

SÄTE-opas

Opas pientalojen suunnitteluun:

Sähkötehojen hallinta osana rakennuksen energiatehokkuutta

Pirkko Harsia, Pertti Järventausta, Antti Hilden, Kari Kallioharju,
Aki Kortetmäki, Juha Koskela, Antti Mutanen, Antti Rautiainen,
Antti Supponen, Sakari Uusitalo, Juhani Heljo

ESIPUHE

Sähköteho-oppaassa kuvataan pientalokiinteistöjen sähkötehojen ja energiankäytön muodostumista sekä keinoja, miten voidaan hallita tehojen muodostumista suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaiheissa. Sen tavoitteena on tuoda esiin näkemyksiä, joilla edistetään energiatehokkuustavoitteiden saavuttamista ja tehdään kokonaisjärjestelmän näkökulmasta resurssitehokkaita ratkaisuja, joihin voidaan jatkossa liittää erilaisia ohjauspalveluita.

Oppaassa kuvataan pientalokiinteistön tehoprofiiliin vaikuttavia valintoja sekä mahdollisuuksia niin paikallisesti kuin erilaisten ohjausratkaisujen avulla vaikuttaa omaan sähkön käyttöön. Oppaassa keskitytään sähkötehon tarpeeseen liittyviin näkökulmiin, mutta erityisesti lämmitysratkaisuihin liittyy myös muun lämmitysenergian tarve eri käyttötilanteissa.

Yleisesti energiajärjestelmässä ollaan siirtymässä yhä enemmän sähköä eri tavoin käyttäviin ja myös tuottaviin teknologioihin, jolloin sähkön käytön rooli tulee yhä keskeisemmäksi. 24.10.2018 julkistetussa työ- ja elinkeinoministeriön Älyverkkojärjestelmän loppuraportissa yhtenä toimenpide-ehdotuksena on esitetty, että rakennussääntelyn tulisi edistää sähkön kulutusjoustoja. Tämä opas luo osaltaan pohjaa kulutusjoustoja tukevan rakennussääntelyn kehittämiseksi.

Hankkeen ohjausryhmässä ovat toimineet Pekka Kalliomäki (ympäristöministeriö), Sirpa Leino/Tuukka Heikkilä (ST-pooli), Timo Kekkonen (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus), Markku Kauppinen (Elenia Oy), Mika Laitinen (MTL-Suunnittelu), Juho Syrjä (Futur Sähkö Oy), Kari Tappura (Tampereen sähköverkko oy), Hannu Virkkunen (Ramboll Finland oy) ja Alexandre Zaitsev (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry).

Oppaan ja sen taustatutkimuksen ovat rahoittaneet ympäristöministeriö, Sähkötutkimuspooli ja Sähköturvallisuuden edistämiskeskus.

Oppaan kirjoittajina ja tausta-aineiston tutkijoina ovat toimineet Tampereen ammattikorkeakoulusta Pirkko Harsia, Kari Kallioharju, Aki Kortetmäki ja Sakari Uusitalo sekä Tampereen teknillisestä yliopistosta/Tampereen Yliopistosta Pertti Järventausta, Juha Koskela, Antti Hilden, Antti Rautiainen, Antti Mutanen Antti Supponen ja Juhani Heljo.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
1.1	Muuttuva energijärjestelmä	6
1.2	Kysyntäjousto	8
1.3	Pienkiinteistöt sähköjärjestelmän osana	9
1.4	Sähkön omatuotannon hyödyntäminen ja varastointi	10
1.5	Mihin tehohallinnalla pyritään?	10
2	Teho vai energia?	12
2.1	Teho, energia ja virta	12
2.2	Tehon tarkastelujakso	13
2.3	Sähkötehon muodostuminen	16
3	Lainsäädäntö ja ohjeet	18
3.1	Energiatehokkuuslainsäädäntö	18
3.2	Suunnitteluvaatimukset	23
3.3	Sähköturvallisuuslainsäädäntö ja asennustandardit	24
3.4	Sähkömarkkinalaki ja Sähkötoimitusehdot	26
3.5	Ohjeet ja standardit	27
4	Tehon vaikutus kustannuksiin ja sähkön laatuun	34
4.1	Liittymiskustannukset	34
4.2	Sähkön kuluttajahinnan muodostuminen	34
4.3	Sähkön mittaustavan vaikutus	37
4.4	Sähkön kustannukset tulevaisuudessa	38
5	Tehoprofiilin muodostuminen	40
5.1	Lämmitysratkaisut	41
5.1.1	Sähkölämmitys	42

5.1.2	Sähkökattilat ja sähköinen varaajalämmitys (vesikiertoinen sähkölämmitys)	47
5.1.3	Sähkölämmitys ja ilmalämpöpumppu	48
5.1.4	Lämpöpumput	48
5.1.5	Kaukolämpö ja öljy- tai kiinteäpolttoainelämmitys	61
5.2	Lämpimän käyttöveden lämmitys	62
5.3	Saunan ja kiukaan valinnan vaikutus sähkötehoon	63
5.4	Ilmanvaihto	64
5.5	Rakenteiden massiivisuus	66
5.6	Auton lämmitys ja sähköauton lataus	66
5.7	Kodinkoneiden tehoprofiilit	67
5.8	Omatuotanto ja varastointi	68
6	Tehonhallinnan toteutusmahdollisuudet	71
6.1	Kuormien risteily	71
6.2	Dynaaminen ohjaus ja tehovahdit	72
6.3	Sähkötehon hallinta vaiheittain	73
6.4	Kiinteistön energianhallintajärjestelmät	74
6.5	Laitteiden jaottelu	74
6.6	Ohjausjärjestelmien käyttö	75
7	Tehonhallinnan toteuttaminen rakentamisprosessin aikana	78
7.1	Tilaaajan tehtävät	78
7.2	Suunnittelu	81
7.3	Toteutus	91
7.4	Käyttöönotto	91
8	Yhteenveto ja toimenpide-ehdotuksia	93
	Käsitteet ja termit	95
	Lyhenteet	102

Lähdeluettelo	104
LIITE 1, Kulutuslaitteiden tehoprofiiliesimerkit	108
LIITE 2. Esimerkki suunnitteluvaatimuksista	112
LIITE 3. Järjestelmäkaavio ja toimintaselostus	115

1 Johdanto

1.1 Muuttuva energiajärjestelmä

Meneillään on kansainvälisesti tunnistettu suuri sähköenergiajärjestelmän murros, joka perustuu uusiutuvan, osin hajautetun, energiantuotannon lisääntymiseen, kysynnän joustoon ja sähköenergian varastoinnin kehittämiseen. Energian käytettävyyttä, ohjattavuutta ja yleistä energiataloudellisuutta tulee parantaa ja myös hinnoittelumallit uudistuvat.

EU:n ns. puhtaan energian paketissa on tuotu esiin “kuluttaja keskiöön” -näkemystä¹. Kuluttajat ovat tulevaisuuden energiamarkkinoiden aktiivisia ja keskeisiä toimijoita. Komission antaman rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutoksessa² kannustetaan myös tieto- ja viestintätekniikan sekä älykkään teknologian käyttöä rakennusten tehokkaan toiminnan varmistamisessa.

Rakennusten ja niissä tapahtuvan toiminnan energiankäyttö on merkittävä osa koko energian, ja myös sähkön, kulutuksesta. Rakentamisen tai perusparannuksen aikana tehtävillä ratkaisuilla on suuri vaikutus siihen, millainen energian käyttäjä tai jopa tuottaja kohde pystyy olemaan. Samalla, kun taataan käyttäjille terveelliset, toimivat ja turvalliset olosuhteet, voidaan luoda mahdollisuuksia siihen, että kiinteistö pystyy olemaan energiajärjestelmän aktiivinen osa. Rakennusten ja niiden teknisten ratkaisujen suunnittelu ja toteutus ovat lähtökohta sille, miten energian käyttöä ja tuotantoa voidaan seurata ja ohjata.

Hiilineutraalisuuteen pyrkivät tavoitteet aiheuttavat uusiutuvan energian tuotantomuotojen lisääntymistä, energian käytön muuttumista, automaation lisääntymistä sekä sähköenergian merkityksen korostumista entisestään. Rakennusten energian käyttöä

¹ Kilpailukykyisemmät ja kuluttajalähtoisemmät sähkön sisämarkkinat – neuvosto sai aikaan yleisnäkemyksen. EU 2017.

² Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844 rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta.

olla ohjaamassa yhä energiatehokkaampiin ratkaisuihin rakennusten energiatehokkuusdirektiivin³ velvoittamana.

Paikallinen tuotanto, kuten myös muu sääriippuva tuotanto, tuo uusia haasteita ja mahdollisuuksia sekä kiinteistöjen ratkaisuille, että myös sähköjakeluverkoille ja koko sähköenergiajärjestelmälle. Samaan aikaan erilaiset teknologiset järjestelmät mahdollistavat uusia ohjausmenetelmiä ja –palveluja.

Energiatehokkuusvaatimuksilla tavoitellaan mahdollisimman puhdasta ja uusiutuvista energialähteistä peräisin olevan energian tehokasta käyttöä. Tavoite tulisi olla, että rakennuksia ja sen järjestelmiä käyttötarkoituksensa mukaisesti käytettäessä energiankulutus jää vähäiseksi, mutta myös tehon käyttöä hallitaan erityisesti huipputehojen osalta. Toisaalta energiajärjestelmässä on näköpiirissä myös ylituotantotilanteita, jolloin energian käyttöä tai varastointia pitäisi lisätä. Useissa tilanteissa energian kokonaiskäytön tehostaminen lisää sähköä käyttöä ja/tai sähköteho- ja huippujen kasvua, mistä esimerkkeinä ovat sähköiseen liikenteeseen siirtyminen ja lämpöpumppujen yleistymisen.

Sähköä osalta sen tuotannon päästöihin ja uusiutuvan energian osuuteen vaikuttaa merkittävästi sähköä käyttöaika niin vuodenajan kuin vuorokauden sisällä. Sähköä käytön osalta kulutetun energian lisäksi on syytä tarkastella entistä aktiivisemmin myös sähköenergian hetkellistä käyttöä, eli tehoa ja käyttöprofiilia, sekä sähkötehojen ohjausmahdollisuuksia. Energiajärjestelmän murros, johon sisältyy mm. hajautettu pientuotanto, kysyntäjousto, sähköautot, energiavarastot, rakennusten uudet energiatehokkuusmääräykset sekä yleinen energiatehokkuuden parantuminen, muuttavat verkossa siirrettävän energian ja tehon suhdetta.

Rakentamisvaiheessa tulisi olla hyvä näkemys energiankulutuksen lisäksi siitä, miten eri ratkaisut vaikuttavat kiinteistön huipputehon tarpeeseen ja sähkötehon käyttöprofiiliin. Teknologian nopea kehitys, digitalisaation uudet mahdollisuudet ja käyttäjien odotukset tuovat uusia mahdollisuuksia hallita kulutusta.

³ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU ja muutos 2018/44

Sähköenergian hinnoittelussa, erityisesti siirtomaksun osalta, ollaan siirtymässä aiheuttamisperusteisempaan hinnoitteluun, jolloin käytetyn energian lisäksi yhä suurempi kustannusvaikutus on sähkön huipputehon suuruudella kuukausi- tai vuositasolla. Energian hinnoittelurakenteiden muutoksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia myös eri järjestelmien, kuten lämmitysratkaisujen, kokonaistaloudellisuustarkasteluihin.

1.2 Kysyntäjousto

Kysyntäjoustolla tarkoitetaan ohjauksia, toimenpiteitä tai hinnoittelumalleja sähkön tuotannon ja kulutuksen yhteensovittamiseksi tai resurssien käytön optimoimiseksi. Perinteisessä sähköenergiajärjestelmässä vaihtelevaan kulutukseen on sopeuduttu tuotantoa säätämällä esimerkiksi vesivoima- ja lauhdevoimalaitosten avulla. Erilaisen sääriippuvan uusiutuvan sähköntuotannon, erityisesti tuuli- ja aurinkoenergiaan pohjautuvan tuotannon, sekä mahdollisimman tasaisesti täydellä tuotantoteholla ajettavan ydinvoiman lisääntyessä, tuotantokapasiteetissa tarvitaan entistä enemmän tehotasapainon hallintaan osallistuvaa säätökapasiteettia. Yhä suurempi osa tuotannosta on sellaista, jota ei teknisesti voida tai ei taloudellisesti kannata säätää, jolloin tuotannon ja kulutuksen välisen tehotasapainon hallintaan tarvitaan myös kulutuksen ohjausta; kysyntäjoustoa sekä erilaisia energiavarastoja.

Tuntitason tehotasapainon hallinnassa joustavasti käyttäytyvät ja ohjattavissa oleva kulutuskohteet muodostavat merkittävän potentiaalin myös sähkövoimajärjestelmän erilaisille nopeille reserveille. Ainoastaan säätökapasiteetiksi rakennettavan sähkön tuotannon lisäksi olemassa oleva kuormitus, ”virtuaalivoimala”, tarjoaa vaihtoehtoisen ratkaisun lisätä järjestelmään joustavuutta.

Näköpiirissä on siis tarve lisätä kuluttajien sähkötehojen ohjattavuutta, sekä kiinnittää nykyistä enemmän huomiota huipputehojen rajoittamiseen mm. mitoitus- ja tehoris- teilyiden, laitteiden omien ”smart grid” -toimintojen tai laitevalintojen avulla. Tulevaisuudessa laite- ja järjestelmäkohtaiset älykkyydet tuovat lisää uusia mahdollisuuksia teknisiin toteutuksiin.

Kysynnän jouston laajamittaisessa hyödyntämisessä on edelleen paljon kehitettävää. Kysynnän jousto sisältää laajan joukon erilaisia toimintoja, joiden merkitys, tarve ja

ansaintalogiikka vaihtelevat toimijan näkökulmasta. Keskeistä kysynnän jouston laajamittaiselle hyödyntämiselle on muodostaa kokonaisvaltainen näkemys kysynnän jouston toiminnallisuudesta, eri toimijoiden mahdollisesti ristikkäisistäkin rooleista, kaikkien toimijoiden liiketoimintaa tukevasta markkinamallista, tiedonsiirtoajapintojen yhteensovittamisesta sekä kysynnän joustoa edistävän lainsäädännön kehittämisestä. Erityisesti kysyntäjouston ansaintalogiikka vaatii kehittämistä. Asiakkaiden ymmärrystä tulee lisätä ja asiakkaille tulee tarjota kannusteita kysynnän joustoon osallistumiseen. Kuorman ohjauksen käyttöönotto edellyttää myös uusien ja uusittavien kiinteistöjen sähköverkon ja laitevalintojen suunnittelun tavoitteellista ohjausta.⁴ Näitä kysymyksiä on tarkasteltu laajasti työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) Älyverkkotyöryhmän loppuraportissa.⁵

Oleennaista on, että kiinteistön sähköjärjestelmien, mukaan lukien sekä sähköenergia- että tietotekniset järjestelmät, suunnittelun ja rakentamisen sekä toimilaitteiden valinnan yhteydessä on mukana tehon hallinnan näkökulma.

1.3 Pienikiinteistöt sähköjärjestelmän osana

Asumisen ja maatalouden osuus sähköenergian käytöstä oli 28 % vuonna 2018⁶. Pientalojen osuus koko rakennuskannasta on suuri niin lukumääräisesti kuin pinta-alanakin, vaikka niiden rakentaminen on vähentynyt 2010-luvulla. Pientalojen merkitystä koko sähkönkäytön tehoprofiilissa tunnetaan melko huonosti. Kuitenkin vuoden 2016 sähkönkäytön huipputehon (n. 15 000 MW) ajankohtana pientalojen osuus oli arviolta yli neljäsosa.⁷

Asumisen koko energian kulutuksesta sähköön osuus on 34 % ja kulutuksesta käytetään tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen yli 80 %.⁸ Koska yleinen suuntaus niin uusissa kuin olemassa olevissa rakennuksissa on sähköön perustuvien lämmitystapojen

⁴ Järventausta, et. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti, Tampereen teknillinen yliopisto.2015

⁵ Pahkala, Uimonen, Väre. Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä; Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. 2018

⁶ Energiatieto Oy. Energiavuosi 2018 - Sähkö.

⁷ Heljo. Tammikuun tehoipikki – mitä tapahtui 7.1.2016? EL-TRAN analyysi 2016.

⁸ Tilastokeskus. Asumisen energiakulutus energialähteittäin vuonna 2017.

yleistyminen, muodostaa myös pientalokanta yhden merkittävän osan sähköenergiajärjestelmän muutoksessa. Energiatehokkuuden parantamisen myötä vuotuisen energikulutuksen määrä jopa sähkön osalta saattaa vähentyä, mutta muutoksella ei välttämättä ole sama vaikutus huipputehotarpeeseen.

1.4 Sähkön omatuotannon hyödyntäminen ja varastointi

Lisääntyvä oma pientuotanto kiinteistöissä tai energiayhteisöissä aiheuttaa uusia tarpeita ohjata omaa käyttöä tuotannon mukaan. Yksittäiselle pientaloasiakkaalle aurinkosähkön tuotannon kannattavuuteen vaikuttaa asiakkaan kulutuksen suuruus ja ajoittuminen. Aurinkosähkön tuotanto omaan käyttöön korvaamaan ostosähköä on jo nykyisin kannattavaa, mutta ylijäämänsähkön myynti verkkoon ei.

Usein aurinkopaneelit mitoitetaan kulutuksen mukaan siten, että verkkoon myyntiä pyritään välttämään. Sähkön varastointi pientaloissa ei ole toistaiseksi yleistynyt akkujen korkeiden hintojen vuoksi, mutta niiden hintataso on laskussa (keskimäärin n. 20 %/a). Varastoa voidaan hyödyntää aurinkosähkön omakäyttöasteen kasvattamiseen. Samaa varastoa voidaan käyttää myös muihin ohjaustavoitteisiin, kuten huipputehon laskemiseen ja sähkönkustannusten optimointiin markkinahintapohjaisten sähkönmyyntituotteiden kanssa. Samaa varastoa voidaan käyttää samanaikaisesti useaan ohjaustavoitteeseen, jos sitä ohjataan älykkäästi. Tällöin varaston käytön kannattavuus voi myös parantua.

1.5 Mihin tehohallinnalla pyritään?

Sähköenergiajärjestelmässä on useita tahoja ja toimijoita, joilla on tarpeita sähkönkäytön tehohallintaan tai kysyntäjoustoon. Ne voivat liittyä esimerkiksi sähkön hintaan tai hinnoitteluun, sähkön riittävyteen tai ylitarjontaan, verkon rakenteeseen tai kapasiteettiin, vikatilanteisiin tai uusiin liiketoimintamalleihin. Kaikki nämä kuitenkin heijastuvat jossain muodossa sähköenergian loppukäyttöön ja –käyttäjään. Kiinteistön haltijan tai sähkön käyttäjän näkökulmasta tehohallintaan liittyviä näkökulmia on esitetty taulukossa (Taulukko 1.1).

Taulukko 1.1 Tehohallintaan liittyviä kiinteistön omistajan ja käyttäjän näkökulmia

Näkökulma		Esimerkki
Kustannukset	Mihin kustannuksiin tehohallinnalla voidaan vaikuttaa?	Pienasiakkaan tehotariffi
	Mitä tehohallinta maksaa?	Tehohallinnan hintaan vaikuttaa ohjausratkaisu (AMR/HEMS) ja suunnittelun kautta luodut valmiudet.
	Voidaanko tehohallinnalla "ansaita"?	Voinko myydä oman aurinkosähkötuotannon markkinoille ylituotantotilanteessa?
Toimivuus	Miten kiinteistö toimii eri tilanteissa?	Voinko saunoa koska haluan?
Olosuhteet	Vaikuttaako tehojen ohjaus olosuhteisiin?	Voiko lämmityksen tai ilmanvaihdon kytkeä pois päältä? Kuinka pitkäksi aikaa?
Turvallisuus	Mitä voidaan ohjata? Mitä ei saa ohjata? Kuka ohjaa?	Kuka vastaa, jos lämmitys ohjataan pois päältä liian pitkäksi aikaa?
	Ohjauksen turvallisuus?	Miten ohjauksen vaikutuksia seurataan?
	Mitä tapahtuu eri ohjaustilanteissa?	Voinko antaa kotini ulkopuoliseen ohjaukseen? Miten tiedän kuka ohjaa ja miksi?
Varastointi	Mihin varastoa tarvitaan?	Saanko sähkön sähkökatkon aikana? Voinko tuottaa ja varastoida kaiken tarvitsemani sähkön?

2 Teho vai energia?

2.1 Teho, energia ja virta

Energian käytössä energian kokonaismäärä, kuten vuosikulutus, on usein keskeisenä lähtötietona eri tarkasteluissa ja kustannusvertailuissa. Tällöin katoaa se tieto, milloin ja miten paljon energiaa on käytetty tai miten paljon kullakin hetkellä energiaa tuotetaan.

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

Verkon mitoitus niin kiinteistössä kuin jakeluverkossakin perustuu virran suuruuteen. Siihen vaikuttaa kuormituksen pätötehon lisäksi kuorman tehokerroin ($\cos\phi$) eli loistehon määrä ja myös se, onko kuorma ns. lineaarinen vai aiheuttaako se virtaan yliaaltoja. Loistehon tarvetta ja pienempää tehokerrointa aiheuttaa esimerkiksi moottori-kuormat sekä yliaaltoja invertterikäytöt ja hakkuriteholähteet.

Pienissä asuinkiinteistöissä mitoituksissa on käytetty tehokertoimen arvoa $\cos\phi \approx 1$ eikä juurikaan ole selvitetty loistehon tai yliaaltojen suuruuksia. Yleisissä mitoitusohjeissa, kuten ST-kortti 13.31, suositellaan käyttämään, mikäli tarkempaa tietoa ei ole, arvoa $\cos\phi \approx 0,96^9$.

Valtaosa kiinteistöjen sähkönjakelusta on toteutettu kolmivaihejärjestelmänä ja kiinteistön energiamittaus summaa kaikkien vaiheiden kulutukset yhteen. Kuitenkin vain osassa laitteissa kuormitus jakaantuu tasan kaikille vaiheille tai laitteet ovat yksivai-

⁹ Sähkötieto ry. ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2018

heisia. Tällöin eri vaiheiden virrat ja myös siis tehot ovat eri suuruisia. Kokonaistehosta, joka on vaihetehojen summa, ei siis voi päätellä, miten eri vaiheet ovat kuormitettuna.

2.2 Tehon tarkastelujakso

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 mitoitukseen, sähkön laatuun, liittymän kokoon, energiakustannuksiin ja koko järjestelmän kulutushuippujen muodostumiseen. Jatkossa nousee esiin myös ylituotantotilan- teet ja niissä tarve lisätä sähkön käyttöä hetkellisesti.

Kuluttajan sähköenergian kulutuksen laskutus perustuu tällä hetkellä (vuosi 2019) tuntienenergioiden 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 yksikön¹⁰.

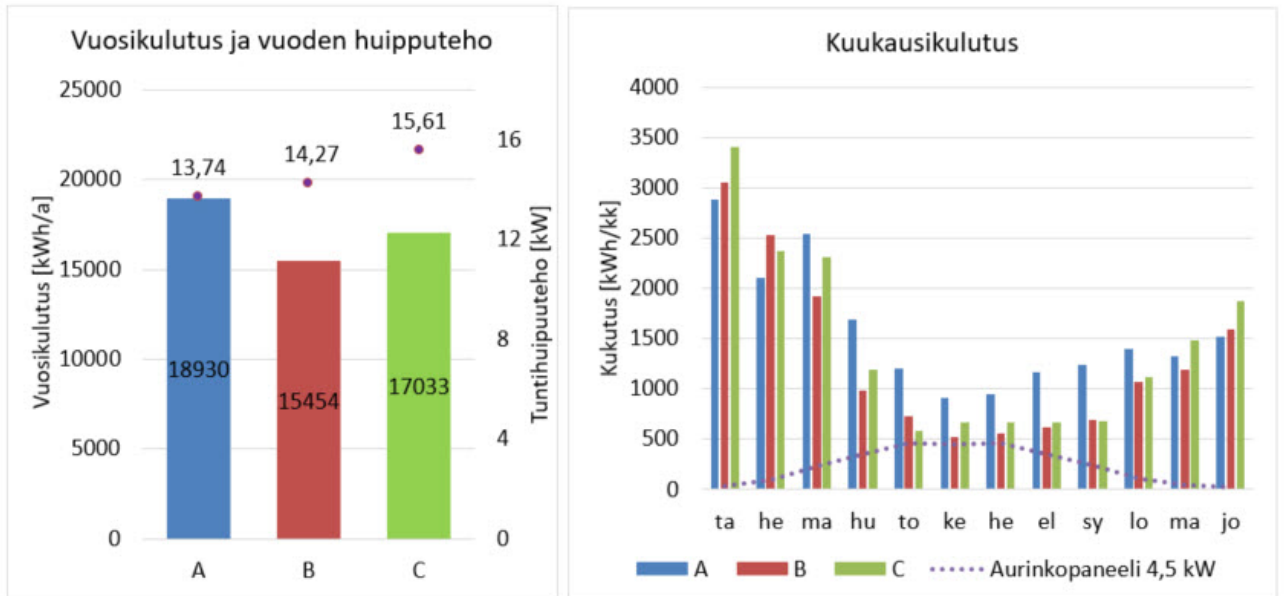
Rakennusten energiankulutusta tarkastellaan yleisesti vuositasolla tai esimerkiksi energiatehokkuuslaskennassa kuukausitasolla. Jäähdytystarpeen tarkastelu tehdään jopa tuntitasolla dynaamisella laskennalla. Dynaamisella laskennalla voitaisiin myös tarkastella lämmityksen ja ilmanvaihdon tehotarvetta.

Tarkastelujakson pituus vaikuttaa 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.

Kuvassa (Kuva 2.1) on esitetty esimerkkinä kolmen pientalon sähköenergian vuosikulutusta ja kuukausitasolla mitattua sähköenergian kulutusta. Vaikka kohteessa A on suurin vuosikulutus, on sen suurin tuntikeskiteho pienin vertailukohteista. Kuukau-

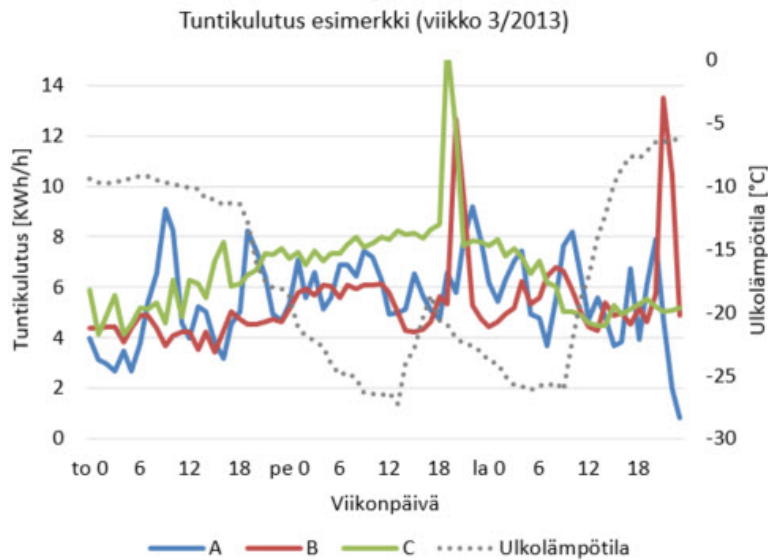
¹⁰ Energiavirasto. Ei perusteita poikkeukseen 15 minuutin taseselvitysjaksoon siirtymisen aikataulussa2018

sienergiakulutuksissa on vuodenajalla suuri vaikutus. Siitä myös ilmenee, miten kohteiden B ja C kulutus keskittyy talviaikaan, kun kohde A käyttää energiaa tasaisemmin ympäri vuoden. Se myös pystyisi hyödyntämään aurinkosähköä enemmän.



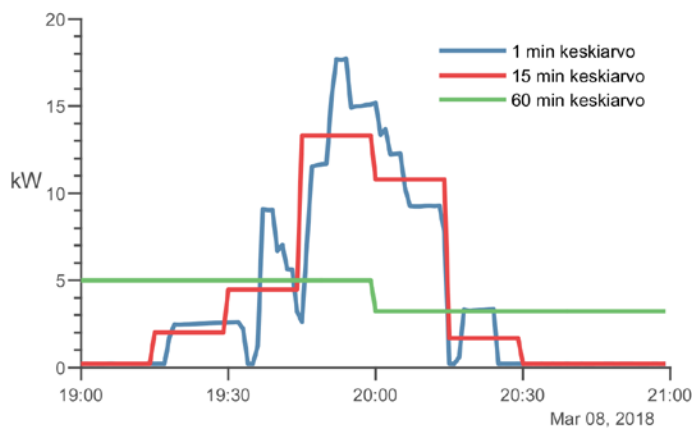
Kuva 2.1. Esimerkki kolmen pientalon energiakulutuksesta vuosi- ja kuukausitasolla. Kohteen A vuosikulutus 18,9 MWh/a ja tunti huipputeho 13,74 kWh/h, kohteen B vuosikulutus 15,4 MWh/a ja tuntihuipputeho 14,27 kWh/h, kohteen C vuosikulutus 17,0 MWh/a ja tuntihuipputeho 15,61 kW.

Tuntikulutusesimerkistä (Kuva 2.2) on jo havaittavissa eri laitteiden käytön aiheuttamat tehopiikit, sekä käytön ajoittuminen eri vuorokaudenaikoihin.



Kuva 2.2 Esimerkki kolmen pientalon energiakulutusprofiilista verkon huippukulutusaikana. Tuntimittaus.

Mittausjakson lyhentäminen tuo esiin tarkemmin eri laitteiden energiankäyttöä sekä tuntikulutuksen muodostumisen. Kuvassa (Kuva 2.3) on tarkasteltu kolmen laitteen, sähkökuus, maalämpökoje ja ilmanvaihdon lisälämmitysvastus, yhteistehoja 1 ja 15 minuutin mittausjaksolla, sekä vastaavaa tuntikeskitehoa. Hetkellistehot voivat olla merkittävästi suurempia tai pienempiä kuin tuntimittauksen suuruus. Esimerkissä 1 minuutin mittausjaksolla huipputeho nousee n. 18 kW:iin, kun vastaava tuntikeskiteho on vain n. 5 kWh/h.



Kuva 2.3 Esimerkki mittausjakson vaikutuksesta tehon suuruuteen. Mitattuna kolmen laitteen yhteisteho 1 min, 15 min ja 60 min mittausajanjaksolla.

Sähköverkon kaapelien mitoituksessa otetaan huomioon suojalaitteiden toimintarajavirrat. Kaapelit eivät saa lämmetä liikaa tunnin ajan kestävällä 1,45 x suojalaitteen nimellisvirta suuruisella virralla. Suurilla, lyhytkestoisilla tehovaihteluilla voi olla vaikutusta erityisesti sähkön laatuun ja sitä kautta laitteiden toimintaan.

2.3 Sähkötehon muodostuminen

Kiinteistön sähkötehon tarve ja tehon käyttöprofiili muodostuvat monen valinnan ja mitoituksen yhteisvaikutuksena. Näistä suurin osa tehdään rakennuksen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa tai muutostöiden yhteydessä.

Rakentamista ohjaava lainsäädäntö sekä sitä tarkentavat määräykset ja ohjeet ovat pohjana koko kiinteistön suunnittelulle sekä laite- ja järjestelmävalinnoille. Tilaajan asettamat tavoitteet tilojen koolle, toiminnalle ja varustelutasolle ovat eri osaratkaisujen lähtökohtana. Niin säädösten kuin tilaajan tavoitteet vaikuttavat erityisesti lämmitystarpeeseen ja lämmitysratkaisuihin. Esimerkiksi omatuotannon hankinta tai sähköauton latausmahdollisuus ovat ratkaisuihin vaikuttavia tavoitteita. Tehojen hallinta erilaisin mittauksin ja ohjauksin edellyttää tilaajalta myös automaation tavoitteiden määrittelyä ja järjestelmähankintaa. Tilaaja on vastuussa siitä, miten kohteen kokonais-suunnittelu ja eri osaratkaisujen yhteensovittaminen toteutetaan. Energian hinnoittelu- rakenteet vaikuttavat osaltaan kokonaiskustannuksiin.



Kuva 2.4 Tehohallinnan vaiheet

Suunnitteluvaiheessa tehtävät laite- ja järjestelmämitoitukset ovat perustana laitevalinnoille, joilla vaikutetaan merkittävästi lopullisen kokonaisratkaisun toimintaan. Esi-

merkiksi käyttöveden varaajakoko ja vastusteho vaikuttavat siihen, milloin vedenlämmitys kytkeytyy päälle. Alalla syntyneet vakioratkaisut ja ohjeet voivat yhdenmukaistaa toteutuksia, mutta ne voivat myös ohjata epätarkoituksenmukaisiin valintoihin, mikäli kohdekohtaista verkon suunnittelua ja mitoitusta ei tehdä. Monet muutokset rakentamisessa sekä uusien laiteryhmiä tulo voi 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 asennustapa-muutoksia, joilla voi olla vaikutusta kokonaisratkaisuun, eri laitteiden ohjattavuuteen tai yhteensopivuuteen. Näiden muutosten merkityksen arviointi on haasteellista ja edellyttäisi kaikilta osapuolilta kokonaisuuden tuntemusta.

Kysyntäjoustop edellytykset syntyvät ohjausratkaisujen avulla. Eri laiteryhmiä, erityisesti lämmityksen osalta, perusohjausratkaisut ja säätötavat vaikuttavat siihen, miten eri tehot kytkeytyvät ajallisesti tai käyttötarpeen mukaan. Tehojen risteilyllä tai tehovahdeilla voidaan estää laitteiden samanaikainen päällekytkeytyminen. Tästä esimerkkinä on aiemmin sähköyhtiöiden edellyttämä sähkökiukaan ja sähkölämmityksen vuorottelukytkeyttä. Laitteiden päällekytkeytymistä voidaan ohjata myös hintatiedolla tai tehorajoitusohjauksella. Näistä yleisimmät ovat olleet sähkön kaksiaikahinnoittelu, verkkoyhtiön tehorojoitusohjaus (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 Lainsäädäntö ja ohjeet

3.1 Energiatehokkuuslainsäädäntö

Rakentamisen ohjauksessa energiatehokkuuden parantaminen on yksi keskeinen tavoite. Tällöin lähtökohtana on energian määrä ja sillä saatava hyöty.

EU:n energiatehokkuusdirektiivi 2012/27/EU määrittelee ”energiatehokkuuden” suoritteen, palvelun, tavarain tai energian tuotoksen ja energian käytön välistä suhteeksi.¹¹

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä 2010/31/EU ja sen muutoksessa 2018/31/EU annetaan määritelmä rakennusten energiatehokkuudelle.

”rakennuksen energiatehokkuudella” tarkoitetaan laskettua tai mitattua energiamäärää, joka tarvitaan rakennuksen tyypilliseen käyttöön liittyvän energiatarpeen täyttämiseen ja johon sisältyy muun muassa lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, veden lämmitykseen ja valaistukseen käytetty energia.¹²

Direktiivimuutoksessa 2018/31/EU on annettu komissiolle tehtäväksi luoda unionin vapaaehtoinen yhteinen rakennusten älyratkaisuvälmiyttä koskeva luokittelujärjestelmä vuoden 2019 loppuun mennessä. Luokittelun on perustuttava arvioon rakennuksen tai rakennuksen osan kyvystä mukauttaa toimintansa asukkaan ja verkon tarpeiden mukaan ja parantaa energiatehokkuuttaan sekä kokonaistehokkuuttaan. Tämän ”älyratkaisuvälmiyttä koskevan indikaattorin” laskentamenetelmälle on asetettu vaatimuksena:

Menetelmän on perustuttava rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien kolmeen keskeiseen toimintoon:

a) kyky ylläpitää energiatehokkuutta ja rakennuksen toimintaa mukauttamalla energiankulutusta esimerkiksi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytöllä;

b) kyky mukauttaa toimintatapaansa asukkaan tarpeiden mukaan kiinnittäen samalla asianmukaisesti huomiota käyttäjäystävällisyyteen, terveellisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitoon ja kykyyn raportoida energiankäytöstä; ja

c) rakennuksen kokonaissähkönkysynnän joustavuus, mukaan lukien sen kyky mahdollistaa osallistuminen aktiiviseen ja passiiviseen sekä

¹¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU (32012L0027) energiatehokkuudesta.

¹² Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU ja muutos 2018/44

epäsuoraan ja suoraan kysynnänohjaukseen verkon osalta, esimerkiksi joustavuuden ja kuormituksen jakamiskyvyn ansiosta.

MEASURE THE TECHNOLOGICAL READINESS OF YOUR BUILDING



Figure 3 – Three key functionalities of smart readiness in buildings

Lähde: http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/sri_1st_technical_study_-_executive_summary.pdf

Kuva 3.1 Rakennuksen älykkyyssindeksin keskeisiä vaatimuksia.

Suomessa rakennusten energiatehokkuusvaatimuksia on uudistettu ja uudistetaan EU:n energiatehokkuustavoitteiden pohjalta. Keskeisenä lainsäädäntönä toimii maankäyttö- ja rakennuslaki¹³, joka sisältää vaatimuksen energiankulutukselle ja tehontarpeelle:

“Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi. ...

*... Rakennuksessa käytettävien rakennustuotteiden ja taloteknisten järjestelmien sekä niiden säätö- ja mittausjärjestelmien on oltava sellaisia, että **energiankulutus ja tehontarve** rakennusta ja sen järjestelmiä käyttötarkoituksensa mukaisesti käytettäessä jää vähäiseksi ja että energiankulutusta voidaan seurata.*

Maankäyttö- ja rakennuslain pohjalta ympäristöministeriö antaa asetuksia. Asetus uusien rakennusten energiatehokkuudesta 1010/2017¹⁴ edellyttää, että uudisrakennus suunnitellaan niin, että se käyttötarkoituksensa mukaisesti on:

1) energiatehokkuudeltaan joko laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luvun) tai rakenteellisen energiatehokkuuden mukainen;

2) on rakennuksen lämpöhäviöltään vähäiselle energiantarpeelle edellytykset luova;

3) on energiatehokas laskennalliselta kesäajan huonelämpötilaltaan, energiankäytön mittaamiseltaan, lämmön ja sähkön tehon tarpeeltaan

¹³ Maankäyttö- ja rakennuslaki 135/1999 (25.2.2018)

¹⁴ Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 3 §.

sekä käytettäessä koneellista ilmanvaihtojärjestelmää myös ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholtaan.

