

Teemu Seppänen

# Energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähkösuunnitteluopas

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

31.7.2013

Tekijä Otsikko	Teemu Seppänen Energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähkösuunnitteluopas
Sivumäärä Aika	30 sivua 31.7.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	lehtori Jarno Nurmio
<p>Tässä insinööriyössä on perehdytty energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähkösuunnitteluun. Energiaomavaraisella kiinteistöllä tarkoitetaan tässä kiinteistöä, jota ei ole liitetty lainkaan valtakunnalliseen sähkönjakeluverkkoon, vaan kaikki kiinteistön tarvitsema sähkö- ja lämpöenergia tuotetaan paikallisesti käyttäen tuuliturbiinia ja aurinkopaneeleja. Koska tällaiset energiantuotantomuodot ovat riippuvaisia luonnonolosuhteiden hetkellisistä vaihteista, järjestelmään kuuluu myös suurikapasiteettinen akusto, johon pystyy varastoimaan sähköenergiaa.</p> <p>Koska konseptina tällainen asuinkiinteistö on Suomen leveysasteilla erittäin harvinainen, ei ole etukäteen varmaa, pystyykö energiaomavaraisuutta sähköntuotannon suhteen toteuttamaan. Tästä syystä jo suunnittelun alkuvaiheessa todettiin järkeväksi toteuttaa sähkösuunnitelma voimassaolevat sähköalan standardit täyttäen niin, että tarvittaessa kiinteistö on mahdollisimman pienin muutoksin liitettävissä sähkönjakeluverkkoon.</p> <p>Työssä on käsitelty ja toteutettu asuinkiinteistön perinteisen sähkösuunnittelun osuus sekä tehty tutkimustyötä liittyen energian paikalliseen tuottamiseen ja sen vaatimuksiin koskien kiinteistön sisäistä sähköverkkoa.</p> <p>Tämä raportti sisältää katsauksen pientalon sähkösuunnitelman sisältöön sekä suunnittelussa huomioon otettaviin asioihin ja paikalliseen sähköenergian pientuotantoon liittyviin asioihin.</p>	
Avainsanat	energiaomavarainen, omakotitalo, sähkösuunnittelu

Author Title	Teemu Seppänen Electrical Planning Guide for an Energy Self-Sufficient Residential Building
Number of Pages Date	30 pages 31 July 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarno Nurmio, Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to examine and carry out an electrical plan for an energy self-sufficient residential building. In this case, the energy self-sufficient building refers to a building that is not connected to the national power grid. Instead, all the electricity needed will be produced on site by using a wind turbine and solar panels. Because these electricity production methods are dependent on temporary changes in environmental conditions, the system also contains a high capacity battery system, which can be used to store electricity.</p> <p>Because the energy self-sufficient building is not common on the latitudes of Finland, the success of the concept is uncertain. Because of this, the electrical plan has been made to comply with all the current electrical standards so that the building can be connected to the local power grid by making as minor changes as possible.</p> <p>The thesis consists of a traditional electrical plan for a residential building as well as research concerning electricity production on site and its requirements on the electricity system of the building.</p> <p>This study covers the elements of the electrical plan for a residential building and what needs to be taken into account in it. Furthermore, the study presents points that need to be considered in a small scale on-site electricity production.</p> <p>This thesis has been made in cooperation with another electrical power engineering student, Riku Luoma, who has written his own study of this subject.</p>	
Keywords	energy self-sufficient, residential house, electrical planning

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Suunnittelukohteen esittely	2
3	Sähkösuunnittelun aloitus	4
3.1	Rakennushankkeen lähtötiedot	4
3.2	Sähköisten järjestelmien tarveselvitys	4
4	Sähkösuunnittelijan valinta	6
5	Sähkösuunnitelman kirjallinen sisältö	7
5.1	Dokumenttiluettelo	7
5.2	Sähkötyöselostus	7
5.3	Asemapiirustus	8
5.4	Asennuspiirustus	9
5.5	Sähköisten järjestelmien järjestelmäkohtaiset kaaviot	11
5.6	Maadoituskaavio	12
5.7	Sähkökeskuksen pääkaavio	13
5.8	Sähkökeskuksen piirikaavio	14
5.9	Sähkökeskuksen layout ja kojeluettelo	15
5.10	Valaisinluettelo	16
5.11	Muita sähkösuunnitelmaan liittyviä dokumentteja	17
6	Sähkösuunnittelua ohjaavia standardeja, määräyksiä ja ohjeita	18
6.1	Noudatettavia sähköasennusmääräyksiä ja standardeja	18
6.2	Vikavirtasuojaus	18
6.3	Sähköasennukset kosteissa ja märissä tiloissa	19
6.4	Sähköasennusten maadoittaminen	20
6.5	Pistorasioiden asentaminen	20
6.6	Sähköasennusten johdottaminen	20
7	Energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähkön tuotanto ja jakelu	21

7.1	Sähköntuotantojärjestelmän yleiskuvaus	21
7.2	Tuuliturbiini	22
7.3	Aurinkopaneelit	23
7.4	Akusto	24
7.5	Vaihtosuuntaajat	24
7.6	Sähköntuotantojärjestelmän ohjaus ja valvonta	25
7.7	Energiaomavaraisuusajatuksen vaikutus sähkösuunnitelmaan	25
7.8	Yhteensopivuus 3-vaiheisen sähköjakeluverkon kanssa	26
7.9	Sähköjakelun priorisointi	28
8	Yhteenveto	28
	Lähteet	30

## 1 Johdanto

Rakentamismääräykset energiatehokkuuden suhteen kiristyvät jatkuvasti ja nykyään kuuluu usein mainittavan sanan *nollaenergiatalo*, joka tarkoittaa, että talo tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa. Käytännössä nämä talot ovat kuitenkin aina kytketty paikalliseen sähkönjakeluverkkoon siltä varalta, että hetkellinen kulutus ylittää paikallisen tuotannon. *Nollaenergiatalo* määritellään siten, että sen nettoenergiatase vuositasona on nolla. Rakennus siis tuottaa yhden vuoden tarkastelujaksolla yhtä paljon energiaa kuin kuluttaa.

Tämä insinööri työ on tehty yksityiselle tilaajalle, joka aikoo viedä nollaenergiavaatimuksen vielä askelta pidemmälle. Kyseinen henkilö aikoo rakennuttaa itselleen ja perheelleen omakotitalon, jota ei liitetä lainkaan valtakunnalliseen sähkönjakeluverkkoon. Tässä talossa nollaenergiavaatimuksen pitää näin ollen toteutua jatkuvasti. Varsinkin nykyään, kun sähköisten laitteiden määrä jatkuvasti kasvaa, tämä on pienimuotoinen haaste, jonka tilaaja on valmis ottamaan. Suunniteltaessa kohteen sähköistystä joudutaan kiinnittämään huomiota sähkön kokonaiskulutukseen ja paljon tehoa kuluttavien laitteiden samanaikaiseen käyttöön. Eteen saattaa tulla myös tilanteita, että joudutaan asumaan hetkittäin normaalia askeettisemmissä olosuhteissa.

Työssä esitellään lähtökohdiltaan tavanomainen omakotikiinteistön sähkösuunnitelma ottaen huomioon vaatimukset ja näkökohdat, joita liittyy energiaomavaraisuuden tavoitteluun. Suunnitelmaa varten tehtiin myös tutkimustyötä liittyen paikan päällä tapahtuvaan sähköntuotantoon. Koska edellä kuvatun konseptin toimivuudesta ei voida olla täysin varmoja, sähkösuunnitelma on tehty siten, että sen mukaisesti toteutettuna kiinteistö on tarpeen vaatiessa mahdollisimman pienin muutoksin liitettävissä yleiseen sähkönjakeluverkkoon.

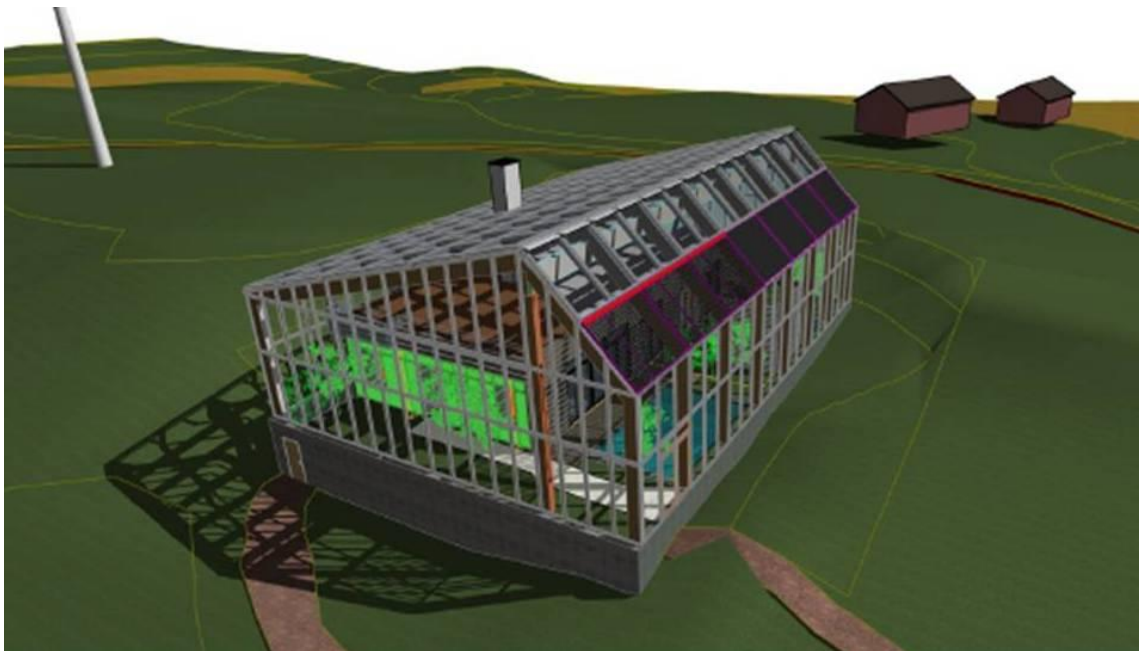
Raportissa on kaksi pääkohtaa, joista ensimmäisessä käydään läpi pientalon sähkösuunnitelman teoreettista puolta yleisesti ja suunnitelman dokumentointiin liittyviä asioita. Toisessa osassa keskitytään insinööri työkohteessa olennaiseen osaan eli paikalliseen sähkön pientuotantoon sekä energiaomavaraisuuteen ja miten nämä asiat on huomioitava sähkösuunnitelmaa tehtäessä.

Raportti toimii oppaana aloittelevalle sähkösuunnittelijalle sekä omakotirakentajalle, joka haluaa ymmärtää, mistä sähkösuunnitelma koostuu ja mitä asioita siinä on

otettava huomioon. Työ on tehty yhteistyössä toisen sähkövoimatekniikan opiskelijan, Riku Luoman kanssa. Hänen työssään on keskitytty talon sähkötekniseen varusteluun.

