

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto
Dmitri Putskov

Opinnäytetyö

Talopakettin ulkoseinä- ja yläpohjarakenteen kehittäminen

Työn ohjaaja:
Työn tilaaja:
Tampere 4/2010

diplomi-insinööri Tero Markkanen
Helmitalo Oy

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Rakennustuotanto

| | |
|-----------------|--|
| Tekijä | Putskov Dmitri |
| Työn nimi | Talopakettien ulkoseinä- ja yläpohjarakenteen kehittäminen |
| Sivumäärä | 42 sivua + 15 liitesivua |
| Valmistumisaika | toukokuu/2010 |
| Työn ohjaaja | diplomi-insinööri Tero Markkanen |
| Työn tilaaja | Helmitalo Oy |

TIIVISTELMÄ

Raportin laatijan opinnäytetyön aiheena oli kehittää Helmitalo Oy:n valmistamien talopakettien ulkoseinä- ja yläpohjarakennetta siten, että ne vastaisivat lämmönläpäisyominaisuuksiltaan vuoden 2010 tammikuussa voimaan astuneita määräyksiä rakennusosien lämmönläpäisyarvoille.

Uusien rakenteiden oli poikettava vanhoista mahdollisimman vähän niin mitoiltaan kuin myös kustannuksiltaan. Suunnittelutyössä otettiin huomioon eri materiaalien lämmönläpäisyominaisuudet ja hinta ja pyrittiin suunnittelemaan uusista rakenteista mahdollisimman edulliset määräysten minimivaatimukset täyttävät rakenteet.

Rakenteiden suunnittelun lisäksi selvitettiin, täyttääkö talopaketti myös koko rakennukselle asetetut ominaislämpöhäviön minimivaatimukset. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimia määritettäessä käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjetta ja ominaislämpöhäviö selvitettiin osan D3 ohjeita noudattavalla, Ympäristöministeriön toimeksiannosta laaditulla valmiilla laskentataulukolla.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin neljä uutta ulkoseinä- ja yksi uusi yläpohjarakenne, eli neljä eri rakenneyhdistelmävaihtoehtoa, jotka vastaavat uusien määräyksiä vaatimuksia. Tilaajayrityksen päätettäväksi jää, käytetäänkö mitään näistä vaihtoehdoista uusien talopakettien tuotannossa.

TAMK University of Applied Sciences
Construction engineering, Construction management

| | |
|-------------------|---|
| Writer | Putskov Dmitri |
| Thesis | Upgrading constructions of exterior wall and roof for prefabricated detached house package. |
| Pages | 42 pages + 15 appendix pages |
| Graduation time | april/2010 |
| Thesis supervisor | Tero Markkanen, MSc |
| Thesis orderer | Helmitalo Oy |

ABSTRACT

Thesis main goal was to redesign constructions of exterior wall and roof Helmitalo Oy used before in their detached house packages to meet the new thermal insulation requirements for the constructions in question. New redesigned constructions had to be planned with two conditions in mind. They should not be much different from old, not by measures or price. Basically the task was to design constructions that would fill minimal requirements at lowest price possible.

Then it had to be checked, is the improving only wall and roof constructions enough to meet the requirements set for the combined thermal loss of the building. Four new exterior wall constructions and one new roof construction were designed as a final result. All combinations passed new requirements set for the combined thermal loss of the building. It is now up to Helmitalo Oy which one of the four combinations will be used in the production of new house packages.

Sisällysluettelo

| | |
|---|----|
| 1 Johdanto | 5 |
| 2 Tutkimus | 6 |
| 2.1 Määräysten kehittyminen | 6 |
| 2.2 Energiatehokas pientalo | 8 |
| 2.3 Yrityksen esittely | 10 |
| 2.3.1 Organisaatorakenne, henkilöstöryhmät ja henkilöstön määrä | 10 |
| 2.3.2 Toimiala ja tärkeimmät tuotteet | 10 |
| 2.3.3 Yrityksen taustahistoriaa ja liikevaihdon kehitys | 10 |
| 2.3.4 Asiakaskunta ja markkinointitietoa..... | 12 |
| 3 Seinä- ja yläpohjarakenteen rakenteen kehittäminen..... | 13 |
| 3.1 U-arvojen määrittäminen | 13 |
| 3.2 Vanhat rakenteet..... | 15 |
| 3.3 Rakenteiden kehittäminen..... | 17 |
| 3.4 Eristemateriaalien vertailu | 18 |
| 3.4.1 Ulkoseinärakenteen materiaalit..... | 18 |
| 3.4.2 Yläpohjarakenteen materiaalit | 21 |
| 3.4 Rakennuksen ominaislämpöhäviön tasauslaskelma..... | 23 |
| 3.4.1 Tasauslaskennan periaatteet..... | 23 |
| 3.4.2 Tasauslaskennan vaiheet | 23 |
| 3.5 Uudet rakenteet | 27 |
| 4 Tulosten tarkastelu | 37 |
| 4.1 U-arvot | 37 |
| 4.2 Hintavertailu..... | 37 |
| 4.3 Tasauslaskelmat | 37 |
| 5 Loppusanat | 38 |
| Lähteet..... | 39 |
| Liitteet | 42 |

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella edulliset ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet jo olemassa olevien rakenteiden pohjalta. Tilaajayritys valmistaa talopaketteja suurelementeistä, joiden rakenne ei vastannut vuoden 2010 tammikuussa voimaan astuneiden määräyksien vaatimuksia. Seinärakenteesta piti kehittää määräyksien mukainen mahdollisimman edullisesti. Sama asia koski talopaketeissa aiemmin käytettyä yläpohjarakennetta.

Uusille seinärakenteille piti määrittää U-arvot, jotta koko talopaketin ominaislämpöhäviö voitaisiin osoittaa määräysten mukaiseksi tasauslaskelmalla. Työssä käydään läpi uudet määräykset ja niiden vertailuarvot eri rakennusosille, U-arvon määrittämisperiaatteet sekä tasauslaskennan periaatteet. Työn sisällöstä on apua uudiskohteiden rakentajille tai tilaajayrityksen asemassa oleville yrityksille.

2 Tutkimus

2.1 Määräysten kehittyminen

Energiakulutus on aina ollut yksi pääpuheenaiheista siitä lähtien, kun alettiin puhua ilmaston lämpenemisestä ja uusimattomien energialähteiden loppuun kulumisesta. Ennen vanhaan pientalon energiatehokkuus otettiin huomioon vain taloudellisista syistä. Varakkaammat ihmiset eivät välttämättä välittäneet talon lämmityskuluista ja muutama vuosikymmen sitten energian hintakin oli huomattavasti alhaisempi suhteessa nykytilanteeseen.

Määräyksiä uudistettiin, jotta uudisrakennukset kuluttaisivat vähemmän energiaa. Uudet määräykset koskevat niitä rakennuksia, joille haetaan rakennuslupaa määräysten voimaantulomääräyksen jälkeen. Eniten hyötyä energiankulutuksen pienentämisestä on asuinrakennusten käytössä. Näissä energiaa kulutetaan eniten, sillä asuinrakennukset vaativat jatkuvaa lämmitystä tai kesäaikana jäähdytystä. Kaikista Suomen rakennuksista noin 53 % ovat asuinrakennuksia (Rakentamisen suhdanteet 2008, 24).

