

Jouni Kääriäinen

Energiansäästötoimenpiteet pientalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
18.3.2011

Tekijä Otsikko	Jouni Kääriäinen Energiasäästötoimenpiteet pientalossa
Sivumäärä Aika	67 sivua + 12 liitettä 18.3.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja	lehtori Jorma Säteri
<p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään vuonna 1964 valmistuneen sähkölämmitteisen pientalon energiasäästötoimenpiteitä. Kiinteistön energiatalouden parantaminen on ajankohtaista energianhinnan noustessa. Käyttäjäkyselyn pohjalta laaditaan hankesuunnitelma, jossa lähtötietoina käytetään kuntotutkimusta sekä käyttäjäkyselyä.</p> <p>Hankesuunnitelmaan valitaan kolme eritasoista vaihtoehtoa, joissa tarkastellaan eri säästötoimien vaikutusta verrattuna rakennuksen alkuperäiseen energiankulutukseen. Työssä selvitetään valittujen lämmöntuottojärjestelmien ja rakenteiden energiasäästö sekä rakentamismääräysten edellyttämät toimet niiden toteutuksessa. Rakennusteknisiä ominaisuuksia käsitellään lyhyesti. Tämän jälkeen esitellään teknisten lämmöntuottoratkaisuiden teoriaa. Kaikissa vaihtoehdoissa ikkunat ja ovet uusitaan energiatehokkaiksi. Alkuperäisessä tilanteessa uusitaan lisäksi alapohja ja sen eristys, lisäksi asennetaan maalämpöpumppujärjestelmä. Toisessa vaihtoehdossa rakennukseen tehdään lisäeristys sisäpuolelle, sekä asennetaan ilmalämpöpumppu sekä poistoilmalämpöpumppu. Kolmannessa vaihtoehdossa rakennuksen ulkopuoliset rakenteet puretaan, rakennus eristetään uudelleen ja katto uusitaan. Lämmöntuottolaitteena käytetään tehokasta poistoilmalämpöpumppua.</p> <p>Vaihtoehtojen kustannuslaskennassa käytetään nykyisiä markkinahintoja. Energiankulutus lasketaan eri vaihtoehdoille perustuen Suomen rakentamismääräyskokoelman laskentamalliin. Kannattavuus lasketaan nykyarvomenetelmällä laskettujen energiakulutustietojen pohjalta eri rakenneratkaisuille sekä teknisille lämmöntuottoratkaisuille.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville rakennuksen pitkän aikavälin korjaussuunnitelman lähtötiedot investoinnin kannattavuuden pohjalta. Tuloksia voidaan käyttää vertailtaessa vaihtoehtoja vastaavan pientalon hankesuunnitelman laadintaan. Insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa mahdollisimman energiatehokas ratkaisu suhteessa sidottuun pääomaan esimerkkikiinteistössä.</p>	
Avainsanat	pientalo, energiasäästö, lämpöpumppu

Author(s) Title	Jouni Kääriäinen Energy saving alternatives for a one-family house
Number of Pages Date	67 pages + 12 appendices 18 March 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Property Management
Instructor	Jorma Säteri, Senior lecturer
<p>The goal of this final year project was to introduce three alternative ways to save energy in an electrically heated one-family house. The data was collected with surveys on one hand and inspection of the condition of the structure of the building on the other. The effects of the alternative energy saving methods were then calculated. The results were compared to the original energy consumption, and a project plan was made.</p> <p>In the first part of the Bachelor's thesis, the requirements for a designer and for planning are discussed. In the second part, the building materials and heat pumps are discussed. In the third part, the alternatives are introduced.</p> <p>In the first alternative the isolation of the base floor was changed and a geothermal heat pump was installed. In the second alternative, the interior structure of the building was isolated inside the building. As a heating system, air heat pump and exhaust air heat pump were chosen. In the third alternative, the façade and the roof of the building were first removed. The new isolation of the roof and an efficient exhaust air heat pump were then installed.</p> <p>The cost calculation is based on the market value of the structures and technical solutions, and the profitability calculation on the investment expenses and the energy savings of each alternative. According to the results, the geothermal heating pump system is the most profitable investment for the one-family house in question. The final year project also resulted in a long period investment plan for the next five years.</p>	
Keywords	one-family house, energy saving, heat pump,

Sisällys

Tiivistelmä Abstract	
Lyhenteet	7
1 Johdanto	11
2 Lähtötiedot ja käyttäjäkysely	11
2.1 Kohteen tiedot	11
2.2 Käyttäjäkysely	14
2.3 Alkuselvitykset perusparannettavasta kiinteistöstä	14
2.3.1 Kuntoarvio	14
2.3.2 Kuntotutkimus	15
2.4 Kuntotutkimusten tekijöiden pätevyys	16
2.4.1 LVI-järjestelmien arviointi	16
2.4.2 Rakenteiden kuntotutkijan pätevyysvaatimukset	16
2.4.3 Sähköjärjestelmien arviointi	16
2.5 Tutkimuksen pohjalta tehtävä pitkän aikavälin suunnitelma	17
3 Rakennuttaminen ja suunnittelu	17
3.1 Rakennuttajan vastuut	17
3.2 Kustannuslaskelma	18
3.3 Hankesuunnittelun kustannukset	18
3.4 Palkkakustannukset	19
3.5 Suunnittelijoiden valinta	19
3.5.1 Pääsuunnittelija ja rakennesuunnittelija	19
3.5.2 Sähkösuunnittelija ja suunnitelma	21
3.5.3 LVI-suunnittelija ja -suunnitelma	21
3.6 Suunnitelmien tarkastus	22
4 Tavoitteet perusparannushankkeen toteutuksessa	22
4.1 Perusparannusvaihtoehdot	22
4.1.1 Nykyinen tilanne	23
4.1.2 Sisäpuolinen eristys sekä ilma- ja poistoilmalämpöpumppu	26
4.1.3 Ulkopuolinen eristys sekä poistoilmalämpöpumppu	27
4.2 Uudet rakennusmääräykset lämmöneristyksestä	28
4.3 Energiaselvitys	29

4.4	Huoltokirja ja käyttöohje	29
5	Tekniset perusparannusvaihtoehdot	30
5.1	Lämpöpumppujärjestelmät	30
5.1.1	Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate	31
5.1.2	Ilmalämpöpumpun ominaisuudet ja käyttö	32
5.1.3	Ilma-vesilämpöpumppu	33
5.1.4	Poistoilmalämpöpumppu	34
5.1.5	Maalämpöpumppu	37
5.1.6	Lämpökaivo	38
5.1.7	Keruuputkisto maassa	39
5.1.8	Keruuputkisto vesistössä	39
5.1.9	Lämpöpumpputarjouspyyntö	40
5.2	Aurinkoenergia	40
5.2.1	Aurinkoenergian hyödyntäminen	40
5.2.2	Aurinkokeräintyytit	41
5.2.3	Tasokeräin ja toiminta	42
5.2.4	Lämmönsiirrin ja varaajakytkentä	43
5.2.5	Varaaja	44
5.3	Ilmanvaihto	44
5.3.1	Ilmanvaihtojärjestelmän valinta	44
5.3.2	Ilmastoinnin suunnittelun lähtökohdat	45
5.4	Rakennuksen lisäeristys	46
5.4.1	Eristyksen valinta	46
5.4.2	Nanoeristyslevyt	46
5.4.3	EPS-eriste	47
5.4.4	Polyuretaani	47
5.5	Ikkunat ja ovet	47
5.5.1	Ikkunoiden ja ovien ominaisuuksista	47
5.5.2	Karmittomat kiinteät ikkunat	48
6	Kannattavuuslaskelmat	49
6.1	Kustannukset	49
6.1.1	Hankesuunnitteluvaiheen kustannukset	49
6.1.2	Suunnittelukustannukset	49
6.1.3	Ikkunoiden ja ovien kustannustaso	50
6.1.4	Rakenteiden kustannustaso alkuperäinen tilanne	51
6.1.5	Sisä- ja ulkopuolisen eristämisen kustannukset	51

6.2	Energiantuottoratkaisujen kustannukset	51
6.2.1	Maalämpöpumpputjärjestelmän ja porattavan kaivon kustannus	51
6.2.2	Ilmalämpöpumppu	52
6.2.3	Poistoilmalämpöpumput ja ilmastointiurakka	52
6.2.4	Avustukset	52
6.2.5	Sähköenergian hinta	53
6.3	Investointilaskelmat eri vaihtoehdoille	54
6.3.1	Kustannusten vertailu hanke- ja rahoitussuunnitelmaa varten	54
6.3.2	Nykyarvomenetelmä	56
6.3.3	Herkkyystarkastelu	60
6.3.4	Herkkyystarkastelun johtopäätökset	63
7	Yhteenveto	63
	Lähteet	65
	Liitteet	
	Liite 1. Vaipan sisäpuolisen eristämisen kustannukset rakenne	
	Liite 2. Vaipan ulkopuolisen eristämisen kustannukset rakenne	
	Liite 3. Rakennuksen laajuustiedot	
	Liite 4. Kiinteistön lämpöhäviöenergiat	
	Liite 5. Kiinteistön käyttöveden lämmitys sekä poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja hyödynnetty energia	
	Liite 6. Kiinteistön lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat	
	Liite 7. Kiinteistön laitesähkönkulutus	
	Liite 8. Kiinteistön lämpökuormaenergia	
	Liite 9. Rakennuksen lämmitysenergiankulutus	
	Liite 10. Auringon säteilyenergia pohjoinen ja itä	
	Liite 11. Auringon säteilyenergia länsi ja etelä	
	Liite 12. Pitkän aikavälin suunnitelma PTS	

Lyhenteet

A	rakennusosan pinta-ala, m ²
A_{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m ²
$A_{\text{ikk, valoaukko}}$	ikkunan valoaukon pinta-ala
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
COP	Coefficient Of Performance on laitteen ottaman ja antaman tehon suhde
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
C_{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
$d_1, d_2 \dots d_m$	ainekerroksen 1,2...m paksuus [m].
E_{rakennus}	rakennuksen energiankulutus, kWh
$F_{\text{kehä}}$	ikkunan kehäkerroin, lasipinta-alan suhde ikkunapinta-alaan
$F_{\text{läpäisy}}$	ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
$F_{\text{varjostus}}$	auringon säteilyn varjostusten korjauskerroin
F_{verho}	auringon säteilyn verhokerroin
$F_{\text{sivubarjostus}}$	ikkunan pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin
$F_{\text{ylävarjostus}}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, esimerkiksi (maasto, puut, rakennukset)
$F_{\text{ympäristö}}$	ikkunan horisontaalisten varjostusten korjauskerroin
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
$G_{\text{säteily, pystypinta}}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia
H	rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ΣH_{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
k	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste

MRT(60)	moduulikokoinen reikätiili 285 mm*85 mm*60mm
M1	vapaaehtoinen rakennusmateriaalien luokitus, joka kertoo rakennusmateriaalista huoneilmaan kulkeutuville kemiallisille päästöille asetetut M1-päästöluokan vaatimukset.
n	laskentajakson pituus
NRT	normaalikokoinen reikätiili 270 mm*130 mm*75 mm
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde
$\eta_{\text{lämmitys}}$	lämmöntuottolaitteiden vuosihyötysuhde
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
$n_{\text{vuotoilma}}$	rakennuksen vuotoilmaakerroin, 1/h
n_{50}	rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku 50 Pascalin paine-erolla, 1/h
PTS	pitkän aikavälin suunnitelma, jossa eri korjaustoimenpiteet esitetään eri vuosille yksilöityinä
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$Q_{\text{iv, ei LTO}}$	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman LTO:ta, kWh
Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
Q_{LKV}	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{\text{LKV, häviöt}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{LKV, kuorma}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{LKV, netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
Q_{LP}	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, jakelu}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston
$Q_{\text{lämmitys, tilat, kehitys}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiatarve, kWh
$Q_{\text{LTO,LP}}$	poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutus}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätö}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuvalämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, varaaja}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuormaenergia
$Q_{\text{sis, lämpö}}$	lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksen ja sähkölaitteiden rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$q_{\text{v,poisto}}$	poistoilmavirta m ³ /s
$q_{\text{v,vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
$Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatteri}}$	tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh
r	ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan muuntokerroin
R_b	maan lämmönvastus
R_g	rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus
R_{se}	ulkopuolinen pintavastus
R_{si}	sisäpuolinen pintavastus

R_T	rakennuksen lämmönvastus ympäristöstä ympäristöön
$R_{q1}, R_{q2} \dots R_{qn}$	ohuen ainekerroksen 1,2...n lämmönvastus
T	vuotuiset nettomenot
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen käyntiaikasuhde h/24h
$T_{jäte}$	jäteilman lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C
$T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
$T_{u, vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C (5 °C)
t_v	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhde
Δt	ajanjakson pituus, h
$\Delta T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausikeskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero, °C
$\Delta T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuosikeskilämpötilan ero
$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
U	on rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
$W_{laitesähkö, osto}$	on rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh

1 Johdanto

Suomi on sitoutunut Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin 2010/31/EU, joka on tullut voimaan 2010 kesällä. Kansallisten säädösten on oltava voimassa vuonna 2012. Vanhan rakennuskannan osalta direktiivin toimeenpanon edetessä myös korjausrakentamisen energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksia muutetaan kansallisesti. (1.)

Käsittelen tässä opinnäytetyössä vuonna 1964 valmistuneen sähkölämmitteisen pientalon energiansäästötoimenpiteitä. Käyttäjäkyselyn pohjalta laadin hankesuunnitelman, jossa lähtötietoina käytetään kuntotutkimusta. Hankesuunnitelmaan olen valinnut kolme eritasoista vaihtoehtoa, joissa tarkastellaan eri säästötoimien vaikutusta verrattuna rakennuksen alkuperäiseen energiankulutukseen.

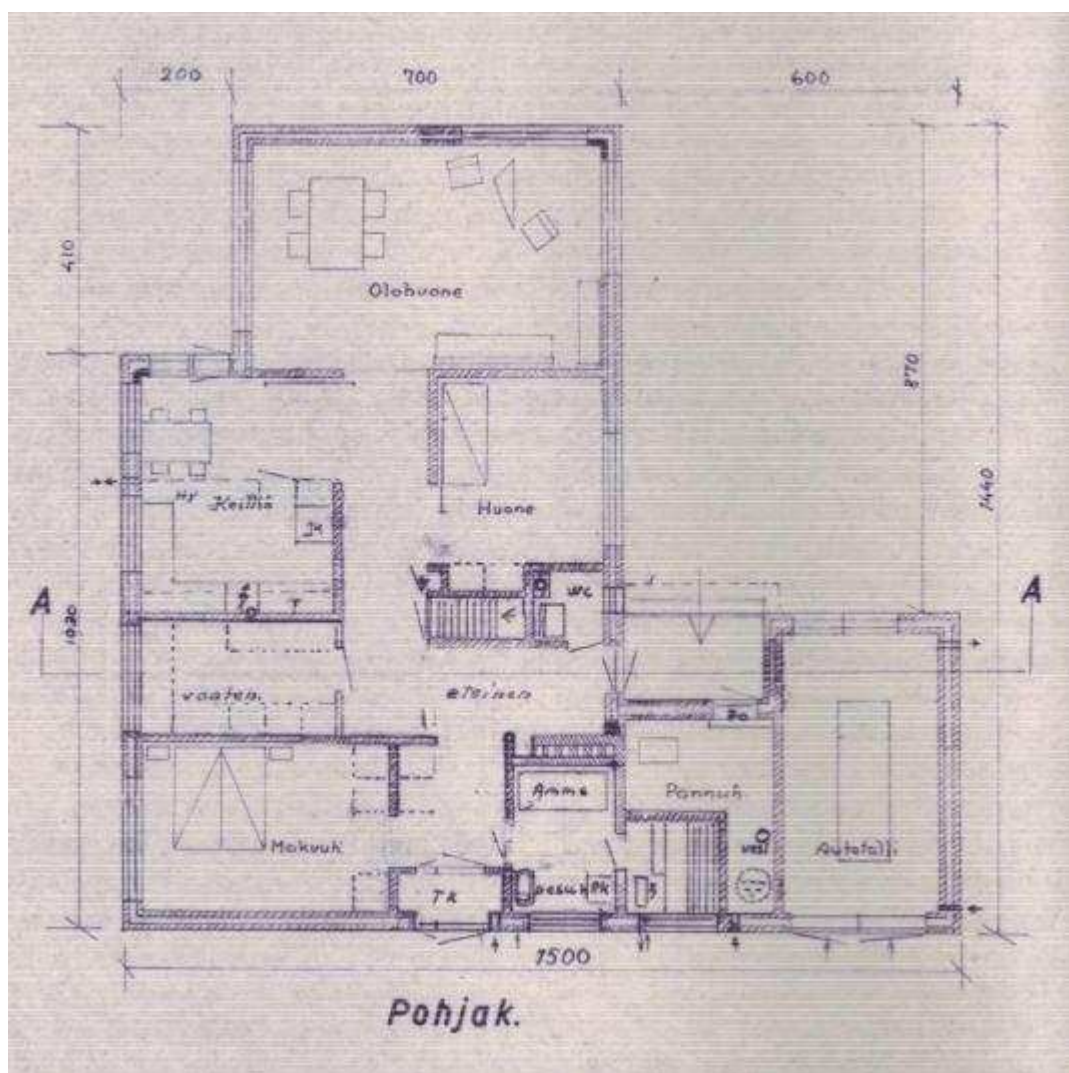
Esimerkkikohde on lapsuudenkotini. Vanhuuseläkkeellä olevien vanhempien asumisviihtyvyyden parantaminen ja kiinteistön elinkaaren jatkaminen jälkipolville on ajankohtainen. Myös ympäristötekijät huomioiden on järkevää tehdä hankesuunnitelma ja pitkän aikavälin suunnitelma kiinteistöstä. Rakenteiden selvittäminen huolellisesti ja eri vaihtoehtojen pohdinta yhdessä lastenlasten kanssa on myös tärkeää kokonaisuuden kannalta. Työssä tavoitellaan myös nuoren henkilön asenteellisen kasvatuksen ohjausta omassa elinpiirissä olevan esimerkin avulla. Tavoitteena on perusparannushankesuunnitelman pohjalta lähteä toteuttamaan hanketta. Eri vaihtoehtojen kustannusarvioita tehtäessä käytetään lähteenä alan kirjallisuutta ja tämänhetkisiä myyntihintoja (2).

2 Lähtötiedot ja käyttäjäkysely

2.1 Kohteen tiedot

Kiinteistö sijaitsee osoitteessa Nummitie 6 01390 VANTAA. Kiinteistön rekisterinumero on 092-421-1-1606. Tontin pinta-ala on 1545 m². Rakennuksen kerrosala on 156 m²,

asuinpinta-ala 84 m². Tilavuudeltaan rakennus on 375 m³. Rakennuksen pohjapiirros esitetään kuvassa 1. Rakennuksen runko on täystiiltä 130 mm, seinärakenteen eristeenä on 100 mm mineraalivillaa ja julkisivumateriaalina puhtaaksimuurattu poltettu tiili. Alapohja on maanvarainen betonilaatta, jonka päällä on kevytsora kerros 150 mm ja pintalaatta 60 mm. Rakennuksessa on kaksinkertaiset ikkunat, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 25 m². Yläpohja on 150 mm paikalla valettu teräsbetonilaatta ja yläpohjan eristeenä on 150 mm mineraalivillaa. Vesikatteena on konesaumattu sinkitty pelti. Rakennuksessa on pieni kellaritila, joka on kokonaan lämminvesivaraajan (4 m³) täyttämä. Varaajaa lämmitetään yösähköllä.



Kuva 1. Perusparannettavan rakennuksen pohjakuva.

Rakennuksen energiakulutus on nykyisellään 37 000 kWh/a, josta yösähkön osuus on 35 000 kWh/a ja päivänsähkön osuus 2 000 kWh/a.

2.2 Käyttäjäkysely

Käyttäjäkyselyn tarkoituksena on kartoittaa rakennuttajan haluama laatutaso ja mahdollisen tilajaon aiheuttamat muutokset. Korjaushankkeen laajuus määrittelee, onko kyse peruskorjauksesta vai perusparannuksesta. Perusparannuksessa kiinteistön laatutasoa nostetaan alkuperäistä tasoa huomattavasti paremmaksi rakentamalla jotain uusia laitteistoja. Esimerkiksi koneellisen ilmastoinnin asentaminen vanhan painovoimaisen ilmanvaihdon tilalle on jo perusparantamista. Käyttäjäkyselyssä selvitetään rakennuksessa ilmenneet haitat tai käyttäjän havainnoimat ongelmat.

Kiinteistön omistajan on syytä luovuttaa hankkeen projektinjohto asiaan perehtyneen henkilön käsiin, joka kykenee koordinoimaan hankkeen nykyisten rakentamismääräysten vaatimustason mukaisen toteutuksen. Suunnittelussa täytyy tietää tarkkaan, millaista laatutasoa kohteessa tullaan soveltamaan. Kuitenkin käyttäjäkyselyn pohjalta laadittava hankesuunnitelma on oikea tapa lähteä kartoittamaan perusparannushanketta. Kiinteistön elinkaariajattelun mukaan rakennus on varsin nuori. Rakennukseen investoitava pääoma tuottaa vuosikymmeniksi paremman sisäilmaston ja käyttömukavuuden. Käyttäjäkyselyn jälkeen teetetään yksilöity kuntotutkimus rakenneosiin, joista halutaan tarkempaa tietoa suunnittelun lähtötiedoiksi.

2.3 Alkuselvitykset perusparannettavasta kiinteistöstä

2.3.1 Kuntoarvio

Kiinteistöihin saavat tehdä kuntotodistuksen antamiseksi kuntoarvioita alan pätevoityneet ammattilaiset. Rakennusteknisten arvioiden tekijöistä pidetään listaa, jota ylläpitää Kiinteistöalan koulutussäätiön kuntotodistuslautakunta (3). Tämä koskee lähinnä Asunto-osakeyhtiöitä, mutta toki he voivat arvioida myös pienempiä kiinteistöjä. Itse kuntotutkimus koostuu kolmesta arvioitavasta osa-alueesta: rakenteiden, LVI-järjestelmien sekä sähköjärjestelmien kunnon arvioinneista. Kaikkia osa-alueita arvioi oman ammattialan pätevoitynyt henkilö, kuitenkin kuntotodistuksen laatimisessa tarvitaan vain yksi pätevyystodistuksen omaava henkilö (4). Kuntoarvio ja

pitkän aikavälin suunnitelma (PTS) antavat kokonaiskuvan kiinteistön kunnosta ja korjaustarpeista, sekä niiden ajankohdista. Korjaustoimenpiteiden kustannustaso vaihtelee suhdanteiden mukaan jonkin verran, joten kustannusarvio on suuntaa-antava. Kuntoarvion laatimiselle voidaan myöntää korjausavustusta. Kuntoarvion tekemisestä kannattaa pyytää tarjous kokeneilta alan konsulteilta. Tarjouspyyntöesimerkki löytyy KH 90-00293 -kortista. (5).

2.3.2 Kuntotutkimus

Kuntotutkimus on perusteellisempi tutkimus kuin kuntoarvio: siinä tutkitaan rakenteita perusteellisemmin ja mennään rakenteiden sisään rikkomalla niiden pintarakenteet. Tutkimuksen tekeminen voi olla paikallaan, jos havaitaan selviä merkkejä rakenteiden vaurioitumisesta tai kosteusvahingoista. Kuntotutkimukseen kartoitetaan kaikki talotekniset osa-alueet ja tutkitaan riittävällä tarkkuudella mitaten ja mahdollisesti kuvaamalla eri järjestelmien kunto. Silmämääräisellä tutkimuksella ei saavuteta riittävän luotettavia tuloksia. Tutkimus tehdäänkin yleensä, jos kuntoarvion pohjalta kaivataan lisäselvityksiä. Perusparannuskohteessa on välttämätöntä suorittaa kuntotutkimus, jotta suunnitelma-asiakirjat kyetään laatimaan ottaen huomioon vauriot rakenteissa tai muissa taloteknisissä järjestelmissä. Tutkimuksen pohjalta valitaan oikeat korjausmenetelmät. Kustannustasoltaan tämäntyyppinen tutkimus on huomattavasti kalliimpi kuin kuntoarvio. Tutkimuksen pääkohdat ovat

- asiakirjoihin tutustuminen
- kohteen tutkiminen aistinvaraisesti
- pintojen ja ainetta rikkovien menetelmien käyttö
- erilaiset mittaukset ja toimintakokeet
- rakenteiden lämpökuvaukset ja putkistojen tähytykset
- näytepalojen otto rakenteista ja laboratoriotutkimukset. (6.)