## 2 Suunnittelukohteen esittely

Kohde on asuinrakennuksen ja erillisen autotallin käsittävä kiinteistö, joka rakennetaan Porvooseen. Jotta edellytykset energiaomavaraisuuteen tähtäävälle sähköntuotannolle olisivat mahdollisimman hyvät, asuinrakennus rakennetaan mäen päälle, jonka korkein kohta on 60 metriä merenpinnan yläpuolella. Kyseiseen kohtaan on tarkoitus sijoittaa sähköä tuottava tuuliturbiini.



Kuva 1. Kuputalon havainnekuva, (kuva arkkitehtitoimisto ERAT Oy)

Asuinrakennuksen erikoisuus on sen ympärille rakennettava kasvihuonemainen kupu (kuva 1), jonka tarkoitus on toimia puskurivyöhykkeenä ja suojata taloa erityisesti talvisaikaan pahoilta pakkasilta. Tämän kuvun katolle sijoitetaan sekä aurinkokeräimiä vedenlämmitykseen että aurinkokennoja sähköntuotantoa varten.

Kuvun sisälle on lisäksi suunniteltu satojen kuutiometrien vesialtaita, joihin pystyy varastoimaan lämpöenergiaa. Massiivinen vesimäärä tasoittaa kuvun sisälämpötilaa niin talvella kuin kesälläkin. Sähköenergiaa varastoidaan isoon, noin 50 kWh:n akustoon. Tällä varmistetaan sähkön riittävyys niinä hetkinä, kun kulutus ylittää tuotannon.

Sekä rakennuksen että käyttöveden lämmitys hoidetaan osittain aurinkokeräimillä, tuuliturbiinin tuottamalla sähköllä ja puupolttoisella vesikiertoisella liedellä, joka tulee asunnon keittiöön.



Kuva 2. Kuputalon julkisivu, (kuva arkkitehtitoimisto ERAT Oy)

Kuputalon asuinosa on huomattavasti pienempi kuin koko kupu. Kuvun ja talon väliin jäävää tilaa (kuva 2) voidaan käyttää ympäri vuoden kuten pihaa Etelä-Euroopassa. Siellä voidaan oleskella kuumimpia ja kylmimpiä päiviä lukuun ottamatta, ja sitä voidaan käyttää erilaisten kasvien kasvattamiseen. Kuvun sisälämpötilaa ja kosteutta säädellään kuvussa olevilla tuuletusluukuilla. [1.]



### 3 Sähkösuunnittelun aloitus

#### 3.1 Rakennushankkeen lähtötiedot

Pientalon rakennushankkeen lähtökohtana on yksittäisen ihmisen tai perheen tilantarve. Käyttäjän toive on, että rakennus tarjoaa hyvän toimintaympäristön, joka tukee käyttäjän omia päämääriä. [2, s. 30.]

Pientalon sähkösuunnitelma lähtee yleensä siitä, että tilaajalla on jo olemassa tontti, arkkitehtipohjat ja rakennetiedot tulevasta rakennuksesta. Myös talon lämmitysmuoto on hyvä olla ainakin alustavasti mietitty jo tässä vaiheessa, jotta sähkösuunnittelija tietää varautua sähkötekniisiin mitoituksiin. Suoralla sähkölämmityksellä varustettu talo kuluttaa sähköenergiaa huomattavasti enemmän kuin maalämpöjärjestelmällä varustettu talo. Kun iso tontti on kyseessä, hyvä on myös pohtia, tuleeko tontille useita rakennuksia, joiden välille on tarkoitus vetää vesiputkia ja sähkö- tai tietoliikennekaapeleita.

Kun yllämainitut pääkohdat on käsitelty, kannattaa alkaa pohtia taloon tarvittavia sähkö- ja tietoteknisiä järjestelmiä. Koska kiinteistöt ovat pitkävaikutteisia hyödykkeitä, joiden tulee palvella käyttäjiänsä koko elinkaarensa ajan, ja ne ovat yleensä yksittäisten ihmisten tai perheiden elämän suurin taloudellinen investointi, suunnitteluun on syytä keskittyä huolella. [2, s. 14.]

#### 3.2 Sähköisten järjestelmien tarveselvitys

Lähtötietojen jälkeen kannattaa alkaa suunnitella ja kirjata muistiin, mitä sähköisiä ja tietoteknisiä järjestelmiä taloon halutaan ja tarvitaan. Normaalin sähkökalustuksen, kuten pistorasioiden, valaistuksen ja laitteiden sähköistyksen lisäksi kannattaa pohtia ainakin seuraavia asioita, kuten

- taloautomaatio
- tietoliikennekaapelointi
- murtohälytysjärjestelmä

- palovaroitinjärjestelmä
- LVI-laitteet ja järjestelmät
- piha-alueen ja piharakennusten sähköistys ja valaistus
- varavoimajärjestelmä
- AV-järjestelmä
- kameravalvonta
- ukkossuojausjärjestelmä.

Näistä taloautomaatiojärjestelmä voi sisältää esimerkiksi rakennuksen lämmityksen, ilmanvaihdon, valaistuksen tai sähkölaitteiden tai pisteiden, kuten vaikkapa autolämmityspistorasian ohjausta. Järjestelmään voi kuulua myös kotona-poissa-kytkin, jolla asunnosta poistuttaessa voidaan kytkeä joitakin sähkölaiteryhmiä kokonaan pois päältä tai vaikkapa laskea asunnon lämpötilaa. Varavoimajärjestelmään liittyen voidaan pohtia, kannattaako kiinteistön sähköpääkeskukseen asentaa varaus aggregaatin liittämiseksi mahdollisia pitkäkestoisia sähkökatkoja ajatellen. Piha-alueen sähköistystä kannattaa pohtia ainakin sen verran, että osataan sanoa mahdollisten sähköpisteiden tai valaisinten sijainnit. Kun rakennusurakoitsija on tontilla kaivurillaan, samalla on helppo vetää kaapeloinnit valmiiksi.

Joidenkin mainittujen järjestelmien tarve riippuu rakentajan mukavuuden- ja turvallisuudenhalusta, mutta osa järjestelmistä on viranomaissäädösten nojalla pakollisia. Tällaisia ovat pientalokiinteistössä tietoliikennekaapelointijärjestelmä ja palovaroitinjärjestelmä. Jokaiseen nykyään rakennettavaan vakituiseen asumiseen tarkoitettuun kiinteistöön on asennettava kotijakamo ja huoneiston jokaiseen asuinhuoneeseen on asennettava vähintään yksi kaksiosainen tietoliikennepistorasia, jotka yhdistetään kotijakamoon tähtimäisesti käyttäen kategoria 6 -luokan tietoliikennekaapelia [3, s. 3].

Toinen velvoittava määräys koskee palovaroittimia. Rakentamismääräysten mukaan jokaiseen sähköverkkoon kytkettävään uutena rakennettavaan asuinkiinteistöön pitää asentaa sähköverkkoon kytketty palovaroitinjärjestelmä, jonka toiminta on varmistettu paristolla tai akulla. Tällainen järjestelmä voi tarkoittaa yksittäisiä paristovarmennettuja palovaroittimia tai keskitettyä palovaroitinjärjestelmää, jossa varoittimilla on yhteinen ohjauskeskus esimerkiksi asuinkiinteistön teknisessä tilassa. Palovaroitinjärjestelmä voidaan liittää myös osaksi taloautomaatio- tai murtohälytysjärjestelmää. [4, s. 34].

Näiden asioiden lisäksi kannattaa pohtia myös asunnon sähkökalusteiden ja huonekalujen sijoittelua, jotka saattavat vaikuttaa pistorasioiden ja valokatkaisijoiden sijoitteluun.

Yllä mainittujen asioiden pohdinta heijastuu ennen kaikkea nykyisen tilanteen vaatimuksiin, mutta myös tulevaisuutta kannattaa ajatella. Vaikka jotain järjestelmää tai niiden osaa ei nykyisin tarvittaisikaan, näille kuitenkin kannattaa tehdä varaus suunnitelmaan. Nämä varaukset tarkoittavat esimerkiksi tyhjiä varaputkituksia ja kaapelireittejä talon rakenteisiin tai jopa valmiiksi vedettyjä ja kytkemättä jätettyjä kaapeleita. Rakentamisvaiheessa tällaiset varaukset ovat helppoja ja edullisia tehdä. Valmiiseen rakennukseen laajennusten tekeminen sen sijaan on vaikeaa ja aikaa vievää, kun rakenteita joudutaan avaamaan. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää pinta-asennusta, joka kuitenkin asuinhuoneistossa on esteettisesti hieman kyseenalainen vaihtoehto.

#### **4 Sähkösuunnittelijan valinta**

Kun omat talon sähköistykseen liittyvät tarpeet on kartoitettu, on aika palkata sähkösuunnittelija. Suunnittelijan kanssa käydään rakennus läpi tila kerrallaan. Hänelle annetaan tiedoksi kiinteistöä koskevat rakenteelliset tiedot, arkkitehtipiirustukset ja kalustesijoittelu. Mikäli tilaaja on tehnyt esimerkiksi pihasuunnitelmaa tai huonekalusijoittelua, näistäkin suunnitelmista on suotavaa antaa kopiot sähkösuunnittelijalle. Näiden lisäksi kannattaa ottaa esille muutkin tarpeet ja toiveet, joita tilaajalla on.

Kun lähtötiedot, tarpeet ja toiveet on hyvin kartoitettu, sähkösuunnittelijan on helppo tehdä lopullinen sähkösuunnitelma, jonka perusteella rakentaja tietää, millaisia järjestelmiä taloon ollaan rakentamassa. Hyvin tehdyllä suunnitelmalla on myös helppo pyytää ja vertailla urakkatarjouksia [5, s. 7].

Hyvin tehdyn ja mahdollisimman kattavan sähkösuunnitelman etu on myös siinä, että sitä tarvitsee täydentää työmaalla vähemmän kuin huolimattomasti tehtyä. Myös epäselvyyksien sekä virhemahdollisuuksien määrä ja näiden selvittämiseen kuluva aika urakointivaiheessa vähenee.

## 5 Sähkösuunnitelman kirjallinen sisältö

### 5.1 Dokumenttiluettelo

Sähkösuunnitelman dokumentointia aloittaessa kannattaa ensimmäisenä luoda dokumenttiluettelo. Piirustusluetteloksikin kutsuttu asiakirja sisältää luettelon sähkösuunnitelmaan kuuluvista dokumenteista. Yleisesti ottaen kuitenkin on hyvä puhua dokumenttiluettelosta, sillä luettelo sisältää piirustusmuotoisten dokumenttien lisäksi usein myös tekstimuotoisia dokumentteja, kuten sähkötyöselostuksen, valaisinluettelon ja lämmityslaiteluettelon.

