

Anette Yläjoki

**Energiatehokkuus pientalorakentamisessa**

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Anette Yläjoki

Työn nimi: Energiatehokkuus pientalorakentamisessa

Ohjaaja: Viljanmaa, Marita

Vuosi: 2011

Sivumäärä: 44

Liitteiden lukumäärä: 11

---

Rakennusala on tällä hetkellä keskellä muutoksia kohti energiaterohokkaampaa rakentamista. Rakennuksen vaipan energiaterohkkuutta lisättiin rakentamismääräyksissä 2010 ja tulevaisuudessa rakennuksen energiaterohkkuuden vaatimuksissa huomioidaan myös rakennuksessa käytetyn energian lähde.

Tässä työssä käydään läpi energiaterohkkuuden perusteet ja pientalon energiankulutusta ja vertaillaan muutosten vaikutusta kustannuksiin pientaloissa. Rakentamismääräykset 2010 käydään läpi pientalojen kannalta ja niissä keskitytään rakennuksen vaippaan ja ilmanvaihtoon.

Vanhoja rakentamismääräyksiä edustaa vuonna 2009 rakennusluvan saanut ja Kurjenmäen Rakennus Oy:n rakentama pientalo Sudenmarja 6. Suuntaantavissa kustannusten vertailussa mallirakennuksen vaippaa päivitetään täyttämään energiaterohokkaamman rakennuksen vaatimuksia.

Energiatodistus on nykyään pakollinen uudisrakennuksessa sekä vanhoja rakennuksia myytäessä tai vuokrattaessa. Todistus on tiivis paketti rakennuksen energian kulutuksesta. Tässä työssä käydään läpi energiatodistuksen sisältö ja tarkastellaan Sudenmarja 6:lle myönnettyä energiatodistusta.

Asiasanat: Energiaterohkkuus, rakentamismääräykset, lämmöneristys, ilmanvaihto, energiatodistukset

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Construction Engineering  
Specialisation: Building Construction

Author: Anette Yläjoki

Title of the thesis: Energy efficiency in house building

Supervisor: Viljanmaa, Marita

Year: 2011                      Number of pages:44      Number of appendices: 11

---

At the moment the building trade is in the middle of changes towards a more energy efficient building. The energy efficiency in the shell of a house was increased in the building regulations in 2010 and in the future the requirements of energy efficiency in house building extend to the source of the heating energy.

The thesis goes through the basics of energy efficiency, the use of energy in a house and the effects of the changes in expenses. The building regulations are examined considering house building and its shell and ventilation.

The older building regulations are presented by a house called Sudenmarja 6. It was granted a building license in 2009 and was built by Kurjenmäen Rakennus Inc. In the indicative expense calculations the shell of the example house is updated to conform to the requirements of energy efficiency.

The energy certificate is obligatory to every new building and in the old ones, if they are sold or rented. The certificate is a compact package of the use of energy in a house .In this work the content of the energy certificate is gone through and the certificate granted to Sudenmarja 6 is studied.

Keywords: Energy efficiency, building regulations, insulation, ventilation, energy certificates

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYS

### KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

### KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>10</b>
1.1 Opinnäytetyön tausta .....	10
1.2 Opinnäytetyön tavoite .....	10
1.3 Opinnäytetyön rakenne .....	10
1.4 Kurjenmäen Rakennus Oy .....	11
<b>2 LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN .....</b>	<b>12</b>
<b>3 RAKENNUKSEN VAIPAN LÄMMÖNERISTYS.....</b>	<b>16</b>
3.1 Yläpohja .....	16
3.2 Ulkoseinät .....	16
3.3 Ikkunat ja ovet.....	17
3.4 Alapohja .....	17
3.5 Erilliset tilat.....	18
3.6 Sudenmarja 6:n vaipparakenne .....	18
<b>4 ILMANVAIHTO .....</b>	<b>22</b>
4.1 Ilmanvaihtojärjestelmät .....	22
4.2 Rakennuksen sisäilma ja ilmanvaihto .....	23
4.3 Ilmanvaihto Sudenmarja 6:ssa.....	25
<b>5 ENERGIATEHOKKAAT RAKENNUKSET .....</b>	<b>26</b>
5.1 Passiivitalo .....	26
5.2 Matalaenergiatalo.....	27
5.3 Nolla- ja plusenergiatalo.....	27
<b>6 ENERGIATODISTUS.....</b>	<b>29</b>
6.1 Energiatodistuksen sisältö .....	29

6.2 Lämpöhäviö .....	29
6.3 Käyttöveden lämmitys .....	30
6.4 Sudenmarja 6:n energiatodistus ja lämpöenergiankulutus.....	31
<b>7 KUSTANNUSARVIOT .....</b>	<b>36</b>
7.1 Lämmöneristeet .....	36
7.2 Ikkunat ja ovet.....	39
<b>8 RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET 2012 .....</b>	<b>41</b>
<b>9 YHTEENVETO.....</b>	<b>43</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>45</b>
<b>LIITTEET.....</b>	<b>47</b>

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>elinkaarikustannus</b>	Tuotteen kaikki kustannukset hankintakustannuksista purkukustannuksiin.
<b>erityisen lämmin tila</b>	Tila, jossa on käyttötarkoituksesta johtuen pysyvästi tai ajoittain korkea lämpötila, esimerkiksi saunan löylyhuone.
<b>ilmanvuotoluku</b>	Luku, joka ilmaisee rakennuksen vuotaman ilman yhden tunnin aikana kun sisä- ja ulkoilman välillä on 50 Pascalin paine-ero
<b>lämmöneriste</b>	Rakennusaine, jota käytetään pääasiallisesti lämmöneristämiseen.
<b>lämmöneristys</b>	Rakennusosan yhdestä tai useammasta lämmöneristeestä tehty eristekokonaisuus.
<b>kerrosala</b>	Rakennuksen kaikkien kerrosten pinta-alojen yhteen laskettu ala.
<b>kerroskorkeus</b>	Kahden päällekkäisen lattiapinnan kohtisuora etäisyys pinnasta pintaan.
<b>lämmin tila</b>	Tila jonka lämpötila lämmityskaudella on +17 °C tai enemmän.
<b>oleskeluvyöhyke</b>	On se osa huonetilasta, jossa sisäilmanvaatimukset on suunniteltu toteutuvaksi. Alapinta lattiassa, yläpinta 1,8 m ja sivut 0,6 m seinistä tai muista kiinteistä rakennusosista

<b>puolilämmin tila</b>	Tila, jonka lämpötila lämmityskaudella on +5 °C ja +17 °C välillä.
<b>rakennuksen vaippa</b>	Ulkoseinät, ylä- ja alapohja sekä ovet ja ikkunat muodostavat rakennuksen vaipan.
<b>T</b>	Lämpötila

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. Sudenmarja 6:n pohjapiirustus. ....	19
KUVIO 2. Sudenmarja 6:n ulkoseinä rakennusvaiheessa. ....	20
KUVIO 3. Sudenmarja 6 ilmanvaihtoputkien eristys yläpohjassa. ....	25
KUVIO 4. Sudenmarja 6. ....	32
KUVIO 5. Sudenmarja 6 energiatodistus. ....	33
KUVIO 6. Energiatodistuksen laskennan lähtötiedot. ....	34
KUVIO 7. Lämpöenergian kulutus suunnitteluarvoihin ja lämpötilaeroihin verrattuna kuukausittain. ....	35
TAULUKKO 1. Puurunkoseinän (liite 1) lämmönläpäisykertoimen lähtötiedot. ....	14
TAULUKKO 2. Sudenmarja 6 rakennusosien U-arvot. ....	19
TAULUKKO 3. Pientalon energian jakautuminen. ....	31
TAULUKKO 4. Energian suunnitteluarvot ja kulutus Sudenmarja 6:ssa. ....	35
TAULUKKO 5. Ulkoseinän lämmöneristeen paksuuden vaikutus. ....	37
TAULUKKO 6. Yläpohjan lämmöneristeen paksuuden vaikutus. ....	38
TAULUKKO 7. Alapohjan lämmöneristeen paksuuden vaikutukset. ....	38



TAULUKKO 8. Ikkunan lämmönläpäisykertoimen vaikutus kustannuksiin. .... 39

TAULUKKO 9. Ovien lämmönläpäisykertoimen vaikutus kustannuksiin. .... 40

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyö lähti liikkeelle halusta selvittää energiatehokkuuden keskeisiä asioita pientalorakentamisessa. Tarpeena oli myös selvittää, mihin energiatehokkaassa rakentamisessa kannattaa panostaa ja miksi. Selvityksen apuna käytetään mallirakennusta Sudenmarja 6, jonka avulla saadaan myös tietoa rakennuksen käyttökustannuksista. Näin ollen käyttökustannuksia pysytään vertailemaan suunnittelu- vaiheessa tehtyihin arvioihin.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mihin pientalorakennuksen osa-alueeseen on kannattavaa panostaa, niin että lopputuloksesta saadaan mahdollisimman energiatehokas ja edullinen. Tarkoituksena on myös selvittää, mitä energiatehokkuus on ja mistä se muodostuu. Tavoitteena on tutustua energiatodistukseen ja lopuksi saada aikaan yhteenveto, josta olisi hyötyä suunniteltaessa pientaloa kokonaisuutena. Työ on tarkoitettu rajata niin, että se käsittelee vain energiatehokkuuden vaikuttavia tärkeimpiä määräyksiä ja ohjeita. Kustannuksissa otetaan huomioon näiden muutosten vaikutusta.

## 1.3 Opinnäytetyön rakenne

Alussa käydään läpi energiatehokkuuden perusteita, käydään läpi tämänhetkisiä rakennusmääräyksiä rakennuksen vaippaa koskien sekä tarkastellaan rakennuksen ilmanvaihtoa ja siihen liittyviä asioita. Energiatehokkaisiin rakennustyyppisiin ja energiatodistukseen tutustutaan mallin avulla. Kustannuksia tarkkaillaan taulukoiden avulla ja etsitään parhaita ratkaisuja. Lopuksi käydään läpi, mitä muutoksia

on luvassa vuonna 2012 rakennusmääräysten uudistuessa. Yhteenvedossa pohditaan kustannusten lopputuloksia ja uusien määräysten niihin tuomia muutoksia. Kappaleiden lopussa tarkastellaan aina kappaleen sisällön mukaisesti mallirakennuksen Sudenmarja 6 ratkaisuja.

#### **1.4 Kurjenmäen Rakennus Oy**

Kurjenmäen Rakennus Oy on perustettu vuonna 1987 nimellä J. Koivisto Ky. Vuosien 2008–2009 vaihteessa yritys siirtyi Petteri Koiviston omistukseen sukupolvenvaihdoksen kautta. Yrityksen toimialaan kuuluvat uudisrakentaminen, peruskorjaus ja saneeraustyöt, maalaustyöt ja omatuotantorakentaminen. Nykyisin rakennusprojektit ovat pääsääntöisesti teollisuuspuolen rakennuksia. Yritys toimii Virtain ja Seinäjoen seudulla. Yrityksen liikevaihto oli viime vuonna vajaa miljoona euroa. Kausiluonteisesti yritys työllistää 5–10 työntekijää.

## 2 LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN

Jokaisella CE-merkityllä rakennusaineella on EN-standardien mukaan määritelty lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo. Lämmönjohtavuus ( $\lambda$ ), yksikkö W/mK kertoo pituusyksikön paksuisen ainekerroksen läpi kulkevan lämpövirran tiheyden, kun ainekerroksen pintojen välillä oleva lämpötila on yhden yksikön suuruinen. Normaalilla lämmönjohtavuudella ( $\lambda_n$ ) tarkoitetaan lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoja, joiden avulla lasketaan käytännön rakennustoimissa tarvittavia lämmönläpäisykertoimia. (RT RakMK-21217, 2–3)

Normaalisen lämmönjohtavuuden lisäksi voidaan käyttää lämmönjohtavuuden  $\lambda_{design}$  ja  $\lambda_{declared}$  arvoja.  $\lambda_{declared}$  ( $\lambda_D$ ) on valmistajan ilmoittama lämmönjohtavuus, jonka yritys on määrittänyt standardien mukaisesti.  $\lambda_{design}$  ( $\lambda_d$ ) on lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, jonka suunnittelija määrittää EN ISO 10456 mukaan. Suunnittelu-lämmönjohtavuudessa otetaan huomioon materiaaliin vaikuttavat tekijät, kuten kosteus, lämpötila ja ikääntyminen. (Ojanen 2009, 83)

Lämmönläpäisykertoimella ( $U$ ), yksikkö W/m<sup>2</sup>K ilmaistaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun rakennusosan eri puolilla oleva lämpötilan ero on yhden yksikön suuruinen.

Lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla

$$U = 1 / R_T \quad (1)$$

Merkinnällä  $R_T$  tarkoitetaan rakennusosan kokonaislämmönvastusta, joka saadaan kaavalla

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

Kaavassa (2) yksiköllä  $R_{si}$  tarkoitetaan sisäpinnan vastusta,  $R_g$  on rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus,  $R_b$  on maan lämmönvastus,  $R_q$  on ohuen

ainekerroksen lämmönvastus (esimerkiksi höyrynsulkukalvo) ja  $R_{se}$  on ulkopuolen pintavastus.  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  on jokaisen rakennusaineen osuus lämmönläpäisykertoimesta, jotka saadaan kaavalla

$$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2, R_n = d_n / \lambda_n \quad (3)$$

$d_1, d_2, \dots, d_n$  on kunkin ainekerroksen paksuus ja  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  on puolestaan kyseisen rakennusaineen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo.