Kaikille tutkittaville osa-alueille on julkaistu yleiset ohjeet, jotka ovat

- ulkobetonirakenteiden kuntotutkimus
- rapattujen julkisivujen kuntotutkimus
- kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus
- kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimus
- sisäilmaston kuntotutkimus
- sähköjärjestelmien kuntotutkimus. (6.)

Muita selvitettäväksi tulevia asioita ovat erilaiset turvallisuustekijät, kuten asbestikartoitus ja kiinteistön energiakatselmus, joista on julkaistu erilliset määräykset ja ohjeet. Tällöin on käytettävä pätevää erityisasiantuntijaa. Kuntotutkimusraportti

laaditaan toimenpidesuoritusten ja mittauspöytäkirjojen jälkeen. Kuntotutkimusraportti on noin 15 sivua käsittävä kattava selostus kiinteistön teknisestä tilasta. Kuntotutkimusraportin tarjouspyyntö tulee olla riittävän yksilöity, jotta tarjouspyyntöjä kyetään vertaamaan toisiinsa. Hinnassa voi olla tuntevia eroja, jotka johtuvat esimerkiksi näytteiden määräeroavaisuuksista. (6.)

2.4 Kuntotutkimusten tekijöiden pätevyys

2.4.1 LVI-järjestelmien arviointi

Rakennusten LVI-järjestelmien pätevyityneistä henkilöistä pitää luettelo Suomen LVI-liitto ja Fise Oy. Putkien varsinaista kuntotutkimuskoulutusta ei ole: pätevyityminen osoitetaan Fise Oy:n järjestämän lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmien LVV-putkien koulutuksen ja näyttökokeen jälkeen. (7.)

2.4.2 Rakenteiden kuntotutkijan pätevyysvaatimukset

Rakenteiden kuntotutkijalla tulee olla hyvät teoreettiset taidot ja tiedot rakennusfysiikasta sekä muurattujen rakenteiden ja rappausten kuntotutkimuksesta. Heillä on oltava myös tietous rakenteiden vaurioiden syistä ja seurauksista sekä näkemys korjaustavasta. Suotavaa olisi, jos sama henkilö, joka suorittaa kuntotutkimuksen, olisi myös perusparannussuunnitelman laatijana. FISE Oy pitää luettelo henkilöistä, joilla on pätevyys suorittaa rakenteiden kuntotutkimus. (7.)

2.4.3 Sähköjärjestelmien arviointi

Sähköteknisen kuntotutkimuksen suorittajaksi pitää valita ammattitaitoinen kuntotutkija. Kuntotutkimuksen kustannustehokas suorittaminen edellyttää tekijältään ammattitaitoa sekä monipuolista eri sähköteknisten järjestelmien tuntemusta. Kokenut kuntotutkija osaa keskittyä vain olennaiseen ja kykenee ottamaan huomioon kuntotutkimukseen liittyvät riskit ja vastuut. Sähköjärjestelmien arviointi Henkilö- ja Yritysarviointi Seti Oy pitää kuntotutkijarekisteriä, josta voi katsoa pätevyityneiden henkilöiden ja yritysten yhteystiedot, jotka ovat suorittaneet sähkölaitteiston kuntotutkijan koulutusohjelman. (8.)

2.5 Tutkimuksen pohjalta tehtävä pitkän aikavälin suunnitelma

Rakennuksen kuntokartoituksessa havaitut viat ja korjaustarpeet kirjataan laadittavaan pitkän aikavälin korjaussuunnitelmaan. Suunnitelman laatii kuntoarvioija, ja se laaditaan perusparannuksen ajaksi. Tulosten pohjalta käynnistetään hankesuunnitelma. Rakennuslupa on voimassa viisi vuotta ja hankesuunnitteluun käytetään ennen rakennusluvan anomista vuosi.

Kaikki tehtävät korjaukset ajoitetaan peräkkäisille vuosille, jolloin kotitalousvähennystä voidaan hyödyntää. Myös energia-avustus hyödynnetään lämmöntuottolaitteinvestoinnissa. Pitkän aikavälin suunnitelma laaditaan lopputarkastuksen jälkeen uudelleen. Samalla kiinteistön huoltokirja tehdään sähköiseen muotoon. Hankesuunnitelman pohjalta tehty pitkän aikavälin suunnitelma esitetään liitteessä 12.

3 Rakennuttaminen ja suunnittelu

3.1 Rakennuttajan vastuut

Rakennuttajan on käynnistettävä hankkeeseen soveltuva huolellinen suunnitteluprosessi, jossa apuna käytetään peruskorjauskokemusta omaavaa pääsuunnittelijaa. Pääsuunnittelijan kanssa yhteistyössä laadittu kustannusarvio ja eri toteutusvaihtoehdot on tärkein elementti onnistuneen lopputuloksen kannalta. Käytettävän pääoman määrää ei ole syytä ylittää, vaan suunnitelmia on muutettava, jos kustannustaso pyrkii nousemaan oletettua suuremmaksi. Rakennuttajalla on vastuu myös hankkeen aikataulutuksesta. Urakkatarjousten pohjalta toteutetussa hankkeessa täytyy kaikista taloteknisistä järjestelmistä olla kattavat suunnitteluasiakirjat. (9.)

3.2 Kustannuslaskelma

Hankkeen kustannuksia ei ole täysin etukäteen mahdollista arvioida vaan ohjaustoimien on kohdistuttava suunnitelmiin ja eri toteutusvaihtoehtoihin. Hankkeen toteutusta tulee valvoa. Lisäksi rakennuttaja on vastuussa talouden hallinnasta ja kokonaisuuden johtamisesta. Alustava kustannusarvio voidaan laatia, kun energiansäästötoimien toteutuksesta on löytynyt sopiva kokonaisuus.

Tämän jälkeen on mahdollista tehdä rahoitussuunnitelma. Kustannusarvion ylittäessä budjetin hankkeen laatutasoa tai laajuutta on rajoitettava. Tämä edellyttää uusien suunnitelmien teettämistä. Kustannusarvion tehtävä on toimia suunnittelua ohjaavana elementtinä. Lopullisten suunnitelmien valmistuttua voidaan tehdä laitteistojen ja rakennustarvikkeiden sekä urakkatarjouspyyntöihin perustuva kustannusarvio. Oman työn osuutta nostamalla saatetaan kustannustasoa hieman laskea, mutta sen osuutta kokonaiskustannustason laskemisessa on syytä välttää. (9.)

3.3 Hankesuunnittelun kustannukset

Kustannuslaskennan kannalta hanke on jaettavissa kolmeen kokonaisuuteen. Ensimmäiseksi tehdään käyttäjäkyselyn pohjalta tarveselvitys, jolloin voidaan arvioida hankesuunnitelmavaiheen kustannuksia. Tässä vaiheessa laatutason määrittelyllä koko hankkeen kustannustaso tulee pitkälti määritellyä.

Esimerkkipientalossa tehdyn kuntoarvion perusteella tehty pitkän aikavälin suunnitelma ja energiansäästötoimenpiteet toteutetaan eri vaihtoehtojen kustannuslaskennan pohjalta. Hankesuunnitelman kustannukset jaetaan kolmeen osaan, joita ovat rakenteiden uusimiseen liittyvien selvitysten kustannukset, LVIS-järjestelmien kuntokartoitus- ja suunnittelukustannukset sekä energiantuottamiseen liittyvien investointien suunnittelun kustannukset. Hyvänä apuna eri sopimusten laadinnassa on käyttää Rakennustieto Oy:n tietokantaa (10).

3.4 Palkkakustannukset

Perusparannuksen yhteydessä rakennuttajan on tutustuttava myös vastuisiin, joita liittyy työvoiman palkkaamiseen. Projektiin osallistuvilla ei välttämättä ole kaikilla ennakkoperintärekisterinumeroa. Tällöin rakennuttaja toimii työnantajan ominaisuudessa. Rakennuttajan onkin tarkistettava aina, että urakoitsijalla on ennakkoperintärekisterinumero. Palkkakustannusten lisäksi alle 53-vuotiaalle henkilölle kertyy peruspalkan lisäksi seuraavasti:

- palkkakustannus on 12 000 €
- lomakorvaus bruttopalkasta on 18,5 % 2 220 €
- erillinen palkanosa työajan lyhennyksistä on 7,7 % palkasta 924 €.

Peruspalkan osuus on 15 144 €. Lisäksi tulevat palkan sivukulut, jotka lasketaan peruspalkan määrästä:

- sotu-maksu on 2,23 % 338 €
- Tel-maksu on 18,1 % 2 741 €
- tapaturmavakuutus on 6,7 % 1 015 €
- työttömyysvakuutus on 0,75 % 114 €
- ryhmähenkivakuutus on 0,071 % 11 €.

Näin päästään lopulliseen kuluerään. Yhteensä 19 362 €. Lisäksi maksettavia verovapaita korvauksia ovat työkalukorvaus sekä matkakorvaus. Rakennuttajalle voi olla edullista toimia työnantajan ominaisuudessa. (11.)

3.5 Suunnittelijoiden valinta

3.5.1 Pääsuunnittelija ja rakennesuunnittelija

Rakennuslupaa anottaessa vaaditaan hankkeelle pääsuunnittelija ja rakennesuunnittelija. Kelpoisuusvaatimukset on määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa A2. Hyvä suunnitelma on laadittu kuntotutkimuksen pohjalta. Suunnittelijoiden pätevydestä kannattaa pyytää referenssejä tai suunnittelijan on käytettävä oman erikoisalan konsultteja. Hyvään laatutasoon rakentamisessa päästään vain säännösten noudattamisella, jotka nostavat kustannustason varsin korkeaksi.

Rakenteiden suunnittelussa suunnittelijan tulee tiedostaa lämpö- ja kosteusteknisen suunnitelman vaiheet sekä suunnittelun suunnitteluluokka. Terve Talo projektissa on esitetty rakennuttajalle kosteustekniset suunnitteluvaiheet sisältävä selkeä lämpö- ja kosteustekniset suunnitteluvaiheet (taulukko 1). (12.)

Taulukko 1. Lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun vaiheet (muokattu) (12.).

Vaiheet	Toimenpiteet
Hankesuunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> – tavoitteiden määrittäminen – lähtötietojen keräys – lämpö- ja kosteusteknisen suunnitteluluokan määrittäminen – rakennuksen soveltuvuus käyttötarkoitukseen
Luonnossuunnittelu L1 L2	<ul style="list-style-type: none"> – rakennuksen tilojen - ja rakenneosien suunnitteluluokkien määrittäminen – rakenteiden periaateratkaisuiden soveltuvuus – rakennusmateriaalien soveltuvuus – alustava rakennusosakohtainen tarkistus – rakennepiirustusten ja selostuksien luonnokset – rakenneosakohtainen tarkistus – rakenneosakohtainen riskiarvio – lämpö- ja kosteustekniset analyysit – toteutettavuustarkistus
Toteutussuunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> – toteutusasiakirjojen laadinta – rakenteiden yksityiskohdat ja niiden toteutettavuus – toteutusta koskevat ohjeet – työnaikaisten tarkastusten ja mittausten sekä toimintakokeiden määrittäminen, kriteerit – sääsuojauksen periaatteet rakennusvaiheittain
Rakentaminen	<ul style="list-style-type: none"> – täydentävät suunnitelmat – lämpö- ja kosteusteknisten rakenneratkaisujen työmaatarkastukset – mittaukset työmaalla
Käyttö- ja huolto	<ul style="list-style-type: none"> – käyttöä ja huoltoa koskevat ohjeet – käyttöhenkilökunnan koulutus

Korjauskohteissa sovelletaan kunkin kunnan rakennusvalvonnan antamia ohjeita ja ne saattavat poiketa jonkin verran eri kunnissa toisistaan. Rakennuttaja käy läpi pääsuunnittelijan kanssa rakennesuunnittelijan valinnan ja suunnitteluluokituksen. Rakennuksen vanhat rakennekuvat piirretään suunnittelun yhteydessä uudestaan. Rakennesuunnittelija piirtää tietokoneavusteisella suunnitteluohjelmalla CAD-muotoiset

kuvat rakenteista, joka sitten lähetetään eri järjestelmien suunnittelijoille. Perusparannushankkeen pääsuunnittelijalla tulee olla kokemusta vastaavista tehtävistä. Hän vastaa eri suunnitelmien yhteensovittamisesta ottaen taloudelliset tekijät huomioon. Pääsuunnittelija vastaa suunnitelmamuutosten aiheuttamista muutoksista eri järjestelmien suunnitelmiin. Pääsuunnittelijana voi toimia rakennesuunnittelija, valvoja tai vastaava työnjohtaja (13). Pientalohankkeen pääsuunnittelusopimus on RT 80288 ja vastaavan työnjohtajan sopimus on RT 80269 (14).

3.5.2 Sähkösuunnittelija ja suunnitelma

Sähkösuunnittelija antaa tarvittavat tiedot sähköurakkaan tai ohjaa urakoitsijaa. Kiinteistössä on 63 A:n pääsulakkeet, ja niiden kokoa voidaan pienentää, koska rakennuksen energiankulutus tulee pienemään huomattavasti energiansäästötoimenpiteiden toteuduttua. Vanha sähköjärjestelmä saa olla entisenlaisena. Ainoastaan uudelle käyttövesivaraajalle sekä lämpöpumpuille tarvitaan suunnitelmat. Tarjouspyynnön yhteydessä voidaan pyytää suunnitelma muutostöistä. Kiinteistön kellaritilassa on lämminvesivaraajan ohjauskeskus, jossa on vararyhmiä 4*3 kpl. Suunnittelun yhteydessä selvitetään tarvitaanko kauko-ohjauksia ja kuinka ne voitaisiin toteuttaa. Nykyisin on markkinoilla lämmöntuottolaitteita, joissa on GSM-ohjausmahdollisuus. Laitteiston hinta-arvio on syytä varmistaa ennen toteutusta, jolloin tiedetään aiheutuva kokonaiskustannus. Sähkölaitteiden osalta urakoitsijalle kuuluu laitteistojen käyttöopastus.

Sähkölämmitys on rakentajalle helppo ja edullinen lämmitysratkaisu, jolla saavutetaan erinomaiset lämpöolosuhteet turvallisesti. Pientalohankkeen sähkösuunnittelusopimus on RT 80299 (10).

3.5.3 LVI-suunnittelija ja -suunnitelma

Rakennukseen joudutaan suunnittelemaan sekä vesi-, viemäri- ja ilmastointijärjestelmä. Suunnitelmista pyydetään tarjoukset. Rakennukseen asennetaan koneellinen ilmanvaihto, jonka hyötysuhdearvon tulee olla mahdollisimman korkea. Myös vesi- ja viemärijohtojen uusimisesta ja uuden käyttövesivaraajan asentamisesta tehdään suunnitelma. Suunnitelmiin lisätään mahdollisesti vaihtoehdot

maalämpöpumpun, poistoilmalämpöpumpun sekä ilma-vesilämpöpumpun kytkemisestä lämminvesivaraajaan. Käytettäessä hybridivaraajaa voidaan aurinkokerääjän liittämistä myös harkita lisäenergiantuottamiseen. Suunnittelijalla tulee olla kokemusta hybridilämmitysjärjestelmistä. Rakennuksen vesi- ja viemärijohdot on uusittava, koska niiden tämänhetkinen pitoaika on 46 vuotta. Omistaja ei halua vesivahingosta aiheutuvia ongelmia. KVV-laitteistojen uusiminen ei sisälly kuitenkaan energiansäästötoimien kustannuslaskentaan, vaan niiden kustannukset pidetään laskennan ulkopuolella. Pientalohankkeen KVV-suunnittelusopimus RT 80297 ja pientalohankkeen IV- suunnittelusopimus RT 80298 (10).

3.6 Suunnitelmien tarkastus

Perusparannushankkeeseen tarvitaan rakennesuunnitelmat, ilmastoinnin, vesi- ja viemäri-laitteistojen sekä mahdollisesti sähköjärjestelmien suunnitelmat. Rakennuttaja ja pääsuunnittelija koordinoivat ja tekevät suunnitelmien kustannusvertailun. Suunnittelijoiden valinnassa olisi hyvä hyödyntää jo aiempia yhteistyökokemuksia. Suunnittelusopimukset pyydetään kirjallisina, ja niihin sisällytetään tehtäväluettelo, maksujärjestely ja aikataulu. Rakennuttaja kokoaa suunnitelmat ja yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa hyväksyy ne kokonaisuutena. Tässä vaiheessa tarkistetaan suunnitelmien yhteensopivuus. Toteuttamisvaihe voidaan käynnistää anomalla suunnitelmien pohjalta rakennuslupaa.

4 Tavoitteet perusparannushankkeen toteutuksessa

4.1 Perusparannusvaihtoehdot

Hankkeen tavoitteena on suunnitella kokonaisratkaisu, jossa voidaan hyödyntää mahdollisimman hyvin eri rakenneosien lisäeristys. Tarkasteltavina ovat kolme kustannustasoltaan huomattavasti toisistaan poikkeavaa vaihtoehtoa. Aluksi selvitetään rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli nykyiset U-arvot laskennallisesti ja lasketaan energiankulutus eri rakenneosien osalta. Tuloksia verrataan toteutuneisiin energiankulutustietoihin. Kosteuden tiivistymisen lisäeristyksessä tulee suunnitella huolella ennen rakenteen valintaa. Eristeen lisääminen rakenteen sisäpintaan vaatii kosteusteknisen riskikartoituksen. Tiilirakenteisen vaipan lisäeristys sisäpuolelta

aiheuttaa kastepisteen siirtymisen sisäänpäin seinärakenteessa. Tarkasteltavaksi joutuvat myös vanhat rakenteiden eristemateriaalit ja niiden kosteudensietokyky. Vesikaton alla oleva mineraalivilla joudutaan mahdollisesti uusimaan. (15.)

4.1.1 Nykyinen tilanne

Rakennuksen perustana on kantava reunavahvistettu laatta 150 mm. Eristeenä on pintalaatan alla 150 mm kevytsoraa. Seinärakenne on NRT-kennotiiltä 130 mm, ja se on rapattu ja tasoitettu sisäpuolelta sekä maalattu. Eristeenä on 100 mm mineraalivillaa. Julkisivu on MRT-kennotiiltä 85 mm. Yläpohjana on kantava teräsbetoni-laatta 150 mm, jonka eristeenä on 150 mm mineraalivillaa. Kantavien seinien kohdalla kylmäsilta menee kantavan teräsbetoni-laatan pintaan heikentäen rakenteen U-arvoa.

Ensimmäisessä laskennassa käytettävässä perusparannusvaihtoehdossa rakenteiden osalta uusitaan ovet ja ikkunat sekä puretaan alapohja. Alapohja eristetään polyuretaanilla ja valettavaan pintalaattaan asennetaan lattialämmityspotkisto. Lämmöntuottolaitteena käytetään maalämpöpumppua Nibe Fighter 1145. Laitteessa on monipuoliset liitännät hybridijärjestelmän myöhempää rakentamista ajatellen. Kiinteistössä on porakaivo, jota voidaan hyödyntää. Lisäksi porataan toinen lämpökaivo. Lähtötietojen pohjalta lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman C4 (16) mukaisesti rakenteiden U-arvot kaavoilla 1 ja 2.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

R_T on rakennuksen lämmönvastus ympäristöstä ympäristöön

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad (2)$$

R_{si} on sisäpuolinen pintavastus

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} \dots R_m = \frac{d_m}{\lambda_m}$$

$d_1, d_2 \dots d_m$ on ainekerroksen 1,2...m paksuus [m].

$\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_m$ on ainekerroksen 1,2...m lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus.

R_g on rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

R_b on maan lämmönvastus

$R_{q1}, R_{q2} \dots R_{qn}$ on ohuen ainekerroksen 1,2,... lämmönvastus

R_{se} on ulkopuolinen pintavastus

Alapohjan U-arvon laskenta nykyisessä tilanteessa

$$R_T = 0.17 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + \frac{0.05 \text{m}}{1.2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.15 \text{m}}{0.13 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.15 \text{m}}{1.2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + 0.20 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 0.04 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} = 1.73 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{1.73 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}} = 0.58 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Uuden asennettavan 150 mm:n eristeen alapohjan U-arvo pintalaattana on 50 mm:n betoni:

$$R_T = 0.17 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + \frac{0.05 \text{m}}{1.2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.15 \text{m}}{0.023 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.15 \text{m}}{1.2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + 0.20 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 0.04 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} = 7.1 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{7.1 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}} = 0.14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Kantavien rakenteiden U-arvo alapohjaa vasten

$$R_T = 0.17 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + \frac{0.20 \text{m}}{0.5 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.15 \text{m}}{1.2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + 0.20 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 0.04 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} = 0.94 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{0.94 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}} = 1.06 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Seinä rakenteen U-arvo

$$R_T = 0.13 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + \frac{0.13 \text{m}}{0.5 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.10 \text{m}}{0.06 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0.085 \text{m}}{0.5 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + 0.04 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} = 2.27 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{2.27 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.44 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Yläpohjan U-arvo

$$R_T = 0.10 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{0.15 \text{ m}}{1.2 \text{ W/mK}} + \frac{0.15 \text{ m}}{0.06 \text{ W/mK}} + 0.2 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0.04 \text{ m}^2 \text{ K/W} = 2.97 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = \frac{1}{2.97 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.34 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

4.1.2 Sisäpuolinen eristys sekä ilma- ja poistoilmalämpöpumppu

Toisessa vaihtoehdossa rakennukseen asennetaan sisäpuolinen eristys. Sisäpuolisella eristyksellä saavutetaan U-arvot, jotka eivät täytä uudisrakennuksille vuonna 2010 asetettuja eristysarvoja. Lämmöntuottolaitteena käytetään Nibe Fighter 470 - poistoilma-lämpöpumppua. Laitteen ominaisuuksiin kuuluvat ilmanvaihtopuhaltimet, sekä käyttö- ja lämmitysverkon varaaja. Tarvittava lisäteho tuotetaan Mitsubishi MSZFA25-VA -ilmalämpöpumpulla sekä suoralla sähkölämmityksellä. Rakennuksen lisäeristemateriaaliksi valitaan polyuretaani. Käytän esimerkkilaskelmassa yläpohjan eristeenä 100 mm polyuretaania, samoin seinissä. Alapohjaan asennetaan 50 mm:n polyuretaanilevy. Ikkunat vaihdetaan karmittomiin U-arvoltaan 0.6 W/m²K. Ovien U-arvo on 1.0 W/m²K.

Alapohjan U-arvo on nykytilanteessa

$$U = \frac{1}{1.73 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.58 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Lisäeristys polyuretaani 50 mm

$$R_T = 0.05 \text{ m} / 0.03 \text{ W/mK} = 1.67 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 1.73 \text{ m}^2 \text{ K/W} = 3.4 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = \frac{1}{1.73 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 1.67 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.294 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Kantavien rakenteiden kohdalla U-arvo on alapohjaan

$$U = \frac{1}{0.94 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 1.06 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Kantavien rakenteiden yhteenlaskettu pinta-ala on 3.9 m².

Ulkoseinän nykyinen U-arvo ja lisäeristys polyuretaani 100 mm lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$U = \frac{1}{2.27 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.44 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$R_T = 0.10 \text{ m} / 0.03 \text{ W/mK} = 3.33 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = \frac{1}{2.27 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 3.33 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.179 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Yläpohjan nykyinen U-arvo ja lisäeristys 100 mm polyuretaani

$$U = \frac{1}{2.97 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.34 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$U = \frac{1}{2.97 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 3.33 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.159 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

4.1.3 Ulkopuolinen eristys sekä poistoilmalämpöpumppu

Kolmannessa vaihtoehdossa rakennuksen alapohja, seinät sekä kattorakenteet puretaan. Samalla seinät eristetään polyuretaanilevyllä ulkopuolelta ja pinnoitetaan ohutkerrosrappausmenetelmällä. Rakennuksen julkisivun ilmettä voidaan samalla muuttaa. Työvaihe on kallis, mutta se lisää kiinteistön elinkaarta ja vaikuttaa hiilidioksidipäästöjä alentavasti. Samalla voidaan uusia lämmönjakotapa ja suunnitella se uuden tehontarpeen mukaan. Maanvaraisen kantavan laatan päälle asennetaan polyuretaanieriste. Uuteen valettavaan pintalaattaan asennetaan lattialämmitysputkisto. Myös rakennuksen julkisivu muuttuu nykyaikaiseksi.

