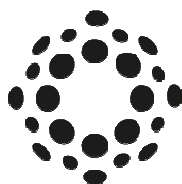


Manu Tiihonen

# OMAKOTITALON SÄHKÖSUUNNITELMA

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan Koulutusohjelma


Marraskuu 2014




**MAMK**

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  23.11.2014	
<b>Tekijä(t)</b>  Manu Tiihonen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Sähkötekniikan koulutusohjelma Sähkövoimatekniikka	
<b>Nimeke</b>  Omakotitalon sähkösuunnitelma		
<b>Tiivistelmä</b>  Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella yksityisen perheen uuteen omakotitaloon ja autotalliin toiveiden mukainen sähköistys, jossa huomioidaan mahdollisuus omaan aurinkosähkön pientuotantoon. Aurinkosähkön vaatima laitteisto ja investoinnin taloudellinen kannattavuus selvitettiin.  Valmistauduin sähköpiirustusten tekemiseen asentamalla tietokoneelle CADS Planner Electric suunniteluohjelman. Selvitin toimeksiantajan toiveet sähköistyksestä sekä perehdyin kirjallisuutta, lehtiartikkeleita ja Internetiä käyttäen aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksiin.  Työn tuloksena valmistuivat talon ja autotallin sähköpiirustukset sekä laskelmat liittymän mitoittamisesta ja suojauksesta. Aurinkosähkölaitteiston rakenne ja investoinnin kannattavuus saatiin selville.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  sähkösuunnitelma, aurinkosähkö		
<b>Sivumäärä</b> 29+8	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Arto Kohvakka	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>	

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  23.11.2014
<b>Author(s)</b>  Manu Tiihonen	<b>Degree programme and option</b>  Electrical engineering Electrical power engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Electricity plan for family house		
<b>Abstract</b>  The aim of this thesis was to design an electricity plan to a new family house and a garage for private family and there was taken into account a possibility to own solar power small production. Solar power equipments and the economic viability of the investment were investigated.  I prepared to make electrical drawings by installing CADS Planner Electric design program. I cleared out client's wishes about electrification and became familiar with solar energy by using literature, journal articles and Internet.  Results of the work were electrical drawings of the house and the garage and calculations of junction and protection. Photovoltaic equipment structure and profitability of the investment could be established.		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  electricity plan, photovoltaic		
<b>Pages</b> 29+8	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Arto Kohvakka	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	SUUNNITTELUKOHDE .....	1
3	AURINKOENERGIA .....	2
3.1	Aurinko energianlähteenä .....	2
3.2	Aurinkosähkö .....	4
3.3	Aurinkosähkölaitteiden liittäminen .....	5
4	SÄHKÖSUUNNITELMA .....	6
4.1	Suunnittelun merkitys .....	6
4.2	Suunnitteluohjelmisto ja kirjallisuus .....	7
4.3	Lähtötietojen hankinta .....	7
4.4	Verkkoyhtiö Elenia .....	8
4.5	Aurinkosähköjärjestelmä suunnittelukohteeseen .....	9
5	SÄHKÖLIITTYMÄN MITOITTAMINEN .....	14
5.1	Huipputeho .....	14
5.2	Liittymän pääsulakkeiden valinta .....	15
5.3	Liittymisjohdon kuormitettavuus .....	17
5.4	Autotallin nousujohto .....	18
5.5	Vikasuojaus .....	19
6	SUUNNITTELUN TUOTOKSET .....	23
6.1	Dokumentit .....	23
6.2	Valitut komponentit .....	24
6.3	Yhteenvedo .....	25
7	POHDINTA .....	25
	LÄHTEET .....	28

## LIITTEET

- 1 Maadoituskaavio
- 2 Asemapiirustus
- 3 Tasopiirustus vahvavirta talo
- 4 Tasopiirustus heikkovirta talo
- 5 Tasopiirustus vahvavirta talli
- 6 Pääkeskus
- 7 Telekotelo
- 8 Tallin ryhmäkeskus

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittää pientaloalueelle rakennettavan omakotitalon ja autotallin sähkösuunnitelman. Tavoitteena on tuottaa kaikki tarvittavat sähköpiirustukset ja laskelmat sähköliittymän mitoituksesta sekä suojauksesta. Työssä seurataan suunnittelun etenemistä vaihe vaiheelta ja esitetään keskeiset liittymän mitoituksen liittyvät laskutoimenpiteet.

Yhteiskunta, ympäristötietoisuus ja energiakustannusten kasvu ohjaavat kiinteistöjen energiaratkaisuja. Yhä useammin energianlähteeksi valikoituu aurinkoenergian hyödyntämistä, sitä kautta haetaan säästöjä energiakustannuksiin. Omakotitalon suunnittelussa on otettu huomioon energiatehokkuus ja ympäristönäkökohdat. Rakennusmateriaalit ovat energiatehokkaat, lämmityksessä hyödynnetään maasta saatavaa energiaa sekä varaudutaan omaan aurinkosähkön tuotantoon. Aurinkosähkön suhteen arvioidaan investoinnin kannattavuutta nykyhinnoilla.

## 2 SUUNNITTELUKOHDE

Suunnittelukohde on omakotitalon ja autotallin käsittävä rakennusprojekti. Rakennuskokonaisuus rakennetaan Kangasalan kuntaan Ruutanan kylään kaavoitetulle pientaloalueelle. Rakennustöiden alkamisajankohta on kevät 2013 ja asumiskunnossa talon pitäisi olla kesällä 2014.

Asuinrakennus on yksitasoinen ja kerrosalaltaan 148 m<sup>2</sup>, autotallin kerrosala on 40 m<sup>2</sup>. Molempien rakennusten runkomateriaalina käytetään energiatehokkaita lämpöva-luharkkoja, katemateriaalina on tiili. Asuinrakennuksen päälämmitysjärjestelmänä on maalämpöpumppu, jonka lämmönkeruujärjestelmänä on porakaivo. Maalämpöpumppu yhdistetään vesikiertoiseen lattialämmitysputkistoon. Toissijainen lämmönlähde on talon keskelle sijoitettava varaava takka. Autotallin lämmitysjärjestelmä tulee olemaan suora sähkölämmitys pattereilla ja/tai ilmalämpöpumppu.

Rakennusprojektin ensivaiheessa rakennetaan asuinrakennus valmiiksi ja vasta sen jälkeen autotalli määrittelemättömässä aikataulussa. Tästä syystä mm. tallin tulevaa lämmitysjärjestelmää ei ole lopullisesti päätetty. Autotallin sähkösuunnittelu viedään

kuitenkin loppuun oletustiedoilla ja varataan mahdollisuus tehdä muutoksia projektin aikana.

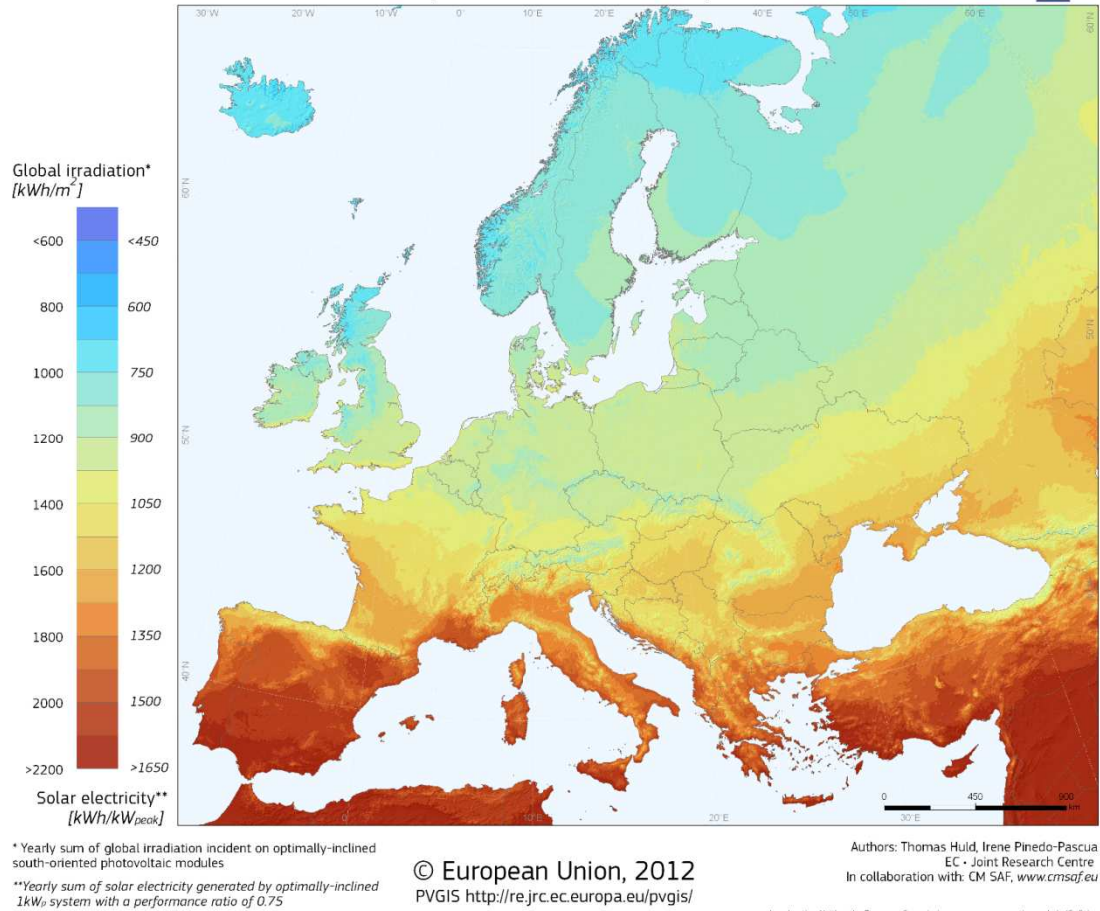
### 3 AURINKOENERGIA

#### 3.1 Aurinko energianlähteenä

Aurinkoenergia on ehtymätön ja itsessään saastuttamaton energialähde, joka on peräisin auringon pinnalla tapahtuvasta fuusioreaktiosta. Auringon fuusioreaktiossa vety muuttuu heliumiksi, jolloin reaktiossa syntyvä ylijäämäinen atomipaino muuttuu osin energiaksi Einsteinin suhteellisuusteorian mukaisesti. Auringossa syntyvästä valtavasta energiamäärästä maapallolle tuleva säteilyteho on  $1,7 \times 10^{14}$  kW, joka on noin 20000 kertaa maapallon lämmityksen ja teollisuuden käyttämä teho. Maapallolle tulevasta auringonsäteilytehosta noin 30 % heijastuu maanpinnalta ja pilvistä takaisin avaruuteen, muu osa tehosta jakautuu eri muotoihin kuten tuuliin, lämmitykseen, fotosynteesiin jne. /1, s. 10–11./

Auringon säteilemää energiaa voidaan kerätä lämpö- tai sähköenergiana, yleensä aurinkokeräimin, aurinkokennoin tai passiivisesti. Aurinkoenergian hyödyntämistä lämmön- ja sähköntuotannossa on mahdollisuus lisätä huomattavasti nykyisestä, sillä esimerkiksi Etelä-Suomessa auringonsäteilyn vuotuinen energia neliometriä kohden on noin 1000 kWh ja Keski-Suomessa noin 900 kWh. /13./ Vertailun vuoksi esimerkiksi Roomassa 1435 kWh, Melbournessa 1588 kWh ja Adenissa 2708 kWh. /1, s. 13./ Etelä-Suomessa auringonsäteilyn määrä ei poikkea merkittävästi Keski-Euroopan säteilymääristä. Pimeä talvikausi aiheuttaa suuremman vuodenaikavaihtelun aurinkoenergian saamisessa, erityisesti keskitalvi (joulu- tammikuu) on aurinkoenergian kannalta hiljaista aikaa, jolloin aurinko paistaa hyvin matalalta tai jää jopa kokonaan horisontin taakse. Vuodenaikavaihtelun määrä korostuu, mitä pohjoisempaan aurinkoenergiaa hyödynnetään. /11./

## Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

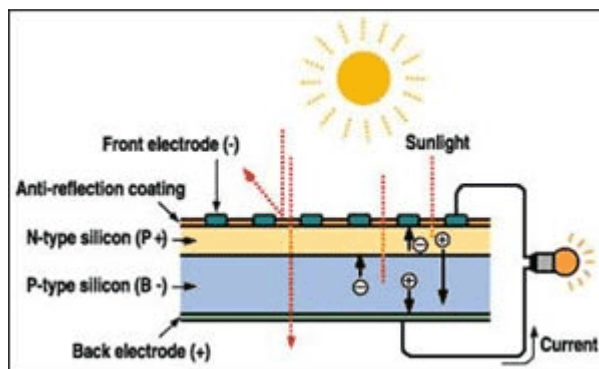


### KUVA 1. Aurinkosähkön potentiaali Euroopan maissa /15./

Aurinkoenergiaa saadaan hyödynnettyä rakennuksissa joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivinen hyödyntäminen tarkoittaa valon ja lämmön hyödyntämistä ilman lisälaitteita niin, että rakennus itse toimii sekä aurinkokeräimenä että lämpövarastona. Aktiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen tarkoittaa aurinkosähköpaneelien ja/tai aurinkokeräimien käyttöä. /11./ Aurinkoenergian passiivisen hyödyntämisen perusteet luodaan rakennuksen suunnitteluvaiheessa, oikeilla ratkaisulla voidaan vaikuttaa merkittävästi elinkaarikustannuksiin ja vähentää ympäristövaikutuksia. Passiivisen hyödyntämisen peruseriaatteina on kiinteistön sijoittaminen ilmansuuntien mukaan optimaalisesti, rakennuksen muoto, huonesijoittelu, ikkunasijoittelu, rakennusmateriaalit, maaston ja kasvillisuuden hyödyntäminen. Uusissa rakennuksissa tulisi huomioida sekä passiivinen kuin aktiivinenkin aurinkoenergian hyväksikäyttö. Rakennusten korjaus- ja perusparannuksissa ei välttämättä ole paljoakaan tehtävissä passiivisten hyötymahdollisuuksien eteen, mutta silloin aktiivisten järjestelmien käyttömahdollisuuksia tulisi erityisesti suosia.

