,00
9	8 663	4 677	4 504	1,92
10	9 907	5 417	5 217	1,90
11	11 158	6 260	6 028	1,85
12	11 258	6 422	6 184	1,82
Vuosi	120 575	66 579	64 114	1,88¹

¹ Tilastokeskuksen aineistosta laskettuna 1,89.

Lähde: Energiategollisuus ry

4.6 Kaukolämmön kokonaisprimäärienergiakertoimet erilaisilla hankintarakenteilla

EPBD-direktiivi mahdollistaa alueellisten PEF-kertoimien käytön kaukolämmölle. Näiden käyttöön kohdistuu kiinnostusta, sillä hankintarakenteet ovat erilaisia eri kaukolämpöalueilla. Seuraavassa on arvioitu, mikä olisi kaukolämmön PEF-kerroin kolmella erilaisella valtakunnallisesta keskiarvosta poikkeavalla hankintarakenteella tarkasteltuna.

Ensimmäinen tarkastelu koskee tilannetta, jossa kaikki kaukolämmön tuotanto olisi kestävä kaukolämmön määritelmän mukaista. Tuotantorakenteeksi on valittu 50 % biopolttoaineita, 30 % ylijäämälämpöjä ja 20 % lämpöpumpupohjaista tuotantoa luonnonympäristöistä. Ylijäämälämpöjen ja luonnonympäristön lämpöjen lämpötila nostetaan kaukolämmössä tarvittavalle tasolle kokonaisuudessaan lämpöpumpuilla, joiden COP-kertoimena on käytetty 4,0 kun lämmönlähteenä on ylijäämälämpöt ja 3,0 kun lämmönlähteenä on luonnonympäristö. Kaukolämmön ja sähkön CHP-tuotantoa on tarkasteltu energia- ja hyödynjakomenetelmillä ja sähkön kohdalla erillistuotannon muuntokertoimia primäärienergiaksi on käsitelty kuten Tilastokeskuksen energiatiilastoissa.

Kaukolämmön erillis- ja CHP-tuotannon hyötysuhteet ovat kasvaneet viime vuosina merkittävästi savukaasupesureiden yleistyessä ja niiden ennakoitaan yleistyvän edelleen. Energiategollisuus arvioi erillistuotannon hyötysuhteiden vaihteluvälin olleen 88–115 % vuonna 2018 keskiarvon ollessa noin 99 % kokoluokan 20–180 GWh tapauksissa (Vuorenmaa 2022). Erillistuotannon hyötysuhteita nostaa myös hukkalämpöjen hyödyntäminen lämpöpumppujen avulla ja Tilastokeskuksen energiatiilastoissa erillistuotannon hyötysuhde onkin ylittänyt 100 % vuodesta 2015 alkaen.

CHP- ja erillistuotannon määrinä on laskelmissa käytetty vuosina 2020, 2025 ja 2030 samoja määriä kuin muissakin tarkasteluissa, jotta PEF-kertoimien erot erilaisilla hankintarakenteilla tulisivat selkeästi esiin.

Taulukko 17 PEF-kertoimia hankintarakenteelle, joka perustuu vain ns. kestäväälle kaukolämmölle

	2020	2025	2030
Energiamenetelmä	0,80	0,71	0,65
Hyödynjakomenetelmä	0,74	0,66	0,61

Toisessa tarkastelussa mukana on vain erillistuotantoa siten, että hankinnasta lämpöpumppu-pohjaisen tuotannon osuus on 70 % (70 % ylijäämälämmöt, 30 % luonnonympäristön lämmönlähteet), pelletin 25 % ja öljyn tai maakaasun 5 %. Lämpöpumppujen COP-kertoimena on käytetty 4,0 kun lämmönlähteenä on ylijäämälämmöt ja 3,0 kun lämmönlähteenä on luonnonympäristö. Tarkastelussa sähkön primäärienergiakertoimina on käytetty taulukossa 10 esitettyjä tilastokäytäntöjen mukaisesti laskettuja kertoimia. Edelliseen tarkasteluun nähden lämpöpumput ovat merkittävämmässä roolissa, ja niiden käyttämä sähkö heijastuu hyödynjakomenetelmässä kaukolämmön sähkөөn ja nostaa kaukolämmön PEF-kerrointa.

Taulukko 18 PEF-kertoimia kestäväen kaukolämmön erillistuotannolle

	2020	2025	2030
Energiamenetelmä	0,80	0,78	0,74
Hyödynjakomenetelmä	0,85	0,82	0,78

Kolmannessa tarkastelussa tuotanto tapahtuu erillistuotantona. Pääasiallinen polttoaine on biomassa (95 % primäärienergiasta) ja tukipolttoaineena on öljy tai maakaasu (5 %). Hyötysuhteella 99 % ja verkostohäviöllä 11,1 % (vuonna 2020 toteutunut) PEF-kertoimeksi muodostuu 1,14. Korkeammalla hyötysuhteella 110 % PEF olisi 1,02. Jos hyötysuhde on 99 %, mutta uusiutuvan energian PEF-kertoimeksi valitaan nolla, PEF-kertoimeksi muodostuu 0,06.

On ehdotettu, että kaukolämmön paluueden hyödyntämiselle (ns. jälkijähdytykselle) tulisi olla oma PEF-kerroin. Myös tämä energia näkyy kaukolämmön tilastoinnissa myytynä kaukolämpönä. Jos käytössä olisi alueelliset PEF-kertoimet, hyödynnetty jälkijähdytysenergia näkyisi siis ilman erillistarkastelujakin kyseisen alueen PEF-kertoimessa siten, että se lisäisi toimitetun energian määrää laskentakaavan (primäärienergia/toimitettu energia) nimittäjässä ja pienentää PEF-kerrointa. Toisaalta, kun paluueden energiasisällön hyödyntäminen kuitenkin usein vaatii lämpöpumpun käyttöä, tämän käyttämän sähkön primäärienergia tulisi vastaavasti ottaa huomioon verkon PEF-kerrointa kasvattavana tekijänä.

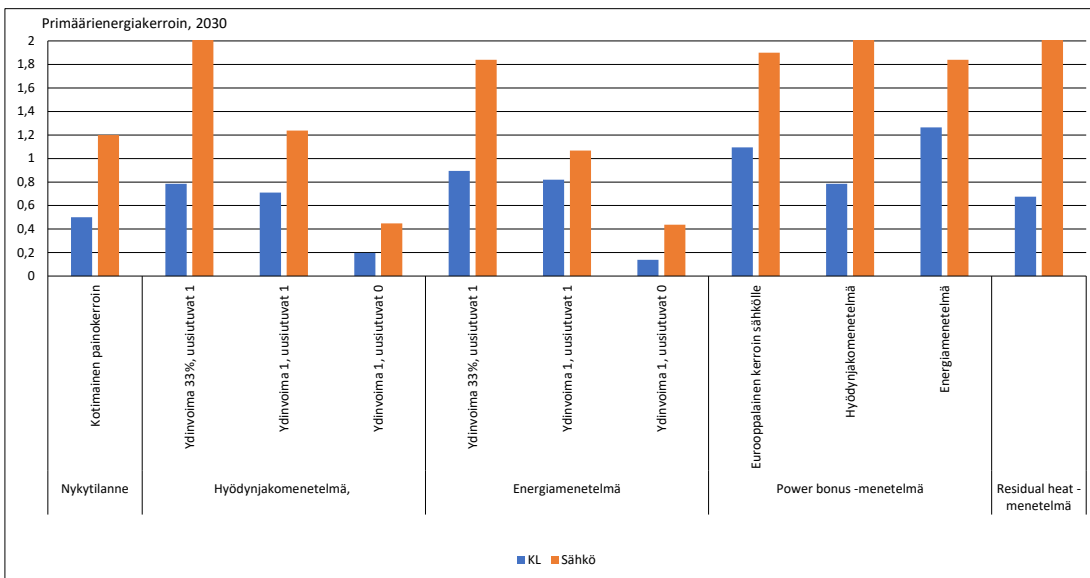
Alueellista tietoa kaukolämmön tuotantojakaumasta ja hiilidioksidipäästöistä on saatavissa Paikallisvoiman tuottamasta kaukolämmön päästölaskurista⁴. Tuotantojakaumasta näkyy, miten suuri osa kaukolämmöstä on tuotettu milläkin lämmönlähteellä. Laskuriin raportoituja CHP-tuotannon polttoaineita on käsitelty sekä energia- että hyödynjakomenetelmällä. Laskurissa julkaistuja tuloksista ei suoraan tällä hetkellä näy kunkin alueen kaukolämmön tuotannon primäärienergiakäyttö energiayksiköissä, mikä on välttämätön tieto PEF-kertoimien laskennassa. Tiedot ovat kuitenkin olemassa taustalla tietokannassa ja otettavissa tarvittaessa käyttöön melko

⁴ [Paikallisvoiman kaukolämmön päästölaskuri](#)

pienellä kehityspanoksella, jolloin alueelliset PEF-kertoimet olisi mahdollista muodostaa. Laskurissa on tällä hetkellä historialliset tiedot, mutta tulevaisuuteen katsovat skenaariot ovat viimeistelyvaiheessa.

4.7 Sähkön ja kaukolämmön kokonais-PEF tulokset

Seuraaviin kuviin on koottu kaukolämmön ja sähkön eri tavoin lasketut kokonais-PEF-kertoimet. Kuvassa 2 on verrattu eri tavoin vuodelle 2030 laskettuja kokonais-PEF-kertoimia nyt käytössä oleviin energiamuotokertoimiin, jotka vastaavat EPBD-direktiivissä mainittuja painotuskertoimia. **Kaikilla nykyisiä tilastokäytäntöjä vastaavilla laskentatavoilla sekä sähkön että kaukolämmön kokonais-PEF-kertoimet ovat korkeampia kuin nykyiset energiamuotokertoimet.** Eri tavoin laskettu sähkön kokonais-PEF-kerroin on lähellä uutta ehdotettua eurooppalaista kerrointa 1,9. Tämän vaikuttaa lisääntyvän ydinvoiman korkea PEF-kerroin kolme.



Tarkastellut vaihtoehdot:

Ydinvoima 33 % = Ydinvoiman hyötysuhde tilastojen mukainen 33 % eli PEF = 3

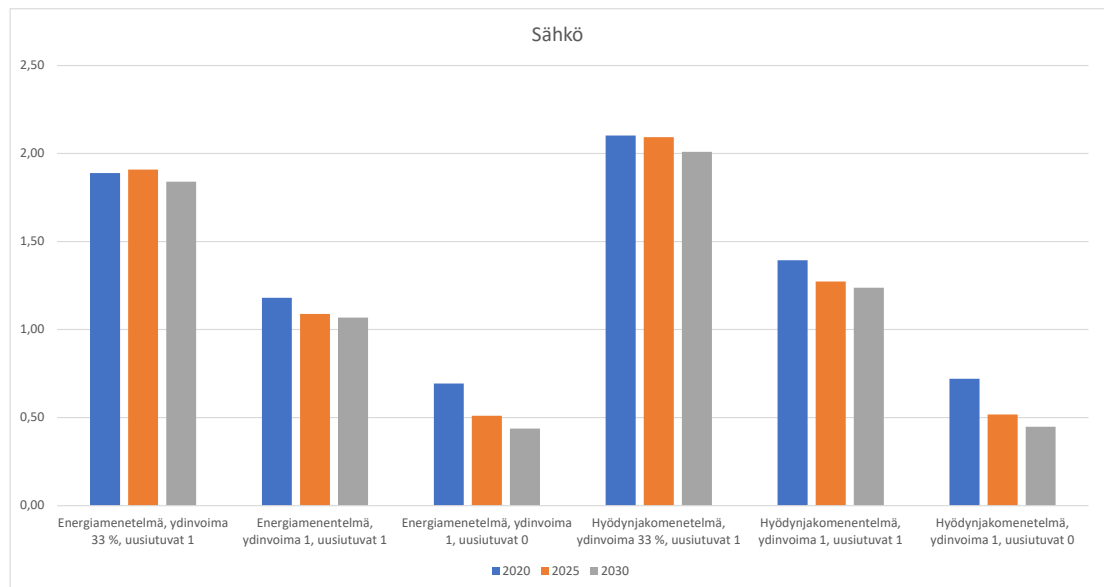
Ydinvoima 1 = Ydinvoiman PEF = 1 eli hyötysuhde 100 %

Uusiutuva 1 = Uusiutuvan vesi-, tuuli- ja aurinkosähkön PEF = 1 ja bioenergian hyötysuhde tilastojen mukainen

Uusiutuva 0 = Kaiken uusiutuvan energian PEF = 0

Kuva 2 Sähkön ja kaukolämmön kokonaisprimäärienergiakerroimia vuonna 2030

Kuvassa 3 on esitetty sähkön eri tavoin lasketut kokonais-PEF-kertoimet vuosille 2020, 2025 ja 2030. Tilastojen mukaisessa ”perustarkastelussa” niin energia- kuin hyödynjakomenetelmällä sähkön PEF ei juurikaan muutu ajan kuluessa. Hyödynjakomenetelmällä kerroin pysyy totuttuun tapaan korkeampana kuin energiamenetelmällä laskettuna. PEF-kertoimeen vaikuttaa voimakkaasti vain se, jos ydinvoiman ja uusiutuvan energian energiamuunnoksia käsitellään tilastokäytännöistä poikkeavalla, mutta standardin sallimalla tavalla.