Dokumenttiluettelo on syytä tehdä ensimmäisenä siitä syystä, että sen koostamalla pystyy melko nopeasti hahmottamaan, mitä dokumentteja kyseinen suunnittelukohde vaatii. Dokumenttiluettelossa on hyvä olla projektin yksilöintitiedot, kuten kohteen ja suunnittelijan tiedot sekä työnnumero. Varsinaiseen luettelo-osuuteen kannattaa listata dokumentin numero, tiedostonimi, luontipäivämäärä sekä mittakaava tai sivumäärä. Suotavaa on myös mainita, millä sovelluksella mikäkin dokumentti on tehty. Luetteloon kannattaa varata sarake myös muutostunnuksille ja muutospäivämäärille. Muutostunnuksia käytetään erityisesti suurissa kohteissa, joissa lähetetään suunnittelun aikana piirustuksia muille kohteen toteutukseen osallistuville osapuolille.

### 5.2 Sähkötyöselostus

Sähkötyöselostus, sähköselostus ja sähköselitys ovat kaikki yksi ja sama dokumentti, jolla on monta nimeä. Se on kirjallinen tekninen dokumentti, joka täydentää muita laadittuja dokumentteja. Sähkötyöselostuksessa suunnittelija kertoo kohteesta sekä siihen suunnittelemistaan sähkö- ja tietoverkkojärjestelmistä. Sähkötyöselostus on suunnittelijan kirjoittama ohje sähköurakoitsijaa varten. Selostus sisältää esimerkiksi seuraavat tiedot:

- kohteen yleistiedot
- projektiin osallistuvat tahot
- yleisohjeet
- kohteen yleiset asennusohjeet

- laadunvarmistukseen, luovutukseen ja käyttöönottoon liittyvät asiat
- järjestelmäkohtaiset ohjeet.

Selostuksen alkuun on hyvä laittaa kohteen tiedot sekä lyhyt kuvaus kohteesta. Näitä seuraavat projektin muiden osapuolien kuten rakennuttajan ja eri suunnittelualojen edustajien yhteystiedot. Yleisohjeisiin kirjataan ehdot ja vaatimukset, joiden mukaan urakka on toteutettava. Näitä ovat esimerkiksi sopimusehdot, urakkaan sisältyvät asiat sekä se, minkä ohjeiden, määräysten tai standardien mukaan työ on toteutettava [6, s. 4].

Kohteen yleisiin asennusohjeisiin kirjataan pääkohdat, joiden mukaisesti asennustyö on toteutettava. Tähän kohtaan kuuluvat esimerkiksi johdotustapojen määrittely sekä pistorasioiden, katkaisijoiden ja muiden kojeiden sijoittelu. Laadunvarmistukseen, luovutukseen sekä käyttöönottoon liittyen kirjataan takuuehdot, asennukselle tehtävät laakisäätteiset tarkastukset ja mahdollinen urakoitsijan käyttäjälle antama käytönopastus talon sähköjärjestelmien käyttöön.

Järjestelmäkohtaisissa ohjeissa suunnittelija kertoo omin sanoin suunnitteludokumenttien sisällöstä ja taloon suunnittelemistaan järjestelmistä. Sähkötyöselostus suositetaan kirjoitettavaksi S2010-sähkönimikkeistön ja Talo 2000 -nimikkeistön mukaisin otsikoinnin, jotka löytyvät esimerkiksi ST-kortistosta. [7.]

### 5.3 Asemapiirustus

Asemapiirustus (kuva 3, ks. seur. s.) on tontista rakennuksineen piirretty kuva. Asemapiirustus pohjan tekee arkkitehti tai rakennussuunnittelija. Sähkösuunnittelija piirtää asemapiirustukseen ainakin seuraavat asiat:

- sähkökeskusten sijainnit
- maadoituselektrodin sijainti
- maa- ja ilmakaapelien asennusreitit
- telejärjestelmien jakamoiden sijainnit
- ulos asennettavien sähkölaitteiden sijainnit ja kaapeloinnit.

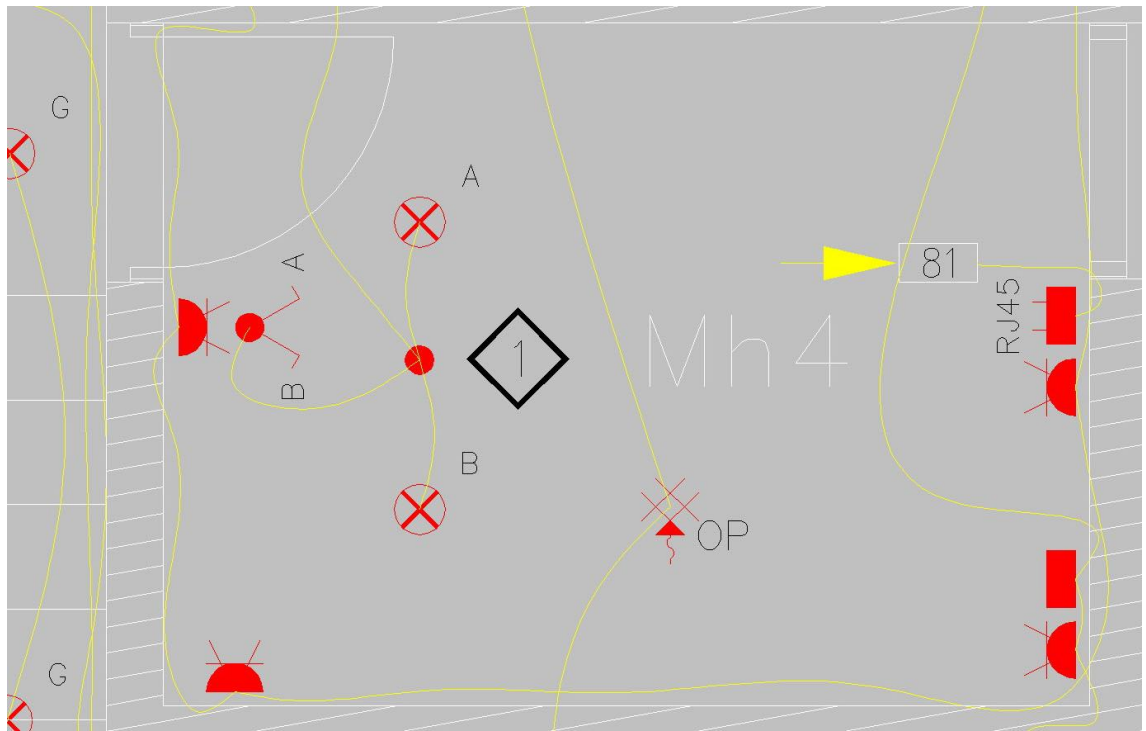


Kuva 3. Osasuurennos kohteen asemapiirustuksesta

Asemapiirustus esitetään yleensä mittakaavassa 1:200 tai 1:500 riippuen hieman esitettävän alueen koosta. Mikäli kohteesta tarvitaan tarkkoja tietoja, erityisesti maakaapelit tulee merkitä sellaisista kiintopisteistä, joiden voidaan olettaa säilyvän koko rakennuksen eliniän ajan [8].

#### 5.4 Asennuspiirustus

Asennuspiirustukset eli tasopiirustukset (kuva 4, ks. seur. s.) laaditaan erikseen jokaisen taloon kuuluvan rakennuksen kaikista kerroksista arkkitehdin tai rakennussuunnittelijan piirtämille pohjille. Asennuspiirustuksiin merkitään sähköpisteiden sijainnit sekä näiden johdotukset ryhmämerkintöineen ja mahdollisine putkituksineen tai kaapelireitteineen. Uppoasennettavat kaapelit piirretään kaarevina ja pinta-asennettavat kaapelit suorina viivoina. Tasopiirustuksiin piirretään myös tietoteknisten järjestelmien, kuten atk- ja antennirasioiden sekä paloilmalaitteiden sijainti, mutta ei välttämättä näiden johdotuksia. Mikäli tietoteknisille järjestelmille ei piirretä johdotuksia, ne esitetään erillisissä järjestelmäkohtaisissa kaavioissa. Asennuspiirustuksissa yleisimmin käytetty mittakaava on 1:50. [8.]



Kuva 4. Osasuurennos kohteen tasopiirustuksesta; kuvassa näkyvät kaikki kyseiseen huoneeseen asennettavat järjestelmät

Eri järjestelmistä, kuten laitteiden sähköistyksistä, valaistuksesta, yleiskaapeloinnista ja palovaroitinjärjestelmästä voidaan piirtää omat kuvansa. CAD-ohjelmilla piirtäessä kuitenkin on suositeltavaa piirtää kaikki järjestelmät samaan kuvaan ja asettaa kunkin järjestelmän komponentit omille piirtotasoilleen. Tavallisesti käytetään S2010-sähkönimikkeistön mukaisesti järjestelmäkohtaisesti asiakokonaisuuksiin jaettuina tasoina, joissa kojeet, kaapeloinnit ja selitetekstit ovat omilla tasoillaan. Näin tehtynä (kuva 5, ks. seur. s.) piirustusten tulostamista ajatellen on mahdollisuus esittää halutut kokonaisuudet yhdistämällä eri piirtotasoina [9, s. 4].

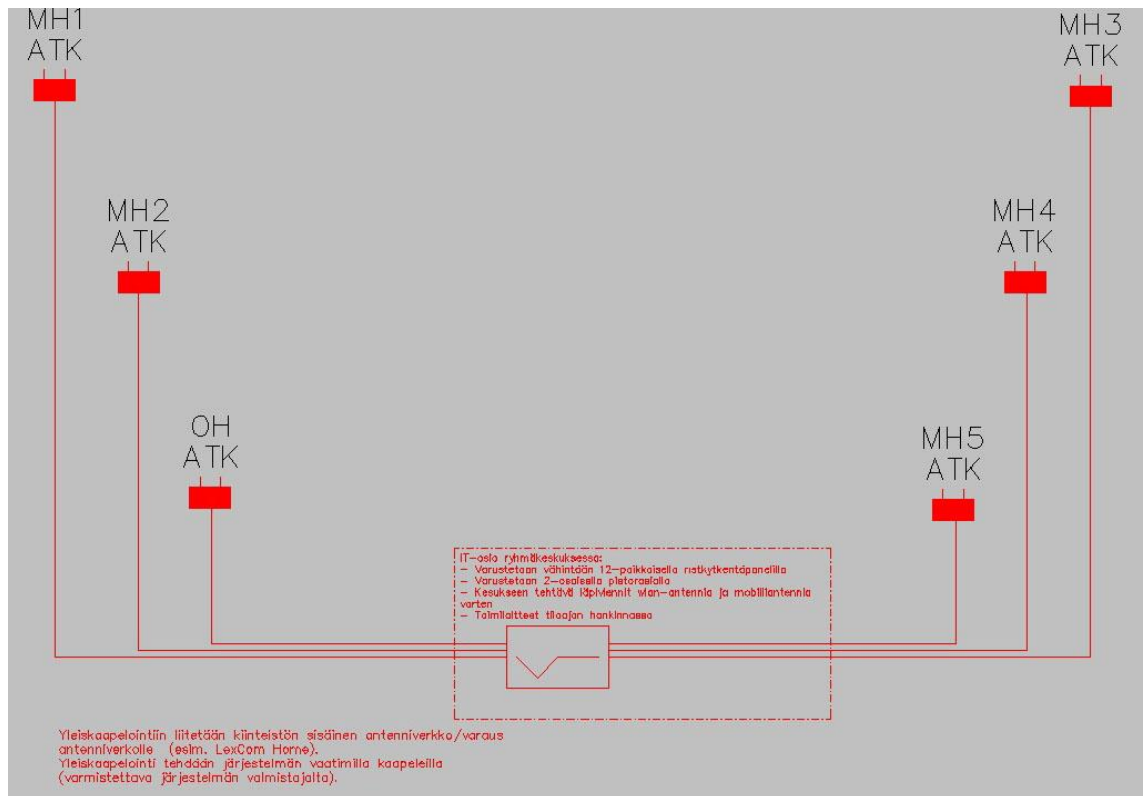


Kuva 5. Osasuurennos kohteen tasopiirustuksesta; kuvaan on jätetty vain huoneeseen asennettavien pistorasioiden sijainnit johdotuksineen, ja muut tasot on piilotettu näkyvistä