Sisäpuolisten muutostöiden osuus jää pienemmäksi verrattuna vaipan sisäpuoliseen eristykseen. Seinät ja yläpohjarakenne eristetään ulkopuolelta uudelleen. Lämmöntuottolaitteena käytetään tehokasta Ilpo Comfort 50 CE -

poistoilmalämpöpumppua. Laitteessa ei ole tuloilman lämmitystä: se hoidetaan erillisellä tuloilmayksiköllä Ilpo T10. Tarvittava lisäenergia tuotetaan suoralla sähkölämmityksellä. Lattiaan asennettava lämmitysputkisto antaa mahdollisuuden käyttää myöhemmin maalämpöpumppua tai aurinkokerääjää lämmöntuottolaitteena. Ulkopuolisena eristeenä käytetään 200 mm:n polyuretaanilevyä. Polyuretaanilevyn U-arvo on tässä vaihtoehdossa 0,023 W/m²K. Yläpohjan eristäminen tehdään uudelleen puhallettavan mineraalivillaeristeen avulla. Eristekerroksen paksuus on 550 mm. Alapohjan U-arvo on

$$R_T = 0.17 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{0.05 \text{ m}}{1.2 \text{ W/mK}} + \frac{0.15 \text{ m}}{0.023 \text{ W/mK}} + \frac{0.15 \text{ m}}{1.2 \text{ W/mK}} + 0.20 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0.04 \text{ m}^2 \text{ K/W} = 7.1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = \frac{1}{7.1 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.14 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Seinäarakenteen U-arvo on

$$R_T = 0.13 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{0.13 \text{ m}}{0.5 \text{ W/mK}} + \frac{0.20 \text{ m}}{0.023 \text{ W/mK}} + 0.04 \text{ m}^2 \text{ K/W} = 9.13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = \frac{1}{9.13 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.11 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Yläpohjan U-arvo on

$$R_T = 0.10 \text{ m}^2 \text{ K/W} + \frac{0.15 \text{ m}}{1.2 \text{ W/mK}} + \frac{0.55 \text{ m}}{0.05 \text{ W/mK}} + 0.2 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0.04 \text{ m}^2 \text{ K/W} = 11.47 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = \frac{1}{11.47 \text{ m}^2 \text{ K/W}} = 0.087 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

4.2 Uudet rakennusmääräykset lämmöneristyksestä

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 lämmöneristämismääräykset uusittiin vuonna 2010, ja ne astuivat voimaan 2010 alusta. Ne koskevat uudisrakennuksia, mutta antavat hyvän pohjan myös korjausrakentamisen hankesuunnitteluun. Merkittävimmät muutokset olivat rakenteiden lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon pieneneminen.

U-arvojen vähimmäismääräykset ovat ulkoseinien ja ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan osalta 0,17 W/Km². Yläpohjan ja ulkoilmaan rajoittuvan alapohjan osalta 0,09 W/Km² sekä maavaraisen rakennusosan U-arvo on 0,16 W/Km². (17.)

Rakennusten energiamääräysten rajat tulevat tiukkenemaan vuonna 2012 vuoden 2010 tasosta 20 prosenttia. Toistaiseksi määräykset eivät koske vanhoja rakennuksia. Tulevaisuudessa energian hinta kohoaa entisestään ympäristöverojen ja uusiutumattomien energianlähteiden hintojen kohotessa. Tämä ohjaa energiansäästöinvestointeja. (18.)

4.3 Energiaselvitys

Korjausrakentamisen rakennusluvan anomisen yhteydessä on annettava erillinen energiaselvitys, joka on määritelty energiatodistuslaissa (19). Energiaselvityksen voi laatia talotekniikan suunnittelutehtävissä toimiva henkilö, joka on perehtynyt energiaselvityksen laadintaan. Energiaselvitys sisältää

- rakennuksen tunnistetiedot
- energiatodistuksen laatijan
- pääsuunnittelijan tiedot
- lämpöhäviöiden määräystenmukaisuuden ja tasauslaskentatiedot
- ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon laskennan
- rakennuksen lämmitystehon laskennan
- arvion kesänaikaisesta lämpötilasta
- rakennuksen energiankulutuksen sekä ostoenergiankulutustiedot
- energiatodistuksen. (20.)

Energiaselvityksen allekirjoittaa rakennuksen pääsuunnittelija, vaikka sen laatijana olisi toinen henkilö.

4.4 Huoltokirja ja käyttöohje

Maankäyttö- ja rakennuslaki velvoittaa laatimaan huolto- ja käyttöohjeen rakennusluvanvaraisiin perusrakennuskohteisiin, joissa asutaan pysyvästi. Rakennusluvan vaatima hanke on yleensä niin laaja, että huoltokirjan ja käyttöohjeen tekeminen on välttämätöntä. Tavallinen kuluttaja perehdytetään huoltokirjaan ja järjestelmätoimittajien urakkasopimuksessa määritellyn käyttäjäopastuksen perusteella. Kuitenkin kaikkien järjestelmien koottu tietokanta helpottaa kiinteistön omistajaa ja käyttäjää. Pientalon huolto- ja käyttöohjeesta on olemassa Suomen

ympäristöministeriön julkaisemana ohjeistus, joka kertoo yksityiskohtaisesti laadinnan sisältämät vaiheet. (21.)

5 Tekniset perusparannusvaihtoehdot

5.1 Lämpöpumpputjärjestelmät

Suomessa on nykyisin noin 150 000 lämpöpumpua, joista ilmalämpöpumppuja 50 000. Vuosittainen energiansäästö on noin 2 terawattituntia. Hiilidioksidipäästöjen aleneminen energiansäästön johdosta on noin 500 000 tonnia. Ruotsissa käytettävien laitteiden määrä on noin 500 000, ja lämmitykseen käytettävän sähköenergian kulutus on pienentynyt 20 vuoden aikana noin 30 prosenttia.

Järjestelmien tehot alkavat noin 2 kW:sta. Ilmalämpöpumpputjärjestelmiä on pienitehoisia, kun taas ilma-vesi ja maalämpöpumppujen tehot alkavat 4,5 kW:sta. Maalämpöpumput soveltuvat suurempiin rakennuksiin paremmin. Maalämpöpumpun vuotuinen hyötysuhde voi olla 3, joten se on selvästi tehokkain energiataloudellisesti. Maalämpöpumpulla voidaan tuottaa 70–95 prosenttia vuotuisesta lämmitysenergiatarpeesta.

Käyttäjän päätettäväksi jää millaisen lämmitysjärjestelmän haluaa. Lämpöpumppuinvestoinnit ovat perusteltuja ratkaisuja ja ovat hyödyllisiä ilmastonsuojelun sekä hiilidioksidipäästöjen kannalta. (22.) Kuvassa 2 esitetään ilmalämpöpumpuilla saavutettavia osuuksia lämmitysenergiatarpeesta pientaloissa.



Kuva 2. Ilmalämpöpumpulla saavutettava energiansäästö Motivan (23) mukaan.

5.1.1 Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate

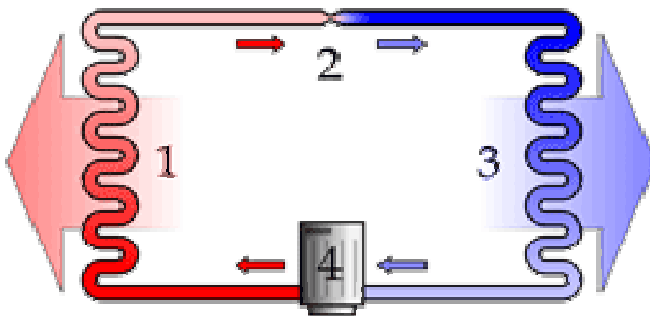
Lämpöpumpun avulla energian kulutusta voidaan pienentää. Käytetyn sähkön ostoenergian määrä pienenee hyötysuhteen suhteessa. Hyötysuhteella tarkoitetaan laitteen ottaman ja antaman tehon suhdetta, jonka lyhenne on (COP). Lämpökerroin lasketaan kaavalla 3.

$$\text{Lämpökerroin} = \frac{T_2}{(T_2 - T_1)} \quad (3)$$

T_1 on kohteen lämpötila, josta lämpö kerätään

T_2 on sisäilman lämpötila, lämpötila annetaan Kelvin-yksiköinä.

Ilmalämpöpumput soveltuvat hyvin sähkölämmitteisen pientalon lisälämmönlähteeksi. Lisäksi ne soveltuvat myös jäähdytykseen kesäaikana, jolloin laitteella on myös sisäilmaa kuivaava vaikutus. Sisäyksikön kautta kiertävästä ilmasta poistuu myös epäpuhtauksia suodattimen avulla. Kuvassa 3 on esitetty ilmalämpöpumpun toimintaperiaate.



Kuva 3. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate (25).

Kuvan 3 ilmalämpöpumpun osat ovat 1 lauhdutin, 2 paisuntaventtiili, 3 ulkoyksikön höyrystin ja 4 kompressori.

Ilmalämpöpumpulla siirretään lämpöenergiaa ulko- ja sisäyksikön välillä. Lämmitystilanteessa energia siirretään kylmemmästä lämpimämpään ja

jäähdytettäessä päinvastoin. Ilmalämpöpumppu toimii jääkaapin tavoin ja niillä voidaan tuottaa lämpöenergiaa jopa -30 °C :n pakkasella. Tällöin niiden hyötysuhde pienenee. A-energialuokan saavuttamiseksi tulee laitteilla hyötysuhde olla $+7\text{ °C}$:n lämpötilassa vähintään 3,6. Ilman viilentyessä hyötysuhde ja pumpun lämmöntuottokyky laskee. Laadukkaat ja oikein asennetut järjestelmät tuottavat vielä -20 °C :n lämpötilassa lämpöä lähes kahden hyötysuhteella. (24).

Ilmalämpöpumpun tärkein komponentti on kompressori, joka pyöriessään puristaa höyrystynyttä kaasua paisuntaventtiin läpi sisäyksikköön. Paineistunut kylmäaine muuttuu sisäyksikön lauhduttimessa nesteeksi luovuttaen samalla lämpöä. Nesteytynyt kylmäaine jäähtyy noin -50 °C :seen ja kiertää ulkoyksikköön. Ulkoilman alhaisemman lämpötilan ansiosta kylmäaine jälleen höyrystyy sitoen energiaa samalla itseensä. (26, s. 30.) Pääperiaatteena kuitenkin on pidettävä, että ulko- ja sisäyksikön etäisyys toisistaan on mahdollisimman pieni, koska yksiköiden etäisyys toisistaan vaikuttaa hyötysuhteeseen. (23.)

5.1.2 Ilmalämpöpumpun ominaisuudet ja käyttö

Sähkölämmityksen tehostamisohjelmassa Elvarissa on tutkittu ilmalämpöpumppujen ominaisuuksia ja käyttöä. Tutkimuksen pohjalta laitteen hankintaa ajateltaessa tulee huomioida seuraavat pääkohdat:

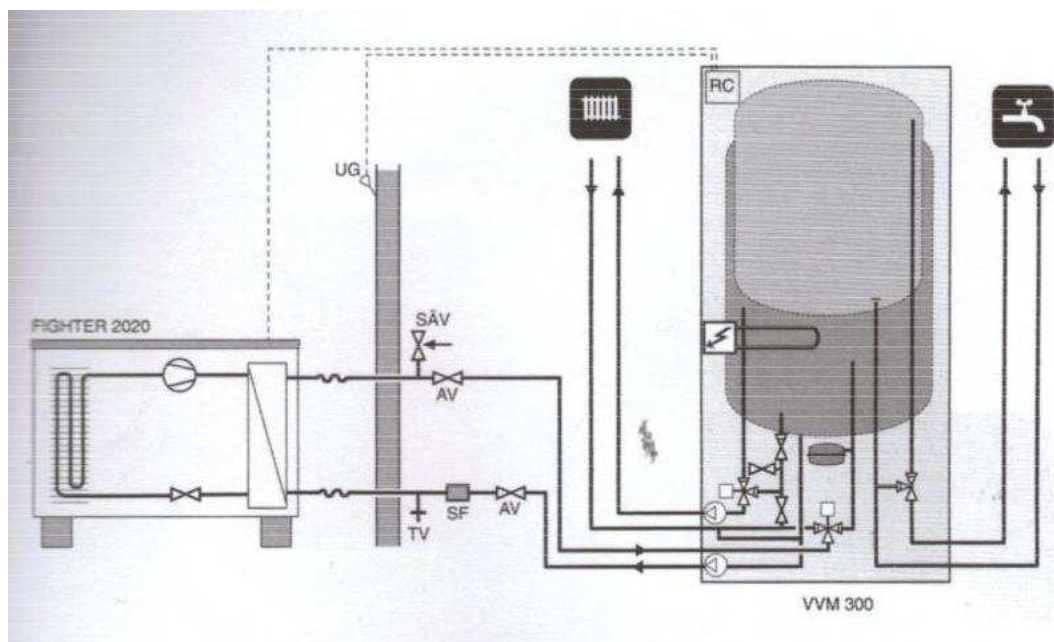
- laite ei sovellu rakennuksen ainoaksi lämmitysjärjestelmäksi.
- laitteen sisäyksikön äänitasoon kannattaa kiinnittää huomiota.
- sisäyksikkö on sijoitettava niin, että sen edessä on vapaata tilaa.
- laite joudutaan imuroimaan usein, ja sitä ei saa sijoittaa keittiöön.
- sisäyksikön sijoitus tulisijan läheisyyteen parantaa lämmönjakoa.
- ulkoyksikkö oltava riittävän ylhäällä maasta.
- kondenssiveden poisjohtaminen on huomioitava.
- alle -15 °C :n lämpötilassa laite tulee sammuttaa.

Rakennuksen ilmastointijärjestelmän kanssa oikein käytettynä ja sovitettuna saadaan edullisesti tuotettua energiaa alhaisin investointikustannuksin. Laitteen tulee olla säädetty siten, että sillä tuotetaan niin pitkään tarvittava lämmitys, kun sen teho riittää. Lämmityksen asetusarvo on syytä olla muutamia asteita alle ilmalämpöpumpun asetusarvon. Vasta sen jälkeen tuotetaan lämmitystehoa muilla tavoin. (27.)

5.1.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan tuottaa tehokkaasti lämmitysenergiaa syksyisin ja keväisin. Vuoden keskiarvona sen lämpökerroin vaihtelee välillä 1,5–2,0. Lisäksi vuotuinen käyttöaika on varsin pitkä. Rajoitteita ovat vain lyhyet jaksot keskitalvella, jolloin laite on oltava pois päältä.

Kuvassa 4 olevalla järjestelmällä valmistetaan käyttövesi sekä lämmitetään patteriverkostossa kiertävä vesi. Varaajassa on oltava sähkövastukset, joilla nostetaan lämmitysverkoston kiertoveden lämpötila riittävän korkeaksi pakkaskautena. Ulkolämpötilan ollessa yli -15 °C hyötysuhde pienenee, jolloin sähkövastuksia tarvitaan myös tuottamaan varaajaan riittävän korkea lämpötila käyttöveden valmistukseen. Tämytyypisessä korkeassa varaajassa käytetään hyödyksi veden kerrostumisominaisuutta lämpötilan mukaan, jolloin ilmalämpöpumpulta tuleva vesi johdetaan varaajan alaosaan, jossa veden lämpötila on alhaisempi.



Kuva 4. Ilma-vesilämpöpumpun toimintakaavio (26, s. 35).

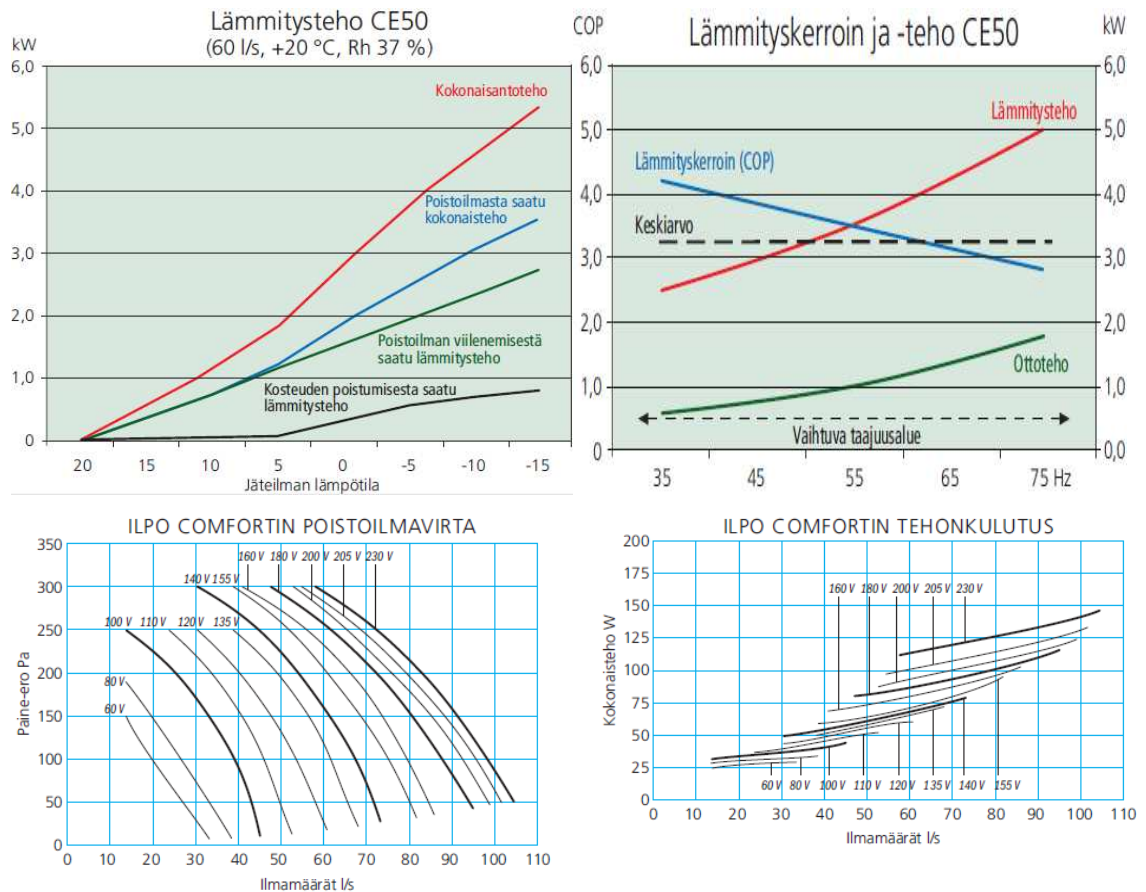
Sähkövastukset sijaitsevat hieman ylempänä, jolloin niillä tuotettu korkeampi lämpö nousee varaajan yläosaan, josta otetaan lämmin käyttövesi.

5.1.4 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpun toiminta perustuu rakennuksen jäteilmän sisältämän energian talteenottoon. Investointipäätös pumpun hankkimisesta on perusteltua uuden tai peruskorjattavan tulo- ja poistoilmakoneen uusimisen yhteydessä. Laitteella on mahdollista myös tuottaa jäähdytettyä ilmaa kesäaikana. Poistoilmalämpöpumpun käytössä on huomioitava erityisesti poistoilmasuodattimen puhtaus. Laite tulee sijoittaa tilaan, jossa on riittävästi tilaa huoltotoimenpiteitä varten. Tilan ilmanvaihto on mitoitettava valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Poistoilmalämpöpumpun tuottama energia siirretään yleensä tuloilmaan ja käyttöveden lämmittämiseen ja mahdollisesti myös lämmitysjärjestelmään. Vuosihyötysuhde voi olla 40 % lämmitysenergiantarpeesta. Laitteen hyötysuhdelaskennassa käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D5 annettua ilmalämpöpumpulle annettua arvoa 2. Poistoilmalämpöpumppu on hankintakustannuksiltaan edullisempi kuin ilma-vesilämpöpumppu, ja sillä saadaan hoidettua myös ilmanvaihto. Se soveltuu erityisen hyvin pienehköihin omakotitaloihin. (28.)

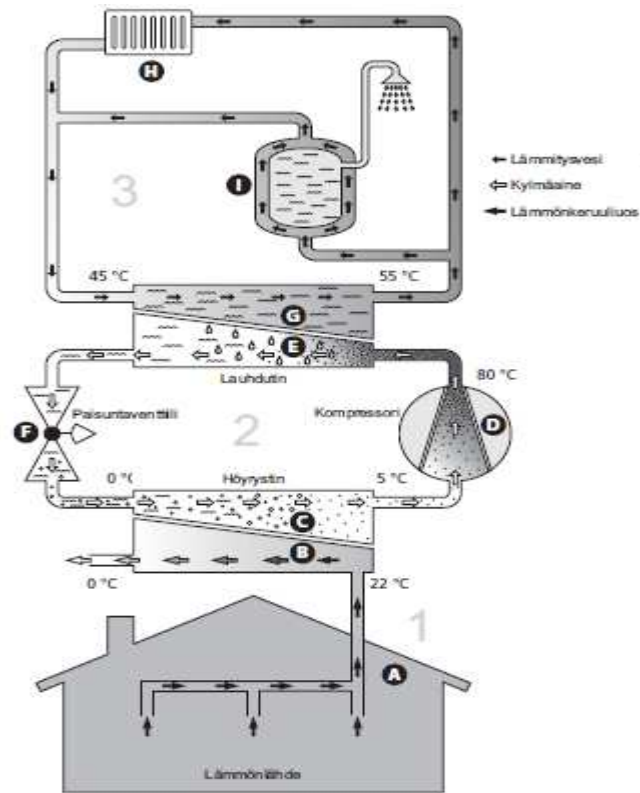
Esimerkkinä käytän rakennuksen ulkopuolisen eristyksen laskentavaihtoehdossa Ilpo Comfort 50 -poistoilmalämpöpumppua. Laite kykenee jäähdyttämään jäteilmän jopa -15 °C :n lämpötilaan ideaaliolosuhteissa. Laitteessa käytetään erillistä tuloilmayksikköä joko kiertovesi jälkilämmityspatterilla tai sähkövastuksella varustettuna. Poistoilmapuhaltimen kierrosnopeutta säädetään jännitteellä. Kierukkakompressoria ohjataan taajuusmuuttajalla, jolla toteutetaan laitteen kierrosluvun ja tehonsäätö. Kuvasta voidaan päätellä, että laitteella poistoilman mitoitusvirtaamalla 35 l/s on kanavapaine-ero 140 Pa. Ilman virtausnopeus 160 mm:n kanavassa jää varsin alhaiseksi. Lämpöpumpun käyttötaajuus 35 Hz antaa korkeamman hyötysuhteen. Kuvassa 5 esitetään laitteen lämmitystehon ja hyötysuhteen kuvaajat sekä puhaltimen ominaiskäyrät.



Kuva 5. Poistoilmalämpöpumppu Ilpo Comfort 50 CE:n tekniset ominaisuudet (29.).

Laitteessa on erillinen tuloilmayksikkö, joka mahdollistaa poistoilman jäähdyttämisen alle +5 °C:n. (29.) Optimimitoituksen säätö vaatii laitteen toimittajalta ammattitaitoa.

Sisäpuolisessa eristysvaihtoehdossa käytettävän poistoilmalämpöpumpun Nibe F 470 toiminta esitetään kuvassa 6.

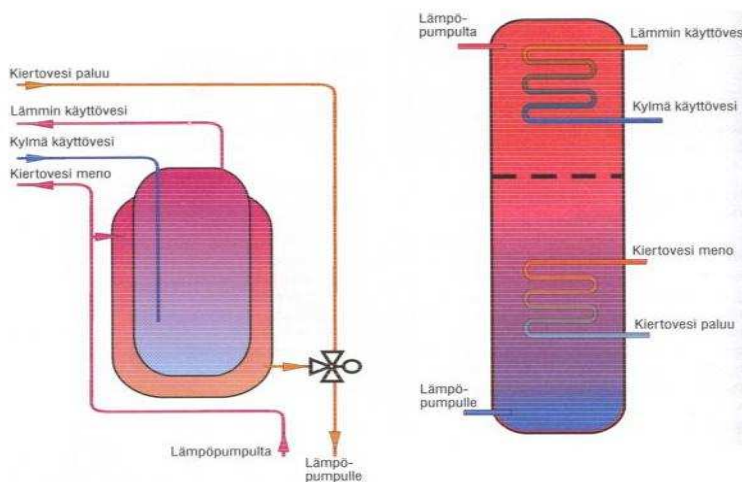


Kuva 6. Nibe Fighter 470 -poistoilmalämpöpumpun toiminta (30).

