

Olli Porkka

MATALAENERGIARAKENTAMINEN RIVITALOKOHOITEESSA

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Rakennustekniikka
Kevät 2010



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Rakennustekniikka
Tekijä(t) Olli Porkka	
Työn nimi Matalaenergiarakentaminen rivitalokohteessa	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) Matti Tiainen
	Toimeksiantaja Märbackan Rakennusliike Oy
Aika Kevät 2010	Sivumäärä ja liitteet 37 + 73
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Märbackan Rakennusliike Oy:lle selvittämään Siuntioon rakentuvan As Oy Peltokuja 4:n matalaenergia-asuinrakennuskohteen rakentamisvaiheen ja elinkaarikustannuksia, eri rakenteiden fysikaalisia ominaisuuksia, ostoenergiankulutusta ja rakennuksen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiä. Työn pohjalta laadittiin rivitalokohteen piirustukset.</p> <p>Rakentamisaikaiset kustannukset määriteltiin kustannuslaskennalla. Rakenteiden U-arvot laskettiin eurooppalaisten tuote- ja suunnittelustandardien mukaan. Rakennuksen routasuojaus määriteltiin Talonrakennus routasuojausohjeiden mukaan. Ostoenergiankulutusta arvioitiin laskemalla rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan, ja näiden tietojen pohjalta laskettiin energia- ja huoltokustannukset 30 vuoden välillä selvittäen takaisinmaksuaika.</p> <p>Työn liitteenä ovat rakennuksen luonnoskuvat, routasuojausmitoitustaulukko, kustannuslaskelma, rakenteiden U-arvojen laskelma, RakMK D5:n mukainen lämmitysenergiankulutuksen laskelma, DOFlämpö-ohjelman tulokset, huoltokustannuslaskenta ja takaisinmaksuajan laskenta.</p> <p>Tulosten analysoinnin ja johtopäätösten perusteella kohde voidaan rakentaa kustannustehokkaasti ja toimivaksi ratkaisuksi, jonka arvioidut elinkaarikustannukset ovat energiankulutuksen ja takaisinmaksuajan kannalta edulliset.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Matalaenergiarakentaminen
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Construction Engineering
Author(s) Olli Porkka	
Title Designing a Low-Energy Building	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Mr Matti Tiainen, Senior Lecturer
	Commissioned by Mårbackan Rakennusliike Oy
Date Spring 2010	Total Number of Pages and Appendices 37 + 73
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Mårbackan Rakennusliike Oy. The purpose was to design and make construction drawings of a ten apartment low-energy building complex. Building low-energy buildings needs closer attention to frost protection, cost-management, thermal insulation, heat consumption, building physics and life cycle costs than regular building methods. One of the problems of designing energy-efficient buildings is the lack of information about real-life projects.</p> <p>The calculated extra-added costs of low-energy construction were used to measure the profitability of the project. The life-cycle costs to the future occupant were calculated by adding the starting investment, maintenance and energy savings together. The functionality of different structures used in the project was measured using a heat and moisture calculation program. Frost insulation needs to be measured correctly to ensure a stable ground for the building.</p> <p>As a result, it was found out that the construction of low-energy housing compared to normal methods is economically feasible and the added costs to the occupant when buying an apartment were paid back within a reasonable timeframe. Also, the structures designed were calculated to be functional and do not show any signs of moisture accumulation.</p> <p>The results of this thesis and the final construction drawings are used in the construction project.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Low-energy building
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 MATALAENERGIARAKENTAMINEN	2
2.1 Luokitukset	2
2.1.1 Matalaenergia- ja passiivitaloluokitukset	2
2.1.2 Energiatehokkuusluku	4
2.2 Matalaenergiatalon suunnittelu	6
2.2.1 U-arvot	7
2.2.2 Ilmatiiviys	7
2.2.3 Ilmanvaihto	9
2.2.4 Lämmönjaon vaihtoehdot	10
2.2.5 Lämmitysjärjestelmien vaihtoehdot	11
2.3 Matalaenergiarakentamiseen liittyvät riskit	13
2.3.1 Ulkoseinä	13
2.3.2 Tuulettuva yläpohja	14
2.3.3 Alapohja	15
2.3.4 Ikkunat ja ovet	15
2.4 Routasuojauksen mitoitus	16
2.4.1 Mitoitus kylmänä rakenteena	17
2.4.2 Mitoitus lämpimänä rakenteena	20
2.5 Rakenteita	23
2.5.1 Esimerkkirakenteet	23
2.5.2 Kosteustekninen toiminta	27
3 KOHDE	29
3.1 Lämmitysenergiankulutus	29
3.1.1 Ostoenergian tarve	30
3.1.2 Määräystenmukaisuuden toteaminen	31
3.2 Rakentamiskustannukset	32
3.3 Elinkaarikustannukset	33
4 TULOSTEN ANALYSOINTI	35
5 YHTEENVETO	36

LÄHTEET

37

LIITTEET

1 JOHDANTO

Rakennusten energiatehokkuutta on pyritty parantamaan jo pitkän aikaa, ja 70-luvulta saakka rakennusten ominaiskulutus on pudonnut 30 % [1, s. 3]. Tämä on saavutettu osittain uusilla rakentamismääräyksillä ja normeilla. Ilmastonmuutoksen ja energian hinnan nousu on kehittänyt tarpeen energiatehokkaille matalaenergiataloille.

Vuoden 2010 alussa kiristyneiden ja oletettavasti vielä ennestään kiristyvien lämmöneristysmääräysten myötä työn tilaajana toiminut Mårbackan Rakennusliike Oy tarvitsi tietoa, miten rakennukset voidaan suunnitella ja toteuttaa toimivia ja kustannustehokkaita matalaenergiaratkaisuja käyttäen. Insinööriytyö tuli ajankohtaiseksi, kun Mårbackan Rakennusliike Oy tarvitsi uuden rivitaloprojektin, joka tulee suunnitella matalaenergiatalona.

Työssä käsitellään matalaenergiatalon suunnittelun osa-alueita, jotka liittyvät hankkeen suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä riskejä. Rakennuksen toimivuutta tutkitaan eri tavoilla. Routasuojaus mitoitettiin kylmänä, rakenteena ja sitä vertailtiin lämpimän rakennuksen mitoitustuloksiin. Rakenteiden lämmönläpäisykerroin lasketaan ja niiden kosteusteknistä toimintaa tarkastellaan DOFlämpö-ohjelmalla. Kohteen matalaenergiataso määritetään tasauslaskennalla Rakentamismääräyskokoelman D3 mukaan.

Takaisinmaksuajan määrittämiseen tarvitaan ostoenergiantarve, rakentamiskustannukset ja huoltokustannuslisä. Ostoenergiantarve lasketaan Rakentamismääräyskokoelman D5 laskentatavan mukaan. Rakentamiskustannukset lasketaan Rakennustiedon Rakennusosien kustannuksia 2009 –kirjan mukaan. Huoltokustannuslisä laskettiin arvioimalla matalaenergiarakentamisessa vaikuttavat uusimis- ja huoltokustannukset 30 vuoden ajalla. Tuloksia vertaillaan 2010 normien mukaiseen rakentamistapaan.

2 MATALAENERGIARAKENTAMINEN

Matalaenergiatalojen suunnittelu ja rakentaminen vaativat matalaenergiatalohankkeen kaikilta osapuolilta enemmän kuin 2010 normien mukaan rakentaminen. Eri osapuolten tehtävät ja yleiset toimintatavat vaikuttavat olennaisesti hankkeen onnistumiseen. Asuinrakennuksessa asukkaiden käyttötottumukset ovat merkittävässä asemassa ja ne voivat estää rakennusta säästämistä matalaenergiatasoa. Uusien 2010 rakentamismääräysten myötä rakennusala joutuu tekemään nopeasti muutoksia rakenteisiin ja näistä johtuen ratkaisut voidaan tehdä ilman toimivuutta ajatellen. [2, s. 6.]

2.1 Luokitukset

Matalaenergiatalo voidaan luokitella monen tavan mukaan, mutta varsinainen luokitus määräytyy Rakentamismääräyskokoelman D3:n mukaan seuraavasti.

”Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään ulkoseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ lämpimissä tiloissa ja $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ puolilämpimissä tiloissa.”

RakMK D3 [3, s 5.]

2.1.1 Matalaenergia- ja passiivitaloluokitukset

Suomen rakennusinsinöörien liiton ohjeen RIL 249–2009 ”Matalaenergiarakentaminen, Asuinrakennukset” luokitusta voidaan käyttää tavoitearvoina suunnittelussa. Matalaenergia- ja passiivitalojen energiatehokkuusluokat arvoineen ovat taulukossa 1. [4, s. 28.]

Taulukko 1. RIL 249-2009 –kirjan matalaenergia- ja passiivitaloluokitukset.

	Matalaenergiatalot	Passiivitalot
Tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen nettoenergian ominaistarve	26 - 50	alle 25
Tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen ostoenergian ominaiskulutus	26 - 50	alle 25

Lisäluokituksena ovat nollaenergia- ja plusenergiatalot, jotka ovat passiivi- tai matalaenergiataloja, joiden ostoenergiankulutus nollaenergiatalon tapauksessa 0 kWh/(m²a) ja plusenergiatalossa uusiutuvan omaenergian määrä on enemmän kuin kokonaisenergian kulutus. [4, s. 28.]

Matalaenergiatalot ja passiivitalot on määritelty eri energiatehokkuusluokkiin. Taulukossa 2 on esitetty P- ja M-luokitukset. Esimerkiksi M-50 -luokituksen omaava talo tarkoittaa matalaenergiataloa, jonka tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen nettoenergian ominaistarve on enintään 50 kWh/(m²a). [4, s. 29–30.]

Taulukko 2. Energiatarveluokat.

Määritelmä	Passiivitalo			Matalaenergiatalo				
Energiantarveluokka	P-15	P-20	P-25	M-30	M-35	M-40	M-45	M-50

Rakennusten sijainnin vaikutus voidaan laskea likimääräisesti taulukon 3 mukaisilla kertoimilla. Rakennuskohtaiset tarkat laskelmat suoritetaan jälkepäin ja kertoimilla vain pyritään selvittämään ohjearvo, mihin tulee tähdätä. Esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 ohjeen mukaan laskettaessa tulee käyttää Jyväskylän säätietoja. [4, s. 29.]

Taulukko 3. Rakennusten sijainnin suhteellinen vaikutus kokonaisenergiankulutukseen.

Energiatehokkuusluokka	Etelä-Suomi	Keski-Suomi (Jyväskylä)	Pohjois-Suomi
Normitalo 2010	0,90	1,00	1,25
Matalaenergiatalo	0,88	1,00	1,27
Passiivitalo	0,85	1,00	1,33

Taulukossa 4 on eri energiatehokkuusluokkia rakennuksille. Taulukon kokonaisenergiankulutuksen tavoitearvot eivät ole vertailukelpoisia energiaoppaan ET-luvun kanssa [4, s. 30–31]. Taulukossa on myös esitetty, millä Rakentamismääräyskokoelman D5:n kaavoilla saadaan tietty energiatehokkuusluokka määritettyä.

Taulukko 4. Rakennusten luokittelu energiatehokkuusluokkien mukaan.

Energiatehokkuusluokka	Normitalo 2010		Matala-energiatalo	Passiivi-energiatalo
	Kerrostalo	Pientalo		
1. Tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen nettoenergian ominaistarve kWh/(m ² a) D5 = $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	80–90	90–100	26–50	15–25
2. Tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen ostoenergian ominaiskulutus kWh/(m ² a) D5 = $Q_{\text{lämmitys}} - Q_{\text{lkv}}$	90–100	100–110	26–50	15–25
3. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian ominaistarve kWh/(m ² a) D5 = Q_{lkv}	35	30	20–25	20–25
4. = 2+3 Rakennuksen lämmitysjärjestelmän ominaiskulutus kWh/(m ² a) D5 = $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} + Q_{\text{lkv, netto}}$	130	135	48–80	35–51
5. Kiinteistö- ja kotitalous-sähkön ominaiskulutus kWh/(m ² a) D5 = $W_{\text{laitesähkö}}$	20–40	25–40	30–35	25–35
6. = 4+5 Kiinteistön kokonaisenergian ominaiskulutus kWh/(m ² a) D5 = $Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}}$	150–170	160–175	78–115	60–86

2.1.2 Energiatehokkuusluku

Energiatodistusoppaan energiatehokkuuslukua käytetään energiatodistuksissa, ja se sisältää lämmönkulutuksen lisäksi kiinteistösähkön ja pientaloille myös taloussähkön. ET-luku lasketaan jakamalla rakennuksen vuosittainen kokonaisenergiankulutus rakennuksen bruttopinta-alalla, josta on vähennetty kylmien tilojen pinta-ala.

Energiatodistusten luokitukset alittavien rakennusten kanssa voidaan käyttää matalaenergiataloille A+ -ja passiivitaloille A++ -luokitusta. Pientalojen energiatehokkuusluvut lasketaan kaavalla 1 [5, s. 23]. Taulukossa 5 on energiatehokkuusluvut pientaloille.

$$ET = \frac{\sum [Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys ,tilat}}]}{\sum A}, \quad (1)$$

jossa

ET rakennuksen energiatehokkuusluku, kWh/brm²/vuosi (ilmoitetaan pyöristettynä seuraavaan suurempaan kokonaislukuun)

$Q_{\text{lämmitys}}$ rakennuksen lämmitysenergiankulutus laskettuna Jyväskylä-Luonetjärven sää-tiedoilla, kWh/vuosi

$W_{\text{laitesähkö}}$ rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh/vuosi

$Q_{\text{jäähdytys ,tilat}}$ rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus (jäähdytysjärjestelmään tuotu jäähdytysenergia), kWh/vuosi, vain jos rakennus varustetaan jäähdytysjärjestelmällä

$\sum A$ rakennuksen tai rakennusryhmän yhteenlaskettu bruttopinta-ala, brm².

Taulukko 5. Energiatodistusoppaan energiatehokkuusluvut pientaloille.

ET-luokka	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
ET-luku kWh/m ² a	90 – 110	111 – 130	– 150	151 – 170	171 – 190	191 – 230	231 – 270	271 – 320	321 –

Muiden rakennusten, esimerkiksi kerrostalojen, energiatehokkuusluku lasketaan kaavalla 2 [5, s. 24]. Taulukossa 6 on energiatehokkuusluvut muille rakennuksille.

$$ET = \frac{\sum [Q_{\text{lämmitys}} \text{ tai } Q_{\text{lämm, norm}} + W_{\text{kiint eistösähkö}} + Q_{\text{jäähdytys ,tilat}}]}{\sum A}, \quad (2)$$

jossa

ET	rakennuksen energiatehokkuusluku, kWh/brm ² /vuosi
$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus laskettuna Jyväskylä-Luonetjärven sää- tiedoilla, kWh/vuosi
$Q_{\text{lämm, norm}}$	olemassa olevan rakennuksen tai rakennusryhmän toteutunut lämmitysener- gian kulutus muunnettuna vastaamaan Jyväskylän normaalivuoden mukaista lämmitystarvelukua, kWh/vuosi
$W_{\text{kiinteistö sähkö}}$	rakennuksen laitteiden kiinteistösähkön kulutus, kWh/vuosi
$Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$	rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus (jäähdytysjärjestelmään tuotu jäähdytysenergia), kWh/vuosi, vain jos rakennus varustetaan jäähdytysjärjes- telmällä
ΣA	rakennuksen tai rakennusryhmän yhteenlaskettu bruttopinta-ala, brm ² .

Taulukko 6. Energiatodistusoppaan energiatehokkuusluvut muille rakennuksille.

ET-luokka	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
ET-luku kWh/m ² a	60 – 80	71 – 90	– 100	101 – 120	121 – 140	141 – 180	181 – 230	231 – 280	281 –

2.2 Matalaenergiatalon suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa ja rakennusvaiheessa on monia mahdollisuuksia virheille ja niiden johdosta voi energiatavoitteiden saavutus epäonnistua. Suunnittelua myös rajoittaa matalaenergiarakentamisen vähyyys, ja tietoa eri rakentamisen ongelmista ei ole riittävästi. Esimerkkinä voidaan pitää talonrakennuksen routasuojausohjeiden puutteellisuutta, koska niiden mitoitus lämpimille rakennuksille ei sovellu matalaenergiarakenteille.

2.2.1 U-arvot

Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot lasketaan kahdella tavalla. Voidaan käyttää EN ISO 6946 -standardin mukaista laskentatapaa, johon käytetään lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman C4 mukaista laskentatapaa, jossa käytetään normaalin lämmönjohtavuuden arvoja.

Taulukossa 7 on pientalojen rakennusvaipan ja ilmanvaihdon määräävien ominaisuuksien ohjeellisia suunnitteluarvoja energiatarveluokassa M-50 ja P-25 Jyväskylän ilmastotiedoilla.

Taulukko 7. Ohjeellisia suunnitteluarvoja. [4, s. 34.]

Tekninen tekijä	Normitalo RakMK C3-määräys, 2010	Matalaenergiatalo M-50	Passiivitalo P-25
U-arvot, W/m ² K			
Ulkoseinä	0,17	0,12	0,08–0,10
Yläpohja	0,09	0,08	0,07
Alapohja			
maanvastainen	0,16	0,12	0,10
ryömintätilaan	0,17	0,10	0,08
ulkoilmaan	0,09	0,08	0,08
Ikkunat	1,0	0,8	0,7/0,8
Ovet	1,0	0,6	0,5
Vaipan ilmavuotoluku n ₅₀ 1/h	< 2,0	< 0,8	< 0,6
Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	> 45 %	> 70 %	> 80 %
Ilmanvaihdon ominais-sähköteho, kW/m ² /s	< 2,5	< 2,0	< 1,5

2.2.2 Ilmatiiviys

Rakennuksen ilmatiiviys on olennainen tekijä matalaenergiarakentamisessa. Ilmavuotoluku n₅₀ tulisi olla matalaenergiatalossa 0,8–1,0 1/h ja passiivitalossa alle 0,6 1/h [4, s. 34]. Ilmavuotoluvun vaikutus energiankulutukseen on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Ilmatiiviyden vaikutus energiankulutukseen. [4, s. 152.]

Ilmatiiviyys n_{50} 1/h	Energiankulutuksen muutos [kWh/m ²]
4	0
3	- 3,9
2	- 7,5
1	- 10,9
0,5	- 12,5

Ilmatiiviyden parantamisella voi saavuttaa merkittäviä säästökustannuksia pienien lämpöhäviöiden osalta ja sen hyviä puolia ovat: [2, s. 12]

- Energiankulutus vähenee.
- Kosteuden virtaus rakenteisiin vähenee.
- Epäpuhtauksien, haitallisten mikrobien ja radonin sisäänpääsy vähenee.
- Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäädy ulkoa tulevien ilmavirtausten johdosta.
- Vedon tunne vähenee.
- Ilmanvaihdon säätäminen helpottuu.

Ulkoseinissä höyrynsulku tulisi sijoittaa 50 mm koolauksen alle, jolloin vältetään johtojen ja naulausten lävistyksiä. Ilmanvaihtokanavat tulee sijoittaa höyrynsulun sisäpuolella. Tällöin vain tulo- ja poistokanavat viedään ilmansulun läpi huolellisesti tiivistäen [4, s. 154 & 2, s. 50].

Höyrynsulku limitetään riittävästi ja saumat tiivistetään butylikuminauhoilla, akrylaatti- tai luonnonkumiliimalla tai muulla soveltuvalla kitillä. Saumat tulisi sijoittaa kahden jäykän kappaleen väliin, eikä vapaasti roikkuvia limityksiä saa olla. Kaikki aineet, joita käytetään tiivistäessä, tulisi olla rakennuksen suunnitteluiän kestäviä. [4, s. 154]

LVIS-läpiviennissä tulisi käyttää tehdasvalmisteisia läpivientielementtejä. Esimerkiksi takan läpiviennit tulisi pitää tiiviinä, koska tämänkaltaisen läpiviennin koko on suuri ja siitä voi väärin suunniteltuna johtaa paljon lämpöenergiaa hukkaan.

2.2.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon lämmön talteenotto on tärkeä tekijä matalaenergiatalon energiatehokkuudessa. Lämmön talteenoton tehtävä on ottaa poistoilmasta lämmin ilma ja lämmittää sillä tuloilmaa. Pois lukien vaipparakenteen läpi kulkeva vuotoilma, rakennuksesta poistuvasta lämpimästä ilmasta voidaan saada talteen jopa 80 %. Tätä hyötysuhdetta ei voida käyttää ostoenergian tarpeen määrittämiseen, koska siinä tulisi käyttää vuosihyötysuhdetta. Vuosihyötysuhde määritetään rakennuskohtaisesti, esimerkiksi ympäristöministeriön moniste 122 ”Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa” mukaan.

Lämmönsiirtimiä on erilaisia, ja niiden soveltuvuus eri kohteisiin riippuu käyttötarkoituksesta. Pyörivä lämmönsiirrin soveltuu lähes ainoastaan huoneistokohtaiseen käyttöön, koska ilmavirtojen sekoittumisen riski on suurempi ja yksikerroksisissa rivitaloissa ilmanvaihtokanavat joutuisivat menemään yläpohjan kylmässä tilassa, jos käytettäisiin keskitettyä ratkaisua. Taulukossa 9 esitetään eri lämmönsiirrinvaihtoehtojen parhaimmat hyötysuhteet ja niiden soveltuvuus eri kohteisiin.

Taulukko 9. Lämmönsiirrin vaihtoehdot. [4, s. 113.]

LTO	Hyötysuhde
Pyörivä lämmönsiirrin	70–80 %
Vastavirtakanavalämmönsiirrin	75–85 %
Vastavirtalevyllämmönsiirrin	75–80 %
Ristivirtalämmönsiirrin	50–70 %
Nestekiertoinen lämmönsiirrin	60–70 %

Matalaenergiataloa suunnitellessa on otettava huomioon, että hyvä lämmöneristys nostaa kesäisin sisätilojen lämpötilaa ja viilennystä vaativa kausi pitenee sisäisen lämpökuorman takia. Hellekaudet Suomessa ovat yleensä 10–15 päivää pitkiä ja yölämpötilat harvoin nousevat yli 15 asteen, joten yötuuletus on hyvä keino saada viileää ilmaa sisätiloihin. Tämä toisaalta vaatii hyvää ääneneristystä, jotta ilmastointi ei kuulu makuuhuoneisiin ja suuret ilmavirrat lisäävät myös energiankulutusta. Vaihtoehtona on myös ikkunatuuletus avaamalla huoneistojen kummaltakin julkisivulta ikkunan. [4, s. 136.]

Ilmanvaihto tulisi asettaa 4-portaiseen asteikkoon. [4, s. 114.]

- Poissaoloasento, jolla ylläpidetään huoneiston kosteusteknistä toimintaa, sisäilman vaihtuvuutta ja epäpuhtauksien poistoa
- Kaksi normaalikäytön asentoa
 - o Kesäkäyttö, jota käytetään kesällä
 - o Talvikäyttö, jota käytetään talvella
- Yötuuletus, jolla voidaan hellekausien sisälämpötiloja pitää siedettävänä.

Ilmastointikoneen ei tarvitse kuluttaa niin paljon sähköenergiaa ylläpitääkseen rakennuksen alipaineistusta, kun vaipan ilmatiiviyys on parempi. Alipaine voi olla matalampi kuin normaalisti, koska korvausilmaa ei tule rakennusvaipan läpi ilmavuotona [4, s. 115].

2.2.4 Lämmönjaon vaihtoehdot

Rakennuksen tilat voidaan lämmittää eri tavoilla, ja niiden soveltuvuus matalaenergiaratkaisuihin täytyy määrittää lämmitysenergiankulutuksen ja käyttökustannusten mukaan. Lämmönjaon toteutusvaihtoehtoja ovat seuraavat: [4, s. 117.]

- vesipatterijärjestelmä
- lattialämmitys joko vesikiertoisena tai sähkölämmityksenä
- suora sähkölämmitys sähköpattereilla tai vesipattereilla
- ilmanvaihtolämmitys joko vesipatterijärjestelmänä tai sähkövastusjärjestelmänä
- sähkölämmitys kattosäteilylämmityksenä
- yhdistelmälämmitys, esimerkiksi ilmanvaihtolämmitys täydennettynä muutamilla sähköpattereilla tai lattialämmityksellä.

Matalaenergiatalon lattialämmitykseksi riittäisi n. 1 metrin leveä lämmityskaista ulkoseinällä ja kylmältä tuntuvilla lattiapinnoilla. Lämmitystehon on kuitenkin oltava pieni yllämmön

estämiseksi. Huonetermostaattia käytetään säädettäessä lattialämmitystä, ja sen lämpötilanturi voi mitata huonelämpötilaa, lattialämpötilaa tai molempia. [4, s. 121.]

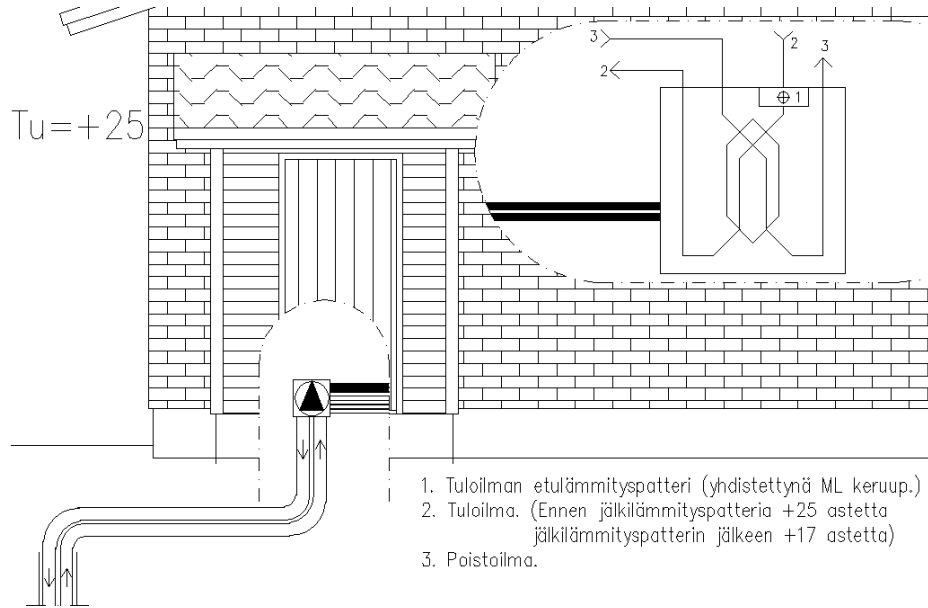
2.2.5 Lämmitysjärjestelmien vaihtoehdot

Vaihtoehtoja lämmitysjärjestelmiin on monia, ja niiden soveltuvuus kohteeseen tulee määrittää tapauskohtaisesti. Matalaenergiatalon pienemmän lämmitysenergiankulutuksen johdosta lämmitysjärjestelmältä ei vaadita niin paljon kuin normien mukaan rakentaessa. Lämmitysjärjestelmän valinnalla voidaan vaikuttaa paljon asukkaille kohdistuviin elinkaarikustannuksiin.

Matalaenergiataloissa tulisi lämmitysjärjestelmä valita järjestelmän ohjauksen nopeuden ja tarkkuuden mukaan. Matala- ja passiivienergiatalojen huoneiden lämmöntarve muuttuu suhteellisen paljon ja nopeasti sisäisen lämpökuorman vaihdellessa ja hitaasti ja vähän ulkolämpötilan vaihdellessa. [4, s. 134.]

Lämmitysjärjestelmän osana voidaan käyttää maalämpökeruupiiriä, joka on liitetty ilmanvaihtolaitteeseen tuloilmaa lämmittämään. Tässä ratkaisussa ei ole maalämpöpumpun tavoin asennettu kompressoria, joka nostaa keruupiirissä olevan nesteen korkeampaan lämpötilaan, jota käytetään rakennuksen tai lämpimän käyttöveden lämmittämiseen.

