

Lotta Heikkinen

## **ASUINRAKENNUKSEN LIITTYMÄN MITOITUS**

## **ASUINRAKENNUKSEN LIITTYMÄN MITOITUS**

Lotta Heikkinen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2022  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-  
ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

---

Tekijä: Lotta Heikkinen

Opinnäytetyön nimi: Asuinrakennuksen liittymän mitoitus

Työn ohjaaja(t): Ensio Sieppi (Oamk) ja Olli-Matti Törmänen (Insinööritoimisto Silvea Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 34

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota Insinööritoimisto Silvea Oy:lle ajantasaiset lähtötiedot asuinrakennuksen huipputehon ja liittymän mitoitusyökalua varten.

Työssä käsitellään pientalon sekä rivi- ja kerrostalon huipputehon ja liittymän laskentatavat. Määritellään, mikä on huipputeho ja miten se vaikuttaa liittymän mitoitukseen. Määritellään, mikä on sähköliittymä ja mitkä tekijät vaikuttavat liittymän suuruuteen. Työssä esitellään päällisin puolin Suomen sähköverkon rakenne sekä verkkoyhtiöiden ohjeiden vaikutus liittymän mitoitukseen.

Lopputuloksena esitetään Insinööritoimisto Silvean suunnitteleman asuinkerrostalon todellisen ja lasketun huipputehon vertailu. Opinnäytetyössä esitetään oleellimmat tällä hetkellä käytössä olevat huipputehon ja liittymän mitoitukseen vaikuttavat tekijät ja kaavat.

---

Asiasanat: huipputeho, mitoitus, liittymä

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Insinööritoimisto Silvea Oy:tä mielenkiintoisen opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaa Oulun Ammattikorkeakoulun Ensio Sieppiä kannustuksesta ja kärsivällisyydestä.

7.12.2022 Lotta Heikkinen

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	LIITTYMÄ .....	7
2.1	Käyttöpaikka ja sähkön mittaus .....	7
2.2	Hinnoittelu, mitoitus ja muutostarpeet.....	8
2.3	Liittymisjohdon mitoitus .....	8
3	JAKELUVERKKOYHTIÖT .....	10
4	HUIPPUTEHO .....	16
4.1	Lämmitysjärjestelmien vaikutus huipputehoon .....	17
4.2	Sähköajoneuvon latauslaitteen vaikutus huipputehoon .....	18
4.3	Sähkökiukaan vaikutus huipputehoon .....	20
4.4	Pientuotannon vaikutus huipputehoon .....	21
5	ASUINRAKENNUSTEN HUIPPUTEHON MÄÄRITYS.....	22
5.1	Perus- ja valaistuskuorman määrittäminen.....	25
5.2	Sähkölämpökuormatehon määrittäminen .....	26
6	LASKETUT JA MITATUT HUIPPUTEHOT .....	28
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	33

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on koota ajantasaiset lähtötiedot asuinrakennusten huipputehon määrittämisaluetta varten. Opinnäytetyö tehdään Insinööritoimisto Silvea Oy:lle. Työssä määritellään huipputehon ja liittymän käsitteet. Työssä esitellään asuinrakennuksen huipputehoon vaikuttavat tekijät sekä ajantasaiset kaavat huipputehon laskua varten omakotitalolle sekä kerros- ja rivitaloille. Työssä esitetään sähköliittymään mitoituslaskun liittyvät tekijät ja vertaillaan verkkoyhtiökohtaisia ohjeita, sekä miten ne vaikuttavat liittymän koon suunnitteluun. Työn lopussa on esimerkki lasketun ja toteutuneen huipputehon vertailusta asuinkerrostalokohteessa, johon Insinööritoimisto Silvea on tehnyt sähkösuunnitelmat.

## 2 LIITTYMÄ

Sähköliittymä liittää kiinteistön sähköverkkoon ja mahdollistaa sähkön käytön kiinteistössä. Sähköliittymän tontille toimittaa paikallinen sähköverkkoyhtiö eli jakeluverkonhaltija. Uusi sähköliittymä täytyy hankkia rakennettaessa uutta kiinteistöä, esimerkiksi omakotitaloa tai kerrostaloa. (1.) Sähköliittymien suunnittelun, urakoinnin, toimituksen ja käytön osalta vähimmäisvaatimukset määrittelee Sähkömarkkinalaki 588/2013, Sähkökäyttöpaikkojen liittymisehdot LE 2019 ja Verkkopalveluehdot VPE 2019 (2).

Sähköliittymää ei voi kilpailuttaa. Se hankitaan siltä jakeluverkonhaltijalta, jonka alueella rakennettava kiinteistö sijaitsee. (3.) Samalle alueelle kilpailevien sähköverkkojen rakentaminen on taloudellisesti kannattamatonta, joten sähkönsiirto on luonnollisessa monopoliasemassa. Yhteiskunnan kannalta sähköverkkojen toimintavarmuus on erittäin tärkeää, jonka vuoksi jakeluverkot on säädetty myös lakisääteiksi monopoleiksi. (4.) Sähkö sopimus puolestaan voidaan kilpailuttaa, koska sen voi tehdä minkä tahansa sähkömyyntiyhtiön kanssa.

### 2.1 Käyttöpaikka ja sähkön mittaus

Sähköliittymällä voi olla yksi tai useampi käyttöpaikka. Useampia käyttöpaikkoja on yleensä rivi- ja kerrostaloissa, jokainen asunto on oma käyttöpaikka. Sähkönkäyttäjän tehtävä on tehdä käyttöpaikalle sähkönmyyntisopimus. Sähkönkäyttäjä on kiinteistön omistaja tai vuokralainen. Jakeluverkonhaltijalla on yleensä yhtä käyttöpaikkaa kohti yksi mittari, jolla mitataan sähkönkulutusta ja laskutetaan käytetty sähkö. (5.)

Sähköpääkeskus täytyy yleensä sijoittaa niin, että jakeluverkonhaltijalla on pääsy keskukselle. Jakeluverkonhaltijalla tulee olla pääsy sähköenergiamittareiden luo, jotka mittaavat kohteen sähköenergian kulutusta. Sähköenergian mittaus toteutetaan suoralla mittauksella enintään 3 x 63 A:iin saakka. Sitä suuremmat liittymät mitataan etäluettavalla mittarilla virtamuuntajien avulla. Virtamuuntajat mitoitetaan verkkoyhtiön ohjeiden sekä kohteen pääsulakkeiden mukaan. (2.)