- A. Lämpöpumpun puhallin imee lämmintä poistoilmaa.
- B. Poistoilma lämmittää kylmäaineen, joka höyrystyy.
- C. Kylmäaine kiertää höyrystimen läpi sitoen poistoilman energiaa ja alkaa kiehua.
- D. Kaasuuntunut +5 °C:n lämpöinen kylmäaine puristetaan kokoon kompressorissa, jolloin sen lämpötila nousee +80 °C:seen.
- E. Kompressori työntää kylmäaineen lauhduttimeen, jossa sen sisältämä energia luovutetaan kattilaveteen. Kylmäaine tiivistyy samalla nesteeksi.
- F. Kylmäaine puristetaan paisuntaventtiin läpi, jolloin sen lämpötila saadaan alenemaan alkuperäiseen arvoon. Aine on kiertänyt tässä pisteessä täyden kierron.
- G. Lauhduttimessa luovutettu lämpöenergia siirtyy lämmitysveeseen.
- H. Lämmitysvesi pumpataan lämmitysjärjestelmään sekä tuloilmapatterille.
- I. Lämpöpumpun sisäisessä varaajassa lämmitetään käyttövesi.

5.1.5 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu ottaa lämmitysenergian maaperään kaivetusta putkistosta tai poratusta reiästä. Myös vesistö on hyvä sijoituspaikka. Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde on noin 3. Maalämpöpumpun mitoituksessa ei kannata ylivoimaisesti järjestelmää huipputehotarvetta silmälläpitäen. Riittää, kun järjestelmällä pystytään kattamaan 50–70 prosenttia huipputehosta. Rakennus on aina syytä varustaa lisälämmönlähteellä mahdollisen laiterikon varalta. Huipputeho tuotetaan sitten lisälämmönlähteellä, joko puilla tai varaajaan sijoitetuilla sähkövastuksilla. Maalämpöpumpun hankintahinta on hieman kalliimpi kuin muilla lämpöpumppujärjestelmillä. Se soveltuu vesikiertolämmitysjärjestelmällä varustettuun kiinteistöön, jossa kiertoveden lämpötila on alhainen. Erityisen hyvin se soveltuu lattialämmitysratkaisuihin. Maalämpöpumpun sijoituspaikka voi olla tekninen tila. Pumpulle voidaan myös rakentaa erillinen tila, josta energia johdetaan eristettyjä putkia pitkin rakennukseen, jolloin vältytään ääniongelmilta. Kuvassa 7 esitetään kaksi erilaista maalämpöpumpun varaajaa.

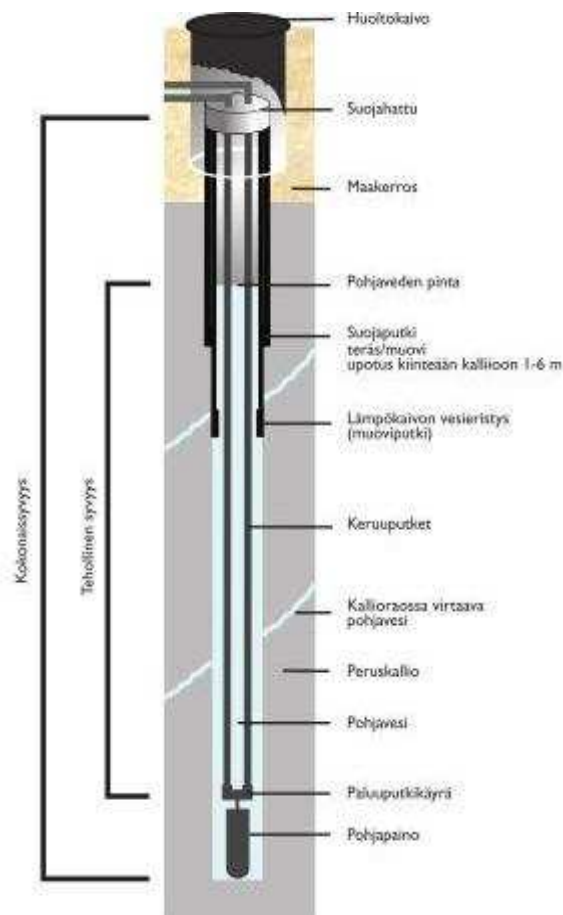


Kuva 7. Vaippavaraaja ja kierukkavaraaja (26, s. 70).

Maalämpöpumpun toiminta on samanlainen kuin muissakin lämpöpumpuissa. Maalämpöpumpulla tuotettu energia on lämpötilaltaan noin 50 °C, jolloin on myös mahdollista käyttää vanhoja pattereita edelleen. Monissa lämpöpumpuissa saavutetaan parempi hyötysuhde matalammalla (noin 35 °C) kiertoveden lämpötilalla, joka soveltuu lattialämmitykseen.

5.1.6 Lämpökaivo

Maahan porattavasta lämpökaivosta saatava teho on noin 50 kWh/m (32, s. 15). Lämpökaivon poraaminen käy nykyisin joutuisasti: yhden työpäivän aikana saadaan porattua jopa 200 m:n syvyinen lämpökaivo. Laitteisto siirtyy siististi haluttuun paikkaan ja kaikki porausjäte siirretään konttiin porauksen aikana. Porauksen päätteeksi kaivo huuhdellaan vedellä. Kiinteistön omistajan tulee etukäteen suunnitella kaluston tuontireitti. Kuvassa 8 on esitetty lämpökaivon rakenne.



Kuva 8. Lämpökaivon rakenne (33, s. 26).

Kaivon porauksessa ja putkiston asennuksessa on joukko huomioitavia asioita. Lämpökaivojen etäisyys toisistaan saa olla korkeintaan 15 m, ellei kaivoja porata viistosti erisuuntiin toisistaan. Tulo- ja paluupuolen putkisto yhdistetään kaivon pohjalla toisiinsa U-lenkillä. (26, s. 66–69.) Putkiston tulee olla paineenkestoltaan vähintään 6 kg/cm². Materiaali on polyeteeniä seinämävahvuudeltaan 6,2 mm, ja sen on oltava SFS-standardin mukaista. Yleisimmät putkikoot ovat 32 ja 40 mm. Putkisto on

koepaineistettava $1 \text{ h}/3\text{kg}/\text{cm}^2$. Liian pitkiä keruulinjoja on vältettävä. Kaivoja voi olla 2 tai useampia. Kiertovesipumpun teho pienenee kytkettäessä keruuputkistot rinnakkain, jolloin syöttöputkien halkaisija on oltava suurempi. Keruuputkisto täytetään liuksella, jonka pakkaskestävyys on oltava $-17 \text{ }^\circ\text{C}$. Liuoksena käytetään yleisesti vettä, johon on lisätty 30 prosenttia etyylialkoholia. (31.)

Useissa kunnissa vaaditaan rakennusvalvontaviraston lupa lämpökaivolle. Vanha talousvedenotossa käytetty porakaivo on myös mahdollista ottaa lämpökaivokäyttöön. Usein porakaivot ovat liian matalia. Lisäksi tarvitaan toinen lämpökaivo tai maahan kaivettu putkisto. Kaivon kunto on syytä tarkistaa ennen käyttöpäätöksen tekemistä. (33.)

5.1.7 Keruuputkisto maassa

Samat kriteerit pätevät maahan kaivettuun putkistoon kuin lämpökaivoon asennettavaan putkistoon. Maahan sijoitetun putkiston asennusetäisyys seuraavaan putkeen tulee olla vähintään 1,5 m. Asennussyvyys on vähintään yksi metri. Tavallisen omakotitalon putkiston pituus on noin 400 m, ja se on jaettava useampaan lenkkiin. Putkiston ilmauksen takia se on asennettava viistoon asentoon. Maalämpöpumpun kerääjäputkisto mitoitetaan vuotuisen energiankulutuksen perusteella. Maasta saatava lämpöteho vaihtelee leveyspiirien ja maa-aineksen mukaan. (26, s. 66–69.)

5.1.8 Keruuputkisto vesistöissä

Keruuputkisto vaatii aina hyvän ankkuroinnin pohjaan. Putkisto sijoitetaan vähintään 3 metrin syvyyteen jolloin rannan täytyy olla melko jyrkkä. Putkiston sijainnista on tehtävä kartta ja merkittävä rantaan varoituskyttilit. Vesistöistä saadaan 70–80 kWh/m/a (32, s. 16). Keruuputkisto tulee eristää rantaan asti, koska muuten vedestä tuleva lämpö siirtyy paluuputkessa kylmempään maahan vesistön jälkeen ennen lämpöpumppua. Putkiston sijoittamiselle veteen on oltava kirjallinen lupa vesialueen omistajalta.

5.1.9 Lämpöpumpputarjouspyyntö

Lämpöpumppujen asennus on luvanvaraista toimintaa. Yrittäjällä tulee olla asetuksen mukainen vastuuhenkilön pätevyys tai yrityksen vastuuhenkilön on oltava Turvatekniikan keskuksen henkilörekisterissä (34). Laittevalinnan tulee perustua lämpöpumpputoimittajille järjestettyyn tarjouskilpailuun. Laitteen hankinta ei edullisesta hankintahinnastakaan huolimatta voi perustua yhden toimittajan tarjoukseen. Laittevalinnassa tulisi pyrkiä pitkään alalla toimineiden asennusliikkeiden tunnettuihin merkkeihin. Huollon toimivuus ja varaosien saanti oletetun elinkaaren aikana tulee varmistaa. Tarjouspyynnössä tulee esittää seuraavat asiat

- laitesijoitus ja -tiedot sekä suunnitelmat
- sisäyksikön äänitasosta kannattaa pyytää erillinen dokumentti
- lämpökerroin standardin mukaisesti
- tehonmääritys otto- ja antoteho
- vaatimus ensimmäisen lämmityskauden toiminnan tarkastamisesta.

Tarjouksessa tulee olla eriteltyinä

- erillishinnat asennuksesta sekä laitteiden yksikköhinnat
- asennukseen liittyvien rakennustöiden erittely
- asennuksen sähkötyöiden hinta
- erillinen selvitys huollosta, takuuajasta ja käytönopastuksesta.

On kohteliasta vastata pyydettyyn tarjoukseen, vaikka se ei johtaisi tilaukseen.

5.2 Aurinkoenergia

5.2.1 Aurinkoenergian hyödyntäminen

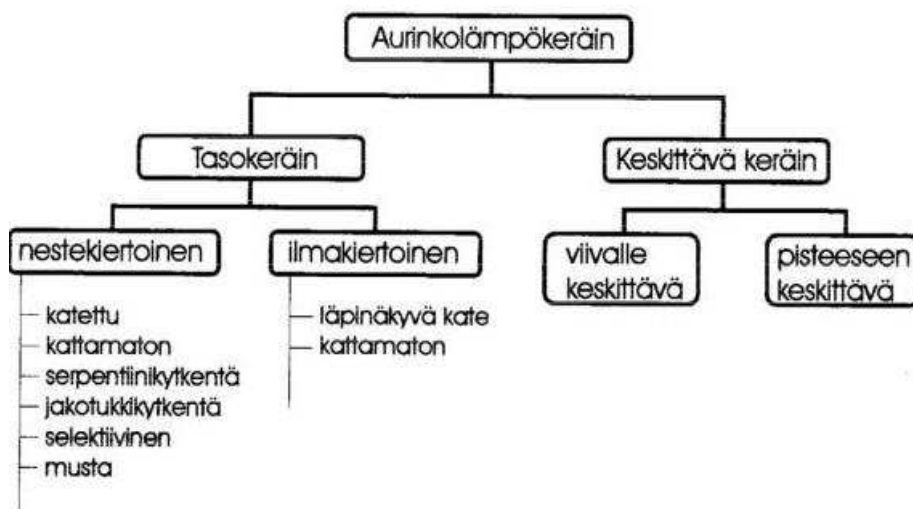
Auringon säteilylämpöä voidaan hyödyntää monella tavalla. Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen tarkoittaa sitä, että rakennus varaa ja kerää aurinkoenergiaa päästämällä sisään säteilyenergiaa. Rakennuksen muoto ja sen sijoittuminen sekä ikkunoiden suuntaus vaikuttavat sitoutuvan energian määrään. Massiivinen runkorakenne ja sisäpuolisen rakenteen lämmönvarauskyky ratkaisee, kuinka paljon siihen pystyy absorboitumaan muuntunutta lämpöä auringonsäteilystä. Aktiivinen

energian hyödyntäminen tarkoittaa sitä, että säteilyenergiaa johdetaan jollain menetelmällä varaajaan, josta sitä voidaan ottaa käyttöön eri ajankohtana.

Suomen ilmasto-olot mahdollistavat vain melko lyhyen ajan vuodesta, jolloin aurinkoenergian hyödyntäminen on mahdollista aurinkokeräimillä. Lisäksi auringon säteilyn tulokulma muuttuu koko ajan ollen Etelä-Suomessa kesällä 53 astetta ja talvisin ainoastaan 7 astetta. Aurinkokeräimen optimi kallistus- ja suuntakulma on siis haettava halutun energian tuoton maksimoimiseksi. Koko vuotta ajatellen kallistuskulma on 45 astetta. Aurinkokeräimen suuntakulma tulee sijoittaa etelän ja lännen välille. (35, s. 80–84.)

5.2.2 Aurinkokeräintyytit

Pääryhmät voidaan jakaa kuvan 9 mukaisiin ryhmiin toiminnan perusteella.

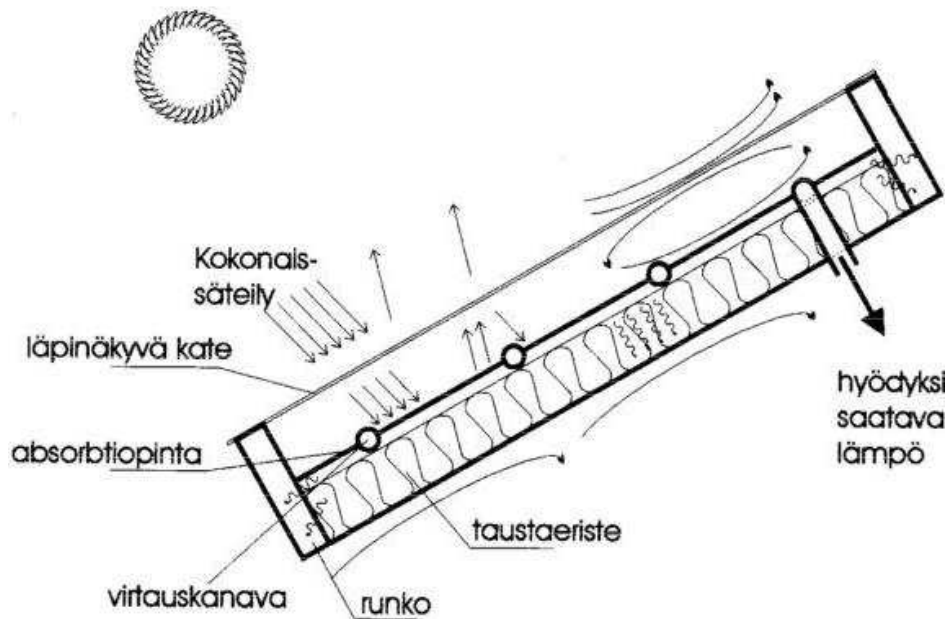


Kuva 9. Aurinkokeräimien luokittelu (36, s. 31).

Aurinkokeräimiä on kahta päätyyppiä. Keskittävässä keräimessä säteily keskitetään viivamaiselle tai pistemäiselle alueelle. Tasokeräimissä säteilyenergia otetaan suoraan muuntamatta säteilyn suuntaa, jolloin koko pinta ottaa säteilyä vastaan mahdollistaen myös hajasäteilyn vastaanottamisen.

5.2.3 Tasokeräin ja toiminta

Tasokeräin on yleisimmin käytetty keräintyyppi, jota käytetään lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Keräimen osat ovat: kate, absorptiopinta, eriste sekä runko. Kuvassa 10 on esitetty tasokeräimen rakenne.



Kuva 10. Tasokeräimen rakenne (36, s. 31).

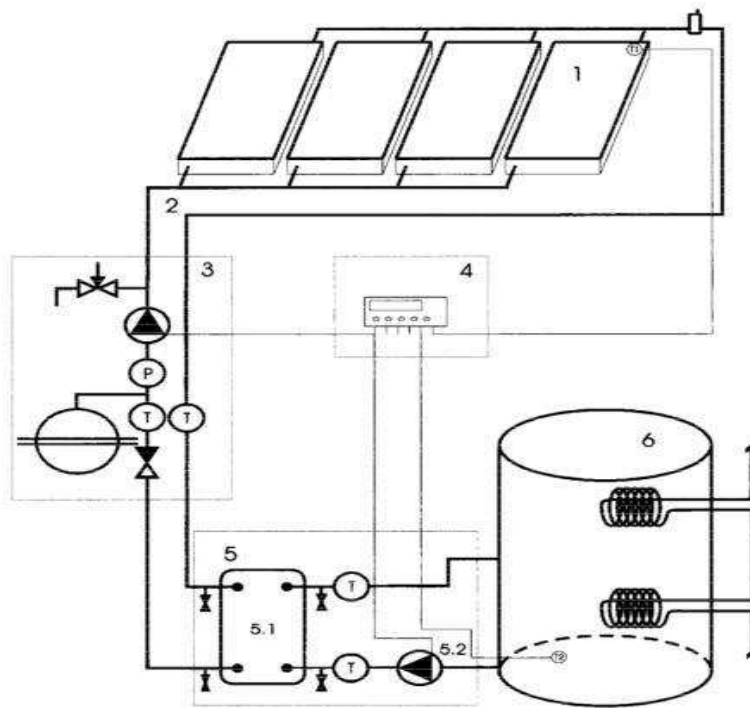
Tämän tyyppisellä tasokeräimellä voidaan tuottaa kirkkaana kesäpäivänä jopa +200 °C:n lämpöistä vettä. Tilanne jossa keräin on kuormittamattomana, aiheuttaa sen ylikuumentumisen. Tasokeräimen rakenteiden tulee kestää kyseinen tilanne, ja varolaitteiden tulee kyetä poistamaan liiallinen paine järjestelmästä. Tasokeräimen lämpölaajeneminen on aika suuri johtuen suuresta lämpötilaerosta. Tämä tekijä on otettava huomioon tasokeräimen kiinnityksessä katto- tai muuhun rakenteeseen.

Tasokeräimen eristeenä käytetään yleensä villaa. Katemateriaalina paras on vähärautainen karkaistu lasi, joka vaurioituessaan menee muruiksi eikä aiheuta vaaratekijöitä. Laseja on erityyppisiä ja niiden transmittanssi eli valonläpäisykyky vaihtelee. Tavallisella ikkunalasilla se on 0,8. Absorbaattorissa virtaavan veden virtausnopeus tulisi olla alle 1,5 m/s, sen on oltava kuitenkin niin suuri, että se on

turbulenttista. Lämmönsiirtyminen on tällöin tehokkaampaa. Tasokeräimen putkisto voidaan kytkeä rinnakkain jakotukkikytkennäksi. Serpentiinikytkennässä virtaava vesi kiertää yhtä linjaa myöten. Energiaa sitoutuu helpommin pienimassaiseen järjestelmään, jolloin lyhyitäkin auringonsäteilyn jaksoja voidaan hyödyntää käynnistämällä kiertovesipumppu. (36, s. 30–42.)

5.2.4 Lämmönsiirrin ja varaajakytkentä

Putkistossa käytetään nesteinä yleisesti vesi- propyleeniglykoliseosta. Putkiston lämpötilavaihtelu on käyttöaikana +20...+140 °C, järjestelmän tulee kestää nämä lämpötilavaihtelut. Kuvassa 11 esitetään ulkoisen levylämmönvaihtimen kytkentä varaajaan.



Kuva 11. Ulkoisen levylämmönsiirtimen kytkentä (36, s. 51).

Kuvan 11 järjestelmän osat:

1. Aurinkotasokeräin
2. Putkisto on hehkutettua kuparia
3. Pumppuyksikkö sekä paisunta-astia
4. Säätyyksikkö
5. Lämmönvaihdin 5.1 levylämmönvaihdin; 5.2 Lämmönsiirtimen pumppu

6. Varaaja jossa käyttöveden lämmitys kierukoilla

Järjestelmän siirtolinjoina käytetään hehkutettua kuparia. Putkiston eristeenä käytetään mineraalivillaeristeitä. Liitokset tehdään vain aurinkokeräimeen sekä lämmönvaihtimeen. Koko keräimen tilavuus tulisi mahtua tarvittaessa paisunta-astiaan. Järjestelmien varoventtiilin paine on yleensä 3 kg/cm².

5.2.5 Varaaja

Lämmitysjärjestelmän uusimisen yhteydessä oli tarkoitus hyödyntää osittain vanhan lämmitysjärjestelmän 4 000 dm³ lämminvesivaraajaa. Kellaritilassa sijaitsevan varaajan lämpöhäviö on kuitenkin niin suuri, että sen käyttämistä ei voi suositella. Varaajaa mahdollisesti hyödynnetään myöhemmin aurinkokeräinjärjestelmän osana.

Varaajia on kahden tyyppisiä: vedenlämmittimiä ja lämmitysvaraajia. Vedenlämmittintä käytetään vain käyttöveden lämmittämiseen. Aurinkokeräin voidaan liittää varaajan apuenergiälähteeksi. Kesäaikana kerääjä tuottaa tarvittavan energiamäärän lähes kokonaan. Varaajien rakennepaine on tavallisesti alhainen, varsinkin avoimella paisunta-astialla varustetussa järjestelmässä. Käyttöveden valmistus tehdään erillisessä kierukassa, ja vain sen tulee kestää vesijohtoverkoston paine.

Korkeassa varaajassa saadaan paremmin käytettyä hyväksi veden lämpötilan mukaan tapahtuvaa kerrostumista. Käyttövesikierukka sijoitetaan varaajan yläosaan ja tarvittaessa vettä kuumennetaan sähkövastuksin riittävän lämpötilan aikaansaamiseksi. Liitettäessä aurinkolämmityskierukka varaajan alaosaan saadaan parempi vuotuinen hyötysuhde aurinkolämmön käytöstä. Varaajassa voidaan lisäksi käyttää käyttöveden esilämmityskierukkaa, jolloin saavutetaan vielä parempi vuosihyötysuhde. (36, s. 52.)

5.3 Ilmanvaihto

5.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmän valinta

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Kun rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmään tehdään perusparannus, se on varustettava lämmöntalteenottolaitteistolla. Poistoilmasta on otettava talteen 30 prosenttia

ilmanvaihdon tarvitsemasta energiasta. Koneellinen ilmastointi voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde poikkeaa hieman levylämmönvaihtimella varustetun lämmöntalteenoton ja regeneratiivisen lämmöntalteenoton välillä. Poistoilmalämpöpumpulla varustettu järjestelmä kilpailee nykyään aikaisempien ilmanvaihtolaitteistojen kanssa.

Poistoilmaa jäähdytetään ja siirtynyt energia luovutetaan lämmöntuottojärjestelmään takaisin. Poistoilmalämpöpumpun ja tavallisen koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän hintaero ei ole suuri uudis- ja perusparannuskohteessa. Asennus- ja suunnittelukustannukset sekä ilmastointikanavien kustannukset muodostavat suuren osan järjestelmän hinnasta. Poistoilmalämpöpumpulla varustettu ilmanvaihtokone on järkevä vaihtoehto ottaen huomioon tulevaisuuden energian hintakehityksen. Ilmanvaihtokoneen moottorien sähkönkulutukseen kannattaa kiinnittää huomiota laitetta valittaessa. Nykyisin on markkinoilla tasavirtamoottoreilla varustettuja laitteita, joilla koko laitteen elinkaaren aikana saavutetaan merkittävä energiansäästö. (24.)