Lisäksi asetuksen 32 § määrittää rakennuksen lämmön ja tehontarpeesta

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän lämmitysteho on mitoitettava siten, että rakennuksen tilojen suunnitellut lämpöolot ja ilmanvaihto voidaan ylläpitää rakennuksen sijaintipaikkakunnan mukaisen säävyöhykkeen mitoittavilla ulkolämpötiloilla.

Suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisuuksia sähkön huipputehon tarpeen pienentämiseksi ja sähkötehon ohjattavuuden parantamiseksi.

Energiatehokkuudelle asetettavat tavoitteet ja niiden toteutuminen edellyttävät huolellista suunnittelua ja suunnittelun ohjaamista sekä eri järjestelmien yhteensopivuuden varmistamista. Energiatehokkuudelle asetettavat tavoitteet korostavat lisäksi tarvetta suunnitella rakennus toimimaan yhtenä kokonaisuutena, ei vain eri osajärjestelmien summana.

E-lukulaskenta¹⁵

Energiatehokkuusvaatimusten täytyminen tulee esittää rakennuslupavaiheessa energiaselvityksellä. Sitä on päivitettävä ennen rakennuksen käyttöönottoa, jos lupavaiheen energiaselvityksen perusteena oleviin suunnitelmiin on tullut muutoksia. Energiaselvityksen sisältämät tarkastelut ovat:

- *E-luku ja E-luvun laskennan keskeiset lähtötiedot ja tulokset, rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus ja koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho tai vaihtoehtoisesti rakenteellisen energiatehokkuuden määräystenmukaisuus*
- *laskennallinen kesäaikainen huonelämpötila*
- *rakennuksen energiatodistus, jos rakennuksen energiatodistusta koskeva lainsäädäntö sitä edellyttää.*

E-luvun laskenta perustuu rakennuksen vakioituun käyttöön, jossa lähtökohtana on laskennalliset tehotarpeet ja vakioidut käyttöajat. Laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla (Etelä-Suomi). Tarkastelussa mukana olevat energiankulutukset ovat

- tilojen lämmitys
- ilmanvaihto
- lämmin käyttövesi
- kulutuslaitteet ja valaistus

¹⁵ Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017

- koneellinen jäähdytys.

Laskenta tarkastelee ainoastaan rakennusten sisäpuolista kulutusta eikä siinä ole mukana asuinrakennuksissa merkittäviä laiteryhmiä, kuten kiukaat, autolämmitykset tai sähköauton lataus.

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkastelu on tehopohjainen ja siinä ovat mukana rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettulämpöhäviö. Tämä lämpöhäviö ei saa olla suurempi kuin vertailulämpöhäviö, joka saadaan asetuksen määrittämällä rakennusosien ja ilmanvaihdon vertailuarvoilla.

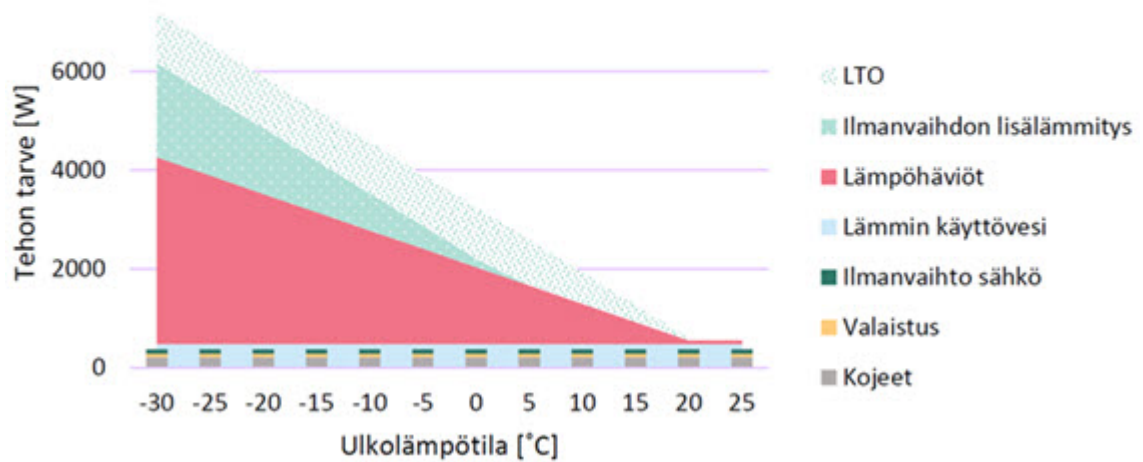
Koneellisen ilmanvaihdon osalta määritetään ominaissähköteho, joka saa olla enintään $1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä. Pientalossa laskennallinen ilmavirta on $0,4 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2)$, jota vastaava ominaissähköteho on $0,72 \text{ W}/\text{m}^2$. Tuloilman tarvitsema lämmitysteho määräytyy lämmöntalteenoton hyötysuhteesta.

Lämpimän käyttöveden osalta laskennassa pientaloissa käytetään vakioarvoa $35 \text{ kWh}/\text{m}^2$,a joka vastaa $4 \text{ W}/\text{m}^2$ tehotarvetta. Laskennassa on pientaloissa rajana $4200 \text{ kWh}/\text{a}$, joka vastaa keskimääräisenä tehona 480 W .

Valaistuksen ja kojekuorman laskennallinen vuositeho on asuinrakennuksessa $2,4 \text{ W}/\text{m}^2$.

Kuvassa (Kuva 3.2) on E-lukulaskennan mukaisilla tehoarvoilla pientalon (mallinnuskohde 1, liite 4) tehotarve eri lämpötiloilla. Ulkolämpötila vaikuttaa laskennalliseen lämmitystehtoon ja ilmanvaihdon lisälämmitystehtoon. Näiden tarvitsemaan sähkötehtoon vaikuttaa lämmitysratkaisut ja niissä käytössä olevat lämmönlähteet. Laskennallinen sähkölaitteiden tehontarve on vakioarvoinen. Käytännössä sähkötehtotarve eri käyttötilanteissa voi olla merkittävästi suurempi, koska yksittäisten kojeiden nimellistehot ovat jo suurempia kuin laskennan arvot.

Esimerkki: Tehontarve E-lukulaskenta



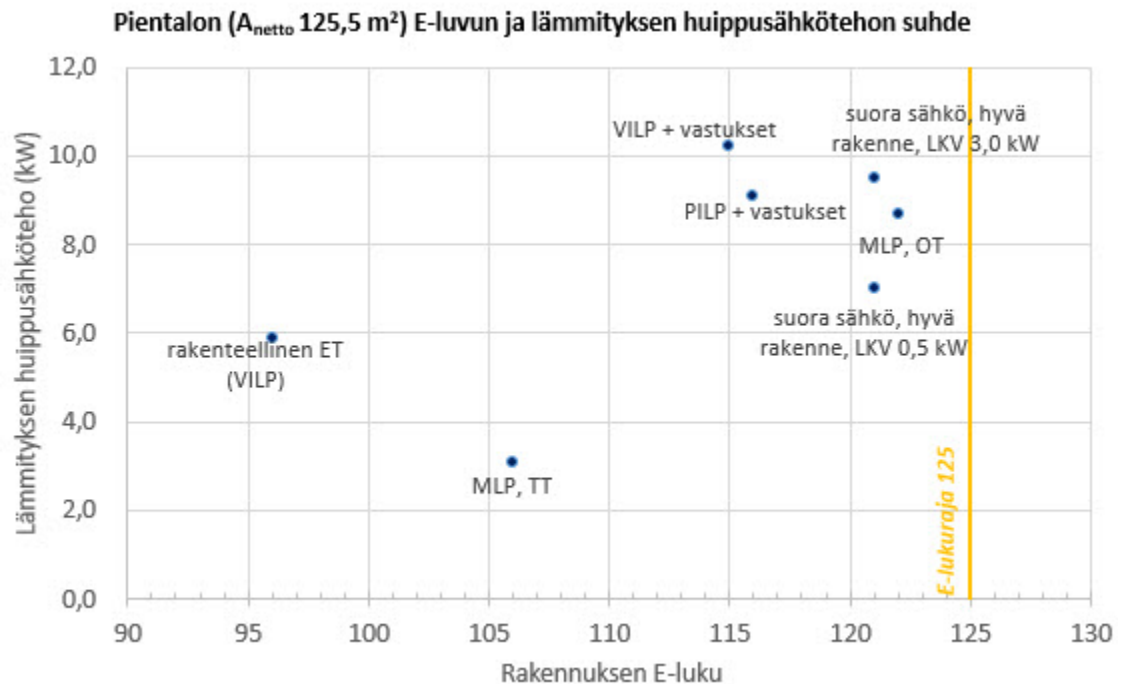
Kuva 3.2 Pientalon ($A_{\text{netto}} 125 \text{ m}^2$) tehotarvejakauma energiatehokkuuslaskennan arvoilla. LTO kuvastaa ilmanvaihdon lämmöntaloteknisen vaikutusta tehotarpeeseen.

Energiatehokkuuslaskenta ei suoraan anna tietoa siitä, millainen on sähkötehotarve kiinteistössä. Lisäksi E-lukua määritettäessä painotetaan eri energiamuodot energiamuotokertoimella, jolloin E-luvusta ei suoraan voi päätellä rakennuksen tehotarpeita tai energian käytön ajoitusta.

Kuvassa (Kuva 3.3) on esimerkkilaskenta lämmityksen sähkötehon tarpeesta eri lämmitystavoilla ja rakenteilla, joilla E-lukuvaatimus täyttyy, sisältäen lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihdon lisälämmityksen.

Rakenteellinen ET –tehotarve vastaa asetuksen 1010/2017 33§:n¹⁶ rakenteellisen energiatehokkuuden mukaista vaatimustasoa. Suoran sähkölämmityksen tapauksessa E-lukuvaatimuksen täytyminen edellyttää parannettua eristystä, jolloin myös tarvittava laskennallinen teho pienenee.

¹⁶ Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017



Kuva 3.3 Esimerkkikohteen laskennalliset sähkötehotarve ja E-luku eri lämmitystavoilla. MLP= maalämpöpumppu täystehomitoituksella (TT) tai osatehomitoituksella (OT), VILP= vesi-ilmalämpöpumppu, PILP = poistoilmalämpöpumppu, suora sähkö = sähköinen lattialämmitys. Sähkölämmitystapauksissa LKV tarkoittaa lämpimän käyttöveden lämmitysteho.

Energiatohokkuuslaskennan avulla voidaan arvioida esimerkiksi sitä, miten paljon vaatimusten tiukentamisen tulisi vähentää lämmitystehon tarvetta. Samoin voidaan arvioida sitä, miten paljon rakennuksen todellinen sijainti vaikuttaa lämmitystehon tarpeeseen. Esimerkiksi 2010-luvulla rakennetun talon lämmitystehon tarve on noin puolet 1980-luvun taloon verrattuna ja Pohjois-Suomessa tarvitaan 20 % enemmän lämmitystehoa Etelä-Suomeen verrattuna.

3.2 Suunnitteluvaatimukset

Maankäyttö- ja rakennuslakiin perustuen asetetaan kiinteistön suunnitelmille ja suunnittelijoille vaatimuksia. Pääsuunnittelijan vastuulla on se, että rakennussuunnitelma

ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden siten, että rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset täyttyvät.¹⁷

Teknisten järjestelmien suunnitelmat laatii erityissuunnittelijat, joista yksi on nimettävä tämän erityisalan kokonaisuudesta vastaavaksi erityissuunnittelijaksi. Vastaavan erityissuunnittelijan on huolehdittava, että erillistehtävinä laaditut suunnitelman osat muodostavat keskenään toimivan kokonaisuuden. Pätevyysvaatimuksia on asetettu ilmanvaihdon sekä vesi- ja viemärlaitteiston erityissuunnittelijalle.¹⁸ Lämmityslaitte-, kiinteistön vesi- ja viemärlaitteisto- sekä ilmanvaihtosuunnitelmiin on sisällyttävä tieto sisäolosuhteiden tavoitetasoista ja niiden ylläpitämiseen käytettävistä toiminnoista, johdotuksista, kanavista, putkistoista ja laitteista sekä mitoituksista.¹⁹

Sähkö- ja automaatiojärjestelmien suunnittelulle ei tällä hetkellä aseteta säädöksissä vaatimuksia tai teknisiä tavoitteita. Sähköasennuksien turvallisuudesta vastaa sähköturvallisuuslain²⁰ perusteella sähkötöiden johtaja.

3.3 Sähköturvallisuuslainsäädäntö ja asennustandardit

Sähköturvallisuuslain perusteella TUKES vahvistaa velvoittavat asennustandardit SFS6000 Pienjännitesähköasennukset -sarjana. Sähkölaitteiden ja -asennusten huipputehot ja niitä vastaavat virtojen suuruudet vaikuttavat sähköverkon johtimien ja suojalaitteiden mitoitukseen. SFS6000:51:2017 kohta 2.1.4 määrittää tehosta²¹:

Sähkölaitteiden tehon on sovittava normaaleihin käyttötilanteisiin, kun otetaan huomioon tasoituskerroin.

”HUOM. Tasoituskertoimella tarkoitetaan numeerisena tai prosenttiarvona ilmaistua sähkölaitteiden tai sähkönkuluttajien ryhmän yhteistä huipputehoa määrättyinä ajanjaksona verrattuna niiden yksittäisten huipputehojen summaan samana ajanjaksona.”

¹⁷ Maankayttö- ja rakennuslaki 135/1999 (25.2.2018)

¹⁸ Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä VN214/2015

¹⁹ Ympäristöministeriön asetus rakentamisesta koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 12.3.2015/216

²⁰ Sähköturvallisuuslaki 1135/2016

²¹ SFS6000:51:2017 Sähkölaitteiden valinta. Yleiset säännöt

Yksittäisen laitteen osalta käytetään mitoittavan tehona laitteen nimellistehoa. Laiteryhmän osalta joudutaan arvioimaan esimerkiksi keskiteho. Standardi ei ota suoraan kantaa, kuinka pitkä on keskitehon arvioitu ajanjakso.

Kiinteistön sähköverkon suojalaitteet eli sulakkeet ja johdonsuojakatkaisijat sekä johdinpoikkipinnat tulee standardin mukaan suunnitella ja rakentaa niin, ettei johdotukset ylikuormitu ja lämpene yli kaapelityypin sallitun lämpötilan suunnitellulla virralla. Virran suuruus määräytyy arvioidun kuorman huipputehon perusteella. Suojalaitteiden toiminta-ajat ja mitoitus kuitenkin mahdollistavat lyhytaikaisen (< 1 h) enintään 1,45-ker-
taisen ylikuormituksen.

Esimerkki:

Sähkökiuas nimellisteho $P=10,5$ kW, $\cos\varphi=1 \Rightarrow$
mitoitettava virta $I_B=15,2$, A \Rightarrow
ryhmän suojalaitteet (johdonsuojakatkaisijat) $I_N=3 \times 16$ A \Rightarrow
johdinpoikkipinta $5 \times 2,5$ mm²

Asuinrakennuksissa valaistusasennukset ryhmitellään käytettävyyden näkökulmasta suojalaitteiden kanssa sopiviin ryhmään ja pistorasia-asennuksissa joudutaan arvioimaan liitettävien laitteiden yhtäaikainen kokonaisteho.

Esimerkki pistorasiaryhmä:

Käytetään asennuksessa $2,5$ mm² johtimia \Rightarrow
suoja-laite (johdonsuojakatkaisija) $I_N=16$ A \Rightarrow
ryhmässä voi olla samanaikaisesti kytkettynä pätötehoa $P=3,68$ kW ($\cos\varphi=1$)

Vastaavasti 10 A:n suojaamassa ryhmässä voi olla samanaikaisesti enintään $2,3$ kW:n teho käytössä.

Liittymän ja pääsulakkeiden sekä kiinteistön pääjohtojen mitoituksessa käytetään kokemusperäisiä tasoituskertoimia, joiden määrittely on kiinteistöverkon suunnittelijan tehtävä. Kunkin keskuksen mitoitusteho arvioidaan kuormituksenä olevien laitteiden tehojen perusteella ottaen huomioon tasoituskertoimilla käytön samanaikaisuus ja ajoitus.

3.4 Sähkömarkkinalaki ja Sähköntoimitusehdot

Sähkömarkkinalaki²² on kaikkia sähkön käyttäjiä tuottajia ja jakelijoita koskeva laki, joka määrittelee verkkoliiketoiminnan käytäntöjen yleiset periaatteet. Keskeinen osa sähkönkäyttäjän tehomitoituksen kannalta ovat lain luvut 4 ja 6 jotka määrittelevät jakeluverkon haltijaa koskevat säännökset.

Luvussa 4 säädetään, että verkkoliiketoiminnan on oltava kaikkia sähkön käyttäjiä kohtaan tasapuolista ja että verkkoyhtiön on liitettävä vaatimukset täyttävä käyttöpaikka verkkoonsa (ns. liittämisvelvollisuus). Lisäksi verkonhaltijalle määrätään verkon kehittämisvelvoite, joka tarkoittaa käytännössä velvoitetta investoida verkon laitteisiin ja verkon käyttötoimintaan siten, että verkko toimii teknisten reunaehtojen puitteissa normaaleissa ja poikkeusoloissa ja siten, että verkkoon voidaan liittämisvelvollisuuden mukaan liittää lisää käyttöpaikkoja.

Yleiset verkkopalveluehdot²³ ovat Energiateollisuus ry:n antama suositus verkkoyhtiön ja loppuasiakkaan välisten vastuiden selvittämiseksi. Tehomitoituksen kannalta yleisten verkkopalveluehtojen keskeinen osa on sen luku 4, joka käsittelee verkkoon liittyvän asiakkaan sähkölaitteita ja laitteistoja ja niiden käyttöön ja käyttöönottoon liittyviä kysymyksiä. Keskeinen periaate on, että verkonhaltija on velvollinen sallimaan asiakkaille erilaisten laitteiden ja laitteistojen käytön ja tarvittaessa kehittämään verkkopalveluaan siten, että asiakkaan laitteistojen käyttö on mahdollista. Verkonhaltija osaltaan vastaa siitä, että sähkön laatu on asiakkaan liittämispisteessä jännitteen laatustandardin SFS EN 50160²⁴ mukainen, tai jos erikseen on sovittu, muun sopimuksen mukainen.

Asiakkaan näkökulmasta keskeinen säännös on tarkastusvelvollisuus laitteesta tai laitteistosta, jolle on olemassa verkkohäiriöitä koskeva standardi. Tällöin laitteiston käyttäjän on ennen laitteiston käyttöönottoa tarkastettava, että laite ei aiheuta verkkohäiriötä kytkettävään verkkoon. Asiakas tekee tällöin selvityspyynnön verkkoyhtiölle, joka puolestaan on velvollinen varmistamaan laitteiston kytkettävyyden. Verkkopalveluehtojen kohdassa 4.5.1 on listattu tapaukset, joissa selvityspyyntö on erityisesti syytä tehdä:

²² Sähkömarkkinalaki 588/2013

²³ Energiateollisuus ry. Yleiset verkkopalveluehdot 2014

²⁴ SFS-En 50160 Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. 2010

Jos sähkölaitteen tai laitteiston

- *kytkentävirta on suuri verrattuna pääsulakkeen kokoon*
- *verkkoon kytkeytyminen tapahtuu usein*
- *käyttö edellyttää verkonhaltijan erityistoimenpiteitä*
- *aiheuttaa merkittävää yliaaltovirtaa.*

Käytännössä pienehköt verkkoon liitettävät laitteet kuten kodinkoneet, valaisimet, tms. eivät vaadi selvityspyynnön tekemistä, vaan selvityspyyntö on tehtävä esim. generaattorien, maalämpöpumppujen, suurten hitsauslaitteiden sekä suurten suuntaajakäyttöjen osalta. Tarvittaessa verkonhaltija voi kieltää tai rajoittaa sellaisen laitteen käyttöä, joka aiheuttaa haittaa toisen käyttäjien sähkökäytölle tai verkon mittaus tai muiden järjestelmien toiminnalle.

3.5 Ohjeet ja standardit

Ohjauksiin liittyvät standardit

Omakotitaloihin rakennettujen automaatiojärjestelmien mahdollisuudet ovat laajat, jos järjestelmät noudattavat standardin EN-SFS 15232:2017²⁵ luokituksia A tai B. Tällöin automaation liittämässä on mahdollisuus käyttää esimerkiksi CIM-rajapintaa (Common Information Model).

Standardisarja SFS-EN 50491²⁶, kuvaa koti- ja kiinteistöautomaatioratkaisujen vaatimuksia niin turvallisuuden, asennusten kuin tiedonsiirronkin näkökulmista.

Esimerkiksi kotien ja rakennusten elektroniikkajärjestelmientoiminnallista turvallisuutta käsittelee standardi SFS-EN 50491-4-1:2012²⁷. Älykkäissä kiinteistöautomaatioratkaisuissa on kiinnitettävä huomiota käyttäjien toimenpiteisiin liittyviin toimintoihin. Esimerkiksi etäohjauksesta standardissa mainitaan mm.:

“Etäohjattavat pistorasiat tulisi merkitä niin, että ne erottuvat käyttäjälle näkyvästi tai niihin tulisi soveltaa erityistä rakennetta, joka estää

²⁵ SFS-EN 15232-1:2017: Energy Performance of Buildings. Energy performance of buildings. Part 1: Impact of Building Automation, Controls and Building Management. Modules M10-4,5,6,7,8,9,10. 2017.

²⁶ SFS-EN 50491 Series of European Standards - General requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES) and Building Automation and Control Systems (BACS)

²⁷ EN 50491-4-1:2012 Series of European Standards - General requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES) and Building Automation and Control Systems (BACS)

niissä tavallisten pistotulppien käytön, jotka eivät ole tarkoitettu etäohjattavaan käyttöön.”

Samoin standardissa mainitaan:

“tuotteet tai alajärjestelmät, jotka on kytketty tuotteisiin, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa ja jotka on tarkoitettu etäohjattaviksi yhden rakennuksen sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä, näille tuotteille on oltava paikalliset ohjauskeinot tai paikalliskeinot sallia/kieltää etäkäyttö.”

Tämänkaltaista ratkaisua voidaan käyttää kodinkoneiden, kuten silityspistorasian ohjauksessa. Pistorasia voidaan etäkytkä päältä pois, mutta sen toimintakuntoon palautus tapahtuu erillisellä painikkeella samasta tilasta missä pistorasia sijaitsee. Saman standardin mukaan mm. liesien etäohjaus tulisi rajata muutama metriin ja saman huoneen alueelle.

Jos saunan sähkökiuasta halutaan ohjata, se pitää toteuttaa standardin EN 60335-2-53:2011²⁸ mukaisten valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ohjeet edellyttävät yleensä, että saunan ovesa on kytkin, joka purkaa kauko-ohjauksen, kun ovi avataan.²⁹

Mitoitusohjeet

Kiinteistön sähköverkon mitoituksessa huipputehoa käytetään liittymän suuruuden (pääsulakkeiden) määrittelyssä. Määrittävänä tehona käytetään yhden tunnin keski-tehoa, jonka ylitystodennäköisyys on 1 %.

Huipputehon määrittelyyn on laskentaohje ST-kortiston kortissa ST13.31³⁰. Ohjeessa on annettu kokemusperäisiä, yksinkertaisia laskentamalleja, joilla voidaan määrittellä erityyppisten asuinrakennusten huipputeho tarvittavan sähköliittymän määrittämistä varten. Taulukossa (Taulukko 3.2) on omakotitaloille annettuja laskentamalleja.

²⁸ EN 60335-2-53:2011²⁸ Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-53: Particular requirements for sauna heating appliances and infrared cabins

²⁹ SFS6000-703:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-703: Erikoistilojen ja asennusten vaatimukset. Saunat

³⁰ ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähkötieto ry. 2018

Taulukko 3.1 Kokemusperäiset laskentamallit omakotitalolle asuinrakennuksen huipputehon P_H määrittämiseksi (ote ST13.31, taulukko 19. A =lämmitetty pinta-ala [m^2])

Omakotitalot	Huipputeho (tuntikeskiteho, ylitodennäköisyys 1 %) [kW]	Huomautuksia
Ei sähkölämmitystä, mutta sähkökuuas	$P_H=7,5 + 26 \times A/1000$	
Suora sähkölämmitys ja sähkökuuas	$P_H=7,5 + 64 \times A/1000$	käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
Suora sähkölämmitys	$P_H=7,5 + 49 \times A/1000$	käyttöveden lämmitys yöllä

ST31.31 kortissa on esitetty toisena mitoitusvaihtoehtona mitoitus **todellisen asennetun laitetehojen perusteella** ottaen huomioon se, miten laitteita ohjataan, milloin ne ovat päällä ja kuinka todennäköistä on laitteiden yhtäaikainen päällä olo.

Huipputehon mitoitus hetken (vuodenaika, viikonpäivä ja vuorokauden hetki) ajankohta joudutaan arvioimaan. Suomessa tämä useimmiten on oletettu olevan lämmityskaudella huippupakkasten aikaan. Asunnon varustelu- ja lämmitysratkaisut voivat aiheuttaa huipputehon ajoittumisen myös kesäaikaan.

Laskenta-ohjeessa todetaan samanaikaisuudesta:

”Samanaikaisuutta arvioitaessa pitää ottaa huomioon mm. sähkölaitteen käyttöaikasuhte eli kuinka suuren suhteellisen ajan vuorokaudesta, viikosta, kuukaudesta tai vuodesta laite on käytössä. Jos laitetta käytetään vähän, sen merkitys huipputeholle on vähäinen, eli yhteenlasketun ”kuormalajin” teho kerrotaan tällä arvioidulla asuinhuoneiston sisäisellä samanaikaisuuskertoimella, joka on määriteltävä suunnitteluvaiheessa aina tapauskohtaisesti sekä ”kuormituslajeittain”.

Laitetietojen perusteella tehtävä huipputehon mitoitus on ohjeessa määritetty

$$P_M = (P_{KK} \cdot k1) + (P_{SLK} \cdot k2) + (P_{VAL} \cdot k3) \quad (\text{kaava 1})$$

$k1$ = kojekuorman samanaikaisuuskerroin
 $k2$ = sähkölämpökuorman samanaikaisuuskerroin
 $k3$ = valaistusköormän samanaikaisuuskerroin
 P_M = yksittäisen asuinhuoneiston mitoittava teho
 P_{KK} = peruskuorma
 P_{SLK} = sähkölämpökuorma
 P_{val} = valaistusköorma

- *Peruskuorman* P_{kk} , joka sisältää kodinkoneet ja LVI-laitteet, suuruus määritellään huoneiston pinta-alan perusteella:

$$P_{kk} = 6 \text{ kW} + 20 \text{ W/m}^2 \cdot A_h \quad (\text{kaava 2})$$

$$A_h = \text{huoneiston pinta-ala [m}^2\text{]}$$

$$6 \text{ kW} = \text{huoneistokohtainen pohjakuormitus}$$

- *Valaistuskulut* P_{val} otetaan laskennassa huomioon kiinteällä teho/(rakennuksen pinta-ala) –arvolla, joka laskentamallissa on 9 W/m^2 .
- *Sähkölämpökuorman teho* P_{SLK} on eri lämmityskuormien tehojen summa sisältäen myös lämpimän käyttöveden lämmityslaitteen sähkötehon. Tässä tulisi myös ottaa mukaan lämpöpumppujen ja ilmanvaihdon lämmitysvastuksineen tarvitsemat sähkötehot. Sähkökiukaan tehosta huomioidaan laskelmassa vuorottelemattoman tehon osuus. Käytännössä ei kiukaan ole osatehoinen vaan osa lämmitystehosta kytkeytyy pois päältä kiukaan termostaatin ohjaustiedolla, mikäli kohteessa on toteutettu ns. kiuastrateily.

$$P_{SLK} = P_{LÄM} + P_{ALÄM} + P_{LVV} + P_{KEV} \quad (\text{kaava 3})$$

$$P_{LÄM} = \text{sähkölämmityksen yhteenlaskettu teho}$$

$$P_{ALÄM} = \text{autolämmityksen yhteenlaskettu teho}$$

$$P_{LVV} = \text{lämminvesivaraajan teho}$$

$$P_{KEV} = \text{kiukaan ei-vuoroteltu teho}$$

Laskentamallissa oleville tasauskertoimille (k1 ... k3) ei ole annettu mitään ohjeita, vaan niiden määrittäminen jää mitoittajan päätettäväksi. Koska pientalojen osalta on hyvin vähän seurantatietoa käytettävissä, voi kertoimien arviointi aiheuttaa epätarkoituksenmukaisia mitoituksia.

Sähköauton lataus

Sähköautojen latauksen toteutuksista on annettu ohjeita ST-kortissa ST51.90 Sähköautojen lataaminen ja latauspisteiden toteutus³¹.

Yksittäisen latauspisteen tehomitoitus, jonka mukaan tehdään syötön johtomitoitus, on ohjeen mukaan 2 kW. Tämä perustuu standardin mukaisten latausjärjestelmien vähimmäistoimintavirtaan (6 A) ja ryhmän tehohäviöihin. Autotyyppi vaikuttaa siihen,

³¹ Sähkötieto ry. ST51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2018

tehdäänkö lataus yksi- vai kolmivaiheisena. Tavoiteltu latausaika ja toimintasäde vaikuttavat siihen, kuinka suuri teho tarvitaan latauspisteessä. Tehontarve voidaan arvioida

$$P_{lataus} = r \times t_{lataus} \times n_{auto} \times 20 \text{ kWh}/100 \text{ km} \quad (\text{kaava 4})$$

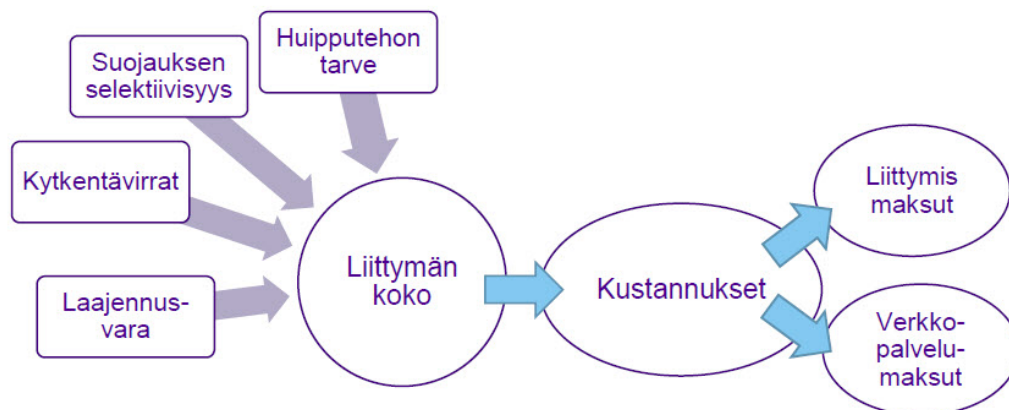
r = haluttu toimintasäde kertalatauksella [km]

t_{lataus} = latausaika [h]

n_{auto} = latauksessa samanaikaisesti olevien autojen lukumäärä

Liittymän koko

Kortin ST 13.31 laskentamalleissa huipputehon arvoa käytetään liittymän koon määrittämiseen, sekä myös kiinteistön sähköverkon, johtojen ja keskusten, mitoittamiseen. Kulutuspaikan pääsulakkeiden suuruus määrää liittymän ja kulutuspaikan koon. Asiakkaan liittymisjohto mitoitetään liittymän koon ja myös jakeluverkon muun rakenteen perusteella niin, että liittymispisteessä on suojausten toiminnan kannalta riittävän suuret oikosulkuvirrat.



Kuva 3.4 Liittymän pääsulakkeiden suuruuteen vaikuttavia tekijöitä.

Yleisesti pienin liittymäkoko on kolmivaiheisena 3x25 A, joka vastaa 17,25 kVA:n nimellistehoa (pätötehona n. 16,6 kW, jos $\cos\phi \approx 0,96$). Aiemmin pienissä huoneistoissa on käytetty myös yksivaiheisia 1x25 A tai 1x35 A:n liittymiä, jolloin huipputeho on n. 5,5 kW tai 8 kW. Kulutuspaikan liittymän kokoa (pääsulakkeita) ei voida pienentää

alle 25 A, vaikka kohteessa sähkönkulutusta ja huipputehoja vähennettäisiin. Liittymän sähköteho ei saisi myöskään edes hetkellisesti ylittää liittymän kokoa³².

Taulukossa (Taulukko 3.2) on esitetty esimerkkejä mitatuista tehoista esimerkkikohteissa tuntikeskitehon huippuaikoina.

Taulukko 3.2 Esimerkkikohteiden mitattuja suurimpia keskitehoarvoja. P_{h1h} on tuntikeskiteho, $P_{h15\ min}$ on vastaava tunnin 15 minuutin suurin keskiteho ja $P_{h1\ min}$ on vastaavan tunnin suurin yhden minuutin keskiteho.

Kohde (tehon esiintymisaika)	Pääsulakkeet	P_{h1h} [kW]	$P_{h15\ min}$ [kW]	$P_{h1\ min}$ [kW]
101 (20.3.2018 21:00-22:00)	3x25 A	15,1	19,1	21,8
102 (12.2.2018 19:00-20:00)	3x25 A	15,9	17,4	23,9
103 (24.2.2018 20:00-21:00)	3x25 A	10,1	11,8	15,3
104 (17.2.2018 19:00-20:00)	3x25 A	11,8	12,8	15,5
105 (23.1.2018 06:00-07:00)	3x25 A	8,0	8,7	8,7
106 (21.2.2018 05:00-06:00)	3x25 A	15,3	17,9	18,3

Tuntikeskitehosta ei voida päätellä hetkellisten tehojen suuruutta. Huomattavaa on myös, että kolmessa kohteessa jo 15 minuutin keskiteho ylittää liittymän koon.

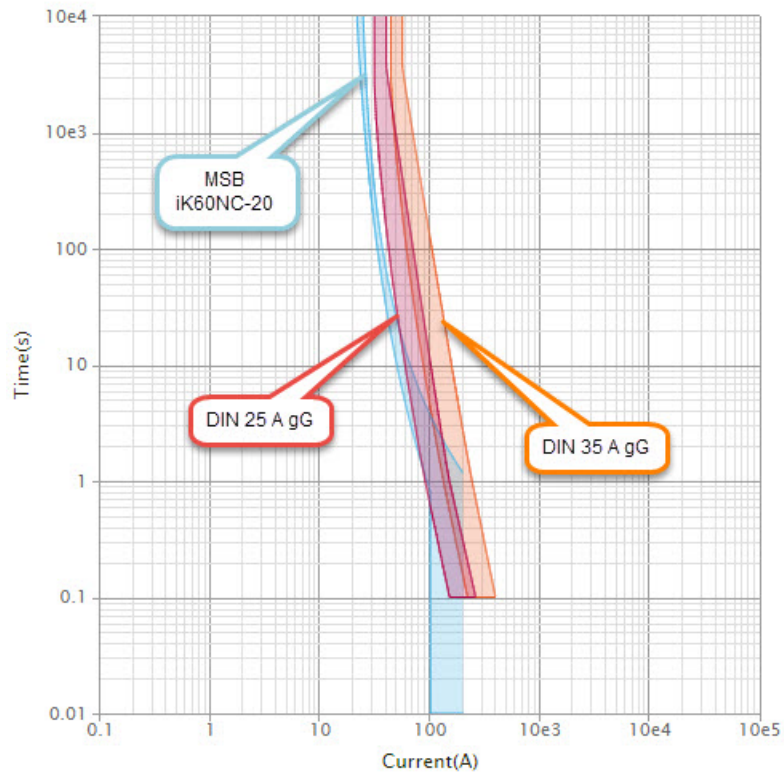
Koko liittymän huipputehon lisäksi yksittäisten laitteiden ryhmien suojaukset, sulakkeet tai johdonsuojakatkaisijat, vaikuttavat liittymän pääsulakkeiden valintaan. Suojauksen selektiivisyyden tavoitteena on, että vikatilanteissa laitteen oma suojalaite toimii, eikä aiheuteta koko kiinteistön sähkönsyötön katkeamista.

Laitteen nimellistehon lisäksi yksittäiset laitteet saattavat edellyttää käynnistysvirtojen vuoksi suurten suojalaitteiden käyttöä ryhmäjohtossa, jolloin liittymää joudutaan suurentamaan.

Esimerkki:

Lämpöpumpulle edellytetään 3x20 A:n suojalaitetta (johdonsuojakatkaisija, C-käyrä). Kuvassa (Kuva 3.5) on esitetty suojalaitteen selektiivisyydestä tarkastelu, jos pääsulakkeina on 3x25 A:n tai 3x35 A:n gG-sulakkeet. Toiminta-aikakäyrät sijoittuvat osin päällekkäin ja suojaus on selektiivinen vain n. 43 A:n (3x25 A:n sulake) tai 97 A:n (3x35 A:n sulake) vikavirroille asti. Täysi selektiivisyys saadaan vasta, jos liittymän pääsulakkeet ovat 3x63 A.

³² Kari Tappura, ohjausryhmä 2.11.2018



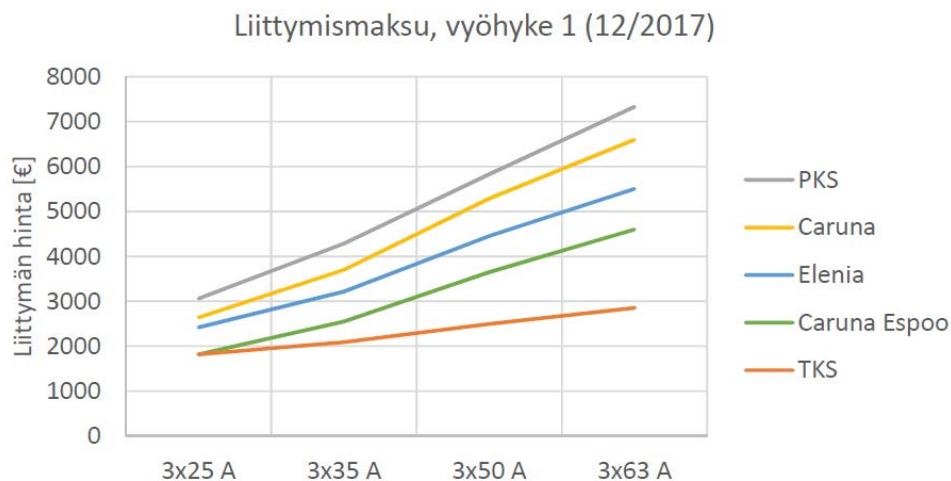
Lähde: Schneider Electric Check discrimination -tool

Kuva 3.5 Esimerkki 20 A C-tyyppin johdonsuojakatkaisijan ja 3x25 A:n ja 3x35 A:n sulakkeiden toiminta-aikakäyristä. Suojaus on osittain selektiivinen.