Rakennuslupaa haettaessa hakemukseen on liitettävä rakennuksen energiaselvitys. Energiaselvityksestä selviää talon energiantarve ja sitä vastaava vuotuinen energiankulutus. Rakennusten energiankulutusta säädetään määräämällä uudisrakennuksille maksimimainoslämpöhäviö. Tämä arvo koostuu rakennuksen vaipan läpi kulkeutuvasta energiasta, vuotoilman mukana kulkeutuvasta energiasta ja ilmastoinnin poistoilmassa hukkaan menevästä energiasta. Lämpöhäviön yksikkö on W/K, eikä sen määräysten mukaista maksimiarvoa saa ylittää. Uudisrakennuksen ominaislämpöhäviö lasketaan rakennusmääräyskokoelman D3 ohjeiden mukaan. Laskentaprosessia nimitetään tasauslaskelmaksi ja sille on kehitetty oma Excel-pohjainen tasauslaskin helpottamaan laskentaurakkaa. Tasauslaskennan prosessi sekä tasauslaskin käydään tarkemmin läpi tämän raportin osassa *3.4 Rakennuksen ominaislämpöhäviön tasauslaskelma*.

Ominaislämpöhäviön maksimiarvo määräytyy itsestään kun laskelmissa käytetään ensin rakentamismääräysten osassa C3 asetettuja vertailuarvoja. Tässä laskelmassa käytetään tulevan rakennuksen todellisia pinta-aloja ja muita kohteesta johtuvia muuttujia. Saatu arvo on tämän jälkeen alitettava tai päästävä vähintään samaan tulokseen kohteen

rakenneosien todellisilla U-arvoilla. Vertailuarvojen osalta määräyksiä onkin vuosien mittaan tiukennettu, sillä näillä on eniten vaikutusta tasauslaskelman lopputulokseen. Viimeisin uudistus astui voimaan vuoden 2010 tammikuussa.

Taulukossa 1 on vertailun vuoksi listattu eri vuosina rakenteille ja ilmanvaihdolle asetetut määräysten mukaiset vertailuarvot ja niillä laskettu vertailulämpöhäviö.

Taulukko 1: Lämmöneristävyysnormit, vertailuarvot (Lukkarinen 2008, 8)

**Lämmöneristävyysnormit,
vertailuarvot**

| Rakennusosien U-arvot | C3 1976 | C3 1978 | C3 1985 | C3 2003 | C3 2007 | C3 2010 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Ulkoseinä | 0,4 | 0,29 | 0,28 | 0,25 | 0,24 | 0,14 |
| Yläpohja | 0,35 | 0,23 | 0,22 | 0,16 | 0,15 | 0,09 |
| Alapohja | 0,40 | 0,40 | 0,36 | 0,25 | 0,24 | 0,14/0,11 |
| Ikkuna | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1 |
| Ovet | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,4 | 1,4 | 0,7 |
| Muut laskennan lähtöarvot | | | | | | |
| n50-luku | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 2 |
| LTO:n vuosihyötysuhde | 0 | 0 | 0 | 30% | 30% | 50% |
| Vaipan lämpöhäviön jousto | 0 | 0 | 0 | 10 % | 20 % | 30 % |

15 17.11.2008 PL

Kuten taulukosta nähdään, ensimmäinen suuri muutos tapahtui vuonna 1978, jolloin määräyksiä tiukennettiin yli 25 % vain kahden vuoden sisällä ensimmäisten, vuoden 1976 määräysten voimaantulusta. Tapahtuma voidaan selittää vuoden 1973 energiakriisillä ja sen pitkäaikaisella vaikutuksella. Vuoden 1978 jälkeen määräyksiä on tiukennettu muutama kerta kohtuullisissa määrin aina vuoteen 2007 saakka. Vuoden 2010 määräyksissä on puolestaan suurin hypähdys aikoihin: yli 40 % edellisiin arvoihin verrattuna ja vain kolmen vuoden sisällä edellisten määräysten voimaantulusta. Osasyynä tähän on EU:n energiansäästötoimenpideohjelma, jonka tavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjen määrää kahdellakymmenellä prosentilla vuoteen 2020 mennessä (Lukkarinen 2008, 6). Vuonna 2003 määräykseen otettiin mukaan vertailuarvo lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteelle ja vaipan lämpöhäviön joustolle.

2.2 Energiatehokas pientalo

Energiatehokkaana pientalona pidetään rakennusta, joka kuluttaa kaksi kertaa vähemmän energiaa kuin normaali pientalo. Normaali pientalo on rakennusmääräyskokoelman minivaatimukset täyttävä rakennus. Mitä vähemmän energiaa rakennus kuluttaa, sitä pienemmät ovat sen käyttökustannukset. Tutkimusten mukaan energiatehokas talo maksaa itsensä takaisin 6-10 vuodessa, mikäli energian hinnan kehitys pysyy samana. Tämä kannattaa ottaa huomioon rakentamiseen ryhtyessä. (Millainen on energiatehokas pientalo 2010)

Energiatehokkaan talon rakenteet pitää suunnitella huolellisesti. Huomiota kannattaa kiinnittää myös rakennuksen ilmantiiivylukuun sekä ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen. Lisäkustannuksia tämä tuo yleensä kolmesta neljään prosenttia minimivaatimukset täyttävän talon hinnasta. Rakentajan pitää kuitenkin ymmärtää, että lisäkustannukset maksavat itsensä takaisin suhteellisen lyhyessä ajassa talon elinkaareen nähden. Hyvän suunnittelun ansiosta energiatehokas talo on tiivis, omaa kosteusteknisesti hyvin toimivat rakenteet, on helppo huoltaa ja palvelee näin ollen omistajaansa pidempään. (Millainen on energiatehokas pientalo 2010)

Pientalossa pitää lämmittää montaa eri asiaa, asuintiloista tuloilmaan, joten lämmitysmuodon valinta vaikuttaa suuresti talon käyttökustannuksiin ja asukkaiden viihtyvyyteen. Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon eri lämmitysmuotojen soveltuvuus kohteeseen tai tontille, laitteiston käytettävän energialähteen hinta sekä energiahinnan mahdollinen kehitys. Lämmitysmuotoa valittaessa on hyvä kiinnittää huomiota myös sen vaikutukseen ympäristöön. (Millainen on energiatehokas pientalo 2010)

Suomessa talven ja kesän lämpötilaerot ovat suuria. Talven pakkaset nostavat lämmityskustannuksia, ja kesällä rahaa kuluu sisäilman jäädytykseen. Päälämmitysjärjestelmän lisäksi kannattaakin yleensä investoida tulisijaan ja ilmalämpöpumppuun. Tulisija tuo lisäilmettä sisätiloihin ja lämmittää talvella. Ilmalämpöpumppu vähentää lämmityskustannuksia talvisin ja jäädyttää sisätiloja kesän helteillä.