### 3.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkökennot muuttavat auringonsäteilyä sähköenergiaksi valosähköiseen ilmiöön perustuen. Aurinkosähkökennot ovat puolijohdekomponentteja, jotka koostuvat kahdesta tasaisesta rajapinnan erottamasta n- ja p-tyyppin puolijohdekerroksesta. Kun valo osuu kennoon, synnyttää se puolijohdemateriaalissa elektroniaukkopareja, jotka kennon sisäisen sähkökentän vaikutuksesta voidaan erottaa toisistaan ja käyttää tuottamaan virtaa ulkoiseen kuormaan.



**KUVA 2. Aurinkokennon toimintaperiaate /7./**

Kennon tavanomainen koko on noin 10 cm x 10 cm paksuuden ollessa 0,1 - 0,4 mm ja se tuottaa valaistuna noin 0,5 Vdc. Virran suuruuteen vaikuttaa kennon pinta-ala ja auringonsäteilyn voimakkuus. Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan ja/tai rinnan kytketyistä aurinkokennoista sen mukaan, minkä tehoinen ja jännitteinen paneeli halutaan. Aurinkopaneeli koostuu kehyksestä ja sen sisälle yhdistetyistä kennoista, pintaan asetetaan auringonsäteilyn läpäisevä suojalasi. Kuten aurinkokennot myös aurinkopaneelit ovat modulaarisia, niitä kytketään sarjaan ja rinnan paneelistoksi, jossa on haluttu jännite ja virta. /1, s. 120–127./

Kennot on valmistettu tavanomaisesti yksikiteisestä tai monikiteisestä piistä. Ohutkalvopaneeleissa käytetään amorfista piitä, joka on kiderakenteeltaan täydellisessä epäjärjestyksessä. Yksikiteiset kennot on pitkään ollut yleisin tyyppi, se on kuitenkin kallis valmistaa useiden työvaiheiden ja vaaditun huolellisuuden vuoksi. Monikidekennot valmistetaan valamalla, eivätkä ne ole niin herkkiä työn tarkkuudesta, tästä syystä ne ovat yksikiteisiä halvempia. Tekniset ominaisuudet eri kiderakenteisissa ovat samat. /1, s. 120–127./



### 3.3 Aurinkosähkölaitteiden liittäminen

Aurinkosähkölaitteiden liittäminen on yksinkertaista niin kauan, kun toimitaan saarekeratkaisuissa, joissa ei ole normaalia yleistä sähköverkkoa ja aurinkopaneelien tuottama energia voidaan hyödyntää suoraan tasasähköä. Vaatimukset kasvavat kun aurinkosähköä käytetään pienentämään sähköverkosta otettavaa 230/400 V vaihtojännitteistä energiaa. Vaihtosuuntaaja eli invertteri on oltava osana aurinkosähköjärjestelmää aina, kun kohde on liitettynä yleiseen sähköverkkoon. Invertteri on sähkölaite, joka muuttaa aurinkopaneelien tuottaman tasavirran vaihtovirraksi ja optimoi paneelien napajännitettä siten, että paneeleista saadaan mahdollisimman korkea teho. /12./

Yleiseen sähköverkkoon liitettyä kohdetta syötettäessä aurinkosähköllä saattaa oman energiantuotannon määrä ylittää omat tarpeet. Ylimääräisen sähköenergian syöttäminen yleiseen sähköverkkoon on kuitenkin kielletty, ellei sähkön tuottajalla ole sopimusta paikallisen jakeluverkkoyhtiön ja sähköenergian ostajan kanssa. Myydyn sähköenergian sähkönsiirrosta ja mittaroinnista vastaa verkkoyhtiö, mittaus tapahtuu omalla pääkeskuksen sähkömittarilla, kunhan verkkoyhtiö on ohjelmoinut sen kahdensuuntaiseen mittaukseen. /14./

Pientuottajan kannattaa huomioida, että verkkoon syötetyn sähköenergian myyntitulot eivät sisällä sähkönsiirron ja verojen osuutta. Siksi on aina edullisinta käyttää itse tuottamansa sähköenergia ja minimoida verkkosähkön osto. /14./



**KUVA 3. Sähkön osto- ja myyntihinnan rakenne /14./**

## 4 SÄHKÖSUUNNITELMA

### 4.1 Suunnittelun merkitys

Sähkösuunnittelu on tärkeä osa kiinteistön suunnittelua. Suunnittelussa valitut ratkaisut vaikuttavat merkittävästi rakennuksen toimivuuteen, asumismukavuuteen ja elinkaarikustannuksiin. Sähkösuunnittelijan tärkeimpiä tehtäviä on huomioida asiakkaan sekä rakennettavan kiinteistön tarpeet ja suunnitella tarpeisiin vastaavat sähköiset järjestelmät.

Rakennusprojektit ovat yleensä eri suunnittelutahojen yhteinen työmaa. Suunnittelijoiden välinen yhteistyö vaikuttaa merkittävästi toimivan kokonaisuuden saavuttamiseen, jossa on huomioitu yksilölliset tarpeet, turvallisuus ja mahdolliset tulevaisuuden muutostarpeet. Ajoissa aloitettu sähkösuunnittelu antaa reagointiaikaa myös muille rakennusprojektin toimijoille sähköistyksen huomioimiseksi. Yhteistyö luo perustan onnistuneille ratkaisuille.

Sähkösuunnitelmasta näkyvän osan käyttäjälle muodostaa käytettävät sähköpisteet, kuten, sähköasiat, kytkimet, valaistus, termostaatit ja turvajärjestelmät. Näiden sähköpisteiden tärkeyttä on korostettava, sillä loppukäyttäjän mielikuva sähkösuunnittelun laadusta muodostuu pitkälti tämän näkyvän osan perusteella. Onnistunut lopputulos edellyttää yhteistyötä, jolla kartoitetaan tilojen käyttöä, kalustusta ja käyttäjän toiveita. Pientalorakentamisessa rakentaja ja loppukäyttäjä on yleensä sama taho, tällöin on pyrittävä kartoittamaan heiltä mahdollisimman kattavasti toiveet ja tiedot tilojen käytöstä. Ehkäpä tavanomaisin tehokas tapa lähtötietojen kartoittamiseen pienissä ja yksinkertaisissa kohteissa on palaveri rakentajan kanssa, jolloin yhdessä tuumin käydään läpi rakennuksen tilat huonekohtaisesti ja kirjataan toiveet rakennuksen pohjapiirustukseen. Tällainen toimintatapa sitouttaa rakentajan sähkösuunnittelun onnistumiseen ja huomio uuteen kotiin liittyviä odotuksia ja tunteita. Isoissa rakennusprojekteissa, kuten julkisrakentaminen ja taloyhtiöt, saattaa käyttäjämielipiteen hankkiminen sähkösuunnittelun tueksi olla mahdotonta, jolloin sähkösuunnittelijan, arkkitehdin ja sisustussuunnittelijan yhteistyö sekä kokemus korostuvat.

Sähkösuunnitelman loppukäyttäjälle näkymätöntä ja yleensä tuntematonta osaa edustaa tekniset ratkaisut, jotka luovat perustan sähköjärjestelmän vakaalle ja turvalliselle

toiminnalle. Esimerkkejä suunnittelun näkymättömästä osasta on huipputeholaskelma ja pääsulakekoon valinta, maadoitusjärjestelmä, selektiivisyys, ryhmitykset, kaapeleiden mitoitus ja kattava dokumentointi. Jos loppukäyttäjälle on tärkeää sähkösuunnittelun näkyvän osan toiminnallisuus, vuorostaan suunnittelijan ja järjestelmätoimivuuden kannalta näkymätön osa on erittäin tärkeä.

## 4.2 Suunnitteluohjelmisto ja kirjallisuus

Suunnitteluohjelmistoksi asensin piirustusten tekemistä varten CADS Planner Electricin. Ohjelmistovalinnan perusteena oli aikaisempi kokemus ohjelmistosta opiskeluaikana kuin myös ilmainen opiskelijalisenssi. CADS-Planner opiskelijalisenssiä saa käyttää opiskeluun liittyviin tehtäviin, mukaan lukien insinööriyöhön liittyvään dokumentointiin. Ohjelmiston ansiotarkoituksessa tapahtuva käyttö on kielletty joskin, erillistä korvausta vastaan opiskelija voi käyttää ohjelmistoa myös kesätöissä tai lukukauden aikana tehtävissä ansiotöissä. /9./

Kirjallisesta materiaalista varasin suunnittelun tueksi SFS-käsikirjan 600-1 (Pienjännitesähköasennukset), tämä sisältää pienjännitesähköasennuksia koskevat SFS6000 standardit. Toinen käytössäni ollut kirjallinen teos oli D1-2012 (käsikirja rakennusten sähköasennuksista). Lisäksi käytössäni oli Sähkötieto ry:n julkaisema ST-kortisto.

## 4.3 Lähtötietojen hankinta

Lähtötietojen hankinta käynnistyi palaverilla rakennuttajan kanssa, jossa sain perusteet suunnittelutyölle. Lisäksi rakennuttaja toimitti toivelistan, jossa oli lueteltuna pistorasiat, valopisteet ja kytkimien sijainti huonekohtaisesti.

Rakennesuunnittelija toimitti sähköpostitse pohja- ja lupakuvat talosta sekä autotallista dwg-piirustusformaattissa. Rakennesuunnittelijan piirustuksista sain kätevästi tehtyä pohjat omien sähköpiirustusten tekemiseen. LVI-suunnittelijalta sain tiedot taloon valitusta maalämpöpumpusta ja ilmanvaihtokoneesta.

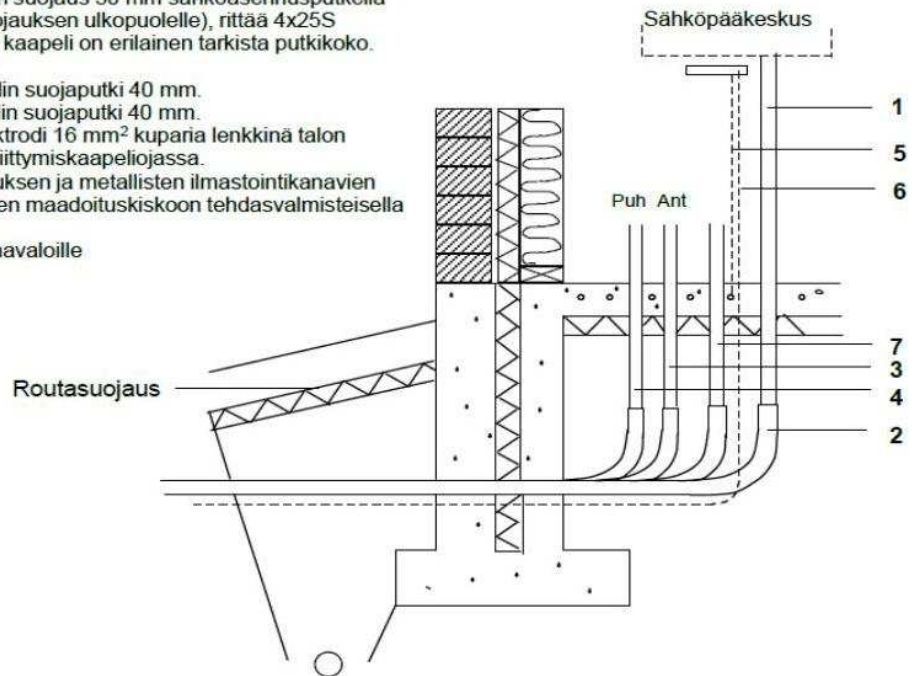
#### 4.4 Verkkoyhtiö Elenia

Suunnittelukohte sijaitsee sähköverkkoyhtiö Elenian verkkoalueella. Sähköverkkoyhtiö tarjoaa omilla www- sivuillaan kattavasti tietoa niin liittyjälle kuin sähkösuunnittelijalle ja urakoitsijalle. On suositeltavaa tutustua huolellisesti verkkoyhtiön tarjoamaan informaatioon, jotta välttyy rakentamisessa mahdollisilta virheiltiltä ja toisaalta saa selkeän käsityksen liittymähankinnan vaiheista ja verkkoyhtiön toimintatavoista.



##### LIITTYMISKAAPELIN SUOJAUS JA RAKENNUKSEN MAADOITUS

1. Liittymisjohdon suojaus 50 mm sähköasennusputkella (ulottuu routasuojauksen ulkopuolelle), rittää 4x25S kaapelille, mikäli kaapeli on erilainen tarkista putkikoko.
2. Kaari 50 mm.
3. Antennikaapelin suojaputki 40 mm.
4. Puhelinkaapelin suojaputki 40 mm.
5. Maadoituselektrodi 16 mm<sup>2</sup> kuparia lenkinä talon ympäri tai 20 m liittymiskaapeliojassa.
6. Betoniraudoituksen ja metallisten ilmastointikanavien yms. yhdistäminen maadoituskiskoon tehdasvalmisteisella liittimellä.
7. Varaputkia pihavaloille



**KUVA 4. Esimerkki verkkoyhtiön teknisistä ohjeista /4./**

Verkkoyhtiö Elenia vastasi kysymyksiini suunnittelukohteen sähköliittymään liittyen mm. että yksivaiheinen oikosulkuvirta pääsulakkeilla on 976 A ja liittymälle on valmiina verkkoyhtiön asettama liittymisjohto AXMK 4x25. Lisäksi Elenialta lähetettiin karttaote, josta selviää liittymispisteen likimääräinen sijainti, kuva 5.