4 Tehon vaikutus kustannuksiin ja sähkön laatuun

4.1 Liittymiskustannukset

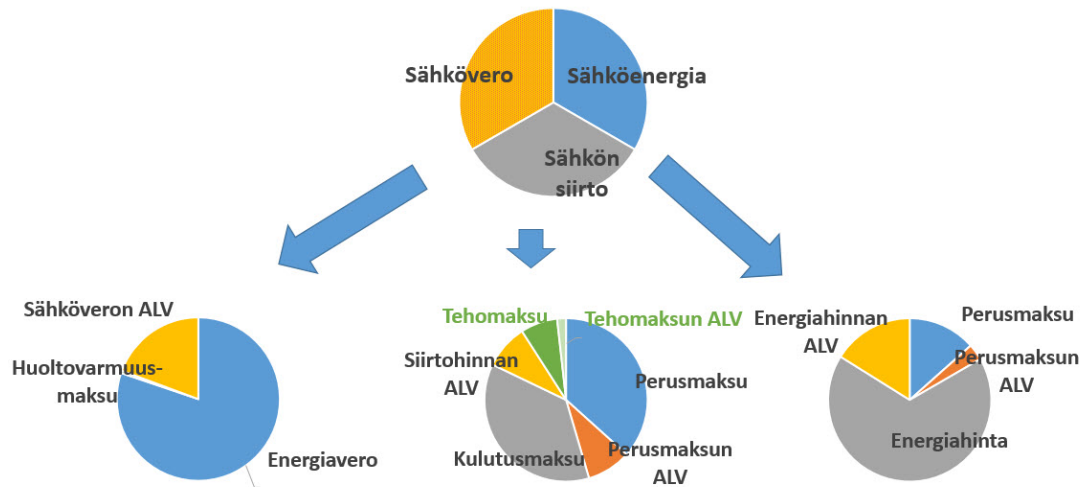
Eri verkkoyhtiöiden hinnoitteluissa on suuria eroja siinä, miten liittymän koko (pääsulakkeet) vaikuttavat liittymiskustannuksiin. Hinnoitteluun vaikuttaa verkkoyhtiön toimintaympäristö ja sen aiheuttamat verkon kustannukset. Kuvassa (Kuva 4.1) on esitetty esimerkkejä liittymismaksun suuruudesta ja liittymäkoon vaikutusta. Vertailussa mukana olevissa yhtiöissä 3x35 A:n liittymän hinta on 15 - 40 % kalliimpi kuin 3x25 A:n liittymään.



Kuva 4.1 Liittymismaksujen vertailu neljän verkkoyhtiön alueella.

4.2 Sähkön kuluttajahinnan muodostuminen

Kuluttajan sähkön hinta muodostuu sähkön siirron hinnasta (verkkopalvelumaksu), sähköenergian hinnasta ja sähköverosta. Sähkön kulutuksen hetkittäiset huipputehot tai miten sähköä käytetään eivät vaikuta tällä hetkellä pieniasiakkaan sähkön hinnoitteluun. Sähkön kokonaishinnan muodostuminen komponenteittain on esitetty kuvassa (Kuva 4.2).



Kuva 4.2 Sähkön kuluttajahinnan muodostuminen komponenteittain

Sähkövero, jonka sähköverkkoyhtiö laskuttaa sähkön siirron laskituksen yhteydessä, koostuu energiaverosta, huoltovarmuusmaksusta ja arvonlisäverosta. Sähköveroluokassa I, johon pientaloasukkaat käytännössä kuuluvat, sähkövero on yhteensä 2,79 c/kWh (2018).

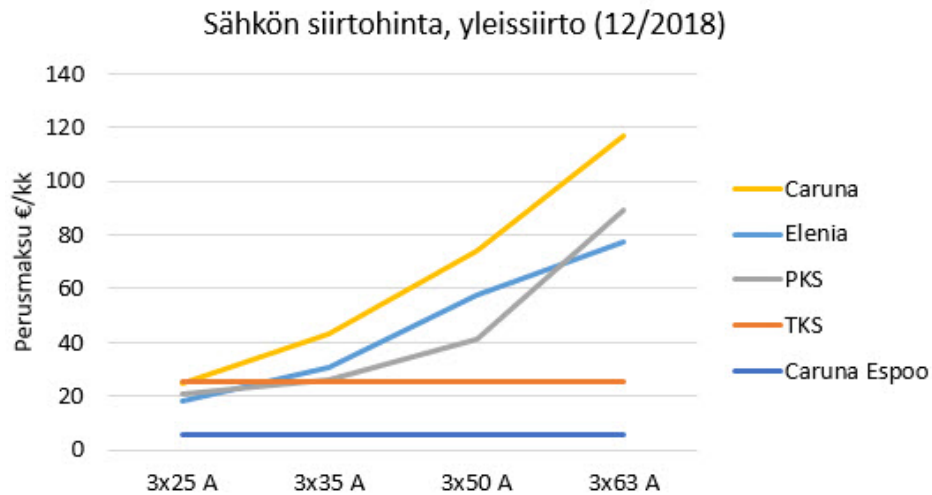
Verkkopalvelumaksu

Sähkön siirtomaksuun eli verkkopalvelumaksuun vaikuttaa kohteeseen valittu siirtotariffi, joka yleisesti koostuu

- perusmaksusta (€/kk)
- kulutusmaksusta (c/kWh)
- mahdollisesta tehomaksusta (€/kW)
- arvonlisäveroista.

Nykyisin laajasti käytössä olevissa siirtotariffeissa (yleistariffi) kulutuksesta riippuva sähkön hinta määräytyy käytetyn energiamäärän mukaan, vaikka sähköverkon mitoitus ja suurin osa kustannuksista syntyy huippukulutuksen perusteella. Lisäksi on perusmaksu, jonka suuruuteen voi vaikuttaa liittymän pääsulakkeiden koko. Sähkön siirtohinnoissa on suuria eroja eri verkkoyhtiöiden välillä siinä, miten hinnoissa otetaan mukaan liittymän koko. Tähän vaikuttaa osalta verkkoyhtiön toimintaympäristö (mm. kaupunki/haja-asutusalueen verkkoyhtiö) ja verkkorakenne, joilla on vaikutusta kus-

tannusperusteisesti määritettyyn siirtohinnaan. Kuvassa (Kuva 4.3) on esitetty yleissiirron perusmaksujen suuruuksia (€/kk). Sähkön siirron kustannus perusmaksun osalta 3x35 A ja 3x25 A välillä voi vaihdella esimerkkiverkkoyhtiöiden alueilla siis 0 - 221 €/a yleissiirtohinnoilla. Tähän myös vaikuttaa verkkoyhtiön toimintaympäristö. Haja-asutusalueella yksittäisen asiakkaan aiheuttamat kustannukset ovat suuremmat kuin kaupunkialueilla.



Kuva 4.3 Sähkön siirtohinnan perusmaksujen vertailu. Yleissiirto.

Suomessa on laajasti keskusteltu siirtymisestä tehopohjaiseen hinnoitteluun myös pienasiakkailla ja kolme sähköverkkoyhtiötä on jo ottanut tällaisen käyttöön. Kustannusvastaavimmaksi ja parhaiten pienasiakkaiden tehopohjaiseksi hinnoitteluksi soveltuvaksi tariffirakenteeksi on todettu pienasiakkaan tehotariffi, jossa osa perusmaksusta ja kulutusmaksusta on korvattu näiden rinnalle tuotavalla tehomaksulla ³³

Taulukossa (Taulukko 4.1) on esimerkki yhdestä tehopohjaisesta hinnoittelusta.

³³ Honkapuro, et. Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset. 2017

Taulukko 4.1 Esimerkki tehoinnoittelusta. Helen sähköverkko hinnasto 7/2018

Aikasiirto	alv 0%	alv 24 %	
Perusmaksu €/kk	14,11	17,50	Päiväsiirron hinta on voimassa kaikkina päivinä klo 7-22.
Tehomaksu €/kW,kk	1,28	1,59	Yösiirron hinta on voimassa muina aikoina. Tehomaksu määräytyy joka kuukauden kolmanneksi suurimman mitatun tunnin keskitehon mukaan. Yöajan tehosta huomioidaan laskutuksessa 80 %. Suurin sallittu pääsulakekoko on 80 A
Päiväsiirto c/kWh	2,09	2,59	
Yösiirto c/kWh	1,09	1,35	

Sähköenergian kustannukset

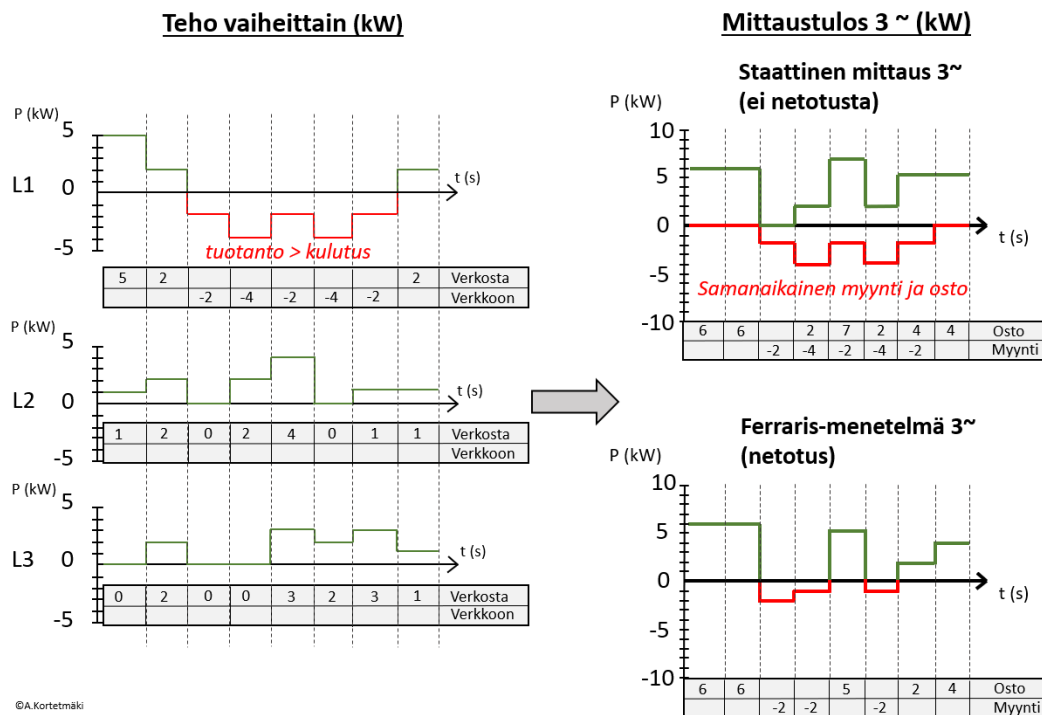
Sähköenergiasta laskuttaa sähkön myyjä, jonka kuluttaja voi kilpailuttaa. Sähköenergian hinta koostuu perusmaksusta ja kulutetun energian määrästä riippuvasta hinnasta sekä näiden arvonlisäveroista. Energimaksu voi olla vakio tai ajan mukaan vaihteleva samoin kuin siirtotariffeissakin, mutta nykyään on tarjolla myös sähkön markkinahintaan perustuvia sopimuksia (esim. ”pörssisähkö” tai ”tuntisähkö”). Sähkön markkinahintaan perustuvassa sopimuksessa tuntikohtainen sähkön hinta määräytyy Suomen aluehinnan mukaan sähköpörssi Nord Poolissa, johon lisätään yhtiön marginaali ja arvonlisävero. Jatkossa, 18.12.2020 mennessä, kaupallisena yksikkönä on 15 min energia, ja tehon osalta 15 minuutin energiasta muodostettu teho.

4.3 Sähkön mittaustavan vaikutus

Pientalon sähkön kulutus tai mahdollinen verkkoon myynti mitataan pääasiassa etäluettavilla sähkömittareilla. Jokaisen vaiheen kulutus tai verkkoon siirto mitataan erikseen, mutta siinä, miten tieto rekisteröidään ja lähetetään verkkoyhtiölle, on eroja eri mittareiden välillä. Mittaustiedon rekisteröinnillä on merkitystä silloin, jos kohteessa on omatuotantoa, jota myös myydään verkkoon päin.

Vaihenetotuksessa (Ferraris-menetelmä) samanaikaiset ostot ja myynnit summataan vaiheiden välillä ja kuluttaja joutuu maksamaan ainoastaan hetkellisten kulutusten ja verkkoon myyntien erotuksen tai saa korvauksen verkkoon myynnistä, jos tuotanto ylittää kulutuksen. Rekisteröity tunnin huipputeho (verkosta otto) saadaan keskiarvona vaiheiden hetkellisistä summakulutuksista, joista on vähennetty hetkelliset verkkoon siirrot.

Ei-vaihenetotuksessa (staattinen mittaus) jokaisen vaiheen kulutus ja verkkoon siirto rekisteröidään erikseen. Kukin vaihe joko kuluttaa tai siirtää energiaa verkkoon ja suunta voi olla eri vaiheilla samanaikaisesti eri. Vaihekohtaiset hetkelliset kulutukset tai verkkoon siirrot rekisteröidään siten, että kulutukset lasketaan yhteen yhdeksi energiamääräksi ja verkkoon siirrot toiseksi. Tunnin huipputeho saadaan keskiarvona vaiheittaisista kulutuksista, joista on vaiheittain vähennetty hetkelliset verkkoon siirrot. Ilman vaihenetotusta mitattu huipputeho on aina suurempi kuin vaihenetotettu huipputeho, jos tunnin aikana on ollut verkkoon siirtoa.



Kuva 4.4. Mittausmenetelmien periaatteiden vertailu. Lähde (Kortetmäki, 2018)

4.4 Sähkön kustannukset tulevaisuudessa

Sähkön hinnoittelussa on näköpiirissä useita muutoksia. Sähköenergian tuotantorakenteen muutos tulee aiheuttamaan suuria hintavaihteluja ja sähkön käyttöhetkellä voi olla yhä suurempi merkitys hintaan. Tuntihinnoitelluissa sähköenergian hinnoissa on ollut hetkellisesti jopa negatiivisia sähkön hintoja.

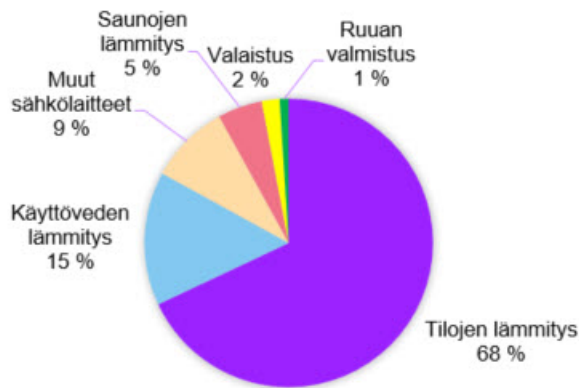
Siirtomaksujen tehomaksut lisäävät niiden kohteiden kustannuksia, joissa huipputeho on suuri suhteessa kulutettuun energiaan. Toisaalta tällöin kuluttajalla on omalla toiminnallaan mahdollisuus vaikuttaa tehomaksun suuruuteen.

Nykyisin sähkönjakelun hinnoittelu perustuu perusmaksun lisäksi verkossa siirrettävään energiaan, vaikka verkon kustannukset riippuvat merkittävästi verkon tehohuipusta, joiden perusteella verkko pitää mitoittaa. Asiakkaan verkosta ottamaan tehoon perustuva maksukomponentti onkin perusteltua erityisesti kustannusvastaavuuden ja ohjaavuuden näkökulmasta. Se lisää myös mm. asiakkaan mahdollisuuksia vaikuttaa omaan verkkopalvelumaksuunsa, sekä vähentää nykyisten tariffirakenteiden pohjalta syntyvää eri asiakkaiden välillä tapahtuvaa ristisubventiota. Tehoon perustuvan maksukomponentin sisältävä tehotariffi on jo nykyisin käytössä suuremmilla keski- ja pienjänniteverkkoon kytkeytyvillä asiakkailla. Tehomaksun määräytymisperusteena käytettävä teho voi verkkoyhtiöstä riippuen olla esim. liukuva 12 kk:n suurin mitattu tuntiteho, liukuva 12 kk:n kolmen suurimman mitatun tuntitehon keskiarvo tai kuukausittain mitattu suurin tuntiteho. Pääosin käytössä olevat tuntienergiaa mittaavat etäluettavat sähkömittarit mahdollistavat tämän tariffirakenteen käytännön toteutuksen myös pienillä asiakkailla. Pienasiakkaiden osalta siihen voidaan siirtyä lisäämällä nykyiseen tariffirakenteeseen tehoon pohjautuva maksukomponentti ja kasvattamalla vähitellen tehomaksun osuutta, ja vastaavasti pienentämällä perus- ja energiamaksuja. Tällä hetkellä jo kolme jakeluverkkoyhtiötä on ottanut pienasiakkaalle tarjolla olevan tehomaksun sisältävä siirtotariffin käyttöön.³⁴

³⁴ Honkapuro, et. Jakeluverkon tariffirakenteen kehittymismahdollisuudet ja vaikutukset. 2017

5 Tehoprofiilin muodostuminen

Asuinkiinteistöissä lämmityksen ja lämpimän käyttöveden osuus on noin $\frac{3}{4}$ koko energian kulutuksesta. Lämmitysratkaisuilla on myös suuri vaikutus tehotarpeeseen.



Kuva 5.1 Asumisen energiankulutus 2017. Lähde (Tilastokeskus, 2017)

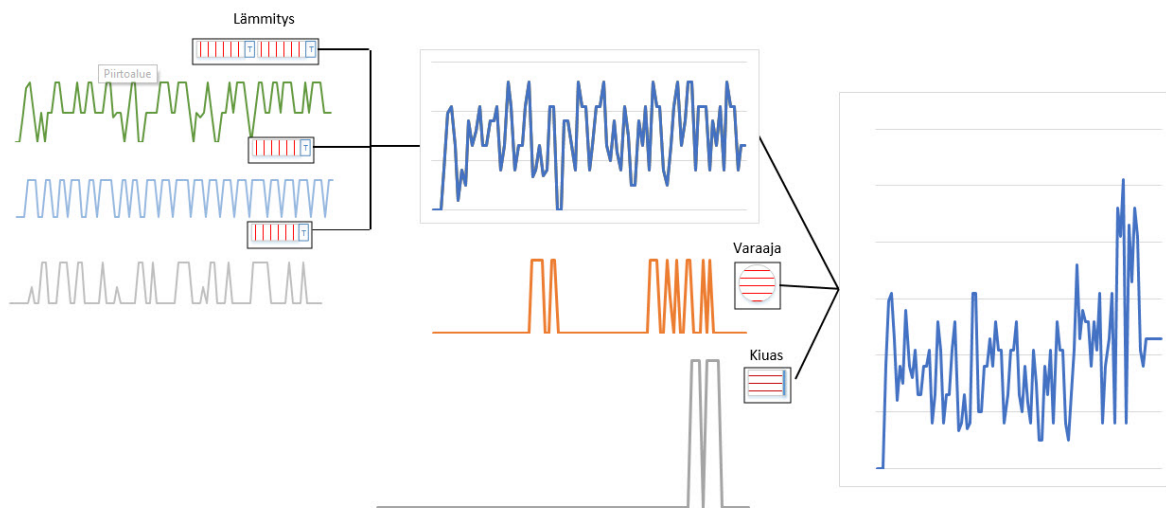
Toisaalta kodeissa on sähkölaitteita, joiden käyttöaika ja energiankulutus vuodessa ei ole suuri, mutta niiden nimellistehot ovat suuria, kuten sähkökiukaalla. Asuinkiinteistön huipputeho ja tehon käyttöprofiiliin keskeisesti vaikuttavia laiteryhmiä ovat:

- lämmitysjärjestelmä
- lämmin käyttövesi
- ilmanvaihtoratkaisu
- saunan kiuas
- kodinkoneet
- valaistus
- auton lämmitys ja lataus
- muut sähkölaitteet.

Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden tehovaikutus on lämpötilariippuvaa, kun muiden laiteryhmiä käyttö liittyy pääosin käyttäjien määrään, sekä heidän päivä- ja viikkorytmiinsä. Kokonaisteho muodostuu laitteiden nimellistehojen, ohjaus- ja säätöratkaisuu-

jen ja käyttöajankohtien yhteisvaikutuksesta. Esimerkiksi sähköliesi on suuri nimellisteholtaan, n. 10 kW, mutta siinä on harvoin käytössä kaikki levyt ja uuni samanaikaisesti.

Kuvassa (Kuva 5.2) on esitetty periaatteellinen esimerkki tehojen summautumisesta silloin, kun laitteiden päällä oloa ohjaa niiden oma termostaatti tai muu laitekohtainen ohjaus.

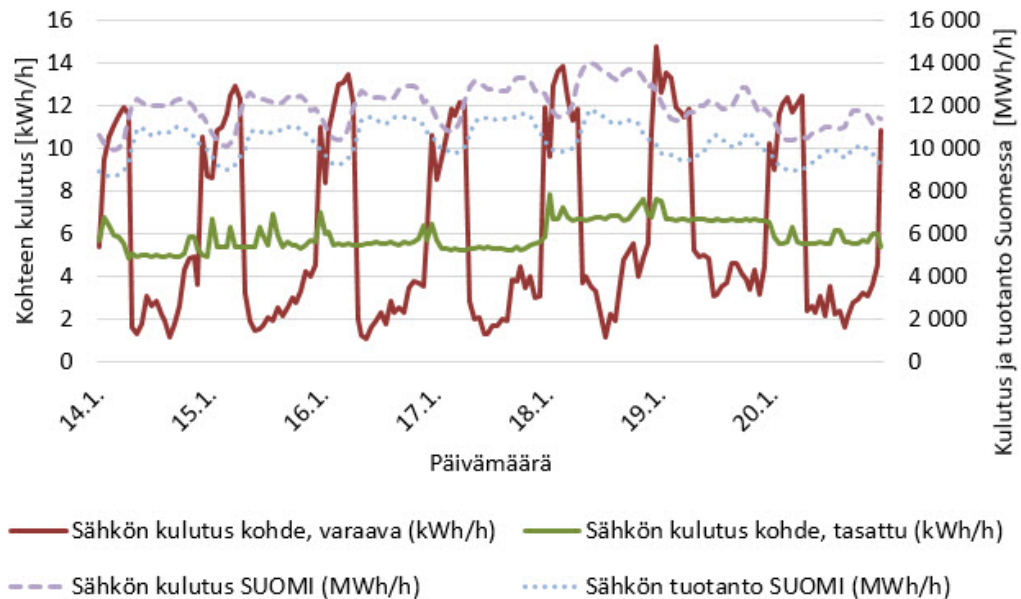


Kuva 5.2 Esimerkki kokonaistehon muodostumisesta erilaisista laiteprofileista.

5.1 Lämmitysratkaisut

Erilaisissa lämmitysratkaisuissa lämmitysjärjestelmän laitetehot määräytyvät omista lähtökohdistaan, jolloin niiden sähköteho vaikutuksia ei voida päätellä pelkästään lämmitysenergian tarpeen tai kulutuksen kokonaismäärän perusteella. Laitetehtojen lisäksi ohjausratkaisuilla on suuri merkitys siihen, millaiseksi kohteen kokonaisteho muodostuu.

Kuvassa (Kuva 5.3) on esimerkki osittain varaavan sähkölämmityksen ja vastaavan jatkuvatoimisen lämmityksen aiheuttamasta tehoprofiilista. Varaavassa lämmityksessä on sähkön hintatiedon perusteella (kaksiaikatariffi) ohjattu lämmitystä päälle yöaikaan. Jatkuvatoimisena kohteen huipputeho pienenee. Samalla kuitenkin kuluusta siirtyy ajankohtaan, jolloin verkossa voi olla muutoinkin huippukulutustilanne.



Kuva 5.3 Esimerkki varaavan ja jatkuvatoimisen sähkölämmityksen tehoprofiilista (tuntimittaus). Muuttamalla varaava lämmitys jatkuvatoimiseksi pienennetään kohteen huipputehoa n. 15 kW:sta 7,8 kW:iin.

Seuraavassa tarkastellaan eri lämmitysratkaisujen sähkötehoprofiilien muodostumista ja laitemitoitusten vaikutusta sähkötehon käyttöön. Tehoprofiilit ovat esimerkinomaisia ja niillä pyritään kuvaamaan tehotarpeeseen vaikuttavia näkökulmia.

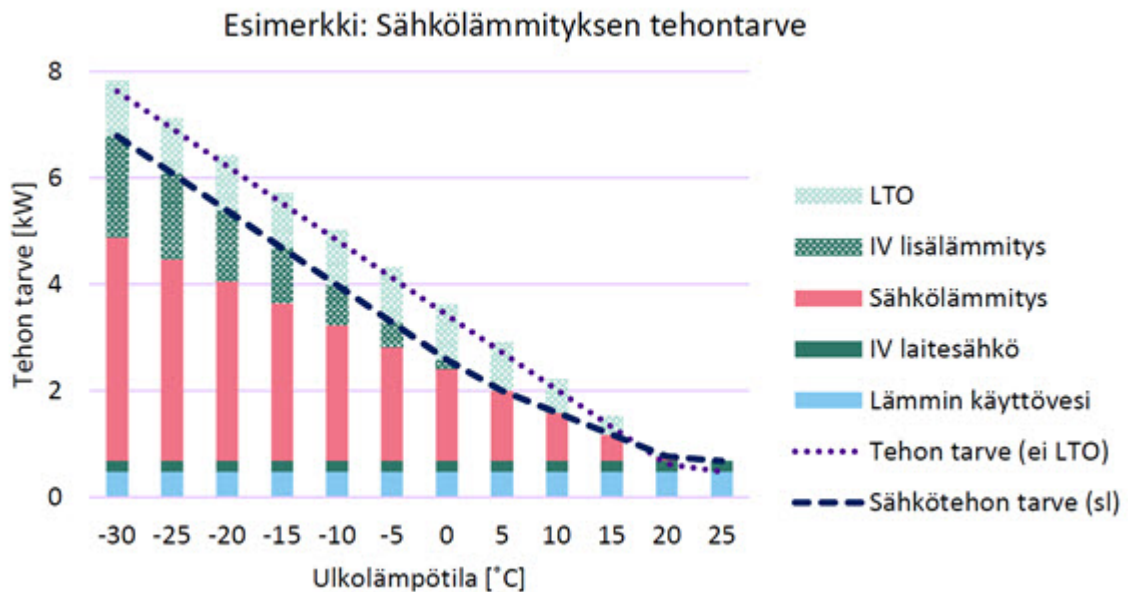
Lämmitysjärjestelmien tehorajoitus voi perustua lämmityslaitteen sähkön syötön päälle- poisohjaukseen kontaktorein, termostaattien lämpötilan muutosohjauksiin tai laitteissa itsessään oleviin sisäisiin ohjauksiin, jotka toimivat ohjaukskäskyjen perusteella.

5.1.1 Sähkölämmitys

Sähkölämmityskohteissa lämmityksen tehotarve muodostuu tilojen johtumishäviöistä rakenteiden läpi, vuotoilmanvaihdon lämpöhäviöistä, ilmanvaihdon lämmitystarpeista sekä lämpimän käyttöveden lämmitystehosta. Kuvassa (Kuva 5.4) on esitetty jatkuvatoimisen lämmityksen laskennallinen lämmitystehontarve esimerkkikohteessa (simu-

lointikohde 1) eri ulkoilman lämpötiloilla, kun ilmanvaihto on varustettu lämmön talteenotolla. Lämpimän käyttöveden lämmitysteho määräytyy varaajan tehon perusteella. Kuvan tapauksessa vettä lämmitettäisiin jatkuvana lämmityksenä.

Huonekohtaisissa sähkölämmityksissä lämmitystehon suuruuden lähtökohtana on lämmitystehon tarve. Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen, lämpöhäviöiden pienentäminen tai ilmanvaihtojärjestelmän tehokas talteenotto vähentävät suoraan tehon tarvetta. Nykyinen E-lukulaskenta ja energiamuotokertoimet aiheuttavan sen, että sähkölämmitteiset talot ovat pieniä ja hyvin eristettyjä, jolloin niiden tarvitsema sähköteho on myös pieni.



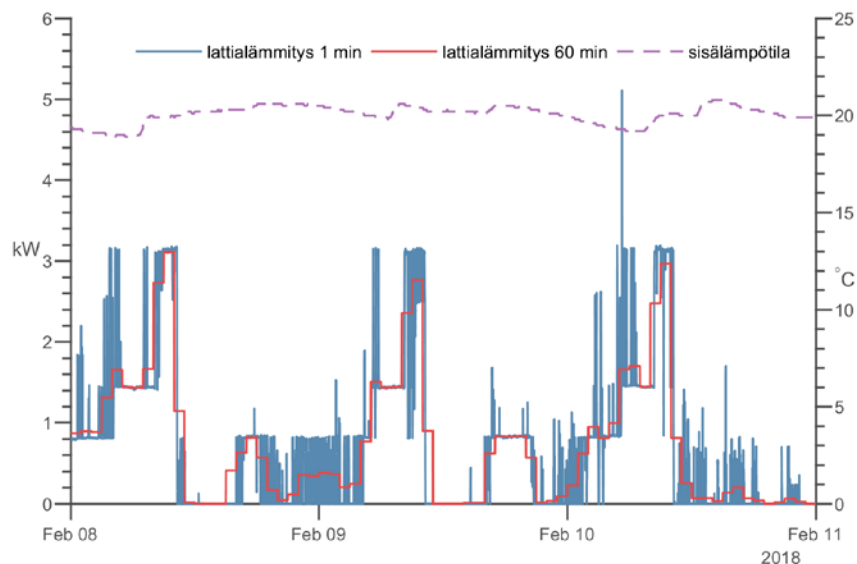
Kuva 5.4 Sähkölämmitysratkaisun tehontarve. (Esimerkkikohde A_{netto} 125 m²). LTO-osa kuvastaa ilmanvaihdon lämmön talteenoton vaikutusta tehotarvetta pienentävästi.

Sähkölämmitysjärjestelmän asennettavaan sähkötehoon ja tehoprofiiliin vaikuttaa se, halutaanko järjestelmässä käytettävän varaavuutta, eli lämmitetäänkö hyödyntäen eri vuorokaudenaikojen sähkön hinnan muutoksia, vai toimiiko lämmitys jatkuvatoimisena. Lämmityksen säätötavalla vaikutetaan siihen, miten ja kuinka nopeasti lämmitys reagoi muihin lämmönlähteisiin sekä lämmöntarpeen muutokseen.

Jatkuvatoimisessa sähkölämmityksessä jokaisen huonetilan lämmitin valitaan tilan lämpöhäviön perusteella ($P_{\text{laite}} > 1,1 \dots 1,2 \times P_{\text{mitoitusteho}}$). Lämmityksen kokonaisteho

siis muodostuu suoraan rakennusten lämpöhäviöiden pohjalta. Lämmitinlaitteina käytetään sähköpattereita tai kevytrakenteisiin lattioihin asennettuja lattialämmityksiä. Koska lämmitysteho on jakautunut moneen omalla termostaatillaan ohjautuvaan lämmittimeen, on päälle kytkeytyneenä samanaikaisesti lämmitystarpeen mukainen teho. Sääto myös ottaa huomioon muut tilaa lämmittävät laitteet, kuten liedet ja uunit. Mikäli jatkuvatoimiselle sähkölämmitykselle tehdään lämpötilan muuttamiseen perustuva ohjaus (kotona-poissa), voivat kaikki lämmityslaitteet kytkeytyä päälle samanaikaisesti lämpötilan nostohetkellä, mikä voi nostaa rakennuksen huipputehoa merkittävästi.

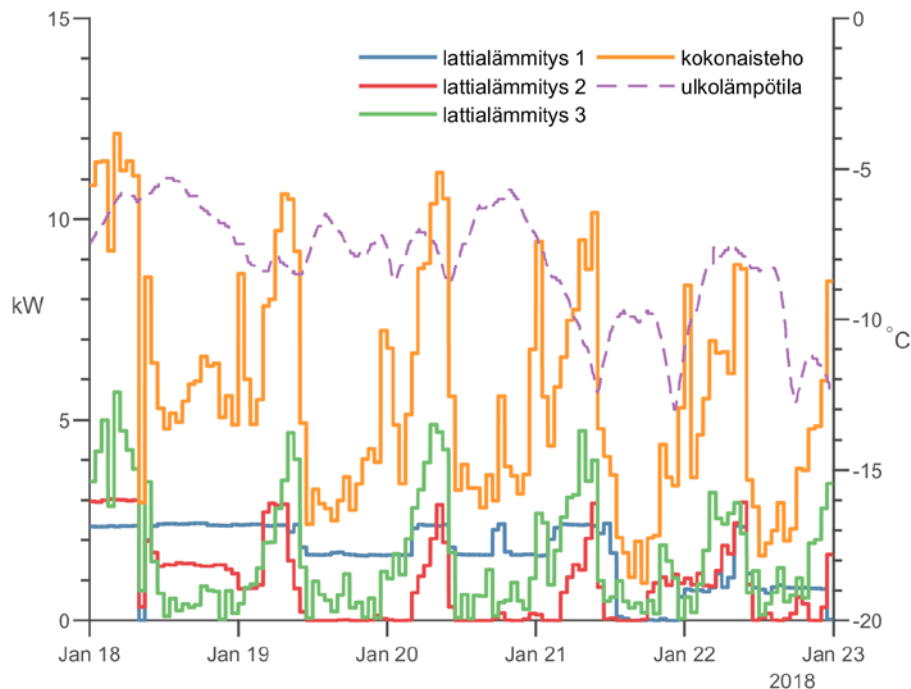
Sähkölämmitykseen syntyy varaavuutta, mikäli lämmityslaite sijoitetaan lämpöä varaavaan rakenteeseen. Tavanomaisin ratkaisu on lattialämmitys, jossa lämmityskaapeli on sijoitettu betoniseen lattiarakenteeseen. Lämmitystehon mitoituksen perustana on tilan lämmitystehon tarve (lämpöhäviöt). Asennustehoon vaikuttavat varausajan pituus (h/vrk), haluttu varausaste sekä lämmityksen säätötapa (huonelämpötila, lattialämpötila vai molemmat). Siihen vaikuttaa myös valitun lämmityskaapelin metriteho (W/m). Mikäli käytetään suuritehoisia (esim. 20 W/m) lämmityskaapeleita ja halutaan tasainen lattian lämpötila, asennusteho voi nousta tarpeettoman suureksi.



Kuva 5.5 Esimerkki sähkölämmitysrhmän tehoprofiilista. Ryhmässä kolmen eri tilan lämmitys. Osittain varaava lattialämmitys, asennusteho yhteensä 3,2 kW

Lämmityksen epäjatkua ohjaus aiheuttaa lämmityksen tehotarpeen suuremmaksi lämmitysjaksona, joka voidaan kuitenkin ajoittaa ajankohtiin, jolloin ei muuta kuormitusta ole.

Kuvassa (Kuva 5.6) on esimerkki kolmen osittain varaavan lattialämmitysryhmän tuntitehoprofiilista sekä kiinteistön kokonaiskulutuksesta. Lämmitys ja koko kiinteistön huipputehot on siirretty ohjauksella yöajalle.



Kuva 5.6 Esimerkki aikaohjatusta lattialämmityksestä. Varausaika on ohjattu ensisijaisesti aamuyön aikaan ja veden lämmitys iltayöhön.

Lattialämmityksessä varaavuuteen vaikuttavat se, millaisia lämpötilan muutoksia lattiarakenteessa ja huonelämpötilassa sallitaan lämmityksen ohjauksella, sekä millainen on lattianpinnoite.

Osittain varaavassa lämmityksessä pyritään saamaan varausaikana lämpöä varattua rakenteeseen ja tarvittaessa huonelämpötilan laskiessa muuna aikana kytetään lämmitystä päälle. Tämä edellyttää, että varausaikana ohjausjärjestelmä sallii huonelämpötilan nousun yli asetteluarvon tai ei-varausaikana termostaatin asetteluarvoa alennetaan (lämpötilan pudotus). Eri huonetilojen lämmitysten ohjauksilla voidaan tehdä tehovuorottelua pienentämään koko kiinteistön huipputehoa.

5.1.1.1 Sähkölämmityksen ohjaus

Sähkölämmityksen säädössä käytetään laite- tai huonekohtaisia termostaatteja, jolloin kunakin hetkenä on päällä vain kunkin tilan lämmitystarpeen mukainen lämmitys. Lämpötilan säädön lisäksi termostaateissa voi olla lämpötilan pudotus -ominaisuus keskitetyllä ohjauksella (kello, kytkin, ohjausjärjestelmä). EcoDesign -vaatimusten ³⁵ mukaan lattialämmitystermostaateissa tulee 1.1.2018 jälkeen olla:

”viikkokelloajastin ja lisäksi yksi seuraavista ominaisuuksista: avoimen ikkunan tunnistin, etäohjaus (esim. älypuhelimella) tai mukautuva käynnistyksen ohjaus eli käytännössä viikkokelloajastimen ohjaus siten, että tiettyinä aikoina on tilassa haluttu lämpötila.”

Uusissa kohteissa sähkölämmityksen teho-ohjaus tulee toteuttaa termostaattien ohjauksikäskyjen kautta eikä sähköön syötön päälle-poisohjauksella, jotta termostaattien toiminnot pysyvät ajantasalla.

Lämmitystehojen ohjaus olemassa olevissa kohteissa perustuu keskuksissa oleviin ohjaukskytkentöihin tai erillisiin ohjausjärjestelmiin. Nämä ohjaukset tyypillisesti perustuvat ryhmittäin tapahtuvaan syötön katkaisuun kontaktorein. Näistä yleisin on ns. SLY-kytkentä. Sähkölämmityksillä on ollut 1970-luvulta lähtien ensin sähköyhtiökohtaisia ja sen jälkeen vakioituja ohjeita ohjaukskytkennöistä. Sähköenergiamittareiden kautta on saatu tieto sähköön hinnoittelusta (”yösähkö”) sekä myös mahdollisesti tehorojoitustarve verkkoyhtiöltä. Näiden ohjaustietojen perusteella vakioidussa kytkennöissä on ohjattu lämmityksiä halvemman sähkönhinnan aikoihin vuorokaudessa. Tehorojoitusohjaus on mahdollistanut verkkoyhtiöille kytkeä pois sähköntoimitusehtojen mukaisesti lämmityskuormia kokonaan tai osittain. Vakiokytkentä on myös rajoittanut sähkölämmityskohteissa huipputehoja ja verkon kapasiteettitarvetta ns. kiuasristeilyllä, jossa sähkökiukaan teho vuorottelee lämmitystehon kanssa.

SLY-kytkennästä on erillinen kuvaus tausta-aineistossa ([linkki](#)).