Myös talon ilmatiiveys vaikuttaa osaltaan energiatehokkuuteen. Rakennuksen ilmatiiveys ilmoitetaan ilmatiiveysluvulla. Normaalilla rakentamisella tehdyn talon ilmatiiveysluku on yleensä 4 l/h ja energiatehokkaan talon 1 l/h. Yhden pykälän parannus vähentää energiankulutusta noin kuudella prosentilla. Energiatehokkaan talon lukemiin päästään suunnittelemalla ja toteuttamalla rakenteet siten, ettei paine-eron aiheuttamaa rakenteiden läpi kulkevaa ilmavirtaa pääse syntymään. Tämä edellyttää yhtenäistä ilmansulkua ja hyvin tiivistettyjä läpivientejä sekä rakennusosien liitoskohtia. (Millainen on energiatehokas pientalo 2010)

Tiiviissä talossa ilma ei enää pääse vaihtumaan riittävästi kulkemalla rakenteiden läpi. Tämä pienentää kosteusvaurion riskiä, mutta heikentää sisäilman laatua. Energiatehokkaissa taloissa käytetäänkin koneellista ilmanvaihtoa. Kone tuo riittävän määrän suodatettua ulkoilmaa talon käyttötiloihin ja imee vanhan ilman pois. Ilmastointikone on hyvä varustaa lämmöntalteenottolaitteella. Näin pystytään hyödyntämään poistoilmasta talteen saadun energian vaikkapa tuloilman lämmittämiseen. (Millainen on energiatehokas pientalo 2010) Hyvän hyötysuhteen omaava lämmöntalteenottolaite ottaa 75 % tuloilman lämmitykseen tarvittavasta energiasta poistoilmasta. Tämä on yli puolitoista kertaa enemmän kuin rakentamismääräyskokoelmassa vaadittavat 45 % (Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2, 4.1.2).

Energiatehokkaan talon arkkitehtisuunnittelijan on huomioitava ikkunapinta-alan osuus koko vaipan pinta-alasta. Ikkunan läpi vuotaa enemmän lämpöä kuin seinärakenteesta, joten suuria ikkunoita tulisi energiatehokkaassa talossa välttää. Toisaalta ikkunoiden läpi taloon pääsee auringon valon mukana tulevaa lämpöenergiaa. Taloa suunniteltaessa kannattaakin sijoittaa suurimmat ikkunat olohuoneeseen ja suunnata ne etelään. Tällä tavalla vähennetään eniten käytettävien sisätilojen lämmitystarvetta. (Hyvän talon lämmitys, ilmanpitävyys, ilmanvaihto ja lämmitys 2010)

Hyvänä ikkunavalintana voidaan pitää isoa kaksipuitteista ja kolmilasista ikkunaa. Tällaisen ikkunan kaksi sisempää lasia ovat kiinni samassa puitteessa ja niiden välissä on yleensä ilman sijaan lämpövuotoa heikentävää kaasuseosta. Iso ikkuna on parempi kuin samaa ikkunapinta-alaa vastaavat pienemmät ikkunat, koska suurin osa ikkunoiden läpi vuotavasta lämmöstä kulkeutuu ikkunan karmeista ja puitteista (Hyvän talon lämmitys, ilmanpitävyys, ilmanvaihto ja lämmitys 2010).

2.3 Yrityksen esittely

Opinnäytetyön päätavoitteena oli kehittää käytössä olevia seinä- ja yläpohjarakenteita vastaamaan vuoden 2010 lämmöneristysmääräyksiä. Tilaajayrityksenä oli valmistalopaketteja rakentava Helmitalo Oy. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Kylmäkoskella osoitteessa Helmitalontie 30, 37910 Kylmäkoski.

2.3.1 Organisaatorakenne, henkilöstöryhmät ja henkilöstön määrä

Kyseessä on perheyritys. Perheen pää, Heimo Hirvonen, on yrityksen perustaja ja toimitusjohtaja. Hänen vaimonsa Eeva hoitaa kirjanpidon ja palkanlaskennan sekä muut taloudelliset asiat. Toimistotyöntekijä Minna Virta pitää huolta asiakassuhteista ja muista juoksevista asioista. Uutena tulokkaana on rakennusinsinööri Henri Mäkinen, joka tuo oman panoksensa yrityksen tuotannon kehittämiseen ja laajentamiseen.

Vakiohenkilökunnan lisäksi yrityksen palveluksessa on vuodenajasta riippuen viidestä yhdeksään rakennusmiestä. Helmitalo Oy käyttää mahdollisuuksien mukaan samoja rakennusmiehiä ja aliurakoitsijoita. Tämä on yksi keino, jolla varmistetaan talopakettien rakenteellinen laatu.

2.3.2 Toimiala ja tärkeimmät tuotteet

Helmitalo Oy toimii rakennusalalla ja tärkeimmät tuotteet ovat elementtitekniikalla valmistetut pientalot. Yritys tuottaa valmiita talopaketteja perustuksista ja maanrakennustöistä lähtien aina tapetointiin asti. Talomalleja on neljä erilaista, ja kaikki mallit saa myös puolitoistakerroksisena. Erikoistilauksina on tehty myös talojen ulkopuolisia rakennuksia, kuten varastoja, autotalleja ja -katoksia. Nämä eivät kuitenkaan ole yrityksen vakiotuotteita.

2.3.3 Yrityksen taustahistoriaa ja liikevaihdon kehitys

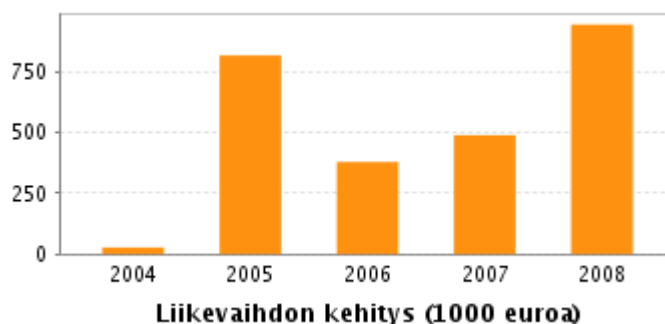
Yrityksen toiminta lähti käyntiin vuonna 1994. Yrityksellä ei tuolloin vielä ollut varsinaista toiminimeä. Toiminta keskittyi lähinnä vanhojen pientalojen hankintaan, peruskorjaukseen ja uudelleenmyyntiin. Toimitusjohtaja tunnettiin asuinalueellaan, ja hänen rakennettua perheelleen omakotitalon tieto talon käytännöllisyydestä ja hinta/laatu -suhteesta levisi nopeasti. Myöhemmin tuli ensimmäinen tilaus uudiskohteelle. Tilaaja halusi lopputuotteen vastaavan ominaisuuksiltaan Hirvosten perheen taloa.

Taloja ei rakennettu elementeistä alusta lähtien. Ensimmäiset kolme vuotta talot rakennettiin paikan päällä määrämittaan sahatusta puutavarasta. Tuotannon nopeuttamiseksi Toijalaan perustettiin elementtitehdas, jossa aluksi kokeiltiin runkosien esivalmistusta. Homma näytti toimivan paremmin kuin hyvin, ja niin 2000-luvun alkupuolella Helmitalo Oy sai alkunsa.

Myöhemmin elementtitehdas siirrettiin Kylmäkoskelle, yrityksen nykyiseen käyntiosoitteeseen. Tehdas tuottaa elementtejä vuosittain noin kahdellekymmenelle talolle. Kysyntää olisi enemmän, mutta luotettavien työntekijöiden löytämisessä on ollut ongelmia, ja lisäksi kaikki uudet työntekijät pitää kouluttaa yrityksen tavoille. Toimitusjohtajakaan ei ehtisi jokaiselle työmaalle henkilökohtaisesti tuotannon laajetessa.

