



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Maatilan tekniset perusparannukset

Heikki Mannila

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2017  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

MANNILA, HEIKKI:  
Maatilan tekniset perusrannukset

Opinnäytetyö 78 sivua, joista liitteitä 11 sivua  
Huhtikuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää, miten työn kohteeksi valitun maatilan vanha päärakennus saadaan päivitettyä nykyaikaiset vaatimukset täyttäväksi sekä talotekniikaltaan että asumismukavuudeltaan kohteen erityispiirteet huomioon ottaen. Selvityksen perusteella laadittiin toteuttamiskelpoiset suunnitelmat. Lisäksi työssä perehdyttiin viljattilan sähkösuunnittelun erikoispiirteisiin, sekä sähköturvallisuuteen liittyviin seikkoihin.

Päärakennukseen suunniteltiin kohteeseen soveltuva lämmitysjärjestelmä. Lämmitysjärjestelmän lisäksi perehdyttiin hirsirakenteisen talon lisäeristämiseen ja siihen liittyviin ongelmakohtiin. Tämän lisäksi päärakennukseen tehtiin sähkösuunnitelmat, joissa kiinnitettiin huomiota rakennuksen iän tuomiin erityispiirteisiin. Tuotantorakennusten sähkösuunnittelussa kiinnitettiin huomiota voimassa oleviin määräyksiin, jotka ohjaavat maatilarakennusten sähkösuunnittelua ja asennustöitä.

Työn tuloksena saatiin valmiit suunnitelmat, joiden pohjalta voidaan kilpailuttaa erilliset kokonaisuudet ja toteuttaa sekä päärakennuksen että tuotantotilojen asennukset. Selvityksen perusteella todettiin, että päärakennuksen lämmitysjärjestelmäksi soveltuu parhaiten maalämpöjärjestelmä patteriverkostolla. Tuotantotilojen sähkösuunnitelmissa huomioidaan sekä nykyiset että tulevat laajennusten tarpeet.

---

Asiasanat: maatilan sähköt, maalämpö, lisäeristäminen, energiatehokkuus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering

MANNILA, HEIKKI:  
Technical Renovation of a Farmstead

Bachelor's thesis 78 pages, appendices 11 pages  
April 2017

---

The purpose of this thesis was to report how to restore the main building of a farmstead to reflect the modern requirements for both its electrical qualities and habitability while acknowledging the unique features of the building. A feasible draft was made based on this report and the fact that the farmstead was built for the intensive crop farming business. In addition the thesis handles some aspects concerning the special features related to electrical security and electrical designing.

The goal was, first of all, to design a heating system for the main building. The restoring plans included insulation of an old log house which was originally built in the beginning of the 20<sup>th</sup> century. The electrical designing was also done on basis of the special needs that the old main building had. When planning the electrical designing for the farmstead's production buildings it was necessary to clarify the guidelines that direct the process of restoring the farmstead's electrical designing and the installation work to meet the modern standards.

The plans that were the result of this thesis create a solid base on which the restoring process could begin on. Furthermore, it was clarified that the most suitable heating solution would be a radiator-based geothermal heating system. Potential future expansions were also observed in the electrical planning of the production buildings at the farmstead.

---

Key words: farmsteads electricity, geothermal heating, insulation, energy efficiency

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SUUNNITTELUN ERITYISPIIRTEET JA LÄHTÖKOHDAT.....	7
2.1	Lainsäädäntö ja määräykset.....	7
2.2	Hirsirakenteisen talon lisäeristys ja ongelmat.....	8
2.3	Vanhan rakennuksen sähköinen talotekniikka.....	10
2.4	Lämmitysjärjestelmät.....	11
2.5	Viljatilan sähköt.....	14
3	PÄÄRAKENNUKSEN RAKENTEET.....	17
3.1	Seinärakenteet.....	17
3.1.1	Nykyiset rakenteet.....	17
3.1.2	Muutokset.....	17
3.2	Ovet ja ikkunat.....	19
3.2.1	Nykyiset rakenteet.....	19
3.2.2	Muutokset.....	20
4	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ.....	21
4.1	Nykyiset lämmitysratkaisut.....	21
4.2	Lämmitysjärjestelmän mitoitus.....	22
4.2.1	Lämmönläpäisykertoimet.....	22
4.2.2	Lämmitystehontarve.....	23
4.2.3	Käyttövesi.....	24
4.2.4	Lämpöpumppu.....	24
4.3	Lämmönkeruupiiri.....	30
4.3.1	Vaakaputkisto.....	30
4.3.2	Lämpökaivo.....	33
4.4	Lämmönjako.....	36
4.4.1	Patteriverkosto.....	36
4.4.2	Pattereiden mitoitus.....	37
5	SÄHKÖSUUNNITTELU.....	40
5.1	Lähtökohdat ja havainnot.....	40
5.1.1	Yleistä.....	40
5.1.2	Havainnot.....	40
5.2	Keskusten ja syöttöjen mitoitus.....	45
5.2.1	Keskusten mitoitusteho ja sulakkeet.....	45
5.2.2	Kaapelit ja kaapelireitit.....	48
5.2.3	Jännitteenalenema.....	50
5.2.4	Oikosulkusuojaus.....	51

5.3	Päärakennus .....	53
5.3.1	Sähkösuunnitelmat .....	53
5.3.2	Antennijärjestelmä .....	54
5.3.3	ATK-järjestelmä.....	56
5.4	Tuotantotilat.....	56
5.5	Valvontajärjestelmä .....	57
6	POHDINTA.....	59
6.1	Talon rakenne .....	59
6.2	Lämmitysratkaisut .....	60
6.3	Sähköiset järjestelmät .....	61
	LÄHTEET.....	63
	LIITTEET .....	67
	Liite 1. Päärakennuksen pohjapiirros ja patteriverkosto. ....	67
	Liite 2. Maalämpö: vaakaputkistot ja lämpökaivot .....	68
	Liite 3. Kaapelireitit .....	69
	Liite 4. Päärakennus: AK3 .....	70
	Liite 5. Talouskeskus AK2 .....	73
	Liite 6. Riihi AK1 .....	75
	Liite 7. Pääjohtokaavio.....	77
	Liite 8. Antennijärjestelmä .....	78

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön kohde on viljatila Pirkanmaalla. Tilaan kuuluu yli sata vuotias päärakennus, jonka tekniset ratkaisut vaativat nykyaikaistamista. Puutteita on erityisesti asunnon sähköistyksessä, sekä lämmitystavoissa. Päärakennus on sähköistetty vain osittain ja huoneiden lämmitys tapahtuu tulisijoilla. Työssä pohditaan myös talon rakenteiden ja historian vaikutuksia toteutukseen.

Päärakennuksen teknisten muutosten ohella on välttämätöntä päivittää tilan sähköistys kokonaisuudessaan. Päärakennuksen lämmitystavan muuttuessa sähkönsyötöt joudutaan uusimaan, joten samalla on järkevää toteuttaa suunnitelmat myös tuotantorakennuksille. Tilan sähköasennukset ovat usealta eri vuosikymmeneltä, eivätkä vastaa kaikilta osin nykyisiä tarpeita. Nykyisistä asennuksista ei ole dokumentaatiota ja yleisessä sähköturvallisuudessa on parannettavaa erityisesti kohteen luonne huomioon ottaen. Sähköistys on tarkoitus uusida suunnitelmien pohjalta.

Suunnitelmia varten tehdään kartoituskäyntejä kohteeseen. Kohteessa määritetään käyttäjän nykyiset ja tulevat tarpeet sekä maatalouden tarpeisiin, että päärakennuksen asuttavuuteen liittyen. Päärakennuksen talotekniikka suunnitellaan täyttämään nelihenkisen perheen tarpeet. Tilan sähköistys suunnitellaan vastaamaan nykyisiä ja tulevia tarpeita. Kartoitusvaiheessa pyritään havaitsemaan myös nykyiset välitöntä huomiota vaativat puutteet ja muut mahdolliset sähköturvallisuuden vaikuttavat tekijät.

Työn tavoitteena on laatia toteuttamiskelpoiset suunnitelmat, joiden pohjalta tehdään muutokset kohteeseen. Suunnittelussa huomioidaan erityisesti kohteen erityispiirteet ja niiden vaikutus sähkösuunnitteluun, sekä energiatehokkuuden parannuksiin. Opinnäytetyössä keskitytään erityisesti lämmitysjärjestelmään ja sähköistykseen, jotka koetaan isoimmiksi haasteiksi. Muita kehitettäviä asioita pohditaan yleisellä tasolla.

## 2 SUUNNITTELUN ERITYISPIIRTEET JA LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Lainsäädäntö ja määräykset

Suomessa rakentamista ohjaa Maankäyttö- ja rakennuslaki. Laki koskee alueiden käyttöä ja rakentamista. Lain tavoitteena on luoda terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö, joka on sosiaalisesti toimiva ja jossa eri väestöryhmien tarpeet on otettu huomioon. Rakennuslakiin sisältyy muun muassa Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK), johon tässäkin työssä viitataan. (Ympäristöministeriö. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2013.)

Rakennusmääräyskokoelma käsittelee rakentamista koskevia määräyksiä ja ohjeistaa rakennusprosessiin liittyvissä asioissa. Rakentamista koskevat säännökset ovat velvoittavia, mutta ministeriön antamat ohjeet lähinnä ohjeistavia. (Edilex 2016. Rakentamismääräykset)

Suoran lainsäädännön ohella myös kunnat sääntelevät rakentamista esimerkiksi rakennusjärjestysten avulla. Vanhoihin kohteisiin saattaa joissain tapauksissa kohdistua suojeollisia toimenpiteitä kulttuurihistoriallisesta näkökulmasta johtuen. Asema- ja yleiskaavoja päivitettäessä rakennuksia voidaan merkitä suojelukohteiksi. (Lahtinen 2015, 43.) Suojelukohteille on mahdollista hakea rakennusten entistämisavustusta. (Museovirasto. Hakijan opas.) Suojelumerkintä voi kuitenkin hankaloittaa esimerkiksi energiaremontin toteuttamista, sillä se estää usein muutokset julkisivuun.

Rakentamismääräyskokoelma ei lähtökohtaisesti koske vanhoja rakennuksia, sillä lainsäädäntö ei voi olla taannehtiva. Tämän vuoksi vanhaa rakennusta ei tarvitse korjata täyttämään nykyisiä säännöksiä, vaan korjaukset voidaan tehdä rakentamisajankohdan määräysten mukaisesti. Tämä koskee myös sähköasennuksia. Jos kuitenkin rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu, niin tällöin tulee noudattaa voimassa olevaa lainsäädäntöä. Vaikka pääosin noudatettaisiinkin rakennusajankohdan lainsäädäntöä, muutoksia kannattaa kuitenkin pohtia myös asumiseen liittyvien turvallisuustekijöiden näkökulmasta. (Lahtinen 2015, 44–45.)

Vanhaan rakennukseen luvanvaraisia korjaus- ja muutostöitä tehdessä tulee huomioida tämänhetkinen lainsäädäntö. Energiatehokkuuden parantamiseen korjaus- ja muutostöihin liittyen on annettu asetus: *Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/2013*. Laki ei ota kantaa rakennuksen valmistumisajankohtaan. Laki antaa remontoijalle liikkumavaraa energiatehokkuusvaatimusten noudattamiseen. Rakentaja voi päättää sovelletaanko energiatehokkuusvaatimuksi vain rakennuksen muutettavaan osaan, vai huomioidaanko koko rakennus. Tämä mahdollistaa kompensoinnin eri rakenneosien välillä. Esimerkiksi jokin seinärakenne voidaan jättää hirsirakenteiseksi, jos vastaavasti yläpohjan eristystä kasvatetaan. (Ympäristöministeriön asetus: rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 27.2.2013/4.)

Vuoden 2017 heinäkuusta lähtien myös vanhoilta rakennuksilta vaaditaan energiatodistus. Tällöin laki (*Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013*) laajenee koskemaan rakennuksia, joiden loppukatselmus on tehty ennen vuotta 1980. Laki ei koske suojeltuja kohteita. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 18.1.2013/50)

## **2.2 Hirsirakenteisen talon lisäeristys ja ongelmat**

Vanhat hirsitalot on lähtökohtaisesti pyritty tekemään mahdollisimman tiiviiksi, koska aikaisemmin lämmitysenergiaa on ollut hankalasti saatavilla. Suurimmat tekijät asumismukavuuden kannalta ovatkin pintojen lämpötilat, sekä vetoisuuden tunne. Vaikka hirsiseinä ei laskennallisesti vastaa nykyaikaisia vaatimuksia, tulee huomioida että hirsi pysyy varaamaan lämpöä ja sillä on korkea pintalämpötila. (Museovirasto: Lämmöneristysten parantaminen 2000.)

Vanhaa rakennuksen lämpöhäviöitä tarkasteltaessa tulee huomiota kiinnittää erityisesti ilmanpitävyyteen. Rakennuksen lämpötaloutta voidaan kehittää merkittävästi tilkitsemällä erityisesti liitoskohdat, kuten seinien liitokset ikkunoiden, ovien sekä ylä- ja alapohjan kanssa. Esimerkiksi lisäeristyksellä ei saavuteta merkittäviä taloudellisia säästöjä energiatalouden näkökulmasta. Vanhan rakennuksen lämpötaloudesta saadaan parhaiten käsitys, kun taloa lämmitetään kylmällä kelillä ja vuotokohdat selvitetään lämpökamerakuvauksella. (Perinnemestari: Lisäeristäminen 2009.)



Lisäeristyksellä saavutettavat säästöt eivät usein vastaa työn kustannuksia. Markkinoilla on tarjolla monenlaisia hirsirakenteiden lisäeristykseen tarkoitettuja tuotteita, joihin kuitenkin kannattaa suhtautua varauksella. Lisäeristettä suositellaan lisättäväksi lähinnä, mikäli halutaan parantaa asumismukavuutta, tai rakenteita halutaan muista syistä korjata. (Museovirasto: Lämmöneristyksen parantaminen 2000.) Lisäeristystä suositellaan tehtäväksi seinän ulkopuolelle, sillä tällöin hirsirakenne toimii sisäpuolella lämpöä varaavana massana. Ulkopuoliseen lisäeristykseen ryhdyttäessä on kuitenkin huomioitava, että rakennuksen ulkomitat voivat muuttua merkittävästi, mikä aiheuttaa lisätoita (Perinnemestari: Lisäeristäminen 2009.)

Puurakennus itsessään on ilmankosteutta ja ilman epäpuhtauksia tasaava elementti. Vanhojen rakennusten energiaremonteissa on usein riskinä kosteusongelmat. Liiallisella eristyksellä ja muovikalvoilla voidaan häiritä rakenteen hengittävyttä. Hengittävän rakenteen ominaisuuksia ovat vesihöyryn läpäisy ja sen kyky sitoa vettä kastumatta, mikä ei esimerkiksi kivivillalle ole mahdollista. Hengittävä rakenne pystyy siirtämään kosteutta sekä sisälle, että ulos tarpeen mukaan, jolloin se voi kuivattaa ja kosteuttaa huoneilmaa luonnollisesti. (Lahtinen 2015, 78-79.)

Rakenteiden kosteusongelmien muodostuminen ei ole yksiselitteistä, vaan useiden tekijöiden summa. Yhtenä merkittävänä tekijänä voidaan kuitenkin pitää asukkaiden vedenkäyttötottumuksia, mikä kohottaa ilmankosteutta. Sisäilman kosteuteen vaikuttavat muun muassa asukkaiden lukumäärä, mahdollinen koneellinen ilmanvaihto, suihkun ja saunan käyttötiheys ja monet muut tekijät. Nämä tekijät kohottavat sisäilman kosteutta, jolloin kosteus pyrkii tasoittumaan rakenteiden läpi ulospäin. (Koski, Lindberg & Vinha: Lisäeristettyjen hirsiseinien kosteustekninen kunto 1997, 63) Toisaalta taas ilmaston muuttuessa lisääntyvät sademäärät saattavat aiheuttaa kosteuden pyrkimistä sisäänpäin rakennukseen. Tärkeää rakennuksen kannalta on kuitenkin pyrkiä vähentämään ilmankosteutta rakennuksen sisällä hyvällä ilmanvaihdolla ja tuuletuksella. (Lahtinen 2015, 85)

Rakenteiden kannalta turvallisinta ja energiatehokkainta on lisätä eristystä yläpohjaan. Kaikkein tehokkainta yläpohjan eristäminen on kun yläpohjana on rakentamaton vintti. Yläpohjaa eristämällä voidaan estää kohoavan lämmön karkaaminen rakennuksesta. Eristyksen lisääminen on tällöin yleensä helppoa, eikä se vaikuta rakennuksen ulkoiseen tai

sisäiseen olemukseen. Vintillä ei muodostu ongelmaa kosteuden tiivistymisestä, sillä tuuletus on toimiva. Yläpohjaan laittaa reilusti eristettä, jopa 400–600 mm kunhan päälle jää reilusti tuulettuvaa tilaa. (Lahtinen 2015, 130–132.)

Vanhoissa taloissa on perinteisesti painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilma vaihtuu lämmitettäessä hormista ja korvausilmaa saadaan rakenteiden raoista, kuten esimerkiksi ikkunoiden ja ovien väleistä. Painovoimainen ilmanvaihto toimii parhaiten, kun tulisijoja lämmitetään ja polttamisen aikana ilma poistuu pesän kautta. (Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttö ja huolto 2014, 12–13.)

Kun seinärakenteita tiivistetään, niin korvausilman saanti luonnollisesti heikkenee. Tilanetta voidaan korjata asentamalla rakennukseen raitisilmaventtiilit. Kylpyhuoneeseen ja keittiöön on suositeltavaa asentaa poistopuhaltimet, jolloin kostea ilma poistuu ilman että se kulkee rakenteiden läpi. Tällä ehkäistään osaltaan kosteusvaurioiden syntymistä. (Rinne, 149.)

Painovoimainen ilmanvaihto toimii parhaiten, kun lämpötilaerot ja tuuli aiheuttavat paine-eroja. Kesäisellä kelillä sisätilojen ja ulkoilman lämpötilat ovat lähellä toisiaan ja tällöin painovoimainen ilmanvaihto ei toimi kun paine-eroja ei pääse muodostumaan. Sen etuja koneelliseen ilmanvaihtoon nähden ovat kuitenkin äänettömyys, vähäinen huollontarve joka ilmenee pääasiassa nuohouksena sekä se ei kuluta sähköä. (Rinne, 148.)

### **2.3 Vanhan rakennuksen sähköinen talotekniikka**

Vanhan rakennuksen kunnostaminen perinteisen näköiseksi erityisesti sähköisen tekniikan osalta on hankalaa. Vanha järjestelmä on yleensä maadoittamaton, minkä vuoksi on turvallisuuden kannalta järkevää vaihtaa sähkökalusteet kokonaan uusiin. Vanhoista kalusteista on kuitenkin mahdollista hyödyntää esimerkiksi katkaisijat, joita ei maadoiteta. Vahat katkaisijat ovat posliinikuorisia ja niille tulee tehdä erillinen pohja, jotta kytkin ei ole suoraan palavan pinnan päällä. Vanhat sähkölaitteet ovat usein iästään huolimatta toimintakuntoisia. Ongelmia voi ilmetä, jos esimerkiksi vanhoja johtoja lähdetään siirtämään tai taivuttelemaan. Tämä johtaa usein vanhan ja kuivuneen eristeen murtumiseen ja irtoamiseen. (Perinnemestari: Sähkö 2009.)

Sähköistystä uusittaessa ongelmaksi muodostuu helposti asennuskalusteiden ja johtojen kasvava määrä ja esteettiset ominaisuudet, kuten muodot ja väri. Vanhoissa rakennuksissa on usein selvitty vain muutamilla syöttöjohdoilla, kun taas nykyään johtoja ja kalusteita on helposti moninkertainen määrä aiempaan verrattuna. Valkoiset johdot on hankalaa piilottaa, jos esimerkiksi seinä on hirrellä ja asennukset tulisi suorittaa pinta-asennuksena. Jonkin verran johtoja on mahdollista piilottaa listojen sisälle, sekä johtoreittejä voidaan tehdä vintille ja alapohjaan. Pinta-asennuksia tehdessä voidaan hyödyntää uusia vanhanaikaisen näköisiä johtoja ja kalusteita, joita on jonkin verran saatavilla. (Perinnemestari: Sähkö 2009.) Esimerkiksi Schneider Electricin Renova-tuotesarja mukailee hyvin vanhanaikaisten kalusteiden ilmettä (Schneider Electric: Renova 2016.). Vanhan näköisiä kangasjohtoja ja muita asennustarvikkeita on saatavilla monipuolisesti myös Rakennusapteekista. (Rakennusapteekki: Sähkötarvikkeet ja kytkimet 2015.)

Puutalon paloturvallisuutta ei voida korostaa liiaksi. Taloon on suositeltavaa toteuttaa palohälytysjärjestelmä mahdollisimman laajasti ylä- ja alapohjan tilat huomioiden. Pistorasiaryhmien lisäksi myös valaistus on järkevää ottaa vikavirtasuojauksen piiriin, sillä kuiva hirsi on vikatilanteessa erittäin helposti syttyvää. Asennustöissä tulee kiinnittää huomiota erityisesti asennusten laatuun, jotta heikosti tehdyt kytkennät eivät kohota tulipalon riskiä. (Sähköala: Vanhan hirsitalon sähköistys vaatii aikaa 2008.)

## **2.4 Lämmitysjärjestelmät**

Lämmitysjärjestelmän valinta vaikuttaa merkittävästi taloon ja asumismukavuuteen, sekä asumisen käyttökustannuksiin. Saatavilla on useita eri vaihtoehtoja, kuten sähkö-, puu-, hake- ja pellettilämmitys, sekä erilaiset lämpöpumppuratkaisut. Lämmitysjärjestelmäksi voidaan valita joko yksi ratkaisu joka toimii päälämmitysjärjestelmänä, tai vaihtoehtoisesti järjestelmiä voidaan valita siten, että ne tukevat toisiaan, kuten ilmalämpöpumppu ja tulisija.

Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat käyttäjän tarpeet, rakennuksen mahdollisuudet, rakennuspaikka sekä taloudelliset seikat (Energiatehokas koti: Lämmitys 2017).

Käyttäjän tarpeisiin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi lämmitysenergian tarve, järjestelmän itsenäinen toiminta ja järjestelmän vaatiman huollon tarve. Järjestelmä voidaan

mitoittaa täyttämään asunnon kokonaisenergian tarve kovimmillakin pakkasilla tai käyttäjän halutessa valittua järjestelmää voidaan tukea toisella lämmitysmuodolla, kuten asunnon tulisijoilla. Suurin osa lämmitysjärjestelmistä ei vaadi käyttäjältä toimenpiteitä käyttöönoton jälkeen, mutta vaihtoehtoisena lämmitysjärjestelmänä on mahdollista käyttää esimerkiksi puukeskuslämmitystä. Tällöin käyttäjän tulee itse lisätä säännöllisesti polttoainetta polttopuukattilaan. Kyseinen ratkaisu sopii niille, joilla on omaa energia-puuta käytettävissä (Ekokumppanit: Puukeskuslämmitys.).