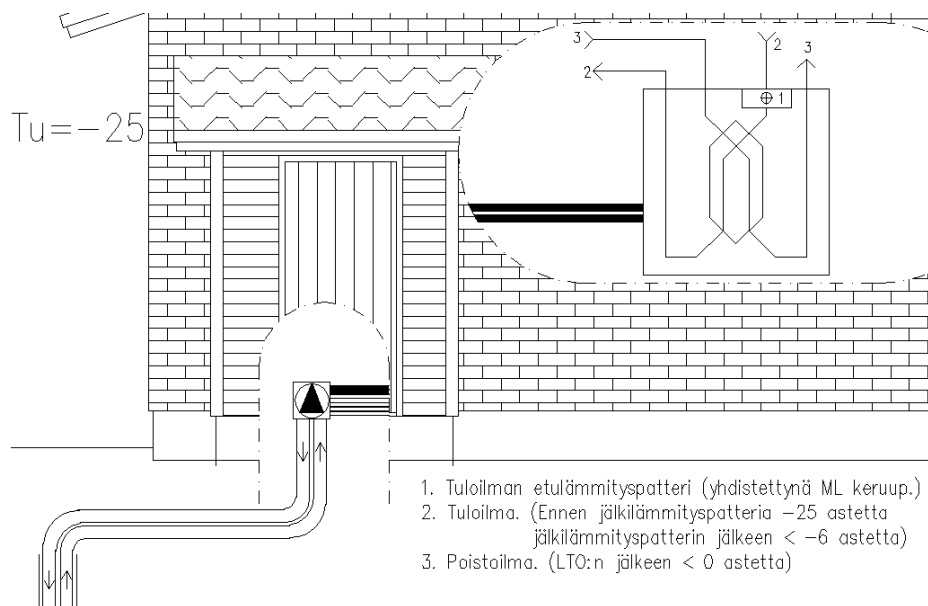
Ratkaisun tavoitteena on käyttää kesällä keruuputkistossa kiertävää viileämpää nestettä ilmastointilaitteen tuloilman jäähdyttämiseen ja talvella lämmittää tuloilmaa. Kuvassa 1 on järjestelmän kuvitteellinen tilanne kesällä. Hellekautena ulkoilma on yli 25 -asteista ja pumpun avulla rakennuksen tuloilman lämpötila saataisiin 17 asteeseen.



Kuva 1. Lämmönkeruupiiri yhdistettynä ilmastointikoneeseen kesällä.

Kylmänä vuodenaikana joudutaan lämmön talteenottoa rajoittamaan laitteen poistoilmapuolelle muodostuvan jään haittavaikutuksen estämiseksi. Tällöin menee päälle jäätymissuoja, joka rajoittaa LTO:n toimintaa ja pienentää sen vuosihyötysuhdetta. [6, s. 8.]

Kuvassa 2 on järjestelmän kuvitteellinen tilanne talvella. Tämän järjestelmän laskennallinen hyöty lämmönkulutuksessa on se, että LTO:n vuosihyötysuhde kasvaa 10 % ja tuloilma lämpenee. Lämmitysenergiankulutusta tämä laskee 3000 kWh vuodessa.



Kuva 2. Lämmönkeruupiiri yhdistettynä ilmastointikoneeseen talvella.

2.3 Matalaenergiarakentamiseen liittyvät riskit

Matalaenergiarakentaminen on saanut kritiikkiä monilta osapuolilta. Suunnittelu ja hyvät rakennustavat ovat tärkeitä, jotta saavutetaan toimivat rakenteet.

Ilmatiiviydellä on suuri vaikutus rakennuksen kosteudenhallintaan. Rakennuksen ollessa erityisen ilmatiivis väärin toimiva ilmastointijärjestelmä voi aiheuttaa ongelmia. Jos ilmastointikone aiheuttaa ylipaineisen rakennuksen, tämä voi siirtää vuotokohdista kosteutta ilmavirtauksen mukana aiheuttaen kosteusvauriota. Alipaineinen rakennus taas voi imeä sisällensä radonia ja mikrobeja. [2, s. 12.]

Vesihöyryn vastus on oltava riittävä, etteivät rakenteet kerrytä kosteutta sisäpuolisesta kosteudentuotosta. Ilmanvaihdon toiminta tulee olla toiminnassa jatkuvasti, ja poistoilman määrä on oltava 5 % suurempi kuin tuloilman määrä, jotta rakennus pysyy alipaineisena. [4, s. 155.]

Veden päätyminen rakenteisiin voi olla todennäköisempää matalaenergiatalossa. Rakenteiden detaljit on suunniteltava siten, että ne johtavat veden ulos rakenteista ja maaperästä tuleva kosteus erotetaan rakenteesta riittävän paksulla kapillaarikatkolla. Suunnitellessa rakennuksen julkisivua, tulee huomioida rakennuspaikan vallitsevat ilmasto-olosuhteet. [2, s. 8.]

2.3.1 Ulkoseinä

Eristepaksuutta lisäämällä kasvaa rakenteiden paksuus, joka aiheuttaa ongelmia mitoituksessa ja suunnittelussa.

- Runkorakenteiden dimensiot kasvavat, joten kylmäsiltaivaikutus joissain rakennetyypeissä kasvaa.
- Rakentaessa voidaan soveltaa kaksitolpparunkomenetelmää, jonka jäykistäminen voi olla ongelmallista.
- Rungon momenttirasitus kasvaa, jota ei mahdollisesti oteta huomioon; esimerkiksi betonisandwich-elementtien ansaiden rasitus kasvaa.

- Eristämisessä siirrytään levyvillojen sijasta puhallusvilloihin asennuskustannuksien takia. Tämä taas voi aiheuttaa eristekerroksen painumisen pystyrakenteissa. [2, s. 8 - 9.]

Eristekerrosten lisääminen ei ole kalliimpaa rakennusoikeuden hintaan nähden, kun rakenteet vievät enemmän rakennusoikeutta. Koska maankäyttö- ja rakennuslaissa kerrosalaan ei lasketa ulkoseinissä yli 250 mm menevää osuutta [6], tämä ei ole ongelma. Ainoastaan suurempien rakennusmassojen sijoittelu saattaa olla vaikeampaa tonteilla, joissa tontinalan ja rakennusoikeuden ero on pieni.

Kylmäsiltojen suhteellinen vaikutus rakenteen lämpöhäviöön kasvaa, kun rakenteen lämmöneristävyys paranee. Kylmäsiltojen johdosta alentuneet pintalämpötilat tuntuvat viihtyvyyden alentumisena. Ne voivat myös aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ja homeenmuodostumista rakenteisiin ja niiden pintoihin. [4, s. 150.]

Puurunkoisissa rankataloissa ovat ulkonurkat ja ikkunoiden pieliin sijoitettavat runkorakenteet usein kylmäsiltojen aiheuttajia. [4, s. 151.]

2.3.2 Tuulettuva yläpohja

Tuulettuvassa yläpohjassa eristekerroksia kasvattamalla lämpövuoto rakenteen läpi pienenee, ja näin ollen lämpötila laskee ja suhteellinen kosteus nousee. Tästä johtuen voisi olettaa, että riski yläpohjan homeen kertymiselle eristekerroksen yläpinnalle kasvaa. [2. s. 24–25.]

Yläpohjan riittävä tuuletus, vaikuttava auringonsäteily ja lämmönsiirto ympäristön kanssa ovat lämpötilaa hallitsevia tekijöitä ja niiden kontrollointi lämpöhäviöillä ei ole mahdollista nykyisillä eristepaksuuksilla, vain eristepaksuuden olennaisella pienentämisellä saadaan vaikutusta. Mahdollisena apuna yläpohjan tuuletukseen voi olla suljettu aluskatejärjestelmä, jossa vesihöyryä hyvin läpäisevä aluskate päästää kosteuden kuivumaan yläpuoliseen tuuletusrakoon. [7. s. 12–13.]

2.3.3 Alapohja

Eristepaksuuksien kasvattaminen alapohjassa aiheuttaa lattian korkeusaseman nousemisen, millä on oleellinen vaikutus rakennuksen ulkonäköön ja vaikeuttaa esteettömyystavoitteiden saavuttamista.

Ryömintätilallisen ja maanvaraisen alapohjan toimivuus matalaenergiaratkaisuihin eroavat huomattavasti. Maanvastaisen alapohjan kosteustekninen toiminta paranee lämmöneristeen lisäämisen myötä, koska alapohjan läpi tapahtuvan vesihöyryn diffuusion vaikutus pienenee. Vaarana maanvaraisessa alapohjassa on se, että betonilaatan paino ei riitä painamaan alapohjan paksumpaa eristekerrosta valun aikana ja tämä painuminen tapahtuu ajan myötä jättäen lattiarajaan halkeamia. [2, s. 34–36.]

Ryömintätilallisen alapohjan kosteus on pääsääntöisesti peräisin maaperästä ja tuuletuksen mukana tulevasta ulkoilman kosteudesta, jos alapohjan rakenteet ovat asianmukaisesti suojattu. Keväällä ja alkukesästä ulkoilman lämmitessä siihen sitoutuu entistä enemmän kosteutta, mutta alapohjan rakenteet lämpenevät huomattavasti hitaammin, mikä johtuu pääasiassa siihen rajoittuvan maan massasta. [7, s. 13–14.]

Ympäristöministeriö ehdotti 2010 lämmöneristemääräysten luonnosversiossa alapohjan lämmönläpäisykertoimeksi arvoa $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. Luonnoksen jälkeen valmistuneen ympäristöministeriön Tampereen teknilliseltä yliopistolta tilaamassa tutkimusselostuksessa todettiin alapohjarakenteen kosteusteknillisen toiminnan olevan huomattavasti heikompi, jos eristepaksuuksia kasvatetaan. Puurakenteiset ryömintätilalliset alapohjat ovat tutkimuksen mukaan erityisen riskialttiita rakenteita. TTY ehdotti tutkimuksen johtopäätöksenä U-arvoa $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, ja ympäristöministeriö asetti enimmäisarvoksi $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. [8, s. 33–34.]

2.3.4 Ikkunat ja ovet

Matalaenergiatalo tarvitsee myös ikkunoiden osalta parannusta. Yksi ongelmista ikkunoiden lämmöneristyskyvyn lisäämiselle on kosteuden kerääntyminen uloimmaisen lasin ulkopinnalle, koska paremman U-arvon omaava ikkunan eristyskyky laskee ulkopinnan lämpötilaa. Kosteus kertyy yleisimmin syksyllä ja kovilla talvipakkasilla, koska silloin ilman suhteellinen kosteus on korkea mutta silti ilman lämpötila on alhainen. [2, s. 20–22.]

Ikkunat tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle ulkoseinän sisäpintaa, jotta välttyttäisiin ikkunan huurtumiselta. Huurtuminen haittaa vain läpinäkyvyyttä ikkunasta ja sen ajoitus on syksyisinä öinä ja aamuhämärinä. Tämä voidaan ratkaista käyttämällä matalaemissiivipinnalla varustettuja ikkunoita, joista ei lähde lämpösäteilyä uloimmaisesta ikkunasta, joten ikkuna pysyy kirkkaana sen pysyessä lämpimänä. [2, s. 20–22.]

Ikkunat ja ovet sijoitetaan lämmöneristeen kohdalle siten, ettei rakenteen ilmatiiviys kärsi. Ilmavuodot esiintyvät useimmiten ikkunoiden, ulko-ovien ja ulkovaipan liitoksissa, joten nämä liitokset tiivistetään huolellisesti [4, s. 149]. Riittävä ilmatiiviys saavutetaan ikkunoiden kohdalla puristamalla sauma karmeihin materiaalien väliin.

Etelä- ja länsisuunnan ikkunoissa on tärkeää käyttää aurinkosuojattuja laseja, jotta sisätilojen lämpötilat pysyvät siedettävällä tasolla.

2.4 Routasuojauksen mitoitus

Matalaenergiarakennus tarvitsee enemmän routasuojasta kuin normaalisti, koska alapohjan läpi pääsevä lämpö on pienempi ja näin pohjan sulana pitäminen tarvitsee enemmän routasuojasta [4, s. 152].

Etelä-Suomessa Talonrakennuksen routasuojausohjeet 2007 -kirjaa voidaan käyttää mitoittaessa 2010 määräystason ryömintätilallisten rakennusten routasuojasta, koska kirjan mitoitus riittää uusien normien U-arvojen suhteen. Matalaenergiataloissa oikea routaeristystaso on kylmän ja puolilämpimän rakennuksen routasuojatason välissä. Tarkkaa, yleisesti käytössä olevaa mitoitusastetta ei ole matalaenergiataloille. Näin ollen uusille mitoitusohjeille on suuri tarve. [8, s. 53.]

Maa routii, jos maakerros on routivaa, jäätymisalituilla alueella on tai siihen voi kulkeutua vettä ja maakerroksen lämpötila alittaa jäätyislämpötilan. Maapohja on yleensä routivaa, routimissyvyyden alle perustaminen yleensä kustannuksiltaan mahdotonta ja veden kulkeutumisen johtaminen vaikeaa. [9, s. 16.]

Lämmöneristeyksen lisääminen alapohjaan vaikuttaa jonkin verran arvioidessa roudan tunkeutumissyvyyttä. Alapohjan lämmönvastuksen kasvaminen lisää ulkopuolista routasuojaustarvetta tai perustamissyvyyttä. [9, s. 29.]

Nopein tapa mitoittaa olisi mitoitusohjelmien käyttö, mutta ohjelmat ovat yleensä maksullisia ja osana suurempia ohjelmistopaketteja. Tämän laskelman tiedot perustuvat Talonrakennuksen routasuojausohjeet 2007:n mukaiseen mitoitukseen. Koska nykyisten routasuojausohjeiden mitoitustaulukot ovat riittämättömät suunnitelmassa matalaenergiarakenteisia ryömintätillaisia alapohjia, tulee routasuojaus mitoittaa kylmänä rakenteena. [8, s. 24.]

Routasuojausmitoituksessa voidaan käyttää suunnittelulämmönjohtavuuden λ_{design} , λ_n tai λ_{mit} avulla [9, s. 39]. Käyttäessä suunnittelulämmönjohtavuuden arvoja, tulisi ne laskea käyttäen $\lambda_{\text{declared}}$ ja lisätä siihen muuntotekijät.

2.4.1 Mitoitus kylmänä rakenteena

Mitoittaen kylmänä rakenteena lähtötiedot ovat seuraavat:

- Pakkasmäärä Siuntio $F_{50} = 36\,000$ Kh ja vuoden keskilämpötila $4,5\text{ °C}$.
- Routaeriste sijoitetaan anturan alapuolelle, jolloin routaeriste on $0,55$ m maanpinnasta.
- Routaeristeen alapuolella on $0,4$ m routimatonta maata.
- Lumen suojaavaa vaikutusta ei oteta huomioon.

Routaeristeen vaadittava lämmönvastus katsotaan taulukosta 10.

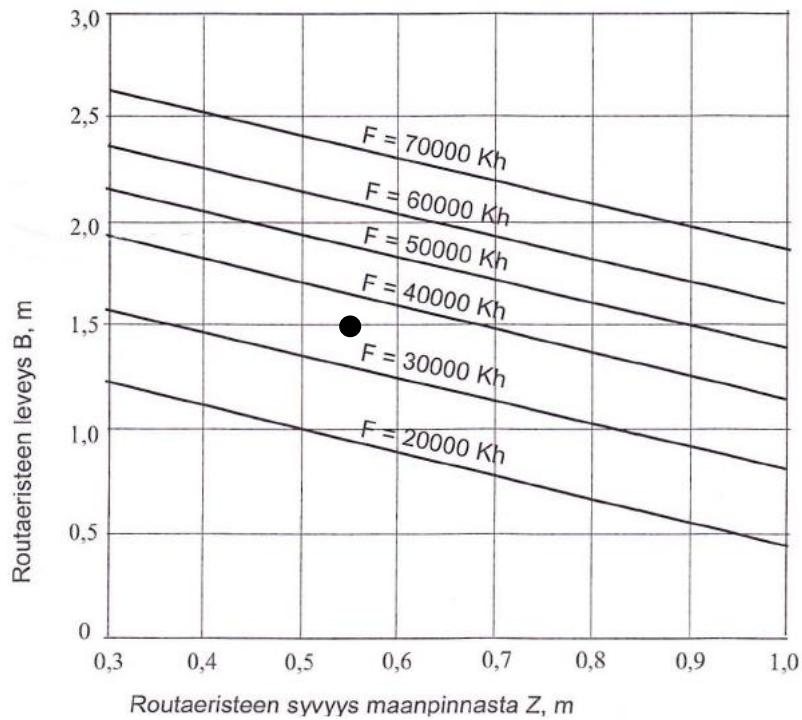
Taulukko 10: Kylmän rakennuksen vaadittava lämmönvastus m_{ro} , m^2K/W [9, s. 42].

Mitoitus- pakkasmäärä Fmit, Kh	20000			30000				40000			50000			≤ 60 000
Vuoden keski- lämpö-tila Tm, °C	+2	+3	≤+4	+1	+2	+3	≤+4	+1	+2	+3...+4	+1	+2	+3	0...+1
Routaeristeen alapuolisen routimatto- man kerrok- sen paksuus Zm, m														
0,2	1,6	1,4	1,2	3,2	2,6	2,2	1,8	(4,2)	3,5	2,8	*	(4,6)	3,8	*
0,4	1,4	1,1	0,8	2,6	2,1	1,7	1,4	3,5	2,8	2,2	(4,6)	3,8	3,1	*
0,6	1,0	0,7	0,5	2,1	1,7	1,3	1,0	2,8	2,2	1,6	3,8	2,9	2,3	(5,0)
0,8	0,6	0,4	0,3	1,7	1,3	1,0	0,7	2,2	1,6	1,3	2,9	2,2	1,8	3,8
1,0	0,4	0,3	0,2	1,3	1,0	0,7	0,5	1,6	1,2	1,0	2,2	1,7	1,4	2,8
1,5	0	0	0	0,8	0,6	0,4	0,2	1,0	0,7	0,5	1,4	1,0	0,8	1,8
* Perustussyvyyttä on suurennettava () Yleensä perustussyvyyden suurentaminen on kannattavampaa														

Vaadittava lämmönvastus interpoloidaan mitoituspakkasmäärän mukaan. Mitoituspakkasmäärän ollessa 36 000 Kh ja vuoden keskilämpötilan ollessa +4 °C. Routaeristeen vaadittava lämmönvastus on 1,4 m^2K/W ja 2,2 m^2K/W välissä. Routaeristeen vaadittavaa lämmönvastusta m_r voidaan pienentää huomioimalla routaeristeen asennussyvyys, joka lasketaan kaavalla 3.

$$\begin{aligned}
 m_r &= m_{ro} - (Z_r - 0,3) \cdot 1 \text{ m}^2K/W \\
 m_r &= 1,88 - (0,55 - 0,3) \cdot 1 \\
 m_r &= 1,63 \text{ m}^2K/W
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Mitoitetaan routaeristeen vaadittava leveys B kuvasta 3, jossa on kohteen sijoitus kuvaan merkitty mustalla pisteellä.



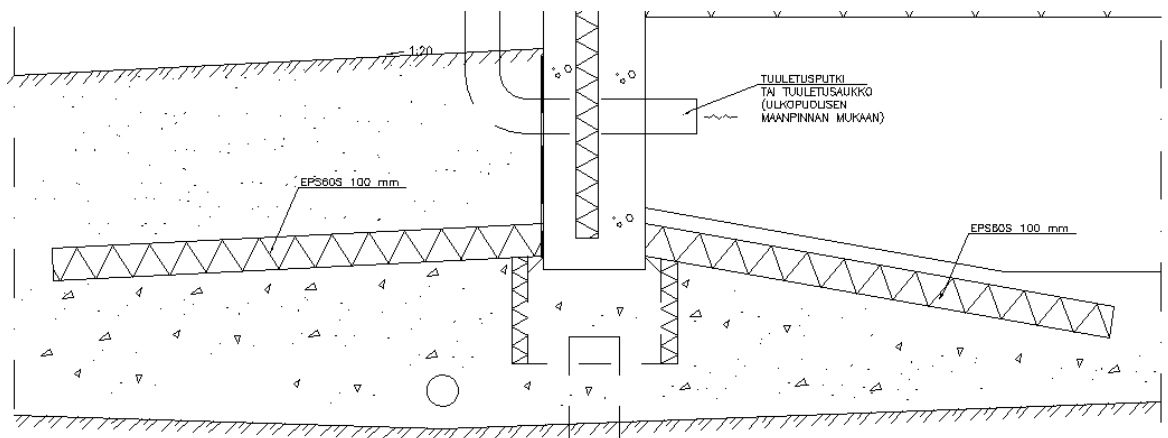
Kuva 3. Kylmien rakennusten ja rakenteiden routaeristeen leveyden määrittäminen.

Vaadittava eristepaksuus lasketaan kaavalla 4.

$$d_e = m_e \cdot \lambda_{design} \quad (4)$$

$$d_e = 1,63 \cdot 0,043 = 0,070 \text{ m}$$

Mitoituksen tuloksena tulisi käyttää yli 70 mm EPS-eristettä, joka tulee ulottua 1,5 m anturan ulkopuolelle. Eristeeksi valitaan 100 mm EPS-eristettä. Kuvassa 4 näytetään, kuinka routasuojaus sijoitetaan, mitta B on routasuojauksen leveys.



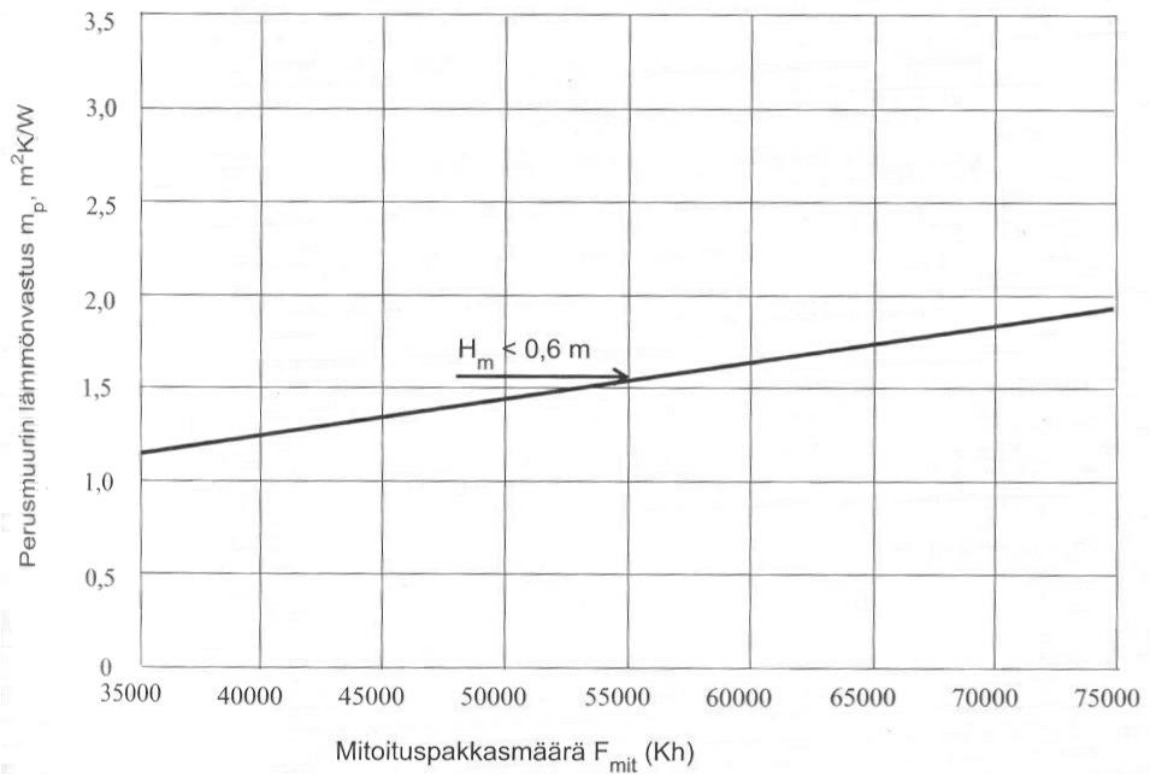
Kuva 4. Routasuojauksen sijoitus.

2.4.2 Mitoitus lämpimänä rakenteena

Laskennan lähtötietoja:

- ryömintätilan lämpötila $> 0\text{ °C}$, korkeus $> 800\text{ mm}$ ja tuuletus $< 0,6\text{ l/sm}^2$.
- perustussyvyys $0,55\text{ m}$
- mitoituspakkasmäärä $F_{\text{mit}} = 36000\text{ Kh}$
- käytettävän eristeen lämmönjohtavuus $= \lambda_{\text{design}} = 0,043\text{ W/Km}$

Perusmuurieristyksen vaadittava routaeristeen lämmönvastus m_p katsotaan kuvasta 5.



Kuva 5. Perusmuurieristyksen vaadittava lämmönvastus. [9, s. 35.]

Perusmuurin betoniosan lämmönvastus lasketaan kaavalla 5.

$$m_b = \frac{d_b}{\lambda_b} = \frac{0,25}{1,7} = 0,147\text{ m}^2\text{K/W} \quad (5)$$

Vaadittava perusmuurieristeen lämmönvastus lasketaan kaavalla 6.

$$m_e = m_p - m_b$$

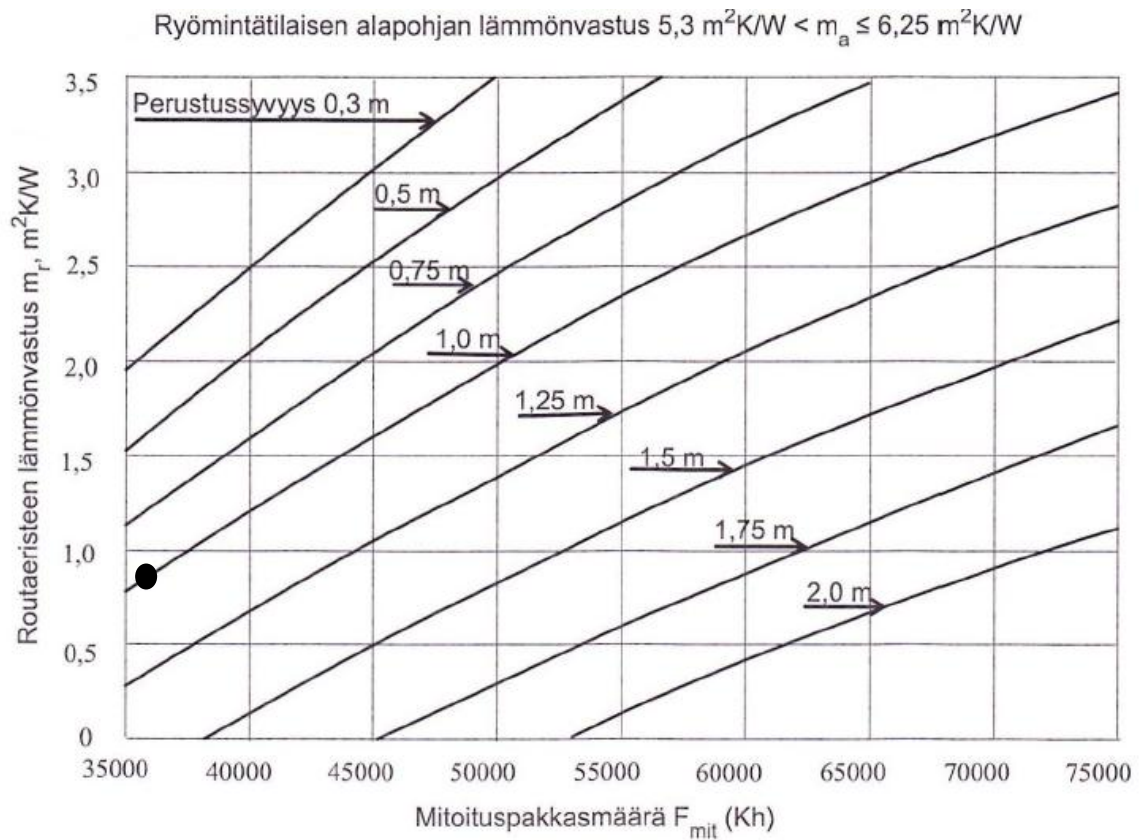
$$m_e = 1,2 - 0,147 = 1,053 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$
(6)

Vaadittava perusmuurin eristepaksuus lasketaan kaavalla 7.

$$d_e = m_e \cdot \lambda_{design}$$

$$d_e = 1,053 \cdot 0,043 = 0,045 \text{ m}$$
(7)

Routaeristeen vaadittava lämmönvastus m_p sijoitus kuvassa 6 esitetään mustana pisteenä.



Kuva 6. Lämpimän rakennuksen routasuojauksen mitoitus ryömintätilalliselle alapohjalle [9, s 40].

Vaadittava eristepaksuus lasketaan kaavalla 8, nurkka-alueella lisätään 40 %.

$$d_e = m_r \cdot \lambda_{design}$$

$$d_e = 0,8 \cdot 0,043 = 0,034 \text{ m} \quad (8)$$

$$0,034 \text{ m} \cdot 1,4 = 0,048 \text{ m}$$

Routasuojauksen leveys ($B = 1,2 \text{ m}$) valitaan taulukosta 11.

Taulukko 11. Routasuojauksen leveys B [9, s. 37].