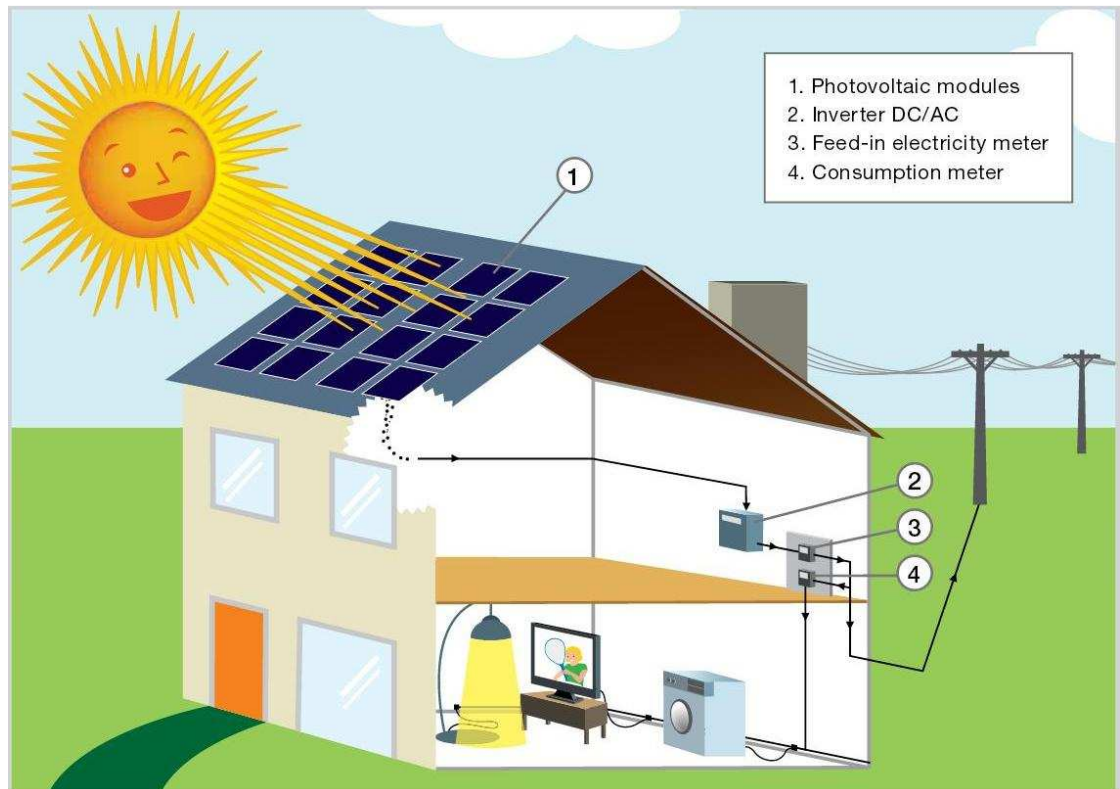
**KUVA 5. Karttaote liittymäpisteiden sijainnista (Elenia)**

#### **4.5 Aurinkosähköjärjestelmä suunnittelukohteeseen**

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu pientaloalueella sijaitsevaan omakotitaloon oli yllättävän yksinkertaista; rakennus itsessään, energian kulutus ja sijainti asettavat selkeät raamit järjestelmälle. Järjestelmätoimittajia on useita, ja he mielellään avustavat sopivan järjestelmäkokonaisuuden löytämisessä.

Talon lämmitysjärjestelmän huomioon ottaen en pitänyt mielekkäänä kaksoisjännitejärjestelmää, jossa aurinkoenergia olisi hyödynnetty tasajännitteisenä. Käyttökelpoisimpana aurinkosähkön hyödyntämistapana pidin verkkoon kytkettyä järjestelmää, jossa vaihtosuuntaaja (invertteri) muuttaa aurinkopaneeleilta tulevan tasavirran vaihtovirraksi ja tahdistaa sen yleisen sähköverkon mukaan. Ensisijaisesti aurinkosähkö käyttää talon sisäisiä kuormia, kulutuksen ylijäävä energia syötetään kaksisuuntaisen energiamittarin kautta yleiseen sähköverkkoon. Alijäämäinen energiantuotanto täydennetään yleisestä sähköverkosta esimerkiksi pimeän aikana.

Ainoa järkevä sijoituspaikka aurinkosähköpaneelille on talon suoraan eteläsuuntaan aukeava katonlape (atsimuuttikulma  $0^\circ$ ), jonka suurin mahdollinen paneeliasennukseen käytettävissä oleva pinta-ala on noin  $80 \text{ m}^2$ . Varjostuksia paneelille ei pitäisi tulla, sillä talon eteläpuolella on avaraa tonttia ja sen jälkeen katu ennen puuston alkamista. Aurinkosähköpaneelien kallistuskulma tulee suoraan katon kaltevuuden mukaan, joka on 1:2 ( $\sim 27^\circ$ ). Kohdetalon auringonsäteilyn tulokulman mukaan paras teho paneeleista saadaan touko – heinäkuun välisenä ajanjaksona.



**KUVA 6. Aurinkosähköjärjestelmä sähköverkkoon liitettyssä talossa /8./**

Paras hyöty aurinkosähköstä saadaan silloin, kun suurin osa sen tuottamasta energiasta saadaan itse käytettyä. Aurinkopaneelille käytettävissä oleva pinta-ala ei muodostu esteeksi järkevän kokoiselle järjestelmälle. Järjestelmätehossa on pyrittävä optimaaliseen tilanteeseen, jossa tehon määrä on niin suuri, että siitä saa todellista hyötyä, mutta tehon saisi käytettyä mahdollisimman tarkkaan itse. Otin yhteyttä erääseen aurinkosähköjärjestelmätoimittajaan ja pyysin toimeksiantajalleni tarjouksen laitetöimituksesta. Tarjous sisälsi kaksi eritehoista järjestelmää. Laitetöimitukseen kuului aurinkopaneelit, invertteri, johtimet, liittimet, AC-erotin ja asennustarvikkeet. Järjestelmän mekaanisen asennuksen tekisi rakentaja itse ja sähkökytkennät sähköurakoitsija.

Tarjous:

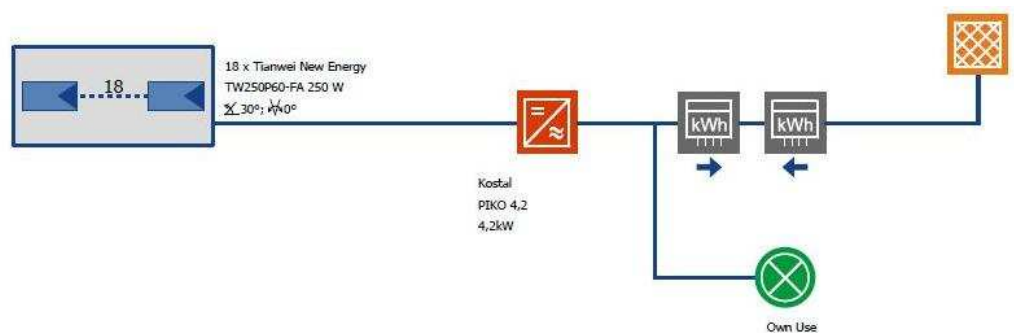
Yksivaiheinen 3,5 kW aurinkosähkövoimala, hinta 5340 €\* sis. alv 24 %

Kolmivaiheinen 4,5 kW aurinkosähkövoimala, hinta 6750 €\* sis. alv 24 %

(\* hinnat toukokuussa 2013)

Järjestelmätoimittaja suositteli kolmivaiheista 4,5 kW järjestelmää ja laati sille simulointiraportin. Simuloinnissa laskelman perusteena on 12000 kWh vuotuinen energiankulutus.

### TAULUKKO 1. Aurinkosähkön simulointiraportti 1/3 (järjestelmätoimittajan laskelma)



Location:	TAMPERE/PIRKKALA
Climate Data Record:	TAMPERE/PIRKKALA (1981-2000)
PV Output:	4,50 kWp
Gross/Active PV Surface Area:	29,28 / 29,43 m <sup>2</sup>

PV Array Irradiation:	32 125 kWh
Energy Produced by PV Array (AC):	4 093,1 kWh
Energy to Grid:	902,6 kWh
Consumption Requirement:	12 000 kWh
Direct Use of PV Energy:	3 190,6 kWh
Energy from Grid:	8 814,0 kWh

Solar Fraction:	34,1 %
System Efficiency:	12,7 %
Performance Ratio:	83,2 %
Inverter Efficiency:	93,2 %
PV Array Efficiency:	13,7 %
Specific Annual Yield:	908,6 kWh/kWp
CO2 Emissions Avoided:	2 756 kg/a

The results are determined by a mathematical model calculation. The actual yields of the photovoltaic system can deviate from these values due to fluctuations in the weather, the efficiency of modules and inverters, and other factors. The System Diagram above does not represent and cannot replace a full technical drawing of the solar system.

Taulukosta 1 simuloinnin mukaan aurinkosähköä saadaan 4093 kWh/vuosi, josta talous käyttää itse 3191 kWh/vuosi ja 903 kWh/vuosi ajetaan yleiseen sähköverkkoon. Aurinkopaneeleita on 18 kpl a 250w.

## TAULUKKO 2. Aurinkosähkön simulointiraportti 2/3 (järjestelmätöimittajan laskelma)

### System in Grid Connected Operation

Location:	TAMPERE/PIRKKALA	PV Output:	4,50 kWp
Climate Data Record:	TAMPERE/PIRKKALA	Gross/Active PV Surface Area:	29,3 m <sup>2</sup> / 29,4 m <sup>2</sup>
Number of Arrays:	1		

### Array 1:

Output:	4,50 kW	Ground Reflection:	18,0 %
Gross/Active Solar Surface Area:	29,3 m <sup>2</sup> / 29,4 m <sup>2</sup>	Output Losses due to...	
<b>PV Module</b>	18 x	deviation from AM 1.5:	1,0 %
Manufacturer:	Tianwei New Energy	deviation from Manufacturer's Specification:	1,0 %
Model:	TW250P60-FA	in Diodes:	0,5 %
Nominal Output:	250 W	due to Pollution:	0,0 %
Power Rating Deviation:	0 %		
Efficiency (STC):	15,3 %		
No. of Modules in Series:	18		
MPP Voltage (STC):	542 V		
Orientation:	0,0 °		
Inclination:	30,0 °		
Mount:	Free-Standing		
Shade:	No		

### System Inverter

Manufacturer:	Kostal	European Efficiency:	95,4 %
Model:	PIKO 4,2	No. of MPP Trackers:	2
Output:	4,20 kW	MPP Tracking:	180 V To 850 V

### Appliances 1 (Load Profile)

Annual Requirement:	12 000 kWh		
Max. Hourly Value:	3,03 kW		
Weekend Consumption:	Saturday: 100 %	Sunday: 100 %	
Consumption Profile:	Block of flats		
Holiday Periods:	None		

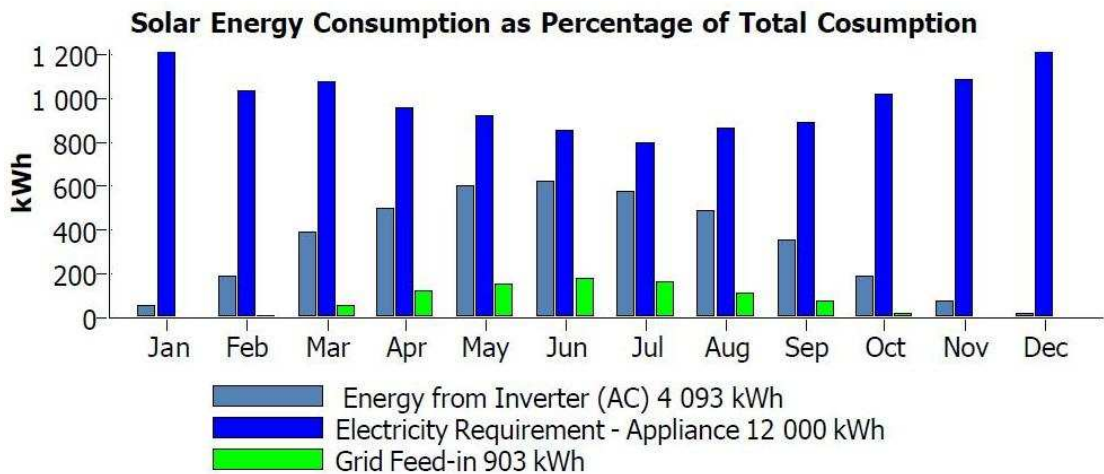
### Individual Appliances Total Consumption: 0 kWh

Individual Appliance 1	Model: User-Independent Appl.	0 kWh
------------------------	-------------------------------	-------

### Simulation Results for Total System

Irradiation onto Horizontal:	26 747 kWh	Own Use:	4,6 kWh
PV Array Irradiation:	32 125 kWh	Energy Produced by PV Array:	4 388 kWh
Irradiation minus Reflection:	30 525 kWh	Solar Fraction:	34,1 %
Energy from Inverter (AC):	4 093 kWh	System Efficiency:	12,7 %
Energy to Grid:	903 kWh	Performance Ratio:	83,2 %
Consumption Requirement:	12 000 kWh	Final Yield:	2,5 h/d
Direct Use of PV Energy:	3 191 kWh	Specific Annual Yield:	909 kWh/kWp
Energy from Grid:	8 814 kWh	Array Efficiency:	13,7 %
Inverter Efficiency:	93,2 %		





**KUVA 7. Aurinkosähkön simulointiraportti 3/3 (järjestelmätoimittajan laskelma)**

Kuvasta 7 nähdään aurinkoenergian jakautuma eri kuukausille. Jos kesäaikaan kulu-  
tusta voi siirtää enemmän päivän ajalle, niin verkkoon myytävän ylijäämäsähkön mää-  
rä vähenee entisestään.