Rakennuksen mahdollisuuksia arvioitaessa tulee kiinnittää huomiota asunnon pohjaratkaisuun. Esimerkiksi pohjaratkaisun ollessa sokkeloinen, ei perinteinen ilmalämpöpumppu ole paras vaihtoehto lämmityksen toteuttamiseksi. Haasteeksi voi muodostua lämpimän ilman siirtäminen huoneesta toiseen, jolloin lämmitys on epätasaista. Lämmitysjärjestelmää valittaessa on huomioitava onko asunnossa tai sen välittömässä läheisyydessä tilaa järjestelmän laitteille, kuten varaajalle tai öljysäiliölle.

Rakennuspaikasta riippuu, mitä lämmitysjärjestelmiä voidaan käyttää. Taajama-alueella kaukolämpöön liittyminen on usein järkevä ratkaisu. Kaukolämpöön liittyminen on helppoa, eikä suuria investointeja laitteistoihin vaadita. Vastaavasti tiheään asutetulla alueella ei välttämättä ole mahdollista siirtyä maalämpöön.

Kohde sijaitsee haja-asutus alueella. Käyttäjien asettamat vaatimukset järjestelmälle liittyvät käytettävyyteen ja käyttökustannuksiin pitkällä aikavälillä. Maatilatoiminnan ohella käyttäjät käyvät tilan ulkopuolella töissä, jolloin lämmitysjärjestelmän tulee toimia itsenäisesti. Tämän sulkee käytännössä puu- ja pellettilämmityksen pois vaihtoehdoista. Kaukolämpö ei alueella ole saatavilla ja talon hankalan pohjaratkaisun vuoksi ilmalämpöpumppu ei sovellu kohteeseen (Liite 1). Lähtökohtien perusteella vertailtaviksi lämmitysjärjestelmiksi valitaan maalämpö, sähkölämmitys, öljylämmitys sekä ulkoilma-vesilämpöpumppu ja sähkölämmitys. Sähkölämmitystä lukuun ottamatta muut järjestelmät vaativat vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän rakentamisen.

Lämmitysjärjestelmiä vertaillaan Motiva Oy:n lämmitystapojen vertailulaskurin avulla. Laskurin luvataan tarjoavan puolueetonta ja vertailukelpoista tietoa eri lämmitystapojen kustannuksista. Laskuria ovat olleet tekemässä Keski-Suomen Energiatoimisto sekä Jyväskylän ammattikorkeakoulu Motiva Oy:n ohjauksessa. (Motiva Oy: Pientalojen lämmitystapojen vertailulaskuri 2016.)

Laskuriin asetetaan kohteen perustiedot. Lisäksi voidaan määrittää lämmitystapojen hintoja. Sähkön hinnaksi annettiin 11,53 c/kWh, mikä vastaa tilan tämän hetken sähköenergian ja siirron hintaa verollisena. Alueen sähköverkkoyhtiönä toimii Elenia Oy ja sähkö ostetaan Vattenfallilta. Öljyn hintana käytetään 0,90 €/l, joka on Nesteen ilmoittama hinta talvilaatukselle öljylle (Neste Oyj: Tilaa lämmitysöljyä 2017). Laskennassa energianhintojen oletetaan pysyvän vakiona laskentajakson ajan. Lämmitystapojen hyötysuhteena käytetään ohjelman oletusarvoja. Vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän investointihinta on arvio perustuen vastaavassa referenssikohteessa toteutuneisiin kustannuksiin. Lämmityslaitteiston kustannusarviot valitaan laskurin ilmoittamien tyypillisten kustannusarvioiden yläpäästä, sillä talon lämmitettävä ala on suuri. Kustannuslaskelmat tehdään 15 vuoden laskenta-ajalla kahden prosentin vuotuisella korolla.

Lämmitystapojen vertailulaskuri laskee asetettujen arvojen perusteella vuotuiset investointi- ja energiakustannukset lämmitysjärjestelmille (taulukko 1). Laskennan tulokset ovat suuntaa-antavia eivätkä sisällä esimerkiksi kotitalousvähennyksiä, jotka laskevat erityisesti maalämmön, öljylämmityksen sekä UVLP ja sähkölämmityksen kokonaiskustannuksia suoraan sähkölämmitykseen nähden. Lopullisiin kustannuksiin vaikuttavat lämmitystapojen hintojen vaihtelun lisäksi myös järjestelmien huoltojen tarpeet.

TAULUKKO 1. Lämmitysjärjestelmien kustannukset.

	Investointikustannukset		Vuotuiset kustannukset		
	Lämmönjakojärjestelmä	Lämmityslaitteisto	Investointi	Energia	Yhteensä
Omakotitalo 200m2					
Maalämpö	11 000 €	20 000 €	2 335 €	1 762 €	4 097 €
Sähkölämmitys	0 €	5 000 €	389 €	5 160 €	5 549 €
Öljy	11 000 €	10 000 €	1 634 €	5 111 €	6 745 €
UVLP ja sähkö	11 000 €	14 000 €	1 946 €	3 075 €	5 021 €

Taulukon 1 perusteella maalämpö valikoituu edullisimmaksi lämmitysvaihtoehdoksi 15 vuoden laskenta-ajalla. Investointikustannukset ovat suurimmat, mutta energian hinta edullisin. Ennako-odotuksista poiketen öljylämmitys osoittautui kalleimmaksi lämmitysratkaisuksi. Ero suorasähkölämmitykseenkin on merkittävä. UVLP ja sähkölämmityksen vuotuisia kustannuksia arvioitaessa tulee huomioida, että UVLP toimii -20 °C asti, jonka jälkeen lämmitystä on avustettava sähkövastuksilla. Tämä kasvattaa jonkin verran todellisia vuotuisia kustannuksia erityisesti kylminä talvina.

Lämmitysjärjestelmän rakentaminen käsitellään osana rakennuslupaa. Kuntien käytännöt vaihtelevat sen osalta, vaaditaanko lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa rakennuslupaa vai toimenpidelupaa (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.199/132: 126 a §). Maalämpökaivojen ja lämmökeruuputkistojen toteuttamiseen liittyvää lupamenettelyä selvitettiin Ylöjärven kaupungin rakennusvalvonnalta. Selvityksen mukaan maalämpökaivot ja lämmönkeruuputkistot ovat vaatineet vuoden 2016 loppuun asti toimenpideluvan riippumatta siitä, millä alueella hanke on sijainnut. Samalla selvisi että Ylöjärven kaupunki julkaisi vuodelle 2017 uuden rakennusjärjestyksen.

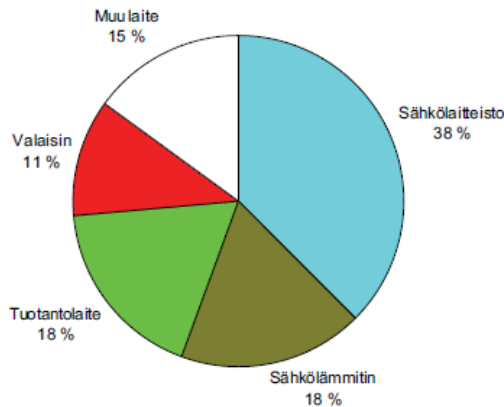
Rakennusjärjestyksen perusteella maalämpökaivo ja lämmönkeruupiiri edellyttävät aina toimenpideluvan hakemista asemakaava-alueella. Lisäksi toimenpidelupa vaaditaan asemakaava-alueen ulkopuolella, kun maalämpökaivoja rakennetaan vähintään viisi tai jos hanke sijaitsee pohjavesialueella. Asemakaava-alueen ulkopuolella toimenpidelupa vaaditaan myös lämmönkeruuputkistolle, kun keruuputkisto upotetaan vesistöön tai keruupiirin pinta-alan ollessa yli 1000 m<sup>2</sup> (Ylöjärvi: Rakennusjärjestys 2017). Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999, 126 a §) mukaan kunta voi rakennusjärjestyksessään määrätä, että toimenpidelupaa ei tarvita, kun toimenpidettä voidaan pitää vähäisenä. Selvityksessä ei käynyt ilmi esteitä maalämpöjärjestelmän toteuttamiselle lainsäädännön, eikä kaupungin rakennusjärjestyksen osalta.

## **2.5 Viljatilan sähköt**

Maatilojen tulipaloissa vahingot ovat usein mittavat. Palossa tuhoutuu usein rakennuksia ja tuotantokalustoa. Tilastojen mukaan noin kolmasosa tulipaloista aiheutuu sähkön käytöstä. (Tukes: Sähköturvallisuus maa- ja puutarhatalouksissa 2015, 3) Palot johtuvat pääasiassa sähkölaitteiden kunnossapidon laiminlyönneistä aiheutuneista vikaantumisista. Maatalouden tuotantorakennusten palotapaukset erottuvat muihin rakennustyyppeihin nähden pääasiassa korkeina vahinkoarvioina sekä korkeana paloalttiutena. (Tukes: Viljatilojen sähkö- ja paloturvallisuus 2007, 7) Suurpalojen määrä oli reilussa kasvussa vuosituhatien alusta lähtien, mutta viime vuosina tilanteessa on tapahtunut hieman muutosta parempaan. Pienpalojen määrää on viime vuosina ollut kasvussa samalla kun suurpalojen määrää on laskenut. Tilanteeseen vaikuttaa sähkölaitteistojen lisääntyneet tarkastukset sekä kunnostusten lisääntyminen. (Maaseudun tulevaisuus: Suurpalot maatiloilla vähenivät, pienet yleistyivät 2015.)

Sähköpalot johtuvat pääsääntöisesti suunnittelu- tai valmistusvirheistä, väärästä asennuksesta, puutteellisesta kunnossapidosta ja kulumisesta tai väärästä tai huolimattomasta käytöstä (Tukes: Viljatilojen sähkö- ja paloturvallisuus 2007, 11).

Sähköpalon aiheuttaneet laiteryhvät jakautuvat kuvan 1 mukaisesti.



KUVA 1. Laiteryhmät (Tukes: Viljatilojen sähkö- ja paloturvallisuus 2007, 13)

Maatilojen olosuhteet asettavat sähkölaitteistolle erityisvaatimuksia tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna, sillä tilan ympäristössä käsitellään kuivikkeita ja viljaa, jotka ovat itsessään helposti syttyviä ja palavaa materiaalia. Näiden lisäksi tiloilla käsitellään erilaisia kemikaaleja kuten polttoaineita ja kasvinsuojeluaineita. Nämä yhdessä kasvattavat paloriskiä ja voivat aiheuttaa pahimmillaan räjähdysvaaran.

Huomioitavaa on, että tilalla saa olla vanhoja asennuksia, jotka eivät vastaa uusien asennusten sähköturvallisuusvaatimuksia. Mikäli asennukset täyttävät asennusajankohdan määräykset ja niiden käyttöolosuhteet eivät ole muuttuneet, niitä ei pääsääntöisesti tarvitse muuttaa. Asennusten ja laitteistojen turvallisuuden parantaminen on kuitenkin suositeltavaa riskien minimoimiseksi. Myös tässä tapauksessa muutokset johtuvat pääasiassa laajennustarpeista sekä sähkölaitteiden käytettävyyden parantamisen tarpeista. (Tukes: Sähköturvallisuus maa- ja puutarhatalouksissa 2015, 6)

Viljatilalla viljankäsittelystä syntyy jatkuvasti pölyä. Tuotantolaitteiden pinnoille kerääntyvät pölykerrokset itsessään voivat syttyä sekä osaltaan rajoittaa esimerkiksi sähkömoottoreiden jäähtymistä, mistä aiheutuu laitteiden ylikuumentumisen vuoksi tulipalon vaara. Pölyn vaikutuksia voidaan ehkäistä hyvällä tuuletuksella, sekä sähköisten järjestelmien oikeanlaisella suunnittelulla. Suunnittelun osalta on merkittävää, että tunnistetaan paikat ja olosuhteet joissa pölyn aiheuttamaa vaaraa voi muodostua.

Viljankuivaamon tiloja ei luokitella räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Tilat, joissa pölyä esiintyy, voidaan kuitenkin luokitella palovaarallisiksi tiloiksi. Tällöin noudatetaan SFS 6000-sarjan soveltuvia osia, erityisesti SFS 6000-4-42. Lisäksi maa- ja puutarhatilojen asennuksissa tulee noudattaa standardin SFS 6000-7-705 määräyksiä. Standardin erityisvaatimukset koskevat asennuksia maatalouden sisä- ja ulkoasennuksissa. Tuotantolaitteiden sijoittelussa ja asennustöissä tulee huomioida laitteen valmistajan asettamat vaatimukset.



### **3 PÄÄRAKENNUKSEN RAKENTEET**

#### **3.1 Seinärakenteet**

##### **3.1.1 Nykyiset rakenteet**

Päärakennuksen eri rakenteet kartoitettiin lämmitysjärjestelmän mitoittamista varten. Kartoituksessa selvisi, että talon seinärakenne muodostuu pääasiassa verhoilulaudasta, 18 cm paksuisista hirsistä ja pinkopahvista. Hirsien välissä tilkkeenä on käytetty muun muassa sammalta.

Keittiön, pukuhuoneen, vessan ja pesutilojen ulkoseiniin on tehty lisäeristystä 2000-luvun alussa. Valitettavasti eristeenä on käytetty mineraalivillaa, mikä ei ominaisuuksiltaan sovellu hengittävän puurakenteen eristämiseen. Nämä seinärakenteet tullaan avaamaan, jotta voidaan varmistua, ettei hirsiin ole muodostunut laho- tai homevaurioita.

Yläpohjan rakenne muodostuu alapinnan paneelista, sekä pääosin 30 senttimetrin paksuisesta sahanpurukerroksesta. Alapohja on eristetty puolen metrin sahanpurukerroksella, joka on ajan myötä tiivistynyt aiheuttaen ilmaraon lankkulattian alle lisäten vedon tunnetta. Huoneissa, joissa on tehty seiiniin lisäeristystä, on myös lattiaa lisäeristetty mineraalivillalla. Pesutiloissa lattian eristys on toteutettu Leca-soralla, jonka päälle on valettu sementtikerros.

##### **3.1.2 Muutokset**

Päärakennuksen seinärakenteet muodostuvat pääosin aikakaudelleen tavanomaisesta rakenteesta (Kuva 2). (Museovirasto: Lämmöneristyksen parantaminen 2000.) Nämä vanhat hirsirakenteet ovat pysyneet hyvässä kunnossa tähän päivään asti rakenteen ollessa hengittävä. Hirren päälle asennettu pinkopahvi sen sijaan on alkanut repsottaa ja halkeilla pahasti seinärakenteiden eläessä.



Nykyinen seinärakenne:

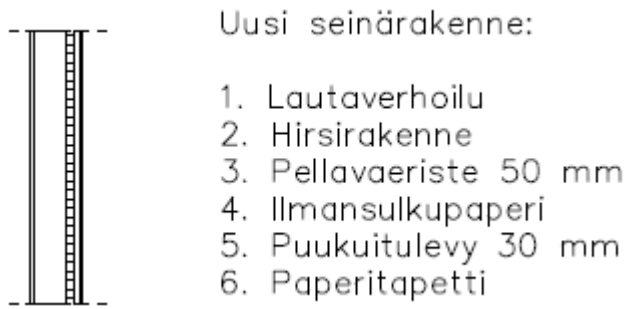
1. Lautaverhoilu
2. Hirsirakenne 180 mm
3. Pinkopahvi

KUVA 2. Nykyinen seinärakenne ulkoa sisälle päin.

Seinähirret ovat vuosien saatossa eläneet, minkä vuoksi seinäpinna ovat paikoitellen kaarevia. Hirsien välit on tilkitty rakennusvaiheessa pääosin sammaleella. Pinkopahvi on asennettu myöhemmässä vaiheessa poistamaan vedon tunnetta.

Talon lämmönjako suunnitellaan toteutettavaksi vesikiertoisella patteriverkostolla. Tästä johtuen nähtiin tarpeelliseksi suoristaa ulkoseiniä sisäpuolelta sen ollessa tässä vaiheessa mahdollista, sillä myöhemmässä vaiheessa pattereiden asennuksen jälkeen seinille on hankala tehdä muutoksia. Vaihtoehtoina seinärakenteelle olivat hirsiseinien tiivistäminen huokoisella levyllä tai hirsiseinän sisäpuolinen lisäeristys ja oikaisu. Toteutettavaksi ratkaisuksi valitaan seinien suoristaminen kokonaisuudessaan sekä lisäeristys. Huokoisilla levyillä olisi voitu säilyttää huonetilojen vanha ilme, mutta tällöinkin levyjen taakse jäävät raot jouduttaisiin täyttämään sellukuitueristeellä ilmapirtausten ja hiirten kulkureittien katkaisemiseksi. Suunnitellusta lisäeristyksestä huolimatta säästöt lämmitysenergian tarpeessa jäävät hyvin pieniksi, kuten myöhemmin kerrotaan. Väliseinät säilytetään hirrellä.

Uudesta seinärakenteesta suunnitellaan kuvan 3 mukainen. Hirsirakenteeseen kiinnitetään 50 mm koolaus ja välit eristetään pellavalevyillä. Pellava on orgaaninen eriste, jota on ennen käytetty hirsien ja karmien tilkitsemiseen. Orgaanisella eristeellä pystytään varmistamaan rakenteen hengittäminen jatkossakin, sillä ne pystyvät läpäisemään ilmassa olevia kaasuja sekä sitomaan ja luovuttamaan ilmassa olevaa kosteutta. Kuten kaikki lisäeristeet hirsirakenteen sisäseinällä, nostaa myös pelaava riskiä rakenteen hengittävyyden kannalta. (Lahtinen 2015, 147-148.)



KUVA 3. Lisäeristetty seinärakenne ulkoa sisälle päin.

Koolauksen ja eristeen päälle laitetaan ilmansulkupaperi, joka osaltaan mahdollistaa hengittävän rakenteen sen ollessa kuivumiskykyinen molempiin suuntiin. Seinän alaosaan asennetaan puolipaneeli ja yläosaan huokoinen kuitulevy, jotka maalataan hyvin hengittävällä maalilla, esimerkiksi Tikkurilan Sirolla (Tikkurila: Tuotteet 2017). Kuitulevyn päälle tuleva tapetti on paperitapettia ja se kiinnitetään hengittävällä liisterillä.

## 3.2 Ovet ja ikkunat

### 3.2.1 Nykyiset rakenteet

Päärakennuksen ulko-ovet ovat vanhanaikaisia peiliovia ja ne ovat puurakenteisia, eikä niitä ole eristetty. Kartoituksen aikana suurimmaksi ongelmaksi ovien kohdalla havaittiin tiivistyslistojen puuttuminen kokonaan. Oven ja karmien välissä havaittiin 1-2 mm rakkoja, jotka aiheuttavat voimakasta vetoa sisätiloihin. Myös seinän ja ovenkarmien liitoskohdissa oli havaittavissa selkeää vetoisuutta eristyksistä huolimatta.

Talon ikkunat ovat alkuperäiset. Ikkunat ovat kaksilasiset ja ilmaeristetyt. Ikkunalasien välejä on vuosien varrella tilkitty vanulla ja karmien liitoksia on tiivistetty silikonimasalla vedon poistamiseksi (Kuva 4).



KUVA 4. Ikkunan karmeja on tilkitty vuosien varrella

Käytännössä tämä on vaikuttanut positiivisesti ikkunarakenteiden ilmanvuotolukuun, jolloin vedon tunne vähenee ja sisälämpötilaa voidaan teoreettisesti laskea. Tästä huolimatta ikkunat ja niiden liitokset vuotavat edelleen reilusti lämmintä ilmaa ulos, mikä aiheuttaa erityisesti kovimmilla pakkasilla ulompien lasien pintojen jäätymistä. Iästään huolimatta ikkunoiden puupinnat ovat hyvässä kunnossa ja karmit ovat pysyneet suorina.

### 3.2.2 Muutokset

Ovien kohdalla päädyttiin tekemään merkittäviä muutoksia. Nykyisenä kulkureittinä sisälle toimii ovi keittiön nurkassa. Keittiön ovi poistetaan kokonaan käytöstä ja oven kohdalle lisätään eristys ja puukuitulevy sisäpuolelle, jolloin myös keittiön tilat saadaan tehokkaammin käyttöön. Pääovena tullaan jatkossa käyttämään pirtin ovea. Sekä pirtin, että keskikuistin ovet vaihdetaan uusiin lämpöoviin. Päätökseen ovien uusimisesta vaikuttaa paremman eristyksen lisäksi tarve päivittää lukot nykyaikaisiksi.

Ikkunoiden osuus seinien pinta-alasta on talossa suuri. Vanhojen ikkunoiden U-arvo on heikko ja ne vuotavat ilmaa, minkä vuoksi ne päätettiin vaihtaa uusiin. Uusien ikkunoiden asennusten yhteydessä karmien ja seinärakenteen välinen liitos saadaan tiiviiksi, mikä vähentää hallitsematonta ilmavuotoa. Tämän johdosta sisälämpötilaa voidaan laskea viihtyvyyden kärsimättä. (Energiakorjaus: Ikkunakorjaus 2013, 4.)

Talo sijaitsee tien vieressä, jolla kulkee päivittäin useita työkoneita sekä yhdistelmäkuljetuksia. Ikkunoiden vaihdolla voidaan samalla vähentää meluhaittojen vaikutuksia asumisviihtyvyyteen

## 4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

### 4.1 Nykyiset lämmitysratkaisut

Viime vuosiin asti päärakennusta on pidetty vain puoliksi lämmitettynä, sillä entisellä käyttäjällä ei ollut tarvetta pitää koko rakennusta asuttavan lämpöisenä. Lämmitys hoidettiin pääosin puulla sillä talossa on kaikkiaan kolme kaakeliuunia, pönttöuuni, iso muurattu takka sekä kaksi puuhellaa. Myös jälkeinpäin rakennettu sauna on puulämmitteinen.

Saunan rakentamisen yhteydessä on uusittu myös muut märkätilat, jolloin pesuhuoneen lattiaan asennettiin sähköinen lattialämmitys. Käyttövetä on lämmitetty pesuhuoneeseen sijoitetulla lämminvesivaraajalla, joka lämpiää sähköllä. Vesijohdot porakaivolta talolle pidetään sulana sähkövastuksella.

Lämmitystä on jonkin verran avustettu sähköpattereilla pienemmissä huoneissa. Tällä hetkellä päärakennuksessa pidetään peruslämpöä yllä pelkästään sähköpattereilla, mutta huoneiden vetoisuudesta ja korkeudesta johtuen lämpö nousee pääasiassa katonrajaan. Tämän vuoksi patterit ovat lähes jatkuvasti päällä ja kuluttavat huomattavasti sähköä.

Puulämmitys on ollut perusteltu ratkaisu aivan viime vuosiin asti, sillä tilaan kuuluu metsää, jonka harvennuksista syntynyttä energiapuuta on pystytty hyödyntämään omassa käytössä. Tällöin on saavutettu energiaomavaraisuus eivätkä sähkön ja öljyn hinnanvaihtelut ole vaikuttaneet lämmityskustannuksiin.

Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13, rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä määrätään, että uusi lämmitysjärjestelmä tulee mitoittaa täydelle teholle (Ympäristöministeriön asetus: rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 27.2.2013/4). Tässä tapauksessa puulämmitys voidaan kuitenkin edelleen tulkita päälämmönlähteeksi, jolloin toinen lämmitysjärjestelmä voidaan mitoittaa vajaatehoiseksi jos niin halutaan.

## 4.2 Lämmitysjärjestelmän mitoitus

### 4.2.1 Lämmönläpäisykertoimet

Lämmitystehon tarvetta varten ei ollut saatavilla aiempia kulutustietoja, sillä vain osaa talosta on pidetty lämpimänä. Lämmitystapana on ollut puulämmitys sekä osittain sähkölämmitys, jolla on lämmitetty pesuhuoneen lattiaa ja käyttöväettä sekä ajoittain pienimpiä huoneita.