Alapohjan tyyppi	Alapohjan lämmön- vastus $m_a \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$	Mitoituspakkasmäärä F_{mit} , Kh	Routaeristeen leveys B, m
Ryömintätilainen	5,3	35 000...55 000	1,0
alapohjarakenne	5,3	55 000...75 000	1,2
	6,25	35 000...55 000	1,2
	6,25	55 000...75 000	1,5

Nurkka-alueen laajuus ($L_c = 1,5 \text{ m}$) valitaan taulukosta 12.

Taulukko 12. Nurkan routasuojauksen laajuus mitoituspakkasmäärän mukaan. [9, s 37.]

Mitoituspakkasmäärä F_{50} Kh	L_c m
35 000...55 000	1,5
55 000...65 000	2,0
65 000...75 000	2,5

Mitoituksen tuloksena routasuojaukseen tarvitaan yli 34 mm EPS-eristettä 1,2 m:n leveydeltä perusmuurin ulkopuolelle ja nurkka-alueille 1,5 m:n leveydeltä yli 48 mm EPS-eristettä. Perusmuurin sisälle pitäisi asentaa vähintään 45 mm EPS-eristettä.

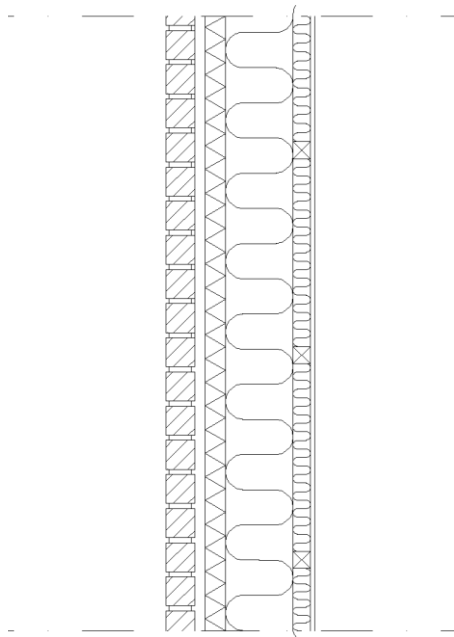
2.5 Rakenteita

Kaikissa esimerkkirakenteissa on sisäpuolella kipsilevy ja sen alla 50x50-koolaus, joka on tarkoitettu sähköputkien johtamista varten. Näin vältetään höyrynsulun lävistämiseltä ja tällöin ilmatiiviys paranee. Näitä rakennekerroksia ja julkisivuverhousta ei oteta laskennassa mukaan.

Jotta rakenne on kosteusteknisesti toimiva, tulee rakenteen olla kokonaisuudessaan yhtenäinen ja tiivis. Rakenteen tulee olla sisältäpäin viisi kertaa tiiviimpi kuin ulkopuolelta, jotta rakenteen sisällä oleva kosteus voi haihtua pois päin rakenteesta [10, s. 9]. Rakenteita tarkastellaan D.O.F. Tech Oy:n DOFlämpö -ohjelmalla.

2.5.1 Esimerkkirakenteet

Matalaenergia ulkoseinärakenteen U-arvo on $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, ja se on laskettu liitteessä 1. Kuvassa 7 näkyy leikkauspiirustus ulkoseinärakenteesta. Vertailtavan 2010 normien mukaisen ulkoseinärakenteen U-arvo on $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Se on 65 mm kapeampi ja eroaa matalaenergiaratkaisusta 148 mm pystyrungolla ja 45 mm tuulensuojalevyllä.



Kuva 7. Matalaenergiatalon ulkoseinärakenteen leikkauskuva.

Rakenteen kokonaispaksuus 434 mm ja rakenne koostuu seuraavista rakenteista:

- kipsilevy 13 mm
- vaakakoolaus 48x48 kk600 ja Isover KL 33 mineraalivilla
- höyrynsulkumuovi
- runko 198x48 kk600 & Isover KL 33 mineraalivilla
- Isover RKL-A tuulensuojalevy 60 mm
- tuuletusrako 30 mm tai paneelin kanssa 22 mm
- julkisivutiili 85 mm tai paneeli

Ulkoseinässä voidaan käyttää useita eri materiaalivaihtoehtoja. Jos käytetään polyuretaani- tai suulakepuristettuja solumuovieristeitä, niiden kanssa voi tulla ongelmia puurunkoisten ulkoseinien kanssa. Koska eristeiden ja runko-osien saumakohdat tiivistetään polyuretaanivaahdolla ja runko liikkuu suuntaan tai toiseen elinkaarensa aikana, saumakohdat voivat aueta ja aiheuttaa kosteuden kerääntymistä rakenneosiin.

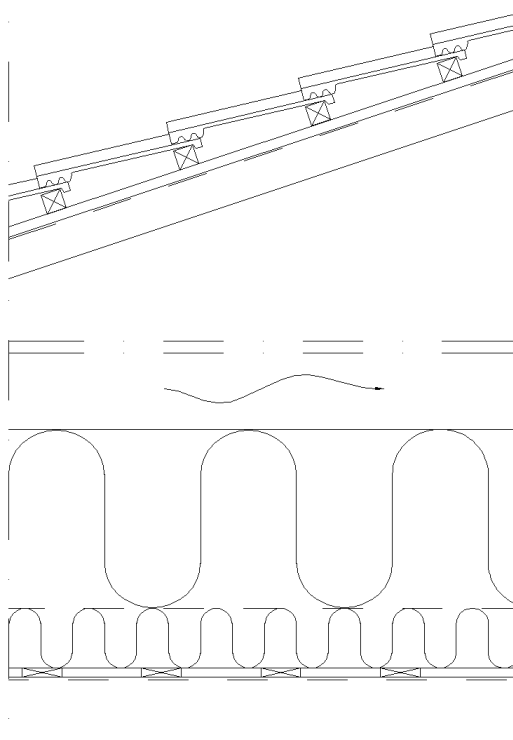
Finnfoam- ja SPU-eristeiden suunnittelu ja hukkaprosentin määrittäminen ulkoseinärakenteessa puurungon välissä on huomattavasti vaikeampaa kuin puhallusvillaratkaisun käyttäminen. Useiden tolppien jaot ovat yleensä vähemmän, kuin mitä normaalin solumuovilevyn leveys on.

Jäykkien eristeiden käyttö puurunkoisissa ulkoseinissä on kyseenalaista, koska jäykkien eristeiden käyttö puurungon välissä voi tuoda ongelmia puun elämisen johdosta. Tämä voidaan välttää siten, että ulkoseinien tolpparungon sijoittelu suunnitellaan Finnfoam- tai SPU-eristeen mittojen mukaisesti. Näiden syiden ja käyttökokemusten puutteen johdosta polyuretaani tai polystyreenieristeiden käyttö ei sovellu As Oy Peltokuja 4:n ulkoseinäratkaisuksi.

Puhallusvillaa käyttäessä on etuna asennuksen helppous ja tästä johtuva asennuskustannuksien laskeminen. Haittoina on puhallusvillan heikompi lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo joka johtaa 40–50 mm syvempään ulkoseinärakenteeseen, jotta saavutettaisiin sama kokonaislämmönvastus. Tämä ja puhallusvillan painuminen ovat syitä, minkä johdosta puhallusvillaa eristeenä ei ole käytetty rivitalokohteen suunnittelussa.

Runkotolpan syvyyttä voidaan pienentää käyttämällä paksumpia tuulensuojalevyjä. Esimerkiksi 100 mm:n tuulensuojalevyllä voidaan pienentää tolpparungon syvyyttä 25–50 mm. Yli 60 mm:n tuulensuojalevyillä on eri kiinnitystavat puujulkisivuverhoukselle, koska julkisivuverhous lisää kiinnikkeiden osalta momenttia tuulensuojalevyyn. Ratkaisuna tähän on käyttää lisäkoolausta puujulkisivuverhouksen kohdalla tukien tuulensuojalevyä ja julkisivuverhous. Toisena vaihtoehtona on asentaa tuulensuojalevyn päällinen koolausta ruuvien avulla 45 asteen kulmaan ylöspäin. Jos rivitalokohteen julkisivu olisi ollut täysin muurattu, yli 100 mm tuulensuojalevyjä olisi käytetty.

Matalaenergiarakenteisen yläpohjan U-arvo on $0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, ja se on laskettu liitteessä 2. Vuoden 2010 normien mukainen U-arvovaatimus on $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Se eroaa 100 mm kaapeammalla eristekerroksella. Matalaenergia yläpohjarakenteen leikkauspiirustus on kuvassa 8.

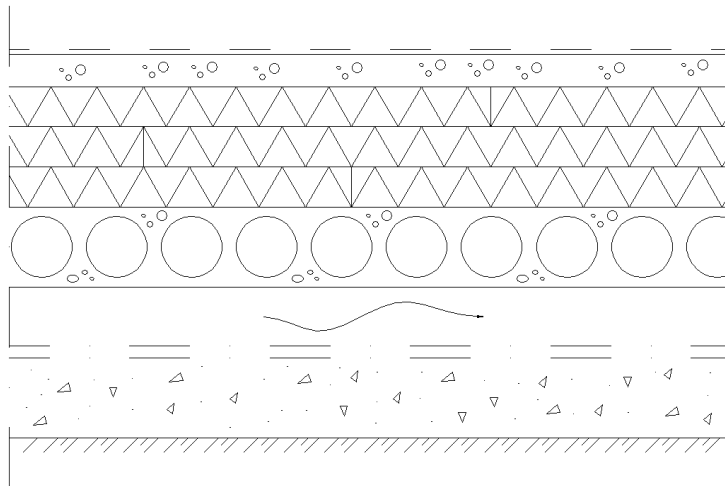


Kuva 8. Matalaenergiayläpohjarakenne.

Yläpohjan kokonaispaksuus on 622 mm lämmöneristeen yläpintaan, ja rakenne koostuu seuraavista rakenteista:

- pintamateriaali
- 22x100 kk300 koolaus
- höyrynsulkumuovi
- kantavat ristikot kk900 ja puhallusvilla 600 mm
- aluskate
- rimoitus 22x50 kk 900
- ruoteet 50x50 kk 345
- tiilikate.

Matalaenergia alapohjan U-arvo on $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, joka on laskettu liitteessä 3 ja leikkauspiirustus on kuvassa 9. Vuoden 2010 normien mukainen U-arvovaatimus on $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Se eroaa 125 mm kapeammalla eristekerroksella.



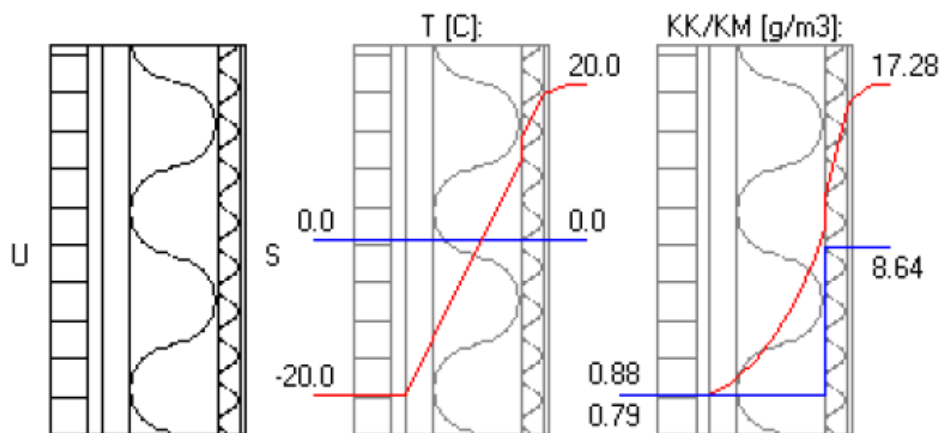
Kuva 9. Alapohjarakenteen leikkauspiirustus.

Alapohjan kokonaispaksuus ontelolaatan alapintaan on 580 mm, ja rakenne koostuu seuraavista rakenteista:

- pintamateriaali
- pintabetonilaatta 80 mm
- höyrynsulkumuovi
- Thermisol Platina 300 mm
- ontelolaatta 200 mm
- tuuletettu ryömintätila
- salaojituskerros \varnothing 6...32 mm
- perusmaa kallistettu $< 1:100$ salaojiin päin.

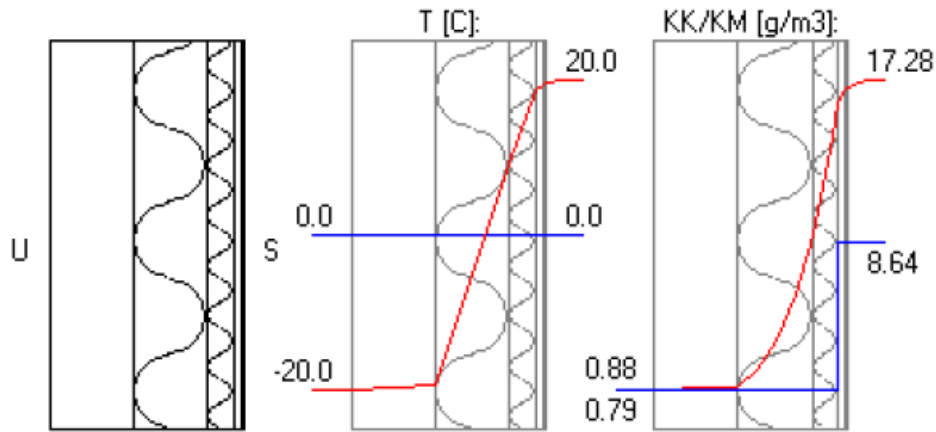
2.5.2 Kosteustekninen toiminta

Ulkoseinässä valittiin vallitseviksi olosuhteiksi sisäilman RH = 50 %, ulkoilman 90 % ja ulkoilman lämpötilaksi -20 astetta. Liitteen 4 DOFlämpö-ohjelman laskennan tuloksien perusteella kuvasta 10 nähdään, ettei ulkoseinärakenteesta ilmene kosteuden tiivistymisvyöhykkeitä.



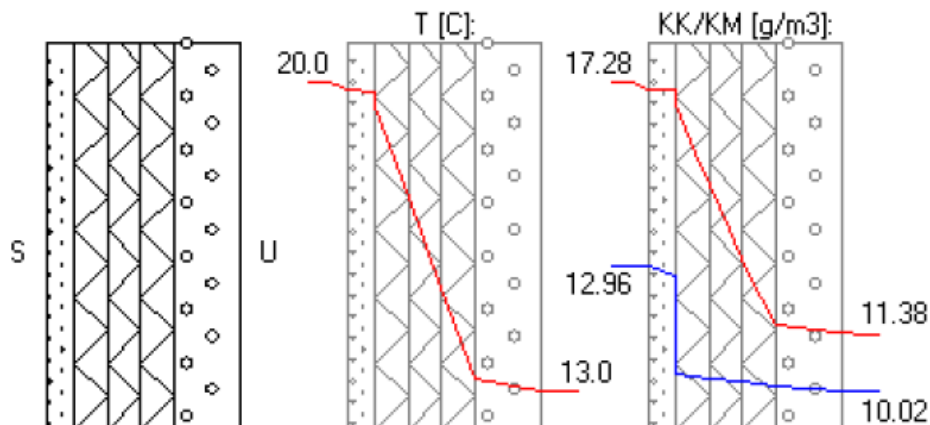
Kuva 10. Lämpötila- ja kosteuskäyrät ulkoseinärakenteesta

Yläpohjan vallitseviksi olosuhteiksi valittiin samat kuin ulkoseinässä. Liitteen 5 DOFlämpö-ohjelman laskennan tuloksien perusteella kuvasta 11 nähdään, ettei yläpohjarakenteesta ilmene kosteuden tiivistymisvyöhykkeitä.



Kuva 11. Lämpötila- ja kosteuskäyrät yläpohjarakenteesta

Alapohjan ontelolaatan U-arvon määrittäminen selviää käyttämällä Parman tietoja alapuolelta eristetyistä ontelolaatoista. Ontelolaatan vesihöyrynvastus määritetään betonin ja ilman suhteellisen osuuden kautta. Toisin kuin ulkoseinärakenteessa ja yläpohjarakenteessa, alapohjan mitoitusajankohdaksi valittiin kesä. Vallitseviksi olosuhteiksi valittiin sisäilman RH = 75 % ja ryömintätilan lämpötilaksi 13 °C ja RH = 88 %. Liitteen 6 DOFlämpö-laskennan tuloksien perusteella kuvasta 12 nähdään, ettei alapohjarakenteesta ilmene kosteuden tiivistymisvyöhykkeitä.



Kuva 12. Lämpötila- ja kosteuskäyrät yläpohjarakenteesta

3 KOHDE

Suunnittelu- ja rakennuskohteena on Siuntioon rakennettava 10 asunnon rivitalo-osakeyhtiö. Liitteessä 7 ovat kohteen luonnokset asemakaavasta, pohjakuvista ja leikkauskuvista. Rakennusoikeutta tontilla on 800 m². Keskelle B-taloa on sijoitettu maanpäällinen väestönsuoja, jossa on huoneistokohtaiset häkkivarastot. Asuntojen yhteydessä on 4–5 m² kylmävarastot. Rakennusryhmän laajuustiedot esitetään taulukossa 13.

Taulukko 13. As Oy Peltokuja 4:n tiedot

Perustiedot		
Bruttoala	876,6	m ²
Rakennustilavuus	3910	m ³
Ilmatilavuus, lämpimät tilat	1906	m ³
Huonekorkeus	2,6	m
Huoneistoala	681,7	m ²

3.1 Lämmitysenergiankulutus

Lämmitysenergiantarve kohteessa arvioidaan laskemalla Rakennusmääräyskokoelman D5 mukaan liitteessä 8. Normitalon osalta on laskettu muuttamalla liitteen 8 perustietoja. Kahden vertailtavan toteutustavan käytetyt lämmönläpäisykertoimet on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Vertailussa käytetyt lämmönläpäisykertoimet.

Tekninen tekijä	Normitalo	Matalaenergiatalo
Ulkoseinä	0,17	0,13
Yläpohja	0,09	0,08
Alapohja		
maanvastainen (Väestönsuoja)	0,16	0,16
ryömintätilaan	0,17	0,10
Ikkunat	1,0	0,8
Ovet	1,0	0,6

3.1.1 Ostoenergiantarve

Ostoenergiantarpeen määrittämisessä D5 antaa vääristyneen kuvan suoran sähkölämmityksen vaikutuksesta lämpimän käyttöveden siirtohäviöihin, koska laskennassa ei oteta huomioon lämminvesivaraajalta tulevan veden siirtohäviöitä. Vaikka lämminvesivaraajapohjaisen järjestelmän lämpöhäviöt ovat silti huomattavasti pienemmät kuin lämpimän käyttöveden kiertopiiriin, ne tulisi jollain tavalla huomioida laskennassa.

Taulukossa 15 ovat lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen käytetyt mitoitusarvot, ostoenergiantarpeen tulokset ja RIL 249–2009 -kirjan luokitus. M- ja P-luokitus määriteltiin ostoenergian ominaiskulutuksen mukaan.

Taulukko 15. Toteutustapojen perustiedot ja tulokset.

	2010 Normitalo	Matalaenergiatalo
Lämmitys-järjestelmä	Kaukolämpö	Sähkölämmitys
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys	Sähköinen lattialämmitys
LTO vuosihyötysuhde	45 %	75 %
Vuotoilmaluku n_{50} 1/h	2	0,8
Ostoenergiantarve (kWh)	89 202	46 029
Ostoenergian ominaiskulutus (kWh/brm ²)	55	30
RIL 249–2009 luokitus	-	M-30

3.1.2 Määräystenmukaisuuden toteaminen

Rakennuksen matalaenergia-tason luokitus määritellään RakMK D3:n vertailulämpöhäviölaskelman mukaan, ja silloin voi käyttää ympäristöministeriön ”D3 tasauslaskin 2010” Excel-taulukkolaskentatiedostoa. As Oy Peltokuja 4:n laskennassa tätä ei voi käyttää, koska taulukkolaskentaan ei voi lisätä lämpimille tiloille lisää ulkoseinärakenteita. Lämpöhäviö tulee laskea RakMK D3:n ohjeen mukaan, ja se vastaa RakMK D5:n laskentatapaa lämpöhäviöiden suhteen.

Matalaenergiarakennuksen laskennallinen lämpöhäviö on 64,2 % vertailulämpöhäviöstä, joten 85 %:n määräys täyttyy. Taulukossa 16 ovat liitteen 8 lämpöhäviöiden tulokset ja vertailulämpöhäviöt on saatu muuttamalla perustiedot vertailuarvoiksi.

Taulukko 16. Rakennuksen ominaislämpöhäviöiden tulokset

	Vertailuratkaisu W/K	Suunnitteluratkaisu W/K
Lämpöhäviö H_{joht}		
Ulkoseinä 1	69,6	53,2
Ulkoseinä 2	6,3	6,3
Yläpohja 1	62,5	55,5
Yläpohja 2	4,0	3,6
Alapohja 1	118,0	69,4
Alapohja 2	7,2	7,2
Ikkunat	84,4	67,5
Ovet 1	42	25,2
Ovet 2	2,1	2,94
Vuotoilma $H_{\text{vuotoilma}}$		
Asuinitilat	43,6	17,4
Väestönsuoja	2,4	2,4
Hallittu ilmanvaihto Q_{IV}		
Asuinitilat	179,8	81,7
Väestönsuoja	18,2	18,2
Ominaislämpöhäviö	640,1	410,66

3.2 Rakentamiskustannukset

Matalaenergiarakentamisen ja normirakentamisen erot selvitetään laskemalla vaihtoehdot kokonaisuudessaan. Kustannuslaskenta perustuu Rakennusosien kustannuksia 2009 –kirjan mukaiseen laskentaan. Liitteessä 9 on kustannuslaskenta ja se on eritelty seuraavanlaisesti:

- matalaenergia- ja normirakennusten yhteiset rakennusosat
- matalaenergia- ja normirakennusten eroavat rakennusosat.

Ero normi- ja matalaenergiarakentamiseen on 2,66 %. Taulukossa 17 esitetään matalaenergiarakentamisen eri osa-alueiden vaikutus kustannuksiin.

Taulukko 17. Matalaenergiarakentamisen vaikutus eri osa-alueiden kustannuksiin.

Rakennusosa	Kustannusten muutos
Perustukset	+ 8,45 %
Alapohjat	+ 2,18 %
Ulkoseinät	+ 3,31 %
Yläpohjat	+ 0,88 %
Ikkunat ja ovet	+ 29,56 %
LVIS	+ 7,23 %

Talotekniikan kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on monia. Sähkölämmityksessä tarvitaan huoneistokohtaisia lämminvesivaraajia vastaamaan lämpimän käyttöveden lämmityksestä. Kaukolämmöllä tätä ei tarvita, mutta sen investointikustannukset ylittävät silti sähkölämmityksen investointikustannuksen.

Matalaenergiataloissa tarvitaan lattialämmitystä ainoastaan kylmillä pinnoilla ja ulkoseinien vieressä. 80 %:n hyötysuhteen omaavien ilmastointikoneiden investointikustannukset ovat kaksinkertaiset verrattuna 50 %:n hyötysuhteella oleviin koneisiin.

Matalaenergiaratkaisuisissa on maalämpö yhdistetty ilmanvaihtokoneen etulämmityspatteriin. Maalämpöpumppujärjestelmissä olevaa kompressoria, joka nostaa lämmönkeruupiirissä liikkuvan nesteen lämpötilaa, ei ole käytetty tässä ratkaisussa.

Vaikka porakaivojen teko vaikuttaa merkittävästi kokonaiskustannuksiin, sen vaikutus yleiseen viihtyvyyteen kesällä on syy, miksi matalaenergiatoteutustavassa ei otettu huomioon järjestelmää ilman sitä.

3.3 Elinkaarikustannukset

Kun tehdään elinkaaritaloudellista laskentaa, ei ole kannattavaa valita pitkää elinkaarta, koska kukaan ei tiedä, millainen tilanne ja ympäristö on 100 vuoden päästä [10, s. 11]. Kunnossapitotoimenpiteet lasketaan 30 vuoden ajanjaksolla, ja sen perusteella lasketaan eri lämmitysjärjestelmien huoltokustannuslisä. 30 vuoden tarkastelua käytettiin sen takia, koska suurin osa lämmitysjärjestelmistä joudutaan uusimaan kaksi kertaa tällä aikavälillä.

Huoltokustannuslisää tarvitaan takaisinmaksuajan määrittämiseen. Huoltokustannuslisässä huomioitujen kunnossapitotoimenpiteet ovat liitteessä 10. Muita juoksevia ylläpitokustannuksia ei ole otettu huomioon. Kunnossapitotoimenpidelaskelmat on liitteessä 11 laskettu vuositasolla.

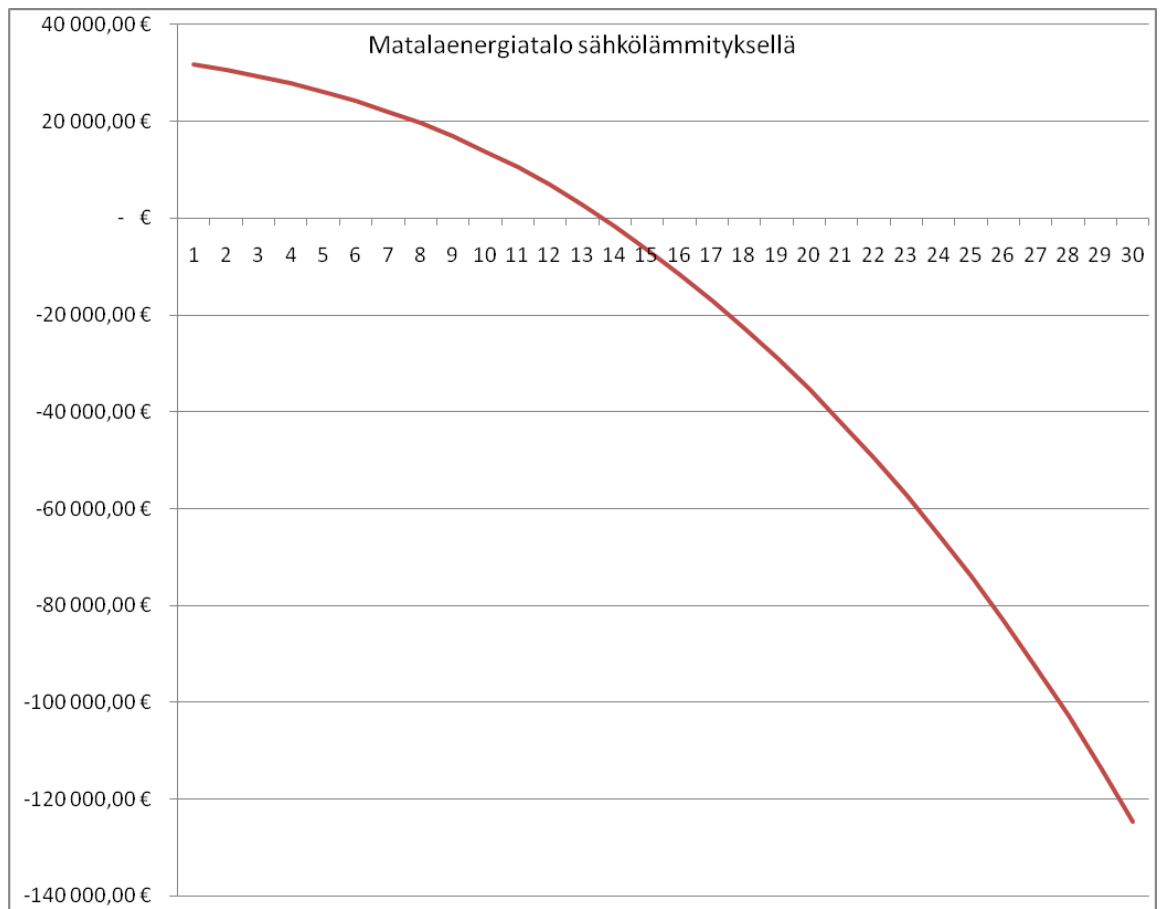
Takaisinmaksuaikaa laskettaessa käytetään 30 vuoden kokonaiskustannuksia jaettuna ajanjakson pituudella, koska vuosikohtaisia tietoja käyttäen suurin osa korjauksista painottuisi 25 ja 30 vuoden kohdalle väärinä käsitystä takaisinmaksuajasta. Huoltokustannuslisän tulokseksi saatiin 1040,00 €/vuosi.

Takaisinmaksuaika on laskettu alkuinvestointikustannusten, energiakustannusten, reaalkoron ja huoltokustannuslisän summana liitteessä 12. Taulukossa 18 on esitetty takaisinmaksuaika ja säästöt 20 ja 30 vuoden tähtäimillä.

Taulukko 18. Takaisinmaksuaika ja 20 ja 30 vuoden säästöt.

