



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Eetu Einonen

# Vapaa-ajan asunnon sähköistäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

3.11.2020

Tekijä Otsikko	Eetu Einonen Vapaa-ajan asunnon sähköistäminen
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 3.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Jukka Karppinen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää saarella sijaitsevaan vapaa-ajan asuntoon soveltuvien sähköistyskeino. Vertailu toteutettiin valtakunnanverkkoon liittymisen, aurinkovoiman, tuulivoiman ja aggregaatin käyttämisen välillä.</p> <p>Työssä käsiteltiin kyseisten sähköistyskeinojen vaatimuksia ja mahdollisuuksia yleisellä tasolla sekä vertailtiin niiden soveltuvuutta kohteen vaatimuksiin ja olosuhteisiin. Valtakunnanverkkoon liittyminen todettiin kalliiksi ja tuulivoiman hyödyntäminen kohteen olosuhteissa heikkotehoiseksi. Aurinko- ja tuulivoimassa akuston koko tuotti ongelmia. Aggregaatin jatkuva käyttö olisi käyttäjille epämiellyttävää jatkuvan melusaasteen ja polttoaineen kuljettamisen takia.</p> <p>Työssä nousi lopulta esille järkevältä tuntuva sähköistysratkaisu, joka piti sisällään aurinko- ja tuulivoiman lisäksi aggregaatin hyödyntämisen. Aggregaatilla syötettiin lieden tarvitsemat sähkötehot, mikä mahdollisti akuston ja muun järjestelmän pienentämisen. Aurinkovoimaa käytettiin pääasiallisena energianlähteenä ja tuulivoiman avulla varmistettiin akuston lataus myös talvisin.</p> <p>Työn lopputulosta pystyttiin hyödyntämään kohteen sähköistyksen toteuttamisessa, mutta työtä voidaan käyttää hyödyksi myös muissa kohteissa sähköistyskeinovalitsemisessa.</p>	
Avainsanat	sähköistys, sähköverkko, aurinkovoima, tuulivoima, aggregaatti

Author Title	Eetu Einonen Free Time Apartment Electrification
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 3 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Jukka Karppinen, Senior Lecturer
<p>The main objective of this thesis work was to figure out the best way to electrify target cottage on an island. Comparison was made between national electricity network, solar power, wind power and aggregate use.</p> <p>The thesis discusses demands and possibilities of methods of electrification on general level and with target's demands and circumstances. National electricity network was found too expensive and use of wind power seemed powerless in the target circumstances. In solar power and wind power also batteries size caused some troubles. Continuous use of aggregate would have caused too much noise and need to carry fuel for the users.</p> <p>In the end a way to electrify the target was obtained. Electrification includes wind power and solar power, as well as use of the aggregate. Aggregate is used to power the stove, so rest of the system can be smaller, as well as batteries. Solar power is used as main energy source and wind power secures that batteries are full also in winters.</p> <p>Result of the work can be used for electrification implementation of the target. The thesis can also be used for other targets, when there is a need of finding the best electrification method.</p>	
Keywords	electrification, electricity network, solar power, wind power, aggregate

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköistyskohde	2
2.1	Kohde nykyään	2
2.2	Kohteeseen tavoiteltu varustelu	3
3	Valtakunnan sähköverkko	5
3.1	Sähköverkkoon liittyminen	5
3.2	Kohteen liittäminen sähköverkkoon	6
4	Aurinkopaneelijärjestelmä	9
4.1	Aurinkopaneelijärjestelmän periaate	9
4.2	Aurinkopaneelijärjestelmä invertterillä	10
4.3	Aurinkopaneelijärjestelmä ilman invertteriä	12
4.4	Aurinkopaneelijärjestelmä kohteeseen	12
5	Tuulivoimajärjestelmä	14
5.1	Tuulivoimajärjestelmän periaate	14
5.2	Vaaka-akselinen tuuliturbiini	15
5.3	Pystyakselinen tuuliturbiini	16
5.4	Tuulivoimajärjestelmä kohteessa	17
6	Aggregaatti/generaattori	20
6.1	Aggregaatin/generaattorin periaate	20
6.2	Aggregaatti/generaattori kohteessa	21
7	Akusto	23
8	Kustannusarviot	25
9	Kohteen sähköistysuunnitelma	27

10	Yhteenveto	30
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Pohjapiirustukset ja asemapiirustus	
	Liite 2. Sähkösuunnitelmat	

## Lyhenteet

c/kWh	Senttiä per käytetty kilowattitunti. Yleisesti käytetty energianmittayksikkö, jonka avulla lasketaan sähkönkulutuksen aiheuttamaa maksua.
kWh/a	Kilowattituntia vuodessa. Käytetään kuvastamaan mm. tuulivoimaloiden energiantuottoa.
kWh/m <sup>2</sup>	Kilowattituntia per neliometri. Käytetään ilmoittamaan esimerkiksi auringon säteilymäärän tehoa neliömetrin pinta-alalle.
kWp	Kilowattipeak. Sähköteho, jonka sähköpaneeli tuottaa vakioidussa testiolosuhteessa (auringonsäteilyvoimakkuus 1000 W/m <sup>2</sup> , ilmassa 1,5 ja kennon lämpötila 25 astetta).
LiFePo <sub>4</sub>	Litiumrautafosfaatti. Litiumrautafosfaattia käytetään LiFePo <sub>4</sub> -litiumionia-kuissa. LiFePo <sub>4</sub> -akut kestävät tuhansia lataus-purku-jaksoja ja kestävät hyvin myös kylmiä olosuhteita.

## 1 Johdanto

Suomessa mökkeily etenkin kesäisin on useille merkittävä keino irtautua arjesta ja nauttia Suomen luonnosta ja sen tuomasta rauhasta. Mökkeily tuo itselleni rauhallisen mielikuvan kesäisestä juhannusillasta, kalastuksesta, rantasaunasta ja syksyisestä sienestämisestä. Ihmisten suhtautuminen mökkeilyyn on kuitenkin ajan saatossa kehittynyt ja mökeiltä vaaditaan nykyään yhä enemmän muutakin kuin pelkkää järvi- tai luontomaisemaa, nimittäin teknologiaa ja sähköjen tuomia mukavuuksia. Sähköt mahdollistavat mökeille valaistuksen, vesipumput ja lukuisia muita sähkölaitteita, joiden avulla mökkeilystä halutaan tehdä entistäkin helpompaa ja vaivattomampaa. Sähkön saaminen omalle mökille ei kuitenkaan aina ole yksinkertaista tai edullista.

Suurimpana haasteena vapaa-ajan asuntojen ja mökkien sähköistyksessä on usein niiden syrjäinen sijainti. Syrjäinen tai hankala sijainti esimerkiksi saarella voi nostaa perinteisen sähköliittymän hinnan kohtuuttoman korkeaksi tai jopa estää kokonaan valtakunnanverkkoon liittymisen. Tästä syystä kesämökin sähköistystä miettiessä kannattaa ottaa huomioon myös muut sähköistys vaihtoehdot esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoima sekä omalla aggregaatilla tuotettava sähkö.

Tässä insinööriyössä tarkastellaan eri sähköistysvaihtoehtojen tarjoamia mahdollisuuksia ja vaatimuksia sekä hyötyjä ja haittoja käytännöllisyyden ja kustannusten avulla Keski-Suomessa saarella sijaitsevan kesämökin avulla. Työssä selvitetään, miten kyseiseen mökkiin halutun sähköjärjestelmän sähkönsyöttö olisi järkevin toteuttaa. Toteutukseen vaikuttavat oleellisesti mökin sijainnin lisäksi kyseisen kohteen vallitsevat tuuli- ja aurinkomäärät sekä käyttäjien toiveet. Tavoitteena työllä on löytää kohteeseen soveltuva ja kustannustehokas sähköistyskeino. Työssä ei paneuduta tarkemmin eri vaihtoehtojen tekniikkaan vaan pääpainona pidetään käytäntöä ja soveltuvuutta. Työ on vahvasti sidoksissa kyseiseen kohteeseen, mutta työtä pystytään hyödyntämään myös muiden mökkien ja vapaa-ajan asuntojen sähköistyksen suunnittelussa.

## 2 Sähköistyskohde

### 2.1 Kohde nykyään

Kohteena toimiva vapaa-ajan asunto sijaitsee Keski-Suomessa omalla tontilla järven rannalla. Kohteeseen sisältyvät kaksikerroksinen mökki sekä mökin pihapiiriin kuuluvat piharakennukset. Kohteesta tehdyt pohjapiirustukset ja asemapiirustus ovat liitteessä 1. Mökki on 50-luvulla rakennettu ja hyvin suppeasti varusteltu lautarakenteinen rakennus. Pihapiirin rakennuksista liiteri, kellari ja puuvaja ovat rakennettu samoihin aikoihin mökin kanssa. Muut pihapiirin rakennukset (ruokailukatos, grillikatos, laituri ja ulko-WC) on tehty jälkikäteen, joista viimeisimpänä on tehty ulko-WC vuonna 2004.

Oleellisin asia työn kannalta on kohteen sijainti, pinta-alaltaan kolmen neliökilometrin saarella, johon ei ole tieyhteyksiä. Koko saarella on mökkejä kaiken kaikkiaan 12 kappaletta, joista lähimmät mökkinaapurit ovat linnuntietä 400 metrin päässä. Koko saari on valtakunnan verkkoon kytkemätön, mutta osalla mökkiläisistä on omat aurinkosähkö- ja generaattorijärjestelmät mm. valaistuksia varten.

Mökki on pääasiallisesti käytössä vain sulan veden aikoihin, ja tällöinkin painopisteenä on lämpimät kesäpäivät. Talvisin mökillä käydään vain satunnaisesti keskimäärin noin kerran kahdessa vuodessa. Mökillä on pidetty yllä ”mökkipäiväkirjaa”, jonka perusteella viime vuosien aikana mökillä on vietetty vuoden aikana keskimäärin noin 25 vuorokautta. Pisimmät mökkireissut ovat olleet viiden vuorokauden pituisia ja tyypillisesti mökillä on vietetty touko-elokuussa noin joka toinen viikonloppu.

Mökin nykyinen varustelutaso on tällä hetkellä varsin vaatimaton. Mökillä on pieni ja edullinen aggregaatti, josta tuotetaan sähköt kahdelle siirreltävälle valaisimelle, vanhalle televisiolle, tarvittaville työkoneille ja älylaitteiden lataamiseen. Mökin lämmitys on toteutettu olohuoneessa sijaitsevalla puuhellalla. Puuhella lämmittää alakerran oleskelu/nukkuma tilan pakkasella noin tunnissa, muita huoneita puuhellalla ei lämmitetä.

Saunassa on puukiuas, jonka yhteydessä olevalla vesisäiliöllä saadaan lämmitettyä vettä. Mökillä ei ole minkäänlaista rakennettua vedenottojärjestelmää, vaan juomavesi pitää tuoda mökille mukanaan ja pesuvedet kannetaan ämpäreillä järvestä.



Ruoan säilyttämisessä mökillä on käytössä kaasutoiminen jääkaappipakastin ja maahan kaivettu kellari, jonka lämpötila on noin 10 °C kesäisin. Ruoan valmistamiseen kohteessa käytetään pääasiassa grillikatoksessa sijaitsevaa tulisijaa, mutta myös mökissä olevaa kaasutoimista liettä käytetään satunnaisesti avuksi ruoanlaitossa.

## 2.2 Kohteeseen tavoiteltu varustelu

Vapaa-ajan asunnon käyttäjät eivät koe suurta tarvetta tehdä koko mökistä täysin sähköllä lämmitettyä, vaan lämmityksen painopisteenä halutaan pitää puulämmitys. Puuhellon lisäksi lämmityksessä voidaan hyödyntää mahdollisesti myös ilmalämpöpumppua tai lämpöpattereita. Veden lämmitystä ei tulla toteuttamaan sähköllä. Mökkiin halutaan kiinteä valaistus sekä kohtuullinen määrä pistorasioita. Pistorasioita tulee sijoittaa siivoamisen kannalta järkevästi sekä riittävästi käytettäviä kodinkoneita varten.

Pihapiiriin ja pihapiirin rakennuksiin halutaan liiketunnistimilla tai muulla tekniikalla toimiva automaattinen valaistus, joka ei kuitenkaan reagoi liian herkästi pieniin eläimiin. Pihapiiriin tarvitaan muutamia pistokepaikkoja mm. käsikäyttöisten työkoneiden akkujen lataamiseen sekä mahdollisia sähköllä toimivia puutarhavälineitä varten. Mökin käyttäjät toivoisivat sähkökäyttöistä vesipumppua, jotta pesuveden hoitaminen saunaan helpottuisi.

Keskeisenä toiveena vapaa-ajan asunnon käyttäjillä on myös kaasupulloista luopuminen. Kaasuliesi ja -jääkaappipakastin halutaan siis korvata sähköllä toimivalla liedellä ja jääkaappipakastimella. Ruoka aiotaan tulevaisuudessakin valmistaa pääasiassa tulisijalla ulkogrillissä, mutta myös uuni sekä keittolevy mahdollisuus halutaan säilyttää. Järjestelmään halutaan myös selkeä keino katkaista sähköt mökiltä pois lähtiessä kaikilta tarpeettomilta sähkölaitteilta esimerkiksi yksittäisellä kytkimellä.

Kohteeseen halutuista sähkölaitteista tehtiin suuntaa antavan taulukko (taulukko 1), josta selviää laitteistojen tarvitsema tehon määrä. Taulukko perustuu lähtöoletuksiin laitteista ja niiden lukumääristä, ja taulukkoa käytetään vain havainnollistamaan kohteen tehonkulutuksen rakennetta ja suuntaa antavaa kokonaiskulutusta. Taulukosta on tärkeää huomioida tähtimerkinnot. Taulukon perusteella kohteen sähkönkulutus on pääasiassa hyvin vähäistä, kun käytössä on vain valaistusta ja jääkaappi, mutta yksittäiset

laitteet kuten liesi, vesipumppu ja kahvinkeitin aiheuttavat sähkönkulutukseen merkittäviä kulutuspiikkejä.

Taulukko 1. Vapaa-ajan asunnon alustavan sähkölaitteiston tehontarve.

<b>Vapaa-ajan asunnon alustavan sähkölaitteiston tehontarve</b>			
<b>Tuote</b>	<b>Teho/Tuote (W)</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Teho yhteensä (W)</b>
Saunavalaisin	8	1	8
Sisävalaisin	20	7	140
Terassivalaisin	10	3	30
Pollarivalaisin	60	3	180
Ulkovalaisin liiketunnistimella	12	8	96
Vesipumppu	1100	1	1100
Liesi	4500*	1	4500*
Jääkaappipakastin	30**	1	30**
Imuri	600	1	600
Mikroaaltouuni	700	1	700
Kahvinkeitin	1500	1	1500
Muut laitteet pistorasioissa	100	4	400
* Liedestä on yhtäaikaan päällä kaksi levyä tai uuni			
** Jääkaappipakastimen arvo kuvastaa keski kulutustusta, käynnistysteho on moninkertainen			

Tavoitellun sähkölaitteiston kokonaiskulutusta voidaan arvioida karkeasti laitteiden sähkönkulutus- ja käyttömääräarvioiden perusteella. Valaisimien osalta laskelmissa on käytetty eri valaisintyyppien yhteenlaskettua tehoa, mikä on otettu huomioon käyttömäärän suhteuttamisena koko valaisintyyppin käyttömäärään, eikä yksittäisten valaisimien käyttömäärään. Kokonaiskulutuksen laskemisen perustana käytetään arvioita laitteiden käyttömääristä ja ”mökkipäiväkirjaan” perustuvaa käyttöastetta, minkä perusteella mökillä vietetään vuodessa 25 vuorokautta. Laskelman (taulukko 2) perusteella sähkölaitteiden kokonaiskulutus vuodessa olisi noin 215 kWh. Laskelmasta on hyvä huomioida, että kaikki sähkölaitteet ovat pois päältä, kun mökkiä ei käytetä. Jos esimerkiksi jääkaappia halutaan pitää päällä, kun mökillä ei vietetä aikaa, nostaa tämä vuosittaista sähkönkulutusta.

Taulukko 2. Halutun sähkölaitteiston energiankulutus.

Halutun sähkölaitteiston energiankulutus			
Tuote	Teho yhteensä (W)	Käyttömäärä h/vrk	Vuorokausi kulutus (Wh)
Saunavalaisin	8	2	16
Sisävalaisin	140	2	280
Terassivalaisin	30	2	60
Pollarivalaisin	180	4	720
Ulkovalaisin liiketunnistimella	96	2	192
Vesipumppu	1100	0,5	550
Liesi	4500	1	4500
Jääkaappipakastin	30	24	720
Imuri	600	0,5	300
Mikroaaltouuni	700	0,2	140
Kahvinkeitin	1500	0,2	300
Muut laitteet pistorasioissa	400	2	800
			<b>Vuorokausikulutus yht. (Wh)</b>
			8578
<b>Vuoden kokonaiskulutus = 8578Wh * 25 = 214450Wh eli noin 215 kWh</b>			

### 3 Valtakunnan sähköverkko

#### 3.1 Sähköverkkoon liittyminen

Sähköverkkoon liittyminen aloitetaan ottamalla yhteyttä alueen sähköverkkoyhtiöön. Sähköverkkoyhtiölle ilmoitetaan vähintään tarvittavan liittymän koko ja sijainti, sekä mahdolliset omat sähköntuotannot. Tarvittavien teknisten tietojen toimittamisen jälkeen verkkoyhtiö käsittelee tarjouspyynnön ja lähettää tarjouksen, josta selviää vähintään liittymismaksun suuruus ja liittymän toimitusaika. (1.)

Liittymismaksun suuruuteen ja toimitusaikaan vaikuttavat keskeisesti liittymän sijainti ja suuruus. Jos haluttu liittymä sijaitsee lähellä muuntamoita ja jo olemassa olevaa sähköverkkoa, voidaan liittymismaksun olettaa olevan kohtuullinen. Toisaalta jos liittymä sijaitsee kaukana valmiiksi rakennetusta verkosta eikä lähialueilla ole muita liittymiä jakamassa muodostuvia rakennuskustannuksia, voidaan liittymismaksun olettaa kohoavan tilanteen mukaan varsinkin korkealle. Erikokoisista liittymistä verkkoyhtiöillä on usein omat hinnoittelutaulukot, joissa on määritelty kiinteät hinnat erikokoisille liittymille. Nämä taulukot kuitenkin pitävät yleensä sisällään vain liittymät määritetyllä etäisyydellä olemassa olevasta muuntamosta ja liittymät, jotka pystytään rakentamaan normaalein

verkostorakentein ja -ehdoin. Näistä ehdoista poikkeavat liittymät verkkoyhtiöt hinnoittelevat tapauskohtaisesti. (1.)

Liittymismaksujen lisäksi sähköverkon käyttämisessä täytyy maksaa myös sähköstä. Sähkön hinta muodostuu: sähkön verkkopalvelun hinnasta, sähköenergian hinnasta ja veroista. Yleensä jokainen osa muodostaa noin kolmasosan sähkön kokonaishinnasta, mutta hintojen osuudet vaihtelevat sähkön käyttöpaikan ja kulutuksen perusteella. (2.) Tyypillisesti vapaa-ajan asunnoissa sähkönkulutus on vähäistä ja hajanaista, jolloin verkkopalvelun hinta muodostaa suurimman osan sähköhinnasta. Verkkopalvelu sisältää sähköverkkojen ylläpitämisen sekä sähkön toimituksen kotiin (2). Sähkön käyttökohteen sijainti määrittää verkkoyhtiön, joten verkkopalvelua ei pysty kilpailuttamaan. Sähköenergiamaksu perustuu kiinteään perus- ja kulutusmaksuun (c/kWh). Sähkönmyyjiä on useita eri toimijoita, joten perus- ja kulutusmaksut pystytään kilpailuttamaan eri sähkömyyjien avulla.

### 3.2 Kohteen liittäminen sähköverkkoon

Tarkastellussa kohteessa sijainnin määrittämä sähköliittymän toimittava verkkoyhtiö tulisi olemaan Järvi-Suomen Energia. Kohteen sähköntarve on hyvin vähäinen, joten liittymän pääsulakkeeksi tulisi 3 x 25 A. Järvi-Suomen Energian nettisivuilta löytyvää liittymismaksu taulukkoa (taulukko 3) tutkimalla huomaamme vyöhykkeen 2 liittymismaksun olevan 5120 €. Vyöhyke 2:sen ehtoja ovat: maksimissaan 800 m:n etäisyys olemassa olevalta sähkömuuntamolta ja verkoston rakentamisen mahdollisuus normaalein verkostorakentein ja -ehdoin. Kohteen etäisyys lähimmästä sähkömuuntamosta linnuntietä pitkin mitattuna on noin 1,4 km ja tästä matkasta noin 500 m vesistöä. (3.) Koska etäisyys olemassa olevasta sähkömuuntamosta on huomattavasti yli 800 m eikä verkostoa voida rakentaa normaalein verkostorakentein ja -ehdoin, nousisi liittymismaksu huomattavasti korkeammaksi kuin 5120 €. Järvi-Suomen Energialta saadun liittymistarjouksen mukaan liittymismaksu tulisi kohteessa olemaan yksittäiselle liittyjälle jopa 28 360 €.

Taulukko 3. Järvi-Suomen Energian liittymismaksu hinnasto eri sulakekoilla ja vyöhykkeillä (3).

Pääsulake	Vyöhyke 1	Vyöhyke 2
3 x 25 A	2930 €	5120 €
3 x 35 A	3790 €	6130 €
3 x 50 A	5110 €	7810 €
3 x 63 A	6200 €	9470 €
3 x 80 A	7520 €	10950 €
3 x 100 A	9200 €	12640 €
3 x 125 A	11500 €	14990 €
3 x 160 A	14720 €	17450 €
3 x 200 A	18400 €	21400 €
Yli 3 x 200 A	92 €/A	107 €/A

Liittymismaksun pienentämisessä apuna voidaan joissakin tapauksissa käyttää myös aluehinnoitteluun perustuvaa liittymismaksua. Aluehinnoittelussa sovelletaan uudelle, vielä sähköistämättömälle alueelle rakennettavaa sähköverkkoa, jossa liittymismaksuun vaikuttaa rakennuskustannukset ja liittyjien määrä. Liittymismaksuksi muodostuu aluehinta, joka on kaikille liittymän ostajille samansuuruinen. (3.) Tässä kohteessa Järvi-Suomen Energian tarjoama aluehinta on 16 800 €, ja aluehinnan ehtona on vähintään kolmen kiinteistön liittyminen ja tarjouksen hyväksyminen aluehinnoittelun alueelta.

Liittymismaksun lisäksi kohteeseen joudutaan tekemään sähkösopimus. Järvi-Suomen Energian tarjoamassa sähkösopimuksessa yleissähkön siirron perusmaksu kohteelle on 34 € (taulukko 4) ja yleissähkön siirtomaksu on 4,38 c/kWh (taulukko 5). Sähköverkko-liittymän yhteydessä on myös tärkeätä muistaa myös ylläpitomaksut. Järvi-Suomen Energian ylläpitomaksut vuonna 2020 ovat 0,4 kV:n liittymälle 29,76 €/kk (taulukko 6). Ylläpitomaksua ei pysty kilpailuttamaan ja ylläpitomaksu laskutetaan, jos liittyjä ei käytä sähköä ja liittymäsopimusta ei olla purettu (3).

Taulukko 4. Järvi-Suomen Energian yleissähkön siirron perusmaksu taulukko (4).

Sulakekoko	Yleissähkön siirron perusmaksu
1 × 35 A *	19,91 €/kk
3 × 25 A *	26,98 €/kk
3 × 25 A	34,00 €/kk
3 × 35 A	60,88 €/kk
3 × 50 A	93,87 €/kk
3 × 63 A	131,44 €/kk

\*kerros- ja rivitalot, joissa on vähintään kolme huoneistoa

Taulukko 5. Järvi-Suomen Energian yleissähkön siirtomaksu taulukko (4).

Yleissähkön siirtomaksu
4,38 snt/kWh

Taulukko 6. Järvi-Suomen Energian ylläpitomaksu taulukko (3).

Liittymäkoko	Kiinteä maksu €/kk
0,4 kV	29,76
20 kV	149,00
110 kV	505,92

Sähköverkkoon liittyminen tarjoaisi kohteelle mahdollisuuden toteuttaa erittäin laaja, kattava ja toimintavarma sähköistystapa. Ongelmana tässä toteutuksessa olisi hinta, joka nousisi tässä kohteessa kohtuuttoman korkeaksi. Liittymismaksu olisi erittäin kallis ja talviaikaan, kun mökkiä ei käytetä, jouduttaisiin verkkoyhtiölle maksamaan varsin hintavaa

ylläpitomaksua, vaikka mökillä ei käytettäisi ollenkaan sähköä (ks. taulukko 6). Lisäksi vapaa-ajan asunnon käyttäjien toiveet eivät vaadi kovinkaan laajaa sähköistystä, joten sähköverkkoon liittyminen vaikuttaa ylivarautumiselta.

## 4 Aurinkopaneelijärjestelmä

### 4.1 Aurinkopaneelijärjestelmän periaate

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilystä saatavan energian hyödyntämiseen. Aurinkosähkön hyödyntämisessä keskeisimpänä komponenttina on aurinkopaneelit, joiden avulla auringon säteilyenergia muutetaan sähköenergiaksi. Saatu sähköenergia on muodoltaan tasasähköä, jota voidaan hyödyntää monin eri keinoin: Tasasähköä voidaan hyödyntää suoraan tasasähköä käyttävissä sähkölaitteissa, kuten kodinkoneissa. Tasasähkö voidaan myös varastoida akkuihin tai muuttaa tarvittaessa invertterin eli vaihtosuuntaajan avulla vaihtosähköksi. Aurinkopaneelien ja akuston väliin asennetaan myös lataussäädin, joka valvoo, että akusto latautuu optimaalisella tavalla. (5.) Kuvassa 1 on esimerkki eräästä lataussäätimestä.



Kuva 1. Epeverin MPPT 40A-lataussäädin 520W/12V (6).

Saatavan aurinkosähkön määrään vaikuttavat mm. auringonsäteilyn määrä, paneelien koko ja lukumäärä, paneelien sijoittelu/kallistuskulma sekä heijastuva säteily. Auringonsäteilyn määrään vaikuttaa oleellisesti aurinkojärjestelmä sijainti. Esimerkiksi eteläisimmässä Suomessa vaakatasossa olevan mittauspinnan kokonaissäteilyenergian määrä Ilmatieteen laitoksen toteuttamana testivuonna oli 980 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja Pohjois-Suomessa vastaava luku oli 790 kWh/m<sup>2</sup> (7). Myös eri teknologiat vaikuttavat paneeleista saatavaan sähköenergiaan, mutta tässä työssä ei uppouduta syvemmin teknologiaan, vaan keskitytään enemmän käytännön toteutukseen. Saatavan aurinkosähkön maksimoimiseksi paneelit asennetaan kohtisuoraan auringonpaisteeseen, pidetään puhtaina ja varmistetaan auringonsäteilyn esteettömyys.

Aurinkosähkölaitteiden hankinnassa mitoittaminen on erityisen tärkeää: alimitoitettulla järjestelmällä ei saada riittävästi sähköä omiin tarpeisiin ja ylimitoitettulla järjestelmällä sähköä tuotetaan yli omien tarpeiden. Aurinkopaneelijärjestelmän mitoituksessa tulee ottaa huomioon tarvittavan sähköenergian määrä, vuotuinen säteily määrä kyseisessä paikassa sekä aurinkopaneelien koko ja lukumäärä. Akkujen avulla aurinkosähkölaitteeseen saadaan joustavuutta ja sähköä voidaan varastoida myöhempää käyttöä varten.

#### 4.2 Aurinkopaneelijärjestelmä invertterillä

Mikäli aurinkopaneelien tuottama tasavirta halutaan muuttaa vaihtovirraksi, järjestelmään on lisättävä invertteri. Vaihtosähkön etuna on laajemmat laitteiden valintamahdollisuudet sekä käyttökohteet kuin tasasähköllä. Invertteri on myös pakollinen, jos aurinkosähkölaitteita liitetään valtakunnalliseen sähköverkkoon. Verkkoon liitetyllä aurinkosähkölaitteella voidaan syöttää sähköä myös jakeluverkkoon, mutta se on vähemmän kannattavaa kuin aurinkosähkön käyttö omiin tarpeisiin. (8.) Inverttereitä on olemassa 1-vaiheisia ja 3-vaiheisia ja kuvassa 2 on esimerkki Victronin 1-vaihe invertteristä.





Kuva 2. Victron 1-vaiheinen 2000 W:n invertteri (9).

1-vaihe invertteri kytketään verkon yhteen vaiheeseen, jolloin aurinkosähköä voivat hyödyntää vain kyseiseen vaiheeseen liitetyt laitteet (8). 1-vaiheinvertterillä ei siis voida yksinään syöttää laitteita, jotka tarvitsevat 3-vaiheisen syötön, tällaisia 3-vaihelaitteita ovat mm. kiukaat ja tehokkaat liedet. Pienissä (alle 3 kWp) aurinkosähköjärjestelmissä 1-vaiheiset invertterit ovat tällä hetkellä ainoa vaihtoehto, sillä markkinoilla ei ole saatavilla alle 3 kWp järjestelmiin soveltuvia 3-vaihe inverttereitä (8). 1-vaiheinvertterille soveltuvia kohteita ovat esimerkiksi yksittäiset piharakennukset ja pienet mökit. 1-vaiheinvertterin hinta on noin 300–2000 € riippuen mallista ja tehosta.

3-vaiheinvertteri kytketään nimensä mukaisesti kaikkiin verkon kolmeen vaiheeseen. 3-vaiheinvertterillä saadaan aurinkosähköjärjestelmästä suurin hyöty, sillä sen avulla tuotettua sähköä voidaan hyödyntää kaikissa kohteen sähkölaitteissa. (8.) 3-vaiheinverttereitä käytetään yleensä 3-vaihesyöttöä tarvitsevilla kohteilla, esimerkiksi omakotitaloissa ja liikerakennuksissa. 3-vaiheinvertterin hinta on noin 800–6000 € riippuen mallista ja tehosta.

#### 4.3 Aurinkopaneelijärjestelmä ilman invertteriä

Jos aurinkopaneelijärjestelmään ei asenneta invertteriä, hyödynnetään aurinkopaneelien tuottama sähkö suoraan tasasähköä eli pienoisjännitteellä. Invertterin puuttuminen rajoittaa sähkönsyötön käyttämisen laitteisiin, jotka käyttävät toimiakseen tasasähköä. Nykyään pienoisjännitteellä toimivia laitteita löytyy laajasti valaistuksesta jääkaappeihin ja vesipumppuihin, mutta suuria tehoja vaativien laitteita kuten liesien ja kiukaiden syöttäminen pienoisjännitteellä on ongelmallista.

Ilman invertteriä toteutetun aurinkosähköjärjestelmän sähkötöiden tekeminen on laillista myös maallikolle, kun tasasähkön nimellisjännite on enintään 120 voltia (10). Tämä mahdollistaa järjestelmän asentamisen ja kasvattamisen ilman erillisiä sähköasennuksista koituvia kustannuksia, jos järjestelmän hankkija on tarpeeksi perehtynyt suoritettaviin sähköasennuksiin. Järjestelmän hankintahinnassa säästytään myös invertterin ostamiselta, mutta toisaalta tasasähköä käyttävät laitteet ovat yleensä hieman kalliimpia kuin vaihtosähköllä toimivat. Pienoisjännite kuitenkin asettaa järjestelmän laitteille ja etäisyyksille suurempia rajoituksia, kuin invertterillä toteutetut järjestelmät.

#### 4.4 Aurinkopaneelijärjestelmä kohteeseen

Kohteen olosuhteet aurinkopaneelijärjestelmälle ovat erittäin otolliset: Katon harja on itä-länsisuuntainen eli aurinkopaneelit saa asennettua osoittamaan suoraan kohti etelää. Katto on noin 30 asteen kulmassa, joten aurinkopaneelit osoittavat kohti aurinkoa. Katon eteläisellä puoliskolla on asennus pinta-alaa paneeleille noin 20 m<sup>2</sup> ja aurinko pääsee paistamaan katolle esteettömästi aamusta iltaan. Myös akuston asentaminen yläkerran ullakolle onnistuu ilman suurempia tilan muokkauksia tai rakentamista.

Kohde sijaitsee Jyväskylän lähistöllä, joten voidaan hyödyntää Ilmatieteen laitoksen mittauksia auringon kokonaissäteilymäärästä Jyväskylässä (taulukko 7), kun pinta on 45 asteen kulmassa. Mittaustulokset ovat suuntaa antavia, sillä auringon säteilymäärät vaihtelevat vuosittain ja kohteessa paneelit olisivat 30 asteen kulmassa kohti etelää. Taulukon E-saraketta tarkastelemalla huomataan vuoden aikana kertyvän säteilymäärän olevan 1127,3 kWh/m<sup>2</sup> ja säteilyenergian vaihtelevan voimakkaasti vuoden aikana.

Säteilyenergia on suurimmillaan toukokuussa (189,7 kWh/m<sup>2</sup>) ja pienimmillään joulukuussa (5,3 kWh/m<sup>2</sup>).

Taulukko 7. Auringon kokonaissäteilyenergia 45 astetta kallistetulle pinnalle eri ilmansuuntiin suunnattuna Jyväskylässä (11).

Auringon kokonaissäteilyenergia 45 astetta kallistetulle pinnalle eri ilmansuuntiin suunnattuna vyöhykkeellä III (Jyväskylä), kWh/m <sup>2</sup>								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	5,0	5,0	5,4	8,0	9,7	8,3	5,7	5,0
Helmikuu	13,6	13,7	22,6	37,9	45,7	37,4	20,9	13,7
Maaliskuu	36,2	40,0	52,3	72,5	84,5	76,2	58,4	41,0
Huhtikuu	51,1	69,1	99,8	129,0	137,2	123,8	97,9	66,0
Toukokuu	84,0	117,7	161,1	190,0	189,7	179,0	156,5	110,2
Kesäkuu	94,3	116,0	146,3	164,8	163,7	161,8	147,6	111,7
Heinäkuu	79,8	107,1	143,3	169,2	172,5	164,5	146,2	105,3
Elokuu	56,9	74,5	104,3	132,8	143,2	134,9	110,7	75,4
Syyskuu	31,7	41,8	68,8	100,3	113,5	98,6	69,5	40,7
Lokakuu	14,4	15,6	25,4	40,2	47,6	39,6	24,8	15,4
Marraskuu	5,8	5,8	7,5	12,2	14,9	12,2	7,4	5,8
Joulukuu	3,0	3,0	3,2	4,5	5,3	4,4	3,2	3,0
Koko vuosi	475,8	609,3	839,9	1061,4	1127,3	1040,7	848,8	593,3

Maltillisen sähkönkulutuksen ja laitevoideiden takia kohteeseen riittäisi nykyisillä käyttöjätevoilla 1-vaiheinvertterin hankinta, mutta myös 3-vaiheinvertteri on kohteeseen soveltuva. Tässä kohteessa on välttämätöntä käyttää aurinkosähkön yhteydessä akustoa, joten invertteri mitoitetaan laitteiston huippukulutuksen mukaan. Aiempien laskelmien (taulukko 2) mukaan kohteeseen riittää 5 kW:in invertteri, jos käyttäjät tiedostavat, etteivät voi käyttää useita laitteita lieden kanssa samaan aikaan. Keravan Energian mukaan 3 kWp:n aurinkopaneelijärjestelmä tuottaa vuodessa noin 2500 kWh (12). 0,6 kWp paneelijärjestelmä tuottaisi Keravan Energian laskelmaan suhteutettuna vuodessa noin 500 kWh. Koska kohteen arvioitu vuosikulutus on noin 215 kWh, jäisi 0,6 kWp:n järjestelmällä vielä vähän laajentamisvaraa, sekä marginaalia tehonkulutuksen virhearvioihin, laitteiston tehohäviöihin ja paneelien vanhentumisesta johtuvaan tehon laskemiseen. Tällöin katolle asennetaan esimerkiksi kaksi kappaletta kuvassa 3 esitettyjä 300 Wp:n aurinkopaneeleita.



Kuva 3. JASolarin 305W aurinkopaneeli (13).

## 5 Tuulivoimajärjestelmä

### 5.1 Tuulivoimajärjestelmän periaate

Tuulivoimajärjestelmässä sähköä tuotetaan nimensä mukaisesti tuulen avulla. Tuuli aiheuttaa roottorin pyörimisen, josta pyörimisliike välitetään suoraan tai vaihteiston kautta sähköä tuottavalle generaattorille. Tuotetun sähkön määrä on suoraan verrannollinen roottorin pyyhkäisyypinta-alaan ja tuulen nopeuden kuutioon. (14.) Käytännössä tuulivoimalan sähköntuottamista voidaan suurentaa kasvattamalla roottorin lapoja ja valitsemalla tuulivoimalalle mahdollisimman tuulinen sijainti. Tyypillisiä sijainteja tuulivoimaloille ovat rannikot ja korkeat mäet, mutta myös tasainen maasto voi soveltua tuulivoimalalle, jos tuulivoimalan napakorkeudella tuulee tarpeeksi.

Tuulivoimaloiden tuotanto vaihtelee voimakkaasti vallitsevien tuuliolosuhteiden mukaan, tämän takia tuulivoimalan tehontuotannon yksikkönä on kWh/a. Teolliset tuulivoimalat

tuottavat sähköä tuulen ollessa 3–25 m/s, sillä alle 3 m/s tuuli ei tuota suurissa voimaloissa ollenkaan sähköä ja yli 25 m/s tuulella voimalat pysäyttävät itsensä laiterikoilta välttymiseksi. Tuulivoiman tuotanto painottuu hieman talvikuukausille, mutta on huomattavasti tasaisempaa kuin aurinkovoiman tuotanto, esimerkiksi loka – maaliskuussa tuotetaan keskimäärin 60 % vuosittain tuotetusta tuulisähköstä. (15.)

Pientuulivoimaloiksi kutsutaan voimaloita, joiden potkurin pinta-ala on alle 200 neliötä, eli käytännössä nimellisteholtaan alle 50 kW:n laitteita. Pientuulivoimaloita käytetään muun muassa maatilojen ja vapaa-ajan asuntojen sähkölaskun pienentämiseen tai kokonaan verkosta irtautumiseen. Tarvittavan pientuulivoimalan koko riippuu tarvittavan sähkön määrästä, esimerkiksi 4–10 kW:n pientuulivoimalat voivat tuottaa hyvällä sijainnilla omakotitalon valaistukseen ja laitteisiin kuluvan sähkön. Tyypilliset kesämökille asennettavat laitteet ovat noin 300 W tehoisia laitteita, ja halkaisijaltaan noin kaksi metriä. (16.) Etenkin pientuulivoimaloissa on käytössä myös pystyakselia tuulivoimaloita, mitkä tarvitsevat pienemmän pyörimistilan ja toimivat hyvin myös pyörteisissä tuuliolosuhteissa.

## 5.2 Vaaka-akselinen tuuliturbiini

Vaaka-akseliset tuuliturbiinit ovat teollisen kokoluokan tuulivoimaloiden tunnusmerkki. Vaaka-akselisten tuulivoimaloiden etuna on roottorin suuri pyyhkäisyypinta-ala, mikä mahdollistaa suurien energiamäärien tuottamisen. Vaaka-akseliset tuuliturbiinit ovat tyypillisesti 3-lapaisia kuten kuvassa 4, mutta myös 1-, 2- ja monilapaisia on käytössä. Näitä tuuliturbiineja on saatavilla lukuisissa eri koissa, tyypilliset kesämökeillä käytetyt tuuliturbiinit ovat noin 300 W:n tehoisia laitteita, kun teollisessa käytössä suurimmat merituulivoimalat tuottavat yli 10 MW. Kooltaan vaaka-akselisten tuuliturbiinien mastot alkavat tyypillisesti 5-metristä ja korkeimmat mastot ovat noin 180-metrisiä. (17.)



Kuva 4. Vaaka-akselisia tuuliturbiineja (17).

Vaaka-akselisten tuuliturbiinin sijoittelussa täytyy ottaa huomioon monia eri seikkoja, jotta tuulivoimalasta saataisiin maksimaalinen hyöty. Tuuliturbiinin roottorin on käännettävä tuulta kohti, jotta voimala toimisi. Suuren kokoluokan vaaka-akselisen tuuliturbiinin voimaloissa tuuleen suuntaaminen toteutetaan moottorikäyttöisesti ja pienissä kilowattiluokan voimaloissa pääasiassa pyrstön avulla. Tuulen suunnan jatkuva vaihtelu eli pyörteily on näille tuuliturbiineille ongelmallista. Voimalat ovat myös suunniteltu määrätylle nopeusalueelle, jolla niiden toiminta on parhaimmillaan. Tämän määrätyn nopeuden ylittäminen ei juurikaan lisää sähköntuotantoa, mutta määrätyn nopeuden alapuolella tehot laskevat eksponentiaalisesti. (17.)

### 5.3 Pystyakselinen tuuliturbiini

Pystyakselisessa tuuliturbiinissa roottoria pyörittävät siivet on muotoiltu usein spiraalin muotoisiksi, ja ne pyörivät nimensä mukaisesti pystyasennossa, mitä on havainnollistettu kuvan 5 avulla. Pystyakselisten tuulivoimaloiden pyyhkäisyypinta-ala on huomattavasti pienempi kuin vaaka-akselisten, minkä takia pystyakselisia tuuliturbiineja käytetäänkin vain pientuulivoimaloissa (16). Pienten tuuliturbiinien siipien mitat ovat ainoastaan 0,3 m x 0,5 m ja suurten pystyakselisten tuuliturbiinien mitat ovat jopa 3 m x 10 m. Tehokkaat pystyakseliset tuuliturbiinit voivat tuottaa nimellistehonsa mukaan 20 kW, kun pienimmät pystyakseliset tuulivoimalat tuottavat 60 W:n nimellistehoja.



Kuva 5. Pysty akselinen tuuliturbiini (18).

Pysty akselista tuulivoimalaa ei tarvitse suunnata tuulen mukaan, vaan se pystyy hyödyntämään omalla sijoituspaikallaan joka suunnasta tulevaa tuulta. Tämän takia pysty akselinen tuuliturbiini soveltuu hyvin myös pyörteisiin olosuhteisiin, mikä lisää pysty akselisten voimaloiden mahdollisia sijoituspaikkoja. (17.) Pysty akseliset tuulivoimalat pystyvät myös tuottamaan energiaa varsin alhaisissa tuuliolosuhteissa, ja monet valmistajat lupaavat pysty akselisten tuulivoimatuotteidensa tuottavan sähköä jo 1,5–2 m/s:n tuulissa. Alhaisen tuulen tarpeen ja sijoitusmahdollisuuksien vuoksi pysty akselisiä tuulivoimaloita käytetään usein kiinteistöjen katoilla ja laivojen kansilla.

#### 5.4 Tuulivoimajärjestelmä kohteessa

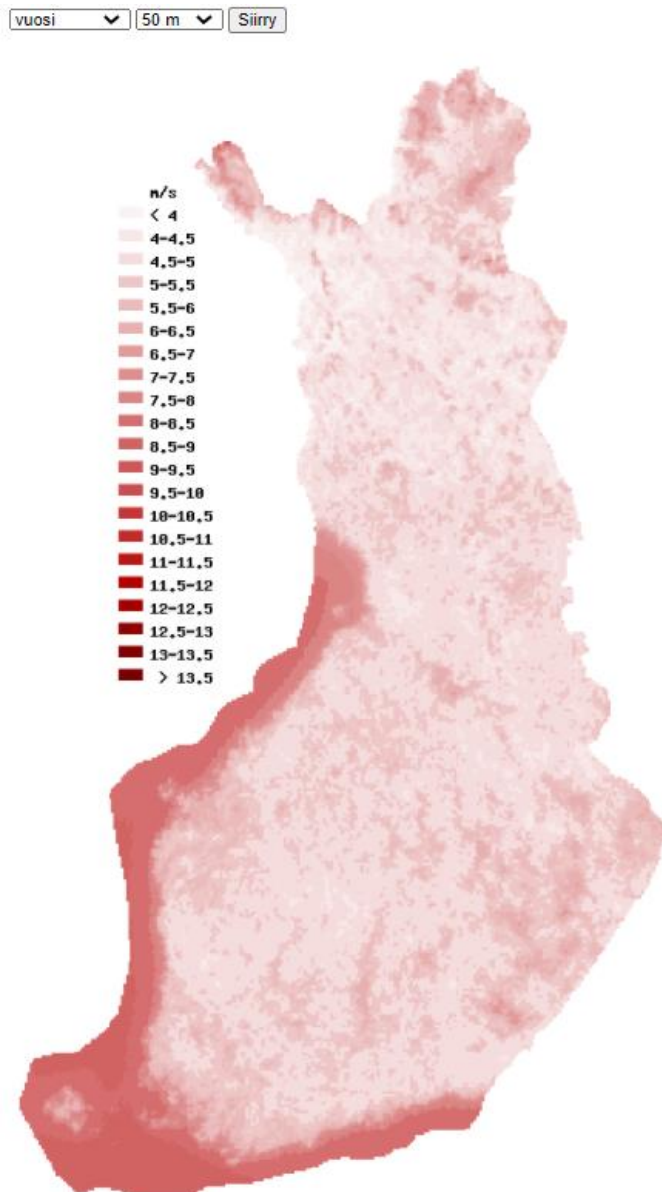
Tarkasteltavaan kohteeseen rakennettavan tuulivoimalan toteuttaminen ei ole yhtä suoraviivaista ja tehokasta kuin aurinkovoiman käyttäminen. Kohde sijaitsee sisämaassa alavalla paikalla, joten sijainti ei ole kaikista otollisin tuulivoiman käyttämiselle. Kohteen sijainti saarella vedenrannalla ja saarella juuri tehdyt puuhakkuut auttavat tuulen valjastamisessa energialähteeksi, mutta silti lähtökohdat eivät ole sijainnin kannalta täysin otolliset. Kohteen kunta edellyttää maisemakuvassa näkyviltä yksityiskäyttöön

valjastetuilta tuulivoimaloilta erikseen haettavaa toimenpidelupaa hankkeelle, mikä pitää hakea tapauskohtaisesti (19, s. 8).

Kohteen käyttöajankohdat ovat myös tuulivoiman kannalta hieman ongelmalliset. Tuulivoiman tuotanto on painottunut hieman enemmän talvisaikaan, mutta mökkiä käytetään pääsääntöisesti vain kesäaikaan. Näin ollen tuotannon ja kulutuksen eriaikaisuus tuo haasteita, joita voidaan pienentää akuston avulla, mutta ei kuitenkaan täysin syrjäyttää. Kohteen käyttäjillä on myös omat esteettiset huolenaiheensa, sillä harvat pitävät mökin pihapiirissä seisovaa tuulivoimalaa kauniina rakennelmana ja toisaalta rakennuksen katolle asennettavat pienet tuuliturbiinit, tuskin riittäisivät tuottamaan tarpeeksi energiaa koko mökin tarpeisiin.

Kohteen tuulisuudesta ei ole tarkkoja mittatuloksia, mutta tuulisuuden arviointiin voidaan käyttää apuna tuuliatlaksen (kuva 6) tarjoamaa dataa. Mittausten mukaan kohteen alueella 50 metriä maanpinnan yläpuolella, vuosittainen tuulisuus on keskimäärin noin 5 m/s. Koska mökkikäyttöön soveltuvat tuulivoimalat ovat huomattavasti matalampia kuin 50 m, voimalan korkeudella oleva tuulisuus täytyy olettaa myös matalammaksi kuin 5 m/s. Kohteen tuulisuuden arviointi perustuu siis pitkälti arvioihin, mikä valitettavasti lisää virhelaskelmien mahdollisuuksia. Jos kohteen tuuliarvot haluttaisiin saada selville tarkasti, täytyisi kohteeseen sijoittaa tuulimittari vuodeksi tuulivoimalan halutulle sijainnille.





Kuva 6. Tuulen keskinopeus Suomessa vuodessa 50 m:n korkeudelta mitattuna (20).

Kohteeseen tarvittavan tuulivoimalan perustana käytettävän kulutuslaskelman (taulukko 2) mukaan tarvittavan voimalan vuosituotannon pitäisi ylittää 215 kW/h. Kun otetaan vielä huomioon tuotannon painottuminen aikaan, jolloin sähköä ei mökillä käytetä ja heikohko vuosittainen tuulisuus, joudutaan tuulivoimala ylimitoittamaan sähkön riittävyyden varmistamiseksi. Seuraavassa esimerkissä on käytetty erään valmistajan 1,5 kW tuulivoimalaa, joka on asennettu 24 m:n korkeuteen. Jos tällä korkeudella vuosittaiseksi tuulen keskinopeudeksi oletetaan 3 m/s, lupaa valmistaja vuosituotannoksi noin 1000 kW/h (21). Tuulivoimalan ylimitoittaminen aiheuttaa kustannusten nousemista ja myös maston

korkeus vaatisi tässä ratkaisussa toimenpideluvan hakemista ennen suunnitelman toteutusta. Tuulivoimajärjestelmän yhteyteen tarvitaan akusto, lataussäädin ja invertteri samalla tavalla kuin aurinkovoimajärjestelmässä.

## 6 Aggregaatti/generaattori

### 6.1 Aggregaatin/generaattorin periaate

Aggregaatti eli generaattori on laite, joka tuottaa sähköä joko bensiinimoottorin tai dieselmoottorin tuottaman liike-energian avulla. Saatu sähköenergia hyödynnetään kytke-mällä halutut sähkölaitteet aggregaatin ulostuloon. (22.) Aggregaatteja käytetään yleisesti sairaaloissa ja teollisuudessa varavoiman lähteenä, mutta ne soveltuvat myös koh-teisiin, joita ei ole liitetty sähköverkkoon. Aggregaatin etuna on sen riippumattomuus olo-suhteista ja säätiloista ja näin ollen sähköntuotantokyky joka säällä.

Sopivan aggregaatin valinnassa tärkeää on kiinnittää huomiota muun muassa tarvitta-vaan tehon määrään ja sähkönlaatuun, aggregaatin kanssa ei välttämättä käytetä akus-toja vaan aggregaatti mitoitetaan kulutushuipun mukaan. Aggregaatin mitoittamisessa käytetään hyödyksi syötettävien kojeiden tehontarpeita, sekä laitteiden arvioitua maksimi tehontarvetta. Maksimitehon tarvetta arvioidessa täytyy ottaa huomioon laitteiden yhtä-aikainen päällä oleminen, sekä mahdolliset käynnistyshetken tehopiikit esim. pesu- ja työkoneissa. Kun tehon tarve on kartoitettu, selvitetään vaadittavan sähkönlaatu ja tähän tarkoitukseen soveltuva aggregaatti. Sähkönlaadun kannalta esimerkiksi lamput ja säh-kölämmittimet ovat kaikista ongelmattomimpia, eivätkä vaadi sähkönlaadulta kovinkaan suuria. Toisena ääripäänä ovat elektroniset laitteet mm. televisiot, mikrot ja tietokoneet, jotka vaativat toimiakseen laadukasta ja tasaista sähköä. Tätä laadukkaampaa ja tasai-sempaa sähköä saadaan aggregaateilla, joissa on digitaalinen invertteri. (23.)

Toiminnan kannalta välttämättömien ominaisuuksien lisäksi aggregaatin valinnalla voi-daan vaikuttaa aggregaatin käytön miellyttävyyteen ja hintaan. Käyttömukavuuteen voi-daan vaikuttaa mm. käynnistystavan ja melutason avulla. Edullisimmat ja yksinkertaisim-mat aggregaatin käynnistetään usein käsikäyttöisesti ja tehokkaiden aggregaattien me-lutaso voi nousta yli 100 dB:n. Uudemmissa mutta kalliimmilla aggregaateilla melutaso on

tehoon suhteutettuna maltillisempi ja käynnistys tapahtuu sähköisesti ja joissakin mal-  
leissa myös Bluetoothilla toimiva käynnistys on mahdollista (23). Aggregaatin käyttöhintaa  
perustuu käytetyn polttoaineen ja öljyjen määrään ja näiden hintaan. Valitsemalla vähän  
kuluttava dieselaggregaatti voidaan pitkällä aikavälillä saada säästöjä verrattuna enem-  
män kuluttavaan bensiiniaggregaattiin, vaikka bensiiniaggregaatin hankintahinta saat-  
taisi olla halvempi.

## 6.2 Aggregaatti/generaattori kohteessa

Kohteessa on jo valmiiksi ollut käytössä muutaman vuoden pieni ja edullinen aggregaatti,  
jota on käytetty mm. television, kännyköiden, työkoneiden ja parin valaisimen sähkön-  
lähteenä. Aggregaatti on toiminut tarkoituksessaan hyvin, mutta sähkölaitteiston laajen-  
tuessa ei kyseisen aggregaatin tuottama tehomäärä olisi riittävä. Vanha aggregaatti on  
myös varsin äänekkäs, joten sen ympärivuorokautinen käyttäminen esimerkiksi jääkaapin  
takia olisi rauhallisen luonnon keskellä hieman häiritsevää ainakin ilman erillistä äänieris-  
tettyä sijoituspaikkaa.

Kohteen sähkönkulutuksen vaihtelevuus vaikeuttaa kohteeseen soveltuvan aggregaatin  
määrittämistä, sillä pääasiassa kohteen sähkönkulutus on vähäistä, mutta muutamat yk-  
sittäiset laitteet voivat nostaa maksimikulutuksen nopeasti varsin korkeaksi. Jos aggre-  
gaatilta vaadittaisiin kykyä esimerkiksi lieden, kahvinkeitin ja vesipumpun sähkön-  
syöttämistä samalla hetkellä vaadittaisiin aggregaatilta kykyä tuottaa vähintään 7,1 kW:n  
teho. Jos lieden kanssa ei käytetä samaan aikaan paljon tehoa kuluttavia laitteita, ja  
liedestä pyritään olla käyttämättä kaikkia keittotasoja ja uunia samaan aikaan, pärjätään  
kohteessa pienemmällä noin 5 kW:n aggregaatilla. Kuvassa 7 on esitetty DUCAR:in säh-  
kökäynnistyksellä toimiva 5 kW:n aggregaatti. Pienemmän aggregaatin hankinta on  
edullisempää ja käyntiänet vähäisempiä kuin suurilla aggregaateilla.



Kuva 7. DUCAR DG7750 bensa-aggregaatti 5 kW (24).

Aggregaatin etuna verrattuna tuulivoimaan ja aurinkosähkön hyödyntämiseen on sen toimintavarmuus joka sääolosuhteessa ja mahdollisuus toteuttaa kattavakin sähköjärjestelmä ilman akustoa. Hankintahinnaltaan aggregaattit ovat lähtökohtaisesti edullisempia kuin aurinkosähkö- tai tuulivoimajärjestelmät. Ongelmaksi tarkasteltavassa kohteessa kuitenkin koetaan aggregaatin epäkäytännöllisyys ja käyttökustannukset. Savonia-ammattikorkeakoulun suorittaman mittauksen perusteella (taulukko 8) erään 5 kW:n aggregaatin tuottaman sähkön hinnaksi muodostui 1,20 €/kWh, joka lisää aggregaatin hintaa pitkällä aikavälillä. Myös kaikki aggregaatin kuluttama polttoaine pitäisi kuljettaa saarassa sijaitsevaan kohteeseen veneellä tai muilla kulkuneuvoilla.

Taulukko 8. Handain 5,0 kW:n aggregaatin energiatehokkuuteen liittyvät mittaukset ja laskelmat (25).

Kulutus	9,5	l
Polttoaineen energia	9	kWh/l
Tuotettu energia	85,5	kWh
Mitattu sähköenergia	13,99	kWh
Hyötysuhde	16	%
Bensiinin 98E hinta	1,77	€/l
Kulutetun bensiinin hinta	16,85	€
Tuotetun sähkön hinta	1,20	€/kWh

## 7 Akusto

Akustoja käytetään energian varastointiin, jotta energiaa olisi saatavilla silloin kun sitä tarvitaan. Yleisiä käyttökohteita akustoille ovat varavoimakäyttökohteet sekä tuuli- ja aurinkovoimalakohteet. Varavoimakäytössä akustosta saadaan energiaa esimerkiksi sähkökatko ja -vikatilanteissa ja aurinko- sekä tuulivoimassa akuston avulla mahdollistetaan energian tuoton ja kulutuksen eriaikaisuus.

Akuston valinnassa pitää huomioida tarvittavan akkukapasiteetin määrä sekä käyttöjännite. Akkukapasiteetin määrä lasketaan tarvittavasta kulutuksesta sekä kulutuksen kestosta ja toistuvuudesta. Akkuja löytyy lukuisilla eri kapasiteeteilla, mutta kapasiteettia voidaan myös kasvattaa kytkemällä useampia saman jännitetaso akkuja rinnakkain. Akuston sopiva käyttöjännite on käytön kannalta kriittinen, sillä akuston syöttävän jännitteen pitää olla laitteille ja invertterille sopiva. Väärän jännitteen käyttäminen voi aiheuttaa laitteiden toimimattomuuden tai rikkoutumisen ja paloriskin. Akuston syöttämää jännitettä voidaan kasvattaa kytkemällä akkuja sarjaan. (26.)

Jännitteen ja kapasiteetin jälkeen tulee valita käyttötarkoitukseen soveltuvin akkutyyppejä, lyijyakkutyyppejä ovat mm. putkilevyakut, geeliakut, nesteakut ja AGM-akut. Nesteakut ovat näistä pääasiassa edullisin vaihtoehto, mutta samalla niiden lataus/purkukerrat ovat pienempiä noin 200–250 kertaa ja tarvitsevat vähäistä huoltoa. AGM- ja geeliakkujen etuna on huoltovapaus ja nesteakkuihin verrattuna hyvä lataus-/purkukertamäärä noin 700–800. Putkilevyakut (kuva 8) ovat yleensä muita lyijyakkutyyppejä kalliimpia, mutta ne kestävät akun purkamista tyhjemmäksi kuin muut lyijyakkutyypit ja niille luvataan jopa 1500–3500 lataus-/purkukertaa. Nämä lataus-/purkauskerrat ovat suuntaa antavia ja riippuvat paljon akkujen mitoituksesta ja säilytyksestä. Lyijyakkuja ei saa säilyttää vajaa-täyttöisinä kylmässä ja esimerkiksi AGM-akuista tulisi normaalisti kuormittaa maksimissaan 40 % sen nimelliskapasiteetista. Tästä syystä akusto kannattaa ylivoimaisesti ja säilyttää lämpimässä, jos akuston latausta ei ylläpidetä talvisin. (26.)



Kuva 8. TAB:in 12V:n 100 Ah:n putkilevyakku (27).

Lyijyakkujen lisäksi nykyään nousevassa käytössä ovat myös LiFePo4-litiumakut. Litiumakkujen etuina lyijyakkuihin on mm. pidempi käyttöikä, huoltovapaus, lämpötilojen vaihteluihin soveltuminen ja sekä parempi tehottiheys. Litiumakkuja voidaan myös kuormittaa noin 80 % nimelliskapasiteetista ilman vaikutuksia akun elinikään. Litiumakkujen huonona puolena lyijyakkuihin on niiden huomattavasti kalliimpi hankintahinta. Kuvassa 9 havainnollistetaan RELION-litiumakkujen ulkonäköä.



Kuva 9. RELION LiFePo4-litiumakkuja (28)

Kohteessa akusto sijoitetaan ullakolle, jota ei pidetä talvisin lämpöisenä. Näin ollen akuston lataus myös talvisin tulisi varmistaa, jos akustoa ei siirretä talveksi lämpöiseen tilaan (26). Akuston tyypiksi soveltuvat oikeastaan kaikki akkutyypit, mutta putkilevyakuston pitkäikäisyys ja suuret kapasiteetit soveltuvat kohteen käyttöön parhaiten. Akuston jännite tulee valita käytettävän invertterin mukaan joko 12 V tai 24 V. Kohdetta käytetään tyypillisesti viikonlopun pituisilla jaksoilla eli vähän yli kaksi vuorokautta putkeen. Näin ollen laitteiston kulutuslaskelman (taulukko 2) mukaan viikonlopun aikana käytettävä energiamäärä on noin 20 kWh. Koska akusto pyritään mitoittamaan siten että normaali tilanteessa kuormitus on maksimissaan 40 % nimelliskapasiteetista täytyy akuston kapasiteetti olla  $20 \text{ kWh} \div 0,4 = 50 \text{ kWh}$ . Erään valmistajan putkilevyakustoja on saatavilla 12 V:in jännitteellä ja 1150 Ah:lla, jolloin kyseisen akuston nimelliskapasiteetti on  $12 \text{ V} \times 1150 \text{ Ah} = 13,8 \text{ kWh}$  (29). Jotta akuston kokonaiskapasiteetti olisi 50 kWh, täytyisi näitä akustoja olla yhteensä 4 kpl.

Kohteeseen tarvittavan akuston koko olisi edellisen kappaleen perusteella varsin massiivinen. Kokonsa puolesta akuston sijoittaminen ei olisi kohteessa ongelmallista, mutta akuston kokonaispaino tuo mukanaan haasteita. Yksi kappale valittuja 13,8 kWh akustoja painaa 237 kg, joten neljän akuston paino olisi 948 kg (29). Näin järeä akusto vaatisi ullakon lattian vahvistamista ja akuston pitämistä ladattuna myös talvisin, sillä lähes 950 kg:n akuston siirtely kohteesta pois ja takaisin talvisäilytykseen ei ole järkevää. Myös akuston hinta kohoaisi taivasiin, sillä laskelmissa käytetyn 13,8 kWh:n akuston hinta on kirjoitushetkellä 1440 € (29). Näin ollen koko kulutuksen kattavan akuston hinnaksi tulisi jopa 5760 €.

## 8 Kustannusarviot

Kustannusarviot perustuvat edellisissä luvuissa esitettyihin laitevaatimuksiin ja kulutusarvioihin. Tarkasteluväliksi kustannusten arvioinnissa on käytetty kymmentä vuotta, koska tällä tarkasteluvälillä voidaan olettaa järjestelmien pysyminen ehjänä pelkillä käyttäjien toteuttamalla ylläpidolla. Tarkasteluvälin pidentämisellä voitaisiin saada kattavampi käsitys järjestelmien lopullisesta hinnasta, mutta laskelmien tarkkuus kärsisi korjaus/vaihto tarpeiden ja hintamuutosten ennustamisen takia. Laskelmat ovat suuntaa antavia eikä laskelmissa ole huomioitu järjestelmien asennus- tai kaapelointikustannuksia.



Taulukko 9. Kustannusarviolaskelmat

<b>Sähköverkkoon liittyminen</b>	
Liittymismaksu (€)	28 360
Sähkön siirron perusmaksu 10:ssä vuodessa (€)	$10 \times 6\text{kk} \times 34\text{€}/\text{kk} = 2040$
Ylläpitomaksu 10:ssä vuodessa (€)	$10 \times 6\text{kk} \times 29,76\text{€}/\text{kk} = 1785,6$
Yleissähkön siirtomaksu	$4,38 \text{ snt}/\text{kWh} \times 10 \times 215\text{kWh} = 94,17$
<b>Yhteensä (€)</b>	<b>32279,77</b>
<b>Aurinkopaneelijärjestelmä</b>	
Paneelit 2 x 300 Wp (€)	2 x 140 € = 280
Lataussäädin 700 W (€)	360
Invertteri 1-vaiheinen 5 kW (€)	600
Akusto 50 kWh (€)	4 x 1440€ = 5760
<b>Yhteensä (€)</b>	<b>7000</b>
<b>Tuulivoimajärjestelmä</b>	
1,5 kW tuulivoimala (€)	2590
Lataussäädin 1,5 kW (€)	790
Invertteri 1-vaiheinen 5 kW (€)	600
Akusto 50 kWh (€)	4 x 1440€ = 5760
<b>Yhteensä (€)</b>	<b>9740</b>
<b>Aggregaatti/generaattori</b>	
5 kW aggregaatti (€)	800
Tuotetun sähkön hinta 10:ssä vuodessa (€)	$10 \times 215\text{kWh} \times 1,20 \text{ €/kWh} = 2580$
<b>Yhteensä (€)</b>	<b>3380</b>

Kustannusarvion perusteella (taulukko 9) kohteeseen saatavilla olevista sähkönsyöttöjärjestelmistä selkeästi edullisin kymmenen vuoden tarkasteluajalla olisi aggregaatilla toteutettu järjestelmä. Aggregaatin hankintahinta on edullinen ja kokonaishinta koostuukin pitkälti käytettävän polttoaineen kustannuksista. Aggregaatin todellinen hinta olisi kuitenkin todennäköisesti huomattavasti suurempi, sillä aggregaatti tuottaman sähkön hinta pienellä kuormalla on huomattavasti suurempi kuin nimelliskuormalla.

Aurinkopaneeleilla toteutetussa järjestelmässä sähkön tuottamiseen ja käsittelyyn tarvittavat komponentit ovat suhteellisen edullisia ja selkeästi suurimman kustannuksen aiheuttaa kookas akusto. Tuulivoimassa kustannukset nousevat varsin korkeiksi akuston lisäksi tuulivoimalan pakollisen ylimitoittamisen takia.



Valtakunnallisen verkon käyttämisessä hinta muodostuu korkeasta liittymismaksusta ja kuukausittaisista perus- ja ylläpitomaksuista. Laskelman oletuksena on, että mökkiä käytetään vuodessa 6 kuukautta, jolloin maksetaan sähkön siirron perusmaksua. Silloin kun mökin sähköliittymä on käyttämättä, maksetaan ylläpitomaksua. Liittymismaksun osalta tulee huomioida, että laskennassa on käytetty yksinliittyjän liittymismaksua (28 360 €). Itse sähkön hinta tällä toteutuksella olisi 10 vuodessa lähes olematon (94,17 €).

## 9 Kohteen sähköistysuunnitelma

Tarkasteltavan kohteen sähkönkulutuksen vaihtelevuuden ja kausiluonteisuuden takia sähköistyksen toteutustapaa valittaessa joudutaan ottamaan huomioon lukuisia eri hyöty- ja haittapuolia. Pääasiassa sähkönkulutus on hyvin vähäistä, mutta vapaa-ajan asunnossa on yksittäisiä laitteita, jotka tarvitsevat paljon tehoja, kuten liesi, ja laitteita, jotka vaativat jatkuvasti tehoja, kuten jääkaappi. Vapaa-ajan asunnon sijainti saareissa tuo myös omat haasteensa sähköistyksen toteutukseen, mikä täytyy ottaa huomioon toteutuksessa.

Edellisissä luvuissa esitettyjen sähköistyskeinojen tarkasteluissa huomattiin kaikissa sähköistystavoissa olevan omat haasteensa. Valtakunnan verkkoon liittyminen ja tuuli-voimalan rakentaminen kohteeseen on kallista, aurinkovoimassa ja tuulivoimassa kohteeseen joutuisi ostamaan todella massiivisen akuston ja aggregaatin käytössä ongelmana olisi jatkuva melusaaste ja polttoaineen kuljettaminen/täydentäminen. Jokaisessa sähköistystavassa on kuitenkin omat hyötynsä, minkä takia kohteessa olisi järkevää hyödyntää useita sähköistysmenetelmiä. Kohteen sähköistyksessä hyödynnetään tuuli- ja aurinkovoimaa sekä aggregaattia, jolloin järjestelmää saadaan tasapainotettua ja hyödynnettyä eri järjestelmien etuja.

Kohteen aggregaatiksi valikoitui 5 kW:n sähkökäynnisteinen bensalla toimiva aggregaatti. Aggregaattia käytetään lähtökohtaisesti ainoastaan lieden sähkön syöttämiseen. Kun lieden aiheuttama kulutuspiikki hoidetaan aggregaatilla, voidaan aurinko- ja tuulivoimajärjestelmän sähköä tuottavien komponenttien, laturin, invertterin ja akuston mitoitus hoitaa ilman lieden tarvitsemia tehoja. Tällä keinolla aggregaatin käyttö on vähäistä ja lyhytkestoista, jolloin polttoainetta ei kulu jatkuvasti ja meluhaitat ovat vähäisiä.

Meluhaittoja vähennetään myös sijoittamalla aggregaatti omaan katokseensa mökin itäpuolelle pois pihapiiristä, josta kuitenkin sähkön syöttäminen liedelle on ongelmaton. Aggregaattia voidaan käyttää myös varavoimalahteenä akuston syöttämisessä esimerkiksi vikatilanteissa.

Kohteen pääasiallisena sähköistyskeinona käytetään aurinkovoimaa. Aurinkovoima valikoitui valoisan pihapiiriin, etelään osoittavan katon ja käytännöllisyytensä takia kohteeseen soveltuvaksi energian tuotantokeinoksi. Mitoituksessa käytetään hyödyksi taulukon 2 pohjalta tehtyä taulukkoa 10. Taulukon perusteella aurinkopaneeleille kohdistuva vuosikulutus on noin 102 kWh ja kulutuspiikiksi voidaan olettaa 2 kW, sillä kahvinkeitintä käytetään aamuisin ja vesipumppua iltaisin saunan yhteydessä.

Taulukko 10. Aurinkopaneelijärjestelmälle kohdistuva sähkönkulutus laskelma.

Halutun sähkölaitteiston energiankulutus			
Tuote	Teho yhteensä (W)	Käyttömäärä h/vrk	Vuorokausi kulutus (Wh)
Saunavalaisin	8	2	16
Sisävalaisin	140	2	280
Terassivalaisin	30	2	60
Pollarivalaisin	180	4	720
Ulkovalaisin liiketunnistimella	96	2	192
Vesipumppu	1100	0,5	550
Jääkaappipakastin	30	24	720
Imuri	600	0,5	300
Mikroaaltouuni	700	0,2	140
Kahvinkeitin	1500	0,2	300
Muut laitteet pistorasioissa	400	2	800
			<b>Vuorokausikulutus yht. (Wh)</b>
			4078
<b>Vuoden kokonaiskulutus = 4078Wh * 25 = 101950Wh eli noin 102 kWh</b>			

Keravan Energian laskelmilla 3 kWp:n aurinkopaneelijärjestelmä tuottaa vuodessa noin 2500 kWh (10). Näin ollen 0,3 kWp:n paneelijärjestelmä tuottaisi Keravan Energian laskelmaan suhteutettuna vuodessa noin 250 kWh. Koska kohteen arvioitu vuosikulutus on noin 102 kWh, jäisi 0,3 kWp:n järjestelmällä marginaalia tehonkulutuksen virhearvioihin, laitteiston tehohäviöihin ja paneelien vanhentumisesta johtuvaan tehon laskemiseen. Tällöin katolle asennetaan esimerkiksi yksi 300 Wp:n aurinkopaneeli.

Paneelin lisäksi katon harjalle asennetaan yksi nimellisteholtaan 500 W:n pysty akselinen tuuliturbiini. Valmistaja lupaa tuuliturbiinin tuottavan sähköä jo 1,5 m/s tuulessa, tuulen

suunnasta riippumatta. Tuuliturbiinin pääasiallisena käyttötarkoituksena on akuston latauksen pitäminen talvella, mikä pidentää huomattavasti akuston elinikää ja mahdollistaa sähköjen kevyen käytön myös talvisin.

Paneeleiden ja tuuliturbiinin sähköntuottamiseksi järjestelmään liitetään lataussäädin ja invertteri. Lataussäätimeksi kohteeseen valitaan hybridilataussäädin, jonka avulla saadaan yhdellä laitteella hyödynnettyä sekä tuuli- että aurinkovoiman tuottamat tehot. Edellä mainittujen paneeleiden ja tuuliturbiinin takia valitaan hybridilataussäätimeksi 500 W:n tuulivoimaa ja 300 W:n aurinkovoimaa käsittelevä laite. Invertteri mitoitetaan akustolta lähtevän huippukulutuksen mukaan, joten valitaan 2 kW:n invertteri.

Kohdetta käytetään tyypillisesti viikonlopun pituisilla jaksoilla eli noin kaksi vuorokautta putkeen. Näin ollen laitteiston kulutuslaskelman (taulukko 10) mukaan viikonlopun aikana käytettävä energiamäärä on noin 8 kWh. Koska akusto pyritään mitoittamaan siten että normaali tilanteessa kuormitus on maksimissaan 40 % nimelliskapasiteetista täytyy akuston kapasiteetti olla  $8 \text{ kWh} \div 0,4 = 20 \text{ kWh}$ . Erään valmistajan putkilevyakustoja on saatavilla 12 V:n jännitteellä ja 1000 Ah:lla, jolloin kyseisen akuston nimelliskapasiteetti on  $12 \text{ V} \times 1000 \text{ Ah} = 12 \text{ kWh}$  (29). Jotta akuston kokonaiskapasiteetti olisi 20 kWh täytyisi näitä akustoja olla yhteensä kaksi kappaletta. Invertteri ja lataussäädin on mitoitettu 300 W:n paneeleilla 12 V:n kanssa yhteensopiviksi, joten akustot kytketään rinnakkain. Akusto on hieman ylimitoitettu, mikä on hyvä akkujen vanhentumisen, pidemmän käyttöjakson salliminen sekä kulutuksen lisäämisen mahdollistamisen kannalta.

Kustannusarvio (taulukko 11) perustuu edellä mainittuihin laitteistoihin ja niiden käyttöön. Tarkasteluväliksi kustannusarviossa on käytetty kymmentä vuotta, koska tällä tarkasteluvälillä voidaan olettaa järjestelmien pysymisen ehjänä pelkillä käyttäjien toteuttamalla ylläpidolla. Tarkasteluvälin pidentämisellä voitaisiin saada kattavampi käsitys järjestelmien lopullisesta hinnasta, mutta laskelmien tarkkuus kärsisi korjaus/vaihto tarpeiden ja hintamuutosten ennustamisen takia. Laskelmat ovat suuntaa antavia eikä laskelmissa ole huomioitu järjestelmien asennus tai kaapelointi kustannuksia. Laitteiston hinnat perustuvat tämänhetkisiin laitevalmistajien hintoihin.

Taulukko 11. Kohteeseen valitun sähköjärjestelmän kustannusarvio.

<b>Kustannusarvio 10 vuoden tarkastelulla</b>	
Aggregaattia käytetään 25 vuorokautta vuodessa ja vuorokauden käyttömäärä on 4,5 kWh	
Paneeli 300 Wp (€)	140
Hybridi Lataussäädin 500 W +300 W (€)	250
Invertteri 1-vaiheinen 2 kW (€)	350
Akusto 20 kWh (€)	2 x 1140€ = 2280
5 kW aggregaatti (€)	800
500 W tuuliturbiini (€)	500
Tuotettu sähkö aggregaatilla 10:ssä vuodessa (€)	10 x 25 x 4,5 kWh x 1,20 €/kWh = 1350
<b>Yhteensä (€)</b>	<b>5670</b>

Valitun sähköjärjestelmän kustannusarvioita (taulukko 11) verrattaessa muiden sähköjärjestelmien kustannusarvioihin (taulukko 9) huomataan valitun järjestelmän olevan toiseksi halvin pelkän aggregaattitoteutuksen jälkeen. Pelkässä aggregaattitoteutuksessa todellinen polttoaineen kulutusta on kuitenkin todellisuudessa suurempi, koska aggregaatin kulutus pienillä kuormilla on suhteessa tuotettuun tehoon suurempi kuin nimellisteholla, jota käytettiin taulukon 9 kustannusarvioissa.

Kohteeseen asennettavia sähkölaitteita ei ole vielä valittu, mutta liitteessä 2 on alustava sähkösuunnitelma laitteiden sijoituksista ja lukumääristä. Tavoitteena laitteilla on helpokäyttöisyys ja energiatehokkuus. Myös sisälle sijoitettavissa laitteissa pitää ottaa huomioon lämpötilan lasku pakkasen puolelle, sillä mökki on usein käyttämättä talven yli.

## 10 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin kohteena olevan kesämökin tarpeisiin soveltuvin sähköistyskeino. Soveltuvuuden arviointi perustui kustannuksista, käyttömukavuudesta ja toteutuskelpoisuudesta. Vertailtavia sähköistyskeinoja olivat valtakunnanverkkoon liittyminen, aurinkovoima, tuulivoima ja aggregaatti.

Ongelmaksi insinööriyössä muodostui kustannusarvioiden tarkkuus aggregaattikäytön osalta. Kohteen sähkönkulutus rakenne on pääasiassa hyvin vähäistä, mikä vaikeuttaa aggregaatin polttoaineen kulutuksen arviointia, koska polttoaineen kulutukset ilmoitetaan

nimellisteholla. Lisäksi valtakunnanverkkoon liittymisessä vaikeuksia muodostui liittymämaksun selvittämisessä, koska verkkoyhtiön tarjouksen saapumisessa kesti lähes kaksi kuukautta.

Sähköistyskeinoksi valikoitui lopulta tuuli- aurinkovoiman ja aggregaatin yhdistelmä, missä aurinkovoimaa käytetään pääasiallisena energianlähteenä, tuulivoima varmistaa akuston pysymisen ladattuna talvella ja aggregaatin avulla syötetään liedelle tehot, mikä pienentää tarvittavan akuston ja muun järjestelmän kokoa merkittävästi. Paneelien osalta käyttäjien kannattaa harkita suoraan kolmen paneelin asentamista yhden sijasta asennusteknisistä syistä ja vähäisistä lisäkustannuksista johtuen. Kyseisessä kohteessa myös kaasulieden käyttäminen olisi järkevää, sillä silloin ei tarvitsisi hankkia ollenkaan aggregaattia.

Sähköistyskeinoon lisäksi kohteeseen tehtiin pohjapiirustukset sekä asemapiirustus (liite 1) ja niihin alustava sähkösuunnitelma haluttujen laitteiden sijoittelusta (liite 2). Sähkölaitteiden hankinnassa tulee huomioida pääasiallisesti energiatehokkuus.

Kokonaisuudessaan insinööri työ onnistui erittäin hyvin, sillä työn tuloksena löytyi kohteeseen toteutuskelpoinen sähköiskeino ja alustava sähkösuunnitelma. Työn tuotoksia pystytään hyödyntämään myös muissa vapaa-ajan asuntojen sähköistämisen suunnitelmissa.

## Lähteet

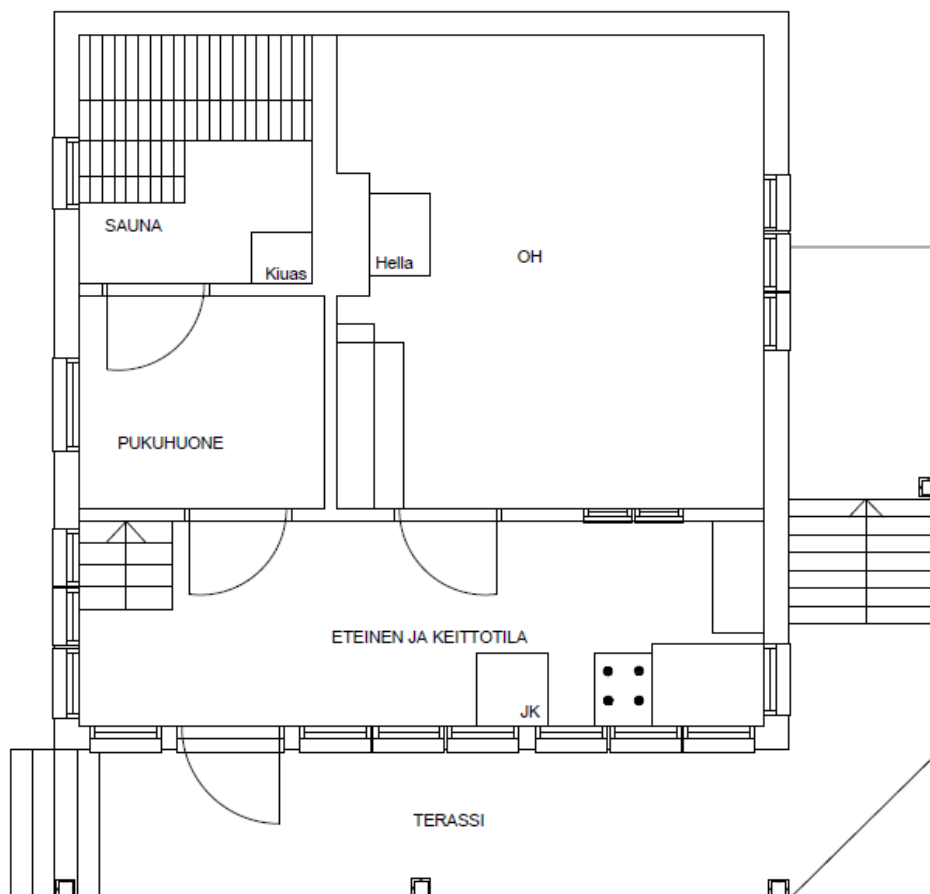
- 1 Sähköverkkoon liittyminen. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/sahkoverkkoon-liittyminen>>. Luettu 23.9.2020.
- 2 Sähkön ostajalle. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/sahkon-ostaminen>>. Luettu 23.9.2020.
- 3 Liittymis- ja ylläpitomaksut. 2019. Verkkoaineisto. Järvi-Suomen Energia. <<https://www.jseoy.fi/palvelut-ja-hinnat/uusi-sahkoliittyma/liittymis-ja-yllapitomaksut/#e1f98ac0>>. Luettu 25.9.2020.
- 4 Verkkopalvelumaksut. 2019. Verkkoaineisto. Järvi-Suomen Energia. <<https://www.jseoy.fi/palvelut-ja-hinnat/verkkopalvelumaksut/#e1f98ac0>>. Luettu 25.9.2020.
- 5 Auringosta sähköä. 2020. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)>. Luettu 29.9.2020.
- 6 Aurinkosähköjärjestelmät. Verkkoaineisto. Lapinakkumailma Oy. <[https://www.lapinakkumailma.fi/product/4080/?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARISANB\\_4AAIm0k--wbDrk\\_u4ipJoGxZNV5EeAh8imqvdJvYm-RFSzMAdDXCsfm4aArMGEALw\\_wcB](https://www.lapinakkumailma.fi/product/4080/?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARISANB_4AAIm0k--wbDrk_u4ipJoGxZNV5EeAh8imqvdJvYm-RFSzMAdDXCsfm4aArMGEALw_wcB)>. Luettu 29.9.2020.
- 7 Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2020. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa)>. Luettu 29.9.2020.
- 8 Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. 2020. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)>. Luettu 29.9.2020.
- 9 Sähköjärjestelmä. Verkkoaineisto. Marinea. <<https://www.marinea.fi/victron-multiplus-c-inverterilaturi-12v-2000w-80a>>. Luettu 29.9.2020.
- 10 Sähköturvallisuuslaki. 2016. 1135/2016. Luettu 30.9.2020.
- 11 Auringon kokonaissäteilyenergia 45 astetta kallistetulle pinnalle eri ilmansuuntiin suunnattuna. 2012. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <[https://www.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/359229/Jyvaskyla\\_pystypinat45\\_TRY2012.pdf/c42ffaa5-1d7d-4222-bdef-4ad21f3b943b](https://www.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/359229/Jyvaskyla_pystypinat45_TRY2012.pdf/c42ffaa5-1d7d-4222-bdef-4ad21f3b943b)>. Luettu 30.9.2020.

- 12 Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista. Verkkoaineisto. Keravan Energia. <<https://www.keravanenergia.fi/fi/energiarempa/aurinkopaneelit/hyodyllista-tietoa-aurinkopaneeleista/>>. Luettu 2.10.2020.
- 13 Aurinkosähköä akkuun 12V. Verkkoaineisto. Aurinkopaneelikauppa. <<https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/300W-aurinkopaneeli/>>. Luettu 2.10.2020.
- 14 Tuulivoimatekniikka. Verkkoaineisto. Suomen tuulivoimayhdistys. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimatekniikka/tuulivoimatekniikka-2>>. Luettu 2.10.2020.
- 15 Talvella tuulee eniten. Verkkoaineisto. Suomen tuulivoimayhdistys. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimatuotanto/talvella-tuulee-eniten>>. Luettu 2.10.2020.
- 16 Yleistä pientuulivoimasta. Verkkoaineisto. Suomen tuulivoimayhdistys. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/pientuulivoima/yleista-pientuulivoimasta>>. Luettu 2.10.2020.
- 17 Eri voimalatyyppjä. Verkkoaineisto. Suomen tuulivoimayhdistys. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimatekniikka/eri-voimalatyyppja>>. Luettu 3.10.2020.
- 18 Tuulivoima. Verkkoaineisto. Vapaakauppa.net. <<https://www.vapaakauppa.net/300w-tuuliruuvi-12-24v.html>>. Luettu 3.10.2020.
- 19 Rakennusjärjestys. 2011. Verkkoaineisto. Joutsan kunta. <[http://www.paijannemhy.fi/images/kiinteistovalitys/Esko/Norola/hyvksytyy\\_rakennusjarjestys.pdf](http://www.paijannemhy.fi/images/kiinteistovalitys/Esko/Norola/hyvksytyy_rakennusjarjestys.pdf)>. Luettu 3.10.2020.
- 20 Tuulen keskinopeuskartat. Verkkoaineisto. Suomen tuuliatlas. <<http://www.tuuliatlas.fi/nopeus/index.html?Month=13&Level=50>>. Luettu 3.10.2020.
- 21 Windspot tekniset tiedot. Verkkoaineisto. Sonkyoenergy. <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsd-GRvbWFPbnxrb2RpbmZpaHJIYWVuZXJnaWF8Z3g6MmWY1OD-MzM2U3NDIwZGY3OA>>. Luettu 3.10.2020.
- 22 Mikä on generaattori. 2014. Verkkoaineisto. Aggregaatit.com. <<https://www.aggregaatit.com/ajankohtaista/generaattori/>>. Luettu 4.10.2020.
- 23 Aggregaatin ostajan opas. Verkkoaineisto. Aggregaatit.com. <<https://www.aggregaatit.com/ostajan-opas/>>. Luettu 6.10.2020.

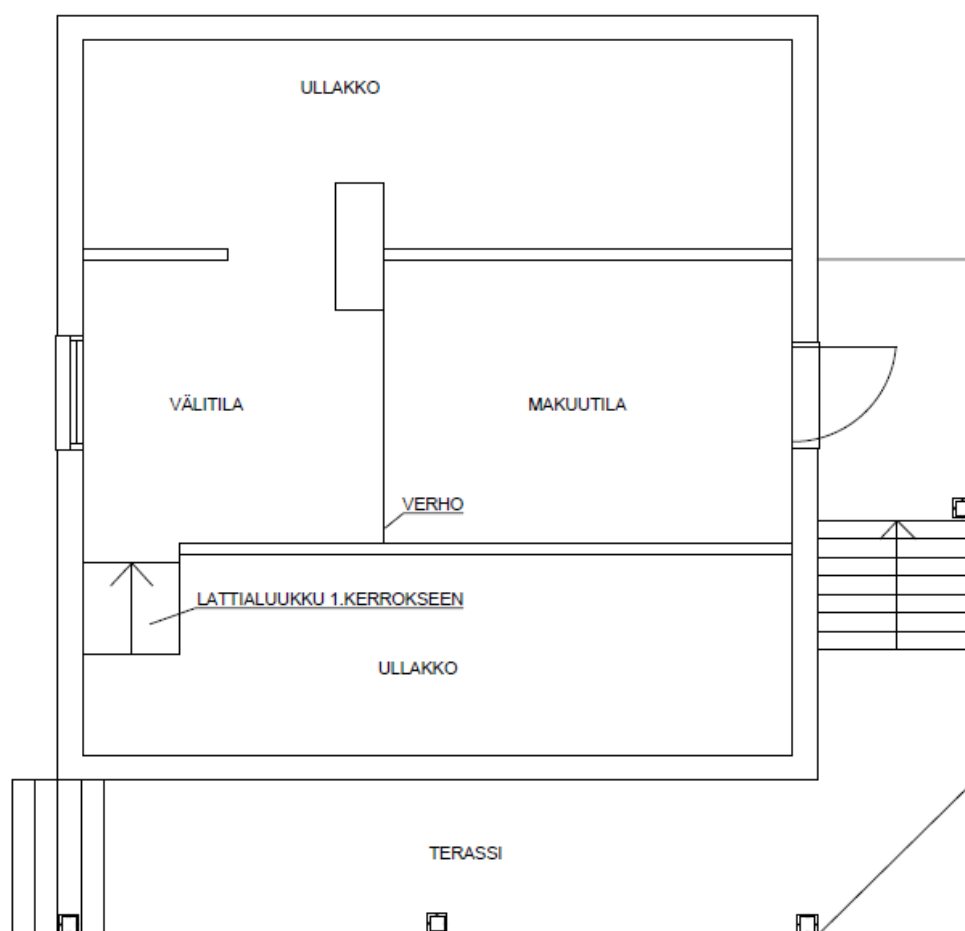
- 24 Aggregaatit. Verkkoaineisto. Aggregaatti.net. <<https://www.aggregaatti.net/tuote/aggregaatti-ducarg7750-5500w>>. Luettu 6.10.2020.
- 25 Leino, Jukka: Meriruoko, Valtteri: Mämmi, Juha & Risto, Rissanen. 2011. Aggregaatin testaus. Testausraportti. Verkkoaineisto. <<https://energiaa.pks.fi/wp-content/uploads/2017/06/Aggregaatti-testausraportti.pdf>>. Luettu 6.10.2020.
- 26 Tietosivut. Verkkoaineisto. Swenergia. <<https://www.swextra.fi/tietosivut>>. Luettu 9.10.2020.
- 27 Putkilevyakut. Verkkoaineisto. Suomen akut. <[https://www.suomenakut.fi/akut-ja-paristot/tab-12v-2-opzs-100-blocks-akku-12v100ah-272x205x392----putkilevy-akku/p/4000800/?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARIsANB\\_4ABJuPIHW6aAujg-GOlpU-P8nv6SgAWVcL\\_PyeYUOBmyPUugEthKIkO8aAjVmEALw\\_wcB#description](https://www.suomenakut.fi/akut-ja-paristot/tab-12v-2-opzs-100-blocks-akku-12v100ah-272x205x392----putkilevy-akku/p/4000800/?gclid=Cj0KCQiA-rj9BRCAARIsANB_4ABJuPIHW6aAujg-GOlpU-P8nv6SgAWVcL_PyeYUOBmyPUugEthKIkO8aAjVmEALw_wcB#description)>. Luettu 10.10.2020.
- 28 Relion. Verkkoaineisto. Flinkenberg. <<https://www.flinkenberg.fi/energy/relion/>>. Luettu 3.11.2020.
- 29 Putkilevyakustot. Verkkoaineisto. Akku-Ässä Oy.<<https://www.aurinkopaneelit.info/akut/putkilevyakut>>. Luettu 9.10.2020.



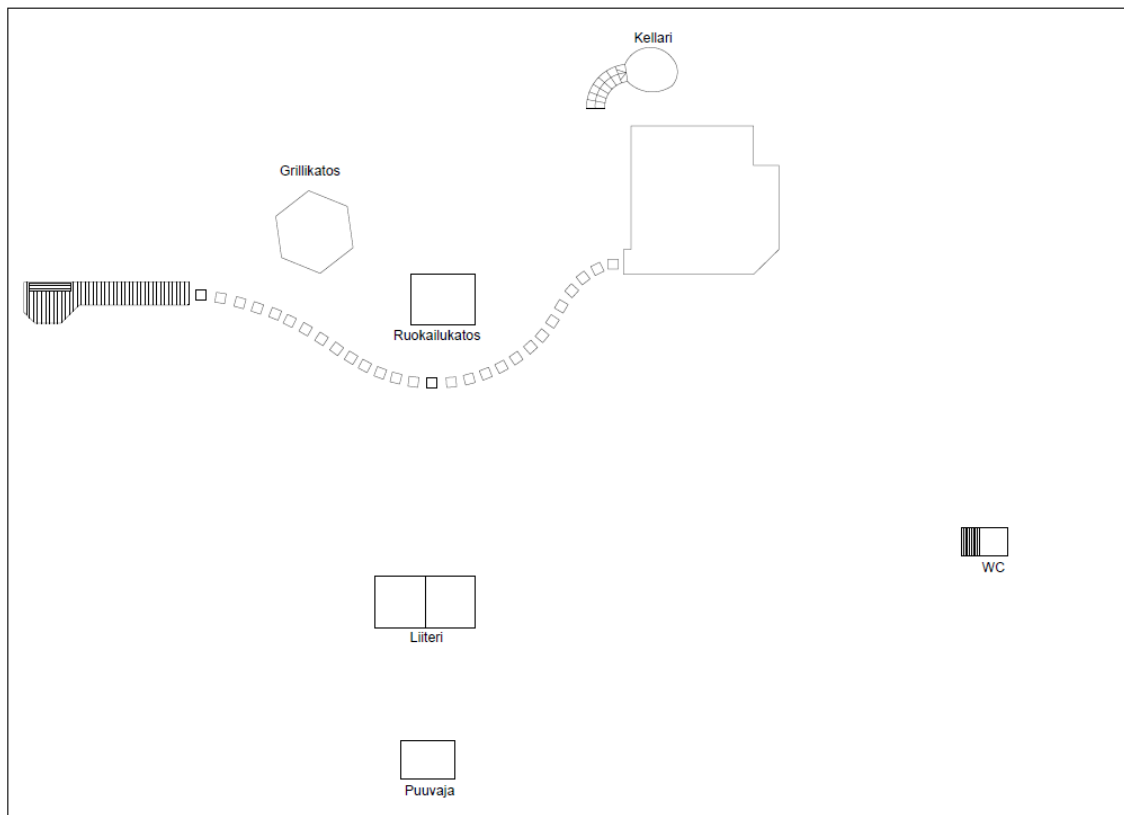
## Pohjapiirustus 1. kerros



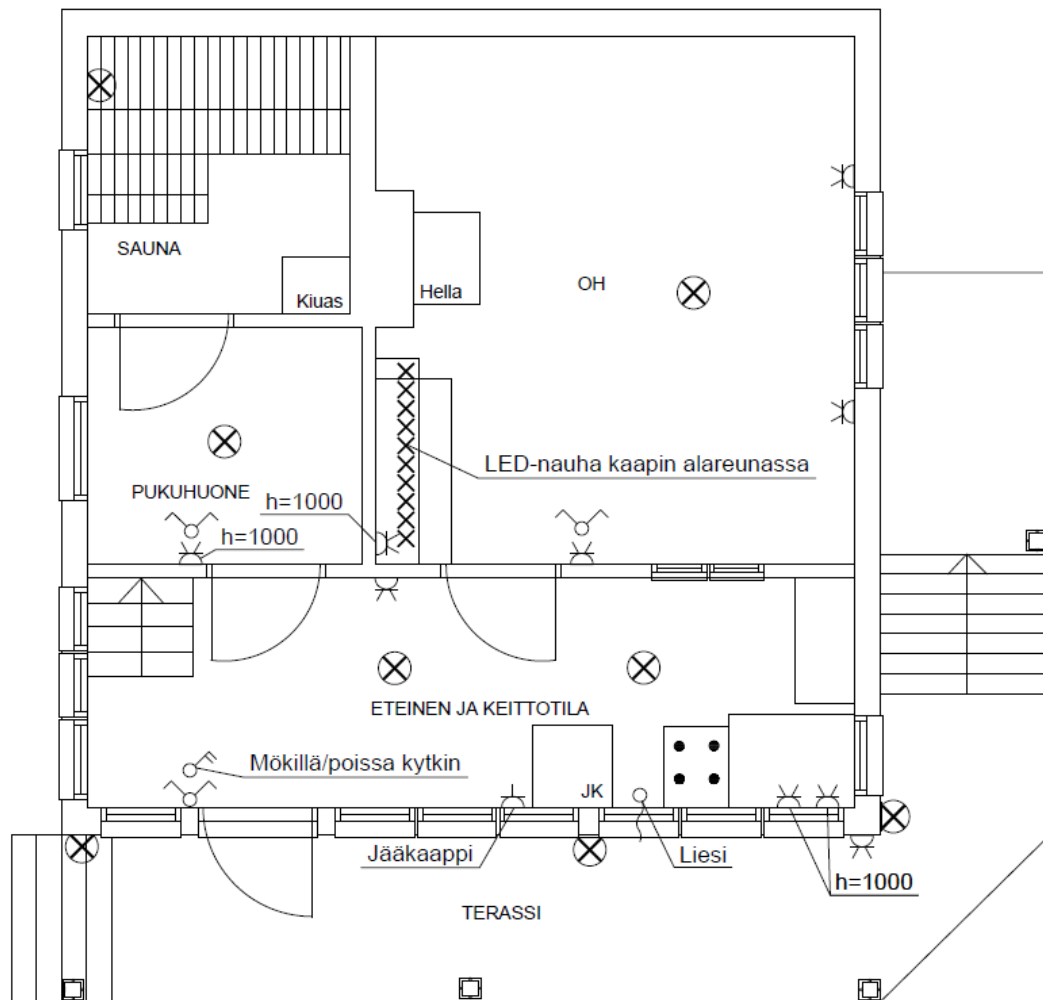
## Pohjapiirustus 2. kerros



## Asemapiirustus

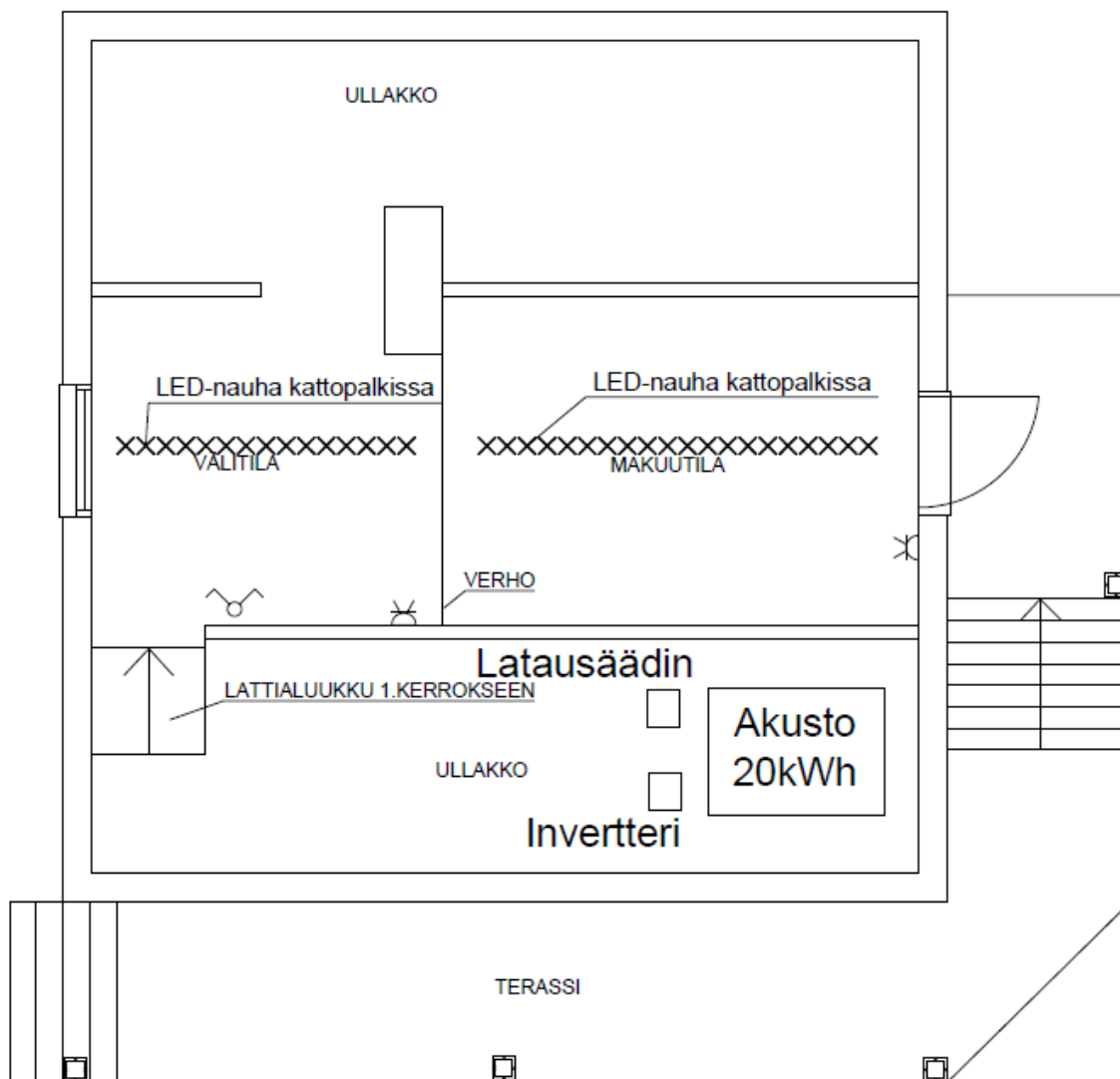


## Sähköpiirustus 1.kerros



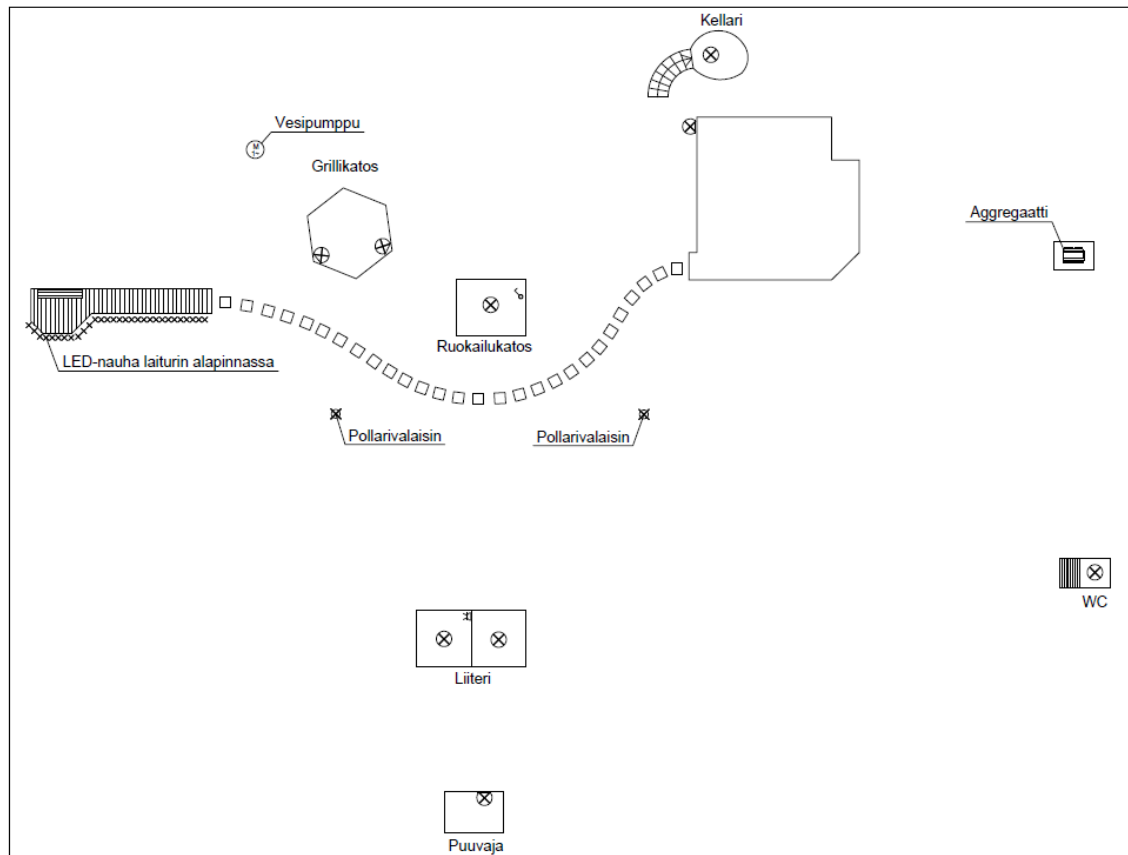
1. Ulkopistorasia on IP44-suojattu
2. Mökillä/poissa kytkimestä kytketään ja katkaistaan akustosta syöttäminen
3. Liesien syöttö tulee asemapiirustuksen sähkökuvasta näkyvästä aggregaatista

## Sähköpiirustus 2. kerros



1. Ullakon käyttöaste on olematon, joten sinne ei tarvitse erillistä valaistusta
2. Ulkovalot näkyvät 1.kerroksen sähköpiirustuksessa

## Sähkökuva asemapiirustus



1. Liiterin pistorasia on IP44 suojattu
2. Ulkovalot toimivat liike- ja hämärä kytkimillä paitsi ruokailukatoksen valaisinta ohjataan omalla 1-kytkimellä
3. Aggregaatille rakennetaan oma sää- ja melusuoja