Tarkastellut vaihtoehdot:

Ydinvoima 33 % = Ydinvoiman hyötysuhde tilastojen mukainen 33 % eli PEF = 3

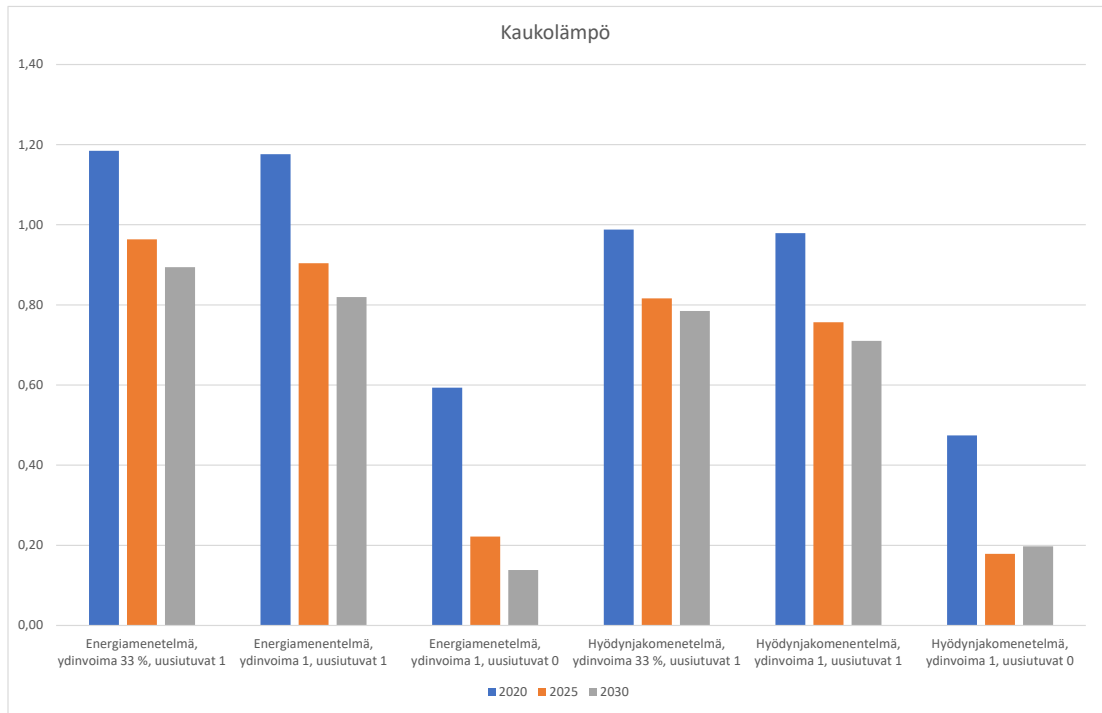
Ydinvoima 1 = Ydinvoiman PEF = 1 eli hyötysuhde 100 %

Uusiutuva 1 = Uusiutuvan vesi-, tuuli- ja aurinkosähkön PEF = 1 ja bioenergian hyötysuhde tilastojen mukainen

Uusiutuva 0 = Kaiken uusiutuvan energian PEF = 0

Kuva 3 Sähkön kokonaisprimäärienergiakertoimia 2020–2030

Kuvassa 4 on esitetty kaukolämmön eri tavoin lasketut kokonais-PEF-kertoimet vuosille 2020, 2025 ja 2030. Toisin kuin sähkössä, kaukolämmössä PEF-kertoimissa tapahtuu muutosta ajan kuluessa myös tilastokäytäntöjen mukaisissa tarkasteluissa. Tähän vaikuttaa mm. savukaasupe- sureiden ja ylijäämälämpöjen hyödyntämisen lisääntyminen.



Tarkastellut vaihtoehdot:

Ydinvoima 33 % = Ydinvoiman hyötysuhde tilastojen mukainen 33 % eli PEF = 3

Ydinvoima 1 = Ydinvoiman PEF = 1 eli hyötysuhde 100 %

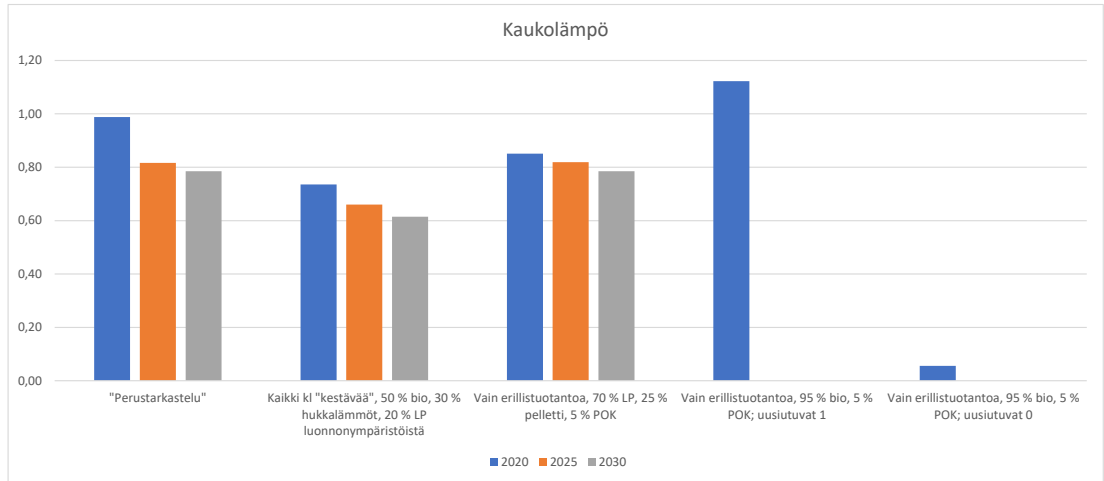
Uusiutuva 1 = Uusiutuvan vesi-, tuuli- ja aurinkosähkön PEF = 1 ja bioenergian hyötysuhde tilastojen mukainen

Uusiutuva 0 = Kaiken uusiutuvan energian PEF = 0

Kuva 4 Kaukolämmön kokonaisprimäärienergiakertoimia 2020–2030

Kuvaan 5 on koottu kokonaisprimäärienergiakertoimia kaukolämmön erilaisilla hankintarakenteilla. Kaikissa muissa tarkasteluissa paitsi viimeisessä erillistuotannon tarkastelussa ydinvoimaa ja uusiutuvaa energiaa on käsitelty tilastokäytäntöjen mukaisesti. CHP-tuotantoa on käsitelty hyödynjakomenetelmällä.

Sidosryhmät ovat konsultoinneissa (ks. liite 1) painottaneet alueellisten PEF-kertoimien tarpeellisuutta johtuen hyvin erilaisista tuotantorakenteista. Päästönäkökulmasta tuotantorakenteella onkin hyvin suuri merkitys. Vaikka jonkinasteisia eroja on havaittavissa, primäärienergiakertoimien näkökulmasta – kun energiamuunnokset käsitellään tilastokäytäntöjen mukaisilla menetelmillä – hankintarakenteen merkitys ei näyttäyty yhtä merkittävänä.



"Perustarkastelu" = CHP käsitelty hyödynjakomenetelmällä, ydinvoiman ja uusiutuvan energian käsittely tilastokäytäntöjen mukainen.

Kuva 5 Kaukolämmön kokonaisprimäärienergiakertoimia erilaisilla hankintarakenteilla 2020–2030

5.1 Kulutus ja kasvuennuste

Tilastokeskuksen tilastoissa ei ole tietoja kaukojäähdytyksestä. Sen sijaan Energiateollisuus ry julkaisee vuosittain kaukojäähdytystilaston. Tilasto sisältää myydyn jäähdytysenergian määrän (taulukko 19). Toiminta on edelleen pienimuotoista, sillä kaukojäähdytysjärjestelmiä oli 11, asiakkaita 669 ja kaukojäähdytettyjä rakennuksia 809 vuonna 2020 (Energiateollisuus 2022)

Taulukko 19 Myyty kaukojäähdytysenergia, GWh/v

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Kaukojäähdytys	205	223	301	281	288	336

Lähde: Energiateollisuus ry

Kaukokylmän tarjonnan ja kysynnän oletetaan kuitenkin kasvavan jatkossa. Energiateollisuus arvioi, että vuonna 2025 myyty kaukojäähdytysenergia voisi olla 439–494 GWh/v ja vuonna 2030 suuruusluokkaa 568–798 GWh/v (Vuorenmaa 2022).

5.2 Tuotantojakauma

Kaukojäähdytystä voidaan tuottaa eri tekniikoilla. Seuraavassa näitä on kuvattu lyhyesti, erityisesti siitä näkökulmasta, mitä energiaa ne hyödyntävät kylmän tuottamiseen. Useaan kaukokylmäverkkoon on tehty myös kylmäakkuja, joihin kylmää voidaan varastoida.

- Kompressorit: Kaukojäähdytysverkon vettä jäähdytetään höyrystimessä kompressorilla eli käytännössä sähkön avulla. Ylimääräinen lämpö poistetaan lauhduttimessa esim. ympäristöön.
- Absorptio: Absorptiotekniikassa jäähdytyksen energialähteenä on lämpö, yhdistetyn tuotannon ylimääräinen lämpöenergia kesäaikaan tai teollisuuden ylijäämälämpö. Menetelmässä käytetään apuna vähän sähköä.
- Lämpöpumput: Lämpöpumpuilla jäähdytysenergia tuotetaan sähköllä erilaisista lämmönlähteistä kuten esim. puhdistetuista jätevesistä tai kaukojäähdytyksen lämmenteestä paluuedestä. Lämpöpumpun kompressori käyttää sähköenergiaa.
- Vapaa jäähdytys: Vapaa jäähdytyksessä lämpö poistetaan ympäristön lämpönieluun, kuten esimerkiksi meri- tai järviveteen. Sähköenergiaa kuluu vähäisessä määrin pumppaukseen.

Tuotantoteknologioita on siis useita. Järjestelmissä on eroa myös siinä, hyödynnetäänkö paluu- läuhteen energiasisältöä, jolloin voidaan parantaa myös kaukolämmityksen energiatehokkuutta. Koska useimmissa järjestelmissä käytetään sähköä, kaukokylmä ei synny pelkästään

”sivutuotteena”. Sen energiatehokkuus on kuitenkin otettu huomioon jo nykyisissäkin energiamuotokertoimissa, jossa kerroin on huomattavasti alhaisempi kuin sähköllä, jota myös käytetään jäähdytyksessä.

Taulukossa 20 on esitetty kaukokylmän tuotantoon käytettyjen teknologioiden jakauma vuonna 2020; kaukokylmää myi yksitoista yritystä. (Energiateollisuus 2022). Energiateollisuus (Vuorenmaa 2022) arvioi, että lämpöpumppujen osuus tuotannosta tulee kasvamaan vapaajäähdytyksen osuuden laskiessa.

Taulukko 20 Kaukojäähdytyksen tuotantoteknologiat v. 2020 ja karkea ennuste vuodelle 2030, GWh/v

	Absorptio	Lämpöpumppu	Kompressori	Vapaajäähdytys	Yhteensä
Vuosi 2020					
Tuotanto	5	178	34	72	288
Osuus	2 %	62 %	12 %	25 %	100 %
Vuosi 2030					
Tuotanto ¹	4	537	67	74	683
Osuus	1 %	79 %	10 %	11 %	100 %

¹ Keskiarvo haarukasta 568–798 GWh/v.

Lähde: Energiateollisuus ry

5.3 Kaukojäähdytyksen primäärienergiakertoimet

Kaukojäähdytyksen eri tuotantoteknologioilla on erilaiset PEF-kertoimet. Valtakunnallinen kerroin on laskettavissa siten, että kunkin teknologian primäärienergian kulutus arvioidaan erikseen ja tuotantomääriä käyttämällä lasketaan keskimääräinen PEF.

- Kompressorien ja lämpöpumppujen käyttämän sähkön PEF-kerroin asetetaan samaksi kuin sähkön PEF-kerroin muutenkin (ks. erilaiset vaihtoehdot luvussa 4).
- Vapaajäähdytyksen PEF-kerroin voidaan katsoa nolllaksi. Tämä vastaa Tilastokeskuksen energiatilastojen käytäntöjä, joissa ympäristöstä otettua energiaa ei lasketa mukaan energiataseeseen. Tuotannossa tarvitaan sähköä pumppauksiin, mutta tämän sähkönkäyttö on enintään prosentin luokkaa jäähdytysenergiaan nähden.
- Absorptiotekniikassa PEF-kertoimen määrittäminen on hyvin hankalaa, sillä jäähdytyksen energialähteenä on lämpö, yhdistetyn tuotannon ylimääräinen lämpöenergia kesäaikaan tai teollisuuden ylijäämälämpö, minkä lisäksi menetelmässä käytetään apuna vähän sähköä. Menetelmän osuus jäähdytyksessä on erittäin pieni, vain kahden prosentin luokkaa ja osuuden ei odoteta kasvavaan. Tämän vuoksi tälle teknologialle ei ole tässä muodostettu omaa PEF-kerrointa.