Vuoden 2009 kesällä on ollut puhetta tuotannon laajentamisesta asuntomessujen tuotua reilusti uusien talopakettien tilaajia. Valkeakosken sanomien artikkelin mukaan Helmitalo Oy olisi pystynyt viisinkertaistamaan tuotantonsa, mikäli vain kapasiteetti olisi siihen riittänyt.

Liikevaihdon kehitystä on vaikea kuvailla yrityksen koko toiminta-ajalta, sillä alkuaikoina toiminta on ollut välillä niin olematonta, ettei sen tuotoista pidetty sen tarkempaa muistikirjaa. Kehitys on ollut pientä, sillä yritys on tuottanut tasaisesti 15–20 taloa vuodessa, henkilökuntamäärän pysyessä suurin piirtein samana. (Diagrammi 1, Taulukko 2.)



Diagrammi 1: Helmitalo Oy:n liikevaihdon kehitys (Suomen asiakastieto)

Taulukko 2: Helmitalo Oy:n liikevaihdon, tilikauden tuloksen ja liikevoiton kehitys (Suomen asiakastieto)

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------------------------|------|--------|-------|------|------|
| Liikevaihto (1000€) | 29 | 816 | 379 | 489 | 942 |
| muutos % | | 2714,9 | -53,6 | 29 | 92,9 |
| Tilikauden tulos (1000€) | 11 | 226 | 6 | 69 | 75 |
| Liikevoitto % | 48,3 | 37,4 | 1,3 | 18,9 | 11,2 |

2.3.4 Asiakaskunta ja markkinointitietoa

Asiakaskunta koostuu yksityisistä tilaajista, joiden mielestä omakotitalon tärkeitä ominaisuuksia ovat selkeät pohjaratkaisut ja tehokkaasti käytetyt asuinneliöt. Kyse on tavallisista perheistä, jotka rakentavat edullista ja toimivaa perustaloa.

Helmitalo Oy mainostaa tuotteitaan vähemmän kuin muut tuottajat mainonnan tarpeettomuudesta johtuen. Asiakaskunta on kasvanut tuotteiden maineen vakiintuessa asiakkaiden huolehtiessa markkinoinnista kertomalla helmitaloista eteenpäin. Tilauksia on tullut tasaisesti, eikä lisämarkkinoinnille ole nähty tarvetta.

Yritys rakensi Valkeakosken asunomessualueelle kolme kohdetta vuoden 2009 kesällä. Kaikki kohteet myytiin jo ennen messujen avajaisia. Talopakettien suosio yllätti yrityksen johdon, sillä uusia tilauksia tuli yli vuodeksi eteenpäin.

3 Seinä- ja yläpohjarakenteen rakenteen kehittäminen

3.1 U-arvojen määrittäminen

U-arvojen laskennassa käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman C4 osan mukaista laskentamenetelmää. Se on toinen rakentamismääräyskokoelman hyväksyttävistä keinoista määrittää rakenteen lämmönläpäisykerroin. U-arvo voidaan vaihtoehtoisesti laskea C4-ohjetta vastaavien SFS-EN-standardien mukaan. Standardien mukaisessa laskentamenetelmässä ainekerroksien lämmönjohtavuuden arvoina on käytettävä SFS-EN 10456-standardin mukaan määritettyjä suunnitteluarvoja (λ_{desing}). Laskettaessa U-arvoja määräyskokoelman osan C4 mukaan laskennassa käytetään normaalisia lämmönjohtavuuden arvoja λ_n . (RakMK)

Pääperiaatteena on menetelmästä riippumatta se, että rakenteen eri ainekerroksien ja pintavastusten lämmönvastukset lasketaan yhteen, minkä jälkeen yksikön jaetaan saadulla summalla. U-arvo lasketaan kaavasta 1 ja sen yksikkö on W/m^2K . (RakMK)

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

Jossa: U - lämmönläpäisykerroin W/m^2K
 R_T - kokonaislämmönvastus m^2K/W

Kokonaislämmönvastus on kaikkien ainekerroksien ja pintavastuksien lämmönvastuksien summa. On olemassa rakenteita, joissa on epätasa-aineisia ainekerroksia. Ulkoseinärakenne ja naulalevyristikkoihin tukeutuva yläpohjarakenne ovat sellaisia, ja niiden U-arvo lasketaan kaavasta 2. (RakMK)

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + \Sigma R + R_g + R_{se} \quad (2)$$

Jossa: $R_{si} + R_{se}$ - sisä- ja ulkopuolisten pintavastuksien summa
 $R_1 + \dots + R_m$ - tasa-aineisten ainekerroksien lämmönvastuksien summa
 R_g - rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus
 ΣR - epätasa-aineisten ainekerroksien lämmönvastuksien summa

Tasa-aineisella ainekerroksella tarkoitetaan sellaista ainekerrosta, joka jatkuu koko rakenteessa tasaisena, esimerkiksi kipsilevytystä tai tuulensuojalevyä. Epätasa-aineisena

ainekerroksena kerroksena tarkoitetaan sellaista ainekerrosta, jossa on eri materiaaleja, esimerkiksi rakennuksen runkoa, jossa runkotolppien väleihin on asennettu lämmöneriste. Tasa-aineisten ainekerroksien lämmönvastukset lasketaan kaavasta 3 ja epätasa-aineisten kerroksien vastukset kaavasta 4. (RakMK)

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

Jossa: d - ainekerroksen paksuus m
 λ - ainekerroksen lämmönjohtavuuden arvo W/mK

$$R_j = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_m}{R_{mj}}} \quad (4)$$

Jossa: f_a, f_b, \dots, f_n - epätasa-aineisessa kerroksessa olevan tasa-aineisen osan alueen a, b, \dots, n suhteellinen osuus ainekerroksen kokonaispinta-alasta
 $R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{nj}$ - epätasa-aineisessa kerroksessa olevan tasa-aineisen osan alueen lämmönvastus, joka lasketaan kaavasta 3

Ulkoseinärakenteen U-arvoa määrittäessä rungon lämmönvastus laskettiin kaavasta 4 ja kaikkien muiden ainekerroksien vastukset kaavalla 3. Yläpohjarakenteessa ristikoiden ja villan yhteinen osuus laskettiin kaavalla 4 ja ristikoiden alapaarteiden yläpuolelle jäävän puhallusvillan osuus kaavalla 3. Yläpohjarakenteessa oli tuulettumaton ilmarako, ja sille käytettiin C4-osan taulukossa 3 määriteltyä arvoa.

Seinärakenteen tuulensuojalevy rajoittuu hyvin tuulettuvaan ilmakerrokseen.

Ilmakerroksen jälkeen tulee vielä vaakalautoitus ja ulkoverhous.