5.3.2 Ilmastoinnin suunnittelun lähtökohdat

Hyvän sisäilmaston saavuttaminen edellyttää Sisäilmastoluokitus 2008 mukaista rakentamistapaa ja materiaalien käyttöä. Pelkkä suunnittelu ilmanvaihtojärjestelmän osalta ei riitä, vaan on otettava huomioon myös muut rakennuksen ominaisuudet ja rakentamisprosessi. Pientalossa lämpötilaolot saattavat kesäkuukausina satunnaisesti poiketa tavoitetasosta. Jäähdytysjärjestelmää ei ole välttämätöntä yhdistää ilmanvaihtolaitteistoon, jos sallitaan hetkelliset lämpötilan kohoamiset yli 26 °C:n.

Rakennukseen tulee silloin asentaa riittävän suuri tuuletusikkuna kesäaikaisen lämpötilan rajoittamiseksi ilman läpivirtauksen avulla. Ikkunan pinta-alan tulee olla noin 0,6 m². Lisäksi saunatilaan on syytä jättää tuuletusikkuna.

Perusparannuksessa rakennusmateriaaleina voidaan käyttää vain M1-päästöluokitukseen kuuluvia materiaaleja. M1-päästöluokituksessa määritellään rakennusmateriaalien kemiallisten päästöjen vaatimukset tavanomaisissa työ- ja asuinoloissa. Vaipan ilmanpitävyyteen tulee kiinnittää materiaalivalinnoissa erityistä

huomiota. Tuloilman ottopaikka tulee valita sisäpuolelta tieltä kulkeutuvien epäpuhtauksien ja pakokaasujen vuoksi. Maaperästä nousevan radonkaasun poisto hallitusti otetaan myös huomioon uutta järjestelmää suunniteltaessa. (37, s. 7–11.)

Muita kriteereitä on laskennallinen tilavuusilmavirta, joka määritellään rakennuksen tilavuuden mukaan Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 mukaan. Ilman tulee vaihtua 0,5 kertaa tunnissa. Rakennuksen tilavuus on 375 m³. Lämpimien tilojen osuus on 257 m³, joten järjestelmän tulee kyetä vaihtamaan ilmaa vähintään 36 l/s.

Makuuhuoneissa ei saa ylittää sisäilmaluokitus 2000 luokan S1 mukaista korkeintaan 25 dB(A):n äänitasoa mitoitusulkoilmavirralla. Liesikuvun tehostetun ilmavirran on oltava 30 prosenttia kokonaisilmavirrasta, tai 25 l/s. (37, s. 16).

5.4 Rakennuksen lisäeristys

5.4.1 Eristyksen valinta

Energiansäästötoimenpiteenä rakennuksen ulkovaipan eristys on kallis toimenpide sen vaatimien suunnittelu- ja työkustannusten takia. Hankesuunnitelmassa lasketaan kaksi rakennuksen eristysvaihtoehtoa ja kolmannessa vaihtoehdossa uusitaan vain alapohjan eristys. Vanhassa perusparannettavassa kiinteistössä tulee harkita tarkkaan, kuinka lisäeristys tehdään. Rakenteen muutos edellyttää rakennustekniikan erityisosaajaa. Kosteuden siirtyminen rakenteissa tulee estää. Tehtäessä rakennukseen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto rakenteen tulee olla ilmatiivis. Tähän päästään höyrynsululla tai ilmaa läpäisemättömillä eristelevyillä rakennuksen vaipassa. Pääosan tämän tyyppin eristeistä muodostavat polystyreeni- ja polyuretaanieristeet, joilla lisäeristepaksuus jää kohtuulliseksi. Markkinoille on tullut myös nanoteknologiaa hyödyntäviä eristemateriaaleja. Rakennuksen vaipan sisäpuolisen eristyksen lisääminen vähentää huonekorkeutta ja asuinpinta-alaa. Ulkopuolisen vesikatteen kunto on hyvä, joten sen uusiminen ei ole heti välttämätöntä. Energian kulutuksen kannalta se on kuitenkin yksi ratkaiseva tekijä, ja vaihtoehtona sitäkin tarkastellaan laskennallisesti.

5.4.2 Nanoeristyslevyt

Nanohuokoisilla eristelevyillä saavutetaan 50–200 prosenttia parempi eristyskyky verrattuna perinteisiin eristemateriaaleihin. Materiaali kestää yli 1 000 °C:n lämpötiloja. Eristyskyky pohjautuu tyhjiöön ja nanohuokoiseen rakenteeseen. Eristeen lämmönjohtavuus on 0,0028–0,0090 W/mK riippuen levyn paksuudesta. Levyjen yleisimmät paksuudet ovat välillä 10–60 mm. Tyhjiöeristelevyjen hinta on vielä suhteellisen korkea. Materiaalin käyttö on järkevää peruseristyskohteissa, jossa eristepaksuutta ei voida kasvattaa. (38.)

5.4.3 EPS-eriste

EPS on lyhenne sen englanninkielisestä nimestä (expanded polystyrene).

Levyt valmistetaan polystyreenistä paisuttamalla vesihöyryn avulla. Ponnekaasuna prosessissa käytetään pentaania, joka poistuu valmistuksen yhteydessä. Lämmöneristävyys perustuu umpisolulaiseen rakenteeseen. Materiaalin lämmönjohtavuus on 100 mm:n eristelevyllä 0,037 W/mK. Materiaalin pitkäaikainen lämmönkestävyys on +80 °C. EPS-eriste soveltuu hyvin lattia- ja seinärakenteiden eristeeksi. Levyjä markkinoidaan useilla tuotemerkeillä. (39.)

5.4.4 Polyuretaani

Polyuretaanin lämmöneristyskyky perustuu myös solurakenteeseen. Valmistusprosessissa solujen sisään jää eristävää kaasua pentaania, jonka lämmönjohtavuus on kolmasosa ilman lämmönjohtavuudesta. Polyuretaanin lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo 0,024–0,030 W/mK. Polyuretaani on palava materiaali. Palotilanteessa sen pinta hiiltyy ja siten vaikeuttaa palon leviämistä. Saumasaineena käytetään propaani-isobutaaniseosta. Polyuretaanieristeitä pinnoitetaan valmistusprosessin yhteydessä erilaisilla rakennusmateriaaleilla. Rakennusmateriaalina se on kalliimpi verrattuna polystyreeniin. (40.)

5.5 Ikkunat ja ovet

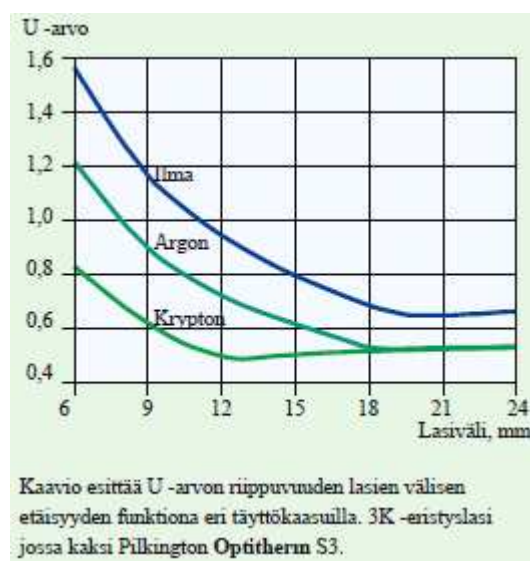
5.5.1 Ikkunoiden ja ovien ominaisuuksista

Ikkunatyyppejä on nykyisin useita, ja niiden hinnat ovat varsin korkeat. Valinnassa tulee painottaa ikkunan U-arvoa. Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennusten

energiatalous D 3 määrää ikkunoiden ja ovien U-arvoksi enintään 1,4 W/m²K. Monet valmistajat tekevät U-arvoltaan 0,9 W/m²K tuotteita. Ikkunoiden lasien välissä voidaan käyttää myös jalokaasuja eristeaineena. Ilmanvuotoluku on yleensä 0,1–0,15 m³/m²/h. Valmistajat ilmoittavat lisäksi ikkunoille vuotuisen laskennallisen energiankulutuksen neliometriä kohden. Se on 70–150 kWh/m²/a uusille ikkunoille. Erillisen luokituksen mukaan ikkunat jaetaan energialuokkiin A<85 kWh/m²/a – G>185 kWh/m²/a. Rakennuksen vanhat ikkunat ovat lämmöneristysluvultaan 3,0 W/m²K. Ulko-ovien tiivisteiden laatu ja vuotoilmavirtojen eliminointi on tärkeää, ei pelkästään niiden lämmönjohtavuus. Vanhat ulko-ovet aiheuttavat merkittävän energiankulutuksen, koska niiden vuotoilmavirta on suuri. Kohteeseen valitaan oviksi U-arvoltaan 1,0 W/m²K tuotteet. Kokonaisuutena voidaan ovien ja ikkunoiden vaihdolla saavuttaa noin 10 prosentin vuotuinen lämmitysenergian tarpeen pienentäminen. (41.)

5.5.2 Karmittomat kiinteät ikkunat

Rakenteeltaan ikkunat ovat kolmi- tai useampilaisisia, ja niiden välissä on 12–30 mm välilista. Väli voidaan täyttää kaasulla. Kiinteiden ikkunoiden asentaminen on järkevää, koska asennus voidaan tehdä ikkunoiden osalta lähes ilmatiiviiksi. Kiinteillä ikkunoilla saavutetaan huomattavasti paremmat U-arvot. Kotimaisten valmistajien tuotteilla päästään U-arvoihin 0,6 W/m²K. Kuvassa 12 esitetään kolmikerroksisen Pilkington-lasin eristysominaisuuksia.



Kuva 12. Rakennukseen valitun ikkunatyypin eristysominaisuudet (42).

Kiinteiden ikkunoiden hintataso on edullisempi verrattuna vastaavankokoisiin karmillisiin ikkunoihin. Energiansäästön ja kustannustehokkuuden kannalta karmittomat ikkunat tulevat käytössä edullisemmiksi.

6 Kannattavuuslaskelmat

6.1 Kustannukset

6.1.1 Hankesuunnitteluvaiheen kustannukset

Hankesuunnitelman kustannukset jakautuvat rakenteiden uusimiseen liittyvien selvitysten kustannuksiin, LVIS-järjestelmien kuntokartoitus- ja suunnittelukustannuksiin sekä energiantuottamiseen liittyvien investointien suunnittelun kustannuksiin. Yksittäisen kuntoarvion hinta omakotitalossa vaihtelee 500–1 000 € (5). Kuntotutkimuksen hinta-arvio on 1 500 € (43). LVIS-järjestelmien kuntotutkimusta ei tehdä. Painovoimainen ilmanvaihto korvataan koneellisella ilmastoinnilla, jos rakennuksen vaippa eristetään uudelleen. Mahdollisten lisäjärjestelmien hankesuunnittelun kustannukset oletan sisältyvän näin pienessä kohteessa varsinaisiin suunnittelukustannuksiin ja suunnittelu-urakkatarjouspyynnön perusteella saatavaan suunnittelutarjoukseen.

6.1.2 Suunnittelukustannukset

Ensimmäiseksi palkataan pääsuunnittelija hankkeelle. Pääsuunnittelijan korvaus voi olla kokonaishinta- tai tuntiveloitusperusteinen. Pääsuunnittelija voi toimia myös rakennesuunnittelijana. Rakennesuunnittelijalta tilataan CAD-kuvasarjasarja, jota LVIS-suunnittelijat myös käyttävät. Rakennekuvasarjan tekeminen vanhoista kuvista vaihtelee, ja se voidaan teettää tuntiveloitusperusteisena. Arvioin kuvasarjan hinnaksi noin 2 000 €, koska lisäksi joudutaan piirtämään myös asemapiirros.

Suunnittelukustannuksista en pyydä vielä tarjouksia. Perusparannusinvestointipäätöksen vaatima rakennuslupa nostaa kustannuksia

huomattavasti. Kustannusten lähtötietohintana käytän Rakennustieto Oy:n Pientalon kustannukset (44, s. 41) arvoja.

Muunnos nykyarvoon tehdään suunnittelukustannusten osalta pohjautuen Tilastokeskuksen elokuun 2010 tietoihin (45). Pientalon osalta suunnittelukustannusten muuntokertoimeksi saadaan vuoden 2005 tasosta $120,5/100=1,205$.

Rakennusluvan anomiseen liittyvät kulut perusparannuskohteessa:

- arkkitehtisuunnittelu ja pääsuunnittelija 4 150–11 500 euroa
- rakennesuunnittelu 1 600–3 900 euroa
- LVI suunnittelu 600–2 000 euroa
- vastaava työnjohtaja 4 000–9 000 euroa
- rakennuslupakulut 1 000–1 500 euroa
- kopiointikulut 300–1 000 euroa.

Sähkösuunnitelma ei ole tarpeellinen, ellei päädytä laajempaan korjaukseen sähköjärjestelmän osalta. Suunnittelu järjestelmän saattamisesta nykymääräysten mukaiseksi maksaa 500–2 000 €. Suunnittelun ja hankkeen valvontaan liittyvät kulut siis kohoavat yhteensä vähintään 15 000 € kuntokartoituskuluineen. Pääsuunnittelijan korvaus on 7 000 €, johon sisältyy myös vastaavan työnjohtajan korvaus. IV-suunnittelijan ja KVV- vastaavan korvausperuste on 3 500 €. LVI-suunnitelman hinta on 1 500 €. Rakennesuunnittelun hinnaksi arvioidaan 2 500 euroa. Hinnat ovat suuntaa-antavia. Hankesuunnittelun kustannuslaskennan lähtökohtatietoihin on laskettava mukaan suunnittelun sekä valvonnan osuudet. Tarkkaa hintaa suunnittelusta ei siis voi vielä tässä yhteydessä antaa, vaan se perustuu hankkeen käynnistysvaiheessa olevaan suunnittelutarjouspyyntökyselyyn.

6.1.3 Ikkunoiden ja ovien kustannustaso

Rakennuksen ikkunat ovat kaikissa vaihtoehdoissa karmittomat kolmilaiset argontäytteiset kiinteät ikkunat. Pyysin tarjouksen karmittomista ikkunoista. Tarjouspyynnön hinta oli edullinen verrattuna karmillisiin ikkunoihin: 1 550 € toimitettuna kohteeseen. Saavutettava energiansäästö verrattuna vanhaan ikkunatyyppiin on huomattava uusien ikkunoiden U-arvon ollessa 0,6 W/m²K. Autotallin nosto-oven hinta on 570 €. Ulko-ovien hinta on 435 € (46).

6.1.4 Rakenteiden kustannustaso alkuperäinen tilanne

Alapohjan osalta materiaalin osuus on 160 mm polyuretaanilevyllä 31,95 €/m² (2, s. 224). Työn ja materiaalin osuudeksi pintabetonilaatalle 40 mm saadaan 10,65 €/m². Alapohjan osalta purkukustannukset jätetään pois. Parketin hinta ja asennus on 1 000 €. Lämmin rakennuksen osa lattiapinta-ala 84 m²*42,60 €/m² = 3 578€
Yhteensä 1 000 € + 3 578 € = 4 578 €

6.1.5 Sisä- ja ulkopuolisen eristämisen kustannukset

Kustannuslaskelman pohjana lähtötietoina käytetään Penttilän ym. julkaisua (2). Rakenteiden kustannukset esitetään liitteessä 1 sisäpuolisen eristyksen osalta ja liitteessä 2 ulkopuolisen eristyksen osalta. Kustannukset kootaan taulukkomuotoon.

6.2 Energiantuottoratkaisujen kustannukset

6.2.1 Maalämpöpumppujärjestelmän ja porattavan kaivon kustannus

Maalämpöpumppujärjestelmän hinnasta suuri osa muodostuu itse lämpökaivon porauskustannuksista tai putkiston asennus- ja maanrakennustöistä. Maalämpöjärjestelmän hinta on 120 m²:n pientaloon noin 10 000–12 000 € (47). Pumpun teho on tällöin 6 kW. Erilaisia tarjouksia on useilla järjestelmätoimittajilla. Toimitussisältö vaihtelee hieman, ja joihinkin sisältyy myös tarvittavat sähkötyöt. Järjestelmätoimitus kannattaa suunnitella huolellisesti.

Kustannuslaskelmassa käytetään maalämpöpumpun Nibe F1145-6 hankintahintana. 4 759 € (48). Porauksen ja työkustannusten hinta on 6 000 €. Kun muutetaan vanha patteriverkostolla toteutettu lämmönjako lattialämmitykseksi, hinta määräytyy lattialämmityspotkiston, jakotukin ja asennustyön osuuksista. Asennusväli putkistolle on 300 mm, järjestelmän vaatiessa maavaraiseen laattaan vähintään 150 mm:n eristeen. Putkiston materiaalimenekki on 84 m²:n pinta-alalle 280 m. Lattialämmityksen hinta on 84 m²*33,29 €/m² = 2 796 € (2, s. 193).

6.2.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppujen asennushinnoissa on jonkin verran eroja. Itä-Suomen lääninhallitus teki kyselyn 15 eri asennusliikkeeseen maaliskuussa 2009, tuloksena saatiin hinta 140 m²:n pientaloon asennetusta ilmalämpöpumppujärjestelmästä. Kaikissa tarjouksissa ei ollut mukana sähkötoiden osuutta, mutta hinta-arvio toimitetulle järjestelmälle käy ilmi kyselystä. Valitsemalla järjestelmätoimittajaksi ammattitaitoisen myyjäliikkeen varmistetaan takuuasiat sekä varaosien saatavuus. Kyselyssä edustettuina olivat A-energialuokan laitteet, joiden käyttölämpötilat on suunniteltu Suomen ilmastovyöhykkeen oloihin. Toimitusvertailu tehtiin avaimet käteen periaatteella. Laitehinnat vaihtelivat 1 100–2 100 €, työn osuus oli 450–750 €. Kokonaistoimituksen keskihinnaksi tuli 2 080 €. (49.)

6.2.3 Poistoilmalämpöpumput ja ilmastointiurakka

Sisäpuolisessa eristysvaihtoehdossa poistoilmalämpöpumppuna käytetään NIBE F 470 -poistoilmalämpöpumppua. Sen hankintahinta on 6 744€ (50). Ulkopuolisessa eristysvaihtoehdossa käytetään ILPO Comfort 50 CE -poistoilmalämpöpumppua, jonka hinta on 9 980 €. Lisäksi tarvitaan tuloilmayksikkö, jonka hinta on 1 575 € (51). Ilmastointiurakan hankesuunnittelun kustannusarvion hinta on 28,88 €/m²/brm kanavien osalta. Työkustannukset ovat koneasennukselle 12,46 €/m²/brm (2, s. 194). Yhteensä työkustannukset ovat 156 brm²*28,88 €/m²/brm + 12,46 €/m²/brm = 6 449 €.

6.2.4 Avustukset

Pientalon perusparannuksen yhteydessä on järkevää anoa erilaisia avustuksia. Avustusten kokonaisvaikutus on huomattava, jos hanke jaetaan useammalle kalenterivuodelle. Valtio tukee kuntotutkimusta 50 prosentilla hyväksyttävistä kustannuksista, mikä on merkittävä avustus kuntotutkimusta tilaavalle. Myös kuntoarvioihin saa tällä hetkellä avustusta. Kotitalousvähennyksenä voidaan vähentää 60 prosenttia ennakoperintärekisteriin kuuluvalla yrittäjälle tai yritykselle maksetusta työkorvauksesta. Vähennystä saa vain työn osuudesta. Kotitalousvähennyksen enimmäismäärä vuonna 2010 on 3 000 euroa vuodessa. Vähennyksessä on 100 euron

omavastuuosuus. Maksimivähennyksen eli 3 000 euron vähennyksen saa, jos vuonna 2010 yritykseltä ostetuissa palveluissa työn osuus on 5 166 euroa. $5\,166 \cdot 0,60 - 100 = 2\,999,60$ €. Aviopari saa yhteensä 6 000 euron vähennysoikeudet (52). Työkustannusten vähennysoikeus kotitalousvähennyksenä huomioidaan verotuksessa (53). Kuntien nettisivuilla kerrotaan enemmän haettavista avustuksista, kuten energia-avustuksen myöntämisperusteista.

Energia-avustusta ei voi saada järjestelmään, jota käytetään myös jäähdystarkoitukseen. Uusi energia-avustus astui voimaan 21.12.2010. Tuen määrä on korkeintaan 20 prosenttia toteutuneista kustannuksista. Hakijan tulot eivät vaikuta tuen saamiseen. Tuki myönnetään enintään kahden asunnon lämmitystavan muuttamisesta. (54.)

6.2.5 Sähköenergian hinta

Sähkön hinta koostuu kolmesta osatekijästä: verkkopalvelun siirtohinnasta, sähköenergianhinnasta ja sähköverosta. Sähkön kokonaishinnan arvonlisävero nousi 23 prosenttiin 1.7.2010. Kuvassa 13 on esitetty kiinteistön sähkön ostoenergian hinta.

ARVIOLASKUTUKSEN PERUSTEENA OLEVAT VUOSIKÄYTTÖARVIOT				
Päiväsähkö			1260 kWh	
Yösähkö			34960 kWh	
ARVIOLASKU 01.06.2010-30.06.2010				
SÄHKÖNMYynti/Sopimus 343611/OKY2000 Aikasähkö/Vantaan Energia Oy				
Perusmaksu	01.06.2010-30.06.2010		3,60 e/kk	3,60 e
Päiväsähkö	01.06.2010-30.06.2010	100 kWh	6,13 c/kWh	6,13 e
Yösähkö	01.06.2010-30.06.2010	2 910 kWh	5,19 c/kWh	151,03 e
SÄHKÖNMYynti YHTEENSÄ				160,76
SÄHKÖVERKKOPALVELU/Sopimus 10003846/Aikasiirtotariffi/Vantaan Energia Sähköverkot Oy				
Perusmaksu	01.06.2010-30.06.2010		7,10 e/kk	7,10 e
Päiväsähkön siirto	01.06.2010-30.06.2010	100 kWh	3,90 c/kWh	3,90 e
Yösähkön siirto	01.06.2010-30.06.2010	2 910 kWh	2,40 c/kWh	69,84 e
Sähköverot 1 lk	01.06.2010-30.06.2010	3 010 kWh	1,07726 c/kWh	32,43 e
SÄHKÖVERKKOPALVELU YHTEENSÄ				113,27
ARVIOLASKU YHTEENSÄ				274,03
KESKIHINTATIEDOT (sis. sähköverot ja alv)				
Sähkönmyynti	1 934,86 e	36 220 kWh	5,34 c/kWh	
Sähköverkkopalvelu	1 363,56 e	36 220 kWh	3,76 c/kWh	
Yhteensä	3 298,42 e	36 220 kWh	9,10 c/kWh	

Kuva 13. Nummitie 6:n sähköenergian ostohinta.

Sähköenergian kotitalouksien julkinen listahinta on noussut vuoden 2010 alusta lokakuun alkuun keskimäärin 10 prosenttia. Sähkön tarjoushinnat ovat nousseet 14–17 prosenttia vuoden aikana. Tulevaisuudessa sähköenergian hintakehitys tulee olemaan

nouseva. (55.) Investointilaskennassa käytän kiinteistön sähkönsopimuksen nykyistä hintaa eri vaihtoehtojen energiansäästötoimilla saavutetun taloudellisen hyödyn laskennassa. Elinkaarikustannuslaskennassa on käytettävä sähkön hintana päivä- ja yösähkön käyttöajalla painotettua sähköverkkopalvelun siirtohintaa sekä sähköenergian- myyntihintaa. Päiväsähköä toimitetaan klo 07.00–21.00 ja yösähköä 21.00–07.00.

Laskennalliseksi kokonaishinnaksi muodostuu.

$$6,13 \text{ c/kWh} \cdot 14/24 + 5,19 \text{ c/kWh} \cdot 10/24 = 5,74 \text{ c/kWh.}$$

$$\text{Sähköverkkopalvelun osalta } 3,9 \text{ c/kWh} \cdot 14/24 + 2,4 \text{ c/kWh} \cdot 10/24 = 3,28 \text{ c/kWh.}$$

Sähkövero on 1,08 c/kWh. Yhteensä sähkön laskennalliseksi hinnaksi muodostuu. 9,01 c/kWh + 1,08 c/kWh = 10,91 c/kWh.

Perusmaksun osuus on 3,60 €/kk + 7,10 €/kk*12 kk = 128,4 €/vuodessa. Laskennassa se otetaan huomioon vähentämällä summa vuotuisista nettotuotoista, joita energiansäästötoimilla saavutetaan.

6.3 Investointilaskelmat eri vaihtoehdoille

6.3.1 Kustannusten vertailu hanke- ja rahoitussuunnitelmaa varten

Perusparannushankkeen kustannustason tarkastelua varten laskeen eri vaihtoehtojen kokonaiskustannukset taulukkoon 2.