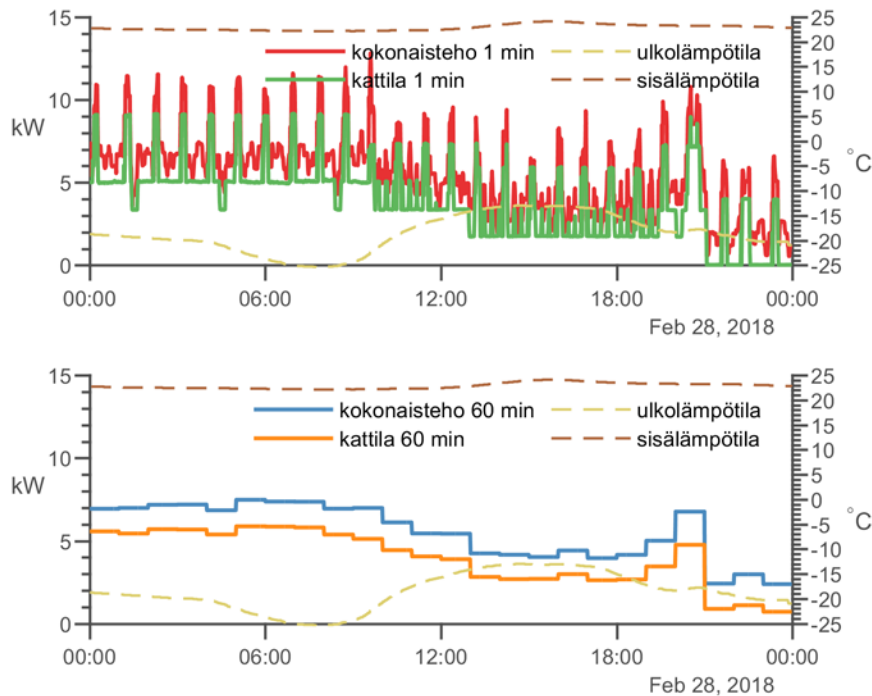
³⁵ Ekosuunnittelu.info. Paikalliset tilalämmittimet. 2018

5.1.2 Sähkökattilat ja sähköinen varaajalämmitys (vesikiertoinen sähkölämmitys)

Sähköä käytetään myös vesikiertoisten lämmitysten lämmönlähteenä. Tyypillisimmät vaihtoehdot ovat varaavat lämmitykset käyttäen suuria vesivaraajia (1-2 m³) tai jatkuvatoimisia sähkökattiloita. Kuvassa (Kuva 5.7) on esimerkki sähkökattilaosaston tehoprofiilista.

Lämmitykseen käytetään suuria vastustehoja, joita ohjataan päälle tai pois. Huonetilan lämmöntarve ei välittömästi vaikuta lämmityksen päälle kytkeytymiseen, jolloin muu kulutus ei välittömästi vaikuta tehon tarpeeseen.

Suuret varaajat mahdollistavat lämmön varastoinnin ja lämmitysajankohdan ajoittamisen vuorokaudessa edullisimpiin ajankohtiin. Lämmityksen aikana lämmitysteho on saattaa olla kuitenkin kaksinkertainen lämmöntarpeeseen verrattuna. Varaajalämmityksissä on käytetty tehorajoituksena kiuasristeilykytkentöjä. Sähkökattilalämmityksissä voidaan myös ohjauskytkennöillä rajoittaa vastusten päälle kytkeytymistä samanaikaisesti muun suuren kulutuksen kanssa.

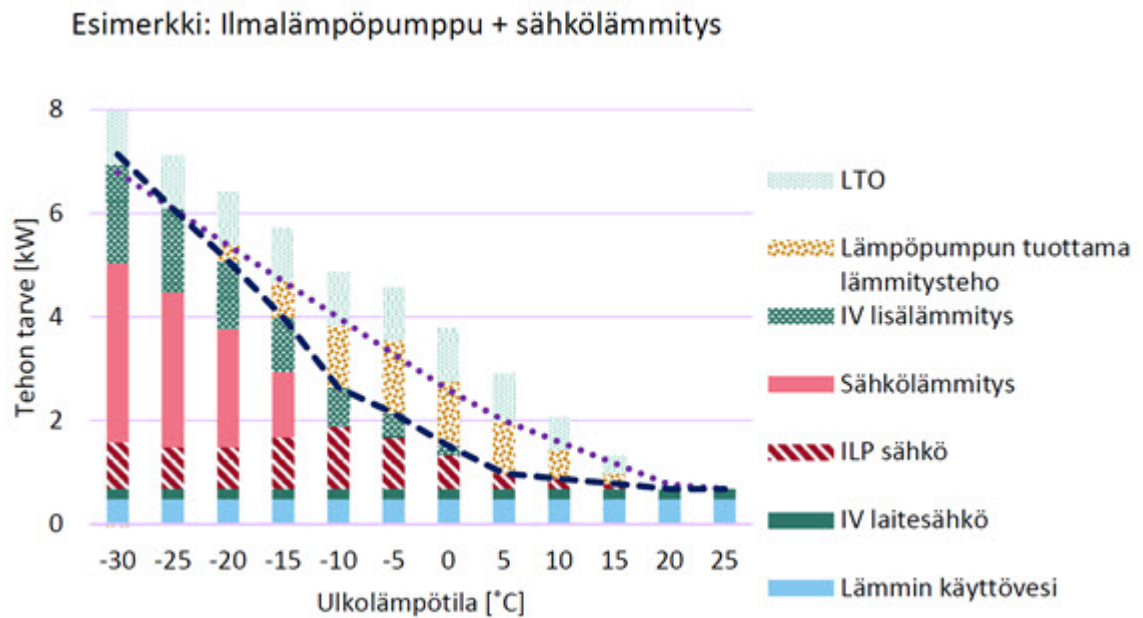


Kuva 5.7 Esimerkki sähkökattilalämmitysohjauksen tehoprofiilista

5.1.3 Sähkölämmitys ja ilmalämpöpumppu

Sähkölämmityskohteissa saadaan vuotuista sähkönkulutusta alennettua lisäämällä kohteeseen ilmalämpöpumppu. Ilmalämpöpumpun tuottama lämmitysteho vaihtelee eri ulkolämpötiloilla ja kylmimpiin aikoihin se ei juurikaan pysty tuottamaan lisälämmitystä.

Kuvassa (Kuva 5.8) on esitetty periaatteellinen esimerkki tehotarvejakaumasta eri ulkolämpötiloilla, kun käytössä on sekä sähkölämmitys että ilmalämpöpumppu. Eri kohteissa lämpöpumpun sijoituspaikka ja ilman kierto eri tiloissa vaikuttavat hyödyksi saatavaan tehoon pienentävästi. Lämpöpumpun tuottama hyötyenergia pienentää muun lämmityksen tehontarvetta, ja energiatarvetta, $-15 \dots 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$:een välillä.



Kuva 5.8 Laskennallinen sähkötehon tarve sähkölämmitys + ilmalämpöpumppuratkaisussa. (Esimerkkikohde $A_{\text{netto}} 125 \text{ m}^2$)

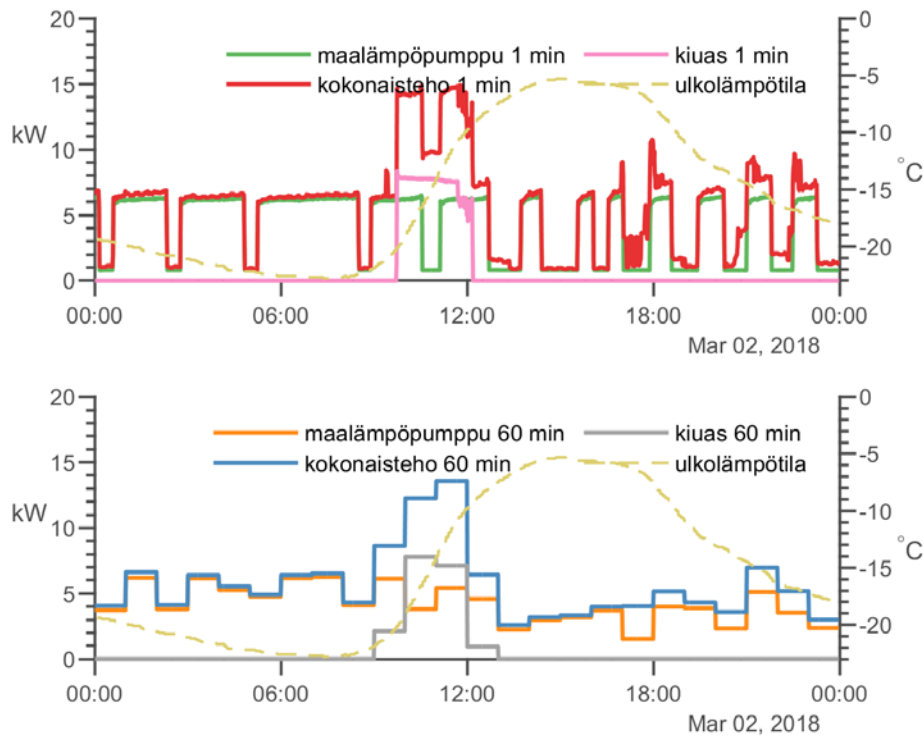
5.1.4 Lämpöpumput

Pientaloissa käytettävät lämpöpumpputekniikkaan perustuvat lämmitysratkaisut voidaan jakaa lämmönlähteen ja lämmönjakotavan perusteella. Lämmönlähteinä voi toimia maa, vesi, ulkoilma tai poistoilma. Kaikki lämpöpumppuratkaisut kuitenkin toimi-

vat sähköenergialla ja useimmissa ratkaisuissa tarvitaan myös sähkövastuksia lisälämmitykseen erityisesti kylmimpään aikaan vuodesta, lämpimän käyttöveden tuottamiseen ja tuloilman lämmittämiseen.

Huonelämmityksen lisäksi järjestelmään on useasti liitetty myös lämpimän käyttöveden tuotto ja mahdollisesti viilennys. Lämpöpumppujärjestelmien tarvitsemaan sähkötehoon vaikuttavat lämmönlähde, pumpun mitoitus, lisälämmityksen tarve, lämmönjako ja lämpimän käyttöveden lämmitys. Laitteissa olevilla tai erillisillä varaajilla voidaan vaikuttaa hetkellisiin tehotarpeisiin, joita syntyy erityisesti käyttöveden tarpeesta. Lisälämmitysvastuksia käytetään myös varalämmönlähteenä mahdollisten pumpun vikatilanteiden yhteydessä.

Huonetilojen lämmitystehon tarpeesta tai lämpöpumpun vuotuisesta COP-arvosta ei voida suoraan päätellä järjestelmän tarvitsemaa huipputehoa. Sähkötehon tarve muodostuu lämpöpumpun nimellistehosta, lisälämmitysvastuksista ja apulaitteista, kuten kiertovesipumpuista. Kuvassa (Kuva 5.9) on esimerkki lämpöpumppukohteen kokonaiskulutuksen ja maalämpöpumpun tehoprofiilista.



Kuva 5.9 Tehoprofiiliesimerkki. Maalämpö ja sähkökiuas.

Lämpöpumpun energian kulutus määräytyy käyttöajan mukaan, mutta tehon suuruus määräytyy laitteen sähkötehon perusteella. Tällöin pienenkin energiakulutuksen aikana hetkellinen huipputeho ei pienene.

Lämmityksen ohjaus huonetiloissa kuten myös lämmön keruupiirin lämpötila vaikuttavat pumpun käyntiaikaan. Lämpöpumppujärjestelmissä lämmönjakona käytetään yleensä vesikiertoisia lämmityksiä. Lämmityspiirin korkea menoveden lämpötila heikentää lämpöpumpun antotehoa ja hyötysuhdetta. Tämän vuoksi matalalämpötilainen lattialämmitys on selvästi patteriverkkoa sopivampi lämmönjakoverkko.

Lämpöpumpun kompressorilla on suuri käynnistysvirta, jota voidaan rajoittaa ns. pehmoikäynnistimellä tai invertteriohjauksella. Käynnistysvirtapiikit voivat huonontaa sähkön laatua hetkellisesti jännitetasen muuttuessa.³⁶

³⁶ Suurinkeroinen, Seppo. Välkyntä ja sen aiheuttajia sähköverkossa. pdf-esitys. 2012

Lämmitysjärjestelmän ohjauksen toteutus ja se, miten siinä on otettu huomioon muu kulutus, vaikuttavat merkittävästi kiinteistön kokonaistehoon. Mittausten perusteella tyypillisesti kiinteistön huipputehot ajoittuvat aikoihin, jolloin sähkökuas ja lämpimän käyttöveden lämmitys ajoittuvat samaan hetkeen.

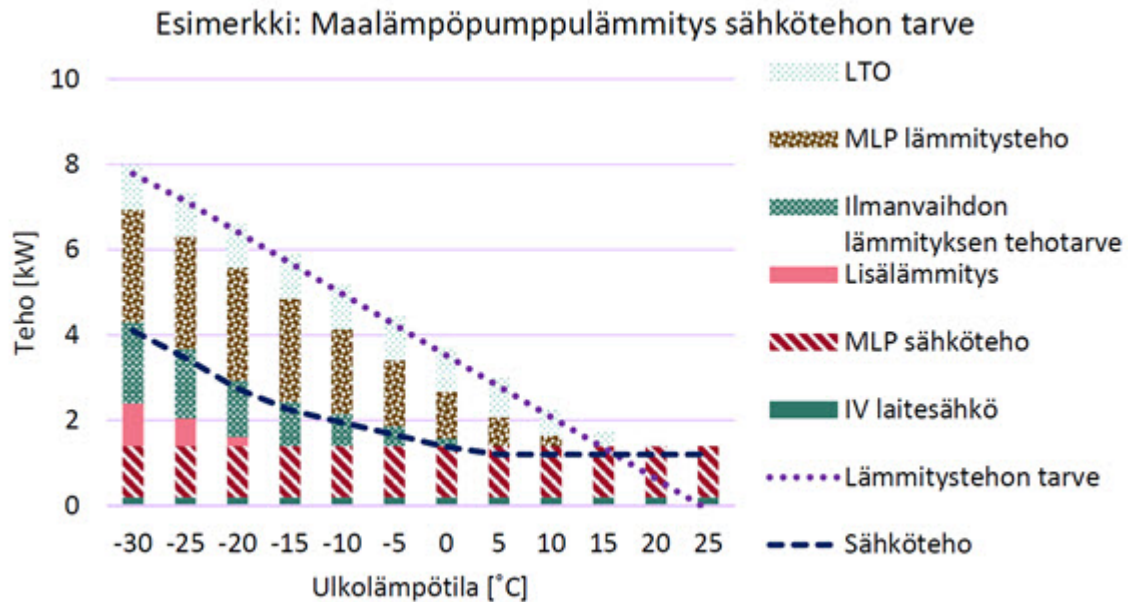
Seuraavassa on tarkasteltu eri lämpöpumppuratkaisujen sähkötehotarpeeseen vaikuttavia näkökulmia. Laitetoimittajilla on tarjolla lukuisia erilaisia ratkaisuja. Tämän vuoksi jokaisessa kohteessa tulee tehotarkastelu tehdä valittavien laite- ja ohjauskonaisuuksien pohjalta.

5.1.4.1 Maalämpö

Maalämpöpumppu (MLP) kerää maaperään, kallioon tai veteen varastoitunutta lämpöä. Nykyään ylivoimaisesti suurin osa maalämpökohteista toteutetaan lämpökaivoilla. Lämmönjako tehdään lattialämmityksenä tai patterilämmityksenä.

Maalämpöjärjestelmän sähkötehon tarve muodostuu pääosin kompressorin sähkötehosta ja tarvittavasta lisälämmitysvastuksesta. Lisäksi kohteessa ilmanvaihdon lisälämmitys voidaan hoitaa sähköllä. Maalämpökoje mitoitetaan tilojen lämmitystehon tarpeen perusteella joko täystehomitoitetuksi tai osatehomitoituksena, jolloin kylmimpinä aikoina käytetään lisälämmitystä. Eri pumpputyypeissä lämpimän käyttöveden lämmitys saattaa käyttää myös sähköistä lisälämmitystä.

Maalämpökohteen lämmitysratkaisun sähkötehon tarpeesta on esimerkki kuvassa (Kuva 5.10) järjestelmän ollessa osatehomitoitettu. Esimerkissä ei ole otettu huomioon COP-arvon muuttumista eri lämpötiloilla ja ilmanvaihdon jälkilämmitys on sähköllä.

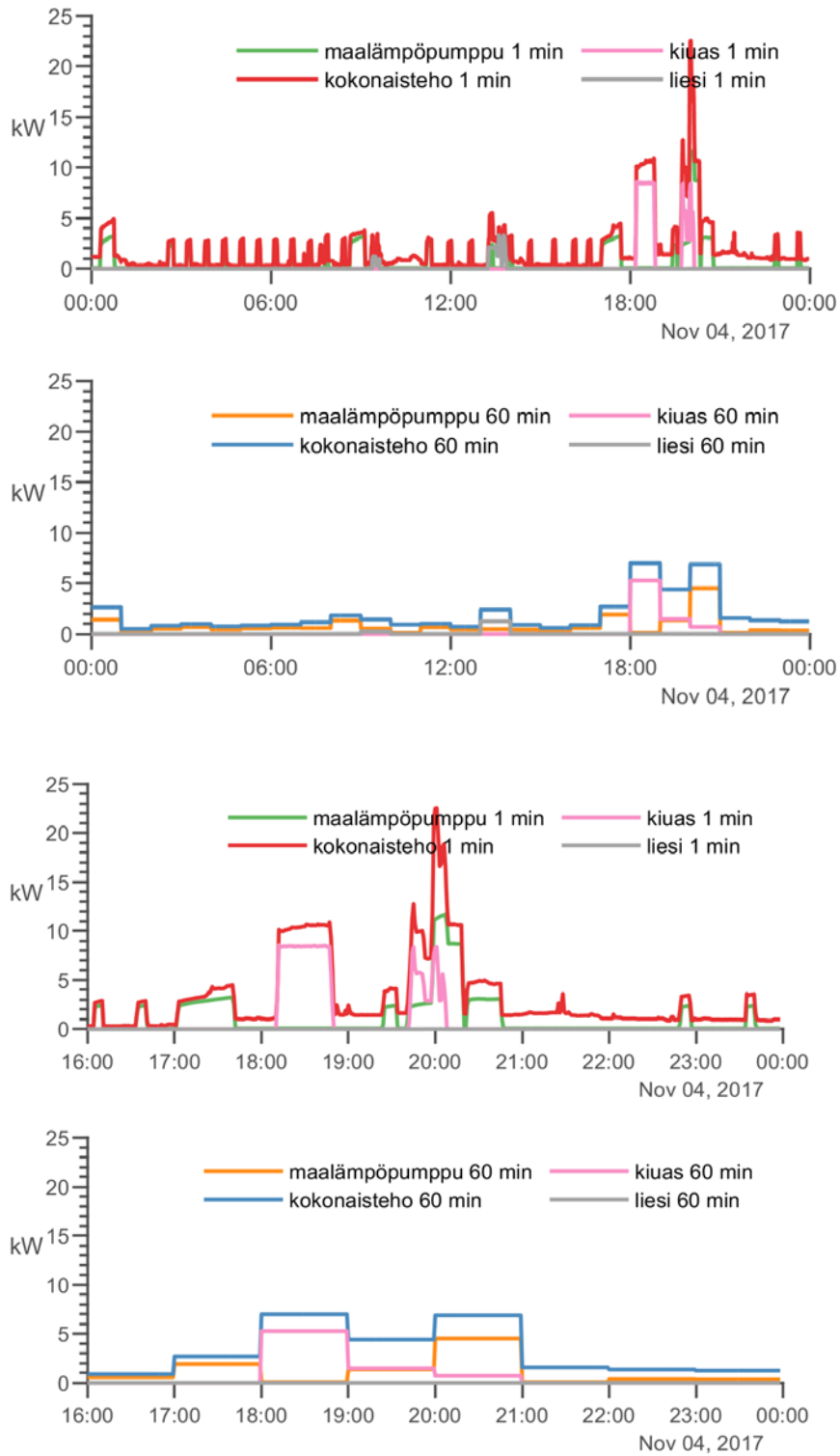


Kuva 5.10 Esimerkki maalämpöratkaisun sähkötehon tarpeesta (Esimerkkikohde A_{netto} 125 m²)

Maalämpökohteissa pumpun ja kaivon ollessa oikein mitoitettu voidaan päästä pieniin sähkötehotarpeisiin. Toisaalta maalämpötalot ovat keskimäärin suurempia kuin muut pientalot, jolloin lämmön ja sähkötehon tarve on myös suurempi.³⁷

Kuvassa (Kuva 5.11) on mittauskohteesta esimerkki maalämpöpumpputekniikan tehoprofiilista. Pumpun käyntiaika pitenee lämpimän käyttöveden tarpeen kasvaessa ja saunomisen aikana myös lisälämmitysvastus kytkeytyy päälle. Lyhyet huipputehopiikit ovat esimerkissä kolminkertaisia tuntikeskitehoon verrattuna. Mikäli sähkön hinnoittelun mittausjaksoa lyhennetään 15 minuuttiin, kaksinkertaistuisi mitattu huipputeho nykyiseen mittausjaksoon (1h) verrattuna.

³⁷ Tilastokeskus. Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan, 2017



Kuva 5.11 Pilottikohteessa mitattu sähkötehon profiili. Ylemmässä kuvassa laitekohtaiset profiilit koko vuorokauden ajalta ja alemmassa klo 16:00 alkaen.

5.1.4.2 Ilma-vesilämpöpumppu eli ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP

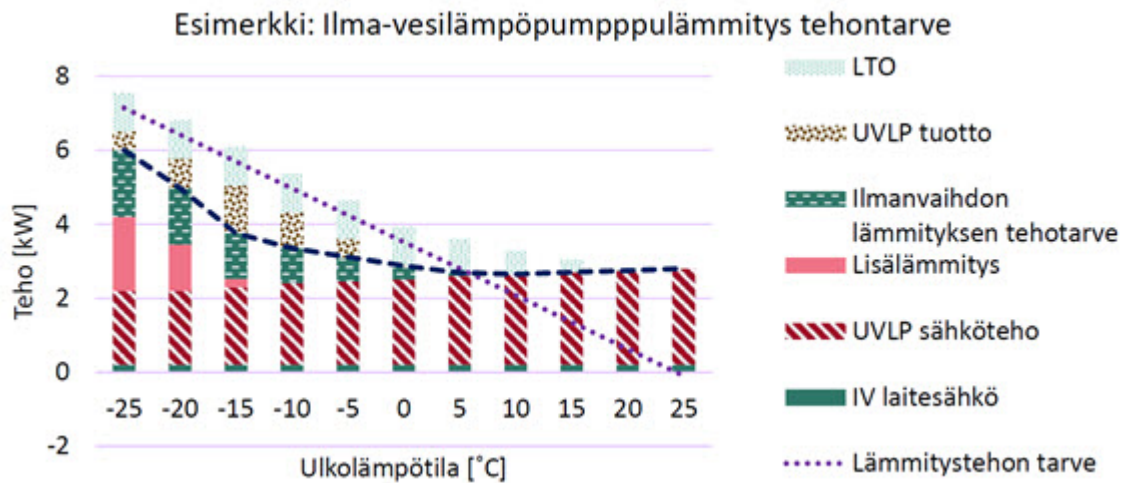
Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan hoitaa pääosin talon lämmitystarve, mutta se tarvitsee kylmimpiä aikoja varten lisälämmitysjärjestelmän. Ilma-vesilämpöpumppu tuottaa vähiten energiaa silloin kun lämmitystarve on suurimmillaan, joten ulkolämpötilan laskiessa saatava lämmitysenergian määrä ja laitteen hyötysuhde laskevat. Yleensä lisälämmitysjärjestelmänä käytetään ilma-vesilämpöpumpun omia sähkövastuksia, joilla lämmitystarve katetaan kovimpien pakkasten aikana.

Useilla UVLP-malleilla yli +50 °C lämmöntuotanto tilojen lämmitys- ja käyttövesipuolelle on ongelmallista. Käyttövesi ja osan vuodesta myös lämmityspatterit tarvitsevat tätä korkeamman lämpötilan. Lämpötila nostetaan useimmiten vesivaraajan sähkövastuksella.

Kaikkein kylmimmissä olosuhteissa UVLP sammuttaa itse itsensä, joten laitteen sähkövastuksen tai rinnalla olevan toisen lämmönkehittimen on oltava teholtaan vähintään yhtä suuri kuin talon lämmitys- ja käyttöveden tehonkulutus suurimmillaan.³⁸

Kuvassa (Kuva 5.12). on periaatteellinen esimerkki sähkötehon tarpeesta lisälämmityksen ollessa sähköllä. Laskennassa käyttöveden lämmitys on oletettu jatkuvatoimiseksi. Todellisissa laitteissa lisälämmityksen vastukset ovat teholtaan kuitenkin useita kilowatteja.

³⁸ Motiva. Ilma-vesilämpöpumppu UVLP. 2018



Kuva 5.12 Esimerkki laskennallisesta sähkötehon tarpeesta. Esimerkissä käyttöveden lämmitys on oletettu jatkuvaksi. (Esimerkkikohde $A_{\text{netto}} = 125 \text{ m}^2$)

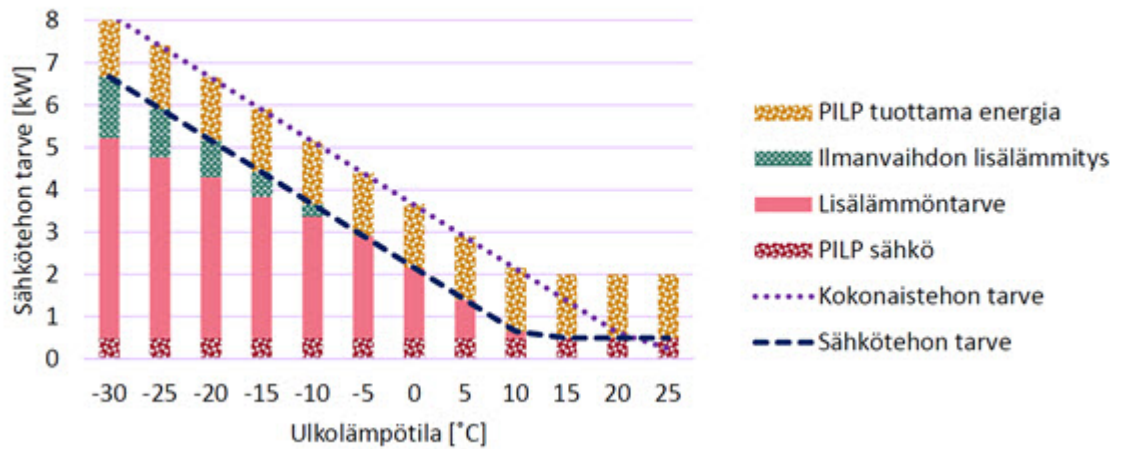
5.1.4.3 Poistoilmalämpöpumppu (PILP)

Poistoilmalämpöpumppu (PILP) ottaa lämmitysenergiaa talosta poistettavasta ilmasta ilmanvaihtoputkiston kautta. Pumppu siirtää lämmön tuloilmaan, lämpimään käyttöveeseen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Poistoilmalämpöpumppujärjestelmä huolehtii siis talon huonetilojen lämmityksen lisäksi ilmanvaihdosta ja lämpimän käyttöveden tuottamisesta. Poistoilmalämpöpumpulla ei voida tuottaa kaikkea lämmitysenergiaa, mikä tarvitaan tilojen, veden tai ilmanvaihdon lämmitykseen. Järjestelmä tarvitsee lisälämmityksen, joka useimmiten on sähkövastus lämpöpumpun vesivarajassa. Poistoilmalämpöpumpun lämmönlähteenä on poistettava lämmin sisäilma, joten hyödyksi saatava lämmitysteho on lähes vakio ympäri vuoden.³⁹

Poistoilmalämpöpumppujärjestelmän sähkötehon tarve muodostuu pumpun omasta nimellistehosta sekä lisälämmitysvastuksen suuruudesta. Kuvassa (Kuva 5.13) on esitetty laskennallinen esimerkki tehotarvejakautumasta eri ulkolämpötiloilla. Kylmään aikaan vuodesta poistoilmalämpöpumpun lämmitysteho vastaa vain osaa tuloilman lämmitystarpeesta ja muuta lämmitystä tarvitaan kattamaan sekä huonetilojen lämmitystehon tarve, käyttövedenlämmitys että ilmanvaihdon lisälämmitystarve.

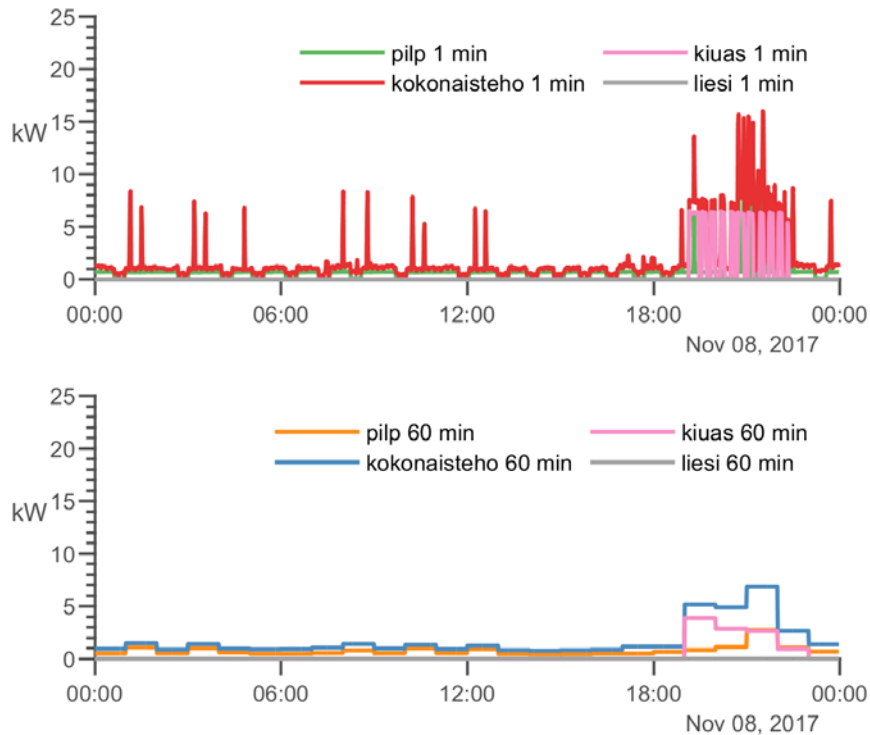
³⁹ Motiva. Poistoilmalämpöpumppu. 2018

Esimerkki : Poistoilmalämpöpumpunlämmityksen tehotarve



Kuva 5.13 Laskennallinen sähkötehon tarve PILP-ratkaisussa. (Esimerkkikohde $A_{\text{netto}} = 125 \text{ m}^2$)

Kun lisälämmitys tapahtuu suuritehoisella vastuksella, on lämmitysjärjestelmän huipputehot suuria. Lämmitystarpeen mukainen ohjaus tapahtuu vastuksen päälläoloaikoja muuttamalla. Kuvassa (Kuva 5.14) on mittauskohteen tehoprofiiliesimerkki. Saunomisen aikaan tarvittava käyttöveden lämmitys nostaa huipputehon n. 16 kW:iin.



Kuva 5.14 Esimerkki tehoprofiileista PILP-kohteessa. Kuvassa laitekohtaisia tehoprofiileja eri mittausjaksoin.

5.1.4.4 Lämpöpumppujen ohjaus

Lämpöpumppujen tehonohjaus vaatii toimiakseen erilaisia ohjaus-, mittaus-, teho- ja hintatietoja. Tietojen tuominen lämpöpumpulle vaihtelee valmistajien ja lämpöpumppujen mallien mukaan. Pumpuille voidaan, laitteesta riippuen tuoda ohjaustietona

- hintatieto
- tehorajoitustieto
- käynnin estotieto

Tarvittavat hinta- ja mittaustiedot voidaan tuoda langattomasti, väylillä, esimerkiksi Modbus, tai kosketintiedoilla (kärkitieto) suoraan pumpun “älylle” tai sitä ohjaavalle automaatiolle, mikäli laitteessa on siihen valmius. Väyläpohjaisilla ratkaisuilla on myös mahdollista saada tietoa lämpöpumpun toiminnasta ohjausjärjestelmälle. Yleisesti laitteiden ohjattavuuteen liittyvää tietoa ja tarvittavat ohjaukset eivät ole helposti löydettävissä.

Maalämpöpumppujen ohjaus

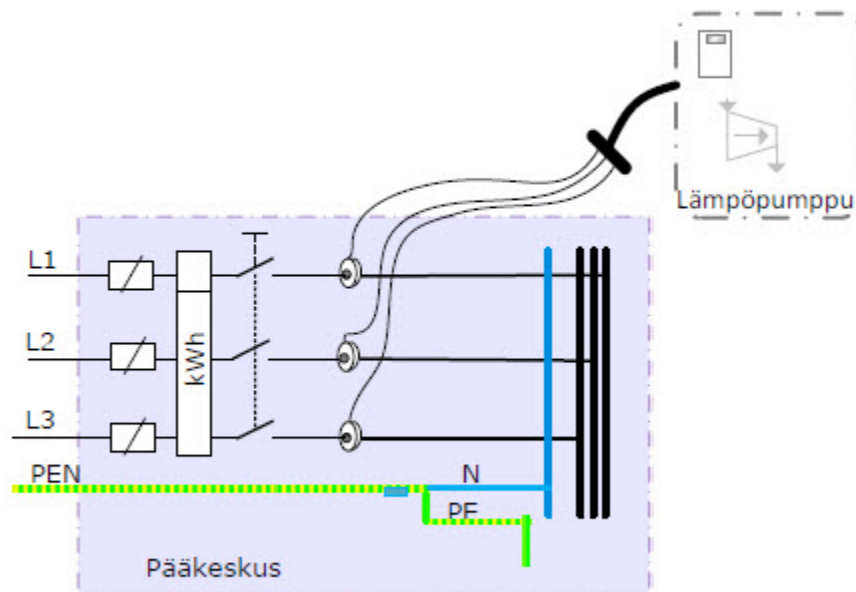
Maalämpöpumpun verkosta ottamaa sähkötehoa voidaan ohjata erilaisilla kosketintiedoilla. Liitännätavat vaihtelevat eri valmistajien ja mallien mukaan ja kaikkiin malleihin ei ole saatavilla kaikkia ohjaustapoja. Tehonrajoituksilla ohjataan joko maalämpöpumpun sähkövastuksien tehoportaita tai kompressoria.

Osatehoisesti mitoitettuihin maalämpöpumppuihin on yleensä asennettu sähkövastukset, jotka tuottavat lisälämpöä kovimman lämmitysenergiatarpeen aikana. Sähkövastuksia voidaan ohjata eri portaissa, yleisimmin kolmessa tai neljässä eri portaassa. Esimerkiksi kolmen portaan mallissa vastus lämmittää ensin 3 kW teholla, sitten 6 kW teholla ja lopuksi 9 kW teholla.

Osatehoisen lämpöpumpun sähkövastus kytkeytyy automaattisesti päälle esimerkiksi silloin, kun lämminvesivaraajan lämpötila on laskenut liian alhaiseksi. Sähkövastuksen virrankulutusta on mahdollista rajata erilaisilla virtavahti- tai tehovaltiohjauksilla. Sähkövastusten ohjauksiin on myös mahdollista vaikuttaa ohjelmoimalla niitä itse, mutta tavallisesti niissä on valmiina tehdasasetukset.⁴⁰

Virtavahtien tai valvontakytkimien (Kuva 5.15) tehtävänä on tarkkailla koko kiinteistön virrankulutusta jokaisessa vaiheessa. Kulutuksen lähestyessä pääsulakkeiden nimellistä arvoa alkaa lämpöpumppu rajoittaa sähkövastuksille menevää virtaa. Tehorajoituksissa tulee ottaa huomioon se, että ohjaukset saattavat kohdistua yksittäisiin vaihekuormiin. Laitteiden tiedoista on yleisesti työläs selvittää tarkasti sekä tehotietoja että ohjauksen kytkentöjä ja teho vaikutuksia.

⁴⁰ Harala. Lämpöpumppujen tehonohjausmahdollisuudet. 2018



Kuva 5.15 Periaatekuva virtamuuntajien kytkennästä.

Maalämpöpumpun eri osia voidaan tyypillisesti ohjata ulkoisilla potentiaalivapailta koskettimilla monella eri tavalla, mutta kaikki laitteet eivät tue ulkoista ohjausta. Ohjauksen määrä myös vaihtelee eri maalämpöpumppumallien välillä. Ulkoisella ohjauksella voidaan esimerkiksi estää sähkövastusten tai kompressorin käynnistyminen. Vastuksia ja kompressoria voidaan ohjata erikseen tai niiden estot voidaan myös yhdistää, jolloin ulkoinen ohjaus kytkee tehon pois päältä molemmista. Ulkoisella ohjauksella voidaan pakottaa lämmönkeruupumppu päälle, estää käyttöveden käyttö sekä asettaa erilaisia säästö- ja mukavuustiloja, jolloin maalämpöpumppu toimii asetettujen parametrien mukaisesti.

Osa lämpöpumpuista on mahdollista ohjata ns. Smart Grid -toiminnolla. Smart Grid-ohjauksella saadaan ohjattua pumppu kahden kosketintiedon perusteella neljään eri "standarditilaan":

1. normaalitilanne
 - pumppua käytetään perusasetuksilla
2. estotila
 - jakeluverkon tehohiippuja on tarve rajoittaa

- kompressorin ja lisälämmityksen käyttö estetään turvarajojen puitteissa
 - pysäytysaika riippuu lämpövaraajan koosta
3. matalahintatila
- hyödynnetään edullinen energian hinta
 - pumppu saa yllämmittää lämpövaraajaa ja tiloja aseteltujen rajojen puitteissa
4. ylikapasiteettitila
- järjestelmä toimii täydellä kapasiteetilla sähkötoimittajan ylituotannon aikana turvarajojen puitteissa
 - pumppu pakkokäynnistetään
 - asetuksista riippuen lisälämmitysvastukset kytetään päälle.

Ohjaustieto voi laitteelle tulla ulkopuoliselta palveluntarjoajalta tai omasta automaatiojärjestelmästä.

Tietyille maalämpöpumpuille on saatavilla myös toiminto, jossa seuraavan päivän pörssisähkön tiedot siirtyvät lämpöpumppuun päivää ennen. Tietojen avulla maalämpöpumppu pystyy lämmittämään käyttövettä ja ohjaamaan lämmitystä silloin, kun sähkön hinta on alimmillaan.