Seuraavassa kaukokylmän kokonais-PEF-kertoimia tarkastellaan kahdella tavalla.

Tarkastelu 1

Seuraavassa taulukossa on laskettu kaukojäähdytyksen valtakunnallinen PEF-kerroin perustuen lämpöpumppu-, vapaajäähdytys- ja kompressoritekniikoihin. Alueelliset kertoimet olisi mahdollista muodostaa vastaavalla laskentatavalla.

Laskennassa sähkön PEF-kertoimeksi on valittu energia- ja hyödynjakomenetelmillä ja tilastojen mukaisilla energiamuunnosten kertoimilla muodostetut vuositaso PEF-kertoimet. Tulokset luonnollisesti muuttuisivat, jos ydinvoimaa ja/tai uusiutuvaa energiaa käsiteltäisiin poikkeavasti.

Jäähdytysjohtojen ja niitä ympäröivän maan lämpötilaero ei ole suuri, joten verkostohäviöitä ei synny yhtä paljon kuin kaukolämmityksessä. Kirjallisuudessa (mm. Kirssi, 2009) on laskettu joillekin putkityypeille 2–3 % ja käytännön kokemuksen mukaan häviöt voivat jäädä alle prosenttiin (Salmi 2022). Pumpkauksen sähkönkulutus on 5 % luokkaa jäähdytysenergiasta (SYKE 2020). Lämpöpumppujen ja kompressorikylmäasemien COP-kertoimena on käytetty 5,0.

Vuoden 2020 tuotantojakaumalla kaukojäähdytyksen keskimääräiseksi PEF-kertoimeksi saadaan energiamenetelmällä 0,38 ja hyödynjakomenetelmällä 0,42 (ks. taulukko 21). Jos vastaava laskenta tehdään vuodelle 2030 arvioiduilla tuotantomäärillä ja -suhteilla (ks. taulukko 20), kaukojäähdytyksen PEF-kertoimeksi saadaan energiamenetelmällä 0,42 ja hyödynjakomenetelmällä 0,46. Käytössä oleva E-luvun energiamuotokerroin kaukojäähdytykselle on tällä hetkellä 0,28.

Koska jäähdytyksen tuottamisessa vaihtoehdot perustuvat sähkön käyttöön, kaukojäähdytyksen ja sähkön PEF-kertoimien suhteeseen kohdistuu mielenkiintoa. Tällä hetkellä kaukojäähdytyksen energiamuotokerroin on 23 % sähkön energiamuotokertoimesta. Nyt vuodelle 2020 arvioitujen PEF-kertoimien suhde on 20 %.

Taulukko 21 Kaukojäähdytyksen valtakunnallinen PEF-keskiarvo vuonna 2020

	Lämpöpumppu	Vapaa- jäähdytys	Kompressori	Yhteensä/ Keskiarvo¹
Tuotanto	178 GWh	72 GWh	34 GWh	283 GWh
Verkostohäviö	1 %		1 %	
Pumppauksen sähkönkulutus	5 %	5 %	5 %	
COP	5,0		5,0	
Sähkönkulutus (pumppaus + LP tai kompressori)	45 GWh	4 GWh	9 GWh	57 GWh
Sähkön PEF, energiamenetelmä	1,89		1,89	
Primäärienergiankulutus, energiamenetelmä	84 GWh	7 GWh	16 GWh	107 GWh
Sähkön PEF, hyödynjakomenetelmä	2,10		2,10	
Primäärienergiankulutus, hyödynjakomenetelmä	94 GWh	8 GWh	18 GWh	119 GWh
Kaukojäähdytyksen PEF, energiamenetelmä	0,48	0,09	0,48	0,38
Kaukojäähdytyksen PEF, hyödynjakomenetelmä	0,53	0,11	0,53	0,42

¹ Rivisummat eivät täysin täsmää pyöristysten vuoksi.

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja Energiateollisuus ry, kaukojäähdytystilastot

Tarkastelu 2

Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän CO₂-data-tietokannan⁵ taustatiedoissa on käsitelty kaukojäähdytyksen sähköntarvetta vuonna 2019. Tiedoissa on kerrottu sähköenergian tarve suhteessa siirrettyyn kaukokylmän energiamäärään (MWh_s/MWh_{kk}) neljällä kaukokylmäalueella: Fortum (suhdeluku 33 %), Helen (20 %), Tampere (15 %) ja Turku (32 %). Keskimäärin edellä kuvattu suhde on 25 % ja kaukokylmän energiamäärillä painotettuna 23 %. Siirron pumppausenergia on siis jo mukana sähkönkulutuksessa. Nämä neljä toimijaa kattoivat 96 % vuoden 2019 kaukokylmän markkinasta. (SYKE 2020)

Kaukokylmän PEF-kerrointa voi haarukoida keskimääräisten suhdelukujen ja sähkön energia- ja hyödynjakomenetelmillä laskettujen PEF-kertoimien avulla. Jotta saadaan vertailukelpoimpi tulos taulukon 21 tuloksiin, käytetään vuoden 2019 sijasta vuoden 2020 sähkön kokonais-PEF-kerrointioimia (ks. taulukko 21).

Energiamäärillä painotetulla suhdeluvulla 23 % laskettuna kaukokylmän keskimääräiseksi kokonais-PEF-kertoimeksi saadaan vuodelle 2020 energiamenetelmällä 0,43 ja

⁵ [CO2data-tietokanta](#)

hyödynjakomenetelmällä 0,48. Kun arvio tehdään vuoden 2030 sähkön PEF-kertoimilla, kaukokylmän keskimääräiseksi kokonais-PEF-kertoimeksi saadaan energiamenetelmällä 0,42 ja hyödynjakomenetelmällä 0,46.

Tilastotiedoilla arvioidut tulokset ovat siis hieman (0,05–0,06) korkeampia kuin tarkastelussa 1, mutta varsin samansuuntaisia. Lähtökohtaisesti erona on ainakin tarkasteluvuosi 2019 vs. 2020. Vuoden 2030 tarkastelussa tulokset ovat samat.

6.1 Primäärienergiakertoimet

Perustarkastelu

Koska kokonaisprimäärienergiakertoimen laskentakaava on primäärienergia jaettuna rakennukseen toimitetulla energialla, fossiilisten ja uusiutuvien polttoaineiden (biopolttoaineiden) kokonais-PEF on pääsääntöisesti yksi, mutta verkkoenergiana maakaasun kohdalla asiaa on tarpeen tarkastella myös tarkemmin (ks. alla).

EPBD-direktiivi edellyttää myös uusiutuvan ja uusiutumattoman energian PEF-kertoimien muodostamista, mutta ei anna ohjeita niiden soveltamisesta. Uusiutuvan energian PEF on uusiutuvalla energialle yksi ja fossiiliselle energialle nolla. Vastaavasti uusiutumattoman energian PEF on uusiutuvalla energialle nolla ja uusiutumattomalle yksi. Sekapolttoaineissa nämä PEF-kertoimet määräytyvät ottamalla huomioon uusiutuvan ja uusiutumattoman energian osuudet.

Maakaasu

Kuten sähkö- ja kaukolämpöverkostoissa, myös maakaasuverkostoissa kuluu energiaa, joka tulisi ottaa huomioon sen PEF-kertoimessa, jotta tarkasteluperuste olisi sama kuin muilla verkon kautta siirrettävillä energiamuodoilla.

Honkapuro ym. (2015) toteavat, että maakaasun siirrossa ei käytännössä ole kaasun hävikkiä, mutta kaasua joudutaan toisinaan huoltotöiden yhteydessä puhaltamaan ilmaan. Kaasun siirrossa energiaa kuluu kompressoriasemilla, joissa verkon paine nostetaan halutulle tasolle (0,23 % siirretystä maakaasumäärästä) sekä paineenvähennysasemilla, joissa kaasua lämmitetään painetta alennettaessa (0,06 % siirretystä maakaasumäärästä). Lisäksi osassa paineenvähennysasemista tarvittava lämpö tuotetaan muilla tavoilla, joten paineenvähennysasemien energiankäyttö on yhteensä 0,15 % siirretystä kaasumäärästä. Tilastokeskuksen energiatilastoissa vuosien 2016–2020 keskiarvo kompressoriasemien kaasunkäytöstä on 0,11 %, mutta paineenvähennysasemien energiankäyttöä ei ole raportoitu. Kokonaisuudessaan energiantarve on siis Honkapuro ym. (2015) tietojen mukaan suuruusluokkaa 0,38 % siirretystä maakaasumäärästä. Tällöin PEF-kerroin olisi 1,0038, mikä eroaa arvosta yksi niin vähän, että arvosta yksi poikkeavan kokonais-PEF-kertoimen käyttö ei vaikuta perustellulta.

Biokaasun osuus kaasusta oli 0,4 % vuonna 2020. Kokonais-PEF-kertoimessa sitä käsitellään samoin kuin fossiilista maakaasua. Uusiutuvan ja uusiutumattoman energian PEF-kertoimissa se tulisi teoriassa ottaa huomioon, mutta hyvin pienen osuuden vuoksi vaikutus jää olemattomaksi.

Uusiutuvien polttoaineiden päästöttömyyden huomioiminen kansallisissa painotuskertoimissa

EPBD-direktiiviluonnos sallii myös kansallisten painotuskertoimien käytön, missä voitaneen painottaa uusiutuvien polttoaineiden päästöttömyyttä. Laskentastandardi itsessään ei vaikuta tätä mahdollistavan, mutta tilanteen tulkinnassa direktiivi on toki määrävämpi.

Laskentastandardi mahdollistaa PEF-kertoimen nolla uusiutuvan energian muunnoksissa, kuten sähkön-, kaukolämmön- ja kaukokylmän tuotannossa, jotka tapahtuvat tarkastelun taserajan (käytännössä rakennus) ulkopuolella. Samaa linjausta PEF-kertoimen nolla käytöstä standardissa ei kuitenkaan löydy rakennukseen toimitetuille uusiutuville polttoaineille, joiden kohdalla energiamuunnoksia ei tapahdu rakennuksen ulkopuolella. Jos uusiutuvan energian PEF=0 verkkoenergian tuotannossa, se asettaisi rakennukseen suoraan toimitetun uusiutuvan energian (PEF=1) erilaiseen asemaan.

Rakennukseen ulkopuolelta toimitettavan energian osalta tämä asia koskee käytännössä biomassaa ja biokaasua.

6.2 Fossiilisten ja uusiutuvien lämmityspolttoaineiden käyttö

Sekä fossiilisia että uusiutuvia polttoaineita käytetään paitsi sähkön- ja lämmöntuotannossa, myös suoraan lämmitykseen rakennuksissa. Seuraavasta taulukosta käy ilmi lämmityspolttoaineiden määrät vuonna 2020.

Puupolttoaineet ovat merkittävä lämmityspolttoaine erityisesti pientaloissa, mutta myös vapaa-ajanrakennuksissa.

Fossiilisten polttoaineiden osuus kokonaisuudesta on jo melko pieni, mutta tarkkaa osuutta ei voi laskea, sillä teollisuusrakennusten öljyn käyttö ei ole tiedossa. Fossiilisten polttoaineiden osuus asuinrakennusten lämmityksestä oli enää 5,5 %, mutta palvelurakennusten vielä 16,7 % vuonna 2020. Asuinrakennuksissa fossiilisten polttoaineiden osuus laski vuonna 2021 alustavien tilastotietojen perusteella 4,6 prosenttiin, mutta palvelurakennuksissa vastaavaa muutosta ei tapahtunut. Asuinrakennuksissa muutokseen on vaikuttanut öljylämmityksestä luopumisen avustus, jota haettiin aktiivisesti heti sen tultua käyttöön.

Taulukko 22 Lämmitysenergian kulutus rakennuksissa lämmönlähteittäin vuonna 2020 (Luvut pyöristetty kokonaisluvuiksi)

	Puu	Tur- ve	Hiili	POR	POK	Kaa- su ¹	Lämpö- pumput	Poltto- aineet yhteensä	Kauko- lämmitys	Sähkö	Rakennusten lämmitys yh- teensä
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	GWh	GWh	TJ
Erilliset pienta- lot	40 595	122	0	-	8 017	322	17 278	66 335	1 940	9 466	107 396
Rivi- ja ketjuta- lot	546	5	-	-	318	184	1 965	3 018	2 565	1 818	18 798
Asuinkerrosta- lot	267	10	-	22	762	482	746	2 289	12 461	1 318	51 894
Vapaa-ajan asuinrakennuk- set	5 947	3	1	-	172	3	929	7 055	16	920	10 426
Asuinrakennuk- set yhteensä	47 356	139	2	22	9 270	991	20 918	78 697	16 982	13 523	188 514
Palveluraken- nukset	2 874	90	-	1 348	7 939	993	2 125	15 370	11 082	1 984	62 409
Teollisuusraken- nukset	1 773	370	-	2 179	528	..	2 988	2 840	..
Maatalousra- kennukset	7 388	1 288	76	218	892	112	152	10 126	153	..	10 678
Kaikki yhteensä	59 391	1 886	78	4 275	23 723	..	31 206	18 346	..

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot.