Rakentamismääräyskokoelman C4 osan kohdan 5.2.8 mukaan tällaisessa tapauksessa ilmakerroksen ja sen jälkeen tulevien ainekerroksien lämmönvastuksia ei oteta laskennassa huomioon. Hyvin tuulettuvaan ilmakerrokseen rajoittuvan ainekerroksen ulkopuolisena pintavastuksena voidaan kuitenkin käyttää sisäpintavastuksen arvoa R_{si} . (RakMK)

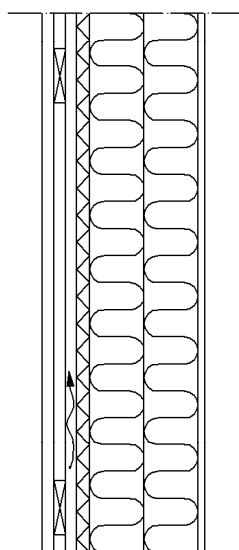
Yläpohjarakenteessa oli sama tilanne. Puhallusvilla rajoittui hyvin tuulettuvaan ilmatilaan, eikä sen yläpuolisia rakenteita otettu laskennassa huomioon, vaan käytettiin ulkopintavastuksen arvona sisäpintavastuksen arvoa R_{si} .

3.2 Vanhat rakenteet

Kuvista 1 ja 2 voi tarkastella vanhaa ulkoseinä- ja yläpohjarakennetta, niiden ainekerroksia ja lämmönläpäisyominaisuuksia.

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava puurunkorakenne Mineraalivillaeriste |
| Suunnittelija | Rakenneosa US |

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

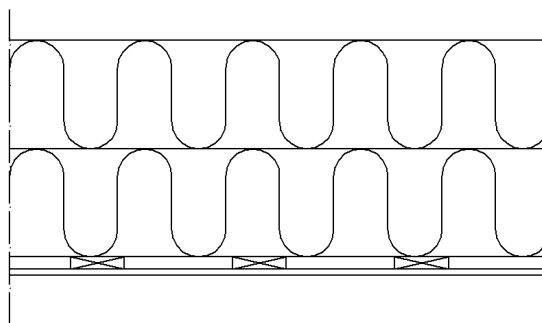
- ulkomaali rakennusselostuksen mukaan
- ulkoverhouspaneeli 21x120
- harvalaudoitus 22x100 K800
- pystyrimoitus 20x50 K600
- tuulensuojalevy 25mm
- kantava runko 48x198 K600 + mineraalivilla 2x100mm
- höyrynsulkumuovi
- gyproc-kipsilevy 13mm
- sisäpinta huoneselostuksen mukaan

Ominaisuudet: U-arvo 0,19 W/m²K

Kuva 1: Vanha ulkoseinä rakenne

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava NR-ristikkorakenne Puhallettava selluvillaeriste |
| Suunnittelija | Rakenneosa YP |

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

- ulkopinta rakennusselostuksen mukaan
- aluskate rakennusselostuksen mukaan
- tuulettuva ilmatila
- kattoristikot 48mm K900 + puhallettava selluvilla 400mm
- höyrynsulkumuovi
- harvalaudoitus 22x100mm K300
- verhouspaneli rakennusselostuksen mukaan

Ominaisuudet: U-arvo 0,10 W/m²K

Kuva 2: Vanha yläpohjarakenne

3.3 Rakenteiden kehittäminen

Rakennesuunnittelussa on otettava huomioon rakenteille asetetut minimivaatimukset sekä kosteustekninen toiminta. Tämä koskee niin uudis- kuin korjausrakentamista. Rakenteiden kehittämistä voidaan verrata korjausrakentamiseen, koska kyse on olemassa olevan rakenteen parantamisesta.

Työn tarkoituksena oli parantaa rakenteiden lämmönläpäisykertoimia. Tavoitteeseen päästään helposti lisäämällä rakenteiden eristekerroksien paksuutta. Haasteena oli kuitenkin se, että talopakettien seinät tehdään elementeistä, joiden tuotannossa totuttiin käyttämään hyväksi todettua menetelmää. Näin ollen seinärakennetta oli pyrittävä kehittämään siten, että runkotolppien vahvuus kasvaa mahdollisimman vähän. Yläpohjarakenteen kohdalla tilanne oli erilainen. Sille piti selvittää vain tarvittavan eristekerroksen paksuus.

Aluksi selvitettiin vanhojen rakenteiden ainekerroksien paksuudet ja materiaalit Helmitalo Oy:n rakennustapaselostuksesta. Rakenteista piirrettiin havainnollistavat kuvat, joiden alle listattiin ainekerrokset ja rakenteiden ilmoitetut lämmönläpäisykertoimet.

Ulkoseinärakenteen lämmönläpäisykertoimeksi oli ilmoitettu $0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$, kun taas uusien määräyksien vertailuarvona käytetään $0,14 \text{ m}^2\text{K/W}$. Näin ollen eroa olemassa olevan rakenteen arvon ja tavoitearvon välillä oli 26 %. Uuteen rakenteeseen piti siis valita lämmöneristävyysominaisuuksiltaan 26 % parempi eriste. Toisena vaihtoehtona oli eristekerroksen, ja sen mukana myös runkotolppien läpimitan kasvattaminen. Tätä tapaa pidettiin varavaihtoehtona ja se olisi tullut kysymykseen vasta sen jälkeen, jos mikään markkinoilla oleva normaalihintainen eriste ei olisi täyttänyt määräysten vaatimuksia vanhan eristekerroksen paksuuden arvolla.

Yläpohjarakenteen ilmoitettu U-arvo oli $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$, mikä on hyvin lähellä uusien määräyksien vertailuarvoa $0,09 \text{ m}^2\text{K/W}$. Rakenteen lämmöneristemateriaalina oli puhallusvilla. Ero vertailuarvoon oli pieni, joten helpoin tapa päästä siihen oli lisätä eristekerroksen vahvuutta käyttäen vanhaa eristemateriaalia. Vaihtoehtona oli käyttää jotain muuta, lämmönjohtavuudeltaan parempaa eristemateriaalia. Tämä oli varavaihtoehto, ja sitä varten suunniteltiin vain yksi uusi rakenne.

3.4 Eristemateriaalien vertailu

Uusista rakenteista piti kehittää määräykset täyttävät rakenteet mahdollisimman edullisesti. Ulkoseinä- ja yläpohjarakenteiden neliöhinta koostuu monesta eri tekijästä, mutta lämmöneristeen osuus on joka tapauksessa suurin materiaalista riippumatta. Tämä fakta huomioiden rakenteita suunniteltaessa pitää vertailla eristemateriaalien teknisten ominaisuuksien lisäksi myös niiden hintaa. Mitä parempi eriste, sitä enemmän se maksaa, ja samoista materiaaleista valmistettuja eristeitä onkin helppo vertailla keskenään. Yksi työn tarkoituksista oli kuitenkin löytää vaihtoehtoratkaisu vanhassa ulkoseinäarakenteessa käytetylle materiaalille ja selvittää sen vaikutus hintamuutokseen.