Ilma-vesilämpöpumppujen ohjaus

Ilma-vesilämpöpumppujen tehonohjaus voi olla toteutettu laitteessa sisäisellä tulokortilla tai erillisellä ohjausmoduulilla. Ohjausmoduulien avulla ilma-vesilämpöpumppuihin on saatavilla esimerkiksi ulkoisia ohjauksia, hintaohjausta ja tehovahteja, jotka ohjaavat lämmitystä kiinteistön liittymän kokonaisvirran pohjalta.

Sähkövastukset ovat monissa eri valmistajien pumpuissa portaittain ohjattavissa ja niille voidaan asettaa ohjelmiston avulla suurin käytettävä teho. Tehdasasetuksena sähkövastukset ovat yleensä asetettuina maksimiteholle.

Ilma-vesilämpöpumpun ulkoiset ohjaukset liitetään joko lämpöpumpun tulokorttiin tai ohjausmoduulin tulokorttiin. Ohjausjohdotuksen kytkennän lisäksi tarvitaan laitteen parametrusointi tai ohjelmointi kohteen tarpeiden mukaisesti. Laitteissa voi olla valmiita ohjauksia, kuten lisälämmön ja kompressorin käynnin esto, tariffinohjaus sekä ulkoinen säätö.

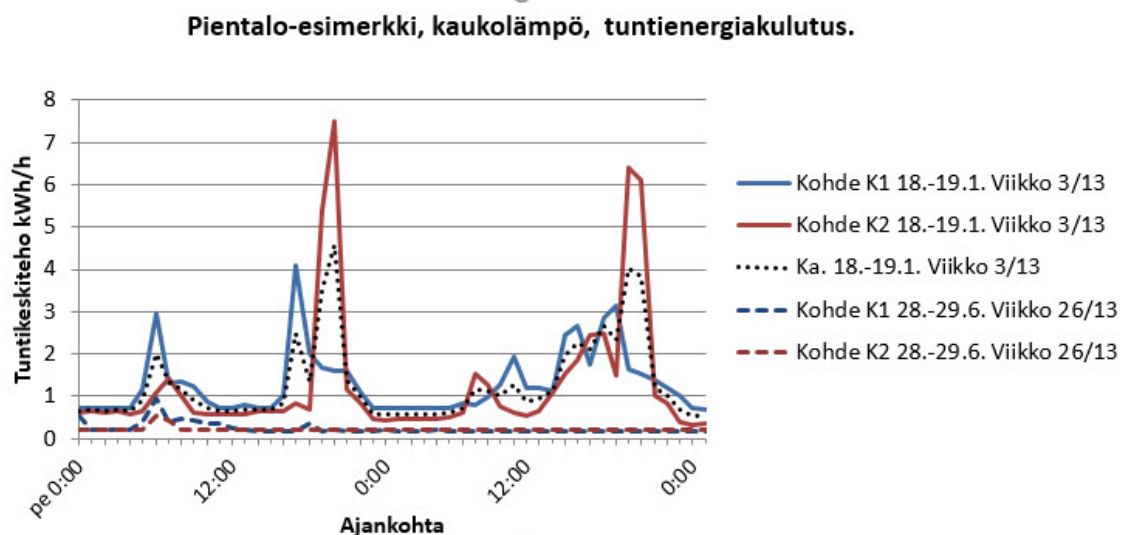
Poistoilmalämpöpumpun ohjaukset

Poistoilmalämpöpumpun ohjauksilla pyritään vaikuttamaan pumpun energiatehokkuuteen ja käyttömukavuuteen. Eniten sähkötehoa vievät osat poistoilmalämpöpumpussa ovat itse pumppu ja lisälämpönä käytettävät sähkövastukset. Sähkövastukset lisäävät huomattavasti tehonkulutusta varsinkin kylmimpien säätilojen vallitessa.

Poistoilmalämpöpumppujen ohjauksien mahdollisuus vaihtelee valmistajien mukaan ja osaan laitteista on saatavilla ohjaustoimintoja, kuten pörssisähkön ohjaus (hintatieto), smart grid -toiminto, tehovahdit ja etäohjaus sekä ulkoinen ohjaus.

5.1.5 Kaukolämpö ja öljy- tai kiinteäpolttoainelämmitys

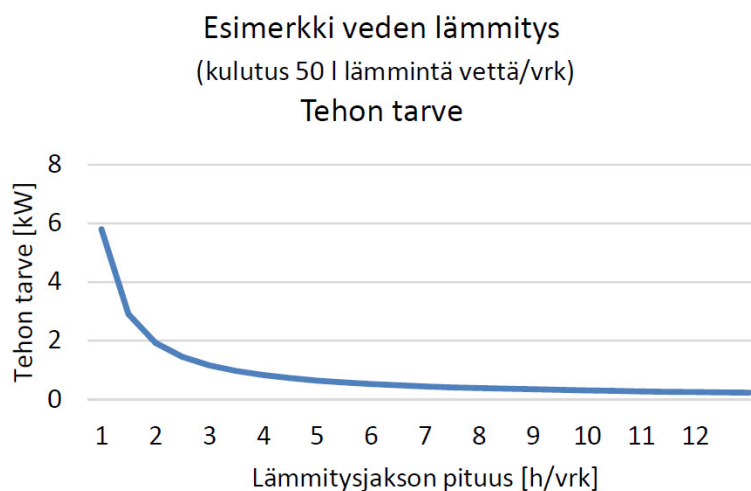
Kiinteistöissä, joissa lämmönlähteenä on muu kuin sähkөөn perustuva lähde, sähkön kulutusprofiili muodostuu kodinkoneista, mahdollisesta sähkökiukaasta ja ilmanvaihtokoneen mahdollisesta lisälämmityksestä. Lisäksi saattaa olla pesutiloissa tai erillisissä aputiloissa sähkölämmittimiä tai sähköisiä lattialämmityksiä. Lämmityskattiloissa saattaa olla, lähinnä vikatilanteita varten, sähköllä toimivat varavastukset. Huipputehoa voidaan rajoittaa estämällä sähkökiukaan ja varavastusten samanaikainen päälle kytkeytyminen. Kuvassa (Kuva 5.16) on esimerkki kaukolämpökohteiden tehoprofiilista eri vuodenaikoina.



Kuva 5.16 Kahden kaukolämpökohteen sähkönkulutuskesimerkki talvi- ja kesäaikaan. Ka= kulutuksen keskiarvo.

5.2 Lämpimän käyttöveden lämmitys

Lämpimän käyttöveden lämmitystarpeeseen ei ulkolämpötilalla ole merkittävää vaikutusta. Kuvassa (Kuva 5.17) on esitetty yhden käyttäjän lämpimän käyttöveden lämmityksen tehontarpeen riippuvuus lämmitysjakson pituudesta. Tehontarve kasvaa jyrkästi, mikäli vettä lämmitetään vain käyttöhetkittäin. Mikäli esimerkiksi suihkuvesi lämmitetään virtauslämmittimellä, tarvittaisiin n. 23 kW:n lämmitysteho.

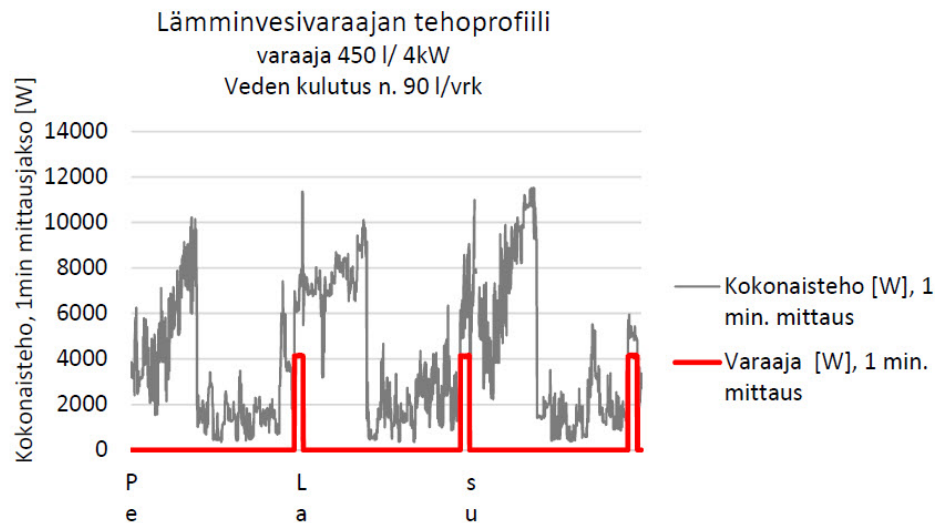


Kuva 5.17 Lämpimän käyttöveden lämmitystehon tarve. Lämmitysjaksoa pidentämällä eli lämpimän käyttöveden varaamisella tehontarve jää pieneksi.

Lämpimän käyttöveden tuottaminen sähkölämmityskohteissa tehdään varaajilla, joiden lämmitystehot ovat tyypillisesti 2 - 4,5 kW. Tavanomaisin koko on 300 l ja 3 kW:n sähkövastus. Pienet, 2 kW:n, varaajat voivat olla yksivaiheisia. Suurempitehoiset ovat kolmivaiheisia, mutta markkinoilla on myös kaksivaiheisia varaajia.

Sähkölämmityskohteissa veden lämmitys tehdään joko varaavana lämmityksenä (yö-aikaan) tai jatkuvatoimisena. Vastus on siis termostaatin ohjaamana päällä tai pois lämmitysjakson ajan. Jos lämpimän käyttöveden käyttö on n. 200 l/vrk, tarvitaan n. 4 h/vrk lämmitysjakso veden lämmittämiseen ja energiaa vuodessa n. 4200 kWh.

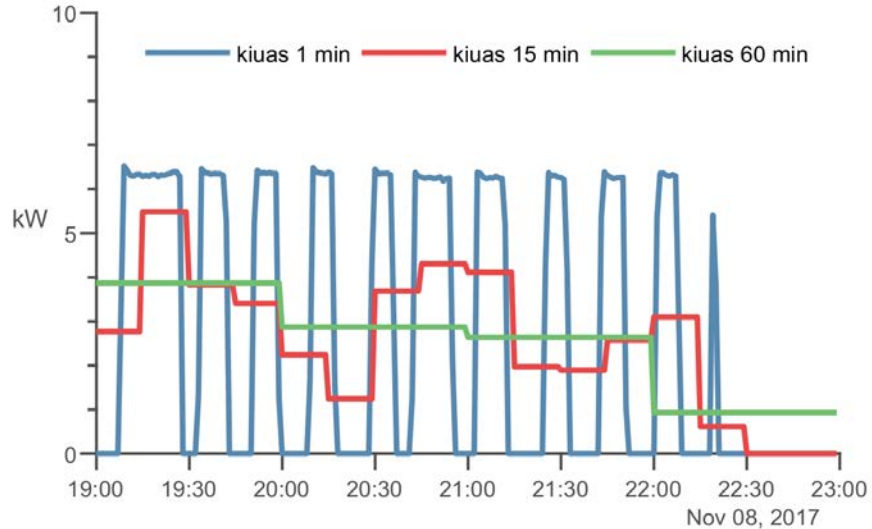
Kuvassa (Kuva 5.18) on esimerkkikohteen mitattua vedenlämmitysteho kolmen vuorokauden ajalta (pe- su). Koska kohteessa on iso varaaja (450 l/4 kW) nykyiseen kulutukseen nähden, on lämmitysjakso n. 2 h/vrk.



Kuva 5.18 Mittauskohteen lämpimän käyttöveden lämmitysjakso.

5.3 Saunan ja kiukaan valinnan vaikutus sähkötehoon

Sähkökiukaat ovat pääosin suuritehoisia, kolmivaiheisia laitteita, joiden valinnalla ja käytöllä on iso merkitys asunnon huipputehon suuruuteen ja myös ajoitukseen. Kiukaan tehotarpeeseen voidaan vaikuttaa saunan tilavuudella, seinärakenteilla sekä pidentämällä lämmitysaikaa. Lisäksi valittavissa on jatkuvalämmitteisiä kiukaita ("hetivalmis"), joissa vastustehot voivat olla pienemmät. Kuvassa (Kuva 5.19) on esimerkki sähkökiukaan tehosta saunomisen aikana.



Kuva 5.19 Esimerkki sähkökiukaan (6 kW) tehoprofiilista saunan käytön aikana. Kiukaan tuntiteho on tässä n. 4 kWh/h

Kiukaan tehon mitoitus perustuu saunan tilavuuteen sekä siihen, kuinka nopeasti sauna halutaan lämpiävän. Lasi- ja kivipinnat seinissä nostavat suoraan lämmitysai-koja ja ne otetaan huomioon mitoituksen perusteena olevassa kuutiomäärässä. 1 m² lasiseinää lisää mitoituskuutiomäärää 1-1,2 m³ ja 1 m² kiviseinää lisää mitoituskuutio-määrää 1-1,5 m³.⁴¹

Esimerkiksi 2x1,5x2= 6 m³ saunaan tarvittava kiuasteho on 6 kW. 2 m² kiviseinää kasvat-taa tehotarvetta n. 2 kW. Jos lisäksi saunassa on lisäksi lasiseinää 2 m², tarvittava kiuas-teho on 6 kW + 2 kW + 2 kW eli yli 1,5 –kertainen kiuasteho perusmitoitukseen nähden.

Kiukaan sähkötehon vaikutusta voidaan vähentää ns. kiuasristeilyllä, jossa kiukaan termostaatilta saatavalla ohjaustiedolla kytketään jokin muu kuormitus, tyypillisesti lämmitys, pois päältä kiukaan lämmityksen aikana. Vaihtoehtoisesti mittaamalla koko liittymän virtaa virtamuuntajilla voi laitteiden, esimerkiksi lämpöpumpun, oma automa-tiikka hoitaa tehovuorottelua.

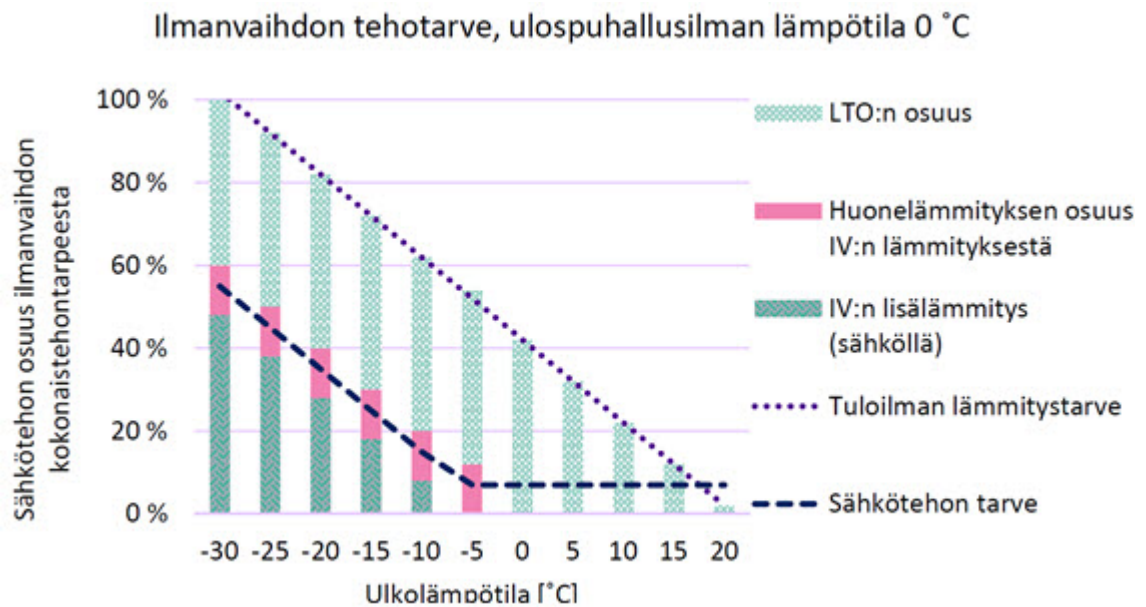
5.4 Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvaihdon tehontarve jakaantuu puhallintehoon sekä tuloilman läm-mittämiseen tarvittavaan tehoon. Puhallintehoa on rajoitettu sfp-luvulla (Specific Fan

⁴¹ Harvia oy. Valitse kiuas. 2018

Power). Ilmanvaihdon suurimmat tehotarpeet syntyvät tuloilman lämmittämisestä, joka koneellisessa ilmanvaihdossa tapahtuu ilmanvaihtokoneen lämmön talteenotolla sekä jälkilämmityksellä. Mikäli käytetään painovoimaista ilmanvaihtoa tai vain koneellista poistoa, tapahtuu tuloilman lämmitys yleensä pelkästään huonelämmityslaitteella. Myös poisilmalämpöpumppuratkaisuissa tuloilman lämmitys tapahtuu useissa ratkaisuissa huonelämmityksellä. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa tuloilman määrän arviointi on haasteellista lämmitystehon tarpeen määrittelyä varten.

Kuvassa (Kuva 5.20) on periaatteellinen tehotarvejakauma ja sähkötehon tarve eri ulkolämpötiloilla. Mikäli tuloilman jälkilämmitys tehdään sähköllä, niin lisälämmitystä tarvitaan 30 - 50 %:a ilmanvaihdon kokonaislämmitystehosta. Jos ilmavirta on $4 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2)$, edellyttää tuloilma lämmitystehoa $22 - 27 \text{ W/m}^2$. Tästä lämmön talteenoton osuus on n. $11 - 18 \text{ W/m}^2$. Mikäli lisälämmitys tehdään sähkövastuksella ilmanvaihtokoneessa, aiheutuu tästä n. $10 - 15 \text{ W/m}^2$ sähkötehon tarve. Pientalojen ilmanvaihtokoneissa lämmitysvastukset ovat vakiotehoisia, tyypillisesti n. 1000 W . Loppuosa tuloilman lämmitystarpeesta, joka kasvaa huonetilaan puhallettavan ilman kylmentyessä, hoidetaan huonelämmityslaitteilla.



Kuva 5.20 Esimerkki ilmanvaihdon tehotarpeen jakautumisesta. Lämmön talteenoton osuuteen vaikuttaa LTO:n lämpöhyötysuhde ja huonelämmitystarpeen suuruuteen jälkilämmityksen teho. Ilmanvaihdon lämmitystehon tarve vastaa tilannetta, jos kohteessa ei ole koneellista ilmanvaihtoa.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto vähentää siis ilmanvaihdon lisälämmitystarvetta. Mitä parempi on ilmanvaihdon lämmön talteenotto, sen pienempi on lisälämmityksen tarve. LTO-laitteiston huurtuminen rajoittaa ulospuhallettavan jäteilman lämpötilaa. Kylmimpinä aikoina lisälämmitystarvetta voidaan pienentää tuloilmavirtaa pienentämällä.

Huomattavaa on, että ilmanvaihdon lisälämmitys, vaikka se tehtäisiin jälkilämmityksessä tai huonetilassa vesikiertoisena, voi aiheuttaa sähkötehon lisätarvetta itse lämmitysjärjestelmässä. Kylmimpinä aikoina lämmityksen huipputehon tarve katetaan useimmissa järjestelmissä sähkövastuksilla.

5.5 Rakenteiden massiivisuus

Rakennuksen lämpöhäviöt syntyvät vaipan rakenteellisten ominaisuuksien perusteella. Massiivisuuden avulla voidaan siirtää lämmitystehon ja jäähdytystehon tarvetta ja tehostaa lämpökuormien hyödyntämistä. Toisaalta massiiviset rakenteet, kuten lattiat tai seinät, tekevät lämpötilan säätämisestä hitaampaa.

5.6 Auton lämmitys ja sähköauton lataus

Polttomoottoriautojen lämmityskuormat voidaan jakaa kahteen osaan: auton moottorin lämmitykseen ja sisätilojen lämmitykseen. Henkilöautojen moottorinlämmittimien tehot ovat tyypillisesti joitakin satoja watteja, ja sisätilalämmittimien maksimitehot ovat tyypillisesti suuruusluokkaa 1–2 kW. Suositellut moottorilämmittimien käyttöajat ovat ulkolämpötilasta riippuen n. 0,5 h – muutamia tunteja. Koska moottorilämmittimet ja sisätilalämmittimet ovat tyypillisesti kytketty samaan sähkönsyöttöön ja sen ohjaukseen, ovat lämmittimet aina samanaikaisesti päällä. Tästä seuraa, että auton lämmitys aiheuttaa n. 0,5–3 kW tehontarpeen useiksi tunneiksi. Tämä voi talvella olla pienentalossa merkittävä lisätehontarve.

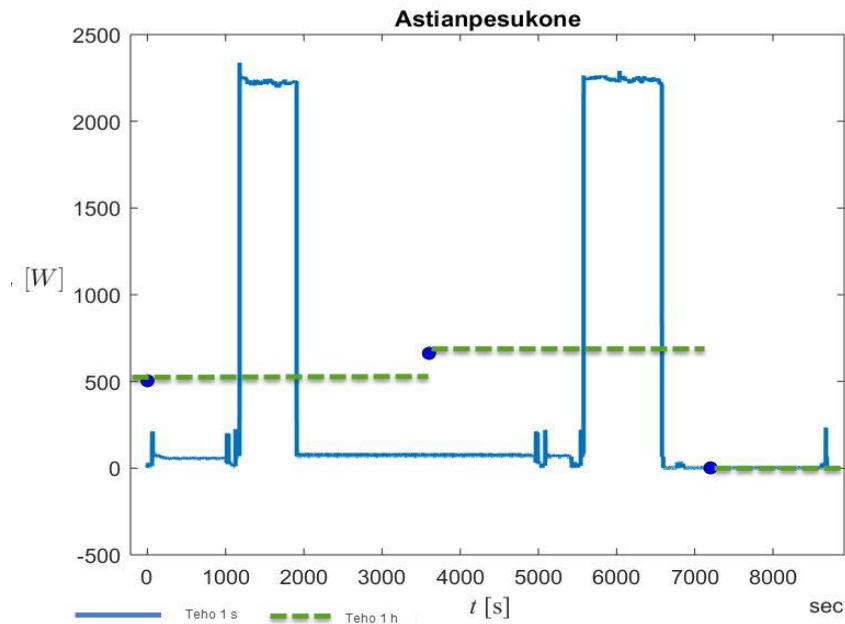
Sähköauton lataus poikkeaa monella tapaa polttomoottoriauton lämmityskuormasta. Sähköauton lataus ei ajoitu vain kylmän ulkolämpötilan aikoihin, vaan myös kesäajalle. Toinen merkittävä ero on, että käytettävä latausteho on hyvin usein lämmityskuormaa suurempi. Sähköautojen maksimilataustehot AC-latauksessa vaihtelevat auton tyyppin sekä lataustavan mukaan, mutta ovat tyypillisesti välillä 2–20 kW. Jos käytetään lataustavan 2 ("Mode 2" SFS-EN 61851-1:en-standardissa) mukaista latausta,

lataus tehdään tyypillisesti tavallisesta yksivaiheisesta ulkopistorasiasta n. 8–10 A virralla, jolloin latausteho on n. 2 kW. Joissakin automalleissa on lataustavan 2 tapauksessa mahdollista käyttää kolmivaiheista teollisuuspistorasiaa (ns. ”voimapistorasias”), jolloin päästään n. 10 kW lataustehoon. Jos taas käytetään lataustavan 3 (”Mode 3”) latausta, maksimitehot ovat tyypillisesti n. 3–20 kW. Lataustavassa 3 lataus suoritetaan käyttämällä latauslaitteessa olevaa, vain sähköauton lataukseen suunniteltua, pistorasiaa tai latauslaitteen kiinteää latauskaapelia.

Jos sähköauton ajoakusto on ajettu kovin tyhjäksi, voi autoon olla tarvetta ladata kymmeniä kilowattitunteja, jolloin useiden kilowattien lataus täytyy olla päällä tunteja tai jopa kymmeniä tunteja akun täyteen lataamiseksi. Jos käytetään suurta, esimerkiksi 20 kW lataustehoa, voi tällainen teho olla päällä parhaimmillaan siltikin useiden tuntien ajan. Tämä aiheuttaa merkittävän tehontarpeen lisäyksen pientalolle. Erityisesti suurien lataustehojen tapauksessa lataustehon rajoitus joko staattisesti tai dynaamisesti on suositeltavaa ja usein välttämätöntä. Lataustapojen 2 ja 3 tapauksessa lataustehoja voidaan rajoittaa helposti standardin mukaisella tavalla edellyttäen, että käytössä on sopiva latauslaitteisto. Lataustavan 2 tapauksessa latausteho rajoitetaan joko käytettävässä latauskaapelissa olevalla mittaus- ja suojalaiteyksiköllä tai auton omista asetuksista. Lataustavassa 3 lataustehoa voidaan rajoittaa asettelemalla latauslaitteen antama maksimivirta halutulle tasolle. Kosketintietoon pohjautuva hetkellinen tehon rajoitus ja virtamuuntajilla toteutettu dynaaminen tehon hallinta ovat myös mahdollisia sähköauton latauksessa.

5.7 Kodinkoneiden tehoprofiilit

Sähkölaitteilla on määritetty nimellisteho, mutta laitteen ohjaus ja luonnollisesti käyttö vaikuttaa siihen, millainen laitteen tehoprofiilista muodostuu. Kuvassa (Kuva 5.21) on astiapesukoneen 1 sekunnin mittauksiin perustuva tehoprofiiliesimerkki. Laitteen nimellisteho on 2,5 kW. Esimerkissä tuntikeskitechoksi käytön aikana muodostuu n. 0,5 kW.



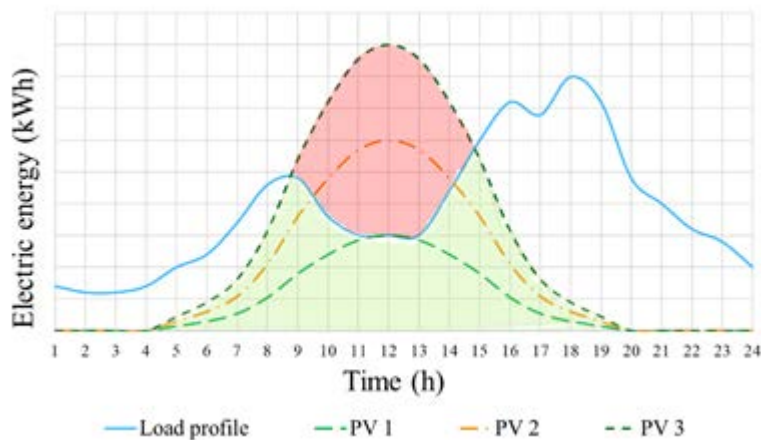
Kuva 5.21 Astianpesukoneen tehoprofiili pesuohjelman aikana.

Liitteessä 1 on esitetty esimerkkejä kodinkoneiden mitatuista tehoprofiileista.

5.8 Omatuotanto ja varastointi

Pienkiinteistössä energian omatuotantoa voidaan tehdä sähkön osalta aurinkopaneelilla tai pientuulivoimaloilla. Lämmön omatuotantoa toteutetaan lämpöpumpuilla ja aurinkokeräimillä. Omatuotantoon liittyy usein myös energian varastointi akkuihin, varajiin tai maaperään.

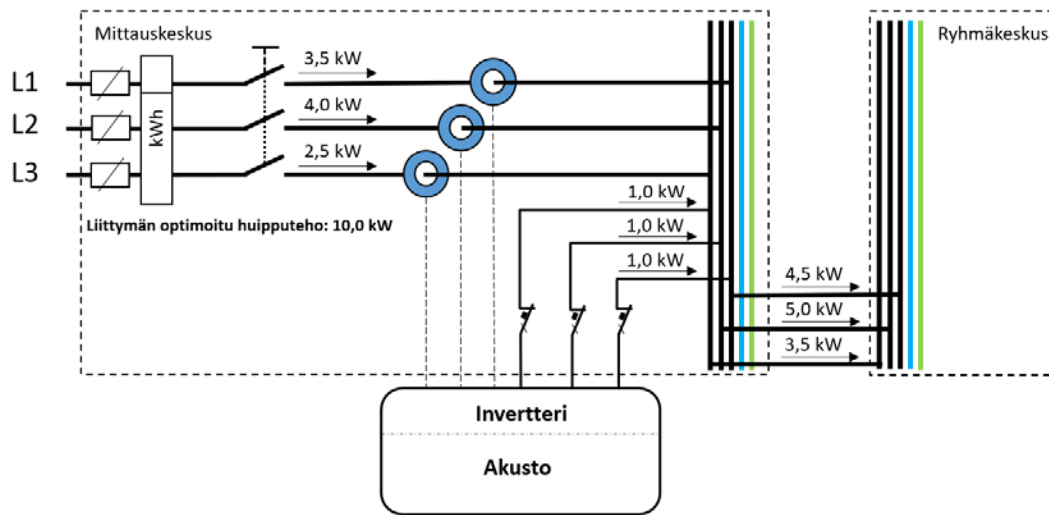
Kuvassa (Kuva 5.22) on esitetty tyypillinen kulutuskäyrä ja kolmen eri kokoisen aurinkopaneelin tuotanto. Käyrä PV1 vastaa tilannetta, jossa kaikki tuotettu energia kulutetaan omassa käytössä (vihreä alue). Kun aurinkopaneelin kokoa kasvatetaan, verkkoon myynti (punainen alue) kasvaa, mutta myös hyödyksi saadaan omaan käyttöön suurempi tuotanto.



Kuva 5.22 Esimerkkiasiakkaan vuorokauden kulutusprofiili ja kolmen erikokoisen aurinkopaneelin tuotantoprofiili aurinkoisena kevät päivänä.

Tällä hetkellä markkinoilla olevat vaihtoehdot viittaavat vahvasti siihen, että kodin kiinteät sähkövarastot tulevat ainakin lähitulevaisuudessa perustumaan seinälle tai lattialle asennettavaan kotiakkuun. Kotiakun avulla voidaan käyttäjälle tuoda taloudellista hyötyä sähkön tuntihintojen vaihtelun avulla, sekä maksimoimalla akun avulla aurinkopaneelin tuotannon omaan käyttöön menevä osuus. Lisäksi verkkoyhtiön siirtomaksun sisältäessä tehokomponentin, voidaan akun avulla tasata liittymän huipputehoja, jolloin asiakas saa kustannussäästöjä (kuva 5.24). Tällöin akkua puretaan virtamittauksen perusteella niin, että yli optimoidun huipputehon menevä osuus syötetään akustosta. Vastaavasti kulutuksen ollessa vähäisempää, voidaan akku ladata uudelleen täyteen. Käyttäjän kannalta suurin rahallinen etu on akulla saatavissa, kun akkua pystytään lataamaan ja purkamaan mahdollisimman älykkäästi niin, että verkosta ostettu sähköenergia saadaan kohdistettua halvimmille spot-hinnan tunneille ja samalla onnistutaan rajoittamaan kiinteistön huipputehoa tuoden säästöä halvemmilla tehotariffin hinnoilla. Akun avulla on myös mahdollista turvata tärkeimpien laitteiden toiminta sähkökatkon aikana ⁴².

⁴² Smart E Europe 2018, Green Energy Finland 2018



Kuva 5.24: Liittymän huipputehon rajoitus kotiakun avulla.

Akku liitetään kiinteistön 3-vaiheiseen sähköverkkoon invertterin avulla. Se voi olla akkuun integroitu tai erillinen ulkoinen versio. Tarjolla on myös aurinkopaneelien hybridi-inverttereitä, jotka toimivat samalla invertterinä myös yhteensopivalle kotiakulle. Invertterin lisäksi on tiedettävä, milloin ja miten akkua halutaan käyttää. Tämän takia tarvitaan energian mittausta, sekä jonkinlaista ohjelmoitua älyä kertomaan, milloin on hyvä hetki purkaa tai ladata akkua. Tällainen ohjaus voi tulla kodin HEMS-järjestelmän kautta tai kotiakun oman internet-yhdyskäytävän (gateway) avulla.

6 Tehonhallinnan toteutusmahdollisuudet

Laitteiden tai laiteryhmiä voidaan ohjata joko kiinteistön ulkopuolisella ohjaustiedolla tai kohteen omaa mittaustietoa hyödyntäen. Ulkoinen tieto voi olla hintatieto, sähkön käytön rajoittaminen tai lisäämistarve. Oma mittaustieto voi olla koko liittymän kulutustieto tai yksittäisen laitteen käyttötieto. Omatuotantoa hyödynnettäessä tarvitaan tuotannon mukaan toimivaa ohjausratkaisua.

Normaalikäytössä tehojen ohjaus ei saa vaikuttaa merkittävästi olosuhteisiin tai käyttömukavuuteen. Sähkötoimituksen häiriötilanteissa tai merkittävässä tehopulatilanteessa tulisi olla mahdollista katkaista pois käytöstä kaikki ei-kriittiset kuormat. Ohjausratkaisujen tulisi myös hoitaa hallittu ja portaittainen laitteiden päälle kytkeytyminen, jotta kytkentäpiikeiltä vältyttäisiin. Lisäksi laitteita, joiden valvottoman käyttö aiheuttaa mahdollisen vaaratilanteen, päälle kytkeytyminen tulisi toteuttaa siten, että käyttäjä sallii erikseen sähkön palautumisen. Tällaisia ovat esimerkiksi liedet, kiukaat ja silitysraudat.

6.1 Kuormien risteily

Pienikiinteistön huipputehon rajoittaminen on laitevalintojen lisäksi pohjautunut tähän mennessä tyypillisesti suurimpien kuormien väliseen risteilyyn. Tällöin toiselta laitteelta tulee kuorman päälle kytketyessä ohjausjännite, jonka avulla ohjataan esimerkiksi toisen kuorman samanaikaisen toiminnan estävää relettä. Tyypillinen esimerkki tästä on ns. kiuasristeily. Tällöin kiukaan vastusten kytketyessä päälle, tulee kiukaalta paluujohdinta pitkin ohjaava jännite, joka katkaisee apureleen avulla syötön osalta sähkölämmittimistä (kts. SLY 7/92). Tämä on hyvin looginen tapa rajoittaa kiinteistön huipputehoa, sillä huonelämmityksen poiskytkentä lyhyiksi ajanjaksoiksi ei juurikaan vaikuta tilojen lämpötiloihin. Lisäksi saunan lämmitys on itsessään lämpöä tuottava, jolloin muu lämmitystehon tarve vähenee.

Lämpöpumppujärjestelmissä ei kiukaan ohjaustiedolla voida yleensä katkoa koko järjestelmän sähkön syöttöä. Vaikka lämpöpumppujärjestelmät ovat perinteisiin sähkölämmittimiin verrattuna energiatehokas tapa hoitaa kiinteistön ja lämpimän käyttöveden lämmitys, niin huipputehon hallinnan näkökulmasta tehorigisteilylle on tarve. Kiukaan ollessa päällä tulisi lämpöpumpuissa olevien lisälämmitysvastuksien samanaik-

kainen toiminta pystyä rajoittamaan tai estämään. Osa pumpuista on tätä varten varustettu ulkoisilla kosketintieto-ohjauksilla (AUX-tulo), joilla pystytään antamaan järjestelmälle erilaisia ohjauksikäskyjä. Tällä tavoin esimerkiksi kiukaan apureleen kosketintieto voidaan välittää suoraan lämpöpumpun AUX-liittimiin, joiden toiminnoksi on asetettu lisävastuksien ja/tai kompressorin käytön estäminen.

Sähköautojen lataus tuo kiinteistöjen sähköverkkoon uudentyyppisen, pitkissä jaksoissa toimivan kuormituksen. Lataus tai lataustehon rajoittaminen sopii myös risteilemään sähkökiukaan kanssa. Tämä voidaan toteuttaa latauslaitteilla, jotka alentavat lataustehoaan perustuen kosketintietoon, joka välitetään suoraa kiukaan ohjaamalta apureleelta. Lataustehoa voidaan myös rajoittaa valvontareleellä, joka mittaa kiinteistön kokonaiskuormaa. Rele antaa kosketintiedon latauslaitteelle kiinteistön muun tehon noustessa asetetun rajan yläpuolelle. Näin voidaan varmistua, ettei haluttu kiinteistön huipputeho ylitä hallitsemattoman latauksen takia.

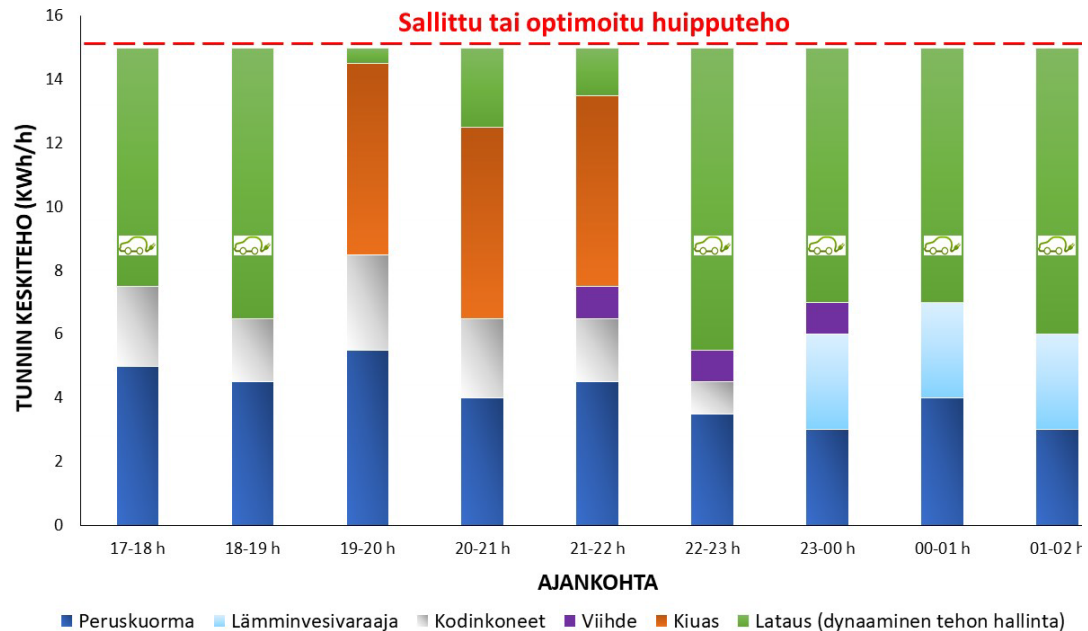
6.2 Dynaaminen ohjaus ja tehovahdit

Useamman laitteen, kuten lämpöpumppujen, sähkökiukaan ja sähköauton latauksen, risteilytarpeisiin tarvitaan monipuolista ohjausta. Lämpöpumppujärjestelmien ja sähköautojen latauslaitteiden suurimmat tehotarpeet ajoittuvat tyypillisesti asuinkiinteistön huipputehon ajankohtiin, kylmiin talvi-iltoihin. Tällöin ei välttämättä kannata esimerkiksi kiuasristeilyn tavoin pakottaa lämpöpumppujärjestelmän kaikkia sähkövastuksia pois päältä tai puolittaa sähköauton lataustehoa, vaan säätää näitä portaittain riittävän pienelle teholle.

