

100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin perustuva energiajärjestelmä

Kansalliseen energia- ja ilmastostrategiaan liittyvä tarkastelu

24.11.2016

Sisällysluettelo

1.	Johdanto	3
2.	Sähkön kulutus, hankinta ja tuotanto	3
2.1	Nykytilanne	3
2.2	Sähkön kulutus, hankinta ja tuotanto vuonna 2050	5
2.3	Uusiutuva energia sähkösektorilla vuonna 2050.....	5
2.4	Uusiutuvan energian lisäämisen mahdollisuudet ja haasteet sähkösektorilla	10
2.4.1	Mahdollisuudet.....	10
2.4.2	Haasteet.....	10
3.	Lämmitys ja jäähdytys	12
3.1	Nykytila	12
3.2	Lämmöntuotanto ja –kulutus vuonna 2050	16
3.3	Haasteet ja mahdollisuudet.....	18
3.3.1	Mahdollisuudet.....	18
3.3.2	Haasteet.....	19
4.	Liikenne.....	19
4.1	Nykytilanne.....	19
4.2	Arvioita liikennesektorin energian kysynnästä ja kehitysnäkymistä	20
4.2.1	Energia- ja ilmastostrategian peruskkenaario.....	20
4.2.2	Fossilfri fordonsflotta till 2030	21
4.2.3	Komission skenaariot.....	22
4.3	Uusiutuva energia liikennesektorilla vuonna 2050	23
4.4	Uusiutuvan energian lisäämisen mahdollisuudet ja haasteet liikennesektorilla	26
4.4.1	Mahdollisuudet.....	27
4.4.2	Haasteet.....	27
4.5	Johtopäätökset ja yhteenveto	28
5.	Teollisuus	28
5.1	Nykytilanne	28
5.2	Uusiutuva energia teollisuudessa vuonna 2050.....	30
5.3	Uusiutuvan energian lisäämisen mahdollisuudet ja haasteet teollisuudessa.....	33
5.3.1	Mahdollisuudet.....	33
5.3.2	Haasteet.....	33
6.	Uusiutuvien energialähteiden lisäämisen tarkastelu energiajärjestelmätasolla	34
7.	Johtopäätökset	35
	Liite: Lähdeluettelo.....	37

1. Johdanto

Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Parlamentaarinen energia- ja ilmastokomitea valmisteli Suomelle vuoteen 2050 ulottuvan tiekartan, jonka tarkoituksena on toimia strategisen tason ohjeena matkalla kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Tiekartassa ei valittu mitään yksittäistä polkua vuoteen 2050 asti, vaan tutkittiin eri vaihtoehtoja päästövähennystoimiksi sekä niiden vaikutuksia päästöjen vähentämisen kustannustehokkuuteen ja yhteiskunnan kilpailukykyyn.

Nyt valmisteltavan energia- ja ilmastostrategian yhteydessä on tarkasteltu 100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin perustuvaa energiajärjestelmää. Tarkastelu on toteutettu hyödyntämällä jo aiemmin tehtyjä tarkasteluja, sekä meneillään olevaa tutkimusta (mm. Neo Carbon Energy –hanke) ja asiantuntijakeskusteluja (mm. Climate Leadership Councilin, Greenpeacen, Sitran ja Demos Helsingin 10.10.2016 järjestämä asiantuntijatyöpaja).

Tarkastelun tavoitteena on ollut tunnistaa 100-prosenttisesti uusiutuvien energialähteiden käyttämisen mahdollisuuksia ja haasteita Suomessa eri sektoreilla sekä energiajärjestelmätasolla. Energiateknologioiden ja uusien energiaratkaisujen (mukaan lukien uusiutuvat energialähteet) kehitysnäkymiä ja niiden luomia liiketoimintamahdollisuuksia on tarkasteltu muun muassa Tekesin laatimassa raportissa Tulevaisuuden energia 2030...2050.

Useat tähän mennessä toteutetut pidemmän aikajänteen tarkastelut (kuten Nordic Energy Technology Perspectives 2016 ja vuoteen 2050 ulottuvan tiekartan taustamateriaalina käytetty Low Carbon Finland platform (LCFinPlat) –tutkimushanke ja Climate Analyticsin ”What does the Paris climate agreement mean for Finland and the European Union ” –tarkastelu) keskittyvät kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Kasvihuonekaasuja vähentäviä keinoja ovat näissä tarkasteluissa uusiutuvan energian lisäksi ydinenergia ja hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologioiden yhdistäminen fossiilisten polttoaineiden käyttöön.

100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin keskittyvissä tarkasteluissa keskeinen rooli on usein tuuli- ja aurinkoenergian merkittävällä lisäämisellä. Meneillään olevan Tekesin rahoittaman Neo Carbon Energy -tutkimushankkeen tavoitteena on luoda näkemys pääasiassa aurinkoon ja tuuleen perustuvan päästöttömän energiajärjestelmän tarpeista, järjestelmän liiketoiminnallisista mahdollisuuksista ja yhteiskunnallisista vaikutuksista sekä tutkia ja kehittää kohdennetusti tulevaisuuden energiajärjestelmän avainteknologioita – erityisesti sähköverkkoon kytkettyä laajamittaista energiavarastointia ja sen yhdistämistä muihin energiasektoreihin. Suomessa on meneillään myös monia muita aihepiiriin liittyviä tutkimushankkeita kuten Strategisen tutkimusneuvoston Smart Energy Transition – ja EL-TRAN –hankkeet.

Kappaleissa 2 – 5 tarkastellaan uusiutuvaa energiaa eri sektoreilla ja kappaleessa 6 käsitellään uusiutuvan energian lisäämistä energiajärjestelmätasolla. Johtopäätökset on esitetty kappaleessa 7.

2. Sähkön kulutus, hankinta ja tuotanto

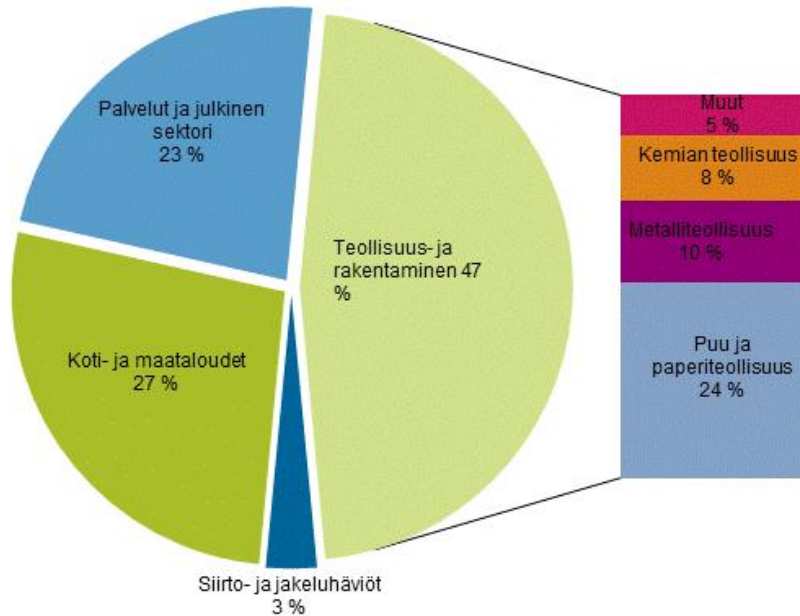
2.1 Nykytilanne

Suomi on osa pohjoismaisia tukkusähkömarkkinoita, joihin kuuluvat myös Baltian maat. Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat yhdentymässä yhteiseurooppalaisiin markkinoihin.

Sähköä tulee olla koko ajan saatavilla kulutusta vastaava määrä. Sähköä kulutetaan teollisuudessa ja rakentamisessa, asumisessa, lämmityksessä (sähkölämmitys ja lämpöpumppujen sähkö), palveluissa

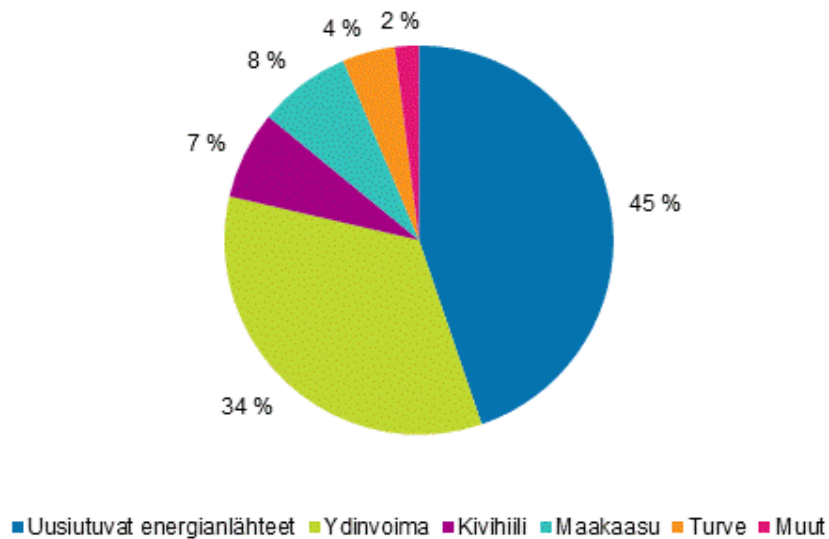
sekä muissa käyttökohteissa. Sähköä kuluu myös siirto- ja jakeluhäviöihin. Sähköä tuotetaan vesivoimalla, tuulivoimalla, aurinkovoimalla, sähkön- ja lämmön yhteistuotannolla (teollisuus ja kaukolämpö), ydinvoimalla sekä lauhdevoimalla. Sähkön hankintaan voi sisältyä myös sähköntuontia Suomen ulkopuolelta. Sähkön nettotuonnilla tarkoitetaan sähkön tuontia vähennettynä viennillä.

Sähkön kulutus Suomessa vuonna 2015 oli 82,5 TWh. Kulutuksen jakauma on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Sähkön kulutuksen jakauma Suomessa vuonna 2015 (Tilastokeskus)

Sähkön tuotanto Suomessa vuonna 2015 oli 66,2 TWh ja nettotuonti Suomeen oli 16,3 TWh. Suomessa tuotetun sähkön jakauma energialähteittäin vuonna 2015 on esitetty kuvassa 2. Uusiutuvien energialähteiden osuus sähkön tuotannossa vuonna 2015 oli 45 %. Vaihtelevan uusiutuvan energian (tuuli- ja aurinkovoima) osuus sähköntuotannosta oli n. 3,5 %.



Kuva 2. Sähkön tuotanto energialähteittäin 2015 (Tilastokeskus)

2.2. Sähkön kulutus, hankinta ja tuotanto vuonna 2050

Sähkön kulutusta, tuotantoa ja hankintaa vuonna 2050 on arvioitu useissa tarkasteluissa, joissa on ollut erilaisia lähtökohtia ja joissa on käytetty erilaisia lähestymistapoja, malleja ja oletuksia mm.

- Nordic Energy Technology Perspectives 2016
- Low Carbon Finland –skenaariot
- Neo Carbon Energy –hankkeessa tehdyt skenaariot
- What does the Paris climate agreement mean for Finland and the European Union

Sähkönkulutuksen arviot vaihtelevat eri tarkasteluissa nykytasoisesta kulutuksesta (n. 80 TWh) noin 200 TWh:iin. Korkeat kulutusarviot liittyvät skenaarioihin, joissa sähkön merkitys energijärjestelmässä kasvaa ja sähkönkulutus lisääntyy erityisesti ns. power to gas –käytössä.

Joissain tarkasteluissa Suomi on sähkön nettotuojaa ja joissain tarkasteluissa nettoviejä. Eräät tarkastelut rajautuvat vain Suomeen ja niihin ei sisälly mahdollisuutta sähköntuontiin tai –vientiin.

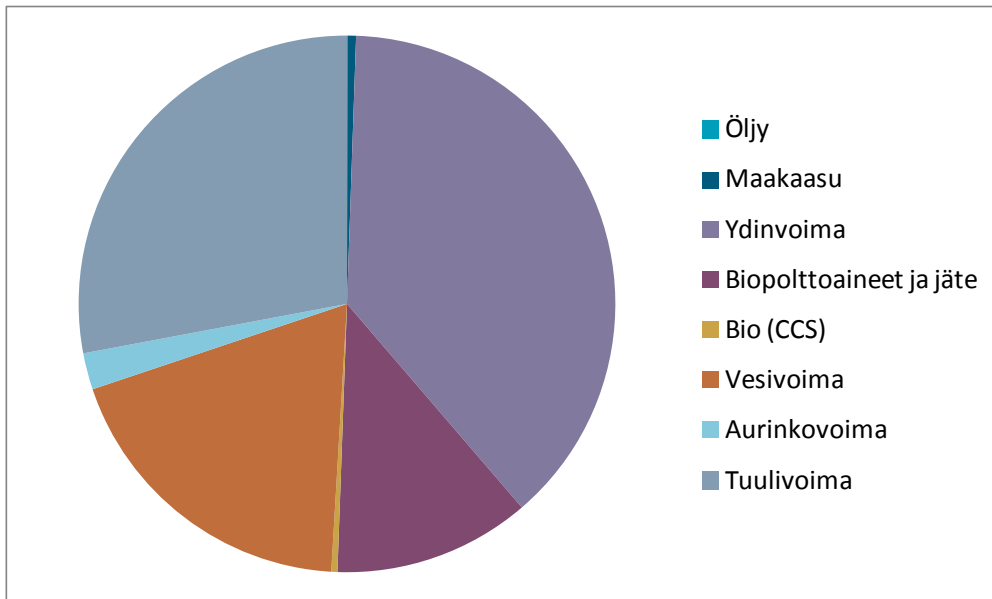
Tarkastelun lähtökohdat ja tavoitteet sekä käytetyt mallit ja oletukset vaikuttavat arvioihin sähköntuotantojakaumasta vuonna 2050. Useissa tarkasteluissa on painopisteenä kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Näissä tarkasteluissa sähköä tuotetaan vaihtelevia määriä ydinvoimalla. Lisäksi sähköä voidaan tuottaa fossiilisista polttoaineista sekä biomassosta siten, että käytössä on hiilidioksidin talteenotto ja varastointi eli ns. CCS-teknologia (Carbon capture and storage).

2.3 Uusiutuva energia sähkösektorilla vuonna 2050

Uusiutuvien energialähteiden osuus sähköntuotannossa vaihtelee eri tarkasteluissa.

Nordic Energy Technology Perspectives 2016 (NETP 2016)

NETP 2016 CNS- skenaarion mukaan Suomessa tuotettavasta sähköstä n. 60 % tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä vuonna 2050 (kuva 3). Merkittävimmät uusiutuvan energian lähteet sähköntuotannossa ovat tuulivoima, vesivoima sekä biopolttoaineet ja jätteet. Vaihtelevan uusiutuvan energian (tuuli- ja aurinkovoima) osuus sähköntuotannossa on noin 30 %.