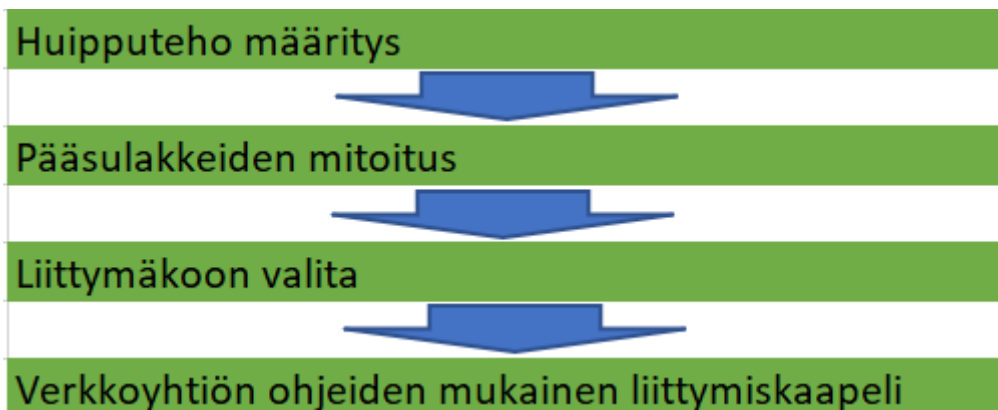
## 2.2 Hinnoittelu, mitoitus ja muutostarpeet

Liittymisehtojen LE 2019 määritelmän mukaan liittymissopimuksella liittyjä ja jakeluverkonhaltija sopivat sähkönkäyttö- tai sähköntuotantopaikan ja sähköverkon välisestä sähköjakeluyhteydestä, liittämiskohdasta ja liittymismaksusta. Liittymismaksu on liittymäkohtainen. (6.)

Liittymissopimuksessa olevaa liittymän kokoa voidaan kasvattaa tai pienentää muuttuvien tarpeiden mukaan. Verkkoyhtiöllä on verkkoyhtiökohtaisia liittymisjohtoihin, liittymäkokoihin ja mittauksiin liittyviä ohjeita. Verkkoyhtiö perii liittyjältä maksun liittymän koon muuttamisesta. Sen takia liittymää mitoittaessa kannattaa ottaa huomioon myös tulevaisuuden tarpeet. Pääkeskus ja liittymisjohto voidaan ylimitoittaa, jolloin pääsulakkeiden koon kasvattaminen onnistuu tulevaisuudessa. Liittymää ei kuitenkaan kannata ylimitoittaa liikaa, sillä se aiheuttaa turhia kustannuksia. (7.)

## 2.3 Liittymisjohdon mitoitus

Verkkoyhtiön liittymispisteen ja asiakkaan mittauskeskuksen välinen kaapeli on liittymisjohto. Liittymisjohdon omistaa sähkönkäyttäjä. Käytännössä liittymän ja liittymisjohdon mitoitus etenee kuvan 1 mukaan. (2.)



KUVA 1. Liittymiskaapelin valinnan vaiheet.

Huipputehon avulla lasketaan nimellisvirta kaavalla 1. Nimellisvirran avulla mitoitetaan kohteen pääsulakkeet. Pääkeskuksen nimellisvirran mukaan valitaan sopivan kokoinen liittymä koko kohteeseen. Liittymäkoon perusteella valitaan sopiva liittymisjohto.

$$I_N = P_{max} / (U * \sqrt{3}),$$

(KAAVA 1)

jossa

$I_N$  = ylivirtasuojan nimellisvirta

$P_{max}$  = mitoittava teho

$U$  = jännite

Jakeluverkkoyhtiöillä on yleensä suositukset tai vaatimukset heidän verkossaan käytettävistä kaapelityypeistä. Käytettävät poikkipinta-alat ja kaapelityypit saattavat vaihdella verkkoyhtiöiden välillä, siksi on tärkeää perehtyä siihen, mitä kaapeleita verkkoyhtiöt käyttävät. (2.)

Liittymisjohdon mitoituksessa tulee ottaa huomioon standardit, määräykset ja ohjeet. Liittymisjohdon poikkipinta-alaa määrittäessä täytyy ottaa huomioon suojaus- ja lämpöolosuhteiden toteutuminen: jännitteen alenema ei saa kasvaa liian suureksi johdon loppupäässä. Johdolta vaadittavaan kuormitettavuuteen eli siihen, kuinka paljon johdon täytyy kestää sen läpi menevää virtaa, vaikuttavat liittymän huipputeho, suojalaitteiden nimellisvirrat sekä yliaallot. Liittymisjohdon kuormitettavuus mitoitetaan aina asennusolosuhteiden heikoimman tilanteen mukaan. PEX-eristeiset johdot kestävät suurempia johtimen lämpötiloja kuin PVC-eristeiset. Kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa liittymisjohdon eristemateriaali, johdinmateriaali ja poikkipinta-alan koko, asennustapa, ympäristön lämpötila sekä rinnankytketyt johtimet. (2.)

### 3 JAKELUVERKKOYHTIÖT

Suomen sähköjärjestelmä koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, suurjännitteisistä jakeluverkosta sekä jakeluverkoista ja sähkön käyttäjistä. Suomen sähköjärjestelmä kuuluu yhteispohjoismaiseen sähköjärjestelmään Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan kanssa. Pohjoismainen järjestelmä on yhdistetty Venäjän ja Baltian voimajärjestelmään Venäjän ja Viron tasasähköyhteyksien kautta. (8.)

Pitkillä siirtoyhteyksillä ja suurilla siirtotehoilla käytetään kantaverkkoa, koska siirtohäviöiden pienentämiseksi jännitteen täytyy olla korkea. Kantaverkon jännitekoot ovat 110, 220 tai 400 kilovolttia. Suomen kantaverkon valvonnasta ja kehityksestä vastaa Fingrid Oyj. Maanlaajuisen kantaverkon kautta kulkee noin 77 % Suomessa siirretystä sähköstä. (8.)

Jakeluverkon ja kantaverkon välissä toimivat suurjännitteiset jakeluverkonhaltijat, ne toimivat 110 kilovoltin jännitteellä. Suurjännitteisten jakeluverkkojen avulla siirretään sähköä esimerkiksi tietyssä maakunnassa. Suurjännitteisiä jakeluverkonhaltijoita on Suomessa vajaa 10. (8.)

Jakeluverkot voivat liittyä suoraan kantaverkkoon tai liittyä kantaverkkoon suurjännitteisten jakeluverkkojen kautta. Jakeluverkot toimivat 20, 10, 1 tai 0,4 kilovoltin jännitteellä. Kotitaloudet saavat sähkönsä jakeluverkosta. Suomessa on noin 80 verkkoyhtiötä, joiden tehtävä on ylläpitää Suomen jakeluverkkoja. Kolme suurinta jakeluverkkoa Suomessa ovat Caruna Oy, Elenia Verkko Oyj ja Helen Sähköverkko Oy. Suurin osa Suomen jakeluverkoista on kunnan tai kuntaenemmistöisen osakeyhtiön omistuksessa. (8.)

Taulukkoon 1 on koottu Suomen 13 suurinta verkkoyhtiötä asiakasmäärien perusteella sekä niiden toiminta-alueet. Suurimmat verkkoyhtiöt toimivat useiden eli maakuntien alueilla. Verkkoyhtiöiden aluejaot eivät mene kuntarajojen mukaan. (9.) Verkkoyhtiön verkko saattaa kattaa osan jonkun kunnan alueesta, esimerkiksi Lahti Energia Sähköverkko Oy ylettyy osaan Iittiä, Hämeenkoskea ja Asikkalaa.

TAULUKKO 1. Suurimpien verkkoyhtiöiden toiminta-alueet (9).