Aurinkosähkijärjestelmän takaisinmaksuaika on se seikka, jolla investoinnin kannat-  
tavuuden voi arvioida. Optimaalisessa tilanteessa kaikki aurinkosähkijärjestelmän  
tuottama energia saataisiin käytettyä itse, tässä tapauksessa 4093 kWh/vuosi.

Verkkoyhtiö Elenian verkkopalveluhinnaston (1.1.2014) mukaan veloitus yleissäh-  
könsiirrosta on 5,97 snt/kWh. Sähköenergian hinta toistaiseksi voimassaolevana yleis-  
sähkönä 12000 kWh vuosikulutuksella esimerkiksi Leppäkosken energiasta 5,25  
snt/kWh (Sähkönhinta.fi 16.11.2014).

Aurinkopaneelijärjestelmä säättäisi vuodessa:

$$4093 \text{ kWh/vuosi} \times (5,97+5,25) \text{ snt/kWh} = 45923 \text{ snt/vuosi} = 459,23 \text{ €/vuosi}$$

Järjestelmän takaisinmaksuaika  $t$  on investointihinta jaettuna vuosisäästöllä:

$$t = \frac{6750 \text{ €}}{459,23 \text{ €/vuosi}} = 14 \text{ vuotta } 8 \text{ kuukautta}$$

Kolmivaiheinvertteri tuntuu järkevältä ratkaisulta sikäli että silloin aurinkosähköä  
saisi täysin hyödynnettyä 3- vaihelaitteissa, kuten maalämpöpumpussa. Samoin sähkö-  
järjestelmän ryhmitys on helpompi saada tasaiseksi ilman riskiä suuresta vinokuor-

masta. Yksivaiheisen invertterin käyttö on huomioitu talon ryhmityksen suunnittelussa, tämä tarkoittaa sitä, että kesäpäivänkin aikaan voisi aurinkosähköä käyttää maksimaalisesti itse. Käytännössä yksivaiheinen invertteri tulee kytkeä L2- vaiheeseen, johon olen ryhmittänyt seuraavia yksivaiheisia laitteita:

- IV- kone
- liesituuletin
- IT- kotelon rasiat
- jääkaappi/pakastinpistorasiat
- tiskikonepistorasia
- pesukonepistorasia.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että aurinkosähköjärjestelmä on kallis investointi vaikka takaisinmaksuaika on laskettu 100 % omakäyttöasteella. Vaikka rakentaja asentaisi laitteet itse ilman arvon laskemista omalle työlle, tulisi sähkötoista lisää hintaa investoinnille ja takaisinmaksuaika rikkoisi 16 vuoden rajan.

## 5 SÄHKÖLIITTYMÄN MITOITTAMINEN

### 5.1 Huipputeho

Sähköliittymän huipputeholaskelma perustuu ST 13.31 kortissa esitettyyn Suomen sähkölaitosyhdistys ry:n (nykyinen Sähköenergialiitto Sener) julkaisuun SA 4:92 ”Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen”. Julkaisun laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon mitoittamiseksi perustuvat pitkäaikaisten mitausten pohjalta tehtyyn tilastolliseen tarkasteluun ja tuloksena saatava huipputeho ylitetään korkeintaan 1 %:ssa tapauksista. Huipputehon ( $P_{max}$ ) laskentamallit pohjautuvat peruskuormaan ja pinta-alasta riippuvaan kuormitukseen eli pinta-alatehoon sekä sähkölaitteiden samanaikaisen käytön todennäköisyyden arviointiin. /17./

Huipputeholaskelmassa olen käsitellyt taloa sähkölämmitteisenä ja sähkökiukaalla varustettuna vaikka varsinaisesti päälämmitysmuotona on maalämpöpumppu. Sähkölämmitteisen ja kiukaalla varustetun omakotitalon huippukuormitus lasketaan kaavalla 1 seuraavasti: /17./

$$P_{\max} \text{ (kW)} = 7,5 + 64 \times A_{\text{läm}} / 1000 \quad (1)$$

, jossa  $A_{\text{läm}}$  tarkoittaa lämmitettyä pinta-alaa.

Sijoittamalla lämmin pinta-ala kaavaan,  $P_{\max} = 7,5 + 64 \times 148,4 \text{ m}^2 / 1000 = 17 \text{ kW}$

Muiden kuin asuinrakennuksien pienjänniteliittymän tehonmitoitus tulisi aina tehdä mahdollisimman pitkälle tapauskohtaisesti huomioiden rakennuksen käyttötarkoitus sekä mahdollisuuksien mukaan myös rakennuksiin tuleva sähkölaitekanta. Pj- liittymän mitoittava sähköteho lasketaan kaavalla 2 seuraavasti:

$$P_{\text{mitoitettava}} = 1,3 \times (P_{\text{ilmanvaihto}} + P_{\text{valaistus}} + P_{\text{muut lvi-laitteet}} + P_{\text{kojeet+laitteet}}) \quad (2)$$

, jossa 1,3 on kerroin, jolla on varauduttu tulevaisuuden järjestelmällisyyksiin ja muuhun sähkötehon tarpeen nousuun. /17./

Autotallin huipputehon laskemiseksi arvioin eri kulutuskohteisiin kuluvan sähkötehon jotka summasin yhteen ja yhteistehon kerroin kertoimella

$$P_{\text{mitoitettava}} = 1,3 \times (0 \text{ W}_{\text{iv}} + 600 \text{ W}_{\text{valaistus}} + 700 \text{ W}_{\text{muut lvi-laitteet}} + 3680 \text{ W}_{\text{kojeet+laitteet}}) = 6,5 \text{ kW}$$

Liittymän huipputeho on talon- ja autotallin huipputehojen summa  
 $17 \text{ kW} + 6,5 \text{ kW} = 23,5 \text{ kW}$

## 5.2 Liittymän pääsulakkeiden valinta

Liittymän pääsulakkeiden valitsemiseksi lasketaan virta huipputeholla. Virran laske-  
 misessa muistettava käyttää kuormituksen tehokerrointa, koska huipputeho  $P_{\max}$  päätö-  
 tehoa.

Virran laskentakaava 3:

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \times U_p \times \cos \varphi} \quad (3)$$

$P_{\max}$  = huipputeho (W)

$U_p$  = verkon pääjännite (400 V)

$\cos \varphi$  = kuormituksen tehokerroin, suoralle sähkölämmitykselle 0,96

Sijoittamalla laskettu liittymän huipputeho virran laskentakaavaan, saadaan

$$I_{max} = \frac{23500 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 0,96} = 35,3 \text{ A}$$

Laskin myös virrankulutuksen pelkän talon huipputeholla

$$I_{max} = \frac{17000 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 0,96} = 25,6 \text{ A}$$

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että liittymän huipputeholla lasketun virran mukaan (35,3 A) pääsulakkeet tulisi olla 3x35 A. Kustannussyistä valitsin pääsulakkeiksi 3x25 A pelkän talon huipputehon virrankulutuksen perusteella. Autotallin rakennusajankohdasta ei ole selvillä, ja jos rakentaminen pitkittyy, maksaa asukas turhaan korkeampaa perusmaksua suuremmista pääsulakkeista. On myös mahdollista, että 3x25 A sulakekoko on riittävä autotallin valmistuttua, koska talon huipputeho on laskettu suoran sähkölämmityksen mukaan ja maalämpöpumppujärjestelmässä sähkövastuksia käytetään lisälämmönlähteenä tai varajärjestelmänä silloin, kun pumppuosa on vikatilassa. Todennäköisyys tilanteelle jossa talon- ja autotallin sähköinen kuormitus on samaan aikaan huipussaan ja 25 A virta pidempiaikaisesti ylittyy, on kohtuullisen pieni. Sulakekoon suurentamiseen on kuitenkin ehdottomasti varauduttava.

Verkkoyhtiö Elenian sähkönkäyttöpaikkojen liittymishinnaston mukaan suunnittelu-kohteen liittymismaksu 3x25 A pääsulakkeilla on 2419 € (sis. alv 24 %) ja 3x35 A pääsulakkeilla 3215 € (sis. alv 24 %). Verkkopalveluhinnaston mukaan yleissiirron perusmaksu 3x25 A liittymälle on 13,61 €/kk ja 3x35 A liittymälle 23,49 €/kk. Verkkoyhtiön mukaan pääsulakekoon suurentamisesta veloitetaan lisäliittymismaksu, joka on uuden ja olemassa olevan liittymän liittymismaksujen erotus sekä palvelukäyntimaksu 125 €. /5./ /6./

Liittymän 3x25 A pääsulakekoko säästää kuukaudessa perusmaksussa 23,49 € - 13,61 € = 9,88 € verrattuna 3x35 A liittymään. Koska varinaisia lisäkuluja pääsulakekoon kasvattamisesta ei tule muuta kuin palvelukäyntimaksu 125 €, säästö liittymän perusmaksussa kattaa palvelukäyntimaksun 13 kuukaudessa liittymän käyttöönotosta. Mikäli autotallin käyttöönoton jälkeen 3x25 A pääsulakekoko riittää, syntyy säästöä liit-

tymismaksujen erotus  $3215 \text{ €} - 2419 \text{ €} = 796 \text{ €}$  ja lisäksi vuotuinen säästö perusmaksussa on  $118,56 \text{ €}$  vuoden 2014 hinnastolla laskettuna.

### 5.3 Liittymisjohdon kuormitettavuus

Liittymisjohto on sähköjakeluverkonjakeluverkon ja liittymän pääsulakkeiden välinen haaroittamaton johto, joka syöttää liittymää jakeluverkosta. Verkkoyhtiöllä oli liittymälle valmiina liittymisjohto AXMK 4x25 (PEX- eristeinen alumiinivoimakaa-peli), jonka kuormitettavuuden tarkastin SFS 6000 standardin mukaisesti.

Liittymisjohto asennetaan suojaputkessa maahan, jossa se nousee lattiavalun läpi talon tekniseen tilaan ja lopulta nousee kivirakenteisen seinän pinnalla pääkeskukseen. Samassa kaivannossa liittymisjohdon kanssa kulkee osan matkaa autotallin nousujohto. SFS 6000-5-52 mukaan kaapelin kuormitettavuus on määritettävä asennusreitien hankalimpien olosuhteiden mukaan.

Asennuslämpötila maassa  $+15 \text{ °C}$ , ilmassa  $+25 \text{ °C}$  → referenssilämpötila = korjauskerroin 1.

Suojaputkessa maahan asennettu monijohdinkaapeli vastaa asennustapaa D (SFS 600-1 2012, Taulukko A.52.3, kohta 70). PEX- eristeisen  $25 \text{ mm}^2$  alumiinijohdinkaapelin kuormitettavuus asennustavalle D on 100 A (SFS 600-1 2012, Taulukko B.52.3). Osan matkaa samassa kaivannossa kulkeva autotallin nousujohto aiheuttaa korjauskertoimen 0,75 (SFS 600-1 2012, Taulukko B.52.19). Kun kaapelin asennustavan mukainen kuormitettavuus kerrotaan olosuhteiden korjauskertoimilla, saadaan kaapelin kuormitettavuudeksi  $100 \text{ A} \times 1 \times 0,75 = 75 \text{ A}$

Suojaputkessa kivirakenteeseen asennettu monijohdinkaapeli vastaa asennustapaa B (SFS 600-1 2012, Taulukko A52.3, kohta 60). PEX- eristeisen  $25 \text{ mm}^2$  alumiinijohdinkaapelin kuormitettavuus asennustavalle B on 87 A (SFS 600-1 2012, Taulukko B.52.3). Välittömässä läheisyydessä ei ole muita kaapeleita, joten korjauskerroin on 1. Kaapelin kuormitettavuutena on 87 A.

Kivirakenteisen seinän pinnalle asennettu monijohdinkaapeli vastaa asennustapaa C (SFS 600-1 2012, Taulukko A52.3, kohta 20). PEX- eristeisen  $25 \text{ mm}^2$  alumiinijoh-

dinkaapelin kuormitettavuus asennustavalle C on 94 A (SFS 600-1 2012, Taulukko B.52.3). Sijoituksessa ei ole muita koskettavia kaapeleita, joten korjauskerroin on 1. Kaapelin kuormitettavuutena on 94 A.

**TAULUKKO 3. Johtimelta vaadittava alin kuormitettavuus erilaisilla sulakkeen nimellisvirroilla (SFS 600-1 2012, Taulukko C.52.1)**

gG sulakkeen nimellisvirta	johtimen kuormitettavuus
25A	28A
35A	39A
50A	55A
63A	70A

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että liittymisjohdolle AXMK 4x25 pienin kuormitettavuus on asennustavassa D (75 A). Valittu 3x25 A pääsulakekoko vaatii taulukon 3 mukaan johtimelta kuormitettavuutta vähintään 28 A, tämä kuormitettavuus ylittyy reilusti ja jää varaa pääsulakekoon kasvattamiseen.