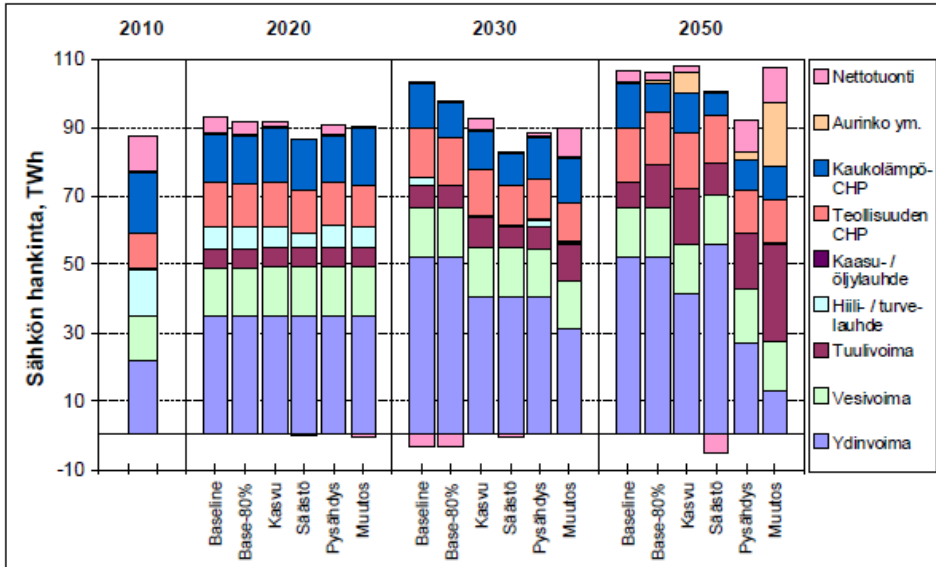


Kuva 3. Sähkön tuotanto energialähteittäin Suomessa 2050 NETP 2016 CNS-skenaariossa

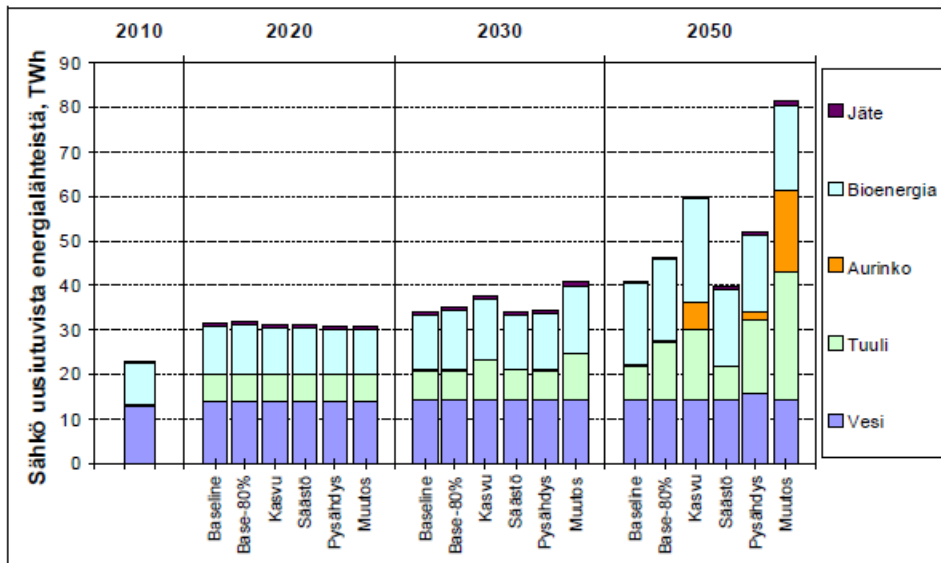
NETP 2016 selvityksessä on tarkasteltu myös skenaariota, jossa ydinvoimaa ajetaan Ruotsissa alas nopeutetulla aikataululla ja Suomessa ei rakenneta ydinvoimaa Olkiluoto 3:n jälkeen. Alhaisempi ydinvoimakapasiteetti ja -tuotanto Pohjoismaissa johtaa lisäinvestointeihin maakaasuun ja tuulivoimaan erityisesti Ruotsissa 2030 ja 2040. Ydinvoiman korvaaminen maakaasulla nostaa kasvihuonekaasupäästöjä Pohjoismaissa. Alhaisempi sähkönvientipotentiaali Pohjoismaista muihin Euroopan maihin nostaa kasvihuonekaasupäästöjä myös muualla Euroopassa. Skenaariossa myös sähköhinta Pohjoismaissa nousee. Mallinnuksen mukaan olosuhteet tuuli- ja aurinkovoimalle ovat Suomessa vähemmän suotuisat kuin muissa maissa. Investoinnit näihin teknologioihin tapahtuvat muualla. Suomi tuo tässä tarkastelussa vuonna 2050 25 % kuluttamastaan sähköstä.

Low Carbon Finland 2050 -platform

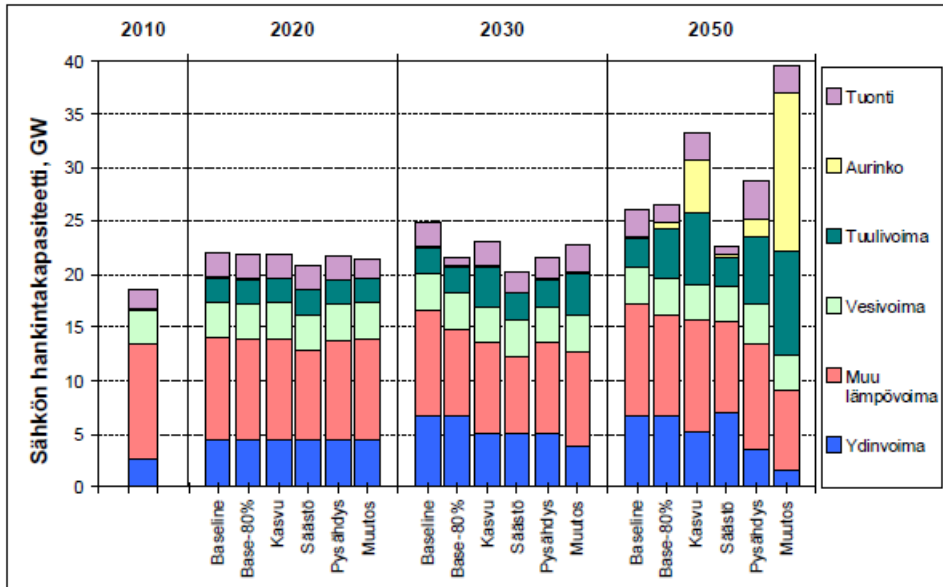
Low Carbon Finland Platform –hankkeessa (LCFinPlat) uusiutuvan energian osuus ja uusiutuvan energian lähteet sähköntuotannossa vaihtelevat eri skenaarioissa. Uusiutuvan energian osuus sähköntuotannossa on suurin Muutos-skenaariossa. Myös vaihtelevan uusiutuvan energian (tuuli- ja aurinkovoima) osuus sähköntuotannossa nousee merkittävämmäksi Muutos –skenaariossa (kuva 4 ja kuva 5).



Kuva 4. Sähkön hankinta Suomessa LCFinPlat –skenaariossa



Kuva 5. Uusiutuvista energialähteistä tuotettu sähkö LCFinPlat –skenaariossa

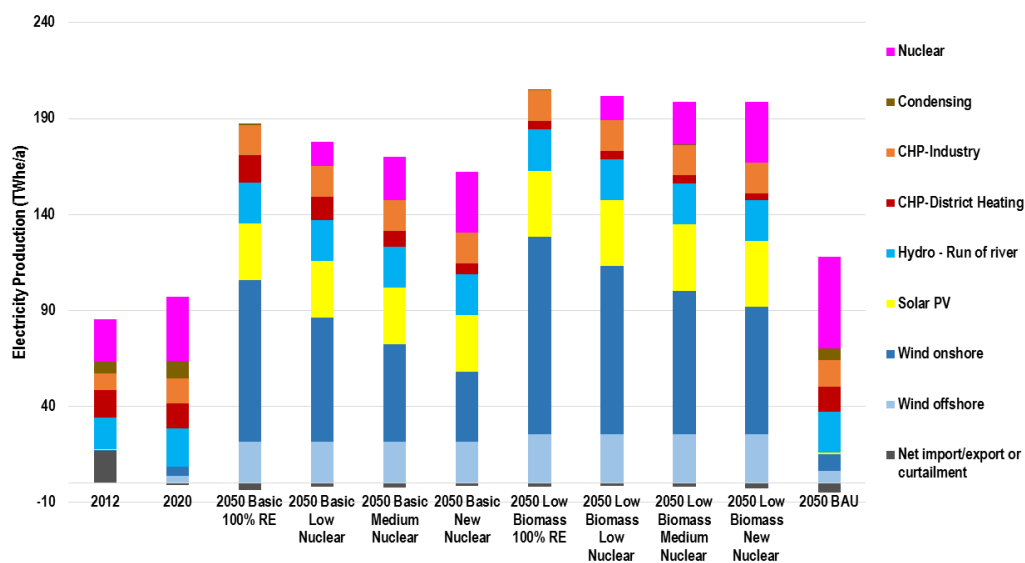


Kuva 6. Sähkön hankintakapasiteetti LCFinPlat –skenaariossa

Tarkastelussa todetaan vaihtelevan sähköntuotannon lisäävän sähkön tuotannon kokonaiskapasiteetin tarvetta. Todetaan, että vaihtelevan tuotannon laajamittainen integrointi sähkön hankintajärjestelmään merkitsee huomattavia investointeja uuteen kapasiteettiin. Vaihteleva tuotanto näkyy myös sähkön tarvittavan tuontikapasiteetin merkityksen korostumisena (kuva 6).

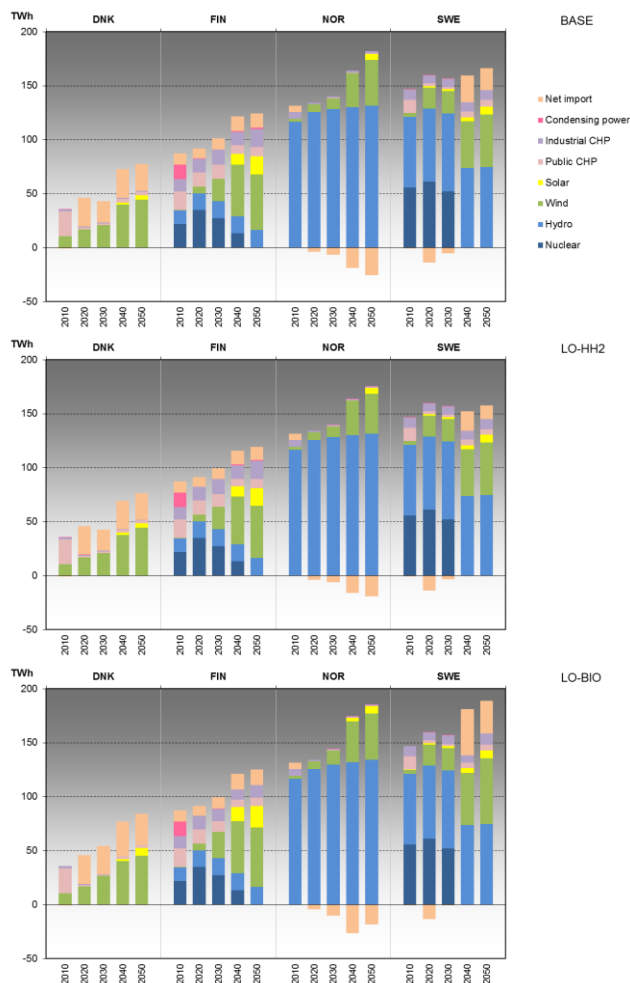
Neo Carbon Energy

Hankkeessa on tehty useita vuoteen 2050 ulottuvia tarkasteluja eri malleilla Uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuus Suomessa vaihtelee LUT:in EnergyPLAN –mallilla tekemissä skenaarioissa. Osassa skenaarioista kaikki sähkö tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä (kuva 7).



Kuva 7. Sähkön tuotanto Suomessa Neo Carbon Energy –hankkeen skenaarioissa (Breyer & Child)

Neo Carbon Energy –hankkeessa on tehty myös tarkasteluja VTT:n TIMES-mallilla. Suomea on tarkasteltu osana Pohjoismaita. Lähtökohdiana on, että energiajärjestelmässä käytettäisiin vuonna 2050 vain uusiutuvia energialähteitä. Sähköntuotanto eri tuotantomuodoilla on esitetty kuvassa 8. Suomessa tuuli- ja aurinkovoiman osuus on korkea. Tästä huolimatta Suomella on tasainen tuontiriippuvuus Venäjältä ja muista pohjoismaista tuotavasta sähköstä.



Kuva 8. Sähkön hankinta Pohjoismaissa Neo Carbon Energy –hankkeen skenaarioissa (Pursiheimo)

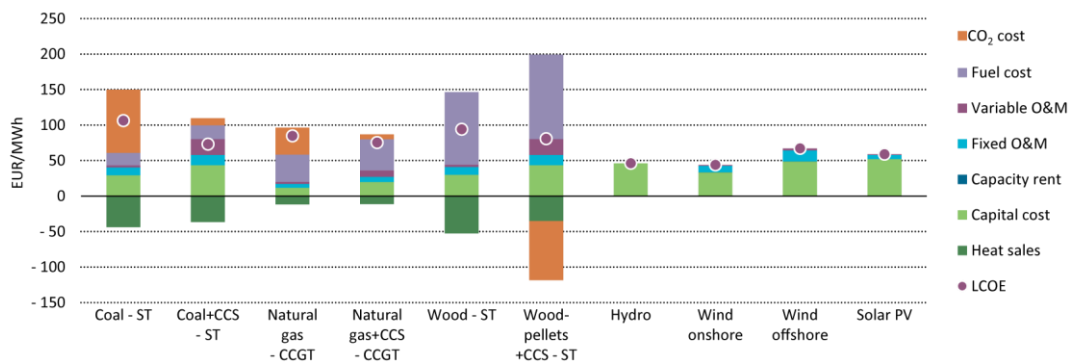
Tarkastelussa käytetyllä TIMES-mallilla ei voida analysoida kattavasti vaihtelevan uusiutuvan sähkön lisäämiseen liittyviä kysymyksiä. TIMES-mallin tuloksia hyödynnetään tuntikohtaisissa malleissa (WILMAR, BALMOREL), joilla voidaan tarkastella yksityiskohtaisemmin eräitä vaihtelevan uusiutuvan sähkön lisäämiseen liittyviä kysymyksiä.

Neo Carbon Energy –hanke on vielä meneillään ja siinä tehtäviä tarkasteluja jatketaan.

2.4. Uusiutuvan energian lisäämisen mahdollisuudet ja haasteet sähkösektorilla

2.4.1 Mahdollisuudet

Uusiutuvan energian teknologiat ovat kehittyneet ja niiden kustannukset ovat alentuneet. Kehityksen voi odottaa jatkuvan edelleen. NETP 2016 –tarkastelussa vesivoimalla sekä tuuli- ja aurinkovoimalla odotetaan olevan alhaisin tasattu sähköntuotannon kustannus (LCOE, levelized cost of energy) vuonna 2040 (kuva 9).



Kuva 9. Tasattu sähköntuotannon kustannus (LCOE, levelized cost of energy) vuonna 2040 (NETP 2016)

Myös vaihtelevan uusiutuvan sähköntuotannon integrointiin liittyvät ratkaisut (joustava tuotanto, kysyntäjoustot, energian varastointi ja sähkömarkkinat) ovat kehittyneet ja tulevat kehittymään edelleen.

2.4.2 Haasteet

Ydinvoimasta ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä luopuminen

Ydinvoimasta ja fossiilisten polttoaineiden sekä turpeen käytöstä luopuminen sähköntuotannossa johtaa tarpeeseen korvata sähkönkulutuksen edellyttämä sähkö muilla sähköntuotantomuodoilla ja/tai tuonnilla.

Ydinvoimasta luopumiseen liittyy myös voimalaitosten sulkemiseen ja ydinjätteen loppusijoittamiseen liittyviä kustannuksia.

Ruotsin puolueiden sopimuksessa energiapolitiikasta 10.6.2016 on yhtenä tavoitteena 100 % uusiutuva sähköntuotanto vuonna 2040. Sopimuksessa todetaan tämän olevan tavoite. Kyseessä ei ole viimeinen päivämäärä, joka kieltäisi ydinvoiman eikä asetettu tavoite myöskään sisällä poliittista ydinvoiman sulkemispäätöstä.

Sähköjärjestelmän toimivuus ja sähkön hinta

NETP 2016 selvityksen mukaan vaihtelevan uusiutuvan energian osuuden kasvu¹ sähköntuotannossa edellyttää siirtokapasiteetin, säätökapasiteetin (tuotannon säätö ja varastointi) sekä kysyntäjouston lisäystä. Ilman laajamittaista energiajärjestelmien joustavuutta ja integrointia pohjoismaisella ja EU-tasolla sähkön hinnan heilahtelut voimistuvat ja myös tuotantokapasiteetin riittävyys saattaa tulla ongelmaksi – erityisesti Suomessa (VTT-tiedote, 26.5.2016).

Vaihtelevan uusiutuvan sähköntuotannon integrointiin sisältyviä haasteita ovat muun muassa sähköjärjestelmän ramppien ja siirtojen hallinta, verkkojen vahvistamisen kustannukset, uusien siirtolinjojen hyväksyttävyyden sekä jännite- ja taajuusstabiilisuus.