3.4.1 Ulkoseinäarakenteen materiaalit

Kuten kuvasta 1 voidaan nähdä, vanhoissa ulkoseinäarakenteissa käytettiin eristeenä mineraalivillaa. Kyseinen materiaali omaa hyvän lämmöneristävyyskyvyn, ja rakennusmääräyskokoelman osassa C4 sille on ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo 0,055 W/mK. Tätä arvoa käytetään laskennassa kaikille niille mineraalivillaeristeille, joilla ei ole CE-merkinnällä varmistettua normaalista lämmönjohtavuusarvoa λ_n . (RakMK) Isot eristevalmistajaryitykset hakevat tuotteilleen CE-merkinnän ja ilmoittavat niiden lämmönjohtavuusarvot tuoteselostuksissa. Näitä ilmoitettuja arvoja voi määräysosan C4 kohdan 2.2.1 mukaan käyttää U-arvon laskennassa. Arvot ovat riippuvaisia tuotteen teknisistä ominaisuuksista ja ovat yleensä aina C4 osan vakioarvon paremmalla puolella. (RakMK) Tämä piti paikkansa myös vanhassa rakenteessa käytetyn Parocin valmistaman mineraalivillan kohdalla, jonka ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo oli 0,041 W/mK.

Aikaisempien selvitysten perusteella uuden rakenteen eristeen piti olla 26 % parempi, mistä saatiin eristemateriaalilta vaadittava lämmönjohtavuusarvo 0.03 W/mK. Markkinoilta ei valitettavasti löydy niin hyvää arvoa omaavaa mineraalivillaeristettä. Laskentaa varten valittiin kahden eri valmistajan parhaat vaihtoehdot ja kokeiltiin, mihin U-arvoon kyseisillä materiaaleilla päästään kasvattamatta rungon paksuutta. Materiaalien ominaisuudet listattiin taulukkoon 3.

| Valmistaja | tuote | λ (W/mK) | U-arvo (W/m ² K) |
|------------|------------|------------------|-----------------------------|
| Isover | KL-32 | 0,032 | 0,163 |
| Paroc | eXtra plus | 0,034 | 0,169 |

Taulukko 3: Mineraalivillaeristeiden vertailu

Kokeilulaskelmien jälkeen huomattiin, ettei parhaallakaan mineraalivillaeristeellä pääse tavoitettuun U-arvoon 0,14 W/m²K, joten oli keksittävä keino lisätä koko rakenteen lämmönläpäisykerrointa runkotolppien kokoa muuttamatta. Seinärakenteessa oli eristekerroksen lisäksi kaksi muuta kokonaislämmönvastukseen vaikuttavaa ainekerrosta: Gyproc-levy ja tuulensuojalevy.

Gyproc-levyn eristävyysominaisuudet ovat heikot ja sen paksuutta olisi pitänyt moninkertaistaa, että se olisi saavuttanut vaadittava U-arvo. Tuulensuojalevy puolestaan toimii sekä tuulensuojana että eristävänä kerroksena rakennuksen rungon kylmemmällä puolella, eikä vie asuinpinta-alaa, vaikka sen paksuutta lisättäisiinkin. Se ei myöskään vaikuta runkotolppien mittaan, koska se kiinnitetään rungon ulkopuolelle. Seuraavaksi lähdettiin selvittämään, mitä muutoksia tuulensuojalevyn vahvuuden kasvattaminen toisi U-arvojen laskelmiin. Kokeilulaskelmien tuulensuojalevyt valittiin samoilta valmistajilta ja U-arvot laskettiin yhteensä neljällä eri yhdistelmävaihtoehdolla. Laskemissa tuulensuojalevyn paksuutta kasvatettiin 25 mm:stä 50 mm:iin. Materiaalien ominaisuudet ja eri yhdistelmillä saadut U-arvot listattiin taulukkoon 4.

| Valmistaja | eriste | λ (W/mK) | TSL | λ (W/mK) | U-arvo (W/m ² K) |
|--------------|------------|------------------|---------|------------------|-----------------------------|
| Isover | KL-32 | 0,032 | RKL-31 | 0,031 | 0,143 |
| Paroc | eXtra plus | 0,034 | WAS 25t | 0,034 | 0,151 |
| Isover+Paroc | KL-32 | 0,032 | WAS 25t | 0,034 | 0,146 |
| Paroc+Isover | eXtra plus | 0,034 | RKL-31 | 0,031 | 0,147 |

Taulukko 4: Mineraalivillaeristeiden ja tuulensuojalevyjen yhdistetty vertailu

Yhdistetty tarkastelu osoitti, että Isoverin tuotteilla päästään hyvin lähelle määräysten vertailuarvoa. Tämä yhdistelmä kasvattaisi vanhan seinärakenteen vahvuutta 25 mm:llä eikä aiheuttaisi muutoksia runkorakenteeseen. Vaihtoehtoratkaisuna päätettiin kokeilla eristemateriaalina polyuretaanieristettä. Eristeeksi valittiin SPU Systems Oy:n tuote SPU Seinälevy, jonka ilmoitettu lämmönjohtavuuskerroin oli huomattavasti mineraalivillan kerrointa alhaisempi. Rakenteelle laskettiin U-arvo ja se listattiin taulukkoon 5 SPU Seinälevyn muiden ominaisuuksien kanssa.

| Valmistaja | tuote | λ (W/mK) | U-arvo (W/m ² K) |
|----------------|---------------|------------------|-----------------------------|
| SPU Systems Oy | SPU Seinälevy | 0,23 | 0,148 |

Taulukko 5: Polyuretaanieristeen vertailu

Polyuretaanieristeellä päästiin myös hyvin lähelle määräysten vertailuarvoa. Kyseisen eristeen käyttäminen toisi rakenteen lämpöteknisen parannuksen lisäksi myös muita etuja. SPU Seinälevyn kanssa ei valmistajan mukaan tarvitse käyttää höyrynsulkua tai tuulensuojalevyä. Toisin sanoin tämän materiaalin käyttäminen poistaa seinärakenteen neliöhinnasta tuulensuojalevyn ja höyrysulun kustannukset sekä näiden asennukseen vaadittavien työtuntien hinnan. Seuraavaksi lähdettiinkin selvittämään, mikä rakenneratkaisu tulisi kokonaiskustannuksiltaan edullisimmaksi.

Hintavertailua varten piti selvittää suunnitelluissa rakenteissa käytettävien materiaalien hinnat. SPU Seinälevyn hintalaskelmaa varten piti selvittää myös tuulensuojalevyn ja höyrysulumuovin asennuskustannukset. Kaikki tarvittavat tiedot löydettiin Rakennustiedon julkaisusta ”Rakennusosien kustannuksia 2009”. Kyseisen kirjan hinnat eivät ole valmistajasidonnaisia, joten kaikille materiaaliyhdistelmille ei voitu laskea omaa hintaa. Tärkeintä oli kuitenkin selvittää, tulisiko pelkän polyuretaanilevyn käyttö edullisemmaksi verrattuna villan ja tuulensuojalevyn yhdistelmään.

