



Funded by the European Union –  
NextGenerationEU



# Asuinkerrostalon energiasuunnitteluohje

27.04.2023



1.	Käyttötarkoitus ja tausta .....	3
2.	Tarveselvitys- ja hankesuunnittelu .....	3
2.1	Kaavamääräykset ja tontinluovutusehdot .....	3
2.2	E-luvun / energialuokan määrittäminen .....	3
2.3	Alustava päätös aurinkopaneelien hyödyntämisestä .....	4
2.4	Alustava päätös lämmitysmuodosta .....	4
2.5	Passiivisuunnittelun teettäminen.....	5
2.6	Tehojen hallinta.....	5
3.	Ehdotus- ja yleissuunnittelu.....	6
3.1	Tarvittavien elinkaarikustannuslaskelmien teettäminen.....	6
3.1.1	Elinkaarikustannuslaskenta .....	7
3.2	Olosuhdelaskelmien teettäminen .....	8
3.3	Tarkennetun E-lukulaskelman teettäminen ja suunnitteluratkaisujen linjaaminen .....	9
3.4	Suunnittelun ohjaaminen.....	9
4.	Rakennuslupa.....	11
4.1	Rakennusluvan energiaselvitys.....	11
5.	Toteutussuunnittelu .....	11
5.1	E-lukulaskelmien päivittäminen.....	11
5.2	Uusiutuvien huomioinnin varmistaminen .....	11
6.	Rakentaminen .....	11
6.1	Suunnitelmamuutosten varmistaminen.....	11
7.	Käyttöönotto .....	11
7.1	Tiiveys- ja SFP-mittaukset .....	11
7.2	Energialaskelmien päivitysten tilaaminen .....	12
7.3	Käyttöönoton valvonta.....	12
	LIITE 1. Sähkötehojen hallinta ja varautuminen sähköjärjestelmän muutoksiin.....	13



# 1. Käyttötarkoitus ja tausta

Tämä ohjemateriaali on tarkoitettu käytettäväksi asuinkerrostalojen energiasuunnittelun tukena. Ohjeen tarkoitus on varmistaa, että asuinkerrostalossa saavutetaan asetetut energiatavoitteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. Sitä tulee noudattaa yhdessä muiden suunnitteluohjeiden kanssa.

Energiasuunnitteluohje toimii työkaluna erityisesti rakennushankkeen projektipäälliköille ja osallistuville suunnittelijoille. Tarkoituksena on selvittää suunnitteluprosessia ja eri osapuolien velvoitteita energiatehokkuuden huomioimiseksi. Ohjeessa on kuvattuna suunnitteluvaiheittain projektipäällikön keskeiset tehtävät elinkaarisuunnittelun näkökulmasta.

Jos kohteeseen tehdään sähkötehojen hallintaan, tuleviin sähköjärjestelmän lisäkuormiin, pientuotantoon tai energiyhteisöihin liittyvää varautumista tai suunnittelua, on ohjeessa viittaukset liitteeseen, jossa on kuvattu tämän tehtäväkokonaisuuden sisällyttäminen eri projektin vaiheisiin.

Ohje on laadittu Swecon ja Tampereen ammattikorkeakoulun välisenä yhteistyönä Ympäristöministeriön rahoittamassa kehityshankkeessa. Hankkeen osarahoittajina toimivat A-Kruunu, Pirkan Opiskelija-asunnot, Tampereen Vuokra-asunnot ja VTS-kodit.

*\*Hanke on saanut tukea ympäristöministeriöltä Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (RRF).*

## 2. Tarveselvitys- ja hankesuunnittelu

Tässä osiossa kuvataan, miten energiasuunnittelu tulisi tehdä hankkeen alkuvaiheessa.

### 2.1 Kaavamääräykset ja tontinluovutusehdot

Projektipäällikön ensimmäinen tehtävä on selvittää, millaisia rajoituksia kaavamääräykset ja tontinluovutusehdot asettavat energiaratkaisuille.

Erityisesti kannattaa tarkastaa:

- vaatimukset E-luvulle
- vaatimukset rakennuksen teknisille ratkaisuille
- saako porakaivoja tehdä / muuten hyödyntää maalämpöä
  - mahdollisia porausesteitä esimerkiksi: tunnelit, pohjavesi, varaukset, tontin koko, kaavamääräykset
- voiko porakaivoja sijoitella tontin ulkopuolelle
- mahdolliset rajoitteet aurinkopaneelien käyttöön

### 2.2 E-luvun / energialuokan määrittäminen

Rakennuksen energiasuunnittelun ohjaamisen kannalta merkittävää on linjata tavoiteltava E-luku heti hankkeen alussa, jotta suunnittelua voidaan ohjata sen mukaisesti.



Jos tavoitteena on A-energialuokan rakennus, kannattaa projektipäällikön teettää tässä vaiheessa energiasuunnittelijalla ensimmäinen E-lukulaskelma, jossa esitetään muutama vaihtoehtoinen ratkaisukokonaisuus saavuttaa E-lukutavoite.

Projektipäällikkö linjaa käytettävän ratkaisukokonaisuuden ja asettaa sen pohjalta tavoitteet muille suunnittelijoille.

*Perustelut ohjeelle:*

- *Karkean alkuvaiheen E-lukumallin teko ja ratkaisukokonaisuuksien hahmottelu on pieni työ (n. 10-15 h), mutta tukee vahvasti muuta suunnittelua, kun lähtökohdat ovat heti selvät. Jos E-lukumalli tehdään vasta myöhemmässä vaiheessa suunnittelua, joitain suunnitteluvaiheita saatetaan joutua tekemään uudestaan*

## 2.3 Alustava päätös aurinkopaneelien hyödyntämisestä

Pohjautuen hankkeen tavoitteisiin, kaavamääräyksiin ja tontinluovutusehtoihin sekä E-lukutarkastelussa valittuihin suunnitteluratkaisuihin, projektipäällikkö päättää, pyritäänkö hyödyntämään aurinkopaneeleita. Jos pyritään, varmistetaan, että rakennuksen kattoon ei kohdistu merkittäviä ulkoisia varjostuksia (esim. puut tai viereiset rakennukset).