¹ Sisältää bio- ja nestekaasun. Biokaasun osuus verkosta siirrettävästä kaasusta oli 0,4 % vuonna 2020.

- Kulutusta ei ole.

.. Tietoa ei ole käytettävissä

7 Rakennuksissa tuotettu energia

7.1 Rakennuksessa tuotettu ja siinä kulutettu energia

Käytännössä tällaista rakennuksessa tuotettua energiaa on lämpöpumppujen hyödyntämä ympäristön energia, aurinkosähkö, aurinkolämpö ja pientuulivoima. Kokonaisuutena näiden käytön odotetaan yleistyvän edelleen, myös osana erilaisia hybridiratkaisuja.

Laskentastandardin mukaisesti rakennuksessa itse tuotettua ja kulutettua energiaa ei tulisi ottaa huomioon valtakunnallisissa PEF-kertoimissa, sillä kyseistä energiaa ei syötetä missään vaiheessa verkkoon. Tästä linjauksesta huolimatta tämän energian mukaan ottaminen on yksi standardin antamista laskentavaihtoehdoista, joten sitä ei ole tiukasti rajattu poiskaan. Lisäksi standardi antaa mahdollisuuden olla ottamatta huomioon valtakunnallisissa PEF-kertoimissa esimerkiksi energiayhteisöjen rakennuksessa tuottamaa ja niiden muualla kuluttamaa energiaa⁶.

Erilaisten lämpöpumppujen rakennuksessa käyttämän sähkön PEF-kerroin määräytyy valtakunnallisen kertoimen mukaisesti. Lämpöpumppujen hyödyntämä ympäristön energia asuin- ja palvelurakennuksissa on raportoitu Tilastokeskuksen energiatilastoissa. Ympäristöstä talteen otetulle ”ilmaisenergialle” ei E-luvun laskennassa kuitenkaan ole asetettu energiamuotokerrointa eikä sitä myöskään sisällytetä valtakunnalliseen energiataseeseen primäärienergianlähteenä.

Rakennuksessa lämmön talteenotossa käytettävien poistoilmalämpöpumppujen sähkölle käytetään sähkön valtakunnallista PEF-kerrointa. Lämmön lähteenä oleva ostoenergia on jo alun perin laskettu rakennuksen energiankulutukseksi, joten sitä ei enää pidä tässä uudelleen tarkastella.

Sidosryhmien kommentoissa esiintyi huolta siitä, että rakennusten ostoenergiantarvetta arvioitaessa lämpöpumppujen ylioptimistiset COP-kertoimet johtavat aliarvioon ostoenergiantarpeesta. Tämä puolestaan vääristäisi eri energiamuotojen kilpailuasetelmaa. Ratkaisuna ehdotettiin, että ostoenergiantarpeen laskennassa käytettävälle COP-kertoimelle asetettaisiin realistinen yläraja.

Aurinkosähkö, aurinkolämpö ja pientuulivoima eivät ole teoriassa itsessään primäärienergiaa, vaikka tilastoissa, eri standardeissa ja PEF-kertoimien laskennassa ne yleensä sellaisiksi tulkitaan; alkuperäinen muuntamaton primäärienergia on näissä tapauksissa auringon säteily tai tuuli.

Laskentastandardi mahdollistaa PEF-kertoimen nolla uusiutuvan energian muunnoksissa, kuten sähkön-, kaukolämmön- ja kaukokylmän tuotannossa, jotka tapahtuvat tarkastelun taserajan (käytännössä rakennus) ulkopuolella esim. voimalaitoksissa. Samaa linjausta PEF-kertoimen nolla käytöstä standardissa ei kuitenkaan löydy taserajan sisällä tapahtuville muunnosprosesseille. Täten arvosta yksi poikkeava PEF-kerroin on mahdollista asettaa aurinko- ja

⁶ Luku 6.3.1, vaihtoehto 3: “Exclude energy per energy carrier covered by dedicated delivery contracts or otherwise not available for the general grid.”

tuulienergialle vain kansallisena painotuskertoimena. PEF-kerroin yksi on kuitenkin noin puolet tilastokäytäntöjen mukaisilla valinnoilla sähkölle lasketusta PEF-kertoimesta.

7.2 Rakennuksessa tuotettu ja verkkoon syötetty energia

Rakennuksessa tuotettua ja verkkoon syötettyä energiaa on käytännössä useimmiten ylijäämälämmöt ja jatkossa myös jossain määrin aurinkosähkö.

Ylijäämälämpöjä syntyy tyypillisesti rakennuksissa tapahtuvissa prosesseissa, joista esimerkkejä ovat datakeskusten jäähdytys ja kaupan kylmäkoneet. Ylijäämälämpöjen hyödyntämiseen on suuri paine energiatehokkuus- ja päästönäkökulmista, joten tämä yhä yleistyy.

Sidosryhmien kommentoissa todettiin, että rakennusmääräyksiä asetettaessa tulisi erottaa rakennuksen energiatehokkuus sen sisäisten prosessien energiatehokkuudesta. Onkin totta, että jälkimmäiseen kohdistuu suuri joukko muitakin ohjauskeinoja, kuten ekosuunnittelumääräyksiä, vapaaehtoisia energiatehokkuussopimuksia, energiakatselmuksia ja verotoimia. Samalla rakennuksen tulisi itsessään olla energiatehokas, vaikka prosessista syntyvien ylijäämälämpöjen määrä olisi merkittäväkin. Jos rakennuksen sisäiset prosessit ja niiden energiankulutus sekä ylijäämälämmöt rajataan tarkastelun taserajassa pois, rakennuksen energiankulutusta ja sen PEF-kertoimia käsitellään kuten muissakin rakennuksissa.

Jos ylijäämälämpöä priimataan rakennuksessa lämpöpumpulla kaukolämmöksi, sen sähkönkulutus tulisi sisältyä kaukolämpösektorin sähkönkulutukseen vastaavasti kuin ylijäämälämpö näkyy sektorin primäärienergiälähteenä.

Toisin kuin prosesseissa syntyvät ylijäämälämmöt, aurinkosähköinvestoinnit liittyvät kiinteämmin itse rakennukseen ja sen ominaisuuksiin. Aurinkosähkön tuottaminen rakennuksista verkkoon saattaa hieman yleistyä nyt, kun investoinnit siihen ovat mm. energiakriisin myötä kasvamassa ripeästi ja lainsäädäntö on asettanut selkeät pelisäännöt sen hyödyntämiseen asunto-osakeyhtiöissä. Myös yritykset ja muut toimijat investoivat aurinkosähköön. Verkkoon syötettävä määrä riippuu järjestelmien mitoittamisesta eli siitä ylittääkö tuotto jossain kohden vuotta rakennuksen sähkönkulutuksen.

Rakennukseen tuodun sähköenergian PEF-kerroin on sama kuin sähkölle asetettu valtakunnallinen kerroin. Laskentastandardi antaa kaksi vaihtoehtoa rakennuksesta verkkoon viedyn energian PEF-kertoimelle. Se voidaan laskea kyseisen energian tuotantoon käytetyn primäärienergian mukaisesti (sama aurinkoenergian kerroin kuin itse tuotetussa ja itse kulutetussa aurinkosähkössä) tai vältetyn vaihtoehtoisen tuotannon primäärienergian mukaisesti (sama kuin valtakunnallinen keskimääräinen kerroin tai sähkön marginaalituotannon kerroin). Nettovaikutus rakennuksen käyttämän sähkön PEF-kertoimeen lasketaan seuraavasti:

$$PEF = \frac{\text{Ostettu energia } x \text{ valtakunn. PEF} - \text{Myyty energia } x \text{ oman tuotannon PEF}}{\text{Rakennukseen toimitettu energia}}$$

Sidosryhmiltä kysyttäessä kaikki vastanneet kannattivat tuotantoon käytetyn primäärienergian mukaista laskentatapaa. Tällöin rakennuksessa tuotetun aurinkosähkön PEF-kerroin yksi olisi noin puolet sähkön keskimääräisestä valtakunnallisesta kertoimesta. Pienistä myyntimääristä johtuen rakennuksen käyttämän sähkön netotettu PEF ei todennäköisesti poikkeaisi kovin paljon valtakunnallisesta sähkön PEF-kertoimesta.

Primäärienergiakertoimien käyttöalueesta

Primäärienergiakertoimet (PEF) liittyvät useisiin direktiiveihin ja niiden toimeenpanoon. Siten niihin kohdistuu paljon mielenkiintoa erilaisista tulokulmista.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) näkökulmasta PEF-kertoimilla pyritään ohjaamaan energiatehokkuutta rakentamista koskevien säädösten ja rakennusten energiatodistusten kautta. Kansallisesti rakentamisen ohjauksessa tavoitteena on ollut lisäksi myös hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Kansainvälisissä rakennusten energiatehokkuusvertailuissa laskennallinen primäärienergian kulutus näyttyy pienempänä matalammilla PEF-kertoimilla tarkasteltuna.

Energia-alan näkökulmasta PEF-kertoimien asettaminen rakennusten energiatehokkuuden ohjaamisessa vaikuttaa kilpailuasetelmaan paitsi eri energiamuotojen välillä myös verkkoenergian ja rakennuskohtaisten energiaratkaisujen välillä.

PEF-kertoimia tarvitaan myös Energiatehokkuusdirektiivin (EED) täytäntöönpanossa ja raportoinnissa. Kun sähkön loppuenergian säästöjä muutetaan primäärienergiaksi, PEF-kerroin vaikuttaa suoraan primäärienergasäästöjen määrään. Primäärienergiaksi muutetut säästöt näyttävät EU-tavoitteiden saavuttamisen seurannassa edullisempina korkealla PEF-kertoimilla.

On mahdollista, että EPBD-direktiivin ja EED-direktiivin täytäntöönpanossa käytetään sähkölle erilaista PEF-kerrointa, esimerkiksi EPBD:n kohdalla kansallista energiamuodon painokerrointa.

Sähkön PEF-kerroin vaikuttaa myös energiaa käyttävien laitteiden ekosuunnitteluun ja energiamerkinnän energialuokkiin. Kyseisessä laskennassa käytetään eurooppalaista keskimääräistä sähkön PEF-kerrointa.

Primäärienergiakertoimet ja päästöt

Paljon keskustelua herättää myös kysymys energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen huomioon ottaminen – tai huomiotta jättäminen – PEF-kertoimia laskettaessa tai kansallisia energiamuotojen painotuskertoimia asetettaessa. Varsin usein ajatellaan, että päästöttömyys näkyisi myönteisesti PEF-kertoimissa, mutta näin ei välttämättä ole; esimerkiksi tilastojen mukaisessa käytännössä ydinvoiman PEF-kerroin on kolme, sillä sen hyötysuhteena on 33 %.

Laskentastandardi EN 17423:2020:en antaa mahdollisuuden tehdä valintoja, jotka antavat päästöttömälle tuotannolle edullisemman aseman, mutta näin ei ole menetelty esimerkiksi Euroopan komission sähkön primäärienergiakertoimen päivitysselvityksessä vuonna 2022. Valinnalla haluttiin painottaa sitä, että kaikkea energiaa tulisi käyttää säästeliäästi, myös päästötöntä.

EPBD-direktiiviluonnoksessa on kuitenkin edelleen mahdollisuus asettaa mekaanisesti laskettujen PEF-kertoimien sijasta kansallisia painotuskertoimia, joissa voidaan ottaa huomioon ympäristönäkökulmia. Myös laskentastandardi mahdollistaa ydinvoimalle PEF-kertoimen yksi ja

uusiutuvalle energialle (joko muulle kuin bioenergialle tai myös sille) PEF-kertoimen nolla sähkön, kaukolämmön ja -jäähdytyksen tuotannossa.

Rakennusten elinkaari on todella pitkä, ulottuen kauas tässä tarkastellun vuoden 2030 yli, ja niissä käytettävän energian päästöt vähenevät joka tapauksessa muiden politiikkatoimien ja markkinakehityksen myötä. Lainsäätäjät joutuu päättämään, halutaanko PEF-kertoimilla tai painotuskertoimilla ohjata energiatehokkuutta vai osaltaan myös päästöjä, ottaen huomioon myös kustannustehokkuuden ja käyttökustannukset.

