



HIILINEUTRAALISUUDEN TOTEUTUMINEN EDELLYTTÄÄ UUSIUTUVAAN ENERGIAAN YHDISTYVÄÄ JOUSTAVUUTTA

BCDC Energia 01.12.2020

www.bcdcenergia.fi

Energiasektori tuottaa valtaosan kotimaisista ja globaaleista päästöistä. Yhteiskunnan eri osaluokkien sähköistyessä ja kytkeytyessä toisiinsa on olennaista, että kasvava sähköntarve voidaan turvata vähähiilisin ratkaisuin. Energiasektorin murroksessa edellytetään sekä teknologisia että kuluttajien käyttäytymisen muutoksia. Vähähiilisyys edistämiseksi aktiivista osallistumista edellytetään energian tuottajien ja kuluttajien lisäksi päättäjiltä, jotka ohjaavat murroksen toteutumista sääntelyn eri keinoin. *Tämä politiikkasuositus on kohdennettu erityisesti energia- ja ympäristöasioita käsittelevien ministeriöiden ja julkisen sektorin asiantuntijoille.* Politiikkasuositukset perustuvat BCDC Energian kansainvälisesti vertaisarvioituun tutkimukseen.

Tuuli- ja aurinkovoiman merkitys energiasektorin vähähiilisyys edistämiseksi on keskeinen. Niiden sähköntuotanto on kuitenkin luonteeltaan vaihtelevaa, mistä seuraavat ongelmat näkyvät sähköjärjestelmässä tuotannon epävarmuutena ja hintojen vaihtelevuutena. Tuotannon vaihtelevuuden tasaaminen synnyttää kustannuspaineita koko sähköjärjestelmää tarkasteltaessa.

Tuuli- ja aurinkovoiman laajamittaisessa ja kustannustehokkaassa käyttöönotossa keskeisiä tekijöitä ovat joustava energiantuotanto, varastointiteknologiat, kulutusjousto, säännusteet, uuden sukupolven ICT- ja digitaaliset ratkaisut, sekä edellä mainittujen teknologioiden, tuotteiden ja palveluiden käyttöönottoa tukeva sääntely ja ohjaus.

Vaihtelevuuden ongelma on huomioitava ilmasto- ja energiastrategian päivittämisessä sekä energiamarkkinoiden kehitykseen liittyvässä päätöksenteossa. Tutkimuksemme perustuen esitämme seuraavien ratkaisujen toteuttamista:

- Vaihtelevan tuotannon järjestelmäintegraation kustannustehokkuuden edistäminen
- Kuluttajien joustomahdollisuuksien kehittäminen
- Kuluttajien energiatiedon lukutaidon parantaminen
- Energiasäännusteiden kehittäminen ja laaja käyttöönotto.
- Uuden sukupolven ICT- ja digitaalisten ratkaisujen laajamittainen hyödyntäminen

VAIHTELEVAN TUOTANNON JÄRJESTELMÄINTEGRAATION KUSTANNUSTEHOKKUUDEN EDISTÄMINEN

Vesivoima on ratkaisevassa roolissa vaihtelevan sähköntuotannon lisäämisessä sähköjärjestelmään. Ilman vesivoiman tuottamaa säätövoimaa sähkömarkkinoilla tarvitaan enemmän muita joustoelementtejä. BCDC

Energian tutkimukset osoittavat, että sähköjärjestelmän kannalta vesivoiman optimaalinen käyttö yhdessä kuluttajien pörssisähköhintasignaaleihin perustuvan sähköntuotannon kanssa tasaa tuulivoiman vaihtelevuutta, vähentää lämpövoimalaitoksien tarvetta ja siten laskee kasvihuonekaasupäästöjä.¹ Vesivoiman lyhytaikaisa käyttö heikentää rakennettujen vesistöjen ekologista tilaa, mitä voidaan välttää suljettuun vesikiertoon perustuvalla pumppuvesivoimalaitoksella. BCDC Energian tutkimus osoittaa, että pumppuvesivoimalla voidaan edistää tuulivoiman järjestelmäintegraatiota tarjoamalla lisäkapasiteettia säätösähkömarkkinoille.²

