

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistallenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Harsia, P. & Kallioharju, K. (2019) Pientalojen sähkötehojen suunnittelu ja hallinta. Teoksessa Rakennusfysiikka 2019, Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut, 28.–30.10.2019, Tampere (Toim. Vinha, J. & Raunima, T.). Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka, Rakennusfysiikka. Seminaarijulkaisu 6., osa 2, s.397-402.

Pientalojen sähkötehojen suunnittelu ja hallinta

Pirkko Harsia ja Kari Kallioharju
Tampereen ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Sähköstä on tulossa globaalisti yhä keskeisempi osa koko energiajärjestelmää samalla, kun sen tuotantomuodot muuttuvat ja osittain hajaantuvat. Energiatohokkuustavoitteet saattavat aiheuttaa samaan aikaan kokonaisenergiankulutuksen pientymistä, mutta suurempia hetkittäisiä huipputehoja lämmitystapojen muuttuessa ja sähköautojen lisääntyessä. Kasvavat sähkötehot ja niiden ajoittuminen aiheuttavat haasteita sekä verkon mitoitukselle että tuotantokapasiteetin säätökyvyille ja riittävyydelle. Sähkötehon suuruudella ja mittausjakson pituudella tulee olemaan jatkossa merkitystä myös pienkohteiden sähkösiirron kustannuksiin.

Tämä artikkeli on tehty osana ”Pientalojen sähköteho-opas” -hankkeen tutkimuksia. Artikkelin esittelee sähköenergian- ja tehon mittausjakson vaikutusta mittauksiin ja pientalojen sähkötehojen suunnittelun ja hallinnan merkitystä. Artikkelissa esitellään myös oleellisia tuloksia hankkeen seurantatutkimuksista, joita tehtiin yhdeksässä pientalossa vuoden 2018 aikana. Pientalojen vaikutus sähkötehoihin on merkittävä, esimerkiksi vuoden 2016 sähkönkäytön huipputehon ajankohtana pientalojen osuus oli arviolta yli neljäsosa. Merkittävin vaikutus tutkittujen pientalojen sähkötehoikäytymisessä on lämmityksellä, lämpimän käyttöveden tuotannolla ja sähkökiukaalla. Tehojen ohjattavuuteen varautuminen pientaloissa on heikkoa.

1. Johdanto

Sähkön tuotannon ja kulutuksen muutokset, sähkön riittävyys ja kysyntäjousto ovat globaalisti ajankohtaisia aiheita. Sähköenergian tuotantomuodot muuttuvat ja hajautuvat ja tuotannon epävarmuus kasvaa. Samalla kulutuspäässä hetkittäiset sähkötehohiput kasvavat, kun lämmitysmuodot muuttuvat, jäädytyslaitteistot lisääntyvät ja sähköautot ovat murtautumassa markkinoille. Sähkötehojen tarkempi mitoittaminen, ohjaaminen ja seuranta ovat tulevaisuudessa yhä tärkeämmässä roolissa osana toimivaa ja resurssiviisasta sähköenergiajärjestelmää. Sähköenergiajärjestelmän muuttuminen vaikuttaa myös sähkön hinnoitteluun, joka kehittyy voimakkaammin kohti tehoerustaista hinnoittelua.

Tässä artikkelissa esitellään sähköenergian- ja tehon kustannusrakenteen muuttumista ja pientalojen sähköjärjestelmän suunnittelun merkitystä sähkötehoihin. Lisäksi tutkimusosiossa käsitellään erilaisten pientalojen tehokäyttäytymistä ja tehojen hallintaa. Tutkimus on tehty osana ”Pientalojen sähköteho-opas” -hanketta [1].

2. Pientalojen sähkötehot

Pientalokanta muodostaa yhden merkittävän osan sähköenergiajärjestelmän muutoksessa. Pientalojen merkitys Suomen koko sähkönkäytön tehoprofiilissa tunnetaan melko huonosti. Kuitenkin vuoden 2016 sähkönkäytön huipputehon (n. 15 000 MW) ajankohtana pientalojen osuus oli arviolta yli neljäsosa [2]. Asumisen koko energiankulutuksesta sähkön osuus on 34 % ja kulutuksesta käytetään tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen yli 80 % [3].