Verkkoyhtiö	Toiminta-alue (kokonaan tai osittain)	Asiakasmäärä
Caruna Oy	Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomi, Joensuu, Koillismaa, Satakunta	702 674
Elenia Verkko Oyj	Kanta- ja Päijät-Häme, Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaa	432 280
Helen Sähköverkko Oy	Helsinki	403 904
Tampereen sähköverkko Oy	Tampereen seutu	162 069
Vantaan Energia Sähköverkot Oy	Vantaa	134 297
Savon Voima Verkko Oy	Pohjois-Savo, Etelä-Savo, Keski-Suomi	118 058
Oulun Energia Sähköverkko Oy	Oulu (kantakaupunki), Kiiminki, Yli-Ii, Jakkukylä	111 478
Kymenlaakson Sähköverkko Oy	Kymenlaakso, Etelä-Karjala, Päijät-Häme, Uusimaa	103 236
Järvi-Suomen Energia Oy	Järvi-Suomen alue	102 266
Lahti Energia Sähköverkko Oy	Lahti, Hollola, Iitti, Hämeenkoski, Asikkala	89 930
PKS Sähkönsiirto Oy	Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo	86 436
Vaasan Sähköverkko Oy	Vaasa, Mustasaari, Vöyri, Laihia, Korsnäs, Maalahti, Närpiö	73 720
Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy	Oulunsalo, Muhos, Kempele, Liminka, Tyrnävä, Lumijoki, Vaala, Utajärvi	31 417

Verkkoyhtiöiden toiminta-alueet voivat kattaa yksittäisiä isoja kaupunkeja tai useita pienempiä kaupunkeja ja kuntia. Kuvasta 2 nähdään, että esimerkiksi Järvi-Suomen Energian toiminta-alue kattaa useamman kunnan alueen.



KUVA 2. Järvi-Suomen Energian toiminta-alue (10).

Verkkoyhtiöillä on verkkoyhtiökohtaisia liittymisjohtoihin ja käytettäviin liittymäkokoihin liittyviä ohjeita. Ohjeet ovat ensisijaisesti tarkoitettu sähkösuunnittelijalle ja -urakoitsijalle sähköliittymän suunnittelua, tilaamista ja rakentamista varten.

Suunnittelijan näkökulmasta on tärkeää ottaa huomioon, minkä kokoisia liittymiä verkkoyhtiöltä on saatavilla sekä verkkoyhtiön käyttämät kaapelityypit. Nämä on aina selvitettävä verkkoyhtiökohtaisesti. (11.) Tässä on havainnollistavana esimerkkinä vertailtu Elenian, Helenin ja Oulun Energian kaapelityyppejä ja liittymäkoja koskevia ohjeita. Taulukosta 2 nähdään Elenian käyttämät pääsulakekoot sekä Elenian liittymisjohtoina käytettävien kaapeleiden tyypit ja koot. Elenian liittymäkoot ovat 3x25 A – 10 x (3x100) A. (11.)

TAULUKKO 2. Liittymisjohtomitoitus Elenian käyttämillä johtolajeilla (11).

<b>Pääsulakekoko A</b> (asennustapa D1, viereisten putkien välinen etäisyys 0, ei todennusvaatimusta asennustavalle/ -reitille)	<b>Liittymisjohtolaji</b> (AXMK)	<b>Suurin sallittu pääsulakekoko A</b> (Vain jos palonkestävä asennus, jolloin toteutettu asennustapa/ -reitti todennettava selvityksellä verkkoyhtiölle)
3x25 - 3x35	4x25S	3x63
3x25 - 3x63	4x50S	3x100
3x63 - 3x125	4x95S	3x160
3x63 - 3x160	4x150S	3x200
3x63 - 3x200	4x240S	3x250
2 x (3x200)	2 x 4x240S	2 x (3x250)
3 x (3x160)	3 x 4x240S	3 x (3x200)
4 x (3x160)	4 x 4x240S	4 x (3x200)
5 x (3x125)	5 x 4x240S	5 x (3x160)
6 x (3x125)	6 x 4x240S	6 x (3x160)
7 x (3x125)	7 x 4x240S	7 x (3x160)
8 x (3x125)	8 x 4x240S	8 x (3x160)
9 x (3x125)	9 x 4x240S	9 x (3x160)
10 x (3x100)	10 x 4x240S	10 x (3x160)

Taulukosta 3 nähdään, että Helenin liittymäkoot ovat 1 x 16 A – 4 x (3x250 A). Helenillä pienin käytettävä liittymisjohtotyyppi on taulukon 3 mukaan AXMK 4 x 35 S. Elenialla puolestaan pienemmille liittymille taulukon 2 mukaan käytettävä liittymisjohto on AXMK 4 x 25 S.

TAULUKKO 3. Helen Sähköverkko Oy:n alueella käytettävät liittymisjohdot (12).

Pääsulake (A)	Liittymisjohtolaji ja koko (mm <sup>2</sup> )	Kaapelikohtainen asennustila kotelossa (mm)	Kaapelikohtainen asennustila varokotelon ulkopuolella (mm)	Kaapelikohtainen alusta
1 x 16	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 25	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 35	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 50	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 63	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 80	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 100	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 125	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 160	AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
3 x 200	AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
3 x 250	AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
2 (3 x 160)	2 kpl AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
2 (3 x 200)	2 kpl AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
2 (3 x 250)	2 kpl AXMK 4 x 240 S	400	900 (700*)	2
3 (3 x 200)	3 kpl AXMK 4 x 240 S	400	900 (700*)	2
3 (3 x 250)	3 kpl AXMK 4 x 300 S	400	900 (700*)	2
4 (3 x 250)	4 kpl AXMK 4 x 300 S	400	900 (700*)	2

Taulukossa 4 nähdään Oulun Energian käyttämät liittymisjohdot ja pääsulakekoot maakaapeleilla (AXMK). Oulun Energialla pienin käytettävä liittymisjohto on AXMK 3 x 25 S ja sitä käytetään taulukon 4 mukaan liittymäkoilla 3 x 25 A – 3 x 63 A. Tästä vertailusta havaitaan, että verkkoyhtiöiden välillä on eroja vakiona käytettävien liittymäkokojen sekä liittymisjohtojen osalta. Joten on tärkeää käyttää suunnittelussa verkkoyhtiöiden ajantasaisia ohjeita suunnittelussa ja sopia aina erikseen, mikäli tulee jotain ohjeista poikkeavaa. Ajantasaiset ohjeet löytyvät yleensä verkkoyhtiöiden verkkosivuilta.

TAULUKKO 4 Oulun Energian käyttämät liittymisjohdot (maakaapelit) (13).

Pääsulake (A)	Liittymisjohdot (AXMK)
3x25	4x25S
3x35	4x25S
3x63	4x25S
3x100	4x95S
3x160	4x95S
3x200	4x185S
3x250	4x185S
3x315	2 x(4x185S)
3x400	2 x(4x185S)
3x500	2 x(4x185S)
3x630	2 x(4x300S)

## 4 HUIPPUTEHO

Huipputeho on hetkellinen sähkötehon ottama huippuarvo, useimmiten tuntikeskiteho. Huipputehon perusteella mitoitetaan sähköliittymän koko. Verkkopalveluehtojen VPE ja liittymisehtojen LE mukaan huipputeho ei saa ylittää sovittua liittymistehoa eikä pääsulakkeiden nimellisvirtaa hetkellisestikään, vaikka verkon komponentit ja sulakkeet kestäisivät sen. (2.)