Uusiutuvien energialähteiden käytön lisääminen sähköntuotannossa

Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseen sähköntuotannossa liittyy erilaisia tuotantomuodosta riippuvia haasteita. Nykyisen ja kehitteillä olevan teknologian perusteella uusiutuvaan energiaan perustuvan sähkön tuotannon potentiaali muodostuu Suomessa suurelta osin:

- tuulivoimasta
- biomassan käytöstä sähkön- ja lämmön yhteistuotannossa ja lauhdesähkötuotannossa
- vesivoimasta
- aurinkosähköstä

Tuulivoima

Suomessa on merkittävä potentiaali tuulivoiman rakentamiselle. Koko Itämeren alueen potentiaalisista merituulivoima-kohteista suurin osa sijaitsee Suomen aluevesillä. Tuulivoimatuotannon lisääminen edellyttää tuulivoimarakentamisen sovittamista ympäröivään maankäyttöön ja paikallisen hyväksyttävyyden varmistamista sekä sujuvia hallinnollisia menettelyjä.

Biomassan käyttö sähköntuotannossa

Biomassapohjaisen yhteistuotannon potentiaalia Suomessa rajoittaa lämpökuormien (yhdyskuntien kaukolämpö ja teollisuuden höyry ja lämpö) määrä. Lisäyspotentiaali on rajallinen rajoittuen lähinnä nykyisen fossiilisen polttoainekäytön korvaamiseen sekä pienen kokoluokan lämmönkäyttökohteisiin. Kaukolämpöverkkojen lämpökuorma voi tulevaisuudessa pienentyä useista tekijöistä johtuen. Biomassan käyttöä lauhdesähkön tuotantoon rajoittavat myös raaka-ainevarat ja korkeammat kustannukset. Metsäteollisuuden uudet investoinnit tuovat mukanaan uudenlaisia mahdollisuuksia lisätä biomassaan perustuvaa sähköntuotantoa.

Vesivoima

Vesivoima on merkittävin uusiutuvan sähkön tuotantomuoto Suomessa. Vesivoimatuotannon lisäyspotentiaali Suomessa rajoittuu lähinnä olemassa olevien laitosten tehonkorotuksiin, muutamaan suureen vesivoimahankkeeseen sekä pienvesivoiman lisäykseen. Suurvesivoiman osalta uusiutuvan

¹ Vaihtelevan uusiutuvan energian osuus sähköntuotannossa kasvaa Pohjoismaissa nykyiseltä 7 %:n tasolta 30 %:iin vuonna 2050. Suomessa vaihtelevan uusiutuvan energian nykyinen osuus sähköntuotannosta on 3,5 % ja arvioitu osuus vuonna 2050 on 30 %.

energian lisäyspotentiaali on kuitenkin rajallinen, sillä rakentamaton vesivoimapotentiaali sijaitsee pääosin suojelluissa vesistöissä.

Aurinkosähkö

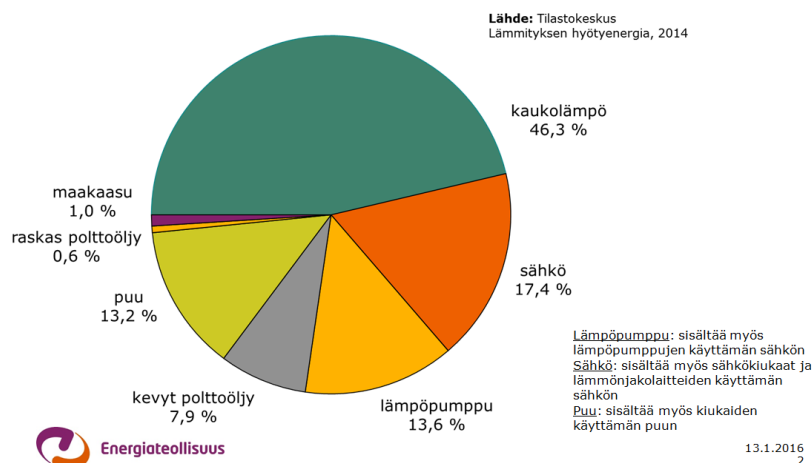
Aurinkosähkössä teoreettinen potentiaali on Suomessa hyvin suuri, sillä teknisenä rajoitteena on lähinnä pinta-ala. Suuri kesäaikaan painottuva vaihteleva tuotanto edellyttää käytännössä myös sähkön varastoinnin kehitystä – uusien varastointitekniikoiden läpimurtoa. Haasteita ovat kustannukset ja mahdolliset materiaalirajoitteet.

3. Lämmitys ja jäähdytys

3.1. Nykytila

Noin puolet asuin- ja palvelurakennusten lämmitystarpeesta katetaan kaukolämmöllä. Muita yleisiä lämmitysmuotoja ovat sähkölämmitys, lämpöpumput, kevyt polttoöljy ja puulämmitys. Tilastokeskuksen Energiavuosi 2014-tilaston mukaan vuonna 2014 asuin- ja palvelurakennusten lämmitykseen käytetty kokonaisenergia oli 74 TWh. Luku ei sisällä kaukolämmön ja sähkön tuotanto- ja siirtohäviöitä.

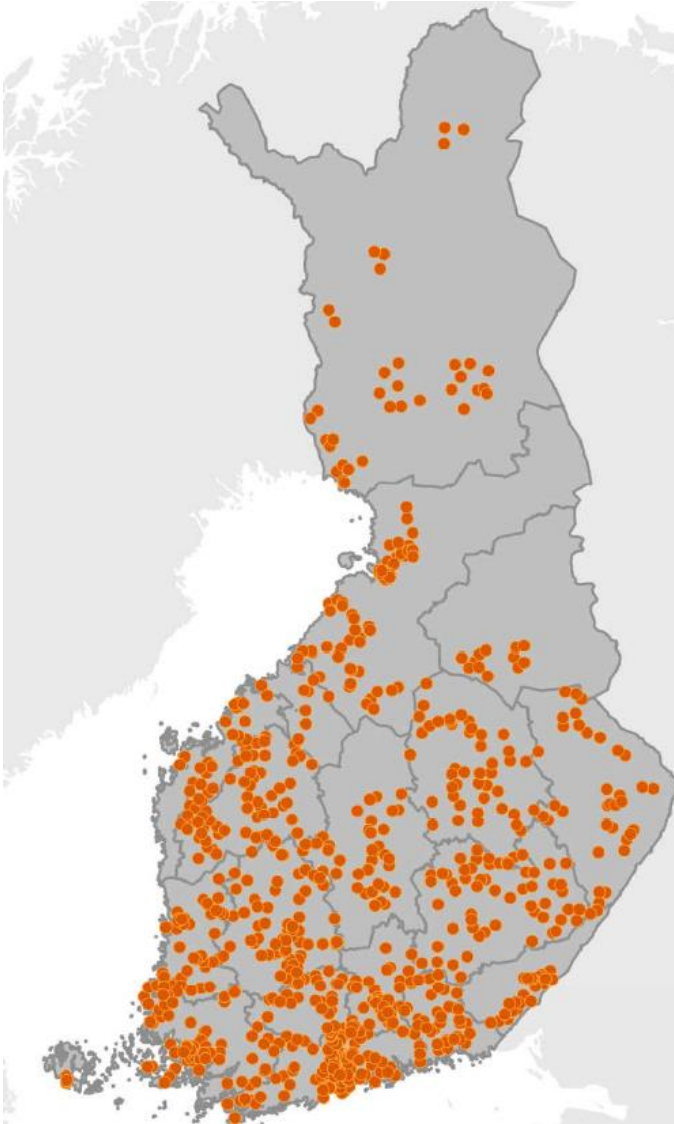
Suomessa kaukolämpöä on tuotettu 1950 -luvun alusta lähtien ja se on tällä hetkellä yleisin lämmitysmuoto. Kaukolämmitystä käytetään lähes kaikissa kaupungeissa ja taajamissa. Kaukolämmityksessä taloissa asuu noin 2,6 miljoonaa asukasta. Lähes kaikki suuret rakennukset liittyvät kaukolämpöverkkoon, jos se on mahdollista. Noin 95 % asuinrakennuksista sekä valtaosa julkisista ja liikerakennuksista ovat kaukolämmityksen piirissä. Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmön markkinaosuus on yli 90 %.



Kuva 10. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen markkinaosuudet. Vuonna 2014 asuin- ja palvelurakennusten lämmitykseen käytetty kokonaisenergia oli 74 TWh (Energiateollisuus).

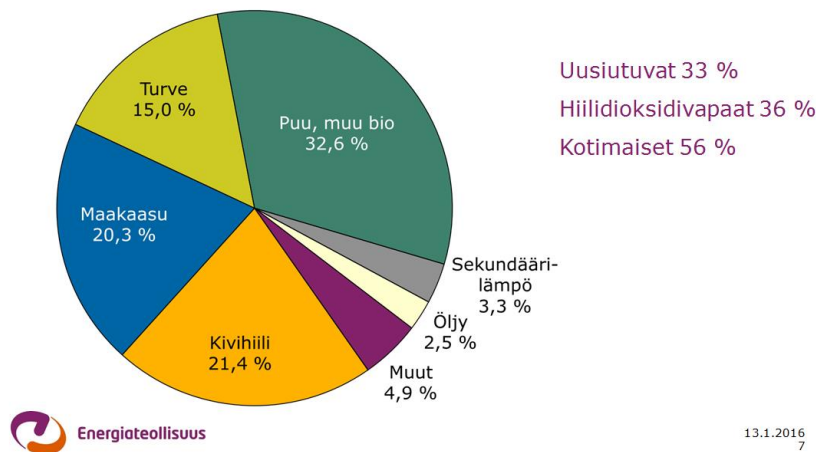
Kaukolämmön etuina ovat hyvä tuotannon hyötösuhde ja alhaiset tuotannon päästöt. Suomessa suuri osa rakennuskannasta sijoittuu kaupunkimaisiin (68 %) ja taajaan asuttuihin kuntiin (16 %). Kaupungistumisen myötä taajamissa sijaitsevien rakennusten osuus rakennuskannassa on kasvanut. Kaukolämmityksen markkinaosuus on merkittävästi korkeampi ja se on taloudellisinta siellä missä aluetehokkuusluku on suurimmillaan, ts. kaupungeissa ja taajamissa. Aluetehokkuusluku (e^a) ilmaisee

rakennusten kokonaispinta-alan suhteessa maa-alueen pinta-alaan.) Useimmissa suurissa kaupungeissa yli 90 % asuu kaukolämmitetyissä taloissa.



Kuva 11. Kaukolämmön tuotantolaitokset Suomessa (Energieollisuus)

Kaukolämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden jakauma vaihtelee merkittävästi paikkakunnittain.



Kuva 12. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet (Energiateollisuus)

Kaukolämmön päästöt ja uusiutuvan energian osuus riippuvat siitä, miten kaukolämpö on tuotettu. Suuri osa kaukolämmön tuotannosta perustuu fossiilisiin polttoaineisiin ja turpeeseen, mikä nostaa keskimääräisiä hiilidioksidipäästöjä. Kaukolämpösektorilla tavoite vähentää hiilidioksidipäästöjä ja kasvattaa uusiutuvien osuutta perustuu lähinnä puupolttoaineiden osuuden nostamiseen. Sekä kaukolämpö että sähkölämmitteiset järjestelmät kehittyvät tulevaisuudessa kohti vähäpäästöisempää tuotantoa. Sekä päästökaupan että energiaverotuksen näkökulmasta kaukolämpösektorille kohdistuva ohjaus tulee hyvin todennäköisesti jatkossakin suosimaan alhaisia päästöjä ja uusiutuvaa energiaa.

Kilpailun lisääntyessä kaukolämpösektori uudistuu ja etsii uudenlaisia tekniikoita lämmöntuotantoon. Kaukolämpöverkkoihin liitetyt suuret lämpöpumput käyttävät hyödykseen ympäristöstä saatavaa lämpöä. Tehokkaimmillaan suuret lämpöpumput ovat suurissa kaukolämpöjärjestelmissä. Muihin Pohjoismaihin verrattuna kaukolämmön tuotanto suhteessa asukasluukuun on suurinta Suomessa. Kuitenkin suuria lämpöpumppuja kaukolämpöjärjestelmässä käytetään huomattavasti enemmän Ruotsissa. Suurten lämpöpumppujen osuus kaukolämmön kokonaistuotannosta Suomessa on 0,6 TWh (1,7 % kokonaistuotannosta), kun vastaava luku Ruotsissa on 4,0 TWh (7,4 % kokonaistuotannosta).

Pienissä kaukolämpöjärjestelmissä suurilla lämpöpumpuilla korvataan tyypillisesti lämpökeskuksilla tuotettua lämpöä. Kun peruskuorman tuotanto perustuu CHP:hen (keskisuuret järjestelmät), lämpöpumppuja voidaan käyttää tuotannon optimointiin, jolloin koko järjestelmätason kannattavuus paranee. Lisäksi lämpöpumpuilla voidaan vähentää kalliiden huippukuormakoneiden käyttöä. Suurimmissa kaukolämpöjärjestelmissä tuotantoon voidaan yhdistää kaukojäähdytyksen tuotanto, jolloin koko järjestelmän optimointi suurilla lämpöpumpuilla on tehokasta.

Koko 2000-luvun yhteistuotannon osuus kaukolämmön tuotannosta on ollut noin kolme neljäsosaa. Mikäli kaukolämmön asema heikkenisi oleellisesti lämmitysmarkkinoilla, heijastuisi se yhteistuotantosähkön tuotanto- ja puupolttoaineiden lisäysmahdollisuuksiin.

Hajautettu kiinteistökohtainen lämmöntuotanto

Lämmitysenergioiden hinnat ovat olleet jatkuvassa nousussa 2000-luvulla. Voimakkainta on ollut öljyn hinnan nousu. Sähkön hintamuutokset ovat myös olleet suuria. Sähkön siirtomaksujen suuret kertakorotukset ovat saaneet kiinteistöjen omistajat harkitsemaan muita tapoja hankkia sähköä ja lämmitysenergiaa. Hyvin edulliset käyttökustannukset tekevät maalämmöstä houkuttelevan. NykYTEKNIKALLA ne ovat noin kolmanneksen suoran sähkölämmityksen kustannuksista.

Lämmitystapavalintoihin vaikuttavat voimakkaimmin rakennuksen sijainti ja koko. Suurin muutos lämmitystavoissa on tapahtunut pientaloissa ja muissa pienissä rakennuksissa. Maalämmön suosio on kasvanut ja suoran sähkölämmityksen suosio on vähentynyt. Tällä hetkellä vielä suoraan sähkölämmitykseen ja öljyyn tai kaasuun perustuvia lämmitysjärjestelmiä on hieman yli 40 % rakennetusta alasta. Omakotitaloista kaukolämmitettyjä on runsas 7 %.

Pienempiin rakennuksiin (riippumatta niiden käyttötarkoituksista) valitaan muitakin lämmitystapoja kuin kaukolämpö. Puulämmitystä käytetään pääasiassa maaseutumaisissa kunnissa ja taajamissa. Puun käytön osuus pientalojen lämmityksessä on pysynyt likimain samalla tasolla. Päälämmitysjärjestelmänä sähkölämmitys on edelleen suosituin valinta pientaloissa mutta pientalojen uudistuotannossa se valitaan lämmitystavaksi entistä harvemmin. Pientalojen sähkölämmitystä tullaan korvaamaan erilaisilla lämpöpumpuilla ja hybridiratkaisuilla. Erityisesti pientaloissa lämmitystapavalintaan vaikuttavat yhä enemmän myös muut syyt kuin investointikustannus, mm. ympäristökysymykset, lämmitysjärjestelmän vaikutus kiinteistön arvoon tai epävarmuus keskitetyn lämmöntuotannon hintakehityksestä.

Kilpailutilanteesta

Selvimmät trendit lämmitystapojen kehityksessä viime vuosina ovat olleet öljylämmityksen nopea vähentyminen ja maalämpöpumppujen voimakas kasvu. 2020-luvun loppuun mennessä öljylämmitys on jo hyvin vähäistä, mikäli kehitys jatkuu nykyisellä tavalla. Kaukolämmön suosio uusissa pientaloissa lähti kasvuun 2003. On huomattava, että kiristyvien rakennusmääräysten myötä uudistuotannon pientalot muuttuvat yhä energiatehokkaammiksi, jolloin kaukolämmön liittymis- ja vuosimaksut muodostuvat suhteellisesti korkeiksi. Tämä saattaa vaikuttaa kaukolämmön kysyntään pientaloissa.