2.1 Sähköenergian ja -tehon laskutus ja mittausjakson pituus

Pienkohteissa sähköenergian osto on perustunut energian kokonaismäärän mittaukseen (kWh) sekä mahdollisesti liittymän kokoon, joka määräytyy pääsulakkeiden mukaan. Suuremmissa sähkön käyttöpaikossa, teollisuudessa ja liikerakennuksissa, verkkopalvelumaksuissa on mukana myös tehomaksu sekä päätöteholle että loisteholle. Myös pienkohteiden sähkön hinnoittelussa on lisääntymässä kustannusmallit, jossa energian kokonaismäärän lisäksi maksuperusteena on kohteen käyttämän sähkötehon suuruus.

Kuluttajan sähköenergian kulutuksen laskutus perustuu tällä hetkellä tuntienergioiden mittaukseen. Energiaviraston tiedotteen mukaan Suomessa oltaisiin siirtymässä 15 minuutin tasejaksoon EU:n suuntaviivojen mukaisesti 18.12.2020 mennessä, jolloin siis 15 minuutin mittausjakso muodostaa sähköenergian mittauksen kaupallisen yksikön [4].

Energian käytössä tarkastelu- tai mittausjakson pituus vaikuttaa suuresti siihen, kuinka suuri on mittausjakson energiasta määritetty keskiteho. Tehovaihtelua ja -ajoitusta pitää tarkastella monesta eri näkökulmasta. Sillä voi olla vaikutusta verkon mitoittamiseen, sähkön laatuun, liittymän kokoon, energiakustannuksiin ja koko järjestelmän kulutushuippujen muodostumiseen. Jatkossa nousee esiin myös ylituotantotilanteet ja niissä tarve lisätä sähkön käyttöä hetkellisesti. Tarkastelujakson pituus vaikuttaa myös siihen, millaista hyötyä asiakas voi saada erilaisilla teho-ohjauksilla. Ohjaukset saattavat leikata merkittävästi hetkellistehoja, mutta muutos ei juurikaan näy tuntitehossa. Samoin suuritehoisten laitteiden käytön ajoitus voi vaikuttaa siihen, millainen tuntitehosta muodostuu. Toisaalta nämä muutokset voivat olla jo merkittäviä 15 minuutin mittausjakson pohjalta muodostetussa keskitehossa.

2.2 Pientalojen sähkötehon suunnittelu ja hallinta

Kiinteistön sähkötehon tarve ja tehon käyttöprofiili muodostuvat monen valinnan ja mitoituksen yhteisvaikutuksena. Näistä suurin osa tehdään rakennuksen tai muutosten suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Tilaajan asettamat tavoitteet tilojen koolle, toiminnalle ja varustelutasolle ovat eri osaratkaisujen lähtökohdina. Niin säädösten, kuin tilaajan tavoitteet vaikuttavat erityisesti lämmitystarpeeseen ja lämmitysratkaisuihin. Esimerkiksi omatuotannon hankinta tai sähköauton latausmahdollisuus ovat myös suunnitteluratkaisuihin vaikuttavia tavoitteita. Tehojen hallinta erilaisin mittauksin ja ohjauksin edellyttää tilaajalta myös automaation tavoitteiden määrittelyä ja järjestelmähankintaa. Tilaaja on vastuussa siitä, miten kohteen kokonaissuunnittelu ja eri osaratkaisujen yhteensovittaminen toteutetaan.