	Takaisinmaksuaika	20 vuoden säästö	30 vuoden säästö
Matalaenergiatalo sähkölämmityksellä	13	35 000 €	125 000 €

Alkuinvestoinnissa on käytetty 2,5 %:n reaalikorkoa. Energian hinnalle on käytetty sähköllä 3 %:n vuosittaista nousua ja kaukolämmöllä 4 %:n vuosittaista nousua. Kaukolämmön suurempi hinnannousu perustuu energiamarkkinaviraston ja energiateollisuuden 1992–2009 tilastoihin. Energian hinta muuttuu kulutetun energiamäärän mukaan, joten vuoden 2010 energian hinnat eri kulutusmäärille on interpoloitu energianmyyjien tilastojen perusteella eri kulutusmäärille. Kuvassa 13 on säästöjen kertyminen 30 vuoden ajanjaksolla verrattuna 2010 normien mukaiseen rakentamiseen.



Kuva 13. Matalaenergiarakentamisen kertyvä säästö.

4 TULOSTEN ANALYSOINTI

Suunnitellut rakenteet täyttävät matalaenergiatalojen vaatimukset ja standardit. Kosteusteknisen toiminnan kannalta suunnitellut rakenteet ovat tulosten perusteella toimivia, koska DOFlämpö-ohjelmalla ei havaittu kosteuden tiivistymisvyöhykkeitä.

Mitoittaminen matalaenergiatalo kylmänä rakennuksena kasvattaa routasuojuspaksuuksia ja pohjoisemmaksi mentäessä ero kasvaa. Matala- ja passiivenergiatalojen routasuojastaso on jossain lämpimän rakennuksen ja kylmän rakennuksen mitoituksen välissä, ja näin ollen routasuojausmitoitushjeet tulisi uudistaa ylimääräisten kustannusten välttämiseksi.

Matalaenergiarakentamisen lisäkustannukset pienenevät rakennuksen laajuuden kasvaessa ja rivitalokohteen lisäkustannukset verrattuna normirakentamiseen ovat vähäiset. Rakennuskohteen U-arvoja olisi vielä voinut kasvattaa pienentäen rakentamiskustannuksia ennestään.

Matalaenergiarakentamisessa voi harkita alapohjan eristepaksuuden jättämistä 2010 normien tasolle, koska ryömintätilallisen alapohjan eristämällä on suuri vaikutus routaeristeen paksuuteen ja perusmuurin korkeuteen. Matalaenergiatasoinen alapohja nostaa rakentamiskustannuksia 0,46 % verrattuna normirakentamiseen, ja ostoenergiankulutus kasvaa noin 8 % suoralla sähkölämmityksellä varustetussa talossa.

Ostoenergiatarpeen vähentäminen on asukkaan kannalta tärkeä asia, miksi rakentaa matalaenergiataloja. Ympäristöministeriö on ehdottanut rakennuksen kiinteistöveron porrastamista energiatehokkuuden ja lämmitystavan perusteella [12]. Verotuskäytäntö perustuisi ehdotuksen mukaan ostoenergian ominaiskulutuksen mukaan.

Matalaenergiarakentamisen suunnittelun lähtökohta voi olla kokonaistaloudellisesti ajatellen väärä, eli lähtökohtana ovat rakentamisen pienet kustannukset, ajattelematta tulevia käyttö-kustannuksia tai korjauskustannuksia.

5 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli käsitellä rivitalokohteen matalaenergiarakentamista kokonaisvaltaisen suunnittelun pohjalta. Matalaenergiarivitalokohteen suunnittelu oli kiinnostava ja haastava projekti. Rakennuksen kesäaikaiseen jäädytykseen tullaan käyttämään järjestelmää, jossa maalämpökeruupiiri liitetään lämmöntalteenoton etulämmityspatteriin. Järjestelmällä on suuri vaikutus sisälämpötiloihin hellekaudella.

Rakenteiden toimivuus todettiin laskemalla niiden U-arvot ja kosteustekninen toiminta DOFlämpö-ohjelmalla. Työssä pohdittiin eri materiaalien käyttäytymistä tolpparunkoisissa rakenteissa ja pyrittiin karsimaan eri materiaalit, jotka eivät sovellu käyttökohteeseen tai joista ei ole tarpeeksi toteutuneita käyttökohteita.

Kohteen routasuojaus mitoitettiin käyttämällä Talonrakennuksen routasuojausohjeet 2007 mukaista mitoitusta kylminä rakenteina ja sitä vertailtiin lämpimän rakennuksen mitoitushjeisiin. Routasuojausohjeet tulisi uusia, jotta saataisiin matalaenergiatalon routasuojauksen kustannuksia alas.

Matalaenergiarakentamisen lisäkustannukset ovat kohtuullisia, ja niiden ei tulisi olla este rakentaa energiatehokkaita rakennuksia. Rakennerratkaisut tulee pohtia tarkkaan, jotta niistä saadaan toimivia ja kustannustehokkaita. Eri rakennusosien eristepaksuuksia kasvattamisen hyötyjä voidaan arvioida suhteessa siitä saadun hyödyn kanssa. Esimerkiksi kohteen alapohjan eristepaksuuden kasvattamisella on niin suuri vaikutus moneen eri asiaan.

Lämmönkulutus laskettiin rakentamismääräyskokoelman D5 ohjeen mukaan, ja sitä käytettiin huoltokustannuslisäarvion kanssa takaisinmaksuajan määrittämiseen. Takaisinmaksuajat ovat kohtuullisia, ja asukkaat tulevat säästämään valitsemalla matalaenergiatalon.

Kohde todettiin matalaenergiarakennukseksi rakentamismääräyskokoelman D3 mukaan. Kohteen tasauslaskenta alittaa matalaenergiatason helposti, ja ulkoseinärakenteissa olisi vielä ollut varaa nostaa U-arvoja.

Työn aihealue oli laaja ja haastava. Lähes kaikki aiheen alueet ovat yhteydessä toisiinsa ja yksikin muutos saattoi vaikuttaa moneen asiaan.

LÄHTEET

1. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, [WWW-dokumentti]
http://www.ril.fi/web/files/matala_as.pdf Luettu: 16.3.2010
2. Tampereen teknillinen yliopisto. Matalaenergiarakenteiden toimivuus. 2008.
3. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, Rakennusten energiatehokkuus. määräykset ja ohjeet 2010.
4. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennukset. 2009.
5. Ympäristöministeriö. Energiatodistusopas 2007. 2009.
6. Ympäristöministeriö. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. 2003.
7. VTT. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. 2008.
8. Nisukangas, M., Routasuojauksen mitoitus asuinrakennusten lämmöneristävyyttä parannettaessa. Insinööriyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. 2009.
9. Kivikoski, H., Talonrakennuksen routasuojausohjeet. VTT ja Rakennustieto Oy, 2007.
10. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma C2, Kosteus. määräykset ja ohjeet 1998.
11. Herrainsilta, M., Kiinteistön elinkaarikustannukset. Insinööriyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. 2006.
12. Ympäristöministeriö. Rakennusten kiinteistöveron porrastaminen energiatehokkuuden ja lämmitystavan perusteella. [WWW-dokumentti]
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110023&lan=fib> Luettu: 10.3.2010

LIITTEIDEN LUETTELO

1. Ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen laskenta
2. Yläpohjan lämmönläpäisykertoimen laskenta
3. Alapohjan lämmönläpäisykertoimen laskenta
4. Ulkoseinän kosteustekninen toiminta DOFlämpö ohjelmalla
5. Yläpohjan kosteustekninen toiminta DOFlämpö-ohjelmalla
6. Alapohjan kosteustekninen toiminta DOFlämpö-ohjelmalla
7. Rivitalokohteen luonnoskuvat
8. Rakennuksen energiankulutuksen laskenta
9. Kustannuslaskenta rivitalokohteelle
10. Kunnossapitotoimenpiteet
11. Kunnossapitotoimenpidelaskelmat
12. Takaisinmaksuaikalaskelma

LIITE 1. ULKOSEINÄN LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN LASKENTA

Laskennan lähtötiedot:

	Sisäpinnan pintavastus	-	0,13 (m ² K)W	R _{si}
1	Kipsilevy	13 mm	0,06 (m ² K)W	R _{Td}
2	Vaakakoolaus 48x48 kk600 Mineraalivilla Isover KL 33	48 mm	0,12 W/mK 0,033 W/mK	λ _{design} λ _{design}
3	Höyrynsulku	0,2 mm	-	
4	Pystyrunko 198x48 kk600 Mineraalivilla KL 33	198 mm	0,12 W/mK 0,033 W/mK	λ _{design} λ _{design}
6	Huokoinen puukuitulevy	60 mm	0,031 W/mK	λ _{design}
	Ulkopinnan pintavastus	-	0,04 (m ² K)W	R _{se}
7	Hyvin tuulettuva ilmarako	30 mm	-	
8	Julkisivutiiliverhous	85 mm	-	

Kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:

- Ainesosien suhteelliset osuudet kokonaispinta-alasta lasketaan kaavassa 1:

$$\begin{aligned}
 f_a &= \frac{550^2}{600^2} = 0,8403 \\
 f_b &= \frac{(550 \cdot 50)}{600^2} = 0,0764 \\
 f_c &= \frac{(550 \cdot 50)}{600^2} = 0,0764 \\
 f_d &= \frac{50^2}{600^2} = 0,0069
 \end{aligned} \tag{1}$$

- Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus lasketaan kaavalla 2:

$$\begin{aligned}
 R_{T_a} &= 0,13 + 0,06 + \frac{0,048}{0,033} + \frac{0,198}{0,033} + \frac{0,06}{0,031} + 0,13 = 9,620 \text{ (m}^2\text{K)W} \\
 R_{T_b} &= 0,13 + 0,06 + \frac{0,048}{0,033} + \frac{0,198}{0,12} + \frac{0,06}{0,031} + 0,13 = 5,270 \text{ (m}^2\text{K)W} \\
 R_{T_c} &= 0,13 + 0,06 + \frac{0,048}{0,12} + \frac{0,198}{0,033} + \frac{0,06}{0,031} + 0,13 = 8,565 \text{ (m}^2\text{K)W} \\
 R_{T_d} &= 0,13 + 0,06 + \frac{0,048}{0,12} + \frac{0,198}{0,12} + \frac{0,06}{0,031} + 0,13 = 4,215 \text{ (m}^2\text{K)W}
 \end{aligned} \tag{2}$$

- Kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo lasketaan kaavalla 3:

$$1/R_T' = \frac{f_a}{R_{T_a}} + \frac{f_b}{R_{T_b}} + \frac{f_c}{R_{T_c}} + \frac{f_d}{R_{T_d}}$$

$$1/R_T' = \frac{0,8403}{9,620} + \frac{0,0764}{5,270} + \frac{0,0764}{8,565} + \frac{0,0069}{4,215} = 0,112 \quad (3)$$

$$R_T' = 8,896 \text{ (m}^2\text{K)W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alakiiarvo, kun rakenteella on kaksi epähomogeenista kerrosta, lasketaan kaavalla 4:

$$1/R_j = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (4)$$

- 50 mm vaakarunko ja lämmöneristys:

$$1/R_{j1} = \frac{550/600}{0,048/0,033} + \frac{50/600}{0,048/0,12} = 0,838$$

$$R_{j1} = 1,192 \text{ (m}^2\text{K)W}$$

- 198 pystyrunko ja lämmöneristys:

$$1/R_{j2} = \frac{550/600}{0,198/0,033} + \frac{50/600}{0,198/0,12} = 0,203$$

$$R_{j2} = 4,919 \text{ (m}^2\text{K)W}$$

- Kokonaislämmönvastuksen alakiiarvo lasketaan kaavalla 5:

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 \dots + R_n + R_{se}$$

$$R_T'' = 0,04 + 0,06 + 1,192 + 4,919 + \frac{0,06}{0,031} + 0,13 = 8,277 \text{ (m}^2\text{K)W} \quad (5)$$

Kokonaislämmönvastus ilman korjauskertoimia lasketaan kaavalla 6:

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

$$R_T = \frac{8,896 + 8,277}{2} = 8,587 \text{ (m}^2\text{K)W} \quad (6)$$

Lämmönläpäisykerroin ja lämmönläpäisykerroimen korjaukset.

- Lämmönläpäisykerroin ilman korjaustekijöitä lasketaan kaavalla 7.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{8,587} = 0,116 \text{ W}(m^2K) \quad (7)$$

- Ilmarakojen korjauskerroin lasketaan kaavalla 8:

$$\Delta U'' = 0,01 \text{ W}(m^2K)$$

$$\Delta U_g = 0,01 \cdot \left(\frac{(0,048 / 0,033) + (0,198 / 0,033)}{8,587} \right)^2 = 0,0061 \text{ W} / (m^2K) \quad (8)$$

- Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerrointa ei sovelleta jos kiinnikkeet lävistävät tyhjän ilmatilan
- Lämmöneristeen ilmanläpäisevyyden korjauskerroin, kun käytetään suojaustapaa a ja korjaustaso 1:stä lasketaan kaavalla 9:

$$\Delta U_a = 0,01 \text{ W}(m^2K)$$

$$\Delta U_a = 0,01 \cdot \left(\frac{(0,048 / 0,033) + (0,198 / 0,033)}{8,587} \right)^2 = 0,0061 \text{ W} / (m^2K) \quad (9)$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c lasketaan kaavalla 10:

$$U_c = U + \Delta U_g + \Delta U_a$$

$$U_c = 0,116 + 0,0061 + 0,0061 = 0,129 \quad (10)$$

$$U_c = 0,13$$

Korjaustekijät nostavat lämmönläpäisykerrointa 10,45 %, joten 3 % vaatimus täyttyy.

LIITE 2. YLÄPOHJAN LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN LASKENTA

Laskennan lähtötiedot:

	Ilmatila			
	Sisäpinnan pintavastus	-	0,10 (m ² K)W	R _{si}
1	Puhallusvilla	450 mm	1,2 W/mK	λ _{design}
2	Kattotuoli 150x50 k900	150mm	0,12 W/mK	λ _{design}
	Puhallusvilla		0,040 W/mK	λ _{design}
3	Höyrynsulku	0,2 mm	-	
3	Koolaus 22x100 k300	22 mm	0,12 W/mK	λ _{design}
4	Pintamateriaali	8-13 mm	-	
	Katon ilmatilan lämmönvastus	-	0,2 (m ² K)W	R _u
	Ulkopinnan pintavastus	-	0,04 (m ² K)W	R _{si}

Kokonaislämmönvastuksen yläkiarvo:

- Ainesosien suhteelliset osuudet kokonaispinta-alasta lasketaan kaavalla 1:

$$f_a = \frac{850 \cdot 900}{900^2} = 0,9444 \quad (1)$$

$$f_b = \frac{(900 \cdot 50)}{900^2} = 0,0556$$

- Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus lasketaan kaavalla 2:

$$R_{T_a} = 0,1 + \frac{0,022}{0,012} + \frac{0,15}{0,040} + \frac{0,45}{0,040} + 0,2 + 0,04 = 15,523(m^2K)W \quad (2)$$

$$R_{T_b} = 0,1 + \frac{0,022}{0,012} + \frac{0,15}{0,12} + \frac{0,45}{0,040} + 0,2 + 0,04 = 13,023(m^2K)W$$

- Kokonaislämmönvastuksen yläkiarvo lasketaan kaavalla 3:

$$1/R_T' = \frac{f_a}{R_{T_a}} + \frac{f_b}{R_{T_b}}$$

$$1/R_T' = \frac{0,9444}{15,523} + \frac{0,0556}{13,023} = 0,065 \quad (3)$$

$$R_T' = 15,359(m^2K)W$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo, kun rakenteella on yksi epähomogeeninen kerros, lasketaan kaavalla 4:

$$1/R_j = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (4)$$

- 150 mm kattotuoli ja lämmöneristys:

$$1/R_{j1} = \frac{850/900}{0,15/0,040} + \frac{50/900}{0,15/0,12} = 0,296$$

$$R_{j1} = 3,375(m^2K)W$$

- Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo:

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 \dots + R_n + R_{se}$$

$$R_T'' = 0,1 + \frac{0,022}{0,012} + 3,375 + \frac{0,45}{0,04} + 0,2 + 0,04 = 15,148(m^2K)W$$

Kokonaislämmönvastus ilman korjauskertoimia lasketaan kaavalla 5:

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} \quad (5)$$

$$R_T = \frac{15,359 + 15,148}{2} = 15,254(m^2K)W$$

Lämmönläpäisykerroin ja lämmönläpäisykerroimen korjaukset.

- Lämmönläpäisykerroin ilman korjauskertoimia lasketaan kaavalla 6:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (6)$$

$$U = \frac{1}{15,254} = 0,066W(m^2K)$$

- Ilmarakojen korjauskerroin lasketaan kaavalla 7:

$$\Delta U'' = 0,01W(m^2K)$$

$$\Delta U_g = 0,01 \cdot \left(\frac{0,6/0,04}{15,254} \right)^2 = 0,01W/(m^2K) \quad (7)$$

- Lämmöneristeen ilmanläpäisevyyden korjauskerroin, kun käytetään suojaustapaa b:tä ja korjaustaso 0 lasketaan kaavalla 8:

$$\begin{aligned}\Delta U_a &= 0,005 W/(m^2 K) \\ \Delta U_a &= 0,005 \cdot \left(\frac{0,6/0,04}{15,254} \right)^2 = 0,005 W/(m^2 K)\end{aligned}\tag{8}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c lasketaan kaavalla 9:

$$\begin{aligned}U_c &= U + \Delta U_g + \Delta U_a \\ U_c &= 0,066 + 0,01 + 0,005 = 0,08 \\ U_c &= 0,08 W/(m^2 K)\end{aligned}\tag{9}$$

Korjaustekijät nostavat lämmönläpäisykerrointa 22,3 %, joten 3 % vaatimus täyttyy.

LIITE 3. ALAPOHJAN LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN LASKENTA

Laskennan lähtötiedot:

	Sisäpinnan pintavastus	-	0,17 (m ² K)W	R _{si}
1	Pintabetonilaatta	80 mm	1,2 W/mK	λ _{design}
2	Thermisol Platina Lattia	300 mm	0,031 W/mK	λ _{declared}
3	Ontelolaatta	200 mm	0,29 (m ² K)/W	R _{Td}
	Ulkopinnan pintavastus	-	0,04 (m ² K)W	R _{se}

Thermisol Platina Lattia-levyn lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo on sama, kuin lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo, koska lievästi hygroskooppinen lämmöneriste pysyy kuivana pysyvien rakennusosien lämmöneristyksessä, kun suunnittelulämpötila on 10 °C [RIL 225-2004].

Kokonaislämmönvastus

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus lasketaan kaavalla 1:

$$R_T = 0,04 + \frac{0,08}{1,2} + \frac{0,300}{0,031} + 0,29 + 0,17 = 10,24 (m^2K)W \quad (1)$$

Alapohjan lämmönläpäisykertoimen laskennassa ei ole korjauskertoimia ja se lasketaan kaavalla 2:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{10,24} = 0,098 W(m^2K) \quad (2)$$

$$U = 0,10 W(m^2K)$$

LIITE 4. ULKOSEINÄN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA DOFLÄMPÖ-
OHJELMALLA

Rakennuskohde: As Oy Peltokuja 4		Sisältö: Ulkoseinän kosteustekninen toiminta	
Suunnittelija: Olli Porkka		Päiväys: 16.3.2010	Tunnus: US1

Rakenteen päätiedot:			
U-arvo:	0.172 W/m2K		
Paksuus:	435.200 mm		
Pinta-ala:	1.00 m2		
Paino:	178.99 kg		
Hinta:	0.00 euro		
Vesihöyryn vastus:	139583.333		
Vesih. läpäisykerroin:	0.000007 g/m2hPa		
Lämmönvastus:	5.823 m2K/W		
Pintavastus, ulko:	0.040 m2K/W		
Pintavastus, sisä:	0.130 m2K/W		
Kulma (0-90):	90.000		

Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)			
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m2sPa/kg]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Julkisivutiili	85.00	---	---	0.00	1500.00
2 Tuulettuva ilmarako	30.00	---	---	0.00	0.00
3 Puukuitulevy, huokoi	60.00	0.0550	1.000000e+09	0.00	350.00
4 Mineraalivilla	198.00	0.0550	5.000000e+08	0.00	30.00
5 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.0005	5.000000e+11	0.00	900.00
6 Mineraalivilla	50.00	0.0550	5.000000e+08	0.00	30.00
7 Kipsilevy	12.00	0.2100	5.000000e+08	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [WK](kpl):
4 Puu (kuusi)	0.1200	8.3	0.00	440.00	---
6 Puu (kuusi)	0.1200	8.3	0.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:		3:n päivän kylmin (0.0 h)			Lisätiedot:	
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	Lämmönjohtavuusarvot: RakMK C4 Vesihöyrynvastusarvot: RIL 107-2000
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.74	0.90	0.79	88.1	0.00	
2	-19.74	0.90	0.79	88.1	0.00	
3	-19.74	0.90	0.79	88.1	0.00	
4	-12.74	1.71	0.80	47.0	0.00	
5	10.39	9.69	0.81	8.4	0.00	
6	12.96	11.36	8.63	76.0	0.00	
7	18.80	16.12	8.63	53.6	0.00	
8	19.16	16.47	8.64	52.5	0.00	
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00	

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

LIITE 5. YLÄPOHJAN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA DOFLÄMPÖ-
OHJELMALLA

Rakennuskohde: As Oy Peltokuja 4		Sisältö: Yläpohjan kosteustekninen toiminta	
Suunnittelija: Olli Porkka		Päiväys: 16.3.2010	Tunnus: YP1

Rakenteen päätiedot:			
U-arvo:	0.088 W/m2K		
Paksuus:	1163.200 mm		
Pinta-ala:	1.00 m2		
Paino:	37.20 kg		
Hinta:	0.00 euro		
Vesihöyryn vastus:	139381.363		
Vesih. läpäisykerroin:	0.000007 g/m2hPa		
Lämmönvastus:	11.313 m2K/W		
Pintavastus, ulko:	0.040 m2K/W		
Pintavastus, sisä:	0.100 m2K/W		
Kulma (0-90):	0.000		

Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)			
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m2sPa/kg]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Tuulettuva ilmatila	500.00	2.5000	1.800000e+05	0.00	0.00
2 Mineraalivilla	450.00	0.0550	5.000000e+08	0.00	30.00
3 Mineraalivilla	150.00	0.0550	5.000000e+08	0.00	30.00
4 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
5 Tuulettumaton ilmara	50.00	0.2940	2.727273e+08	0.00	0.00
6 Kipsilevy	13.00	0.2100	5.000000e+08	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [WK](kpl):
3 Puu (kuusi)	0.1200	5.6	0.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHV = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:		3:n päivän kylmin (0.0 h)			Lisätiedot:	
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	Lämmönjohtavuusarvot: RakMK C4 Vesihöyryn vastusarvot: RIL 107-2000
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.86	0.89	0.79	88.9	0.00	
2	-19.16	0.94	0.79	84.0	0.00	
3	9.34	9.07	0.80	8.8	0.00	
4	18.84	16.16	0.80	5.0	0.00	
5	18.84	16.16	8.63	53.4	0.00	
6	19.44	16.73	8.63	51.6	0.00	
7	19.65	16.94	8.64	51.0	0.00	
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00	

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

LIITE 6. ALAPOHJAN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA DOFLÄMPÖ-
OHJELMALLA

Rakennuskohde: As Oy Peltokuja 4		Sisältö: Alapohjan kosteustekninen toiminta	
Suunnittelija: Olli Porkka		Päiväys: 16.3.2010	Tunnus: AP1

Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.121 W/m ² K Paksuus: 580.200 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 684.18 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 178963.178 Vesih. läpäisykerroin: 0.000006 g/m ² hPa Lämmönvastus: 8.284 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.170 m ² K/W Kulma (0-90): 0.000	
--	--

Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset sisältä (S) ulos (U)				
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	
1 Betoni	80.00	1.2000	5.000000e+10	0.00	2400.00	
2 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.0005	5.000000e+11	0.00	900.00	
3 Thermisol Platina	100.00	0.0410	2.325581e+10	0.00	40.00	
4 Thermisol Platina	100.00	0.0410	2.325581e+10	0.00	40.00	
5 Thermisol Platina	100.00	0.0410	2.325581e+10	0.00	40.00	
6 Ontelolaatta	200.00	0.6897	2.450000e+10	0.00	2400.00	

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:					Kesä (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:	Lämmönjohtavuusarvot: RakMK C4
S	20.00	17.28	12.96	75.0	0.00	Vesihöyrynvastusarvot: RIL 107-2000
1	19.86	17.14	12.96	75.6	0.00	Ontelolaatan vesihöyrynvastus:
2	19.80	17.09	12.73	74.5	0.00	Ilmatilojen ja betonin pinta-alojen
3	19.46	16.76	10.45	62.4	0.00	suhde.
4	17.40	14.85	10.34	69.7	0.00	
5	15.34	13.13	10.24	78.0	0.00	
6	13.28	11.58	10.13	87.4	0.00	
7	13.03	11.41	10.02	87.8	0.00	
U	13.00	11.38	10.02	88.0	0.00	

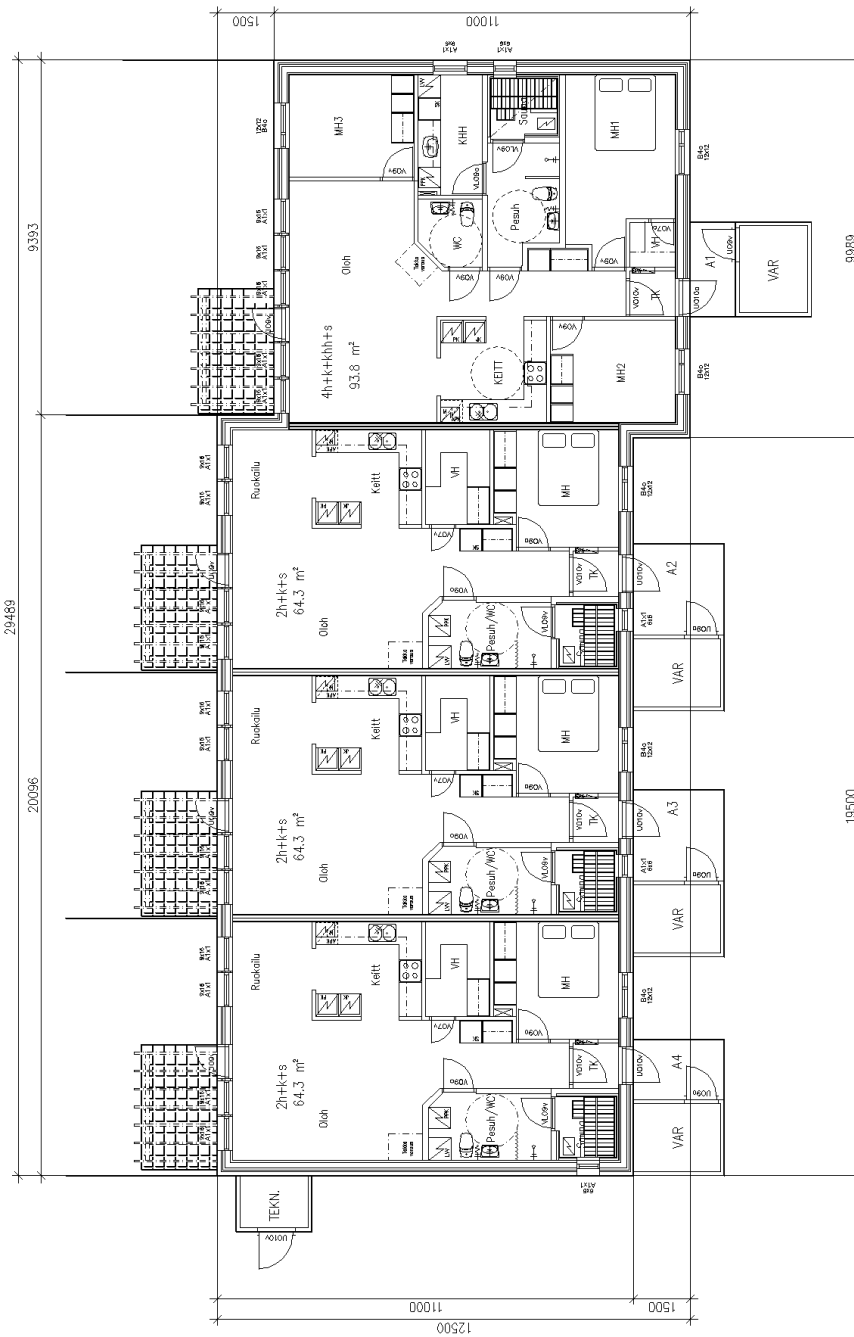
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