### 5.5 Sähköisten järjestelmien järjestelmäkohtaiset kaaviot

Mikäli tele-, turva- ja automaatiojärjestelmistä piirretään tasopiirustuksiin vain rasiamerkinnet, tehdään niistä erilliset järjestelmäkohtaiset kaaviot. Kaavioissa (kuva 6, ks. seur. s.) esitetään, miten järjestelmien eri kojeet ja laitteet yhdistyvät toisiinsa. Pienissä kohteissa riittää, kun järjestelmän jakamo asetellaan keskelle kuvaa, piirretään rasiamerkit sen ympärille ja yhdistetään rasiat jakamoon johdottamalla. Rasioiden viereen kannattaa kirjoittaa, missä kyseinen rasia sijaitsee. Isoissa ja varsinkin monikerroksisissa kohteissa voidaan johtokaavio piirtää kohteen kerrokset esittävän läpileikkauskuvan päälle ja pyritään asettelemaan rasiat vastaamaan asennuspaikkaa.



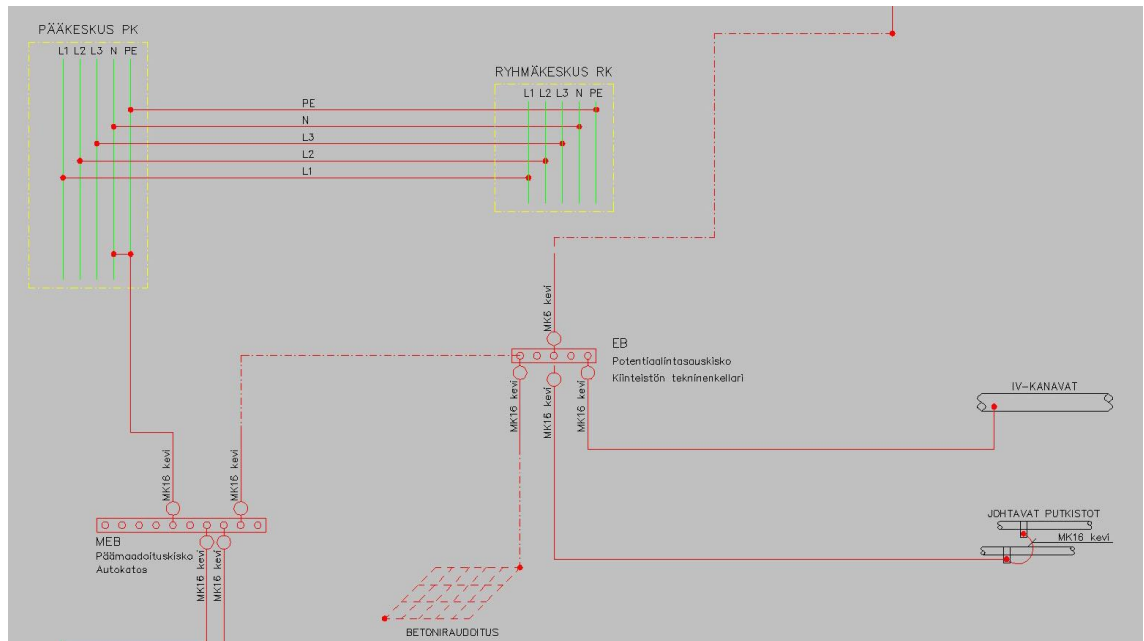


Kuva 6. Osasuurennos kohteen yleiskaapelointikaaviosta, jossa näkyvät huoneiston atk-rasiat ja tekniseen tilaan tuleva kotijakamo

Johtokaaviossa voidaan myös lyhyesti ja selkeästi kertoa tietoja verkon rakenteesta, kuten käytettävistä kaapeli- ja laitetyypeistä tai verkon komponenttien ominaisuusvaatimuksista. Siihen voidaan myös kirjata laiteluettelo, josta ilmenee tarvittavien kojeiden määrä.

## 5.6 Maadoituskaavio

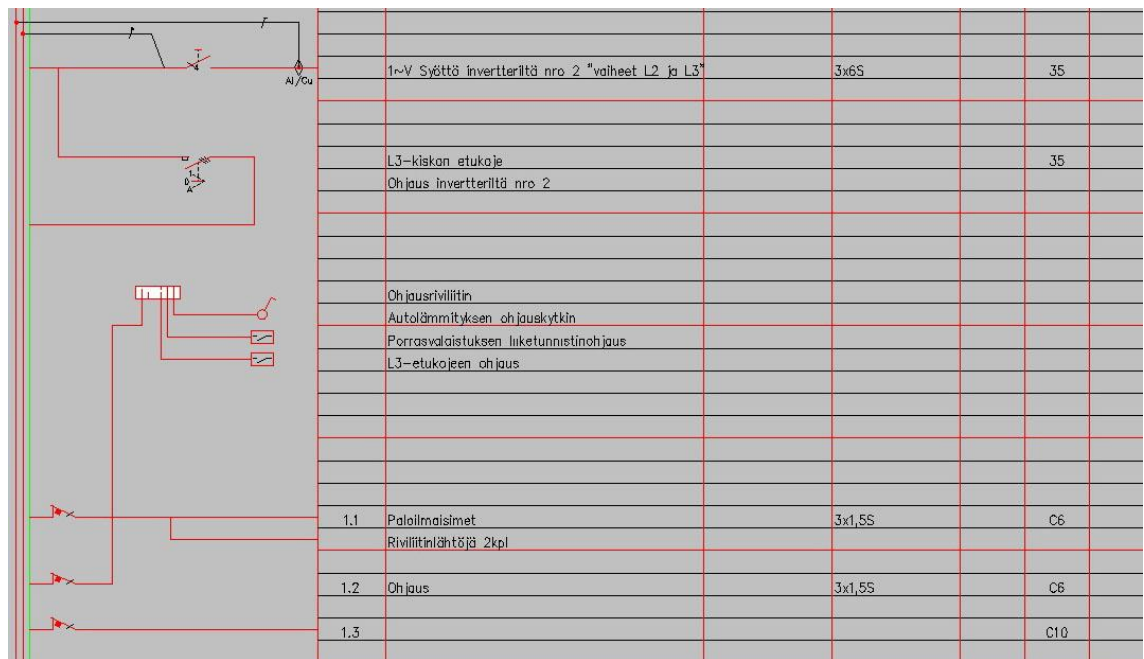
Maadoituskaaviossa (kuva 7, ks. seur. s.) esitetään, mitä järjestelmiä talossa maadoitetaan ja miten ne kytkeytyvät toisiinsa. Kuvaan piirretään esimerkiksi maadoituselektrodi, sähkökeskusten suojakiskot, päämaadoitus- ja potentiaalintasauskiskot sekä muut maadoitukseen ja potentiaalintasaukseen liitettävät osat, kuten betonirauditus, kaapelihyllyt, IV-kojeet ja telalaitteiden maadoitukset. Lisäksi piirretään näitä yhdistävät johtimet tyyppineen.



Kuva 7. Osasuurennoksen kohteen maadoituskaaviokuva, jossa näkyvät maadoitusjärjestelmään kytkettävät rakenteet ja kojeet käytettävine kaapelityypeineen

## 5.7 Sähkökeskuksen pääkaavio

Keskuksen pääkaavio tai keskuskaavio (kuva 8, ks. seur. s.) on ruotokuva, josta käyvät ilmi keskuksen tulevat ja siitä lähtevät kaapeloinnit. Keskuskaavio on tärkeä dokumentti, sillä siitä voidaan nopeasti tarkistaa keskuksen liitetyt kuormitukset ja näiden jaottelut sähköverkon vaiheiden välillä. Kuormitusten tasainen jaottelu vaiheiden välillä on tärkeää, jotta vältetään pääsulakkeiden palamiselta ja epätasaisen kuormituksen aiheuttamalta vinokuormalta.



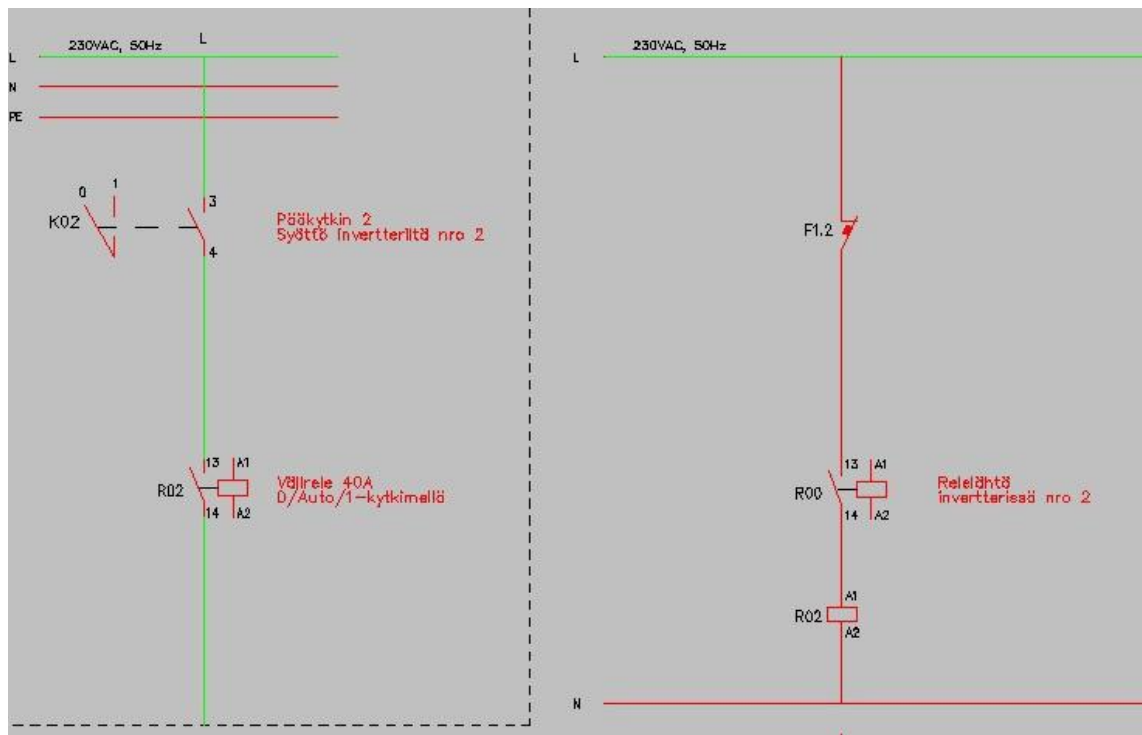
Kuva 8. Osasuurennos kohteen sähkökeskuksen pääkaaviosta

Pääkaaviosta käyvät ilmi seuraavat asiat:

- tulot ja lähdöt kaapelityypeineen
- keskuksessa olevat komponentit
- ryhmänumeroinnit sekä nimet
- laiteryhmiä tehotiedot
- suojalaitteen koko ja tyyppi.