Mitoitusta varten tutustuttiin talon rakenteisiin ja niihin suunniteltiin muutokset, kuten luvussa 3 on kuvattu. Vertailun vuoksi kaikki laskelmat tehtiin sekä talon nykykunnolla, että lisäeristyksellä ja uusituilla ovilla ja ikkunoilla.

Mitoitus aloitettiin määrittelemällä rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot. Laskennassa noudatettiin Suomen rakennusmääräyskokoelman osaa C4: Lämmöneristys (2003). Alkuperäisten seinärakenteiden määrittelyssä olisi ollut mahdollista hyödyntää ohjeistavia U-arvoja, mutta tässä tapauksessa haluttiin suorittaa laskenta kaikkien seinärakenteiden osalta, jotta rakennuksesta saadaan parempi kokonaiskuva.

Laskennassa käytettävät rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet ovat RakMK:n osan C4 taulukkoarvojen mukaiset (2003). Uuden seinärakenteen lämmöneristykseenä käytettävän pellavalevyn lämmönjohtavuus on valmistajan ilmoituksen mukainen (Isolina: Pellavalämmöneristeen ominaisuudet 2017).

Ikkunoiden lämmönläpäisykertoimena käytettiin suuntaa antavaa arvoa (Energiakorjaus: Ikkunakorjaus 2013, 2). Tarkkaa arvoa on mahdotonta määrittää, sillä ikkunoita on tilkitty muun muassa vanulla ja silikonilla vuosien saatossa. Myös ovien lämmönläpäisykertoimet ovat ohjearvon mukaiset (Energiakorjaus: Ovikortti 2013, 2).

Eri rakenteille määritetyt lämmönläpäisykertoimet ovat taulukon 2 mukaiset.

TAULUKKO 2. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet.

Rakenne	U-arvo	Yksikkö
Nykyinen seinärakenne	0,54	W/(m <sup>2</sup> K)
Lisäeristetty seinärakenne	0,32	W/(m <sup>2</sup> K)
Nykyinen ovirakenne	5,8	W/(m <sup>2</sup> K)
Nykyinen ikkunarakenne	2,7	W/(m <sup>2</sup> K)
Uusi seinärakenne	0,28	W/(m <sup>2</sup> K)
Uusi ovirakenne	0,9	W/(m <sup>2</sup> K)
Uusi ikkunarakenne	0,65	W/(m <sup>2</sup> K)
Alapohjarakenne	0,30	W/(m <sup>2</sup> K)
Yläpohjarakenne	0,30	W/(m <sup>2</sup> K)

#### 4.2.2 Lämmitystehontarve

Seuraavassa vaiheessa määritellään talon lämmitystehontarve huonekohtaisesti edellisessä luvussa määriteltyjen lämmönläpäisykertoimien pohjalta. Tulosten perusteella määritetään myöhemmässä vaiheessa myös radiaattoreiden tehontarpeet. Lämmitystehontarpeen laskenta tehdään Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5: Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeiden mukaisesti (2012).

Laskennassa käytetty mitoittava ulkolämpötila on valittu RakMK:n osan D3 mukaisesti (2012). Taulukossa 3 on koottuna koko talon lämmitystehontarpeet eri rakenneratkaisut huomioiden.

TAULUKKO 3. Lämmitystehontarve

Rakenne	Ominastehtontarve (W)			Teho (W)		
	Johtuminen	Ilmanvuoto	Ilmanvaihto	Yht.	Mitoitus	Erotus
<b>Nykyinen rakenne</b>	14377	3482	1867	19726	20120	-
<b>Lisäeristys</b>	12968	3192	1867	18026	18387	1734
<b>Uudet ovet + ikkunat</b>	9719	3482	1867	15068	15369	4751
<b>Eristeet + ovet + ikkunat</b>	8301	3192	1867	13360	13627	6493

Taulukossa 3 esitetty johtumisesta aiheutuva lämmitystehontarve sisältää rakennusvai-  
pan, ovien, ikkunoiden ja kylmäsiltojen aiheuttamat johtumislämpöhäviöt (RakMK, D5,  
2012).

Ilmanvuodosta aiheutuva lämmitystehontarve laskettiin RakMK:n osan D5 mukaisesti  
(2012). Kaavassa käytettävä vuotoilmavirta määritettiin RakMK: osan D3 mukaisesti  
(2012).

Ilmanvaihdosta aiheutuva lämmitystehontarve käsittää käytännössä korvausilman lämmi-  
tyksen tehontarpeen, sillä talossa on vain painovoimainen ilmanvaihto. Ilmanvaihdon  
lämmitystehontarve määritettiin RakMK:n osan D5 mukaan (2012).

Mitoitavassa tehossa käytetään kahden prosentin lisäystä laskettuun kokonaistehoon  
nähdessä. Taulukon 3 sarakkeesta erotus nähdään eri rakenneratkaisuilla saavutettavat sääs-  
töt nykyiseen tilanteeseen verrattuna.

#### **4.2.3 Käyttövesi**

Lämpimän käyttöveden määrä mitoitetaan neljän hengen perheelle. Lämpimän käyttöve-  
den lämpöenergian nettotarve määritetään RakMK:n osan D5 mukaisesti (2012). Netto-  
tarpeeksi saadaan 12kWh päivässä. Tämän perusteella vuosittaiseksi lämpimän käyttöve-  
den energiantarpeeksi saadaan 4380 kWh vuodessa.

Käyttövesiputkisto ei vaadi merkittäviä muutoksia. Lämmin käyttövesi ohjataan maaläm-  
pöpumpulta jakotukille, johon nykyinen sähkölämmitteinen lämminvesivaraaja on kyt-  
ketty. Nykyinen lämminvesivaraaja poistetaan.

#### **4.2.4 Lämpöpumppu**

Asuinrakennuksen vuosittaisen lämmitysenergiankulutuksen määrittämiseksi, määritet-  
tiin rakenteiden, vuotoilman ja ilmanvaihdon aiheuttamat ominaislämpöhäviöt. Ominais-  
lämpöhäviöt seinä-, ikkuna- ja ovirakenteille on esitetty taulukossa 4. Taulukoon 4 las-  
kettuun kokonaisominaislämpöhäviöön lasketaan mukaan taulukoissa 5 ja 6 lasketut vuo-  
toilman ja ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöt.



TAULUKKO 4. Rakenteiden ominaislämpöhäviöt.

Rakenne	U-arvo W/(m <sup>2</sup> K)	Pinta-ala m <sup>2</sup>	Ominaislämpöhäviö W/K
Seinän U-arvo (hirsi):	0,54	100	54
Seinän U-arvo (eristetty):	0,32	42	14
Seinän U-arvo (eristetty pellava):	0,28	100	28
Ovien U-arvo (puuovi):	5,8	6,6	38
Ovien U-arvo (uusi):	0,9	6,6	6
Ikkunoiden U-arvo (MS-ikkuna):	2,7	30	81
Ikkunoiden U-arvo (uusi):	0,65	30	20
Alapohjarakenteiden U-arvo:	0,3	200	60
Yläpohjarakenteiden U-arvo:	0,3	200	60
		<b>Nykyinen:</b>	<b>419</b>
		<b>Eristetty:</b>	<b>287</b>

Vuotoilmasta aiheutuvat lämpöhäviöt esitetään taulukossa 5. Laskennassa ilmanvuotoluku määritettiin suureksi, sillä rakennuksen ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota rakennusvaiheessa. Vuotoilmavirta määritetään RakMK:n osan D5 (2012) mukaisesti ja vuotoilmavirrasta aiheutuva ominaislämpöhäviö RakMK:n osan D3 (2012) mukaisesti.

TAULUKKO 5. Vuotoilmasta aiheutuvat lämpöhäviöt.

Vuotoilma	Nykyinen		Eristetty	
Ilmanvuotoluku	12	n50	10	n50
Vuotoilmavirta	59,0	l/s	49,2	l/s
Ominaislämpöhäviö	71	W/K	59	W/K

Ilmanvaihdosta aiheutuvat lämpöhäviöt esitetään taulukossa 6. Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö lasketaan RakMK:n osan D3 mukaisesti (2012).

TAULUKKO 6. Ilmanvaihdosta aiheutuvat lämpöhäviöt.

Ilmanvaihto		
Poistoilmavirta	34,4	l/s
LTO hyötysuhde	0,00	%
Ominaislämpöhäviö	41,3	W/K

Taulukossa 7 esitetään asuinrakennuksen vuosittaiset energiankulutukset sekä nykyisessä tilanteessa, että rakenteellisilla muutoksilla. Lämmitysenergiankulutus on laskettu lämmitettävää asuin neliötä ja kuutioita kohti. Kokonaisenergiankulutuksessa huomioidaan talon lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tekemiseen kuluvan energian määrä vuositasolla. Käyttöveden lämmitysenergia määritellään kappaleessa 4.2.3.

TAULUKKO 7. Päärakennuksen kokonaisenergiankulutus.

Kokonaisenergiankulutus	Nykyinen	Eristetty	
Ominaislämpöhäviöt:	419	287	W/K
Lämmitysenergian kulutus:	222	153	kWh/m <sup>2</sup> /a
Lämmitysenergian kulutus:	72	49	kWh/m <sup>3</sup> /a
Lämmitysenergian kulutus:	44471	30502	kWh/a
LKV kulutus vuodessa:	4380	4380	kWh/a
Kokonaisenergiankulutus:	48851	34882	kWh/a

Energiankulutuksen laskennan tueksi vertaillaan muiden lähteiden laskentaohjelmien määrittämiä tuloksia laskemalla saatuihin tuloksiin. Kuvassa 5 esitetään Pistoke Oy:n laskentaohjelman antamat tulokset (Pistoke Oy: Energialaskuri 2011). Laskentaohjelman tulokset ovat lähes vastaavat oman laskennan kanssa. Tämän voidaan olettaa johtuvan siitä, että laskuriin on mahdollista asettaa itse ominaiskulutus.

## Kiinteistön tiedot

Laskenta-aika	25 vuotta
Kiinteistön lämmin pinta-ala	200 m <sup>2</sup>
Huonekorkeus	3,1 m
Ominaiskulutus	49 kWh/m <sup>3</sup>
Asukasmäärä	4 kpl
Investoinnin laskentakorkokanta	3,0 %
Lämmitettävä tilavuus	620 m <sup>3</sup>
Tilojen lämpöenergian tarve	30 380 kWh/vuosi
Käyttöveden lämpöenergian tarve	4 000 kWh/vuosi
Lämpöenergian kokonaistarve	34 380 kWh/vuosi

KUVA 5. Pistoke Oy:n laskentaohjelman tulokset (Pistoke Oy: Energialaskuri 2011)

Kokonaisenergiantarpeen perusteella voidaan määrittää tarpeita vastaava maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun tehontarvetta arvioitiin eri ulkolämpötiloissa. Tulokset on esitetty taulukossa 8. Taulukon perusteella voidaan määrittellä joko osatehoinen tai täysitehoinen maalämpöpumppu. Laskennassa on määritetty asunnon lämmitystehontarve eri ulkolämpötiloissa.

TAULUKKO 8. Maalämpöpumpun mitoitus

Ulkolämpötila (°C)	Mitoittava teho (kW)	
-5	10,6	Vajaatehoinen
-10	11,2	Vajaatehoinen
-15	11,8	Vajaatehoinen
-20	12,3	Vajaatehoinen
-25	12,9	Osatehoinen
-30	13,7	Täysitehoinen
<b>Pumppu =&gt;</b>	<b>14</b>	

Remontin laajuudesta johtuen tässä tapauksessa mitoitus tehdään täysitehoiseksi, jolloin maalämpöpumpun tehoksi vaaditaan 13,7 kW (taulukko 8). Käytännössä valittavan lämpöpumpun teho on 14 kW. Taulukon 8 perusteella on kuitenkin helppo valita osatehoinen lämpöpumppu, mikäli lämmitystä ollaan valmiita tukemaan kovimmilla pakkasilla lämpöpumpun lisävastuksilla tai muulla tukilämmitysjärjestelmällä, kuten tulisijojen lämmityksellä.

Taulukossa 9 esitetyt käyntitunnit kuvaavat kiinteätehoisen pumpun kompressorin toiminta-aikoja. Vuositasolla valitun kokoinen kiinteätehoinen maalämpöpumppu käy noin 2500 tuntia. Sähkönkulutus lasketaan SFP-luvulla 3,3 kokonaisenergiantarpeesta. Optimiikäntiaika vaihtelee lämpöpumpun valmistajan mukaan.

Maalämpöpumppuvalmistajista Nibe arvio kiinteätehoisten lämpöpumppujensa optimiikäntiajaksi 3500–4000 tuntia vuodessa ja invertteripumppujen käyntiajaksi yli 6000 tuntia vuodessa. Niben lämpöpumput mitoitetaan pääsääntöisesti täyttämään noin 70 prosenttia lämmitystehontarpeesta, jolloin pumppu on osatehoinen (Nibe: Pientalojen maalämpöpumppu opas 2014, 20). Vastaavalla mitoituksella kohteen käyttötunneiksi saadaan 3500 tuntia vuodessa.

TAULUKKO 9. Maalämpöpumpun käyntiajat eri vuodenaikoina

Kuukausi	Päivät	Käyntitunnit		LKV (kWh)	Rak. (kWh)	Yhteensä (kWh)	Sähkön kulutus (kWh)
		%	h				
Koko vuosi	365	28	2492	4380	30502	34882	11511
Tammikuu	31	51	383	372	4992	5364	1770
Helmi	28	53	356	336	4654	4990	1647
Maaliskuu	31	44	328	372	4219	4591	1515
Huhtikuu	30	31	223	360	2758	3118	1029
Toukokuu	31	15	113	372	1213	1585	523
Kesäkuu	30	5	40	360	193	553	183
Heinäkuu	31	4	29	372	34	406	134
Elokuu	31	6	43	372	234	606	200
Syyskuu	30	17	120	360	1324	1684	556
Lokakuu	31	29	215	372	2634	3006	992
Marraskuu	30	40	286	360	3647	4007	1322
Joulukuu	31	48	355	372	4599	4971	1640

Lämpöpumppujen omatoimista mitoitusta varten on saatavilla vain muutamia ohjelmia. Virheiden välttämiseksi mitoittaminen jätetään yleensä asiantuntijan tehtäväksi. Maalämpöratkaisuja toimittavan Lämpövinkki Oy:n sivuilla on käytettävissä laskentatyökalu, jonka avulla voidaan arvioida maalämpöjärjestelmän mitoitusta (Lämpövinkki Oy: Soile-maalämmön esisuunnittelu). Taulukossa 10 on esitetty laskentatyökalun antama arvio sekä maalämpöpumpun tehosta, että lämpökaivon pituudesta. Ohjelma mitoittaa pumpun tehon ja lämpökaivon pituuden vuosittaisen lämmitysenergian tarpeen, lämmönjakotavan, käyttövesitarpeiden ja ilmanvaihtotavan pohjalta.

TAULUKKO 10. Maalämmön suunnittelu (Lämpövinkki Oy: Soile-maalämmön esisuunnittelu)

#### Toimituksen sisältö

Maalämpöpumppu ja sen teho	Nibe F1245	12kW
Käyttövesivaraaja	Pumpussa	
Puskurivaraaja	UKV 200	
Lämpökaivon pituus	210 m	
Laitteiston asennuspaketti	Nibe F1245 asennus puskurivaraajalla	

Toimituksen sisältö on tarkastettava Lämpövinkin toimesta ennen tilausta.

#### Energian säästölaskelma

Jos koko mitoittettava energiamäärä tuotetaan maalämmöllä on vuosisäästölaskelma seuraava:

Tuotettu energiamäärä	34882	kWh
Maalämpölaitteiston käyttösähkö	10570	kWh
<b>Energian säästö</b>	<b>24312</b>	<b>kWh</b>

Luvut ovat arviota.

Taulukon 10 tulokset ovat arvioita ja mitoitus tulee varmistaa järjestelmän toimittajalta. Mitoitusohjelma määrittää maalämpöpumpuksi 12 kW:n Niben F1245-pumpun. Sivusto ei ota kantaa mitoitettaanko laitteisto osatehoiseksi vai täysitehoiseksi.

Mitoitusta tarkastellaan toisenkin laskentatyökalun tulosten pohjalta. Vertailussa käytettävä ohjelma on Bergheat-mitoitusohjelma (Bergheat: Bergheat mitoitusohjelma). Ohjelman tekijästä ei ole saatavilla tietoa ja ohjelman yhteydessä kehoitetaan tarkastuttamaan laskelmat asiantuntijalla. Bergheatin mitoitusohjelma antaa mahdollisuuden tarkempaan mitoitukseen. Ohjelma hakee automaattisesti muun muassa paikkakuntakohtaiset lämmöntarveluvut. Lisäksi ohjelmaan voidaan määrittää tarkasti mitoittettavan kohteen seinärakenteet. Haluttaessa ohjelma huomio laskennassa myös esimerkiksi taloussähköstä aiheutuvat lämmitysvaikutukset. Laskennan lähtöarvoiksi annettiin kappaleessa 4.2.2 lasketut tiedot. Ohjelman määrittämä maalämpöpumpun tehontarve on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Maalämpöpumpun teho Bergheat- mitoitusohjelmalla. (Bergheat: Bergheat mitoitusohjelma)

VALITSE tässä alla: MINKÄ PERUSTEEN MUKAISESTI LASKETAAN MITOITUS?				
Lasketaanko lämmönkeruupiiri talon LÄMMITYSTARPEEN vai PUMPPUTEHON mukaan		LÄMMITYSTARPEEN	34 902 kWh/v	
LÄMPÖPUMPUN MITOITUSLASKELMA				
VALITSE TÄHÄN HALUAMASI LÄMPÖPUMPUN LÄMMITYSTEHO →		14,0 kW	14,00 kW	
Sen teho riittää täysitehoisena tähän alimpaan ulkolämpöön saakka		-33,9 C	Täysitehoinen	
Täysitehoisen pumpun tehon pitäisi olla vähintään →			13,28 kW	
Lämmitystehon valinta	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-10	7,9 kW	
	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-15	9,2 kW	
	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-20	10,5 kW	
	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-25	11,7 kW	
	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-30	13,0 kW	
	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-35	14,3 kW	
	Jatkuva lämmitystehontarve, kun ulkolämpötila on ..	-40	15,6 kW	
	Lämpötilaltaan keskimääräisen tammikuun kokonais lämpöenergiatarve			5 385 kWh
	Keskimääräinen energian tarve tunnissa tammikuussa (= keskimääräinen lämmitysteho)			7,43 kW

Taulukosta 11 nähdään, että mitoitusohjelma laskee täysitehoisen lämpöpumpun tehontarpeeksi 13,28 kW, jolloin valitaan pumpuksi 14 kW:n lämpöpumppu.

Markkinoilla on tällä hetkellä vain muutamia maalämpöpumppuja määritellyssä teholuokassa. Esimerkiksi maalämpöpumppuvalmistajista Nibe on tuonut markkinoille Nibe F1145-12-lämpöpumpun, joka vastaa tarvetta (Nibe: Maalämpöpumppu Nibe F1145 2016). Toisena vaihtoehtona kiinteätehoisista lämpöpumpuista on Lämpöässä Vsi 14-lämpöpumppu (Lämpöässä: VSI-maalämpöpumput 2016). Molemmat maalämpöpumppu ovat mitoitettu korkeille lämpötiloille, joten ne soveltuvat käytettäväksi radiaattorilämmityksen yhteydessä.

Markkinoilla on nykyään saatavilla myös invertteripumppuja, joissa kierroslukuohjattu kompressori säätelee pumpun tehoa tarpeen mukaan. Lämpöpumppu käy useammin mutta pienemmällä teholla. Tällöin energiaa ei kulu enempää kuin mitä oikeasti tarvitaan (Thermia: Diplomat Inverter 2016) Invertteriteknologialla päästään parempaan vuosihyötysuhteeseen ja matalampiin käyttökustannuksiin, kuin kiinteätehoisella pumpulla, sillä kompressorin teho säätyy lämmitystarpeen mukaan. (Lämpötekniikka: Maalämpö 2016).

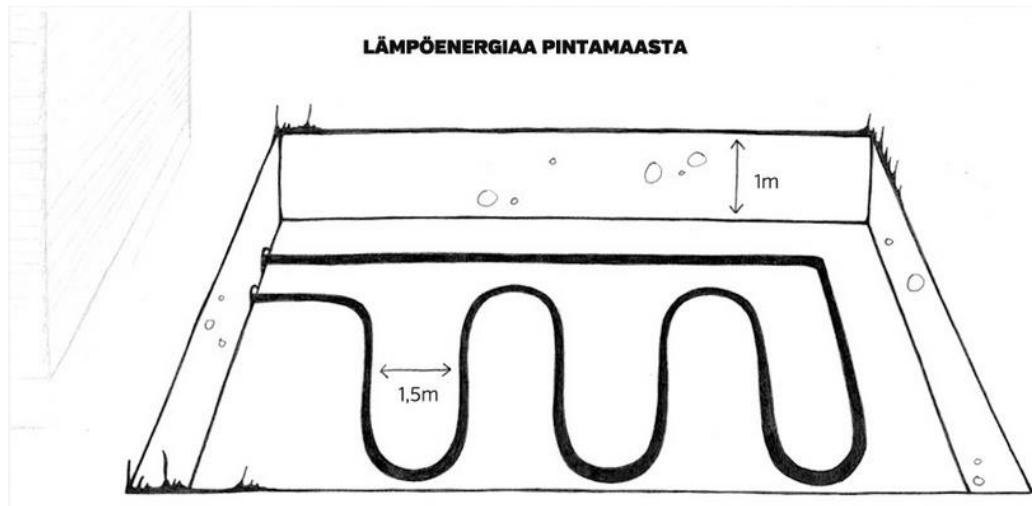
Maalämpöpumpun mitoitettusta teholuokasta johtuen myös invertteripumppu soveltuu hyvin kohteeseen. Teholuokaltaan käyttötarpeeseen soveltuvia lämpöpumppuja ovat esimerkiksi Nibe F1255-16 (Nibe: Maalämpöpumppu Nibe F1255) sekä Thermia Diplomat Inverter 5-17 (Thermia: Diplomat Inverter 2016). Molemmat lämpöpumput sisältävät lämminvesivaraajan, mikä on oleellista tilankäytön kannalta.

### **4.3 Lämmönkeruupiiri**

#### **4.3.1 Vaakaputkisto**

Vaakaputkisto sopii asennettavaksi talon viereen tilaan kuuluvalla pellolla. Peltoalaa on käytettävissä noin 4 hehtaaria, joten pitkäkään putkisto ei ole ongelma. Pelto on maalaajiltaan savimaata. Erityisesti kostea savimaa sopii putkistolle hyvin sen luovuttaessa aurinkoenergiaa maalajeista parhaiten. Savimaassa tarvitaan putkea noin 30-40 prosenttia hiekkamaata vähemmän. Pellossa on myös vähän kiviä, jonka vuoksi routavaurioiden riski on pieni. (Motiva Oy: Maalämpöpumppu, MLP 2016)

Vaakaputkisto on hieman porakaivoa edullisempi perustamiskustannuksiltaan, sillä putkiston kaivetaan noin metrin syvyyteen. Asennettaessa putkien tulee olla vähintään 1,5 metrin etäisyydellä toisistaan, kuten kuvassa 6 esitetään (Ekolämpö: Maalämmön keruupiiri, osa 2: vaakaputkisto 2016). Töiden yksinkertaistamisen ja keruupiirin tehokkuuden maksimoimisen kannalta on järkevämpää tehdä putkisto yhdellä isolla lenkillä, jolloin työ helpottuu kun putkistolle voidaan kaivaa pitkä suora oja. Tällöin saadaan kerätty myös lämpöä laajemmalta alueelta, mikä vähentää maaperän jäähtymistä.