#### 5.4 Autotallin nousujohto

Päätin toteuttaa autotallin nousujohdon suojauksen liittymän pääsulakkeilla, näin ollen valitsin pääkeskuksen ja autotallin ryhmäkeskuksen yhdistäväksi kaapeliksi AMCMK 4x25+16 (PVC- eristeinen alumiinivoimakaapeli), jossa on sama johdinmateriaali- ja poikkipinta kuin liittymisjohdossa. Kyseinen kaapeli mahdollistaa pääsulakekoon kasvattamisen ja autotallin huipputehon kasvattamisen esim. sähköautolatauksen seurauksena.

Autotallin nousujohdon kuormitettavuuden tarkastaminen tapahtuu samalla tavalla kuin liittymisjohdolla ja asennusolosuhteet on aivan samat, eli asennustavat D, B ja C. Koska autotallin nousujohdon eristemateriaali on liittymisjohdosta poiketen PVC-muovi, katsotaan kuormitettavuudet taulukosta (SFS 600-1 2012, B.52.2)

Asennustapa D, korjattu kuormitettavuus on  $100 \text{ A} \times 1 \times 0,75 = 75 \text{ A}$

Asennustapa B, kuormitettavuus 66 A

Asennustapa C, kuormitettavuus 77 A

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että pienin autotallin ryhmäkeskuksen syöttökaapelin AMCMK 4x25+16 kuormitettavuus on 66 A. Taulukon (SFS 600-1 2012, C.52.1) mukaan kaapelin kuormitettavuus riittää 3x50 A sulakkeille, ja tähän rajoittuu myös suurin mahdollinen pääsulakekoko, ellei autotallin nousujohdon suojausta hoideta erillisillä sulakkeilla.

## 5.5 Vikasuojaus

SFS 6000 standardin mukaan vikasuojauksen toimivuus on varmistettava suunnittelu- vaiheessa. Syötön automaattisessa poiskytkennässä pyritään katkaisemaan vikaantunut virtapiiri niin nopeasti, ettei siitä aiheudu vaaraa.

SFS 6000:n (kohta 411.3.2.3) mukaan TN- järjestelmässä sallitaan pääjohdoille korkeintaan 5 sekunnin poiskytkentäaika. SFS 6000:ssa (taulukossa 41.1) on esitetty korkeintaan 32 A suojalaitteella suojatuille ryhmäjohdoille suurimmat sallitut poiskytkentäajat, jossa TN- järjestelmän suurin sallittu poiskytkentäaika on 0,4 sekuntia (vaihtojännite  $120V < U_0 \leq 230V$ ).

Suojausehtojen toteutumisen tarkastamiseksi on selvitettävä pienin sallittu oikosulkuvirran arvo, jolla valittu suojalaite toimii vaaditussa ajassa. Oikosulkuvirta voidaan laskea melko tarkasti käyttämällä tarkoitukseen kehitettyjä laskentaohjelmia, tällöin on huomioitava myös oikosulkuvirran vaihekulma. Käytännössä laskennassa voidaan tehdä joitakin yksinkertaistuksia, joista tärkein on osaimpedanssien laskeminen aritmeettisesti yhteen, jolloin todellinen impedanssi on aina laskettua arvoa pienempi ja vikavirta siten suurempi. Menetelmä on käyttökelpoinen, koska virheet tapahtuvat aina turvalliseen suuntaan, mutta ei sovellu todellista pienemmän virran vuoksi muiden oikosulkuvirtojen määrittämiseen. /2, s.94–95./

Yksivaiheista oikosulkuvirtaa laskettaessa voidaan käyttää kaavaa 4:

$$I_k = \frac{(c \times U)}{(\sqrt{3} \times Z)} \quad (4)$$

$I_k$  = pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

$c = 0,95$ ; läpimenohäviökerroin, jännitteen alenema liittimissä, sulakkeissa tms.

$U$  = pääjännite (V)

$Z$  = virtapiirin kokonaisimpedanssi ( $\Omega$ )

/2, s.94–95./

**TAULUKKO 4. Pienimmät toimintavirrat gG- sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot. /18./**

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

Tarkastetaan automaattisen poiskytkennän toteutuminen pääsulakkeilla vertaamalla verkkoyhtiö Elenian ilmoittamaa liittymän yksivaiheista oikosulkuvirtaa ( $I_k = 976$  A) gG- sulakkeen vaatimaan toimintavirtaan. Liittymän valittu pääsulakekoko on 3x25 A ja suurin mahdollinen pääsulakekoko on 3x50 A. Taulukosta 4, 50 A gG- sulake vaatii vähintään 250A oikosulkuvirran viiden sekunnin poiskytkentäajalla.

$976$  A >  $250$  A, automaattinen poiskytkentä toteutuu.

Autotallin ryhmäkeskuksen automaattisen poiskytkennän tarkastamiseksi täytyy selvittää oikosulkuvirta ( $I_k$ ) tallin ryhmäkeskuksella. Selvitetään virtapiirin kokonaisimpedanssi ( $Z$ ) ryhmäkeskuksella, joka on yksinkertaistettuna pääkeskuksen oikosulkuvirrasta laskettu verkon impedanssin ( $Z_{\text{verkko}}$ ) ja autotallin nousujohdon impedanssin ( $Z_n$ ) summa.



$$Z_{verkko} = \frac{(0,95 \times 400 V)}{(\sqrt{3} \times 976 A)} = 0,225 \Omega$$

Selvitetään autotallin AMCMK 4x25+16 nousujohdonjohdon impedanssi  $Z_n$ . Asemapiirustuksesta arvioituna nousujohdon pituus on 34 metriä. D1-2012 (taulukosta 41.6), 4x25 mm<sup>2</sup> alumiinijohtimen likimääräinen impedanssi 80 °C johdinlämpötilassa on 1,492 Ω/km ja 16 mm<sup>2</sup> kuparijohtimen impedanssi on 1,418 Ω/km.

$$Z_n = (1,492+1,418) \Omega/\text{km} \times 0,034 \text{ km} = 0,099 \Omega$$

$$Z = 0,225 \Omega/\text{km} + 0,099 \text{ km} = 0,324 \Omega$$

$$I_k = \frac{(0,95 \times 400 V)}{(\sqrt{3} \times 0,324 \Omega)} = 677 A$$

677 A > 250 A, automaattinen poiskytkentä toteutuu.

Ryhmäjohtojen vikasuojaus voidaan tarkastaa määrittämällä pienin oikosulkuvirta ryhmäjohtoon päässä ja vertaamalla sitä kyseisen ryhmän johdonsuojan pienimpään toimintavirtaan. Tarkastus suoritetaan jokaisen keskuksen kaikkien erilaisten suojalaitteiden hankalimmista ryhmistä. Toinen tapa ryhmäjohtojen vikasuojauksen toimivuuden tarkastamiseen on suurimman sallitun johtopituuden määrittäminen eri suojalaitteille. Suurinta sallittua johtopituutta verrataan suojauksen kannalta hankalimpaan virtapiiriin. /2, s. 94–96./

Suurin sallittu johtopituus saadaan laskettua kaavasta 5:

$$l_{max} = \left\{ \frac{(c \times U)}{(\sqrt{3} \times I_k)} - Z_v \right\} / (2 \times Z) \quad (5)$$

$l_{max}$  = johtopituus (km)

$c = 0,95$ ; läpimenohäviökerroin, jännitteen alenema liittimissä, sulakkeissa tms.

$U$  = pääjännite (V)

$I_k$  = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän (A)

$Z_v$  = impedanssi ennen suojalaitetta (Ω)

$Z =$  suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

/2, s. 96./

**TAULUKKO 5. Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot. /18./**

Nimellis- virta A	B-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Tarkastin ryhmäjohtojen vikasuojauksen johtopituuden laskentamenetelmällä. Esimerkiksi talossa pistorasiaryhmä on kaapeloitu MMJ  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$  ja suojattu johdonsuojalla C 16 A. D1-2012 (taulukosta 41.6),  $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$  kuparijohtimen likimääräinen impedanssi  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  johdinlämpötilassa on  $8,77 \text{ } \Omega/\text{km}$ . Taulukosta 5 katsomalla pienin toimintavirta kyseiselle johdonsuojakatkaisijalle on 160 A.

$$l_{max} = \frac{\{(0,95 \times 400 \text{ V}) - 225 \text{ } \Omega\}}{(\sqrt{3} \times 160 \text{ A})} / \left(2 \times \frac{8,77 \text{ } \Omega}{\text{km}}\right) = 0,065 \text{ km}$$

Laskelman mukaan suurin sallittu johtopituus talossa C 16 A johdonsuojalla suojattuna on 65 metriä. Vahvavirta tasopiirustuksesta arvioituna pisin kyseisellä johdonsuojalla suojattu ryhmäjohto on keittiön pistorasia, johtopituus 40 metriä.  $40 \text{ m} < 65 \text{ m}$ , suojaus toteutuu.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että pääjohtojen automaattinen poiskytkentä vaaditussa viidessä sekunnissa toteutuu vaikka pääsulakekokoa kasvatettaisiin maksimaaliseen 50 ampeeriin, johon autotallin nousujohton kuormitettavuus sen rajoitti. Itse asiassa oikosulkuvirta on sekä pääkeskuksella että ryhmäkeskuksella riittävä myös 0,4 sekunnin poiskytkentäaikaan.

Ryhmäjohtojen poiskytkentä 0,4 sekunnissa toteutuu. Suojauksen toimivuus on tarkastettu kaikille johdonsuojakytintyytypeille johtopituuden laskentamenetelmällä. Lisäksi pistorasiaryhmät on suojattu vikavirtasuojakytkimellä, joka hoitaa nopean syötön poiskytkennän.

## **6 SUUNNITTELUN TUOTOKSET**

### **6.1 Dokumentit**

Suunnittelutyö tuotti seuraavat dokumentit:

- maadoituskaavio
- asemapiirustus
- tasopiirustus vahvavirta talo
- tasopiirustus heikkovirta talo
- tasopiirustus vahvavirta talli
- pääkeskuskaavio (talo)
- ryhmäkeskuskaavio (talli)
- sähkötyöselitys
- valaisinluettelo
- suojausvaatimuslaskelmat.

Dokumenttien ylläpidosta tilaajan kanssa on sovittu, että piirustuspäivitykset asennuksen mukaiseksi kuuluu sähköurakoitsijan tehtäväksi.

Dokumenttien luovutus toimeksiantajalle sovittiin toteutettavaksi sähköpostin välityksellä alkuperäisessä dwg- tai word- muodossa sekä pdf muotoon muunnettuna. Luovutustapa koettiin kaikille osapuolille helpoimmaksi ja nopeimmaksi. Kaikki dokumentit on luovutettu toimeksiantajalle pois lukien suojausvaatimuslaskelmat, jotka ovat vielä omassa arkistoinnissani. Toimeksiantajalle kuuluu dokumenttien työnaikaisten kopioiden teettäminen sekä lopullinen säilytys.

## 6.2 Valitut komponentit

Pääkeskus, Ensto ESNV345-48 valikoitui talon mittaus- ja pääkeskukseksi. Se on IP20C- kotelointiluokan keskus, jonka sijaintipaikka on talon kuivassa teknisessä tilassa. Pääkeskuksen nimellisvirta mahdollistaa pääsulakekoon kasvattamisen 50 ampeeriin, joka on suurin mahdollinen sulakekoko, jonka autotallin nousujohdon kuormitettavuus mahdollistaa. Johdonsuojakatkaisijoita ja vikavirtakytkimiä on jo vakiona riittävästi sekä laajennustilaa löytyy. SLY- kytkennälle on tilanvaraus, jos sellaiselle joskus tarvetta ilmenee.

IT- kotelo, Ensto EST3.700/IT on valittu teleasennuskoteloksi, ja se on yhteensopivana asennettavissa suoraan pääkeskuksen alle, asennus erilleen on myös mahdollista. Pistorasialla varustetussa kotelossa on tilat puhelinrimalle tai – jaottimelle ja aktiivilaitteelle sekä paikat RJ45- liittimille. Jos IT- kotelo on asennettuna erilleen pääkeskuksesta, voi kotelon kaapelitilaan asentaa vaikkapa valokuitukaapelin päätteen.

Tallin ryhmäkeskus, Ensto EVS163.15T valikoitui autotallin ryhmäkeskukseksi. Se on IP34 kotelointiluokan ryhmäkeskus teräskotelossa. Valinnan perusteena on riittävä määrä suojakytkimiä, sopivan kompakti koko, kotelointiluokka ja kestävä teräskotelo. Vaikka ryhmäkeskus on suunniteltu asennettavaksi autotallin sisälle, olen halunnut kotelointiluokalla varautua roiskuvaan veteen, joka on todennäköistä esimerkiksi autonpesun yhteydessä. Rakennuttajan harrastuksia tietäen halusin nimenomaan valita teräksisen kotelomateriaalin muovisen sijasta, jotta se kestäisi työkalujen kolhaisua tms. aktiivista toimintaa tallitiloissa.

Valaisimet on esitetty valaisinluettelossa, joka on integroitu talon vahvavirta tasopiirustukseen. Valaisimia valittaessa on noudatettu rakennuttajan toiveita valaisintyyppistä ja pyritty mahdollisimman kattavasti arvioimaan soveltuvuus käyttökohteeseen. Kuitenkaan se ei todellisuudessa tarkoita, että lopullinen valaisin olisi luettelossa mainittu. Viimekädessä rakennuttaja voi vaihtaa valaisimen mielestään parempaan, kunhan sähköiset ominaisuudet ovat käyttöpaikkaan sopivat. Valaisimien valinnassa on huomioitu seuraavia seikkoja:

- toivottu tyyppi (pinta/ uppo, led, kuitu ym.)
- valonjakokuvio

- energiatehokkuus
- esteettisyys
- saatavuus
- hinta.