Epätasa-aineisella rakennusosalla tarkoitetaan sellaista rakennetta, jossa on pintojen suuntaisesti lämmönvastukseltaan erilaisia materiaaleja. Tällaista ainekerrosta merkitään kirjaimella  $j$  ja lämmönvastus  $R_j$  lasketaan seuraavalla kaavalla

$$1/R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj} \quad (4)$$

$f_a, f_b, \dots, f_n$  on epätasa-aineisessa ainekerroksessa olevan kunkin erillisen aineen suhteellinen osuus kokonaispinta-alasta.  $R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{nj}$  on jokaisen ainekerroksessa olevan osa-alueen lämmönvastus laskettuna samalla periaatteella kuin tasa-aineisessa kerroksessa, paksuus ( $d$ ) jaettuna lämmönjohtavuudella ( $\lambda$ ).

Mikäli kahden samassa ainekerroksessa olevan materiaalin lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot poikkeavat toisistaan viisinkertaisesti tai sitä enemmän, käsitellään rakennekerroksen huonomman lämmönjohtavuuden omaavat osa-alueet kylmäsillan laskentamallilla.

Kylmäsilloilla tarkoitetaan rakenteessa olevia lämpöä hyvin johtavia rakenneosia, kuten siteitä ja kannakkeita tai tuki- ja runkorakenteita, jotka ovat rakenteessa toistuvia koko vaipan alueella. Nimensä mukaisesti rakenneosalla on viereisiin rakenteisiin nähden kylmää johtava ominaisuus sillan tavalla. Täten ne heikentävät koko rakenteen lämmönläpäisykerrointa. Yksittäisiä kylmäsiltoja ei kuitenkaan tarvitse ottaa huomioon. Yksittäisiä kylmäsiltoja ovat esimerkiksi parvekkeen kannatus,

ala- tai välipohjan ja ulkoseinän liittymä tai alapohjan puhkaiseva pilari. (RT RakMK-21217, 3–4)

Taulukossa 1 ja sitä seuraavassa laskelmassa on esimerkki seinärakenteen U-arvon laskemisesta. Koska Sudenmarja 6:n seinärakenne ei vastaa tämän hetken rakennusmääräyksiä, on laskussa käytetty liitteen 1. rakennetta mallina.

TAULUKKO.1 Puurunkoseinän (liite 1) lämmönläpäisykerroimen lähtötiedot.

Materiaali	paksuus (d)	lämmönjohtavuus ( $\lambda$ )	lämmönläpäisykerroin ( $R$ ) = $d/\lambda$
Ulkopuolen pin- nanvastus		(C4, taulukko 2.)	$R_{se} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ulkooverhous	28 mm	Tuuletusväli on hyvin tuulettuva, joten ilmakerroksen tai sen ulkopuolisia rakennusmateriaaleja ei oteta kokonaislämmönvastuksen laskennassa huomioon.	
Tuuletusväli	22...25 mm		
Tuulensuoja	25 mm	0,033 W/mK	$R_1 = 0,758 \text{ W/m}^2\text{K}$
Puurunko 48x223k600	$f_a = 48/600 \text{ mm}$	0,12 W/mK	$R_j = 5,236 \text{ W/m}^2\text{K}$
Lämmöneriste	$f_b = 552/600 \text{ mm}$	0,036 W/mK	
Ilman- ja höyryn- sulku	0,2 mm	(C4, taulukko 5.)	$R_q = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$
Rakennuslevy	13 mm	0,21 W/mK	$R_2 = 0,062 \text{ W/m}^2\text{K}$
Sisäpuolen pin- nanvastus		(C4, taulukko 2.)	$R_{si} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Epätasa-aineisen rakennusosan lämmönjohtavuus saadaan sijoittamalla arvot kaavaan (4)

$$1/R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj}$$

$$1/R_j = [(48/600)\text{mm}/(0,223\text{m}/0,12 \text{ W/mK})] + [(552/600)\text{mm}/(0,223\text{m}/0,036\text{W/mK})]$$

$$1/R_j = (0,08/1,856) + (0,92/6,194) = 0,191$$

$$R_j = 1 / 0,191 = 5,236 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Taulukon tiedot voidaan nyt sijoittaa kaavaan (2).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_j + R_g + R_q + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} + 0,758 \text{ W/m}^2\text{K} + 0,062 \text{ W/m}^2\text{K} + 5,236 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$+ 0,02 \text{ W/m}^2\text{K} + 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} = \underline{6,336 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Kun on saatu selville rakennusosan kokonaislämmönvastus  $R_T$ , niin se voidaan sijoittaa lopullisen U-arvon kaavaan (1).

$$U = 1 / R_T = 1 / 6,336 \text{ W/m}^2\text{K} = \underline{0,16 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

### 3 RAKENNUKSEN VAIPAN LÄMMÖNERISTYS

Rakennusosat, jotka erottavat lämpöiset tilat ulkoilmasta, lämmittämättömästä tilasta tai maaperästä, muodostavat yhdessä rakennuksen vaipan. Näin ollen rakennuksen vaippaan kuuluvat ulkoseinät, ylä- ja alapohja sekä ovet ja ikkunat. Lämmöneristystä suunniteltaessa on huomioitava rakenteen teknillinen toimivuus niin lämmön kuin kosteudenkin kannalta. Rakenteiden ja rakennuksen vaipan lämmönläpäisykertoimet lasketaan rakennusmääräyskokoelman osan C4 tai SFS-EN-standardien mukaan. (RT RakMK-21402, 2–3)

#### 3.1 Yläpohja

Yläpohjassa käytettävä lämmönläpäisykerroin on  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kun kyseessä on lämpimät ( $T \geq +17^\circ\text{C}$ ), erityisen lämpimät tai jäähdytettävät kylmät tilat. Puolilämpimissä tiloissa ( $+5^\circ\text{C} \leq T \leq +17^\circ\text{C}$ ) yläpohjan U-arvona käytetään  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (RT RakMK-21402, 3)

Yläpohjan U-arvoon vaikuttavat tavanomaiset kylmäsiilat, kuten ilmastointiputket on otettava huomioon laskuissa. Vaikutus tarkistetaan jokaisessa rakennuskohhteessa erikseen. (RT 83–11010, 3)

Liitteissä 2-4 on esillä malleja erilaisista yläpohjaratkaisuista ja niiden lämmönläpäisykertoimet.

#### 3.2 Ulkoseinät

Ulkoseinän lämmönläpäisykerroin on  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kun siirrytään ulkoilmasta erityisen lämpimään, lämpimään tai jäähdytettävään kylmään tilaan. Hirsiseinällä arvo on  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kun hirren paksuus on keskimäärin vähintään 180mm. Puolilämpimässä tilassa hirsiseinän lämmönläpäisykerroin on  $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ulkoseinän puo-



lestaan  $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Maata vasten oleva seinä ei saa ylittää lämpimässä tilassa arvoa  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja puolilämpimässä  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Maata vasten olevassa rakenteessa suositellaan lämmöneristeen laittamista kantavan rungon ulkopuolelle. (RT RakMK-21402)

Ulkoseinärakennemalleja on liitteissä 1 ja 5-6. Jokaisessa liitteessä on selostettu seinärakenne ja ilmoitettu kyseisen rakenteen U-arvo.

### 3.3 Ikkunat ja ovet

Rakennuksen ikkunoita suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon ikkunoita koskevat rakentamismääräykset. Energiatehokkuuden kannalta tärkeitä määräyksiä ovat lämmönläpäisykerroin ja ikkunapinta-ala. Vuoden 2010 määräysten mukaan yhteenlaskettu ikkunapinta-alan vertailuarvo tulee olla 15 % rakennuksen kerrosalojen summasta, johon lasketaan kaikki kokonaan tai osittain maanpäälliset kerrokset. Ikkunapinta-ala ei saa kuitenkaan ylittää 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Rakennuksen vaipalle lasketaan määräyksissä annetuilla vertailuarvoilla vaipan lämpöhäviö. Rakennuksen varsinainen vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö. Rakentamismääräysten osa C3, Rakennuksen lämmöneristys, määrittää lämpimän tilan ikkunoiden, kattoikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykertoimen arvoksi  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja puolilämpimän tilan  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (RT RakMK-21402, 3)

Liitteessä 7 on tyypillisiä ikkunan poikkileikkauksia ja niistä käytettyjä lyhenteitä.

### 3.4 Alapohja

Alapohjan lämmöneristykSELLiset vaatimukset määräytyvät RakMK C3:n mukaan. Kun kyseessä on lämmin tila ( $T \geq + 17^\circ\text{C}$ ), lämmönläpäisykerroin maanvastaisessa alapohjassa on  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ryömintätalaisessa alapohjassa lämmönlä-

päisykerroin vaihtelee tuuletusaukkojen määrän mukaan. Jos tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 ‰ alapohjan pinta-alasta, lämmönläpäisykerroimen käytetään tällöin arvoa 0,17 W/m<sup>2</sup>K. Mikäli tuuletusaukkojen määrä ylittää 8 ‰ rajan tai jos alapohja rajoittuu ulkoilmaan, lämmönläpäisykerroin on 0,09 W/m<sup>2</sup>K. Rakennuksen routaeristys suunnitellaan samassa yhteydessä alapohjan kanssa. (RT 83-11009, 2)

Maanvaraisen ja tuulettuvan alapohjan rakennemalleja on liitteissä 8-9. Molemmista rakenteista on rakennetiedot ja lämmönläpäisykerroin.

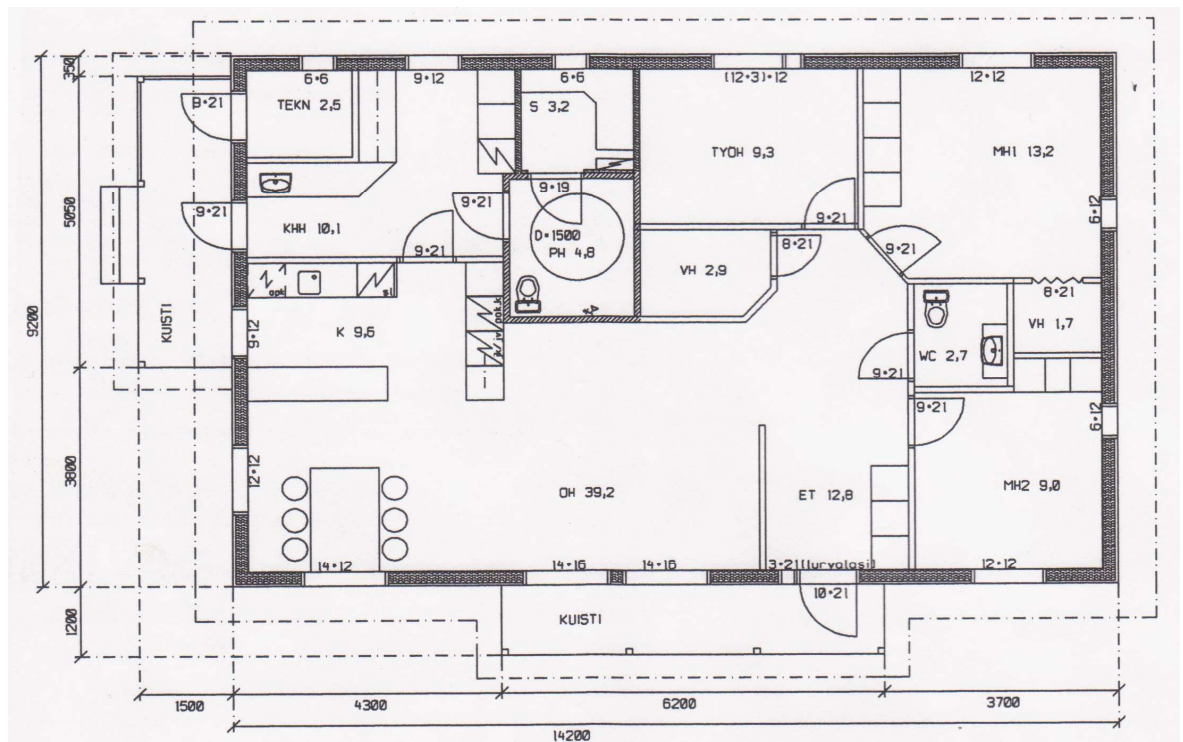
### 3.5 Erilliset tilat

Myös rakennuksen erillisten tilojen välillä oleville rakennusosille on määritelty U-arvojen enimmäismäärät. Mikäli tila rajoittuu puolilämpimään tilaan ( $+5^{\circ}\text{C} \leq T \leq +17^{\circ}\text{C}$ ), ei lämmönläpäisykerroin saa ylittää annettuja arvoja. Seinillä ja välipohjalla arvo on 0,60 W/m<sup>2</sup>K ja ikkunoilla ja ovilla 2,8 W/m<sup>2</sup>K. Jäähdytettävän kylmän tilan vaipan seinien ja välipohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,27 W/m<sup>2</sup>K ja oven 1,4 W/m<sup>2</sup>K. (RT RakMK-21402, 3)

### 3.6 Sudenmarja 6:n vaipparakenne

Mallirakennuksena käytetään 1-kerroksista pientaloa, Sudenmarja 6 (kuvio 1). Rakennuslupa rakennukselle on myönnetty 29.10.2009. Rakennuksen huoneistoala on 117 m<sup>2</sup>, kerrosala 131 m<sup>2</sup>, kokonaisala 131 m<sup>2</sup>, rakennustilavuus 423 m<sup>3</sup> ja julkisivun pinta-ala 140 m<sup>2</sup>.

Rakennuksen kerroskorkeus on 3,0 m ja huonekorkeus on 2,6 m. Lämpimän tilan ilmatilavuus on 310 m<sup>3</sup> ja ikkunapinta-ala on 13 % kerrosalasta.



KUVIO 1. Sudenmarja 6:n pohjapiirustus.

Mallirakennuksen rakennuslupa on myönnetty vuonna 2009, joten rakennuksen vaipan lämmönläpäisykertoimet eivät täytä tämänhetkisiä vaatimuksia (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Sudenmarja 6 rakennusosien U-arvot.