## 5.8 Sähkökeskuksen piirikaavio

Sähkökeskuksessa voi olla ohjattuja ryhmälähtöjä, kuten kello- tai hämäräkytkinohjauksia. Käytössä saattaa olla aikasähkötyyppinen sähkösojimus, jolloin käytetään eri tariffeja päivä- ja yö sähkölle. Näihin toimintoihin liittyvistä kojeista on syytä piirtää piirikaavio (kuva 9, ks. seur. s.) Sen avulla vianhaku ja säätötoimenpiteet ovat helppoja suorittaa.



Kuva 9. Sähkökeskuksen piirikaavio; vasemmalla päävirtapiiri ja oikealla tätä ohjaava ohjausvirtapiiri

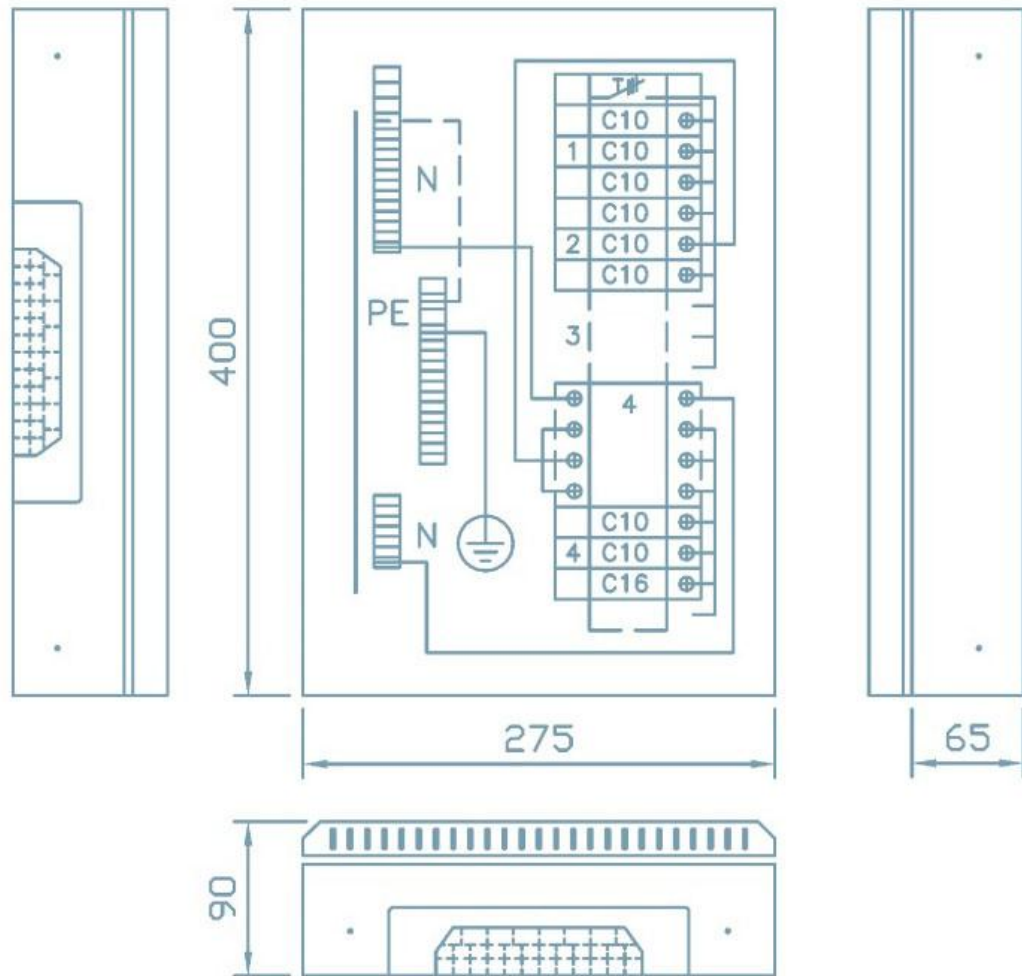
Piirikaaviosta käyvät ilmi:

- ohjauskytkentöjen toteutus
- piireissä käytetyt komponentit
- liitinnumeroinnit
- laitetunnukset
- ohjauskomponenttien sijainti, mikäli ne sijaitsevat keskuksen ulkopuolella.

## 5.9 Sähkökeskuksen layout ja kojeluettelo

*Keskuslayoutin* eli keskuksen naamakuvan (kuva 10, ks. seur. s.) ja kojeluettelon toimittaa keskusvalmistaja. Dokumenteista käyvät ilmi seuraavat asiat:

- keskuksen fyysiset mitat mittakaavassa
- komponenttien fyysinen sijoittelu ja komponenttitunnukset
- pääkiskotasoiset johdotukset
- kojeiden valmistaja, tyyppi ja ominaisuudet.



Kuva 10. *Keskuslayout*, josta ilmenevät keskuksen fyysiset mitat ja sen sisältämät kojeet, (kuva Ensto Oy)

### 5.10 Valaisinluettelo

Valaisinluettelo sisältää tiedot suunnittelijan kohteeseen suunnittelemista kiinteästi asennettavista valaisimista. Näitä ovat esimerkiksi WC- ja kylpyhuonetilojen valaisimet, ulkovalaisimet ja keittiön työtasojen valaisimet. Ripustettavat valaisimetkin voidaan listata, mikäli tilaaja haluaa sisällyttää niiden hankinnan urakkaan.

Valaisinluetteloon suositellaan kirjattavaksi vähintään seuraavat asiat:

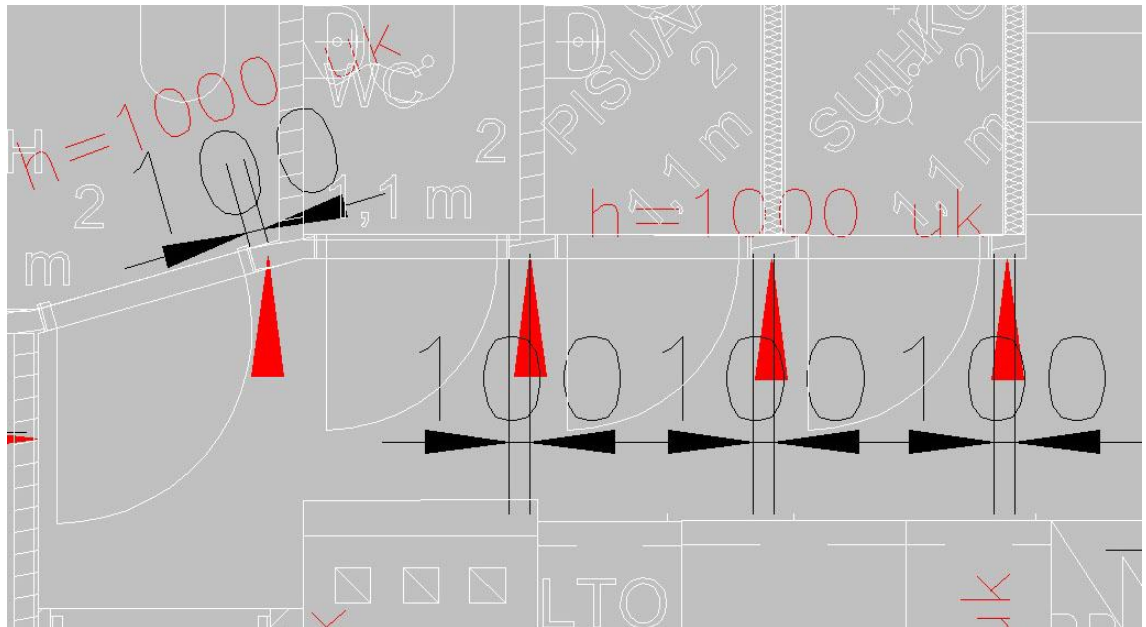
- valaisimen valmistaja ja tarkka malli
- sähkönumero

- teho
- valonlähde
- asennustapa
- sijaintipaikka
- lukumäärä
- positionumero, joka vastaa tasopiirustuksiin merkittyä valaisinpositiota.

Mikäli valaisimista on saatavilla valmistajan julkaisemat tuotekortit, ne voidaan liittää valaisinluettelon jatkoksi ja tehdä luettelosta ns. valaisinkirja.

### 5.11 Muita sähkösuunnitelmaan liittyviä dokumentteja

Sähkösuunnitelmaan saattaa kuulua muitakin dokumentteja ylläesiteltyjen lisäksi kohteesta ja sen laajuudesta riippuen. Nämä ovat esimerkiksi laiteluetteloita tai erillisiä piirustuksia yksittäisistä järjestelmistä.



Kuva 11. Hirsitoimittajaa varten piirretty reikäpiirustus johtoreittien poraamista varten; referenssipiste otetaan esimerkiksi hirren päästä tai oviaukon reunasta

Kohteesta riippuen suunnittelija saattaa joutua tekemään myös ns. reikäpiirustuksen, mikäli kyseessä on elementtitalo. Reikäpiirustusten piirustuskäytännöt vaihtelevat, ja ne on syytä tarkistaa kulloiseltakin elementtivalmistajalta.

Insinööriyökohde on hirsirakenteinen talo, jonka hirsielementtejä varten tehtiin sähköpisteiden sijoitusten pohjalta reikäpiirustus (kuva 11, ks. ed. s.) Hirsiseinissä kaapelirei-  
tit porataan yleensä pystysuunnassa seinän sisään. Nämä reiät porataan talotehtaalla ja sivuttaissuuntaiset reiät sähkökojeille tehdään työmaalla työn kuluessa.