Mineraalivillan 100 mm paksun kerroksen hinnaksi oli ilmoitettu 6 €/m². Saman paksuisen alumiinipintaisen SPU-levyn hinnaksi puolestaan 20,09 €/m². 50 mm paksun tuulensuojalevyn materiaali ja asennus maksaa yhteensä 17,6 €/m². Höyrysulumuoville ei annettu työkustannuksia, joten työn hintana päätettiin käyttää kolmasosaa tuulensuojalevyn asennuskustannuksista eli 1 €/m². Tämä lisättiin höyrynsulkumuovin materiaalikustannuksiin ja kokonaishinnaksi muodostui 2,03 €/m². (Penttilä, Lindberg, Palolahti, Koskenvesa, Mäki, Palomäki, Kivimäki ja Sahlstedt 2009, 76, 223 ja 224)

| Ratkaisu | eriste | TSL | muovi | yhteensä |
|----------|--------|------|-------|------------------------|
| MV | 12 | 17,6 | 2,03 | 31,63 €/m ² |
| SPU | 40,18 | | | 40,18 €/m ² |

Taulukko 6: Materiaalien hintavertailu

Hintavertailu osoitti, että SPU Seinälevyn käyttö tuo melkein kymmenen euron lisäkustannukset jokaista neliometriä kohti. Polyuretaani on yli kolme kertaa kalliimpi eriste kuin mineraalivilla ja ero kokonaiskustannuksissa on huomattava tuulensuojalevyn ja höyrynsulun tuomista lisäkustannuksista huolimatta. Uudessa rakenteessa päätettiin käyttää mineraalivillan ja tuulensuojalevyn yhdistelmää.

3.4.2 Yläpohjarakenteen materiaalit

Kuten kuvasta 2 voidaan nähdä, vanhassa yläpohjarakenteessa käytettiin eristeenä puhallettavaa selluvillaa. Tämä materiaali sopii hyvin yläpojan eristeeksi, koska se täyttää hyvin kattoristikoiden rakenteiden synnyttämät ilmataskut ja sitä on helppo levittää vaakatasaiselle pinnalle. Puhallettava selluvilla on hyvä eriste myös lämpöteknisesti. Rakennusmääräyskokoelman C4 osassa sen ilmoitettu normaalin lämmönjohtavuusarvo on 0,06 W/mK. Tätä arvoa käytetään laskennassa kaikille niille puhallettaville selluvillaeristeille, joilla ei ole CE-merkinnällä varmistettua normaalista lämmönjohtavuusarvoa λ_n . (RakMK) Vanhoissa rakenteissa käytetyn Termexin valmistamalla puhallusvillalla on CE-merkintä ja ilmoitettu λ_n kyseiselle tuotteelle on 0,041 W/mK.

Rakenteiden kehitysvaiheen alkukartoituksessa tultiin siihen päätökseen, että yläpohjarakenteen lämmöneristävyysominaisuuksia lähdetään parantamaan kasvattamalla eristekerroksen paksuutta. Tämä oikeutti käyttämään kokeilulaskennassa samaa materiaalia kuin vanhassa rakenteessa. Vertailun vuoksi laskentaan otettiin mukaan kaksi muuta materiaalia, joiden ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo oli vähintään sama kuin tähän asti käytetyn materiaalin. Laskennassa selvitettiin, millä eristekerrospaksuudella kullakin materiaalilla pääsee määräysten vaadittavaan arvoon 0,9 W/m²K. Valmistajat, kerrospaksuudet ja tuotteet ominaisuuksineen listattiin taulukkoon 7.

| Valmistaja | tuote | λ (W/mK) | paksuus m | U-arvo (W/m ² K) |
|------------|----------------|------------------|-----------|-----------------------------|
| Termex | puhallusvilla | 0,041 | 0,5 | 0,09 |
| Ekovilla | puhallusvilla | 0,041 | 0,5 | 0,09 |
| Knauf | Perimiter Plus | 0,033 | 0,4 | 0,092 |

Taulukko 7: Yläpohjaeristeiden vertailu

Kuten taulukosta 7 voidaan nähdä, Ekovillan tuote on täysin samanlainen kuin Termexin, mutta Knaufin tuotetta tarvitaan vähemmän ja sen lämmönjohtavuusarvo on pienempi. Tämä johtuu kyseisen tuotteen erikoisesta asennusprosessista, joka koostuu irtonaisista lasimineraalivillakuiduista, jotka puhalletaan erityisen verkkomateriaalin taakse. Menetelmä on nimeltään Blow-in-Blanket ja se on Knaufin patentoitu asennusmenetelmä. Sen ansiosta eristeen tiheys kasvaa jopa 30 kiloon kuutiometriä kohti ja tämä parantaa materiaalin lämmönjohtavuusominaisuuksia.

Knaufin menetelmä on monimutkaisempi perinteiseen letkupuhallukseen nähden, ja koska tilaa eristekerrokselle oli riittävästi, uudessa rakenteessa päätettiin käyttää paksumpaa kerrosta Termexin puhallusvillaa. Vaihtoehtona olisi ollut ominaisuuksiltaan täysin samanlainen Ekovillan tuote. Termexin tuotetta oli kuitenkin käytetty aikaisemmin ja pitkää asiakassuhdetta päätettiin jatkaa, koska vaihtaminen ei olisi tuonut rakenteellisia etuja. Materiaalien hintavertailu tuli tästä syystä yläpohjarakenteen kohdalla tarpeettomaksi.

Vertailun vuoksi päätettiin kuitenkin tarkistaa, miten eri puhallettavien eristemateriaalien painuminen vaikuttaa kokonaishintaan. Termex käyttää materiaalina selluvillaa, jonka painuma-arvo suunnitellusta eristyspaksuudesta on 20 %. Tieto on peräisin liitteistä löytyvästä VTT:n tyyppihyväksynnästä Termexin tuotteelle. Hintaa tiedusteltiin Termexin edustajalta, joka ilmoitti asennetun eristeen hinnaksi 30 €/m³.

Tuotetta verrattiin puhallettavaan mineraalivillaan. Tämän materiaalin painuma-arvoksi on ilmoitettu 5 % suunnitellusta eristekerroksen paksuudesta (www.takuueristys.fi). Kuutiohinta laskettiin julkaisussa ”Rakennusosien kustannuksia 2009” ilmoitetusta neliöhinnasta 200 mm:n paksuiselle mineraalivillakerrokselle ja hinnaksi saatiin $(6,90 \text{ €/m}^2 / 0,2) * 1 \text{ m} = 34,50 \text{ €/m}^3$ (Penttilä ym. 2009, 76, 223 ja 224)

Seuraavaksi selvitettiin painuma-arvon vaikutus kokonaishintaan. Vertailukohteeksi otettiin Helmitalo Oy:n talomalli Kotihelmi. Kotihelmen yläpohjan eristettävä pinta-ala on 103 m² ja uuden yläpohjarakenteen suunniteltu eristekerros 500 mm. Lähtöarvojen pohjalta laadittiin taulukko 8.

| Puhallettavien eristeiden hintavertailu | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| materiaali | hinta €/m ³ | painuma-arvo % | suunniteltu kerros m | puhallettava kerros m | ala m ² | menekki m ³ | hinta yht. € |
| Termex | 30 | 20 | 0,5 | 0,6 | 103 | 61,8 | 1854 |
| Mineraalivilla | 34,50 | 5 | 0,5 | 0,525 | 103 | 54,08 | 1866 |