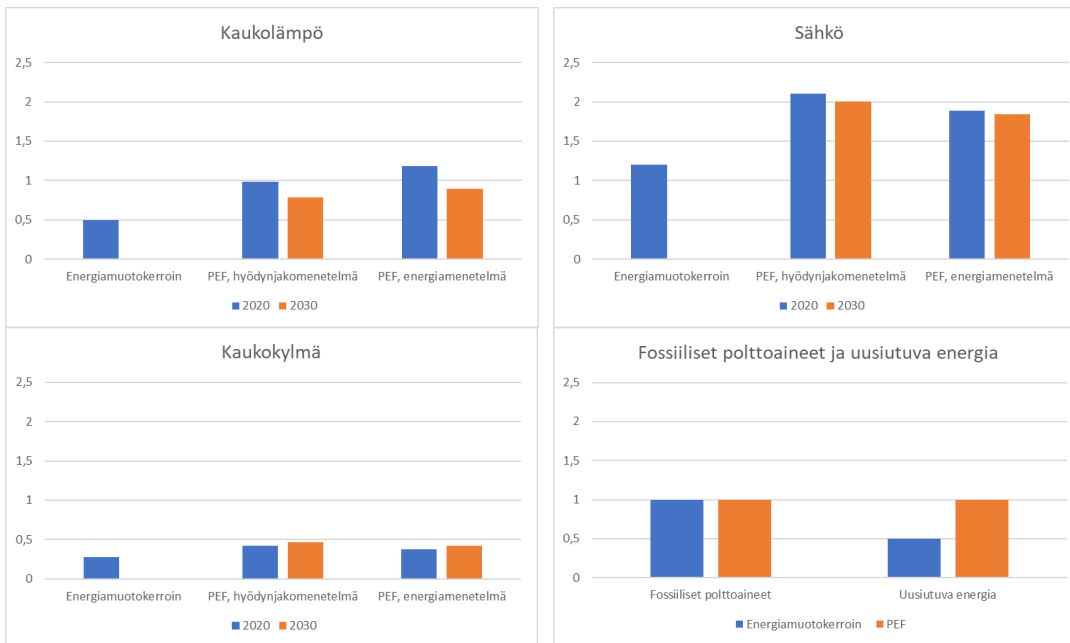
PEF-kertoimet suhteessa nykyisiin energiamuotokertoimiin ja sähkön EU-kertoimeen

Laskentastandardin ja tilastojen mukaisilla käytännöillä niin historiallisista tiedoista kuin ennakoitua kehityksestä lasketut kokonais-PEF-kertoimet näyttävät hyvin erilaisina kuin nyt käytössä olevat vuonna 2017 asetetut E-luvun energiamuotokertoimet (eli kansalliset painotuskertoimet):

- Fossiilisten lämmityspolttoaineiden kokonais-PEF on yksi, kuten myös niiden energiamuotokerroin.
- Uusiutuvan energian kokonais-PEF on laskennallisesti yksi, mutta energiamuotokerroin on 0,5.
- Sähkölle asetettu energiamuotokerroin 1,2 on huomattavasti matalampi kuin laskennallinen kokonais-PEF, jonka arvioitiin olleen 1,89 vuonna 2020 (1,84 vuonna 2030) energiamenetelmällä laskettuna ja 2,10 vuonna 2020 (2,01 vuonna 2030) hyödynjakomenetelmällä laskettuna.
- Kaukolämmön energiamuotokerroin 0,5 on myös huomattavasti matalampi kuin laskennallinen valtakunnallinen kokonais-PEF. Sen arvioitiin olleen 1,18 vuonna 2020 (0,89 vuonna 2030) energiamenetelmällä laskettuna ja 0,99 vuonna 2020 (0,78 vuonna 2030) hyödynjakomenetelmällä laskettuna.
- Kaukojäähdytyksen energiamuotokerroin on nyt 0,28, mikä on jonkin verran alhaisempi kuin sille arvioitavissa oleva valtakunnallinen kokonais-PEF. Tämän arvioitiin olleen 0,38 vuonna 2020 (0,42 vuonna 2030) energiamenetelmällä laskettuna ja 0,42 vuonna 2020 (0,46 vuonna 2030) hyödynjakomenetelmällä laskettuna.

Edellä esitetyt tulokset on esitetty graafisesti kuvassa 6.

Sidosryhmät suhtautuivat kyselyissä hyvin kielteisesti sähkön eurooppalaisen PEF-kertoimen käyttöön. Vuoden 2022 päivityksessä sen arvoksi muodostui 1,9 (aiemmin 2,1) ja asiaa koskeva EU-asetus on valmisteilla. Suomen laskennallinen sähkön PEF ei edellä esitettyjen tulosten valossa kuitenkaan poikkea paljонkaan eurooppalaisesta PEF-kertoimesta. Kansallinen painotuskero voisi toki näyttäytyä jatkossakin erilaisena.



Kuva 6 Tulosyhteenveto

Niin kansallisissa painotuskertoimissa/energiamuotokertoimissa kuin PEF-kertoimissa energiamuotojen väliseen asemaan vaikuttaa enemmän kertoimien välinen suhde kuin niiden absoluuttinen taso. Sähkön PEF-kerroin on lähes kaksinkertainen ja energiamuotokertoimen 20 prosenttiyksikköä korkeampi fossiilisten lämmityspolttoaineiden kertoimiin nähden. Samalla tulee muistaa, että fossiilinen energia väistyy nopeasti sähköntuotannossa. Kaukolämmön energiamuotokertoimessa tämä painotus jo näkyy, sillä se on puolet fossiilisten lämmityspolttoaineiden kertoimista. Kerroin on myös jo voimakkaasti tulevaisuuden tuotantorakennetta painottava. Kaukokylmälle arvioidut PEF-kertoimet poikkeavat vähiten sille asetetusta energiamuotokertoimesta.

Sähkön merkitys on kasvamassa kaukolämmön tuotannossa. Täten kaukolämmön PEF-kerroin riippuu jatkossa yhä voimakkaammin sähkön kertoimesta, mikä pysyy korkeana ydinvoiman merkittävän tuotanto-osuuden vuoksi, kun sitä käsitellään tilastokäytäntöjen mukaisesti kertoimella kolme.

Aikaan ja päivityksiin liittyviä näkökulmia

Aika on usealla tavalla tärkeä tekijä PEF-kertoimissa. Yksi valinta liittyy siihen, asetetaanko kertoimet historiallisen tiedon vai ennakoitun kehityksen pohjalta. Tässä selvityksessä tarkasteltiin viime vuosien tilastoja sekä ennakoitua kehitystä vuosina 2025 ja 2030. Kokonais-PEF-kertoimet muuttuvat jossain määrin tarkastelujaksolla 2020–2030, mutta muutos ei ole yhtä merkittävä – eikä kaikissa tapauksissa täysin samansuuntainenkaan – kuin päästöjen ennakoitu kehitys.

Laskennassa aikajänteenä voi olla esim. vuosi-, kuukausi- tai tuntitaso. Tässä selvityksessä PEF-kertoimet on laskettu vuositasolla, mutta vertailun vuoksi sähkölle laskettiin myös

kuukausitason kertoimia. Kuukausitason kertoimissa oli yllättävänkin pieniä vaihteluja vuositason tietoihin nähden. On mahdollista, että vuositason kertoimet edustavat energiajärjestelmän toimintaa tulevaisuudessa heikommin, kun tuulivoiman tuotanto ja vienti kasvaa ja tämä tuulisähkö osittain kohdistuu muille kuin rakennuskäyttäjille⁷. Tuntitason tilastoja primäärienergiakulutuksesta sähköntuotantoon ei ole kuitenkaan käytettävissä, vaikka päästöjä raportoidaan tällä tasolla.

Kolmas aikaan liittyvä kysymys on, kuinka usein PEF-kertoimia tulisi päivittää. Sähkön eurooppalainen kerroin päivitetään jatkossa joka neljäs vuosi ja viimeisin päivitys perustui vuoden 2025 ennustettuun tuotantorakenteeseen. Päivitystiheyttä tarkasteltaessa näkökulmia ovat mm. ajantasaisuus, ennustettavuus ja hallinnollinen taakka.

Jos kertoimia päivitetään melko usein, ne ovat luonnollisesti paremmin ajan tasalla perustettiinpa ne tilastotietoihin tai tuoreimpiin ennusteisiin. Toisaalta valtakunnan tason ennusteita-kaan ei päivitetä kovin usein, vaan lähinnä merkittävien strategioiden päivityksen yhteydessä. Nopea päivityssykli taas saattaa heikentää ennustettavuutta esimerkiksi energia-alan näkökulmasta, jos energiamuotojen kertoimien välinen suhde muuttuu. Usein tapahtuvat päivitykset lisäävät myös hallinnollista taakkaa niin taustaselvityksissä, lainsäädännössä kuin käytännön toimeenpanossa. Muutokset voivat vaikuttaa merkittävästi mm. energiamääräyksiin ja energiatodistusjärjestelmään, millä on vaikutuksia kaikkiin sidosryhmiin.

Alueellisuuteen liittyviä näkökulmia

Sähkön kohdalla selvityksessä tarkasteltiin vain kotimaisen tuotannon primäärienergiankäyttöä. Laskentastandardin mukaan tuontia ja vientiä on tarkasteltava, jos se on merkittävää. Tähän asti se onkin ollut selkeästi merkittävää, sillä nettotuonnin osuus sähkönhankinnasta on ollut yli viidennes. Tilanne on kuitenkin vuoden 2022 aikana muuttunut Venäjän tuonnin loputtua, jolloin tuonti kokonaisuudessaan puolittui. Skenaarioiden mukaan netto-omavaraisuus kasvaa edelleen niin, että sähkön nettotuonnin odotetaan laskevan muutamaan prosenttiin jo lähivuosina. Tämä ei enää vuositasolla näyttäydy merkittävänä, vaikka lyhyempinä tarkastelujaksoina tuonnin osuus voi ollakin korkeampi. Jos nettotuontia haluttaisiin tarkastella, tulee edelleen muistaa, että vesija ydinvoiman PEF-arvot eivät näyttäydy samanlaisina kuin päästökertoimet eli päästöttömyys ei automaattisesti laske PEF-kertoimia.

⁷ Mikäli tuulivoiman määrä jatkaa voimakasta kasvuaan ja Suomeen syntyy merkittävä määrä joustavaa kysyntää, ei rakennusten kulutusprofiili korreloi enää vuosittaisen sähkön PEF-kertoimien kanssa. PEF-kertoimet eronnevat merkittävästi erityisesti tapauksessa, jos ydinvoiman PEF-kerroin on 3. Korkealla tuulivoimakapasiteetin, joustavan kysynnän ja viennin määrällä tuulivoimaa kuluu näihin korkean kapasiteetin kysyntälähteisiin enemmän kuin vuositasolla tilastoista näyttäisi. Korkeamman hinnan CHP-tuotanto ja ydinvoima ohjautuvat joustamattomamman kysynnän lähteisiin kuten rakennuksiin uutta joustavaa kysyntää enemmän. Täten vuositasolla laskettu PEF-kerroin ei edustaisi rakennusten käyttämän sähkön PEF-kerrointa riittävän tarkasti toisin kuin nykyisin. Tämä asia tullee relevantiksi pidemmällä aikavälillä sekä yleisesti rakennuksen tunnistaminen osaksi energiajärjestelmää tulisi olla PEF-laskennan tulevaisuuden kehityksen yhtenä tavoitteena, jotta energiajärjestelmän toimivuus tulee riittävän hyvin huomioitua.

Sidosryhmät esittävät, että kaukolämmön valtakunnallisen kokonais-PEF-kertoimen sijaan olisi toivottavaa siirtyä alueelliseen ratkaisuun, jossa kullakin kaukolämpöalueella olisi oma PEF-kerroin. Jos tämä ei olisi mahdollista, jonkin verran kannatusta sai muutaman kerroinluokan ratkaisu, joka ottaisi huomioon erilaisia hankintarakenteita, esimerkiksi täysin kestävään kaukolämpöön perustuvan. Tässä selvityksessä arvioitiin PEF-kertoimia muutamille erilaisille hankintarakenteille. Eroja valtakunnalliseen keskiarvoon ilmeni, mutta tässäkään tapauksessa PEF-kertoimien erot eivät ole yhtä suuria kuin erot päästökertoimissa.

Kaukolämmön ja kaukojäähdytyksenkin alueellisten kertoimien käyttö voisi olla toteutettavissa esimerkiksi, jos lainsäädännössä olisi mahdollista vahvistaa PEF-kertoimien tai kansallisten painotuskertoimen laskentatapa kerroinarvojen sijasta. Direktiiviluonnoksen mukaan PEF- tai painotuskertoimien ”on oltava kansallisten viranomaisten tunnustamia”. Toimeenpanossa voisi miettiä toteutuuko direktiivin vaatimus esimerkiksi siten, että laskentatapa määritellään lainsäädännössä ja laskenta esitetään määrämuotoisesti rakennusviranomaisille rakennuslupahakemuksen yhteydessä.

Alueellisessa laskennassa tarvittavien lähtötietojen kerääminen yhdenmukaisella tavalla voisi jatkossa mahdollistua esimerkiksi jo toteutetun kaukolämmön päästölaskurin kautta⁸. Kaukolämpöyhtiöt ovat laajasti raportoineet siihen nykyisen hankintarakenteensa ja eteenpäin katsovien skenaarioiden valmistelu työkaluun on viimeistelyvaiheessa. Julkisessa käyttöliittymässä taustalla oleva primäärienergiatieto ei suoraan näy, mutta olisi laskurin yhdessä sidosryhmien kanssa kehittäneen Paikallisvoiman mukaan melko pieni kehityspanostus.

Muita näkökulmia

Selvityksessä tarkasteltiin vain energian tuotantovaihetta eikä muita elinkaaren osia, vaikka elinkaaritarkastelujen mukaan ottaminen PEF-laskentaan saikin sidosryhmiltä huomattavasti kannatusta. Teoreettisesta näkökulmasta LCA-tarkastelujen tekeminen tuottaisi oikeimman ja vertailukelpoisimman lopputuloksen, mutta käytännössä tilanne näyttäytyy toisenlaisena. Joitain tietoja polttoaineiden elinkaaren aikaisista energiapanostuksista on käytettävissä, mutta näihin kohdistuu merkittäviä epävarmuuksia. Epävarmuus vain kasvaa, kun tarkastellaan tulevaisuuden energiantuotantoa. Myös Euroopan Komission vuoden 2022 sähkön PEF-selvityksessä LCA-tarkastelut rajattiin pois samasta syystä.