Asuinkiinteistön huipputehoon ja tehon käyttöprofiiliin vaikuttavat erityisesti lämmitysjärjestelmä ja lämpimän käyttöveden tuotantotapa, lämminvesivaraajan koko, ilmanvaihtoratkaisu, mahdollinen sähkökiuas sekä mahdolliset sähköauton latauspisteet. Monet muutokset rakentamisessa sekä uusien laiteryhmiä tulo voivat muuttaa merkittävästi tehotarvetta ja kulutusprofiilia. Erityisesti muutoksia tuo erilaisten lämmitysratkaisujen tukena olevat sähköiset lisälämmitykset, lämpöpumppujen yleistymisen sekä jatkossa sähköautojen lataus. Rakentamisvaiheessa tehdään vielä erillishankintoja, laitemuutoksia tai asennustapamuutoksia, joilla voi olla vaikutusta kokonaistrakaisuuteen, eri laitteiden ohjattavuuteen tai yhteensopivuuteen. Näiden muutosten merkityksen arviointi on haasteellista ja edellyttäisi kaikilta osapuolilta kokonaisuuden tuntemusta. Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden teho vaikutus on lämpötilariippuvaa, kun muiden laiteryhmiä käyttö liittyy pääosin käyttäjien määrään, sekä heidän päivä- ja viikkorytmiinsä. Kokonaisteho muodostuu siis laitteiden nimellistehojen, ohjaus- ja säätöratkaisujen ja käyttöajankohtien yhteisvaikutuksesta.

Kysyntäjouaston eli tehojen ohjauksen edellytykset syntyvät ohjausratkaisujen avulla. Eri laiteryhmiä, erityisesti lämmityksen, osalta perusohjausratkaisut ja säätötavat vaikuttavat siihen, miten eri tehot kytkeytyvät ajallisesti tai käyttötarpeen mukaan käyttöön. Tehojen risteilyllä tai tehovahdeilla voidaan estää laitteiden samanaikainen päällekytkentyminen. Tästä esimerkkinä on aiemmin sähköyhtiöiden edellyttämä sähkökiukaan ja sähkölämmityksen vuorottelukytkentä. Laitteiden päällekytkentymistä voidaan ohjata myös hintatiedolla tai tehorajoitusohjauksella. Näistä yleisimmät ovat olleet sähkön kaksiaikahinnoittelu, verkkoyhtiön tehorajoitusohjaus (aiemmin ns. VKO-ohjaus) ja tuntihinnoiteltu sähkö. Ulkopuolisilla ohjauspalveluilla voidaan monipuolistaa ohjausta ja tilojen olosuhteiden valvontaa sekä tuoda kulutus näkyviin reaaliaikaisesti. Ne voivat myös olla mukana aktiivisesti tehohallinnassa ja optimoinnissa.

3. Mittauskohteiden sähkötehomittaukset ja ohjattavuus

Kansainvälisesti on tehty sähkötehoihin liittyviä tutkimuksia, mutta niiden soveltaminen Suomen olosuhteisiin ja sähköverkkoon on vain osittain mahdollista. Suomessa on sähkön käytön tuntikulutuksia (tuntikeskitehoja) seurattu ja tallennettu jo pitkään. Tuntitarkkuudella tehtävä mittaus ei kuitenkaan anna tietoa yksittäisen kohteen tarkemmasta sähkötehokäyttäytymisestä. Jotta pientalojen tehokäyttäytymistä ymmärrettäisiin paremmin, tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululla osana ”Pientalojen sähköteho-opas” -tutkimusta [1] pientalojen (n = 9 kpl) sähkötehomittauksia ja selvitettiin kohteiden sähkötehojen ohjausmahdollisuuksia. Osassa kohteista toteutettiin, mahdollisuuksien mukaan, laitteistojen ohjaus- ja parametrintuutoksia, joilla pyrittiin tasaamaan tai ohjaamaan hallitusti kohteiden sähkötehokäyttäytymistä. Sähkötehomittauksissa kerättiin dataa minuuttikeskitehon tarkkuudella liittymästä ja tärkeimmistä laiteryhmistä yhden vuoden ajalta (2018-2019). Tutkimuskohteiden yleistiedot on esitetty taulukossa 1. Lisätietoa kohteista ja mittauksista löytyy SÄTE-tutkimusjulkaisuista [1].