Rakennusosa	Vertailuarvo $W/m^2K$	Suunnitteluarvo $W/m^2K$
Ulkoseinä	0,24	0,24
Yläpohja	0,15	0,12
Alapohja	0,24	0,22
Ikkunat	1,4	0,7
Ulko-ovet	1,4	1,0

Mallirakennuksen yläpohjan rakenne on: tiilikate, ruoteet 48 mm\*48 mm, aluskate, tehdasvalmisteiset kattoristikot k 900, puhallusvilla 400 mm, höyrynsulkumuovi, koolaus 48 mm\*48 mm, STP 15 mm\*120 mm

Ulkoseinärakennetta näkyy kuviossa 2 ja sen tarkka rakenne on: UTV 20 mm\*145 mm, harvalaudoitus 22 mm\*100 mm, tuulensuojalevy 12 mm, mineraalivilla 175 mm, puurunko 50 mm\*125 mm k600, sisäpuolen koolaus 50 mm\*50 mm k600, höyrynsulkumuovi, sisäverhouslevy



KUVIO 2. Sudenmarja 6:n ulkoseinä rakennusvaiheessa.

Sudenmarja 6:een on asennettu Skaala ikkunat ja ovet, joiden sarja on Alfa GE. Ikkunoiden koko vaihtelee 1390\*1590 ja 530\*590 välillä. Ovet ovat kokoa 890\*2090 ja 990\*2090 ja ovat malliltaan sarjaa Skaala Familia. Ovet ja ikkunat ovat energialuokaltaan A. Ainoastaan teknisen tilan ovi ja ikkuna ovat heikompa energialuokkaa.

Mallirakennuksen alapohjassa on seuraavanlainen rakenne: parketti/laatta, hie-  
tobetoni K30-2 100 mm, teräsverkko 6 mm/150 mm, Styrox-lattia 150 mm, kapil-  
laarisen nousun estävä kerros sepeli 12 mm, anturaperustus.

## 4 ILMANVAIHTO

### 4.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtoa suunniteltaessa on pyrittävä siihen, että asuintilassa saavutetaan normaaliolosuhteissa mahdollisimman turvallinen, terveellinen ja viihtyisä sisäilmasto. Asuinrakennuksissa ilmanvaihtoon on kolme eri vaihtoehtoa; painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Painovoimaisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan käytännössä sitä, että jokaisen rakennuksen tai asunnon keittiö- ja märkätiloista johdetaan suora kanava vesikaton yläpuolelle. Tällaisen ilmanvaihdon toimivuuden edellytyksenä on, että poistokanava on mahdollisimman pystysuora. Niinpä vaakasiirtymien määrä täytyy olla alle 10 %. Kanavia ei voi myös yhdistää, koska tällöin ei voida estää huonetilasta toiseen siirtyvää ilmaa. Kanavat myös pyritään keskittämään ryhmiin niin, että välipohjien ja vesikaton läpivientikohtia tulee mahdollisimman vähän. Vastaavasti ulkoilmaa tulee johtaa jokaiseen huonetilaan, wc-tiloja lukuun ottamatta, ja reitin tulee olla erillinen jokaiseen huonetilaan. Ulkoilmaventtiilit sijoitetaan yleensä patterien taakse, jolloin kylmä ulkoilma sekoittuu patterien konvektiovirtaukseen. Ilmanvaihtoa pystytään lisäämään tuuletuksella. Nykyään painovoimainen ilmanvaihto sopii huonosti uudisrakentamiseen, koska järjestelmä on huonosti säädeltävissä, hallitsematon, lämpöisenä vuodenaikana huonosti toimiva ja ääneneristys on huono. Energiataloudellisesti järjestelmä on myös heikko. Talvella painovoimainen ilmanvaihto tuhlaa energiaa, ja poistoilmasta ei saada talteen lämpöenergiaa. (RT 56-10591, 2–4)

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa puolestaan käytetään puhallinta, jolla saadaan aikaiseksi ilmavirta. Niin kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa, jokaiseen huonetilaan, paitsi wc-tiloihin, johdetaan ulkoilmaa venttiilien kautta, ja ilmanpoiston suorittaa yleensä vesikatolle sijoitettava huippuimuri tai ullakolle tuleva puhallin.

lin. Näin saadaan ilmanvaihtojärjestelmä, jonka toiminta ei vaihtele ulkolämpötilan tai tuuliolojen mukaan. Järjestelmässä ongelmallisena kuitenkin pysyy ulkoilma-venttiili. Sen ääneneristävyys saadaan siedettäväksi, mutta venttiilin veto aiheuttaa ongelmia. (RT 56–10591, 4–6)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä hallitaan molempia, asuntoon tulevaa ja sieltä poistuvaa ilmaa. Tulo- ja poistoilmakoneella voidaan vaikuttaa sisäilman kaikkiin ominaisuuksiin. Ulkoilmaa voidaan tarvittaessa lämmittää tai jäähdyttää, kuivattaa tai kosteuttaa. Ulkoilmaa voidaan myös suodattaa, jolloin järjestelmä vaikuttaa sisäilman terveellisyyteen ja hygieenisyyteen. Ilmanvaihtokoneella pystytään myös vaikuttamaan siihen, että asunnon ilmanvaihto tapahtuu mahdollisimman äänettömästi ja meluttomasti. Myös vedottomuus on koneellisen tulo- ja poistoilmastoinnin etuja. Lisäksi järjestelmä on energiataloudellisin, sillä poistoilmalla saadaan lämmitettyä tuloilmaa. Poistoilman lämmöntalteenotolla voidaan kattaa jopa kolmannes koko kiinteistön lämmitysenergiasta. Koneissa on kahta erilaista tapaa ottaa lämpöä talteen, lämmöntalteenottokiekkko ja nestekiertojärjestelmä. (RT 56-10591, 7–8)

## **4.2 Rakennuksen sisäilma ja ilmanvaihto**

Energiavaatimusten takia pääsääntöisesti uudisrakennuksissa on koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Sitä mukaan, kun rakennuksista tehdään entistä ilmatii- viimpiä, tulee ilmanvaihdon olla hallittua. Ilmanvaihtoa suunnitellessa on otettava huomioon ilmanlaadullisesti sekä sisä- että ulkoilman kuormitustekijät, kuten sisäilman lämpö-, kosteus- ja henkilömäärät. Ulkoilmassa puolestaan vaikuttaa sääolosuhteet ja ilmanpuhtaus rakennuksen sijainnista johtuen.

Sisäilman lämpöoloissa pitäisi saavuttaa viihtyisä huonelämpötila niin, että sen ylläpitämiseen ei käytetä tarpeettomasti energiaa. Oleskeluvyöhykkeen lämpötilan suunnitteluarvona yleensä käytetään lämmityskaudella 21°C ja kesäkausina 23°C. Näistä lämpötiloista voi perustellusti poiketa. Lämmityskaudelle voidaan suunnitel-

la esimerkiksi porrashuoneen lämpötilaksi 17°C, kylpy- ja pesuhuoneelle 22°C ja kuivaushuoneelle 24°C. Oleskeluvyöhykkeen lämpötiloille on myös asetettu enimmäisvaatimuksia. Käytön aikana lämpötila ei yleensä saa ylittää 25°C. Oleskeluvyöhykkeeseen ei saa myöskään kohdistua tekijöitä, jotka aiheuttavat epävihtyvyyttä ilman liikkeellä, lämpösäteilyllä tai pintalämpötiloilla. (RT RakMK-21429, 3)

Ilmanlaatu tulee olla sellaista, että se ei sisällä terveydelle haitallisia määriä kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja. Sisäilmassa ei saa myöskään esiintyä viihtyvyyttä häiritseviä hajuja.

Ilmanvaihtojärjestelmää koskevissa määräyksissä vaaditaan, että ilmanvaihtojärjestelmää on pystyttävä valvomaan ja ohjaamaan. Järjestelmässä täytyy myös olla mittauslaitteita tai vähintään mahdollisuus mitata tekijöitä, kuten ilmanvirtausta ja lämpöä. Nykyisten vaatimusten mukaan uudisrakentamisessa käytetään koneellista tulo- ja poistoilmastointijärjestelmää.

Rakennuksen ilmavirtojen arvoja on liitteessä 10. Asuinhuoneiden ulkoilmavirta on 0,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Muihin tiloihin, kuten keittiö, WC, kodinhoito- ja kylpyhuone ulkoilmavirta korvataan asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla. Yleisesti talvisin ilman nopeus on 0,20 m/s. Poistoilmavirran ohjearvo esimerkiksi keittiössä on 8 dm<sup>3</sup>/s ja se on käyttöaikana tehostettavissa 25 dm<sup>3</sup>/s. Kaiken kaikkiaan ulkoilmavirtaa tulisi olla 6 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö. (RT RakMK-21429, 4–5)

Ilmanvaihtojärjestelmän varsinaiseen energiatehokkuuteen kohdistuvia vaatimuksia on, että järjestelmä saavuttaa siltä vaaditut ilmanlaatuun kohdistuvat vaatimukset ilman, että se omalta osaltaan kuluttaa ylimääräistä energiaa. Tarpeetonta energian kulutusta estetään sillä, että järjestelmän kanavat ja kammiot lämmöneristetään. Eristyksellä saadaan myös varmistettua, että ilmavirta ei lämpene tai jäähy ja sisäilmasto ja säätötoiminnot eivät huonone. Järjestelmän sähköteho on myös oltava helposti mitattavissa. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho ei yleensä saa ylittää 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja koneellinen poistoilma-



järjestelmä 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s). Vain tapauksissa, jossa rakennuksen toiminta edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa ilmastointia, voi ominaissähkönteho olla suurempi.

Poistoilmasta on otettava talteen lämpöä vähintään 45 % siitä lämpö määrästä, joka kuluu ilmanvaihdon lämmitykseen. Tätä 45 % vaatimusta voidaan pienentää parantamalla muita rakennusosissa esimerkiksi rakennuksen vaipan lämmöneristystä tai ilmanpitävyyttä. Ilmanvaihtoa voidaan parantaa vähentämällä sen viemää lämmön määrää, jollain muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla. Tämä osoitetaan lämpöhäviön tasauslaskelmalla. (RT RakMK-21429, 11–12)

### 4.3 Ilmanvaihto Sudenmarja 6:ssa

Kohteessa Sudenmarja 6 ilmanvaihto on toteutettu koneellisella tulo- ja poistoilmastointijärjestelmällä. Ilmastointilaitte on Östberg Heru 50 S. Herussa on pyörivä lämmönvaihdin, jonka lämmöntalteenoton hyötysuhde on 84 %. Ilmastointilaitteen ohjaus toimii kaukosäädöllä. Ilmastointikanavat ja -putket on eristetty (kuvio 3).



KUVIO 3. Sudenmarja 6 ilmanvaihtoputkien eristys yläpohjassa.

## 5 ENERGIATEHOKKAAT RAKENNUKSET

### 5.1 Passiivitalo

Passiivitalo on nimensä mukaisesti rakennustapa, jossa talo pyritään rakentamaan mahdollisimman passiiviseksi ympäristönsä kanssa eli lämpöhäviöt ovat minimoitu. Pienen lämpöhäviön avulla rakennuksen lämmitysenergian tarve saadaan mahdollisimman pieneksi. Passiivitalossa siis painotetaan investointia toisin kuin normaalissa rakennuksessa. Talotekniikassa säästettävät kustannukset siirretään rakennuksen vaipan parempaan lämmöneristykseen ja ilmanpitävyyteen. Kun rakennuksen vaipan lämpöhäviö on tarpeeksi pieni, ei tarvita tavanomaista patteri- tai lattialämmitystä, vaan rakennuksen lämmitykseen ja lämmönjakoon riittää ilmanvaihtolämmitys. Passiivitalon rakennusmallilla on vaikutukset investointi- ja elinkaarikustannuksiin.

Passiivitalossa ei kiinnitetä huomiota, miten rakennus lämmitetään tai energiakulutuksen määrään. Passiivitalossa keskitytään lämpöhäviön pienentämiseen ja lämmitysenergian vähyyteen. Pohjoismaissa rakennuksen sijainnista riippuen lämmitys- ja jäähdytysenergia kummatkin saa olla 20–30 kWh/m<sup>2</sup>a. Suurin osa lämmitysenergian tarpeesta voidaan kattaa sisäisillä lämpökuormilla ja auringon energialla. Sisäisillä kuormilla tarkoitetaan esimerkiksi lämmöneristeen sisäpuolella olevaa alapohjan betonilaattaa sekä asukkaista ja lattiasta vapautuvaa lämpöä. Ilmanvaihdon lämmön talteenoton täytyy olla vähintään 75 %, muuten rakennuksen vaipan paksuus kasvaa kohtuuttomaksi.

U-arvoiltaan rakennuksen vaipan osat ovat huomattavasti tavanomaista parempia. Ulkoseinien, ala- ja yläpohjan U-arvo on luokkaa 0,06–0,10 W/m<sup>2</sup>K, ikkunan 0,70–0,90 W/m<sup>2</sup>K ja kiinteän ikkunan 0,60–0,80 W/m<sup>2</sup>K. Ulko-oven U-arvo on 0,40–0,70 W/m<sup>2</sup>K. Passiivitalon ilmanpitävyyden raja on  $n_{50} = 0,6$  l/h.

Passiivitalossa käyttö- ja elinkaarikustannukset ovat huomattavasti tavanomaista taloa matalammat. Puolestaan passiivitalon alkuinvestoinnit voivat olla suuremmat. (Passiivitalo-konsepti)

## 5.2 Matalaenergiatalo

Matalaenergiatalo on energiankulutukseltaan tavallista taloa taloudellisempi. Ennen matalaenergiatalolla tarkoitettiin rakennusta, jolla oli puolet pienempi lämmitysenergiankulutus kuin rakennusmääräysten minimivaatimukset täyttävällä rakennuksella.