Energian varastointiratkaisujen käyttö on lisääntymässä. Tämä lisää järjestelmien joustavuutta ja energiajärjestelmän tehokkuutta kokonaisuudessaan. Tässä selvityksessä ei tarkasteltu esimerkiksi varastoinnissa syntyvien häviöiden vaikutusta eri energiamuotojen PEF-kertoimiin. Asia tulee kuitenkin ajankohtaiseksi uusien ratkaisujen yleistyessä, kun kertoimia tulevaisuudessa päivitetään.

⁸ [Kaukolämmön päästölaskuri](#)

Lähteet

Amann, C., van Nuffel, L. and Torres, P. (2022): Support to Primary Energy Factors Review (PEF). Trinomix for European Commission, DG ENER. Report 4.8.2022.

Euroopan komissio (2021): Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu). Bryssel 14.12.2021. [Asiakirja COM\(2021\) 802 final](#).

Euroopan neuvosto (2022): Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu) – Yleisnäkemys. Bryssel 25.20.2022. Asiakirja 15088/21 +ADD1.

Honkapuro, S., Partanen, J., Haakana, J., Annala, S. ja Lassila, J. (2015): Selvitys sähkö- ja kaasuinfrakstruktuurin energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 28.6.2015. [Raportti](#)

Keto, M. (2010): Energiamuotojen kerroin – Yleiset perusteet ja toteutuneen sähkön- ja lämmöntuotannon kertoimet. Aalto-yliopisto. 23.11.2010. [Raportti](#)

Kirssi, A. (2009): Kaukojäähdytysverkon rakennevaihtoehdot. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Diplomityö](#)

Kleinertz, B., Pellingner, C., von Roon, S., Hübner T. ja Kaestle, G. (2018): EU Displacement Mix - A Simplified Marginal Method to Determine Environmental Factors for Technologies Coupling Heat and Power in the European Union. The Research Center for Energy Economics (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.), (FFE). Report for COGEN Europe, May 2018. [Final Report](#)

SFS-EN 15316-4-5:2017, Rakennusten lämmitys- ja vesipohjaiset jäähdytysjärjestelmät. Järjestelmien energiavaatimusten ja järjestelmätehokkuuden laskenta. Osa 4–5: Kaukolämpö ja kaukojäähdytys. Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Part 4–5: District heating and cooling. 26.5.2017.

SFS-EN 17423:2020:en, Rakennusten energiatehokkuus. Primaarienergiakertoimen (PEF) ja CO₂-päästökertoimen määrittäminen ja ilmoittaminen. Yleiset periaatteet, Moduuli M1-7. Energy performance of buildings. Determination and reporting of Primary Energy Factors (PEF) and CO₂ emission coefficient. General Principles, Module M1-7. 20.11.2020.

Suomen ympäristökeskus SYKE (2020): Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in buildings. [Raportti](#)

Internet-lähteet

- Energiateollisuus (2022): [Kaukojäähdytystilasto](#)
- Tilastokeskus (2022): [Energia 2021 -taulukkopalvelu](#)

Tiedoksiannot

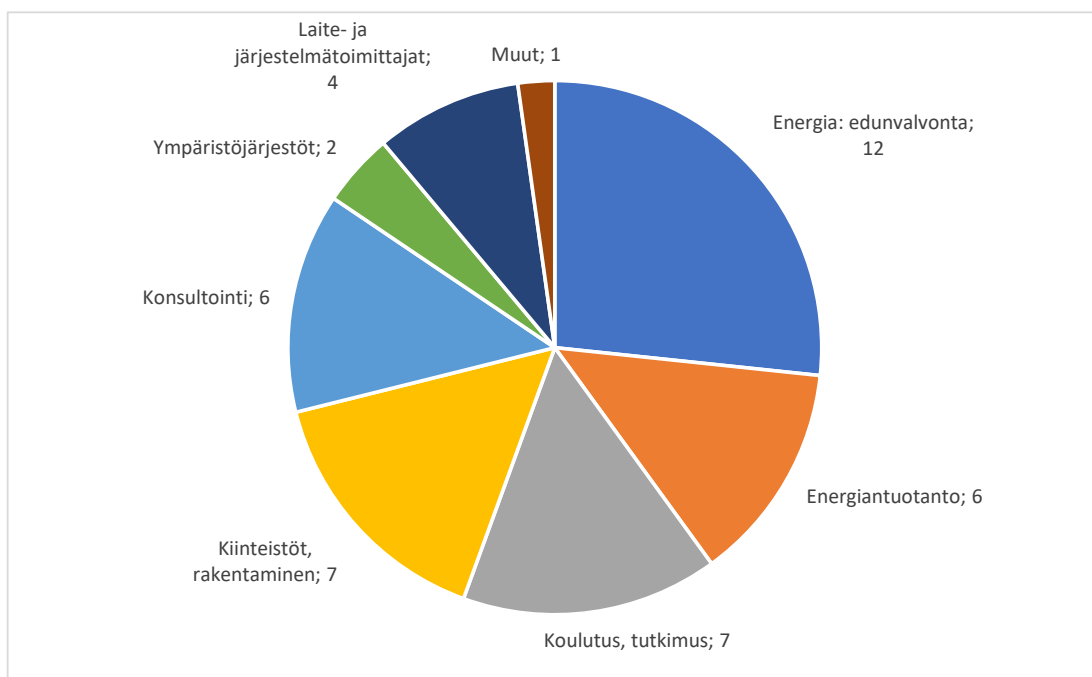
- Bettina Lemström, työ- ja elinkeinoministeriö, 30.8.2022. HIISI-hankkeen skenaariot.
- Veli-Petteri Liedes, Energiateollisuus ry, 21.9.2022. Sähkön kuukausitilastot.
- Jussi Salmi, Helen, 22.12.2022. Kaukojäähdytyksen COP-kertoimet ja verkostohäviöt.
- Mikko Vuorenmaa, Energiateollisuus ry, 19.10.2022. Kaukolämmön erillistuotannon hyötysuhteet.
- Mikko Vuorenmaa, Energiateollisuus ry, 2.12.2022. Kaukokylmän kasvuennuste.

Liite 1: Sidosryhmien näkemyksiä

Sidosryhmiä kuultiin hankkeen aikana kolmessa vaiheessa: tiedotustilaisuudessa 2.6.2022, webropol-kyselyssä eri laskentavaihtoehtojen linjauksista elokuussa 2022 ja tulostilaisuudessa 8.11.2022 sekä sen jälkeen toteutetussa webropol-kyselyssä. Tilaisuudet toteutettiin etätilaisuuksina.

Sidosryhmät

Seuraavassa kuvassa on esitetty konsultoitujen erilaisten sidosryhmäorganisaatioiden jakauma tyypeittäin ja organisaatioiden lukumäärä tyypeittäin. Yhteensä mukana oli edustajia 45:stä eri organisaatiosta. Näiden lisäksi hankkeen ohjausryhmässä oli ympäristöministeriön, työ- ja elinkeinoministeriön sekä Energiaviraston edustajia. Suoraan kutsuttujen organisaatioiden lisäksi Energiateollisuus välitti sovitusti tietoa työstä omille jäsenilleen.



Kuva 1 Sidosryhmien jakauma ja lukumäärä organisaatiotyypeittäin

Kesäkuun käynnistystilaisuus

Kesäkuun tiedotustilaisuuden päätavoite oli kertoa käynnistettävästä hankkeesta ja osallistumismahdollisuuksista sidosryhmille ja koota kiinnostuneiden yhteystiedot. Tilaisuudessa avattiin

alustava kommentointimahdollisuus Padlet-alustalle. Kommentteja oli mahdollista jättää myös tilaisuuden jälkeen.

Tilaisuudessa tuli ilmi laajasti vallitseva väärinkäsitys vähäpäästöisen uusiutuvaan energiaan perustuvan tuotannon ja matalan PEF-kertoimen automaattisesta kytköksestä. Myöhemmin tätä käsitystä pyrittiin viestinnässä korjaamaan.

Hyvin laajasti kommentoitiin, että kaukolämmölle tulisi käyttää alueellisia PEF-kertoimia ja että kertoimien tulisi pohjautua mieluummin tulevaisuusskenaarioihin kuin tilastotietoihin. Seuraavassa on lueteltu muita saatuja kommentteja. Tässä eivät ole mukana kaikki saadut kommentit vaan lähinnä sellaiset, jotka täydentävät myöhemmin elokuussa tehdyn tarkemman kyselyn antamaa kokonaiskuvaa.

- Muutama vastaaja korosti teknologianeutraaliutta energiantuotannon suhteen ja piti tärkeämpänä sitä, että rakennus on energiatehokas ja miten se käyttää energiaa.
- Kommenteissa kiinnitettiin huomiota myös yleistuviin hybridiratkaisuihin sekä uusiin ratkaisuihin kuten synteettisiin kaasuihin.
- ”Ei tulisi tehdä eroa rakennuksessa tuotetun ja verkosta ostetun energian välille niin että ne asetetaan vastakkain.”
- ”Jos rakennus syöttää verkkoon kesällä suuret määrät esimerkiksi jäähdytyksen sivutuotteena syntynyttä lämpöä, ei syötetyllä lämmöllä ole usein mitään arvoa. Jos sama rakennus ottaa paljon energiaa verkosta talvipakkasilla, saa se epäreilusti hyötyä dumpaamalla ”jätteensä” kesällä verkkoon.”
- ”Ei pitäisi päästä kikkailemaan esimerkiksi COP-luvuilla niin että rakennuslupavaiheessa laskenta tehdään optimistisen hyvällä COP-luvulla, joka ei toteudu sitten ympärivuoden todellisuudessa valituilla laitteilla. Varsinkin on huonoa, jos COP-lukukikkailun ansiosta voidaan jättää joitain muita energiatehokkuusratkaisuja tekemättä kustannusten säättämiseksi.”
- ”Tässä pitäisi korostaa päätöksentekijöiden (rakennuttajien, rakennusten omistajien ja valtiovallan jne.) tarpeita, joita joudutaan yhteensovittamaan, eli lyhyt vs. pitkä tarkastelu. 50 vuotta on harvinaisen pitkä päätöksenteon aikajänne. Onko tärkeämpää tehdä päätöksiä oikeaan suuntaan kuin olettaen että tehdään oikeita päätöksiä 50 vuodelle?”

Elokuun webropol-kysely

Hankkeen postituslistalle kesäkuun tilaisuudessa tai myöhemmin ilmoittautuneille lähetettiin elokuussa webropol-kysely, jonka tarkoituksena oli osaltaan ohjata sitä, millaisia erilaisia skenaarioita laskentastandardin tarjoamista vaihtoehtoista otetaan PEF-kerroinlaskentaan. Kyselyyn saatiin 18 vastausta ja tulokset käytiin läpi hankkeen asiantuntijaryhmän kanssa. Laskentaan mukaan otetut valinnat näkyvät raportin luvun 3 taulukossa 1.

- Kysely vahvisti kesäkuussa esiin tulleen näkemyksen siitä, että PEF-kertoimien tulisi pohjautua mieluummin tulevaisuusskenaarioihin kuin tilastotietoihin.