Sähköliittymän koko on tärkeää mitoittaa sopivan kokoiseksi sähkösuunnitteluvaiheessa. Alimitoitettu liittymä aiheuttaa ongelmia kiinteistön käytössä ja on kallista korjata myöhemmin. Ylimitoitettu liittymä puolestaan tulee turhan kalliiksi. Suuremman liittymän rakentaminen ja huoltaminen on kalliimpaa, joten se tarkoittaa suurempia kustannuksia jakeluverkonhaltijalle ja loppuasiakkaalle. Tämän vuoksi liittymä pitäisi pyrkiä mitoittamaan tulevaisuus huomioiden, mutta ei liian suureksi, jotta vältytään turhilta kustannuksilta. Rakennuksen sähkötehon tarvetta määrittäessä arvioidaan tarvittava teho rakennuksen koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Huipputehoa määrittäessä täytyy huomioida sähkön saannin varmuus, tulevaisuuden muuttuvat sähkötehon tarpeet sekä mahdolliset muutostarpeet. (2.)

Ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) 32 § mukaan suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisuudet huipputehon pienentämistä varten ja sähkötehon ohjattavuuden parantamiseksi (14). Huipputehon kokoon vaikuttavatkin laitteiden nimellistehojen lisäksi käytön ajoittuminen, kuormien risteilyt sekä laitteiden ohjaustavat. Laitteet mitoitetaan tarpeiden mukaisesti. Suunnittelussa otetaan huomioon kiinteistöautomaatio ja mahdollistetaan kuormien ohjaaminen erilaisten järjestelmien välillä. (15.)

Huipputeho mitoitetaan aina niin sanotun huonoimman tilanteen mukaan. Vaikka energian kulu- tusta tarkastellaan yleensä vuositasolla, kylmimpinä vuodenaikoina esimerkiksi lämpöpumppujen ottamat tehot ovat huomattavasti suurempia (15).

Kiinteistön huipputehon suuruuteen vaikuttavat kohteen valaisin-, LVI- ja jäähdytyslaittevalinnat sekä lämmitysmuoto, autonlämmitys ja sähköautonlatauspaikkavalinnat. Niistä merkittävimpiä sähkökuorman aiheuttajia huipputehon laskennassa ovat sähköiset lämmitysjärjestelmät (sähköläm-

mitys tai erilaiset lämpöpumppuratkaisut), käyttöveden lämmitys, sähkökiukaat ja sähköajoneuvojen lataus. Yleensä ilmanvaihdon lisälämmitystarve toteutetaan sähkölämmityksenä, vaikka kohteessa olisi muuten vesikiertoiset lämmitysratkaisut. (15.)

#### **4.1 Lämmitysjärjestelmien vaikutus huipputehoon**

Kiinteistön lämmitysjärjestelmä voidaan toteuttaa suoran sähkölämmityksen, sähkökattilan tai lämpöpumppujärjestelmän avulla. Käytettäviä lämpöpumppuja ovat vesi-ilmalämpöpumput (VILP), poistoilmalämpöpumput (PILP) ja maalämpöpumput (MLP). (15.)

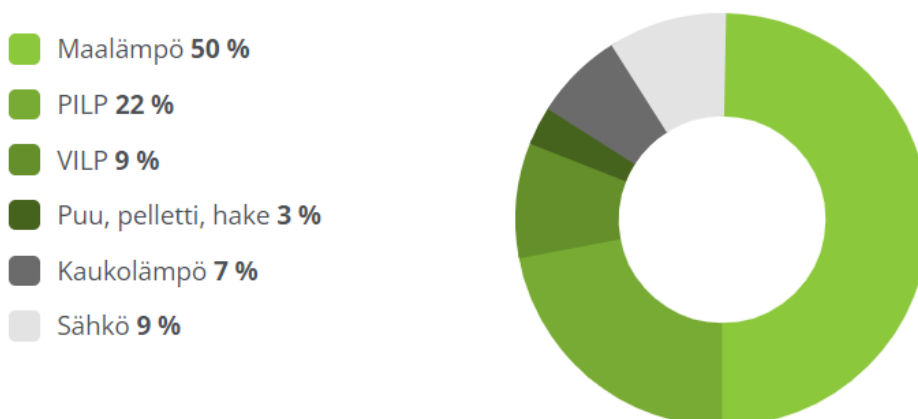
Pumppujen tarvitseman tehon lisäksi pientaloissa lisälämmitys toteutetaan yleensä sähkövastusten avulla. Täystehomitoitetut maalämpöpumput riittävät lämmittämään huoneet pelkästään lämpöpumpulla. Maalämpöpumppujen käytössä tarvitaan joskus lisävastus käyttöveden lämmitykseen. Varaajakoolla, pumpun asetuksilla ja laitteen tehorajoituksilla voidaan vaikuttaa lisälämmityksen tarvitsemaan tehon määrään. Sähkökattila on lämpöpumppujen kaltainen, mutta se kuluttaa enemmän sähköenergiaa kuin lämpöpumppuratkaisut. (15.)

Suorassa sähkölämmityksessä sähkötehoa tarvitaan rakennuksen lämmitykseen sekä käyttöveden lämmitykseen. Tehoon vaikuttaa myös ilmanvaihdon lisälämmitys. Sähkölämmityskohteissa lämmin vesi lämmitetään yleensä 3 kW:n suuruisella, erillisellä lämminvesivaraajalla. Varaajaa on mahdollista ohjata päälle niin sanotun hintaohjauksen mukaan eli silloin kun sähkö on halvinta. (15.)

Uusien omakotitalojen lämmitysmuodoista maalämpö on tällä hetkellä suosituin, se valitaan noin joka toiseen uuteen omakotitaloon. Uusista omakotitaloista 80 % lämmitysmuotona käytetään jotain lämpöpumppua. Kuvassa 3 on kaavio uusiin pientaloihin valituista lämmitystavoista Suomessa. Näiden päälämmitysten lisäksi käytetään usein lisälämmönlähteitä. Käytettäviä lisälämmönlähteitä ovat muun muassa takka ja ilmalämpöpumput. Lisäksi käytetään aurinkoenergiaa lisäenergian hankkimiseksi. (15.)

## Lämmitystapa

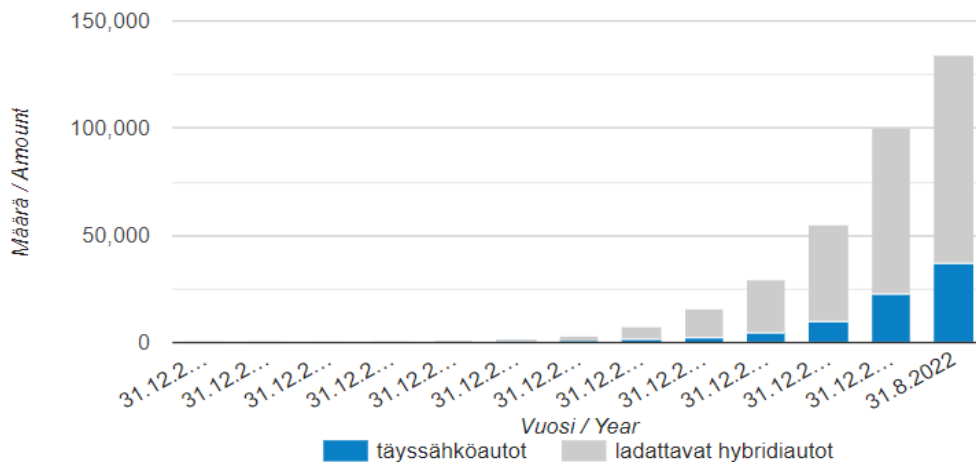
Uusien omakotitalojen lämmitystapa (LÄHDE: Valintaopas omakotirakentajalle 2019-2020; Rakennustutkimus RTS Oy)



KUVA 3. Uusien pientalojen lämmönlähteet Suomessa 2019–2020 (16).