## **6 Sähkösuunnittelua ohjaavia standardeja, määräyksiä ja ohjeita**

### **6.1 Noudatettavia sähköasennusmääräyksiä ja standardeja**

Rakennuksen sähkösuunnittelua tehtäessä on ensiarvoisen tärkeää, että suunnittelija tuntee voimassaolevat standardit ja määräykset, joiden mukaan rakennuksen sähköis-  
tys pitää toteuttaa. Virheitä sattuu ja kokenut urakoitsija voi hyvinkin huomata suunnitelmassa olevan määräysten vastaisen kohdan. Mikäli näin kuitenkin ei käy, vaan asennus toteutetaan suunnitelman mukaan, virheen paljastuttua ei ole muuta mahdolli-  
suutta kuin korjata asennus määräysten mukaiseksi. Tämä vie aikaa ja saattaa aiheut-  
taa lisäkuluja.

Sähkösuunnittelijalle hyviä oppaita ovat esimerkiksi seuraavat:

- SFS-käsikirja 600-1, Osa 1, SFS6000: Pienjännitesähköasennukset
- D1-2012, Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, STUL ry
- Sähköasennukset-kirjasarja (neljä osaa), STUL ry
- ST-kortisto, Sähköinfo Oy.

Luvuissa 6.2 - 6.6 on käsitelty muutamia huomionarvoisia määräyksiä pientalon sähkö-  
järjestelmiin liittyen.

### **6.2 Vikavirtasuojaus**

Uusimman, vuonna 2012 ilmestyneen SFS6000-standardin mukaan vikavirtasuojien  
käyttövaatimusta on tiukennettu. Sisätiloissa vikavirtasuoja pitää asentaa suojaamaan  
mitoitusvirraltaan enintään 20 A:n tavanomaisia maallikon käyttöön tarkoitettuja pisto-  
rasioita. Tämä käytännössä kattaa yleisesti kaikki kotitaloudesta löytyvät pistorasiat,  
sillä normaalin kotitalouskäyttöön tarkoitettujen pistorasian suurin mitoitusvirta on 16 A.

Ulkotiloissa vikavirtasuojauksia on käytettävä suojaamaan korkeintaan 32 A:n pistorasiaa tai siirrettävää tai kädessä pidettävää laitetta.

Vikavirtasuojausvaatimus ei koske valaisinpistorasioita paitsi, jos nämä syöttävät kädessä pidettäviä laitteita tai sijaitsevat alueilla, joille on annettu lisävaatimuksia. Vikavirtasuojaus voidaan jättää pois pistorasioista, jotka syöttävät erikseen määriteltyä laitetta, kuten jääkaappia. Tällöin käytettävä pistorasia on sijoitettava siten, ettei siihen ole mahdollista liittää mitään tahansa laitetta. Pistorasia on myös varustettava lisätekstillä, esimerkiksi *vain kylmälaitteille*.

Sauna- ja suihkutilat asettavat lisävaatimuksia vikavirtasuojauksen käytölle. Kylpyammeen tai suihkun sisältävissä tiloissa kaikki piirit, myös valaisimet on suojattava vikavirtasuojaa käyttäen, paitsi jos näissä käytetään suojausmenetelmänä sähköistä erotusta. Vikavirtasuojaa ei tarvitse käyttää, mikäli käytetään pienoisjännitteisiä SELV- tai PELV-järjestelmiä, joiden mitoitusjännite saa kylpytiloissa olla enintään 12 V vaihtojännitettä tai 30 V tasajännitettä. Saunatiloissa ryhmät sähkökiukaan syöttöä lukuun ottamatta pitää suojata vikavirtasuojilla. Tämä koskee myös esimerkiksi saunan lauteiden alle sijoitettua lämminvesivaraajaa. [10, s. 115, 377, 398.]

### 6.3 Sähköasennukset kosteissa ja märissä tiloissa

Kosteiden ja märkien tilojen asennuksissa pitää varmistaa, että asennettavien kalusteiden kotelointi täyttää annetut vaatimukset. Esimerkiksi kylpyhuone on jaettu kolmeen eri alueeseen sen mukaan, mihin kohtaan sähkökalusteita aiotaan asentaa. Alue 0 käsittää kylpyammeen tai suihkualtaan sisäpuolisen tilan, johon asennettavien kalusteiden pitää täyttää vähintään IPX7-luokitus. Tämä tarkoittaa, että kalusteen pitää kestää hetkellinen upotus veteen. Alue 1 rajoittuu kylpyammeen tai suihkualtaan reunoihin tai 120 cm:n etäisyydelle vesipisteestä, mikäli tilassa on suihku ilman allasta. Alueelle 1 asennettavien sähkökalusteiden pitää täyttää vähintään IPX4-luokitus, joka tarkoittaa, että kaluste on roiskevesisuojattu. Alue 2 rajautuu alueen 1 ulkorajalta 60 cm:n etäisyydelle. Alueella kaksi on sähkökalusteiden luokitusvaatimus IPX4. [10, s. 591.]



#### 6.4 Sähköasennusten maadoittaminen

Jokaiseen sähköliittymään, jonka syötössä on käytössä PEN-johdin, pitää rakentaa maadoitusjärjestelmä, joka sisältää maadoituselektrodin. Maadoitusjärjestelmään kytetään myös kiinteistössä olevat jännitteelle alttiit johtavat osat, kuten LVI-putket ja kanavat sekä tietoverkkojärjestelmien maadoitukset. [10, s. 319.]

#### 6.5 Pistorasioiden asentaminen

Pistorasioina käytetään lähtökohtaisesti I-luokan suojakoskettimilla varustettuja rasioita. Näiden lisäksi voidaan asentaa myös II-luokan pistorasioita eli ns. europistorasioita. Näille rasioille kuitenkin on tuotava myös suojajohdin ja samassa pistorasiakeskityksessä on oltava myös maadoitettuja pistorasioita. 0-luokan pistorasioita saa uudisasennuksissa käyttää vain, jos niitä syötetään suojaerotusmuuntajalla. Asennettavissa pistorasioissa pitää olla turvasulut mikäli ne asennetaan paikkoihin, joihin alle kouluikäiset lapset ylettyvät ja pääsevät [10, s. 599].

#### 6.6 Sähköasennusten johdottaminen

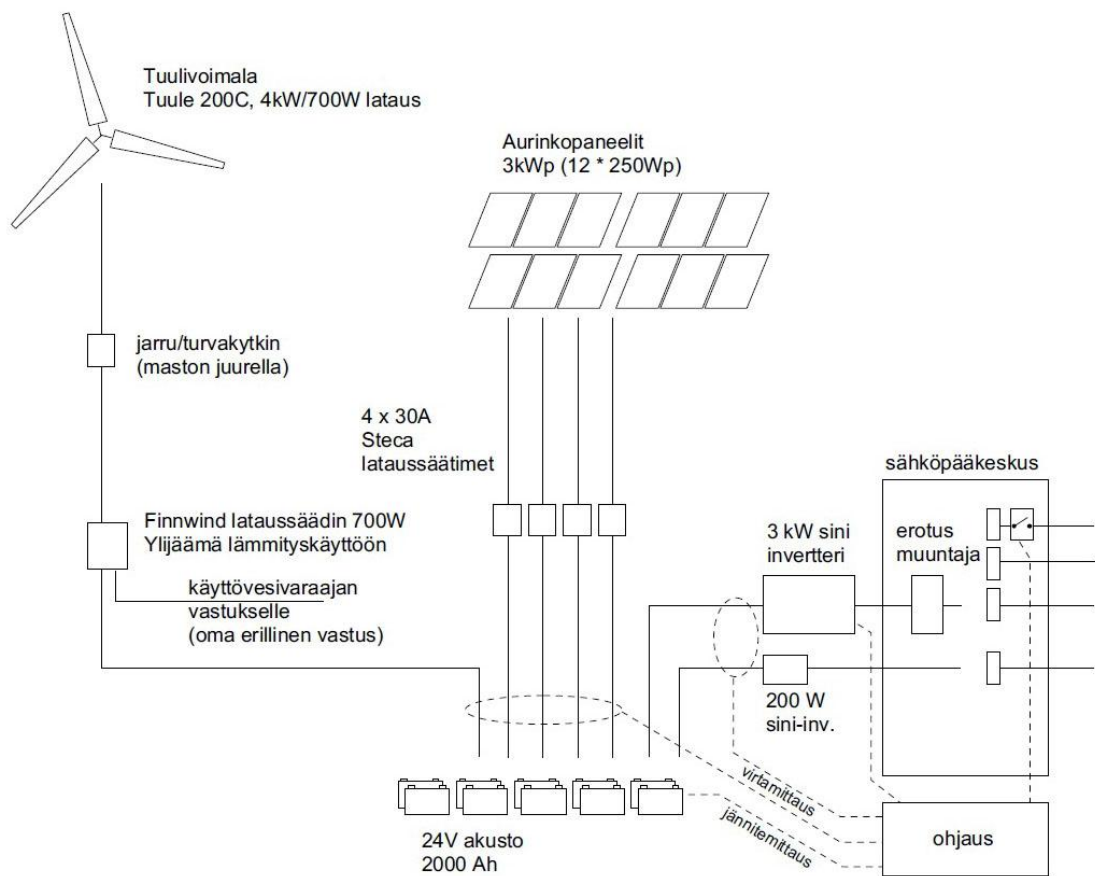
Johdotuksia suunniteltaessa on huomioitava, että ne kestävät niille suunnitellun kuormituksen, jännitteen alenema pysyy määritellyissä rajoissa ja että syötön automaattinen poiskytkentä vikatilanteessa toteutuu. Kotitalouksien sähköasennuksissa käytetään laitteiden suojaamiseen yleisimmin 10 A:n ja 16 A:n nimellisvirralla olevia sulakkeita tai johdonsuojakatkaisijoita. Näille riittävät vastaavasti normaalitilanteessa 1,5 mm<sup>2</sup>:n ja 2,5 mm<sup>2</sup>:n johtimilla varustetut kaapelit [10, s. 245].

Erityisissä asennusolosuhteissa, tai mikäli johtopituus kasvaa useisiin kymmeniin metreihin, huomiota on kiinnitettävä johdon kuormitettavuuteen, jännitteen alenemaan ja syötön automaattisen poiskytkennän toteutumiseen. Näissä tapauksissa pitää tarpeen vaatiessa valita normaalia suurempi johdinkoko.

## 7 Energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähkön tuotanto ja jakelu

### 7.1 Sähköntuotantojärjestelmän yleiskuvaus

Koska insinööriyökohteesta on tarkoitus tulla täysin energiaomavarainen kiinteistö, jota ei liitetä lainkaan yleiseen sähkönjakeluverkkoon, sähköenergian tuotantoon, varastointiin ja säännöstelyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota. Usein vastaavat, omia sähköntuotantojärjestelmiä sisältävät kiinteistöt on kytketty lisäksi yleiseen sähkönjakeluverkkoon.