Rakennusmääräyskokoelman osan D3, rakennusten energiatehokkuudesta uusiututtua vuoden 2010 alusta lähtien rakennusten lämmöneristysvaatimusten tiukentua myös matalaenergiatalon määritelmät uusiutuivat. Nykyisten määräysten mukaan matalaenergiataloksi voidaan kutsua rakennusta, jonka laskennallinen lämpöhäviö saa korkeintaan olla 85 % rakennuksen vertailulämpöhäviöstä. Huoneilojen lämmitysenergiantarve matalaenergiatalossa on 40–60 kWh/brm<sup>2</sup> vuorokaudessa. (Matalaenergiatalo)

## 5.3 Nolla- ja plusenergiatalo

Tällä hetkellä passiivi- ja matalaenergiataloja rakennetaan tavanomaisina pientaloina. Suunnitteilla on jo kuitenkin uusia talotyyppejä. Niitä ovat nolla- ja plusenergiatalot.

Nollaenergiatalolla tarkoitetaan rakennusta, jolla tuotetaan energiaa saman verran kuin käytetään vuositasolla tarkkailtuna. Energiämäärään lasketaan kaikki rakennuksen ja käyttöveden lämmitysenergia sekä valaistus- ja laitekäyttöenergia. Energialähteinä käytetään esimerkiksi puuta sekä aurinko- ja tuulivoimaa, jotka on mitoitettu jokaisen talon omaan lämmön- ja sähkönkäyttötarpeeseen.

Plusenergiatalossa on puolestaan ideana se, että talo tuottaa enemmän energiaa kuin kuluttaa, mutta ei välttämättä ympäri vuoden. Esimerkiksi kevät- ja kesäaika-  
na talo tuottaa energiaa yli oman tarpeensa ja vuoden pimeimpänä aikana se saa sähköä sähkönjakeluverkosta tarvittavan energiamäärän täyttämiseen.

Suomessa nolla- ja plusenergiataloa edustaa Aalto-yliopiston opiskelijoiden suunnittelema talo, joka osallistuu Solar Decathlon Europe 2010-kilpailuun Madridissa. Toteutusta kutsutaan Luukku-taloksi, jonka katolla on aurinkopaneeleja ja -keräimiä, jotka tuottavat rakennuksen kuluttaman lämmön ja sähkön. Suomen olo-  
suhteissa Luukku-talo täyttää nollaenergiatalon vaatimukset, mutta Espanjaan si-  
joitettuna se toimii plusenergiatalona. (Nolla- ja plusenergiatalo)

## 6 ENERGIATODISTUS

### 6.1 Energiatodistuksen sisältö

Energiatodistus on asiakirja, josta käy ilmi rakennuksen tai kiinteistön energiatehokkuus. Todistuksen avulla on helppo vertailla rakennuksen energiatehokkuutta. Energiatodistus sisältää tiedot rakennuksen käyttämästä lämmitysenergian laite- tai kiinteistösähköstä ja jäähdytysenergiasta. Kaiken kulutetun energian pohjalta lasketaan rakennuksen bruttoalaan suhteutettu energiatehokkuusluku (ET-luku). Rakennukset luokitellaan asteikolla A-G, jossa A-luokka on vähiten ja G-luokka eniten energiaa kuluttava. Tällä hetkellä pientalorakentamisessa yleisin luokka on D, johon sijoittuu suurin osa vuoden 2008 rakennusmääräysten mukaan tehdyistä rakennuksista. Nykyään energiatodistus vaaditaan kaikilta uudisrakennuksilta. Todistuksen laatii kiinteistön pääsuunnittelija rakennuslupaa haattaessa ja energiatodistus muodostuu laskennallisista arvoista. Olemassa olevilta kiinteistöiltä on vuoden 2009 alusta alkaen vaadittu energiatodistus, kun kiinteistöä tai sen tiloja myydään tai vuokrataan. Olemassa olevan rakennuksen energiatodistus tehdään toteutuneiden kulutusten avulla. Kiinteistön lämmitysmuodolla ei ole vaikutusta energiatodistukseen. (Motiva 2010.)

### 6.2 Lämpöhäviö

Rakennuksen lämpöhäviötä rajoitetaan energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Lämpöhäviöön vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen vaippa, ilmanvaihto ja vuotoilma. Laskennallisesti rakennuksen lämpöhäviö saa olla enintään samansuuruisen kuin vertailulämpöhäviö, mikä rakennukselle on määritelty. Tarkemmin sanottuna lämpöhäviön osa-alueita ovat ilmanvaihtojärjestelmä, käyttöveden- ja tilojen lämmitysjärjestelmät sekä talotekniikkajärjestelmän säätö ja valaistusjärjestelmä. Mukaan huomioidaan myös kesäajan huonelämpötilan hallinta ja jäähdytys. (RT RakMK-21424 s.2-3)

Lämpöhäviöiden tasauslaskentataulukossa (liite 11) ensimmäisenä käydään läpi kohteen tiedot ja rakennusosien pinta-alat. Jokaiselle rakennuksen osalle tullaan merkitsemään kunkin osan vertailu-, enimmäis- ja suunnittelu-U-arvo. Taulukon oikeassa reunassa pinta-alojen ja U-arvojen rinnalle merkitään kunkin rakennusosan ominaislämpöhäviö niin vertailu- kuin suunnitteluarvona. Ominaislämpöhäviöt saadaan yksinkertaisesti kertomalla pinta-ala ja U-arvo keskenään. Seuraavana taulukkoon lasketaan vaipan ilmavuodot. Ilmanvuotoluvun ( $n_{50}$ ) avulla lasketaan vuotoilmavirta ja ominaislämpöhäviö taulukon laskukaavojen perusteella. Taulukon alimmaisena ovat ilmanvaihdon arvot ja ominaislämpöhäviöt, joten viimeisille riveille saadaan laskettua yhteen sekä vertailu- että suunnitteluratkaisu koko rakennuksen ominaislämpöhäviölle. Suunnitteluratkaisu saa olla korkeintaan vertailuratkaisun suuruinen.

Lämpöhäviöiden tasauslaskennan kanssa toisella sivulla on tarkastuslista rakennuskohteen lämmöneristysmääräysten täyttymistä varten. Listassa käydään yksinkertaisesti läpi, täyttääkö rakennus tarvittavat vaatimukset. (RT 08-10917 s.2-3)

### **6.3 Käyttöveden lämmitys**

Keskimäärin käyttövettä kulutetaan lämmitettynä 35–50 l/as/vrk. Pientalon kokonaislämmitysenergiasta käyttöveden lämmityksen osuus on tyypillisesti noin 10–25% (taulukko 3). Käyttöveden kustannuksiin vaikuttaa kuitenkin suuresti asukkaiden käyttötottumukset. (Lämmön tarve)

### TAULUKKO 3. Pientalon energian jakautuminen. (Lämmöntarve)

Energian kulutuksen kohde	Osuus kokonaiskulutuksesta
huoneistojen lämmitys	noin 40–60 %
huoneisto- ja kiinteistösähkö	noin 20–30 %
käyttöveden lämmitys	noin 10–25 %
tuloilman esilämmitys	noin 5-15 %

Käyttöveden lämmitys on ainoa rakennuksen lämmitysenergiaa vaativa osa-alue, joka ei vaihtelee ulkolämpötilan mukaan. Tästä syystä käyttöveden lämmityksen osuus erotetaan muusta energian kulutuksesta. Itse veden lämmittämisen kuluvan energian lisäksi energiaa kuluu lämpöhäviönä kiertojohdoissa. Varsinkin vanhoissa taloissa kiertojohtojen lämpöhäviönä kuluva energian määrä on suurta ja myös uudisrakennuksissa häviö on merkittävää. Käyttöveden kulutus on nykyään osa energiatodistusta, joka voidaan laskea usealla eri tavalla. Ensisijaisesti käytetään rakennuksen käyttöveden energiamittauksiin perustuvaa arvoa. (Lämmin käyttövesi)

#### 6.4 Sudenmarja 6:n energiatodistus ja lämpöenergiankulutus

Pientalo Sudenmarja 6:n (kuvio 4) energiatodistus on myönnetty suunnitteluarvojen perusteella, koska kyseessä on uudisrakennus. Energiatodistuksen ensimmäisessä osassa (kuvio 5) on nähtävissä rakennuksen perustiedot ja energiatehokkuusluokka. Energiatehokkuusluku on 162 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi. Näin ollen energiatehokkuusluokka on B. Todistus on myönnetty 28.9.2009 ja se on voimassa 10 vuotta. Energiatodistuksen laskennan lähtötiedoissa (kuvio 6) on tarkempaa tietoa Sudenmarja 6 rakenteiden, ilmanvaihdon, veden kulutuksen ja lämmitysjärjestelmän energiankulutuksesta. Alimmassa osiossa on energiatehokkuusluvun laskenta ja rakennuksen kokonaisenergiankulutus vuositasolla, joka on 21212 kWh/vuosi.



KUVIO 4. Sudenmarja 6.



ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LAHTOTIEDOT

# ENERGIATODISTUS

**Rakennus**  
 Rakennustyyppi: **Erilliset pientalot (enintään 6 asuntoa)** Valmistumisvuosi: \_\_\_\_\_  
 Osoite: **Sudenmarja 6** Rakennustunnus: **115/3**  
**60150 SEINÄJOKI** Asuntojen lukumäärä: **1**

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu  
 rakennuslupamenettelyn yhteydessä  
 erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	A	
151 - 170	B	B
171 - 190	C	
191 - 230	D	
231 - 270	E	
271 - 320	F	
321 -	G	
Paljon kuluttava		

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/bm<sup>2</sup>/vuosi): **162**  
 Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: **Pienet asuinrakennukset**  
 Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.  
 Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja: <b>Lakeuden ALK-Rakennus Oy</b>	Todistuksen tilaaja: <b>Kurjenmäen Rakennus Oy</b>
Allekirjoitus: <i>Ari Latva-Koikkio</i> <b>ARI LATVA-KOIKKIO</b>	
Todistuksen antamispäivä: <b>28.9.2009</b>	Viimeinen voimassaolopäivä: <b>28.9.2019</b>

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

KUVIO 5. Sudenmarja 6 energiatodistus.

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
<b>Rakennuksen laajuustiedot</b>					
Bruttoala	131 brm <sup>2</sup>				
Rakennustilavuus	423 rak-m <sup>3</sup>	Ilmatilavuus	310 m <sup>3</sup>		
Huoneistoala	117 hum <sup>2</sup>	Henkilömäärä	4		
<b>Rakenteet</b>					
<b>Rakennusosat</b>		Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)		
Ulkoseinät	US	117.00	0.24		
Yläpohjat	YP	130.60	0.12		
Alapohja	AP	130.60	0.21		
Ovet	OVET	5.90	1.00		
Ikkunat	Pohjoiseen, MSE-alumiinikarmi, 170 sel.l	5.00	0.70	g <sub>kohtisuora</sub> 0.55	F <sub>kehä</sub> 0.75
	Itään, MSE-alumiinikarmi, 170 sel.lasi	1.44	0.70	0.55	0.75
	Etelään, MSE-alumiinikarmi, 170 sel.lasi	8.20	0.70	0.55	0.75
	Länteen, MSE-alumiinikarmi, 170 sel.lasi	2.50	0.70	0.55	0.75
Tehollinen lämpökapasiteetti C <sub>Rak omin.</sub>		70 Wh/(brm <sup>2</sup> K)			
<b>Ilmanvaihto</b>					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n50				4.0	1/h
Ilmanvaihdon poistovirta				0.043	m <sup>3</sup> /s
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhde				85	%
<b>Vedenkulutus</b>					
Lämpimän käyttöveden kulutus				50.00	m <sup>3</sup> /vuosi
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus				Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>
<b>Lämmitysjärjestelmät</b>					
Lämmönkehitys	Kaukolämpö	Sisältää käyttöveden lämmityksen	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 C				
Lämmönvaraajat					
Lämpimän käyttöveden kiertojohto			Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input checked="" type="checkbox"/>	
- Kiertojohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita			Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Energiatohokkuusluvun laskenta</b>					
Lämmitysenergian kulutus			14662	kWh/vuosi	
Laitesähköenergian kulutus			6550	kWh/vuosi	
Jäähdytysenergian kulutus			0	kWh/vuosi	
Rakennuksen energiankulutus yhteensä			21212	kWh/vuosi	
Rakennuksen energiatohokkuusluku			162	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	

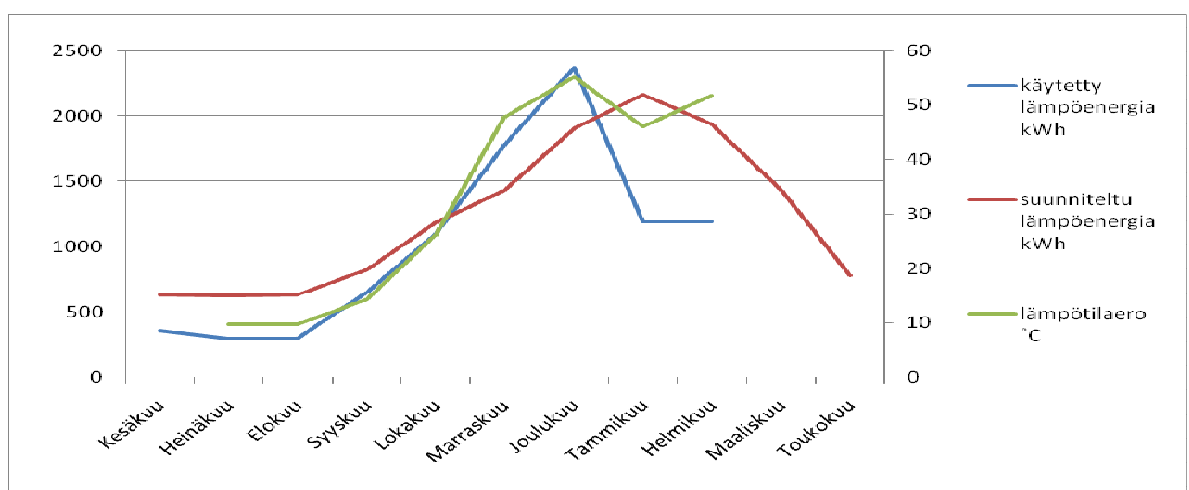
KUVIO 6. Energiatodistuksen laskennan lähtötiedot.