KUVA 6. Vaakaputkiston asennus (Nordic Ekolämpö: Maalämpöinfo 2017)

Keruupiiri mitoitetaan vastaamaan lämpöpumpun keruupiiristä ottamaa energiamäärää. Maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä noin 2/3 on maaperästä otettua uusiutuvaa energiaa ja noin 1/3 on tuotettu sähköllä (SULPU: Lämpöpumput).

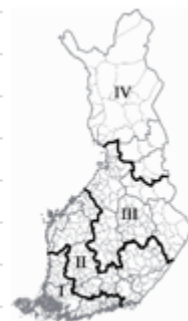
Mitoitus aloitetaan määrittämällä vuosittainen maasta otettavan lämmitysenergian määrä. Lämmitysenergian määrä lasketaan kaavalla 1. Kaavassa tunnus  $Q'$  on keruupiiristä otettavan lämmitysenergian määrä,  $Q_{\text{lämpöteho}}$  on taulukosta 12 valittava mitoitusarvo ja  $t_{lp}$  on lämpöpumpun käyntiaika, joka saadaan taulukosta 9.

$$Q' = \frac{Q_{\text{lämpöteho}} \cdot t_{lp}}{1000} \quad (1)$$

Taulukossa 12 esitetyt arvot ovat lämmönkeruuputkiston raja-arvot eri alueilla. Taulukon maksimiarvoja ei tule ylittää.

TAULUKKO 12. Raja-arvot keruupiirin mitoitukselle (Nibe: Pientalojen maalämpöpumppu opas 2014, 20)

	I alue	II alue	III alue	IV alue
<b>Lämpökaivo</b>				
<b>kWh/m</b>	150	140	130	120
<b>W/m</b>	14 – 43	38 – 41	34 – 38	30 – 35
<b>Pintamaa</b>				
<b>kWh/m</b>	60	50	45	35
<b>W/m</b>	12 – 15	11 – 14	10 – 13	10 – 12



Vaakaputkistosta saatavan energian määrä lasketaan kaavassa 2. Maasta otettavaksi lämpötehoksi saadaan 27,4 kWh/m.

$$Q' = \frac{11 \frac{W}{m} \cdot 2492 h}{1000} = 27,4 \text{ kWh/m} \quad (2)$$

Mitoituksessa käytetään taulukossa 12 esitetyn lämpötehon alemmaa raja-arvoa, jolla varmistetaan, ettei vaakaputkistoa alimitoiteta maalämpöpumpun tehoon nähden. Suurempi lämpöteho vaikuttaa merkittävästi maasta otettavan lämmitysenergian laskennalliseen määrään. Mikäli laskennassa käytettäisiin nykyisen  $Q_{\text{lämpöteho}}$  tilalla arvoa 14 W/m (taulukko 12), kasvaisi maasta otettavan energian määrä 34,9 kWh/m asti, joka vaikuttaisi vaakaputkiston pituuteen huomattavasti.

Vaakapiirin putkiston pituus lasketaan kaavalla 3. Kaavassa  $Q$  on talon lämmitykseen tarvittava energian määrä (taulukko 7),  $\Phi$  on maalämpöpumpun arvioitu hyötysuhde ja  $Q'$  on maasta otettavan energian määrä (kaava 2).

$$l = \frac{Q \cdot \left(1 - \frac{1}{\Phi}\right)}{Q'} \quad (3)$$

Vaakaputkiston pituus lasketaan kaavassa 4. Laskennan perusteella putkiston pituudeksi saadaan 588 metriä. Yksittäisen vaakaputkiston maksimipituudeksi suositellaan 400 metriä, joten putkisto on jaettava kahteen osaan. Tässä tapauksessa on suositeltavinta tehdä kaksi 300 metriä pitkää putkistolenkkiä.

$$l = \frac{34882 \text{ kWh} \cdot \left(1 - \frac{1}{3,3}\right)}{27,4 \frac{\text{kWh}}{m}} = 588 \text{ m} \quad (4)$$



Suomen lämpöpumppuyhdistys pitää nyrkkisääntönä vaakaputkiston mitoitukselle 1-2 metriä lämmitettävää kuutiota kohden (SULPU: Maaperä lämmönlähteenä). Talon lämmitettävien kuutioiden ollessa 630 m<sup>3</sup>, päästään lähelle mitoitettua tulosta. Putkiston todellinen pituus voisi käytännössä olla mitoitettua lyhempikin sillä pelto, johon vaakaputkisto voidaan asentaa, on maalajiltaan ja koostumukseltaan optimaalista ja laskenta taas on tehty taulukon 12 arvojen alarajan arvolla.

Verkosta ladattavissa oleva Berheat-mitoitusohjelma vastaavasti mitoittaa vaakaputkiston pituudeksi 639 metriä (taulukko 13). Ohjelma antaa käyttäjän valita maalajin ominaisuudet, jolloin päästään tarkempiin tuloksiin. Ohjelman laskemat tulokset ovat suuntaa antavia ja tulokseen vaikuttaa esimerkiksi ohjelman itse määrittämät hyötysuhteet lämpöpumpulle.

TAULUKKO 13. Berheat-mitoitusohjelma, vaakaputkiston pituus.

MAAKERUUPIIRI – MITOITTAMINEN					
Maakeruu	- VALITSE valikosta maalaji, EI TIEDOSSA, HIEKKA, SAVI, MOREENI, SILTTI, VESISTÖ		SAVI	SAVI	
	- VALITSE valikosta maan kosteus, EI TIEDOSSA, KUIVA, KOSTEA, MÄRKÄ		KOSTEA	KOSTEA	
	- Maan keskilämpötila, keskikuormitus	5,7 C	2,8 W/mK	26 kWh/m2/a	39,0 kWh/m/a
	- Maasta kerättävä energiaa, kerupiirin minimipituus ja upotussyvyys		24 893 kWh	639 m	1,2 m

### 4.3.2 Lämpökaivo

Lämpökaivon etuna vaakaputkistoon nähden on sen pieni tilantarve. Myös lämpökaivo soveltuu tontille hyvin, sillä talon ympäristössä kallio on aivan pinnassa. Aiempien porakaivojen porausten tietojen perusteella tiedossa on myös, että pohjavesi saavutetaan noin 70 metrin syvyydessä. Alueen kallioperässä on paljon lähteitä, mikä parantaa lämpökaivon ominaisuuksia.

Maasta otettavan energian määrä lasketaan kaavan 1 mukaisesti, kuten vaakaputkistoa mitoitettaessakin. Laskennan tulos esitetään kaavassa 5. Maasta otettavan energian määräksi saadaan 95 kWh/m. Tässä tapauksessa laskennan lämpötehona  $Q_{\text{lämpöteho}}$  käytetään taulukon arvoa 38 W/m. Taulukko arvo valitaan skaalan alapäästä, sillä mitoituksessa halutaan ottaa huomioon kaivon mahdollinen jäähtyminen pidemmällä aikavälillä.

$$Q' = \frac{38 \frac{W}{m} \cdot 2584 h}{1000} = 95 \text{ kWh/m} \quad (5)$$

Lämpökaivon syvyys lasketaan kaavan 6 mukaisesti. Kaivon syvyydeksi saadaan 243 metriä. Nyrkkisääntönä kaivon mitoitukselle on yksi metriä lämpökaivoa jokaista talon lämmitettävää neliötä kohden eli tässä tapauksessa noin 200 metriä (Rakentaja: Maanrakennuksen yhteydessä maalämmön lämpökaivo tai maankeruupiiri 2017).

$$l = \frac{34882 \text{ kWh} \cdot \left(1 - \frac{1}{3,3}\right)}{95 \frac{\text{kWh}}{\text{m}}} = 243 \text{ m} \quad (6)$$

Tyypillisen lämpökaivon syvyys Suomessa on 100–200 metriä (Rakentaja: Maanrakennuksen yhteydessä maalämmön lämpökaivo tai maankeruupiiri 2017). Lämpökaivon maksimi syvyys on kuitenkin käytännössä 200–250 metriä. Kaivon syvyyden kasvaessa vaaditaan kiertovesipumpulta enemmän tehoa, jolloin sähkönkulutus kasvaa. Samalla tulee huomioida, että mikäli kaivo on alimitoitettu, pumppu käy jatkuvasti. Tämä kasvattaa sähkönkulutusta ja pahimmassa tapauksessa kaivon lämpötila voi laskea niin alas, että se jäätyy. (Motiva Oy: Lämpöä omasta maasta)

Mitoitusta verrattiin eri lähteistä saatuihin tuloksiin. Taulukossa 10 on Lämpövinkki Oy:n mitoitusyökalulla saatu arvio lämpökaivon syvyydestä, joka on 210 metriä. Tulos ei ole suoraan verrattavissa laskelmista saatuu syvyyteen, sillä Lämpövinkki Oy on määrittänyt lämpöpumpun kiinteäksi tehoksi 12 kW. Kun yllä esitetyt laskelmat tehdään 12 kilowatin pumpulle, saadaan kaivon syvyydeksi mitoitettua 208 metriä, joka on lähes sama, kuin vertailulähteessä. Tästä voidaan päätellä, että lämpökaivon syvyys 14 kilowatin pumpulle on suhteessa oikeaa syvyysluokkaa.

Vastaavat laskelmat tehtiin myös Bergheat-mitoitusohjelmalla. Mitoitusohjelmaan on mahdollista määritellä erikseen maaporaus ja kallioporaus, sekä maa-ainesten lämmönjohtavuudet. Ohjelma määrittää energiakaivon syvyydeksi 260 metriä eli hieman enemmän, kuin muut mitoitustavat (Kuva 7).

PORAKAIVO – MITOITTAMINEN						Lämmitys tarve
Kaivossa on maaporausta [1-120 m]	1 m	1 m	Kaivosta	Aktiivisyvyys		24 893 kWh
Jossa lämmönjohtumisluku on	1,6 [W/mK]	1,6 W / (mK)	24 893 kWh	260 metriä		24 893 kWh
Kallion kiviaineksen lämmönjohtavuus	3,0 [W/mK]	3,0 W / (mK)	Kaivon lämpötilojen valinnan mahdollisuudet			
Häiriintymätön kallioperän lämpötila 20 metrin syvyydessä	AUTO	AUTO	MAN minimi	MAN maksimi	AUTO	
	6,5	5,66 C	0	12	5,656 C	
Kallioperän lämpenemiskerroin	11,0 [mK/m]	11,00 mK/m				
Porakaivon yläosan gradientti	100,0 [mK/m]	100,0 mK/m	0,100 K/m			
<b>Energiakaivokentän muodon ja kaivojen keskinäisten etäisyyksien valinta</b>						
	Kaivojen lukumäärä	VALITSE	Kaivojen välimatka	Kentän muoto	Lämpötila	
Energian keruukentän määrittäminen	1 kpl	1 RIVI	20 m	YKSI KAIVO	5,656 C	
<b>LÄMPÖKAIVOJEN MÄÄRITTÄMINEN, paikkakuntana VILJAKKALA</b>						
Energiakaivon syvyys yhtenä kaivona	260 m	260 m	8,30 C	5,51 W/mK		Kaivosta otettava
Energian saanto kaivosta, PERUS kaivo	Kohdan alku	Kohdan loppu	Energiaa saatavissa	Vuosisaanto /metri		24 893 kWh
- Kaivon maaporaus osuus	0 m	1 m	54 kWh	54,4 kWh/m/a		260 m
- Kaivon kallio osuus	1 m	260 m	24 880 kWh	96,1 kWh/m/a		
- Koko kaivo yhtenä kaivona 0 - 260 m	0 m	260 m	24 935 kWh	95,9 kWh/m/a		1 x 260 m
Kaivojen määrittäminen	Kaivon syvyys	Kaivosta saatavissa	Vuosisaanto /metri	Keskiaivot		24 893 kWh
Yhtenä kaivona tarvittaisiin →	260 m	24 893 kWh	95,7 kWh/m/a	10,9 W/m		
Valitse kaivon PORAUSSYVYYS (noin arvo) →	150 m	13 070 kWh	1 kpl	1 kpl		
1 kaivosta saadaan vuodessa	260 aktiivi-m	24 935 kWh	95,7 kWh/m/a	10,9 W/m		13,8 W/m
1 - kaivosta vuodessa	260 m	24 935 kWh	95,9 kWh/m/a	Lisää kaivoja		
Kaivo riittää!	Yliystä ->	42 kWh/a				
Onko lähitöllä muita lämpökaivoja, valitse	Ei	15 m	5,66 C			
Alin sallittu lämpötila kaivossa	0,0 C	0,0 C	5,66 C			

KUVA 7. Bergheat-mitoitusohjelma, lämpökaivon syvyys

Energiakaivon sijaintia suunniteltaessa tulee huomioida suositellut minimietäisyydet eri kohteisiin. Suositeltavat etäisyydet on esitetty taulukossa 14. Tilan piha-alueella on kallioporakaivo, johon etäisyyden tulisi olla 40 metriä. Kiinteistön rajan etäisyydet eivät vaikuta energiakaivon sijoittamiseen sillä talon ympäristössä on laajalla alueella tilan omia maita. Huomiotava on jätevesikaivojen sijainti tontilla, sekä kallioporakaivolta talolle tulevan putkiston sijainti. Kuva energiakaivon sekä vaakaputkiston sijoittamisesta on esitetty liitteessä 2.

TAULUKKO 14. Suositellut minimietäisyydet (Ympäristöopas: Energiakaivo 2013)

Kohde	Suosittelu minimietäisyys
Energiakaivo	15 m*
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m**
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m*
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m, Harmaat vedet 20 m [14]
Viemärit ja vesijohdot	3 m (omat putket)-5 m (muiden putket)**
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitetään tapauskohtaisesti

\* porareian ollessa pystysuora

\*\* etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivussyvyydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista

## 4.4 Lämmönjako

### 4.4.1 Patteriverkosto

Taloon suunnitellaan asennettavaksi vesikiertoinen patterilämmitys. Patteriverkosto muuttaa merkittävästi talon ilmettä, kun ikkunoiden alle asennetaan patterit ja putket kulkevat seinillä. Putket asennetaan pääosin katonrajaan. Lattian rajassa putket hankaloittaisivat huonekalujen sijoittelua, mikä vaikuttaisi tilan käytettävyyteen. Lämpötaloudellisista syistä putket kannattaisi asentaa lattian rajaan, sillä tällöin huoneen vetoisimpaan kohtaan saadaan luontevasti lämpöä, mutta vanhan talon kohdalla on toisinaan tehtävä kompromisseja. Putkitukset tehdään teräs- tai kupariputkilla sillä ne kestävät mahdolliset suuretkin lämpötilanvaihtelut komposiittiputkea paremmin. (Lahtinen 2015, 165–169.)

Pattereiden asennuksesta aiheutuu vanhassa talossa omat haasteensa. Pattereita asennettaessa talon ikkunoiden ja seinien suoruus voi tulla silmiinpistävästi esille. Lisäksi patterit tulevat huomattavasti ulos seinästä ikkunaan nähden, kun huomioidaan vielä lisäeristyksen vaikutukset seinärakenteen paksuteen. Pattereita valittaessa onkin tehtävä kompromissi pattereiden pituuden ja paksuuden välillä.

Patteriverkoston runkoputkiston koko mitoitetaan verkoston virtauksen perusteella. Virtauksen mitoitus lasketaan *LVI 12–10343* –kortin *Vesikiertoinen patterilämmitys*, ohjeiden mukaan. Patteriverkoston rakenteeksi valitaan kaksiputkijärjestelmä, jossa jokaisella patterilla on oma meno- ja paluuputkensa, jotka yhdistetään runkoputkeen. Putkitustapana käytetään yläjakoista putkitusta (Rakennustieto: *LVI 12–10343 Vesikiertoinen lattialämmitys* 2002).

Patteriverkosto jaetaan kahteen osaan. Toinen linja syöttää talon lännen puoleisen seinän pattereita ja toinen idän puoleisen seinän pattereita. Molempia linjoja syötetään yhteisestä runkoputkesta, joka on yhteydessä puskurivaraajaan. Verkoston jakaminen kahteen linjaan tasapainottaa lämmitystehon jakautumista sekä vähentää painehäviöitä. Linja yksi syöttää pattereita huoneissa 2-3 ja 6-9. Linja kaksi syöttää pattereita huoneissa 1, 6 ja 10-12. Huone 6 on koko talon levyinen ja sen eri seinillä olevia pattereita syötetään eri linjoilta. Huoneiden sijainnit nähdään liitteestä 1.

Taulukosta 15 nähdään lämmitystehon jakautuminen eri linjoille, linjassa muodostuvat painehäviöt, sekä putkikoot. Linjaputkistolta pattereille laskevat putket ovat kooltaan 12 mm. Pattereiden sijoittelu asuntoon nähdään liitteestä 1.

TAULUKKO 15. Patteriverkoston putkikoot

	Runkoputki	Linja 1	Linja 2	
<b>Lämmitysteho</b>	13627	6574	6102	W
<b>Virtaus</b>	0,32	0,16	0,15	dm <sup>3</sup> /s
<b>Painehäviö</b>	103	52	52	Pa/m
<b>Putken koko</b>	28	22	22	mm

#### 4.4.2 Pattereiden mitoitus

Pattereiden mitoitusta varten määritettiin kiinteistön lämmitystehontarve. Vanhaan talon lämmitystehontarvetta mitoittaessa ei voida päästä tarkkoihin lukemiin, sillä talon kaikki rakenteet eivät ole täysin luotettavasti selvillä. Tulokset ovat suuntaa antavia.

Lämmitystehontarve laskettiin eri tilanteissa huomioiden muun muassa eristykset, ikkunat ja ovet. Tämän pohjalta nähdään erilaisten rakenteiden vaikutukset talon lämmitystehontarpeeseen (Taulukko 3).

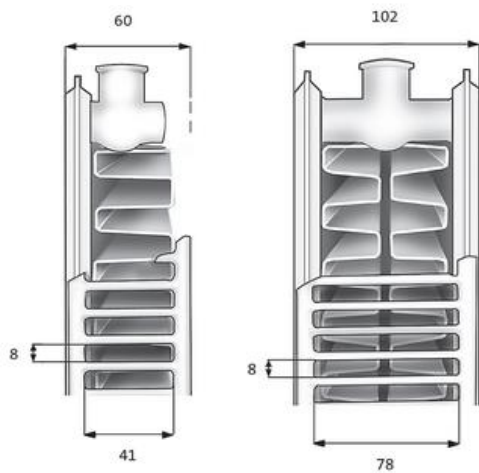
Nykyisessä tilanteessa lämmitystehontarve on noin 20 kW. Kun ulkoseinät eristetään 50 mm pellavaeristeellä, saavutetaan 1,7 kW:n säästö lämmitystehontarpeessa. Tämä ei yksinään ole kovin merkittävä säästö. Ero nykyisen tilanteen ja eristyksen välillä olisi laskennallisesti hieman suurempi, mikäli osaa talosta ei olisi jo eristetty. Suurempi säästö saadaan vaihtamalla ikkunat sekä ovet uusiin. Tällöin saavutetaan jo 4,8 kW:n säästö. Ikkunoita ja ovia uusittaessa tulee kuitenkin huomioida korvausilman saatavuus myöhemmin, jotta talon rakenteet toimivat jatkossakin oikein. Kun nämä ratkaisut lasketaan yhteen, päästään noin 6,5 kW:n säästöön lämmitystehontarpeen jäädessä 13,6 kW:n luokkaan (Taulukko 3).

Lämmitystehontarpeen perusteella määritellään huoneiden patterikoot. Taloon valitaan asennettavaksi Purmon Compact-sarjan teräslevyradiaattorit (Purmo: Paneeliradiaattorit 2016). Purmon verkkosivuilta on ladattavissa mitoitus työkalu, jonka avulla voidaan määrittää tiloihin soveltuvat patterit (Purmo: Teholaskentaohjelmat 2016). Huoneisiin valitaan patterit taulukon 16 mukaisesti.

TAULUKKO 16. Patterit huonekohtaisesti

Huone	Patteri/lämmitys	kpl
Huone 1	Purmo Compact C11 k500 p1000	2
Huone 2	Purmo Compact C11 k500 p1000	1
Huone 3	Purmo Compact C11 k500 p500	1
Huone 4	Sähköinen lattialämmitys	-
Huone 5	Puukiuas	-
Huone 6	Purmo Compact C22 k500 p1400	4
Huone 7	Purmo Compact C22 k500 p2000	1
Huone 8	Purmo Compact C22 k500 p1200	1
Huone 9	Purmo Compact C22 k500 p1200	2
Huone 10	Purmo Compact C22 k500 p800	1
Huone 11	Purmo Compact C22 k500 p800	2
Huone 12	Purmo Compact C22 k500 p1200	2

Huoneisiin valittavat patterit ovat huoneesta riippuen radiaattorityyppiä C11 ja C22, kuten kuvassa 8.



KUVA 8. Vasemmalla tyyppi C11 ja oikealla C22 (Purmo: Radiaattorityypit 2016)

Pattereiden valinnassa joudutaan tasapainoilemaan niiden pituuden ja paksuuden välillä. Suurin mahdollinen korkeus pattereille on 500 mm. Mahdollisuuksien mukaan pyritään valitsemaan tyypin C11 radiaattori, mutta se soveltuu lähinnä pienempiin tiloihin kuten keittiöön, pukuhuoneeseen ja vessaan pienemmän lämmitystehonsa vuoksi. Pesuhuoneeseen ei asenneta patteria, vaan se lämmitetään jatkossakin sähköisellä lattialämmityksellä. Saunan oletetaan kuivuvan käytön jälkeen puukiukaan tuottamalla lämmöllä.

Pääsääntöisesti pattereiden pieni ylimitoitus on järkevää, sillä ajan mittaan patterin sisäpinnalle kertyvä kalkki aiheuttaa tehon laskua, josta seuraa lämmityskyvyn menetystä (Radiaattorikeskus: Hyvä tietää). Patterit mitoitetaan taulukon 17 mukaisille lämpötiloille. Laskentaohjelma määrittää annettujen tietojen perusteella tehot erilaisille pattereille.

TAULUKKO 17. Patteriverkoston mitoituslämpötilat

<b>T<sub>meno</sub></b>	55 °C
<b>T<sub>paluu</sub></b>	45 °C
<b>T<sub>huonelämpötila</sub></b>	21 °C
<b>dT<sub>in</sub></b>	28,71 °C

Tyypillisesti patterijärjestelmä mitoitetaan 60/40-parieetteella, jolloin menoveden lämpötila on -29 °C pakkasella 60 °C. Tämä edellyttää, että lämpöpumppu pystyy tuottamaan hyvällä hyötysuhteella 65 °C lämmitysvettä. (Seneca: Maalämpöpumppu)

Lämpöpumpun tehokkuuden optimointia ajatellen patterijärjestelmä mitoitetaan 55/45-periaatteella. Tällöin pumppu toimii tehokkaammin ja toisaalta jää myös lämmitysvara, mikäli lämpöpumpun lämmityskäyrän säätöjä tarvitsee muuttaa. Pääsääntöisesti meno- ja paluueden lämpötilaeron tulee olla 7-10 °C astetta. Nykyaikaiset lämpöpumput pystyvät tuottamaan 65 °C asteista lämmitysvettä ja lisävastuksilla päästään 70 °C asteeseen.