### 4.2 Sähköajoneuvon latauslaitteen vaikutus huipputehoon

Liikennekäytössä olevien sähköautojen määrä on lisääntynyt muutaman viime vuoden aikana runsaasti Suomessa ja kasvaa edelleen reippaasti, kuten voidaan kuvasta 4 nähdä. Siihen vaikuttavat Euroopan unionin ilmastotavoitteet sekä pyrkimys vähentää öljyriippuvuutta. Sähköautojen yleistyminen vaikuttaa sähköjakeluun ja näin ollen myös sähköjakeluverkon ja rakennusten sisäisen sähköverkon suunnitteluun. (17.)



KUVA 4. Liikennekäytössä olevien sähköautojen määrä Suomessa vuosina 2010–2022 (18).

Lokakuussa 2020 on astunut voimaan laki 733/2020 rakennusten varustamisesta sähköautojen latauksilla ja latauspistevalmiuksilla. Lain asettamat vaatimukset otetaan huipputehon laskennassa huomioon. Kuten taulukosta 5 nähdään, lain mukaan sellaisen uuden asuinrakennuksen, jossa on enemmän kuin neljä pysäköintipaikkaa, on asennettava latauspistevalmiudet siten, että jokaiseen pysäköintipaikkaan voidaan myöhemmin asentaa latauspiste. Asuinrakennus on sellainen rakennus, jonka pinta-alasta yli puolet on asuinkäytössä. (19.)

TAULUKKO 5. Lain 733/2020 vaatimukset sähköautonlatauspisteille ja latauspistevalmiuksille asuinrakennuksissa (19).

Asuinrakennukset (uudet ja laajasti korjattavat)		
Pysäköintipaikkojen määrä	Vaatus sähköautonlatauspisteille	Vaatus sähköautonlatauspistevalmiudelle
0-4		
yli 4		Jokaiseen pysäköintipaikkaan

Sähköajoneuvon lataus aiheuttaa verkolle useita tunteja kestävän yhtäjaksoisen tehontarpeen. Tehojen vuorottelun ja tehonhallinnan avulla voidaan välttää tarpeettoman suuri lataustehon rajoitus tai liittymän kasvattaminen. (15.)

Sähköautojen kuormitettavuus lasketaan kaavalla 2. Mitoitus perustuu tarpeellisen toimintasäteen sekä latausajan määrittelyyn. (2.) Sähköajoneuvojen tehon laskentakaava soveltuu kahden tai useamman latauspisteen laskentaan. Kaavassa oletetaan latausaseman olevan älykäs eli kuormanhallinnalla varustettu järjestelmä. Lisäksi oletetaan, että sähköauton keskimääräinen kulutus normaalilla matkalla on 20 kWh sadalla kilometrillä. (17.) Mikäli sähköautonlatausta ei toteuteta kuormanhallinnalla varustetulla älykkäänä järjestelmänä, lasketaan koko latausjärjestelmän tehot yhteen ja otetaan ne huomioon huipputehon laskennassa (2).

$$P_{\text{sähköajoneuvojen lataus}} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latausaikana} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika } h} \quad (\text{KAAVA 2})$$

Standardeissa sähköautojenlatauspisteiden minimiteho määritetään 6 A:ksi. Latauspisteiden mitoittamisessa kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, että todellisuudessa se ei välttämättä riitä kylmimpinä päivinä ulkolatausasemilla käynnistämään latausta. Latausasemat kannattaa mitoittaa 1x16 A:n suuruisiksi eli 3,7 kW:n teholle sopiviksi. Tällöin varmistetaan, että ne toimivat myös kylmässä pakkassäässä halutulla tavalla. (17.)

ST-kortin 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus mukaan pientaloissa pyritään yleensä jättämään sähköautojen latausteho niin pieneksi, että eri sähköjärjestelmien välillä ei tarvita vuorottelua eikä lataustehoa tarvitse säätää. Mikäli on paljon muita sähkökuormia tai haluttu latausteho on suuri, yksinkertaisinta on kontaktorien ja releiden avulla lukita yksittäisiä sähkökuormia pois päältä sähköauton ollessa latauksessa. Toisena vaihtoehtona voidaan käyttää lataustehon puolitusta. (19.)

### 4.3 Sähkökiukaan vaikutus huipputehoon

Pientaloissa sähkökiukaat ovat teholtaan suurimpia kulutuslaitteita. Kiukaiden tehot ovat suurentuneet yleistyvien lasi- ja kiviseinien myötä. Huipputehon laskennassa käytettävä kaava valitaan muun muassa sen perusteella, onko kohteessa sähkökiuasta vai ei.

Kiukaan vaikutusta huipputehoon voidaan säädellä esimerkiksi vuorottelukytkentöjen avulla. Vuorottelukytkentä toimii niin, että kun kiuas laitetaan päälle, rajoitetaan esimerkiksi kontaktorien avulla rakennuksen ottamaa lämmitystehoa. (19.)

#### **4.4 Pientuotannon vaikutus huipputehoon**

Energiaviraston sivujen mukaan erityisesti aurinkosähkön osuus pientuotantomuodoista on kasvussa. Pientuotannolla pyritään kattamaan osa kuluttajan omasta sähkönkulutuksesta ja näin voidaan säästää sähkölaskussa. Ylijäävää sähköä voi myydä verkkoyhtiöön, mikäli järjestelmä on liitetty sähkönjakeluverkkoon. Jakeluverkkoyhtiö on vastuussa sähkönsiirrosta ja mittaamisesta sekä pientuotantolaitosten liittamisestä sähköverkkoon. Ennen pientuotannon liittämistä jakeluverkkoon täytyy tarkastaa verkkoyhtiökohtaiset ohjeet ja velvoitteet. Sähkön myymisestä täytyy aina sopia erikseen sähkön myyjän kanssa eikä sähköä saa syöttää verkkoon, mikäli ostaja puuttuu. (20.)

## 5 ASUINRAKENNUSTEN HUIPPUTEHON MÄÄRITYS

Asuinrakennuksen huipputehon laskentamallit perustuvat erilaisten asuinrakennusten sähkönkäytöstä 1980-luvulla tehtyjen kuormitusmittausten tuloksiin. Laskentamallit esitetään verkostosuosituksessa SA 2:08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen. Niiden perusteella on laadittu laskentamallit omakoti-, kerros- ja rivitalojen huipputehon laskemiseksi. (2.)

Kokemusperäisen laskentamallin avulla voidaan laatia alustava arvio kohteen huipputehosta. Tällä laskentatavalla asuinrakennusten oletetaan olevan perusvarustelutasoa. Täytyy pyrkiä laskemaan todellinen tai oletettu todellinen tehontarve eli otetaan huomioon kohdekohtaiset laitevalinnat ja niiden aiheuttamat kuormat. Lisäksi liittymän mitoittamiseen käytettävän tehon laskussa on otettava huomioon kohdekohtaiset kuormanohjaukset ja kuormien vuorottelut. Rakennuksen käyttötarkoituksen ja koon mukaan voidaan arvioida alustavasti sähköliittymän koko. Liittymän kokoa tarkennetaan laitevalintojen varmistuessa. (2.)