Taulukko 2. Eri vaihtoehtojen kustannukset.

	Alkuperäinen tilanne	Sisäpuolinen eristysvaihtoehto	Ulkopuolinen eristysvaihtoehto
Kuntokartoitus ja kuntotutkimus		500	1 500
Suunnittelijoiden kustannukset			
Pääsuunnittelija ja vastaava työnjohtaja		7 000	7 000
LVIS-suunnittelijat		5 000	5 000
Rakennesuunnittelija		2 500	2 500
Suunnitelmien kustannukset			
LVIS-suunnitteluasiakirjat		2 000	2 000
Rakennesuunnitteluasiakirjat		2 500	2 500
Rakennuslupa ja dokumentit		2 000	2 000
Purkukustannukset ja jätteenkäsittely	200	1 538	5 000
Rakenteiden uusiminen	4 578	20 662	44 954
Ikkunat ja ovet	4 955	4 955	4 955
IV-koneet ja lämpöpumppu	9 807	9 795	11 134
IV-urakka erikseen		6 449	6 449
Lämmitysjärjestelmän uusinta	2 796	1 000	2 796

Sähkötyöt		1 000	1 000
Maanrakennustyöt ja routaeristys		1 407	1 000
Rahoituskulut lainat ja käsittelykulut		1 000	1 000
Yhteensä	22 336	54 306	84 788

Laskelma on suuntaa-antava ja sen pohjalta voidaan arvioida eri toteutusvaihtoehtojen kannattavuutta suhteessa toteutettavaan energiansäästötoimenpiteeseen. Tarkastelussa on kolme vaihtoehtoa, jotka poikkeavat toisistaan. Käytän laskennassa herkkyyštarkastelua. Koko laskennan pohjana voidaan pitää Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 mukaista energiankulutuksen laskentaa. Ilman sitä tuloksia ei voi koota. (56.) Laskelmat on esitetty liitteissä 3–12.

Lopputulokset eri vaihtoehtojen energiankulutustiedoista on esitetty energiaselvitystaulukossa 3.

Taulukko 3. Energiaselvitystaulukko eri vaihtoehtoja.

Rakennustyyppi:	Pientalo	Alkuperäinen tilanne	Sisäpuolinen eristysvaihtoehto	Ulkopuolinen eristysvaihtoehto
Osoite:	Nummitie 6			
Rakennusvuosi:	1964			
Rakennustunnus:	092-421-1-160			
Rakennuksen energiankulutus				
Ostoenergiat		kWh	kWh	kWh
Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia		4 258	4 258	4 258
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia		2 716	5 056	5 056
Rakennuksen vaipan lämpöhäviöenergia		13 292	11 034	9 172
Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia		3 939	440	492
Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia		3 692	5 496	6 145
Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia		6 708	5 304	7 644
Rakennuksen hyödynnetty lämpökuormaenergia		-9 576	-15 254	-16 081
Rakennuksen lämmitysenergia paikkakunnalla Vantaa		25 029	16 334	16 687
Laitteiden sähköenergia		6 708	7 800	7 800
Rakennuksen energiankulutus paikkakunnalla Vantaa		34 334	31 037	31 257
Lämmöntuottolaitteiden hyötysuhde				
Ilmalämpöpumpun vuosihyötysuhde 2.0			-5 136	
Poistoilmalämpöpumpun vuosihyötysuhde 2.0			-5 253	-5 874
Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde 2.5		-9 331		
Rakennuksen lämmitysenergian kulutus		25 003	20 648	25 383
Laitteiden sähköenergia 1.0		6 708	7 800	7 800

Taulukosta nähdään, kuinka vähän rakenteiden uusimisella saadaan kokonaisenergiankulutusta pienennettyä.

6.3.2 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmällä lasketaan investoinnin nykyarvo saavutettujen säästöjen nykyarvon sekä investointi- ja käyttökustannusten nykyarvon erotuksena. Verrattaessa eri vaihtoehtoja on ajanjakson oltava sama. Erotuksen ollessa positiivinen on investointi taloudellisesti kannattava. Laskennassa käytän nykyarvomenetelmää. Energianhinnannousun korko lasketaan eskalaatiotekijän avulla. Jäännösarvona käytetään perusinvestoinnin hankintamenoa vähennettynä energiantuottolaitteen 15 vuoden käyttöiän mukaisella jäännösarvon alenemalla. Laitteen arvo kuuletetaan 15 vuodessa. Muiden perusinvestointikulujen osalta jäännösarvoksi katsotaan perusinvestoinnin arvo. Yksittäisen energiansäästöinvestoinnin kohdalla takaisinmaksuajan tulee olla alle 10 vuotta. Tarkastelussa lasketaan eri vaihtoehtojen rakenteiden, energiantuottoratkaisujen sekä kokonaisuuden kannattavuus. (57.) Lainan koron määrittelyssä käytetään 5 prosenttia. Inflaatiokorkona käytetään 1,2 prosenttia (58). Nykyarvo lasketaan kaavalla 4.

$$N = kT + dJ - H = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} T + \frac{1}{(1+i)^n} J - H \quad (4)$$

N	on nykyarvo
k	on jälkeinpäin suoritettujen menojen diskonttauskerroin
T	on vuotuiset nettomenot
d	on diskonttauskerroin
J	on jäännösarvo
H	on hankintahinta
i	on nimelliskorkoprosentti
n	on laskentajakson pituus
r	on reaalikorkotekijä
r_e	eskalaatiotekijä

Vuotuiset nettomenot on jaettava kahteen osaan: energiakustannuksiin ja muihin kuluihin, koska energianhinnannousu voi poiketa yleisestä kustannustason noususta.

Laskennassa ne otetaan huomioon seuraavilla kaavoilla

$$k = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (5)$$

$$d = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (6)$$

$$r = \frac{i-f}{1+f} \quad (7)$$

$$r_e = \frac{i-e}{1+e} \quad (8)$$

$$i = \frac{\text{korkoprosentti}}{100} \quad (9)$$

i on nimelliskorkoprosentti

f on inflaatioprosentti

e on energian hinnan nousuprosentti

Reaalikorkotekijänä käytetään laskennassa $1 + r$, jolloin tulee mainita, että laskenta on suoritettu reaalikorolla. Eskalaatiotekijää $1 + r_e$ käytetään vain energiakustannusten laskennassa. Perusinvestoinnin pääoman arvo a_n lasketaan kaavalla 10.

$$a_n = (1+i)^n a \quad (10)$$

a on pääoma

a_n on investoinnin arvo n vuonna

Laskennassa käytin lainan laskentakorkona 5:tä prosenttia. Taulukkoon 4 on laskettu eri lämpöpumppujen energiansäästön osuudet kolmella eri ajanjaksolla.

Taulukko 4. Teknisten perusparannuslaitteiden nykyarvo 5 prosentin nimelliskorolla, inflaatio 1,2 prosenttia. Energian hinnannousu on 2 prosenttia. Laskentajaksot 5, 10 ja 15 vuotta.

	Maalämpöpumppu Kaivon poraus			Ilmalämpö- ja poisto- ilmalämpöpumppu			Poistoilmalämpö- pumppu		
Perusinvestointikustannus	12603	12603	12603	9795	9795	9795	11134	11134	11134
Jäännösarvo	8402	4201	0	6530	3265	0	7423	3711	0
Laskentajakson pituus	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Energiansäästön arvo	1526	1526	1526	1133	1133	1133	641	641	641
huolto+sähkön perusmaksu	278	278	278	328	328	328	278	278	278
Vuotuiset nettotuotot	1248	1248	1248	805	805	805	363	363	363
Nimelliskorko	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Inflaatio	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Energian hinnannousu	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
r	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
r_e	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Reaalikorkotekijä	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038
Eskalaatiotekijä	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029
kr	4,48	8,21	11,31	4,48	8,21	11,31	4,48	8,21	11,31

kre	4,59	8,56	11,99	4,59	8,56	11,99	4,59	8,56	11,99
Energiansäästön nykyarvo	7000	13056	18295	5198	9694	13583	2941	5484	7685
Käyttökulujen nykyarvo	1248	2286	3149	1472	2696	3715	1248	2286	3149
Nettotuottojen nykyarvo	5752	10770	15146	3725	6997	9869	1693	3198	4536
d	0,83	0,69	0,58	0,83	0,69	0,58	0,83	0,69	0,58
Jäännösarvon nykyarvo	6988	2906	0	5431	2258	0	6173	2567	0
Investoinnin nykyarvo	1385	3359	5692	833	2157	3788	-2020	-3083	-3449
Pääoman koron nykyarvo	2149	3940	5435	1670	3063	4224	1898	3481	4802

Taulukkoon 5 on laskettu rakennuksen vaipan ja ikkunoiden perusparannusinvestoinnin arvon ja energiansäästön osuudet kolmella eri ajanjaksolla.

Taulukko 5. Rakennusteknisten perusinvestointien nykyarvo 5 prosentin nimelliskorolla, inflaatio 1,2 prosenttia. Energian hinnannousu on 2 prosenttia.

	Alkuperäinen tilanne ikkunat ovet ja alapohja			Sisäpuolinen eristysvaihtoehto			Ulkopuolinen eristysvaihtoehto		
Perusinvestointikustannus	8528	8528	8528	17026	17026	17026	34699	34699	34699
Jäännösarvo	8528	8528	8528	17026	17026	17026	34699	34699	34699
Laskentajakson pituus	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Energiansäästön arvo	1420	1420	1420	1965	1965	1965	2213	2213	2213
huolto+ sähkön perusmaksu	128	128	128	128	128	128	128	128	128
Vuotuiset nettotuotot	1292	1292	1292	1837	1837	1837	2085	2085	2085
Nimelliskorko	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Inflaatio	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Energian hinnannousu	2	2	2	2	2	2	2	2	2
r	0,038	0,038	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
re	0,029	0,029	0,029	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Reaalikorkotekijä	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Eskalaatiotekijä	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
kr	4,48	8,21	11,31	4,48	8,21	11,31	4,48	8,21	11,31
kre	4,59	8,56	11,99	4,59	8,56	11,99	4,59	8,56	11,99
Energiansäästön nykyarvo	6514	12149	17024	9014	16812	23558	10152	18934	26531
Käyttökulujen nykyarvo	576	1054	1452	576	1054	1452	576	1054	1452
Nettotuottojen nykyarvo	5939	11095	15572	8439	15758	22106	9576	17880	25079
d	0,83	0,69	0,58	0,83	0,69	0,58	0,83	0,69	0,58
Jäännösarvon nykyarvo	7093	5899	4906	14160	11777	9794	28858	24001	19961
Investoinnin nykyarvo	5079	9520	13402	6148	11563	16327	4311	8236	11794
Pääoman koron	1454	2666	3678	2903	5323	7343	5916	10849	14965

nykyarvo									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

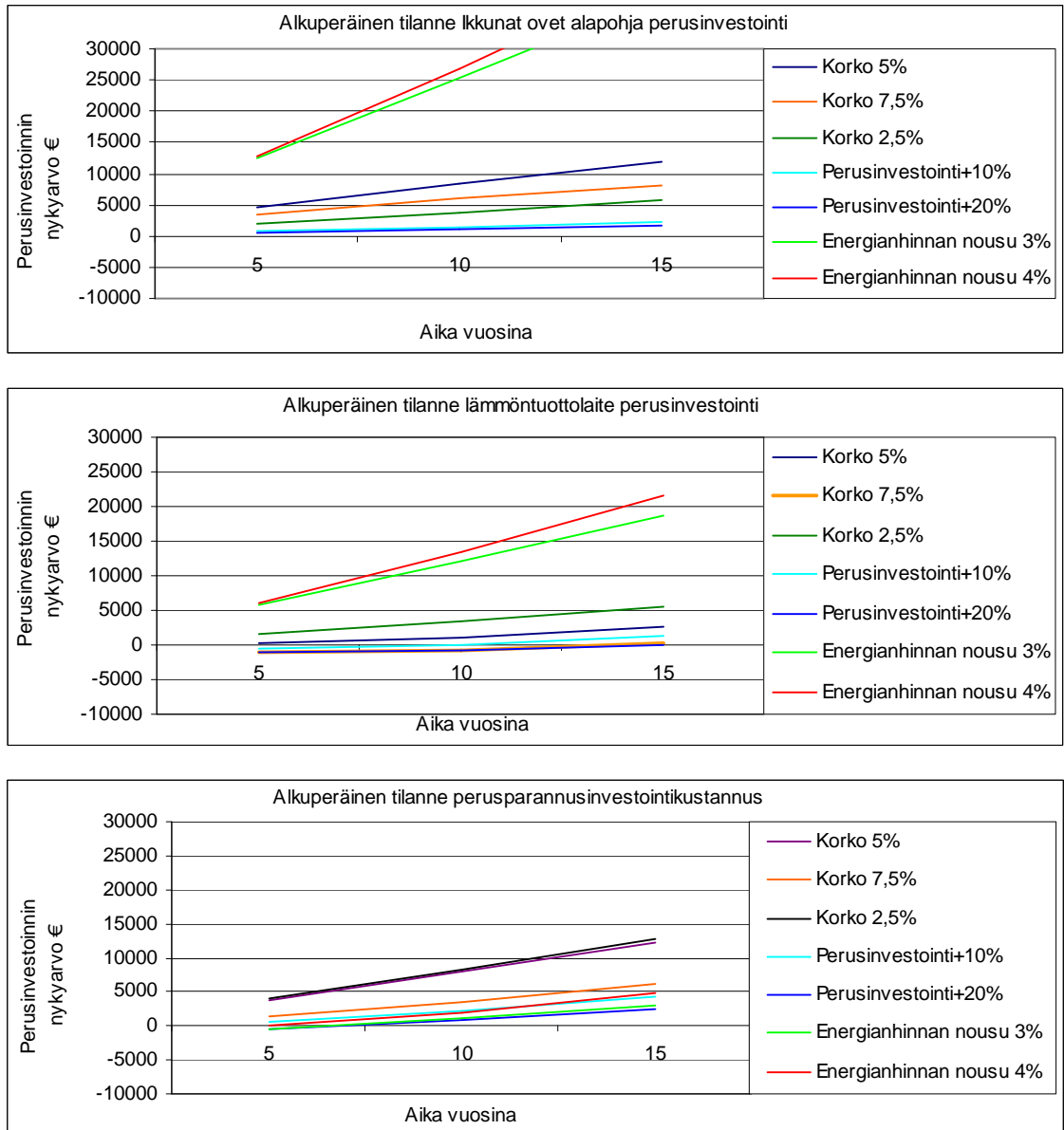
Tuloksista nähdään, että alkuperäisen tilanteen energiansäästö on kannattavin suhteessa perusparannusinvestoinnin määrään. Investoinnin takaisinmaksuaika jää alle 10 vuoden. Tarkasteltaessa laskennan lähtöarvoja voidaan päätellä ikkunoiden uusimisen olevan erittäin kannattava toimenpide. Sisä- ja ulkopuoliset eristysvaihtoehdot eivät täytä asetettua 10 vuoden takaisinmaksuaikaa perusparannusinvestoinnille. Rakenteiden uusiminen ei siis ole taloudellisesti kannattavaa, ennen niiden teknisen käyttöiän päättymistä. Eri vaihtoehtojen nykyarvolaskennan kokonaiskustannukset esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. Eri vaihtoehtojen nykyarvot 5 prosentin nimelliskorolla, inflaatiokorko 1,2 prosenttia. Energian hinnannousu on 2 prosenttia.

	Alkuperäinen tilanne Maalämpö, ovet, ikkunat			Sisäpuolinen eristys- vaihtoehto			Ulkopuolinen eristys- vaihtoehto		
Perusinvestointikustannus	22336	22336	22336	54306	54306	54306	84788	84788	84788
Jäännösarvo	18135	13934	9733	51041	47776	44511	81077	77365	73654
Laskentajakson pituus	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Energiansäästön arvo	2678	2678	2678	3098	3098	3098	2854	2854	2854
huolto+ sähkön perusmaksu	278	278	278	328	328	328	278	278	278
Vuotuiset nettotuotot	2400	2400	2400	2770	2770	2770	2576	2576	2576
Nimelliskorko	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Inflaatio	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Energian hinnannousu	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
r	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
re	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Reaalikorkotekijä	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038
Eskalaatiotekijä	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029
kr	4,48	8,21	11,31	4,48	8,21	11,31	4,48	8,21	11,31
kre	4,59	8,56	11,99	4,59	8,56	11,99	4,59	8,56	11,99
Energiansäästön nykyarvo	12285	22913	32106	14212	26506	37142	13092	24418	34216
Käyttökulujen nykyarvo	1248	2283	3145	1472	2696	3715	1248	2286	3149
Nettotuottojen nykyarvo	11037	20630	28962	12740	23810	33427	11844	22133	31067
d	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,6
Jäännösarvon nykyarvo	15083	9638	5599	42450	33046	25606	67430	53513	42371
Investoinnin nykyarvo	5032	10215	15369	2356	5246	8441	-4266	-6857	-8201
Pääoman koron nykyarvo	3808	6984	9633	9259	16979	23420	14456	26510	36566

6.3.3 Herkkyystarkastelu

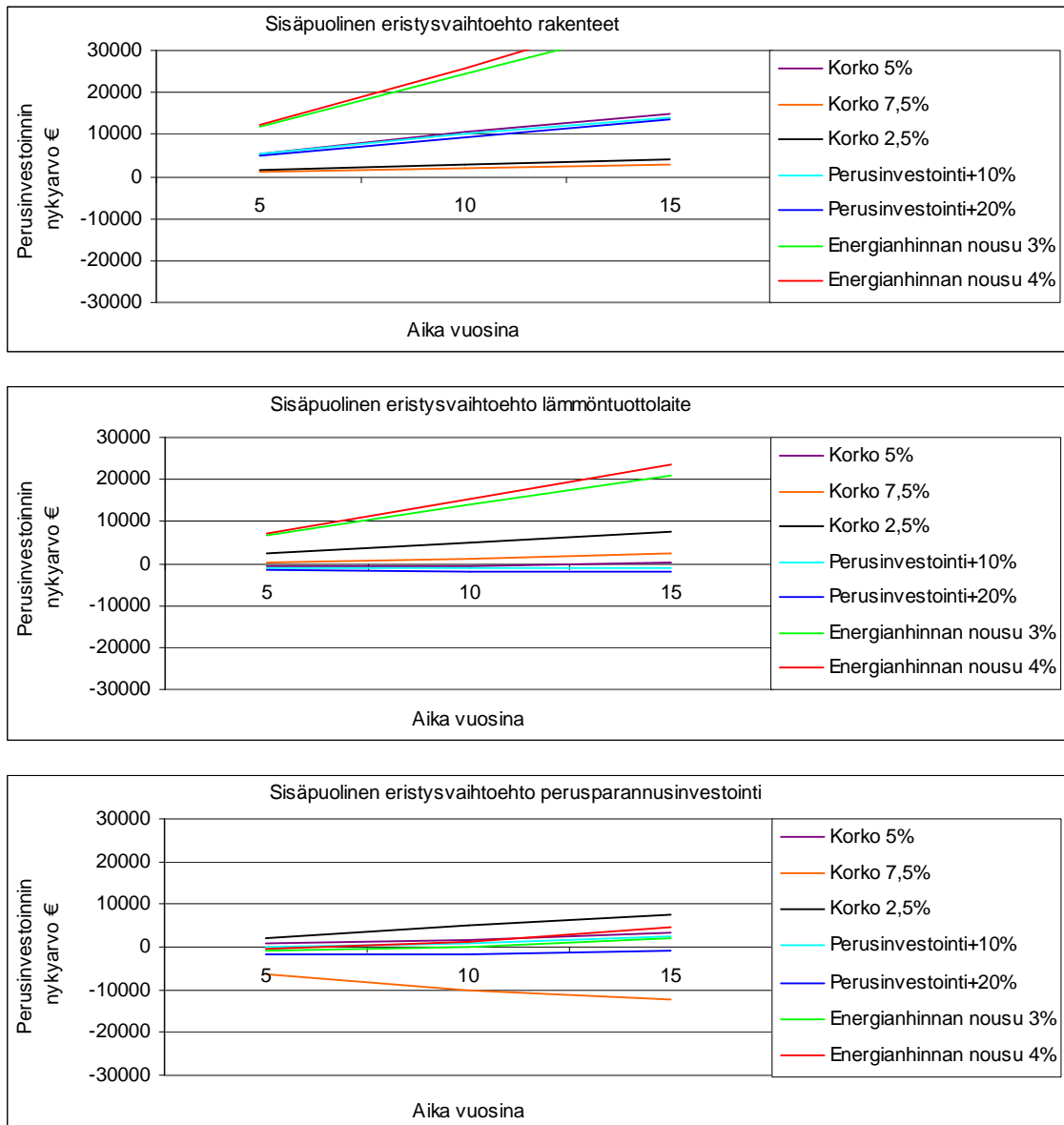
Tein kaikista vaihtoehdoista laskelman kaaviomuotoon. Tulokset eri laskenta vaihtoehdoista esitetään kuvissa 14–16. Erottelin ne kolmeen eri nykyarvokaavioon jokaisessa tarkasteluvaihtoehdossa.



Kuva 14. Alkuperäisen tilanteen herkkyystarkastelu.

Ensimmäisessä kaaviossa tarkastellaan rakenteiden uusimista. Toisessa esitetään energiantuottolaitteiden osuus. Kolmannessa vaihtoehdossa esitetään eri vaihtoehtojen

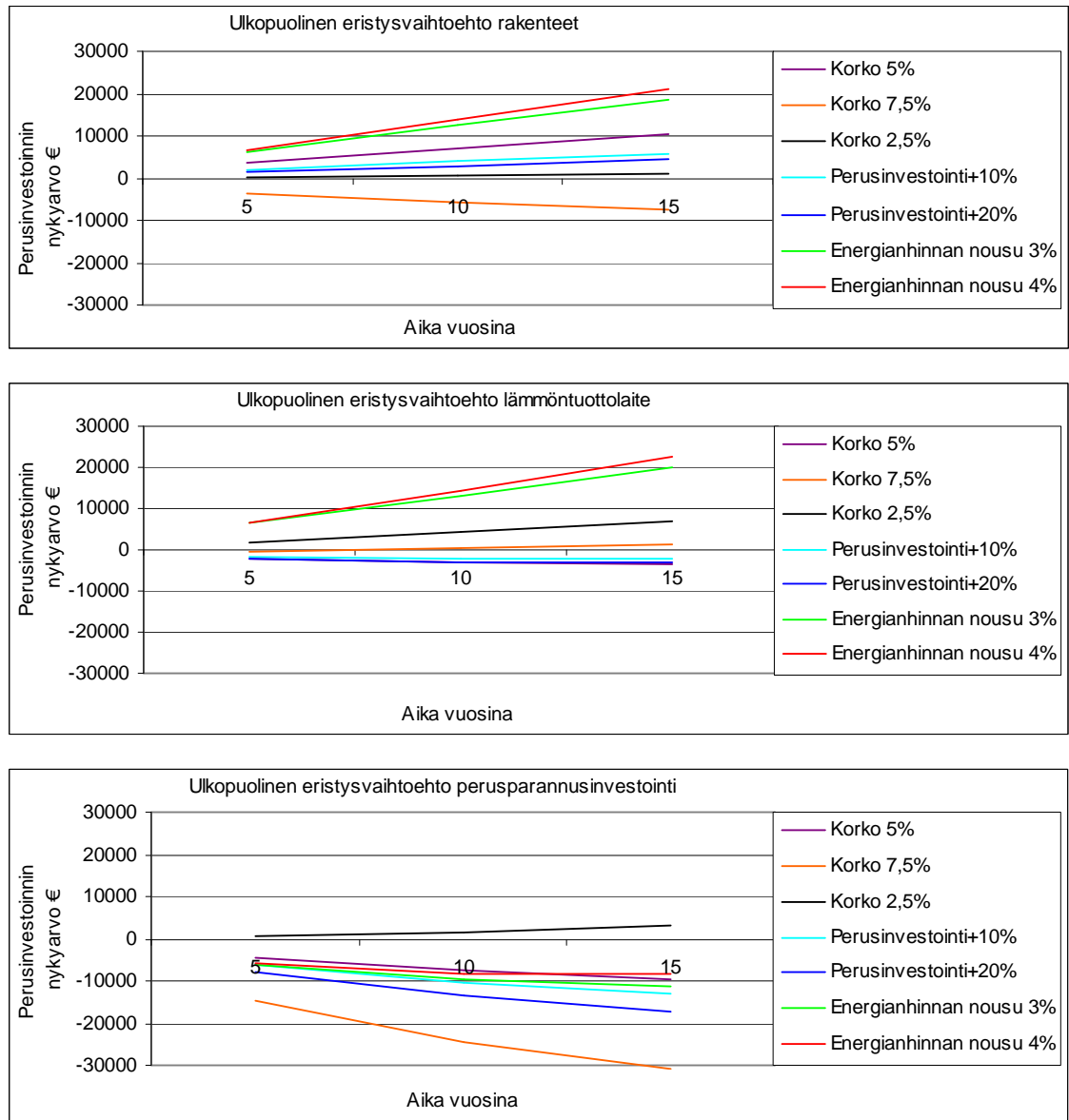
perusparannusinvestoinnin kokonaiskustannukset ja nykyarvo. Herkkyystarkastelussa muutetaan ensin nimelliskorkoa. Sitten korotetaan investoinnin hankintahintaa ja viimeiseksi korotetaan energianhintaa. Herkkyystarkastelun inflaatio on 1,2 prosenttia ja energianhinnan nousu 2 prosenttia, joita ei tarkastelussa muuteta.