Osassa lämpöpumppujärjestelmissä on mahdollista asetella lisävastuksien tehot useammissa portaissa, jolloin järjestelmä voi esimerkiksi virranrajoitusreleen kosketintiedon tai vaihekohtaisten virtamuuntajien perusteella tiputtaa vastusten tehoa pykälittäin niin paljon, ettei kiinteistön haluttu huipputeho ylitä. Tällä tavoin lämmitysjärjestelmää pystytään käyttämään joka hetki mahdollisimman tehokkaasti ilman, että huipputeho nousee suunniteltua korkeammaksi.

Myös osa sähköautojen latauslaitteista tarjoaa ominaisuutena ns. dynaamista lataustehon säätöä. Tällöin asetetaan erillinen virtamuuntaja mittaamaan kiinteistön muuta kulutusta ja latauslaite säätää tehoaan tarvittaessa asteittain pienemmälle. Tällä tavoin sähköautoa pystytään vastaavasti lataamaan jatkuvasti mahdollisimman suurella

teholla ilman, että kiinteistön haluttu huipputeho nousee. Dynaamista kuormanhallintaa käytetään myös tilanteissa, jolloin on useampi latauslaite samassa kiinteistössä. Tällöin latauslaitteet kommunikoivat keskenään, jolloin kiinteistön huipputeho ei kasva liian suureksi samanaikaisten latausten takia. Dynaamisen kuormanhallinnan avulla latauslaitetta ei tarvitse asennusvaiheessa rajoittaa yhtä paljon kuin ohjaamatonta laitetta, jonka tulee voida ladata asetetulla virralla kaikissa tilanteissa.



6.1 Dynaaminen kuormanhallinta sähköauton latauslaitteessa.

6.3 Sähkötehon hallinta vaiheittain

Pienikiinteistöt ovat suurelta osin kytketty kolmivaiheiseen sähköverkkoon. Kiinteistön kokonaisteho muodostuu vaihetehojen summasta. Verkon perusmitoituksessa lähtökohdaksi on se, että yksivaiheiset kuormitukset on sijoitettu mahdollisimman tasaisesti eri vaiheille. Sähkölaite voi olla kytkennältään kolmivaiheinen, kuten sähköliesi, mutta siitä voi olla käytössä vain jonkin vaiheen teho.

Tehohallinnassa tulee kiinnittää huomiota vaihekohtaisiin kuormituksiin, jotta osa vaiheista ei ylikuormitu. Laitteiden tehorajoitustoiminnoista tulee selvittää, kohdistuuko ohjaus kaikkiin vaiheisiin vai tapahtuuko osateho-ohjaus kytkemällä pois jonkin vaiheen kuorma. Laitetiedosta yleisesti kytkentätiedot tai ohjaustoimintojen vaiheistus

löytyvät enintään asennusdokumenteista ja riittävän tarkan tiedon selvittäminen voi olla hyvinkin haasteellista.

6.4 Kiinteistön energianhallintajärjestelmät

Energianhallintajärjestelmillä voidaan uuden tai olemassa olevan kiinteistön energiankäyttöä pyrkiä optimoimaan esimerkiksi sääennusteiden, sähkön hintatietojen, asukkaiden läsnäolon ja sähkön omatuotannon perusteella. Tyypillisesti tällainen järjestelmä on yhdistettynä tuotteen tarjoajan pilvipalveluun, josta käsin käyttäjän on mahdollista seurata ja hallita kiinteistönsä energiankäyttöä ja vaikuttaa energiakustannuksiin. Pelkästään ohjaamalla kiinteistön lämmitystä vyöhykkeittäin tarpeen tai läsnäolon perusteella, on mahdollista saada kustannussäästöä pienentyneen kulutuksensa myötä. Jos kiinteistöön on otettu sähkön pörssihintaan perustuva sähkösopimus, järjestelmä pyrkii optimoimaan joustavat kuormat halvimmille tunneille. Mikäli kiinteistöön on liitettyä myös omaa sähköntuotantoa, voidaan energianhallintajärjestelmällä ohjata joustavia ja varaavia kuormia päälle niille ajanhetkille, kun tuotantoa on parhaiten tarjolla.

Tällä hetkellä markkinoilla olevat järjestelmät keskittyvät toistaiseksi nimensä mukaisesti energianhallintaan tehohallinnan sijaan. Osa valmistajista ilmoittaa varautuvansa myös tulevaisuudessa tehohallintaan. Tällaisten älykkäiden ohjausjärjestelmien takia olisi keskeistä se, että tehopohjainen sähkön siirtohinnoittelu tapahtuisi tulevaisuudessa yhteisillä periaatteilla. Tällöin järjestelmät pystyttäisiin nykyiseen tapaan suunnittelemaan samoin ohjausperustein eri verkkoyhtiöiden alueille.

6.5 Laitteiden jaottelu

Tehohallinnan näkökulmasta kotitalouksien sähkölaitteet voidaan jaotella karkeasti jaksottaisesti käytettäviin laitteisiin, ulkoisen kuorman lämpölaitteisiin sekä sisäisen kuorman lämpölaitteisiin. Lisäksi esimerkiksi sähköautojen voidaan ajatella muodostavan jatkuvatehoisesti käyvän laiteryhmän.

Jaksottaisesti käytettävien laitteiden joustomahdollisuus tehonohjaukseen muodostuu mahdollisuudesta vaikuttaa laitteiden käyntijaksoihin siten, että ne eivät ole käytössä samanaikaisesti. Tosin tähän vaikuttaa se, millä aikajaksolla esim. huipputehoa mitataan. Jos lasketaan tunninaikaista huipputehoa, ei käyntijaksojen lomittaminen saman

tunnin aikana vaikuta tunnin keskitehoon. Tyypillisiä jaksottaisesti käytettäviä kotitalouslaitteita ovat esimerkiksi astianpesukone, pyykinpesukone sekä kuivausrumpu.

Ulkoisen kuorman lämpölaitteilla tarkoitetaan sellaisia laitteita, joiden avulla on tarkoitus vaikuttaa laitteiden ulkopuolisen kuorman lämpötilaan, kuten huonelämpötilaan, tuloilman lämpötilaan tai käyttöveden lämpötilaan. Tämän tyyppisillä laitteilla tehonohjaus muodostuu mahdollisuudesta vaikuttaa kyseisen kuorman lämpötilan asetusarvoon esimerkiksi sallimalla sen poiketa jonkin verran tavoitearvostaan. Tehojoustavuus on siis sidottu johonkin ulkopuoliseen kuormaan kuten rakennuksen massaan sitoutuneeseen lämpöenergiaan. Tehonohjauksessa on huomioitava vaikutukset rakennuksen olosuhteisiin. Tyypillistä tällaisille järjestelmille on, että niitä voidaan ohjata myös ulkoisella ohjausjärjestelmällä kuten rakennusautomaatiojärjestelmällä.

Sisäisen kuorman lämpölaitteille tyypillistä on, että niiden ohjaus, joustovarallisuus ja sähkönkulutus ovat samaa laitekokonaisuutta. Tällä tarkoitetaan laitteita, jotka varaaavat lämpöenergiaa itsessään. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi jääkaappi ja pakastin sekä lämpöä varaaavat sähköpatterit ja lämpöpumppujen sisältämät vesivaraajat.

Termostaattisesti ohjattavat kuormat sopivat hyvin kysynnänjouston tarpeisiin, niiden lämpöä varastoivien ominaisuuksien johdosta. Esimerkiksi sähköpattereilla lämmitetty huoneilma ei jäähdy dramaattisesti, vaikka sähköpatterit olisivat hetken aikaa pois päältä. Kuormien ohjaukseen käytettävien ohjaus- ja säätömenetelmien tehokkuus riippuu käytettävissä olevien järjestelmärakenteiden ja kommunikointimenetelmien ta-
sosta.⁴³

6.6 Ohjausjärjestelmien käyttö

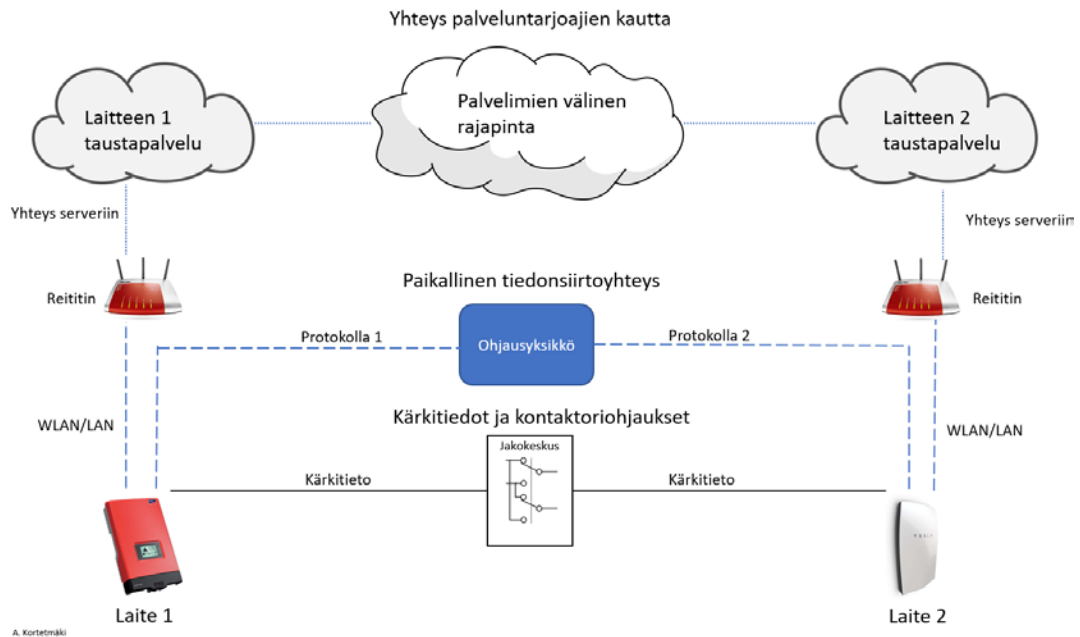
Koska kysyntäjouston markkinamekanismit voivat vaihdella suuresti, niin ei ole mahdollista määritellä yhtä oikeaa ratkaisua tehonohjausjärjestelmän toimintaan. Markkinoilla tällä hetkellä olevat järjestelmät saattavat toimia hyvin eri periaatteilla ja niiden yksityiskohtaisesta toiminnasta on haasteellista saada vertailukelpoista dokumentaa-

⁴³EU. Preparatory study on Smart Appliances (Lot 33), Task7 Policy and Scenario analysis, Study accomplished under the authority of the European Commission DG Energy under framework contract. ENER.C3.2012-418-lot 1 2014/TEM/R/. 2018

tiota. Ilman riittävän tarkkaa kuvausta tehon ohjauksjärjestelmän toiminnasta rakennuttajan tai toteutuksen suunnittelijan on hankala, ellei mahdoton, vertailla järjestelmien toimintaa ja saada riittävästi tietoa hankinnan tueksi.

Älykkäiden ohjauksratkaisujen ja palveluiden käyttäminen edellyttää eri laitevalmistajien, järjestelmätoimittajien ja palveluntarjoajien välistä integraatiota. Tämä tulee ottaa huomioon laitevalinnoissa ja ohjauksjärjestelmän määrittelyssä. Laitteiden ja ohjauksjärjestelmien tulee mahdollistaa tietojen välittäminen eri palveluntarjoajille avoimia rajapintoja hyödyntäen.^{44,45}

Kuvassa (Kuva 6.1) on esitetty laitekokonaisuuksien ja ohjauksjärjestelmän välisiä tiedonsiirtotapoja ja -tapoja.

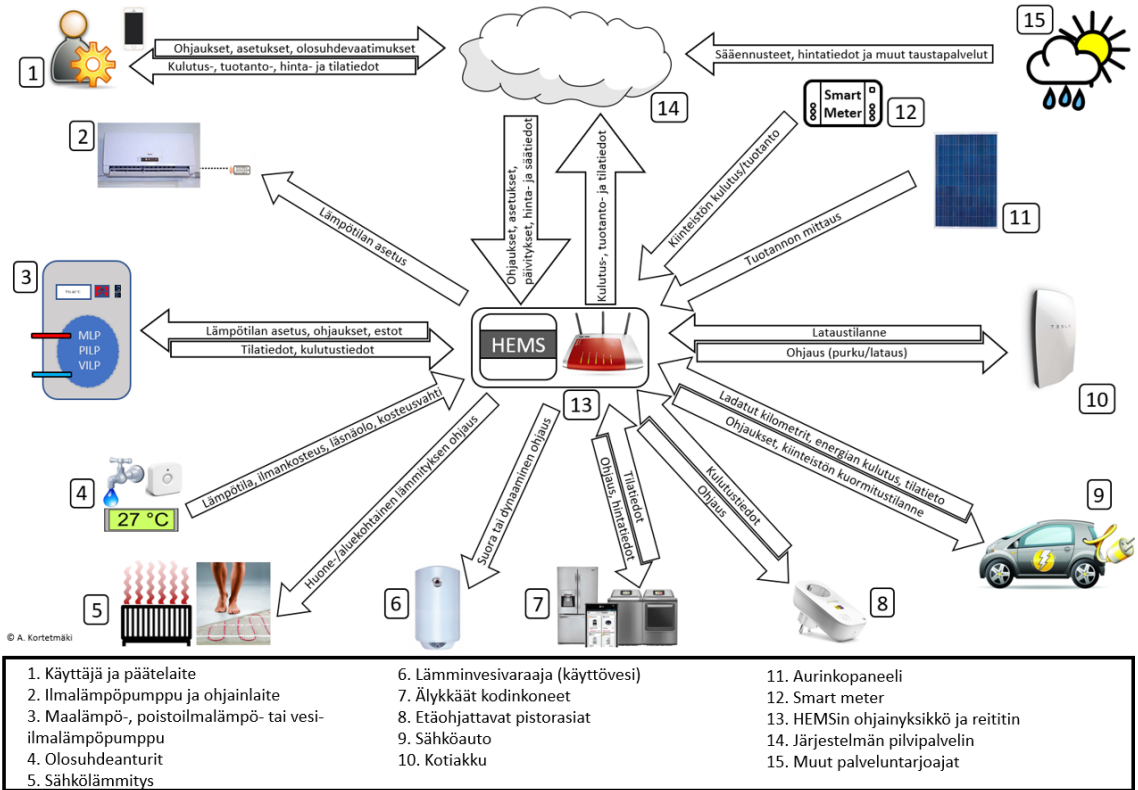


Kuva 6.1 Laitekohtaisia ohjauksen tiedonsiirtotapoja. Lähde: (Kortetmäki, 2018)

Kuvassa (Kuva 6.2) on kuvattu tiedonsiirtotapoja eri laitteiden ja antureiden välillä pienkiinteistössä.

⁴⁴ EN50491-12-1: 2018. General requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES) and Building Automation and Control Systems (BACS) - Smart grid - Application specification - Interface and framework for customer - Part 12-1: Interface between the CEM and Home/Building. 2018

⁴⁵ EU. Preparatory study on Smart Appliances (Lot33). 2018



Kuva 6.2 Informaation kulku energianhallintajärjestelmään liitettyssä ympäristössä. Lähde: (Kortetmäki, 2018)

7 Tehohallinnan toteuttaminen rakentamisprosessin aikana

Kiinteistön tehohallinta muodostuu monesta valinnasta ja toteutuksesta rakentamisen tai muutostyön yhteydessä. Tällöin luodaan ne puitteet, joilla käytön aikana voidaan vaikuttaa energian käytön ohjaukseen, mahdolliseen rajoittamiseen ja ohjaus- ja automaattioratkaisujen käyttöön. Rakentamisen aikana toteutetaan kiinteistön tekniset perusratkaisut, kuten lämmitysjärjestelmä sekä sähköverkon ja myös osin tietoverkon rakenne.

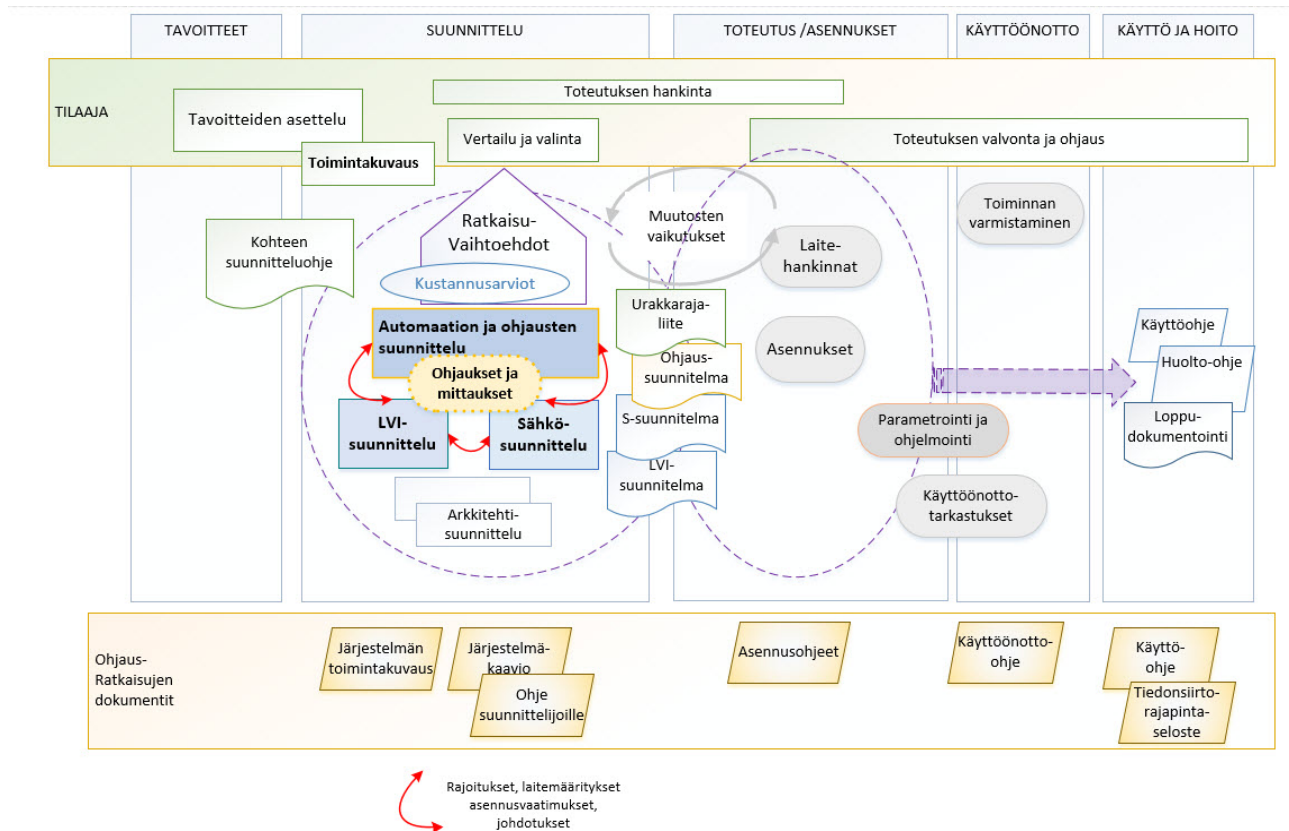
Seuraavassa hankkeen vaiheita on tarkasteltu tehohallinnan näkökulmasta. Pientalon rakentamiseen liittyy monia muita näkökulmia. Energiatehokkaan pientalon rakentamisen vaiheita on esitetty esimerkiksi verkkoaineistossa <http://nzeb.projects.tamk.fi/>.

Kiinteistön tekniset järjestelmät, talotekniikka, on yhä suurempi ja vaativampi osa rakennushanketta. LVI- ja sähköasennusten lisäksi kiinteistön automaation ja ohjauksen tai ”älytalaratkaisujen” toteutus edellyttää suunnittelua ja yhteensovittamista. Eri-laisten ohjausratkaisujen myötä fyysisten laitteiden lisäksi lisääntyy erilaiset ohjelmistot sekä yhteydet ulkopuolisiin palveluihin. Yhä haasteellisempaa on myös eri osien elinkaaret ja yhteensovittaminen; rakentamisen yhteydessä asennettavat laitteet ja asennukset ovat elinkaareltaan kymmeniä vuosia, mutta tietoteknisissä ratkaisuisissa tai ulkopuolisissa palveluissa käyttöikä saattaa olla vain joitain vuosia.

7.1 Tilaajan tehtävät

Hankkeen aloitus ja hankesuunnittelu

Hankkeen lähtökohtana on **tilaajan asettamat tavoitteet**. Hankkeen alussa hankesuunnittelussa määritetään rakennukselle asetettavat tilojen tarpeen lisäksi toiminnalliset tavoitteet ja keskeiset laatukriteerit. Rakennuksen energiaterhoisuustavoitteet, joissa on mukana lainsäädännön vaatimukset, asettavat yhden lähtökohdan suunnittelulle ja valinnoille. Erityisesti omatuotannon, kuten aurinkosähkön ja sähkön varastoinnin, käyttö tai niihin varautuminen vaikuttaa niin tilojen, rakenteiden kuin talotekniikan suunnitteluun. Aloitusvaiheesta lähtien valintoja tehtäessä tulisi myös jo miettiä huolto- ja ylläpitönäkökulmia.



Kuva 7.1 Teknisten ratkaisujen ja ohjattavuuden toteutusprosessi pientalorakentamisessa.

Tilaajan olennainen tehtävä on koota hankkeelle **suunnitteluryhmä**, joka yhteistoinnillisesti suunnittelee kokonaisratkaisun, sekä laatii realistisen aikataulun suunnittelulle ja toteutukselle. Tilaajan tulee myös sopia, kuka erikoissuunnittelijoista on talotekniikan vastaava erityissuunnittelija ja mitkä ovat hänen tehtävänsä.

Suunnittelutyön lähtökohdaksi tehtyyn suunnitteluohjeeseen määritetään olennaiset tavoitteet myös tehohallinnalle ja ohjausratkaisuille, kuten

- tilatarpeet
- energiatehokkuustavoitteet
- energiakustannuksiin varautuminen
- omatuotanto
- sähköautoon varautuminen
- energian varastointi tai siihen varautuminen
- ohjauksen ja automaation taso
- ohjauspalveluihin liittyminen
- tavoiteltu liittymäteho.

Hankesuunnitteluvaiheessa tehdään myös päätös rakentamisen toteutusmuodosta. Pientalojen rakentamisessa käytetään eritasoisia talopaketteja lähes valmiista "avaimet käteen-paketeista" materiaalitoimituspaketteihin asti. Näihin sisältyy eritasoisia ja -laajuisia teknisten järjestelmien suunnitelmia ja toteutuksia. Oma tavoitekuvaus antaa yhden lähtökohdan tarjousten hankintaan ja vertailuun.

Pientalorakentamisessa perinteisesti hankkeen tilaajana on lopullinen käyttäjä ("pientalorakentaja"). Mikäli kohteen rakentamisvaiheessa tilaaja on eri taho kuin loppukäyttäjä, tulee tavoitteet määrittää sekä tilaajan että käyttäjän näkökulmista.

Suunnittelun ohjaus

Taloteknisten ratkaisujen suunnitteluun tarvitaan vähintään LVI- ja sähkösuunnittelu. Ohjaus- ja automaattioratkaisujen laajuus määrittää sen, tarvitaanko erillinen kiinteistöautomaation suunnittelu vai sisältyykö se sähkösuunnitelman osaksi.

Tehohallinnan näkökulmasta tavoitteiden asettelu tehdään toimintakuvauksena. Liitteessä 2 on esimerkki suunnittelutavoitteista.

Suunnitteluryhmän tehtävänä on tuottaa tilaajalle eri ratkaisuvaihtoehtoja ja antaa näkökulmia, kustannusarvioita ja vertailuja valintojen tekemiseen. Yksittäisten laitteiden tai järjestelmien valinnat tehdään niin, että ne ovat kokonaistavoitteiden, mukaan lukien kustannukset, mukaisia.

Esimerkki 1: Tavoitteeksi on asetettu, ettei sähkökiukaan käyttö nosta huipputehoa eli lämmitysjärjestelmä osaa risteillä sähkökiukaan käytön kanssa => lämpöpumpun lämmitysvasutus tulee olla ohjattavissa tai lämpöpumpussa on dynaaminen ohjaus -automaatiikka. Kiukaalla tulee olla ohjauskosketin tai keskuksessa tilaa valvontalaitteille.

Esimerkki 2: Lämpimän käyttöveden lämmitysajankohtaa tulee voida ajoittaa edulliseen sähkönhintaan, eikä vedenlämmitys saa kytkeytyä päälle sähkökiukaan kanssa samanaikaisesti => hintatietoon perustuva ohjaus, varaajakoko ja kiukaan päälläolotieto.

Esimerkki 3: Liittymän kokonaistehoa halutaan seurata ja tietoa käyttää ohjauksissa => tila-
varaus virran mittaukselle, mittauskaapelointi liittymästä tekniseen tilaan (pääkeskukselta ryhmäkeskukselle).

Esimerkki 4: Halutaan varautua sähkön omatuotantoon ja/tai varastointiin sekä sähköauton lataukseen => tarvitaan ohjaus- ja syöttökaapelointi tai kaapelireitit, varautuminen sopivaan ohjaus- ja mittausratkaisuun sekä tilavaraukset paneeleille ja akustolle.

Toteutuksen ohjaus ja hankinnat

Suunnitteluasiakirjoissa määritetään laitteiden ja järjestelmien hankintarajat. Tilaajan valitsema urakkamuoto vaikuttaa siihen, kuinka laaja vastuu kokonaisratkaisusta on eri osapuolilla. Asennustöitä voi olla talotekniikan osalta tekemässä useita eri tahoja ja toteutuksen pilkkominen pieniin osiin edellyttää tilaajalta hyvää projektinhallintataitoa.

Erityisesti huomiota tulee kiinnittää siihen, kuka osapuoli vastaa ohjausratkaisujen yhteensovittamisesta, kokonaistoimivuudesta ja järjestelmätason ohjeistuksesta.

Tilaajan tehtävänä on valvoa työn etenemistä sekä hyväksyä mahdolliset laite- ja järjestelmämuutokset, jotka tulee arvioida asetettujen tavoitteiden perusteella. Samoin tulee olla näkemys siitä, miten muutos vaikuttaa kokonaisratkaisuun.

Esimerkki: Vaihdetaan lämpöpumpun tyyppi. Onko toisessa vaihtoehdossa samat ohjausmahdollisuudet? Onko se liitettävissä valittuun ohjausratkaisuun? Millaisia asennuksia tai johdotuksia se tarvitsee?

Vastaanotto

Kohteen valmistuessa tulee eri asennusten osat käyttöönottaa. Lisäksi tilaajalle ja käyttäjälle tulee luovuttaa riittävät käyttö- ja hoito-ohjeet. Tilaajan tehtävänä on valvoa, että kohteeseen luovutetaan loppudokumentaatiot, ohjeet, tarkastusasiakirjat ja kaikki käyttäjät saavat käyttöopastuksen.

7.2 Suunnittelu

Tehohallinnan suunnittelu ja toteutus liittyvät kiinteistön talotekniikan ja energiatehokkuuden suunnitteluun. Eri suunnittelun osissa tehdään ratkaisuja, joilla kaikilla on vaikutusta sekä tehojen suuruuteen, että ohjattavuuteen:

- LVI-suunnittelu
 - ilmanvaihtoratkaisu
 - vesi- ja viemärijärjestelmä
 - lämmitysratkaisu
- Sähkösuunnittelu
 - sähköenergian jakelu

- tietotekniset järjestelmät
- omatuotanto ja varastointi
- Automaatiosuunnittelu
 - paikallinen ohjaus ja säätö
 - rajapinnat ja ohjauspalvelut
- Arkkitehti- ja rakennesuunnittelu
 - tilatarpeet
 - rakenteelliset vaatimukset
 - rakennuksen suuntaus
 - Ikkunoiden sijoittelu

ikkunoiden sijoittelu.Tilasuunnittelu

Pientalossa olevat keskeiset tekniset laitteet, kuten lämmityslaitteisto, käyttöveden lämmitys, ilmanvaihtokone, sähkökeskus, tietoverkon kytkennät ja aktiivilaitteet sekä automaatio- tai ohjauslaitteet, edellyttävät laite- ja asennustilaa. Tilasuunnittelussa on perusteltua varata näille laitteille tekninen tila, jossa huoltotyöt ja myöhemmin tarvittavat muutostyöt, on asennettavissa ja hoidettavissa häiritsemättä varsinaisia asuintiloja. Teknisen tilan sijoittaminen rakennuksessa asennusten kannalta keskeiseen paikkaan lyhentää jakelujärjestelmien pituuksia parantaen suojauksien toimintaa ja vähentää myös osaltaan häviöitä talotekniikan eri järjestelmissä. Tilasta tulisi varata asennusreitti, hormi tms. vesikatolle mahdollista aurinkopaneelistoa tai –keräintä varten sekä myös väljä putkitus tai muu reititys rakennuksen ulkopuolelle. Tilassa olevien laitteiden vaihtoa varten tulee olla riittävän leveät ovet ja reitit ulos.

Akkujen sijoittelu

Sähkön paikallinen varastoinnissa käytettävien suljettujen litiumakkujen sijoittelusta kiinteistöön ei ole Suomessa erillisiä vaatimuksia. Niihin liittyy kuitenkin kemiallisia riskejä, sekä sähköturvallisuus- ja paloturvallisuusriskejä. Riskeistä on TUKES julkaissut selvityksen ”Selvitys Li-akkujen turvallisuustekijöistä”⁴⁶

Selvityksissä suositellaan, että akkujen sijoitustilalle asetetaan saman palo-osastointivaatimukset kuin esim. pannuhuoneille⁴⁷. Litiumioniakun lämpötilan tulisi pysyä mahdollisimman tasaisena ja optimilämpötila akulle on noin 20 celsiusastetta. Tilassa ei saisi olla palokuormaa, akku ei saisi sijaita poistumisreitillä varrella ja palokunnalla tulisi olla riittävä pääsy kohteeseen.

⁴⁶ [Selvitys litiumioniakkujen turvallisuustekijöistä](#)

⁴⁷ [Opas teollisuuden litiumioniakkujen turvalliseen käyttöön](#)

Tehonmitoitus

Sähkötehon tarpeeseen vaikuttaa keskeisesti huonetilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysratkaisu, saunan ja kiukaan mitoitus sekä varautuminen sähköauton lataukseen ja omatuotantoon.

Sähköverkon huipputehot ajoittuvat Suomen ilmastossa kylmimpiin talvipäiviin, jolloin lämmitystarve on suurimmillaan. Toisaalta ohjatarpeita voi tulla kesäaikaan kulutuksen ollessa pienimmillään ja omatuotannon suurimmillaan. Lisäksi verkossa voi esiintyä tilanteita, jolloin häiriön tai suuren kulutushetken aikana olisi tarvetta ohjata tehon kytkeytymistä.

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän mitoituksen perusteena on huonetilojen lämmitystehotarve, joka mitoitetaan lämpöhäviöiden perusteella. Lämpöhäviöiden laskentaohje on esitetty ympäristöministeriön ohjeessa Tasauslaskentaopas 2018⁴⁸.

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtolaitteiston tehontarve muodostuu puhallintehosta sekä tuloilman lämmitystarpeesta, johon vaikuttaa lämmön talteenoton hyötysuhde ja jälkilämmityksen toteutustapa. Myös laitteen ohjausmahdollisuuksilla voidaan vaikuttaa tehontarpeeseen. Huipputehoaikaan kylmimpinä aikoina vuodesta voidaan pienentää ilmamääriä tai alentaa poistoilman lämpötila-asettelua.

Jäähdytys

Rakennuksen jäähdytystarpeeseen voidaan vaikuttaa rakennuksen sijoittelulla, ikkunasuuntauksilla, aurinkosuojauksilla, laitevalinnoilla ja lämmönjaon rakenteella. Suunnitteluvaiheessa voidaan simuloinnin avulla vertailla eri vaihtoehtoja.

Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden lämmitystehon tarpeeseen voidaan vaikuttaa varaajakoolla, joka voi olla lämmityslaitteen, lämpöpumpun tai kattilan osa. Erillinen varaaja tai sille

⁴⁸ <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8DA891B6-94AC-4367-9E45-D59ECED00CCF%7D/133703>

vähintään tilavaruksen tekeminen mahdollistavat lämpimän käyttöveden lämmittämisen pienellä lämmitysteholla sekä lämmityksen ajoittamisen tarkoituksenmukaisimpaan aikaan vuorokaudesta. Käyttöveteen voidaan myös lyhytaikaisesti varastoida omatuotantoa. Mikäli varaajan lämpötilarajoja voidaan muuttaa ohjausautomaatiikalla, mahdollistetaan sekä lämmön lisävaraaminen että lisälämmitystarpeen siirtäminen.

Sauna ja kiuas

Kiukaan valinnalla on yksi keskeinen vaikutus pienkiinteistön kokonaistehontarpeeseen. Suunnitteluvaiheessa saunan koon ja pinnoitteiden vaikutukset tuodaan esiin tilaajalle. Lopullisen kiuasvalinnan yhtenä kriteerinä tulee olla ohjaustiedon saamis mahdollisuus kiukaan ohjauslaitteelta.

Omatuotanto ja varastointi

Omatuotannon sijoittelulla, mitoituksella ja varastoinnilla voidaan vaikuttaa kiinteistön tehotarpeeseen.

Laitevalinnat

Talotekniikan suunnittelussa LVI-suunnittelija määrittää ja mitoittaa merkittävän osan laitteita, joilla on vaikutusta sähkötehon tarpeeseen. Näitä ovat:

- ilmanvaihtolaitteet
- käyttöveden lämmitystapa
- vesikiertoiset lämmityslaitteet
 - lämmönjako
 - ohjaus
- lämmöntuottolaitteet
 - kattilat
 - lämpöpumput
 - varaajat
- käyttövesijärjestelmän sulanapitolämmitystarpeet.

Sähkösuunnitelmissa määritellään ja mitoitetaan

- sähkölämmityslaitteet
- kiinteät valaisimet
- aurinkosähköjärjestelmät
- sähköauton latausteho
- sähkökiuas.

Suunnitelma-asiakirjoissa määritetään myös hankintarajat. Pientalokohteissa tilaaja tekee laajasti itse kodinkoneiden valintoja ja hankintoja. Niiden tehotarpeet ovat kuitenkin melko vakioita.

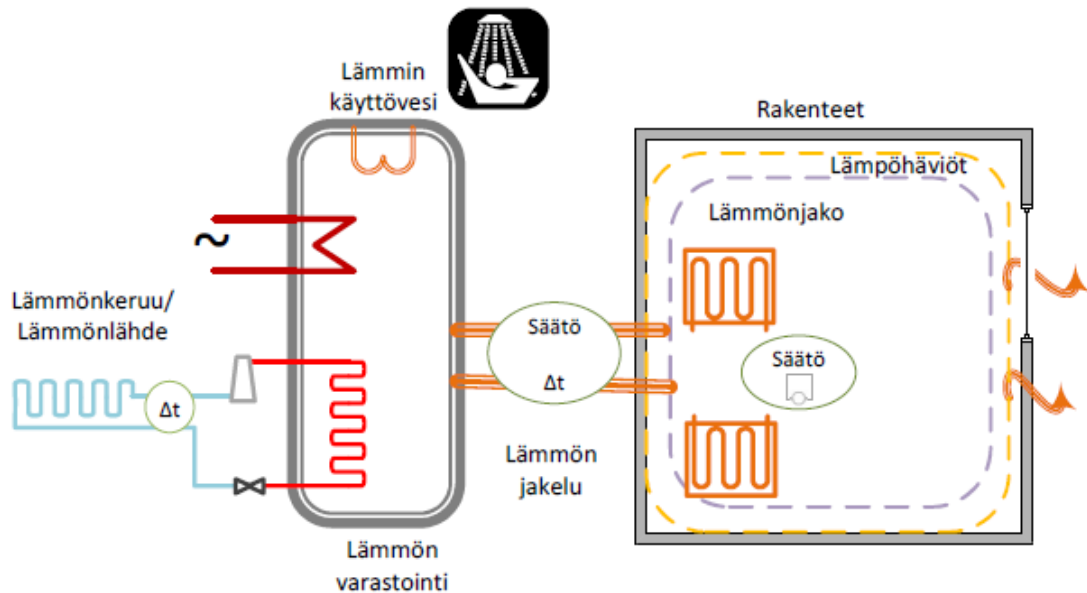
Laittevalinnoissa laitteen nimellistehon lisäksi tehohallinnan näkökulmasta tarkistettavia näkökulmia ovat:

- laitteen ohjaus- ja säätötavat
- laitteen mahdolliset omat etäohjausmahdollisuudet
- tiedonsiirtotapa
- etäohjauksen integraatiomahdollisuus.

Laitteissa, kuten kodinkoneet ja valonlähteet, lisääntyvät yhä laajemmin omat, laitekohtaiset etävalvonta- ja ohjaustavat. Tulee kuitenkin harkita, kuinka montaa erilaista ohjausratkaisua käyttäjä haluaa tai osaa käyttää ja tunnetaanko, mikä on eri ohjauksen yhteisvaikutus ja yhteensovittamismahdollisuudet.

Järjestelmävalinnat

Talotekniikan laitteet ohjauksineen muodostavat kokonaisjärjestelmiä, joiden toimintaan vaikuttaa myös tilat. Kuvassa (Kuva 7.2) on esimerkki lämmitysjärjestelmän kokonaisuudesta.



Kuva 7.2 Esimerkki maalämpöjärjestelmän osista

Tehohallinnan näkökulmasta on lämpöpumppukohteissa olennaista:

- lämmitystehon tarve ja lämmöntuottojärjestelmien mitoitusyhteensovitus
- lämpökaivojen mitoitus vastaa pumppujen tehoa
- lämmön varastointi mahdollistaa pumpun käyttöhetken siirtämisen
- lisälämmitysvastuksen teho on rajoitettu tai sitä voidaan ohjata portaittain.

Sähkölämmitysjärjestelmän osalta tehonäkökulmasta olennaista on:

- lämmityslaitteet on mitoitettu kunkin tilan lämmöntarpeen mukaan (ei W/m^2 tai W/m^3 -periaatteilla)
- osittain varaavien lattialämmitysten termostatit mahdollistavat lämpötilan noston varausaikana
- lämmityslaitteiden ja termostattien lämpötilan pudotus-ohjauksilla on johdotukset
- vesivaraaja on mitoitettu riittävän suureksi ja siinä on mahdollistettu termostaattien asetteluarvojen muuttaminen.