Öljyn markkinahinnan kehityksellä on suuri vaikutus öljylämmityksen markkinaosuuden muutoksiin. Öljylämmityksen kilpailukyky perustuu nykyhetken alhaiseen öljyn hintaan. Kuitenkin jo vuoteen 2030 mennessä öljyn hinta saattaa nousta niin paljon, että öljylämmityskustannukset yli kaksinkertaistuvat vuoden 2015 tasolta. Jo nyt uusissa kiinteistöissä öljylämmityksen osuus on hyvin pieni johtuen öljyn hinnan vaihtelusta. Suomessa on kuitenkin suuri määrä öljylämmitettyjä kiinteistöjä, joissa voitaisiin siirtyä kestävämpiin kiinteistökohtaisiin lämmitysmuotoihin. Monissa kiinteistötyypeissä tämä on kannattavaa järjestelmän uusimisen tullessa ajankohtaiseksi. Suoran sähkölämmityksen kustannukset nousevat maltillisemmin.

Merkittävä osa lämmitystavan muutoksista suoritetaan tilanteessa, jossa rakennuksessa suoritetaan parannustöitä tai nykyiseen järjestelmään on tehtävä investointeja Suomen nykyisestä rakennuskannasta noin puolet on valmistunut vuosien 1970 ja 1999 välillä. Tämän ikäisissä rakennuksissa suoritetaan usein merkittäviä korjausinvestointeja, esimerkiksi linjasaneeraus tai julkisivuremontti. Myös lämmitysjärjestelmät vaativat huomattavia revisioita noin 20 – 30 vuoden käyttöiässä. Mittavien saneeraustoimenpiteiden yhteydessä on luonnollista myös vertailla vaihtoehtoja lämmitysjärjestelmän osalta.

Hajautetun uusiutuvan tuotannon lisääntymisen kannalta potentiaalisia ovat kohteet, joissa käytetään suoraa sähkölämmitystä ja öljylämmitystä. Kaukolämmön suurimmaksi haastajaksi on viime vuosien aikana noussut erityisesti maalämpö. Kilpailu lämmitysmarkkinoilla on kiristynyt ja erityisesti maalämpö ja erilaiset hybridijärjestelmät ovat olleet näkyvästi esillä ja alkaneet myös lisätä markkinaosuuttaan.

3.2. Lämmöntuotanto ja -kulutus vuonna 2050

Kaukolämpö

Pärjätäkseen kilpailussa, kaukolämpöjärjestelmien pitää tulevaisuudessa kehittyä yhä monipuolisemmiksi. Kehitys kulkee kohti suuria lämpöpumppuja, matalalämpöverkkoja ja lämpöverkkojen avaamista kilpailevalle lämmöntuotannolle. Kaukolämmön energianlähteet uudistuvat tulevaisuudessa. Suurien lämpöpumppujen lisäksi käyttöön voidaan ottaa matalalämpöistä jätelämpöä, aurinkolämpöä ja teollisuuden jätelämpöä. Myös aurinkolämmön käyttö erilaisissa hybridisovelluksissa merkitsee uudenlaisia mahdollisuuksia joustavalle energiantuotannolle. Biomassan saatavuuteen liittyvät haasteet voivat myös vaikuttaa suurten (kaukolämpökokoluokan) lämpöpumppujen yleistymiseen.

Kaukolämmön markkinaosuuden kehittymisestä vuoteen 2050 on esitetty erilaisia arvioita. Eniten kysyntään vaikuttavat nykyisten asiakkaiden pysyvyys, korjausrakentamisen tasosta riippuvainen ominaislämmön kulutuksen kehitys ja ilmaston lämpeneminen. Energiateollisuus ry:n arvion mukaan vuosina 2010–2025 uutta kaukolämmön tuotantokapasiteettia rakennetaan 1500 MW. Siitä uutta on 500 MW ja korvaavaa 1000 MW.

Kaukolämpösektorin merkittävimpiä muutostekijöitä tulevina vuosina ovat muun muassa:

- energiapolitiikan tavoitteet päästöjen vähentämiseksi ja uusiutuvalle energialle
- energiasektorin sääntely ja veromuutokset,
- kilpailun kiristyminen,
- tuotantorakenteen uudistaminen,
- kiristyvät päästörajat (NO_x, SO₂, ja hiukkaspäästöt),
- päästökauppajärjestelmän jatko
- energiatehokkuutta lisäävät rakennusmääräykset.

Paine siirtyä vähähiilisiin polttoaineisiin kaukolämmön tuotannossa kasvaa sillä kustannusten nousu on voimakkainta fossiilisiin polttoaineisiin perustuvassa kaukolämmöntuotannossa. Eri yhtiöillä on kuitenkin vaihtelevat mahdollisuudet muuttaa tuotantorakennettaan lyhyellä aikavälillä kohti tätä suuntausta. Tuotantoon liittyvät investoinnit ovat luonteeltaan pitkäaikaisia ja ne on tehty vallitsevassa markkinatilanteessa ja silloista parasta markkinanäkemyä edustaen.

Uudessa kilpailutilanteessa yksi vaihtoehto on tuottaa kaukolämpöä suurilla lämpöpumpuilla. Pohjavettä, geotermistä lämpöä tai hukkalämpöä hyödyntävät suuret lämpöpumput saavat mittakaavaetua paremman hyötysuhteen kautta. Tarkkoja lukuja suurten lämpöpumppujen potentiaalista ei ole saatavilla, sillä tarkastelu vaatisi jokaisen kaukolämpöjärjestelmän ominaisuuksien tarkastelua erikseen. Kokonaisuudessaan hyödyntämispotentiaaliksi Suomessa arvioidaan noin 3,0 – 4,2 TWh, eli alle 15 % myydyin kaukolämmön kokonaismäärästä.

Teknisesti suurien lämpöpumppujen käyttöä rajoittaa sähköverkon riittävyys. Käynnistysvaiheessa lämpöpumppu tarvitsee jopa seitsenkertaisen sähkötehon normaaliin käyttötilanteeseen verrattuna. Tämä on otettava huomioon lämpöpumpun sijaintia valittaessa. Toinen mahdollinen tekninen rajoite lämpöpumppulaitosten hyödyntämiselle erityisesti kaupunkien keskustoissa on tilanpuute. Sähkön

käyttö kaukolämmöntuotannossa kasvaa voimalaitoskokoluokan lämpöpumppujen ja sähkökattiloiden lisääntyessä.

Energiantuotantokustannusten kehityksestä johtuen kaukolämmitykseen voi siirtyä asiakkaita öljy- ja kaasulämmitteisistä kohteista. Toisaalta kaukolämpö puolestaan menettää asiakkaita erityisesti maalämmölle. Kaukolämmön asema säilyy merkittävänä myös tulevaisuudessa mutta alan toimijoiden haasteet ovat aiempaa vaativampia. Jatkossa kaukolämpöyritysten ja koko toimialan kannalta erityistä huomiota edellyttäviä asioita ovat mm. yritys ja palvelukuva, hinnoittelurakenteet ja toimitusehdot, tutkimus- ja kehityspanostukset, markkina- ja kilpailutilanteen aktiivinen seuranta sekä aktiivinen yhteistyö keskeisten sidosryhmien kanssa.

Hajautettu kiinteistökohtainen lämmöntuotanto

Kiinteistökohtainen, hajautettu lämmöntuotanto voi perustua puupohjaisiin polttoaineisiin, lämpöpumppuihin, biokaasuun, aurinkolämpöön ja erilaisiin hybridiratkaisuihin. Osa hajautetusta lämmöntuotannosta kuitenkin lisää sähkön käyttöä talvella

Lämpöpumput tulevat korvaamaan lämmöntuotantoa erityisesti alueilla, jossa suora sähkölämmitys on yleistä. Taajamien ulkopuolelle pienten lämpöpumppujen ja aurinkolämmön vaikutus voi olla suurempi, koska kaukolämpö ei ole vaihtoehtoisena tarjolla.

Yksittäisten kuluttajien energiavalintoihin vaikuttaa energian hinnan ja investoinnin kannattavuuden lisäksi muitakin tekijöitä. Ympäristöarvot, mielikuvat, lähienergian arvostus, ja riippumattomuus keskitetystä energiantuotannosta ja –jakelusta saavat kuluttajat valitsemaan vaihtoehtoja, jotka eivät vielä tällä hetkellä ole yleisesti käytössä, tai ovat vasta yleistymässä. Lisäksi tiedonsaanti helpottuu jatkuvasti. Kuluttajalla on yhä enemmän luotettavaa tietoa saatavilla valintojensa pohjaksi. Uutta teknologiaa otetaan usein käyttöön muiden myönteisten käyttökokemusten innoittamana. Naapureiden, ystävien ja tuttavien käyttöönottama teknologia voi kannustaa uusiin ratkaisuihin kun lämmitystapavalinta on ajankohtainen.

Muiden tekijöiden vaikutus

Vuonna 2050 nykyisistä ja rakenteilla olevista voimalaitoksista käyttöiän perusteella on edelleen tuotannossa vain jo rakennettu vesivoima ja rakenteilla/suunnitteilla oleva ydinvoima. Uuden tekniikan käyttöönoton myötä hiilidioksidipäästöt laskevat murto-osaan nykyisestä. Asumisväljyyden ja väestömäärän kasvun perusteella arvioidaan, että asuinrakennusten pinta-ala kasvaa lähes puolella vuoteen 2020 mennessä. Tiukentuvista rakennusmääräyksistä ja korjausrakentamisesta johtuen rakennusten energiatehokkuus edelleen kasvaa. Lisäksi ilmaston muutos vaikuttaa lämmitystarpeeseen. Edellä mainittujen yhteisvaikutuksesta lämmitysenergian kokonaistarve pienenee.

On muistettava, että lämpöpumpun ”polttoaine” on sähkö. Lämmön kulutushuiput osuvat samaan ajankohtaan kuin sähkönkulutuksen tuntikeskityksen huiput – toisin sanoen myös lämpöpumppujen huipputehontarve ajoittuu samaan kohtaan kuin sähkön huippukulutus. Suurten lämpöpumppujen käytön merkittävä lisääminen lämmöntuotannossa voi jyrkentää sähkön kulutushuippuja talvella ja lisätä toimitusvarmuuteen liittyvää haastetta.

Jäähdytys

Kuluttajien vaatimukset sisäilman laadulle ja lämpötiloille ovat kasvussa. Tämä lisää jäähdytyksen tarvetta rakennuksissa. Tarkkaa arviota Suomen rakennuskannan jäähdytysenergiantarpeesta ei ole olemassa. Jäähdytysenergian kulutus painottuu muutamiin rakennustyyppisiin, erityisesti toimistoihin, liikerakennuksiin ja julkisiin rakennuksiin. Nykyisin käytössä olevien jäähdytystekniikoiden rinnalle

ollaan kehittämässä uusia tekniikoita. Pientaloissa yleisin jäähdytysratkaisu on ilmalämpöpumppu. Kaupunkialueilla kaukojäähdytys yleistyy. Se myös mahdollistaa suurien lämpöpumppujen tehokaan käytön lämpö- ja jäähdytysenergian tuotannossa. Vuonna 2014 kaukojäähdytyksen osuudeksi arvioitiin 14 % koko jäähdytystuotannosta. Kaukojäähdytyksen yleistymistä rajoittaa sen jakelumahdollisuudet ainoastaan tiheästi asutuilla alueilla.

3.3. Haasteet ja mahdollisuudet

100- prosenttisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöön lämmitys- ja jäähdytyssektorilla liittyy sekä mahdollisuuksia että haasteita.

3.3.1 Mahdollisuudet

- Fossiilisiin perustuvaa kaukolämpöä on mahdollista korvata uusilla hajautetun tuotannon ja keskitetyn tuotannon ratkaisuilla.
- Ei ole teknisiä esteitä muuttaa kaukolämmitys 100 % uusiutuvaksi.
- Täysin uudet tuotantotavat, esim. geoterminen energia voivat tuoda uusia mahdollisuuksia kaukolämmön tuotantoon.
- Kaukolämpöverkkoon liitettyjen suurien lämpöpumppujen käyttöä lämmöntuotannossa on mahdollista lisätä.
- Sähkökattiloita voidaan hyödyntää lämmöntuotannossa kun sähköä on runsaasti tarjolla.
- Uusissa rakennuksissa ja korjausrakentamisessa hajautettu tuotanto suuntautuu jo nyt hyvin voimakkaasti uusiutuvan energian ratkaisuihin.
- Lämmitettyjen rakennusten ikäjakaumasta johtuen lämmitysjärjestelmien laajamittaiselle vaihtamiselle on hyvät edellytykset tulevina vuosina.
- Öljyn maailmanmarkkinahinnan vaihtelu aiheuttaa niin suurta epävarmuutta, että kuluttajan on harkittava tarkasti kannattavuutta. Jo vuoteen 2030 mennessä öljyn hinnan arvioidaan nousevan niin paljon, että öljylämmityskustannukset yli kaksinkertaistuvat 2015 tasolta.
- Erityisesti pientaloissa lämmitysjärjestelmää uusittaessa suoran sähkölämmityksen ja öljy- tai kaasulämmityksen vaihtaminen uusiutuviin perustuvaan lämmöntuotantoon on taloudellisesti kannattavaa.

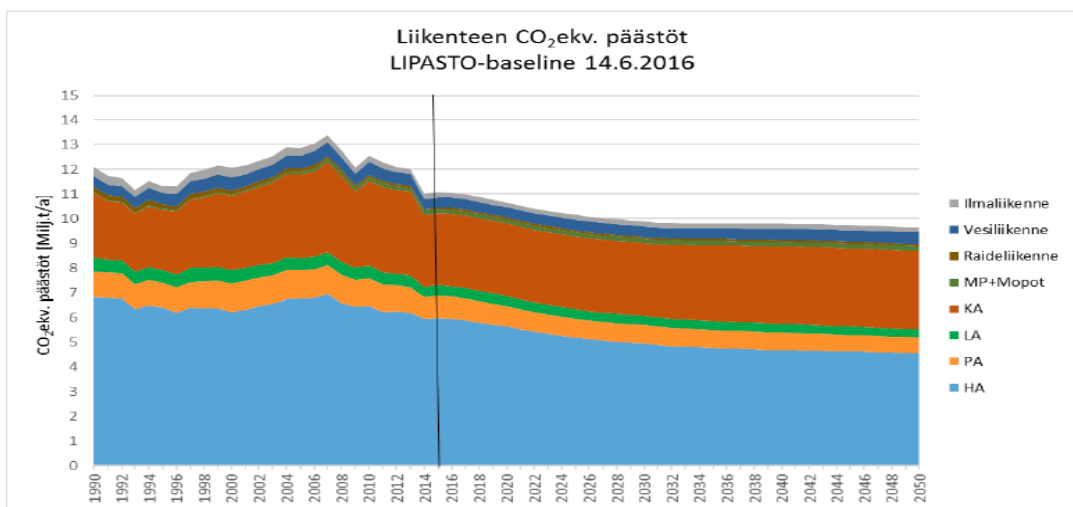
3.3.2 Haasteet

- Sähkön osuus rakennusten lämmityksestä on hieman alle 40 % vuonna 2050. Lämmityssektorin siirtyminen täysin uusiutuvaa energiaa hyödyntäväksi liittyy läheisesti sähköntuotantoon käytettävien energialähteiden uusiutuvuuteen.
- Kaukolämmön osuus on hieman yli 40 %. Kaukolämmityksen on siirryttävä nykyisestä hyvin paljon fossiiliseen perustuvasta tuotannosta uusiutuviin energialähteisiin.
- Biomassan saatavuus suurin tuotantolaitoksiin on haaste, sillä biomassalla on kysyntää muussakin käytössä, ja kysyntä on edelleen kasvussa.
- Kaukolämmön tuotannon riippuvuus sähköstä tarkoittaa entistä suurempaa painetta sähkön kulutushuippujen kasvuun.