Jos esteitä aurinkoenergian hyödyntämiselle ei ole ja suunnittelua jatketaan, ohjeistetaan arkkitehtia ottamaan se huomioon rakennuksen massoittelussa, kattopintojen suuntauksessa ja muotoilussa seuraavasti:

- lappeiden kaadot suunnataan itään, etelään tai länteen
- talotekniikka pyritään sijoittamaan pohjoisosaan kattoa
- kallistuskulma olisi hyvä olla vähintään 10-15 astetta, jotta välttyään korotettujen asennustelineiden käytöltä. Paras katemateriaali on saumattu peltikate, jotta välttyään reikien tekemiseltä vesikatteeseen
  - Myös tasakattoa voidaan käyttää, mutta se tarkoittaa painollisen kelluvan järjestelmän käyttöä
  - kantavuusvaikutukset kallistetulla lappeella keskimäärin 15-20 kg/m<sup>2</sup>, tasakatolla 25 kg/m<sup>2</sup>

*Perustelut ohjeelle:*

- *Kun arkkitehti huomioi aurinkoenergian hyödyntämisen jo alkuvaiheessa, saadaan aurinkopaneelijärjestelmän investointi- ja elinkaarikustannukset minimoitua. Iso ja oikeasuuntainen tila paneeleille lisää järjestelmän energiantuottoa. Sopivat kallistuskulmat ja katetyyppi pitävät investointikustannukset maltillisina*

## 2.4 Alustava päätös lämmitysmuodosta

Pohjautuen hankkeen tavoitteisiin, kaavamääräyksiin ja tontinluovutusehtoihin sekä E-lukutarkastelussa valittuihin suunnitteluratkaisuihin, projektipäällikkö päättää, lähdetäänkö suunnittelua tekemään kaukolämpö- vai maalämpölähtöisesti.



Jos lämmitysmuodoksi valitaan maalämpö, selvitetään ensimmäiseksi, mahtuuko tontille vaadittu porakaivomäärä tai saako ympäröivälle alueelle porata. Arvion projektipäällikkö voi tehdä itse tai teettää energiasuunnittelijalla.

Jos porakaivot mahtuvat, suunnittelua lähdetään viemään eteenpäin oletuksella, että maalämpöä hyödynnetään.

## 2.5 Passiivisuunnittelun teettäminen

Kun arkkitehti on tehnyt ensimmäiset luonnokset rakennuksesta, projektipäällikkö teettää energiasuunnittelijalla passiivisuunnitteluanalyysin, jossa tarkastellaan yksittäisten suunnitteluratkaisujen vaikutuksia haastavimpien tilojen kesäajan lämpötiloihin sekä koko rakennuksen energian- ja lämmitystehontarpeisiin.

Arkkitehti huomioi analyysin tulokset ja laatii 2-3 ratkaisukokonaisuutta energiasuunnittelijalle tarkempaan tarkasteluun, joissa verrataan ratkaisujen yhteisvaikutuksia.

Jos on tiedossa, että E-lukutavoitteen saavuttamisessa tulee olemaan haasteita, kannattaa huomioida myös ratkaisujen vaikutukset E-lukuun.

Tehtyjen passiivisuunnittelutarkastelujen pohjalta projektipäällikkö ja arkkitehti tekevät päätökset käytettävistä suunnitteluratkaisuista.

*Perustelut ohjeelle:*

- *Kun arkkitehti huomioi eri ratkaisujen vaikutukset kesäajan sisälämpötiloihin jo heti hankkeen alkuvaiheessa, vältetään ongelmilta rakennuslupavaiheen astetuntitarkastelussa. Konkreettisesti tämä näkyy investointikustannusten pienenemisenä, kun lämpötiloja saadaan hallittua muutoin kuin isoja kustannuksia aiheuttavien ikkunoiden auringonsuojapinnoitteiden tai ilmamäärien muuttamisen avulla*
- *Kun passiivisuunnittelussa huomioidaan samalla ratkaisujen vaikutukset rakennuksen tehon- ja energiantarpeisiin sekä niiden vaikutukset elinkaarikustannuksiin, saadaan minimoitua myös investointi- ja elinkaarikustannukset*
- *Passiivisuunnittelun vaatima lisäsuunnittelu-aika hankkeelle on n. 40-80 tuntia, mutta siitä saatavat kustannushyödyt ovat usein suuret*

## 2.6 Tehojen hallinta

Tehojen hallinnan näkökulmasta projektipäällikön ensimmäinen tehtävä on linjata, miten toteutetaan tai varaudutaan kiinteistöjen sähkötehojen hallintaan ja tuleviin muutoksiin sähkönkäytössä. Alkuvaiheen kartoituksessa kannattaa selvittää:

- Minkä verkkoyhtiön alueelle kiinteistö rakennetaan ja millaiset ovat liittymis- ja siirtomaksut
- Pyritäänkö varautumaan tulevaisuuden tilanteisiin, kuten:
  - verkosta tai muuten kiinteistön ulkopuolelta tulevaan tehojen hallintaan ts. kysyntäjousto
  - sähköautojen latauspisteiden laajamittaiseen käyttöönottoon (nyt tehtävä vain kaapelireittivaraukset, laki 733/2020)



- sähkökulkuneuvojen lisääntymiseen (sähköpyörät ja L2-luokan kulkuneuvot)
- aurinkosähkön tai sähkövarastojen lisäämiseen
- paikallisiin energiayhteisöihin kiinteistön sisällä tai läheisten kiinteistöjen kanssa

Tarkempi kuvaus osiosta. (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 2.6)

## 3. Ehdotus- ja yleissuunnittelu

### 3.1 Tarvittavien elinkaarikustannuslaskelmien teettäminen

#### **Aurinkopaneelit**

Jos hankesuunnitteluvaiheessa on päätetty pyrkiä aurinkopaneelien hyödyntämiseen, niin yleissuunnitteluvaiheessa tehdään kannattavuuslaskelma, jonka pohjalta tehdään investointipäätös.