Olemassa olevaa rakennuskantaa voidaan hyödyntää kustannustehokkaasti sähköntuotannon aktivoimisessa. Esimerkiksi sähkökäyttöiset lämmityslaitteet tarjoavat lämpövaraston, jonka vedenlämmitystä voidaan vaihdella sähköjärjestelmän tarpeiden perusteella, samalla kuitenkin turvaten lämpimän käyttöveden riittävä saatavuus. Toisaalta lämmityslaitteita voidaan käyttää myös vaihtelevan sähköntuotannon ennustevirheisiin liittyvien kustannusten minimoimisessa.³ Samoin pientalojen lämmityslaitteita voidaan käyttää kotitalouksien oman aurinkosähköntuotannon ja sähköntuotuksen kohtaannon parantamisessa, mikä edistää aurinkosähköinvestointien kannattavuutta.⁴

Sähköntuotannon käyttöönotossa sähköjärjestelmän kannalta on keskeistä se, minkä hintasignaalin perusteella kulutusta siirretään. Sähköntuotuksen kokonaiskustannukset voivat kasvaa, mikäli suurta kulutusmäärää siirretään pörssisähköntuotantoihin perustuen, mutta samalla ei huomioida vaikutuksia säätösähkömarkkinoilla.⁵ Toisin sanoen, on olennaista varmistaa, että kulutusjousto kannustimet ovat samansuuntaiset sekä kuluttajalle että sähköjärjestelmälle.

Suomen kantaverkko-operaattori Fingrid kehittää kantaverkkoaan siten, että vähähiilisen sähköntuotannon investointisuunnitelmat voidaan hyödyntää täysimääräisesti. Toisaalta Fingrid on myös asettanut tavoitteeseen pitää Suomi yhtenä tarjousalueena pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Tarjousalueen yhtenäisyyden ylläpito vaatii merkittäviä kantaverkkoinvestointeja, kun huomi-

oidaan vaihtelevan tuotannon ja suurten kulutuskeskusten maantieteellinen sijoittuminen. BCDC Energian tutkimustulosten mukaan Suomen jakaminen useaan hinta-alueeseen johtaisi alueellisiin hintaeroihin, mihin vaikuttaa erityisesti tuulivoimatuotannon sijoittuminen ja kantaverkon rajoitteet.⁶

Tuuli- ja aurinkovoimatuotannon vaihtelevuuden aiheuttamien järjestelmätason kustannusten hallitsemiseksi on tärkeää varmistaa, etteivät eri markkinaosapuolet toiminnassaan ohita sähköjärjestelmätason ja yhteiskunnan näkökulmaa. Sääntelijän tulee huomioida eri joustolähteet ja niiden aktivointiin vaaditut teknologiat, kuten kiinteistöjen automaatiojärjestelmät ja etäluettavien sähkönkulutusmittareiden ominaisuudet. Kantaverkkosuunnittelussa tulisi selvittää optimaalinen tarjousaluerakenne Suomessa.

KULUTTAJIEN JOUSTOMAHDOLLISUUKSIEN KEHITTÄMINEN

BCDC Energian tutkimus osoittaa, että kotitaloudet ovat kiinnostuneita ja halukkaita osallistumaan kulutusjouktoon ja energiansäästöön.^{7,8} Kotitaloudet ovat valmiimpia joustamaan kotiansa lämmityksessä kuin käyttösähkön kulutuksessa, ja joustaminen aamulla on mielekkäämpää kuin alkuillasta. Lisäksi kotitaloudet arvostavat kulutusjoukon mahdollistamia vähennyksiä hiilidioksidipäästöihin, eli taloudellisten tekijöiden ohella myös muut arvot voivat lisätä kotitalouksien osallistumista kulutusjouktoon.

Vastikään toteutetussa informaatio-ohjauksen satunnaiskokeessa tutkittiin energianeuvonnan vaikutuksia kotitalouksien sähkönkulutukseen. Kokeen tulokset osoittavat, että laadukas energianeuvonta voi vähentää merkittävästi kotitalouksien sähkön kulutusta talvikautena. On ilmeistä, että kotitalouksien tietoa energian ja sähkön käytöstä ja tuotannosta on syvennettävä ja selvennettävä. Aktivointuminen oman sähkönkulutuksen seurantaan on hyvä ensiaskel, jonka edistämiseksi energiayhtiöt voivat auttaa. Kuluttajien energiatiedon lukutaidossa ilmenee eroja, jotka saattavat hidastaa energiajärjestelmän muutosta.