4. Liikenne

4.1. Nykytilanne

Liikennesektori tuottaa noin 40 prosenttia päästökaupparektorin ulkopuolisista päästöistä, joten sektorilla on suuri merkitys vähennettäessä kasvihuonekaasupäästöjä ja siirryttäessä uusiutuvan energian käyttöön. Liikenteen osuus energian kokonaiskulutuksesta vuonna 2014 oli 14 % ja energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöistä noin 25 %. Yli 90 % kotimaan liikenteen päästöistä syntyy tieliikenteessä, joista 58 % henkilöautoliikenteestä, 37 % paketti- ja kuorma-autoista ja loput linja-autoista, moottoripyöristä jne. Rautatieliikenteen osuus päästöistä on 1 %, lentoliikenteen 2 % ja vesiliikenteen 4 %. Tieliikenne on siis avain asemassa liikennesektorin energiankäytön muuttamisessa uusiutuvaksi. Kuvassa 13 on esitetty liikenteen hiilidioksidiekvivalenttipäästöt ja niiden kehitys vuoteen 2050 nykyisillä toimilla.



Kuva 13. Liikennesektorin CO₂-päästöjen jakautuminen liikennemuodoittain

Biopolttoaineiden käyttöä moottoribensiinin ja dieselöljyn korvaamiseksi liikenteessä edistetään jakeluvuoritelailailla (446/2007). Jakeluvuoritelain nojalla biopolttoaineiden energiasisällön osuus jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä, tuli olla vähintään 6,0 prosenttia vuosina 2011–2014. Vuodesta 2015 alkaen jakeluvuorite nousee tasaisesti ollen 20,0 prosenttia vuonna 2020. Tämä 20,0 prosentin tavoite ylittää selkeästi EU:n jäsenvaltioille RES-direktiivissä asetetun uusiutuvan energian 10 prosentin tavoitteen liikenteen energian loppukulutuksesta kussakin jäsenvaltiossa (2009/28/EC). Vuonna 2014 uusiutuvan energian osuus liikenteessä oli jo 21,6 %. Tämä luku sisältää ns. tuplalaskennan, jossa tietyistä raaka-aineista, kuten jätteistä ja tähteistä, valmistettujen biopolttoaineiden painokerroin on kaksinkertainen laskettaessa niiden energiasisältöä.

4.2. Arvioita liikennesektorin energian kysynnästä ja kehitysnäkymistä

4.2.1 Energia- ja ilmastostrategian peruskenaario

Energia- ja ilmastostrategian peruskenaariossa on arvioitu tieliikenteen baseline päästökehitystä VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmän LIISA-päästömallilla. Mallin ennusteet pohjautuvat Liikenneviraston ja VTT:n ennusteisiin liikennesuoritteiden, autokannan ja energiatehokkuuden kehittymisestä. Baselinekehityksen yleisenä periaatteena on, että toimenpiteistä otetaan huomioon vain jo päätetyt toimenpiteet. Ennustejakso ulottuu vuoteen 2050.

VTT:n vuonna 2015 tekemän suorite-ennusteen mukaan henkilöautojen liikennesuorite kasvaa 16 % vuoteen 2050. Baseline-ennusteen mukaan vuosina 2016–2020 uusien henkilöautojen myynti on vuosittain keskimäärin 4,7 %, vuosina 2021–2030 keskimäärin 5,1 % ja vuosina 2031–2050 keskimäärin 5,3 % autokannasta. Taulukossa 1 on esitetty nykyhetken ja ennustevuosien henkilöautojen uusmyynti. Tämän lisäksi autokantaan tulee käytettynä maahantuotuja autoja.

Taulukko 1. Vuotuinen henkilöautojen uusmyynti (Peruskenaario)

Henkilöautot	Uusmyynti [kpl]			
	2015	2020	2030	2050
Bensiini	68 103	83 300	89 300	93 600
FFV (suurseos etanoli)	26	110	300	360
Diesel	39 796	46 400	45 040	36 000
Kaasu	109	540	1 500	1 800
Sähkö	778	4 630	13 800	46 800
Vety	0	20	60	1 440
Yhteensä	108 812	135 000	150 000	180 000

Liikennekäytössä olevien henkilöautojen kanta nykyhetkellä ja ennusteissa on esitetty taulukossa 2. Sähköautojen osuus vuonna 2050 on ennusteen mukaan noin 18 prosenttia. Nykykehityksellä bensiini- ja dieselautojen osuus vuonna 2050 on vielä 80 prosenttia.

Taulukko 2. Vuotuinen henkilöautokanta (Perusskenaario)

Henkilöautot	Henkilöautokanta [kpl]			
	2015	2020	2030	2050
Bensiini	1 932 253	1 909 600	1 814 500	1 840 400
FFV (suurseos etanoli)	8 396	8 270	6 800	6 600
Diesel	678 739	856 000	1 005 000	855 000
Kaasu	1 921	3 660	13 100	30 000
Sähkö	1 608	18 400	120 050	593 000
Vety	0	70	550	15 000
Yhteensä	2 622 917	2 796 000	2 960 000	3 340 000

Pakettiautojen vuosittaisen uusmyynnin arvioidaan olevan vuosina 2016 - 2020 4,6 % autokannasta, vuosina 2021 – 2030 5,1 % ja vuosina 2031 – 2050 4,8 %. Linja-autojen myynnin arvioidaan olevan koko ennustejakson ajan noin 3,6 % autokannasta ja kuorma-autojen noin tasolla 3,9 %.

Taulukossa 3 on esitetty nykyhetken ja ennustevuosien koko autoliikenteen (myös raskaat ajoneuvot) polttoainekomponenttien kulutus. Nykykehityksellä fossiilisen dieselin ja bensiinin kulutus tulee vähentymään noin 200–300 tonnilla verrattuna vuoteen 2015. Suurin kasvu tulee olemaan biokaasulla, vedyllä ja sähköllä. Uusiutuvan dieselin ja etanolin kulutus tulee sen sijaan vähentymään näiden ennusteiden mukaan.

Taulukko 3. Autoliikenteen polttoainekomponenttien kulutus

Polttoainekomponentti	Autoliikenteen polttoainekomponenttien kulutus			
	2015	2020	2030	2050
Fossiilinen bensiini [t/a]	1 234 417	1 070 000	890 000	946 400
Fossiilinen diesel [t/a]	2 012 907	2 040 000	1 960 070	1 796 300
Uusiutuva diesel [t/a]	397 257	415 000	389 500	364 800
Etanoli [t/a]	97 211	101 000	86 500	91 700
Fossiilinen kaasu [t/a]	2 032	2 200	6 950	14 500
Biokaasu [t/a]	1 187	2 000	6 900	14 500
Vety [t/a]	0	10	80	1 800
Sähkö [GWh/a]	2.8	50	350	1 330

4.2.2 Fossilfri fordonsflotta till 2030

Ruotsi on asettanut tavoitteekseen fossiilisten polttoaineiden poistamisen tieliikenteestä vuoteen 2030 mennessä. Visiona vuodelle 2050 on energiajärjestelmä, josta ei synny kasvihuonekaasujen nettopäästöjä. Tärkeimpiä keinoja muutoksessa ovat liikennejärjestelmän tehokkuuden parantaminen ja liikkumistarpeen vähentäminen kaupungeissa. Eri polttoainekomponenttien osuutta Ruotsin skenaariossa on kuvattu taulukossa 4. Tarkasteltaessa maksimipotentialiaa vuonna 2050, yli 50 prosenttia liikenteen energiasta on biopolttoaineita ja loput sähköä ja vetyä.

Taulukko 4. Polttoainekomponenttien osuus Ruotsin skenaariossa. A = maksimipotentiaali, B= minimipotentiaali

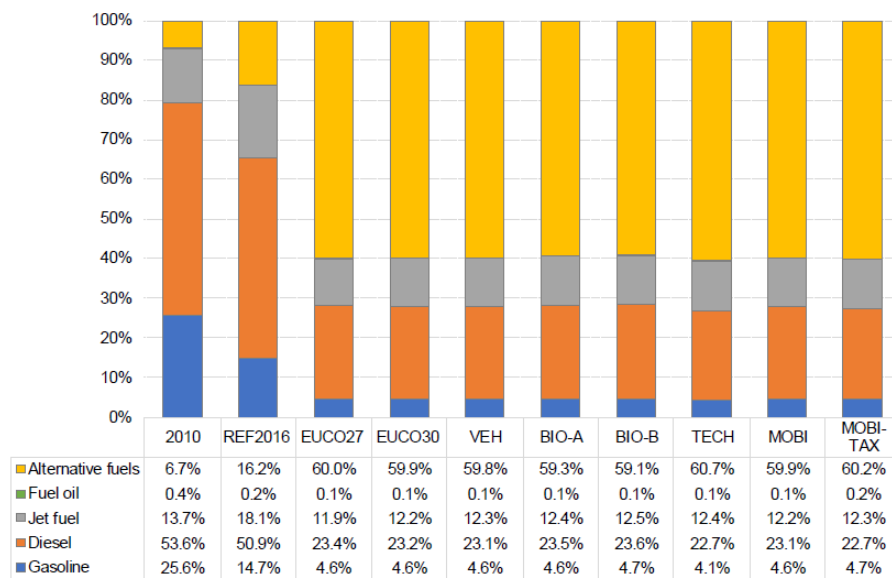
Tabell 13.2 Energiförsörjning vägtrafik (TWh)

	2010	2020		2030		2040		2050	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Fossilt	73	37	51	7	30	0	22	0	9
Biobränsle	4	12	6	20	15	19	15	13	20
El och vätgas	0,0	0,6	0,2	4,2	1,6	7,3	4,3	10,2	7,1
Totalt	78	49	57	31	47	26	41	23	37

4.2.3. Komission skenaariot

Vuoden 2011 liikenteen valkoinen kirja totesi, että liikenteen, ml. lentoliikenne, kasvihuonekaasupäästöjä tulisi alentaa 60 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Kesällä 2016 julkaistun tiedonannon ”vähäpäästöistä liikkuvuutta koskevasta strategiasta” yhteydessä on esitetty useita skenaarioita vuoteen 2050 asti, jotka periaatteessa täyttävät valkoisen kirjan tavoitteen. Mikään skenaario ei johda täysin uusiutuvaan tai päästöttömään liikenteeseen, fossiilisten polttoaineiden osuus politiikkaskenaarioissa on noin 40 % (ml. lentoliikenne). Kuvassa 14 on esitetty liikenteen loppuenergian käyttö polttoaineittain vuonna 2050 ja vaihtoehtoiset polttoaineet ja energialähteet liikenteessä vuonna 2050 on esitetty kuvassa 15. Kaikissa komission skenaarioissa vaihtoehtoisten polttoaineiden määrä vuonna 2050 on merkittävä. Suurin osa vaihtoehtoista polttoaineista on nestemäisiä biopolttoaineita (osuus 40–50 % välillä skenaariosta riippuen). Muita merkittäviä ovat vety ja sähkö.

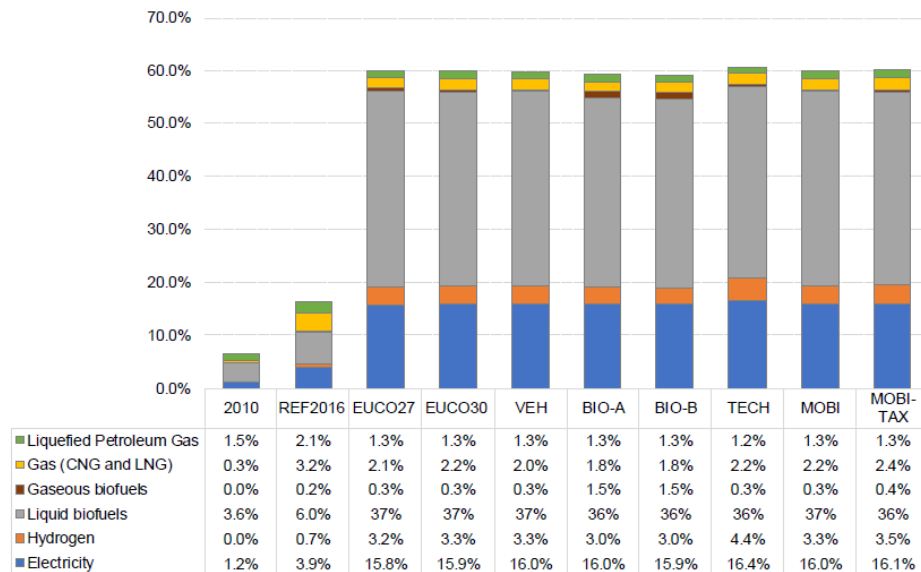
Figure 51: Final energy demand in transport by fuel in 2050 (in % of total)



Source: PRIMES-TREMOVE transport model (ICCS-E3MLab)

Kuva 14. Liikenteen loppuenergian käyttö polttoaineittain vuonna 2050

Figure 52: Alternative fuels/energy sources in transport in 2050 (in % of total energy demand)



Source: PRIMES-TREMOVE transport model (ICCS-E3MLab)

Kuva 15. Vaihtoehtoiset polttoaineet ja energialähteet liikenteessä vuonna 2050 [% kokonaisenergiatarpeesta]

4.3. Uusiutuva energia liikennesektorilla vuonna 2050

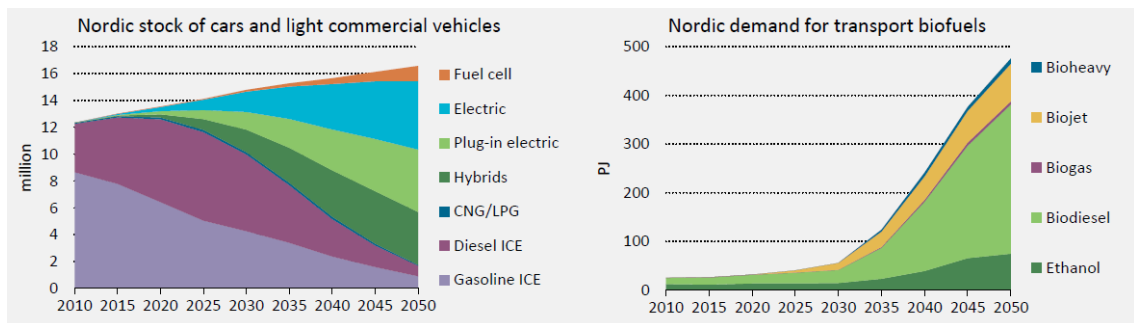
NETP 2016

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin energijärjestelmän muuttamista päästöttömäksi vuoteen 2050. Tarkastelu tapahtuu Pohjoismaiden tasolla, joten eriteltyjä lukuja Suomelle ei ollut saatavissa. Liikennesektorilla joudutaan tekemään dramaattisia päästövähennyksiä. Tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimuksessa on esitetty kolme pääkeinoa: liikennesuoritetta tulisi vähentää, tulisi siirtyä tehokkaampiin ja vähemmän hiili-intensiivisiin liikennemuotoihin sekä ottaa käyttöön tehokkaampia ja vähemmän hiili-intensiivisiä teknologioita ja polttoaineita. Teknologian ja polttoaineiden kehittymisellä on tässä skenaariossa merkittävin rooli.

Liikenteen kokonaisenergiankäyttö Pohjoismaissa vähenee 20 prosenttia. Vuonna 2050 fossiilisten polttoaineiden osuus on enää 25 %. Energiansäästöpotentiaali on suurin urbaaneilla alueilla, joissa energiankulutus vähenee 2050 mennessä 35 % vuoden 2013 tasosta. Sähköautojen osuus autokannasta vuonna 2050 arvioidaan olevan noin 60 %. Kaupunkiliikenteen kevyissä jakeluautoissa sähkön osuus on noin 70 %. Sähkön osuus liikenteen loppuenergiankulutuksesta vuonna 2050 arvioidaan olevan 10 prosenttia.