Projektipäällikkö teettää laskelman seuraavasti:

- arvioidaan katolle sijoitettavien paneelien määrät, suuntaukset ja kalliskulmat sekä simuloidaan aurinkoenergiajärjestelmän tuotto profiili
- arvioidaan rakennuksen tuntikohtainen sähkönkulutus profiili simuloinnilla tai pohjautuen referenssikohteisiin
- energiasuunnittelija mitoittaa elinkaarikustannuksiltaan ja E-lukuvaikutuksiltaan kannattavimman järjestelmän
  - kannattavuuslaskelmassa huomioidaan mahdollisuus energiatuen hyödyntämiseen
- Elinkaarikustannuslaskennan yleiset periaatteet on esitetty kappaleessa 3.1.3

Jos aurinkoenergiajärjestelmän kannattavuus näyttää huonolta, mutta sen toteuttaminen on linjattu ratkaisukokonaisuudessa E-lukutavoitteen saavuttamiseksi, tulee miettiä, miten E-lukua saadaan muutoin laskettua.

#### **Maalämpö**

Jos hankesuunnitteluvaiheessa on päätetty pyrkiä maalämmön hyödyntämiseen, niin yleissuunnitteluvaiheessa tehdään kannattavuuslaskelma, jonka pohjalta tehdään investointipäätös.

Maalämmön kannattavuus verrattuna kaukolämpöön arvioidaan tekemällä elinkaarikustannusvertailu. Energia-asiantuntija määrittää maalämpöjärjestelmän optimaalisen tehopeiton, joka riippuu sähköjärjestelmän koon kasvattamiseen liittyvistä kuluista, energian hinnoista ja rakennuksen energiantarveprofiilista.

- Elinkaarikustannuslaskelmat pohjautuvat
  - suunniteltavaan kohteeseen sopivan referenssikohteen energian- ja tehontarvedataan tai simuloituun dataan



- maalämpökentän mallinnuksen pohjalta määritettyyn porakaivomäärään
- urakoitsijoilta / laitetoimittajilta saatuihin kustannustietoihin ja toteutuneisiin kohteisiin
- Elinkaarilaskelmissa otetaan huomioon esimerkiksi
  - maaperän porauskustannukset ja tarvittavat putkistot/vaakavedot
  - maalämpöpumpun ja kaukolämpöpaketin investointi- ja huoltokustannukset
  - lämminvesivaraajat
  - maalämmön aiheuttamat lisäkustannukset sähköjärjestelmään ja sähkön tehomaksuihin (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 3.1)
  - epävarmuudet mitoituksista, kustannuksista ja suunnittelukustannusten ero
  - automaatio- ja sähköurakat
  - kaukolämmön ja sähkön paikallinen hinta ja tehomaksut
- Jos kohteessa käytetään jäähdytystä, on vertailutapaukseen lisättävä vaihtoehtoisen jäähdytysjärjestelmän kustannukset
- Elinkaarikustannuslaskennan yleiset periaatteet on esitetty kappaleessa 3.1.1

### **Muut elinkaarikustannusvertailut**

Jos hankkeen energia- tai olosuhdetavoitteiden osalta todetaan muita vaihtoehtoisia ja toteutuskelpoisia suunnitteluratkaisuja, teetetään niiden osalta erilliset elinkaarikustannusvertailut osion 3.1.1 mukaisesti.

Vertailtavia suunnitteluratkaisuja voivat olla esim.

- IV-järjestelmäratkaisut, paikallinen/hajautettu (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 3.1)
- Eristepaksuudet
- Jäähdytystavat
- Passiivisuunnitteluratkaisut

### **3.1.1 Elinkaarikustannuslaskenta**

Elinkaarikustannuslaskentaa tehdään rakennusosalle/järjestelmälle eri vaihtoehtojen vertailtavuuden ja päätöksenteon tueksi ottaen investoinnin lisäksi huomioon sen vaaditun tai suunnitellun käyttöiän aikana muodostuvat käyttökustannukset.

Alla on esitetty esimerkkiluonteisesti yleisiä ohjeita elinkaarikustannuslaskennan tekoon, joita projektipäällikkö voi hyödyntää teettäessään elinkaarikustannuslaskelmat konsultilla.

### **Elinkaarikustannuslaskennan yleiset ohjeet**

Alla olevassa taulukossa elinkaarikustannuslaskennassa käytettävät menetelmät ja lähtötiedot. Niistä voidaan poiketa, mikäli se on perusteltavissa ja asiasta sovitaan tilaajan kanssa etukäteen.

Laskelmat tehdään käyttäen nettonykyarvomenetelmää, jossa kustannukset on diskontattu nykyhetkeen



Laskelmissa huomioidaan kaikki valitulle tarkastelujaksolle tulevat kustannukset kuten investointi-, energia-, uusimis-, käyttö- ja ylläpitokustannukset.	
Kustannukset jaksotetaan rakennuksen/rakennusosan elinkaarelle siten, että isoimmat uusimis-/korjauskustannukset pyritään jaksottamaan oikeille vuosille. Vähäiset uusimiskustannukset voidaan jaksottaa tasan tarkastelujaksolle.	
Investointikustannuksissa huomioidaan rakennusosa-/järjestelmä-/rakennusinvestointi sisältäen suunnittelu- ja rakennuttamiskustannukset sekä myös tilakustannukset, mikäli vaihtoehtoinen järjestelmä vaatii esim. isomman teknisen tilan.	
Laskenta-ajanjakso	25 vuotta
Diskonttaus korko	3 %
Tarkkuustaso	1000 euroa
Arvonlisävero	0 %
Energianhinnan nousu	3 %
Huolto- ja ylläpitokustannusten hinnan nousu	2 %
Sähkökustannukset (energia, siirto, kuukausimaksut, liittymäkustannukset)	Paikallisen sähköverkkoyhtiön julkisen hinnaston mukaisesti. Huomioitava eri liittymäkokojen välillä liittymäkustannusten lisäksi sähkön perus- ja tehomaksujen muutokset (*sähkätehojen hallinta, liite kohta 3.1)
Kaukolämpökustannukset (energia, kuukausimaksut, liittymäkustannukset)	Paikallisen kaukolämpötoimijan voimassa olevan julkisen hinnaston mukaisesti
Kaukojäähdytyskustannukset (energia, kuukausimaksut, liittymäkustannukset)	Paikallisen kaukolämpötoimijan voimassa olevan julkisen hinnaston mukaisesti.
Vesi- ja jätevesikustannukset	Paikallisen toimijan julkisen hinnaston mukaisesti.