Taulukko 1. Pientalojen sähköteho-opaan tutkimuskohteiden perustiedot.

kohdetunnus	sijainti	lämmitysmuoto	rakentamisvuosi
101	Parkano	Maalämpö	2014
102	Parkano	Maalämpö	2010
103	Parkano	Poistoilmalämpöp. + ILP	2009
104	Tampere	Sähkökattila	2012
105	Ylöjärvi	Maalämpö	2011
106	Lempäälä	Sähkölämmitys	1988
108	Kangasala	Maalämpö	2015
109	Ylöjärvi	Sähkökattila	2001
110	Harjavalta	Maalämpö	2016

3.1 Mittausjakson vaikutus huippukeskitehoon

Osassa kohteita mittauksista tarkasteltiin yhtenä asiana mittausjakson pituuden vaikutusta kohteen mittauskeskitehon suuruuteen. Kuuden mittauskohteen suurin yhden minuutin keskiteho seurantavälillä (2018 - 2019) on esitetty taulukossa 2. Taulukkoon on kirjattu myös samalta ajanhetkeltä 15 minuutin ja tunnin keskiteho. Lisätietoina on vuoden 2017 sähköenergiankulutus kohteessa ja pääsulakkeiden koko. Huomioitavaa on, että kohteiden seurantajakson suurin 15 minuutin tai yhden tunnin keskiteho ei välttämättä ole tässä esitellyn suurimman minuuttikeskitehon kanssa samalla ajanhetkellä. Vertailulla on siis ainoastaan tarkoitus kuvata yhden ajanhetken avulla, millaisia prosentuaalisia eroja mittauskohteiden keskitehon välille tyypillisesti muodostuu, kun mittausjaksoa muutetaan. Mittauksia tarkasteltaessa tulee myös huomata, että sähköliittymän sopimukseen kirjattua liittymisvirtaa ei saisi koskaan edes tilapäisesti ylittää. Liittymän koon ollessa 3 x 25A suurin sallittu liittymisteho on n. 17 kW.

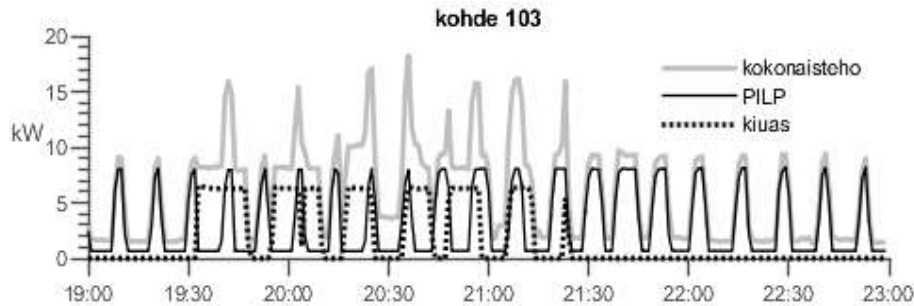
Taulukko 2. Kuuden tutkimuskohteen suurimman yhden minuutin keskitehon ajankohta ja minuutin keskiteho seurantavälillä (sarake 5), saman ajankohdan 15 minuutin ja tunnin keskiteho, kohteen liittymän koko ja kohteen sähköenergiankulutus vuodelta 2017.

Kohde (tehon esiintymisaika)	Pääsulakkeet	P_{h1h}	P_{h15min}	P_{h1min}	kulutus 2017
		[kW]	[kW]	[kW]	[kWh]
101 (20.3.2018 21:00-22:00)	3x25A	15,1	19,1	21,8	24 300
102 (12.2.2018 19:00-20:00)	3x25A	15,9	17,4	23,9	10 350
103 (24.2.2018 20:00-21:00)	3x25A	10,1	11,8	15,3	15 900
104 (17.2.2018 19:00-20:00)	3x25A	11,8	12,8	15,5	17 850
105 (23.1.2018 06:00-07:00)	3x25A	8	8,7	8,7	13 000
106 (21.2.2018 05:00-06:00)	3x25A	15,3	17,9	18,3	25 450