Kaikissa lämmitysratkaisuissa tulee varmistaa, että erillisten lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien asetusarvot eivät ole ristiriidassa keskenään. Esimerkiksi ei saa olla mahdollista, että lämmitys ja jäähdytys toimivat samanaikaisesti.

Sähkötoimisia lattialämmityksiä käytetään myös vesikiertoisten lämmönjakotapojen yhteydessä pienissä tiloissa tai erillisissä rakennuksissa, kuten varastoissa. Sähkölämmitysratkaisujen toimittajilla on käytännön toteutuksen avuksi tehtynä mitoitussuosituksia (W/m^2 -tyyppisiä), joissa lähtökohtana ei ole asennuskohteen tarvitsema lämmitysteho vaan yleiset, keskimääräiset tehotarpeet. Lattialämmitysten osalta suosituksissa on suuriakin asennustehoja. Erityisesti valmiissa kaapelimatoissa on suuria neiliötehoja ($100 - 150 W/m^2$), koska niitä käytetään laajalti myös saneerauskohteissa ja kerrostaloissa pesutiloissa. Jatkuvassa lämmityksessä huonekohtaisten termostaattien ohjaukset risteilevät ja kokonaisteho vastaa lämmitystehon tarvetta. Suuret asennustehot kuitenkin nostavat huipputehoa mm. epäjatkuvassa lämmityksessä tai sähkökatkojen jälkeen.

Ryhmittely

Tehojen ohjaukseen ja kysyntäjoustoon varautuminen uusissa kohteissa tai peruskorjattavissa kohteissa edellyttää sähköasennuksissa jo suunnitteluvaiheessa ryhmitteilyä, jossa ohjaustarpeet ja tarvittavat laitevaraukset olisi otettu huomioon.

Sähkölaitteiden ohjaus voi tapahtua laitekohtaisesti tai asennusryhmittäin. Laitekohtainen ohjaus edellyttää jokaisen laitteen omaa yhteyttä paikalliseen tai etänä olevaan ohjaukseen. Ryhmäkohtaisessa ohjauksessa ohjaus, kuten poiskytkentä, tapahtuu keskuksessa, jolloin sähkön syöttö katkaistaan kaikilta samaan ryhmään liitetyiltä laitteilta. Tämä ohjaustapa soveltuu huonosti erilaista omaa älykkyyttä omaaville laitteille.

Keskitetty ohjaus, jonka toimilaitteet ovat esimerkiksi keskuksessa, edellyttää hyvin tarkkaa laiteryhmittelyä suunnittelu- ja asennusvaiheessa. Oma ohjausälykkyyttä omaaville laitteille voidaan ohjaustieto antaa kosketintietoina tai ohjaussignaalina.

Kiinteistön huipputehoa voidaan rajoittaa käyttämällä kiuasristeilyä tai tehoahattia mm. lisälämmitysvastusten osalta. Ohjaustiedon ja erityisesti hintatiedon indikointi käyttäjille voisi osaltaan vaikuttaa käyttötottumuksiin.

Sekä uusissa että osassa vanhoja sähkölämmityskohteita voidaan hyödyntää myös termostaattien lämpötilan pudotustoimintoja.

Asuinkiinteistöissä lisääntyvät älykkäät ohjausratkaisut mahdollistavat monenlaisen kuorman ohjauksen ohjelmallisesti. Asennusvaiheessa eivät ohjaustarpeet tarvitse olla tarkkaan määritetty, kunhan eri ohjaustyyppien sietävät kuormat on ryhmitelty omien ohjelmallisten releiden taakse tai laitteisiin voidaan liittyä erilaisin väyläratkaisuin. Langattomilla ohjauslaitteilla asennustyö on helppoa, mutta johdotuksiin perustuvat ratkaisut takaavat tulevaisuudessakin tiedonsiirron toimivuuden.

Suurin osa asuinkiinteistön sähkölaitteista on yksivaiheisia. Asennusten suunnitteluvaiheessa on huolehdittava, että kuormitus jakaantuu tasaisesti eri vaiheille. Erityisesti huomiota on syytä kiinnittää sähköauton latauspisteen kytkentään. Osassa lämmityslaitteissa lämmitysvastusten portaittainen teho-ohjaus kytkee pois yksittäisen vaiheen vastuksia, jolloin eri vaiheiden kuormituksissa saattaa olla hyvin suuria eroja.

Taulukko 7.1 Esimerkki asennusten ryhmittelystä

Ryhmä	Asennukset
Yleistilat	makuuhuoneet oleskelutilat WC ja varastotilat ryhmitellään huonekohtaisiin ryhmiin
Ruoan valmistus	keittiön työpöytäpistorasiat valaistus liesi ja uuni
Kylmälaitteet	pistorasiat
Siivous ja vaatehuolto	kodinhoituhuoneen pistorasiat astianpesukone pyykinpesukone kuivausrumpu
Sauna	kiuas
Lämmitys ja ilmanvaihto	lämmön tuotanto, jakelu ja luovutus ilmanvaihtokone käyttöveden lämmitys
Autotalli	pistorasiat valaistus
Auto	lämmitys lataus
<i>Sähkökuormat on ryhmiteltävä seuraavan kulutustyyppiin mukaisesti. Samaan kulutustyyppiin voi kuulua useampia ryhmiä, mutta ryhmissä ei saa olla sekaisin eri kulutustyyppien kuuluvia osia.</i>	

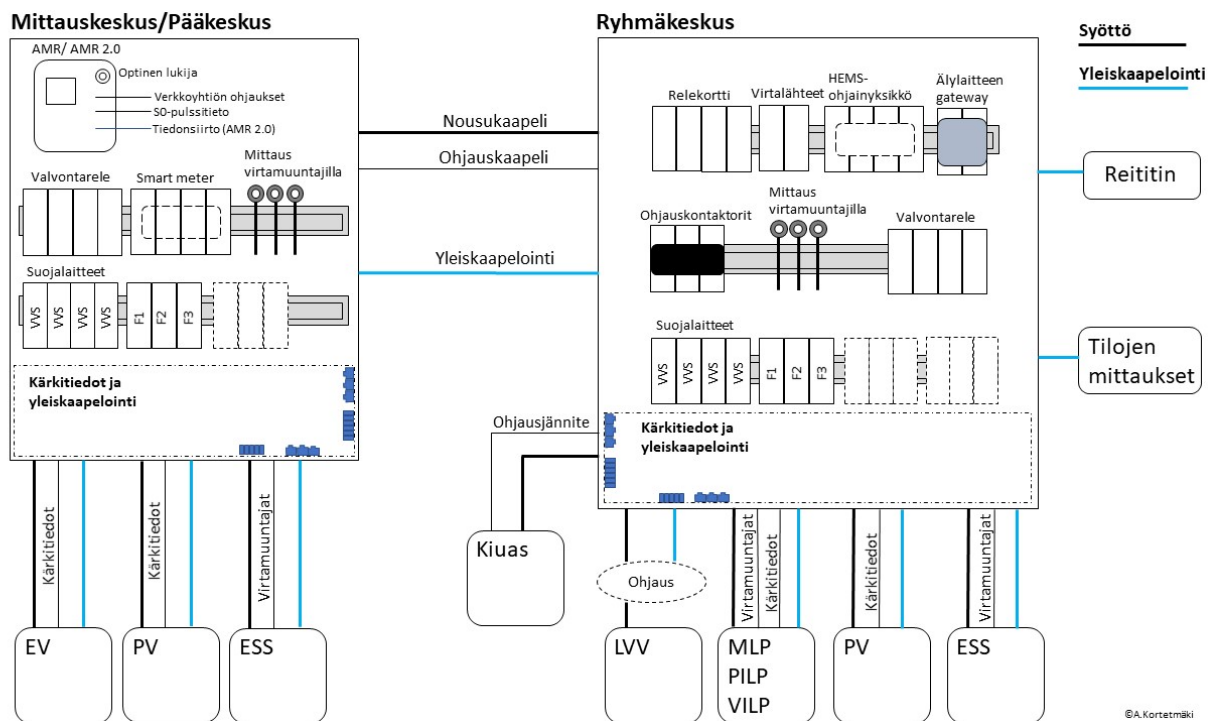
Ohjausten suunnittelu ja toteutus

Suunnittelun aikana tehdään valinta ohjauksen tasosta ja toteutusmuodosta sekä siitä, millaisiin ratkaisuihin varaudutaan. Kaikki vaihtoehdot edellyttävät tilatarpeita, ohjaus- ja valvontalaitteita sekä tiedonsiirtoa. Tehohallinnan näkökulmasta tulisi vähintään asennuksissa varautua:

- Tilavaraukset keskuksissa
 - virtamuuntajille tilat
 - ryhmä- tai laitekohtaiset ohjausreleet ja mittausvaraukset
 - ohjausjärjestelmien teholähteet

- pienenjännitteisten ohjausjohdotusten asennustilat erillisinä verkkojännitteisistä johdotuksista
- riviliittimet ohjausjohdotuksille
- Ohjausjohdotukset
 - tilatieto sähkökiukaalta
 - ohjaustieto lämpöpumpuille
 - lämpötilan pudotusjohdotus sähkölämmittimille ja –termostaateille
 - huoneanturit
- Ohjauspalvelut ja niihin varautuminen
 - tilavaraus teknisessä tilassa
 - kiinteistön sisäisen tiedonsiirron varmistaminen (kuuluvuus)
 - ohjaus- ja näyttöpaneelin sijoittelu
 - ohjauslaitteet (releet keskuksessa tai erillinen ohjauskeskus).

Tehohallinnan ohjaustarpeisiin voidaan varautua tekemällä johdotusvarauksia kiinteistön keskusten välille sekä johdottamalla myös ohjausjohdotus keskeisille laitteille. Lisäksi varaamalla jokaiseen huonetilaan johtoreitti tai johdotus antureille, mahdollistetaan monipuolinen tilakohtainen olosuhdevalvonta.



Kuva 7.3 Esimerkki ohjausjohdotuksista. Lähde: (Kortetmäki, 2018)

Ohjausjärjestelmien suunnittelu ja toteutus

Laajat ohjaustarpeet perustuvat erilaisiin ohjausjärjestelmiin ja niihin liitettyihin palveluihin ("älykoti" –ratkaisut). Kiinteistön sähköjärjestelmän suunnitteluun tulee siihen liittyvät tehon ohjaustoiminnot dokumentoida riittävän yksityiskohtaisesti. Tehonohjausjärjestelmästä tulee olla laadittuna toimintaselostus, jossa on kuvattu yksikäsittelistä järjestelmän toiminta erilaisissa käyttötilanteissa. Järjestelmäkaaviossa esitetään järjestelmään liittyvät laitteet ja niiden väliset yhteydet. Toimintaselostus ja järjestelmäkaavio toimivat yhtenä lähtötietona sähkösuunnittelulle. Järjestelmän toiminnan kannalta olennaista on kiinteistön sähköjakelun ja ryhmittelyn suunnittelu siten, että ohjaustoiminnot ovat mahdollisia toteuttaa.

Pientaloissa käytettävät ohjausratkaisut ja energiahallintajärjestelmät voivat olla toteutettu avoimilla järjestelmillä tai yhden toimittajan omalla kokonaisjärjestelmällä. Avoimet järjestelmät edellyttävät omaa suunnitelmaansa ja laitevalintoja. Mikäli valitut tiedonsiirto- ja laitevalinnat perustuvat standardoituihin teknologioihin (esimerkiksi KNX), on ratkaisulla usean toimittajan tuki ja yhteensopivuus.

Suljetun järjestelmän toimittajalta tarvitaan muuhun suunnitteluun ja toteutuksiin ohjeita. Niiden avulla voidaan todentaa, että kiinteistön tehon ohjaukselle asetetut tavoitteet täyttyvät. Järjestelmätoimittajalla tulee olla myös riittävän yksityiskohtaiset suunnitteluohjeet sähkösuunnittelua, dokumentaatiota ja laitevalintoja varten:

- ratkaisujen valintavaiheessa tarvitaan toimintaseloste
- suunnitteluvaiheessa järjestelmäkaavio ja suunnitteluohje antavat muille suunnittelijoille tietoa laite- ja johdotustarpeista sekä myös edellytyksiä laitevalintoihin
- asennusohjeet toteutusta varten
- urakkarajakuvaukseen järjestelmän toteutuksen vastuurajat
- käyttöönottovaiheeseen ohjeistus
- käyttöohjeeseen ohjeet
- huolto-ohjeet.

Avoimissa järjestelmissä tehonohjausjärjestelmä voidaan myös suunnitella ja rakentaa yksilöllisesti käyttämällä saatavilla olevia komponentteja. Tällöin kohteen suunnittelutyö lisääntyy. Sähkösuunnittelijan on laadittava ensin toimintaselostus, jonka pohjalta hän suunnittelee ja dokumentoi kiinteistön sähköjärjestelmän toiminnan toimintaselostuksessa kuvatuissa käyttötilanteissa.

Ohjaustratkaisu voi olla myös hybridi, jolloin järjestelmän pohjana toimii valmis järjestelmäpaketti siihen liittyvine laitteineen. Ohjaustratkaisussa tulee olla määritettynä, miten ohjatut laitteet toimivat ja miten toiminta saa vaikuttaa olosuhteisiin:

- normaalitilanteessa
- tehorajoitustilanteessa
- tehopula- tai häiriötilanteessa
- teho-ohjaustoiminnon jälkeisessä tilanteessa.

Yleisesti kotiautomaatiojärjestelmien totutuksesta on ohjeita mm. ST-kortissa 701.31⁴⁹.

Liitteessä 3 on esimerkki järjestelmäkaaviosta ja toimintaselostuksesta.

7.3 Toteutus

Asennusvaiheessa tehtävät laite- ja asennusmuutokset tulee ennen hankintaa arvioida tavoitekriteerien mukaisesti ja tarkistaa, että suunnitelmien mukaiset ohjaukset ovat toteutettavissa. Kaikki asennusmuutokset johdotuksissa, ryhmityksissä ja asennusreiteissä tulee dokumentoida loppudokumentteihin.

Langattomia järjestelmiä käytettäessä voi ilmetä rakenteiden aiheuttamia signaalien kuuluvuusongelmia. Aiheesta on mm. tietoa ST-kortissa 701.57⁵⁰.

7.4 Käyttöönotto

Useisiin laitteisiin ja järjestelmiin liittyy käyttöönottovaiheessa asetteluarvojen parametrisointi tai toiminnan ohjelmointi. Urakkarajoissa on määritettävä näiden toteuttajat. Ennen vastaanottoa todennetaan tilaajalle tavoitteiden toteutuminen ja ohjaustoimintojen tarkoituksenmukainen toiminta.

Ennen ohjelmointityön aloittamista on toiminnot suositeltavaa käydä käyttäjän tai rakennuttajan kanssa läpi. Toimintojen systemaattinen käyttöönottotarkastus tehdään käyttöönoton yhteydessä toiminto kerrallaan. Jokainen ohjaus testataan ja varmistetaan, että toteutettu toiminto on määrittelyn mukainen. Rajapintoihin liittyvät toiminnot testataan yhdessä rajapintaan liittyvän toisen järjestelmän toteuttajan kanssa.

⁴⁹ Sähkötieto ry. ST701.31 Kotiautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutusperiaatteet. 2018

⁵⁰ Sähkötieto ry. ST-kortti 701.57 Langattomien tiedonsiirtoverkkojen hyödyntäminen kiinteistöjen hallintajärjestelmissä. 2016

Käyttäjää varten tulee koota kokonaisjärjestelmien loppudokumentit sekä käyttö- ja hoito-ohjeet:

- käyttöohjeet ja toimintakuvaukset
 - laitteet
 - järjestelmien (esim. lämmitys) kokonaiskuvaukset ja käyttöohje sisältäen tavoitteelliset sisäolosuhteet ja järjestelmien käytössä olevat arvot
- kuvaus toteutetusta tehohallinnasta eri tilanteissa
 - toimintaohjeet poikkeus- ja häiriötilanteita varten
- suunnitteludokumentointi täydennettynä työnaikaisilla muutoksilla ja tarkennuksilla:
 - asennus-/tasopiirustukset, pääkaaviot, sähköselostus, järjestelmäkaaviot, toimintakuvaukset
- tarkastusaineistot
 - käyttöönottotarkastuksien tarkastus- ja mittauspöytäkirjat
 - testaus- ja toimintakokeiden pöytäkirjat
 - tilaajan vastaanottopöytäkirjat
- Järjestelmiin sisältyviin ohjelmiin liittyvien tiedostojen talletustiedot
 - kohteen kotiautomaation sovellutusohjelma ja komponenttien ohjelmointiin mahdollisesti tarvittavat erilliset ohjelmistot
 - täydelliset raportit ohjelmoinnista sähköisinä tiedostoina
 - projektin salasanat
- käytettyjen komponenttien tekniset esitteet
- kunnossapitokohteiden kunnossapitajaksot ja –tehtävät.

8 Yhteenveto ja toimenpide-ehdotuksia

Pienikiinteistöt muodostavat yksiköiltään pienen, mutta kokonaismäärältään merkittävän osa sähköverkon kuormituksesta. Niiden teknisille ratkaisuille tai niiden suunnittelulle ei juurikaan ole asetettu tavoitteita tehohallinnan näkökulmasta. Energian hinnoittelun muutokset ja ohjattavuuden lisääminen asettavat uusia tarpeita tunnistaa kiinteistön tehoprofiilin muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Asuinkiinteistöissä suurimmat tehohuiput aiheutuvat lämmitystapavalinnoista, sähkökiukaasta ja vedenlämmityksestä. Sähkötehon tarve kasvaa lämpötilan laskiessa sekä itse huonelämmityksen, että ilmanvaihdon lisälämmitystarpeen aiheuttamana. Sähkötehotarve nykyisin laajalti käytetyissä lämmitysratkaisuissa on usein myös kytköksissä lämpimän käyttöveden käyttöhetkeen. Lämmityslaitteiden suuritehoisten lisälämmitysvastusten ja sähkökiukaan tehojen hallinta on keskeistä tehohuippujen hallinnassa. Lisälämmitysvastusten käyttötarpeeseen vaikuttaa, erityisesti lämpöpumppuratkaisuissa, lämmityslaitteiden valinta ja mitoitus, jota ei tehdä käyttotarpeiden mukaisesti.

Huipputehon suuruuteen vaikuttaa merkittävästi tarkastelu-aika. Nykyinen, tuntitasoinen energiankulutuksen laskutusmittaus antaa vain viitteellisiä arvoja 15 minuutin tai 1 minuutin tehojen suuruudesta. Vuosienergian kulutuksesta ei voida tehojen suuruuksia määrittellä. Uusien kuormitustyyppien, kuten sähköautojen, sekä omatuotannon lisääntyminen edellyttävät nykyistä parempaa vaihekohtaisten kuormitusten arviointia, asennusten suunnittelua ja vaihekohtaista mittausta ja ohjauksia.

Yleisesti tehojen hallinta erilaisilla ohjauksratkaisulla edellyttää huolellista suunnittelua ja teknisten ratkaisujen yhteensovittamista. Laitteiden ja kojeiden valmistajien tuotetiedoissa on paljon puutteita tai ne ovat vaikeasti löydettävissä sähköteho- ja ohjattavuustietojen osalta.

Tehohallinnan toteuttamiseksi laitteilla (esim. lämpöpumput, varaajat, kiukaat) tulisi olla suunnitteluohjeet helposti saatavilla myös arkistoituna ja niistä tulee ilmetä

- *laitteen nimellisteho*
- *laitteen tehot vaiheittain*
- *ohjaustavat- ja kytkennät, myös kytkentäkaaviona*
- *ohjauksen vaikutus tehoihin*
- *suojalaitetarpeet*

- *johdotukset*
- *väyläohjaustiedot (MODBUS-rekisterit)*
- *käyttöveden ja tilalämmityksen mahdollinen vuorottelu.*

Talotekniikkasuunnittelijoiden ja –suunnitelmien vaatimuksia tulee laajentaa ja täsmentää myös pienkiinteistöjen osalta. Hyvä suunnittelu on peruslähtökohta hyvälle toteutukselle ja toimivalle kokonaisuudelle. Lämmitys-, sähkö- ja automaatiosuunnitelmat ovat keskeisiä toimivan, älykkään ja energiatehokkaan kiinteistön toteutukselle.

Teknistyvät kiinteistöt edellyttävät käyttö- ja ylläpito-ohjeita, joissa kuvataan sisäolosuhdejärjestelmä kokonaisuutena, laitteiden mitoitus ja asettelutietoineen. Uusien ohjaustratkaisujen myöhempi toteuttaminen edellyttää asennusten dokumentaatiota.

Käsitteet ja termit

Aurinkokeräin

Muuttaa auringon sähkömagneettisen säteilyn lämpöenergiaksi. Tätä lämpöenergiaa voidaan asuinkiinteistössä hyödyntää esimerkiksi lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmittämiseen.

Aurinkopaneeli

Käytetään myös lyhennettä PV ("photovoltaic"). Muuttaa auringon sähkömagneettisen säteilyn sähköenergiaksi.

CIM-rajapinta

engl. Common Information Model. Kaksisuuntainen avoimen standardin (IEC 61968-9 ja 61968-100) tiedonsiirto-rajapinta. Mahdollistaa tiedonsiirron ulkopuolisille ohjauksille ja palveluille.

Dynaaminen laskenta

Tarkastelumenetelmä, jossa esimerkiksi kiinteistön lämmityksen ja ilmanvaihdon tehotarvetta lasketaan ottaen huomioon rakenteiden lämmönvarausominaisuus ajasta riippuvaisena. Laskennassa käytetään laskentatyökalua, jolla saadaan tehtyä esimerkiksi tuntotason sisäolosuhdetarkasteluja.

Dynaaminen tehonhallinta

Kiinteistön muun kuorman perusteella säätyvä laitteen tai järjestelmän kuorman hallinta.

EcoDesign

EU alueen laitevalmistajia ja maahantuojia koskeva puitedirektiivi, joka asettaa vaatimuksia eri laiteryhmillä, kuten pumpuille, valolähteille ja sähkölämmittimille.

E-luku

Laskennallinen rakennuksen energiatehokkuuden vertailuluku. E-luvun laskenta perustuu rakennuksen vakioituun käyttöön, jossa lähtökohtana on laskennalliset tehotarpeet ja vakioidut käyttöajat. Laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla

(Etelä-Suomi). Tarkastelussa mukana olevat energiankulutukset ovat tilojen lämmitys, ilmanvaihto, lämmin käyttövesi, kulutuslaitteet, valaistus ja koneellinen jäähdytys.

E-lukua määritettäessä painotetaan eri energiamuodot energiamuotokertoimella, jolloin E-luvusta ei suoraan voi päätellä rakennuksen tehotarpeita tai energian käytön ajoitusta.

Energiatehokkuus

Tarkoitetaan laskettua tai mitattua energiamäärää, joka tarvitaan rakennuksen tyyppilliseen käyttöön liittyvän energiatarpeen täyttämiseen ja johon sisältyy muun muassa lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, veden lämmitykseen ja valaistukseen käytetty energia.

Hajautettu energiantuotanto

Ympäri siirtoverkkoa sijoitettua suhteessa pienimuotoisempaa sähkön-, lämmön- ja kylmäntuotantoa.

Hiilineutraali

Hiilineutraali toiminta ei kokonaisuutena synnytä ilmakehään aiempaa enempää hiilidioksidipäästöjä.

Inverteri

Muuttaa jännitteen suuruutta ja/tai muotoa kahden järjestelmän välillä yhteensopiviksi. Inverteriä tarvitaan esimerkiksi kotiakun tai sähköauton akuston lataamiseksi tai purkamiseksi ja aurinkopaneelin liittämiseksi kiinteistön sähköverkkoon.

Kiinteistön huipputeho

Määritettävänä tehona käytetään yhden tunnin keskitehoa, jonka ylitystodennäköisyys on 1 %. Huipputehon määrittelyyn on laskentaohje ST-kortiston kortissa ST 13.31.

Kiuasristeily

Kiukaan sähkötehon vaikutusta voidaan vähentää ns. kiuasristeilyllä, jossa kiukaan termostaatilta saatavalla ohjaustiedolla kytketään jokin muu kuormitus, tyyppillisesti lämmitys, pois päältä kiukaan lämmityksen aikana.

Kärkitieto-/kosketintieto-ohjaus

Käytetään myös käsitettä AUX-liitäntä. Ohjaustapa, jossa laitteelle tuodaan potentiaalivapaa ohjaustieto. Esimerkiksi kiukaan vastusten mennessä päälle, keskuk- sessa oleva rele vetää. Tämän releen sulkeutuvan tai avautuvan kärjen kummalle- kin puolelle tuodaan johdin. Nämä johtimet liitetään ohjattavalle laitteelle, kuten lämpöpumpulle tai sähköauton latauspisteelle. Sulkeutuvan kärjen yhdistäessä johtimet toisiinsa, ohjattava laite tekee asetellun toimenpiteen, kuten rajoittaa te- hoaan.

Kysyntäjousto

engl. DR ("Demand Response"). Laaja yleistermi, jolla kuvataan ohjauksia tai toi- menpiteitä sähkön tuotannon ja kulutuksen yhteensovittamiseksi tai resurssien käytön optimoimiseksi. Käytetään myös termejä "kysynnänjousto" ja "kulutus- jousto".

Liittymäkoko

Ilmaisee kiinteistön pääsulakkeiden kokoluokan ja määrittää suurimman kokonais- tehon, joka voi olla liittymässä samaan aikaan käytössä. Pienin liittymäkoko on kolmivaiheisena 3 x 25 A.

Loisteho

Loistehon tarvetta aiheuttaa esimerkiksi ilman taajuusmuuttajaa ohjatut sähkö- moottorikäytöt. Loistehoa tarvitaan sähkömoottorin magneetikentän ylläpitämi- seen. Loisteho kuormittaa osaltaan siirtoverkkoa, jonka takia tämän määrää pyri- tään vähentämään ns. loistehon kompensoinnin avulla. Loistehon yksikkönä käy- tetään 1 VAR.

Lämpöpumppu

Pientaloissa käytettävät lämpöpumpputekniikkaan perustuvat lämmitysratkaisut voidaan jakaa lämmönlähteen ja lämmönjakotavan perusteella. Lämmönlähteinä voi toimia maa, vesi, ulkoilma tai poistoilma.

Huonelämmityksen lisäksi järjestelmään on useasti liitetty myös lämpimän käyttö- veden tuotto ja mahdollisesti viilennys. Lämpöpumppujärjestelmät toimivat sähkö- energialla ja niiden tarvitsemaan sähkötehoon vaikuttaa lämmönlähde, pumpun mitoitus, lisälämmityksen tarve, lämmönjako ja lämpimän käyttöveden lämmitys.

Lämmön talteenotto

Ilmanvaihdon yhteydessä lämmön talteenotossa kiinteistön poistoilmassa oleva lämpöenergia pyritään ottamaan lämpöpumpputekniikalla talteen. Tällä talteen otetulla energialla lämmitetään esimerkiksi sisälle puhallettavaa tuloilmaa, läm- mintä käyttövettä ja vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää.

Lämpötilan pudotusohjaus

Toiminto, jossa sähkölämmityksen termostaateille tuodaan erillinen pudotusohjaus, joka tiputtaa termostaatin asetustilaa. Lämpötilan pudotus voi olla kiinteä (5 °C) tai säädettävä (0 ... 15 °C) lämmitinkohtaisesti. Tyypillisesti ohjaus on toteutettu sähkökeskuksessa olevan releen avulla ja kotona-poissa-kytkimen ohjaamana.

Modbus

Elektroniikkalaitteiden väliseen kommunikointiin tarkoitettu sarjaliikenneprotokolla.

Nimellisteho

Sähkölaitteen nimellisteho on valmistajan ilmoittama mitoittava sähköteho, jonka laite ottaa suurimmillaan tavanomaisessa käyttötilanteessa. Sähkömoottorit voivat käynnistyksen yhteydessä ottaa hetkellisesti merkittävästi nimellistehoaan suuremman sähkötehon.

Lämmitysjärjestelmissä nimellisteholla tarkoitetaan valmistajan vahvistamaa ja takaamaa suurinta mahdollista kilowatteina ilmaistua lämpötehoa, joka voidaan jatkuvassa käytössä tuottaa valmistajan ilmoittamalla hyötysuhteella.

Omatuotanto

Kuluttajan/asiakkaan omaa sähkötuotantoa. Esimerkiksi aurinko- tai tuulivoimala, jonka pääasiallinen käyttökohde on kiinteistön omiin tarpeisiin.

Pörssisähkö

Sähkön markkinahintaan perustuvista sopimuksista käytetään käsitteitä ”pörssi-sähkö” tai ”tuntisähkö”. Sähkön markkinahintaan perustuvassa sopimuksessa tuntikohtainen sähkön hinta määräytyy Suomen aluehinnan mukaan sähköpörssi Nord Poolissa, johon lisätään yhtiön marginaali ja arvonlisävero

Spot-hinta

Sähköenergian markkinahinta, joka muodostuu Nord Pool-sähköpörssissä jokaiselle vuorokauden tunnille. Kuluttajan spot-sopimuksessa sähkön hinta määräytyy jokaiselle tunnille tuntispot-hinnasta ja myyjän marginaalista. Suomen vuorokauden Spot-hinnat määräytyvät edellisenä päivänä viimeistään kello 12.30.

Rakennuksen tekniset järjestelmät

tekniset laitteet, joita käytetään rakennuksen tai rakennuksen osan tilojen lämmitykseen, tilojen jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, käyttöveden lämmitykseen, kiinteään valaistukseen, rakennuksen automaatioon ja ohjaukseen, paikalla tapahtuvaan sähköntuotantoon tai näiden yhdistelmään, mukaan luettuna ne järjestelmät, jotka käyttävät uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa energiaa.

Rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmä

Järjestelmä, joka kattaa kaikki tuotteet, ohjelmistot ja tekniset palvelut, jotka voivat tukea rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokasta, taloudellista ja turvallista toimintaa automaattisen ohjauksen avulla sekä helpottamalla kyseisten rakennuksen teknisten järjestelmien manuaalista hallintaa.

Sähköteho (pätöteho)

Sähköteho kuvaa energian kulutuksen nopeutta. Lasketaan tietyssä ajanhetkenä mitatun jännitteen, virran ja tehokertoimen ($\cos \phi$) tulona ($P = U \cdot I \cdot \cos \phi$). SI-järjestelmän mukainen sähkötehon yksikkö on watti (1 W).

Sähköenergia

Sähköenergia lasketaan sähkötehon ja ajan tulona. SI-järjestelmän mukainen sähköenergian yksikkö on joule (1 J). Sähkön kulutusta mitattaessa yksikkönä käytetään monesti kilowattituntia (1 kWh). 1 kWh = 3 600 kJ.

Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalaki on kaikkia sähkön käyttäjiä tuottajia ja jakelijoita koskeva laki, joka määrittelee verkkoliiketoiminnan käytäntöjen yleiset periaatteet.

Sääriippuva tuotanto

Sääriippuvasta tuotannosta puhutaan niiden sähkön tuotantomuotojen yhteydessä, joiden primäärienergian tarjonnan määrä ja ajankohta ovat säästä riippuvaisia. Tällaisia tuotantomuotoja ovat esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoima.

Talotekniikka

Kiinteistön teknisten palveluiden, järjestelmien ja laitteiden kokonaisuus. Se tuottaa kiinteistössä ja sen tiloissa tapahtuville toiminnoille hallitut olosuhteet ja huolehtii käytön tarvitsemasta energian saannista ja tiedon välittämisestä. Talotekniikka voidaan teknologisesti jakaa LVI-talotekniikkaan ja sähköiseen talotekniikkaan, joka sisältää sähköenergiajärjestelmän lisäksi mm. valaistuksen, tietotekniset järjestelmät mukaan lukien kiinteistöautomaation.

Tasejakso

Ajanjakso, jolla sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapainoa tarkastellaan. Tällä hetkellä Suomessa on käytössä 1 tunnin tasejakso, mutta lähivuosina tarkoituksena on siirtyä 15 minuutin tasejaksoihin.

Tehohuippu

Tehohuippu on tietyllä tarkastelujaksolla syntynyt suurin hetkellinen sähköteho.

Tehokerroin ($\cos \varphi$)

Ilmaisee pätötehon ja loistehon osuutta näennäistehosta ja sinimuotoisen vaihtosähkön jännitteen ja virran välistä vaihe-eroa, jonka aiheutuu kuormituksesta. Loistehon tarvetta aiheuttaa esimerkiksi moottorikuormat.

Tehomaksu

Tällä hetkellä jo kolme jakeluverkkoyhtiötä on ottanut pienasiakkaalle tarjolla olevan tehomaksun sisältävä siirtotariffin käyttöön. Tehomaksun määräytymisperusteena käytettävä teho voi verkkoyhtiöstä riippuen olla esim. liukuva 12 kk:n suurin mitattu tuntiteho, liukuva 12 kk:n kolmen suurimman mitatun tuntitehon keskiarvo tai kuukausittain mitattu suurin tuntiteho.

Tehonhallinta

Tehonhallinnassa kiinteistön huipputehoja pyritään optimoimaan ohjaamalla suurimpia sähkötehoja eriin aikaan tai dynaamisesti ohjattuna päälle. Tämänkaltaisia ohjauksia voidaan toteuttaa esimerkiksi estämällä ohjausreleillä isoimpien kuormien samanaikainen käyttö, ohjaamalla säädettäviä sähkökuormia pienemmille tehoille kriittisinä ajankohtina tai käyttämällä jotakin ulkoisen palveluntarjoajan ohjausjärjestelmää.

Tehoristeily/tehovahdi

Tehojen risteilyllä tai tehovahdeilla voidaan estää laitteiden samanaikainen päälle kytkeytyminen. Tästä esimerkkinä on aiemmin sähköyhtiöiden edellyttämä sähkökiukaan ja sähkölämmityksen vuorottelukytkeä.

Tiedonsiirtorajapinta

Tiedonsiirtotapa, jolla järjestelmästä voidaan lähettää tai vastaanottaa tietoa muiden järjestelmien käytettäväksi.

Ulkopuolinen ohjauspalvelu

Esimerkiksi kodin älykkäitä ratkaisuja tarjoavan tahon pilvipohjainen palvelu, joka ohjaa kiinteistön kuormia käyttäjän tarpeiden tai sähkömarkkinoilta tulevien ohjaussignaalien perusteella.

Vaihenetotus

Vaihenetotuksessa (Ferraris-menetelmä) samanaikaiset ostot ja myynnit summaataan vaiheiden välillä. Ei-vaihenetotuksessa (staattinen mittaus) jokaisen vaiheen kulutus ja verkkoon siirto rekisteröidään erikseen.

Verkkoyhtiön tehonrajoitusohjaus

Aiemmin ns. VKO-ohjaus. Verkkoyhtiön ohjaamalla sähkömittarin kärkitiedolla on mahdollista kytkeä väliaikaisesti pois esimerkiksi osa kiinteistön lämmityslaitteista.

Virtuaalivoimalaitos

Yhden tai useamman kohteen sähkön omatuotanto ja varastointi, sekä ohjattavat sähkökuormat liitettynä yhteisen ohjauksen kautta osaksi sähkömarkkinoita. Esimerkiksi usean asuinkiinteistön "älykäs" lämminvesivaraaja keskitetysti ohjattavissa päälle tai pois, jolloin tätä ohjattavaa kuormaa voidaan myydä säätösähkömarkkinoille.

Yliaalto

Sähkön laatua merkittävästi huonontava tekijä. Yliaaltoja sähköverkkoon aiheuttavat esimerkiksi invertterikäytöt ja hakkuriteholähteet, joiden verkosta ottama virta ei ole sinimuotoista.

Älykäs sähköverkko

engl. SG ("Smart Grid"). Kokonaisuus, jonka visiona on yhdistää sähköverkkojen kaikki osapuolet fyysisen yhteyden lisäksi tiedonsiirron tasolla.

Lyhenteet

AMR

engl. Automatic Meter Reading. Etäluettava energiamittari ja luentajärjestelmä.

BACS

engl. Building Automation and Control Systems. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Tuotteet, ohjelmistot ja palvelut automaattiseen ohjaukseen, prosessien säätöön, manuaaliohjaukseen, monitorointiin, ja rakennuksen hallintaan – talotekniikan tehokasta, taloudellista ja turvallista toimintaa varten.

CIM

engl. Common Information Model. Kaksisuuntainen avoimen standardin (IEC 61968-9 ja 61968-100) tiedonsiirto rajapinta. Mahdollistaa tiedonsiirron ulkopuolisille ohjauksille ja palveluille.

COP

engl. Coefficient of Performance. Lämpöpumppujen hyötysuhdetta kuvaava luku.

HEMS

engl. Home Energy Management System. Asuinkiinteistön energianhallintajärjestelmä. Käsittää kokonaisuuden, johon kuuluu ohjainlaite, energian mittaus, energiaa tuottavat, kuluttavat ja/tai varastoivat laitteet, sekä tiedonsiirto rajapinnat laitteille ja pilvipalvelimelle. Käsittää sekä hardwaren, että softwaren.

HBES

engl. Home and Building Electronic Systems. Kotiautomaatiojärjestelmä.

KNX

Kansainvälisen standardin mukaisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän nimi. Sen kehityksestä ja avoimesta standardoinnista vastaa KNX Association. KNX edustaa kehittynyttä, standardoitua ja älykästä nykyaikaista talo- ja rakennusautomaatiotekniikkaa.

LTO

Lämmön talteenotto

MLP

Maalämpöpumppu

PILP

Poistoilmalämpöpumppu.

SFP

engl. Specific Fan Power. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho [kW/m³/s].

SLY

Lyhenne sähkölaitosyhdistyksestä. Julkaisi edelleen käytössä olevan SLY-kytkentäsuosituksen (SLY 7/92) sähkölämmitysten ohjauskytkennöille.

SRI

engl. Smart Readiness Indicator. Rakennusten älyratkaisunvalmiutta koskeva luokittelujärjestelmä.

UVLP

Ulkoilma vesilämpöpumppu. Myös ilma-vesilämpöpumppu.

Lähdeluettelo

CENELEC. (06 2018). General requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES) and Building Automation and Control Systems (BACS) - Smart grid - Application specification - Interface and framework for customer - Part 12-1: Interface between the CEM and Home/Building. *EN50491-12-1*.