LIITE 7. RIVITALOKOHTTEEN LUONNOSKUVAT

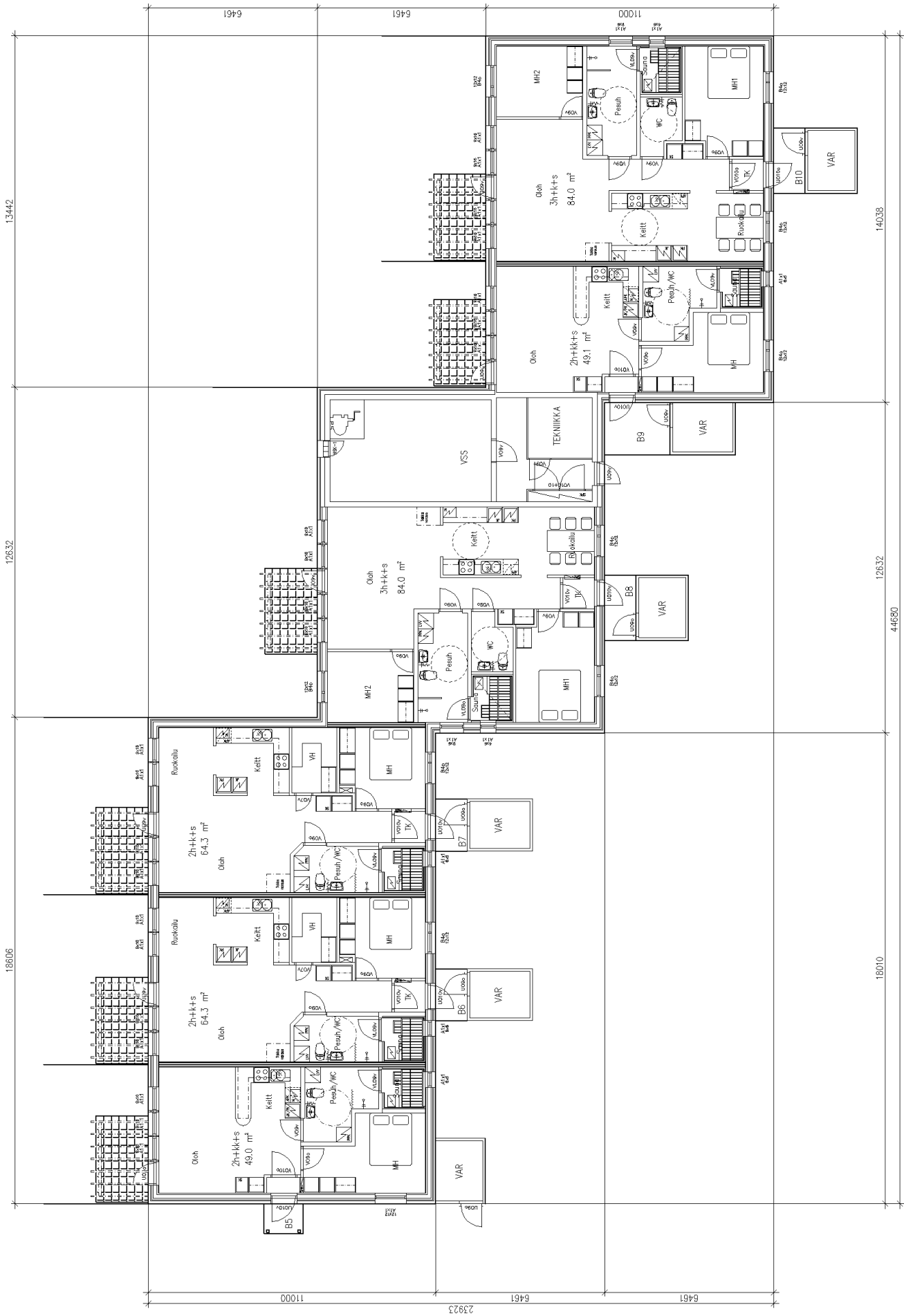
Asemakaava



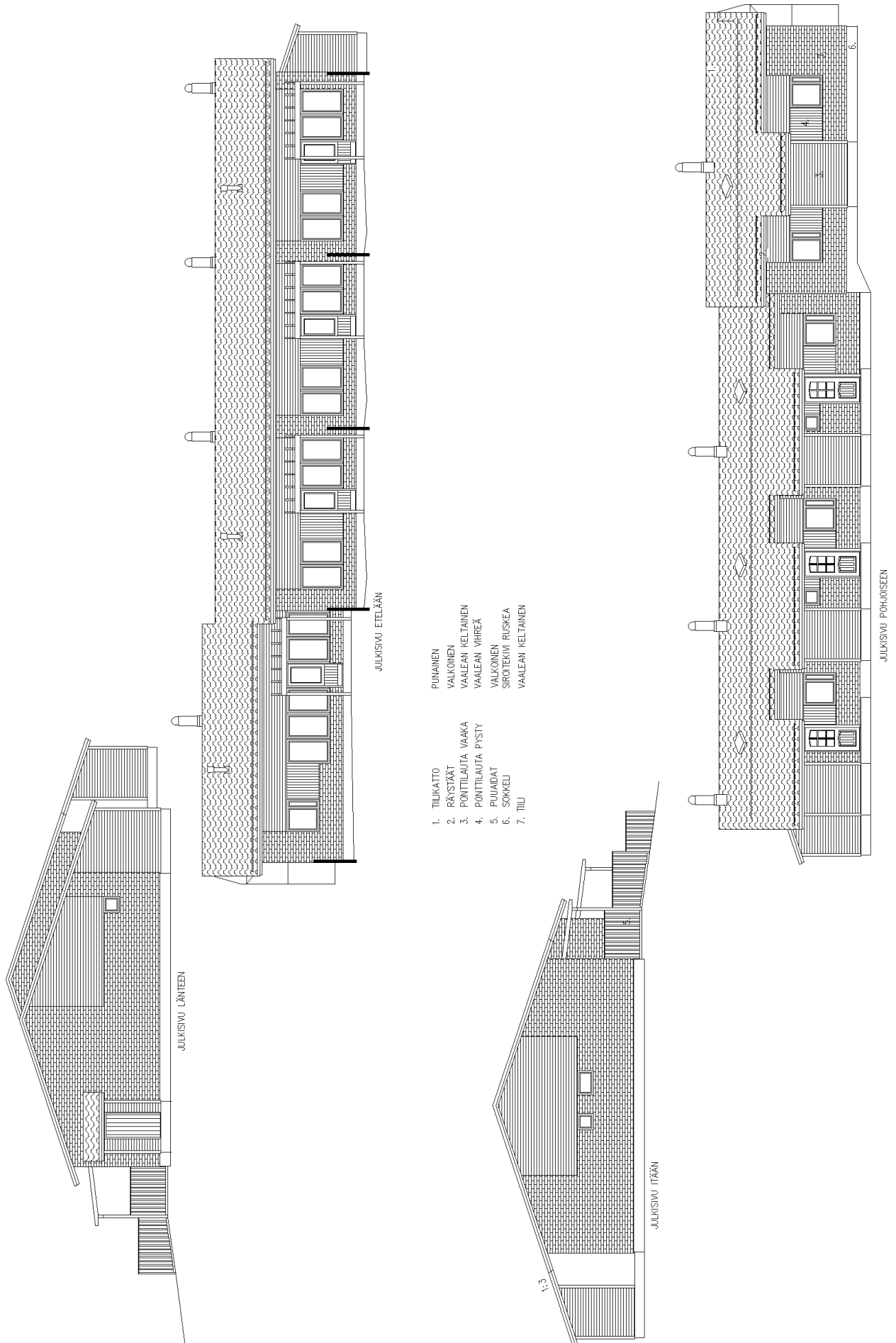
Talo A pohjakuva.



Talo B pohjakuva

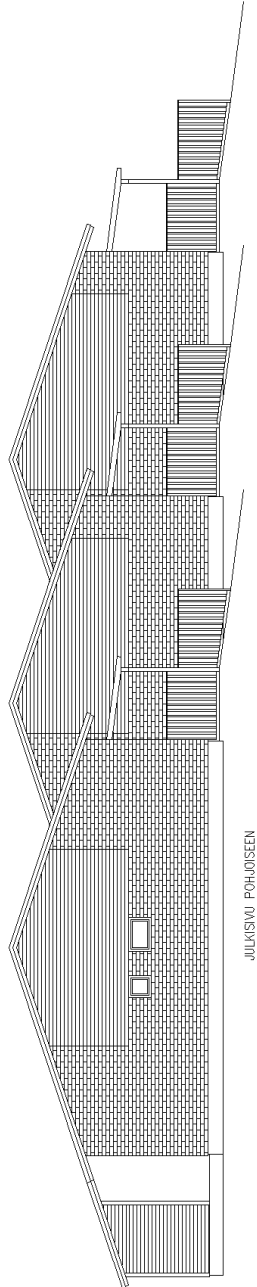


Talo A julkisivu



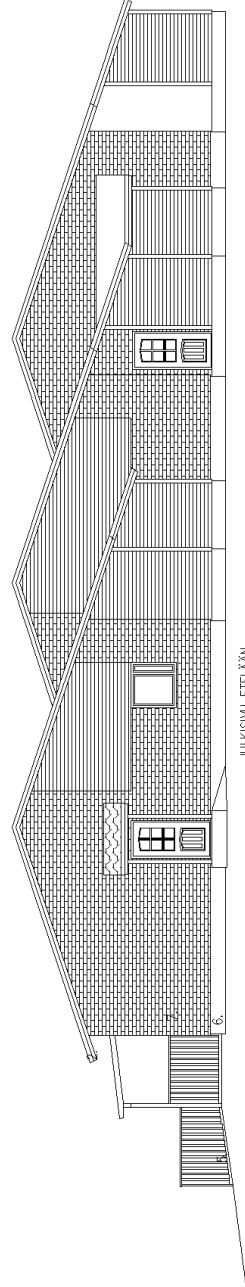
- 1. TILKKATTO
 - 2. RÄVYSTÄÄ
 - 3. PONTTILAUTA VAAKA
 - 4. PONTTILAUTA PISTY
 - 5. PULAI DAT
 - 6. SOKKELI
 - 7. TILI
- PUNAINEN
 - VALKONEN
 - VAALEAN KULTAINEN
 - VAALEAN VIHREÄ
 - VALKONEN
 - SIROTEKIVI RUSKEA
 - VAALEAN KULTAINEN

Talo B julkisivu etelään ja pohjoiseen



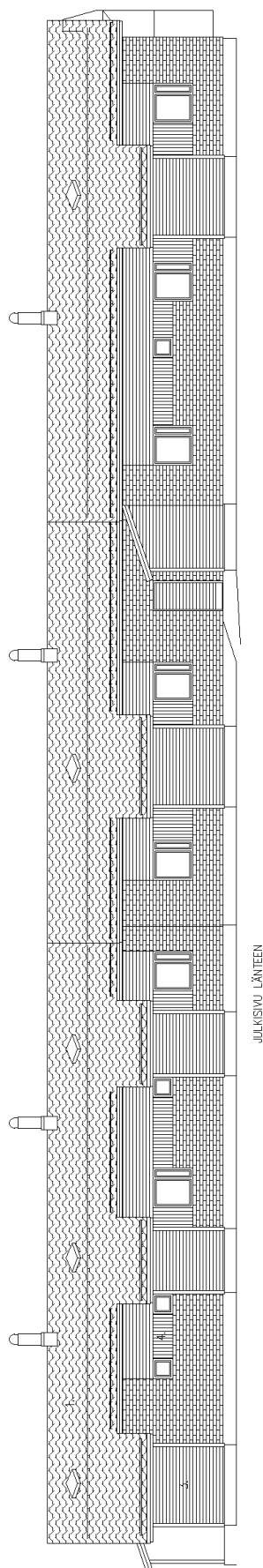
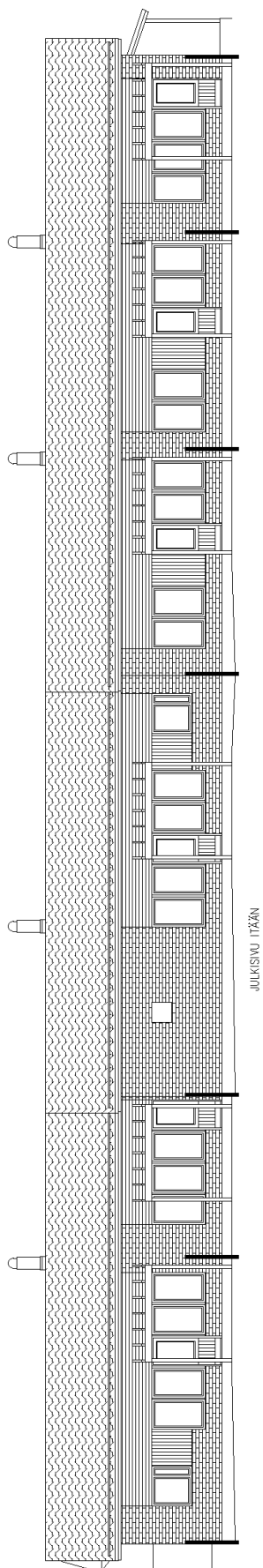
JULKISIVU POHJOISEEN

1. TILIKATTO
 2. RÄYSTÄKÄT
 3. PONTTILAUTA VAAKA
 4. PONTTILAUTA PYSTY
 5. PUUJÄLÄ
 6. SOKKELI
 7. TIILI
- PUNAINEN
 VALKONEN
 VAALEN Keltainen
 VAALEN Vihreä
 VALKONEN
 SIROTEKIVU RUSKEA
 VAALEN Keltainen

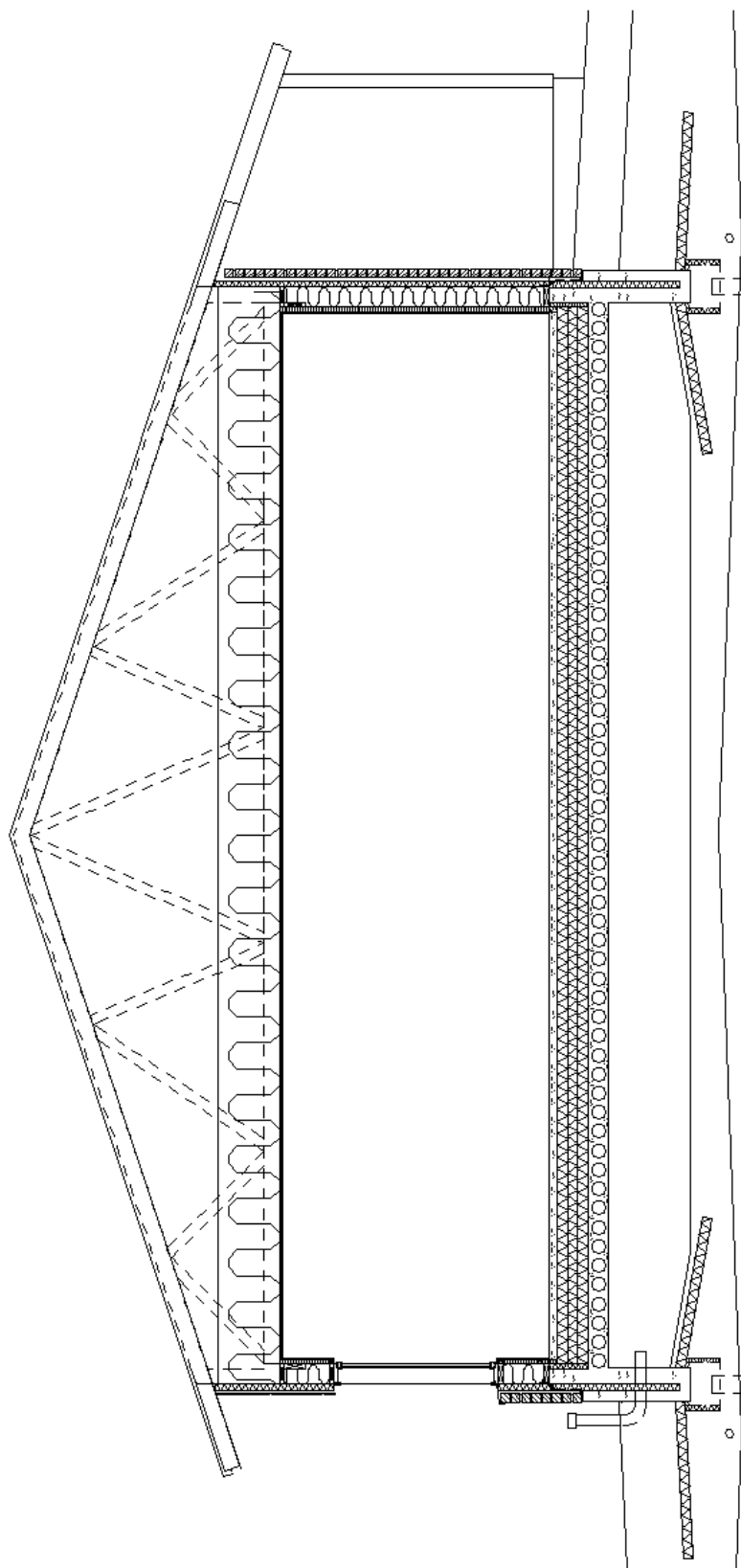


JULKISIVU ETELÄÄN

Talo B julkisivu itään ja länteen.



Leikkauskuva



LIITE 8. RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUKSEN LASKENTA

Kohde	As Oy Peltokuja 4
Suunnittelija	Olli Porkka

Rakennustilavuus	3910	rak-m ³
Lämmitettävä Bruttoala	774,9825	brm ²
Bruttoala	876,6078	brm ²
Kerrostasoala	738,9	m ²
Huonekorkeus	2,6	m
Asukasmäärä	24	Henk

lämpimät tilat		
LTO vuosihyötysuhde	75	%
T _s	21	°C
Ilmatilavuus, V	1634,727	m ³
Vuotoilmakerroin	0,8	1/h
	Pinta-ala	U-arvo
Ulkoseinä 1	409,4478	0,13
Yläpohja 1	694,1	0,08
Alapohja 1	694,1	0,1
Ovet 1	42	0,6
Ikkunat	84,42	0,8
	%	m ²
Pohjoiseen	0,104478	8,82
Itään	0,140725	11,88
Etelään	0,334755	28,26
Länteen	0,420043	35,46

Väestönsuoja		
LTO vuosihyötysuhde	0	%
T _s	17	°C
Ilmatilavuus, V	90,80881	m ³
Vuotoilmakerroin	2	1/h
	Pinta-ala	U-arvo
Ulkoseinä 2	37,1106	0,17
Yläpohja 2	44,8	0,08
Alapohja 2	44,8	0,16
Ovet 2	2,1	1,4
Ikkunat	0	0
	%	m ²
Pohjoiseen	0	
Itään	0	
Etelään	0	
Länteen	0	

<i>Taulukko 4.3. Tyypillisiä vaipan ilmanvuotolukuja (n_{50}) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta.</i>		
Tavoite ilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde	1
--------------------------------------	---

Taulukko 3.1. Lämmöntuottolaitteiden vuosihyötysuhteita eri lämmöntuottotavoilla.

Lämmöntuottotapa	Vuosihyötysuhde $\eta_{\text{lämmitys}}$ -
Kaukolämpö	1,0
Sähkölämmitys	1,0
Öljy- ja kaasukattilat, enintään 35 kW	
- tavanomainen kattila	0,87
- matalalämpötilakattila	0,90
- kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,93
Öljy- ja kaasukattilat, yli 35 kW	
- tavanomainen kattila	0,89
- matalalämpötilakattila	0,91
- kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,94
Kaksoispesäkattilat	
- öljylämmitys	0,80
- puulämmitys	0,70
Puupolttoaineita käyttävät lämmöntuottolaitteet	
Pellettikattilat	0,80
Hakekattilat	0,80
Pilkekattilat	0,70
Tulisijat	0,70
Lämpöpumput	
Maalämpöpumppu	2,5
Ulkoilmalämpöpumppu (lämpö vesivaraajaan)	2,0

$g_{\text{kohtisuora}}$	0,55
-------------------------	------

8.4.2

Mikäli ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa (g) ei tunneta, se lasketaan kaavalla (8.7). Ellei kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerrointa ($g_{\text{kohtisuora}}$) tunneta, voidaan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin laskea taulukon 8.4 arvoista ikkunalasituksen tyyppin perusteella kaavalla (8.7).

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}} \quad (8.7)$$

jossa

g ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -

$g_{\text{kohtisuora}}$ ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin.

Taulukko 8.4. Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin $g_{\text{kohtisuora}}$

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo, W/m ² K)	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuutteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,70
Eristyslasi + erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi (1,0 - 1,4)	0,55
Yksipuutteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite (1,0 - 1,4)	0,50
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiviteettipinnoite (0,7 – 0,9)	0,40
Tehokas auringonsuojalasi	0,20

Ulkolämpötilat Jyväskylässä

	T_u	d_t
Tammikuu	-10,6	31
Helmikuu	-12,2	28
Maaliskuu	-2,58	31
Huhtikuu	0,2	30
Toukokuu	10,3	31
Kesäkuu	14,9	30
Heinäkuu	15	31
Elokuu	14,8	31
Syyskuu	7,97	30
Lokakuu	1,73	31
Marraskuu	-0,59	30
Joulukuu	-6,9	31

4.1 Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia

4.1.1

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia Q_{joht} lasketaan kaavalla (4.1).

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.1)$$

Rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö $\sum H_{\text{joht}}$ lasketaan rakennusosakohtaisesti kaavalla (4.2).

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (4.2)$$

joissa

Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$\sum H_{\text{joht}}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Lämpimät tilat

	US	YP	AP	IK	OVI	
Tammikuu	1251,42	1305,49	1305,49	1587,8	592,462	6042,65
Helmikuu	1187,54	1238,85	1238,85	1506,76	562,222	5734,22
Maaliskuu	933,81	974,157	974,157	1184,82	442,097	4509,04
Huhtikuu	797,146	831,587	831,587	1011,42	377,395	3849,13
Toukokuu	423,739	442,047	442,047	537,641	200,612	2046,09
Kesäkuu	233,778	243,879	243,879	296,618	110,678	1128,83
Heinäkuu	237,611	247,877	247,877	301,481	112,493	1147,34
Elokuu	245,531	256,14	256,14	311,53	116,243	1185,58
Syyskuu	499,366	520,941	520,941	633,596	236,416	2411,26
Lokakuu	763,127	796,098	796,098	968,256	361,289	3684,87
Marraskuu	827,422	863,172	863,172	1049,83	391,729	3995,33
Joulukuu	1104,89	1152,63	1152,63	1401,89	523,092	5335,12

Q_{joht}	8505,38	8872,86	8872,86	10791,6	4026,73	41069,5 kWh
-------------------	---------	---------	---------	---------	---------	--------------------

	US	YP	AP	IK	OVI	
H_{joht}	53,2282	55,528	69,41	67,536	25,2	W/K

U-arvo	0,13	0,08	0,1	0,8	0,6	W/(m ² K)
Ala	409,448	694,1	694,1	84,42	42	m ²

Laskennassa on otettu huomioon ryömintätalallisen alapohjan matalempi lämpötila

Väestönsuoja

	US	YP	AP	IK	OVI	
Tammikuu	129,547	73,5953	147,191	0	60,3711	410,704
Helmikuu	123,794	70,3267	140,653	0	57,6899	392,464
Maaliskuu	91,9036	52,21	104,42	0	42,8285	291,362
Huhtikuu	76,3113	43,3521	86,7041	0	35,5622	241,93
Toukokuu	31,4481	17,8655	35,731	0	14,6553	99,7
Kesäkuu	9,53891	5,41901	10,838	0	4,44528	30,2412
Heinäkuu	9,3875	5,33299	10,666	0	4,37472	29,7612
Elokuu	10,3262	5,86629	11,7326	0	4,81219	32,7373
Syyskuu	41,0173	23,3017	46,6035	0	19,1147	130,037
Lokakuu	71,6735	40,7174	81,4348	0	33,401	227,227
Marraskuu	79,8997	45,3906	90,7813	0	37,2345	253,306
Joulukuu	112,181	63,7293	127,459	0	52,2779	355,646

Q _{joht}	787,028	447,107	894,214	0	366,767	2495,12 kWh
-------------------	---------	---------	---------	---	---------	--------------------

H _{joht}	6,3088	3,584	7,168	0	2,94
-------------------	--------	-------	-------	---	------

U-arvo	0,17	0,08	0,16	0	1,4	W/(m ² K)
Ala	37,1106	44,8	44,8	0	2,1	m ²

Väestönsuoja ja lämpimät tilat yhteensä

Tammikuu	1380,96	1379,08	1452,68	1587,8	652,833	6453,35
Helmikuu	1311,34	1309,18	1379,51	1506,76	619,912	6126,69
Maaliskuu	1025,71	1026,37	1078,58	1184,82	484,925	4800,4
Huhtikuu	873,457	874,939	918,291	1011,42	412,957	4091,06
Toukokuu	455,187	459,913	477,778	537,641	215,267	2145,79
Kesäkuu	243,317	249,298	254,717	296,618	115,124	1159,07
Heinäkuu	246,998	253,21	258,543	301,481	116,868	1177,1
Elokuu	255,857	262,006	267,872	311,53	121,055	1218,32
Syyskuu	540,383	544,243	567,545	633,596	255,531	2541,3
Lokakuu	834,8	836,816	877,533	968,256	394,69	3912,09
Marraskuu	907,322	908,562	953,953	1049,83	428,963	4248,63
Joulukuu	1217,07	1216,36	1280,09	1401,89	575,369	5690,77

Q _{joht}	9292,41	9319,97	9767,08	10791,6	4393,5	43564,6 kWh
-------------------	---------	---------	---------	---------	--------	--------------------

4.2 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

4.2.1

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia $Q_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (4.5).

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.5)$$

Vuotoilman ominaislämpöahiö $H_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (4.6).

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} \quad (4.6)$$

joissa

$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöahiö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

4.2.2

Vuotoilmavirta $q_{v, \text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (4.7).

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} V / 3600 \quad (4.7)$$

jossa

$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
$n_{\text{vuotoilma}}$	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
V	rakennuksen ilmatilavuus, m ³
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m ³ /h -> m ³ /s.

Lämpimät tilat

	kWh
Tammikuu	409,953
Helmikuu	389,028
Maaliskuu	305,908
Huhtikuu	261,138
Toukokuu	138,813
Kesäkuu	76,5837
Heinäkuu	77,8392
Elokuu	80,4338
Syyskuu	163,588
Lokakuu	249,993
Marraskuu	271,056
Joulukuu	361,952

$Q_{\text{vuotoilma}}$	2786,29	kWh
------------------------	---------	-----

$H_{\text{vuotoilma}}$	17,4371	W/K
------------------------	---------	-----

ρ_i	1,2	kg/m ³
c_{pi}	1000	Ws/(kgK)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	0,01453	kg/m ³

Vuotoilmavirta

$q_{v, \text{vuotoilma}}$	0,01453	m ³ /s
---------------------------	----------------	-------------------

$n_{\text{vuotoilma}}$	0,032	1/h
V	1634,73	m ³

Väestönsuoja tilat

	kWh
Tammikuu	49,7255
Helmikuu	47,517
Maaliskuu	35,2762
Huhtikuu	29,2913
Toukokuu	12,071
Kesäkuu	3,66141
Heinäkuu	3,60329
Elokuu	3,96362
Syyskuu	15,7441
Lokakuu	27,5111
Marraskuu	30,6687
Joulukuu	43,0594

$Q_{\text{vuotoilma}}$	302,093	kWh
------------------------	----------------	-----

$H_{\text{vuotoilma}}$	2,42157	W/K
------------------------	---------	-----

ρ_i	1,2	kg/m ³
c_{pi}	1000	Ws/(kgK)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	0,00202	kg/m ³

Vuotoilmavirta

Q_v , vuotoilma	0,00202	m^3/s
-------------------	----------------	---------

$n_{vuotoilma}$	0,08	1/h
V	90,8088	m^3

Puoliämpimät ja lämpimät tilat yhteensä

	kWh
Tammikuu	459,678
Helmikuu	436,545
Maaliskuu	341,184
Huhtikuu	290,429
Toukokuu	150,884
Kesäkuu	80,2451
Heinäkuu	81,4425
Elokuu	84,3974
Syyskuu	179,332
Lokakuu	277,505
Marraskuu	301,725
Joulukuu	405,012

$Q_{vuotoilma}$	3088,38	kWh
-----------------	----------------	-----

4.2.3

Mikäli rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku n_{50} on tunnettu, voidaan vuotoilmakertoimena käyttää lämmitysenergian tarpeen laskennassa kaavalla (4.8) lasketta arvoa.

$$n_{vuotoilma} = \frac{n_{50}}{25} \quad (4.8)$$

jossa

 $n_{vuotoilma}$ rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h n_{50} on rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h

Lämpimät tilat

$n_{vuotoilma}$	0,032	1/h
-----------------	-------	-----

n_{50}	0,8	1/h
----------	-----	-----

Väestönsuoja tilat

$n_{vuotoilma}$	0,08	1/h
-----------------	------	-----

n_{50}	2	1/h
----------	---	-----

4.3 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja lämmöntalteenotto

4.3.1

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia Q_{iv} lasketaan kaavalla (4.9).