Kuvassa 5 näkyy kaavat eri asuinrakennustyypeille. Riippuen kohteen lähtötiedoista, valitaan käytettävä kaava. Kuten aiemmin on jo mainittu, kohteen huipputehon laskennassa on otettava huomioon lämmitysmuoto, sähköautonlatausmahdollisuus ja autonlämmityspaikat sekä sähkökiukaan mahdollisuus, koska nämä vaikuttavat huipputehon suuruuteen. Kuvan 5 huipputehon laskenta-kaavoissa oletetaan asuinrakennusten olevan perusvarustetasoa.

Taulukko 1. Kokemuseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi.

Asuinrakennukset	Huipputeho <sup>(1)</sup> [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m <sup>2</sup> ]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m <sup>2</sup> . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tot}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot <sup>(2)</sup>		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikotus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ ( $n_{auto}$ = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) <sup>(4)</sup>		
Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikotus} = 10 \text{ kW} + 1,0\text{--}3,0 \text{ kW/latauspiste}$ <sup>(7)</sup> $\times n_{auto}$ ( $n_{auto}$ = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) <sup>(5)</sup>		
Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen\ lataus} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}}{\text{latauskerran aika h}}$ <sup>(8)</sup>		
HUOM. Käytettäessä älykästä sähköajoneuvojen latausjärjestelmää, voi olla mahdollista jättää latausjärjestelmän vaikutus huipputehoon kokonaan huomioimatta, jos kohteen käyttäjien tarpeet ja kohteen sähköliittymän vapaa energiakapasiteetti oletettuna latausaikana mahdollistavat tämän. Tällainen energiakapasiteetin tarkastelu soveltuu lähinnä pitkien latausaikojen kohteisiin, kuten asuinkehteisiin. Katso tämän kortin luku 4.5.6, kortti ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmä.		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \varphi$ . Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida, että $\cos \varphi = 0,96$ . Tehokertoimen määrittämiseksi lähtötietona voidaan käyttää myös paikallisen verkkoyhtiön loistehonhinnointelua ja loistehon ilmaisuutta. Lineaarisia laskentamalleja käytettäessä tulee myös huomioida, että kuormitukset noudattavat erittäin harvoin normaaliajakautamaa. Tietyn tehon ylitystodennäköisyyden arvioiminen on siis hyvin haastavaa tai jopa mahdotonta, jos käytettävissä ei ole muita tietoja kuin rakennuksen tyyppi ja arvio pinta-alasta.		

KUVA 5. Asuinrakennusten kokemuseräinen laskentamalli eri talotyypeille (2).

Rakennuksen liittymän ja huipputehon laskennassa pyritään kuitenkin käyttämään todellista tai oletettua tehontarvetta. Huipputehoa määritettäessä päätetään mitoitushetki, jolloin tehontarve on todennäköisimmin kaikista suurimmillaan eli milloin eri sähkölaiteryhmät ovat päällä samanaikaisesti. Yleensä Suomessa se on kylmimpänä vuodenaikana, jolloin lämmityslaitteita tarvitaan eniten. Kuormalajin yhteenlaskettu teho kerrotaan arvioidulla asuinhuoneiston samanaikaisuuskertoimella, joka määritetään suunnitteluvaiheessa. Laitetietojen perusteella laskettava huipputeho lasketaan kaavalla 3. Kaavasta 3 nähdään, että ennen yhteenlaskua eri kuormalajien tehot kerrotaan kuormakohtaisilla samanaikaisuuskertoimilla.

$$P_M = (P_{KK} \times k1) + (P_{SLK} \times k2) + (P_{VAL} \times k3), \quad (\text{KAAVA 3})$$

jossa

$P_M$  = yksittäisen asuinhuoneiston teho

$P_{KK}$  = kojekuorma

$P_{SLK}$  = sähkölämpökuorma

$P_{VAL}$  = valaistuskuorma

$k_1$  = kojekuorman samanaikaisuuskerroin

$k_2$  = sähkölämpökuorman samanaikaisuuskerroin

$k_3$  = valaistuskuorman samanaikaisuuskerroin

Asuinrakennuksen, joka sisältää useita asuntoja, esimerkiksi kerrostalon, teho saadaan laskemalla asuntojen keskimääräinen tehontarve. Keskimääräinen teho kerrotaan asuntojen välisellä samanaikaisuuskertoimella ja asuntojen määrällä. Asuntojen välinen samanaikaisuuskerroin otetaan huomioon kaavassa 3. Huoneistojen välinen tasauserroin lasketaan kaavalla 4. (2.)

$$C_{(Nh)} = C_{MIN} + (1 - C_{MIN}) * \left( \frac{1}{1 + \frac{\log(N_H)}{\log(A_h)}} \right)^{3,5}, \quad (\text{KAAVA 4})$$

jossa

$C_{(Nh)}$  = huoneistojen määrän perusteella laskettu tasauserroin

$C_{MIN}$  = laskennan yhteydessä valittava minimitasauserroin

$N_H$  = huoneistojen määrä

$A_h$  = huoneiston pinta-ala

## 5.1 Perus- ja valaistuskuorman määrittäminen

Asuinrakennuksissa on peruskuorma, joka pysyy suhteellisen vakiokokoisena. Peruskuormaan sisällytetään kojeryhmien tehontarve, sähkölämmitys sekä valaistuskuorma. Taulukossa 6 esitetään peruskuormaan kuuluvat kuormat. (2.)

TAULUKKO 6. Asuinrakennuksen peruskuormitukset (2).

Kuormitus	Kuormituksen "laji"	Yksikkö
Keittiön lämpökojeet	Kojekuorma	kW / asunto
Kodin kylmälaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Vaatehuollon sähkölaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Kodin elektroniikkalaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Muut kodin sähkölaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
LVI-laitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Sähköajoneuvojen lataus	Kojekuorma	kW / asunto
Sähkökiuas	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Lämminvesivaraaja	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Auton sähkölämmitys-laitteet	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Sähkölämmitys	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Valaistus	Valaistuskuorma	kW / asunto

Peruskuorman suuruus riippuu huoneiston pinta-alasta. Peruskuorma kasvaa lineaarisesti huoneiston pinta-alan kasvaessa. Peruskuorma PKK lasketaan seuraavalla kaavalla 5. (2.)

$$P_{kk} = 6 \text{ kW} + \frac{20 \text{ W/m}^2}{1000} \times A_h, \quad (\text{KAAVA 5})$$

jossa

$A_h$  = huoneiston pinta-ala

6 kW = huoneistokohtainen pohjakuormitus

Myös valaistuskorma kasvaa lineaarisesti pinta-alan kasvaessa. Valaistuskorma  $P_{val}$  lasketaan kaavalla 6, kun oletetaan valaistustehon olevan  $6 \text{ W/m}^2$ . (2.)

$$P_{val} = \frac{6 \text{ W/m}^2}{1000} \times A_h, \quad (\text{KAAVA 6})$$

jossa

$A_h$  = huoneiston pinta-ala

## 5.2 Sähkölämpökuormatehon määrittäminen

Laskemalla eri lämmityskuormien tehot yhteen saadaan sähkölämpökuormateho. Sähkökiukaan tehosta huomioidaan vuorottelemattoman tehon osuus. Vuorottelemattoman tehon osuus tarkoittaa tehon määrää, jota ei vuorotella kiukaan eikä sähkölämmityskuorman välillä. Maalämpö on yleisin pientaloissa käytetty lämmitysmuoto, se tarkoittaa, että on käytössä lämpöpumppujen kompressoreita ja lämpimän käyttöveden lisävastuksia, jotka osaltaan tarvitsevat isoja tehomääriä. Näiden ja kiukaan vuorottelu olisi oleellista huomioida huipputehon näkökulmasta. (2.)