Kuluttajien mahdollisuudet vaikuttaa laajasti sähkömarkkinoilla edellyttävät yhteistyötä. Energiayhteisöt, joissa kuluttajat voivat toimia aktiivisina energiakansalaisina, jotka hallinnoivat sähkön kulutusta ja tarjontaa yhdessä muiden älykkään sähköjärjestelmän toimijoiden kanssa, ovat tässä oleellisia.⁹ Kotitaloudet ovat varsin kiinnostuneita osallistumaan energiayhteisöjen toi-

mintaan. Keskeiseksi osallistumishalukkuuden ajuriksi osoittautuu odotettavissa olevat taloudelliset hyödyt, mutta myös ympäristönäkökulmat ja riippumattomuus sähköyhtiöistä sekä kokeilunhalu selittävät osallistumishalukkuutta.

Sähkömarkkinan kehitykseen liittyen energianeuvonnassa ja informaatio-ohjauksessa on korostettava oman kulutuksen seurannan tärkeyttä ja annettava kohdennettua ja ajankohtaista tietoa. Joustavuutta edistävien sopimuksien ja palveluiden mahdollisuus ja edullisuus on tuotava selkeästi näkyviin. Energiatiedon lukutaidon kohdennettu edistäminen eri väestöryhmille on otettava näkyväksi osaksi energianeuvontaa. Energiayhteisöihin ja kulutusjouktoon liittyviä kokeiluja on käynnistettävä.

ENERGIASÄÄENNUSTEIDEN KEHITTÄMINEN JA LAAJA KÄYTTÖÖNOTTO EDISTÄÄ JOUSTAVUUDEN TOTEUTUMISTA

BCDC Energian kehittämä energiasääennuste (www.bcdcenergia.fi/energiasaennuste) on jokaiselle suunnattu, helppokäyttöinen verkkopalvelu, joka kertoo pienen aurinko- ja tuulivoimalan odotettavissa olevan sähkön- tuotannon seuraavalle 24 tunnille. Energiasääennuste on kehitetty monitieteisesti ja kehitystyö dokumentoitu selkeästi.^{10,11} Ennuste perustuu Ilmatieteen laitoksen avoimeen dataan, ja se on ollut erittäin suosittu. Avaamisesta lähtien sitä on katsottu yli 23 000 kertaa. Ilmatieteen laitos on myös kehittänyt ammattikäyttäjille suunnatun pilottipalvelun, jossa energiasääennustetta voi räätälöidä vastaamaan todellisen voimalan ominaisuuksia.

Täyden hyödyn saaminen energiasääennusteesta edellyttää ensiksi panostamista teknisen rajapinnan kehittämiseen, jotta energiasää on tarjolla avoimen rajapinnan kautta käyttäjille sopivassa muodossa. Tässä yhtenä haasteena on, miten jakaa tehokkaasti meteorologiassa yleisesti käytössä olevia todennäköisyysennusteita. Toiseksi on panostettava säämallien ja ennustemenetelmien kehittämiseen.^{12,13} Kolmanneksi on käytävä käyttäjien kanssa jatkuvaa vuoropuhelua palvelun parantamiseksi ja tunnettuuden lisäämiseksi.

Ilmatieteen laitoksen energiasääennusteen kehittämiseen on panostettava, jotta paras mahdollinen ennuste ja siihen liittyvä epävarmuusarvio ovat saatavilla käyttäjille sopivassa muodossa.

UUDEN SUKUPOLVEN ICT- JA DIGITAALISTEN RATKAISUJEN LAAJAMITAINEN HYÖDYNTÄMINEN

Kuluttajien kiinnostus pientuotantoa ja kysyntäjoustoa kohtaan on merkittävästi lisääntynyt viime vuosina. Laajamittaisen pientuotannon ja kysyntäjouston integroiminen nykyisiin jakeluverkkoihin vaatii ratkaisuja, jossa energiasäähän perustuva tuotanto- ja kulutustieto on reaaliaikaisesti saatavissa ja pientuotannon ja kulutustietojen mahdollistamia elementtejä, kuten pienvoimalat, kuluttajien kuormat ja varastointiratkaisut (esim. sähköautot), voidaan reaaliaikaisesti ohjata halutun jakeluverkon tasapainon saavuttamiseksi. Tämä edellyttää riittävää paikallista reunalaskentakävykyä ohjausalgoritmien laskemiseen sekä paikallisen sähkökaupan toteuttamiseen ja ICT-ratkaisujen integrointia jakeluverkon laitteisiin, jotta tarvittava informaatio voidaan kerätä sekä laitteita ohjata.