Vaikka taulukossa on esitetty vuoden 2017 sähköenergiankulutukset ja mitatut keskitehot ovat aikaväliltä 2018-2019, voidaan luvuista päätellä, ettei kohteen energiankulutus kerro kohteen huipputehoista vielä paljoakaan. Esimerkiksi lämpöpumput, joiden vuositason sähköenergiankulutus on suoraa sähkölämmitystä pienempää, kuormittavat verkkoa usein suurilla lyhytaikaisilla sähkötehoilla, koska lämmitys tapahtuu yhdellä laitteella. Taulukosta voidaan myös havaita, että mittausjakson vaikutus mitattuun sähkötehoon on merkittävä. Suurimman mitatun minuuttikeskitehon ajanhetkellä viidentoista minuutin keskiteho kohteissa on n. 8 - 26 % suurempi, kuin vastaava tunnin keskiteho. Jos mittausjaksossa siirryttäisiin tulevaisuudessa minuutin tarkkuuteen, olisi tehon nousu tuntikeskitehoon verrattuna tässä tarkastelupisteessä jo n. 9 – 51 %. Pienin suhteellinen vaikutus tunnin ja viidentoistaminuutin mittausjakson välillä (8 %) on kohteessa 104, jossa on lämmityslaitteena sähkökattila ja kohteessa on sähkökiuas. Suurin vaikutus tunnin ja viidentoistaminuutin mittausjakson välillä (26 %) on kohteessa 101, jossa on lämmityslaitteena täyteen tehoon mitoitettu maalämpöpumppu ja kohteessa on sähkökiuas. Pienin suhteellinen vaikutus tunnin ja yhden minuutin mittausjakson välillä (9 %) on kohteessa 105, jossa on lämmityslaitteena täyteen tehoon mitoitettu maalämpöpumppu ja suuri (750 l) lämminvesivaraaja sekä puukiuas. Suurin vaikutus tunnin ja yhden minuutin mittausjakson välillä (51 %) on kohteessa 103, jossa lämmityslaitteena on poistoilmalämpöpumppu ja kohteessa on sähkökiuas.

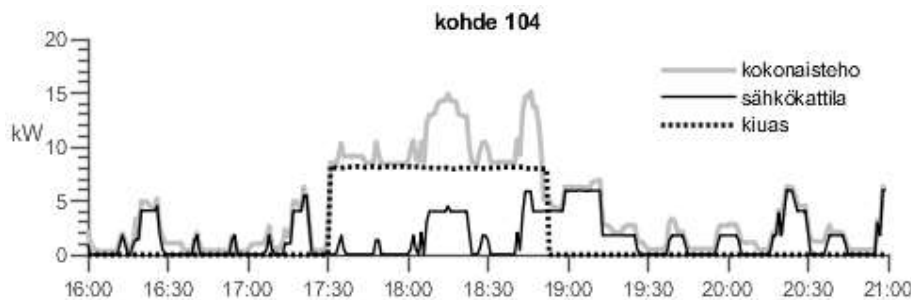
3.2 Esimerkkejä huipputehojen muodostumisesta

Mittauskohteissa mitattiin viiden eri piirin sähkötehoa. Kussakin kohteessa mitattiin liittymän kokonaistehon lisäksi laitteita tai järjestelmiä, joilla on suurimmat nimellistehot, kuten lämmityslaitetta tai -laitteita, käyttöveden varaajaa, ilmanvaihtokonetta, mahdollista sähkökiuasta ja liettä. Seuraavissa kahdessa esimerkissä on esitetty kohteista tyypillisiä minuutin huipputehoja ja niiden muodostumista. Sähkökiukaallisissa kohteissa suurimmat minuutin huipputehot muodostuivat tyypillisesti tilanteissa, joissa saunottiin ja tarvittiin lämmintä käyttövettä. Esimerkiksi kohteessa 103 lämmityslaitteena oli poistoilmalämpöpumppu. Kohteessa ei ollut erillistä lämminvesivaraajaa vaan ainoastaan lämpöpumpun oma varaaja, jolloin saunottaessa lämmintä käyttövettä tuotettiin sekä lämpöpumpulla että sen lisävastuksilla (kuva 1).