Sähkölämpökuormateho PSLK on eri lämmityskuormien yhteenlaskettu teho. PSLK lasketaan kaavalla 7.(2.)

$$P_{SLK} = P_{LÄM} + P_{ALÄM} + P_{LVV} + P_{KEV}, \quad (\text{KAAVA 7})$$

jossa

$P_{LÄM}$  = sähkölämmityksen yhteenlaskettu teho

$P_{ALÄM}$  = autolämmityksen yhteenlaskettu teho

$P_{LVV}$  = lämminvesivaraajan teho

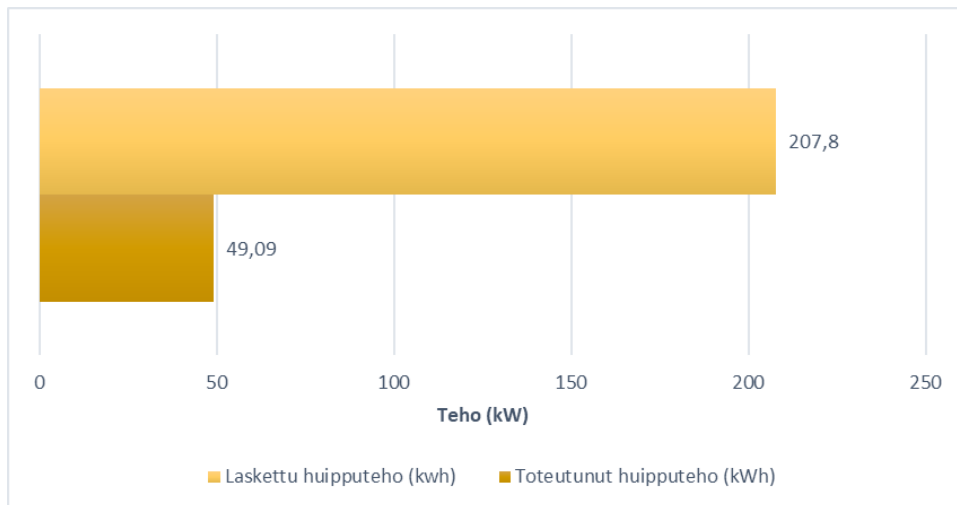
$P_{KEV}$  = kiukaan ei vuoroteltu teho

## 6 LASKETUT JA MITATUT HUIPPUKÄYNNIT

Kuten luvussa 5 mainitaan, tällä hetkellä käytössä olevat huippukäynnin laskentakaavat perustuvat mitattuihin huippukäynnin arvoihin eivätkä ne näin ollen ole aivan todellisuutta vastaavia. Mittausarvot ovat 1980-luvulta, jolloin sähkölaitteiden määrä sekä tehon ja virran käyttö on ollut hyvin erilaista kuin nykyään. Tehonkulutuksen suuruuteen vaikuttavat muun muassa huoneiden lämmitys ja rakennusautomaation kehittyminen sekä sähkön pientuotannon yleistymisen. (2.)

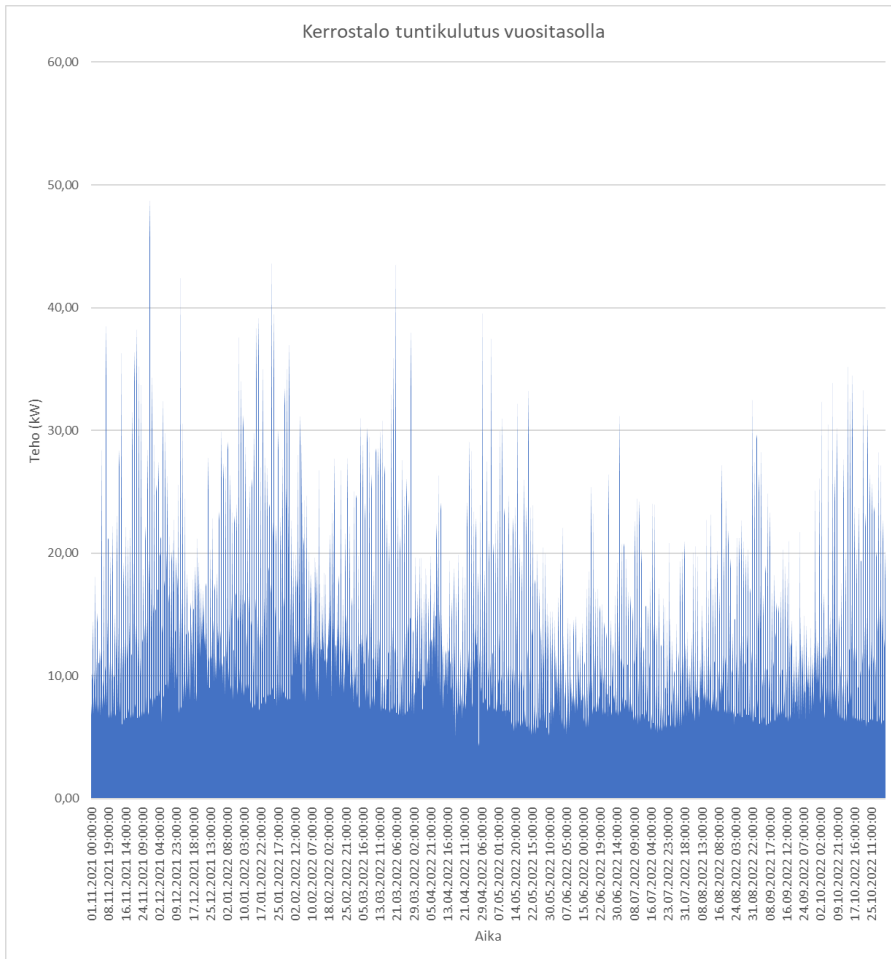
Tämän takia nykyään ollaan kiinnostuneita todellisen kulutuksen seurannasta ja suuruudesta sekä vertailusta laskettuun huippukäynnin arvoon. Tähän opinnäytetyöhön pyydettiin toteutuneita huippukäynnin arvoja muutamista kohteista, joihin Insinööritoimisto Silvea on suunnitellut sähköt. Aikataulun vuoksi tähän työhön saatiin todellinen kulutus vain yhdestä kohteesta, joten se käydään läpi esimerkinomaisesti. Tässä verrataan kerrostalon toteutunutta energiankulutusta viimeisen vuoden ajalta ja sekä suunnitteluvaiheessa laskettua huippukäynnin arvoa. Tässä kohteessa lämmitysmuotona on kaukolämpö. Muutamissa asunnoissa on huoneistokohtaiset kiukaat sekä taloyhtiössä on yhteissauna. Kiinteistö on myös varustettu sähköautonlatausvarauksella.