Asennustarvikkeet, talon sähköistyksen rakentamisessa käytettyjen asennustarvikkeiden valintaan en ole vaikuttanut millään tavalla, vaan se on ollut täysin rakennuttajan ja hänen valitsemansa urakoitsijan välinen asia.

### **6.3 Yhteenveto**

Asiakkaan ja kiinteistön tarpeiden täytyminen on todennettavissa vasta rakennuksen valmistuttua, kun tilojen käyttäjä on ehtinyt asettua ja saada käyttökokemusta sähköjärjestelmien toiminnasta. Asiakaspalautteen systemaattinen kerääminen on kanava saada tietoa sähköjärjestelmien tarkoituksenmukaisesta toiminnasta. Kehittyminen omassa suunnittelutyössä on mahdollista tämän arvokkaan palautteen kautta. Tiedustelin marraskuussa 2014 työn toimeksiantajalta palautetta talon sähköjärjestelmistä. Toimeksiantajan kertoman mukaan talo sähköisine järjestelmineen toimii hyvin, eikä mainittavia puutteita ole havaittu. Olen tyytyväinen tekemääni suunnittelutyöhön, en pelkästään toimeksiantajan palautteen perusteella, vaan myös siksi, että työn tekeminen kehitti omaa tietämystäni sähkösuunnittelusta ja aurinkosähköjärjestelmistä.

Aurinkosähköjärjestelmää ei ainakaan vielä ole hankittu. Aika sekä aurinkosähköjärjestelmien- ja energian hinta määrittelevät tuleeko kohteeseen myöhemmässä vaiheessa omaa sähkön pientuotantoa. Investointipäätöksen syntyyn voi vaikuttaa myös kiinteistöveron määräytymispolitiikka, mahdolliset avustukset ja aurinkosähkön syöttötariffi.

## **7 POHDINTA**

Heti suunnittelutyön alkumetreillä mielessäni heräsi kysymys siitä, kuinka suuri osa kiinteistöjen suunnittelusta vielä tehdään 2D:nä. Se, että tein talosuunnittelijan 2D-piirustuksista blokkeja omien sähköpiirustusten pohjiksi, ei tuntunut mitenkään mielekkäältä, varsinkaan kun olen tehnyt 3D- konesuunnittelua vuosituhannen ensimmäi-

sistä vuosista lähtien. Olen vakuuttunut siitä, että 3D- suunnittelun käyttö läpi kiinteistön suunnitteluketjun toisi monia etuja ja tämä pitäisi ehdottomasti olla myös pientalotasolla. Perustussuunnittelusta lähtevä mallinnus tulisi saattaa aina sisustussuunnittelutasolle saakka. Kiinteistön tulisi olla yksi ja ainut kokoonpanomalli, johon arkkitehti, LVI-, sähkö- ja sisustussuunnittelijat tuovat omat elementtinsä. 3D- mallinnus voisi tuoda seuraavia etuja eri suunnittelutahojen omiin 2D- piirustuksiin verrattuna:

- riskialttiiden rakennekohtien paljastuminen suunnitteluvaiheessa
- tarkempi tarjouslaskenta
- rakennustekniikan parempi yhteensopivuus
- esivalmistelun lisääntyminen
- helppolukuisemmat ja kattavammat työpiirustukset
- rakennusvirheiden väheneminen
- lyhyempi läpimenoaika
- hyödyt saneeraus- ja remonttisuunnittelussa
- apu kunnossapidossa ja korjauksissa
- markkinoinnille havainnollistavia malleja.

Suunnittelutyössä oikeastaan ainoaksi yllättäneeksi seikaksi nousi valaistuksen suunnittelu. Valaistuksen suunnitteluun ja valaisimien valintaan kului yllättävän paljon aikaa. Ajankulua selittää se tosiasia, etten ole valaistussuunnittelun ammattilainen, käytössäni ei ole ollut valaistuksen suunnitteluun apuohjelmia eikä käytössäni ole ollut valaisinkatalogeja. Valaistussuunnitteluohjelmat, kuten DIALux tai Oxytech Lites- tar olisivat helpottaneet ja varmistaneet valaistussuunnittelun onnistumista, mutta käytettävissä ollut aika ei antanut mahdollisuutta uusien ohjelmien opetteluun. Valaistussuunnittelun onnistumista arvioitaessa hankaluutena on, että tyytyväisyys voidaan todeta vasta rakennuksen valmistuttua. Mahdollisten korjaavien toimenpiteiden tekeminen on vähintäänkin hankalaa, joissain tapauksissa jopa mahdotonta.

Uusiutuvan energian hyödyntäminen kiinteistöissä tulee varmaankin lisääntymään kiihtyvällä tahdilla tulevaisuudessa. Aurinko tarjoaa suoraan yllemme ilmaista energiaa. Sen perusteella, mitä olen tätä työtä tehdessäni syventynyt aurinkoenergiaan, tulisi kaikkien kiinteistötyyppien suunnittelussa ja rakentamisessa ottaa huomioon passiivisen aurinkoenergian lisäksi aktiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen. Kiinteistöön ei valmistumisvaiheessa vielä tarvitse investoida aktiivisen aurinkoenergian hyödyntä-

mislaitteistoa, mutta jos valmiudet on jo valmiiksi suunniteltu, voisi kynnsy laitteis-  
toinvestointiin olla matalampi. Aurinkopaneelien hintojen laskiessa alkaa olla hy-  
vinkin harkitsemisen arvoista, voisiko niitä käyttää vaikkapa saneerauskohteissa osana  
julkisivurakenteita, esimerkkinä vaikka parvekeremontin yhteydessä kaiteiden kor-  
vaaminen aurinkopaneeleilla.

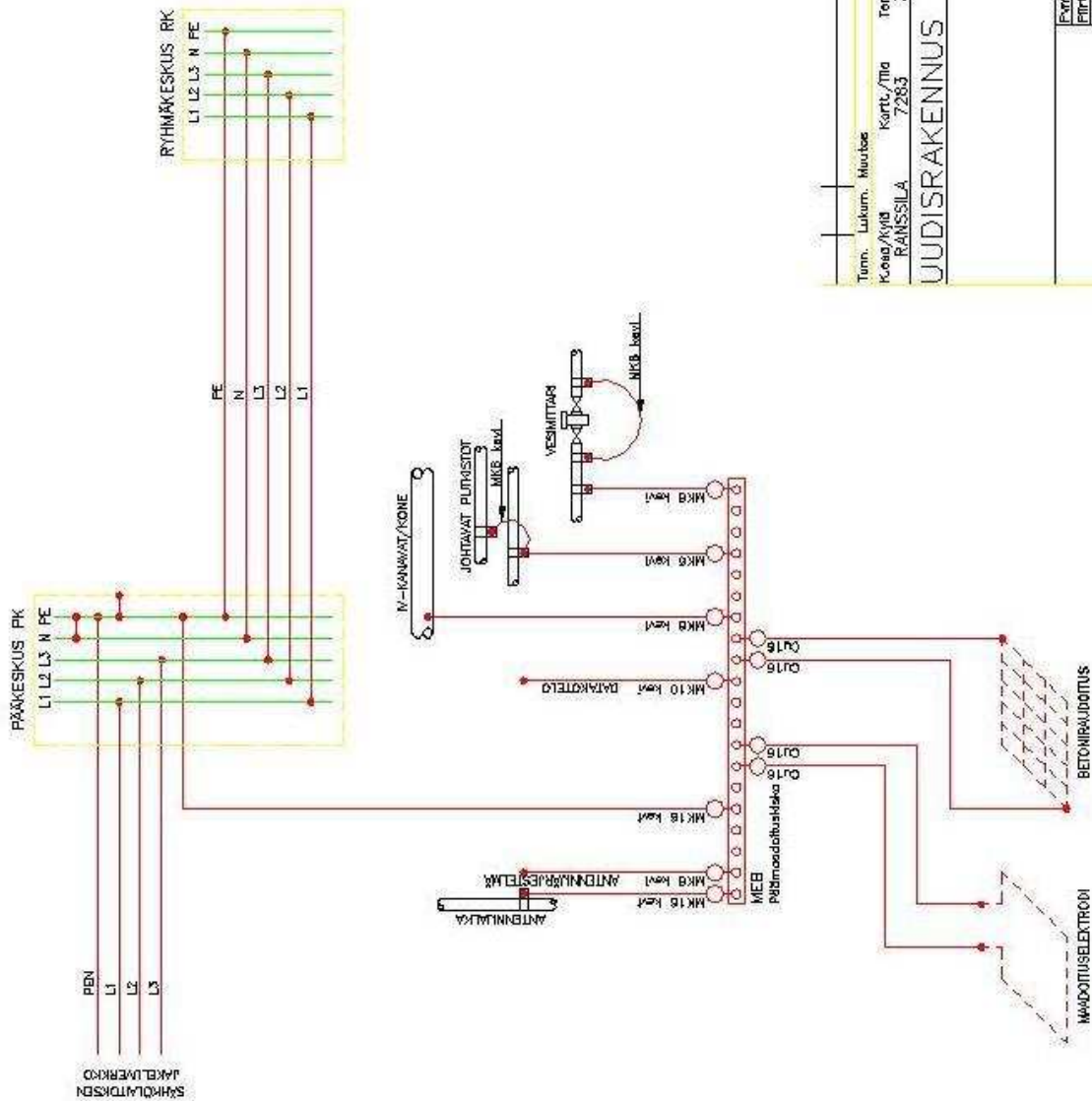
Keskustelin keväällä 2013 aurinkosähköjärjestelmätarjouksen tehneen yrityksen edus-  
tajan kanssa aurinkosähkön käyttämisestä varavoimana verkkohäiriön aikana. Keskus-  
teluissa ilmeni, että heidän edustamansa invertterit eivät mahdollistaneet kyseistä toi-  
mintaa (saarekesyötön esto), vaan laite katkaisee virransyötön keskukselle heti, jos  
verkkosähkö tippuu pois. Esitin varavoimakytkintä ja muutosta invertterin ohjaukseen,  
jotta kiinteistö voitaisiin kytkeä luotettavasti irti valtakunnanverkosta häiriötilanteessa  
ja invertteri syöttäisi itsenäisesti virtaa kiinteistön omaan sähköjärjestelmään. Yrityk-  
sessä oli jo tiedostettu kyseinen seikka, ja neuvottelut laitetoimittajan kanssa oli käyn-  
nistetty. Mikäli mahdollisuus aurinkosähkön suoralle varavoimakäytölle tulee, voi se  
olla avuksi poikkeustilanteissa, kuten esimerkiksi 2010- Asta myrskyn aiheuttamassa  
laajassa sähkökatkossa. Varavoimankäytöstä on muistettava tehdä ilmoitus verkkoyh-  
tiölle vaaratilanteiden välttämiseksi.

**LÄHTEET**

1. Aurinko-opas.  
Aurinkoteknillinen Yhdistys ry. 2008.
2. D1-2012 käsikirja rakennusten sähköasennuksista.  
Sähkö ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
3. Elenia Oy. Muutokset sähköliittymään. Yrityksen verkkosivut.  
[http://www.elenia.fi/sahko/liittyman\\_muutokset](http://www.elenia.fi/sahko/liittyman_muutokset)  
Ei päivitystietoa. Luettu 16.11.2014.
4. Elenia Oy. Palvelut urakoitsijalle. Yrityksen verkkosivut.  
[http://www.elenia.fi/sahko/tietoa\\_urakoitsijalle](http://www.elenia.fi/sahko/tietoa_urakoitsijalle)  
Ei päivitystietoa. Luettu 16.11.2014.
5. Elenia Oy. Sähkönkäyttöpaikkojen liittymishinnasto 1.1.2013. Verkkodokumentti.  
[http://www.elenia.fi/sites/default/files/Liittymishinnasto\\_4.pdf](http://www.elenia.fi/sites/default/files/Liittymishinnasto_4.pdf)  
Päivitetty 10.1.2014. Luettu 16.11.2014.
6. Elenia Oy. Verkkopalveluhinnasto 1.1.2014. Verkkodokumentti.  
[http://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Verkkopalveluhinnasto\\_01012014\\_web.pdf](http://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Verkkopalveluhinnasto_01012014_web.pdf)  
Päivitetty 18.3.2014. Luettu 16.11.2014.
7. Engineering.com Library. Verkkosivut.  
<http://www.engineering.com/SustainableEngineering/RenewableEnergyEngineering/SolarEnergyEngineering/Photovoltaics/tabid/3890/Default.aspx>  
Ei päivitystietoa. Luettu 16.11.2014.
8. EPIA (European Photovoltaic Industry Association). Järjestön verkkosivut.  
<http://www.epia.org/news/publications/>  
Ei päivitystietoa. Luettu 26.10.2014.
9. Kymdata Oy. Yrityksen verkkosivut.  
<http://www.cads.fi/fi/Oppilaitoksille/Opiskelijalisenssi/>  
Ei päivitystietoa. Luettu 2.3.2014.
10. Motiva Oy. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Yrityksen verkkosivut.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa)  
Päivitetty 12.5.2014. Luettu 16.11.2014.
11. Motiva Oy. Auringosta lämpöä ja sähköä. Verkkodokumentti.  
[http://www.motiva.fi/files/6137/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa2012.pdf](http://www.motiva.fi/files/6137/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa2012.pdf)  
Päivitetty 31.8.2012. Luettu 16.11.2014.
12. Motiva Oy. Auringosta sähköä. Yrityksen verkkosivut.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)  
Päivitetty 12.5.2014. Luettu 16.11.2014.