Kuva 12. Suunnitelmaluonnos energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähköntuotantojärjestelmästä, (kuva Finnwind Oy)

Energiantuotantojärjestelmään (kuva 12) kuuluu tuuliturbiini, aurinkopaneeleita, sekä käyttöveden lämmitykseen aurinkokeräimiä. Sähköenergiaa varastoidaan isoon akustoon ja lämpöenergiaa isoon käyttövesisäiliöön sekä rakennuksen alla ja ympärillä sijaitseviin vesialtaisiin.

Toteutettaessa tämänkaltaista energiaomavaraista taloa joudutaan todennäköisesti luopumaan joistakin normaalisti yleisistä sähkölaitteista, kuten sähkökiukaasta ja tehokkaasta 3-vaiheliedestä.

Teoriassa olisi mahdollista mitoittaa tuotantojärjestelmä niin tehokkaaksi, että sillä voisi syöttää yllämainittuja laitteita, mutta tällaisen järjestelmän hinta saattaisi nykyisellään nousta yli sadan tuhannen euron. Kohteeseen suunnitellun yksivaiheisen sähköntuotantojärjestelmän hinnaksikin on arvioitu noin 50 000 euroa [13].

## 7.2 Tuuliturbiini

Kun aletaan kartoittaa energiaomavaraaiselle kiinteistölle sopivaa rakennuspaikkaa, tärkeää on löytää sijainti, jossa tuulivoimalaa ajatellen on mahdollisimman optimaaliset tuuliolosuhteet. Suomea ajatellen maantieteellisesti paras sijainti on maamme länsi- ja etelärannikolla. Myös paikallisella sijainnilla on vaikutusta asiaan. Koska Suomessa lounaistuulet ovat vallitsevia, paras paikka tuulivoimalalle on vesialueen tai aukean maa-alueen pohjoisreuna tai normaalia korkeampi maastonkohta. [11.]

Tuuliturbiinijärjestelmä voidaan toteuttaa joko niin, että sen tuottama vaihtosähkö syötetään suoraan talon sähköverkkoon taajuusmuuttajan avulla tai siten, että turbiinin tuottama energia varastoidaan lataamalla se akustoon, joka syöttää vaihtosähköä tuotavia inverttereitä. Koska kohteessa ei ole varajärjestelmänä yleistä sähköverkkoa, akkuihin varastoitava sähkö on käytännössä ehdoton vaatimus, jotta talon sähköistys toimii myös tyynellä ilmalla.

Huomioitavaa on, että suoraan sähköntuotantoon kytketty tuulivoimala voidaan sen teknisten ominaisuuksien salliessa kytkeä sähköverkkoon kolmivaiheisena, mutta kohdetapauksessa akuston käyttö rajoittaa rakennuksen sähköverkon 1-vaiheiseksi. Yleisimmät kotitalouslaitteet ovat 1-vaihesähköllä toimivia, mutta esimerkiksi LVI-laitteiden valintaan on syytä kiinnittää huomiota. [12.]

Insinööriyökohteessa tuulivoimala on tarkoitus toteuttaa siten, että se lataa ensisijaisesti sähköjärjestelmän akustoa ja tuottaa sähköä laitteiden käyttöön. Mikäli voimalan tuotanto ylittää kiinteistössä käytettävän sähkötarpeen, se kytkeytyy lämmittämään käyttövesivaraajan ja lämmön varaamiseen tarkoitettujen vesialtaiden vettä.

### 7.3 Aurinkopaneelit

Tuulivoimalan lisäksi kiinteistön katolle on tarkoitus asentaa aurinkopaneeleja, jotka tuottavat sähköä lataussäätimien kautta tuulivoimalan kanssa yhteiselle akustolle ja sitä kautta kiinteistön käyttöön. Aurinkopaneelien sijoittelussa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota esteettömyyteen, sillä pienikin varjo alentaa merkittävästi paneelin tehoa. Paneelien eteläisellä puolella ei siis saisi olla korkeita puita tai muita vastaavia esteitä. Syytä on myös huomioida, että aurinko paistaa talviaikaan huomattavasti matalammalta kuin kesällä.

Aurinkopaneelin asennuskulmalla on suuri merkitys sen energiantuoton kannalta. Optimaalisin kulma maahan nähden on kesäaikaan noin 30 astetta ja talviaikaan 75 - 90 astetta. Kiinteästi asennettavan paneelin vuosituotto on suurimmillaan, kun se asennetaan noin 45 asteen kulmaan. Mikäli aurinkopaneeli seuraisi aurinkoa, siitä saataisiin noin 30 % enemmän energiaa talteen. [14, s. 12.]

Huomioitavaa on, että yksittäisen aurinkopaneelin tuottama jännite on vain 10 - 20 voltia. Pieni jännite isolla teholla nostaa vastaavasti virran suureksi. Mikäli useampaa paneelia ei kytketä sarjaan, aurinkopaneeli on yhdistettävä riittävän paksulla kaapelilla lataussäätimeen ja akkuihin. Muuten kaapelissa tuleva jännitehäviö saattaa kasvaa liian suureksi. Tämä korostuu erityisesti, jos paneelin ja akuston etäisyys on suuri. Aurinkopaneeli tuottaa tasasähköä, joten se vaatii aina invertterin, jos sen tuottamalla sähköllä haluaa käyttää verkkokäyttöisiä laitteita.

Aurinkoenergian ympärivuotista käyttöä ja paneeliston sopivaa tehomitoitusta ajatellen iso ongelma on Suomen leveysasteilla suuri ero auringonsäteilyn voimakkuudessa eri vuodenaikoina. Helsingin seudulla säteilyn voimakkuus vaihtelee keskikesän 800 W/m<sup>2</sup> säteilytehosta joulukuun hieman alle 100 W/m<sup>2</sup> säteilytehoon. Onneksi vastaavasti talvikuukausina pääsääntöisesti tuulee selvästi enemmän kuin kesällä, joten tuuli- ja aurinkoenergian yhteiskäyttö tasaavat tuotantovaihtelua. Aurinkopaneelien lisäksi kohteeseen on suunniteltu asennettavaksi myös aurinkokeräimiä käyttöveden lämmitykseen [14, s. 4].

## 7.4 Akusto

Koska tuulen ja auringonpaisteen toimitusvarmuutta ei pystytä varmasti takaamaan, kiinteistöön on suunniteltu asennettavaksi 24 V:n ja 2 000 Ah:n lyijyakkuihin perustuva akusto. Tällainen akusto pystyy varastoimaan energiaa noin 48 kWh. Tällaisen akuston sisältämällä energiamäärällä pystyisi teoriassa pitämään esimerkiksi 500 W:n tehoista henkilöauton moottorinlämmittintä yhtäjaksoisesti päällä noin neljä vuorokautta. Vastavasti viidesosan tästä, eli 100 W kuluttava televisio toimisi yhtäjaksoisesti 480 tuntia eli noin 20 vuorokautta. Mikäli perheessä on neljä henkilöä, joista jokainen valmistaa aamulla itselleen lautasellisen kaurapuuroa 1 000 W:n tehoisella mikroaaltouunilla valmistusajan ollessa kolme minuuttia puuroannosta kohti, riittäisi akuston kapasiteetti perheen puuronvalmistukseen 240 aamuksi.

## 7.5 Vaihtosuuntaajat

Kohteeseen on suunniteltu asennettavaksi kaksi eritehoista vaihtosuuntaajaa eli invertteriä, jotka kummatkin syöttävät eri kuormituksia. Niitä ei siis kytketä rinnakkaiskäyttöön. Näistä pienitehoisempi invertteri syöttää ryhmiä, jotka on valittu niin, että ne toimivat sähkön tuotantohäiriötilanteessakin mahdollisimman pitkään. Näihin kuuluvat osa valaistuksesta sekä muutamat strategisesti sijoitellut pistorasiat ja välttämättömimmät LVI-laitteet. Suuritehoisempi invertteri syöttää vähemmän tärkeitä, kahteen prioriteetti-luokkaan jaettuja kuormituksia. Tämä invertteri sammuu, mikäli akuston varaustaso laskee alle invertterissä määriteltävän rajan.

Invertterejä valittaessa on syytä huomioida tuotantolaitteiden teho ja se, kuuluuko järjestelmään akusto. Mikäli invertterejä syötetään suoraan sähköntuotantolaitteista, ei niiden yhteenlaskettu teho saa ylittää tuotantolaitteiden tehoa. Tämäkään ei takaa jatkuvaa sähkönsaantia, sillä mikäli sähköntuotanto laskee johtuen pilvisyydestä tai tuulen heikkoudesta, laskee myös järjestelmästä saatava teho. Jos järjestelmään kuuluu akusto, voi käytön kannalta olla jopa hyödyllistä mitoittaa invertterit hieman suuremmiksi kuin tuotantolaitteiden maksimituotantokapasiteetti. Näin huipputehon riittävyyden kanssa ei välttämättä tule ongelmaa ja akusto tasaa hetkelliset kuormituspiikit.

Invertterejä valittaessa on syytä huomioida myös niiden hetkellinen ylikuormitusmahdollisuus. Normaaliolosuhteissa invertteriä ei saa eikä kannata ylikuormittaa, mutta mikäli se käy jo valmiiksi lähellä nimelliskuormaansa ja jokin suuren käynnistysvirran omaava

laite käynnistetään, saattaa ilmetä ylikuormitusilanne. Jos invertteriä ei ole suunniteltu kestämään ylikuormitusta, se saattaa tällaisessa tilanteessa katkaista sähkönsyötön ja suojoimenpiteenä sammuttaa itsensä. Kotitalouksissa suuren käynnistysvirran omaavia laitteita ovat kylmälaitteet, joiden kompressorien käynnistysvirta on jopa kuusinkertainen niiden nimellisvirtaan nähden. Nykyään markkinoilla on invertterejä, joissa tällaiset hetkelliset ylikuormituspiikit on huomioitu.

## 7.6 Sähköntuotantojärjestelmän ohjaus ja valvonta

Kohteeseen ei toistaiseksi ole suunniteltu muuta ohjaus- tai valvontajärjestelmää kuin ne ominaisuudet, joita tuotantojärjestelmään kuuluvista laitteista löytyy itsestään. Käyttäjän tarpeista ja toiveista riippuen taloon voitaisiin asentaa automaatiojärjestelmä, jolla voitaisiin valvoa sähköntuotannon määrää, akuston varaustilaa ja sähkönkulutusta. Järjestelmällä voitaisiin myös säännöstellä sähkön käyttöä automaattisesti tuotantotilanteen mukaan.

Vaikka ohjausjärjestelmää ei aluksi hankittaisikaan, etenkin sähkökeskusten osalta kannattaa silti varautua ohjaukseen. Tätä varten voidaan keskukseen asentaa valmiiksi ohjattavia ryhmälähtöjä ja jättää varatilaa lisäkomponentteja varten. Asunnon rakenteisiin voidaan jättää varauksia mahdollisten ohjauslaitteiden ja anturien kaapelointia varten. Tässä kohteessa kaapelireittivaraukset on tehty poraamalla hirsirakenteisiin ylimääräisiä kaapelireittejä.