Kuvassa 6 havainnollistetaan lasketun ja toteutuneen huippukäynnin ero. Siitä nähdään, että toteutunut huippukäynnin arvo on noin 23,6 % lasketusta huippukäynnin arvosta. Ylimätkä on tämän mittausdatan mukaan noin 4,2-kertaista.



*KUVA 6. Asuinkerrostalon toteutunut ja laskettu huipputunteho.*

Tämän asuinkerrostalon tehonmittaustiedot on kerätty 1.11.2021 – 31.10.2022. Kuvasta 7 nähdään asuinkerrostalon tuntikulutus vuositasona. Siitä nähdään, että suurimmat tehohiiput osuvat talvi-kuukausiin, jolloin lämmityslaitteita tarvitaan yleensä eniten.



KUVA 7. Tuntikulutus vuositasona.

Tämän asuinkerrostalon huipputehon hetki osuu marraskuun loppuun. Kuvasta 8 nähdään asuinkerrostalon tehon tuntikulutus viikon ajalta. Siitä nähdään, että suurimman kulutuksen hetket osuvat iltapäivän ja illan välille, kun asukkaat saapuvat työpäivän jälkeen kotiin ja laittavat suurimman osan sähkölaitteista päälle. Suurimman kulutuksen hetki 27.11 on lauantai-iltana kello 18–20 välillä. Se johtuu todennäköisesti siitä, että asukkaat viettävät iltaa asunnoissaan ja lämmittävät saunoja. Yleensä kerrostaloissa asuntokohtaisesti suurimpina tehopiikkeinä näkyvät saunomisajankohdat. Hiljaisimman kulutuksen hetket ovat yöllä, kun suurin osa asukkaista nukkuu ja sähkölaitteet ovat kiinni.



KUVA 8. Tuntikulutus viikkotasolla.

## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työn päätarkoitus oli kerätä Insinööritoimisto Silvea Oy:lle lähtötiedot asuin kerrostalon huipputehon määrittämisaluetta varten sekä määrittää keskeisimmät käsitteet. Työn tarkoituksena oli myös vertailla jo valmistuneiden suunnittelukohteiden laskettuja ja toteutuneita huipputehoja. Aihe oli mielestäni ajankohtainen ja mielenkiintoinen, sillä tällä hetkellä käytössä olevat kaavat näyttävät aiheuttavan ylivoimaisuutta. Toteutuneeseen huipputehon määrään vaikuttaa lisääntyneet omatuotanto kuten aurinkopaneelit. Lisäksi laitteet ovat energiatehokkaampia ja kuormanhallinta on kehittynyt ja erilaiset etäohjaukset ovat lisääntyneet.

Lähtötietojen kerääminen ja dokumentaatio onnistuivat mielestäni tehtävänannon mukaisesti. Toteutuneiden tehotietojen keräämiseen meni oletettua kauemmin aikaa, joten halutun tuloksen saavuttamiseksi niiden kerääminen olisi täytynyt suorittaa aiemmin.

Todellisia toteutuneita tehon kulutusarvoja saatiin ainoastaan yhdestä kohteesta. Näin ollen luotettavaa tutkimusta tästä työstä ei saa. Yksittäisen kerrostalon ylivoimittamiseen vaikuttaa monta seikkaa, tulokset ovat kohdekohtaisia ja luotettavan tuloksen saamiseksi tarvittaisiin enemmän kohteita sekä mittausdataa pidemmältä ajalta. Lisäksi on mielestäni haastavaa arvioida, onko ylivoimittaminen todellista vai onko vain säästyty tähän mennessä tilanteelta, jolloin laitteiden kulutus olisi suurimmillaan.

## LÄHTEET

1. Napapiirin Energia ja Vesi. Hakupäivä 15.8.2022. <https://www.neve.fi/omakotirakentajalle-tuotteet/sahko/usein-kysyttya-sahkoliittymista.html>.
2. Sähköinfo Severi 2022. ST-kortti 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Hakupäivä 1.3.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/420>. Vaatii lisenssin.
3. Lahti Energia. Hakupäivä 15.8.2022. <https://www.lahtienergia.fi/ukk/mika-ero-on-sahkosopimuksella-ja-sahkoliittymalla/>.
4. Energiavirasto. Hakupäivä 1.3.2022. <https://energiavirasto.fi/kuluttajainfo>.
5. Kymenlaakson sähkö. Hakupäivä 1.3.2022. <https://www.ksoy.fi/asiakaspalvelu/tietoa-sahkosta/ostajan-opas/>.
6. Energiavirasto. Verkkoon liittäminen. Hakupäivä 1.5.2022. <https://energiavirasto.fi/verkkoon-liittaminen>.
7. Energiavirasto. Liittämisehdot\_LE\_2019. Hakupäivä 1.8.2022. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://energiavirasto.fi/documents/11120570/13010239/Liittämisehdot-2019.pdf/2f99eaa6-727e-0b1a-b513-fe135b88c1aa/Liittämisehdot-2019.pdf.
8. Energiateollisuus. Sähköverkkoyhtiöt. Hakupäivä 1.3.2022. <https://energia.fi/energia/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiot>.
9. Energiateollisuus. Sähköverkkoyhtiöt. Hakupäivä 1.3.2022. <https://energia.fi/energia/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiot>, <https://sahkokatkokartta.fi/>
10. Järvi-Suomen Energia. Hakupäivä 1.8.2022. <https://www.jseoy.fi/tietoa-meista/sahkoverkko/#7b291ec5>.
11. Elenia. Pienjänniteliittymien tekninen ohje. Hakupäivä 1.5.2022. <https://www.elenia.fi/files/e217220a6e4f7c65decbe233d167650f0befea52/pienjan-niteliittymien-tekninen-ohje-elenia.pdf>.
12. Helen Sähköverkko. Helen Sähköverkko Oy:n alueelle käytettävät liittymisjohdot. Hakupäivä 1.5.2022. <https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/palvelut/ohjeet/hsv-liittyma-liittymisjohdot-su20120.pdf>.

13. Oulun Energia Siirto ja Jakelu. Liittymisjohdot ja niitä vastaavat pääsulakekoot. Hakupäivä 1.5.2022. [chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.ouluenergia.fi/contentassets/d73d20ff4da0448cbe19825d80803ec3/liittymisjohdot\\_ja\\_paasulakekoot.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.ouluenergia.fi/contentassets/d73d20ff4da0448cbe19825d80803ec3/liittymisjohdot_ja_paasulakekoot.pdf).
14. Finlex. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Hakupäivä 1.8.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.
15. Sähköinfo Severi 2022. ST-esimerkit 12 Keinoja sähköhuipputehojen hallintaan asuinkeihteistössä. Hakupäivä 1.9.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/7987>. Vaatii lisenssin.
16. Pientaloteollisuus. Uusien omakotitalojen lämmitystavat. Hakupäivä 22.9.2022. <https://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/lammitystavat/>.
17. Sähköinfo Severi 2022. ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmät. Hakupäivä 1.9.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/7385>. Vaatii lisenssin.
18. Autoalan tiedotuskeskus. Sähköautojen määrän kehitys. Hakupäivä 15.9.2022. [https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys).
19. ST 51.90 Sähköinfo Severi 2022. ST 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Hakupäivä 1.9.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3937>. Vaatii lisenssin.
20. Motiva. Ylijäämä sähköön myynti. Hakupäivä 27.9.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijaamasahkon\\_myynti](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti).