



PIKES

Pielisen Karjalan
BIOENERGIA



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU



ITÄ-SUOMEN
YLIOPISTO

ENERGIAOMAVARAINEN TALO

Selvitys energiaomavaraisen talon lämmön- ja sähköntuottojärjestelmästä

Selvitys käsittelee Nurmekseen rakennettavan nettoalaltaan 196,5 neliöisen kohteen lämmön- ja sähköntuottojärjestelmää. Talo vastaa sähkö- ja lämpöenergiatarpeeltaan keskimääräistä suomalaista pientaloa. Kohteen lämmitys ja sähköntuottojärjestelmä toteutetaan kuitenkin selvityksessä niin, että rakennus on nettoenergiatarpeeltaan omavarainen. Selvityksessä käsitellään bio- ja aurinkoenergiaratkaisuja, niiden energiantuottoa kohteessa sekä järjestelmien hintatasoa.

Villeco – rakentamisen energiatehokkuus ja kestävä rakentaminen
www.villeco.fi

17.12.2012



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Energiaomavarainen talo

Selvitys energiaomavaraisen talon lämmön- ja sähköntuottojärjestelmästä

Tämä selvitys on tehty PIKES Oy:n hallinnoiman ja Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulun osatoteuttaman Pielisen Karjalan bioenergiaverkostot ja –virrat -hankkeen tilauksesta ja käsittelee energiaomavaraisen talon energiantuotantomallia. Selvitys sisältää tarkastelut talon lämmitysjärjestelmästä sekä sähköntuotannosta. Selvityksen on tehnyt Villeco, joka on kestävään rakentamiseen ja rakentamisen energiatehokkuuteen keskittynyt yritys. Villecon toimenkuvaan kuuluvat selvitystöiden lisäksi myös suunnittelu ja LVIS -järjestelmien toimittaminen niin osa- kuin kokonaisratkaisuin.

Tämän selvityksen kohteena on uudisrakennus, jossa tullaan harjoittamaan matkailu- ja majoitusliiketoimintaa. Raportissa jäljempänä on esitetty kohteen energiankulutukseen vaikuttavat tarkemmat tiedot. Talo pyritään toteuttamaan energiaomavaraisena nettoenergiatasolla tarkasteltuna. Toisin sanoen energiaa on tarkoitus tuottaa vähintään yhtä paljon kuin kulutetaan vuoden aikana. Sillä ei kuitenkaan ole merkitystä tarvitaanko ajoittain myös ostoenergiaa, kunhan tämä pystytään myöhemmin täysin kompensoimaan tarjoamalla energiaa kiinteistön ulkopuolella käytettäväksi. Alueen sähköverkkoyhtiö on todennut ostavansa verkkoonsa syötetyn sähkön. Ostohinnasta tai siitä menettelystä millä verkkoon syötetty sähkö korvataan, on vielä sovittava.

Talon arkkitehtisuunnitelmat ja rakenneratkaisut oli tehty jo ennen tämän selvitystyön aloittamista. Tilaajan pyynnöstä talon lämmöntuotantomuotona tarkastellaan selvityksessä yhdistettyä puu- sekä aurinkolämpöjärjestelmää. Sähköntuotantomuotona on pyydetty tarkastelemaan aurinkosähköjärjestelmää. Kohde toteutetaan verkkoon liitettynä järjestelmänä.

ENERGIANKULUTUS

Vierellä on kohteen energialaskennassa käytettyjä tietoja, jotka vaikuttavat lämpö- ja sähköenergian kulutukseen kohteessa. Kohteen muoto, rakenteet ja sijoittelu on valittu kohteeseen ennen tämän selvityksen toteuttamista. Rakenteen lämmönläpäisykertoimet ovat kaikilta osin joko vertailuarvoa parempia tai yhtäläisiä. Rakennuksen muoto on suhteellisen energiatehokas muotokertoimen ollessa 0,85. Itse rakennus tai sen sijoittelu ei ole ihanteellinen energiatehokkuutta eikä energian tuotantoa ajatellen. Esimerkiksi kohteeseen aiotulle

LASKENTATIETOJA

<i>lämmitetty nettoala</i>	<i>196,5 m²</i>
<i>rakenteen U-arvo</i>	<i>0,21 W/ m²K</i>
<i>rakennusvaipan pinta-ala</i>	<i>410 m²</i>
<i>ilmanvuotoluku</i>	<i>1 m³/h m²</i>
<i>ilmanvaihdon LTO:n hyötysuhde</i>	<i>90 %</i>
<i>ilmanvaihdon SFP-luku</i>	<i>0,9 kW/m³/s</i>
<i>lämmitysjärjestelmä</i>	<i>lattialämmitys</i>
<i>valaistus</i>	<i>8 W/m²</i>
<i>kuluttajalaitteet</i>	<i>3 W/m²</i>
<i>henkilömäärä</i>	<i>6 hlö</i>

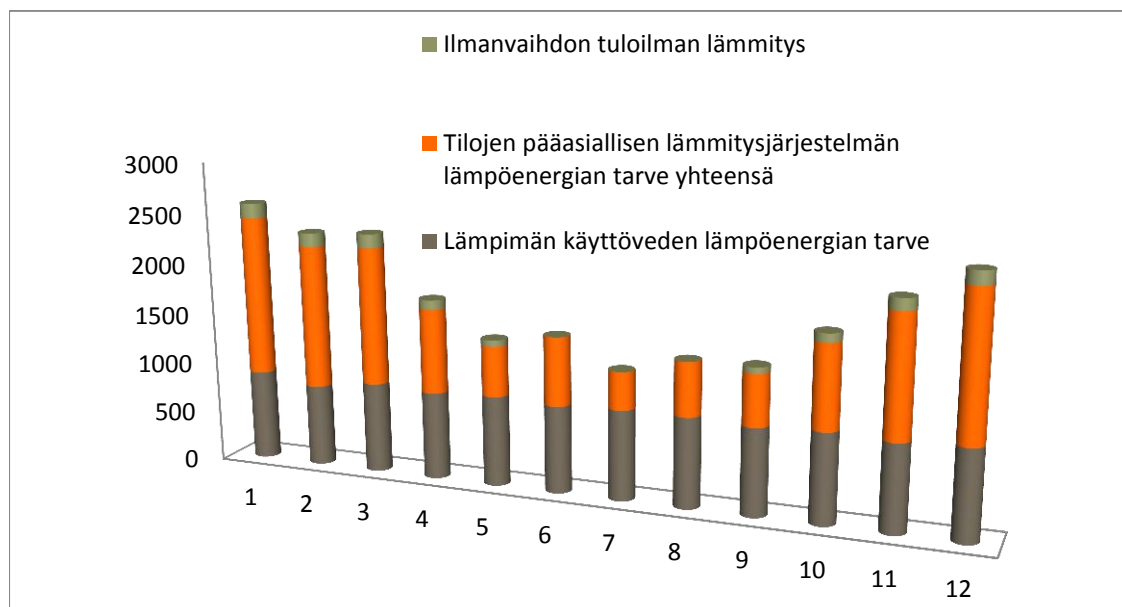
aurinkosähköjärjestelmälle ei ole paikkaa rakennuksessa ja toisaalta ikkunapinta-alaa pystyttäisiin hyödyntämään enemmänkin ja sitä voitaisiin keskittää enemmän auringon mukaan. Näin myös varjostusta sekä energiantuotantoa voitaisiin integroida ja saavuttaa säästöjä kokonaisinvestoinneissa, mikä tekisi edelleen mielekkäämmäksi ja houkuttelisi tekemään omavaraisenergiaan kohdistuvia investointeja. Rakennuksen suunnitteluratkaisu rajoittaa myös kohteeseen ajatellun puulämmitysjärjestelmän tehoa ja siten hankaloittaa energiaomavaraisuuden saavuttamista kohteessa. Tulevia hankkeita varten suosittelemme energiateknisen suunnittelun tai selvitystyön aloittamista heti rakennushankkeen suunnittelun alkuvaiheilla.

Rakennuksen energiatehokkuuden, kosteusteknisen turvallisuuden sekä sisäilman terveellisyyden kannalta rakennusvaipan ilmanvuotoluku saisi olla enintään $1 \text{ m}^3/\text{h m}^2$. Tämä on valittu myös laskenta-arvoksi, johon tullaan todennäköisesti myös rakennustyön aikana pyrkimään. Tavoitearvon aito tavoittelemine edellyttää vähintään kaksivaiheista tiiviiden mittausta. Tarkoittaen, että sen lisäksi että tiiviyys todetaan rakennuksen valmistuttua, tulee se mitata myös rakennusaikana niin, että voidaan aidosti pyrkiä tavoitteeseen ja löytää mahdolliset vuotokohdat riittävän ajoissa.

Energialaskennassa ilmanvaihtojärjestelmän oletetaan koostuvan vastavirtakanavalämmönvaihdinta hyödyntävästä lämmöntalteenotto- ja ilmanvaihtolaitteesta, jossa tehokkaat tasavirta-keskipakopuhaltimet. Ulkoilmakanavassa ennen ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitetta on maalämmönvaihtimen sisäyksikkö eli nestekiertoine patteri, johon tuodaan lämpöä/viileä maaperästä. Näin voidaan estää lämmönvaihtimen jäätyminen ja/tai muun energiatehokkuutta tai kohteen sisäilman laatua heikentävien toimintojen käyttöön turvautuminen.

Kohteeseen oli valittu lämmitysjärjestelmäksi lattialämmitys. Valaistus ja kuluttajalaitteiden energiakulutus arvioidaan Suomen Rakennusmääräyskokoelman energialaskennasta annettuja määryksiä soveltaen.

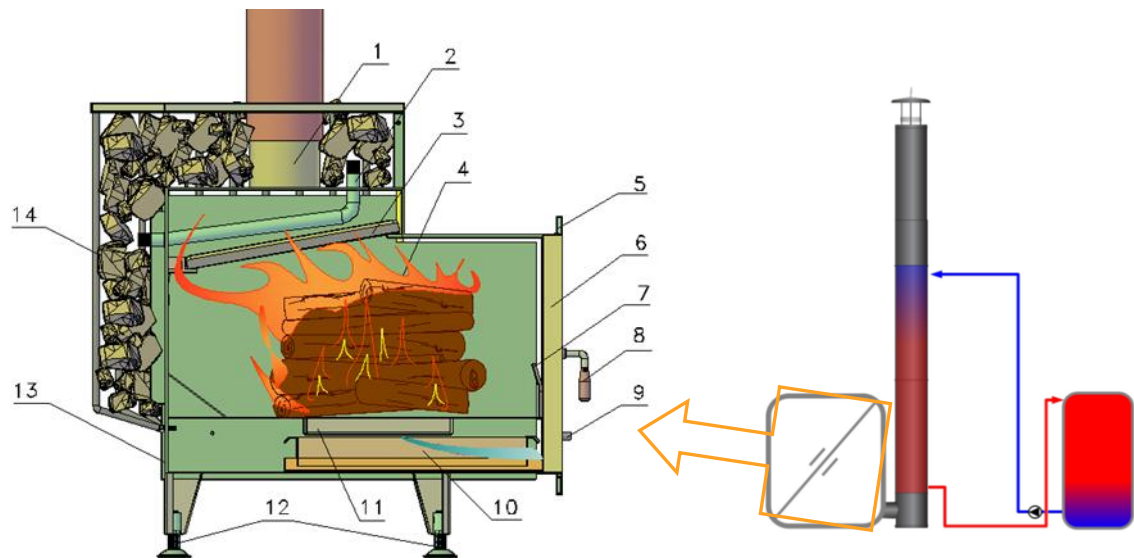
Kaaviossa 1 on esitetty kohteen lämmitysenergian kulutus tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen osalta. Kaaviosta voidaan huomata, että energiaa kuluu paljon käyttöveden lämmitykseen, mikä myös jakautuu tasaisesti eri vuoden ajoille. Tilojen lämmitystarve on suunnilleen yhtä suuri, painottuen kuitenkin lämmityskaudelle.



Kaavio 1. Rakennuksen lämpöenergiatarve

LÄMMÖNTUOTTO

Kohteeseen on valittu päälämmönlähteeksi kiuas. Lämmöntuottomuodon valinnalla on haluttu lisätä myös kohteen matkailullista arvoa ja siten tukea kohteessa harjoitettavaa liiketoimintaa. Kiuas lämmitysjärjestelmän lämmöntuotossa kompensoi myös suurta lämpimänkäyttöveden kulutusta, koska saunan lämmitys ja lämpimän käyttöveden kulutus liittyvät majoitusliiketoimintaa harjoittavassa kohteessa ehkä normaaliakin vahvemmin yhteen. Kiukaan tehon valintaan vaikuttaa kohteessa saunan koon vuoksi myös saunan ominaisuudet sekä lämmöntuottoon saunan käyttötottumukset. Sauna on suhteellisen pieni ja siksi kiukaan teho jää lämmitysjärjestelmän kannalta pieneksi ja vaatisi energiaomavaraisuuteen pyrittäessä lämmöntuottamiseksi pitkiä käyttöaikoja. Toisaalta kohteen sauna on myös mahdollista toteuttaa massiivisilla suuren lämpökapasiteetin omaavilla seinillä, jolloin kiukaan tehoa voidaan mahdollisesti lisätä. Kiukaan teho riippuu saunan ominaisuuksista sekä kiuas ratkaisusta. Kiuas on mahdollista toteuttaa joko vesikiertoisena, jolloin lämmitystehoa veteen saadaan lisättyä tai tavanomaisella kiukaalla, jolloin lämmitysteho jää pienemmäksi. Tavallisella puukiukaalla toteutettuna lämmitysteho veteen toteutetaan ainoastaan hormissa olevan lämmönvaihtimen kautta. Vesikiertoisessa kiukaassa lämmönvaihdin on sijoitettuna pesän yläpuolelle hormilähtöön. Vesikiertoinen kiuas ja lämmöntalteenottohormin periaate on esitetty kuvassa 1.

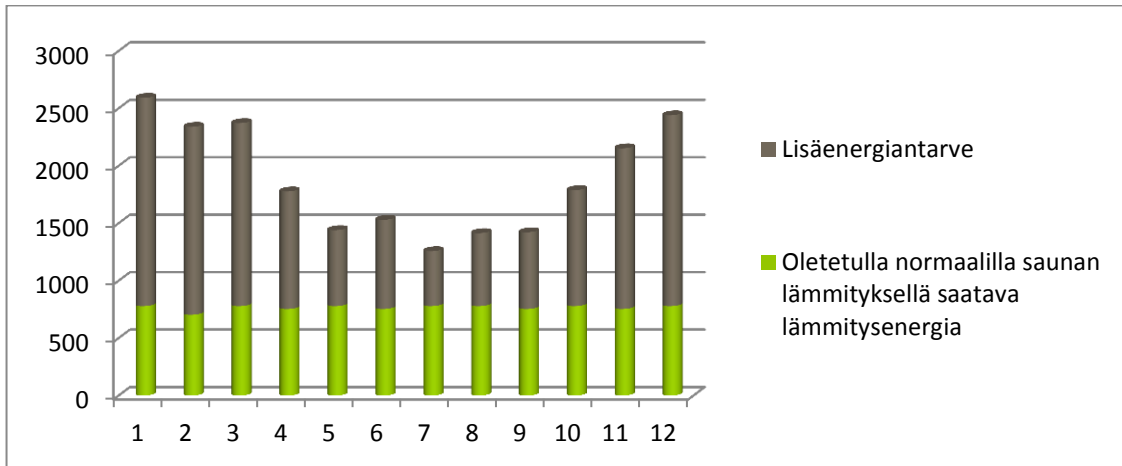


Kuva 1. Vesikiertoisen kiukaan rakenne. (1. hormilähtö; 2. lämmönvaihdin; 3. vaihdettavissa oleva suoja lämmönvaihtimelle) ja lämmöntalteenottopiipun toimintaperiaate.

Lähteet: Ekolämmöx ja Savumax

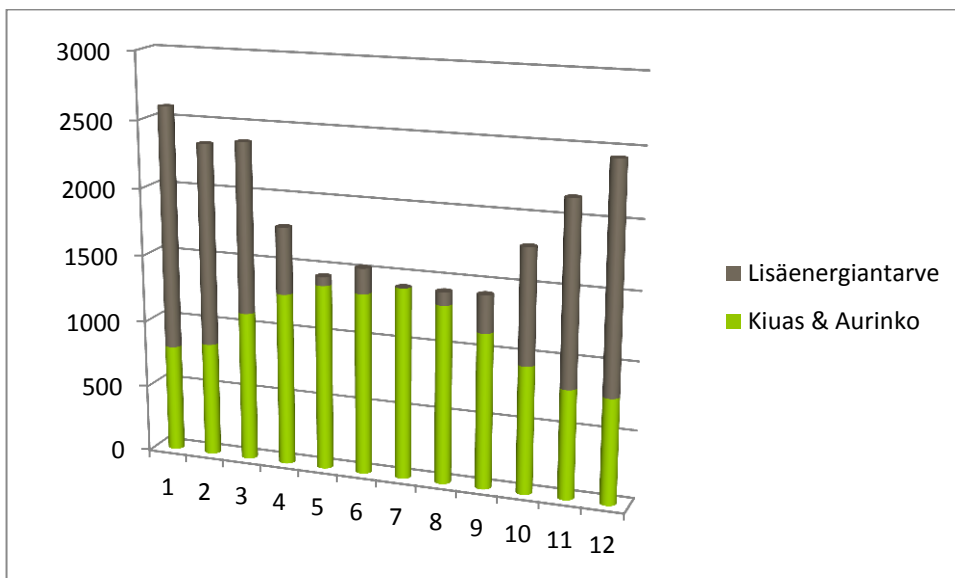
Saunan koko on kohteessa rajoittava tekijä ja sellaisenaan sinne voitaisiin sijoittaa noin 22 kW tehoinen kiuas. Vesikiertoisena ratkaisuna tämä tuottaisi lämmitystehoa veteen noin 12 kW edestä. Pelkästään vesikiertoisella hormilla lämmitysteho olisi noin 6 kW, mikä tarkoittaa, että ilman vesikiertoa kiuas tulisi toteuttaa isommalla polttoteholla ja näin myös saunan ominaisuuksiin on kiinnitettävä huomiota tai kasvatettava saunan kokoa, jotta isompi kiuas voitaisiin sinne sijoittaa. Vastaava lämmitysteho pelkästä lämmöntalteenottohormista saadaan noin 50 kW:n polttoteholla.

Kohteessa arvioidaan lämmitettävän saunaa joka toinen päivä. Kaaviossa 2 on esitetty arvioitu kiukaan lämmöntuotto kun lämmitysteho veteen on 12 kW ja saunaa lämmitetään noin 3 ½ h ajan.



Kaavio 2. Lämpöenergian tarve sekä arvioitu lämmöntuotto kiukaan normaalilla käytössä kohteessa.

Koska päälämmönlähteenä toimivaa kiuasta ei käytetä lämmöntarpeen mukaan eikä saunan normaali käyttö kohteessa ole riittävä tyydyttämään lämpöenergiatarvetta tarvitaan kohteeseen lisälämmönlähde. Lisälämmönlähteeksi on ajateltu aurinkolämpöä. Kohteessa aurinkolämpökeräimien optimaalinen sijoituspaikka on eteläjulkisivu. Lisäenergiatarpeen mukaan mitoitettu aurinkolämpöjärjestelmän absorptiopinta-ala tulisi olla noin 8 m². Tämä riittää tuottamaan keväästä syksyyn kaiken lisälämmön kun keräimet ovat 90° kulmassa etelä seinämällä. Kaaviossa 3 on esitetty kiukaan ja aurinkolämpöjärjestelmän lämmöntuotto yhteensä verrattuna lämmöntarpeeseen.



Kaavio 3. Lämmöntuotto saunan normaalin käytön ja aurinkolämpöjärjestelmän avulla.

Aurinkolämpö painottuu kuitenkin kevättalven ja syksyn välille, jolloin loka-maaliskuun lisäenergian tarvetta ei pystytä riittävästi vähentämään. Tällöin puu-aurinko -järjestelmällä kiukaan käyttöä tulisi lisätä talven aikana lämmöntarpeen mukaan. Kaaviossa 4 alla on

esitetty kiukaan käyttötarve (krt/vrk), jos sitä lämmitetään lämmöntarpeen mukaan puu-aurinkojärjestelmässä niin, että kohde on lämpöenergian osalta omavarainen.



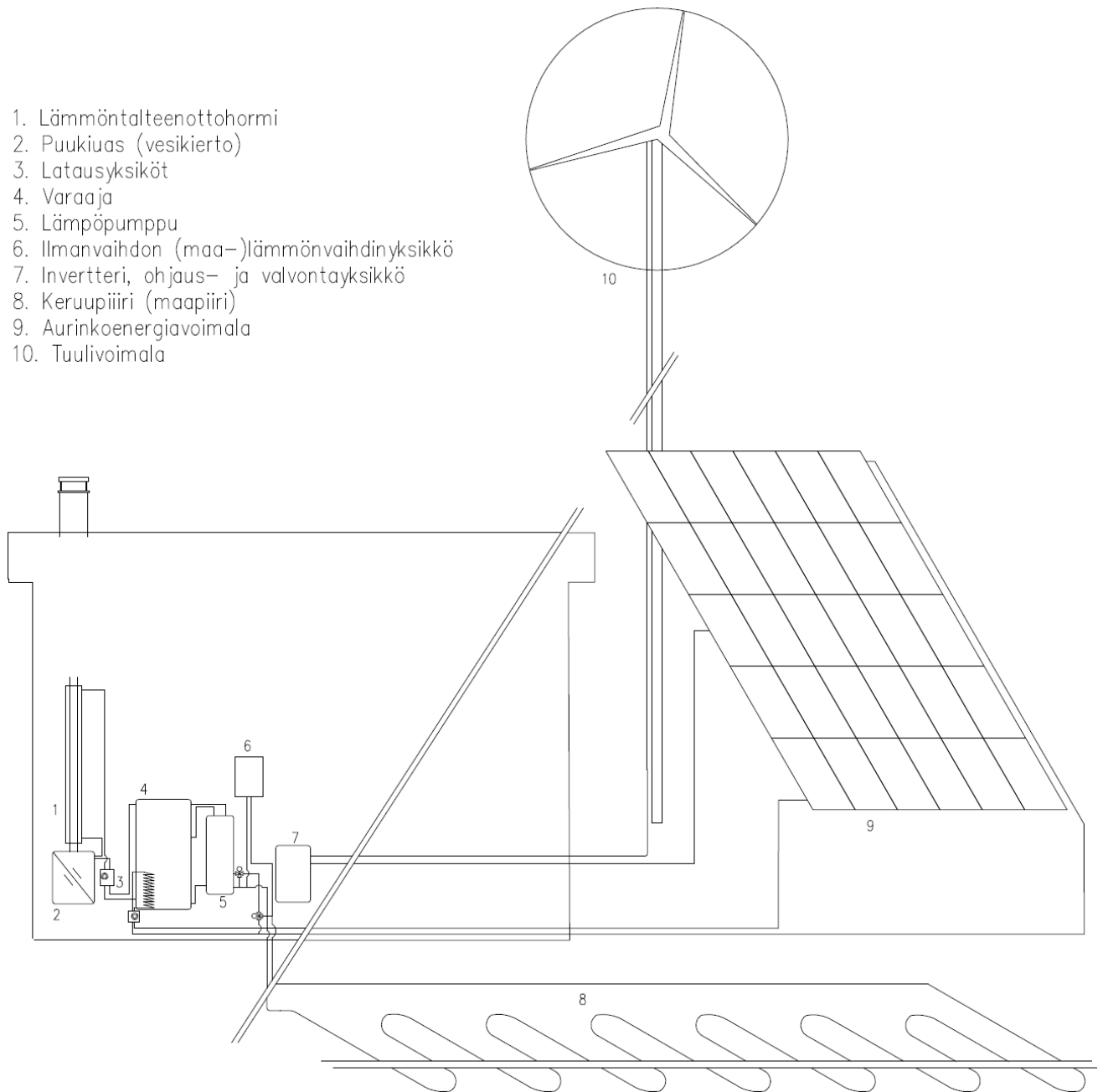
Kaavio 4. Kiukaan arvioitu käyttötarve (krt/vrk) jos kohteesta halutaan energiaomavarainen. Pystyakselilla on kiukaan käyttökerrat vuorokaudessa (0...1 krt/vrk). Vaaka-akselin alapuolella riittää arvioitu tuleva saunan käyttö kohteessa eli joka toinen päivä lämmittäminen kun taas vaakaviivan yläpuolella lämmityskertoja tarvitaan enemmän. Lämmityskaudella sauna tulisi lämmittää joka päivä lämmitysenergiatarpeen tyydyttämiseksi.

Sauna tulisi siis lämmittää päivittäin lämmityskaudella. Lisäksi lämmitystä tulisi pitää yllä pitempiä aikoja lämmityskaudella noin 4 – 7 h. Lyhyemmillä lämmitysajoilla ja joka toinen päivä tapahtuvalla lämmityksellä selvittää kesällä. Puuta kuluisi vuoden aikana lämmitykseen noin 19 p-m³, kun kaikki lämmitysenergia tyydytetään puu-aurinkolämpöjärjestelmän avulla. Todellista lämmitystarvetta arvioitaessa voidaan huomioida, että kulutus on arvioitu kuuden henkilön mukaan, jolloin käyttöveden lämmityksen tarve on hyvin suuri. Riippuen majoitettavien henkilöiden määrästä kulutus voi siis olla paljon pienempi ja vähemmällä saunan lämmittämisellä voi myös pärjätä hyvin kulutuksesta riippuen.

Jos kiukaalla ei sitouduta lämmittämään lämmöntarpeen mukaan lämmityskaudella useammin kuin joka toinen päivä, jää lisälämmöntarpeeksi noin 10 000 kWh vuodessa. Energiaomavaraisuuteen pyrittäessä tämä tarkoittaa siis joko sähköntuottojärjestelmän tehon suhteellisen suurta lisäystä tai vaihtoehtoisesti lämpöpumppua lisälämmönlähteeksi. Lämpöpumppu on kustannustehokkaampi ratkaisu pyrittäessä energiaomavaraisuuteen kuin sähköntuoton lisääminen omalla aurinko- tai tuulivoimalla. Lämpöpumpulla sähköenergiatarve pystyttäisiin lämmöntuoton osalta vähentämään noin 2 500 kWh:in vuodessa. Tällöin sähköenergian kokonaiskulutus kohteessa olisi noin 8 200 kWh vuodessa. Vastaava energiamäärä pystyttäisiin Nurmeksen korkeudella tuottamaan noin 10 kW aurinkosähköjärjestelmällä. Vaihtoehtona on myös tuulisähkö, mikä voisi vastata paremmin marras-tammikuun aikana energiankulutukseen. Esimerkiksi 5 m potkurihalkaisijaltaan oleva laite tuottaa 3 – 4 m/s keskimääräisellä tuulen nopeudella noin 200 – 400 kWh/kk, mikä riittäisi esimerkiksi talviajan lisälämmöntuotantoon lämpöpumppujärjestelmän avulla. Tuulivoiman vuosituotto on kuitenkin sisämaan vähätuulisilla paikoilla huonompi verrattuna aurinkovoimalaan ja voi jäädä 2500 – 5000 kWh.

Kuvassa 2 on esitetty järjestelmän yleinen kuvaus. Kuvan 2 järjestelmää ei ole tarvetta toteuttaa kokonaisuudessaan vaan edellytykset huomioiden voidaan siitä koota kohteeseen sopiva kokonaisuus. Järjestelmävaihtoehdot ovat esitetty taulukossa 1.

1. Lämmöntalteenottohormi
2. Puukiuas (vesikierto)
3. Latausyksiköt
4. Varaaja
5. Lämpöpumppu
6. Ilmanvaihdon (maa-)lämmönvaihdinyksikkö
7. Invertteri, ohjaus- ja valvontayksikkö
8. Keruupiiri (maapiiri)
9. Aurinkoenergiavoimala
10. Tuulivoimala



Kuva 2. Järjestelmäkuvaus

Taulukko 1. Järjestelmävaihtoehdot pyrittäessä energiaomavaraisuuteen selvityksen tekemiseen annetuilla ohjeilla

Lämmitysjärjestelmä	edellytykset	Energiaomavaraisuus
Puu-aurinko	Kiuasta käytetään lämmöntarpeen mukaan	n. 7 kW:n aurinkovoimala
Puu-aurinko-lämpöpumppu	kiuasta käytetään normaalien käyttötottumusten mukaan	n. 10 kW:n aurinkovoimala

Lämmitysjärjestelmän varaajan kokoon vaikuttavat määrävimpänä energiaomavaraisuuteen pyrittäessä latauksen kesto ja päälämmönlähteenä toimivan kiukaan käyttötottumukset. Ihanteellinen varaajakoko kohteeseen, kun tarkoituksena on aidosti pyrkiä energiaomavaraisuuteen ainoastaan puu-aurinkolämmitysjärjestelmällä, on 2000 litraa. Näin varauksen kesto on suurin piirtein suhteessa kiukaan käyttöön nähden ja energiaomavaraisuuteen pystytään normaaleilla saunan käyttötottumuksilla aidosti pyrkimään. Tämä vaatisi kuitenkin lämmitystehon tai latausajan kasvattamista. Jolloin saunan kokoa tai ominaisuuksia voidaan joutua katsomaan tarkemmin, että riittävän tehokas kiuas voidaan sijoittaa kohteeseen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää toista vesikiertoista tulisijaa kiukaan rinnalla.

Mikäli kohteeseen hyväksytään ostoenergiankäyttö lämmityksessä, tulee varaajakoko kohteeseen olla vähintään 500 litraa, jolloin saadaan riittävä puskuri puu- ja aurinkolämpöjärjestelmälle. Tällöinkin voidaan energiaomavaraisuutta tavoitella, jos kiuasta sitoudutaan lämmittämään useammin lämmöntarpeen mukaan tai lämmitysjärjestelmää täydennetään lämpöpumpulla, jolloin lämmitykseen käytettävä ostoenergia on mahdollista kompensoida omalla energiantuotannolla. Alla taulukossa 1 on esitetty eri varaajakooille varaus- sekä latausaikoja.

Taulukko 2. Varaajan lataus- ja varauksen keston aika

Varaajatilavuus	Latausaika n. 12 kW teholla	Varauksen kesto 5,7...2 kW:n lämpövähiöteholla
500 litraa	...3 h	n. ¼ vrk ... n. ¾ vrk
1000 litraa	...5 h	n. ½ vrk ... n. 1 vrk
2000 litraa	...10 h	n. 1 vrk ... n. 2 ¾ vrk

SÄHKÖNTUOTTO

Aurinkovoimala

Aurinkosähköjärjestelmissä käytetyt tekniikat ovat kiteinen piikkenno, ohutkalvotekniikka, väriainekennot ja orgaaniset aurinkokennot sekä keskittävä aurinkokenno. Näistä kiteinen pii on yleisin ja siksi myös selkein ratkaisu kohteeseen. Muista tekniikoista ei saatu järjestelmätoimittajilta tarjousta selvitykseen annetulla aikataululla.

Aurinkosähköjärjestelmät toteutetaan tällä hetkellä selvästi suurimmilta osin kiteisillä piikkennoilla (noin 85 - 90 %). Loput 10-15 % ovat ohutkalvotekniikkaa. Lisäksi orgaanisia aurinkokennojen osuus on noin 1 %. Kiteisien piikkennojen hyötysuhde on yli 20 %, kun taas ohutkalvokennomateriaalien parhaat hyötysuhteet ovat olleet kymmenen prosentin luokkaa. Perinteisten kiteisten piikkennojen ehkä ainoa vakava kilpailija tulee olemaan väriainekkenno, jota sanotaan myös kolmannen sukupolven kennoksi. Väriainekkennoille eri toimijat ovat kuitenkin parhaillaan vasta kehittämässä erilaisia ratkaisuja ja prototyyppisiä. Niiden massatuotannon odotetaan olevan hyvin halpaa, koska niiden kokoaminen on yksinkertaista ja materiaalit halpoja. Aurinkopaneelitekniikoista on kerrottu lyhyesti alla.

KITEINEN PIIKENNO - ENSIMMÄINEN SUKUPOLVI

Pii on yleinen aine, mutta sen muuttaminen kiteiseksi piiksi on hyvin energiaintensiivinen prosessi ja aurinkokennosovelluksiin käytettäessä vaatii vielä puhdistamista. Vaikka piin ominaisuudet eivät tee siitä ideaalista aurinkokennokäyttöön, ovat piikkennojen hyötysuhteet korkeimpien joukossa sekä niillä on suhteellisen hyvä valon absorptiokyky. Lisäksi pii on osoittautunut luotettavaksi eri sovelluksissa. Yleisyyden lisäksi piitä käytetään aurinkokennoteollisuudessa paljon jo olemassa olevan kehittyneen tekniikan vuoksi.

Etuna tekniikalla on sen yleisyys ja helppo saatavuus sekä hyvä käytännöhyötysuhde noin 20 %. Haittana on kiteisestä piistä valmistettujen kennojen vaativa ja energiaintensiivinen tuotantoprosessi.

OHUTKALVOTEKNIikka - TOINEN SUKUPOLVI

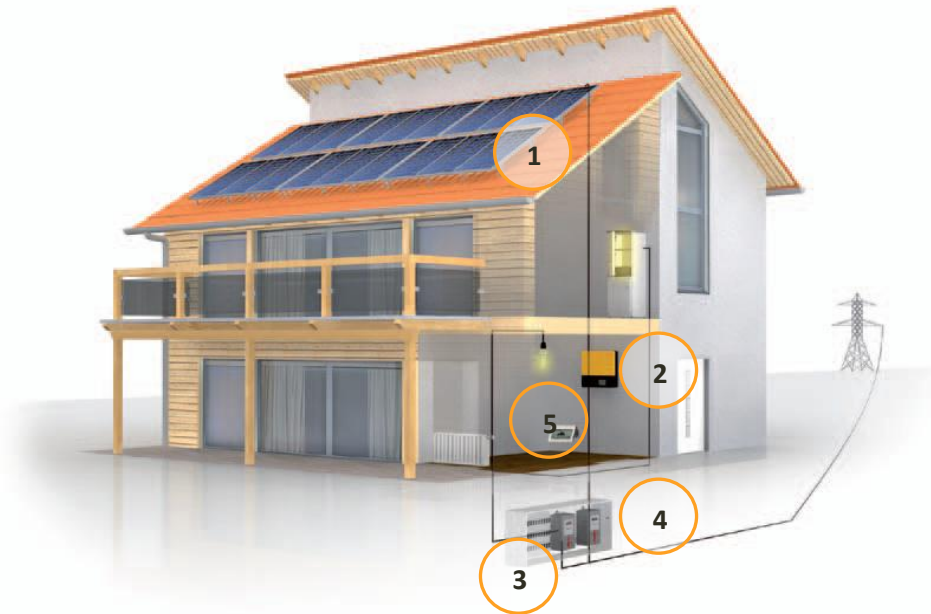
Ohutkalvotekniikassa eli toisen sukupolven kennoissa on pyritty ohentamaan kennoa ylläpitäen samaa tehoa, jotta perinteisten piipohjaisten kennojen materiaalikustannuksia pystyttäisiin laskemaan. Ohutkalvokennojen absorptiohyötysuhde on noin 100-kertainen kiteiseen piihin verrattuna. Siten 1-2 µm:n materiaalipaksuus riittää absorboimaan jopa 90 % valosta. Tämä auttaa vähentämään puolijohdemateriaalin massaa.

Etuna tekniikalla on, että se kestää paremmin varjoa. Haittana taas on ollut heikompi hyötysuhde käytännön sovelluksissa sekä kuluminen verrattuna esimerkiksi kiteisestä piistä valmistettuihin kennoihin. Näin myös hintataso tuotettua kWh:a kohden on kalliimpi. Mistä johtuen useat toimittajat ovat luopuneet tekniikasta tai suosittavat mieluummin käytettäväksi kiteisestä piistä valmistettuja kennoja.

VÄRIAINEKENNOT - KOLMAS SUKUPOLVI

Väriainekkenno tai kolmannen sukupolven kenno kaappaa auringon energiaa väriainemolekyylien ja fotosynteesin avulla samalla periaatteella kuin vihreät kasvit. Väriainekennossa valo muuttuu sähköksi nanorakenteisen titaanioksidin pintaan kiinnittyneiden väriainemolekyylien avulla.

Etuna tekniikalla on kohtuullinen hyötysuhde ja todennäköisesti helppo ja halpa valmistus sekä moninaiset sovellusmahdollisuudet. Toistaiseksi tekniikkaa ollaan kehittämässä kaupalliseksi.



Kuva 3. Sähkövoimalan yleinen kuvaus verkkoon kytketyssä järjestelmässä (1. aurinkosähköpaneelit muuttavat auringon säteilyn sähköenergiaksi; 2. invertteri muuntaa sähköenergian vaihtovirraksi; 3. virta voidaan syöttää verkkoon tai käyttää kohteessa; 4. Riippuen alueesta voidaan verkkoon syötetystä sähköstä saada maksu tai neuvotella muusta menettelystä; 5. mahdollinen seurantalaitte)

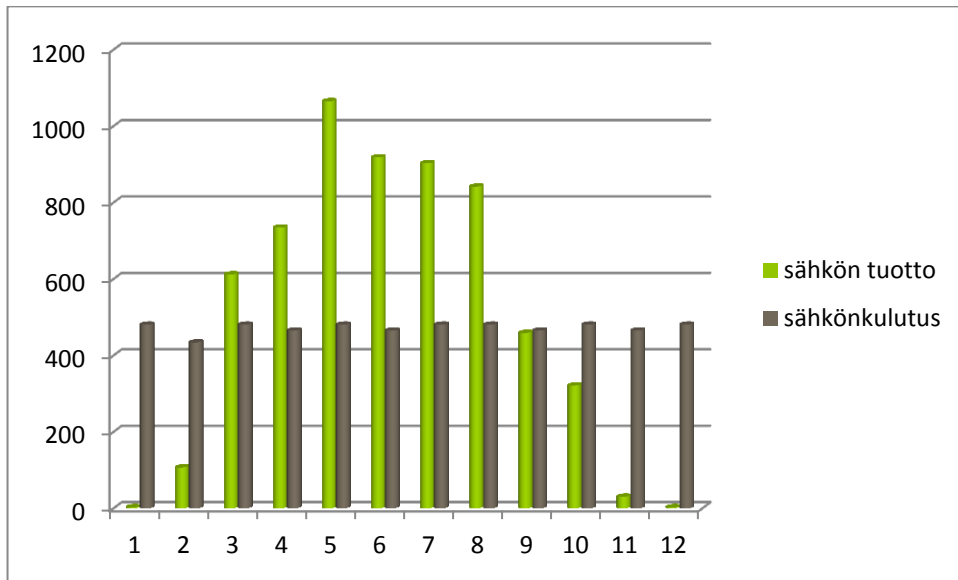
Kuten aikaisemmin tekstissä sivuttiin, kohteen sähköenergiankulutus tulisi olla energiaomavaraisessa kohteessa todennäköisimmin noin 5 700 – 8 200 kWh vuodessa, mutta voi olla myös yli 15 000 kWh. Sähkön kulutus riippuu valitusta lämmitysjärjestelmäkokonaisuudesta sekä siitä miten puulämmitystä sitoudutaan käyttämään. Laitesähkön kulutuksen osuus on 5 700 kWh vuodessa. Lämmitykseen voidaan kohteessa joutua käyttämään sähköä jopa 10 000 kWh, mikäli kiuasta tai muuta vesikiertoista tulisijaa ei käytetä riittävästi lämmöntarpeen tyydyttämiseksi eikä lisälämpöä tuoteta lämpöpumpulla. Tällöin kohteen ostoenergian kulutus olisi yli 15 000 kWh, jolloin sähköntuottojärjestelmää joudutaan kasvattamaan.

Taulukko 3. Aurinkovoimalan koko suhteessa valittuun lämmitysjärjestelmään ja puulämmitykseen sitoutumiseen

Sähköenergian kulutus	Aurinkovoimala
5 700 kWh (puu-aurinko)	7 kW
8 200 kWh (puu-aurinko-lämpöpumppu)	10 kW

Riippuen lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutuksesta vastaavan energiamäärän tuottamiseksi vuoden aikana tarvitaan noin 7-10 kW tehoinen kiteisillä piikenoilla toteutettu aurinkovoimala. Rakennusta ei ole suunniteltu aurinkoenergian hyödyntämistä silmällä pitäen ja olosuhteet sille ovat melko huonot. Rakennuksessa ei ole etelälapetta, jolloin voimala tulisi sijoittaa erilliselle alustalle tai molemmille lappeille asennustelineisiin, jotka kallistetaan etelään päin. Myös eteläseinää voidaan hyödyntää osin järjestelmän toteutuksessa.

Aurinkovoimala voidaan sijoittaa myös erilliselle aurinkoa seuraavalle alustalle, mikä lisää energian tuottoa, jopa vastaavalle tasolle kuin mitä Keski-Euroopassa vuoden aikana, mutta lisää samalla investointi kustannuksia. Yksikään suomalainen järjestelmätoimittaja ei pystynyt tarjoamaan annetulla aikataululla tätä selvitystä varten kohteeseen tällaista sovellusta. Alla kaaviossa 5 on esitetty 7 kW:n aurinkovoimalan sähköntuoton jakautuminen vuoden aikana sekä kohteen laitesähköenergian kulutus. Kohteessa on kuitenkin huomioitava, että on todennäköisesti joitain varjostuksia kuten metsä ja maaston muodot, jotka voivat heikentää tuotantoa varsinkin kesäkuukausien ulkopuolella kun aurinko paistaa matalalta.



Kaavio 5. Aurinkovoimalan sähköntuoton sekä rakennuksen laitesähköenergian kulutuksen jakautuminen vuoden aikana; Sähkön tuotto ja kulutus ovat vuoden aikana yhtä suuria.

Kohde tulee sähköverkkoon, jolloin akustolle tai sähkön varastoimiselle ei ole suoranaista tarvetta. Varajärjestelmänä sähkökatkoksia varten akusto voidaan kuitenkin halutessa toteuttaa, jos siihen nähdään tarvetta. Tällöin se koostuu IPS:stä (integroitu invertteri, ohjaus- ja säätöyksikkö, *integrated power supply*) johon voidaan liittää akusto ja aggregaatti sekä verkkovirta ja aurinkokennot. Yleisimmin käytetyt akut aurinkovoimasovelluksissa ovat AGM -akkuja. Niiden itsepurkautuvuus on alle 2 % ja käyttöikä on noin 10 vuotta. Yleisemmin aurinkojärjestelmien yhteydessä tarjottujen akkujen kapasiteetit ovat 12 V akuissa 65 – 170 Ah. Suomen oloissa akustosta muodostuisi usein iso, jos siihen halutaan varastoida sähköä kulutusta varten käytettäväksi silloin kun omaa tuotantoa ei ole. Aggregaatti on Suomen oloissa, kuten tässäkin kohteessa, hyvä ratkaisu toteuttaa varajärjestelmä. Pienempää akustoa voidaan käyttää haluttaessa lyhytaikaiseksi turvaksi osana varajärjestelmää.

HINTATIEDOT

Selvityksen yhteydessä on pyydetty hintatiedot järjestelmästä kolmelta eri tarjoajalta. Tietoja tarjoamistaan tuotteista ja järjestelmistä tarjosivat mm. Ekolämmöx, Savumax, Finnwind, Windside, NAPS systems, Y-energia, Härmä-air, Tulikivi ja Iki-kiuas.

Kohteeseen tulee päälämmönlähteenä puulämmitysjärjestelmä, joka hyödyntää saunan puukiuasta lämmöntuotossa. Mahdollisesti saunan kiukaassa sekä kiukaan hormissa on

vesikiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä, joka liitetään varaajaan. Lisälämpönä kohteeseen on mahdollista hyödyntää aurinkolämpöä ja/tai lämpöpumppua. Kohteen sähköenergiankulutus voidaan kompensoida vuoden aikana aurinko- ja/tai tuulivoimalla. Järjestelmien toteutukseen on useampia vaihtoehtoja joihin vaikuttavat lämmöntuottomuodon takia vahvasti rakennuksen käyttäjän sitoutuminen lämmitykseen sekä tavoite energiaomavaraisuudesta. Sekä lämmön- että sähköntuottojärjestelmän kustannukset ovat hintaluokaltaan noin 20 000 €. Taulukkoon alla on eritelty mahdollisista investoinneista syntyvät kustannukset eriteltyinä töiden ja materiaalien osalta.

Järjestelmäosa	Materiaalihinta	Työkustannus
Päälämmitysjärjestelmä		
puulämmitysjärjestelmä <ul style="list-style-type: none"> o kiuas (20 kW...40 kW) o lämmöntalteenottohormi o latausyksikkö 	1600...4810 € 4900 € 200...450 €	Asennuskustannus kiukaalle 200 - 475 € riippuen valitusta kiukaasta.
Varastointi- ja lämmönjakojärjestelmä <ul style="list-style-type: none"> o hybridivaraaja 500 - 2000 litraa o lämmönsäätö- ja ohjausyksikkö o paisunta- ja varojärjestelmä o lattialämmitys 196,5 m² 	1900...4100 € 800...1000 € 150...400 € 3000 €	Asennuskustannukset teknisessä tilassa (4 työpäivää x 2 hlö) 2400 €
Putkitukset yms. pientarvikkeet teknisessä tilassa	2000 € (...3000 €, riippuen valitusta laitekokonaisuudesta)	Lämmönjakopiirin asennustyöt (2,5 pv x 2 hlö) 1500 €
Yhteensä	n. 17 000 €	n. 4 200 €
Lisälämmitysjärjestelmä		
Aurinkolämpöjärjestelmä <ul style="list-style-type: none"> o 8 m² keräinala ja kiinnitystelineet o putkitukset ja lämmönsiirtonesteet o ohjaus- ja pumppuyksikkö, sekä paisunta- ja varojärjestelmä 	4700 €	Asennuskustannus (2 pv x 2 hlö) ...1200 € Sis.osin teknisen tilan asennuskustannuksiin
Yhteensä	4 700 €	...1 200 €
Varalämmitysjärjestelmä mikäli kiuasta ei tulla käyttämään lämmitystarpeen mukaan		
Lämpöpumppujärjestelmä <ul style="list-style-type: none"> o lämpöpumppu 4 kW o kerupiiri 	4 300 € 600 €	Sis. teknisen tilan asennuskustannuksiin 1000 €
Yhteensä	4 900 €	1 000 €
Sähköntuottojärjestelmä		
Aurinkovoimala 7...10 kW, (edellyttäen olemassa olevaa alustaa voimalan asentamiseksi; hintataso sekä ilman asennustelineitä että telineiden kanssa)	15 500 – 32 000 €	2 500 €
Koko järjestelmä yhteensä	37 000 – 57 000 €	7 900 – 8 800€

KANNATTAVUUS

Omavaraisenergiaan panostaminen ja uusiutuvien energianlähteiden hyödyntäminen on ensisijaisen tärkeää ympäristömme ja tulevaisuutemme kannalta. Taloudellisessa yhteisössä haluamme kuitenkin usein tietää välittömän taloudellisen tuloksellisuuden energiaan kohdistuville investoinneillemme, koska näissä taloudellinen tuloksellisuus on mahdollista. Tarkastelemme tässä taloudellista tuloksellisuutta eli investoinnin kannattavuutta nykyarvo- ja annuiteettimenetelmän avulla. Laskenta-arvoina on käytetty kuluttajahintojen nousulle eli

tässä tapauksessa energian hinnan nousulle 5,8 %, joka on tilastokeskuksen mukaan kymmenen vuoden keskiarvo. Lisäksi korkona on käytetty 2,9 %, joka on myös tilastokeskuksen mukaan kymmenen vuoden keskiarvo. Tarkastelujaksona on käytetty 20 vuotta, koska pääasiallisten järjestelmäosien odotettu käyttöikä on noin 25 vuotta.

Taulukko 4. Kannattavuuslaskelmien tulokset annuiteetin ja nykyarvon avulla tarkasteltuna

	Investointi	Käyttökustannus	Annuiteetti (Kustannukset jaettuna vuosittaisiksi yhtäsuuriksi eriksi)	Nykyarvo
Järjestelmäratkaisu 1 kokonaisuudessaan kun KIUASTA SITOU DUTAAN LÄMMITTÄMÄÄN LÄMMÖNTARPEEN MUKAAN; VERKKOON SYÖTETTY SÄHKÖ KOMPENSOI KÄYTETYN SÄHKÖN	45 000 €	0 €	1 659 €	45 000 €
Järjestelmäratkaisu 1 ainoastaan puu-aurinkolämpöjärjestelmän osalta kun KIUASTA SITOU DUTAAN LÄMMITTÄMÄÄN LÄMMÖNTARPEEN MUKAAN	27 500 €	684 €	1 698 €	46 049 €
Järjestelmäratkaisu 1 kokonaisuudessaan kun KIUASTA SITOU DUTAAN LÄMMITTÄMÄÄN LÄMMÖNTARPEEN MUKAAN; VERKKOON SYÖTETYSTÄ SÄHKÖSTÄ MAKSETAAN SPOT-HINTA -15 % (kuukausittaisen 10 vuoden keskiarvon mukaan arvioituna).	45 000 €	169 €	1 828 €	49 583 €
Järjestelmäratkaisu 1 kokonaisuudessaan KIUASTA EI SITOU DUTA LÄMMITTÄMÄÄN LÄMMÖNTARPEEN MUKAAN, jolloin tarvitaan lämpöpumppua varalämmönlähteeksi energiaomavaraisuuteen pyrittäessä	65 000 €	0 €	2 400 €	65 000 €
Järjestelmäratkaisu 1 kokonaisuudessaan KIUASTA EI SITOU DUTA LÄMMITTÄMÄÄN LÄMMÖNTARPEEN MUKAAN, jolloin tarvitaan lämpöpumppua varalämmönlähteeksi energiaomavaraisuuteen pyrittäessä; VERKKOON SYÖTETYSTÄ SÄHKÖSTÄ MAKSETAAN SPOT-HINTA -15 %	65 000 €	320 €	2 717 €	73 700 €

(kuukausittaisen 10 vuoden keskiarvon mukaan arvioituna).				
Järjestelmäratkaisu 1 ainoastaan puu-aurinkolämpöjärjestelmän osalta kun KIUASTA EI SITOUKUNTA LÄMMITTÄMÄÄN LÄMMÖNTARPEEN MUKAAN	27 500 €	1 950 €	2 958 €	80 220 €

Taulukossa 4 esitetyistä kannattavuuslaskelmien tuloksista voidaan huomata, että lähtökohtaisesti kaikki energiatehokkuuden ja energiaomavaraisuuden parantamiseksi tehdyt investoinnit ja energiaomavaraisuuteen sitoutuminen (puulämmitysjärjestelmän käyttäminen lämmöntarpeen mukaa) ovat kannattavia. Sähköntuottojärjestelmän kannattavuus on kuitenkin epävarma kunnes sähköyhtiön kanssa on sovittu menetelmästä, jolla verkkoon syötetty sähkö korvataan. Investoimatta jättäminen ja puulämmitysjärjestelmän vajaakäyttö, voi aiheuttaa enimmillään nykyarvon avulla tarkasteltuna 20 vuoden aikana noin 30 000 € lisäkustannukset tai annuiteetin kautta tarkasteltuna 1 200 € vuosittaiset lisäkustannukset.