- Kaukolämmölle toivottiin edelleen alueellisia kertoimia. Lisäksi mainittiin vaihtoehtona omat kertoimet tehokkaan kaukolämmön kriteerit täyttävälle kaukolämmölle.
- Rakennuksessa tuotetun ja siitä viedyn energian PEF-kerroin: Kaikki vastanneet kannattivat PEF-kertoimen laskentaa sen mukaan, miten energia on rakennuksessa tuotettu. Vaihtoehto olisi ollut vältetyn tuotannon mukainen PEF.
- Kaikki vastanneet kannattivat sähkölle mieluummin kansallista PEF-kerrointa kuin eurooppalaisen kertoimen käyttöönottoa.
- Puolet vastaajista katsoi, että tuontisähköä ei pitäisi ottaa huomioon tarkasteluissa. Loput toivoivat, että se otettaisiin huomioon joko tarkasti tai huomioon otettaisiin tärkein nettotuonnin lähde eli Ruotsi. Taustatiedoksi oli kerrottu HIISI-skenaariot, joiden mukaan nettotuonti laskee voimakkaasti jo vuonna 2025 ja että laskentastandardin mukaan tuonti/vienti pitää ottaa huomioon, jos se on ”merkittävä”.
- CHP-tuotannon allokointimenetelmäksi niukka enemmistö kannatti hyödynjakomenetelmää, mutta energiamenetelmää kannatettiin lähes yhtä yleisesti. Yksi vastaaja kannatti power bonus -menetelmää siten, että sähkön PEF laskettaisiin hyödynjakomenetelmällä. Muutamat vastaajat kannustivat tekemään taustaksi tarkasteluja myös muilla kuin tuuimmilla energia- ja hyödynjakomenetelmillä.
- Kahta vastaajaa lukuun ottamatta vastaajat kannattivat ydinenergian ja uusiutuvan energian päästöttömyyden huomioon ottamista muuntokertoimien valinnassa eli, että ydinvoimalle voisi käyttää PEF-kerrointa 1 ja uusiutuvalla energialle kerrointa 0 (joko kaikelle uusiutuvalla tai muulle kuin bioenergialle).
- Vastaajista 40 % ei pitänyt elinkaaritarkasteluja tarpeellisina. Loput toivoivat joko kärkeä tai tarkkaa elinkaaritarkastelua tai elinkaaren osittaista tarkastelua.
- Kommentteja ylijäämälämmöstä (hukkalämmöistä):
 - Hukkalämpöihin liittyvä PEF-kerroinlaskenta voi olla merkittävä yksittäiselle KL-yhtiölle, vaikka kansallisella tasolla hukkalämmön merkitys on vielä pieni.
 - Hukkalämmön tuotanto tulisi huomioida laskennassa rakennusten energialuokkaa parantavana tekijänä. Jos hukkalämpöä priimataan lämpöpumpulla, sähkön kulutus lasketaan mukaan (sen primäärienergiakertoimella) ja talteen otettu lämpö lasketaan kertoimella 0.
 - Erotettava rakennus ja sen sisällä tapahtuva toiminta. Esimerkiksi datakeskus kaukolämmön tuottajana ei ole millään tavalla rakennuksen ominaisuus.
- Avoimissa lisäkommenteissa nostettiin esiin seuraavia näkökulmia:
 - Mainittiin teknologianeutraalius ja reilu kilpailuasetelma.
 - Kommenteissa korostui toisaalta sähkön päästöjen nopeamman vähenemisen huomioon ottaminen taustatekijänä, mutta toisaalta kaukolämpöjärjestelmän tulevaisuuden varmistaminen.
 - Kyseenalaistettiin rakennusmääräysten käyttöä energiajärjestelmää ohjaavana mekanismina.
 - Vertailukelpoisuuden ja laskennan läpinäkyvyys mainittiin; kritisoitiin myös hin-
tapainotuksia kertoimissa, sillä hinnat (ja verotus) ohjaavat myös suoraan.

Marraskuun sidosryhmätilaisuus ja webropol-kysely

Marraskuun sidosryhmätilaisuudessa esiteltiin saadut laskentatulokset ja kerättiin niistä palautetta. Palautetta oli mahdollista antaa myös samalla käynnistetyssä webropol-kyselyssä. Webropol-kyselyyn tuli yksitoista vastausta. Vastausten jakauma oli selvästi muuttunut elokuun kyselystä mm. tuontisähkön, sähkön tarkemman aikajakauman ja elinkaaritarkastelujen suhteen; näiden tarkastelun ei enää katsottu tuovan merkittävää lisäarvoa.

Aikajänne

- Vastaajista 46 % kannatti vuodelle 2030 arvioitujen PEF-kertoimien käyttöä. 36 % kannatti keskiarvoa ajanjaksolta 2020–2030. 9 % kannatti vuotta 2020 kuten myös vuotta 2025.
- Yksi vastaajista kannatti sähkön kuukausi- tai tarkemman tason tarkasteluja, muut vuositaso tietojen käyttöä.
- Avoin kommentti:
 - ”PEF-kertoimien tulisi edustaa nykyistä ja katsausta tulevaisuuteen. Lisäksi energiasektorilla tapahtuu paljon ja nopeasti tällä hetkellä, ja kerrointen päivitysväli on pitkä. Siksi esimerkiksi keskipitkän aikavälin kerrointen käyttö olisi perusteltua. Olisi tarkinta päästä verkkokohtaiselle tasolle ja hyödyntää esimerkiksi 2023–2025/6 arvioitua kertoimia. Näin lyhyen aikavälin investoinnit ovat yrityksillä hyvin tiedossa. Myös pitempää aikaväliä voitaisiin käyttää kuten kysymyksessä tarjottiin vaihtoehdoksi. Hyödynjakomenetelmä on hyvin tunnettu ja jakaa energiankulutuksen hyödyt huomioiden järkevällä tavalla. Kaikki päästötön tuotanto tulisi olla yhtä ”arvokasta”. Näemme kuitenkin, että kun ydinvoima käsitellään poikkeavasti, perustuen sen päästöttömyyteen myös kaukolämpö tulisi käsitellä poikkeavasti johtuen sen järjestelmätason eduista (hukkalämpöjen hyödyntäminen ja energiajärjestelmän tasapainottaminen). Täten kaukolämmön ja sähkön suhteen tulisi säilyä nykyisen kaltaisena.”

Sähkön nettotuonti

- Sähkön nettotuonnin tarkemman tarkastelun sisällyttämistä tarkasteluihin kannatti vain yksi vastaaja.
- Avoin kommentti:
 - ”Tuontia ei tarvitse tarkastella, jos se poistetaan myös kulutuspuolelta laskennasta ja tarkastellaan vain tuotetun sähkön suhteen.”

Kaukolämmön kertoimien alueellisuudesta

- Kaukolämmössä puolet vastaajista kannatti omaa kerrointa kaikille kaukolämpöalueille, 18 % kannatti muutamia kertoimia erilaisille hankintarakenteille ja 18 % kannatti yhtä valtakunnallista kerrointa. Lisäksi yksi vastaaja ehdotti seuraavaa ratkaisua:
 - ”Jokaisella kaukolämpöalueella olisi oma kerroin. Tämä käytännössä poistaisi tarpeen määritellä kaukolämpö tarkasti ja tarkastelu voitaisiin tehdä lämmitys-ratkaisukohtaisesti. Päällekkäisen työn ja toiminnan tehostamiseksi PEF-kertoimen määrittäminen verkkokohtaisesti ja rakentamislain edellyttämä vaatimus kaukolämmön elinkaaripäästöjen laskemiseksi tulisi tehdä yhdessä, koska molemmat

laskennat tarvitsevat samoja lähtötietoja. Laskennassa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi Paikallisvoiman päästölaskuriin tulevia verkkokohtaisia tulevaisuusskenaarioita. Mikäli verkkokohtaiseen tasoon ei päästä tulisi kerroin perustua eri hankintarakenteisiin luokkiin. Rakentajien työn helpottamiseksi, kertoimet tulisivat olla saatavilla keskitetystä tietokannasta alueittain ja yritykset luokiteltu valmiiksi luokkiin.”

- Avoin kommentti (kaikki viisi bullettia koskevat saman vastaajan kommentteja):
 - ”Kaukolämpö on paikallisesti tuotettua lämpöä samoin kuten rakennuskohtaiset lämmitysratkaisut. Kaukolämpöä tuotetaan erilaisilla lämpöpumppuratkaisuilla (maasta, ilmasta ja vedestä), biomassalla sekä priimataan erilaisista hukkalämmön lähteistä. Näiden merkitys samoin kuin CHP:n rooli vaihtelee merkittävästi kaukolämpöalueittain. Teollisuuden ja palvelualueiden hukkalämpöjen hyödyntäminen laajassa mittakaavassa voi toteutua energiatehokkaasti, kun nämä lämmönlähteet ovat lähellä kaukolämpöä. Yhteiskunnan kannalta tulisi siksi varmistaa, että kaukolämpö on kaikilta osin tasapuolisessa asemassa uusien rakennusten lämmitysratkaisujen valinnassa.”
 - ”Uusien ja laajasti peruskorjattavien rakennusten tulee saavuttaa energiatehokkuusluokka A. Tähän ajavat mm. rakentamismääräykset liittyen päästöttömyyteen, rakennuttajien omat hiilineutraalisuustavoitteet, energian hinnat, rakentamisen kustannustehokkuus ja odotukset rakennusten jälleenmyyntiarvosta. Tavoitteena on vähintään A-luokka mutta usein parempi kuin minitaso. Käytössä keskimääräistä KL:n kerrointa on mahdotonta saavuttaa A-luokka ilman lisäinvestointeja. Rakennusten omistajat arvostavat todelliseen, paikkakunta-kohtaiseen tietoon ja tulevaisuuteen katsovaa arviointimahdollisuutta, koska uusi rakennus tulee käyttöön vasta rakennusajan jälkeen ja koska asukkaat tarvitsevat mahdollisimman oikeaa tietoa rakennuksen energiatehokkuudesta.”
 - ”Lämmitysmarkkinoiden kilpailun tasapuolisuuden edistämisen vuoksi viranomaisten tulisi pyrkiä kehittämään ja edistämään yhdessä alan toimijoiden kanssa kaukolämpöaluekohtaista PE-kertoimien käyttöä. Tästä hyötyisivät myös rakennuttajat ja rakennusten tulevat omistajat, jotka arvostavat todelliseen ja tulevaisuuteen katsovaa johdonmukaista, valmistumisajankohdan mukaista tietoa uusien ja laajasti peruskorjattavien rakennusten energiatehokkuudesta ja ilmastoselvityksissä. Kaukolämpöalan keskimääräistä PE-kerrointa voidaan käyttää erilaisissa kansallisen tason raportointi- ja tilastointitarkoituksissa, mutta yhtiöille tulisi mahdollistaa KL-aluekohtaisen, riittävästi luotettavan tiedon käyttö. Fortum on valmis osallistumaan KL-aluekohtaisen PE-kertoimen käyttöönoton pilotointiin mm. lainsäädännöllisten ratkaisujen ja hallinnollisten esteiden poistamiseksi (tähän on jo olemassa pitkälle kehitettyjä ratkaisuja Paikallisvoiman päästölaskurin pohjalta).”
 - ”KL-aluekohtaisen kertoimen käytön ohjausvaikutus olisi erittäin tehokas ja positiivinen, koska tällöin edistetään KL-yhtiöiden hiilineutraalisuus- investointeja ja palkitaan edelläkävijöitä. Mahdollisuus tuotantokategoriaan, kunnalliseen tai valtakunnalliseen PE-kertoimen käyttöön voidaan tästä huolimatta käsittääksemme myös säilyttää tai kehittää.”

- ”Kaukolämmön tarvitsemien investointien huomioiminen PE-kertoimissa kannustaisi ja vauhdittaisi niiden toteuttamista sekä ohjaa ja tukee tehokkaasti Suomen hiilineutraalisuus-tavoitteen saavuttamista kohti vuotta 2035.”

Energiamuunnokset

- Energiamuunnoksissa 20 % kannatti nykyistä tilastojen mukaista käsittelytapaa, 50 % kannatti ydinvoimalle ja uusiutuvalla PEF-kerrointa yksi ja 30 % ydinvoimalle kerrointa yksi ja uusiutuvalla energialle kerrointa nolla.
- Avoimissa kommentteissa ilmaistiin epävarmuutta siitä, mikä olisi oikeudenmukainen kerroin uusiutuvalla energialle, yksi vai nolla. Yksi vastaaja katsoi ydinvoiman kertoimen yksi ”suosivan” liikaa sähköä.

CHP:n allokoitimenetelmä

- Vastaajista 73 % kannatti hyödynjakomenetelmää ja 27 % energiamenetelmään CHP-tuotannon polttoaineiden allokoinnissa sähkölle ja lämmölle.

Elinkaaritarkastelut

- Kukaan vastaajista ei katsonut elinkaarilaskennan tuovan lisäarvoa tarkasteluihin.
- Avoimet kommentit.
 - ”Elinkaaritarkastelua ei tähän yhteyteen tarvita sen suurien epävarmuuksien takia.”
 - ”Elinkaaritarkastelusta en ole ihan perillä, mitä kaikkea se kattaisi. Se voi olla monimutkainen ja pahimmassa tapauksessa antaa mahdollisuuden "pelata" oletuksilla, joita ei oikeasti toteuteta. Olen ymmärtänyt, että nytkin laskelmia saatetaan tehdä lämpöpumppuvaihtoehdoille niin että oletetaan parempi cop-luku rakennuslupavaiheessa kuin mitä todellisuudessa valittavalla lämpöpumpulla saavutetaan. Samalla kuitenkin vältetään joitain muita energiatehokkuustoimia, jotka olisi pitänyt toteuttaa, jos cop-luvun arviointi olisi ollut realistisempi.”

Joustavuus / energian varastointi

- Vastaajista 64 % oli sitä mieltä, että järjestelmän joustavuus pitäisi jotenkin ottaa huomioon PEF-kertoimissa ja 36 % vastusti tätä.
- Avoin kommentti:
 - ”Joustavuus olisi hyvä huomioida ainakin kaukolämmön suhteen. Kiinteistökohtaisesti voi olla hankalaa. Kaukolämpöjärjestelmä tukee jo nykyisin sähköjärjestelmää merkittävästi (huippukysynnän aikaan KL kysyntä oli vuonna 2021 noin 12 000 MW) ja tulevaisuudessa kaukolämmön joustavuus ja monipuolinen energiapaletti ovat ensiarvoisen tärkeitä energijärjestelmän toiminnan kannalta (sekä kustannusten että teknisestä näkökulmasta). PEF-kerroin ei huomioi järjestelmätason etuja vakiolaskentatavalla. Kaukolämpö tukee myös energiatehokkuutta merkittävästi tarjoamalla tehokkaan väylän hyödyntää muiden teollisuudenalojen hukkalämpöjä (erityisesti datakeskukset ja vedyn tuotanto) ja hyödyntää vaihtelevan tuulituotannon huippuja tehokkaasti.”