Ekosuunnittelu.info. (07. 12 2018). Noudettu osoitteesta paikalliset tilalämmittimet:

<https://ekosuunnittelu.info/vaatimus/paikalliset-tilalammittimet/>

Energiateollisuus ry. (2014). *Yleiset verkkopalveluehdot*. Noudettu osoitteesta

https://energia.fi/files/1055/Verkkopalveluehdot_VPE_2014_20160118.pdf

Energiateollisuus ry. (25.2.2019). *Energiavuosi 2018 Sähkö*. Noudettu osoitteesta

https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2018_-_sahko.html

Energiavirasto. (29. 10 2018). *Ei perusteita poikkeukseen 15 minuutin taseselvitysjaksoon siirtymisen aikataulussa*. Noudettu osoitteesta [https://www.energiavirasto.fi/-/ei-perusteita-poikkeukseen-15-minuutin-taseselvitysjaksoon-siirtymisen-](https://www.energiavirasto.fi/-/ei-perusteita-poikkeukseen-15-minuutin-taseselvitysjaksoon-siirtymisen-aikataulussa)

[aikataulussa?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisarkisto%3Fp_p_id%3D101_INSTAN](https://www.energiavirasto.fi/-/ei-perusteita-poikkeukseen-15-minuutin-taseselvitysjaksoon-siirtymisen-aikataulussa?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisarkisto%3Fp_p_id%3D101_INSTAN)

[CE_c1ITKRwQcXY6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%2](https://www.energiavirasto.fi/-/ei-perusteita-poikkeukseen-15-minuutin-taseselvitysjaksoon-siirtymisen-aikataulussa?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fuutisarkisto%3Fp_p_id%3D101_INSTAN)

EU. (25. 10 2012). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU (32012L0027)*

energiatehokkuudesta. Noudettu osoitteesta [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0027&from=FI)

[content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0027&from=FI](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0027&from=FI)

EU. (17. 12 2017). *Kilpailukykyisemmät ja kuluttajälähtoisemmät sähkön sisämarkkinat – neuvosto sai aikaan yleisnäkemyksen*. Noudettu osoitteesta [https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-](https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2017/12/18/a-more-competitive-consumer-oriented-internal-electricity-market-council-reaches-general-approach/)

[releases/2017/12/18/a-more-competitive-consumer-oriented-internal-electricity-market-council-reaches-general-approach/](https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2017/12/18/a-more-competitive-consumer-oriented-internal-electricity-market-council-reaches-general-approach/)

EU. (18. 05 2018). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU ja muutos 2018/44*. Noudettu

osoitteesta [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02010L0031-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02010L0031-20180709&from=EN)

[20180709&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02010L0031-20180709&from=EN)

EU. (10 2018). *Preparatory study on Smart Appliances*. Noudettu osoitteesta Preparatory study on Smart

Appliances (Lot33): [www.eco-](http://www.eco-smartappliances.eu/Documents/Task_7(2)SEC2_22102018_FINAL.pdf)

[smartappliances.eu/Documents/Task_7\(2\)SEC2_22102018_FINAL.pdf](http://www.eco-smartappliances.eu/Documents/Task_7(2)SEC2_22102018_FINAL.pdf)

EU. (08 2018). *Preparatory study on Smart Appliances (Lot 33), Task7 Policy and Scenario analysis, Study accomplished under the authority of the European Commission DG Energy under framework contract*.

Noudettu osoitteesta ENER.C3.2012-418-lot 1 2014/TEM/R/: [http://www.eco-](http://www.eco-smartappliances.eu/Documents/Task_7(2)SEC2_22102018_FINAL.pdf)

[smartappliances.eu/Documents/Task_7\(2\)SEC2_22102018_FINAL.pdf](http://www.eco-smartappliances.eu/Documents/Task_7(2)SEC2_22102018_FINAL.pdf)

- Harala, S. (2018). *Lämpöpumppujen tehonohjausmahdollisuudet. Opinnäytetyö*. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201804295866>
- Harvia oy. (2018). *Valitse kiuas*. Haettu 07. 12 2018 osoitteesta <http://www2.harvia.fi/content/fi/17/10039/Valitse%20kiuas.html>
- Heljo, J. (12 2016). *EL-TRAN analyysi*. Noudettu osoitteesta Tammikuun tehopiikki – mitä tapahtui 7.1.2016?: <https://tt.eduuni.fi/sites/EL-TRAN/Julkiset%20tiedostot/Juhani%20Heljo%20et%20al.,%20Tammikuun%20tehopiikki%20-%20mit%C3%A4%20tapahtui%207.1.2016,%20miten%20tehoa%20hallitaan%20paremmin%20jatkossa.pdf>
- Honkapuro, S.;Haapaniemi, J.;Haakana, J.;Lassila, J.;Partanen, J.;Lummi, K.;. . . Järventausta, P. (24. 08 2017). *Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset*. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-105-9>
- Järventausta, P. R.-n. (2015).). *Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkko-yhtiöille (DR pooli): Loppuraportti, Tampereen teknillinen yliopisto*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Haettu 27. 11 2018 osoitteesta https://tutcris.tut.fi/portal/files/4776899/kysynnän_jousto_loppuraportti.pdf
- Kortetmäki, A. (2018). *Hajautettujen energiasurssien vaikutus pienkiinteistön sähkösuunnitteluun. Diplomityö*. <https://dSPACE.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/26928>
- Motiva. (2018). *Ilma-vesilämpöpumppu UVLP*. Haettu 11. 04 2018 osoitteesta https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp
- Motiva. (07. 12 2018). *Poistoilmalämpöpumppu*. Haettu 07. 12 2018 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu
- MRL. (25. 2 2018). *Maankayttö- ja rakennuslaki*. 135/1999
- Nibe Ab. (2018). *www.nibe.fi*. Haettu 07. 12 2018 osoitteesta Asentajan käsikirja SMO40: <https://www.nibe.fi/nibedocuments/23955/231752-5.pdf>
- Pahkala, T.;Uimonen, H.;& Väre, V. (24. 10 2018). *Joustava ja asiakaskeinen sähköjärjestelmä; Älyverkkotyöryhmän loppuraportti*. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-346-7>
- Pitkämäki, A, Kontiokari, V., Päällusaho, M., Brökl, M., Raivio, T. Selvitys Li-akkujen turvallisuustekijöistä. Gaia Consulting. 2017. Noudettu osoitteesta (27.2.2019) <https://tukes.fi/documents/5470659/6372809/Selvi->

[tys+litiumioniakkujen+turvallisuustekij%C3%B6ist%C3%A4/4eaac0e7-a824-42f8-b560-072f84d3e7ad/Selvitys+litiumioniakkujen+turvallisuustekij%C3%B6ist%C3%A4.pdf/Selvitys+litiumioniakkujen+turvallisuustekij%C3%B6ist%C3%A4.pdf](#)

Pitkämäki, A, Brökl, M., Raivio, T. Opas teollisuuden litiumakkujen turvalliseen käyttöön. Gaia Consulting. 2018. Noudettu osoitteesta (27.2.2019) <https://tukes.fi/documents/5470659/8237195/Opas+teollisuuden+litiumioniakkujen+turvalliseen+k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6n/c5c7fefe-7979-4344-ba25-ba18a6f9f234/Opas+teollisuuden+litiumioniakkujen+turvalliseen+k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6n.pdf/Opas+teollisuuden+litiumioniakkujen+turvalliseen+k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6n.pdf>

SFS (2010). SFS-EN 50160:2010 Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet.

SFS. (2017). SFS6000-703:2017. Pienjännitesähkösäennukset. Osa 7-703: Erikoistilojen ja asennusten vaatimukset. Saunat. SFS.

Suurinkeroinen, S. (2012). www.ksoy.fi. Noudettu osoitteesta Välkynä ja sen aiheuttajia sähköverkossa. pdf-esitys:
<https://www.ksoy.fi/content/download/1762/21580/file/V%C3%A4lkynt%C3%A4+ja+sen+aiheuttajia+s%C3%A4hk%C3%B6verkossa.pdf>

Sähkötieto ry. (15. 02 2016). ST-kortti 701.57. Langattomien tiedonsiirtoverkkojen hyödyntäminen kiinteistöjen hallintajärjestelmissä. Sähkötieto ry.

Sähkötieto ry. (09. 07 2018). ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähkötietokortisto. Sähkötieto ry.

Sähkötieto ry. (13. 03 2018). ST51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Sähköinfo Oy.

Sähkötieto ry. (20. 04 2018). ST701.31. Kotiautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutusperiaatteet. Sähkötieto ry.

TEM. (9. 8 2013). Sähkömarkkinalaki 588. Noudettu osoitteesta
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=S%C3%A4hk%C3%B6markkinalaki>

TEM. (16. 12 2016). Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Noudettu osoitteesta
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=s%C3%A4hk%C3%B6turvallisuuslaki>

Tilastokeskus. (2017). *Suomen virallinen tilasto (SVT): Asumisen energiankulutus [verkojulkaisu]*. Haettu 7. 12 2018 osoitteesta Liitekuvio 2. Asumisen energiankulutus käyttökohteittain vuonna 2017:

http://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_kuv_002_fi.html

Tilastokeskus. (20. 11 2018). *Asumisen energiakulutus energialähteittäin vuonna 2017*. Noudettu osoitteesta

https://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_kuv_001_fi.html

Tilastokeskus. (22. 11 2018). *Asumisen energiakulutus käyttökohteittain vuonna 2017*. Noudettu osoitteesta

Energiakulutus käyttökohteittain: https://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_kuv_002_fi.html

Tilastokeskus. Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan, 2017. Noudettu

(1.3.2019) aineisto osoitteesta: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_asu_rakke/stat-fin_rakke_pxt_116h.px/?rxid=8c1b5394-4c82-47f6-a126-1d75e2c26adf

VN. (15. 02 2015). *Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä VN214/2015*. Noudettu osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2015/20150214?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Valtioneuvoston%20asetus%20rakentamisen%20suunnitteluteht%C3%A4vien%20vaativuusluokkien%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ytymisest%C3%A4>

YM. (12. 03 2015). *Ympäristöministeriön asetus rakentamisesta koskevista suunnitelmista ja selvityksistä*

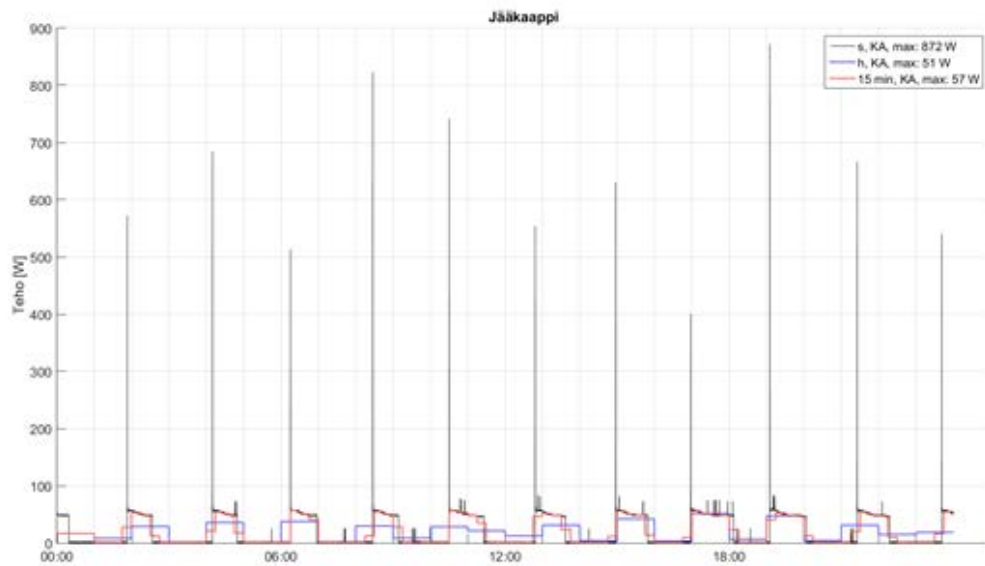
12.3.2015/216. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150216>

YM. (2017). *Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta*. Noudettu osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010> 1010/2017 .

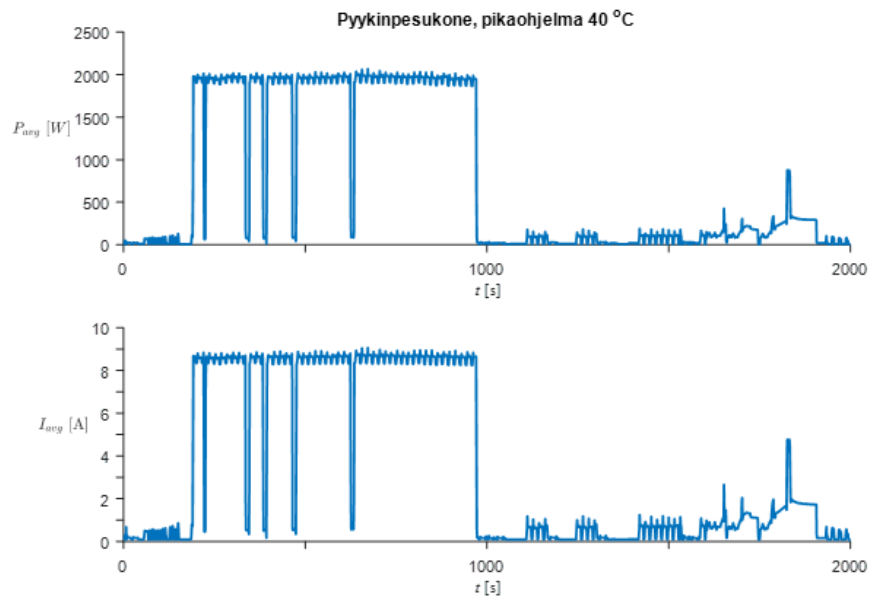
LIITE 1, Kulutuslaitteiden tehoprofiiliesimerkit

Kuvassa L1.1 on esitetty ote jääkaapin tehonkulutuksesta yhden vuorokauden aikana, yhden sekuntin, 15 minuutin ja 1 h keskitehoina.



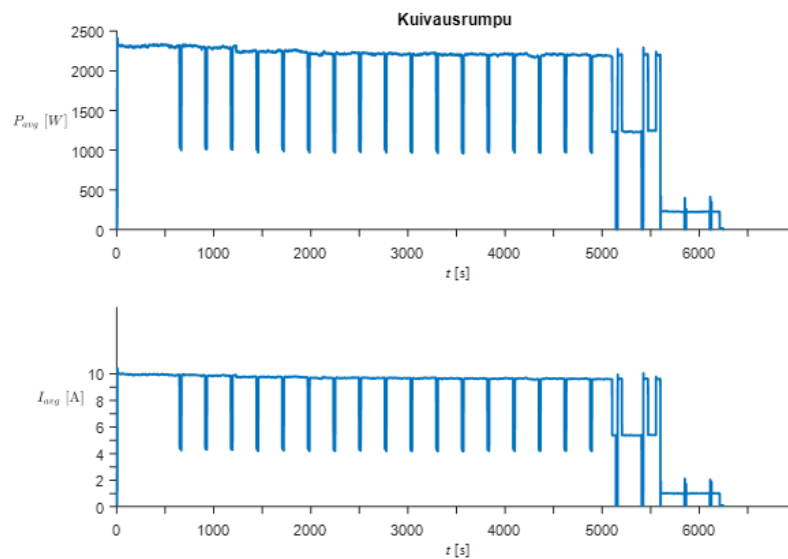
Kuva L1 Jääkaapin sähköteho yhden vuorokauden ajalta.

Pyykinpesukoneessa veden lämmitysjaksoit ajoittuvat pesuohjelman alkupäähän. Kuvassa L1.2 on mitattu yhden pesukerran tehoprofiili.



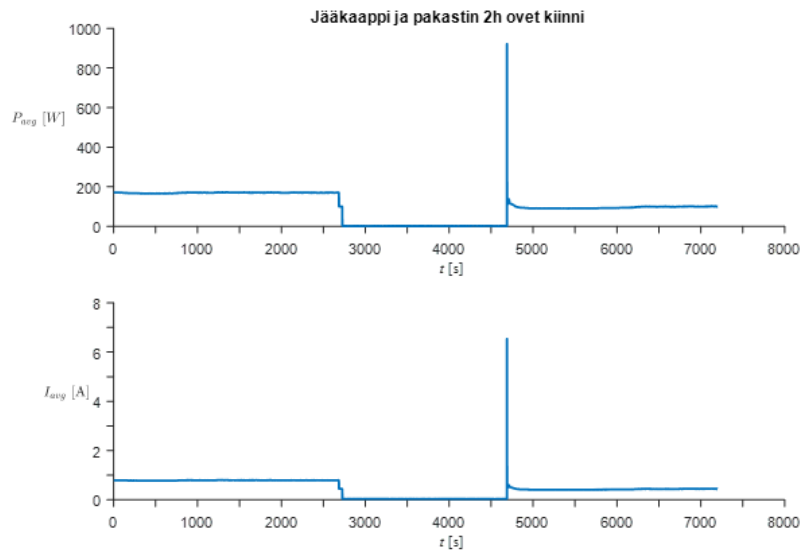
Kuva L1.2 Esimerkki pesukoneen tehoprofiilista.

Kuivausrummun lämmitysvastukset kytkeytyvät päälle koko kuivausjakson ajan. Kuvassa L1.3 on esimerkki yhdestä kuivausjaksosta.



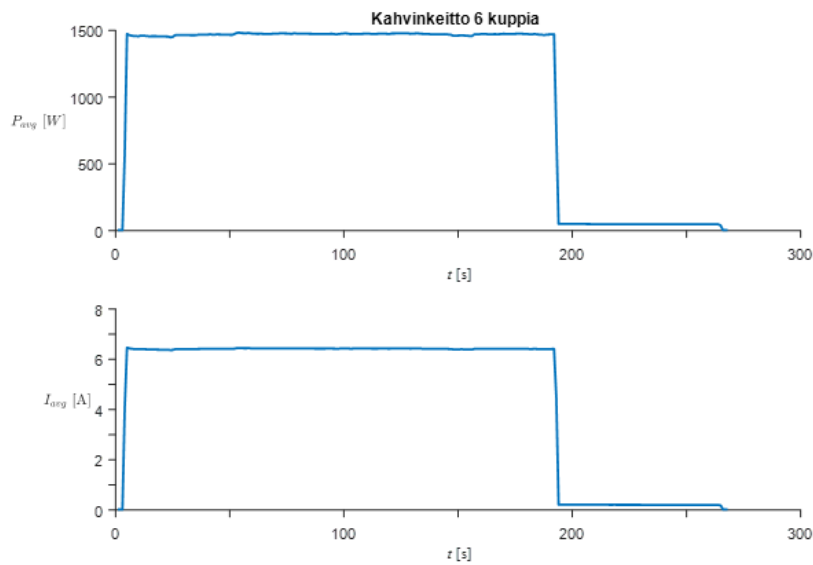
Kuva L1.3 Esimerkki kuivausrummun tehoprofiilista.

Kylmlaitteiden tehoprofiiliin vaikuttaa merkittävästi se, kuinka usein niitä avataan. Kuvassa L1.4. on mitattu jääkaapin tehoprofiili.



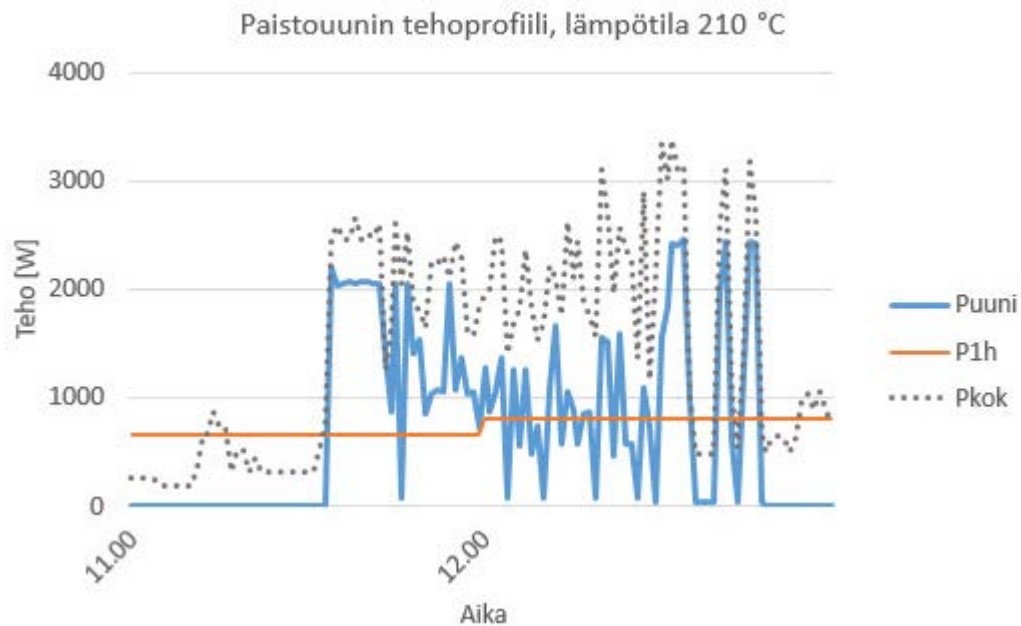
Kuva L1.4. Jääkaapin tehoprofiili

Kahvinkeitin käyttää veden kuumentamisaikana nimellistehoaan, mutta sen jälkeen tehontarve vähenee. Kuvassa L1.5 on esimerkki kahvinkeitinmitatusta tehoprofiilista.



Kuva 0.1 Kahvinkeitinmitatusta tehoprofiilista

Sähköuunin tehoprofiiliin vaikuttaa uunin asettelulämpötila ja uunin rakenne. Kuvassa L1.6 on esimerkki leivonnaisen paistosta. Uunin nimellisteho on 2,3 kW ja paiston aikana tuntiteho oli mittausaikana n. 900 W.



Kuva L1.6 Sähköuunin tehoprofiiliesimerkki. Mitattu 1 min teho (Puuni) sekä 1 tunnin keskiteho (P1h) Pkok on kiinteistön kokonaisteho vastaavana aikana.

Kuvassa L1.7 on esimerkki sähköauton lataustehosta 1-vaiheisesta pistorasiaryhmästä.



Kuva L1.7 Sähköauton 1-vaiheinen kotilataus.

LIITE 2. Esimerkki suunnitteluvaatimuksista

Avoim tiedonvälitys

Kiinteistössä käytettävien säätö- ja ohjausjärjestelmien tulee olla integroitavissa toimialalla yleisesti käytetyn avoimen standardin mukaisen protokollan avulla.

Valaistuksen, ilmanvaihdon, lämmöntuotannon, lämmönjaon ja lämmönluovutuksen ohjauksessa ja säätämisessä käytettävien automaatiojärjestelmien tulee kyetä lukemaan ohjaukaskäskyjä ja välittämään mittaus- ja tilatietoja julkisen ja avoimen rajapinnan kautta palveluntarjoajille riippumatta palveluntarjoajasta.

Säätö- ja ohjausjärjestelmien tulee säilyttää järjestelmän tilaa kuvaavia mittaus- ja tilatietoja vähintään kahden viikon ajan. Vaadittu tallennusväli voi vaihdella mittauksesta riippuen.

Tietojen välittäminen muiden järjestelmien ja palveluntarjoajien käyttöön ei saa perustua maksulliseen palveluun. Tällä tarkoitetaan, että yksittäisen ohjaus-/säätöjärjestelmän keräämän datan välittäminen ei saa perustua kyseisen järjestelmän toimittajan tarjoamaan maksulliseen palveluun, vaan se tulee olla välitettävissä avoimen rajapinnan kautta.

Tietoliikenneyhteydet

Tietoliikenneyhteyksien katkeaminen ei saa estää talotekniikan toimintaa ja järjestelmien on pysyttävä toimintakuntoisina riippumatta tietoliikenneyhteyden tilasta.

Sähkökuormien ryhmittely

Sähkökuormat on ryhmiteltävä siten, että kuormat jakaantuvat kaikissa käyttötilanteissa tasaisesti eri vaiheiden välille.

Sähkökuormat on ryhmiteltävä seuraavan kulutustyyppiin mukaisesti. Samaan kulutustyyppiin voi kuulua useampia ryhmiä, mutta ryhmissä ei saa olla sekaisin eri kulutustyyppihin kuuluvia osia.

1. Yleistilat: Makuuhuoneet, oleskelutilat, WC ja varastotilat ryhmitellään huonekohtaisiin ryhmiin
2. Ruoan valmistus: Keittiön työpöytäpistorasiat, valaistus, liesi ja uuni
3. Kylmälaitteiden pistorasiat
4. Siivous ja vaatehuolto: kodinhoitohuoneen pistorasiat, astianpesukone, pyykinpesukone ja kuivausrumpu
5. Sauna
6. Lämmitys ja ilmanvaihto: Lämmön tuotanto, jakelu ja luovutus, ilmanvaihtokone, käyttöveden lämmitys
7. Autotallin pistorasiat ja valaistus
8. Auton lämmitys ja lataus.

Kuormien mittausvalmius

Ryhmittelyssä on huomioitava, että kulutustyyppiin mukaan kokonaisuuksien sähkötehon tarve on mitattavissa helposti. Tämä voidaan ottaa huomioon esimerkiksi sijoittamalla eri kulutustyyppien kuuluvien ryhmien suojalaitteet keskuksessa lähikäin ja erotella omiksi kisko-osikseen.

Kuormien ohjattavuus

Tehontarpeeltaan suurimpien kuormien, kuten kiukaan, sähkölämmittimien ja sähköauton latauspisteen sähkönsyötön tulee olla ohjattavissa.

Tilavaraukset keskuksissa

Kiinteistön pää- ja ryhmäkeskukseen on varattava vähintään yksi tyhjä DIN-kisko tulevia lisäyksiä varten.

Olosuhteiden mittaus

Oleskelutilojen huonelämpötilat tulee mitata. Mittausten tulee olla käytettävissä avoimen rajapinnan välityksellä eri järjestelmien ja palveluntarjoajien käyttöön. Tällä tarkoitetaan, että esimerkiksi lämmityksen säädössä käytettävien huoneantureiden mitausdata tulee olla saatavissa avoimen rajapinnan välityksellä.

Ulkoilman lämpötila tulee mitata.

Tapauskohtaisesti tulee tarkastella tarpeet muiden olosuhteiden kuten hiilidioksidipitoisuuden ja suhteellisen kosteuden mittauksille.

Sähköauton latausvalmius

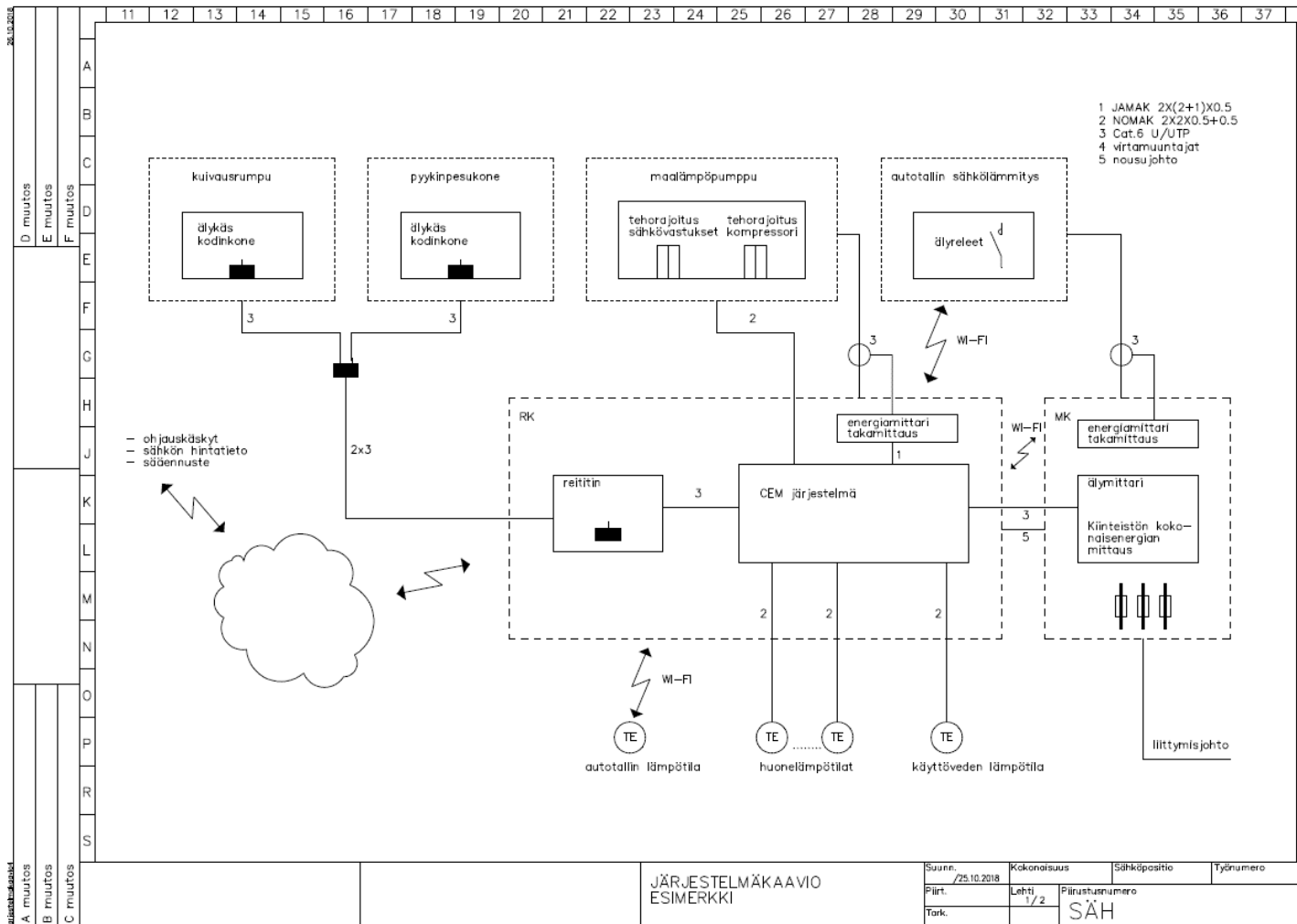
Rakennukselle tulee rakentaa sähköauton latauspiste. Latauspisteen syötön tulee olla vähintään 3x16A. Latauspisteen kaapeloinnissa ja laitevalinnoissa tulee varautua vähintään 16A jatkuvaan kuormaan.

Paikallinen, uusiutuva tuotanto

Kiinteistön suunnittelussa on huomioitava mahdollisuus aurinkoenergian hyödyntämiseen.

Aurinkosähköjärjestelmän liittäminen tulee suunnitella valmiiksi ja sen vaatimat putkitukset, tilavaraukset yms. tulee ottaa huomioon rakentamisessa.

LIITE 3. Järjestelmäkaavio ja toimintaselustus



Toimintaselostus

Tässä osiossa on esitetty toimintaselostuksessa esitettävät asiat ja esimerkki toimintaselostuksesta. Toimintaselostuksessa kuvataan:

1. Järjestelmän tarkoitus

- Annetaan yleiskuvaus mitä järjestelmällä on tarkoitus tehdä.
- Kuvataan tilanteet, joissa tehon ohjaustoiminnot ovat käytössä.
- Kuvataan millä perusteella tehoja ohjataan eri tilanteissa.
- Luetellaan laitteet, jotka osallistuvat tehon ohjaukseen sekä niiden nimelliset sähkötehot.
- Kuvataan, minkälaisella mittausvälillä rakennuksen tehontarvetta seurataan.

2. Käyttötoiminnot

- Määritellään tehotasot kiinteistön sähköteholle.
- Kuvataan tehonohjauslaitteiden ja tehonohjaukseen osallistuvien sähkölaitteiden väliset toiminnallisuudet yksiselitteisesti.
- Kuvataan 1. kohtaa tarkemmin eri tehonohjaustilanteet käynnistävät ja pysäyttävät signaalit ja toiminnot.

Erilaisia käyttötilanteita voivat olla esimerkiksi:

Peruskäyttötilanne: Kuvataan, kuinka järjestelmä toimii ns. normaalissa käyttötilanteessa. Normaalikäyttötilanteella tarkoitetaan tilannetta, jossa ei ole tarvetta kiinteistön tehon rajoittamiselle/ohjaamiselle.

Ylituotantotilanne: Kuvataan, kuinka järjestelmä hyödyntää kiinteistöä sähköenergian varastointiin tilanteessa, jossa kiinteistön omassa sähköntuotannossa tai valtakunnan sähkövoimajärjestelmän tuotannossa esiintyy ylituotantoa, mikä saattaa näkyä alhaisena sähkön hintana tai taajuuden nousuna.

Tehon rajoitustilanne: Kuvataan tilanne, jossa palveluntarjoajalta (vähittäismyyjä/aggregaattori) tulee kiinteistölle pyyntö/käskey osallistua kysynnänjoustoon rajoittamalla kiinteistön tehontarvetta. Mikäli tehonohjauksen käynnistävänä signaalina käytetään sähkön hintaa, kuvataan järjestelmän toiminta sähkön hinnan ollessa korkea. Tehonrajoituksena perusteena voi olla myös muu syy kuin sähkön hinta, esim. tehopohjainen verkkopalvelumaksu tai kiinteistön sisäinen tehonrajoitustarve.

Verkon häiriötilanne: Kuvataan, kuinka järjestelmä toimii sähkön jakeluverkon häiriötilanteessa tai valtakunnan sähkövoimajärjestelmän tehopulatilanteessa. Tulee kuvata ne kiinteistön kriittiset laitteet, joiden tulee toimia myös häiriötilanteessa ja joiden toimintaa ei voida pysäyttää edes kriittisessä tilanteessa. Kuvataan myös, kuinka järjestelmä toimii sähkönkatkon yhteydessä ja sähkönsyötön palautuessa katkon jälkeen.

3. Rajoitukset

- Kirjataan mahdollisia rajoitteita, joita järjestelmän toiminnan tulee ottaa huomioon esimerkiksi kiinteistön olosuhteisiin liittyen.
- Rajoituksia voivat olla esimerkiksi:
- huonelämpötilojen tulee pysyä tietyllä välillä
- saunan lämpötila ei käyttötilanteessa saa laskea tietyn rajan alle
- lämpimän käyttöveden tulee pysyä tietyllä välillä
- lämpöpumpun kompressorin ohjauskäskyjen välin tulee olla vähintään minimiajan verran

4. Varotoiminnot

- Kuvataan järjestelmän toiminta sen vikaantuessa.
- Kuvataan järjestelmän toiminta tulipalon sattuessa.
- Kuvataan järjestelmän tietoturvalle asetettavat vaatimukset.

26.10.2018		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37				
		A	TOIMINTASELOSTUS																										A			
		B	JÄRJESTELMÄN TARKOITUS													RAJOITUKSET													B			
		C	Tehonhallintajärjestelmän tarkoituksena on rajoittaa kiinteistön huipputehoa tehonhallintaoperaattorin pyynnöstä. Rajoittaminen tapahtuu estämällä suurten kuormien päällekytketyminen tai siirtämällä päällekytketyksen aikaa sopivampaan ajankohtaan.													Normaalikäyttötilanne: – asunnon lämpötilan ei sallita laskevan alle 20,5 C – autotallin lämpötilan ei sallita laskevan alle 12 C – käyttöveden lämpötilan ei sallita laskevan alle 55 C – pyykinpesukoneen ja kuivausrummun siirretyn kääntöjaksen tulee käynnistyä siten, että ne ovat toimineet viimeistään käyttäjän määrittelemään aikaan mennessä													C			
		D	Lisäksi tarkoituksena on valvoa, että kiinteistön verkosta ottama kokonaisvirta ei ylitä pääsulakkeiden nimellisvirtaa.																										D			
		E	Kysyntäjoustoan osallistuvat laitteet: – maalämpöpumpun kompressori xx kW – maalämpöpumpun lisälämmitysvastukset xx kW – autotallin sähköpatterit xx kW – pyykinpesukone xx kW – kuivausrumpu xx kW													Kysyntäjousto: – asunnon lämpötilan ei sallita laskevan alle 19,5 C – autotallin lämpötilan ei sallita laskevan alle 10 C – käyttöveden lämpötilan ei sallita laskevan alle 45 C – pyykinpesukoneen ja kuivausrummun siirrettyjä kääntöjaksoja ei rajoiteta													E			
		F	KÄYTTÖTOIMINNOT																										F			
		G	<u>Normaalissa käyttötilanteessa</u> järjestelmä tarkalleen kiinteistön ottamaa kokonaisvirtaa. Mikäli virta ylittää asetellun raja-arvon (25 A), rajoittaa järjestelmä tehontarvetta ensisijaisesti kytkemällä osan autotallin sähköpattereista pois päältä. Mikäli sähköpattereiden toiminnan rajoittaminen ei riitä tai autotallin lämpötila laskee liian alhaiseksi, järjestelmä rajoittaa tehontarvetta ohjaimella ensisijaisesti maalämpöpumpun lisälämmitysvastusten käyttöä ja toissijaisesti kompressorin käyttöä.																										G			
		H																											H			
		J																											J			
		K	Järjestelmä seuraa sähkön hintaennustetta ja siirtää tarvittaessa pyykinpesukoneen ja kuivausrummun käynnistymishetkiä siten, että ne käynnistyvät hetkellä jolloin sähkön hinta on edullisimmillaan.																										K			
		L																											L			
		M	Järjestelmä välittää tehonhallintaoperaattorille teho- ja lämpötilamittauksiin perustuvan arvon kiinteistön joustokapasiteetista. <u>Kysyntäjousto-tilanteessa</u> tehonhallintaoperaattori lähettää kiinteistölle pyynnön osallistua kysyntäjoustoan. Järjestelmä osallistuu kysyntäjoustoan siirtämällä pyykinpesukoneen ja kuivausrummun käynnistymishetkiä. Lisäksi järjestelmä rajoittaa kiinteistön tehontarvetta vuorottelomalla autotallin sähkölämmitystä ja maalämpöpumpun lisälämmitysvastusten käyttöä. Järjestelmä ei salli lämpötilojen laskea aseteltavien raja-arvojen alle.																										M			
		N																											N			
		O	Tehonhallintaoperaattorin välittäessä kiinteistölle tiedon sähköverkon <u>kriittisestä alituotantosista</u> , järjestelmä rajoittaa kaikkia ohjauksen piirissä olevia laitteita estämällä niiden toiminnan. Järjestelmä ei salli kiinteistön lämpötilojen laskea kriittisten raja-arvojen alle.																										O			
		P																											P			
		R	– maalämpöpumpua ohjataan kärkitiedoilla – autotallin sähkölämmitystä ohjataan etäohjattavilla älyreleillä – pyykinpesukone ja kuivausrumpu liitetään järjestelmään xx väljän kautta – ...																										R			
	S																											S				
Jäsenmaksu	A muutos														TOIMINTASELOSTUS ESIMERKKI													Suunn. /25.10.2018		Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
B muutos	B muutos																											Piirt.	Lehti 2/2	Piirustusnumero		
C muutos	C muutos																											Tark.		SÄH		