Pitkän matkan kuljetuksissa tarvitaan edelleen biopolttoaineita tai merkittävää teknologian kehittymistä muiden käyttövoimien osalta. Pitkillä matkoilla, raskaassa liikenteessä sekä merenkulussa ja ilmailussa biopolttoaineiden rooli tulee olemaan merkittävä, noin 2/3 osaa liikenteen energian loppukulutuksesta vuonna 2050. Tuonnin arvioidaan kattavan 16 prosenttia kaikesta biomassan käytöstä Pohjoismaissa vuonna 2050. Jos suurempi osa biomassan käytöstä yritettäisiin kattaa kotimaisella raaka-aineella, tarkoittaisi se biomassan ohjautumista pois korkeampaa lisäarvoa tuottavasta käytöstä tai kustannustehokkuuden heikkenemistä. Kaupunkiliikenteessä liikennesuoritteiden pienentämisen ja vähäpäästöisiin kulkumuotoihin siirtymisen osuus päästövähennyksestä on 7 %, muussa liikenteessä 11 %. Ajoneuvojen energiatehokkuuden kehittymisen myötä päästöt vähenevät kaupunkiliikenteessä 16 % ja muussa liikenteessä 19 %. Vähähiilisten polttoaineiden osuus

päästövähennyksestä on kaupunkiliikenteessä 15 % ja muussa liikenteessä 32 %. Kehittyneiden biopolttoaineiden rooli raskaassa liikenteessä on merkittävä.

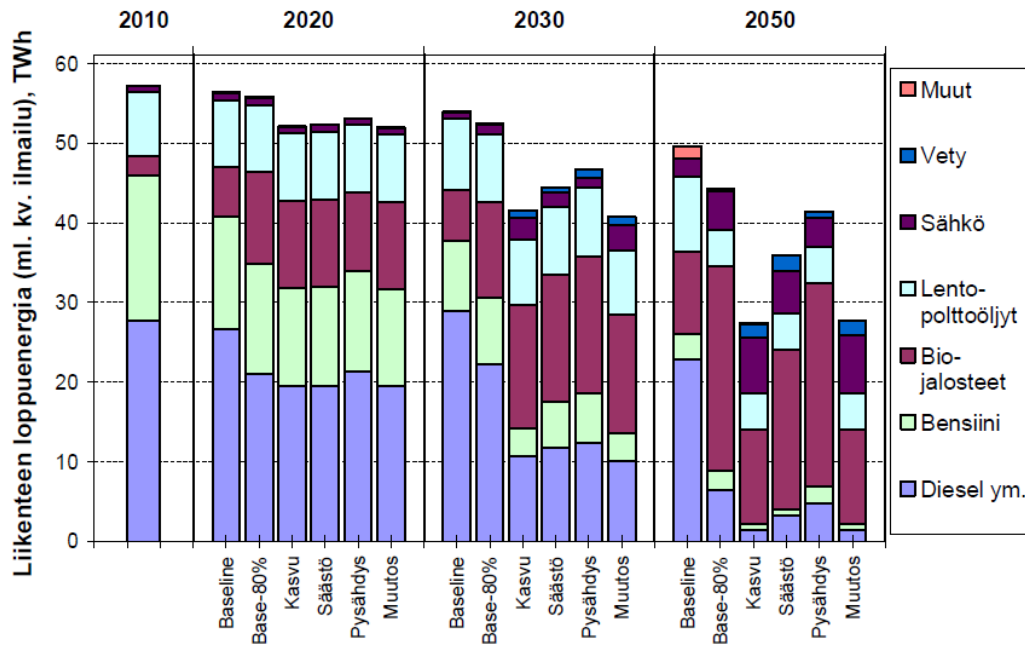


Kuva 16. Autokanta ja biopolttoaineiden kysyntä vuonna 2050 (NETP 2016)

Low Carbon Finland 2050 -platform

Low Carbon Finland 2050 platform -hankkeessa tarkasteltiin viittä eri skenaariota, joilla tavoiteltiin 80 prosentin kasvihuonekaasupäästövähennystä vuoteen 2050 mennessä. Kuvassa 17 on esitetty liikenteen loppuenergian kulutus eri energialähteittäin tarkasteltujen skenaarioiden osalta. Liikenteen energiankäyttö tehostuu erityisesti Jatkuva kasvu- ja Muutos-skenaarioissa noin puoleen nykytasosta. Myös sähköautojen markkinaosuus kasvaa näissä skenaarioissa. Biojalosteet korvaavat fossiilisia polttoaineita eniten Base-80%, Säästö- ja Pysähdys-skenaarioissa. Low Carbon Finland -skenaariotulosten mukaan biopolttoaineiden tuotantoa tulee kasvattaa merkittävästi. Muutos-skenaariossa biopolttoaineista syntyy merkittävä vientiteollisuus. Käyttövoimittain tarkasteltuna erityisesti henkilöautoliikenteen energiankulutus laskee, mikä johtuu entistä tehokkaammista ajoneuvoteknologioista sekä liikkumistarpeen- ja tottumusten muutoksista.

Tässä hankkeessa on arvioitu, että liikenteen vähähiilitavoitteet voitaisiin saavuttaa suurelta osin kotimaisiin biopolttoaineisiin perustuvan ajoneuvoteknologian avulla. Toisaalta sähkömoottoreihin tai polttokennoihin perustuva uusi ajoneuvoteknologia voisi laajamittaisesti kaupallistuessaan merkittävästi vähentää biopolttoaineiden tarvetta jo ennen vuotta 2050. Tämä mahdollistaisi syvemmat päästövähennykset.

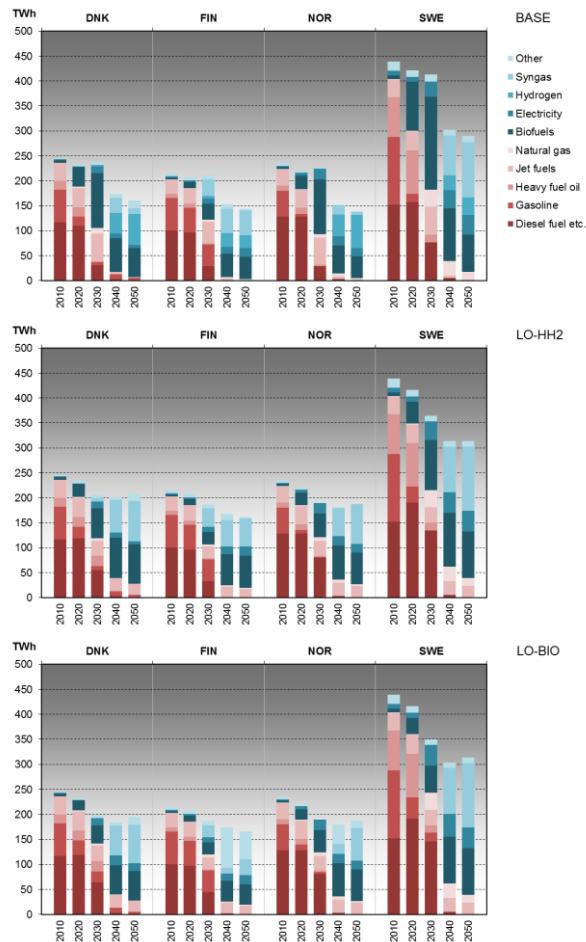


Kuva 17. Liikenteen loppuenergiankulutus energialähteittäin (Low Carbon Finland platform)

Neo Carbon Energy

Neo Carbon Energy -hankkeessa on tehty useita tarkasteluja 100 prosenttisesti uusiutuvasta energiajärjestelmästä. Times-VTT -mallilla on tarkasteltu Suomea osana Pohjoismaita. Tarkastelussa on kolme skenaariota. Base-skenaario tähtää 100 % uusiutuvan osuuteen Pohjoismaiden primäärienergiasta vuonna 2050. LO-HH2 -skenaariossa vetyä ei käytetä liikenteessä ja LO-BIO -skenaariossa metsäbiomassan ja energiakasvien potentiaali on rajoitettu huomattavasti pienemmälle tasolle. TIMES-VTT -malli kattaa kaikki energiajärjestelmän sektorit. Pitkän aikavälin optimoinnilla pyritään luomaan uskottava polku energiajärjestelmän kehityksestä. Mallin rajoitteena on se, että malli on ainoastaan vuodensisäisesti robusti (ei voida tarkastella esim. auringon ja tuulen vaihtelusta aiheutuvia kysymyksiä, joita voidaan tarkastella tuntitasolla operoivilla malleilla).

Tässä tarkastelussa liikennesektorilla saavutetaan 100 prosentin uusiutuvan osuus. Biopoltoaineiden rooli on merkittävä ja liikenteen sähköistyminen yleistä etenkin Ruotsissa ja Norjassa. Synteettisen kaasun käyttö liikenteessä kasvaa kaikissa maissa. Liikenteen energiankulutus pienenee, kun sähköautot korvaavat polttomoottoriautoja. Kuvassa 18 kuvataan tarkemmin eri energialähteitten osuutta kussakin tarkastelussa skenaariossa kunkin maan osalta.



Kuva 18. Liikenteen energiankulutus energialähteittäin (Neo Carbon Energy, Pursiheimo)

4.4. Uusiutuvan energian lisäämisen mahdollisuudet ja haasteet liikennesektorilla

Muutospaineiden arvioidaan kohdistuvan nopeimmin liikenteeseen, koska Euroopan komissio on esittänyt kunnianhimoisia päästövähennystavoitteita päästökaupan ulkopuolisille sektoreille. Liikennesektorin keinovalikoima on onneksi laaja. Ei ole olemassa yhtä keinoa, jolla sektori muutettaisiin uusiutuvaksi. Nykyisessä autokannassa voidaan käyttää toisen sukupolven biopolttoaineita, mutta sähköiseen tai kaasua hyödyntävään liikenteeseen siirtyminen edellyttää autokannan ja infrastruktuurin uusimista. Avainsana liikennesektorin muuttamisessa uusiutuvaksi on monipuolisuus.

Muutos lähtee energiatehokkuudesta. Liikenteen energiankulutusta ja liikennesuoritetta tulee pienentää. Keinoja tähän on lukuisia esim. oikeat hintasignaalit, informaatio-ohjaus, kevyen liikenteen lisääminen, joukkoliikenne (erityisesti raideliikenne), yhdyskuntasuunnittelu jne. Toinen tärkeä keino on autoteknologian ja infrastruktuurin kehittäminen ja käyttöönotto. Riittävä autokannan uudistusvauhti ja autoteknologioiden sekä jakeluinfrastruktuurin kehittyminen ovat avainasemassa. Ilman infrastruktuuria ei ole myöskään vaihtoehtoisia käyttövoimia hyödyntäviä ajoneuvoja liikenteessä.

Liikenteen muuttaminen 100 prosenttisesti uusiutuvaksi riippuu myös sähköntuotannon uusiutuvuudesta. Sähköautojen osuuden odotetaan kasvavan merkittävästi vuoteen 2050 mennessä. Myös energianvarastointi tulee olemaan avainasemassa vaihtelevan uusiutuvan energiantuotannon lisääntyessä. Akkuteknologioiden kehittyminen ja hinta vaikuttavat sähköautoilun yleistymiseen. Myös muiden varastointiteknologioiden kehittyminen vaikuttaa liikennesektoriin.

Lisäksi vaikutukset liikkumisen ja kuljetusten kustannuksiin ja sitä kautta Suomen talouteen tulee ottaa huomioon.

4.4.1 Mahdollisuudet

Suomen vahvuuksia on koko maan kattava ja pitkälle kehittynyt liikenneverkosto. Lisäksi Suomesta löytyy hyvä raaka-ainepohja kehittyneiden biopolttoaineiden valmistamiseen. Alan toimijat ovat sitoutuneita teknologioiden ja markkinoiden kehittämiseen. Suomesta löytyy myös vahvaa osaamista älyliikenteen ja muiden tietoteknologiaa hyödyntävien liikenteen uusien palvelujen saralla.

Suomella on hyvät mahdollisuudet kehittyneiden biopolttoaineiden sekä liikenteen uusien palvelujen, kuten älyliikenteen, vientiin. Teknologian kehityksen ja viennin kautta pystytään luomaan uusia työpaikkoja. Fossiilisten liikennepolttoaineiden käytön vähentyessä ja biopolttoaineiden kotimaisen tuotannon lisääntyessä sekä käyttövoimien monipuolistuessa myös energiaomavaraisuus ja energiaturvallisuus paranevat. Autokantaa uudistamalla, liikennesuoritetta pienentämällä ja käyttötapoja muuttamalla voidaan vaikuttaa myös ilman laatuun.

4.4.2 Haasteet

Suomen haasteena liikennesektorin muuttamisessa 100 prosenttisesti uusiutuvaksi on hajaantunut yhdyskuntarakenne ja palveluiden keskittyminen, joka lisää liikkumistarpeita. Yksi suurimmista haasteista on pysäyttää liikenteen energiankulutuksen ja liikennesuoritteen kasvu. Energiatohokkuuden parantaminen on avainasemassa 100 prosenttisesti uusiutuvaan liikennejärjestelmään siirtymisessä. Yksityisautoilua lisäävät taloudelliset kannusteet (esim. verovähennys työmatkoista) voivat toimia kehityksen vastaisesti.

Suomen haasteena on myös riittävien investointien toteutuminen biopolttoaineiden tuotantoon. Jos EU:n tai maailmanlaajuisista kysyntää kehittyneille biopolttoaineille ei synny, osa investoinneista voi jäädä toteutumatta. Tämä aiheuttaa haasteita kotimaisten päästövähennysten saavuttamiselle. Toinen biopolttoaineiden tuotantoon liittyvä haaste on jätteiden, tähteiden ja biomassan riittävyys. Näille raaka-aineille on odotettavissa kasvavaa kysyntää myös muilla sektoreilla. Lisäksi biomassan käyttöä saattavat rajoittaa EU:n kestävyyskriteerit sekä maankäyttö-, maankäytön muutos- ja metsätaloussektorin (LULUCF) laskentasäännöt.

Tavarakuljetukset ovat Suomessa pitkälti keskittyneet kumipyörille, mikä ei ole yhtä energiatehokasta kuin raideliikenteen käyttö. Oman haasteensa aiheuttavat myös lentoliikenne ja merenkulku. Näillä sektoreilla tarvitaan vielä teknologian kehittymistä ja polttoainevalikoiman laajenemista.

4.5. Johtopäätökset ja yhteenveto

Liikennesektorilla on keskeinen merkitys siirryttäessä 100 prosenttisesti uusiutuvaan energiajärjestelmään, sillä se aiheuttaa noin kuudesosan Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Liikennettä pidetään päästöjen vähentämisen näkökulmasta yhtenä haasteellisimmista sektoreista. 100 % uusiutuvaa liikennesektorilla voidaan kuitenkin ajatella olevan teknisesti mahdollista. Liikennesektorin muuttamiseen uusiutuvaksi on paljon keinoja, mutta ei yhtä ratkaisua ylitse muiden. Avainsana on juuri monipuolisuus.

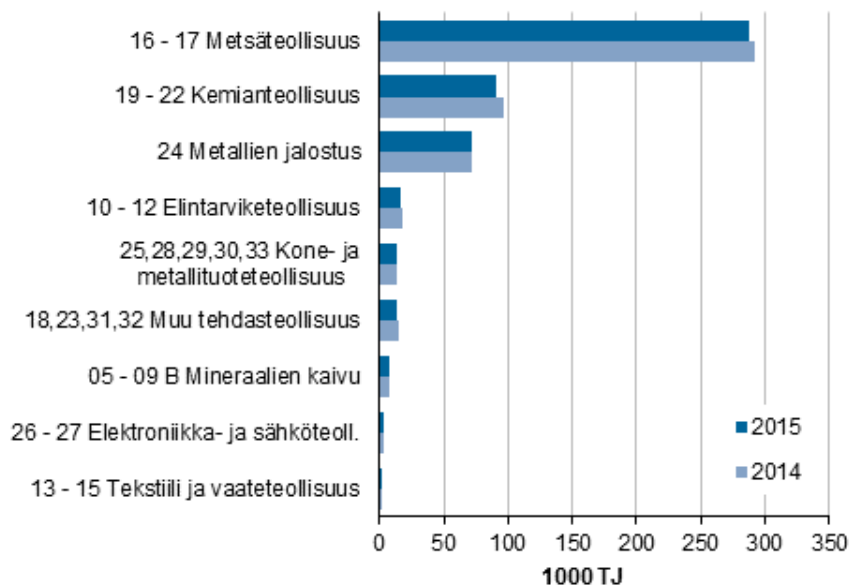
Siirtymävaiheessa kehittyneiden biopolttoaineiden rooli on merkittävä, mutta myös muita käyttövoimia tarvitaan. Myös energiatehokkuuden rooli on olennainen. Yksi haasteista ovat vaikutukset liikkumisen ja kuljetusten kustannuksiin ja sitä kautta Suomen kilpailukykyyn. Uusien teknologioiden ja palveluiden kehittämisellä ja viennillä voidaan kuitenkin lisätä työllisyyttä ja talouskasvua. Suomi on jo nyt edelläkävijä kehittyneiden biopolttoaineiden valmistamisessa.