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 \quad (4.9)$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} lasketaan tarvittaessa erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (4.10).

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a) \quad (4.10)$$

joissa

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
r	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta, -.

Maalämpökenuupiiriin vaikutus tuloilman lämpötilaan tulee laskea arvioimalla kuukausien keskilämpötilan pudotus.

	T_u	Δt
Tammikuu	-4	31
Helmikuu	-4	28
Maaliskuu	-2,58	31
Huhtikuu	0,2	30
Toukokuu	10,3	31
Kesäkuu	14,9	30
Heinäkuu	15	31
Elokuu	14,8	31
Syyskuu	7,97	30
Lokakuu	1,73	31
Marraskuu	-0,59	30
Joulukuu	-4	31

Q_{iv}

	kWh
Tammikuu	1520,3
Helmikuu	1373,17
Maaliskuu	1433,94
Huhtikuu	1224,08
Toukokuu	650,687
Kesäkuu	358,986
Heinäkuu	364,871
Elokuu	377,034
Syyskuu	766,818
Lokakuu	1171,84
Marraskuu	1270,58
Joulukuu	1520,3

Q_{iv}	12032,6 kWh
----------	-------------

H_{iv}	81,7364 W/K
----------	-------------

ρ_i	1,2	kg/m ³
c_{pi}	1000	Ws/(kgK)
t_d	1	h/24h
t_v	1	vrk/7 vrk
n_a	0,75	
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	1634,73	m ³
Ilmanvaihtuvuus	0,6	1/h
Poistoilmavirta	0,27245	m ³ /s

Väestönsuoja

 Q_{iv}

	kWh
Tammikuu	372,941
Helmikuu	356,377
Maaliskuu	264,572
Huhtikuu	219,685
Toukokuu	90,5327
Kesäkuu	27,4606
Heinäkuu	27,0247
Elokuu	29,7272
Syyskuu	118,081
Lokakuu	206,334
Marraskuu	230,015
Joulukuu	322,945

Q_{iv}	2265,69 kWh
----------	-------------

H_{iv}	18,1618	W/K
----------	---------	-----

pi	1,2	kg/m ³
cpi	1000	Ws/(kgK)
td	1	h/24h
tv	1	vrk/7 vrk
na	0	
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	90,8088	m ³
Ilmanvaihtuvuus	0,6	1/h
Poistoilmavirta	0,01513	m ³ /s

Väestönsuoja ja lämpimät tilat yhteensä

	kWh
Tammikuu	1893,24
Helmikuu	1729,55
Maaliskuu	1698,52
Huhtikuu	1443,77
Toukokuu	741,22
Kesäkuu	386,447
Heinäkuu	391,896
Elokuu	406,761
Syyskuu	884,898
Lokakuu	1378,18
Marraskuu	1500,59
Joulukuu	1843,24

Q_{iv}	14298,3	kWh
----------	---------	-----

5.1.1

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia $Q_{\text{lkv, netto}}$ lasketaan kaavan (5.1) avulla.

$$Q_{\text{lkv, netto}} = \rho_v c_{pv} V_{\text{lkv}} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad (5.1)$$

jossa

$Q_{\text{lkv, netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Nettoenergiantarve sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämisen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan ilman mahdollista lämmityslaitteen, varaajan tai putkiston lämpöhäviöenergiaa.

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ($T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}$) arvoa 50 °C.

Tammikuu	2170
Helmikuu	1960
Maaliskuu	2170
Huhtikuu	2100
Toukokuu	2170
Kesäkuu	2100
Heinäkuu	2170
Elokuu	2170
Syyskuu	2100
Lokakuu	2170
Marraskuu	2100
Joulukuu	2170

$Q_{\text{lkv, netto}}$	25550	kWh
	29,14644	kWh/bm ²

ρ_v	1000	kg/m ³
c_{pv}	4,2	kJ/kgK
$T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}$	50	°C
V_{lkv}	438	m ³

5.1.2

Lämpimän käyttöveden kulutus V_{kv} voidaan laskea kaavan (5.2) avulla henkeä kohti lasketusta ominaiskulutuksesta tai kaavan (5.3) avulla pinta-alaa kohti lasketusta ominaiskulutuksesta. Laskennassa käytetään taulukossa 5.1 esitettyjä ominaiskulutuksia, ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja. Asuinrakennuksissa käytetään ensisijaisesti henkilöperusteisia arvoja, muissa rakennuksissa pinta-alaperusteisia arvoja.

$$V_{kv} = V_{kv, \text{omin, henk}} \cdot n \cdot \Delta t / 1000 \quad (5.2)$$

m³

Tammikuu	37,2
Helmikuu	33,6
Maaliskuu	37,2
Huhtikuu	36
Toukokuu	37,2
Kesäkuu	36
Heinäkuu	37,2
Elokuu	37,2
Syyskuu	36
Lokakuu	37,2
Marraskuu	36
Joulukuu	37,2

V_{kv}	438 m ³
----------	--------------------

$V_{kv, \text{omin, henk}}$	50 dm ³ /henk vrk
n	24 henk
dt	365 vuorokausi

Taulukko 5.1 Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille.

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus henkilöä kohti, $V_{kv, \text{omin, henk}}$ dm ³ /henk vuorokaudessa
Asuinrakennus (huoneistokohtainen mittaus ja laskutus)	50
Asuinrakennus (nmut)	60
Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, $V_{kv, \text{omin}}$ dm ³ /brm ² vuodessa
Asuinrakennus	600
Toimistorakennus	100
Terveystoiminta	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetus	180
Myymälä	65

6.1.2

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ lasketaan kaavalla (6.1).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, varajähäviöt}} \quad (6.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien (radiaattori, lattialämmitys) lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, varajähäviöt}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh

Tammikuu	1627,46	15 %
Helmikuu	1627,46	15 %
Maaliskuu	1084,98	10 %
Huhtikuu	1084,98	10 %
Toukokuu	542,488	5 %
Kesäkuu	0	0 %
Heinäkuu	0	0 %
Elokuu	0	0 %
Syyskuu	542,488	5 %
Lokakuu	1084,98	10 %
Marraskuu	1627,46	15 %
Joulukuu	1627,46	15 %

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	10849,8 kWh
--------------------------------------	-------------

$Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}}$	0 kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}}$	0 kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}}$	7749,82 kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}$	3099,93 kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, varajähäviöt}}$	0 kWh
B _{rm}	774,982 m ²

Taulukko 6.1. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat eri lämmitysjärjestelmille.

Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmän ominaislämpöhäviöt $Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt, omin}}$, kWh/brm ² vuodessa				
	Kehitys- häviöt 2)	Jakelu- häviöt 3)	Luovutus- häviöt 3)	Säätö- häviöt 3)	Varaaja- häviöt 2)
Vesiradiaattorit, menovesi 90/paluuvesi 70 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä	Lasketaan valmistajan ilmoittamasta tai vastaavasta häviötehosta, tai käytetään arvoa 2 kWh/brm ² vuodessa.	10 40	4	2	Kuva 6.1
Vesiradiaattorit, 70/40 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä	Kehitys- häviönä käytetään kuitenkin vähintään arvoa 2 000 kWh vuodessa.	5 20	4	2	Kuva 6.1
Vesiradiaattorit, 45/35 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä		3 10	4	2	Kuva 6.1
Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 °C - alapohjan lämmöneristys 200 mm 1) - alapohjan lämmöneristys 100 mm 1) - välipohja lämmöneristys 50 mm 1) - välipohja ilman lämmöneristystä		5	10 20 15 30	4	Kuva 6.1
Vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys - keskitetty lämmitys		5	1	4	Kuva 6.1
Sähkölämmityspatterit		0	0	4	1 0
Sähköinen lattialämmitys - alapohjan lämmöneristys 200 mm 1) - alapohjan lammoneristys 100 mm 1) - välipohja lämmöneristys 50 mm 1) - välipohja ilman lämmöneristystä		0	0	10 20 15 30	4 0
Sähköinen ilmanvaihtolämmitys - keskitetty tuloilman lämmitys - huonekohtainen tuloilman lämmitys		0 0	5 0	1 1	4 1 0

1) Eristyspaksuus vastaa lämmöneristettä, jonka suunnittelulämmönjohtavuus on enintään 0,045 W/(m K).

2) Kehitys- ja varaajahäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa. Jos käyttövesi lämmitetään samalla lämmönkehityslaitteella, niin käyttöveden lämmönkehityksen häviöitä ei tarvitse ottaa erikseen huomioon.

3) Jakelu-, luovutus ja säätöhäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista jakamalla häviö eri kuukausille seuraavasti: marras-, joul-, tammi- ja helmikuu kukin 15 %, loka-, maaliskuu ja huhtikuu 10 % sekä touko- ja syyskuu 5 % vuotuisesta lämpöhäviöenergiasta. Kesällä tilojen lämmitysjärjestelmässä ei yleensä ole jakelu-, luovutus ja säätöhäviöitä.

6.2.2

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia lasketaan kaavalla (6.2). Lämpöhäviöenergiaan lasketaan mukaan lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, varaajien, kiertojohdon ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergiat.

$$Q_{\text{lkv, häviöt}} = Q_{\text{lkv, kehityshäviöt}} + Q_{\text{lkv, kiertohäviöt}} + Q_{\text{lkv, varaajahäviöt}} \quad (6.2)$$

jossa

$Q_{\text{lkv, häviöt}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lkv, kehityshäviöt}}$	lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lkv, kiertohäviöt}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{lkv, varaajahäviöt}}$	lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöenergia, kWh

Tammikuu	84,9315
Helmikuu	76,7123
Maaliskuu	84,9315
Huhtikuu	82,1918
Toukokuu	84,9315
Kesäkuu	82,1918
Heinäkuu	84,9315
Elokuu	84,9315
Syyskuu	82,1918
Lokakuu	84,9315
Marraskuu	82,1918
Joulukuu	84,9315

$Q_{\text{lkv, häviöt}}$	1000	kWh
--------------------------	------	-----

$Q_{\text{lkv, kehityshäviöt}}$	1000	kWh
$Q_{\text{lkv, kiertohäviöt}}$	0	kWh

6.2.3

Yleensä lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöenergiat $Q_{\text{kv, kehityshäviöt}}$ sisältyvät lämmityskaudella tilojen lämmityksen kehityshäviöihin (kohta 6.1.3) eikä niitä tarvitse erikseen laskea. Jos lämpimällä käyttövedellä on oma lämmönkehityslaitte, vaipan lämpöhäviöenergia lasketaan yleensä valmistajan ilmoittamasta tai muulla tavalla todetusta lämpöhäviötehosta. Ellei tietoa laitteen lämpöhäviöenergian määrästä ole käytettävissä, voidaan käyttää arvoa 1 kWh/brm² vuodessa, kuitenkin vähintään 1 000 kWh. Kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa.

Tammikuu	84,9315
Helmikuu	76,7123
Maaliskuu	84,9315
Huhtikuu	82,1918
Toukokuu	84,9315
Kesäkuu	82,1918
Heinäkuu	84,9315
Elokuu	84,9315
Syyskuu	82,1918
Lokakuu	84,9315
Marraskuu	82,1918
Joulukuu	84,9315

$Q_{\text{kv, kehityshäviöt}}$	1000 kWh
--------------------------------	----------

7.1.1

Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus on valaistussähkön, ilmanvaihtojärjestelmän sähkön ja muun laitesähkön yhteenlaskettu kulutus ilman lämmitykseen ja tilojen jäähdytykseen käytettyä sähköä kaavan (7.1) mukaan.

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muut laitteet}} \quad (7.1)$$

jossa

$W_{\text{laitesähkö}}$	rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{muut laitteet}}$	muiden laitteiden sähköenergiankulutus, kWh

Laskemassa voidaan käyttää taulukossa 7.1 esitettyjä rakennustyyppikohtaisia ominaissähköenergiankulutuksen arvoja, mikäli rakennuksen pinta-alan lisäksi tarkempia tietoja ei ole käytettävissä. Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus lasketaan ominaissähköenergiankulutuksen ja bruttopinta-alan tulona.

Taulukko 7.1. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin.

Rakennustyyppi	Laitteiden sähkönkulutus yhteensä	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	$W_{\text{laitesähkö}}$ kWh/brm ² /vuosi	$W_{\text{valaistus}}$ kWh/brm ² /vuosi	$W_{\text{ilmanvaihto}}$ kWh/brm ² /vuosi	$W_{\text{muut laitteet}}$ kWh/brm ² /vuosi
Asuinkerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Liikerakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Liikuntarakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59

Tammikuu	3291,021
Helmikuu	2972,535
Maaliskuu	3291,021
Huhtikuu	3184,859
Toukokuu	3291,021
Kesäkuu	3184,859
Heinäkuu	3291,021
Elokuu	3291,021
Syyskuu	3184,859
Lokakuu	3291,021
Marraskuu	3184,859
Joulukuu	3291,021

$W_{\text{valaistus}}$	5424,877 kWh
	7 kWh/brm ² /a
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	5424,877 kWh
	7 kWh/brm ² /a
$W_{\text{muut laitteet}}$	27899,37 kWh
	36 kWh/brm ² /a
Brm	774,9825 m ²

$W_{\text{laitesähkö}}$	38749,12 kWh
-------------------------	--------------

8.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

8.1.1

Jos henkilömäärää ja oleskeluaikoja ei tiedetä, käytetään henkilöiden luovuttamana lämpöenergiana taulukon 8.1 arvoja kerrottuna rakennuksen bruttoalalla.

<i>Taulukko 8.1. Henkilöiden luovuttama vuotuinen ominaislämpöenergia</i>	
<i>$Q_{\text{henk, omin}}$ eri rakennustyypeissä.</i>	
Rakennustyyppi	$Q_{\text{henk, omin}}$ kWh/bm ² vuodessa
Asuinkerrostalo	17
Rivitalo	11
Pientalo	8
Toimistorakennus	10
Opetusrakennus	58
Lükerakennus	13
Hotelli	18
Ravintola	38
Lükkuntarakennus	16
Sairaala	70
Muut rakennukset	13

Tammikuu	710,40059
Helmikuu	710,40059
Maaliskuu	710,40059
Huhtikuu	710,40059
Toukokuu	710,40059
Kesäkuu	710,40059
Heinäkuu	710,40059
Elokuu	710,40059
Syyskuu	710,40059
Lokakuu	710,40059
Marraskuu	710,40059
Joulukuu	710,40059

Q_{henk}	8524,807 kWh
-------------------	--------------

$Q_{\text{henk, omin}}$	11 kWh/bm ² /a
B m	774,98247 m ²

8.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

8.2.1

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia lasketaan kaavan (6.1) mukaan. Osa lämpöhäviöenergiasta jää rakennuksen vaipan ulkopuolelle, eikä tule rakennuksen sisälle lämpökuormaksi. Osa lämmöstä siirtyy esimerkiksi roilojen tai vaippaan asennettujen lämmityslaitteiden kautta ulos. Ellei tarkempaa tietoa ole, on lämpökuormaksi tuleva osuus laskelmissa 70 % tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta kaavan (8.3) mukaisesti.

$$Q_{\text{lämmitys, kuorma}} = 0,7 Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} \quad (8.3)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$ tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$ tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

Tammikuu	1139,2242
Helmikuu	1139,2242
Maaliskuu	759,48282
Huhtikuu	759,48282
Toukokuu	379,74141
Kesäkuu	0
Heinäkuu	0
Elokuu	0
Syyskuu	379,74141
Lokakuu	759,48282
Marraskuu	1139,2242
Joulukuu	1139,2242

$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	7594,8282	kWh
-------------------------------	-----------	-----

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	10849,75	kWh
--------------------------------------	----------	-----

8.2.2

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia lasketaan kaavan (6.2) mukaan. Lisäksi lämpimän veden käytön yhteydessä lämpöä vapautuu rakenteisiin ja huoneilmaan ennen veden johtamista viemäriin kautta ulos rakennuksesta. Ellei tarkempaa tietoa ole, on lämpökuormaksi tuleva osuus laskelmissa 50 % käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta ja 30 % käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta lämpöenergiasta kaavan (8.4) mukaisesti.

$$Q_{\text{lkv, kuorma}} = 0,3 Q_{\text{lkv, netto}} + 0,5 Q_{\text{lkv, häviöt}} \quad (8.4)$$

jossa

$Q_{\text{lkv, kuorma}}$ käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh

$Q_{\text{lkv, netto}}$ käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh

$Q_{\text{lkv, häviöt}}$ käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

Tammikuu	693,46575
Helmikuu	626,35616
Maaliskuu	693,46575
Huhtikuu	671,09589
Toukokuu	693,46575
Kesäkuu	671,09589
Heinäkuu	693,46575
Elokuu	693,46575
Syyskuu	671,09589
Lokakuu	693,46575
Marraskuu	671,09589
Joulukuu	693,46575

$Q_{\text{lkv, kuorma}}$	8165	kWh
--------------------------	------	-----

$Q_{\text{lkv, netto}}$	25550	kWh
$Q_{\text{lkv, häviöt}}$	1000	kWh

8.3.1

Jos sähköenergiankulutus on määritetty taulukon 7.1 mukaan eikä tarkempaan laskentaan tarvittavia tietoja ole käytettävissä, voidaan käyttää taulukossa 8.3 esitettyjä arvoja.

Tammikuu	3291,0214
Helmikuu	2972,5355
Maaliskuu	3291,0214
Huhtikuu	3184,8595
Toukokuu	3291,0214
Kesäkuu	3184,8595
Heinäkuu	3291,0214
Elokuu	3291,0214
Syyskuu	3184,8595
Lokakuu	3291,0214
Marraskuu	3184,8595
Joulukuu	3291,0214

Q _{säh}	38749,12 kWh
------------------	--------------

Q _{säh, omin}	32 kWh/bm ²
bruttoala	774,98247 m ²

Taulukko 8.3. Valaistuksesta, ilmanvaihtojärjestelmästä ja muista laitteista lämpökuormaksi tuleva vuotuinen energia Q_{säh, omin} eri rakennustyypeissä

Rakennustyyppi	Q _{säh, omin} kWh/bm ² vuodessa
Asuinkerrostalo	32
Rivitalo	32
Pientalo	32
Toimistorakennus	53
Opetusrakennus	44
Liikerakennus	66
Hotelli	88
Ravintola	79
Liikuntarakennus	128
Sairaala	81
Muut rakennukset	71

8.4 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

8.4.1

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia (Q_{aur}) lasketaan kaavalla (8.6).

Säteilyenergia sisältää sekä ikkunoista rakennuksen sisälle suoraan tulevan että välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä sisälle rakennukseen tulevan energian.

$$Q_{aur} = \sum G_{\text{säteily, vaakapinta}} F_{\text{suunta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g = \sum G_{\text{säteily, pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g \quad (8.6)$$

jossa

Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
$G_{\text{säteily, vaakapinta}}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
$G_{\text{säteily, pystypinta}}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
F_{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
$F_{\text{läpäisy}}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
A_{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m ²
g	valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -

Auringon kokonaissäteilyenergiat ($G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ ja $G_{\text{säteily, pystypinta}}$) ja säteilyenergian muuntokertoimet (F_{suunta}) ilmansuunnittain ja kuukausittain eri säävyöhykkeille esitetään liitteessä 1.

	P	I	E	L
Tammikuu	19,290293	31,82934	302,861	185,9094
Helmikuu	55,863	154,7427	1810,913	946,2608
Maaliskuu	95,717992	244,4989	1436,768	1112,223
Huhtikuu	44,13401	244,1907	1095,272	945,9782
Toukokuu	85,157753	290,043	1022,042	1343,777
Kesäkuu	99,003331	363,5234	993,6649	1415,889
Heinäkuu	97,672168	258,6629	710,5952	951,9531
Elokuu	63,914593	295,3237	1145,574	1193,106
Syyskuu	33,44716	207,8792	1385,357	1065,115
Lokakuu	24,344258	115,1657	1024,12	497,0486
Marraskuu	12,255954	23,93639	219,2421	132,7546
Joulukuu	6,277291	16,21634	678,68	170,3858

	637,0778	2246,012	11825,09	9960,401
Q_{aur}	24668,58	kWh		

$G_{\text{säteily, pystypinta}}$	P	I	E	L
Tammikuu	5,6	6,2	12,4	6,9
Helmikuu	18,9	27,1	60,1	29,9
Maaliskuu	34,8	47,9	75,3	51,6
Huhtikuu	32,4	65,6	90,1	66,7
Toukokuu	57,2	91	110,7	108,9
Kesäkuu	66,5	109,8	117,8	124,1
Heinäkuu	54,3	76,1	81,8	82,8
Elokuu	43,7	81	103,4	86,7
Syyskuu	23,5	50,5	84,5	56,5
Lokakuu	13,6	25,5	49,3	24,1
Marraskuu	4,4	5,3	10,4	5,8
Joulukuu	2,6	3,6	15,1	3,9

F_{suunta}	P	I	E	L
Tammikuu	0,789	0,873	1,746	1,535
Helmikuu	0,677	0,971	2,154	1,803
Maaliskuu	0,63	0,868	1,364	1,228
Huhtikuu	0,312	0,633	0,869	0,808
Toukokuu	0,341	0,542	0,66	0,703
Kesäkuu	0,341	0,563	0,603	0,65
Heinäkuu	0,412	0,578	0,621	0,655
Elokuu	0,335	0,62	0,792	0,784
Syyskuu	0,326	0,7	1,172	1,074
Lokakuu	0,41	0,768	1,485	1,175
Marraskuu	0,638	0,768	1,507	1,304
Joulukuu	0,553	0,766	3,213	2,489

$F_{\text{läpäisy}}$	0,75
----------------------	------

	P	I	E	L	
A_{ikk}	8,82	11,88	28,26	35,46	m ²
	0,1044776	0,140725	0,334755	0,420043	%

g	0,495
-----	-------

8.4.2

Mikäli ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa (g) ei tunneta, se lasketaan kaavalla (8.7). Ellei kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerrointa ($g_{\text{kohtisuora}}$) tunneta, voidaan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin laskea taulukon 8.4 arvoista ikkunalasituksen tyyppin perusteella kaavalla (8.7).

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}} \quad (8.7)$$

jossa

g ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -
 $g_{\text{kohtisuora}}$ ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin.

Taulukko 8.4. Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin $g_{\text{kohtisuora}}$

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo, W/m ² K)	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,70
Eristyslasi + erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi (1,0 - 1,4)	0,55
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite (1,0 - 1,4)	0,50
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiviteettipinnoite (0,7 - 0,9)	0,40
Tehokas auringonsuojalasi	0,20

g	0,495
-----	-------

$g_{\text{kohtisuora}}$	0,55
-------------------------	------

8.4.3

Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin $F_{\text{läpäisy}}$ lasketaan kaavalla (8.8)

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (8.8)$$

jossa

$F_{\text{läpäisy}}$ säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
 $F_{\text{kehä}}$ kehäkerroin, -
 F_{verho} verhokerroin, -
 $F_{\text{varjostus}}$ varjostusten korjauskerroin, -

Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimelle voidaan käyttää arvoa $F_{\text{läpäisy}} = 0,75$, jos varjostuksia ja pysyviä verhoja ei ole.

8.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

8.5.1

Rakennukseen tulee lämpökuormia siellä tapahtuvasta toiminnasta, etenkin valaistuksesta ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringon säteilyenergiasta, jotka voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Lämpökuormaenergia voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. Rakennuksen lämpökuormaenergia ($Q_{\text{lämpökuorma}}$) lasketaan kaavalla (8.11).

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys, kuorma}} + Q_{\text{lkv, kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} \quad (8.11)$$

Lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä ($Q_{\text{sis. lämpö}}$), lasketaan kaavalla (8.12).

$$Q_{\text{sis. lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (8.12)$$

joissa

$Q_{\text{sis. lämpö}}$	rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuormaenergia eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{lkv, kuorma}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh.

Hyödynnettävä energiaosuus on laskettu vastaamaan keskimääräisiä olosuhteita kuukausittain.

8.5.2

Rakennuksen sisäpuolinen lämpökapasiteetti vaikuttaa lämmön varastoitumiseen rakenteisiin. Siten se vaikuttaa sekä lämmitys- että jäähdytysenergian kulutukseen että sisälämpötiloihin. Suhteellinen, rakennuksen koosta riippumaton, lämpökapasiteettia kuvaava suure on rakennuksen aikavakio, joka on lämpökapasiteetin suhde ominaislämpöhäviöön. Rakennusten aikavakioiden suuruusluokka on noin 1 – 7 vuorokautta. Rakennuksen lämpökapasiteetti on vakio, mutta ominaislämpöhäviö riippuu muun muassa ilmanvaihdon ilmavirrasta ja on siten muuttuva.

8.5.3

Lämpökuormien hyödyntämisaste ($\eta_{\text{lämpö}}$) riippuu lämpökuormaenergian ($Q_{\text{lämpökuorma}}$) ja lämpöhäviöenergian ($Q_{\text{lämpöhäviö}}$) suhteesta (γ) sekä rakennuksen aikavakiosta (τ), joka on rakennuksen (tilan) sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin (C_{rak}) suhde ominaislämpöhäviöön (H).

Tammikuu	6374,002
Helmikuu	8416,2957
Maaliskuu	8343,579
Huhtikuu	7655,4135
Toukokuu	7815,6491
Kesäkuu	7438,4361
Heinäkuu	6713,7712
Elokuu	7392,8061
Syyskuu	7637,896
Lokakuu	7115,0488
Marraskuu	6093,7692
Joulukuu	6705,6714

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	87702,338	kWh
--------------------------	-----------	-----

Q_{henk}	8524,8071	kWh
$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	7594,8282	kWh
$Q_{\text{kv, kuorma}}$	8165	kWh
$Q_{\text{säh}}$	38749,123	kWh
Q_{aur}	24668,58	kWh

Tammikuu	6217,7392
Helmikuu	7127,4695
Maaliskuu	6152,5373
Huhtikuu	5286,593
Toukokuu	2835,4997
Kesäkuu	1564,4023
Heinäkuu	1590,0476
Elokuu	1643,0497
Syyskuu	3341,0998
Lokakuu	5049,3616
Marraskuu	5230,4416
Joulukuu	6284,0939

$Q_{\text{sis. Lämpö}}$	52322,335	kWh
-------------------------	-----------	-----

8.5.4

Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ lasketaan perustapauksessa kaavalla (8.13).

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (8.13)$$

Tammikuu	0,9754844
Helmikuu	0,8468654
Maalis kuu	0,7373979
Huhtikuu	0,6905692
Toukokuu	0,3627977
Kesäkuu	0,2103133
Heinäkuu	0,2368338
Elokuu	0,2222498
Syyskuu	0,4374372
Lokakuu	0,7096735
Marras kuu	0,8583262
Joulukuu	0,9371312

$\eta_{\text{lämpö}}$	#REF!
-----------------------	-------

γ	1,5692416
a	#REF!

Kaavoissa (8.13) ja (8.14) a on numeerinen parametri, joka riippuu aikavakiosta τ . Se lasketaan kaavalla (8.15).

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (8.15)$$

Tammikuu	9,8067662
Helmikuu	9,8067662
Maalis kuu	9,8067662
Huhtikuu	9,8067662
Toukokuu	9,8067662
Kesäkuu	9,8067662
Heinäkuu	9,8067662
Elokuu	9,8067662
Syyskuu	9,8067662
Lokakuu	9,8067662
Marras kuu	9,8067662
Joulukuu	9,8067662

8.5.5

Suhdeluku γ lasketaan kaavalla (8.16).

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}} \quad (8.16)$$

jossa

γ lämpökuormaenergian suhde lämpöhäviöenergiaan, -
 $Q_{\text{lämpökuorma}}$ lämpökuormaenergia eli muulla tavalla kuin säätölaitteilla ohjatulla lämmityksellä
 rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
 $Q_{\text{lämpöhäviö}}$ rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh

Tammikuu	0,7994587
Helmi	1,1227082
Maalis	1,3352096
Huhti	1,4351148
Touko	2,7562724
Kesä	4,7548094
Heinä	4,2223687
Elo	4,4994403
Syys	2,2856548
Loka	1,3932756
Marras	1,1005624
Joulu	0,9291016

γ	1,5692416
----------	-----------

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	87702,338	kWh
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	55888,359	kWh

8.5.6

Lämpöhäviöenergia lasketaan kaavalla (8.17).