Laskelmien osalta esitetään myös herkkyystarkasteluna suora takaisinmaksuaika ilman diskonttaus korkoa (reaaliarvo) ja vuosittaisia kustannusmuutoksia. Lisäksi herkkyystarkasteluna esitetään energianhintojen ja investointikustannusten muutosten vaikutukset tuloksiin.

### 3.2 Olosuhdelaskelmien teettäminen

Projektipäällikkö teettää olosuhdelaskelmat varmistaakseen, että suunnitteluratkaisut täyttävät kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen mukaisuuden. Jos vaatimukset eivät täyty tehdystä passiivisuunnittelusta huomioimatta, energiasuunnittelija laatii ehdotuksen toimenpiteistä, joilla vaatimukset täytetään. (\*sähkätehojen hallinta, liite kohta 3.2)

Jos hankkeelle on asetettu sisäilmastoluokkatavoitteita, myös ne tarkastellaan tässä vaiheessa.





### 3.3 Tarkennetun E-lukulaskelman teettäminen ja suunnitteluratkaisujen linjaaminen

Projektipäällikkö teettää tarkentuneiden suunnitteluratkaisujen mukaisen E-lukulaskelman ja linjaa sen pohjalta suunnitteluratkaisut. Jos on epäselvyyttä eri suunnitteluratkaisujen elinkaarikustannuksista, teetetään osion 3.1.1 mukaisesti vertailuelinkaarikustannuslaskennat vaihtoehtoisista suunnitteluratkaisuista.

Energiasuunnittelijan tulee varmistaa valittujen suunnitteluratkaisujen vaikutukset kesäajan huonelämpötilan vaatimustenmukaisuuteen.

### 3.4 Suunnittelun ohjaaminen

Projektipäällikön on tärkeä muistaa ohjata suunnittelua siten, että se mahdollistaa valittujen energiaratkaisujen kustannustehokkaan ja tarkoituksenmukaisen hyödyntämisen.

Alla kuvattuna ohjaustavat energiaratkaisuittain ja suunnittelualoittain.

#### **Aurinkopaneelit**

Jos hankkeessa hyödynnetään aurinkopaneeleita, se otetaan huomioon eri suunnittelualojen osalta seuraavasti:

- Arkkitehti
  - o Kattosuunnittelussa otetaan huomioon aurinkopaneelit osiossa 2.3 kuvatun mukaisesti
- Sähkö
  - o Sähkösuunnittelussa otetaan huomioon kaapelointireitit ja tilavaraukset. Tarkemmat ohjeet (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 3.4)

#### **Maalämpö**

Jos hankkeessa hyödynnetään maalämpöä, se otetaan huomioon eri suunnittelualojen osalta seuraavasti:

- Maalämpösuunnittelu
  - o Maalämpö mitoitetaan taloudellisesti kannattavaksi huomioiden vaikutukset koko rakennuksen sähköjärjestelmälle
  - o Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa rakennuksen energiantarve arvioidaan pohjautuen referenssidataan
  - o Ensimmäisen porakaivon tekemisen yhteydessä tehdään TRT-mittaus, jonka perusteella tarkennetaan kaivokentän koko
- ARK
  - o Pihasuunnittelussa huomioidaan porakaivojen vaatima tila ja vaiheistetaan rakentaminen järkevästi
  - o Lämmönjakuhuone sijoitetaan samalle puolelle rakennusta kuin maalämpökenttä
  - o Huomioidaan maalämpöjärjestelmän tilantarve lämmönjakuhuoneen mitoituksessa
- LVI
  - o Huomioidaan maalämpöjärjestelmän tilantarve lämmönjakuhuoneen mitoituksessa



- Lämmönjaossa pyritään mahdollisimman matalalämpöiseen ratkaisuun (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 3.4)
- SÄH
  - Maalämpöjärjestelmän vaatimat sähkötehot huomioidaan sähkösuunnittelussa
  - Elinkaarilaskelmien tukeminen sähköjärjestelmien kustannusten osalta (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 3.4)
- RAU
  - Lämmitysjärjestelmän säätö ja ohjaus
  - Mittaroinnin suunnittelu helposti seurattavaksi ja vertailu tavoite-energiaan mahdollistavaksi
  - Kulutusjouston käyttöönotto varaajaa hyödyntämällä tai tilojen lämmitystä optimoimalla (\*sähkötehojen hallinta, liite kohta 3.4)

## E-luku

Pohjautuen tehtyyn E-lukutarkasteluun ja päätettyyn suunnitteluratkaisukokonaisuuteen, projektipäällikkö ohjeistaa tavoitteet eri suunnittelualoille

- ARK
  - Ikkunoiden koko
  - Rakenteet
  - Aurinkopaneelien huomiointi
- LVI
  - Ilmanvuotoluku
  - SFP-luku
  - LTO
  - Lämmönjako
  - Paineenalennus
- SÄH
  - Valaistus
  - Aurinkopaneelit
- RAU
  - Tarpeenmukainen ilmanvaihto

## Muut asiat

- LVI, RAU, SÄH
  - Energiajärjestelmän mittarointi siten, että järjestelmän toiminnan seuraaminen on mahdollista (\*sähkötehojen hallinta ja varautuminen muutoksiin, liite kohta 3.4)



## 4. Rakennuslupa

### 4.1 Rakennusluvan energiaselvitys

Projektipäällikkö teettää rakennuslupavaiheen energiaselvityksen. Kaikki suunnittelualat toimittavat lähtötiedot sitä varten.

## 5. Toteutussuunnittelu

### 5.1 E-lukulaskelmien päivittäminen

Projektipäällikkö teettää päivitetty E-lukulaskelmat tarkentuneiden suunnitteluratkaisujen mukaisesti. Jos asetettua E-lukutavoitetta ei olla saavuttamassa, tehdään selvitys mahdollisuuksista parantaa E-lukua.

Projektipäällikkö linjaa käytettävät suunnitteluratkaisut ja ohjaa eri suunnittelualojen suunnittelua niiden mukaisesti.

### 5.2 Uusiutuvien huomioinnin varmistaminen

Projektipäällikkö varmistaa kohdassa 3.2 määritellyn mukaisesti, että uusiutuvien energiaratkaisujen käyttöönotto on huomioitu eri suunnittelualojen työssä.