## 5 SÄHKÖSUUNNITTELU

### 5.1 Lähtökohdat ja havainnot

#### 5.1.1 Yleistä

Tilalle on tehty asennuksia tarpeiden mukaan eri vuosikymmeninä. Johdotuksia on jäljellä jopa 1930-luvulta, jolloin kylälle saatiin sähköt, mutta syöttöön ne eivät enää ole kytkettyinä. Uusimmat asennustyö on tehty 2000-luvulla päärakennukseen sekä riiheen.

Päärakennuksen sähköistyksiä tutkittaessa havaittiin huomiota vaativia puutteita osassa sähkölaitteita ja asennuksia. Tämän seurauksena päädyttiin suunnittelun yhteydessä kartoittamaan koko tilan sähköistys huomiota vaativien kohteiden havaitsemiseksi. Tilan sähköistuksen nykytilaa lähdettiin kartoittamaan Tukesin vuonna 2007 julkaiseman ”Viljatilojen sähkö- ja paloturvallisuus”- tutkimuksen pohjalta (Tukes: Viljatilojen sähkö- ja paloturvallisuus 2007).

Tilan piha-alueella on paljon ilmajohtoja, jotka halutaan siirtää maahan pois työkoneiden tieltä. Keskuksia suunniteltaessa huomioitiin tilan mahdollinen tarve laajentaa, sekä puutteet nykyisissä asennuksissa.

#### 5.1.2 Havainnot

Moottoreiden osalta suurimman paloturvallisuusriskin pölyisissä tiloissa aiheuttaa pölyn kerääntyminen jäähdytysrakenteisiin, sekä ilmanottoaukkoon. Tilan omistajat ovat pitäneet huolta laitteiden huollosta ja kunnossapidosta, mikä näkyy laitteiden erinomaisena yleiskuntana niiden pitkästä käyttöiästä huolimatta. Kartoituksessa havaittiin, että pölyn ei ole annettu kertyä laitteistoihin vaan ne on puhdistettu säännöllisesti käytön jälkeen laitteiden pitkäikäisen toiminnan varmistamiseksi. Ennakoivan huollon ja kunnossapidon merkitys on maataloudessa suuri, sillä tuottajahintojen ollessa matalalla, ei ylimääräisiä kalliita investointeja kaivata.

Tilan kaikki sähkökeskukset ovat melko iäkkäitä, mikä näkyy vahvasti niiden ulkoisessa olemuksessa. Keskuksia on sijoitettu ulos, jolloin ne altistuvat jatkuvasti erilaisille sääoloille. Hyvänä puolena voidaan kuitenkin nähdä, että ulos sijoitettuihin keskuksiin ei



pääse kertymään hienojakoista pölyä, joka aiheuttaa palovaaran. Kaikki keskuksat ovat suljettavissa ja avattavissa salvoilla, joten käytännössä kuka tahansa voi päästä niihin käsiiksi.

Keskusten kunnan kartoitus aloitettiin pääkeskukselta (Kuva 9). Keskus on sijoitettu riihen liittymän viereen sähkötolppaan ja sen suojaus sääoloilta on heikohko (Liite 3). Sateen lisäksi ympärillä kasvavien puiden ja pensaiden oksat ovat osaltaan vaikuttaneet keskuksen ulkoiseen kulumiseen. Pääkeskus on päässyt ruostumaan niin pahasti, ettei sitä ollut mahdollista saada auki ilman työkaluja. Keskusta ei ole ollut tarvetta saada auki moneen vuoteen, sillä pääsulakkeiden koko on pysynyt samana (3x35 A) ja sähkömittaria on mahdollista lukea ulkoa päin. Keskukselta lähtevät kaapelit ovat pysyneet kunnossa ja läpiviennit ovat tiiviit, joten varsinaista kiireellistä tarvetta keskuksen uusimiselle ei ole.



KUVA 9. Pääkeskus

Riihen ulkoseinään sijoitettu alakeskus (Kuva 10) syöttää kuivuria ja lajittelijaa, sekä eri vuodenaikoina muun muassa viljaruuveja, sirkkeliä ja klapikonetta. Kyseinen keskus on pyritty suojaamaan lumelta ja vesisateelta kumisella matolla, mutta tästä huolimatta keskuksen ulkopinta on pahasti ruostunut. Keskuksen sisälle ei ole kuitenkaan päässyt kosteutta eikä pölyä, joten se on sisältä hyvässä kunnossa. Myös saranat ovat kunnossa.



KUVA 10. Alakeskus riihen seinässä

Keskuksen syöttöjen merkinnöissä on puutteita. Ylemmän rivin kolme sulaketta on merkitty suuntaa antavasti, mutta alariviä ei ole merkitty millään tavalla. Oletuksena on, että

nämä kolme vaihetta syöttävät rakennuksen kaikkia kolmivaihepistorasioita. Tässä tapauksessa ei ole mahdollista kuormittaa useaa pistorasiaa samanaikaisesti. Keskusta syöttäviä ja sieltä lähteviä kaapeleita ei ole asennettu siististi vaan ne risteilevät eri suuntiin.

Navetan seinään on sijoitettu toinen alakeskus (Kuva 11). Keskus on pysynyt melko hyvässä kunnossa sekä sisältä että ulkoa, sillä se on sijoitettu räystäään alle suojaan sadevedeltä. Kyseisellä keskuksella syötetään ainoastaan porakaivon pumppua.



KUVA 11. Alakeskus navetan seinässä.

Keskuksen pohjaa on käytetty ylimääräisten sulakkeiden säilytyspaikkana. Sulakkeet ovat lähellä jännitteisiä osia, sillä keskuksesta puuttuu useita sulakekansia mikä aiheuttaa hengenvaaran.

Talon pääkeskus on hyvässä kunnossa. Keskus on vaihdettu 2000-luvun alussa keittiön ja pesutilojen sähköistyksen yhteydessä. Keskus on varustettu tulppasulakkeilla. Päärakennuksen sähkötyöt ovat aikanaan jääneet kesken. Tällä hetkellä vain keittiössä ja pesutiloissa on sähköt.

Käyttökokemusten perusteella alakeskusten lähtöjen koot eivät kaikissa tilanteissa olleet käyttötarkoitukseensa soveltuvat. Esimerkiksi riihen alakeskuksessa on ollut ongelmia, sillä sirkkeli on voitu liittää vain tiettyyn pistorasiaan ilman että sulakkeet palavat. Toisaalta taas navetan alakeskuksen sulakkeet ovat ylimitoitettut, sillä pumpun sähkömoottorin teho on vain 1,5 kW, mutta syöttävät sulakkeet ovat silti 3x16 A.

Keskuksissa oli jonkin verran löysiä liitoksia, mutta irtonaisia johtimenpäitä ei ollut havaittavissa. Liittimissä ei myöskään ollut juurikaan ruostetta. Kaapeleiden läpiviennit olivat kaikissa keskuksissa tiiviit, mikä on osaltaan estänyt kosteuden pääsyn keskuksiin.

Maahan asennettujen kaapeleiden nousut maasta on suojattu metallisella suojaputkella. Suojaputkien yksittäisiä kiinnikkeitä on ajan myötä ruostunut poikki.

Kaikki tilan kolmivaihepistorasiat ovat vanhoja kuvassa 12 esitetyn mallisia metallikuorisia pistorasioita. Muutamassa pistorasiassa suojaläpän jousi on katkennut. Pistorasioista löytyi myös löysiä liitoksia.



KUVA 12. Metallikuorinen kolmivaihepistorasia

Jakorasioiden läpiviennit on poikkeuksetta tiivistetty hyvin massalla (Kuva 13). Kaapelit ovat pysyneet jakorasioissa, eikä johtimia ole näkyvissä rasioiden ulkopuolella. Rasiat on kiinnitetty hyvin eikä niihin ole päässyt pölyä sisälle.



KUVA 13. Jakorasia navetassa

Valaisimet ovat pääosin tilaluokitukseltaan tiloihin soveltuvia (Kuva 14). Valaisimet ovat sijoitettu siten, että ne eivät ole pölyisimmissä paikoissa, minkä vuoksi ne eivät ole keränneet pölyä. Valaisinten nykyinen sijoittelu ja niiden valaistusteho ei kuitenkaan ole työskentelyn kannalta erityisen optimaalinen, sillä ne eivät valaise riittävästi tärkeimpiä työalueita, mikä nostaa riskejä työtaturmiin koneiden ja liikkuvien osien kanssa toimitaessa.



KUVA 14. Valaisin riihessä

Tiloissa on myös yksittäisiä vanhoja halogeenivalaisimia, jotka eivät tilaluokitukseltaan sovellu käytettäväksi pölyisissä tiloissa. Nämä valaisimet ovat keränneet sisäänsä jonkin verran pölyä, mikä nostaa palovaaraa. Valaisimet ovat kuitenkin rakenteellisesti ehjiä.

Varastotiloissa oli yksittäisiä hehkulamppuvalaisimia joista puuttui suojakupu. Suojakuvut olivat lampun vaihdon yhteydessä jääneet asentamatta paikoilleen, vaikka ne ovatkin täysin ehjiä.

Kaapeloinnit on pääasiassa asennettu melko siististi ja hyvin. Kaapeleiden läpivientien tiivistysten kohdalla ilmeni yksittäisiä puutteita. Vanhimpien kaapeleiden osalta on havaittavissa kaapelin pinnan kulumista ja vaurioita. Maahan asennetut kaapelit on asennettu asiaankuuluvasti suojaputkeen (Kuva 15).



KUVA 15. Kaapeloinnit

Tilan sähkötoista ei ollut saatavissa minkäänlaista dokumentointia. Sähkötoita on ilmeisesti tehty aina tarpeen vaatiessa, eikä työn tilaajilla ole osannut vaatia ajantasaisia sähkökuvia tai dokumentteja käyttöönottotarkastuksesta eikä asennusten tekijä ole niitä itse antanut. Tässä tapauksessa asennusten turvallisuudesta ei ole näyttöä.

## 5.2 Keskusten ja syöttöjen mitoitus

### 5.2.1 Keskusten mitoitus teho ja sulakkeet

Keskusten suunnittelussa ja mitoituksessa huomioidaan kohteen muuttuneet tarpeet, sekä varaukset tulevaisuuden laajennustarpeet huomioiden. Keskuksia suunnitellaan neljä, jotka korvaavat nykyiset keskuksat: pääkeskus koko tilalle, sekä alakeskukset riiheen, talousrakennuksille ja päärakennukselle. Keskuksista käytetään edempänä seuraavia tunnuksia:

- Pääkeskus – PK
- Riihen alakeskus – AK1
- Talouskeskuksen alakeskus – AK2
- Päärakennuksen alakeskus – AK3

Mitoitus aloitetaan päärakennuksen keskukselta AK3. Päärakennuksen sähkökalusteiden sijoittelu suunnitellaan käyttäjän tarpeita vastaavaksi (Liite 4). Sähkökuvien perusteella määritellään rakennuksen mitoittava teho. Aluksi määritellään eri laiteryhmiä käyttämät kokonaistehot. Laiteryhmien todellista tehontarvetta määriteltäessä huomioidaan laiteryhmän sisäiset tasauskertoimet sekä huipputehon aikaiset samanaikaisuuskertoimet. Alakeskukselle mitoitetaan 30 prosentin varaus tehonlisäykselle. Laskennan perusteella keskuksen mitoittavaksi tehoksi saadaan 14,6 kilowattia ja pääsulakkeiksi 3x25 ampeeria (Taulukko 18). Laskennassa on huomioitu maalämpöpumpun tehontarve.

Talouskeskuksen alakeskus AK2 suunnitellaan syöttämään pihapiiriin kuuluvia rakennuksia, kuten navettaa, suulia ja verstasta (Liite 5). Keskus syöttää myös ulkovalaistusta ja porakaivon pumppua. Talouskeskuksen alueella sähkönkulutus on hyvin hetkittäistä ja sähkölaitteiden samanaikaista kuormitusta ei juurikaan ole. Mitoittavaksi tehoksi arvioidaan 30 prosentin tehonlisäyksen varauksella 12,1 kilowattia ja pääsulakkeiksi 3x25 ampeeria (Taulukko 18).

Riihirakennus sijaitsee toisella puolella tietä erillään talouskeskuksesta (Liite 3), mutta lähimpänä pääkeskuksen sijoituspaikkaa. Riihen alakeskusta AK1 mitoitettaessa huomioidaan varaus toiselle kuivurille (Liite 6). Nykytilanteessa mitoitustehoksi saadaan 14,5 kilowattia ja sulakkeiden kooksi 3x25 ampeeria (Taulukko 18).

Kun mitoituksessa huomioidaan toinen kuivuri, nousee mitoittava teho 34 kilowattiin ja sulakkeiden koko 63 ampeeriin. Muutoksen ollessa näinkin merkittävä, on perusteltua pohtia kannattaako keskusta toteuttaa näin suurella varauksella. Tilan kiinteät kulut kasvavat merkittävästi sulakekokoa kasvatettaessa, mutta samalla suurin tehontarve on vain pienen osan vuodesta, noin kuukauden.

Kuivauskauden aikana merkittävimmäksi asiaksi puintien etenemisen näkökulmasta nousee viljan säilytyskapasiteetin määrä. Kosteaa viljaa ei voida säilöä pitkiä aikoja, mutta toisaalta sateisina vuosina on tärkeää puida sateiden välissä mahdollisimman paljon. Tässä tapauksessa järkevimmäksi ratkaisuksi nähdään, että keskus toteutetaan toistaiseksi vastaamaan yhden kuivurin vaatimuksia. Mikäli myöhemmin päädytään rakentamaan toinen kuivuri, järkevintä on käyttää niitä vuorotellen. Kuivureita voitaisiin silti täyttää yhtä aikaa, jolloin tuoreen viljan varastointikapasiteettia saadaan kasvatettua.

Pääkeskus mitoitetaan alakeskusten huipputehojen pohjalta maatilán erityispiirteet huomioiden. Merkittävää on, että tilán eri rakennusten huipputehon tarve jakautuu eri ajanjaksoille ja päällekkäisyyksiä ei käytännössä tule. Esimerkiksi kuivuria käytetään syksyllä, jolloin maalämpöpumppu käy vain satunnaisesti pienellä teholla ja vastaavasti talvella maalämpöpumpun teho on suuri, mutta kuivuria ei käytetä. Riihen alakeskuksesta syötetään kuivurin lisäksi esimerkiksi sirkkeliä sekä lajittelijaa, mutta ne eivät ole käytössä yhtäaikaaisesti, jolloin tehopiikkejä ei tule. Talousrakennuksen sähkön käyttö on ympäri vuoden hyvin vähäistä. Pääkeskuksen mitoittavaksi tehoksi määritettiin 17 kilowattia ja sulakkeiden kooksi 3x35 ampeeria (Taulukko 18). Pääsulakkeiden ollessa 3x35A, laitteistolle ei tarvitse suorittaa määräaikaistarkastuksia.

TAULUKKO 18.

Keskus	Teho P W	Jännite U <sub>p</sub> V	Tehokerroin -	Virta I <sub>b</sub> A	Virta I <sub>n</sub> A	Virta I <sub>z</sub> A
Pääkeskus	17031	400	0,9	27,3	35	38,6
AK1	14547	400	0,9	23,3	25	27,6
AK2	12129	400	0,9	19,5	25	27,6
AK3	14612	400	0,9	23,4	25	27,6

Johdinta ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen ominaisuuksien tulee täyttää kaavojen 7 ja 8 mukaiset ehdot.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (7)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (8)$$

Kaavoissa 7 ja 8 (SFS 6000-4-43):

- $I_B$  = piirin mitoitusvirta
- $I_Z$  = johtimen jatkuva kuormitettavuus
- $I_N$  = suojalaitteen mitoitusvirta
- $I_2$  = virta, jolla suojalaite toimii tehokkaasti

Taulukossa 18 piirille suunniteltu virta  $I_b$  määräytyy keskuksen mitoittavan tehon perusteella. Laskuissa tehokertoimena on käytetty arvoa 0,9. Virta  $I_n$  kertoo suojalaitteen mitoitusvirran. Suojalaitteen mitoitusvirraksi, eli sulakkeen kooksi valitaan piirille suunnitellusta virrasta seuraava sulakekoko. Päärakennusta syöttävän keskuksen kohdalla virran  $I_b$  ollessa 24,3 ampeeria, valitaan suojalaitteen mitoitusvirraksi  $I_n$  25 ampeeria. Suojauksen suunnittelussa noudatetaan standardia SFS 6000-4-43. (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.)

Lopuksi määritetään johtimen jatkuva kuormitettavuus, virta  $I_z$ . Laskuissa käytettävä toimintavirta  $I_2$  valitaan käytettävien suojalaitteiden tyyppin perusteella. Tässä tapauksessa toimintavirtana käytetään  $1,6 \cdot I_N$ , kun pääsulakkeiksi valitaan gG-sulakkeet. Keskuksia syöttävien kaapeleiden poikkipinta mitoitetään johtimen jatkuvan kuormitettavuuden mukaan.

## 5.2.2 Kaapelit ja kaapelireitit

Jokaista alakeskusta syötetään erillisellä kaapelilla. Kaapeleiden mitoitus vaikuttaa johdinta kuormittavan virran suuruus  $I_z$  sekä asennusolosuhteet. Kun kaapeli on mitoitettu oikein, se ei lämpene liikaa käyttöolosuhteissaan jolloin kaapelin käyttöikä ei laske. Tilan kaapelireittejä suunniteltaessa standardin SFS 6000-5-52 mukaisista asennustavoista käytetään kolmea (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.):

1. Kaapeli pinnalle asennetussa putkessa
2. Monijohdinkaapeli puuseinällä
3. Monijohdinkaapelit maassa

Menetelmää 1 käytetään, kun kaapeli nostetaan seinää pitkin maasta ylös keskuksen alapuolelle. Kaapelit kulkevat yksittäin putkissa, jolloin ryhmästä aiheutuvalla korjauskertoimella ei ole vaikutusta laskentaan kertoimen ollessa 1. Lämpötilan korjauskerroin on myös 1, sillä ympäristön lämpötilan oletetaan olevan korkeintaan 25 °C. Tätä pienemmät lämpötilat kasvattavat korjauskertoimta ja vaikuttavat tällöin pienentävästi kaapelin poikkipinta-alaan. (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.)

Menetelmää 2 käytetään menetelmässä 1 mainitun asennusputken pään ja keskuksen välisellä matkalla. Keskuksen alapuolelle asennetaan osa laitteita syöttävistä kaapeleista, mikä vaikuttaa ryhmästä aiheutuvaan korjauskertoimeen. Korjauskertoimella 0,7 kaapeleita voidaan asentaa yhteen kerrokseen seinälle yhdeksän tai enemmän. Tässäkin tapauksessa ympäristön lämpötilaksi arvioitiin 25 °C, jolloin lämpötilan korjauskerroin on 1. (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.)

Alakeskusten syöttökaapelit asennetaan maahan, jolloin käytetään referenssiasennustapana kohtaa 3. Kaikki kolme kaapelia kulkevat noin 10 metrin matkan maassa vierekkäin, jonka jälkeen syöttävien kaapeleiden reitit eroavat. Kun kolme kaapelia kulkee maan alla rinnakkain, valitaan ryhmästä johtuvaksi korjauskertoimeksi 0,69. Lämpötilan korjauskerroin on 1, sillä maan lämpötilaksi oletetaan 15 °C. (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.)



Kun kaapeleiden asennustavoista riippuvat korjauskertoimet on saatu arvioitua, voidaan laskea virta  $I_z$ , joka mitoittaa johtimen poikkipinnan. Mitoittava virta lasketaan erikseen jokaiselle referenssiasennustavalle, jolloin nähdään mikä asennustavoista on merkitsevin. Mitoittavan virran perusteella valitaan standardin 6000-5-52 mukainen riittävä johtimen nimellinen poikkipinta. (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.)

Taulukoon 19 on laskettu eri referenssiasennustapojen määrittämät mitoitusvirrat sekä niiden perusteella kaapelin johdinten poikkipinta välillä PK-AK1. Vaikka riihen keskusta AK1 ei vielä tässä vaiheessa haluttu mitoittaa kahden kuivurin tarpeisiin, käytettiin kaapelin mitoituksessa jatkuvasti kuormitettavana virtana arvoa, joka riittäisi kahden kuivurin samanaikaiseen käyttöön. Taulukon 19 ”Kaapeli Cu”-riviltä valitaan käytettäväksi suurin johtimen poikkipinta, jolla asennus toteutetaan. Kaapeliksi valitaan MCMK 4x16/16.

TAULUKKO 19. Kaapelin mitoitus PK-AK1.

PK-AK1	Referenssiasennustapa		
	1	2	3
Kaapelit (lkm)	1	9	3
Korjauskero	1	0,7	0,69
Lämpötila	25	25	15
Korjauskero	1	1	1
Jatkuva kuorm. I <sub>z</sub> (A)	55,2	55,2	55,2
Mitoittava virta I <sub>z</sub> (A)	55,2	78,8	80,0
Kaapeli Cu (mm <sup>2</sup> )	16	10	16

Talokeskuksen sekä päärakennuksen pääsulakkeet ovat molemmissa alakeskuksissa 3x25 A, jolloin molempien keskusten syöttävien kaapeleiden johdinten jatkuva kuormitettavuus on 27,6 A. Kaapeleiden asennusreitit ovat samanlaiset, joten myös keskuksia syöttävät kaapelit ovat samanlaiset. Molempien keskusten syöttökaapeleiden mitoittavat virrat ja valittavat johdinten poikkipinnat esitetään taulukossa 20. Laskennan perusteella johdinten poikkipinnaksi riittää 4 mm<sup>2</sup>, mutta kaapeleiden saatavuuden vuoksi päädyttiin 6 mm<sup>2</sup> johtimeen. Kaapeleiksi määritetään tässä vaiheessa MCMK 4x6/6.

TAULUKKO 20. Kaapelin mitoitus PK-AK2 ja PK-AK3.

PK-AK2	Referenssiasennustapa		
	1	2	3
PK-AK3			
Kaapelit (lkm)	1	9	3
Korjauskeroin	1	0,7	0,69
Lämpötila	25	25	15
Korjauskeroin	1	1	1
Jatkuva kuorm. I <sub>z</sub> (A)	27,6	27,6	27,6
Mitoittava virta I <sub>z</sub> (A)	27,6	39,4	40,0
Kaapeli Cu (mm <sup>2</sup> )	4	4	4

### 5.2.3 Jännitteenalenema

Keskusten väliset etäisyydet ovat pitkiä, joten kaapelinmitoituksessa tulee huomioida mahdollinen jännitteenalenema. Jännitteenalenema ei vaikuta varsinaisesti sähköturvallisuuteen, mutta sillä on vaikutusta sähkön laatuun, joka voi vaikuttaa laitteiden toimintaan. Pitkistä etäisyyksistä johtuvien jännitteenalenemien vuoksi voidaan joutua kasvattamaan kaapelin johdinten poikkipintaa edellisessä luvussa laskettuihin tuloksiin nähden.