Rakennus on otettu käyttöön 1.5.2010. Rakennuksen keskilämpötila on ollut noin 22 °C. Sudenmarja 6:ssa on vesikiertolattialämmitys, jota lämmitetään kaukolämmöllä. Rakennuksen energiankulutus on luettu mittareista 1.4.2011 (taulukko 4).

TAULUKKO.4 Energian suunnitteluvarvot ja kulutus Sudenmarja 6:ssa.

	Lämmitysenergia	Laitesähköenergia
Energiatodistuksen suunnitteluvarvo	14662 kWh/vuosi	6550 kWh/vuosi
3/2010 - 4/2011	14622 kWh	4312 kWh

Taulukossa olevista arvoista on huomattava, että mittareiden käyttöönotosta toukokuun alkuun asti energiankulutus on mennyt rakennusajan kulutukseen. Lämmitysenergian määrä on samoissa luokissa energiatodistuksen mukaan. Laitesähköenergiaa on kulunut vähemmän kuin energiatodistuksen arviossa on merkitty. Kuvioon 7 on merkitty lämmitysenergian kulutus kuukausittain. Samassa kuviossa voi vertailla kuukausien lämpötilaerojen vaikutusta lämmitysenergiankulutukseen sekä rakennukselle suunniteltuja kuukausikohtaisia lämmitysenergian määriä.



KUVIO.7 Lämpöenergian kulutus suunnitteluvarvoihin ja lämpötilaeroihin verrattuna kuukausittain.

## 7 KUSTANNUSARVIOT

### 7.1 Lämmöneristeet

Ulkoseinärakenteessa lämmöneristyksen paksuutta muuttamalla saadaan rakenteesta energiatehokkaampi. Taulukossa 5 on muutettu lämmöneristeiden paksuutta ja tarkkailtu rakenteen lämmönläpäisykertoimen ja kustannusten muutosta verrattuna ulkoseinään numero 0 rakenteeseen. Lämmöneristeiden kustannuksissa on käytetty yhtä tuotetta ja sen eri paksuuksien hintaeroja. Rakenne numero 0 on mallitalo Sudenmarja 6:ssa käytetty lämmöneriste. Kustannuksen nousun merkintä prosentteina on työn antajan toivomuksen lisäksi selkeämpää eri tuotteiden hintaerojen ja hinnanmuutosten takia. Kustannukset prosentteiksi on saatu laskemalla eristemäärän kustannusten erotus ensimmäiseen rakenteeseen nähden. Sudenmarja 6 lisätyissä eristeissä on käytetty hyödyksi Paroc Oy:n www-sivuilta löytyvää lisäeristyslaskuria

([http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI\\_attachments/Lisaeristyslaskuri/lisaeristyslaskuri.html](http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/Lisaeristyslaskuri/lisaeristyslaskuri.html)), jonka avulla numeroiden 1 ja 2 rakenteisiin on laitettu lisäeristys niin, että rakenne täyttää tämänhetkiset rakentamismääräykset. Vaihtoehdon 2 lämmöneristys on riittävä saavuttamaan matalaenergiatalon vaipan tason, mikäli rakennuksen muut osa-alueet ovat myös matalaenergia tasoa. Viimeisenä listassa (4) on arvio eristeiden määrästä, jolla saavutetaan passiivitalon vaatimukset. Lisäeristyslaskuri määrittä lämmitysenergian säästön vuotta kohden, kun lämmitysenergian hinnaksi on määritetty 0,046€/kWh.

TAULUKKO 5. Ulkoseinän lämmöneristeen paksuuden vaikutus.

Nro.	Lämmöneristeen paksuun (mm)	U-arvo (kWh/m <sup>2</sup> )	U-arvon parannus %	Kustannusten nousu %	Lämmitysenergian säästö €/vuosi
0.	125+50	0,24	0	0	0
1.	125+50+50	0,17	29	25	- 52
2.	125+50+100	0,14	42	34	- 83
3.	passiivitalo 425	0,10	58	59	-

Tuloksista voidaan havaita, että lämmöneristeen kustannusnousu, siirryttäessä nykyisiin rakennusmääräyksiin 2010 alussa, on noin kolmasosa. Kustannuksia on vaikea arvioida tarkalleen, koska lämmöneristeitä on monenlaisia ja niiden paksuus, lämmönjohtavuus ja kustannukset vaihtelevat suuresti. Tarkkoja kustannusarvioita varten on oltava tiedossa rakenteessa käytetyt materiaalit.

Yläpohjan lämmöneristyksessä käytetään puhallus- ja/tai levyvillaa. Taulukossa 6 on tarkkailtu puhallusvillan paksuuden vaikutusta U-arvoon ja kustannuksiin. Taulukon 6. mainituissa U-arvoissa ei ole huomioitu kantavien rakennusosien lämmönläpäisykerrointa heikentävää vaikutusta.

TAULUKKO 6. Yläpohjan lämmöneristeen paksuuden vaikutus.

Nro.	Lämmöneristys	U-arvo (kWh/m <sup>2</sup> )	U-arvon pa- rannus %	Kustannusten nousu %
0.	puhallusvilla 340mm	0,12	0	0
1.	puhallusvilla 400mm	0,10	17	15
2.	puhallusvilla 450mm	0,09	25	24
3.	puhallusvilla 500mm	0,08	33	32

Alapohjan lämmöneristeen määrän kustannusvaikutuksia on tarkkailtu taulukossa 7. Lämmöneristystä lisäämällä saadaan rakenteen U-arvo rakennusmääräysten mukaisiksi. Taulukossa 7. rakenteen U-arvoa on parannettu ainoastaan lisäämällä eristeen paksuutta. Rakenteen runkona on Sudenmarja 6:n maanvarainen alapohja. Numero 1 täyttää nykyiset vaatimukset ja numero 2 passiivitalon alapohjan.

TAULUKKO 7. Alapohjan lämmöneristeen paksuuden vaikutukset.

Nro.	Lämmöneristys	U-arvo	U-arvon pa- rannus %	Kustannusten nousu %
0.	eriste 150mm	0,20	0	0
1.	eriste 200mm	0,15	25	25
2.	eriste 350mm	0,094	53	60

## 7.2 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden kustannus- ja U-arvo vertailussa on neljä saman valmistajan eri energiatehokkuuksista ikkunaa. Taulukosta 8 näkyy yksinkertaisesti jokaisen ikkunan energialuokka, U-arvo ja prosentteina muutos hinnassa ja lämmönläpäisykertoimessa ikkunatyypin 0 verrattuna. Ikkunatyypit 1-3 täyttävät vuonna 2010 voimaan tulleet rakentamismääräykset. Viimeisen ikkunatyypin U-arvo 0,76 kWh/m<sup>2</sup> täyttää passiivitalon vaatimuksen.

TAULUKKO.8 Ikkunan lämmönläpäisykertoimen vaikutus kustannuksiin

Nro.	Tyyppi	Energialuokka	U-arvo (kWh/m <sup>2</sup> )	U-arvon muutos (%)	Hinnan muutos (%)
0.	Gamma	B	1,2	0	0
1.	Beetta	A	0,86	28	10
2.	Alfa G+	A	0,82	32	26
3.	Alfa GE+	A	0,76	37	32

Taulukossa 9 on kolme saman valmistajan eri ovityyppejä. Numerot 1 ja 2 täyttävät tämän hetken rakentamismääräykset ja ovityyppi 2 on täyttää myös passiivitalon vaatimukset.

TAULUKKO 9. Ovien lämmönläpäisykertoimen vaikutus kustannuksiin.

Nro.	Tyyppi	U-arvo (kWh/m <sup>2</sup> )	U-arvon pa- rannus (%)	Hinnan muu- tos (%)
0.	Gamma	1,08	0	0
1.	Beetta	0,84	23	15
2.	Alfa	0,69	36	25



## 8 RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET 2012

Suomen rakennusmääräyskokoelmaan tulee uudistuksia 1.7.2012 alkaen. Uusien rakennusmääräysten myötä siirrytään uudisrakennuksessa kokonaisenergiatarkasteluun. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen energiatehokkuudessa otetaan huomioon rakennuksen käyttämä energia ja sen tuotantomuoto. Uutta kokonaisenergiatarkastelua ilmaistaan E-luvulla, joka kertoo rakennuksen kokonaisenergiakulutuksen ylärajan. E-luvun yläraja vaihtelee talotyypin lisäksi pientaloissa pinta-alan mukaan. Kokonaisenergiatarkastelussa otetaan nyt lämmityksen lisäksi huomioon asiat, kuten valaistus, ilmanvaihto ja lämmin vesi. Uudistukset suosivat lämmitysenergian muotoina uusiutuvia energialähteitä ja kaukolämpöä. Kokonaisenergiatarkastelu tuo muutoksia myös suunnittelun vapauteen, yksityiskohtien sijasta keskitytään energiatehokkuuteen kokonaisuutena. Kokonaisvaltaisesti uudistuksilla pyritään noin 20 % parannuksiin tämänhetkisistä rakennusmääräyksistä. Tavoitteena on myös hillitä rakennuksen käyttökustannuksia pienentämällä energian kulutusta, energian hinnan noustessa. (Ympäristöministeriö)

E-luku tulee olemaan yksikköä kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Pientaloille E-luku on nettopinta-alasta riippuen 130–204 kWh/m<sup>2</sup>. Pientaloille joiden A<sub>netto</sub> on pienempi kuin 120m<sup>2</sup> E-luku on 204 kWh/m<sup>2</sup>. Hirsirakennuksille E-luku on suurempi. Energiamuodoista kannattavimmat ovat rakennuksessa käytetyt uusiutuvat polttoaineet kertoimella 0,5 ja kaukolämpö 0,7. Suurimmat kertoimet ovat fossiilisilla polttoaineilla 1,0 ja sähköllä 1,7.(D3 2012 s.8-9)

Rakennusten suunnittelulle uudet määräykset antavat lisää vapautta. Käyttöön tulevat muutokset mahdollistavat erilaisia rakennusratkaisuja. Suora sähkölämmitys tulee olemaan suurikertoimisin lämmitysmuoto. Tällöin pientaloon suunnitellaan esimerkiksi varaava takka ja matalaenergiatason vaippa, jotta saadaan kokonaisenergiamäärä sallittuihin rajoihin. Vastaavasti rakennuksen vaipassa voidaan käyttää heikompa energiatehokkuutta, mikäli lämmitysmuoto on kaukolämpö ja/tai uusiutuvat energialähteet.

Uusien rakennusmääräysten tuomat investointikustannukset tulevat olemaan pienet verrattuna vuonna 2010 voimassa tulleisiin rakennusmääräysmuutoksiin. Joissakin rakennuskohteissa voidaan jopa tehdä säästöjä. Määräyksillä pyritään kaiken kaikkiaan viemään rakennusala uudistuksiin ja energiatehokkuudessa aivan uudelle tasolle.

Kaikkia suunniteltuja muutoksia ei tullut lopulliseen rakennusmääräysuudistukseen. Vaatimus uusiutuvan energian käytöstä siirtyi seuraavaan rakennusmääräysten uusintaan. Sähköenergian kerrointa ja loma-asuntojen vaatimuksia lievennettiin, sekä rakennusala sai lisää aikaa uusiin määräyksiin siirtymiseen. (Ympäristöministeriö 2011.)

## 9 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö sijoittuu keskelle aikaa, jolloin rakennusalalla tapahtuu muutoksi nopeassa tahdissa. Mallirakennus Sudenmarja 6 on suunniteltu vanhojen rakennusmääräysten mukaisesti, rakennettu suurimmaksi osaksi tämänhetkisten määräysten aikana ja ensi vuonna on tulossa jälkeen suuria muutoksia määräyksiin. Kaiken kaikkiaan Sudenmarja 6 on ajanmukainen muuten paitsi ylä- ja alapohjan sekä ulkoseinän eristeiden paksuudessa. Lisäämällä eristekustannuksia noin neljäsosalla Sudenmarja 6 täyttäisi tämän hetken pientalon rakentamismääräykset. Lisäeristyslaskurin arvion mukaan 50 mm eristelisäyksellä vuodessa säästettäisiin 52 € Sudenmarja 6:n tämän hetken kaukolämpöhinnalla. Karkeasti laskettuna vuotuisilla säästöillä maksetaan lisäeristyksen investointikustannukset noin 14 vuodessa.

Rakennuksen vaipan kustannusvertailuissa voi päätellä, että rakennuksen ovissa ja ikkunoissa ei ole hyödyllistä säästää kustannuksissa energiatehokkuuden takia. Ovien ja ikkunoiden asentamisestakaan ei muodostu lisäkustannuksia, sillä määrä ei lisäännä, toisin kun ulkoseinien sekä ylä- ja alapohjan rungon ja eristeiden lisääminen aiheuttaa työkustannusten nousua. Ilmanvaihtojärjestelmä on rakennuksen osa, jossa ei kannata säästää. Koneen laatu ja toiminta on koko rakennuksen toiminnan kannalta tärkeää. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton hyötysuhde on kannattavaa olla hyvä, varsinkin tulevia rakentamismääräyksiä ajateltaessa.

Tulevan kokonaisenergiatarkkailun seurauksena on hyvä alkaa kiinnittää huomiota vaihtoehtoisten energiamuotojen vaikutusta pientalon kustannuksiin. Tällä hetkellä varmasti yleisin uusiutuvan energian muoto pientaloissa on perinteisesti varaava takka. Muita vastaavia pääenergiälähteen rinnalle tuotavia lämpöenergian lähteitä on esimerkiksi aurinkoenergia. Aurinkoenergian hyödyntämistä rakennuksen lämpöenergian lähteenä kehitellään koko ajan paremmaksi. Yksi varteen otettava lisäenergian muoto on lämmittää käyttövettä aurinkoenergialla. Vielä on kyseenalaista, päästäänkö lämmityssäästöillä investointikustannuksissa plussan puolelle,

kun ollaan näillä leveyspiireillä ja laitteiden teholla ja käyttöiällä. Odotettavissa on kuitenkin aurinko- ja tuulienergian lisääntymistä pientalorakentamisen tasolla.