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatterit}} \quad (8.17)$$

jossa

$Q_{\text{lämpöhäviö}}$ rakennuksen lämpöhäviöenergia (johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon
 yhteenlaskettu lämpöhäviöenergia vähennettynä tarvittaessa tuloilman
 jälkilämmityspatterin energiankulutuksella), kWh
 Q_{joht} rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
 $Q_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
 Q_{iv} ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
 $Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatterit}}$ tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutus, kWh

Tammikuu	7972,8974
Helmikuu	7496,4232
Maalis kuu	6248,8908
Huhtikuu	5334,3564
Toukokuu	2835,5866
Kesäkuu	1564,4026
Heinäkuu	1590,0485
Elokuu	1643,0502
Syyskuu	3341,6665
Lokakuu	5106,7059
Marras kuu	5536,9593
Joulukuu	7217,3713

$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	55888,359	kWh
-------------------------	-----------	-----

Q_{joht}	41069,466	kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	2786,2867	kWh
Q_{iv}	12032,606	kWh
$Q_{\text{lämmitys, tuloilmalatturi}}$		
	0	kWh

8.5.7

Aikavakio τ lasketaan kaavalla (8.18).

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H} \quad (8.18)$$

jossa

τ rakennuksen aikavakio, h

C_{rak} rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K

H rakennuksen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö vähennettynä tarvittaessa tuloilman jälkilämmityksen laskennallisella ominaislämpöhäviöllä), W/K

Tammikuu	132,10149
Helmikuu	132,10149
Maalis kuu	132,10149
Huhtikuu	132,10149
Toukokuu	132,10149
Kesäkuu	132,10149
Heinäkuu	132,10149
Elokuu	132,10149
Syyskuu	132,10149
Lokakuu	132,10149
Marras kuu	132,10149
Joulukuu	132,10149

C_{rak}	70	Wh/K
H	410,6598	W/K
Bruttoala	774,9825	m ²

8.5.8

Rakennuksen ominaislämpöhäviö H lasketaan kaavalla (8.19).

$$H = \frac{Q_{\text{lämpöhäviö}}}{(T_s - T_u) \Delta t} 1000 \quad (8.19)$$

jossa

H	rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi.

8.5.9

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak} voidaan laskea esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan. Rakennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin C_{rak} arvona voidaan käyttää taulukon 8.9 arvoja $C_{\text{rak, omin}}$ kerrottuna bruttopinta-alalla, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä. Jos rakennuksen eri osissa on lämpökapasiteetiltaan erilaisia rakennetyyppejä, voidaan käyttää näiden osien pinta-aloilla painotettua lämpökapasiteetin keskiarvoa.

	W/K
Tammikuu	410,6598
Helmikuu	410,6598
Maalis kuu	410,6598
Huhtikuu	410,6598
Toukokuu	410,6598
Kesäkuu	410,6598
Heinäkuu	410,6598
Elokuu	410,6598
Syyskuu	410,6598
Lokakuu	410,6598
Marras kuu	410,6598
Joulukuu	410,6598

H	410,6598	W/K
-----	----------	-----

$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	55888,359	kWh
-------------------------	-----------	-----

<i>Taulukko 8.9. Tehollisen lämpökapasiteetin $C_{rak\ o\ min}$ arvoja eri rakennustyypeissä kalusteineen.</i>		
Rakennetyyppi	Esimerkkirakenteita (US on ulkoseinä, VS väliseinä, VP välipohja, YP yläpohja ja AP on alapohja)	$C_{rak\ o\ min}$ Wh/(brm ² K)
Pientalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, YP, AP kevyitä rankarakenteita	40
Keskiraskas I	US, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas II	US harkko tai massiivihirsi, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	110
Raskarakenteinen	US betoni tai tiili, VS harkko tai tiili, YP, AP betoni	200
Astuinkerrostalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	40
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Raskarakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	220
Toimistorakennukset		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	110
Raskarakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Muut rakennukset		
Sovelletaan taulukon arvoja tai tehollinen lämpökapasiteetti lasketaan esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan.		

3.3 Lämmitysenergia

3.3.1

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys}}$ on tilojen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian yhteenlaskettu kulutus ja se lasketaan kaavalla (3.7).

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} + Q_{\text{kv}} + Q_{\text{LP}} / \varepsilon_{\text{LP}} \quad (3.7)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh
Q_{kv}	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
Q_{LP}	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
ε_{LP}	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin, -

Tammikuu	6470,924
Helmikuu	4829,487
Maaliskuu	4027,471
Huhtikuu	3805,836
Toukokuu	2999,81
Kesäkuu	2243,555
Heinäkuu	2315,322
Elokuu	2321,36
Syyskuu	2989,108
Lokakuu	3858,323
Marraskuu	4630,163
Joulukuu	5537,323

$Q_{\text{lämmitys}}$	46028,68	kWh
-----------------------	----------	-----

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	19478,68	kWh
Q_{kv}	26550	kWh
Q_{LP}	-	kWh
ε_{LP}	-	

3.3.2

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ lasketaan kaavalla (3.8).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} - Q_{\text{LP, tilat}} \quad (3.8)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$

rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$

rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$

rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{LP, tilat}}$

poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

Tammikuu	4215,992
Helmikuu	2792,775
Maalis kuu	1772,539
Huhtikuu	1623,644
Toukokuu	744,8784
Kesäkuu	61,36349
Heinäkuu	60,39008
Elokuu	66,42861
Syyskuu	806,9163
Lokakuu	1603,391
Marras kuu	2447,971
Joulukuu	3282,391

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	19478,68	kWh
------------------------------	----------	-----

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	8628,926	kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	10849,75	kWh
$Q_{\text{LP, tilat}}$	0	kWh

3.3.3

Rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ lasketaan kaavalla (3.9).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.9)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh
Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

Tammikuu	2588,529
Helmi	1165,312
Maalis	687,5636
Huhti	538,669
Touko	202,3906
Kesä	61,36349
Heinä	60,39008
Elo	66,42861
Syys	264,4286
Loka	518,4157
Marras	820,5077
Joulu	1654,928

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	8628,926 kWh
-------------------------------------	--------------

Q_{joht}	43564,58 kWh
$Q_{\text{vuotoilma}}$	3088,379 kWh
Q_{iv}	14298,3 kWh
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	52322,34 kWh

3.3.4

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$ lasketaan luvussa 6 olevalla kaavalla (6.1). Poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia $Q_{\text{LP, tilat}}$ lasketaan luvussa 4 olevalla kaavalla (4.14). Lämpökuormien lämpöenergia $Q_{\text{sis.lämpö}}$, joka hyödynnetään lämmityksessä, lasketaan luvussa 8 olevalla kaavalla (8.12).

3.3.5

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus Q_{ikv} lasketaan kaavan (3.10) avulla.

$$Q_{\text{ikv}} = Q_{\text{ikv, netto}} + Q_{\text{ikv, häviöt}} - Q_{\text{LP, ikv}} \quad (3.10)$$

jossa

Q_{ikv}	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{\text{ikv, netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
$Q_{\text{ikv, häviöt}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{LP, ikv}}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

Tammikuu	2254,932
Helmikuu	2036,712
Maaliskuu	2254,932
Huhtikuu	2182,192
Toukokuu	2254,932
Kesäkuu	2182,192
Heinäkuu	2254,932
Elokuu	2254,932
Syyskuu	2182,192
Lokakuu	2254,932
Marraskuu	2182,192
Joulukuu	2254,932

Q _{lkv}	26550	kWh
------------------	-------	-----

Q _{lkv, netto}	25550	kWh
Q _{lkv, häviöt}	1000	kWh
Q _{LP, lkv}	0	kWh

3.2 Rakennuksen energiankulutus

3.2.1

Rakennuksen energiankulutus E_{rakennus} on rakennuksen lämmitysenergian, laitesähköenergian ja jäähdytysenergian yhteenlaskettu kulutus kaavan (3.6) mukaan.

$$E_{\text{rakennus}} = Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys, tilat}} \quad (3.6)$$

jossa

E_{rakennus}	rakennuksen energiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh
$W_{\text{laitesähkö}}$	rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$	rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus, kWh (kylmäenergia)

Tammikuu	9761,945
Helmikuu	7802,023
Maalis kuu	7318,492
Huhtikuu	6990,696
Toukokuu	6290,831
Kesäkuu	5428,415
Heinäkuu	5606,343
Elokuu	5612,382
Syyskuu	6173,968
Lokakuu	7149,344
Marras kuu	7815,022
Joulukuu	8828,344

Erakennus	84777,8 kWh
-----------	-------------

$Q_{\text{lämmitys}}$	46028,68 kWh
$W_{\text{laitesähkö}}$	38749,12 kWh
$Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$	0 kWh

ET luku	109,3932 kWh/bm ²
---------	------------------------------

3.1 Ostoenergiat

3.1.1

Rakennuksen ostettavan **lämmitysenergian** kulutus $Q_{\text{lämmitys, osto}}$ lasketaan kaavalla (3.1).

$$Q_{\text{lämmitys, osto}} = Q_{\text{lämmitys}} / \eta_{\text{lämmitys}} \quad (3.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, osto}}$	rakennuksen ostettavan lämmitysenergian kulutus, kWh ($Q_{\text{lämmitys, osto}} = W_{\text{lämmitys, sähkö, osto}}$ rakennuksen ostettavan lämmityssähköenergian kulutus, jos lämmitysenergia tuotetaan sähköllä)
$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh (lämmöntuottolaitteen rakennukseen tuottaman lämpöenergian määrä sisältäen lämmöntuottolaitteiden lämpöhäviöenergiat sisälle rakennukseen ja lämmitysverkostoon menevän lämmön)
$\eta_{\text{lämmitys}}$	lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde, -

$Q_{\text{lämmitys, osto}}$	46028,68	kWh
-----------------------------	----------	-----

$Q_{\text{lämmitys}}$	46028,68	kWh
$\eta_{\text{lämmitys}}$	1	

LIITE 9. KUSTANNUSLASKENTA RIVITALOKOHTEELE

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

2000 luok.	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali- kustannus		Työ- kustannus €/yks	Työ- kustannus €	€/yks	tth/yks	tth
				€/yks	kustannus €					
111	Maaosat				15 872		8 069	64 001		332
111	Raivaustehtävät	1 erä						1 100		8
111	Kaivannot, kaivukone, mittaus, aputyöt	1 erä						38 960		195
111	Täyttö ja tiivistys									
111	Sepelitäyttö ja tiivistys (työntekijä + käytettävä kalusto)	920 m ²		17,25	15 872	8,77	8 069	26,02	23 941	0,14
112	Tuennat ja vahvistukset				7 462		1 702	9 164		64
112	Piha-alueen routasuojaus									
112	Routasuojaus 50 mm (+suodatinkangas)	920 m ²		8,11	7 462	1,85	1 702	9,96	9 164	0,07
113	Päällysteet				17 110		3 710	20 820		218
113	Päällysteet, pintarakenteet									
113	Asfaltointi koneellisesti	920 m ²		12,00	11 041	1,16	1 067	13,16	12 109	0,05
113	Laatoitus, betonilaatta	66 m ²		19,40	1 280	6,95	459	26,35	1 739	0,28
113	Viherrakenteet									
113	Nurmetus (+ multa, 0,20 m ² /m ² & kylvö, 0,03 kg/m ²)	1 086 m ²		2,80	3 042	1,43	1 554	4,23	4 595	0,06
113	Puun istutus	31 kpl		25,00	775	14,95	463	39,95	1 238	0,60
113	Pensaan istutus	117 kpl		8,30	971	1,43	167	9,73	1 138	0,60
114	Alueen varusteet				13 029		5 228	18 257		54
114	Keinu	1 kpl		1 004	1 004	298	298	1 302	1 302	10,00
114	Hiekkalaatikko	1 erä		385	385	188	188	573	573	8,05
114	Kiipeilyteline	1 kpl		1 004	1 004	479	479	1 483	1 483	16,10
114	Kuivausteline	1 kpl		414	414	205	205	619	619	6,90
114	Tomutusteline	1 kpl		394	394	205	205	599	599	6,90
114	Lipputanko	1 kpl		319	319	171	171	490	490	5,75
114	Talovarusteet, postilaatikot, jätekatos	1 erä		319	319	171	171	490	490	16,00
114	Autokatos	1 erä		9 190	9 190	3 510	3 510	12 700	12 700	16,00
1232	Kantavat seinät, väliseinät				13 636		14 793	28 429		532
1232	Puu-, tiili- ja teräsrunkoiset väliseinät									
1232	Huoneistojen välinen kaksinkertainen puurunkoinen	289 m ²		38,88	11 241	44,18	12 773	83,06	24 015	1,59
1232	kipsilevyseinä									460
1232	Betoniväliseinät									
1232	Paikallavalettu teräsbetoniseinä 180mm	48 m ²		49,71	2 395	41,91	2 020	91,62	4 415	1,51

YHTEISET TEHTÄVÄT MATALAENERGIA/NORMIRAKENTAMINEN

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Talo 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali- kustannus €/yks	Materiaali- kustannus €	Työ- kustannus €/yks	Työ- kustannus €	€/yks	ttth/yks	ttth
125	Ulkotasot, parvekkeet ja terassit				1 447		2 465	3 912		83
125	Parvekekaide, puu	48	jm	30,14	1 447	51,36	2 465	81,50	1,73	83
1262	Räystäsrakenteet				3 077		4 357	7 433		145
1262	Umpiräystä, NR-ristikko, lape	160	jm	11,21	1 791	14,72	2 351	25,93	0,49	78
1262	Umpiräystä, NR-ristikko, pääty	136	jm	9,44	1 286	14,72	2 005	24,16	0,49	67
1264	Vesikattovarusteet (materiaalikustannukset)							13 287		64
1264	Sadevesivarusteet									
1264	Vesikourut	152	jm	6,75				1 028		16
1264	Kulmakappaleet		kpl	27,15				0		0
1264	Alastulopaketti, 1-2 kerroksinen talo	20	kpl	60,00				1 200		8
1264	Kattovarusteet									
1264	Talotikkaat (maalattu)	9	jm	52,33				471		8
1264	Lapetikas (maalattu)		jm	32,17				0		0
1264	Kattosilta (maalattu)	76	jm	65,67				5 002		16
1264	Lumieste (maalattu)	152	jm	36,67				5 586		16
1311	Väliseinät				24 895		30 684	55 579		1 093
1311	Teräsrunkoiset väliseinät									
1311	Maalaus 2 kertaa, kuiva tila	1 872	m ²	2,00	3 745	2,57	4 812	4,57	0,10	187
1311	Tasoite 1,5 kertaa ja saumaus, kipsilevy	1 656	m ²	0,89	1 474	1,81	2 998	2,70	0,07	116
1311	Tasoite 2,5 kertaa, harkkopinta, kuiva tila	217	m ²	1,40	303	2,67	579	4,07	0,10	22
1311	Kipsilevy 13 mm, teräsranka 70 mm k 600, kipsilevy 13 m	484	m ²	12,26	5 936	15,48	7 495	27,74	0,54	261
1311	Kipsilevy 13 mm, teräsranka 70 mm k 600, mineraalivilla,									
1311	kipsilevy 13 mm	66	m ²	16,87	1 111	17,22	1 134	34,09	0,61	40
1311	Tasoite kerran, märkätila, harkkopinta	236	m ²	0,61	144	1,81	427	2,42	0,07	17
1311	Kalkkihiekkaponttiharkko 85 mm	274	m ²	43,94	12 043	47,23	12 944	91,17	1,60	439
1311	Maalaus kerran saunasuojalla, paneelipinta	191	m ²	0,73	140	1,54	295	2,27	0,06	11
1315	Väliovet				7 848		1 539	9 387		53
1315	Peiliovi, muotopuristettu	42	kpl	112,79	4 737	29,04	1 220	141,83	1,00	42
1315	Saunan lasiovi	11	kpl	282,79	3 111	29,04	319	311,83	1,00	11

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Talo 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Työ-	Materiaali-	Työ-	Työ-	€	tth/yks	tth
				kustannus €/yks							
132	Tilapinnat, sisätilojen pintarakenteet			44 434		32 550		76 984		1 000	
132	Vedeneristykset										
132	Lattian vedeneristys	113 m ²		18,75	2 110	13,87	1 561	32,62	3 671	0,46	52
132	Seinien vedeneristys	276 m ²		18,08	4 993	11,16	3 082	29,24	8 075	0,37	102
132	Lattialaatoitus	113 m ²		38,73	4 358	36,21	4 075	74,94	8 433	0,37	42
132	Seinien laatoitukset										
132	Seinälaatta, 147 x 147 mm, märkätila	276 m ²		27,51	7 597	19,88	5 490	47,39	13 087	0,66	182
132	Seinälaatta, 300 x 300 mm, kuiva tila	58 m ²		25,53	1 473	29,27	1 688	54,80	3 161	0,97	56
132	Seinälaatta, mosaiikkilaatta, kuiva tila	29 m ²		61,77	1 806	29	856	91,04	2 661	0,97	28
132	Parketit- ja muut puupinnat										
132	Laminaatti 9 mm	618 m ²		27,88	17 221	5	3 057	32,83	20 278	0,17	105
132	Sisäkatot										
132	Kipsilevyalakatto, puurunko	164 m ²		5,65	927	25	4 059	30,40	4 986	0,85	139
132	Saunan alakatto, kuusi	112 m ²		12,29	1 371	36	3 986	48,03	5 356	1,23	137
132	Listoitukset										
132	Jaikalista 12x42mm, naulakiinnitys	681 jm		1,04	709	2	1 213	2,82	1 921	0,06	41
132	Kattolista 12x42mm, pyökki	681 jm		1,65	1 124	3	1 867	4,39	2 991	0,09	61
132	Ikkuna- ja ovilista 12x42mm, naulakiinnitys	679 jm		1,10	747	2	1 616	3,48	2 363	0,08	54
133	Tilalusteet ja -varusteet (kph, k, mh)			60 800		5 826		76 876		260	
133	Kalusteet, pien- ja rivitaloasunto, normaali	10 erä		6 080,00	60 800	583	5 826	6 663	66 626	20,00	200
133	Pesuallas, upotettava	24		100,00							
133	Vesihanat										
133	Pesuallashana normaali	11		100,00					1 100	1,00	11
133	Pesuallashana kääntyvällä juoksuputkella ja bide-suihkulla	13		150,00					1 950	1,00	13
133	WC-istuin	13		250,00					3 250	1,00	13
133	Pelikaappi	13		150,00					1 950	1,00	13
133	Suihkuseinä	10		200,00					2 000	1,00	10
25	Laiteosat			8 000		1 043		9 043		40	
25	VSS-laitteet	1 erä		8 000,00	8 000	1 043	1 043	9 043	9 043	40,00	40

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Talo 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali- kustannus €/yks	Materiaali- kustannus €	Työ- kustannus €/yks	Työ- kustannus €	€/yks	€	tth/yks	tth
	3 Hanke tehtävät	824	brm²					120	98 928		
	4 Kiinteistötehtävät								150 546		
	Maa-alue	800	Rakennusoikeusneliötä					150	120 000		
	Lupa- ja liittymismaksut	1	erä					1 850	1 850		
	Rahoitus ja markkinointi	0							28 696		

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Tilaus nro 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Työ-	Työ-	Työ-	€	ttth/yks	ttth
				kustannus €/yks						
121 Perustukset				30 633		17 971		48 604		651
121	Perustusten runkorakenteet									
121	perustus (kallein + hukka %)	219	j/m	102,14	22 387	72,77	15 950	174,91	38 337	2,58
121	Perustusten routasuojaukset ja täytöt									
121	Routasuojaus salaaja, sepelitäyttö	219	j/m	37,62	8 245	9,22	2 022	46,84	10 267	0,39
122 Alapohjat				56 468		12 086		68 554		389
122	Tuulettut ontelolaatta-alapohjat									
	Tuulettu ontelolaatta-alapohja, yläpuolinen									
122	lämmöneriste, 80mm pintabetoni	730	m ²	13,39	9 777	5,57	4 067	18,96	13 845	0,21
122	Pintabetonilaatta 80 mm, raudoitus	730	m ²	14,35	10 478	2,32	1 694	16,67	12 172	0,09
122	Lämmöneriste Platina (175 mm)	730	m ²	38,46	28 084	3,61	2 636	42,07	30 720	0,09
122	Ontelolaatta 200 mm, alapohja									
	Maanvarainen teräsbetonilaatta, alapuolinen lämmöneriste									
122	100 mm	132	m ²	42,35	5 610	13,13	1 739	55,48	7 349	0,51
122	Alapohjien routasuojaukset ja täytöt									
122	Laatan alapuolinen sepelitäyttö, suodatinkangas	730	m ²	3,45	2 519	2,67	1 950	6,12	4 469	0,05
1232 Kantavat seinät, ulkoseinät				61 048		51 608		112 656		1 753
1232	Puurunkoiset lautaverhotut ulkoseinät									
	Puurakenteinen ulkoseinä 173 mm, vaakapaneeliverhous,									
1232	U-arvo 0,21 w/m ² /K	340	m ²	3,11	1 056	4,17	1 416	7,28	2 472	0,16
1232	Maalaus 2 kertaa öljymaalilla									
	Tuulensuojalevy 25 mm, naulavälike, puurunko 173 mm,									
1232	mineraalivilla 175 mm, koolaus 50 mm	799	m ²	1,03	600	3,00	1 748	4,03	2 348	0,64
1232	Höyrynsulkumuovi	583	m ²	6,17	4 929	12,14	9 701	18,31	14 630	
1232	Runko 148x48 kk600 t-24	799	m ²	10,31	8 242			10,31	8 242	
1232	Mineraalivilla	799	m ²	0,10	80			0,10	80	
1232	Naulat	799	m ²	8,95	7 152	3,01	2 405	11,96	9 558	
1232	Huokoinen tuulensuojalevy 45 mm	799	m ²	0,80	639			0,80	639	
1232	Tuulensuojalevyn saumausteippi	799	m ²	1,40	1 119			1,40	1 119	
1232	Kiinnitysvälkkeet	799	m ²	0,10	80			0,10	80	
1232	Naulat									

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Tiliv. nro 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Työ-	Työ-	Työ-	€	ttth/yks	ttth
				kustannus €/yks						
1232 Kantavat seinät, ulkoseinät										
1232	Koolaus 50x50 kk600	583 m ²		7,38	4 297	5,69	3 315	13,07	7 612	
1232	Mineraalivilla	583 m ²		3,71	2 161	0,87	507	4,58	2 668	
1232	Naulat	583 m ²		0,10	58			0,10	58	
1232	Seinälevytys, kipsilevy 13 mm, 1-kertainen levytys	583 m ²		3,85	2 243	5,06	2 948	8,91	5 191	0,18
1232	Tasoite 1,5 kertaa ja saumaus, kipsilevy	583 m ²		0,89	519	1,81	1 055	2,70	1 573	0,07
1232	Maalaus 2 kertaa, levypinta, kuiva tila	583 m ²		2,00	1 165	2,57	1 497	4,57	2 662	0,10
1232	Puurakenteinen kylmän tilan ulkoseinä, 173 mm, vaakapaneeliverho	230 m ²		25,26	5 815	32,51	7 484	57,77	13 299	1,17
1232	Puurakenteinen teknisen tilan ulkoseinä, 173 mm, vaakapaneeliverho	12 m ²		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,64
1232	Puurunkoiset tiiliverhot ulkoseinät									8
1232	Julkisivuverho	340 m ²		12,26	4 164	13,96	4 741	26,22	8 905	0,48
1232	Ulkoverhoauslaitoitus, vaakaponttilaudoitus 28 mm	459 m ²		29,24	13 436	27,12	12 462	56,36	25 897	1,00
1232	Tiili MKH 85, puhtaaksi muuraus									459
1232	Betonirakenteiset ulkoseinät									84
1232	Paikallavalttu teräsbetoniulkoseinä (180mm), tiiliverho	36 m ²		92,29	3 293	65,28	2 329	157,57	5 622	2,35
1236 Yläpohjat				111 583	54 509	166 092	1 165			
1236	Puurunkoiset yläpohjat									
1236	Puurakenteinen yläpohja, betonitiilikate	824 m ²		65,19	53 740	32,49	26 783	97,68	80 523	0,27
1236	Kate, betonitiili, lauta K 400 ja aluskate									223
1236	Yläpohja									
	Kattotuoli, tuulenohjauslevy 13 mm, höyrynsulku	797 m ²		28,24	22 501	8,16	6 503	36,40	29 004	0,22
	Lämmöneriste 450 mm, mineraalivilla puhallettuna	797 m ²		18,77	14 962	7,44	5 930	26,22	20 891	0,29
	Kattoverhouksen kannatuspuut, rima 45 x 45 k400	797 m ²		2,23	1 777	2,98	2 375	5,21	4 152	0,10
1236	Huoneistojen katto									80
1236	Kipsilevy 13 mm, 1-kertainen levytys	702 m ²		5,75	4 034	7,76	5 444	13,51	9 478	0,28
1236	Huoneistojen saunojen katto									196
1236	Sisäverhoauslauta 14 mm, kattopaneeli	113 m ²		14,12	1 589	21,54	2 424	35,66	4 013	0,74
1236	Koolaus 50 mm	113 m ²								83
1236	Puurakenteinen vino kylmä yläpohja, betonitiilikate	250 m ²		35,83	8 946	14,84	3 705	50,67	12 651	0,52
1236	Ontelolaattayläpohjat									130
1236	Ontelolaattayläpohja 150 mm, betonitiilikate	50 m ²		81,37	4 034	27,13	1 345	108,50	5 379	0,95

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Talo 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Materiaali-	Työ-	Työ-	€	tth/yks	tth
				kustannus €/yks	kustannus €					
	1242 Ikkunat			18 648	2 253	20 901				77
1242	MSE/AL puualumiini-ikkunat (U-arvo 1- 1,4 W/m²K)	10 kpl		190,51	1 905	26,80	268	217,31	2 173	0,92
1242	6 x 6 M	3 kpl		210,01	630	26,80	80	236,81	710	0,92
1242	6 x 9 M	16 kpl		284,55	4 553	26,80	429	311,35	4 982	0,92
1242	12 x 12 M	39 kpl		296,40	11 560	37,85	1 476	334,25	13 036	1,30
	1243 Ulko-Ovet			15 253	1 269	16 523				44
1243	Ulko-Ovi, maalattu, 1 lasiaukko	10 kpl		543,98	5 440	40,95	410	584,93	5 849	1,41
1243	Ulko-Ovi, maalattu, 2 lasiaukkoa	10 kpl		613,98	6 140	40,95	410	654,93	6 549	1,41
1243	Ulko-Ovi, maalattu	11 kpl		333,98	3 674	40,95	450	374,93	4 124	1,41

NORMIRAKENTAMISEEN LIITTYVÄT TEHTÄVÄT

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

2000 Luokka	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Materiaali-	Työ-	Työ-	€	tth/yks	tth
				kustannus €/yks	kustannus €					
121	Perustukset			34 422		18 291		52 713		651
121	Perustusten runkorakenteet									
121	perustus (kallein + hukka %)	219	jim	113,49	24 875	72,77	15 950	186,26	40 824	2,58
121	Perustusten routasuojaukset ja täytöt									
121	Routasuojaus salaoja, sepelitäyttö	219	jim	43,56	9 547	10,68	2 341	54,24	11 888	0,39
122	Alapohjat			57 965		12 086		70 051		389
122	Tuulettut ontelolaatta-alapohjat									
122	Tuulettu ontelolaatta-alapohja, yläpuolinen									
122	lämmöneriste, 80mm pintabetoni	730	m ²	13,39	9 777	5,57	4 067	18,96	13 845	0,21
122	Pintabetonilaatta 80 mm, raudoitus	730	m ²	16,40	11 975	2,32	1 694	2,32	1 694	0,09
122	Lämmöneriste (300 mm, Thermisol Platina)	730	m ²	38,46	28 084	3,61	2 636	42,07	30 720	0,09
	Työkustannukset									
122	Materiaalikulustannukset									
122	Ontelolaatta 200 mm, alapohja	132	m ²	42,35	5 610	13,13	1 739	55,48	7 349	0,51
122	Maanvarainen teräsbetonilaatta, alapuolinen lämmöneriste									
122	100 mm	730	m ²	3,45	2 519	2,67	1 950	6,12	4 469	0,05
122	Alapohjien routasuojaukset ja täytöt									
122	Laatan alapuolinen sepelitäyttö, suodatinkangas									
1232	Kantavat seinät, ulkoseinät			63 423		52 967		116 389		2 050
1232	Puurunkoiset lautaverhotut ulkoseinät									
1232	Puurakenteinen ulkoseinä 173 mm, vaakapaneeliverhous,									
1232	U-arvo 0,12 w/m ² /K	340	m ²	3,11	1 056	4,17	1 416	7,28	2 472	0,48
1232	Maalaus 2 kertaa öljymaalilla, höylyttö pinta									
1232	Puurunko + Eriste + Tuulensuoja + Höyrynsulku +									
1232	koolaus	799	m ²							
1232	Höyrynsulkumuovi	583	m ²	1,03	600	3,00	1 748	4,03	2 348	0,87
1232	Saumojen kittaus	583	m ²	0,10	58			0,10	58	
1232	Runko 198x48 kk600 t-24	799	m ²	6,18	4 941	12,14	9 701	18,32	14 642	
1232	Mineraalivilla	799	m ²	11,92	9 523			11,92	9 523	
1232	Naulat	799	m ²	0,10	80			0,10	80	
1232	Tuulensuojalevy 60 mm	799	m ²	9,70	7 752	4,31	3 444	14,01	11 196	
1232	Tuulensuojalevyn saumausteippi	799	m ²	0,80	639			0,80	639	
1232	Kiinnitysvälkkeet	799	m ²	1,40	1 119			1,40	1 119	