Projektipäällikkö varmistaa myös, että järjestelmien mitoitukset vastaavat tarkentuneita lähtötietoja.

## 6. Rakentaminen

### 6.1 Suunnitelmamuutosten varmistaminen

Jos rakentamisvaiheessa tulee muutoksia suunnitelmiin, projektipäällikkö reagoi niihin yhdessä eri suunnittelualojen kanssa. Tarvittaessa teetetään laskelmia, joilla varmistetaan tavoitteisiin pääseminen.

## 7. Käyttöönotto

### 7.1 Tiiveys- ja SFP-mittaukset

Projektipäällikkö tilaa tiiveysmittaukset ja IV-koneiden SFP-mittaukset, joilla varmistetaan niiden suunnitelmien mukaisuus.

Kaikki suunnittelualat toimittavat tiedossa olevat energia- tai elinkaarisuunnitteluun vaikuttavat muutokset projektipäällikölle:

- ARK: Uusimmat kuvat
- LVI: Laitteiden koneajot ja laiteluettelo, ilmamäärät
- SÄH: Valaistuksen tehontiheys ja ohjaustavat, uusiutuvien energiajärjestelmien tiedot, kiinteistöjen sähkölaiteiden tehot
- RAK: Rakennetyypit



## 7.2 Energialaskelmien päivitysten tilaaminen

27.04.2023

Projektipäällikkö tilaa päivitykset E-lukumalliin, joka päivitetään vastaamaan toteutunutta rakennusta.

## 7.3 Käyttönoton valvonta

Projektipäällikkö varmistaa, että seuraavat asiat tarkistetaan:

- LVI: maalämpöjärjestelmä toimii suunnitellusti, SFP-mittausten tarkastus
- RAU: mittarointi on tehty suunnitellusti ja taloteknisten laitteiden ohjaus toimii suunnitellusti, esim. lämpöpumppujen tehohallinta, ilmanvaihdon ohjaukset, lämmönjakojärjestelmän säädöt ja ohjaukset, sähkön ja lämmön varastointiratkaisujen ohjaukset
- SÄH: aurinkopaneelijärjestelmä toimii suunnitellusti



# LIITE 1. Sähkötehojen hallinta ja varautuminen sähköjärjestelmän muutoksiin

Tämän liitteen tarkoitus on tukea energiasuunnitteluprosessia tehojen hallinnan ja kiinteistön sähköjärjestelmän muutosten näkökulmasta. Liitteen kohtiin viitataan varsinaisessa energiasuunnitteluohjeessa tarpeen mukaan. Tehojen ohjaus on jaoteltu:

- 1) sisäiseen tehojen hallintaan, jossa yksi tai useampi järjestelmä voi vuorotella tai joustaa keskenään hyvin mekaanisesti tai kokonaisuutena esimerkiksi sähkökäyttöpaikan virranmittaukseen perustuen.
- 2) ulkoiseen tehojen ohjaukseen, jossa ohjaussignaali tulee kiinteistöön sähköverkosta tai muulta ulkoiselta toimijalta (tulevaisuudessa) tai aggregaattorilta (mahdollista jo nyt) ja tehoja voidaan ohjata alas- tai ylöspäin.

Lisäksi liitteessä käsitellään lähitulevaisuuden muutoksien vaikutusta kiinteistön sähköverkkoon (esim. sähköautot, aurinkopaneelit ja muut sähkökulkuneuvot, sähkövarastot, energiayhteisöt).

## 2.6 Tehojen hallinta

Tehojen hallintaa ajatellen projektipäällikön ensimmäinen tehtävä on selvittää, halutaanko toteuttaa tai varautua kiinteistöjen sähkötehojen hallintaan ja tuleviin muutoksiin sähkökäytössä. Tehojen ohjaukseen varautuminen on määritelty myös YMa 1010/2017 asetuksen kohdassa §32. Alkuvaiheen kartoituksessa kannattaa kanssa selvittää:

- Minkä verkkoyhtiön alueelle kiinteistö rakennetaan, eli onko kiinteistön sähkökäyttöpaikan (yleensä kiinteistökeskuksen) sähkönsiirrossa käytössä esim. pienjännitetehotariffi, joka kannustaisi tehojen hallintaan jatkuvien säästöjen muodossa. Pienjännitetehotariffi on käytössä mm. Helen sähköverkolla yli 3 x 63 A liittymissä ja kuukausittainen tehomaksu määräytyy kuukauden suurimmasta kWh/h tehosta arkisin klo 7-21 välillä. Pienjännitetehotariffi on tulossa lähiaikoina myös esim. Tampereen sähköverkon siirtohinnoitteluun nykyistä pienempiin kohteisiin, eli oletettavasti kerrostalokokoluokkaan (tilanne haastattelujen perusteella 04/2022).
- Onko sähköverkkoyhtiöllä millaiset liittymis- ja siirtomaksut eri kokoisille liittymille. Kiinteistön sisäisellä tehojen hallinnalla asiakas voi mahdollisesti pienentää sähkökäyttöpaikan sähkötehuippuja siten, että voidaan pärjätä pienemmällä liittymällä tai kiinteistössä voidaan varautua tulevaisuuden tehojen lisääntymiseen siten, ettei liittymää ja sähköjärjestelmän osia tarvitse välttämättä tehojen lisääntyessä kasvattaa tai uusia.
- Halutaanko varautua tulevaisuuden tilanteisiin, kuten:
  - verkosta tai muuten kiinteistön ulkopuolelta tulevaan tehojen hallintaan ts. kysyntäjousto



- sähköautojen latauspisteiden laajamittaiseen käyttöönottoon (nyt tehtävä vain kaapelireittivaraukset, laki 733/2020)
- sähkökulkuneuvojen lisääntymiseen (sähköpyörät ja L2-luokan kulkuneuvot)
- aurinkosähkön tai sähkövarastojen lisäämiseen
- paikallisiin energiayhteisöihin kiinteistön sisällä tai läheisten kiinteistöjen kanssa