Kuva 1. Esimerkki kohteen 103 yhdestä minuutin huippukeskitechosta (18,2 kW). Harmaa käyrä on kohteen 1 minuutin liittymisteho. Huipputeho muodostuu pääosin kiukaasta ja lämpöpumpusta.

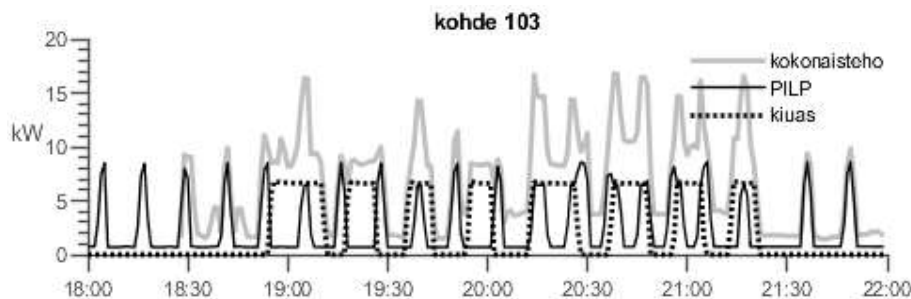
Sähkökattilakohteessa 104 huipputehot muodostuvat myös saunomistilanteessa, mutta kohteeseen 103 verrattuna suurempi, virtavahdeilla varustettu lämminvesivaraaja tasoittaa saunomisen aikaista huipputehoa hieman (kuva 2). Saunomisen aikana vettä lämmitetään 4 kW teholla, mutta kiukaan sammuttua käytetään 6 kW tehoa.



Kuva 2. Esimerkki kohteen 104 yhdestä minuutin huippukeskitechosta (15,11 kW). Harmaa käyrä on kohteen 1 minuutin liittymisteho. Huipputeho muodostuu pääosin kiukaasta ja sähkökattilasta.

3.3 Ohjattavuus kohteissa ja ohjattavuuden vaikutus huipputehoon

Huipputehojen rajoitus edellyttää ohjausjohdotuksia ja ohjauskytkentöjä, kuten ns. kiuasristeily. Lämpöpumppukohteissa huipputehon ohjauksiin ei oltu asennuksissa varauduttu. Niissä tehojen rajoittaminen olisi ollut osittain mahdollista ulkoisilla ohjauksilla tai laitteen sisäisillä asetuksilla. Kuitenkin eri valmistajien laitteiden ohjauskytkennät vaihtelivat ja ohjeistuksia vanhoille laitteille oli vaikea löytää. Sähkölämmityskohteissa vähintään kaapelointivaraukset ohjauksille oli tehty ja sähkölämmityslaitteille oli mahdollisuus tuoda ulkopuolisella kosketintiedolla tehonrajoitusohjauksia. Tutkimuksessa yhteen poistoilmalämpöpumppukohteeseen (103) toteutettiin pilottilaitteistolla langaton tehojen ohjaus. Kuvassa 3 on esitetty sisäisen ohjauksen toiminta, jossa ohjauksella pudotettiin liittymän huipputehoa saunomistilanteessa 2 kW.



Kuva 3. Saunominen tehonrajoituksen jälkeen, liittymän 1 minuutin huippukeskiteho 16,77 kW. Kiukaan ollessa päällä poistoilmalämpöpumppu pudottaa sähkövastuksiensa tehoa 8 => 6 kW.

4. Yhteenveto

Tämän artikkelin tavoitteena oli selvittää pientalojen merkitystä valtakunnan sähkötehuippujen muodostumisessa ja kuvata pientalojen sähkötehuippujen muodostumista, kehittymistä ja aiheuttajia. Selvityksen perusteella mahdollinen tehopohjaiseen laskutukseen siirtyminen ja sähkönlaskutuksen mittausjakson lyhentymisen tunnista viiteentoista minuuttiin tulee korostamaan sähköjärjestelmien, laitteiden ja kokonaisuuksien ohjattavuuden suunnittelua ja toteutusta pientaloissa. Kun osassa mittauskohteita tarkasteltiin suurinta minuutin huipputehoa, oli viidentoista minuutin keskiteho kyseisellä ajanhetkellä n. 8 - 26 % suurempi kuin tunnin keskiteho.