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

2000 0 1	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Materiaali-	Työ-	Työ-	€ / yks	tth / yks	tth
				kustannus €/yks	kustannus €					
1232 Kantavat seinät, ulkoseinät										
1232	Naulat	799 m ²		0,20	160			0,20	160	
1232	Koolaus 50x50 kk600	583 m ²		7,38	4 297	5,69	3 315	13,07	7 612	
1232	Mineraalivilla	583 m ²		3,71	2 161	0,87	507	4,58	2 668	
1232	Naulat	583 m ²		0,10	58			0,10	58	
1232	Seinälevytys, kipsilevy 13 mm, 1-kertainen levytys	583 m ²		3,85	2 243	5,06	2 948	8,91	5 191	0,18
1232	Tasoite 1,5 kertaa ja saumaus, kipsilevy	583 m ²		0,89	519	1,81	1 055	2,70	1 573	0,07
1232	Maalaus 2 kertaa, levypinta, kuiva tila	583 m ²		2,00	1 165	2,57	1 497	4,57	2 662	0,10
1232	Puurakenteinen kylmän tilan ulkoseinä, 173 mm, vaakapaneeliverho	230 m ²		25,26	5 815	32,51	7 484	57,77	13 299	1,17
1232	Puurakenteinen teknisen tilan ulkoseinä, 173 mm, vaakapaneeliverho, tuulensuojalevy, 150 mineraalivilla Julkisivuverhokset	12 m ²		29,24	345	27,12	320	56,36	664	1,00
1232	Ulkoverhoauslaudoitus, vaakaponttillaudoitus 28 mm	340 m ²		12,26	4 164	13,96	4 741	26,22	8 905	0,48
1232	Tiili MKH 85, puhtaaksi muuraus	459 m ²		29,24	13 436	27,12	12 462	56,36	25 897	1,00
1232	Betonirakenteiset ulkoseinät									
1232	Paikallavalettu teräsbetoniulkoseinä (180mm), tiiliverho	36 m ²		92,29	3 293	65,28	2 329	157,57	5 622	2,35
1236 Yläpohjat					111 068		56 486		167 553	1 242
1236	Puurunkoiset yläpohjat									
1236	Puurakenteinen yläpohja, betonitiilikate	824 m ²		65,19	53 740	32,49	26 783	97,68	80 523	0,27
1236	Kate, betonitiili, lauta K 400 ja aluskate									
1236	Yläpohja									
	Kattotuoli, tuulenojauslevy 13 mm, rakennuspaperi	797 m ²		25,88	20 626	8,16	6 503	34,04	27 129	0,22
	Lämmöneriste 600 mm, mineraalivilla puhallettuna	797 m ²		20,48	16 322	9,92	7 906	30,40	24 228	0,39
	Kattoverhouksen kannatuspuut, rima 45 x 45 k400	797 m ²		2,23	1 777	2,98	2 375	5,21	4 152	0,10
1236	Huoneistojen katto									
1236	Kipsilevy 13 mm, 1-kertainen levytys	702 m ²		5,75	4 034	7,76	5 444	13,51	9 478	0,28
1236	Huoneistojen saunojen katto									
1236	Sisäverhoauslauta 14 mm, kattopaneeli	113 m ²		14,12	1 589	21,54	2 424	35,66	4 013	0,74
1236	Koolaus 50 mm	113 m ²								
1236	Puurakenteinen vino kylmä yläpohja, betonitiilikate	250 m ²		35,83	8 946	14,84	3 705	50,67	12 651	0,52

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Talo 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali- kustannus €/yks	Materiaali- kustannus €	Työ- kustannus €/yks	Työ- kustannus €	€/yks	€	tth/yks	tth
	1236 Yläpohjat										
	1236 Ontelolaattayläpohjat										
	1236 Ontelolaattayläpohja 150 mm, betonitiilikate	50 m ²		81,37	4 034	27,13	1 345	108,50	5 379	0,95	47
	1242 Ikkunat				28 186		2 253		30 439		77
	1242 MSE/AL puualumiini-ikkunat (U-arvo 1- 1,4 W/m ² K)										
	1242 6 x 6 M	10 kpl		285,77	2 858	26,80	268	312,57	3 126	0,92	9
	1242 6 x 9 M	3 kpl		386,46	1 159	26,80	80	413,26	1 240	0,92	3
	1242 12 x 12 M	16 kpl		426,83	6 829	26,80	429	453,63	7 258	0,92	15
	1242 9 x 16 M	39 kpl		444,60	17 339	37,85	1 476	482,45	18 816	1,30	51
	1243 Ulko-Ovet				16 779		1 269		18 048		44
	1243 Ulko-Ovi, maalattu, 1 lasiaukko	10 kpl		598,38	5 984	40,95	410	639,33	6 393	1,41	14
	1243 Ulko-Ovi, maalattu, 2 lasiaukkoa	10 kpl		675,38	6 754	40,95	410	716,33	7 163	1,41	14
	1243 Ulko-Ovi, maalattu	11 kpl		367,38	4 041	40,95	450	408,33	4 492	1,41	16

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

Tiliv. 2000	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali-	Materiaali-	Työ-	Työ-	€yks	€	tth/yks	tth
				kustannus €/yks							
2	Tekniikkaosat				43 104		17 282		60 387		785
21	Putkiosat										
21	Lämpö-, vesi- ja viemäröintiosat (LVV)	1	erä	4 151,35	4 151	938,55	939	5 090	5 090	35,00	35
21	Ulko puoliset KVV-johdot ja kaivot, rivitalo										
21	Lämmitysjärjestelmät	824	brm ²	9,55	7 873	1,56	1 286	11,11	9 159	0,06	49
21	Kaukolämpö, rivitalo										
21	Lämmönjakelu	824	brm ²	16,00	13 190	1,31	1 076	17,31	14 266	0,20	165
21	Vesikiertoinen lattialämmitys, pien- ja rivitalo										
21	KVV-Johdot	824	brm ²	9,50	7 832	14,09	11 616	23,59	19 448	0,54	445
21	KVV-Johdot rivitalo										
21	Vesi- ja viemäri kalusteet	824	brm ²	12,20	10 058	2,87	2 366	15,07	12 424	0,11	91
21	Rivitalo										
22	Ilmanvaihto-osat				26 954		7 705		34 659		248
22	IV-kanavat ja kanavaosat	824	brm ²	21,05	17 354	7,83	6 455	28,88	23 809	0,30	247
22	IV-kanavat ja kanavaosat, pien- ja rivitalo										
22	Koneasennukset	7	kpl	800,00	5 600	125,00	875	925,00	6 475	0,11	1
22	~50-70 m ² , Vallox 50 %	2	kpl	1 200,00	2 400	125,00	250	1 325	2 650	0,11	0
22	~70-90 m ² , Vallox 50 %	1	kpl	1 600,00	1 600	125,00	125	1 725	1 725	0,11	0
22	~90+ m ² , Vallox 50 %										
23	Sähköosat				40 165		12 473		52 638		478
23	Aluesähköistys	824	brm ²	8,87	7 312	1,83	1 509	10,70	8 821	0,07	58
23	Rivitalo										
23	Sähköistys	824	brm ²	26,00	21 434	11,73	9 670	37,73	31 105	0,45	371
23	Rivitalo										
23	Valaistus	824	brm ²	13,85	11 418	1,57	1 294	15,42	12 712	0,06	49
23	Rivitalo										

AS OY PELTOKUJA 4
KUSTANNUSLASKELMA

2000 luokitus	Nimike	Määrä	Yks	Materiaali- kustannus €/yks	Materiaali- kustannus €	Työ- kustannus €/yks	Työ- kustannus €	€/yks	€	tth/yks	tth
2 Tekniikkaosat											
21 Putkiosat											
21	Lämpö-, vesi- ja viemäröintiosat (LVV)				40 470		20 196		60 667		571
21	Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot, rivitalo	1	erä	4 151	4 151	939	939	5 090	5 090	35,00	35
21	KVV-Johdot	824	brm ²	9,50	7 832	14,09	11 616	23,59	19 448	0,54	445
21	Vesi- ja viemärökalusteet	824	brm ²	12,20	10 058	2,87	2 366	15,07	12 424	0,11	91
21	Rivitalo										
21	Lämmitysjärjestelmät										
21	Sähkö lattialämmitys, pien- ja rivitalo	206	brm ²	16,00	3 298	5,22	1 076	21,22	4 373	0,20	41
21	Maalämpöpöräkaivo + liittokset	2	kpl	4 000	8 000	2 000	4 000	6 000	12 000	0,11	0
	Lämmönvesivaraaja										
	~50-70 m ²	7	kpl	695	4 865	20,00	140	715	5 005	0,11	1
	~70-90 m ²	2	kpl	709	1 418	20,00	40	729	1 458	0,11	0
	~90+ m ²	1	kpl	849	849	20,00	20	869	869	0,11	0
22 Ilmanvaihto-osat											
22	IV-kanavat ja kanavaosat				37 354		7 705		45 059		248
22	IV-kanavat ja kanavaosat, pien- ja rivitalo	824	brm ²	21,05	17 354	7,83	6 455	28,88	23 809	0,30	247
22	Koneasennukset										
22	~50-70 m ² , Vallox 80 %	7	kpl	1 900	13 300	125,00	875	2 025	14 175	0,11	1
22	~70-90 m ² , Vallox 80 %	2	kpl	2 150	4 300	125,00	250	2 275	4 550	0,11	0
22	~90+ m ² , Vallox 80 %	1	kpl	2 400	2 400	125,00	125	2 525	2 525	0,11	0
23 Sähköosat											
23	Aluesähköistys				40 165		12 473		52 638		478
23	Rivitalo	824	brm ²	8,87	7 312	1,83	1 509	10,70	8 821	0,07	58
23	Sähköistys										
23	Rivitalo	824	brm ²	26,00	21 434	11,73	9 670	37,73	31 105	0,45	371
23	Valaistus										
23	Rivitalo	824	brm ²	13,85	11 418	1,57	1 294	15,42	12 712	0,06	49

LIITE 10. KUNNOSSAPITOTOIMENPITEET

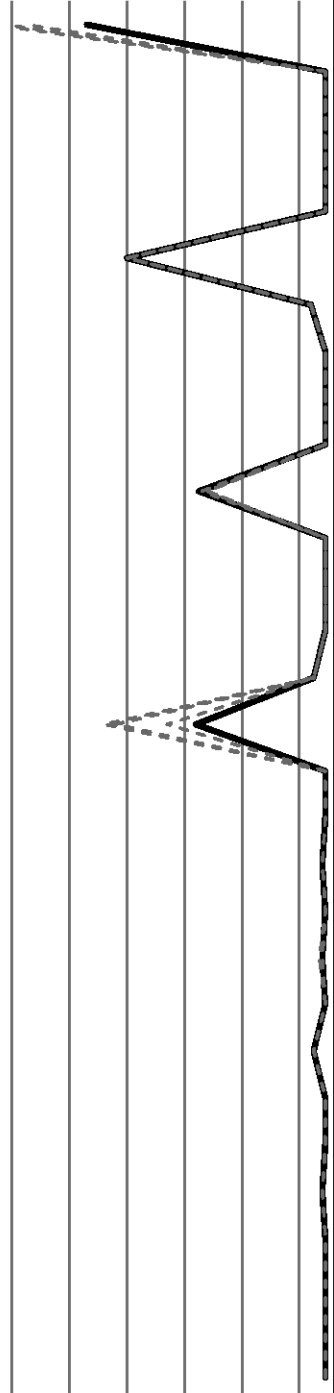
Yhteiset toimenpiteet							
		Tarkastus-väli	Tarkastus-kertoja 30a	Uusimis-väli	Uusimis-hinta	Huolto-väli	Huoltotoimenpide
1131	salaojajärjestelmä	2	15	40		5	
115	Asfalttialueet	30	1	25	12000	5	
	Betoniset pihakiveykset	30	1	40		7	vauriokorjaukset
1161	Talovarusteet (lipputangot yms)	30	1	15	2000	10	maalaukset
1163	Leikkivarusteet	1	30	15	3000		
1173	Puurakenteiset aidat	30	1	40		8	maalaukset
1174	alueen portaat ja luiskat	3,5	8	50		30	
122	alapohja, ryömintätillallinen alapohja (ontelolaatta)	5	6	R		20	sokkelin pinnoitteen uusiminen
1236	Yläpohja	2	15	R			
1241	Lautaverhous	5	6	50		8	homeenpoisto+maalaukset
1241	tiiliverhous	5	6	R		25	saumauksen uusiminen
1242	puu-alumiini-ikkuna	5	6	60		12	tiivistäminen+maalaukset
1243	ulko-ovet	30	1	40		8	huoltomaalaus ja sovitukset
1263	Vesikattotiili	30	1	45		5	rikkinäisten tiilien vaihto
1264	Räystäskourut ja syöksytorvet	1	30	30	800	1	lehtien tyhjennys
1264	Kulkusillat, lapetikkaat.lumiesteet	5	6	50			
1325	Väliovet	30	1	30	10000	10	huoltomaalaus ja sovitukset
1332	Laminaatti kuivissa tiloissa	30	1	15	2000		
1332	Laattalattia märkätiloissa	3	10	30	8000		
1334	Sisäkattopinnot kuivissa tiloissa	30	1	30	18000		
1334	Sisäkattopinnot märkätiloissa	30	1	20	500		
1336	Seinäpinnot kuivissa sisätiloissa maalaus tai tapetti	30	1	20			
1336	Märkätilojen seinäpinnot keraamiset laatat	3	10	15	16000		tekninen ikä päättyy vedeneristeellä
1341	Kiintokalusteet kuivat tilat	30	1	25			
1341	Kiintokalusteet märkätilat	30	1	15	10000		
G2257	Vesi- ja viemärikalusteet	30	1	20		1	puhdistus
2010 Normitalo & Kaukolämpö							
		Tarkastus-väli	Tarkastus-kertoja 30a	Uusimis-väli	Uusimis-hinta	Huolto-väli	Huoltotoimenpide
	Kaukolämpö	<10a = 12 kk 10a - 20a = 4 kk >20a = 1 kk	160	20a	3000		
	IV-koneet	12 kk	30	15a	11000		
Matalaenergiatalo & sähkölämmitys							
		Tarkastus-väli	Tarkastus-kertoja 30a	Uusimis-väli	Uusimis-hinta	Huolto-väli	Huoltotoimenpide
	Lämminvesivaraaja	<10a = 12 kk 10a - 20a = 4 kk >20a = 1 kk	160	30a	11000		
	IV-koneet	12 kk	30	15a	21000		
	Maalämmön pumppu	1kk	360	20a	2000		

LIITE 11. KUNNOSSAPITOTOIMENPIDELASKELMAT

KUNNOSSAPITOTOIMENPIDELASKELMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1131 salaojajärjestelmä	1			1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1		1	1	1				1	2	
115 Asfalttialueet				1						1				1						13					1					1	14	
Betoniset pihakivetykset				1			1					1									1						1			1	1	
1161 Talovarusteet										1				3						1									3	5		
1163 Leikkivarusteet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	8		
1173 Puurakenteiset aidat								1							1									1					1	3		
1174 alueen portaat ja luiskat	1				1	1			1		1	1		1	1						1			1			1		1	1	1	
122 Sokkeli					1					1					1						1				1				1	1	1	
1236 Yläpohja	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1241 Lautaverhous				1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
1241 tiiliiverhous				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
1242 puu-alumiini-ikkuna				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
1243 ulko-ovet							1								1									1					1	1	1	
1263 Vesikattotiili					1					1					1						1				1				1	2		
1264 Räystäskourut ja syöksytorvet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
1264 Kulkusillat, lapetikkaat, lumiesteet				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1325 Väliovet									1												1									11	12	
1332 Laminaatti kuivissa tiloissa														2																3	5	
1332 Laattalattia märkätiloissa	1					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	
1334 Sisäkattopinnot kuivissa tiloissa																													19	19		
1334 Sisäkattopinnot märkätiloissa																				1									1	1	1	
1336 Seinäpinnot kuivissa sisätiloissa																				24									1	25		
1336 Märkätilojen seinäpinnot	1				1	1		1	1	1	1	1	1	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	33		
1341 Kiintokalusteet kuivat tilat																									67				1	68		
1341 Kiintokalusteet märkätilat														10															11	21		
2257 Vesi- ja viemärikalusteet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6		
Kaukolämpö	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
IV-koneet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	24	
Vuosittaiset kokonaiskustannukset	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2	1	2	1	1	46	5	1	1	1	45	1	1	1	1	6	70	1	1	1	84	272	

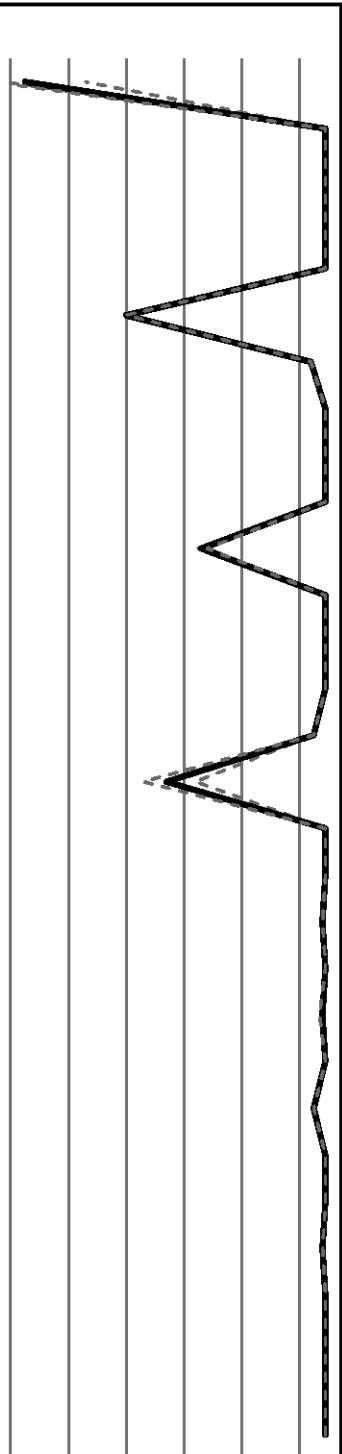
Hinnat tuhansissa euroissa. Kaikki hinnat pyöristetään ylöspäin.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1131 salaaja järjestelmä	1			1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		
115 Asfalttialueet				1						1					1					13					1				1	14		
Betoniset pihakivetykset						1							1								1						1		1	1		
1161 Talovarusteet									1						3					1									3	5		
1163 Leikkivarusteet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	8	
1173 Puurakenteiset aidat								1							1								1							1	3	
1174 alueen portaat ja luiskat	1					1						1			1			1			1			1			1		1	1	1	
122 Sockeli						1				1					1						1								1	1	1	
1236 Yläohja	1			1		1				1		1			1		1				1								1	1	1	
1241 Lautaverhous				1				3						1	3						1				3	1			1	8		
1241 tiili verhous				1						1				1	1						1								1	2		
1242 puu-alumiini-ikkuna				1						1			1		1						1			1					1	2		
1243 ulko-ovet								1							1						1			1					1	1	1	
1263 Vesikattotili						1				1					1						1								1	2		
1264 Räystäskourut ja syöksytorvet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3		
1264 Kulkusillat, lapetikkaat, lumiesteet				1						1					1						1									1	1	
1325 Väliovet										1											1									11	12	
1332 Laminaatti kuivissa tiloissa														2															3	5		
1332 Laattalattia märkätiloissa	1					1			1					1				1			1			1			1		9	9		
1334 Sisäkattopinnot kuivissa tiloissa																					1								19	19		
1334 Sisäkattopinnot märkätiloissa																				1									1	1		
1336 Seinäpinnot kuivissa sisätiloissa																				24									1	25		
1336 Märkätilojen seinäpinnot	1					1			1					17				1			1			1			1		17	33		
1341 Kiintokalusteet kuivat tilat																									67				1	68		
1341 Kiintokalusteet märkätilat															10														11	21		
2257 Vesi- ja viemäri kalusteet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6		
Lämmönvesivaraajat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	18	
Maalämmön pumppu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4		
IV-koneet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	44	

Vuosittaiset kokonaiskustannukset	1	1	1	1	2	1	1	5	1	2	1	2	1	1	56	5	1	1	1	44	1	1	1	1	6	70	1	1	1	105	303
-----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	-----	-----

Hinnat tuhansissa euroissa. Kaikki hinnat pyöristetään ylöspäin.



LIITE 12. TAKAISINMAKSUAIKALASKELMAT

2010 Normitalo Kaukolämmöllä

Vertailukohde

Ostoenergiankulutus	89 202 kWh
Kaukolämmön vuosittainen kasvu	4 %
Alkuinvestointi	0,00 €
Alkuinvestoinnin korko	2,5 %
Huoltokustannuslisä/vuosi	0,00 €

a	Energian hinta	Ostettava energia	Alkuinvestointi	Kokonaiskustannukset	Säästö/a	Kerääntyvä säästö
2010	8,3 c/kWh					
2011	8,6 c/kWh	7 656,46 €	- €	7 656,46 €	- €	- €
2012	8,9 c/kWh	7 962,72 €	- €	7 962,72 €	- €	- €
2013	9,3 c/kWh	8 281,22 €	- €	8 281,22 €	- €	- €
2014	9,7 c/kWh	8 612,47 €	- €	8 612,47 €	- €	- €
2015	10,0 c/kWh	8 956,97 €	- €	8 956,97 €	- €	- €
2016	10,4 c/kWh	9 315,25 €	- €	9 315,25 €	- €	- €
2017	10,9 c/kWh	9 687,86 €	- €	9 687,86 €	- €	- €
2018	11,3 c/kWh	10 075,37 €	- €	10 075,37 €	- €	- €
2019	11,7 c/kWh	10 478,39 €	- €	10 478,39 €	- €	- €
2020	12,2 c/kWh	10 897,53 €	- €	10 897,53 €	- €	- €
2021	12,7 c/kWh	11 333,43 €	- €	11 333,43 €	- €	- €
2022	13,2 c/kWh	11 786,76 €	- €	11 786,76 €	- €	- €
2023	13,7 c/kWh	12 258,23 €	- €	12 258,23 €	- €	- €
2024	14,3 c/kWh	12 748,56 €	- €	12 748,56 €	- €	- €
2025	14,9 c/kWh	13 258,51 €	- €	13 258,51 €	- €	- €
2026	15,5 c/kWh	13 788,85 €	- €	13 788,85 €	- €	- €
2027	16,1 c/kWh	14 340,40 €	- €	14 340,40 €	- €	- €
2028	16,7 c/kWh	14 914,02 €	- €	14 914,02 €	- €	- €
2029	17,4 c/kWh	15 510,58 €	- €	15 510,58 €	- €	- €
2030	18,1 c/kWh	16 131,00 €	- €	16 131,00 €	- €	- €
2031	18,8 c/kWh	16 776,24 €	- €	16 776,24 €	- €	- €
2032	19,6 c/kWh	17 447,29 €	- €	17 447,29 €	- €	- €
2033	20,3 c/kWh	18 145,18 €	- €	18 145,18 €	- €	- €
2034	21,2 c/kWh	18 870,99 €	- €	18 870,99 €	- €	- €
2035	22,0 c/kWh	19 625,83 €	- €	19 625,83 €	- €	- €
2036	22,9 c/kWh	20 410,86 €	- €	20 410,86 €	- €	- €
2037	23,8 c/kWh	21 227,30 €	- €	21 227,30 €	- €	- €
2038	24,7 c/kWh	22 076,39 €	- €	22 076,39 €	- €	- €
2039	25,7 c/kWh	22 959,44 €	- €	22 959,44 €	- €	- €
2040	26,8 c/kWh	23 877,82 €	- €	23 877,82 €	- €	- €

Takaisinmaksuaika	- vuotta
20 - vuoden säästö	- €
30 - vuoden säästö	- €

Matalaenergiatalo sähkölämmityksellä

Takaisinmaksuaika

Ostoenergiankulutus	46 029 kWh
Sähkön vuosittainen kasvu	3 %
Alkuinvestointi	32 544,20 €
Alkuinvestoinnin korko	2,5 %
Huoltokustannuslisä/vuosi	1 040,00 €

a	Energian hinta	Ostettava energia	Alkuinvestointi	Kokonais-kustannukset	Säästö/a	Kerääntyvä säästö
2010	10,4 c/kWh		32 544,20 €			- €
2011	10,7 c/kWh	4 911,17 €	31 652,51 €	5 951,17 €	1 705,29 €	- €
2012	11,0 c/kWh	5 058,50 €	30 579,61 €	6 098,50 €	1 864,21 €	- €
2013	11,3 c/kWh	5 210,26 €	29 313,13 €	6 250,26 €	2 030,97 €	- €
2014	11,7 c/kWh	5 366,56 €	27 840,05 €	6 406,56 €	2 205,91 €	- €
2015	12,0 c/kWh	5 527,56 €	26 146,64 €	6 567,56 €	2 389,41 €	- €
2016	12,4 c/kWh	5 693,39 €	24 218,44 €	6 733,39 €	2 581,86 €	- €
2017	12,7 c/kWh	5 864,19 €	22 040,23 €	6 904,19 €	2 783,67 €	- €
2018	13,1 c/kWh	6 040,11 €	19 595,98 €	7 080,11 €	2 995,26 €	- €
2019	13,5 c/kWh	6 221,32 €	16 868,81 €	7 261,32 €	3 217,07 €	- €
2020	13,9 c/kWh	6 407,96 €	13 840,96 €	7 447,96 €	3 449,57 €	- €
2021	14,3 c/kWh	6 600,20 €	10 493,75 €	7 640,20 €	3 693,23 €	- €
2022	14,8 c/kWh	6 798,20 €	6 807,53 €	7 838,20 €	3 948,56 €	- €
2023	15,2 c/kWh	7 002,15 €	2 761,63 €	8 042,15 €	4 216,09 €	- €
2024	15,7 c/kWh	7 212,21 €	- €	8 252,21 €	4 496,35 €	-1 734,72 €
2025	16,1 c/kWh	7 428,58 €	- €	8 468,58 €	4 789,93 €	-6 524,65 €
2026	16,6 c/kWh	7 651,44 €	- €	8 691,44 €	5 097,41 €	-11 622,06 €
2027	17,1 c/kWh	7 880,98 €	- €	8 920,98 €	5 419,42 €	-17 041,48 €
2028	17,6 c/kWh	8 117,41 €	- €	9 157,41 €	5 756,61 €	-22 798,09 €
2029	18,2 c/kWh	8 360,93 €	- €	9 400,93 €	6 109,65 €	-28 907,73 €
2030	18,7 c/kWh	8 611,76 €	- €	9 651,76 €	6 479,24 €	-35 386,97 €
2031	19,3 c/kWh	8 870,11 €	- €	9 910,11 €	6 866,13 €	-42 253,10 €
2032	19,8 c/kWh	9 136,21 €	- €	10 176,21 €	7 271,08 €	-49 524,18 €
2033	20,4 c/kWh	9 410,30 €	- €	10 450,30 €	7 694,88 €	-57 219,06 €
2034	21,1 c/kWh	9 692,61 €	- €	10 732,61 €	8 138,38 €	-65 357,44 €
2035	21,7 c/kWh	9 983,39 €	- €	11 023,39 €	8 602,44 €	-73 959,88 €
2036	22,3 c/kWh	10 282,89 €	- €	11 322,89 €	9 087,97 €	-83 047,85 €
2037	23,0 c/kWh	10 591,38 €	- €	11 631,38 €	9 595,92 €	-92 643,77 €
2038	23,7 c/kWh	10 909,12 €	- €	11 949,12 €	10 127,27 €	-102 771,04 €
2039	24,4 c/kWh	11 236,39 €	- €	12 276,39 €	10 683,05 €	-113 454,09 €
2040	25,1 c/kWh	11 573,48 €	- €	12 613,48 €	11 264,34 €	-124 718,42 €

Takaisinmaksuaika	13 vuotta
20 - vuoden säästö	-35 386,97 €
30 - vuoden säästö	-124 718,42 €