Enää jää nähtäväksi, kuinka tulevat rakentamismääräykset vaikuttavat itse rakennusyhtiöihin. Oletettavissa on, että kokonaisenergiatarkastelun tuomat muutoksia vahvistavat talotehtaiden asemaa ja vaikeuttavat työmaalla alusta asti rakentavien yritysten toimintaa yksinkertaisesta siitä syystä, että tekninen suunnittelu on niin pitkälle vietyä, että osaavia ammattilaisia ei ole tarpeeksi kaikkiin yrityksiin.

## LÄHTEET

- D3 2012. 30.3.2012. Rakennuksen energiatehokkuus: Määräykset ja ohjeet 2012. [WWW-dokumentti]. Valtioneuvosto: Ympäristöministeriö. [Viitattu 5.4.2011]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126231&lan=fi>
- Lämmin käyttövesi. 7.12.2010. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. [WWW-dokumentti]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energian kayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi)
- Lämmön tarve. 1.11.2011. Mihin lämpöä tarvitaan?. [WWW-dokumentti]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/mihin\\_lampoa\\_tarvitaan/](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan/)
- Matalaenergiatalo. 30.3.2011. Matalataloenergia. [WWW-dokumentti]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavana: [http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva\\_tietaa/matalaenergiatalo](http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/matalaenergiatalo)
- Motiva Oy. 28.12.2010. Energiatodistus. [WWW-dokumentti]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 21.3.2011]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiatodistus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiatodistus)
- Nolla- ja plusenergiatalo. 30.3.2011. Nolla- ja plusenergiatalo. [WWW-dokumentti]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavana: [http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva\\_tietaa/nolla\\_ja\\_plusenergiatalo](http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/nolla_ja_plusenergiatalo)
- Ojanen, T..2009. Rakentajainkalenteri 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Passiivitalo-konsepti. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. Vantaa: Paroc Oy Ab. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavana: [http://www.energiaviisastalo.fi/img/kuvapankki/file/passiivitalo\\_referaatti\\_fi\\_lores.pdf](http://www.energiaviisastalo.fi/img/kuvapankki/file/passiivitalo_referaatti_fi_lores.pdf)
- RT 08-10917. 2008. Rakennuksen lämpöhäviöiden taseuslaskenta. Helsinki: Rakennustietosäätiö
- RT 56–10591. 1995. Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät. Helsinki: Rakennustietosäätiö

RT 83–11010. 2010. Yläpohjarakenteita. Helsinki: Rakennustietosäätiö

RT 83–11009. 2010. Alapohjarakenteita. Helsinki: Rakennustietosäätiö

RT RakMK-21217. 2003. C4 lämmöneristys. Helsinki: Suomen rakennusmääräyskokoelma

RT RakMK-21402. 2010. C3 Rakennuksen lämmöneristys. Helsinki: Suomen rakennusmääräyskokoelma

RT RakMK-21424. 2010. D3 Rakennuksen energiatehokkuus. Helsinki: Suomen rakennusmääräyskokoelma

RT RakMK-21429. 2010. D2 Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki: Suomen rakennusmääräyskokoelma

Ympäristöministeriö. 30.3.2011. Uuden rakentamisen energiamääräykset annettu. [WWW-dokumentti]. Valtioneuvosto: Ympäristöministeriö. [Viitattu 5.4.2011]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380147&lan=fi&clan=fi>

## LIITTEET

Liite 1. Ulkoseinä, puurunko, puuverhous  $U= 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 2. Yläpohja, vino ja  $U= 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 3. Yläpohja, tuulettuvailmatila, märkätila ja  $U= 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 4. Yläpohja, tasakatto ja  $U= 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 5. Ulkoseinä, kevytbetoniharkko, tiiliverhous ja  $U= 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 6. Ulkoseinä, kellari, saunatila ja  $U= 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 7. Ikkunapoikkileikkauksia ja lyhenteitä

Liite 8. Alapohja, maanvarainen ja  $U= 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 9. Alapohja, ryömintätila  $U= 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Liite 10. Asuntojen ilmavirtauksia

Liite 11. Lämpöhäviön tasaustaulukko

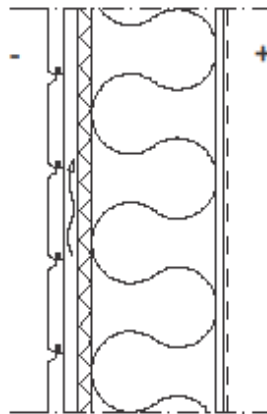
## LIITE 1.

RT 82-11006

ohjeet - 24

Rakennuskohde	Puurunkoinen seinä Mineraalivillaeriste Puuverhous	RT US 701
Suunnittelija		US

Mittakaava 1:10



## Rakennekerrokset:

28 mm	Pintakäsittely rakennusselostuksen mukaan
22...25 mm	Ulkoverhous rakennusselostuksen mukaan, ulkoverhouslautaa (vähintään 24 mm)
	Tuuletusväli
25 mm	Pystylaudat, 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
223 mm	Tuulensuoja, mineraalivilla, $\lambda_{Design} = 0,033 \text{ W/mK}$
	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
	Lämmöneriste, 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design} = 0,036 \text{ W/mK}$
0,2 mm	Ilman- ja höyrönsulku, polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
9...15 mm	Rakennuslevy, esimerkiksi vaneri, lastulevy, kartonkipintainen kipsilevy
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

## Ohjeet:

Jos ulkoverhous tehdään pystyverhouslaudoin, asennetaan vaakasuuntaisten kiinnityslautojen alle (tuulensuojalevyn päälle) lisäksi vähintään 15 mm paksut rimat tuuletusvälin ilmankieron varmistamiseksi.

Tuulensuojalevynä voidaan käyttää esimerkiksi säänkestävää puukuitulevyä. Tuulensuojalevyt saumataan tiivistä lämmöneristeen tuotehyväksyntäpäätöksen mukaisesti.

Lämmöneristeenä voidaan käyttää esimerkiksi puhallettavaa puukuituvillaa.

Runkoa vasten, rakennuslevyn alle voidaan asentaa esimerkiksi 9 mm havuvaneri.

Ks. myös taulukko 1.

## Ominaisuudet:

Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$



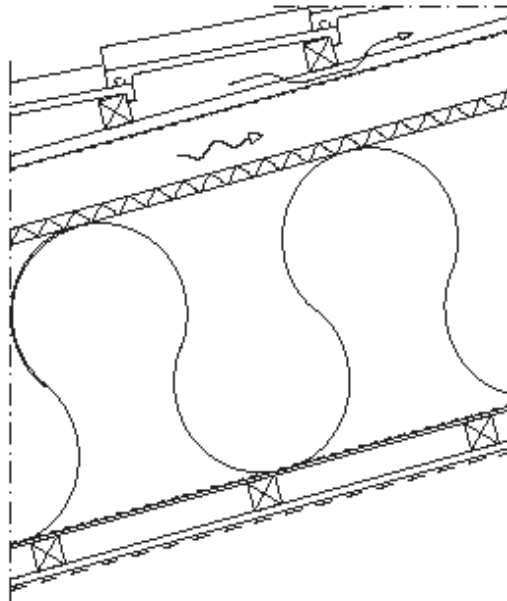
## LIITE 2.

RT 83-11010

ohjeet - 18

Rakennuskohde	Puupalkisto, vino Puukuitueriste Betonitiilikate	RT YP 701
Suunnittelija		YP

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

	Betonitiilikate rakennusselostuksen mukaan
	Ruoteet rakennusuunnitelman mukaan
22 mm	Tuuletusväli
	Korokerimat, 22x50..100 kattokannattajien kohdilla
	Aluskate
100 mm	Tuuletusväli
	Kantava rakenne rakennusuunnitelman mukaan, kattokannattajat
25 mm	Tuulensuoja, esim. kosteuden kestävä jäykkä puukuitulevy, $\lambda_{Design}=0,055$ W/mK
500 mm	Lämmöneriste, puukuituvilla, $\lambda_{Design}=0,041$ W/mK
	Ilman- ja höyrynsulku rakennusuunnitelman mukaan, saumat ilma- ja höyrytiivit
6 mm	Rakennuslevy, esim. puolikova puukuitulevy,
≥ 44 mm	Puukoolaus, tai ristiinlaudoitus 2x(22x100) k 400
	Kattoverhous ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Ohjeet:

Vesikaton suositeltava kaltevuus vähintään 1:4.

Vesikate voi olla myös esimerkiksi konesaumattu peltikate, muotolevy- tai bitumikermikate. Katon kaltevuus ja alusrakenteet suunnitellaan valitun katteen mukaan.

Lämmöneristeinä voidaan käyttää myös mineraalivillaa.

Kattokannattajien alapintaan kiinnitetty rakennuslevy tukee lämmöneristettä sekä ilman- ja höyrynsulkuun. Ilman- ja höyrynsulun jatkokset limitetään ja sijoitetaan kattokannattajien kohdille.

Ks. myös taulukko 1.

Ominaisuudet:

Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,09$  W/m<sup>2</sup>K  
Kattokannattajien kylmäsilta vaikutus on tarkistettava tapauskohtaisesti.  
Kattoverhous ei ole mukana laskelmissa.

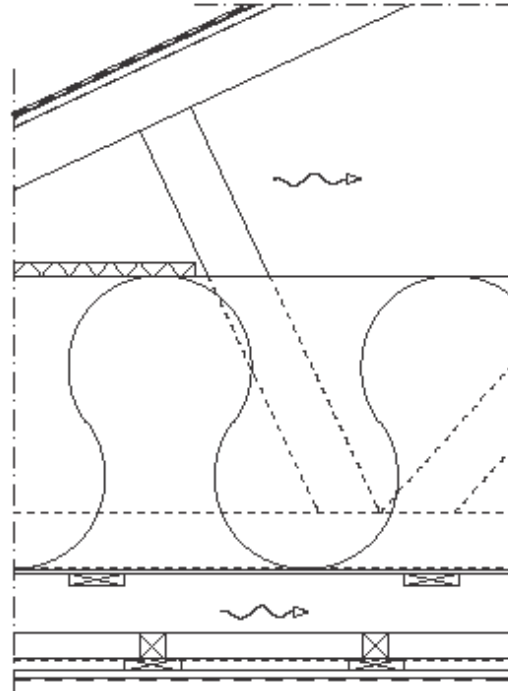
## LIITE 3.

RT 83-11010

ohjeet – 20

Rakennuskohde	Puuristikko, tuulettuva ilmatila Puukuitueriste	RT YP 703
Suunnittelija	Märkätilä	YP

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:	<p>15 mm Bitumikermitä rakennuslausekkeen mukaan</p> <p>≥ 100 mm Rakennuslevy rakennusuunnitelman mukaan, havuvaneri tai vähintään 20 mm:n raakapontti-laudoitus</p> <p>500 mm Tuuletusväli</p> <p>6 mm Kantava rakenne rakennusuunnitelman mukaan, kattoristikot</p> <p>≥ 22 mm Tuulensuoja, 1,2 m leveällä reunakaistalla tai tuulenohjain</p> <p>45...97 mm Lämmöneriste, puukuituvilla, <math>\lambda_{Design}=0,041</math> W/mK</p> <p>0,2 mm Ilman- ja höyrönsulku rakennusuunnitelman mukaan, saumat ilma- ja höyrytiivit</p> <p>≥ 22 mm Rakennuslevy, esim. puolikova puukuitulevy,</p> <p>Harvalaudoitus, 22x100 k 600</p> <p>Tuulettuva väli</p> <p>Puukoolaus, k 400</p> <p>0,2 mm Höyrönsulku, polyeteenimuovikalvo, saumat höyrytiivit</p> <p>≥ 22 mm Kiinnityslaudat, 22x100 k 400 / tuuletusrako</p> <p>Alakattoverhous ja pintakästäly huoneselosteen mukaan</p>
Ohjeet:	<p>Ks. YP 702 sekä taulukko 1.</p> <p>Alakaton yläpuolinen väliä yhdistetään tuuletusaukoin viereiseen huonetilaan. Väliä voidaan sijoittaa LVIS-asennuksia.</p> <p>Alakaton höyrönsulun liittymät seinän vedeneristeeseen sekä mahdolliset läpiviennit tiivistetään. Alakattoverhouksen kiinnityslaudat ja -tarvikkeet valitaan siten, ettei höyrönsulku vaurioidu kattoverhouksen asennuksen yhteydessä.</p> <p>Alakaton höyrönsulku voidaan korvata lämmöneristeen alapuolisella höyrönsululla, jolloin alakaton yläpuolisen välitilan tulee tuulettaa alapuoliseen huonetilaan.</p>
Ominaisuudet:	<p>Lämmönläpäisykerroin <math>U = 0,09</math> W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Kattokannattajien kylmäsilta vaikutukseksi on U-arvolaskelmissa arvioitu 0,02 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Vaikutus tarkistettava tapauskohtaisesti. Alakattoverhous ei ole mukana laskelmissa.</p>

1236 Yläpohjat

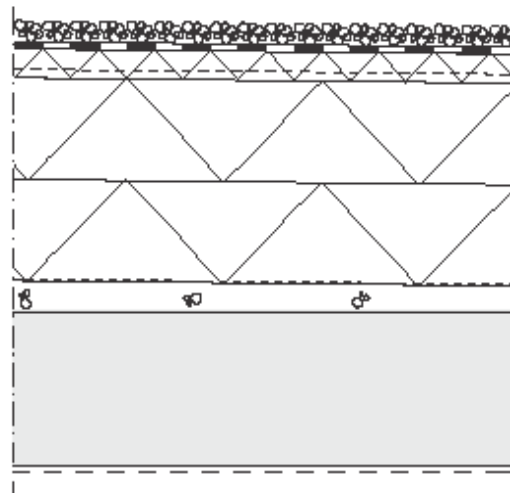
## LIITE 4.