Kuva 15. Sisäpuolisen eristysvaihtoehdon herkkyystarkastelu.

Tuloksista voidaan päätellä, että perusparannusinvestointi ei ole kovin tuottava taloudellisesti.

Kuvassa 16 esitetään ulkopuolisen eristysvaihtoehdon herkkyytarkastelu.



Kuva 16. Ulkopuolisen eristysvaihtoehdon herkkyytarkastelu.

Kokonaisuutena ulkopuolisen eristysvaihtoehdon perusparannusinvestointi on taloudellisesti kannattamaton.

6.3.4 Herkkyystarkastelun johtopäätökset

Herkkyystarkastelun pohjalta voidaan tehdä johtopäätös, jonka mukaan tekniseen perusparannukseen keskittymällä saavutetaan suurin hyöty energiansäästössä suhteessa investoitavaan pääomaan. Alkuperäisen vaihtoehdon mukaan maalämpöpumpuinvestointi sekä ikkunoiden ja ovien vaihto ovat kannattavampia. Herkkyystarkastelussa laskin myös perusparannusinvestoinnin pääoman reaalikoron eri vaihtoehdoilla ja diskonttasin sen nykyarvoon. Tämä summa tulisi vielä vähentää saavutetusta energiatoimenpiteiden rahallisesta nykyarvosta, koska sijoitettuna summa tuottaa. Taloudellisin perustein tehtävää päätöstä voi silloin tarkastella kriittisemmin. Ympäristönäkökohtien huomioiminen, sekä mahdollisen kiinteistöveron aleneminen kiinteistön energiankulutuksen pienentyessä vaikuttaa perusparannusinvestointiin puoltavasti.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä hankesuunnitelma energiansäästöinvestointeihin vuonna 1964 valmistuneeseen kiinteistöön. Kiinteistön kuntokartoituksen jälkeen tein päätöksen laskennallisesti selvittää kolmen vaihtoehdon kannattavuuden. Lopputulos vaihtoehdoista laskettiin nykyarvomenetelmällä.

Kiinteistön energiankulutuksen laskenta eri vaihtoehdoilla muodosti perustan kustannuslaskennalle. Työssä esiteltiin eri rakennusmateriaalien ja rakenteen energiansäästöominaisuuksia, sekä erilaisten lämmöntuottoratkaisuiden teoriaa. Eri vaihtoehtojen kustannusten määrä hankesuunnittelussa saatiin kirjallisuudesta ja vähittäismyyntihinnoista. Hintataso oli suuntaa-antava, mutta suuruusluokaltaan riittävän tarkka laskennan perustaksi.

Rakenteiden uusimisen kustannukset osoittautuivat niin suuriksi, että niiden muuttamiseen kannattaa ryhtyä vasta korjaustarpeen yhteydessä. Kiinteistön vesi- ja viemärijohdot on varmuuden vuoksi uusittava. Samalla asennetaan uusi eristys ja lattialämmitysputkisto alapohjaan. Tällöin on myös mahdollista käyttää paremmalla

hyötysuhteella maalämpöpumpulla tuotettua matalalämpoisempää energiaa. Valitulla maalämpöpumpulla voidaan käyttää myös erilaisia vaihtoehtoisia energialähteiden primääripiirejä. Laitteeseen voidaan yhdistää ennen poistoilmapuhallinta asennettava lämpöpumpun höyrystin, jolloin laite toimii poistoilmalämpöpumppuna. Höyrystin voidaan asentaa myös ulkoilmaan, jolloin laite toimii ilma-vesilämpöpumppuna. Eri höyrystimien käyttäminen ja yhdistäminen vaatii lämpöpumpun kierrosluvun rajoittamisen käytettävän höyrystinpiirin luovutustehon mukaan. Tarkoitus on selvittää tulevaisuudessa laitteen valmistajalta, kuinka helposti ohjaukset voidaan toteuttaa. Tämä tehdään ilmastointijärjestelmän suunnittelun lähtötietojen pohjaksi. Lopputuloksen kannalta ratkaisevaa tämän kiinteistön kohdalla on rakentamismääräysten edellyttämät suunnitelmat. Kustannustaso kohoaa huomattavasti suunnittelun ja rakennusluvan vaatimien selvitysten sekä nykyisten rakentamismääräysten johdosta.

Työn aikana perehdyin rakennusluvan vaatimiin energiaselvityslaskelmiin. Niiden pohjalta tein ehdotelman pitkäntähtäimen suunnitelmaksi tarkasteltavan kiinteistön osalta.

Laskelmissa käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D5 annettuja hyötysuhteita energiantuottolaitteiden osalta. Käytännössä hyötysuhteet voivat poiketa laskelmista, lopputulos saadaan selville vasta toteutuneen käyttöajan energiamittauksen pohjalta.

Lähteet

- 1 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <www.ymparisto.fi/default.asp?node=14527&lan=fi>. Päivitetty 18.6.2010. Luettu 4.2.2011.
- 2 Penttilä Hannu, Lindberg Rita, Palolahti Tuomas, Koskenvesa Anssi, Mäki Tarja, Palomäki Jenni, Kivimäki Christian, Sahlsted Satu. 2009. Rakennusosien kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 Taloyhtiön Kuntotodistus. Verkkodokumentti. Kiinteistöalan koulutussäätiö.<www.kuntotodistus.fi/patevoityneet_kuntotodistuksen_laajat>. Päivitetty 18.2.2011. Luettu 9.3.2011.
- 4 Siren Jukka. Kiinteistölehti 4/2007. Vihdoinkin vertailukelpoinen todistus talon kunnosta. Verkkodokumentti. Kiinteistölehti Oy.<www.kiinteistolehti.fi/artikkelit/?id=482>. Luettu 16.4.2010.
- 5 Kuntoarvion tarjouspyyntö. Verkkodokumentti. Rakennustieto Oy. <www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5gv1OIZhk%3A5-RT%2495%248315?RANEget=/channels/public/www/rane/fi/index/tuotteet/kodinrakentajalle_20/korjausrakentaminen>. Luettu 21.4.2010.
- 6 Kuntotutkimus. 2009. Verkkodokumentti. Taloyhtiö.net. <www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntotutkimus/default.html>. Päivitetty 24.8.2009. Luettu 21.4.2010.
- 7 LVI-järjestelmien kuntoarvioijan pätevyysvaatimukset. 2011. Verkkodokumentti. Fise Oy. <www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimuset_ja_patevyyshakemuslomakkeet/korjausrakentamisen_suunnittelu/lvv_kuntotutkija/>. Päivitetty 9.3.2011. Luettu 9.3.2011.
- 8 Sähköjärjestelmien arviointi. 2011. Verkkodokumentti. Henkilö- ja Yritysarviointi Seti Oy. <setifi.asiakkaat.sigmatic.fi/index.php?k=20369>. Luettu 9.3.2011.
- 9 Lommi Jouko. 2008. Suunnittelulla on merkittävä osa rakennusprojektissa. Verkkodokumentti. Rakenna oikein rakentajan ja remontoijan käsikirja. <www.rakennaoinkein.fi/fi/artikkelit/suunnittelulla-merkitt%C3%A4v%C3%A4-osa-rakennusprojektissa>. Päivitetty 16.9.2010. Luettu 9.3.2011.
- 10 Sopimuslomakkeet tietokanta. 2011. Verkkodokumentti. Rakennustieto Oy. <www.sopimuslomake.net/mallit/>. Luettu 2.2.2011.
- 11 Palkkalaskelma. 2011. Verkkodokumentti. Rakennusliitto ry. <www.rakennusliitto.fi/ohjeita_pienrakennuttajille/mita_tyo_lopulta_maksaa/>. Luettu 2.2.2011.

- 12 Lehtinen Teppo. Lämpö ja kosteusteknisen suunnittelun vaiheet. Verkkodokumentti. Teknillinen korkeakoulu. <www.tkk.fi/Yksikot/Talo/projektit/RF-SUUN-kooste.html>. Luettu 6.1.2011.
- 13 Pääsuunnittelijan hakemus: Painos 1/2007. Verkkodokumentti. FISE Oy. <www.fise.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=114&name=file>. Luettu 21.4.2010.
- 14 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. 2002. Verkkodokumentti. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa A2. <www.finlex.fi/pdf/normit/10970-a2.pdf>. Luettu 2.2.2011.
- 15 Ojanen Tuomo. 2008. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista kosteustekniseen toimivuuteen. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96145&lan=fi>. Luettu 10.10.2010.
- 16 Rakenteiden lämmönjohtavuuden laskenta. 2003. Verkkodokumentti. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. <www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>. Luettu 26.12.2010.
- 17 Rakennusten lämmöneristys. 2010. Verkkodokumentti. Rakentamismääräyskokoelma, osa C3. <www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010-suomi_221208.pdf>. Luettu 8.4.2010.
- 18 Uudisrakennuksista tulossa lähes nollaenergiataloja, myös korjausrakentamiseen energiatehokkuusmääräyksiä. 2010. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=358602&lan=fi&clan=fi>. Päivitetty 18.5.2010. Luettu 9.10.2010.
- 19 Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 2007. Verkkodokumentti. Finlex. <www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070487>. Päivitetty 13.4.2007. Luettu 2.2.2011.
- 20 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2007. Verkkodokumentti. Finlex. <www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070765>. Päivitetty 13.4.2007. Luettu 2.2.2011.
- 21 Ympäristöministeriön ohje käyttö- ja huoltokirjan laadintaan pientalossa. 2008. Verkkodokumentti. <www.environment.fi/download.asp?contentid=90384&lan=FI>. Luettu 2.2.2011.
- 22 Ilmavesilämpöpumpun ominaisuuksia. 2010. Verkkodokumentti. <www.ilmavesilampopumppu.fi/yleista>. Luettu 25.5.2010.
- 23 Lämpöä ilmassa. 2008. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>. Päivitetty 8.2008. Luettu 2.2.2011.

- 24 Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2009. Verkkodokumentti. Motiva Oy.<
www.motiva.fi/julkaisut/pientalon_lammitysjarjestelmat.2193.shtml >. Luettu
6.1.2011.
- 25 Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate kuva. Verkkodokumentti. Matthias Fried
Oy.< matthiasfried.fi/lampopumput/mika-on-ilmalampopumppu/>. Luettu
26.5.2010.
- 26 Perälä, Rae. Lämpöpumput. Tallinna: Alfamer Oy, 2009.
- 27 Jälkiasennetun ilmalämpöpumpun vaikutus energiankäyttöön. 2009.
Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<www.motiva.fi/files/3252/ILP_kulutus seuranta_23.12.2009_taitto.pdf>.
Päivitetty 23.12.2009. Luettu 7.10.2010.
- 28 Poistoilmalämpöpumppu. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu/>. Luettu 24.5.2010. Päivitetty 29.1.2010.
- 29 ILPO Comfort-poistoilmalämpöpumppu. 2010. Verkkodokumentti. Swegon Iltto
Oy.<www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/General/_fi/Ilmanvaihto%20muut/ilpo%20comfort/ILPO_Comfort-4p.pdf>. Luettu 31.12.2010.
- 30 Tekniset ominaisuudet Nibe Fighter 470 -poistoilmalämpöpumppu. 2010.
Verkkodokumentti. Nibe-Haato Oy.
<ifrae.nibe.se/epi/iframes_fi/fi/F470.asp?user=#>. Päivitetty 7.9.2010. Luettu
9.10.2010.
- 31 Keruuputkistojen sijoitukset ja ominaisuudet. Verkkodokumentti. Suomen
Lämpöpumppuyhdistys ry. <
[//www.sulpu.fi/images/stories/pdf/LPjarjsuunnittelu.pdf](http://www.sulpu.fi/images/stories/pdf/LPjarjsuunnittelu.pdf)>. Luettu 5.3.2011.
- 32 Lämpökaivokriteerit. 2009. Verkkodokumentti. Suomen Kaivonporausurakoitsijat
ry.<www.poratek.fi/fi/lampokaivot/normilampokaivon+kriteerit/>. Luettu
9.10.2010.
- 33 Juvonen Janne. Lämpökaivon hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas 2009.
Verkkodokumentti. Suomen ympäristökeskus.
<www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108367&lan=fi%20>. Päivitetty
2009. Luettu 26.5.2010.
- 34 Lämpöpumppujen asennustoiminnan pätevyudet. 2011. Verkkodokumentti.
Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry.
<www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=83>.
Luettu 2.2.2011.
- 35 Erat Bruno, Erkkilä Vesa, Löfgren Timo, Nyman Christer, Peltola Seppo, Suokivi
Hannu. 2001. Aurinko-opas aurinkoenergiaa rakennuksiin Helsinki: Kustantajat
Sarmala Oy / Rakennusalan kustantajat RAK.
- 36 Erkkilä Vesa. 2003. Aurinkolämpöopas itsenäisrakentajille. Helsinki: Kustantajat
Sarmala Oy / Rakennusalan kustantajat RAK.

- 37 Säteri Jorma. 2004. Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Espoo SIY Sisäilmätieto Oy
- 38 Nanoeristyslevy. 2011. Verkkodokumentti. VICOVER eristeet. <www.supereriste.fi/etusivu.html>. Luettu 2.2.2011.
- 39 EPS-eristelevyn ominaisuudet. Verkkodokumentti. VTT Life Plan. <ce.vtt.fi/lifeplan/transform.html?xml=%5Cfiles%5CEPS_Seinaeristeet_1137504629217_169.xml&xsl=%5Cfiles%5CXSL%5CLifePlan.xsl>. Luettu 2.2.2011.
- 40 Polyuretaanieristelevyn ominaisuuksia. Verkkodokumentti. SPU Systems Oy. <www.spu.fi/spu_al>. Luettu 10.11.2010.
- 41 Ikkunoiden energiansäästö. Verkkodokumentti. Kuluttajavirasto. <www.kuluttajavirasto.fi/fi-FI/eko-ostaja/rakentaminen/ikkunat/>. Päivitetty 9.4.2010. Luettu 13.6.2010.
- 42 Kolmilasisen argontäytteisen ikkunan ominaisuudet. Verkkodokumentti. Pilkington lasifakta. <www.pilkington.com/resources/fi1219.pdf>. Luettu 27.12.2010.
- 43 Kuntotutkimus työhinnasto. Verkkodokumentti. Raksystems Oy. <www.raksystems.fi/files/pdf/892/HinnastoMuuAlue.pdf>. Päivitetty 23.4.2009. Luettu 2.2.2011.
- 44 Nissinen Sampsa, Koskenvesa Anssi. 2006. Pientalon kustannukset. Helsinki: Rakennustieto Oy / Tammerpaino Oy.
- 45 Rakennuskustannusindeksi 2010 elokuu. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <www.stat.fi/til/rki/2010/08/rki_2010_08_fi.pdf> Luettu 8.10.2010.
- 46 Ovien hintataso. Verkkodokumentti. Taloon.com. <kauppa.taloon.com/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=JJ-49-40sfbm>. Luettu 6.1.2011.
- 47 Maalämpöpumppujärjestelmän hintataso. Verkkodokumentti. Uudenmaan Porakaivo Oy. <www.uudenmaanporakaivo.fi/index.php?page=202>. Luettu 30.12.2010.
- 48 Maalämpöpumpun hintataso. Verkkodokumentti. Talotarvike.com. <www.talotarvike.com/kauppa/product_catalog.php?c=468>. Luettu 30.12.2010.
- 49 Paasonen Veli-Matti. 2009. Ilmalämpöpumpun asennushinnat. Verkkodokumentti. Itä-Suomen Lääninhallituksen tiedote. <www.intermin.fi/lh/ita/bulletin.nsf/9e5fbc22e706069bc2256bcc006f9b96/7173ff56b7326f75c22575a600229a37?OpenDocument>. Päivitetty 28.4.2009. Luettu 2.2.2011.
- 50 Poistoilmalämpöpumpun Nibe 470 F hinta. Verkkodokumentti. Taloon.com. <www.kauppa.taloon.com/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=LVI-7923502>. Luettu 3.2.2011.

- 51 Poistoilmalämpöpumpun Ilpo Comfort hinta ja tekniset tiedot. Verkkodokumentti. Swegon Ilto Oy. < www.ilto.fi/_file/5017/Hinnasto_10.pdf > ja < www.ilto.fi/_file/5014/Ilpo_Comfort_suunnitteluohje.pdf/ >. Luettu 3.2.2011.
- 52 Kotitalousvähennysoikeus. Verkkodokumentti. Vero.fi. < www.vero.fi/default.asp?path=5,40&article=8348&domain=VERO_MAIN#neljas >. Luettu 3.2.2011.
- 53 Korkeimman oikeuden päätös kotitalousvähennyksestä, maalämpöpumpun asennustyöstä ja lämpökaivon porauskustannuksista. Verkkodokumentti. Korkein hallinto-oikeus. < www.kho.fi/paatokset/47540.htm >. Päivitetty 19.11.2008. Luettu 3.2.2011.
- 54 Uusi energia-avustus. 2010. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. < www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=372328&lan=fi&clan=fi >. Päivitetty 21.12.2010. Luettu 3.2.2011.
- 55 Sähkön hinta. 2010. Verkkodokumentti. Energiamarkkinavirasto. < www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=2087&pgid=1&languageid=246 >. Luettu 3.2.2011.
- 56 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Verkkodokumentti. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. < www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf >. Päivitetty 13.1.2010. Luettu 3.2.2011.
- 57 Yrjölä Jukka. 2007. Luentomateriaali kannattavuus- ja rahoituslaskelmat. Espoo: EVTEK Ammattikorkeakoulu.
- 58 Inflaatio. 2010. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. < www.stat.fi/til/khi/2010/12/khi_2010_12_2011-01-14_tie_001_fi.html >. 14.1.2011. Luettu 3.2.2011.

Vaipan sisäpuolisen eristämisen kustannukset rakenne

Materiaali	Lähde (2,s.) sivu	Materiaali menekki m ²	Materiaali kustannus €/m ²	Työ kustannus €/m ²	Kustannus €
Purkutyö		84		12	1 008
Jätteenkäsittely, kuljetus		84		6,30	530
Purkutyö yhteensä ALV 23 %					1 538
Alapohja polyuretaani 50 mm työ	224 53	84 84	10,86	19,48	912 1 636
Laminaattilattia	227	84	11,45		1 000
Seinät polyuretaani 100 mm työ	224 128	126 126	20,90	4,63	2 633 583
Yläpohja polyuretaani 100 mm työ	224 128	84 84	20,90	4,63	1 756 389
Kipsilevy pintakäsittely	90	210 210	3,85 4,38	5,06	1 871 920
Polyuretaanivaaho ja aputyöt		210	3,00	4,50	1 575
Ikkunoiden kehikot ja rakennetyö		25	30,00	15,00	1 125
Puolilämpimät tilat eristys polyuretaani alapohja 50 mm polyuretaani yläpohja 100 mm polyuretaani seinät 100 mm	224	21,4 21,4 24,6	10,86 20,90 20,90	19,48 4,64 4,64	417 546 628
Sähkörasioiden korotus ja valaisinläpiviennit	122	122	6,62		808
Yhteensä ALV 0%					16 799
ALV 23 %					3 863
Yhteensä					20 662

Vaipan ulkopuolisen eristämisen kustannukset rakenne

Materiaali	Lähde (2,s.)	Materiaali menekki m ²	Materiaali kustannus €/m ²	Työ kustannus €/m ²	Kustannus €
Purkutyö alapohja		84		8,00	672
Jätteenkäsittely		84		5,00	420
Purkutyö julkisivu		126		5,00	630
Jätteenkäsittely		126		4,00	504
Purkutyö katto		200		5,00	1 000
Jätteenkäsittely		200		4,00	800
Purkutyöt yht. ALV 23 %					5 000
Maanrakennus ja routaeristys ALV 23 %					1 000
Alapohja polyuretaani 150 mm työ	224 53	84 84	31,95	10,65	2 684 895
Laminaattilattia	227	84	11,45		1 000
Seinät polyuretaani 200 mm työ	224 137	135 135	39,38	63,04	5 316 8 510
Yläpohja puhallusvilla 550 mm	223	156		18,97	2 960
Kattotuolit asennus					3 000 534
Räystäät		59 m	25	9	2 006
Muotolevykate	149	200	25,30	13,61	7 782
Polyuretaanivaahto ja aputyöt		200	3,00	3,00	1 200
Työvälinevuokrat					700
Yhteensä ALV 0 %					36 548
ALV 23 %					8 406
Yhteensä					44 954

Rakennuksen laajuustiedot

MRT(60) on moduulikokoinen reikätiili 285 mm*85 mm*60mm
 NRT on normaalikokoinen reikätiili 270mm*130mm*75 mm

Rakennuksen laajuus	Pinta-ala m ²	
Rakennustilavuus	375 m ³	
Bruttoala	156 m ²	
Kerroskorkeus	2,8 m	
Huonekorkeus	2,4 m	
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat 107,1m ² *2,4m	257 m ³	
Julkisivupinta-ala 61,8 m*2.8m	173 m ²	
Ikkunoiden pinta-ala	25,9 m ²	
Ovien pinta-ala	13,2 m ²	
Rakennusosat U-arvo ulkoseinät	Pinta-ala m ² W/m ² K	
Nykyinen seinärakenne tiiliverhous MRT(60) 85 mm 100mm mineraalivilla kantava seinä NRT 130 mm	173	0,44
Vaihtoehto sisäpuolinen eristys MRT 85(60) mm. 100 mm mineraalivilla kantava seinä NRT 130 mm lisäeristys 100 mm polyuretaani ja kipsilevyverhous 13 mm	173	0,18
Vaihtoehto 2 ohutrapattu polyuretaanieriste 200 mm NRT 130 mm täystiilirunko	173	0,11
Yläpohja		
Harjakatto 150mm mineraalivilla peltikate	142	0,34
Vaihtoehto sisäpuolinen eristys harjakatto, 150mm mineraalivilla peltikate 150mm kantava betonilaatta 100 mm polyuretaanilevy kipsilevyverhous 13 mm	142	0,16
Vaihtoehto 2 harjakatto 150 mm mineraalivilla ja lisäeristeenä 340 mm puhallettua mineraalivillaeristettä.	142	0,087
Alapohja		
Maanvarainen teräsbetonilaatta 150 mm 150 mm kevytsoraeriste pintalaatta 50 mm betonia	142	0,58
Vaihtoehto sisäpuolinen eristys maanvarainen teräsbetonilaatta 150 mm 150 mm kevytsoraeriste betonilaatta 50 mm sekä 50 mm polyuretaanilevy	104,43	0,29
Kantavat seinät	3,9	1,06
Puolilämpimät tilat tekn. tila ja autotalli arvo	21,44	0,58
Vaihtoehto 2 ulkopuolinen eristys Maanvarainen teräsbetonilaatta polyuretaanilevy 150 mm betonilaatta 50mm	119,1	0,14
Kantavat seinät	0,43	1,06
Puolilämpimät tilat tekn. tila ja autotalli arvo	21,44	0,58
Ovet	Pinta-ala m ²	U-arvo W/ m ² K
Nykyiset ovet	12,5	2,7
Puurunko eristemateriaali polyuretaani	8	1,0
Metallirunko eristemateriaali polyuretaani	4,6	1,0
Ikkunat kaikissa vaihtoehtoissa	Pinta-ala m ²	U-arvo W/ m ² K
Pohjoiseen	6,4	0,6
Itään	1,5	0,6
Etelään	12	0,6
Länteen	5,1	0,6