### 3.1 Tarvittavien elinkaarikustannuslaskelmien teettäminen

Sähkötehon vaikutus osana elinkaarikustannuslaskelmia on oleellista varsinkin pienjännitetehotariffiin liitettävissä kohteissa, joissa osa kuukausittaisesta sähkön siirtomaksusta muodostuu esim. kuukauden suurimmasta tuntikeskitehosta. Merkittäviä sähkötehoja ja sitä kautta sisäisen vuorottelun kannalta potentiaalisia sähköjärjestelmän osia ovat esimerkiksi maalämpöjärjestelmä, kiinteistökiuas ja sulanapitolämmitykset. Lisäksi esimerkiksi sähköautojen latauspisteet, sähköiset mukavuuslämmitykset ja hajautetut ilmanvaihtokoneet (sähköiset lisälämmitysvastukset) voivat tarjota merkittävää tehojen vuorottelu- ja kysyntäjoustoresurssia. Vuorottelevia kuormia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, mitkä kuormat kiinteistössä ovat samanaikaisesti päällä ja voidaanko niiden vuorottelulla siten vaikuttaa liittymistehon muodostumiseen. Oleellista on myös ymmärtää, että iso osa kiinteistön sisäisestä joustosta on kulutuksen siirtoa ajanhetkestä toiseen (esim. lämmityksen jousto), ei puhdasta tehon leikkausta (esim. valaistus), jolloin vuosienenergiankulutus yleensä hieman kasvaa, mutta sähkönkäytön kulut muilta osin pienenevät.

Maalämpöjärjestelmän sähkötehoihin vaikuttaa merkittävästi järjestelmän mitoitusaste ja mahdollinen priimauslämmönlähde. Kaukolämmöllä priimatessa sähköteho ei koskaan kasva maalämpöpumpun sähkötehoa suuremmaksi, mutta sähkövastuksia käytettäessä lämmitysjärjestelmän teho voi kasvaa merkittävästikin lämmityksen huipputehotilanteissa. Järjestelmästä ja varaajista riippuen myös lämpöpumpun ja jonkin muun kuorman vuorottelu voi olla järkevää, vaikka priimaus tapahtuisikin kaukolämmöllä. Vuorottelua tehtäessä on kuitenkin huomioitava, että kiinteistön olosuhteet eivät saa vuorottelun vuoksi merkittävästi heikentyä ja lämmintä käyttövedtä tulee olla aina saatavilla.

Rakennuksen elinkaarikustannuksia voidaan arvioida kiinteän sähkönhinnan lisäksi aikahinnoitelluilla ratkaisuilla, esim. pörssisähkö. Aikahinnoitellulla ohjauksella voidaan ohjata esimerkiksi lämmitysjärjestelmää ts. lämpöpumppua. Tämä kuitenkin kasvattaa elinkaarikustannusten vaativuutta, sillä lämmitysjärjestelmän vuosittaiset elinkaarikustannukset on arvioitava mallinnohjelmistojen avulla hyödyntäen menneiden vuosien pörssisähkön hintadataa ja todellisiin kohteisiin perustuvia tai asiantuntijan arvioimia lämpimän käyttöveden profiileja.

### 3.2 Olosuhdelaskelmien teettäminen

Jos kiinteistössä asetellaan esimerkiksi lämpöpumppu tai huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet vuorottelemaan jonkin toisen kuormituksen kanssa, voidaan osana olosuhdemallinnuksia varmistaa, ettei vuorottelulla ole merkittävää haittaa sisäolosuhteille tai lämpimälle käyttövedelle erityisesti vuoden



kylmimpinä ajanhetkinä. Olosuhdemallinnuksessa pitää tällöin huomioida sähkön pienjännitetehtotariffin määrittelyperiaatteet kyseisellä alueella ja vuorottelevien kuormien samanaikainen päällä olo kyseisenä ajanhetkenä sekä laitteiden ja joustojen käyttöajat.

## 3.4 Suunnittelun ohjaaminen

### Aurinkopaneelit

Jos hankkeessa hyödynnetään aurinkopaneeleita, sähkötehon näkökulmasta se otetaan huomioon eri suunnittelualojen osalta seuraavasti:

- Aurinkosähkön hyödynnettävyys tulee suunnitella siten, että se on rakennuksessa mahdollisimman hyvin hyödynnettävissä ja energian ohjautuminen myyntiin, omakäyttöön tai sähkövarastoihin tulee pystyä todentamaan (YMa 718/2020).
- Kattosuunnittelussa otetaan huomioon aurinkopaneelit osiossa 2.3 kuvatun mukaisesti.
- Sijoituspaikat inverttereille ja kaapelointireitit katolta pääkeskus/kiinteistökeskustilaan tulee suunnitella.
- Keskuksiin tulee varata riittävän suuret suojalaitelähdöt inverttereiden liittämiseksi ja varmistuttava keskuksen ja sen laitteiden rakenteellisesta virrankestävyydestä, jos sekä liittymästä että invertteristä syötetään samanaikaisesti täydellä teholla sähköä keskukseseen.
- Sähkökaapeleiden lisäksi mahdolliset tietoliikennekaapeleiden tarpeet tulee selvittää sekä inverttereiden että esim. mahdollisten näyttötaulujen osalta.

### Maalämpö

Jos hankkeessa hyödynnetään maalämpöä, sen sähkötehojen hallinta otetaan huomioon eri suunnittelualojen osalta seuraavasti:

- Selvitetään, miten kiinteistön sähkötehoja ja sitä kautta maalämpöjärjestelmää on suunniteltu ohjattavan (minkä kanssa vuorotellaan).
- Maalämpöjärjestelmä ja lämminvesivaraajat (sähkövastukset) valitaan siten, että niiden sähkötehot ovat ohjattavissa
- Määritellään, millaista mittausta ja kaapelointia tai kaapelointivarauksia ohjauksille vaaditaan ja mistä ne johdotetaan
- Määritetään, miten maalämpöjärjestelmän tehoja ohjataan ja minkä kanssa järjestelmä vuorottelee ja milloin. Tässä tulee huomioida myös muilta laitteilta tarvittavat mittaus- ja ohjaustiedot sekä ohjauslogiikka, eli miten käytännössä ohjataan (toiminnankuvaus). Pohjatyö ohjauslogiikalle on tehty kohdissa 3.1 ja 3.2, jossa on suunniteltu



ohjattavat/vuoroteltavat kuormat ja ohjauksien kesto ja ajankohdat.