Merkittävimmät vaikutukset pientalon sähkötehoon aiheutuvat tilojen lämmityksestä, käyttöveden lämmityksestä ja mahdollisesta sähkökiukaasta. Tulevaisuudessa lisäksi sähköauton lataus aiheuttaa merkittävän tehotarvelisäyksen, jos tehohallintaan ei varauduta. Lämpöpumpukohteissa suurin sähköteho muodostuu tyypillisesti tilanteessa, jossa tarvitaan lämmintä käyttövettä. Lämpimän käyttöveden käyttö tapahtuu usein myös samaan aikaan, kun kohteessa käytetään muutenkin suuritehoisia laitteita, kuten sähkökiukaasta, pesukoneita tai liettä. Suoraan sähkölämmitykseen tai sähkökattilalämmitykseen perustuvissa kohteissa sähkötehot saattavat olla keskimäärin suurempia kuin lämpöpumpukohteissa, mutta tehojen vaihtelu on pienempää.

Järjestelmien ohjattavuudessa, jolla hallittaisiin tehotarvetta koko liittymässä, on suuria eroja riippuen lämmöntuottotavasta tai lämmityslaitteesta. Suoraan sähkölämmitykseen tai sähkökattilaan perustuvissa kohteissa sähkötehojen ohjattavuus on yleensä suurien tehojen kohdalla toteutettu tai siihen on ainakin varauduttu kaapeloinnin (esim. kiuasristeily), kun taas lämpöpumpukohteissa varautumista ei tyypillisesti tehdä. Talon ulkopuolelta tuleville ohjauksille ei ole kaapelointivarausta kuin vanhoissa sähkölämmityskohteissa. Tutkimuksen aikana havaittiin myös, että lämmityslaitteiden ohjattavuuteen ja aseteluihin liittyvien ohjeistuksien hankkiminen voi jälkikäteen olla hankalaa ja ohjeistukset voivat olla ammattilaisillekin hyvin vaikeita tulkita. Selvityksen aikana tehdyillä sähköteho-ohjauksilla kuitenkin osoitettiin, että ohjauksilla (esim. kiuasristeily) voitaisiin sähkötehuippuja leikata merkittävästi kohteen olosuhteisiin ja käyttömukavuuteen vaikuttamatta.

Lähdeluettelo

- [1] Harsia, P., Järventausta P., Hilden A., Kallioharju K., Kortetmäki A., Koskela J., Mutanen A., Rautiainen, A., Supponen A., Uusitalo, S. ja Heljo J. 2019. SÄTE-opas, Opas pientalojen suunnitteluun: Sähkötehojen hallinta osana rakennuksen energiatehokkuutta. TAMK ja TAU. 117 s. Noudettu osoitteesta <https://projects.tuni.fi/sate/julkaisut/>
- [2] Heljo, J., Harsia P., Holttinen H., Aalto, P., Björkqvist T., Järventausta P., Kaivo-oja J., Kojo, M., Korpela T., Rautiainen, A., Repo, S., Ruostetsaari, I. ja Sorri, J. 2016. EL-TRAN analyysi. Tammikuun tehooppiikki – mitä tapahtui 7.1.2016?. EL-TRAN konsortio. Noudettu osoitteesta <https://el-tran.fi/analyysit/>
- [3] Tilastokeskus. 2018. Asumisen energiakulutus energialähteittäin vuonna 2017. Noudettu osoitteesta https://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_kuv_001_fi.html
- [4] Energiavirasto. (29. 10 2018). Ei perusteita poikkeukseen 15 minuutin taseselvitysjaksoon siirtymisen aikataulussa. Noudettu osoitteesta <https://www.energiavirasto.fi>