Standardin 6000-5-52 liitteessä 52G (opastava) annetaan suositukset pienjänniteasennusten jännitteenalenemalle. Ohjeen mukaan pienjänniteverkosta syötettävän asennuksen jännitteenaleneman ylärajana pidetään 5 prosenttia. (SFS-Käsikirja 600-1, 2012.) Yleisenä tavoitetasona pidetään kuitenkin 4 prosenttia. Pääjohtojen ollessa yli 100 metriä pitkiä, kuten tässä tapauksessa, jännitteenalenemaa voidaan kasvattaa 0,005 prosenttia johdon 100 metriä ylittävän pituuden metriä kohti.

Suhteellinen jännitteenalenema ilmaisee jännitteenaleneman vaiheen ja nollan välisestä jännitteestä prosentteina. Se lasketaan CENELECin teknisessä raportissa TR 50480:2011 esitetyn kaavan mukaisesti. (SFS-Käsikirja 600-2, 2012.)

Taulukossa 21 on esitetty jännitteenalenemat alakeskuksilla, sekä laskennassa käytetyt arvot.

TAULUKKO 21. Suhteelliset jännitteenalenemat alakeskuksilla

	Keskus			Yksikkö
	AK1	AK2	AK3	
<b>I<sub>b</sub></b>	55,0	19,5	23,4	<b>A</b>
<b>b</b>	1	1	1	-
<b>R<sub>1ph</sub></b>	110,4	554,4	179,4	<b>mΩ</b>
<b>X<sub>ph</sub></b>	6,4	12	10,4	<b>mΩ</b>
<b>cos Φ</b>	0,8	0,8	0,8	-
<b>sin Φ</b>	0,6	0,6	0,6	-
<b>U<sub>0</sub></b>	230	230	230	<b>V</b>
<b>Kerroin</b>	0,001	0,001	0,001	-
<b>Δu</b>	0,94	3,81	3,58	<b>%</b>

Jokaisen keskuksen osalta suhteellinen jännitteenalenema jää teknisen raportin asettaman 5 prosentin rajan alapuolelle, sekä suositellun 4 prosentin alapuolelle (Taulukko 21). Laskennassa havaittiin, että mikäli talouskeskuksen ja päärakennuksen kaapeleiden (AK2 ja AK3) johdinten poikkipinta olisi ollut alustavan mitoituksen mukaisesti 4 mm<sup>2</sup>, olisi jännitteenalenema kohonnut molemmissa tapauksissa yli 5 prosentin. Kun AK2:n johdinten poikkipinnaksi valittiin 6 mm<sup>2</sup>, jännitteenalenema pysyy tavoitearvoissa. Jännitteenalenemaa mitoitettaessa havaittiin myös, että AK3-keskusta syöttävän kaapelin jännitteenalenema kohosi 9,83 %:n jonka seurauksena kaapeliksi oli vaihdettava MCMK 4x25/25. Tällä muutoksella jännitteenalenema saatiin laskettua sallittuihin rajoihin. Riihen alakeskuksen AK1 syöttökaapelin jännitteenalenemat jäivät selkeästi alle tavoitearvon. Sen kohdalla on huomioitava, että kaapeli on huomattavasti ylimitoitettu nykyiseen käyttöön.

#### 5.2.4 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojaus kytkee oikosulun pois ennen kuin johdinten lämpötila kasvaa niin suureksi, että se vaurioittaa niiden eristeitä. Oikosulkusuojaus sijoitetaan yleensä sellaiseen paikkaan, jossa johtimen poikkipinta pienenee tai ominaisuudet muuttuvat. Käytännössä kohteen jokaisella keskuksella tulee olla oikosulkusuojaus.

Oikosulkusuojauksen mitoitus aloitetaan laskemalla liittymän impedanssi. Liittymän koko on 3x35 A, jolloin oikosulkuvirta uuden liittymän päävarokkeilla on vähintään 250 ampeeria. Poikkeustapauksissa oikosulkuvirtana käytetään 180 ampeeria. Pienempää oikosulkuvirtaa voidaan käyttää, kun etäisyydet muuntajalle ovat pitkiä ja verkko on vanha (Elenia Oy: Tietoa sähköverkkoon liittymisestä 2014).

Kohteen liittymä on vanha, mutta se on ensimmäisiä kohteita muuntajan jälkeen. Muuntajalle on matkaa noin 300 metriä. Tämän vuoksi pienimpänä oikosulkuvirtana mitoituksessa käytetään 250 ampeeria. Liittymän tiedot on esitetty taulukossa 22.

TAULUKKO 22. Liittymän tiedot

<b>Liittymän tiedot:</b>			
<b>Sulakkeet</b>	3x35 A	<b>Sähköverkkoyhtiö:</b>	
<b>Oikosulkuvirta</b>	250 A	Elenia	
<b>Liittymän impedanssi</b>			
<b>C</b>	<b>U (V)</b>	<b>Ik<sub>v</sub> (A)</b>	<b>Z<sub>v</sub> (Ω)</b>
0,95	400	250	0,878

Taulukosta 23 nähdään, että laskettu oikosulkuvirta  $I_k$  on kaikilla keskuksilla riittävän suuri verrattuna vaadittuun arvoon. Mikäli vaaditut arvot eivät olisi täyttyneet, olisi kaapeleiden johdinten poikkipintaa pitänyt kasvattaa entisestään. Oikosulkuvirta lasketaan raportin CLC/TR 50480:2011 ohjeiden mukaan (SFS-Käsikirja 600-2, 2012.). Vaaditut oikosulkuvirrat ovat suojalaitteiden valmistajan (ABB) ilmoituksen mukaiset 5 sekunnin toiminta-ajalle.

TAULUKKO 23. Oikosulkuvirrat alakeskuksilla

Keskus	C	U (V)	Z <sub>verkko</sub> (Ω)	Z <sub>MCMK</sub> (Ω)	Ik (A)	Vaadittu (A)
AK1	0,95	400	0,878	0,184	207	110
AK2	0,95	400	0,878	0,924	122	110
AK3	0,95	400	0,878	0,299	186	110

## 5.3 Päärakennus

### 5.3.1 Sähkösuunnitelmat

Päärakennuksen sähkösuunnittelu tehdään keittiötä, pesuhuonetta ja vessaa lukuun ottamatta koko taloon (Liite 4). Myös pukuhuoneessa on nykyaikainen sähköistys, mutta lisäyksiä joudutaan tekemään maalämpöpumpun kytkentöjä varten. Suunnitelmat tehdään käyttäjän toiveiden perusteella.

Sähkökeskus sijaitsee pirtissä näkyvällä paikalla. Keskus uusitaan ja siirretään eteiseen (Liite 4), jossa sen luokse on helppo pääsy ja se ei aiheuta esteettistä haittaa. Keskuksessa tullaan käyttämään tulppasulakkeiden sijasta automaattisia johdonsuojia.

Suunnitteluun ei sisälly teknisiä vaatimuksia, jotka aiheuttaisivat ongelmia asennusten näkökulmasta, mutta suurimmaksi haasteeksi nousi kaapelireittien suunnittelu erityisesti hirrelle jäävillä seinillä. Kaapelireittien lopulliset sijainnit ratkeavat asennustöiden yhteydessä, mutta reittien suunnittelussa hyödynnetään kappaleessa 2.3 esitettyjä menetelmiä.

Ulkoseinien vastaisille seinille tehtävien asennusten kohdalla päädyttiin uppoasennuksiin. Talon vanhaa ilmettä haluttiin säilyttää, joten huoneiden väliset seinät jätetään hirrelle. Perinteinen MMJ-asennuskaapeli ei täytä esteettisiä vaatimuksia, mutta ongelma pyritään ratkaisemaan valitsemalla hirsiseinien pinta-asennuksiin vanhanaikaisen näköisiä kangaspäällysteisiä pinta-asennusjohtoja. Hirsiseinillä johtoreitit pyritään piilottamaan mahdollisuuksien mukaan jalka- ja kattolistan sisään. Sähkökalusteiksi valitaan vanhanaikaisen näköiset kalusteet.

### 5.3.2 Antennijärjestelmä

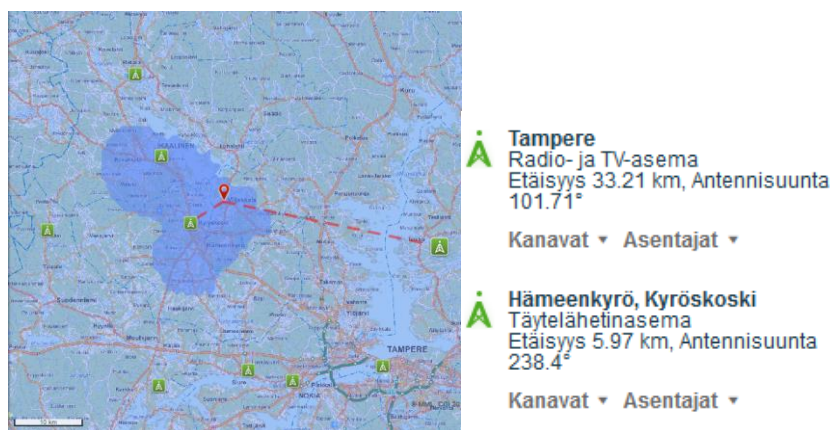
Antenniverkon komponenttien valinnassa noudatetaan Viestintäviraston määräystä 65B/2016M (Viestintävirasto 65 B/2016 M), sekä standardeja IEC 60728-1 (Standardi IEC 60728-1.) ja SFS-EN50083 (Standardi SFS-EN50083). Kiinteistön antenniverkko suunnitellaan täyttämään standardin mukaiset järjestelmäarvot. Suunniteltava antenniverkko toimii myös tulevien taajuusalueiden muutosten jälkeen.

Kohteeseen suunnitellaan asennettavaksi yleisantenniverkko, jota varten asennetaan antenni talon etelänpuoleiseen päähän. Ennen tukiputken asennusta tulee mittauksilla määrittää lähetyksen vastaanottoon soveltuva paikka. Mittausten perusteella antenni voidaan suunnata joko Tampereen Teiskon pääasemalle tai Hämeenkyrön täyteasemalle. Tämänhetkisten kokemusten perusteella Teiskon pääasemalta on saatu paras signaali.

Asemien koordinaatit on esitetty antennijärjestelmän johtokaaviossa liitteessä 8.

Kuvassa 16 on esitetty lähetyksien peittoalueet. Hämeenkyrön täyteasema on merkitty tumman sinisellä kartalle ja Teiskon pääasema kattaa koko kartan alan.

Havainnekuvan perusteella molemmat asemat kattavat tilan alueen, mutta alueen pinnanmuodot saattavat aiheuttaa käytännössä häiriöitä signaalin kuuluvuuteen.



KUVA 16. Lähetinasemien kattamat alueet (Digita).

Tilalle on tulevaisuudessa mahdollista saada valokuituyhteys, joten vahvistinkaapille vedetään varauksena M 110 putki vetolangalla. Putki asennetaan samaan kaapeliojaan sähköjohtojen kanssa (Liite 3).

Talon antennijärjestelmän kaapelointi suunnitellaan ja asennetaan vaatimusten mukaisesti tähtiverkkoon jakamoon nähden, joka sijaitsee AK3:n yhteydessä. Järjestelmän kaapeleiden tulee täyttää A-luokan suojausvaatimukset. Asennuksissa suositellaan käytettäväksi halogeenitonta Tellu 13 HF-kaapelia. Asennuksilta vaaditaan, että kaikki kaapeleiden liitokset tehdään puristetuin liitoksin. Antennijärjestelmän sisäverkon taajuusalue on 5-1000 MHz, josta myötä suunnan taajuusalue on 47 – 1000 MHz.

Antennivahvistimen lähtötasoksi oletetaan  $L=100$  dB. Verkon vaimennusarvojen tulee olla minimissään 26 dB/47 MHz ja maksimissaan 45 dB/1000 MHz. Verkon vaimennukset ja kaltevuus on esitetty taulukoissa 24 ja 25. Kaltevuuden suurin sallittu arvo on 15 dB. Taulukoista nähdään, että suunnitelmat täyttävät vaatimukset.

TAULUKKO 24. Vaimennukset pitkällä etäisyydellä

<b>Huone 1, antennirasia</b>			
<b>Laite tai komponentti</b>	<b>47 MHz</b>	<b>1000 MHz</b>	<b>Kaltevuus</b>
Vahvistin	100 dB	100 dB	
2-haaroitin	12	12	
6-haaroitin	14	14	
Coax 10 16m	0,7	3,3	
Ant. Rasia	1	1	
	27,7	30,3	2,5

TAULUKKO 25. Vaimennukset lyhyellä etäisyydellä

<b>Huone 11, antennirasia</b>			
<b>Laite tai komponentti</b>	<b>47 MHz</b>	<b>1000 MHz</b>	<b>Kaltevuus</b>
Vahvistin	100 dB	100 dB	
2-haaroitin	12	12	
6-haaroitin	14	14	
Coax 10 3m	0,1	0,6	
Ant. Rasia	1	1	
	27,1	27,6	0,5

Asennuksissa käytettävät komponentit on määritelty antennijärjestelmän johtokaaviossa. Rakennneosat ovat laatuluokkaa 1 ja täyttävät taajuusalueen vaatimukset.

### 5.3.3 ATK-järjestelmä

Maatilan verkkoyhteydet toteutetaan kiinteällä laajakaistayhteydellä. Yhteys jaetaan langattomalla lähiverkkoyhteydellä huoneisiin, sekä tuotantotiloihin. Päärakennukselle tulee tällä hetkellä vanhat puhelinjohdot ilmajohtoina. Ilmajohdot on kuitenkin tarkoitus poistaa, sillä ne aiheuttavat ongelmia korkeiden työkoneiden kanssa. Kiinteistö on mahdollista liittää valokuituyhteyteen ja yhteyttä varten vedetään suojaputki vetolangalla samaan kaapeliojaan sähköjohtojen kanssa.

Kiinteälle yleiskaapeloinnille ei nähdä tällä hetkellä perusteita, sillä verkkoyhteyden jakaminen on helpointa toteuttaa langattomasti. Langattomaan verkkoon voidaan lisäksi yhdistää esimerkiksi tallentava kameravalvonta koko tilakeskuksen alueella.

## 5.4 Tuotantotilat

Tuotantotilat ovat pääasiassa kylmillään ympärivuoden. Luvussa 2.5 on esitetty standardit sekä ohjeet, jotka tulee huomioida tuotantotilojen asennuksissa. Tilojen yhteydessä käytettävät sähkölaitteet, kuten viljaruuvit ja lajittelija eivät vaadi valmistajan puolesta erityisiä toimenpiteitä asennusten suojauksiin ja toteutukseen liittyen.

Tuotantotiloissa syötön automaattinen poiskytkentä on standardin SFS 6000-7-705 mukaisesti toteutettava vikavirtasuojalla. Tilan ryhmälähtöjen koko ei ylitä 32 ampeeria, joten vikavirtasuojan mitoitusominaisuutta saa olla korkeintaan 30 mA. (SFS 6000-7-705: 705.411)

Maatalouden tiloissa sähkölaitteiden kotelointiluokan tulee olla vähintään IP44. Pistorasit asennetaan siten, että ne eivät joudu kosketuksiin palavien materiaalien kanssa. (SFS 6000-7-705: 705.512) Sähkölaitteet pyritään sijoittamaan käytön kannalta mahdollisimman optimaalisesti käyttäjän toiveiden perusteella.

Johtoreittejä suunniteltaessa huomioidaan paikat, joissa johdot ovat alttiina työkoneiden painosta johtuvalle rasitukselle tai mekaaniselle törmäykselle. Tuotantorakennusten sisällä kaapelireitit on mahdollista asentaa niin korkealle, etteivät maatalouskoneet osu nii-



hin. Alakeskuksia syöttävien maakaapeleiden reitit on suunniteltu siten, että ne eivät altistu työkoneiden painosta aiheutuvalle rasitukselle tai maanmuokkaus koneiden muokausalueelle. Maakaapeleiden reitit suunnitellaan kulkemaan nykyisten ojien pohjalla.

Tuotantotiloissa käytettävät valaisimet valitaan EN 60598-sarjan mukaisiksi. Valaisinten kotelointiluokka valitaan olosuhteiden mukaan tapauskohtaisesti. Palavien materiaalien lähelle asennettavien valaisinten tulee olla suojausluokaltaan IP54 ja ne tulee olla merkitty kuvan 17 mukaisesti. Valaisimet asennetaan riittävälle etäisyydelle palavasta materiaalista. (SFS 6000-7-705: 705.559) Valaisinten määrällä ja sijoittelulla pyritään varmistamaan toimintaympäristön turvallisuus (Liite 6).



KUVA 17. Valaisimen merkintä (SFS 6000-7-705: 705.559)

Tuotantorakennusten yhteydessä käytettävien sähkölaitteiden lisäksi traktoreille suunnitellaan etäohjauksella toimiva syöttö lohkolämmittimille. Syöttöä ohjataan päärakennuksesta.

## 5.5 Valvontajärjestelmä

Tilalle toteutetaan tallentava valvontajärjestelmä. Valvontajärjestelmälle valvotaan muun muassa öljysäiliöitä sekä konesuojia. Valvonnan tarkoituksena on ehkäistä varkauksia.

Tilan alueen valvontajärjestelmää suunniteltaessa on huomioitava varaukset valvontakameroiden sähkönsyötölle. Syötöille varataan lähdöt alakeskusilta, mutta kameroiden ja pistorasioiden lopullista sijoittelua ei luonnollisesti tässä työssä esitellä. Kameroiden sähkönsyöttöön liittyen ei aseteta erillisiä vaatimuksia, kunhan asennuskalusteet täyttävät käyttöolosuhteisiin liittyvät vaatimukset.

Valvontakameroiden itsessään tulee olla tallentavia IP-valvontakameroita. Kameroilla tulee olla kiinteät IP-osoitteet, jotta valvontakuvaa voidaan seurata etänä. Tähän liittyen on huomioitava, että reitittimen tulee olla siltaava. Ei siltaava reitin antaisi kameroille aina uuden IP-osoitteen sisäverkon IP-avaruudesta kun reitittimestä katkeaa sähkö ja se käyn-

nistyy uudestaan. Alueelle lisätään tarpeen mukaan toistimia, jotta verkolla saadaan ka-  
tettua koko pihapiiri. Myös toistimille varataan sähkönsyöttö. Tässä työssä ei oteta kantaa  
laitteiden valintaan ja järjestelmän tekniseen toteutukseen.

Omaan pihapiiriin kohdistuva kameravalvonta on sallittua ilman rajoituksia. Tässä ta-  
pauksessa ei sovelleta Henkilötietolain säädöksiä, joten kameravalvonnasta ei tarvitse tie-  
dottaa ulkopuolisia esimerkiksi varoituskylteillä. (Lunarex: Lainsäädäntö 2015)

Valvontakamerajärjestelmän lisäksi tilalle toteutetaan myöhemmässä vaiheessa paloil-  
moitusjärjestelmä. Järjestelmä asennetaan tuotantorakennuksiin ja se tulee hälyttämään  
tulipalosta suoraan matkapuhelimeen. Paloilmoitinjärjestelmä nähdään tarpeelliseksi eri-  
tyisesti viljan kuivaamossa tilan luonteen vuoksi.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Talon rakenne

Vanhaan hirsitaloon ei usein suositella tehtäväksi lisäeristystä, sillä pahimmillaan väärin toteutettuna se voi johtaa riskirakenteeseen, joka pilaa talon. Samalla se on kuitenkin perusteltua ison remontin yhteydessä, sekä tässä tapauksessa energiatehokkuuden parantamisen kannalta. Lisäeristystä tehtäessä on eristyskerros pidettävä maltillisena ja eristeeksi on valittava hengittävä materiaali.

Rakennusteknisistä syistä lisäeristystä suositellaan tehtäväksi seinän ulkopinnalle. Tämä edellyttäisi kuitenkin koko julkisivun purkamista ja vaikuttaisi merkittävästi rakennuksen ulkoiseen olemukseen. Käytännön ongelmaksi olisi muodostunut erityisesti rakennuksen mittasuhteiden muuttuminen, sillä lisätyönä olisi pahimmassa tapauksessa jouduttu jatkaamaan myös räystäitä. Lisäksi ikkunat olisivat jääneet syvennykseen, mikä olisi vaikuttanut sisälle tulevan valon määrään. Julkisivun muuttamiseksi Ylöjärven kaupunki käyttää ilmoitusmenettelyä asemakaava-alueen ulkopuolella.

Rakennuksen lisäeristys päätettiin käytännön syistä toteuttaa seinien sisäpinnoille. Sisäseinälle toteutettava lisäeristys on ongelmaton toteuttaa seinien suoristamisen yhteydessä. Sisäseinien lisäeristyksen negatiivisena puolena voidaan nähdä sisätilojen pienentyminen. Sisätilojen muutokset eivät ole rakennushistorialliselta näkökannaltakaan merkittävät, sillä seinissä on vain yksi kerros pinkopahvia, joka on jäänteitä 1970-luvun remonteista.

Maltillisella ja hengittävällä lisäeristyksellä toteutettu seinärakenne säilyy myös jatkossa hengittävänä. Tämä takaa, että kosteus rakenteissa pääsee kulkemaan molempiin suuntiin, jolloin rakenteet myös kuivuvat.

Suurimmat säästöt lämmitysenergian kulutuksen kannalta saadaan vaihtamalla ikkunat sekä ovat uusiin ja tähän ratkaisuun päädyttiinkin. Vanhat ikkunat ovat säilyneet tähän asti hyvässä kunnossa, mutta ne vuotavat huomattavissa määrin ilmaa. Vaihtoehtona ikkunoiden uusimiselle olisi ollut perusteellinen kunnostus. Tällöin talon ilme saataisiin säilytettyä perinteisenä. Kunnostus on kuitenkin verrattain hidasta ja kallista. Jos ikkunat

olisi päätetty kunnostaa, ne jouduttaisiin irrottamaan aina muutama kerrallaan, mikä vaikuttaisi merkittävästi seinän lisäeristyksen ja patteriverkoston rakentamisen aikatauluihin.

Kaikki ulko-ovet päätettiin uusida remontin yhteydessä. Vanhat ovet ovat vetoisia ja niissä on vanhanaikaiset lukot. Suunnitelmissa päädyttiin ratkaisuun, jossa keittiön ovi poistetaan käytöstä ja varsinaiseksi kulkuoveksi otetaan pirtin nurkassa sijaitseva ovi.

## 6.2 Lämmitysratkaisut

Alkuinvestointina maalämpö on kaikista kallein ratkaisu ja vaatii keskuspuulämmityksen tavoin patteriverkoston rakentamisen. Pidemmällä aikavälillä maalämpö on kuitenkin helppo ratkaisu, sillä lämmitys tapahtuu automaattisesti eikä oikein mitoitettuna vaadi lisälämmönlähteitä. Alkuinvestoinnin jälkeen maalämpö on edullinen tapa lämmittää rakennusta.

Maatila sijaitsee asemakaava-alueen ja pohjavesialueen ulkopuolella. Mikäli maalämpö toteutetaan maalämpökaivoilla, niitä porataan enintään kaksi kappaletta. Vaakaputkistoon päädyttäessä keruupiirin pinta-ala on noin 900 m<sup>2</sup>. Tämän perusteella hankkeeseen ei vaadita toimenpidelupaa.

Lämpökaivojen kannalta rakennus on hyvällä paikalla. Rakennus on tehty kallion päälle, mikä tekee kaivojen poraamisesta helppoa ja edullista. Pihapiirissä on kaksi porakaivoa, joten veden pinta on saavutettavissa järkevässä syvyydessä.