Liikennesektorin muuttaminen täysin uusiutuvaksi edellyttää investointeja niin autoihin kuin jakelu- ja latausverkkoihinkin. Tämän toteutuminen vaatii todennäköisesti myös lainsäädännön muuttamista ja erilaisia kannustimia. Lisäksi tarvitsemme tutkimusta ja kehitystä esimerkiksi biopolttoainetuotannon kilpailukykyyn ja kustannustehokkuuden parantamiseksi sekä uusien palveluiden tuottamiseksi ja digitalisaation hyödyntämiseksi.

5. Teollisuus

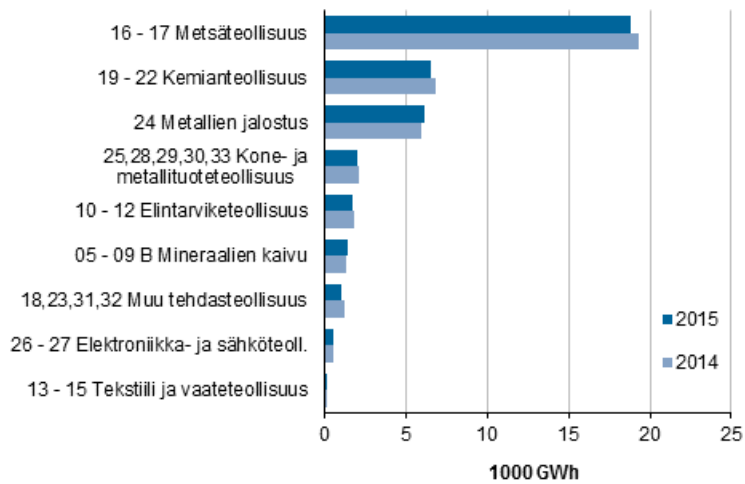
5.1 Nykytilanne

Teollisuuden osuus energian loppukäytöstä Suomessa vuonna 2015 oli 45 %. Teollisuuden ja rakentamisen osuus sähkönkulutuksesta vuonna 2015 oli 47 %. Teollisuus tuottaa merkittävän määrän kuluttamastaan sähköstä ja lämmöstä. Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain on esitetty kuvassa 19.



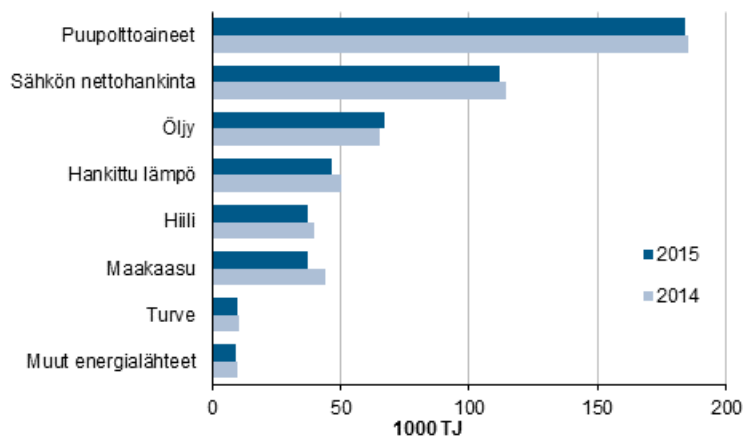
Kuva 19. Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain vuonna 2014 ja 2015 (Tilastokeskus)

Sähkön käyttö teollisuudessa toimialoittain on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Sähkön käyttö teollisuudessa toimialoittain vuonna 2014 ja 2015 (Tilastokeskus)

Teollisuus käyttää energiantuotannon polttoaineena ja prosesseissa sekä uusiutuvia että fossiilisia poltto- ja raaka-aineita. Teollisuuden energiankulutus energialähteittäin on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Teollisuuden energiankulutus energialähteittäin vuonna 2014 ja 2015 (Tilastokeskus)

Metsäteollisuus

Metsäteollisuus on teollisuudenaloista merkittävin energiankuluttaja ja myös merkittävä energiantuottaja. Metsäteollisuus tuottaa noin puolet kuluttamastaan sähköstä. Sähkön lisäksi metsäteollisuus tuottaa prosesseissa tarvittavaa lämpöä. Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineista yhteensä 84 % oli vuonna 2015 uusiutuvia (bioliemiä ja kiinteitä puupolttoaineita). Tämän lisäksi tehdaspolttoaineita olivat maakaasu (8 %), turve (4 %), raskas polttoöljy (3 %), kivihiili (0,1 %) ja muut (1 %).

Metallinjalostus

Teräksen valmistuksessa käytettävä energia riippuu tuotantoprosessista ja tuotteesta. Energiana käytetään raudantuotannossa pelkistysaineena käytettävää hiiltä (koksia), öljyä, nestekaasua, prosessikaasuja, nesteytettyä maakaasua ja sähköä (sekä itse tuotettua että markkinasähköä). Teräksen valmistuksessa uusiutuvien energialähteiden osuus muodostuu pääosin näiden osuudesta markkinasähkössä.

Värimetallien valmistuksessa energianlähteitä ovat prosessilämpö ja sekä uusiutuvilla (mm. puupelletit Harjavallassa) että uusiutumattomilla polttoaineilla tuotettu lämpö ja sähkö. Uusiutuvan energian osuus värimetallien valmistuksessa muodostuu omassa energiantuotannossa käytettävistä uusiutuvista energianlähteistä sekä markkinasähkön uusiutuvan energian osuudesta.

Kemian teollisuus

Kemianteollisuudessa käytettävä sähkö on pääosin (95 %) markkinasähköä. Kemianteollisuudessa tuotetaan itse runsaasti lämpöenergiaa (muun energian kuin sähkön osuudesta 12 % ostetaan ulkopuolelta). Uusiutuvan energian osuus kemianteollisuudessa muodostuu pääosin markkinasähkön uusiutuvan energian osuudesta.

5.2. Uusiutuva energia teollisuudessa vuonna 2050

Teollisuussektoria käsitteleviä tarkasteluja vuoteen 2050 ulottuvalla aikajänteellä sisältyy mm. seuraaviin hankkeisiin:

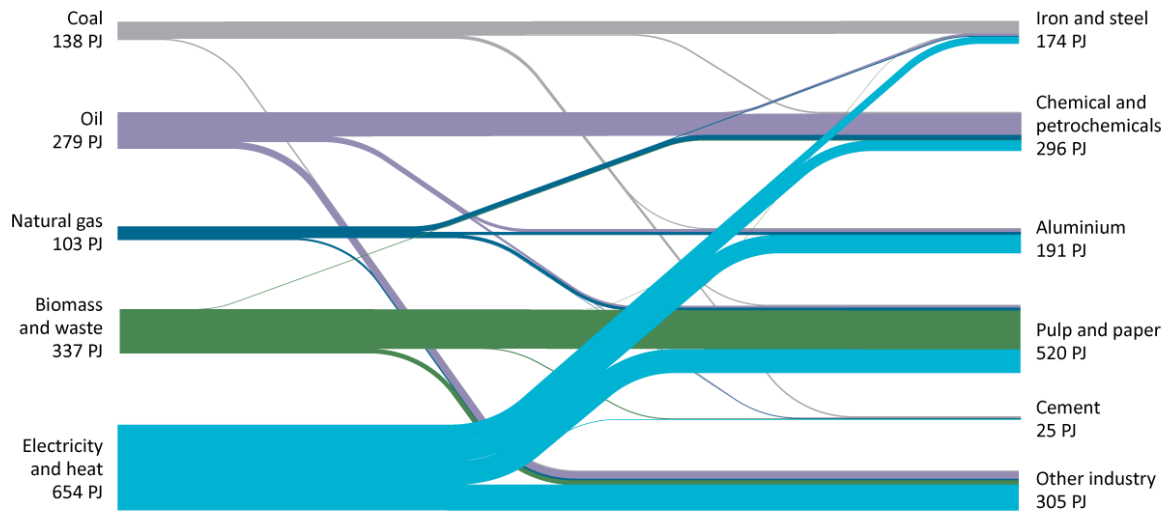
- Nordic Energy Technology Perspectives 2016
- Low Carbon Finland
- Neo Carbon Energy

NETP 2016

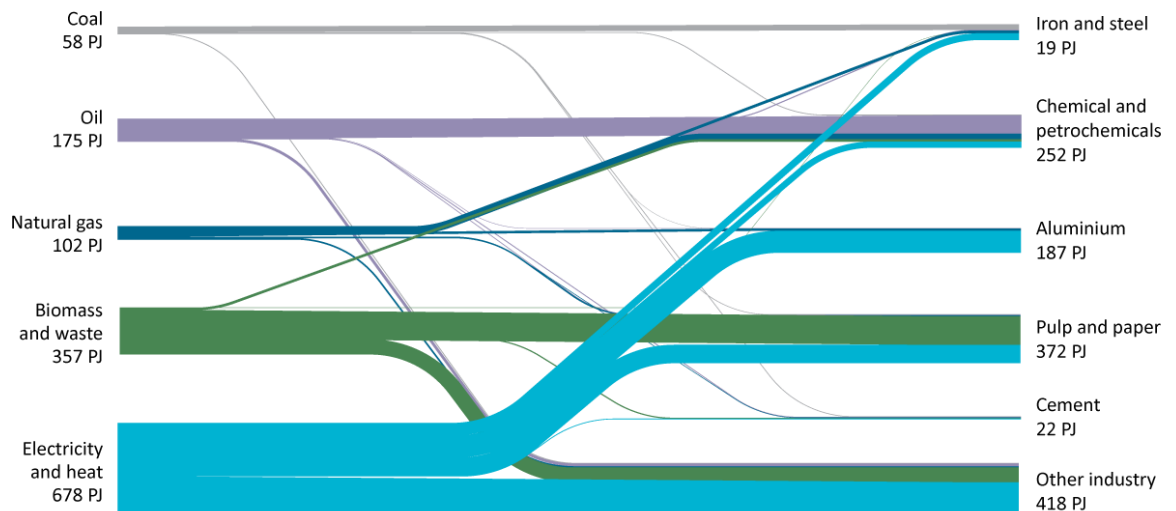
NETP 2016:ssa tarkastellaan teollisuussektoria pohjoismaisella tasolla. 2050 ulottuvalla aikajänteellä tarkastellaan 4DS (Nordic 4 Degree Scenario) – ja CNS (Carbon Neutral Scenario) –skenaarioita. Tarkastelussa oletetaan, että teollisuuden rakenteessa, tuotannossa ja tuotantomäärissä ei tapahdu pohjoismaiden tasolla merkittäviä muutoksia.

Tarkastelussa keskitytään kasviuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Keskeisiä keinoja tähän ovat CCS ja erilaiset prosessimuutokset (sähköistyminen lisääntyy, resurssi- ja energiatehokkuus lisääntyvät edelleen, lisätään uusiutuvien raaka-aineiden käyttöä). Uusiutuvaa energiaa teollisuussektorilla lisäävät uusiutuvan energian osuuden kasvu sähköntuotannossa sekä biomassan käytön lisääntyminen. Biomassan käyttö lisääntyy NETP 2016 -tarkastelussa sementintuotannossa ja kemianteollisuudessa. Biomassan käytön lisäämistä rajoittaa kohtuuhintaisten biomassojen riittävyys ja niiden käyttö muilla teollisuudenaloilla.

Eri energialähteiden käyttö teollisuudessa Pohjoismaissa vuonna 2013 ja vuonna 2050 on esitetty kuvissa 22 ja 23.



Kuva 22. Eri energialähteiden käyttö teollisuudessa Pohjoismaissa vuonna 2013 (NETP 2016)



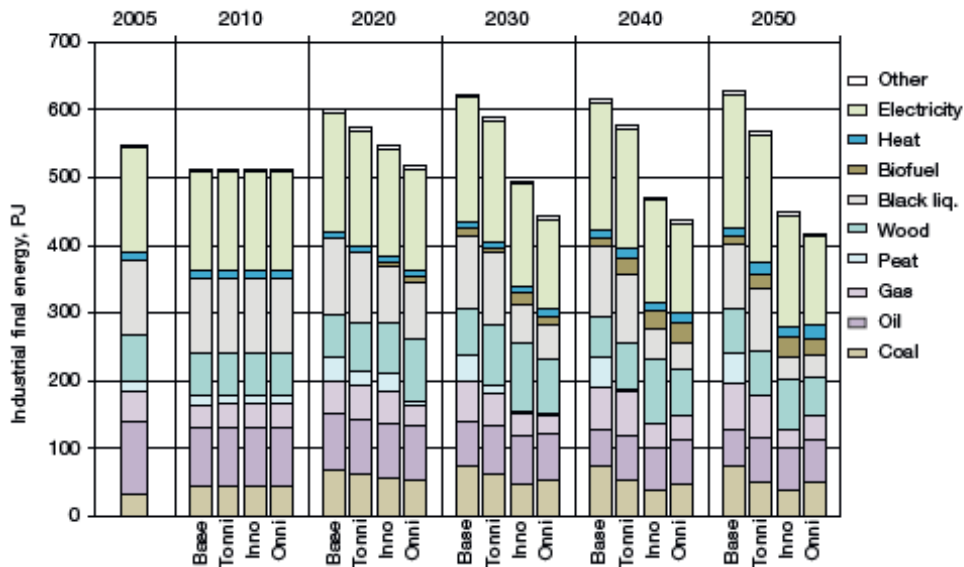
Kuva 23. Eri energialähteiden käyttö teollisuudessa Pohjoismaissa vuonna 2015 (NETP 2016)

Low Carbon Finland 2050 -platform

Low Carbon Finland 2050 platform –hankkeessa tehtiin metsäteollisuuden kehitykselle 2050 aikajänteellä kolme erilaista skenaariota (nykytilanteen ekstrapolointi vuoteen 2050 ja kaksi

skenaariota, jossa nykyisten tuotteiden tuotanto laskee ja tuotetaan erilaisia uusia tuotteita ml biopolttoaineet). Metallinjalostuksen tuotannon oletettiin kasvavan tasaisesti.

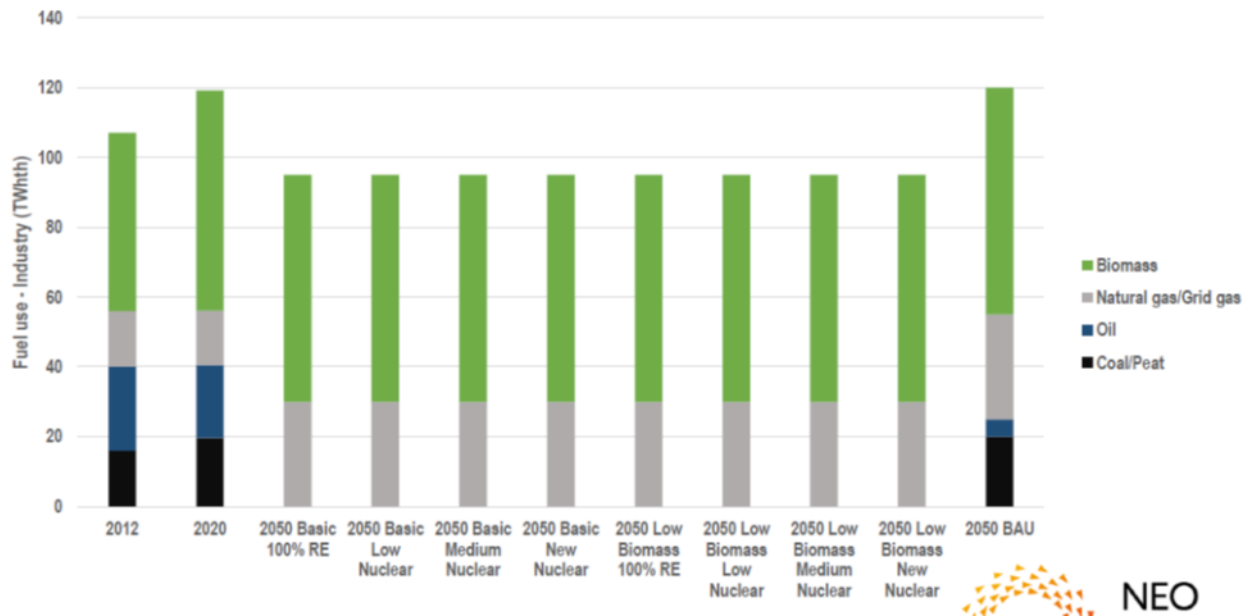
Base –ja Tonni –skenaarioissa teollisuuden kokonaisenergiankulutus oli nykytasoa tai sitä korkeampi. Inno- ja Onni –skenaarioissa teollisuuden energiankulutus oli metsäteollisuuden kehityksestä johtuen alhaisemmalla tasolla. Fossiilisten polttoaineiden käyttö teollisuudessa jatkui skenaarioissa 2050 aikajänteellä. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi teräs- ja metsäteollisuudessa sekä sementinvalmistuksessa vähensivät teollisuuden CO₂-päästöjä. Erityisesti Inno-skenaariossa päästöjä vähensivät myös erilaiset prosessimuutokset.