Avoimet kommentit

Osa avoimista kommenteista on ryhmitelty ylle aihealueiden alle. Muissa avoimissa kommentissa nostettiin esiin seuraavia täydentäviä näkökulmia:

- "Tulisi tarkastella synergia etuja muiden aihetta sivuavien lakihankkeiden kanssa erityisesti rakentamislain. Päällekkäisen työn ja toiminnan tehostamiseksi PEF-kertoimen määrittäminen verkkokohtaisesti ja rakentamislain edellyttämä vaatimus kaukolämmön elinkaaripäästöjen laskemiseksi tulisi tehdä yhdessä, koska molemmat laskennat tarvitsevat samoja lähtötietoja."
- "Digitalisaatio ja datan saatavuus helpottuu koko ajan. Tulevat päätökset valinnoista tai laskennoista tulisi huomioida nopeastikin tapahtuvat muutokset ja näin mahdollistaa tiedon saatavuuden parantumisen vaikutus kokonaisuuteen."
- "Kansallisten kertoimien tulee vahvasti edistää päästöttömimpien energiamuotojen käyttöä. Suomen kansallinen etu ja energiaomavaraisuus edellyttävät ohjaustoimia, joilla vahvistetaan sähkön roolia. Suomen energiatulevaisuus rakentuu puhtaan sähköenergian varaan, ja nyt valittavien kertoimien tulee selkeästi edistää yhteiskuntamme toimintojen sähköistymistä. Vain siten edistämme todelliseen fysikaalisen hyötysuhteeseen perustuvaa loppuenergian käytön energiatehokkuutta ja kansallisten hiilineutraalisuustavoittemme saavuttamista. Kansallisten primaarienergiäsäästöjen maksimointi sitä kautta, että valittaisiin epätarkoituksenmukaisen isot kertoimet, ei edistäisi suomalaisen yhteiskunnan etua."
- "Kun kertoimet eivät mitenkään kerro energian "kantajan/siirtäjän" (sähkö, kaukolämpö=lämmin vesi) tuotannon aiheuttamista päästöistä ja laskettujen arvojen loogisuutta on lähes mahdoton ymmärtää, niin olisiko syytä laittaa vain arvoksi =1."

Marraskuun Teams-tilaisuuden keskustelupalastalla esitettiin lisäksi seuraavia näkökulmia. Puh-
taasti tekniset PEF-laskentaa koskevat kysymykset on jätetty tästä pois:

- "Kaukolämmön paluussa pitäisi olla parempi kerroin koska sen käyttö tehostaa koko kaukolämpöverkon toimintaa merkittävästi. Verkostossa olevan lämpöpumput toimivat paremmalla hyötysuhteella, verkoston häviöt pienenevät, pumppauksen tarve pienenee, hukkalämpöjen siirto tehostuu, savukaasupesureiden tehot kasvavat."
- "Kait rakennusvalvonta toimii pääosin vain yhden kaukolämpöyhtiön alueella. jolloin yhtiökohtainen kerroin ei pitäisi heille olla ongelma..."
- Miten varmistuu se, ettei sähkökattilalla kaukolämmössä tuotettu lämpö saa parempaa kerrointa kuin sähkö "rakennusrajapinnassa"? Tuskin lämmin vesi on tehokkaampi tapa siirtää energiaa sähköön verrattuna?
 - Energiateollisuus ry vastasi kysymykseen seuraavasti: "Sähkökattiloita ajetaan kaukolämmössä vain silloin kun sähkön hinta on todella alhainen. Siksi ne tukevat sähköjärjestelmän toimintaa ja lisäävät energijärjestelmän joustoa ja käyttävät pääosin tuuli- ja ydinsähköä. Laskennassa on toki huomioitu kl-jakelun häviöt, joten siinä mielessä tuo tulee huomioitua. Sinällään siis sähkökattilan kerroin voisi olla jopa matalampi energijärjestelmän kannalta kuin sähkön keskimäärin."

Liite 2: HIISI-hankkeen lähtötietoja

Tulevaisuuden energiantuotantoa ja sen primäärienergiälähteitä koskevien tietojen perustana on VTT:n koordinoima HIISI-hanke (Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset). HIISI-hanke toteutettiin kansallisen ilmasto- ja energiastrategian sekä keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU) valmistelun tueksi. Tarvittavia lähtötietoja ei kuitenkaan ole ollut saatavissa suoraan hankkeen raporteista, vaan ne on saatu erillistoimituksena työ- ja elinkeinoministeriöstä (Lemström 2022).

Vuosien 2025 ja 2030 tiedot on otettu WAM-H-skenaariosta, joka sisältää ilmasto- ja energiastrategian ja KAISU:n politiikkalinjaukset, joten sitä voidaan pitää tämän hetken perusskenaariona. Koska vuoden 2020 tiedot olivat HIISI-työssä ennusteita, ne on korvattu vuoden 2020 toteutuneilla tiedoilla.

Toimintaympäristö on muuttunut viimeisen vuoden aikana ja Energiateollisuus ry:stä on ehdottanut joitakin päivityksiä HIISI-skenaarioihin. Näissä muutoksissa sähkön ja kaukolämmön kulutuksen kokonaisennusteita ei ole muutettu, vaan muutokset korjaavat hieman eri energiantuotantomuotojen välisiä suhteita.

Sähkön erillistuotanto

Sähkön erillistuotannon energialähteet vuonna 2020 ja tuotantoennuste vuosina 2025 ja 2030 on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Sähkön erillistuotannon energialähteet ja tuotanto, TWh

	Energiälähteet, TWh			Tuotanto, TWh		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Ydin ¹	67,7	106,6	104,8	23,3	35,2	34,6
Vesi	15,7	14,4	14,4	15,9	14,4	14,4
Tuuli	7,9	20,0	23,2	8,0	20,1	23,2
Aurinko ²	0,2	0,6	2,4	0,22	0,56	2,4
Lauhde ³	15,4	20,1	23,3	2,7	0,035	0,048
Yhteensä	99,1	141,6	145,0	50,0	70,2	74,7

¹ Ei sisällä pienydinvoiman tuotantoa. Skenaariot oli tuotettu ennen nykyistä energiakriisiä, joka on lisännyt kiinnostusta pienydinvoimaan.

² Aurinkoenergia sisältää sekä aurinkovoimalat että rakennuksien aurinkopaneelit.

³ Sisältää bioenergian ja fossiiliset polttoaineet. Merkittävä vähennys johtuu hiilivoiman käytöstä luopumisesta. Vuonna 2030 lauhdetuotannon polttoaineista n. 70 % olisi biomassaa ja 30 % kaa-sua, mutta ennuste on tehty ennen energiakriisiä.

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot

Kaukolämmön erillistuotanto

Energiateollisuuden arvioiden perusteella HIISI-skenaarioihin on tässä tehty muutos, jossa sähkökattiloiden määrä on 0,5 TWh vuonna 2025 ja 1 TWh vuonna 2030. Kaukolämmön kokonaistuotantoa ei ole muutettu, vaan tämä on vähennetty biomassan käytöstä. Lisäksi kaasun käytöstä kaukolämmön CHP-laitoksissa on vähennetty 0,5 TWh v. 2030, mikä on siirretty erillistuotannon puolelle.

Kaukolämmön tuotantomäärä on suurempi kuin sen energiapanostukset johtuen mm. savukaasupesureiden yleistymisestä. Lisäksi hyödynnetään ylijäämälämpöjä, joiden tuottamisen primäärienergia on jo otettu huomioon alkuperäisessä käyttökohteessa tai jotka voivat olla peräisin esim. teollisuuden eksotermisistä prosesseista.

Sähkön käytön merkitys kaukolämmön tuotannossa kasvaa myös koska ylijäämälämpöjen ja luonnonympäristöistä hyödynnettävien lämpöjen käytössä tarvitaan lämpöpumppuja lämpötilojen nostamiseksi. Täten kaukolämmön PEF-kerroin on yhä vahvemmin sidoksissa myös sähkön PEF-kertoimeen.

Taulukko 2. Kaukolämmön erillistuotannon energialähteet ja tuotanto, TWh

	Energiälähteet, TWh			Tuotanto, TWh		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Hiili	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Öljy	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Kaasu	1,5	0,3	1,2	1,3	0,2	1,0
Turve	1,6	0,6	0,2	1,5	0,6	0,2
Biomassa	8,4	7,7	7,1	8,1	7,3	7,1
Jäte	0,9	1,8	1,8	1,2	1,7	1,8
Sähkö ja ylijäämälämpö	0,4	2,5	3,2	2,7	9,4	10,5
Yhteensä	13,7	13,3	13,7	15,7	19,5	20,8

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto kaukolämpölaitoksissa

Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannon energialähteitä on seuraavassa tarkasteltu sekä energia- että hyödynjakomenetelmillä.

Kaasun käytöstä kaukolämmön CHP-laitoksissa on vähennetty 0,5 TWh v. 2030, mikä on siirretty erillistuotannon puolelle. Tämän seurauksena kaukolämmön CHP-laitoksissa ei oleteta enää käytettävän lainkaan kaasua vuonna 2030.

Taulukko 3. Sähkön yhteistuotannon energialähteet ja tuotanto kaukolämpölaitoksissa, TWh

	Energiälähteet, energiamenetelmä, TWh			Energiälähteet, hyödynjakomenetelmä, TWh			Sähköntuotanto, TWh		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Hiili	2,1	0,2	0,0	3,3	0,4	0,0	1,9	0,2	0,0
Öljy	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Kaasu	3,1	1,8	0,0	4,3	2,3	0,0	2,7	1,5	0,0
Turve	1,7	0,4	0,1	2,7	0,8	0,1	1,3	0,4	0,1
Bio-massa	3,8	4,1	3,4	6,5	7,2	6,1	3,2	3,9	3,4
Jäte	0,7	1,3	1,2	1,1	2,0	1,9	0,6	1,1	1,0
Yhteensä	11,6	7,8	4,6	17,9	12,7	8,1	9,9	7,2	4,5

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

Taulukko 4. Kaukolämmön yhteistuotannon energialähteet ja tuotanto kaukolämpölaitoksissa, TWh

	Energiälähteet, energiamenetelmä, TWh			Energiälähteet, hyödynjakomenetelmä, TWh			Kaukolämmön tuotanto, TWh		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Hiili	4,1	0,4	0,0	3,0	0,3	0,0	3,2	0,4	0,0
Öljy	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Kaasu	3,4	1,8	0,0	2,2	1,2	0,0	2,7	1,5	0,0
Turve	4,0	1,4	0,3	3,0	1,0	0,2	3,5	1,3	0,3
Bio-massa	10,2	12,7	12,0	7,6	9,6	9,3	8,7	12,1	12,0
Jäte	1,4	2,6	2,4	1,0	1,8	1,7	1,1	2,3	2,1
Yhteensä	23,2	18,9	14,6	17,1	14,0	11,2	19,4	17,5	14,4

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot täydennettynä Energiateollisuuden arvioilla

Sähkön yhteistuotanto teollisuuden voimalaitoksissa

Sähkön erillistuotannon ja kaukolämmön CHP-voimalaitosten lisäksi teollisuus tuottaa CHP-laitoksissa sähköä valtakunnan verkkoon. CHP-laitosten tuottama lämpö käytetään teollisuushöyryä ja ylijäämlämpöä ovat edellä osa kaukolämmön erillistuotantoa.

Teollisuuden sähköntuotanto vuonna 2020 on raportoitu Tilastokeskuksen energiatilastoissa ja vuosien 2025 ja 2030 ennusteet on laskettu HIISI-skenaarioista kokonaistuotannon ja muun sähköntuotannon erotuksena. Vuoden 2020 PEF-kerroin on laskettu energiatilastoista. HIISI-skenaarioista on saatavissa jotain tietoja myös teollisuuden sähköntuotannon jakaumasta sekä polttoainejakaumasta tulevaisuudessa, mutta tiedot ovat vaikeasti yhdistettävissä kokonaisuuteen. Tämän vuoksi vuoden 2020 sähkön PEF-kertoimia on käytetty myös vuosille 2025 ja 2030. Ratkaisusta tulee tuloksiin epävarmuutta lähinnä silloin, jos teollisuuden CHP-tuotannon

hyötysuhde paranisi tarkastelujaksolla. Polttoainejakauman muutoksista epävarmuutta ei tule, jos sekä fossiilisten että uusiutuvien polttoaineiden muuntokertoimena käytetään yhtä, ei nollaa.

Taulukko 5. Sähkön yhteistuotannon primäärienergiakäyttö ja sähköntuotanto teollisuudessa, TWh

	2020	2025	2030
Teollisuuden sähköntuotanto	8,2	12,0	12,8
Primäärienergiankulutus, energiamenetelmä	10,4 (37 512 TJ)		
Sähkön PEF-kerroin, energiamenetelmä	1,27	1,27	1,27
Primäärienergiankulutus, hyödynjakomenetelmä	17,9 (64 607 TJ)		
Sähkön PEF-kerroin, hyödynjakomenetelmä	2,18	2,18	2,18

Lähde: Tilastokeskus, energiatilastot ja HIISI-hankkeen skenaariot