Vaihtoehtona lämpökaivolle on asentaa vaakaputkisto aivan talon vieressä sijaitsevalle pellolle. Tällöin kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin kaivoa porattaessa. Pelto on savimaata, joten se on maalajinsa puolesta hyvä vaihtoehto.

Radiaattorit on referenssikohteessa todettu toimivaksi lämmönjakotavaksi. Tulisijoilla lämmitettäessä ongelmana on, että ilma lämpiää nopeasti, jolloin se nousee kattoon. Korkeissa tulisijoissa myös kuumin piste on noin 2 metrin korkeudessa, mikä vaikuttaa lämmityksen tasaisuuteen. Kohteessa tehtiin koemittauksia, joissa havaittiin, että lämpötilaero lattian rajan ja katon välillä on jopa 5-6 °C astetta.

Referenssikohteessa toteutettiin mittauksia maalämpöjärjestelmän käyttöönoton jälkeen. Radiaattorit lämmitävät ilmaa hitaammin ja tasaisemmin, kuin tulisijat. Tällöin ilma lähtee kiertämään huoneessa tasaisesti ja lämpötilaerot tasoittuvat. Koemittauksissa lattian rajan ja katon välisen lämpötilaeron havaittiin pienentyvän 1,5 °C tasolle.

### 6.3 Sähköiset järjestelmät

Tuotantotilojen sähköasennusten suunnittelussa tulee huomioida palovaarallisten aineiden aiheuttamat turvallisuusriskit, sekä pyrittävä poistamaan ne. Palo- ja räjähdysvaaran aiheuttavat muun muassa pölyn ja ilman seokset, sekä muut syttymisherkät aineet, kuten lannoitteet ja polttoaineet.

Kohdetta kartoitettaessa havaittiin, että suurimmat paloturvallisuuteen vaikuttavat tekijät on onnistuttu poistamaan ja riskit minimoimaan. Polttoainesäiliöt on sijoitettu etäälle tuotantotiloista, eikä niiden läheisyydessä ole sähköisiä laitteita, kuten tankkauspistoolia. Myös lannoitteet sijoitetaan etäälle tuotantotiloista, eikä niiden läheisyydessä ole muuta helposti syttyvää. Kasvinsuojeluaineille on oma paloturvallinen tilansa navettarakennuksen yhteydessä ja navetan parveen säilötyt kuivikkeet on hävitetty tulevan lattiavalun tieltä.

Suurin paloturvallisuusriski aiheutuu riiheen sijoitetusta kuivurista. Kuivuristakaan ei kuitenkaan nähdä aiheutuvan varsinaista vaaraa, sillä kuivuri itsessään on suunniteltu käytettäväksi kyseessä olevaan ympäristöön. Kuivurirakennus itsessään on hyvin tuuletettava, mikä vähentää hienojakoisen pölyn kertymistä laitteisiin. Rakennus saadaan avattua neljältä suunnalta, jolloin pöly ei jää ilmaan leijailemaan aiheuttaen vaarallisia seoksia.

Merkittävimpänä asiana asennuksissa tuli huomioida vaatimukset vikavirtasuojan käytöstä (SFS 6000-7-705). Kyseisen kohteen kaikki lähdöt tulee standardin mukaan suojata vikavirtasuojalla. Vikavirtasuojaa käytetään henkilösuojauksen lisäksi palosuojauksena. Tämän lisäksi on huomioitava, että sähkölaitteiden tulee olla kotelointiluokaltaan vähintään IP44 normaaleissa olosuhteissa. Olosuhteiden mukaan valitaan tarvittaessa paremmin suojattuja sähkölaitteita.

Suunnittelun aikana ei tullut esiin suuria haasteita. Päärakennuksen suunnitelmat tehtiin kortin ST 13.31 vaatimusten pohjalta käyttäjän toiveet ja tarpeet huomioiden. Suunnitelmat tullaan toteuttamaan tulevien vuosien aikana, joten ratkaisujen toimivuutta käytännössä voidaan tarkastella vasta myöhemmin.

## LÄHTEET

- Bergheat. Bergheat mitoitusohjelma v.46.712. Päivitetty 21.3.2017. Luettu 20.12.2016  
<http://bergheat.ingalsuo.fi/BergheatOhje.pdf>
- Digita. 2015. Karttapalvelu. Luettu 10.2.2017.  
<http://www.digita.fi/karttapalvelu>
- Edilex. 2016. Rakentamismääräykset. Päivitetty 19.2.2016. Luettu 20.2.2017.  
<https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset#d>
- Ekokumppanit. Puukeskuslämmitys. Luettu 15.1.2017.  
<http://www.ekokumppanit.fi/lahilampo/index.php?page=puukeskus>
- Ekolämpö. 2016. Maalämmön keruupiiri, osa 2: vaakaputkisto. Luettu 30.12.2016.  
<https://ekolampo.fi/maalammon-keruupiiri-osa-2-vaakaputkisto/>
- Elenia Oy. 2014. Tietoa sähköverkkoon liittymisestä. Julkaistu 30.4.2014. Luettu 26.2.2017.  
<https://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Yleisohje%20s%C3%A4hk%C3%B6urakoitsijalle.pdf>
- Energiakorjaus. 2017. Ikkunakorjaus. Julkaistu 1.2.2013. Luettu 29.12.2016  
[http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo\\_4\\_Ikkunakorjaus\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_4_Ikkunakorjaus_2013_02_01.pdf)
- Energiakorjaus. 2017. Ovikortti. Julkaistu 1.2.2013. Luettu 29.12.2016  
[http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo\\_5\\_Ovikorjaus\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_5_Ovikorjaus_2013_02_01.pdf)
- Energiatehokas koti. 2017. Lämmitys. Päivitetty 23.3.2017. Luettu 23.3.2017.  
[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys)
- Isolina. 2017. Pellavalämmöneristeen ominaisuudet. Luettu 29.12.2016  
<http://www.isolina.com/fi/eriste.cfm>
- Ketola, Jari. 2014. Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttö ja huolto. Vanhan rakennuksen kunnostusopas -sarja Nro 2. Luettu 20.3.2017. [http://www.neuvoo.fi/wp-content/uploads/2014/03/Painovoimaisen\\_ilmanvaihdon\\_kaytto\\_ja\\_huolto\\_Vanhan\\_rakennuksen\\_kunnostusopas\\_Nro2\\_Ketola\\_www.pdf](http://www.neuvoo.fi/wp-content/uploads/2014/03/Painovoimaisen_ilmanvaihdon_kaytto_ja_huolto_Vanhan_rakennuksen_kunnostusopas_Nro2_Ketola_www.pdf)
- Koski, T. Lindberg, R. & Vinha, J. 1997. Lisäeristettyjen hirsiseinien kosteustekninen kunto. Tutkimusraportti 78. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Elektroninen aineisto. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.
- Lahtinen, K.M. 2015. Viri ja valkee. Vanhan rakennuksen lämpö- ja energiatalous. Tampere: Kopio Niini Finland.
- Laki rakennuksen energiatodistuksesta 18.1.2013/50.
- Lunarex. 2015. Lainsäädäntö. Luettu 15.3.2017.  
<http://www.lunarex.fi/Lainsaadaentoe>

Lämpötekniikka. 2016. Maalämpö. Luettu 30.12.2016.  
<http://www.lämpötekniikka.fi/nibe-maalampopumppu/>

Lämpövinkki Oy. Soile-maalämmön esisuunnittelu. Luettu 20.12.2016.  
<http://www.lampovinkki.fi/soile/>

Lämpöässä. 2016. VSI-maalämpöpumput. Luettu 30.12.2016.  
<https://www.lampoassa.fi/tuotteet/vsi-maalampopumput/>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.199/132.

Maaseudun tulevaisuus. 2015. Suurpalot maataloilla vähenivät, pienet yleistyivät. Julkaistu 17.8.2017. Luettu 15.3.2017.

<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/politiikka-ja-talous/suurpalot-maataloilla-v%C3%A4heniv%C3%A4t-pienet-yleistyiv%C3%A4t-1.125849>

Motiva Oy. Lämpöä omasta maasta. Luettu 9.1.2017.

[http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva,%20Lampoa\\_omasta\\_maasta-1.pdf](http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva,%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf)

Motiva Oy. 2010. Maalämpöpumppu, MLP. Päivitetty 23.9.2016. Luettu 3.1.2017.

[https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu\\_mlp](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp)

Motiva Oy. 2016. Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri. Julkaistu 23.9.2016. Luettu 15.1.2017.

<https://www.motiva.fi/lammitysvertailu>

Museovirasto. 2016. Hakijan opas. Päivitetty 14.10.2016. Luettu 20.2.2017

[http://www.nba.fi/fi/avustukset/rakennusten\\_entistamisavustukset/hakijan\\_opas](http://www.nba.fi/fi/avustukset/rakennusten_entistamisavustukset/hakijan_opas)

Museovirasto. 2000. Lämmöneristyksen parantaminen. Julkaistu 1.1.2000. Luettu

13.1.2017. <http://www.nba.fi/fi/tietopalvelut/julkaisut/korjauskortit>

Neste Oyj. 2017. Tilaa lämmitysöljyä. Luettu 11.2.2017.

[https://www.neste.fi/lammitysoljytilaus?gclid=CPS\\_6qT0h9ICFYaHsgodPpYL1A](https://www.neste.fi/lammitysoljytilaus?gclid=CPS_6qT0h9ICFYaHsgodPpYL1A)

Nibe. 2016. Maalämpöpumppu Nibe F1145. Luettu 30.12.2016.

<http://www.nibe.fi/nibedocuments/19124/M10797-4.pdf>

Nibe. 2016. Maalämpöpumppu Nibe F1255. Luettu 3.1.2017.

<http://www.nibe.fi/nibedocuments/17897/M11556-3.pdf>

Nibe. 2014. Pientalojen maalämpöpumppu opas. Luettu 20.12.2016.

<http://www.nibe.fi/upload/haato/Ohjeet/PIENTALO-JEN%20NIBE%20MLP%20OPAS%201420-7.pdf>

Nordic Ekolämpö. 2017. Maalämpöinfo. Luettu 5.1.2017.

<http://www.nordicekolampo.fi/maalampoinfo>

Perinnemestari. 2009. Lisäeristäminen. Julkaistu 24.9.2009. Luettu 13.1.2017.

<http://www.perinnemestari.fi/?id=65&id2=177>



Perinnemestari. 2009. Sähkö. Julkaistu 7.6.2009. Luettu 25.2.2017.  
<http://www.perinnemestari.fi/?id=66&id2=91>

Pistoke Oy. 2011. Energialaskuri. Luettu 29.1.2017.  
<http://www.pistoke.fi/energialaskuri>

Purmo. 2016. Paneeliradiaattorit. Luettu 12.2.2017.  
<http://www.purmo.com/fi/tuotteet/vesikiertoiset-radiaattorit/paneeliradiaattorit/purmo-compact.htm>

Purmo. 2016. Radiaattorityypit. Luettu 12.2.2017.  
<http://www.purmo.com/fi/tuotteet/vesikiertoiset-radiaattorit/paneeliradiaattorit/purmo-compact.htm#tab-tekniset-tiedot>

Purmo. 2016. Teholaskentaohjelma. Luettu 12.2.2017.  
<http://www.purmo.com/fi/ladattavat-tiedostot/teholaskentaohjelmat.htm>

Radiaattorikeskus. Hyvä tietää. Luettu 17.2.2017.  
<http://radiaatorikeskus.ee/hyva-tietaa/>

Rakennusapteekki. 2015. Sähkötarvikkeet ja kytkimet. Luettu 25.2.2017.  
<http://www.rakennusapteekki.fi/fi/product/elinstallation-brytare/>

Rakennustieto. 2002. LVI 12-10343 Vesikiertoinen patterilämmitys. Luettu 14.2.2017.  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10343.html.stx>

Rakentaja. 2017. Maanrakennuksen yhteydessä maalämmön lämpökaivo tai maankeruupiiri. Julkaistu 9.1.2017. Luettu 12.1.2017.  
[https://www.rakentaja.fi/artikkelit/10386/maankaivu\\_maalampo\\_stiebel\\_eltron.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/10386/maankaivu_maalampo_stiebel_eltron.htm)

Rinne, H. Perinnemestarin remonttikirja.  
Helsinki: WSOY.

Schneider Electric. 2016. Renova. Luettu 25.2.2017.  
<http://www.schneider-electric.fi/fi/product-range/1229-renova/>

Senera. Maalämpöpumppu. Luettu 2.1.2017.  
<http://www.senera.fi/Maalampo/Maalampopumppu/#4>

SFS-Käsikirja 600-1. 2012. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset.

SFS-Käsikirja 600-2. 2012. Sähköasennukset. Osa 2: Säädökset, sähköturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit.

Standardi IEC 60728-1.

Standardi SFS-EN50083.

SULPU. Lämpöpumput. Luettu 5.1.2017.  
<http://www.sulpu.fi/maalampopumppu>

SULPU. Maaperä lämmön lähteenä. Luettu 6.1.2017.

<http://www.sulpu.fi/maapera-lammon-lahteena>

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2003. C4 Lämmöneristys, ohjeet 2003. Julkaistu 30.10.2002. Luettu 29.12.2016.

<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c4.pdf>

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. Julkaistu 30.3.2011. Luettu 29.12.2016.

[https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3-2012\\_S.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3-2012_S.pdf)

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012. D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012 Julkaistu 17.5.2013. Luettu 29.12.2016.

[https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5\\_2012.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5_2012.pdf)

Sähköala. 2008. Vanhan hirsitalon sähköistys vaatii aikaa. Julkaistu 7.4.2008. Luettu 25.2.2017. [http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoremontit/fi\\_FI/vanhan\\_hirsitalon\\_sahkoistys/](http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoremontit/fi_FI/vanhan_hirsitalon_sahkoistys/)

Thermia. 2016. Diplomat inverter. Luettu 30.12.2016.

<http://www.thermia.fi/tuotteet/diplomatinverter.asp>

Tikkurila. 2017. Tuotteet. Luettu 10.1.2017. [https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/siro\\_2\\_-pohja-\\_ja\\_kattomaali](https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/siro_2_-pohja-_ja_kattomaali)

Tukes. 2007. Viljatilojen sähkö- ja paloturvallisuus. Julkaistu 2/2007. Luettu 27.1.2017. [http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/2\\_2007.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/2_2007.pdf)

Tukes. 2015. Sähköturvallisuus maa- ja puutarhatalouksissa. Julkaistu 2015. Luettu 27.1.2017.

[http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/esitteet\\_ja\\_opaat/Sahkoturvallisuus-opas\\_maa\\_puutarhatalous.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_opaat/Sahkoturvallisuus-opas_maa_puutarhatalous.pdf)

Viestintävirasto 65 B/2016 M. Määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Annettu 29.6.2016. <https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M65B2016.pdf>

Ylöjärvi. 2017. Rakennusjärjestys 2017. Julkaistu 7.11.2016. Luettu 20.1.2017.

[http://www.ylojarvi.fi/site/assets/files/8680/rakennusj\\_rjestys\\_2017.pdf](http://www.ylojarvi.fi/site/assets/files/8680/rakennusj_rjestys_2017.pdf)

Ympäristöministeriö. 2013. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Julkaistu 18.3.2013. Päivitetty 27.5.2016. Luettu 20.2.2017

[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Maankaytto\\_ja\\_rakennuslaki](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maankaytto_ja_rakennuslaki)

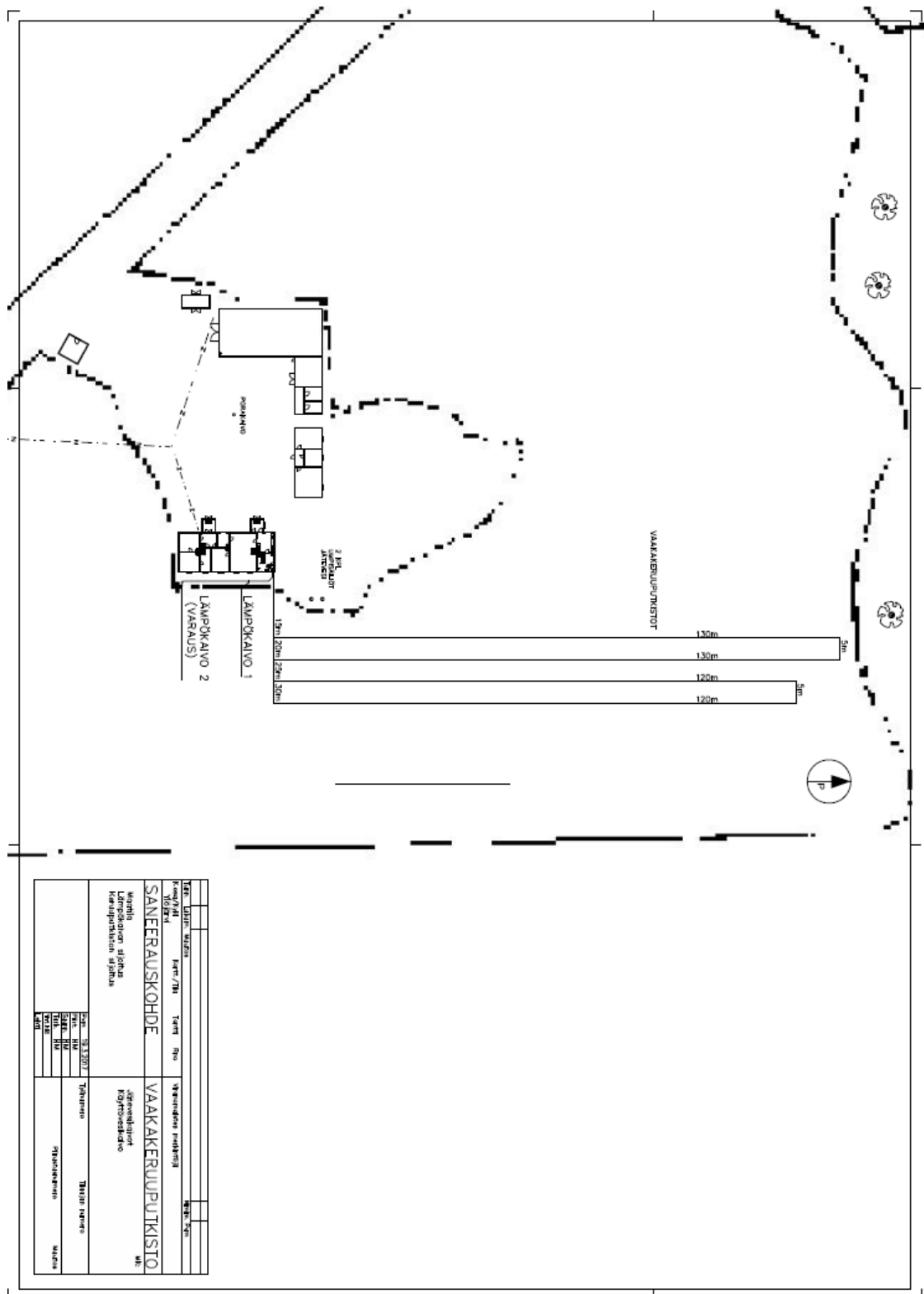
Ympäristöministeriön asetus: rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 27.2.2013/4.

Ympäristöopas. 2013. Energiakaivo. Julkaistu 2013. Luettu 15.1.2017.

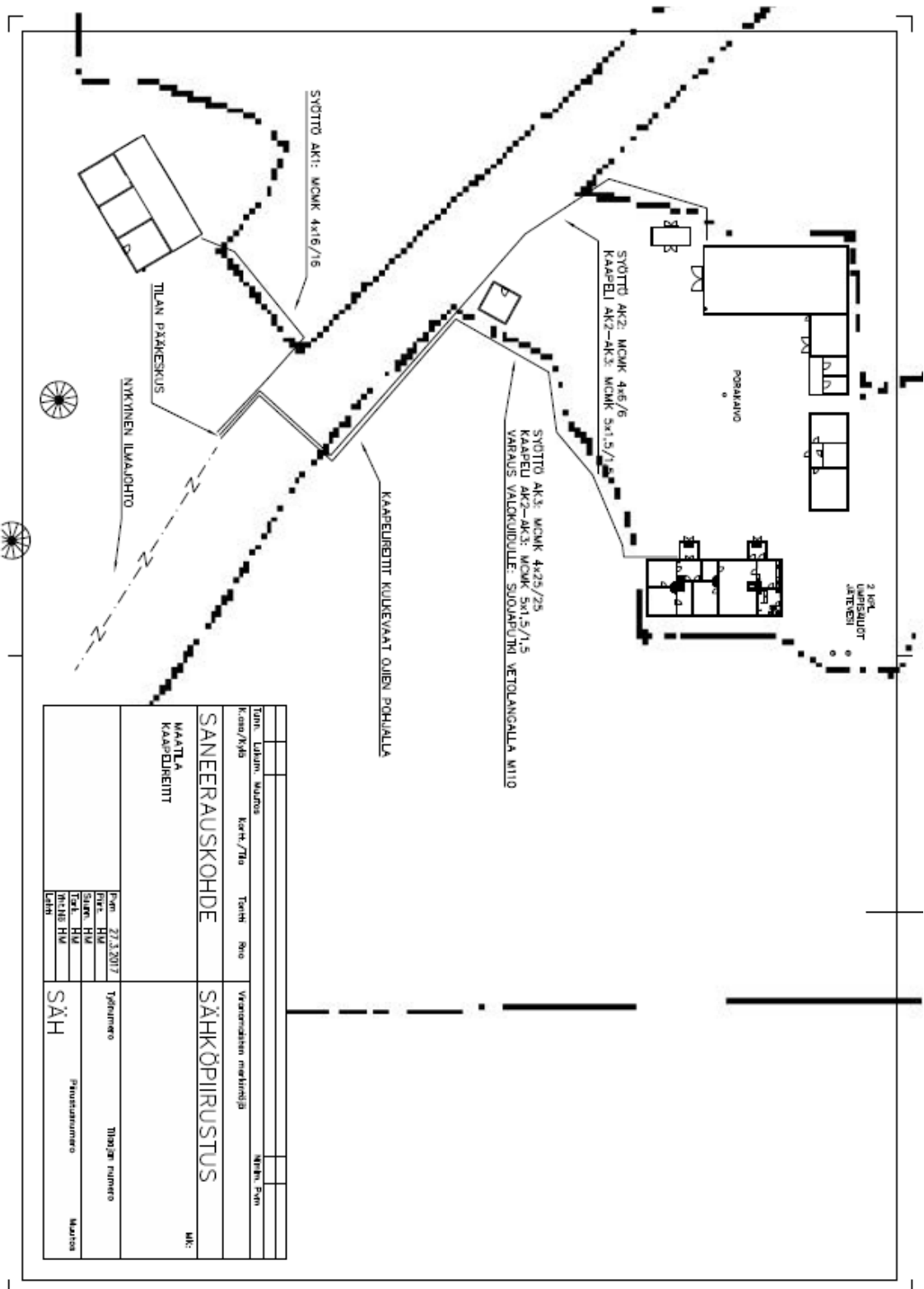
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO\\_2013.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4)