## 7.7 Energiaomavaraisuusajatuksen vaikutus sähkösuunnitelmaan

Sähkösuunnitelman kannalta täysin energiaomavaraista kohdetta suunniteltaessa joudutaan eniten kiinnittämään huomiota asennusten ryhmittelyyn ja sähkökeskusten suunnitteluun. Asennusten ryhmittelyä tehtäessä pitää normaalisti ottaa huomioon ryhmittelyn selkeys ja johdonmukaisuus, ettei laiteta sattumanvaraisesti eri huoneissa sijaitsevia pistorasioita saman sulakkeen taakse [10, s. 82].

Keskusten suunnittelussa pitää huomioida sähköntuotantolaitteiden liittäminen kiinteistön sähköjärjestelmään sekä sähkölaiteryhmien ohjausmahdollisuus sähkönkulutuksen säännöstelyä varten. Keskusvalmistajien tarjoamat vakiokeskukset eivät näin ollen

tarkoitukseen sovi, vaan tarvittavat sähkökeskukset on suunniteltava ja teetettävä erikseen.

Kohteessa on jouduttu asennuksia ryhmitellessä suunnittelemaan myös sähkönkulutuspisteiden priorisointia. Kulutuspisteet on jaettu kolmeen prioriteettiiluokkaan. Tarkoitus on, että mikäli sähköntuotantoon tulee niin pitkä tauko, että akuston varaus alkaa merkittävästi laskea, ryhdytään prioriteetin mukaan kytkemään asennusryhmiä pois päältä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että osasta asunnon pistorasioita ja sähköliedestä katkaistaan virta.

### 7.8 Yhteensopivuus 3-vaiheisen sähkönjakeluverkon kanssa

Koska energiaomavaraisuuskonseptin toimimisesta ei voida olla aivan varmoja, suunnitelma on järkevä toteuttaa niin, että tarvittaessa kohde on mahdollisimman pienin muutoksin kytkettävissä yleiseen sähkönjakeluverkkoon. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitelma on tehtävä voimassaolevat standardit ja määräykset täyttäen sekä niin, että kiinteistön omien tuotantolaitteiden takia 1-vaiheinen sähköverkko on mahdollisimman pienin muutoksin muutettavissa 3-vaiheiseen jakeluverkkoon liitettäväksi.

Kohteessa tämä yhteensopivuus on toteutettu siten, että rakennuksen sisäinen kaapelointi ja sähkökalusteet on suunniteltu perinteisellä tavalla ja oman sähköntuotantojärjestelmän vaatimat erikoisjärjestelmät toteutetaan keskustasolla. Näin ollen vain keskuksiin on tarpeen tehdä muutoksia, mikäli kiinteistö liitetään verkkoyhtiön jakeluverkkoon.

Koska kohteen kulutuspisteet on jaettu kolmeen prioriteettiiluokkaan, ja normaalissa sähkönjakeluverkossa on kolme vaihetta, pystytään sähköverkkoyhteensopivuus säilyttämään suhteellisen helposti jaottelamalla asennusryhmät kolmeen. Näin voidaan keskusvalmistajalta tilata tavanomainen 3-vaihekeskus, joka pienin muutoksin tehdään sopivaksi yksivaiheiseen sähköverkkoon.

Taulukko 1. Ryhmien jaottelu sähkökeskuksessa

Ryhmänro	Ryhmän nimi
1.1	Paloilmaisimet
1.2	Ohjaus
1.3	VARALLA
2.1	Alipaineimuri WC
2.2	Kiertovesipumppu aurinkokeräimet
2.3	Kiertovesipumppu vesiallas
3.1	Kiertovesipumppu puuliesi
3.2	Kiertovesipumppu vesiallas/LVV
3.3	
4.1	Kiertovesipumppu lattialämmitys
4.2	Ilmanvaihtokone
4.3	
5.1	IT-keskus pistorasia
5.2	Liesituuletin
5.3	
6.1	
6.2	Autotalli (ryhmäkeskus)
6.3	Sähköliesi
7.1	
7.2	Jääkaappi/pakastin
7.3	
8.1	
8.2	
8.3	
9.1	Mh:t seinäpistorasia/yövalo
9.2	MH:t 3,4,5 valaistus
9.3	Pistorasiat mh:t 3 ja 4

Kohteen keskuksat ja asennusryhmät on toteutettu siten, että kulutuspisteet on jaettu kolmeksi ryhmäksi perinteisen 3-vaihejärjestelmän mukaisesti niin, että samalla myös kolmen prioriteettiryhmän jaottelu toteutuu. Tämä tarkoittaa sitä, että keskuksen vaihe-ryhmät L1, L2 ja L3 jakavat samalla kulutuspisteet prioriteettinsa mukaisesti. Taulukon 1 mukaisesti ryhmät x.1 kuuluvat prioriteetiltaan luokkaan 1, ryhmät x.2 luokkaan 2 ja ryhmät x.3 alimpaan luokkaan eli luokkaan 3. Tyhjät ryhmät ovat varalähtöjä.



## 7.9 Sähkönjakelun priorisointi

Ryhmien syöttö menee siten, että luokan 1 ryhmiä syöttää pienitehoisempi invertteri numero 1, joka tuottaa sähköä niin kauan akuissa riittää kapasiteettia. Luokan 2 ryhmiä syöttää suuritehoisempi invertteri numero 2, joka tuottaa sähköä, kunnes invertteriin asetettu akuston jänniteraja saavutetaan, jolloin invertteri sammuu. Luokan kolme ryhmiä syöttää myös invertteri numero 2, mutta ohjattavan etukojeen kautta. Tätä etukojetta ohjataan invertteri numero 2:n relelähdöllä, joka katkaisee ryhmän 3 syötön, kun invertteriin asetettu akuston jänniteraja saavutetaan. Tämä jänniteraja on luonnollisesti ylempänä kuin luokan 2 tapauksessa.

Ainoat muutokset sähkökeskuksissa ovat ne, että vaiheet L2 ja L3 on sillattu yhteen. Haluttaessa liittyä sähköverkkoon avataan siltaus ja kytketään vaiheohjaimet kolminapaisen pääkytkimen kautta syöttöverkkoon. Mikäli kiinteistöön halutaan tässä tapauksessa asentaa kolmivaiheisia sähkölaitteita, keskukseseen on syytä jättää kokoonpanovaiheessa varatilaa kolmivaihelähtöjä varten.

## 8 Yhteenveto

Tässä insinööryössä tehdyn suunnitelman pohjalta on tarkoitus toteuttaa sähköverkkoon liittymättömän, energiaomavaraisen asuinkiinteistön sähköistys. Se ettei kiinteistöä aiota liittää sähköverkkoon, olisi antanut mahdollisuuden toteuttaa sähköistys tavanomaisista kiinteistöistä poikkeavalla tavalla.

Koska kohteeseen tulevaan sähköntuotantojärjestelmään kuuluu akusto, kiinteistön sähköistys oli alun perin tarkoitus toteuttaa osittain pienoispännitteisen tasasähköverkon avulla, jolla olisi syötetty mm. asunnon valaisimia ja pienitehoisia elektroniikkalaitteita, kuten matkapuhelimia tai kannettavia tietokoneita. Valtaosa markkinoilla olevista kotikäyttöön tarkoitetuista sähkölaitteista on tehty toimivaksi vaihtosähköllä, joten näitä laitteita varten olisi pitänyt hankkia tai rakentaa erillisiä sovitinyksiköitä, jotka olisivat muuntaneet jännitteen kullekin laitteelle sopivaksi.

Tämän lisäksi on myös epävarmaa, onko mahdollista toteuttaa nollaenergiatalo siten, että oma sähköntuotanto riittää kattamaan kulutuksen kaiken aikaa. Koska tämä on kysymys, johon ei tiedetä etukäteen vastausta, todettiin, että on parempi toteuttaa sähköistys tavanomaiseen tapaan voimassa olevat määräykset täyttäen niin, että kiinteistö

on tarvittaessa mahdollisimman pienin muutoksin kytkettävissä yleiseen sähköjakeluverkkoon.

Tämä linjaus helpotti suunnittelua, mutta edelleen oli pohdittava, miten toteuttaa kiinteistön sähköistys energiaomavaraisuusperiaatteen vaatimukset huomioon ottaen. Ne päädyttiin toteuttamaan siten, että kiinteistöön asennetaan tavanomaiset kolmivaiheiset sähkökeskukset, jotka pienin kytkentämuutoksin sovitetaan toimimaan pelkästään kiinteistön omien sähköntuotantojärjestelmien varassa. Työn lopputuloksena saatiinkin tuotettua sähkösuunnitelma, jonka pohjalta voidaan toteuttaa energiaomavaraisuuteen tähtäävän omakotikiinteistön sähköistys siten, että kiinteistö kuitenkin on suhteellisen helposti liitettävissä yleiseen sähköjakeluverkkoon.

## Lähteet

- 1 Larjavaara, M. 2013. Kuputalo Porvoossa. Verkkodokumentti. <https://sites.google.com/site/kuputaloporvoossa>. Luettu 31.3.2013.
- 2 NSS Ry. 2004. Sähkösuunnittelun käsikirja. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- 3 Määräys 25 E/2008 M. 2008. Helsinki: viestintävirasto.
- 4 Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Salonen, Emma. 2010. Omakotitalon sähkösuunnitteluopas rakentajalle. Opin- näytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 6 ST-kortisto 70.30. 2010. Selostusesimerkit S2010-nimikkeistön mukaan. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- 7 Nurmio, Jarno. 2013. Sähköasennusten suunnitteluharjoitukset. Kurssimateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 8 Pientalon dokumentaatio. 2008. Verkkodokumentti. Sähköinfo Oy. [http://www.sahkoala.fi/koti/pientalondokumentaatio/fi\\_FI/](http://www.sahkoala.fi/koti/pientalondokumentaatio/fi_FI/). Luettu 28.4.2013.
- 9 ST-kortisto 13.28. 2010. Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien doku- mentoinnista. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- 10 SFS-käsikirja 600-1. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 11 Suomen tuuliatlas. 2008. Verkkodokumentti. työ- ja elinkeinoministeriö. <http://www.tuuliatlas.fi>. Luettu 3.6.2013.
- 12 Pientuulivoima. 2013. Verkkodokumentti. Suomen tuulivoimayhdistys ry. <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/pientuulivoima>. Luettu 3.6.2013.
- 13 Peräinen, Matias. 2013. Projektimyyjä, Finnwind Oy, Lempäälä. Sähköpostikes- kustelu 21.2.2013.
- 14 Nissinen, Reko. 2012. Aurinkopaneelien kiinnitys eri katto- ja seinämateriaaleihin. Opin- näytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.