RT 83-11010

ohjeet - 7

Rakennuskohde	Kantava betonirakenne Mineraalivillaeriste Bitumikermikate	RT YP 404
Suunnittelija		YP

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:	≥ 30 mm	Suojakiveys, ø 8...20 mm, vähintään 35 kg/m <sup>2</sup>
	50 mm	Bitumikermikate rakennesuunnitelman mukaan, käyttöluokka vähintään VE 40
	350 mm	Lämmöneriste, uritettu mineraalivilla, λ <sub>Design</sub> =0,039 W/mK, toimii laakerikerroksena
	≥ 20 mm	Höyrynsulku rakennesuunnitelman mukaan, saumat höyrytiivit
		Kallistusbetoni, kallistus vähintään 1:40, puuhierto
		Kantava betonirakenne rakennesuunnitelman mukaan
		Kattopinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan, vesihöyryä läpäisevä

**Ohjeet:** Kermikatteen vastakallistukset tehdään kevytbetonirouheella.

Laakerikerros ja alin kermi kiinnitetään mekaanisesti lämmöneristeen läpi kantavaan rakenteeseen rakennesuunnitelman mukaan.

Lämmöneristeenä voidaan käyttää myös polyuretaani- tai polystyreenieristeitä (laakerikerros mineraalivillaa). Laakerikerroksen tai lämmöneristeen tuuletusurat jatkuvina, tuuletus räystäällä ja alipaineventtiilein rakennesuunnitelman mukaan.

Laakerikerroksen tai lämmöneristeen uritus voidaan korvata paineentasauskermillä.

Paikallavaku- ja liittorakenteissa kallistusbetoni korvataan kantavan rakenteen yläpinnan kallistuksella.

Ks. myös taulukko 1.

**Ominaisuudet:** Paloluokka vähintään REI 60 kantavan rakenteen mukaan.

Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

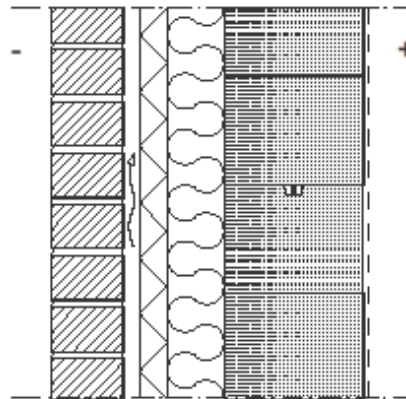
## LIITE 5.

RT 82-11006

ohjeet - 15

Rakennuskohde	Karkaistu kevytbetoniharkkoseinä Mineraalivillaeriste Tiiliverhous	RT US 502
Suunnittelija		US

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:	≥ 85 mm	Ulkooverhous rakennusselostuksen mukaan, säänkestävä tiilimuuraus ja saumat, muurauslaasti M100/500, muuraussiteet ruostumatonta terästä, vähintään 4 kg/l <sup>m<sup>2</sup></sup>
	≥ 30 mm	Tuuletusväli
	50 mm	Tuulensuoja, mineraalivilla, $\lambda_{Design} = 0,031$ W/mK
	100 mm	Lämmöneriste, mineraalivilla, $\lambda_{Design} = 0,032$ W/mK
	250 mm	Kantava rakenne rakennusuunnitelman mukaan, karkaistu kevytbetoniharkko liimasaumoin, tiheys 450 kg/m <sup>3</sup> , $\lambda_{Design} = 0,135$ W/mK
		Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Ohjeet:	<p>Julkisivumuuraus kiinnitetään lämpö- ja kosteusliikkeet sallivilla kiinnikkeillä/muuraussiteillä. Julkisivumuurauksen liikutasaumat ja kutistumiseräkkeet rakennusuunnitelman mukaan.</p> <p>Julkisivutien paksuus vähintään 130 mm yli 10 m korkeissa yhtenäisissä muurauksissa. Viirsoteelle alttiissa paikoissa ja räystättömissä rakennuksissa suositellaan käytettäväksi vähintään 130 mm paksua tiiltä.</p> <p>Julkisivumuurauksen taustan tuuletus liittymädetaljien tai rakennusuunnitelman mukaan. Tuuletusväliin tai eristetilaan joutunut vesi johdetaan ulos rakenteesta liittymädetaljien mukaisesti.</p> <p>Tuulensuoja- ja lämmöneristelevyt asennetaan saumat liimitään. Tuulensuojalevy saumataan tiiviisti tuotehyväksyntätapahtuksen mukaisesti.</p> <p>Sisäpuolisen pintakäsittelyn yhteydessä suositellaan käytettäväksi vahvistuskangasta kuivumiskutistumisesta mahdollisesti aiheutuvien tasoitepinnan hiushalkeamien vähentämiseksi.</p> <p>Ks. myös taulukko 1.</p>
---------	--

Ominaisuudet:	<p>Sisäkuoren paloluokka REI 240, kun sisäkuori kantava</p> <p>Lämmönläpäisykerroin <math>U = 0,16</math> W/m<sup>2</sup>K Lämmöneristeen kiinnikkeiden ja muuraussiteiden kylmäsiltaikutukseksi on laskelmassa arvioitu 0,016 W/m<sup>2</sup>K.</p>
---------------	--

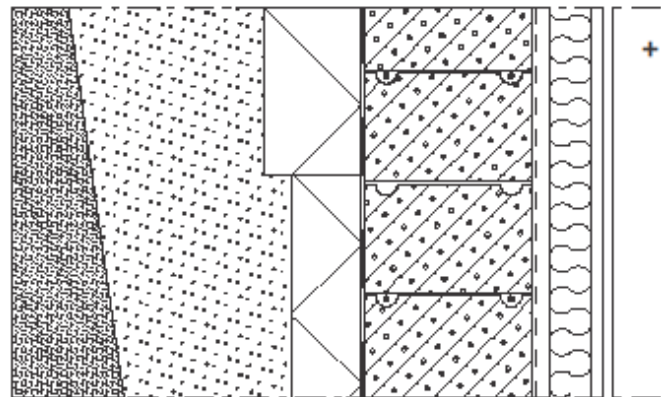
## LIITE 6.

RT 82-11006

ohjeet - 19

Rakennuskohde	Kevytsoraharkkoseinä Solupolystyreenieriste	RT US 506
Suunnittelija	Kellari Saunatila	US

Mittakaava 1:10



## Rakennekerrokset:

≥ 300 mm	Perus- tai täyttömää pohjarakennussuunnitelman mukaan, tiivistetty routimaton täyttö
125..175 mm	Salaojituskerros, raekoko e 6..16 mm
	Lämmöneriste, solupolystyreeni, $\lambda_{Design}=0,039$ W/mK, paksuus 175 mm 0..1 m maanpinnan alapuolella, muualla 125 mm
	Vedeneriste, yksinkertainen kumibitumikermi, kiinnitys hitsaamalla
290 mm	Tasolite, vedeneristeen alustan tasoitus oikaisulaastilla
	Kantava rakenne rakennussuunnitelman mukaan, kevytsoraharkko, $\lambda_{Design}=0,210$ W/mK, muurauslaasti M100/500, rakosaumat
	Tasolite, sementtipohjainen
≥ 25 mm	Tuuletusväli, auki lämpimään tuulettuvaan tilaan
75 mm	Pystylaudat, 25 mm, koolausten kohdilla
	Pystykoolaus, 50x75 k 600
	Lämmöneriste, mineraalivilla
≥ 22 mm	Höyrynsulku, kuumuutta kestävä alumiiniitiivistyspaperi, saumat höyrytviit
	Tuuletusväli
≥ 18 mm	Kiinnityslaudat, 22 mm koolausten kohdilla
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan, sisäverhouslaut

## Ohjeet:

Lämmöneristyslevyt liimataan alustaan bitumilla B95/35. Pintalämpötila levyjä asennettaessa enintään 130 °C.

Kumibitumikermin yläreunan kiinnitys varmistetaan mekaanisesti.

Vedeneristeen alustan tulee tasaisuudeltaan vastata puuhierrettyä pintaa.

Radonalucilla rakenne ja sen liittymät tiivistetään rakennussuunnitelman mukaan.

Sisäpuolisen eristetyin seinärakenteen alle muurataan vähintään 150 mm korkea kiviaineinen sokkeli. Seinän höyrynsulku liitetään tiiviisti lattian vedeneristykseen.

Ks. myös taulukko 1.

## Ominaisuudet:

Paloluokka  
EI 240, kun rakenne ei-kantava  
REI 240, kun rakenne kantava

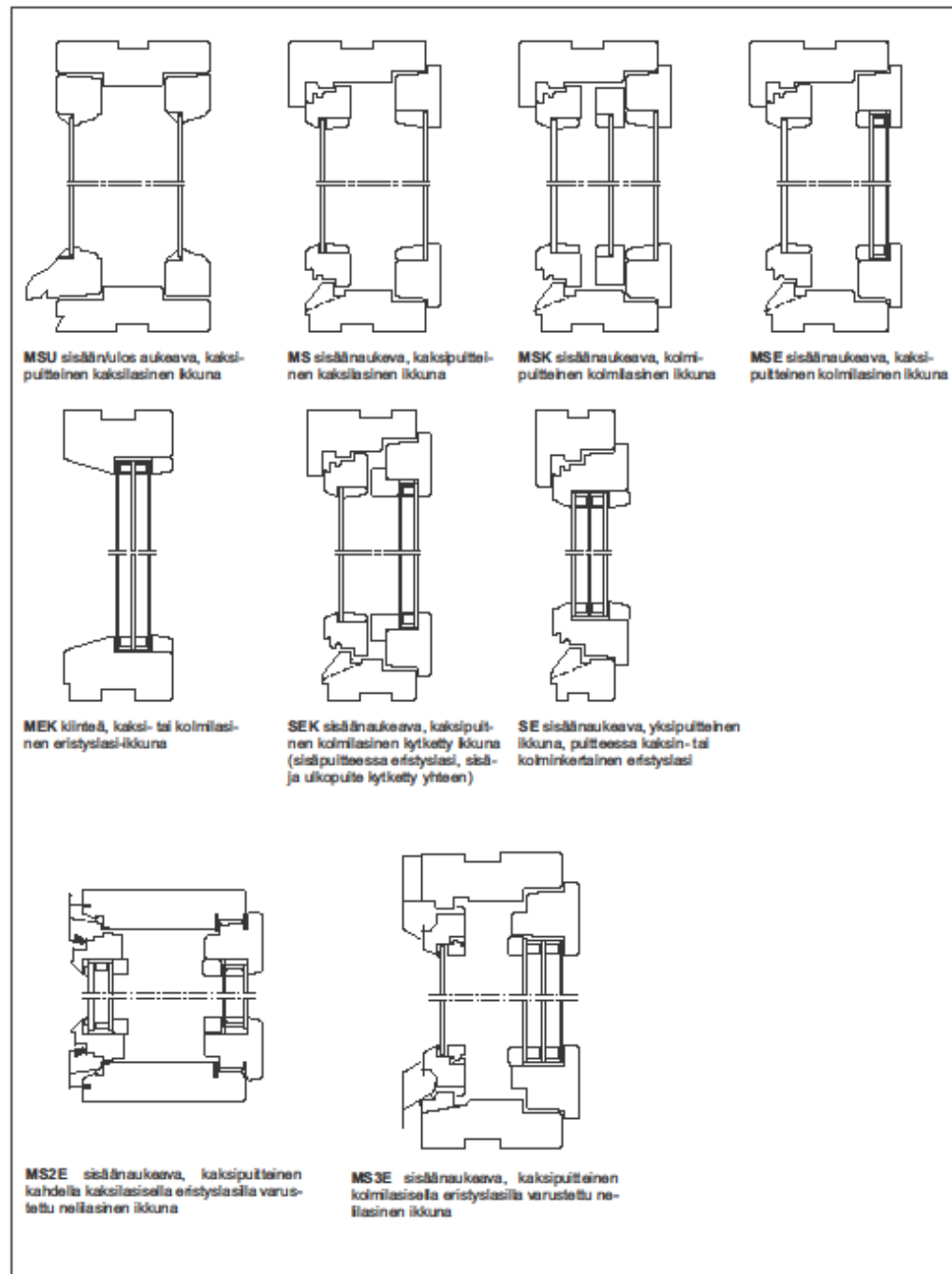
Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,16$  W/m<sup>2</sup>K  
U-arvo laskettu ilman kevytsoraharkon sisäpuolisia eriste- ja rakennekerroksia.

## LIITE 7.

3

ohjetiedosto

RT 41-10947



Kuva 4.

ikkunan poikkileikkauksen mukaan voidaan ikkunoista käyttää ikkunanpuitteiden ja lasien lukumäärän perusteella kuvassa esitetyjä lyhenteitä. Puitteet voivat olla erillisaranoituja tai yhteenkytkettyjä tai näiden yhdistelmiä. Lasit voivat olla erillisilaseja tai useampilasisia eristyslasielementtejä tai näiden yhdistelmiä. Tuuletusluukku kuvataan lyhenteellä TL ja tuuletusikkuna lyhenteellä TI. Mittakaava 1:5.

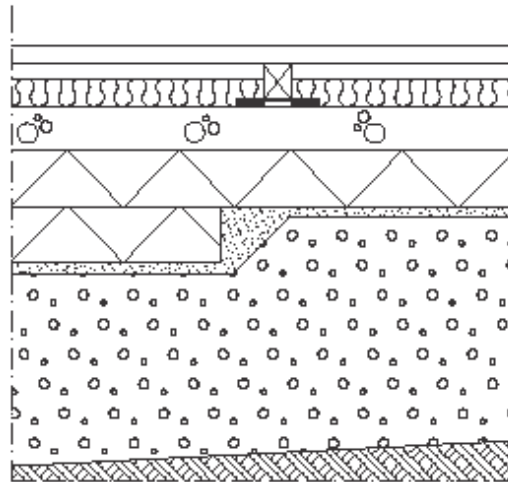
## LIITE 8.