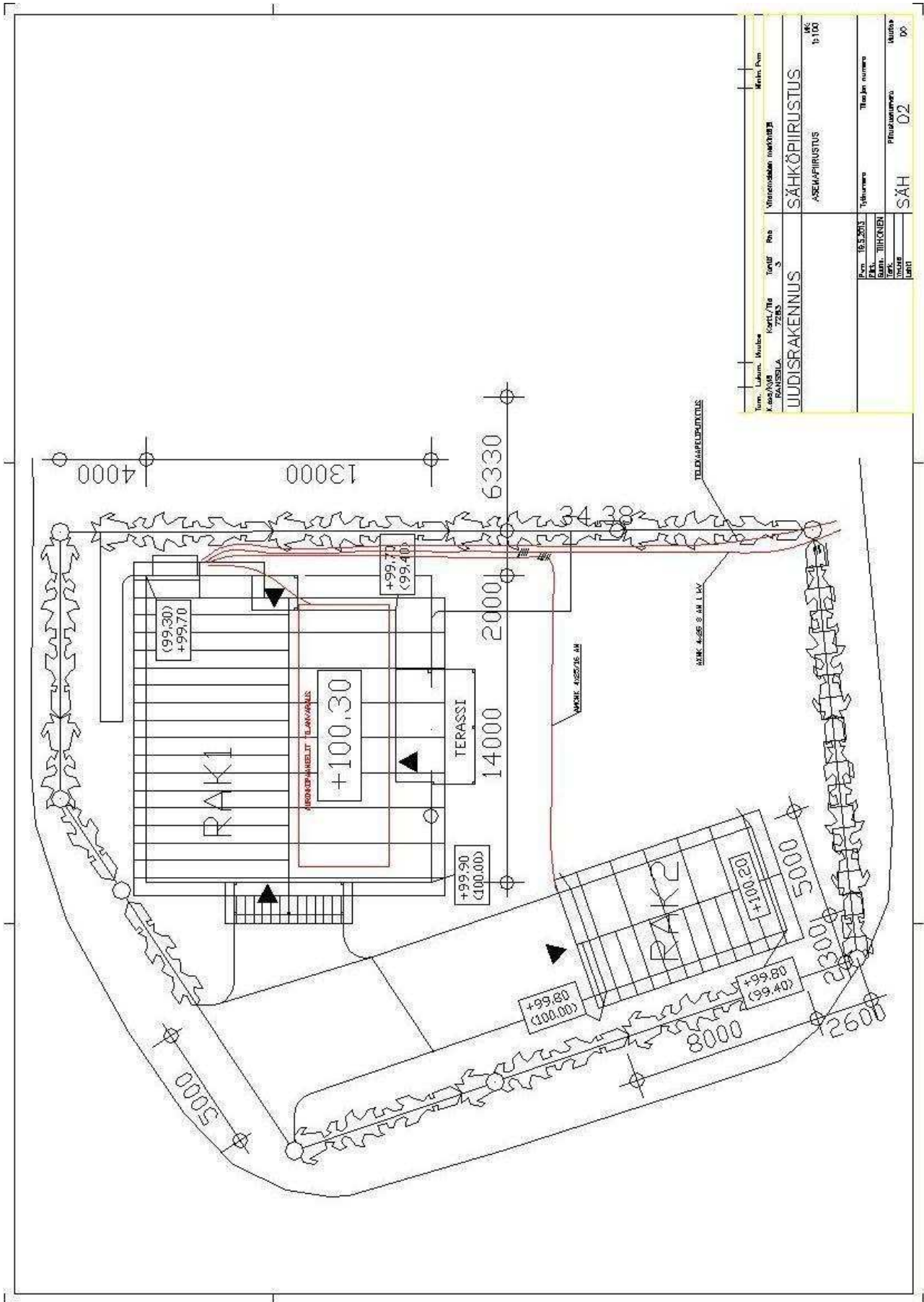


13. Motiva Oy. Aurinkoenergia. Yrityksen verkkosivut.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia)  
Päivitetty 11.2.2009. Luettu 16.11.2014.
14. Motiva Oy. Ylijäämäsähkön myynti. Yrityksen verkkosivut.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijaamasahkon\\_myynti](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti)  
Päivitetty 12.5.2014. Luettu 16.11.2014.
15. PVGIS- Joint Research Centre. Verkkójulkaisu.  
[http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu\\_cmsaf\\_opt/PVGIS\\_EU\\_201204\\_publication.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_cmsaf_opt/PVGIS_EU_201204_publication.png)  
Päivitetty 5.9.2012. Luettu 26.10.2014.
16. SFS käsikirja 600-1 osa 1: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset.  
Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2012.
17. ST- kortisto. ST 13.31 rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen.  
Päivitetty 15.4.2001.  
Sähkötieto ry.
18. ST- kortisto. ST 53.25 ohjeita vikasuojauksesta enintään 1000 V TN- järjestelmässä.  
Päivitetty 29.8.2012.  
Sähkötieto ry.



Tunn.	Lukum.	Muutos	Karttu/Mla	Tontti	Rno	Minim. Pvm
			7283	3		
Maanmittauslaitoksen merkintäoppi						
UUDISRAKENNUS						
SÄHKÖPIIRUSTUS						
MAADOITUSKAAVIO TN-S JÄRJESTELMÄ 4-JOHTIMINEN LIITTYMISJOHTO						
MK: 1:1						
Työnumero						
Töölön numero						
Pihustatusnumero						
SÄH 01						
Muuksa						
00						

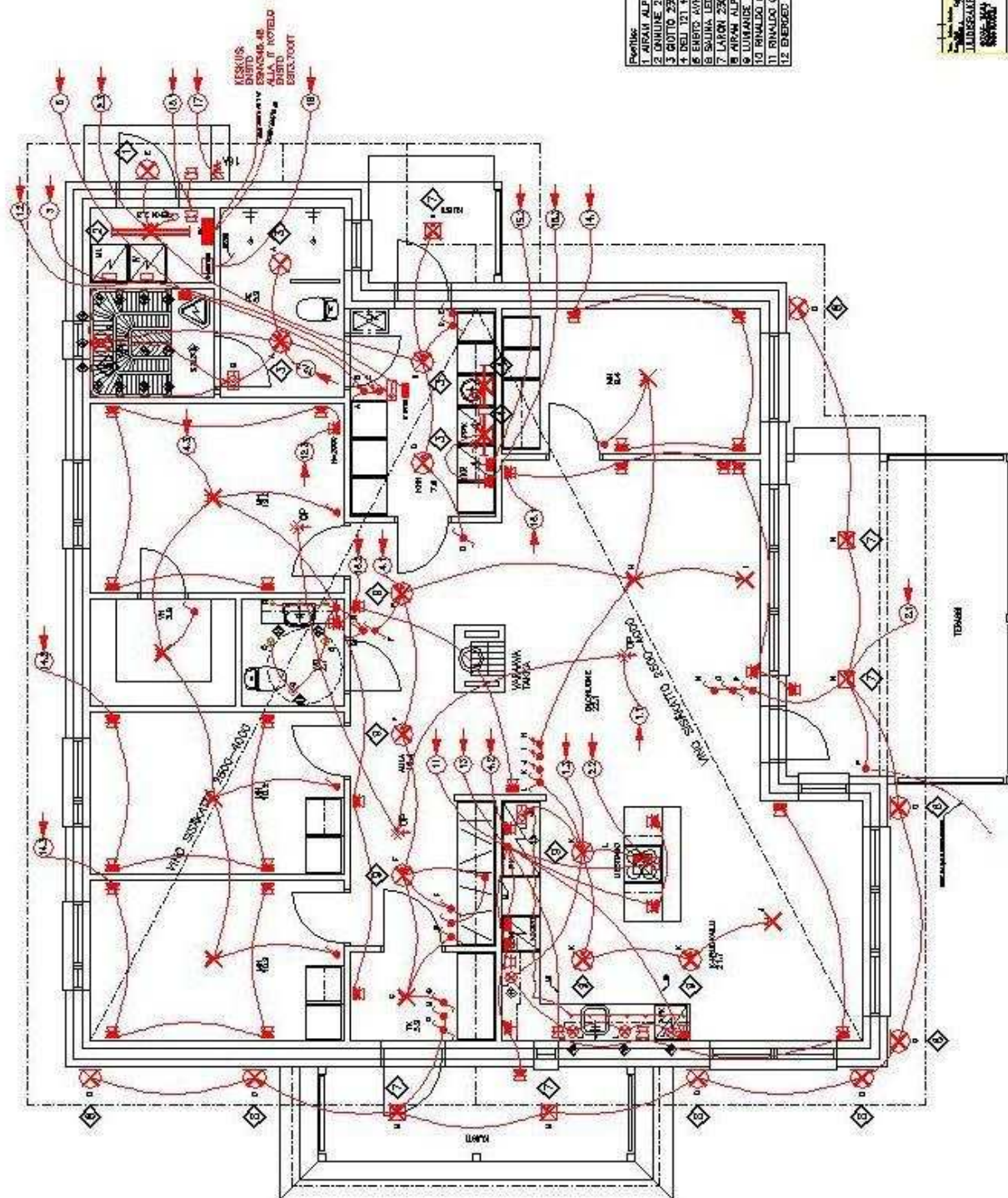
W



Yhtiö / Luoma / Koulutus KANSALLINEN KANSALLINEN	Projektin / Tila 72253	Projektin / Tila 3	Viiteviite / Viite SÄHKÖPIIRUSTUS	Merkin / Pöytä 1/100
UUDISRAKENNUS		SÄHKÖPIIRUSTUS		
		ASEMPIIRUSTUS		
Päivä / 19.5.2013		Tilauksen / SÄH		02
Käyttökäyttö / SÄHKÖPIIRUSTUS		Tilauksen / SÄHKÖPIIRUSTUS		00
Tilaajan / KANSALLINEN		Tilauksen / SÄHKÖPIIRUSTUS		00
Tilaajan / KANSALLINEN		Tilauksen / SÄHKÖPIIRUSTUS		00
Tilaajan / KANSALLINEN		Tilauksen / SÄHKÖPIIRUSTUS		00

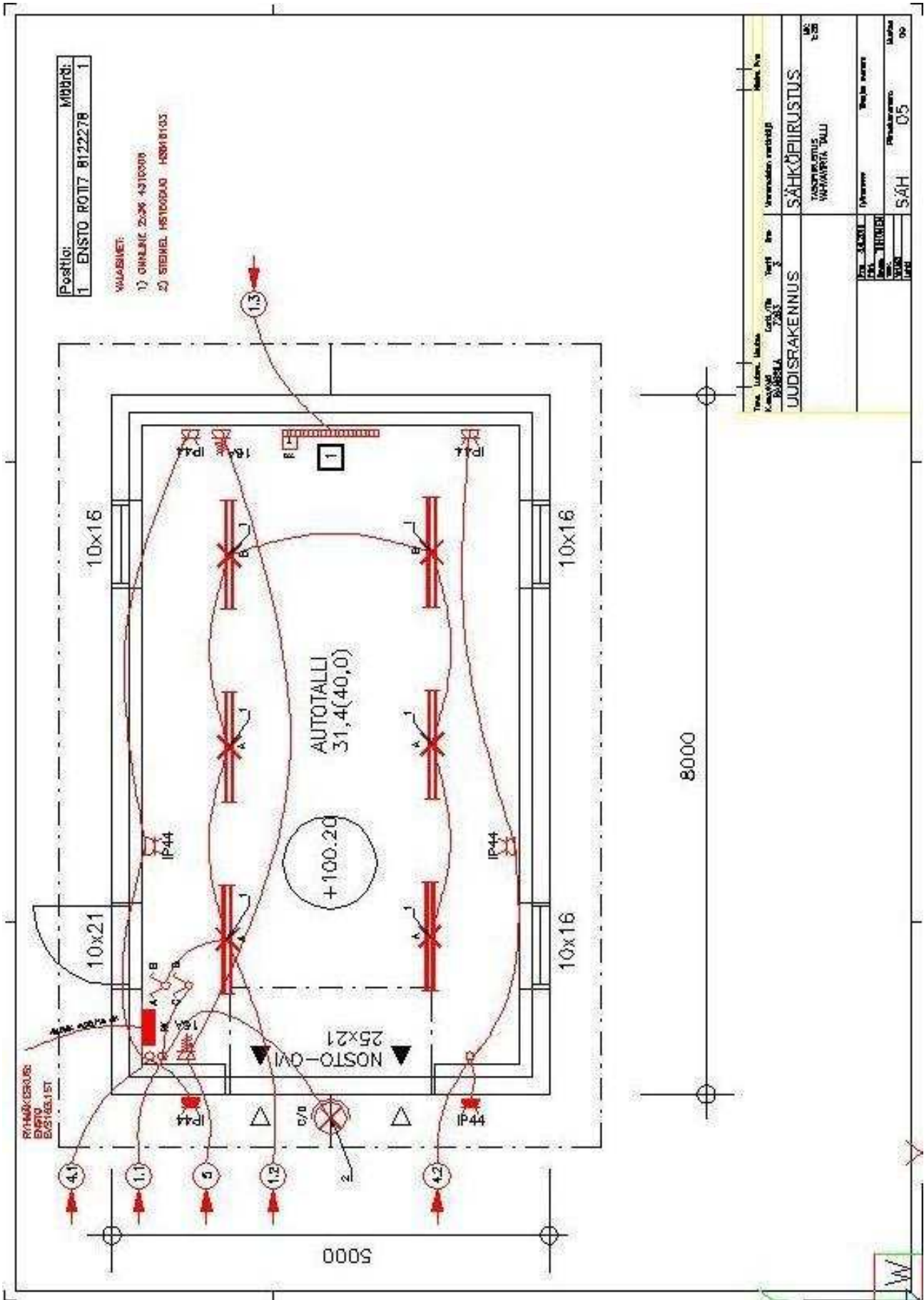
Proj. Numb.	524
Proj. Nimi	REKONSTR. JA REMONTI TEGEMINE
Proj. Seisund	ESMASEKTUUR
Proj. Tegija	SEADUSTEADLUS
Proj. Tegija Reg. Numb.	REKONSTR. JA REMONTI TEGEMISE
Proj. Tegija Reg. Numb.	SEADUSTEADLUS

Numbrik	LIIDRIPS
1	APKAT ALPILA 4107928
2	APKAT ALPILA 4109308
3	APKAT 225 41272858
4	EBRIS APKAT 4117144
5	SAHVA LENT
6	LARON 2260230
7	APKAT ALPILA 4107271
8	LUMARIDE 186 4276803
9	RINALDO GT-3710 4184101
10	RINALDO GT-3720 4194307
11	ENERGED SIRP 4118478
12	ENERGED SIRP 4118478





Tasopiirustus vahvavirta talli



Alueuusiokas, lähtökuvio ja -mittasuunnitelma ja sähkösuunnitelma. Osi valokuvat.