27.04.2023

- Jos maalämpöjärjestelmää aiotaan ohjata yksittäisenä laitteena esim. sähkön pörssihintaan perustuen pilvipalvelun kautta, on hyvin tärkeää, että varauduttaisiin myös kiinteistön sisäiseen sähkötehojen hallintaan. Yksittäin pörssisähköohjatun maalämpöpumpun tapauksessa tulee lisäksi tiedostaa, että se ei välttämättä pienennä liittymän huipputehoa, vaan voi pahimmillaan kasvattaa sitä ja lisää myös aina hieman sähköenergiankäyttöä.

## Muut asiat

### 1) Sisäinen tehojen hallinta:

Maalämpöjärjestelmän lisäksi kiinteistön sisäisessä tehojen hallinnassa tulee huomioida myös muut suuritehoiset laitekuormat, jotta joustavuutta voidaan toteuttaa. Lisäksi, jos jonkin laiteryhmän joustoa on suunniteltu vaikka pelkästään maalämpöjärjestelmän kanssa toimivaksi, on silti hyvä ottaa muutkin suuritehoiset laitekuormat osaksi tehonhallintajärjestelmää tai ainakin varautua siihen. Tehojen ohjattavuus tai tiedonsiirto laitteiden välillä tulisi toteuttaa aina kaapeleita käyttäen tai ainakin siihen tulisi varautua, koska langattomien ratkaisujen hyödyntäminen betonirakenteisissa kerrostaloissa on epävarmaa.

Jos kiinteistössä halutaan pysytellä tietyn tehorajan alla ja joustavaa kuormaa on paljon, voidaan pelkästään laitteiden välisen vuorottelun sijaan ohjata koko joustopotentialin alaista järjestelmää sähkökäyttöpaikan virranmittauksen perusteella siten, että pyritään optimoimaan liittymän sähkötehoa joillain reunaehdoilla.

Tehojen ohjaukseen liitetyt laitekuormia voivat olla esimerkiksi:

- **kiinteistökiuas**, joka on tyypillisesti suuritehoinen yksittäinen sähkölaite. Kiinteistökiukaan päälläollessa voidaan kiinteistön muita sähkökuormia hetkellisesti rajoittaa tai kytkeä pois päältä. Kiukaan päälläolotieto saadaan tyypillisesti kiukaalta tai sen ohjauskeskuksesta, mutta joissain tilanteissa myös keskukseen asennettavaa kiukaan syötön virtamuuntajamittaukseen voidaan hyödyntää. Toteutettava ohjaustapa ja mahdollinen kaapelointi päätetään sähkösuunnittelun ja laitevalinnan yhteydessä.
- **kiinteistön sulanapitokaapeloinnit** (ulkoalueet, katot, sadevesijärjestelmät, yms.) ovat usein suuritehoinen sähköjärjestelmän osa, jonka hetkellinen ohjaaminen pois päältä on mahdollista. Joustettavat sulanapitokaapeloinnit ja joustoaika tulee kuitenkin valita siten, ettei jäätymistä pääse missään tilanteessa tapahtumaan. Koska sulanapitokaapeleita on sekä itsesäätyviä että termostaattiohjattuja, on jousto-ohjauksissa huomioitava, että kaikki laitekuormat eivät välttämättä ole kaikilla ulkolämpötiloilla käytössä. Sulanapitokaapeleiden ohjaukset voidaan toteuttaa esimerkiksi katkaisemalla laitteiden syöttö kokonaan (kontaktoriohjaus) tai joidenkin sulanapitotermostaattien tapauksessa termostaattiin tuotavalla ohjaustiedolla (automaatio-ohjaus tai I/O - analogiohjaus).





- ***hajautetussa ilmanvaihdossa IV-koneiden lämmitysvastukset*** ovat suuritehoinen laiteryhmä, jolloin tietyissä tilanteissa niiden joustavuutta olisi hyvä pyrkiä hyödyntämään. IV-koneita ei voi välttämättä kokonaan sammuttaa, jolloin pitäisikin valita IV-koneet, joiden lämmitysvastuksia voidaan ohjata ulkoisella signaalilla hetkellisesti päälle/pois. Lisäksi koneille pitää suunnitella ohjauskaapelointi tai kaapelointivaraukset. Sähkövastuksia voidaan ohjata massana tai yksittäin/pienryhmissä, mutta ohjaustapa ja ryhmittely tulee valita tapauskohtaisesti ja joustotarpeen mukaan.
- ***sähköiset mukavuuslattialämmitykset*** ovat tyypillisesti melko pienitehoisia, mutta voivat kiinteistötasolla muodostaa suuren sähkötehon, jota voidaan harkita joustokuormaksi, jos mukavuuslattialämmitykset on syötetty kiinteistösähköstä. Mukavuuslattialämmitykset eivät joustokuormana juurikaan vaikuta sisäolosuhteisiin tai käyttäjien hyvinvointiin, jonka vuoksi niiden hyödyntäminen joustoissa on perusteltua. Jos mukavuuslattialämmityksiä aiotaan käyttää joustoissa, on kuitenkin hyvä sisällyttää suunnitteluun pohdinta kylpyhuoneiden lattiamateriaaleista ja käytettävästä mukavuuslattialämmitysratkaisusta. Sähköisten mukavuuslattialämmitysten syöttösähkön katkaiseminen on periaatteessa mahdollista, mutta sähköjen katkaisemista ei voi suositella, koska lattialämmitystermostaatit sisältävät nykyään aina jonkinlaista älyä,. Mukavuuslattialämmityksien ohjaus olisikin järkevintä toteuttaa erillisellä, termostaateille johdotetulla ohjaussignaalilla, jolla termostaatti suorittaisi esimerkiksi lämpötilanpudotustoiminnon.