Kiinteistön lämpöhäviöenergiat

Tilojen lämmityksen nettoenergiantarve $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ lasketaan kaavalla (11).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{sis, lämpö}} \quad (11)$$

Rakennuksen lämmitysenergian tarve eri vaihtoehtoilla									
Sisäpuolinen eristysvaihtoehto									
	Tu, °C	T _{maa}	puolilämmin		Δt	Q _{joht}	Q _{vuoto}	Q _{iv, kWh}	Q _{läm-}
			T _s	T _s	h		ilma		mitys
Tammikuu	-8,5	10	15	21	744	1313	66	826	2205
Helmikuu	-9,8	9	15	21	672	1266	62	777	2105
maaliskuu	-1,7	8	15	21	744	1219	51	634	1904
huhtikuu	1,8	7	15	21	720	1132	42	520	1694
toukokuu	10,8	7	15	21	744	907	23	285	1215
kesäkuu	16	8	15	21	720	679	11	135	825
heinäkuu	14,7	10	15	21	744	633	14	176	823
elokuu	16	11	15	21	744	542	11	135	688
syyskuu	9,69	12	15	21	720	652	24	306	982
lokakuu	3,95	13	15	21	744	788	38	477	1303
marraskuu	1,42	13	15	21	720	834	42	530	1407
joulukuu	-3,9	12	15	21	744	1070	56	695	1820
Yhteensä					8760	11034	440	5496	16970
Ulkopuolinen eristysvaihtoehto									
Tammikuu	-8,5	10	15	21	744	1117	74	924	2115
Helmikuu	-9,8	9	15	21	672	1073	70	869	2011
maaliskuu	-1,7	8	15	21	744	1012	57	710	1779
huhtikuu	1,8	7	15	21	720	927	47	581	1555
toukokuu	10,8	7	15	21	744	721	26	319	1065
kesäkuu	16	8	15	21	720	528	12	151	692
heinäkuu	14,7	10	15	21	744	505	16	197	718
elokuu	16	11	15	21	744	433	13	156	602
syyskuu	9,69	12	15	21	720	544	27	342	914
lokakuu	3,95	13	15	21	744	676	43	533	1252
marraskuu	1,42	13	15	21	720	719	47	593	1359
joulukuu	-3,9	12	15	21	744	919	62	777	1759
Yhteensä					8760	9173	492	6154	15818
Alkuperäinen tilanne									
Tammikuu	-8,5	10	15	21	744	1764	591	554	2910
Helmikuu	-9,8	9	15	21	672	1682	556	521	2760
maaliskuu	-1,7	8	15	21	744	1500	454	426	2380
huhtikuu	1,8	7	15	21	720	1321	372	349	2042
toukokuu	10,8	7	15	21	744	920	204	191	1315
kesäkuu	16	8	15	21	720	604	97	91	792
heinäkuu	14,7	10	15	21	744	614	126	118	858
elokuu	16	11	15	21	744	512	100	94	706
syyskuu	9,69	12	15	21	720	761	219	205	1186
lokakuu	3,95	13	15	21	744	1034	341	320	1695
marraskuu	1,42	13	15	21	720	1121	379	356	1856
joulukuu	-3,9	12	15	21	744	1457	498	466	2421
Yhteensä					8760	13292	3939	3692	20922

Kiinteistön käyttöveden lämmitys sekä poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja hyödynnetty energia

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \rho_v c_{pv} V_{\text{lkv}} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad (12)$$

$$Q_{\text{LTO,LP}} = \frac{\sum((T_s - T_{\text{jäte}})\Delta t)}{\sum((T_s - T_u)\Delta t)} Q_{\text{iv,eilTO}} \quad (13)$$

$$Q_{\text{LP}} = \frac{\varepsilon_{\text{LP}}}{(\varepsilon_{\text{LP}} - 1)} Q_{\text{LTO,LP}} \quad (14)$$

Sisäpuolinen eristysvaihtoehto lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöenergiat									
	Δt	V_{lkv}	Q_{lkv}	Q_{lkv}	Q_{lkv}	Q_{lkv}	$Q_{\text{LTO,LP}}$	Q_{lkv}	Q_{lkv}
	h	m ³	netto	kierto- häviöt	kehitys- häviöt	varaaja häviöt	LP		erotus QLKV,LP
Tammikuu	744	6,2	362	199	85	146	447	706	259
Helmikuu	672	5,6	327	180	77	132	404	638	234
maaliskuu	744	6,2	362	199	85	146	447	706	259
huhtikuu	720	6,0	350	192	82	141	433	683	250
toukokuu	744	6,2	362	199	85	146	447	706	259
kesäkuu	720	6,0	350	192	82	141	433	683	250
heinäkuu	744	6,2	362	199	85	146	447	706	259
elokuu	744	6,2	362	199	85	146	433	706	273
syyskuu	720	6,0	350	192	82	141	433	683	250
lokakuu	744	6,2	362	199	85	146	447	706	259
marraskuu	720	6,0	350	192	82	141	433	683	250
joulukuu	744	6,2	362	199	85	146	447	706	259
Yhteensä	8760	73,0	4258	2340	1000	1716	5253	8314	3061
Ulkopuolinen eristysvaihtoehto lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöenergiat									
Tammikuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
Helmikuu	672	5,6	327	180	77	132	452	638	186
maaliskuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
huhtikuu	720	6,0	350	192	82	141	484	683	199
toukokuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
kesäkuu	720	6,0	350	192	82	141	484	683	199
heinäkuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
elokuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
syyskuu	720	6,0	350	192	82	141	484	683	199
lokakuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
marraskuu	720	6,0	350	192	82	141	484	683	199
joulukuu	744	6,2	362	199	85	146	501	706	205
Yhteensä	8760	73,0	4258	2340	1000	1716	5895	8314	2419
Alkuperäinen tilanne lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöenergiat									
Tammikuu	744	6,2	362		85	146		592	
Helmikuu	672	5,6	327		77	132		535	
maaliskuu	744	6,2	362		85	146		592	
huhtikuu	720	6,0	350		82	141		573	
toukokuu	744	6,2	362		85	146		592	
kesäkuu	720	6,0	350		82	141		573	
heinäkuu	744	6,2	362		85	146		592	
elokuu	744	6,2	362		85	146		592	
syyskuu	720	6,0	350		82	141		573	
lokakuu	744	6,2	362		85	146		592	
marraskuu	720	6,0	350		82	141		573	
joulukuu	744	6,2	362		85	146		592	
Yhteensä	8760	73	4258		1000	1716		6974	

Kiinteistön lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia Q lämmitys, tilat, häviöt on

lämmitysjärjestelmään tuodun lämpöenergian ja lämmityksen lämpöenergiantarpeen erotus. Se lasketaan kaavalla 15.

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, kehitys}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, jakelu}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutus}} +$$

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätö}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, varaaja}} \quad (15)$$

Sisäpuolinen eristysvaihtoehto						
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä	Q lämmitys, tilat, kWh	Q lämmitys, tilat, kehityshäviöt kWh	Tuloilman lämmityksen vesikiertoisen jälkilämmityspatterin jakelu ja luovutushäviöteho kWh	Vesikiertoisen radiaattorilämmityksen 40/35 °C Jakelu, luovutus ja säätö lämpöhäviöenergia kWh	Tilojen lämmityksen lämpöhäviöenergia yhteensä kWh
Tammikuu	744	81,8	170	140	211	603
Helikuu	672	73,9	153	140	211	578
maaliskuu	744	81,8	170	94	140	486
huhtikuu	720	79,2	164	94	140	478
toukokuu	744	81,8	170	47	70	369
kesäkuu	720	79,2	164			244
heinäkuu	744	81,8	170			252
elokuu	744	81,8	170			252
syyskuu	720	79,2	164	47	70	361
lokakuu	744	81,8	170	94	140	486
marraskuu	720	79,2	164	140	211	595
joulukuu	744	81,8	170	140	211	603
Yhteensä	8760	963,6	2000	936	1404	5304
Ulkopuolinen eristysvaihtoehto						
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä	Lämminvesivaraajan vaipan lämpöhäviöenergia kWh	Tilojen lämmönkehityksen lämpöhäviöenergia kWh	Tuloilman lämmityksen vesikiertoisen jälkilämmityspatterin jakelu ja luovutushäviöteho kWh	Vesikiertoisen lattialämmityksen 40/35 °C Jakelu, luovutus ja säätö lämpöhäviöenergia kWh	Tilojen lämmityksen lämpöhäviöenergia yhteensä kWh
Tammikuu	744	81,8	170	140	562	954
Helikuu	672	73,9	153	140	562	929
maaliskuu	744	81,8	170	94	374	720
huhtikuu	720	79,2	164	94	374	712
toukokuu	744	81,8	170	47	187	486
kesäkuu	720	79,2	164			244
heinäkuu	744	81,8	170			252
elokuu	744	81,8	170			252
syyskuu	720	79,2	164	47	187	478
lokakuu	744	81,8	170	94	374	720
marraskuu	720	79,2	164	140	562	946
joulukuu	744	81,8	170	140	562	954
Yhteensä	8760	963,6	2000	936	3744	7644
Aikuperäinen tilanne						
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä	Lämminvesivaraajan vaipan lämpöhäviöenergia kWh	Tilojen lämmönkehityksen lämpöhäviöenergia kWh		Vesikiertoisen lattialämmityksen 40/35 °C Jakelu, luovutus ja säätö lämpöhäviöenergia kWh	Tilojen lämmityksen lämpöhäviöenergia yhteensä kWh
Tammikuu	744	81,8	170		562	813
Helikuu	672	73,9	153		562	789
maaliskuu	744	81,8	170		374	626
huhtikuu	720	79,2	164		374	618
toukokuu	744	81,8	170		187	439
kesäkuu	720	79,2	164			244
heinäkuu	744	81,8	170			252
elokuu	744	81,8	170			252
syyskuu	720	79,2	164		187	431
lokakuu	744	81,8	170		374	626
marraskuu	720	79,2	164		562	805
joulukuu	744	81,8	170		562	813
Yhteensä	8760	963,6	2000		3744	6708

Kiinteistön laitesähkönkulutus

Rakennuksen ostettavan (sähkölaitteiden kautta kulkevan) sähköenergian kokonaiskulutus $W_{\text{sähkö,osto}}$ lasketaan kaavalla 16.

$$W_{\text{sähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö,osto}} + W_{\text{lämmitys,sähkö,osto}} + W_{\text{jäähdytys,sähkö,osto}} \quad (16)$$

Rakennuksen sähköenergiankulutus sisä ja ulkopuolinen eristysvaihtoehto $W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muutlaitteet}}$					
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä h	Valaistusjärjestelmän sähkönkulutus kWh	Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus kWh	Muiden laitteiden sähkönkulutus kWh	Laitteiden sähkönkulutus yhteensä kWh
Tammikuu	744	93	93	477	662
Helmikuu	672	84	84	431	598
maaliskuu	744	93	93	477	662
huhtikuu	720	90	90	462	641
toukokuu	744	93	93	477	662
kesäkuu	720	90	90	462	641
heinäkuu	744	93	93	477	662
elokuu	744	93	93	477	662
syyskuu	720	90	90	462	641
lokakuu	744	93	93	477	662
marraskuu	720	90	90	462	641
joulukuu	744	93	93	477	662
Yhteensä	8760	1092	1092	5616	7800
Rakennuksen sähköenergiankulutus alkuperäinen vaihtoehto					
Tammikuu	744	93		477	570
Helmikuu	672	84		431	515
maaliskuu	744	93		477	570
huhtikuu	720	90		462	551
toukokuu	744	93		477	570
kesäkuu	720	90		462	551
heinäkuu	744	93		477	570
elokuu	744	93		477	570
syyskuu	720	90		462	551
lokakuu	744	93		477	570
marraskuu	720	90		462	551
joulukuu	744	93		477	570
Yhteensä	8760	1092		5616	6708

Kiinteistön lämpökuormaenergia

Rakennuksen lämpökuormaenergia $Q_{\text{lämpökuorma}}$ lasketaan kaavalla (17).

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{lämmitys, kuorma}} + Q_{\text{lkv, kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} \quad (17)$$

Eri vaihtoehtojen Lämpökuormat							
Sisäpuolinen eristysvaihtoehto							
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä	Lämpökuorma henkilöistä	Lämpökuorma valaistuksesta ja muista sähkölaitteista	Lämpökuorma tilojen lämmitysjärjestelmistä	Lämpökuorma lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmästä	Ikkunoiden kautta tuleva säteilyenergia	Lämpökuormat yhteensä
	h	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	Q lämpökuorma kWh
Tammikuu	744	125,0	425,3	530	323,2	25,65	1429,2
Helmikuu	672	112,9	384,1	518	291,9	111,18	1418,2
maaliskuu	744	125,0	425,3	393	323,2	191,63	1458,1
huhtikuu	720	121,0	411,6	389	312,8	247,49	1481,8
toukokuu	744	125,0	425,3	250	323,2	129,03	1252,5
kesäkuu	720	121,0	411,6	115	312,8	138,41	1098,7
heinäkuu	744	125,0	425,3	119	323,2	102,02	1094,5
elokuu	744	125,0	425,3	119	323,2	72,54	1065,0
syyskuu	720	121,0	411,6	252	312,8	61,73	1159,1
lokakuu	744	125,0	425,3	393	323,2	91,64	1358,1
marraskuu	720	121,0	411,6	526	312,8	19,33	1390,7
joulukuu	744	125,0	425,3	530	323,2	19,45	1423,0
Yhteensä	8760	1471,7	5007,6	3759	3806	1210,10	15254
Ulkopuolinen eristysvaihtoehto							
Tammikuu	744	125,0	425,3	530	323,2	25,65	1429,2
Helmikuu	672	112,9	384,1	518	291,9	111,18	1418,2
maaliskuu	744	125,0	425,3	393	323,2	191,63	1458,1
huhtikuu	720	121,0	411,6	389	312,8	247,49	1481,8
toukokuu	744	125,0	425,3	250	323,2	129,03	1252,5
kesäkuu	720	121,0	411,6	115	312,8	138,41	1098,7
heinäkuu	744	125,0	425,3	119	323,2	102,02	1094,5
elokuu	744	125,0	425,3	119	323,2	72,54	1065,0
syyskuu	720	121,0	411,6	252	312,8	61,73	1159,1
lokakuu	744	125,0	425,3	393	323,2	91,64	1358,1
marraskuu	720	121,0	411,6	526	312,8	19,33	1390,7
joulukuu	744	125,0	425,3	530	323,2	19,45	1423,0
Yhteensä	8760	1471,7	5007,6	4586	3806	1210,10	16081
Alkuperäinen tilanne							
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä	Lämpökuorma henkilöistä	Lämpökuorma valaistuksesta ja muista sähkölaitteista	Lämpökuorma tilojen lämmitysjärjestelmistä	Lämpökuorma lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmästä	Ikkunoiden kautta tuleva säteilyenergia	Lämpökuormat yhteensä
	h	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	Q lämpökuorma kWh
Tammikuu	744	125,0	92,7	530	151,0	25,65	924,4
Helmikuu	672	112,9	83,8	518	136,4	111,18	962,2
maaliskuu	744	125,0	92,7	393	151,0	191,63	953,4
huhtikuu	720	121,0	89,8	389	146,1	247,49	993,3
toukokuu	744	125,0	92,7	250	151,0	129,03	747,8
kesäkuu	720	121,0	89,8	115	146,1	138,41	610,3
heinäkuu	744	125,0	92,7	119	151,0	102,02	589,8
elokuu	744	125,0	92,7	119	151,0	72,54	560,3
syyskuu	720	121,0	89,8	252	146,1	61,73	670,6
lokakuu	744	125,0	92,7	393	151,0	91,64	853,4
marraskuu	720	121,0	89,8	526	146,1	19,33	902,2
joulukuu	744	125,0	92,7	530	151,0	19,45	918,2
Yhteensä	8760	1471,7	1092,0	4024	1778	1210,10	9576

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus E_{rakennus} lasketaan kaavalla (18).

$$E_{\text{rakennus}} = Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö,osto}} + Q_{\text{jäähdytys,tilat}} \quad (18)$$

Rakennuksen energiankulutus Erakennus=Qlämmitys+Wlaitesähkö+Q jäähdytys,tilat				
Sisäpuolinen eristysvaihtoehto				
Kuukausi	Kuukauden tuntimäärä h	Rakennuksen lämmitysenergian kulutus Q lämmitys kWh	Laitteiden sähköenergian kulutus W laitesähkö kWh	Rakennuksen energiankulutus E Rakennus kWh
Tammikuu	744	2945	662	3607
Helmikuu	672	2807	598	3405
maaliskuu	744	2527	662	3189
huhtikuu	720	2304	641	2945
toukokuu	744	1721	662	2383
kesäkuu	720	989	641	1630
heinäkuu	744	993	662	1655
elokuu	744	858	662	1520
syyskuu	720	1475	641	2116
lokakuu	744	1926	662	2588
marraskuu	720	2134	641	2775
joulukuu	744	2560	662	3222
Yhteensä	8760	23237	7800	31037
Ulkopuolinen eristysvaihtoehto				
Tammikuu	744	3069	662	3732
Helmikuu	672	2940	598	3539
maaliskuu	744	2498	662	3161
huhtikuu	720	2266	641	2907
toukokuu	744	1551	662	2213
kesäkuu	720	935	641	1576
heinäkuu	744	969	662	1632
elokuu	744	849	662	1511
syyskuu	720	1391	641	2032
lokakuu	744	1972	662	2634
marraskuu	720	2304	641	2945
joulukuu	744	2712	662	3375
Yhteensä	8760	23457	7800	31257
Alkuperäinen tilanne				
Tammikuu	744	3723,3	570	4293
Helmikuu	672	3548,6	515	4063
maaliskuu	744	3006,2	570	3576
huhtikuu	720	2660,2	551	3212
toukokuu	744	1754,3	570	2324
kesäkuu	720	1035,7	551	1587
heinäkuu	744	1109,8	570	1680
elokuu	744	954,4	570	1524
syyskuu	720	1616,8	551	2168
lokakuu	744	2321,0	570	2891
marraskuu	720	2661,7	551	3213
joulukuu	744	3234,7	570	3804
Yhteensä	8760	27627	6708	34334

Auringon säteilyenergia pohjoinen ja itä

Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin $F_{\text{läpäisy}}$ lasketaan kaavalla (19).

$$Q_{\text{aur}} = \sum G_{\text{säteily,pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g \quad (19)$$

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} + F_{\text{verho}} + F_{\text{varjostus}} \quad (20)$$

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk,valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad (21)$$

$$F_{\text{varjostus}} = F_{\text{ympäristö}} F_{\text{ylävarjostus}} F_{\text{sivuvarjostus}} \quad (22)$$

Rakennusmääräyskokoelman D5 taulukoissa (55, s. 43–45.) annetaan arvot varjostusten korjauskertoimille eri ilmansuuntien ja varjostuskulmien mukaan. Varjostuskulmat määritetään ikkunan keskipisteestä varjostavaan rakenteeseen.

Pohjoinen								
Kuukausi	G,säteily, pystypinta	F, verho	F,ympä- ristö	Fylä 25°	F, sivu	g	m²	Qaur
Tammikuu	5,6	1	0,95	0,92	0,98	0,33	4,58	7,21
Helmikuu	18,9	1	0,90	0,92	0,98	0,33	4,58	23,05
maaliskuu	34,8	1	0,90	0,92	0,98	0,33	4,58	42,45
huhtikuu	32,4	1	0,80	0,92	0,98	0,33	4,58	35,13
toukokuu	57,2	0,3	0,80	0,92	0,98	0,33	4,58	18,61
kesäkuu	66,5	0,3	0,60	0,92	0,98	0,33	4,58	16,22
heinäkuu	54,3	0,3	0,70	0,92	0,98	0,33	4,58	15,45
elokuu	43,7	0,3	0,65	0,92	0,98	0,33	4,58	11,55
syyskuu	23,5	0,3	0,85	0,92	0,98	0,33	4,58	8,12
lokakuu	13,6	1	0,90	0,92	0,98	0,33	4,58	16,59
marraskuu	4,4	1	0,90	0,92	0,98	0,33	4,58	5,37
joulukuu	2,6	1	0,95	0,92	0,98	0,33	4,58	3,35
							Yhteensä	203,1
Itä								
Tammikuu	6,2	1	0,60	0,94	1,00	0,33	1,00	1,15
Helmikuu	27,1	1	0,50	0,94	1,00	0,33	1,00	4,18
maaliskuu	47,9	1	0,50	0,94	1,00	0,33	1,00	7,39
huhtikuu	65,6	1	0,50	0,94	1,00	0,33	1,00	10,12
toukokuu	91	0,3	0,55	0,94	1,00	0,33	1,00	4,63
kesäkuu	109,8	0,3	0,50	0,94	1,00	0,33	1,00	5,08
heinäkuu	76,1	0,3	0,55	0,94	1,00	0,33	1,00	3,87
elokuu	81	0,3	0,40	0,94	1,00	0,33	1,00	3,00
syyskuu	50,5	0,3	0,50	0,94	1,00	0,33	1,00	2,34
lokakuu	25,5	1	0,55	0,94	1,00	0,33	1,00	4,33
marraskuu	5,3	1	0,60	0,94	1,00	0,33	1,00	0,98
joulukuu	3,6	1	0,80	0,94	1,00	0,33	1,00	0,89
							Yhteensä	47,96

Auringon säteilyenergia länsi ja etelä

Länsi										
	G,säteily,	F,	F,ympä-	Fylä	F,					
Kuukausi	pystypinta	verho	ristö	25°	sivu	g	m ²	Qaur	m ²	Qaur
Tammikuu	12,4	1	0,25	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	9,61
Helmikuu	60,1	1	0,30	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	55,90
maaliskuu	75,3	1	0,40	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	93,38
huhtikuu	90,1	1	0,50	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	139,66
toukokuu	110,7	0,3	0,70	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	72,07
kesäkuu	117,8	0,3	0,75	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	82,17
heinäkuu	81,8	0,3	0,75	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	57,06
elokuu	103,4	0,3	0,40	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	38,47
syyskuu	84,5	0,3	0,45	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	35,37
lokakuu	49,3	1	0,30	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	45,85
marraskuu	10,4	1	0,20	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	6,45
joulukuu	15,1	1	0,20	0,96	1,00	0,33	7,44	0,85	2,76	9,36
Yhteensä										645,35
Etelä										
Tammikuu	6,9	1	0,60	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	7,77
Helmikuu	29,9	1	0,50	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	28,05
maaliskuu	51,6	1	0,50	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	48,41
huhtikuu	66,7	1	0,50	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	62,58
toukokuu	108,9	0,3	0,55	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	33,72
kesäkuu	124,1	0,3	0,50	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	34,93
heinäkuu	82,8	0,3	0,55	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	25,64
elokuu	86,7	0,3	0,40	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	19,52
syyskuu	56,5	0,3	0,50	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	15,90
lokakuu	24,1	1	0,55	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	24,87
marraskuu	5,8	1	0,60	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	6,53
joulukuu	3,9	1	0,80	0,94	1,00	0,33	2,76	0,73	4,55	5,85
Yhteensä										313,78

Pitkän aikavälin suunnitelma PTS

Raportin koodi	Toimenpide-ehdotukset	Kustannusarvio (euroa) ja ehdotettu toteutusvuosi				
		2011	2012	2013	2014	2015
F4	Yläpohjarakenteet					
	Katon uusinta ja lisäeristys				8 000	
F5	Täydentävät sisäosat					
	Alapohja	4 578				
F6	Tilojen pintarakenteet					
	Kylpyhuone vesieristys ja laatoitus		2 000			
	Sisäseinien lisäeristys			4 000		
F7	Rakennusvarusteet					
	Ovet ja ikkunat		4 950			
G1	Lämmitysjärjestelmät					
	Lattialämmitysputkisto ja asennustyö	3 578				
	Maalämpöpumppu Nibe F 1145	9 807				
G2	Vesi- ja viemärijärjestelmät					
	Vesi viemärijohtot		4 000			
G3	Ilmastointijärjestelmät					
	Poistoilmalämpöpumppu				10 000	
	Rakennuslupahakemus suunnitelmat ja	3 500		2 500		
Yhteensä		21 463	10 950	6 500	18 000	