**PELJL 30K**

Kanta	Hinnitys	M <sup>2</sup> /A	Laji	mm <sup>2</sup>
L1	MÄLÄMÄ	020		
L2	MÄLÄMÄ	020		
L3	MÄLÄMÄ	020		
L4	MÄLÄMÄ	020		
L5	MÄLÄMÄ	020		
C10	MÄLÄMÄ	020		
C11	MÄLÄMÄ	020		
C12	MÄLÄMÄ	020		
C13	MÄLÄMÄ	020		
C14	MÄLÄMÄ	020		
C15	MÄLÄMÄ	020		
C16	MÄLÄMÄ	020		
C17	MÄLÄMÄ	020		
C18	MÄLÄMÄ	020		

Kaavoitus- ja suunnitteluseura

Projekti: **PELJL 30K + KONEPANELOIDU**

Käsitellyn sähk.

**NETUUSKESKUS 10K**

**PELJL 30K**

Projekti: **PELJL 30K + KONEPANELOIDU**

Käsitellyn sähk.

**NETUUSKESKUS 10K**

**ENSTO**  
ENSTO FINLAND OY  
Pääkeskus | 00700 HELSINKI  
puh. 020 72 71 fax 020 72 7001

Mittakaava: 1:500  
Laji: 10K  
Leveys: 5  
Lähtö: 5

Alueuusiokas, lähtökuvio ja -mittasuunnitelma ja sähkösuunnitelma. Osi valokuvat.

**PELJL 50K**

Kanta	Hinnitys	M <sup>2</sup> /A	Laji	mm <sup>2</sup>
L1	MÄLÄMÄ	020		
L2	MÄLÄMÄ	020		
L3	MÄLÄMÄ	020		
C10	MÄLÄMÄ	020		
C11	MÄLÄMÄ	020		
C12	MÄLÄMÄ	020		
C13	MÄLÄMÄ	020		
C14	MÄLÄMÄ	020		
C15	MÄLÄMÄ	020		
C16	MÄLÄMÄ	020		
C17	MÄLÄMÄ	020		
C18	MÄLÄMÄ	020		

**Keskukseen osennustavot:**

1. Pintaaosennus, keskus kiinnitetään seinälle kotelon pohjassa olevista reikistä.
2. Uppoosennus, upotusryvyys noin 80 mm.

- keskus kiinnitetään pystypuuhin kotelon sivussa olevista esineistä

**JOS Kytetään putketonta uppoosennusta:**  
varustetaan kaapelin vedenpitävä kiinnitys TC-kiinnikkeillä keskuksen yläpuolelta lähelle loppua

**ESL 3.02 uppoosennuspakkous**

- laakiorivikeinu, savotavaan myös kulokirjainpakkouksella ESL 3.02, jotta ovulla keuhka voidaan kiinnittää suoraan etästä pystypuuhin

**Keskukseen rakennel:**

- Keskukseen ylipääty
- Plenet esineistä keskuksen kiinnitys pystypuuhin
- Keskukseen alopääty

**Keskukseen läpiviennit/loppo, putkille ja kaapeleille:**

- looppaan on putkella 13 kpl 30 mm putkella, 2 kpl 25 mm putkella ja 1 kpl 32 mm putkella
- looppaan voi irrottaa kovan muoviputken, alumiiniputken ja kovan muoviputken, jolloin voidaan käyttää kaapelin kiinnittämiseen kielen pyysäyksen varmistukseen
- looppaan putkille / kaapelukoukussa on kaivovierite, josta voidaan ottaa kaapelin kiinnitysputkella ja työntää se kaapeli / johdot sen läpi

<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>PVN</b>	<b>PVN</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Tuuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>

**ESL 3.02 uppoosennuspakkous**

- laakiorivikeinu, savotavaan myös kulokirjainpakkouksella ESL 3.02, jotta ovulla keuhka voidaan kiinnittää suoraan etästä pystypuuhin

**Keskukseen rakennel:**

- Keskukseen ylipääty
- Plenet esineistä keskuksen kiinnitys pystypuuhin
- Keskukseen alopääty

**Keskukseen läpiviennit/loppo, putkille ja kaapeleille:**

- looppaan on putkella 13 kpl 30 mm putkella, 2 kpl 25 mm putkella ja 1 kpl 32 mm putkella
- looppaan voi irrottaa kovan muoviputken, alumiiniputken ja kovan muoviputken, jolloin voidaan käyttää kaapelin kiinnittämiseen kielen pyysäyksen varmistukseen
- looppaan putkille / kaapelukoukussa on kaivovierite, josta voidaan ottaa kaapelin kiinnitysputkella ja työntää se kaapeli / johdot sen läpi

**ESL 3.02 uppoosennuspakkous**

- laakiorivikeinu, savotavaan myös kulokirjainpakkouksella ESL 3.02, jotta ovulla keuhka voidaan kiinnittää suoraan etästä pystypuuhin

**Keskukseen rakennel:**

- Keskukseen ylipääty
- Plenet esineistä keskuksen kiinnitys pystypuuhin
- Keskukseen alopääty

**Keskukseen läpiviennit/loppo, putkille ja kaapeleille:**

- looppaan on putkella 13 kpl 30 mm putkella, 2 kpl 25 mm putkella ja 1 kpl 32 mm putkella
- looppaan voi irrottaa kovan muoviputken, alumiiniputken ja kovan muoviputken, jolloin voidaan käyttää kaapelin kiinnittämiseen kielen pyysäyksen varmistukseen
- looppaan putkille / kaapelukoukussa on kaivovierite, josta voidaan ottaa kaapelin kiinnitysputkella ja työntää se kaapeli / johdot sen läpi

<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>PVN</b>	<b>PVN</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Tuuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>
<b>Kuusi-ohjeikkie</b>	<b>Puuhuusi-ohjeikkie</b>	<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>		<b>Yhteystietie</b>	<b>Yhteystietie</b>



<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Säätökeskusten nim. ja kuvaus</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">EN 60 439-1 ja EN 60 439-3</td> </tr> <tr> <td>Typpi</td> <td>60 180.101</td> </tr> <tr> <td>BSTL nro</td> <td>64-489 1B</td> </tr> <tr> <td>DIN nro</td> <td>64-188 77-489 224</td> </tr> <tr> <td>Nimistöyksikö</td> <td><math>I_n</math></td> <td>60</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Nimistöyksikö</td> <td><math>I_n (4,5)</math></td> <td>400</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Kohotusyksikö</td> <td></td> <td>F 34</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Liityntäyksikö</td> <td></td> <td></td> <td>1kW</td> </tr> <tr> <td>Uusuu</td> <td></td> <td>0</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Nimistöyksikö, p/nto</td> <td><math>I_n</math></td> <td>100 A</td> <td>max.</td> </tr> <tr> <td>Tennin nimistöyksikö</td> <td><math>I_n</math></td> <td>&lt; 10 kA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nimistöyksikö</td> <td>4,00</td> <td>varokk./väh.</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>varokk.</td> <td>0,0</td> <td>varokk./väh.</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>varokk.</td> <td>0,0</td> <td>varokk./väh.</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Nimistöyksikö</td> <td>00 Hz</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Suojaa</td> <td>Stojsuojatka 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Uusuu</td> <td>TR - Järjestelmä</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Yhteystiedot</td> <td colspan="3">Hämoski, katu 6.1. ruokailu</td> </tr> <tr> <td>DNC-käyttölupakissa</td> <td colspan="3">A ja B</td> </tr> </table>	EN 60 439-1 ja EN 60 439-3		Typpi	60 180.101	BSTL nro	64-489 1B	DIN nro	64-188 77-489 224	Nimistöyksikö	$I_n$	60	A	Nimistöyksikö	$I_n (4,5)$	400	V	Kohotusyksikö		F 34		Liityntäyksikö			1kW	Uusuu		0	kg	Nimistöyksikö, p/nto	$I_n$	100 A	max.	Tennin nimistöyksikö	$I_n$	< 10 kA		Nimistöyksikö	4,00	varokk./väh.	0,7	varokk.	0,0	varokk./väh.	0,0	varokk.	0,0	varokk./väh.	0,0	Nimistöyksikö	00 Hz			Suojaa	Stojsuojatka 1			Uusuu	TR - Järjestelmä			Yhteystiedot	Hämoski, katu 6.1. ruokailu			DNC-käyttölupakissa	A ja B																				
EN 60 439-1 ja EN 60 439-3																																																																																							
Typpi	60 180.101																																																																																						
BSTL nro	64-489 1B																																																																																						
DIN nro	64-188 77-489 224																																																																																						
Nimistöyksikö	$I_n$	60	A																																																																																				
Nimistöyksikö	$I_n (4,5)$	400	V																																																																																				
Kohotusyksikö		F 34																																																																																					
Liityntäyksikö			1kW																																																																																				
Uusuu		0	kg																																																																																				
Nimistöyksikö, p/nto	$I_n$	100 A	max.																																																																																				
Tennin nimistöyksikö	$I_n$	< 10 kA																																																																																					
Nimistöyksikö	4,00	varokk./väh.	0,7																																																																																				
varokk.	0,0	varokk./väh.	0,0																																																																																				
varokk.	0,0	varokk./väh.	0,0																																																																																				
Nimistöyksikö	00 Hz																																																																																						
Suojaa	Stojsuojatka 1																																																																																						
Uusuu	TR - Järjestelmä																																																																																						
Yhteystiedot	Hämoski, katu 6.1. ruokailu																																																																																						
DNC-käyttölupakissa	A ja B																																																																																						
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Päivitys</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Muutokset</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p>	<p>Muutos B, 12.01.2012</p> <p>Uudistettu vikavirtasuojajärjestelmä.</p> <p>Johdonsuojien jakoa muutettu.</p>																																																																																						
	<p>Käyttökäsi mukana toimitetaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kiinnityskorvakouso EFLL2.2D</li> <li>- mutkallista MG35 52453-13</li> </ul>																																																																																						
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Päivitys</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Muutokset</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p>		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Kaavio</th> <th>Nimitys</th> <th>A/A</th> <th>La</th> <th>mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Huonokajo</td> <td></td> <td></td> <td>AMEC 4x0,5/1,6</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>VALAISTUS UUNO</td> <td>D10</td> <td></td> <td>MMI 3x1,05</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>VALAISTUS SIIR</td> <td>D10</td> <td></td> <td>MMI 3x1,05</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>SIKOPATTER</td> <td>D10</td> <td></td> <td>MMI 3x1,05</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td>D16</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>PETROKAT "TU"</td> <td>D15</td> <td></td> <td>MMI 3x2,05</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>PETROKAT "LÄNSI"</td> <td>D15</td> <td></td> <td>MMI 3x2,05</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td>D10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>YDENVIRTAPISA</td> <td>D15</td> <td></td> <td>MMI 3x2,05</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td>D15</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Kaavio	Nimitys	A/A	La	mm <sup>2</sup>		Huonokajo			AMEC 4x0,5/1,6	L1	VALAISTUS UUNO	D10		MMI 3x1,05	L2	VALAISTUS SIIR	D10		MMI 3x1,05	L3	SIKOPATTER	D10		MMI 3x1,05	L1		D15			L2		D15			L3		D15			L1		D16			L2		D15			L3		D15			L1	PETROKAT "TU"	D15		MMI 3x2,05	L2	PETROKAT "LÄNSI"	D15		MMI 3x2,05	L3		D10			L1		D15			L2	YDENVIRTAPISA	D15		MMI 3x2,05	L3		D15		
Kaavio	Nimitys	A/A	La	mm <sup>2</sup>																																																																																			
	Huonokajo			AMEC 4x0,5/1,6																																																																																			
L1	VALAISTUS UUNO	D10		MMI 3x1,05																																																																																			
L2	VALAISTUS SIIR	D10		MMI 3x1,05																																																																																			
L3	SIKOPATTER	D10		MMI 3x1,05																																																																																			
L1		D15																																																																																					
L2		D15																																																																																					
L3		D15																																																																																					
L1		D16																																																																																					
L2		D15																																																																																					
L3		D15																																																																																					
L1	PETROKAT "TU"	D15		MMI 3x2,05																																																																																			
L2	PETROKAT "LÄNSI"	D15		MMI 3x2,05																																																																																			
L3		D10																																																																																					
L1		D15																																																																																					
L2	YDENVIRTAPISA	D15		MMI 3x2,05																																																																																			
L3		D15																																																																																					
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Päivitys</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Muutokset</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p>																																																																																							
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Päivitys</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Muutokset</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Käyttökäsi</p>	<p>1</p>	<p>1</p>																																																																																					