RT 83-11009

ohjeet - 22

Rakennuskohde	Betonilaatta, maanvarainen Alapuolinen lämmöneriste Yläpuolinen lisäeriste, lautalattia	RT AP 419
Suunnittelija		AP

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:	28...33 mm	Lattialaudoitus ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan, pontattu lattialauta
	25 mm	Ilmarako
	75 mm	Koolaus, 50x75 k600, alla bitumikerrikaista/vaimennuskerros (50 mm) mineraalivilla tai puukuituvilla
	80 mm	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetonilaatta, by 45, pintahierro
	100 mm	Suodatinkangas, saumat limitetty ja teipattu
		Lämmöneriste, polystyreeni, $\lambda_{Design} = 0,036 \text{ W/mK}$ , pontatut levyt tai kaksikeräiset levyt, 1 m:n reuna-alueella 200 mm
	20 mm	Tasaushiekka
		Suodatinkangas
	$\geq 300 \text{ mm}$	Salaojituskerros, raekoko $\phi 6...16 \text{ mm}$ , koneellisesti tiivistetty
		Perusmaa pohjarakennesuunnitelman mukaan, hiekka tai moreeni, kallistus salaojiin vähintään 1:50

Ohjeet:

Lattian ilmarako yhdistetään jalkalistan kautta huonetilaan.

Puulattian laajenemisvarat otettava huomioon.

Ks. myös taulukko 1.

Ominaisuudet:

Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U$ -arvo reuna-alueella =  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Betonilaatan yläpuolinen vaimennuskerros ei ole mukana  $U$ -arvolaskelmassa.

1221 Alapohjalaatat

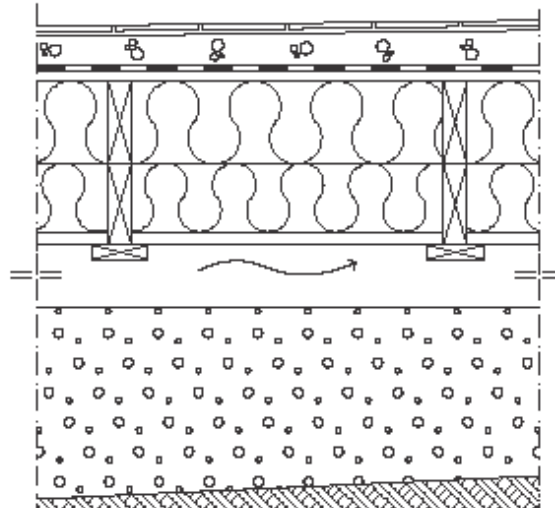
## LIITE 9.

RT 83-11009

ohjeet - 26

Rakennuskohde	Puupalkisto, ryömintätila Mineraalivillaeriste Pintabetoni	RT AP 704
Suunnittelija	Märkätila, laatoitus Vedeneriste pintalaatan alla	AP

Mittakaava 1:10



## Rakennekerrokset:

50...90 mm	Lattianpäällyste huoneselosteen mukaan, laatoitus Kinnityslaasti, vedenkestävä Teräsbetonilaatta, by 45 luokka A-4-30, pintahierto / hionta vedeneristeen valmistajan ohjeiden mukaan (mukavuuslattialämmityskaapelit tai -putket), suositeltava kallistus 1:80 (vähintään 1:100), kaivojen läheisyydessä 1:50 Vedeneriste, 2-kertainen kumibitumikermi, vedeneriste suositellaan nostettavaksi seinille 150 mm (vähintään 100 mm) valmista lattiapintaa ylemmäksi, liittymän seinän vedeneristykseen oltava yhtenäinen
18 mm	Rakennuslevy, ympäröintattu havuvaneri, liima- ja ruuviinnitys
294 mm	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, vaunapalkki 42x(147+147) Lämmöneriste, 269 mm, palamaton tai lähes palamaton eriste, esim. mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036 \text{ W/mK}$
22...25 mm	Tuulensuoja, 25 mm, esim kosteuden kestävä jäykkä puukuitulevy $\lambda_{Design}=0,055 \text{ W/mK}$
$\geq 800 \text{ mm}$	Harvalaudottus, 22...25x100 lattiakannattajien alapinnassa
$\geq 300 \text{ mm}$	Ryömintätila, tuuletussukkojen määrä 4...8‰ ryömintätilan pinta-alasta Salaojituskerros, raekoko $\phi 6...16 \text{ mm}$ Suodatinkangas, käyttöluokka N2, savi- ja silttimaila Perus- tai täyttömaa pohjarakennussuunnitelman mukaan, kallistus salaojiin vähintään 1:50

## Ohjeet:

Pontattu havuvaneri toimii alapohjaa jäykistävänä levynä ja runkoviheen työskentelytasona. Muuta palkistoa matalampi (ja tiheämpi) palkisto mahdollistaa märkätilan ja kuivan tilan lattiapintojen sovitamisen likimain samaan tasoon. Lattiakannattajina voidaan käyttää myös liimapuu-, viikupuu-, uumalevyvalkkeja, ristikoita, tms.

Tuulensuoja tehdään ilmatiiviiksi ja tuetaan niin, ettei siihen ajan myötä muodostu haitallista taipumaa.

Putkistojen kohdalla ryömintätilan korkeus vähintään 1200 mm.

Ks. myös taulukko 1.

## Ominaisuudet:

Paloluokka vähintään REI 60  
Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

1221 Alapohjalaatat



## LIITE 10.

RT RakMK-21429 KH RakMK-10555 LVI RakMK-00421 SIT RakMK-620063

säännökset - 15

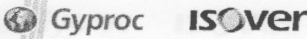
## Taulukko 1. Asuinnakennukset

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistollimavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 l/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisesti. Pienten asuntojen poistollimavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttäjän ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 l/h ja poistollimavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistollimavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistollimavirrat mitoittaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 l/h. Suurten asuntojen poistollimavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 l/h.

Tila/käyttötarkoitus	Ulkkoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)/hio	Ulkkoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistollimavirta dm <sup>3</sup> /s	Äänitaso L <sub>Aeq,T</sub> /L <sub>Amax</sub> dB	Ilman nopeus tai v m/s	Huomi
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		<b>28/33*</b>	0,20	*C1 määräys
Kelltti		#5	8 #A	<b>33/38*</b>	0,20	*C1 määräys
- käyttäjän tehostus		#5	25	33/38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#5	3	33/38		
Kylpyhuone		#5	10 #B	38/43	0,20	
- käyttäjän tehostus		#5	15	38/43	0,20	
WC		#5	7 #B	33/38		
- käyttäjän tehostus		#5	10	33/38		
Kodinhuone		#5	8	33/38	0,30	
- käyttäjän tehostus		#5	15	33/38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m <sup>2</sup> #C	33/38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38/43		
Varastot		0,35	0,35/m <sup>2</sup>	43/48		
Kylmäkellari (myös asunto- kylmiö, jos pinta-ala > 4 m <sup>2</sup> )		0,2	0,2/m <sup>2</sup>	43/48		
Pukuhuone		2	2/m <sup>2</sup>	33/38	0,20	
Pesuhuone		3	3/m <sup>2</sup>	43/48	0,20	
Saunan kylpyhuone		2	2/m <sup>2</sup>	33/38		
Talopesula		1	1/m <sup>2</sup>	43/48		
Kulvaushuone		2 #D	2/m <sup>2</sup> #D	43/48		
Askarteluhuone, kerho huone		1 #E	1/m <sup>2</sup> #E	33/38	0,20	
<p>#A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm<sup>3</sup>/s.</p> <p>#B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttäjän tehostuksen mukainen.</p> <p>#C Kuitenkin vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistollimavirta.</p> <p>#D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankulvalinta.</p> <p>#E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.</p> <p>#5 Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtollimavirralla.</p>						

## LIITE 11. (1/2)

Laajennettu versio 2.0.3 (D3-2007)



**Rakennuskohde:** Kurjenmäen Rakennus Oy Omakotitalo, Sudenmarja 6

**Rakennuslupatunnus:**

**Rakennustyyppi:** 1-kerroksinen pientalo

**Pääsuunnittelija:**

**Tasauslaskelman tekijä:**

**Päiväys:**

**Tulos:** Suunnitteluratkaisu

**TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET**

G1: Valoaukon pinta-ala on asuinhuoneissa vähintään 10 % lattia-alasta:  on


**Rakennuksen yleisetiedot**

Rakennustilavuus	423	rak-m <sup>3</sup>	<b>Laskentatuloksia / huomioita</b>	
Maanpäälliset kerrosalat yhteensä	128	krs-taso-m <sup>2</sup>	- Ikkunapinta-ala on 13 % maanpäällisestä kerrosalasta	
Huoneala	117	m <sup>2</sup>	- Ikkunapinta-ala on 12 % julkisivun pinta-alasta	
Julkisivujen pinta-ala	140	m <sup>2</sup>	- Lämpöhäviö on 65 % vertailutasosta (lämpimät tilat)	
Kerroskorkeus	3,0	m		
Huonekorkeus	2,6	m		
Ilmatilavuus, lämpimät tilat	310	m <sup>3</sup>		
Ilmatilavuus, puoliämpimät tilat		m <sup>3</sup>		

**Perustiedot**

RAKENNUSOSAT	Pinta-alat, m <sup>2</sup>		U-arvot, W/(m <sup>2</sup> *K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
<b>Lämpimät tilat</b>							
Julkoseinä 1	114,9	117,0	0,24	0,60	0,24	27,6	28,1
Julkoseinä 2			0,24	0,60		-	-
Julkoseinä 3			0,24	0,60		-	-
Yläpohja 1	131,0	131,0	0,15	0,60	0,12	19,7	15,7
Yläpohja 2			0,15	0,60		-	-
Yläpohja 3			0,15	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,15	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,19	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)	131,0	131,0	0,24	0,60	0,22	31,4	28,2
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,60		-	-
Ikkunat 1	19,2	17,1	1,40	1,80	0,70	26,9	12,0
Ikkunat 2			1,40	1,80		-	-
Ilko-ovet	5,9	5,9	1,40	-	1,00	8,3	5,9
Kattoikkunat			1,50	1,80		-	-
<b>Lämpimät tilat yhteensä</b>	<b>402,0</b>	<b>402,0</b>				<b>113,8</b>	<b>89,8</b>
<b>Puoliämpimät tilat</b>							
Julkoseinä			0,38	0,60		-	-
Yläpohja			0,28	0,60		-	-
Alapohja			0,28	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,34	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,34	0,60		-	-
Ikkunat			1,80	2,80		-	-
Ilko-ovet			1,80	-		-	-
Kattoikkunat			1,80	2,80		-	-
<b>Puoliämpimät tilat yhteensä</b>	<b>-</b>	<b>-</b>				<b>-</b>	<b>-</b>
<b>VAIPAN ILMAVUODOT</b>							
	Vaipan ilmanvuotoluku, [n50]		Vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s [qv,v = n50/25 x V/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H <sub>vuotoilma</sub> = 1200 x q <sub>v,v</sub> ]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	4,00	4,00	0,0138	0,0138	16,5	16,5	
Puoliämpimät tilat	4,00		-	-	-	-	
<b>ILMANVAIHTO</b>							
	Poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s [qv,p]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [ηa]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H <sub>v</sub> = 1200 x q <sub>v,p</sub> x (1-h <sub>v</sub> )]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,059	30	85	49,6	10,6	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0	0	-	-	
Puoliämpimät tilat			30		-	-	
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0	0	-	-	
<b>Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus</b>							
					Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H <sub>ohi</sub> + H <sub>vuotoilma</sub> + H <sub>v</sub> ]		
	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä	180	117					
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä	-	-					

1) Lämpimissä tiloissa ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan arvolla 0,8 RakMk:n osan D3 mukaisesti. Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.



Lähde: RakMk D3-2007

## LIITE 11. (2/2)

Laajennettu versio 2.0.3 (D3-2007)

**Gyproc ISOVER**

**Rakennusohde:** Kurjenmäen Rakennus Oy Omakotitalo, Sudenmarja 6

---

**Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista**

Pinta-alat (osa C3):	Täyttykö?		Rajaarvo	Toteutunut arvo
	kyllä	ei		
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrosalasta	x		15%	15%
Vertailuikkunapinta-ala on enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	x		50%	14%
Valoaukon pinta-ala on asuinhuoneissa vähintään 10 % lattia-alasta (osa G1)	x		(suunnittelijan ilmoitus)	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuisissa				
- lämpimissä tiloissa	x			
- puoliämpimissä tiloissa				

---

**Rakennusosien U-arvot ja johtumislämpöhäviö (osa C3)**

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	Täyttykö?		Enimmäisarvo	Toteutunut arvo
	kyllä	ei		
Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1.2	x			
- lämpimissä tiloissa	x		1,2	0,79
- puoliämpimissä tiloissa			1,2	

---

**Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)**

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	Täyttykö?		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo
	kyllä	ei		
- lämpimissä tiloissa	x		180 W/K	117 W/K
- puoliämpimissä tiloissa			-	-
<b>Täyttääkö suunnitelmaratkaisu rakennuksen lämpöhäviövaatimukset?</b>	x			

---

**Lisäselvitykset**

**Rakennuksen vuotoilma (osa D3)**  
Jos Lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n50 suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä lisäselvitys

**Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)**  
Jos lämpöhäviölaskelmissa LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvo on suurempi kuin 30%, on vuosihyötysuhteesta esitettävä lisäselvitys

---

**Matalaenergiarakentamisen lämpöhäviötaso**

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 60% vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä	Täyttykö?		60% vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo
	kyllä	ei		
- lämpimissä tiloissa		x	108 W/K	117 W/K
- puoliämpimissä tiloissa			-	-
<b>Täyttääkö suunnitelmaratkaisu matalaenergiarakentamisen lämpöhäviövaatimukset?</b>		x		

**SAINT-GOBAIN**  
RAKENNUS TUOTTEET OY

Lähde: RakMk D3-2007