## **2) Verkosta tai ulkoiselta toimijalta tuleva kysyntäjousto-ohjaus**

Tulevien vuosien aikana on odotettavissa, että sähköverkosta tai joltain ulkoiselta toimijalta aletaan välittää kiinteistöön kysyntäjousto-signaaleja, joilla voidaan nostaa tai pudottaa kiinteistön sähkötehoja. Se, miten jousto toteutetaan, miten se todennetaan tai millaista kompensatiota siitä asiakas saa, ei vielä tiedetä. Jos kiinteistöön kuitenkin toteutetaan sisäistä kysyntäjoustoja, on järkevää varautua siihen, että ohjattaviin kuormiin pääsee käsiksi myös keskitetysti jostain kohtaa järjestelmää - on se sitten automaatiojärjestelmän tai esim. pää/kiinteistökeskukselle keskitetyn ohjausjohdotuksen kautta. Lisäksi tällä hetkellä markkinoilla on jo toimijoita, ns. aggregaattoreita, jotka keräävät kiinteistöjen kysyntäjousto-kuormaa suuremmiksi massoiksi ja osallistuvat tehojoustolla Fingridin kysyntäjousto-markkinoille. Tyypillisiä joustokuormia ovat lämpöpumput tai lämminvesivaraajat, mutta toisaalta kiinteistön toimintaa ajatellen olisi aina järkevää tarjota aggregaattorille jotain suurempaa laitekokonaisuutta, kunhan aggregaattori pystyy jollain todentamaan ohjauksen vaikutuksen tehoihin. Todentaminen perustuu etäluettaviin mittareihin, joille on hyvä varata jonkin verran tilaa keskuksiin, elleivät kysyntäjousto-osallistuvat laitteet itsessään pysty reaaliaikaista sähkönkulutusdataa tallentamaan ja välittämään riittävällä tarkkuudella.

## **3) Varautuminen sähköautojen ja muiden kulkuneuvojen lataukseen sekä sähkövarastoihin**



Nykyinen lainsäädäntö (laki 733/2020) vaatii, että uusiin asuinrakennuksiin, joissa on yli neljä pysäköintipaikkaa, on asennettava latauspistevalmius siten, että jokaiseen pysäköintipaikkaan voidaan myöhemmin asentaa latauspiste. Tämä on tulkittu putkitusvarauksena, mutta todellisuudessa laajamittainen sähköautojen lataus vaatisi aina lataustehojen huomioinnin kiinteistön koko sähköjärjestelmän mitoituksessa ja suunnittelussa. Koska latauspisteiden tehoon varautuminen koetaan usein merkittävänä ylimääräisenä kustannuksena, on pelkän putkituksen lisäksi kuitenkin tärkeää miettiä, miten putkitusvaraukset tehdään siten, että latauspisteitä voidaan lisätä tarpeen mukaan niin, että koko latauspistejärjestelmän yhdistäminen kiinteistön sisäiseen ja ulkoiseen tehojenhallintaan on mahdollista. Keskenään latauspisteet tyypillisesti keskustelevat joko langallisen tai langattoman yhteyden välityksellä ja niiden tehonkäyttö yhtenä järjestelmänä on rajoitettavissa osana latausjärjestelmän toimintaa liittymän tai kiinteistökeskuksen virranmittaukseen perustuvalla ohjauksella.

Sähköautojen latauspisteiden lisäksi latauspisteiden toteuttaminen tai siihen varautuminen on järkevää tehdä myös sähköpyörille ja muille L2-luokan sähkökulkuneuvoille. Varautumisessa tulee huomioida, millaisia vaatimuksia lataustiloille asetetaan ja miten latausta mitataan ja halutaanko latauspaikkaa tai sen sisäistä tehonkäyttöä hallita. EU ehdottaa EPBD-direktiivin muutoksessa, että latauspisteitä tulotisiin tulevaisuudessa suunnittelemaan kaksi per asunto, jonka perusteella voidaan arvioida jollain tasolla sitä, miten kevyiden sähkökulkuneuvojen lisääntymistä on Euroopan tasolla arvioitu.

#### **4) Energiayhteisövalmius**

Kerrostalon energiayhteisö voi kevyimmillään tarkoittaa ratkaisua, jossa kiinteistökeskukseen kytkettyä aurinkosähkötuotantoa hyödynnetään asuntojen käyttöpaikoilla hyvityslaskentamallilla. Hyvityslaskenta on sähköverkkoyhtiöiden tarjoamaa virtuaalisesti tapahtuvaa mittarointia, jolla kiinteistön tuotantoa jaetaan osakkaille tyypillisesti vastikemaksujen suuruuden suhteen. Hyvityslaskenta ei siis perustu todelliseen tuotetun aurinkosähkön kulutukseen kiinteistön eri käyttöpaikoilla. Hyvityslaskennan etu kuitenkin on, että se ei vaadi uusia sähkömittareita energiayhteisön jäsenille.

Todelliseen, kerrostalon sisäiseen paikalliseen energiayhteisöön ja oikeaan tuotannon ja kulutuksen jakautumiseen kiinteistössä voidaan toteuttaa ainoastaan takamittaroinnilla, jolloin kiinteistö liittyy julkiseen jakeluverkkoon yhtenä käyttöpaikkana ja sen perässä oleva kulutus laskutetaan osakkailta jollain erillisellä palvelulla tai ratkaisulla taloyhtiön toimesta. Vaikka takamittarointi vaatii erillisen laskutuspalvelun käyttöpaikoille, säästää se kuitenkin osakkaiden kuluja, kun esimerkiksi julkisen jakeluverkon yksittäisiä sähkösopimuksia ei eri käyttöpaikoille hankita.

Takamittaroidussa energiayhteisössä oleellista on riittävän laaja mittarointi, tiedonsiirto ja sähkönkäytön ohjattavuus. Kiinteistön tehojen hallinnan tai siihen varautumisen lisäksi tulisikin paikallisen energiayhteisön toteuttamiseksi huolehtia siitä, että kiinteistön eri keskuksilla olisi mahdollisuus (tilat) takamittauksien asentamiseksi ja tiedonsiirtoyhteydet keskitetyn mitta- ja ohjausjärjestelmän toteuttamiseksi. Paikallisen energiayhteisön muodostavassa kerrostalossa kiinteistösähkön lisäksi olisi hyvä suunnitella myös mahdollisuuksia huoneistojen sisäiseen ja/tai väliseen tehojen hallintaan, kuten esimerkiksi huoneistokiukaan ja jonkin muun kiinteistön kuormituksen hetkelliseen vuorotteluun.