Kuva 24. Teollisuuden kokonaisenergiankulutus LCFinPlat -skenaarioissa

Neo Carbon Energy

Neo Carbon Energy –hankkeessa on tarkasteltu 100 % uusiutuviin energianlähteisiin perustuvaa teollisuussektoria Suomessa 2050 (kuva 25). Teollisuuden käyttämät polttoaineet olisivat bio- ja synteettinen kaasu (40 %) ja biomassa (60 %). Teräksen valmistuksessa käytettäisiin valokaariuunia (raaka-aineena teräsromu) ja vetyä. CCS-teknologiaa ei käytetä.



Kuva 25. Polttoaineiden käyttö teollisuudessa Neo Carbon Energy –hankkeen skenaarioissa (Breyer & Child)

Neo Carbon Energy –hankkeessa tehtävässä pohjoismaisen tason skenaarioissa käytetään teollisuussektorilla suuria määriä synteettistä kaasua. Synteettisen kaasun käyttö on suurimmillaan skenaariossa, jossa biomassan potentiaali on alhaisempi. Näissä skenaarioissa teollisuussektorilla on myös ei- uusiutuvien energialähteiden käyttöä vuonna 2050.

5.3. Uusiutuvan energian lisäämisen mahdollisuudet ja haasteet teollisuudessa

5.3.1. Mahdollisuudet

Uusiutuvan energian osuuden lisääntyminen sähköntuotannossa lisää myös uusiutuvan energian osuutta teollisuudessa, joka on Suomessa erittäin merkittävä sähkönkäyttäjä. Uusiutuvan energian osuutta voidaan lisätä teollisuudessa myös korvaamalla teollisuuden lämmöntuotannossa fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla energialähteillä. 100 % uusiutuviin energialähteisiin keskittyvissä tarkasteluissa uusiutuvan energian osuutta teollisuudessa lisätään synteettisen kaasun ja biomassan käytöllä.

Erilaisilla teollisuuden rakenteen ja prosessien muutoksilla voidaan myös lisätä suoraan tai välillisesti uusiutuvan energian osuutta teollisuudessa (esim. sähköistyminen lisääntyy, resurssi- ja energiatehokkuus lisääntyvät edelleen).

5.3.2. Haasteet

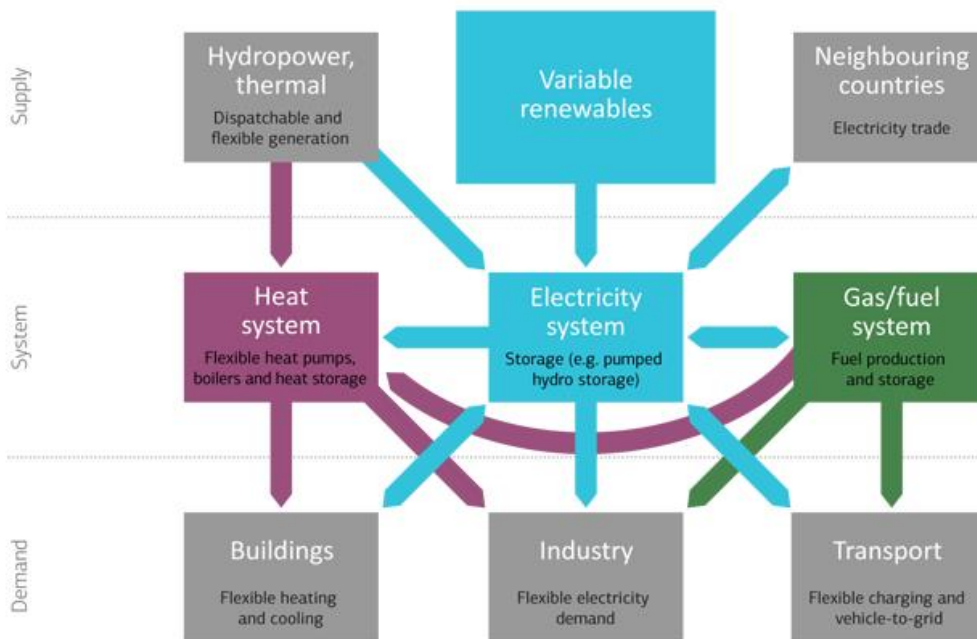
Biomassan käytön lisäämistä teollisuussektorilla rajoittaa kohtuuhintaisten biomassojen riittävyys ja niiden käyttö muilla teollisuudenaloilla. Synteettisen kaasun valmistus on vielä kehitteillä olevaa teknologiaa. Teollisuudessa on fossiilisten polttoaineiden ja raaka-aineiden käytöstä aiheutuvia prosessipäästöjä, joiden vähentäminen edellyttää käytännössä muihin kuin uusiutuvien energialähteiden käyttöön perustuvia teknologisia ratkaisuja. Tällainen ratkaisu on esimerkiksi

hiilidioksidin talteenotto ja varastointi. Tarkasteltaessa uusiutuvien energialähteiden lisäämistä teollisuussektorilla on tärkeää ottaa huomioon myös teollisuuden kansainvälinen kilpailukyky ja kasvun pitkän aikavälin edellytykset.

6. Uusiutuvien energialähteiden lisäämisen tarkastelu energiajärjestelmätasolla

Vaihtelevan uusiutuvan sähköntuotannon kasvu merkitsee uudenlaisia haasteita energiajärjestelmälle. Asiantuntijakeskusteluissa on esitetty, että muutosta kohti 100 % uusiutuvaa energiajärjestelmää tulee viedä eteenpäin kokonaisuutena. Kokonaisuus sisältää muun muassa vaihtelevan tuotannon uusiutuvia (aurinkoa ja tuulta), tasaavia uusiutuvia, kysyntäjoustoa, energian varastointia eri energiamuotoina, integraation mahdollistavia verkkoja, energiatehokkuuden parantamista, sekä uusia liiketoimintamalleja ja markkinoita.

NETP 2016:ssa tarkastellaan lisääntyvän vaihtelevan uusiutuvan energian tuotannon integrointia pohjoismaiseen energiajärjestelmään. Energiajärjestelmän joustavuuden lisääminen on keskeistä. Pohjoismaisessa energiajärjestelmässä on jo nykyisin joustavuutta lisääviä elementtejä ja niitä voidaan lisätä edelleen.



Kuva 26. Energiajärjestelmän joustavuutta lisääviä vaihtoehtoja Pohjoismaissa (NETP 2016)

NETP 2016:ssa tarkastellaan joustavuutta seuraavista näkökulmista:

- Tuotannon joustavuus
- Kysynnän joustavuus
- Varastot
- Sähkömarkkinat

Pohjoismaisessa järjestelmässä joustavaa tuotantoa tarjoaa jo nykyisin vesivoima. Joustavaa tuotantoa voivat tarjota myös kaasua ja biomassaa polttoaineena käyttävät voimalaitokset. Kaasua voidaan tuottaa myös uusiutuvista energialähteistä.

Kulutuksen joustavuutta voivat tarjota useat erilaiset kuluttajat. Suurimmat potentiaalit arvioidaan löytyvän sähkön käytöstä lämmitykseen (joko suora sähkölämmitys tai kaukolämmitys), sähkön käytöstä prosessilämpöön ja sähköautoihin. Pidemmällä aikajänteellä sähköä voidaan käyttää myös tuotettaessa synteettisiä polttoaineita (elektrolyysi).

Edullisimpia sähkönvarastointimahdollisuuksia tarjoavat nykyisin pumppuvesivoimalat ja suuret lämmivesivarastot. Tulevaisuudessa sähkön varastointi akkuihin sekä kemiallinen varastointi (sähköllä tuotetaan vetyä, metaania tai nestemäisiä polttoaineita) tulevat todennäköisesti lisääntymään.

Edellä mainitut energijärjestelmän joustavuutta lisäävät keinot sekä sähkömarkkinoiden yhdyntyminen täydentävät toisiaan. NETP 2016 suosittelee edistämään investointeja ja innovaatioita teknologioihin ja palveluihin, jotka lisäävät pohjoismaisen energijärjestelmän joustavuutta.

7. Johtopäätökset

100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin perustuvaan energijärjestelmään siirtymiselle luovat mahdollisuuksia uusiutuvan energian teknologioiden kuten tuuli- ja aurinkovoimateknologioiden nopea kehittyminen sekä niiden kilpailukyvyyn parantuminen muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Vaihtelevan uusiutuvan energian tuotannon lisääntyminen tuo haasteita, joihin ollaan kehittämässä ratkaisuja.

Jatkossa eri energiankäytön sektorit ovat yhä enemmän integroituneita ja vuorovaikutuksessa keskenään. Sähköjärjestelmän edellyttämään joustavuuteen tarvitaan kysyntäjoustoa teollisuudesta, lämmityssektorilta ja muusta sähkönkulutuksesta. Sähköistyvää ja pidemmällä aikavälillä myös vetyyn perustuvaa liikennesektoria sekä kaukolämpösektoria voidaan hyödyntää myös energiavarastona. Lisäksi tarvitaan myös muita energijärjestelmän joustavuutta ja varmuutta lisääviä elementtejä. Uudenlaisia mahdollisuuksia hyödyntää uusiutuvaa energiaa saattavat tuoda vielä kehitysvaiheessa olevat uudet ratkaisut kuten Power to X -teknologia. Uusien ratkaisujen lisäksi tarvitaan myös olemassa olevien järjestelmien hyödyntämistä ja vahvistamista. Järjestelmätason energia- ja resurssitehokkuus korostuu entisestään.

Nämä kehityskulut muuttavat aikaa myöten energijärjestelmiä- ja markkinoita. Suomessa onkin tarpeellista pohtia, miten oma energijärjestelmämme ja elinkeinoelämämme voi säilyttää kilpailukykynsä ja hyödyntää muutosta tarjoamalla ratkaisuja globaaleille markkinoille.

Haasteet ja mahdollisuudet ovat erilaisia eri maissa. Kaukolämpöinfrastruktuuri ja yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto ovat esimerkki olemassa olevasta järjestelmästä, joka tarjoaa Suomen kaltaiselle maalle mahdollisuuksia vastata haasteisiin, joita liittyy siirtymiseen 100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin perustuvaan energijärjestelmään. Energian kausivarastointi on esimerkki haasteesta, johon tarvitaan Suomen kaltaiselle maalle sopivia ratkaisuja. Muissa maissa kehitetyt ratkaisut saattavat soveltua huonosti Suomen olosuhteisiin ja/tai ne voivat olla erittäin kalliita. Etenkin vaihtelevan, sääriippuvaisen tuotannon haasteet ovat aivan erilaiset Suomen oloissa kuin esimerkiksi Etelä-Euroopassa, missä sähkön kulutushuiput ajoittuvat kuumimpaan aikaan. Se, kuinka hyvin kausivaihtelun haasteet Suomessa ja Pohjoismaissa ratkotaan, tulee pitkälti määrittämään energijärjestelmän ja -markkinan kilpailukyvyn pidemmällä aikajänteellä.

Bioenergiaan perustuva lämmön- ja sähköntuotanto sekä liikenteen biopolttoaineet ovat käytettävissä myös talven kulutushuippuina. Biomassan energiakäytön tulee pohjautua ennen kaikkea teollisuuden sivuvirtojen, tähteiden ja jätteiden hyödyntämiseen. Myös puun korjuussa ja metsänhoidossa syntyy energiakäyttöön soveltuvaa puuainesta, joka ei kelpaa tai jolle ei ole riittävästi kysyntää puunjalostuksen raaka-aineeksi.

Energijärjestelmän tulevaan kehitykseen vaikuttaa useita muutostekijöitä, joista yksi on uusiutuvien energiateknologioiden nopea kehittyminen. Uusiutuvien energiateknologioiden kehittymistä osana energijärjestelmän laajempaa kehitystä on tarpeen seurata ja arvioida osana strategian toimeenpanoa. Näin pystytään tarkastelemaan muutoksen nopeutta ja suuntaa sekä tästä aiheutuvia haasteita ja mahdollisuuksia Suomelle.

Liite: Lähdeluettelo

A European Strategy for Low-Emission Mobility . Commission staff working document SWD(2016) 244 final, Brussels, 20.7.2016

EL-TRAN. <https://el-tran.fi/>

Energian hankinta ja kulutus. 2016. Tilastokeskus

Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion tausta-oletuksia 15.6.2016, versio 1, Työ- ja elinkeinoministeriö.

Energiavuosi 2014. Tilastokeskus.

Energiavuosi 2015 Kaukolämpö (kalvot). Energiateollisuus 23.2.2016

Fossilfrihet på väg, Del 1, Betänkande av Utredningen om fossilfri fordonstrafik, Statens offentliga utredningar SOU 2013:84, Stockholm 2013

Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050. Energiateollisuus 23.3.2010.

Jäähdytysteknologiset ratkaisut. Laitinen, Airaksinen, Rämä. VTT. Kaukolämpöpäivät 25.9.2016.

Kaukolämmön asema Suomen energiajärjestelmässä tulevaisuudessa. Pöyry, 26.8.2011.

Kemianteollisuus ja energia. Kemianteollisuus ry.

Lämmitystapojen kehitys 2000-2012-aineistosiselvitys. Tampereen teknillinen yliopisto. 2012.

Low Carbon Finland 2050 –platform: Energiajärjestelmien kehityspolut kohti vähähiilistä yhteiskuntaa.2014. VTT Technology 165.

Low Carbon Finland 2050 -platform: Vähähiilipolkujen kiintopisteet ja virstanpylväät. Yhteenvedo hankkeen tuloksista ja johtopäätöksistä. 2014. VTT Technology 167.

Metallien jalostus Suomessa: nykytila ja tulevaisuuden haasteet. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 22/2015.

Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineet 2015. Metsäteollisuus ry.

Neo Carbon Energy. <http://www.neocarbonenergy.fi/media/events/> (100%:sti uusiutuvaan energiaan perustuvan energiajärjestelmän tarkasteluiden keskustelutilaisuus liittyen kansallisen energia- ja ilmastostrategian valmisteluun 3.10.2016)

Nordic Energy Technology Perspectives 2016. www.iea.org/etp/nordic

Pohjoismaiset tutkijat ja IEA: Liikenne, teollisuus ja joustavuus suurimmat haasteet hiilineutraalin pohjoismaisen energiajärjestelmän saavuttamisessa. VTT-tiedote. 26.5.2016

Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35 /2016.

Smart Energy Transition. <http://www.smartenergytransition.fi>

Suuret lämpöpumput kaukolämpöjärjestelmässä. Loppuraportti. Energiateollisuus, 29.8.2016.

Sähkön ja lämmön tuotanto 2015. Tilastokeskus

Teollisuuden energiankäyttö 2015. Tilastokeskus

Uusiutuvan energian tukijärjestelmien kehittämistyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 16/2016.

What does the Paris climate agreement mean for Finland and the European Union. 2016. Climate Analytics. <http://www.sitra.fi/en/julkaisu/2016/what-does-paris-climate-agreement-mean-finland-and-european-union>

Överenskommelse om den svenska energipolitiken.

<http://www.regeringen.se/artiklar/2016/06/overenskommelse-om-den-svenska-energiolitiken/>