Liite 2. Maalämpö: vaakaputkistot ja lämpökaivot



## Liite 3. Kaapelireiitit



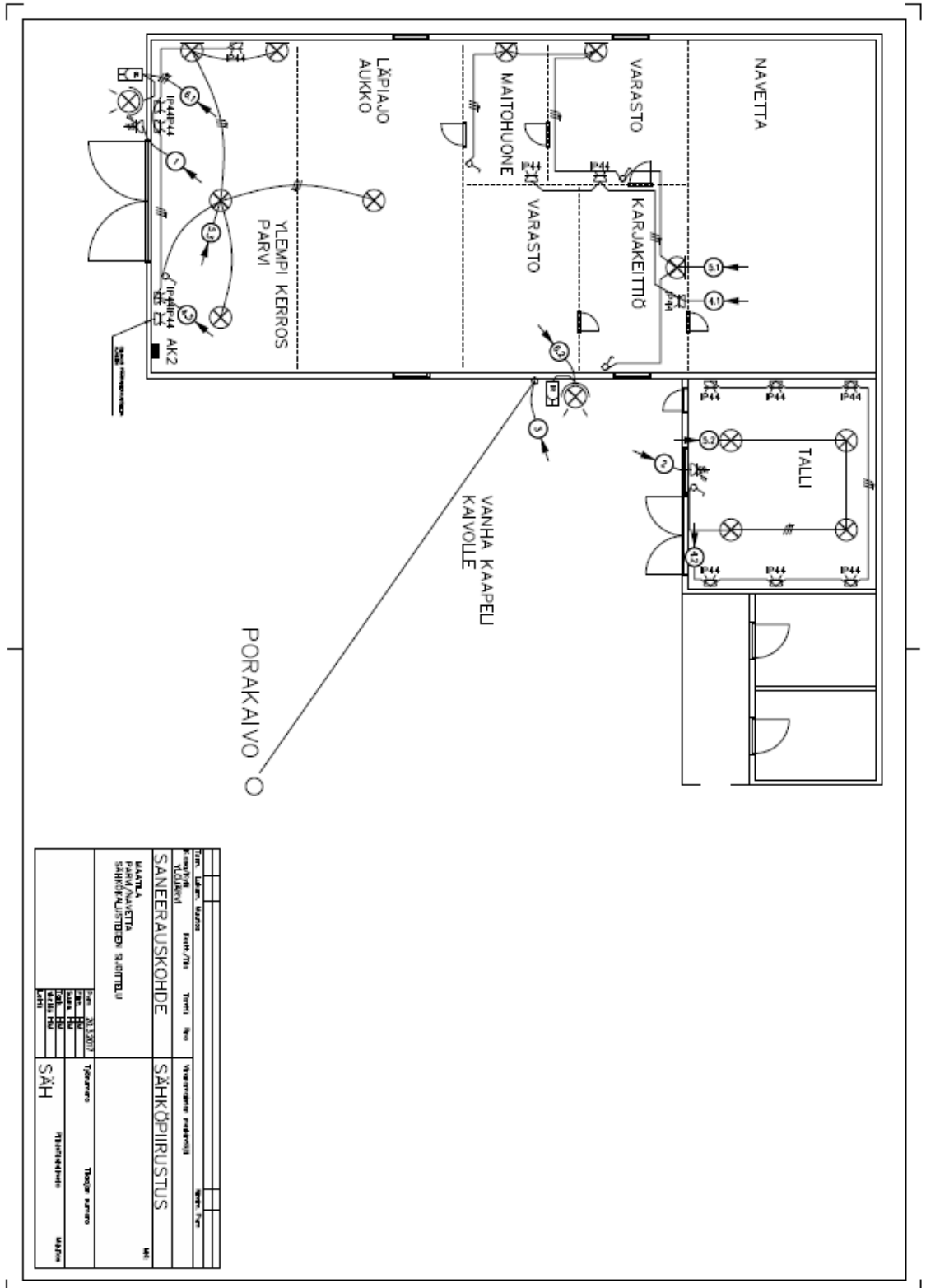








Liite 5. Talouskeskus AK2



Objektin nimi	SÄHKÖPILVISTÄ	Objektin nimi	SÄHKÖPILVISTÄ
Projekti / Alue	SÄHKÖPILVISTÄ	Projekti / Alue	SÄHKÖPILVISTÄ
Alue / Osoite	SÄHKÖPILVISTÄ	Alue / Osoite	SÄHKÖPILVISTÄ
Yhteyshenkilö	SÄHKÖPILVISTÄ	Yhteyshenkilö	SÄHKÖPILVISTÄ
Alue / Osoite	SÄHKÖPILVISTÄ	Alue / Osoite	SÄHKÖPILVISTÄ
Yhteyshenkilö	SÄHKÖPILVISTÄ	Yhteyshenkilö	SÄHKÖPILVISTÄ
Alue / Osoite	SÄHKÖPILVISTÄ	Alue / Osoite	SÄHKÖPILVISTÄ
Yhteyshenkilö	SÄHKÖPILVISTÄ	Yhteyshenkilö	SÄHKÖPILVISTÄ

		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		Q		R		S																	
		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37	
		KESKUS		RHYHMÄ		OSOITE		TUNNUS		JOHDOTUS		KVA/KW		A / A		HUOM.																																							
		NOUSUVALHTO EK:LTÄ																																																					
		1		PISTORASIA PARVI 3~				MMJ 5x2,5 S				C16																																											
		2		PISTORASIA TALLU 3~				MMJ 5x2,5 S				C16																																											
		3		PORAKAVON PUURPU 3~				MMJ 5x2,5 S				C16																																											
		4.1		PISTORASIA ALAKERTA				MMJ 3x1,5 S				C16																																											
		4.2		PISTORASIA TALLU				MMJ 3x2,5 S				C16																																											
		4.3		PISTORASIA PARVI				MMJ 3x2,5 S				B10																																											
		5.1		VALAISTUS ALAKERTA				MMJ 3x1,5 S				B10																																											
		5.2		VALAISTUS TALLU				MMJ 3x1,5 S				B10																																											
		5.3		VALAISTUS PARVI				MMJ 3x1,5 S				B10																																											
		6.1		VALONHEITIN/DIKETUNNISTIN 1				MMJ 3x1,5 S				B10																																											
		6.2		VALONHEITIN/DIKETUNNISTIN 2				MMJ 3x1,5 S				B10																																											
		6.3		VARALLA																																																			

MAATILA  
TUOTANTORAKENNUKSET  
KESKUSKAAVIO AK2

kuuma  
Hv / 21.3.2017  
Tyt  
Hv  
Tikk.

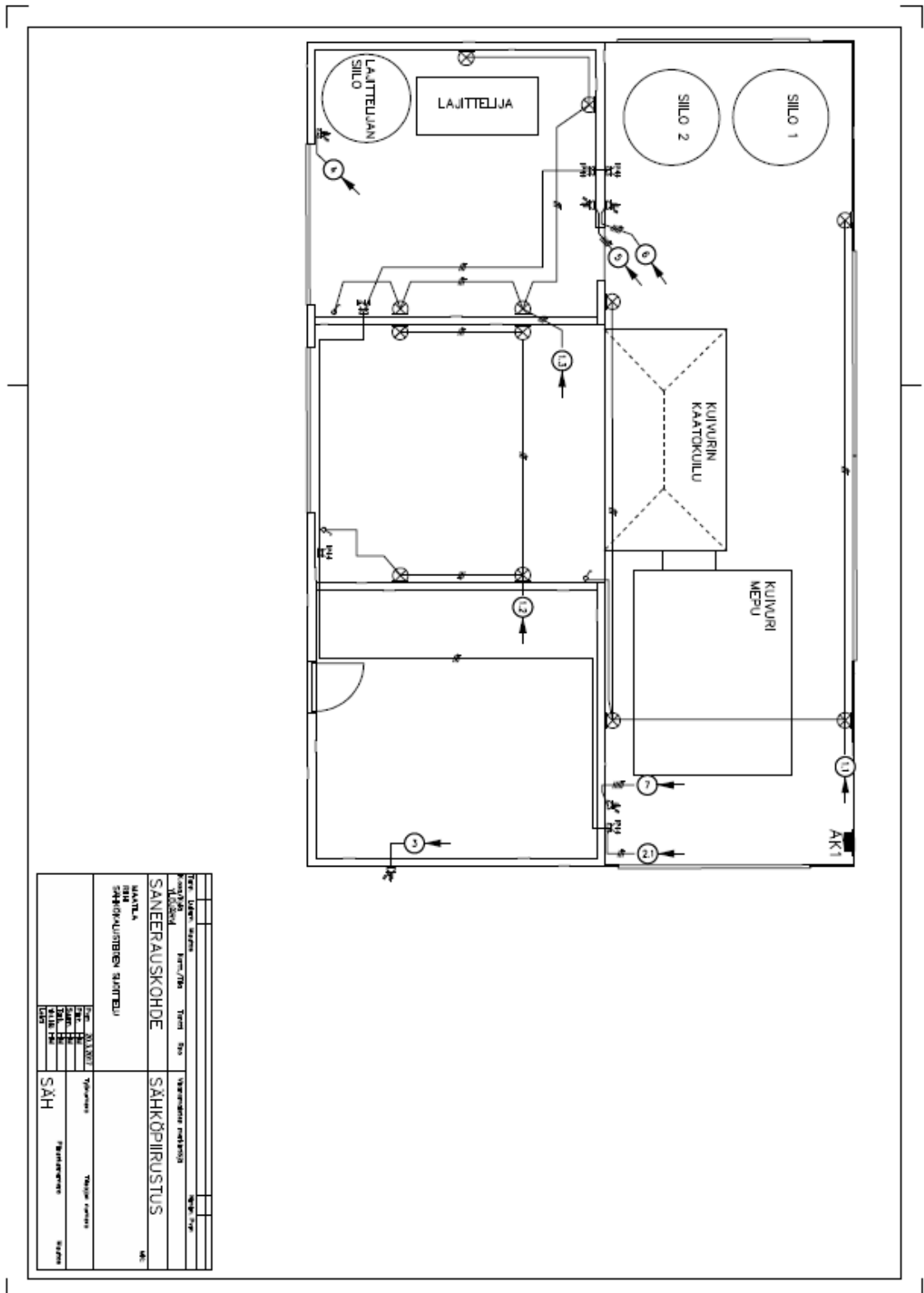
Kokonaisteho  
Latti  
S/V1

Planimääritys  
SÄH

Sähkötieto  
AK2

Yhtymä

Liite 6. Riihi AK1



Proj. nimi	Proj. nro.	Proj. sija	Yhteystiedot	Proj. tyyppi
Saniteerauskohteiden sähköjärjestelmä				
<b>SANITEERAUSKOHDE</b>			<b>SÄHKÖJÄRJESTYS</b>	
<b>MAATALA</b>				
<b>SÄHKÖJÄRJESTYKSEN SUUNNITTELU</b>				
Proj. alkamispäivä	Proj. lopetuspäivä	Yhteyshenkilö	Yhteystiedot	Sivut
2014.01.15	2014.03.31			
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			
5	5			
6	6			
7	7			
8	8			
9	9			
10	10			
11	11			
12	12			
13	13			
14	14			
15	15			
16	16			
17	17			
18	18			
19	19			
20	20			
21	21			
22	22			
23	23			
24	24			
25	25			
26	26			
27	27			
28	28			
29	29			
30	30			
31	31			
32	32			
33	33			
34	34			
35	35			
36	36			
37	37			
38	38			
39	39			
40	40			
41	41			
42	42			
43	43			
44	44			
45	45			
46	46			
47	47			
48	48			
49	49			
50	50			
51	51			
52	52			
53	53			
54	54			
55	55			
56	56			
57	57			
58	58			
59	59			
60	60			
61	61			
62	62			
63	63			
64	64			
65	65			
66	66			
67	67			
68	68			
69	69			
70	70			
71	71			
72	72			
73	73			
74	74			
75	75			
76	76			
77	77			
78	78			
79	79			
80	80			
81	81			
82	82			
83	83			
84	84			
85	85			
86	86			
87	87			
88	88			
89	89			
90	90			
91	91			
92	92			
93	93			
94	94			
95	95			
96	96			
97	97			
98	98			
99	99			
100	100			

A muutos					D muutos										B muutos		E muutos		F muutos								
B muutos																											
C muutos																											
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	KESKUS																										
B	RHYMÄ																										
C	OSOITE																										
D	TUNNUS																										
E	JOHDOTUS																										
F	KVA/AW																										
G	A / A																										
H	HUOM.																										
I																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P																											
R																											
S																											

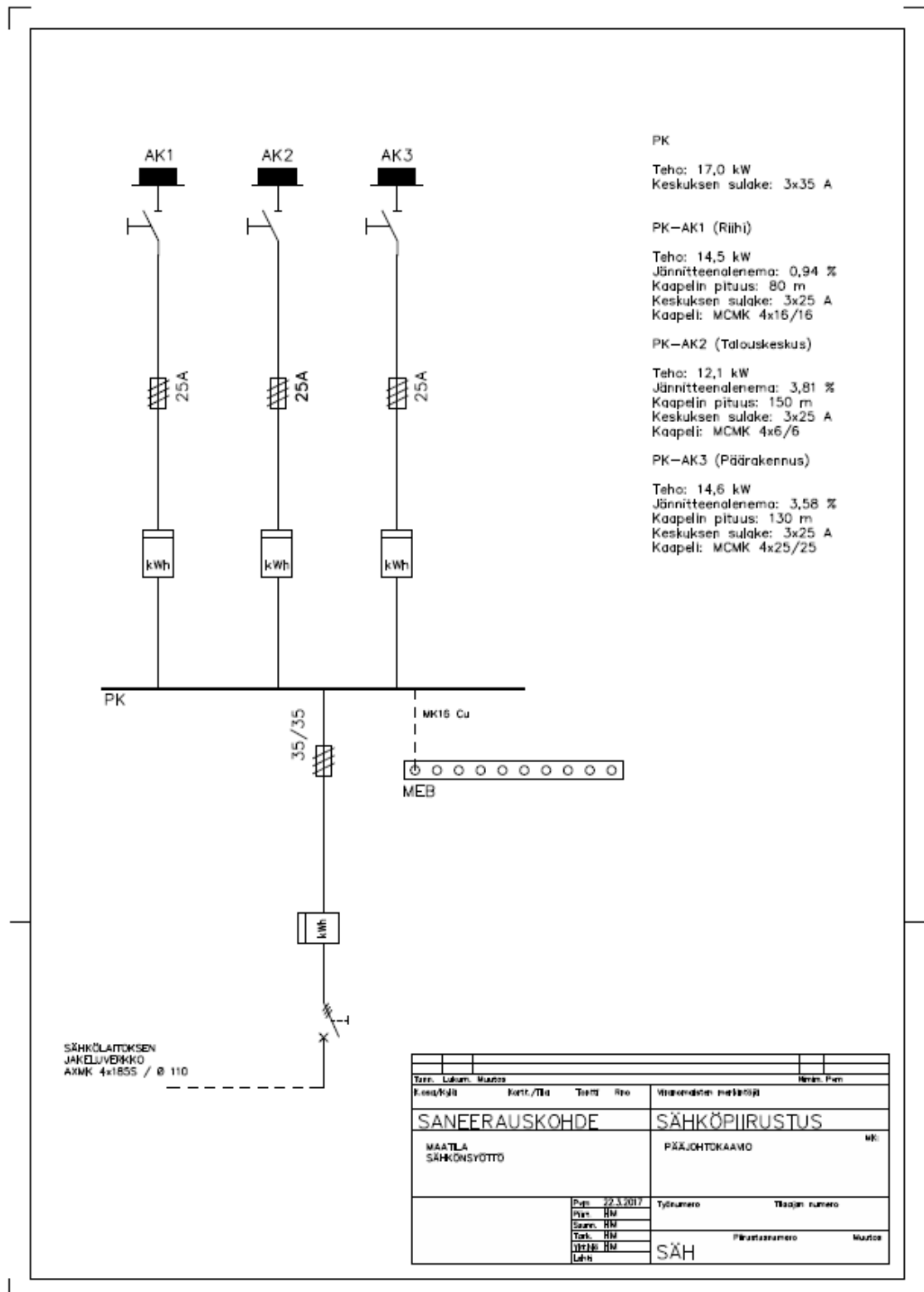
  

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
									NURSUOHTO PK: LTA										MCDJK 4x16/16		14,6			25/35			
								1.1	VALAISTUS KUIVURI										MMJ 3x1,5 S					B10			
								1.2	VALAISTUS HALLI										MMJ 3x1,5 S					B10			
								1.3	VALAISTUS LAITTEIJA										MMJ 3x1,5 S					B10			
								2.1	PISTORASIA1 1~										MMJ 3x1,5 S					C16			
								2.2	VALVONTAKAMERA										MMJ 3x2,5 S					C16			
								2.3	VARALLA															C16			
								3	PISTORASIA ULKONA 3~										MMJ 5x2,5 S					C16			
								4	PISTORASIA LAITTEIJA 3~										MMJ 5x2,5 S					C16			
								5	PISTORASIA LAITTEIJA (2) 3~										MMJ 5x2,5 S					C16			
								6	PISTORASIA SILLOT 3~										MMJ 5x2,5 S					C16			
								7	VARALLA 3~																		

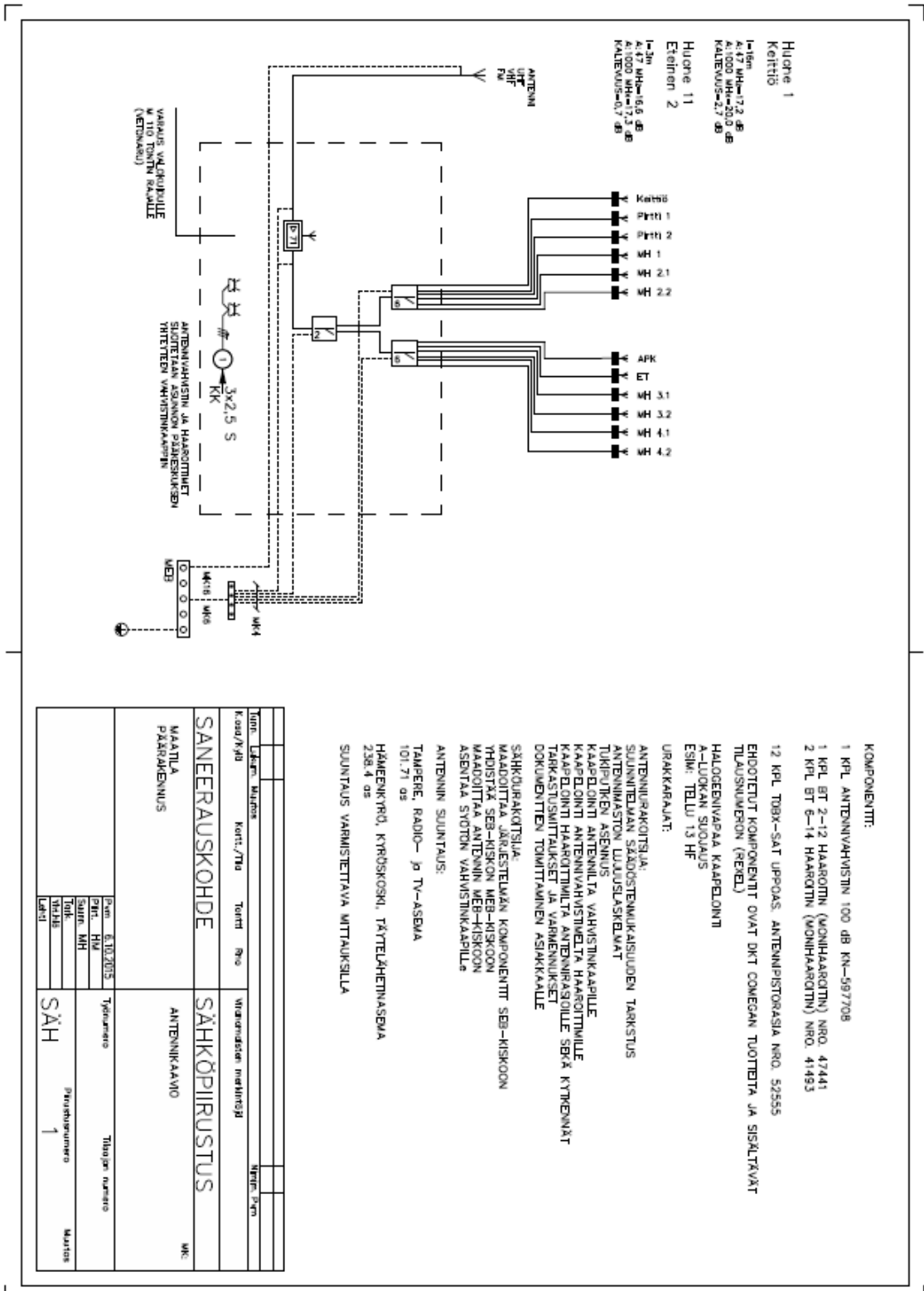
  

MAA TILA RIIHI KESKUSKAAVIO AKI			SÄHKÖASIAKAS		
Suunn. / 7.11.2017	Kokoustaika	Sihtipormo	Pääsuunnitelma		Yhteystieto
HK	VV	AKI	SAH		

## Liite 7. Pääjohtokaavio



## Liite 8. Antennijärjestelmä



## KOMPONENTIT:

- 1 KPL ANTENNIVAHVIKSIIN 100 dB KN-597708
  - 1 KPL BT 2-12 HAAROTTIN (MONIHAAROTTIN) NRO. 47441
  - 2 KPL BT 6-14 HAAROTTIN (MONIHAAROTTIN) NRO. 41493
  - 12 KPL TORX-SÄT UPPOAS. ANTENNIPISTORASIA NRO. 52555
- EHDOTETUT KOMPONENTIT OVAT DKT COMEGAN TUOTTEITA JA SISÄLTÄVÄT TILAUSNUMERON (REBEL)
- HALOGEENIVAPAA KAPELOINTI  
A-LUOKAN SUOJAUS  
ESM: TELLU 13 HF

## URAKKAKAULAT:

ANTENNIURAKOITUS JA SUUNNITTELUUN SÄÄDÖSTENMUKAISUUDEN TARKISTUS  
ANTENNIVAHVIKSIIN TUULISLASKELMAT  
TUULI- JA ASEMUS  
KAPELOINTI ANTENNIN JA VAHVIKKAAPILLE  
KAPELOINTI ANTENNIVAHVIKSIIN JA HAAROTTIMILLE  
KAPELOINTI HAAROTTIMILTA ANTENNIASIOILLE SBRÄ KTYKSENKÄI TARKASTUSMÄÄRITTELYT JA VÄRINKUUKSET  
DOKUMENTTIEN TOIMITTAMINEN ASIAKKAALLE

## SÄHKÖURAKOITUS JA

MAADOITTA JA JÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT SEB-KISKOON  
YHDISTÄÄ SEB-KISKON MEB-KISKOON  
MAADOITTA ANTENNIIN MEB-KISKOON  
ASENNTAA SYÖTÖN VAHVIKKAAPILLE

## ANTENNIIN SUUNTAUS:

TAMPERE, RADIO- ja TV-ASEMA  
101,71 as

HÄMEENKYRÖ, KYRÖSKOSKI, TRYTELJENHÄSÄMA  
238,4 as

SUUNTAUS VARMISTETTAVA MITTAUKSILLA

Työn nimi	Uusi	Työn No	Määr. Pvm
Koostaja	kerri/ta	Viitenumero	1
SANEERAUSKOHDE		SÄHKÖPIIRUSTUS	
MAATILA PÄÄRÄENNUS		ANTENNIKAAYO	
Pvm 6.10.2015		Tilauksen numero	
Prt. Hvi		Määr.	
Suunn. MH		Pöytänumero	
Tote. MH		SÄH	
Yhteis.		1	
Määr.		1	