Kasvava pientuotanto ja kysyntäjousto vaativat informaation keräämistä ja siihen perustuvia verkon kontrolliratkaisuja, jotka ovat reaaliaikaisia ja hajautettuja ja jossa sekä tarvittava laskenta sekä tiedonsiirto tukevat paikallista jakeluverkon hallintaa ja mahdollistavat siten paikallisen energiasäähän perustuvan sähkömarkkinan ja energiayhteisöjen muodostumisen.

TEKIJÄT:

Rauli Svento, Maria Kopsakangas-Savolainen,
Maija-Leena Huotari, Enni Ruokamo,
Anders Lindfors, Ari Pouttu, Anna Suorsa,
Santtu Karhinen, Teija Keränen,
ja Hannu Huuki.

Lisätietoja:

Maria Kopsakangas-Savolainen
BCDC-konsortion johtaja
Maria.Kopsakangas-Savolainen@syke.fi
+358 295251297



KIRJALLISUUTTA

1. Huuki H., Karhinen, S., Kopsakangas-Savolainen M. & Svento, R. (2020). Flexible demand and supply as enablers of variable energy integration, *Journal of Cleaner Production*, 258, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120574>.
2. Karhinen, S. & Huuki, H. (2019). Private and social benefits of a pumped hydro energy storage with increasing amount of wind power. *Energy Economics*, 81, 942-959.
3. Huuki, H., Santtu Karhinen, S., Böök, H., Lindfors, A.V., Kopsakangas-Savolainen, M. & Svento, R. (2020). Utilizing the flexibility of distributed thermal storage in solar power forecast error cost minimization, *Journal of Energy Storage*, 28, <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101202>.
4. Huuki, H., Karhinen, S., Böök, H., Ding, C. & Ruokamo, E. (2020). Solar power profitability with demand response and carbon-corrected electricity prices. Manuscript. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3539522>
5. Kühnlenz, F., Nardelli, P.H.J., Karhinen, S. & Svento, R. (2018). Implementing flexible demand: Real-time price vs. market integration. *Energy*, 149, 550-565.
6. Karhinen, S. & Huuki, H. (2020). How are the long distances between renewable energy sources and load centres in locational marginal prices? *Energy*, 210, 118546.
7. Ruokamo, E., Kopsakangas-Savolainen, M., Meriläinen, T. & Svento, R. (2019). Towards flexible energy demand – Preferences for dynamic contracts, services and emissions reductions. *Energy Economics*, 84, October. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104522>.
8. Ruokamo, E., Meriläinen, T., Karhinen, S., Räihä J., Suur-Uski, P., Leila Timonen, L. & Svento, R. (2020). *Informaatio-ohjauksen vaikutukset kotitalouksien sähkönkulutukseen – oppeja satunnaiskokeilusta*. Helsinki: Motiva.
9. Tuomela, S., Ruokamo, E., Meriläinen, T. & Svento, R. (2020). Pros and cons of consumer attitudes towards energy communities. Manuscript.
10. Suorsa, A., Svento, R., Lindfors, A. & Huotari, M.-L (2019). Knowledge creation and interaction in an R&D project: the case of the energy weather forecast. *Journal of Documentation*, 76(1), 145-172. <https://doi.org/10.1108/JD-09-2018-0141>
11. Suorsa, A., Suorsa, T. & Svento, R. (2019). Materiality and embodiment in collaborative knowledge processes: knowledge creation for a virtual power plant. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Conceptions of Library and Information Science, Ljubljana, Slovenia, June 16-19, 2019. Information Research*, 24(4), paper colis1930. Retrieved from <http://InformationR.net/ir/24-4/colis/colis1930.html> (Archived by the Internet Archive at <https://web.archive.org/web/20191217180229/>, <http://informationr.net/ir/24-4/colis/colis1930.html>)
12. Gregow et al. (2020). The use of satellite and surface observations for initialising clouds in the HARMONIE NWP model. *Meteorological Applications* (under revision).
13. Böök, H. & A.V. Lindfors, A.V. (2020). Site-specific Adjustment of a NWP-based Photovoltaic Production Forecast. *Solar Energy* (accepted)



bcdcenergia.fi

Lisää BCDC Energiasta



@bcdcenergia