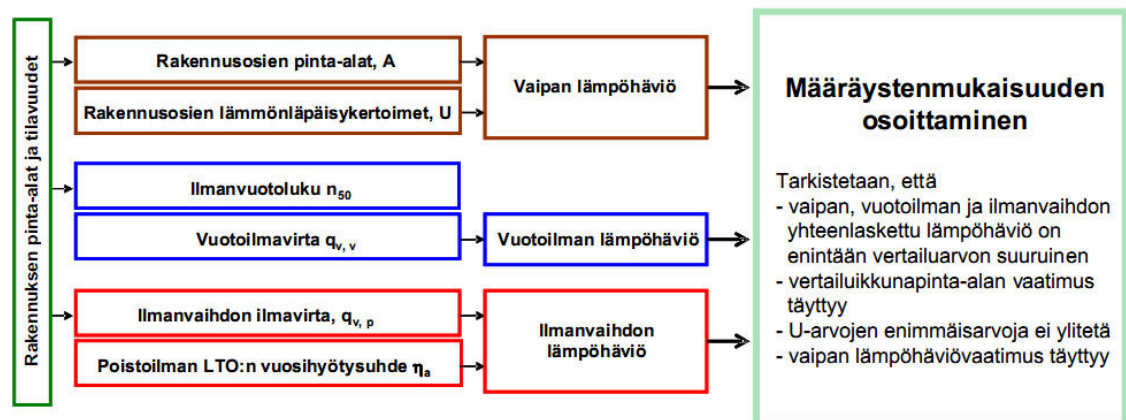
Taulukko 8: Puhallettavien eristeiden hintavertailu

Kuten taulukosta 8 voidaan nähdä, Kotihelmen yläpohjan eristäminen maksaa melkein saman verran mineraalivillalla kuin Termexin tuotteella. Tämä johtuu materiaalien painuma-arvojen suuresta prosentuaalisesta erosta. Mineraalivilla on kalliimpi tuote selluvillaan verrattuna, mutta painuu neljä kertaa vähemmän, mikä selittää niin pienen eron lopullisten kustannusten välillä.

3.4 Rakennuksen ominaislämpöhäviön tasauslaskelma

3.4.1 Tasauslaskennan periaatteet

Tasauslaskennan tarkoitus on osoittaa, että suunniteltu uudiskohde täyttää rakennusluvan hakuhetkellä voimassa olevat vaatimukset rakennuksen ominaislämpöhäviölle. Ominaislämpöhäviö koostuu kolmesta eri osatekijästä: vaipan kautta vuotavasta lämmöstä, rakenteiden läpi vuotavan ilman mukana hävinneestä lämmöstä ja ilmanvaihdossa hävinneestä lämmöstä. Tarkemmin eri osatekijöitä ja tasauslaskennan periaatetta voi tarkastella kaaviosta 2. (Tasauslaskentaopas 2007.)



Kaavio 1: Tasauslaskennan vaiheet ja niiden sisältö (Tasauslaskentaopas 2007.)

Kaikille osatekijöille on asetettu oma vertailuarvo. Jonkin osatekijän laskennallisen arvon ylittäessä sille asetetun vertailuarvon on ylimenevä osuus korvattava jossain muussa osatekijässä. Esimerkiksi ikkunapinta-alan ollessa enemmän kuin 15 % vaipan pinta-alasta voidaan tästä johtuva lämpöhäviö korvata paksummalla seinärakenteella. Lämpöhäviötä voidaan tasata parantamalla rakenteiden U-arvoja, vähentää ikkunapinta-alaa, pienentämällä ilmanvuotolukua tai parantaa ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta. (Tasauslaskentaopas 2007.)

3.4.2 Tasauslaskennan vaiheet

Tasauslaskelma voidaan laskea kokonaan manuaalisesti Rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan. Tämä on hankalaa ja aikaa vievää, joten laskennassa päätettiin käyttää ympäristöministeriön toimeksiannosta laadittua Excel-pohjaista taulukkoa eli tasauslaskinta. Laskimen saa ladattua osoitteesta www.ymparisto.fi.

Tasauslaskimessa on kaikki osan D3 kaavat, joilla eri osatekijöiden lämpöhäviöosuudet lasketaan. Siihen on syötetty myös määräysten vertailuarvot, joten se laskee

automaattisesti tarkasteltavan kohteen vertailulämpöhäviön. Laskimen käyttäjän pitää vain määrittää suunnitelmista riippuvat muuttujat, (U-arvot, ikkunapinta-alat yms.) ja sijoittaa ne laskimeen niille tarkoitettuihin soluihin. Sen jälkeen työkalu laskee rakennuksen ominaislämpöhäviön arvon ja vertaa sitä automaattisesti määräysten mukaiseen vertailulämpöhäviöön. Vertailun tulos näkyy saman tien taulukon seitsemännellä rivillä ja kertoo, täyttääkö rakennus määräysten vaatimukset vai ei.

Tasauslaskennan kohteeksi valittiin Helmitalo Oy:n suosituin talomalli - Kotihelmi. Laskinta lähdettiin täyttämään talomallin tiedoilla. Täytettäviä kohtia oli muutama ja osa niistä tiedettiin valmiiksi. Helmitalo Oy:n kohteissa käytetään koneellista ilmanvaihtoa, jonka poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 53 %. Tämä arvo on parempi kuin vertailuarvo 45 %, joten tiesi heti, että joissain kohdissa oli joustamisen varaa.

Talopaketeille ei suoriteta rakentamisen jälkeistä ilmanpitävyyden mittausta. Tässä tapauksessa voi Rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan käyttää ilmanvuotoluvun n_{50} suunnittelu arvona arvoa 4 1/h. Määräysten vertailuarvo ilmanvuotoluvulle on 2 1/h. Tässä osiossa tuli siis takapakkia kokonaistilanteeseen nähden.

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ja ilmanvuotoluku ovat samoja kaikissa Helmitalo Oy:n kohteissa. Seuraavaksi tarvittiinkin Kotihelmen ominaisarvoja, joista ensimmäinen oli rakennustilavuus. Rakennustilavuudella tarkoitetaan ulkoseinien, alapohjan ja yläpohjan sisäpintojen rajaamaa tilaa. Tilavuus laskettiin yritykseltä saaduissa piirustuksissa ilmoitetuista mitoista ja tulokseksi saatiin 390,0 m³.

Tilavuuden jälkeen kysyttiin kerrosalaa. Kotihelmen ilmoitettu kerrosala on 115 m². Tasauslaskimessa pyydettiin ilmoittamaan maan kanssa kosketuksissa olevien kerrosten ala, johon kuuluu lämpimien ja puolilämpimien tilojen lisäksi jopa seinien jatkokset. Ilmoitettu arvo tarkistettiin laskemalla kerrosala pohjapiirustuksesta ja tulokseksi saatiin sama lukema. Samalla laskettiin myös ulkoseinien pinta-ala sekä yläpohjan pinta-ala seinien sisämittojen mukaan. Ulkoseinien alaksi saatiin 106,8 m² ja yläpohjan alaksi 102,6 m². Alapohjan pinta-alan arvona käytettiin samaa lukemaa kuin yläpohjalle.

Huonekorkeudeksi ilmoitettiin 2,56 m. Mitta otettiin erään rakenteilla olevan Kotihelmen rakenneleikkauskuvasta. Kerroskorkeus saatiin lisäämällä huonekorkeuteen uuden yläpohjarakenteen paksuus. Kokonaismitaksi muodostui 3,1 m.

Lämpimien tilojen ilmatilavuus saatiin selville vähentämällä väliseinien tilavuus rakennuksen sisämittojen mukaan lasketusta tilavuudesta. Arvoksi saatiin 253 m³. Puolilämpimien tilojen puuttuessa niiden ilmatilavuutta ei tarvinnut selvittää.

Ikkunoiden pinta-ala laskettiin elementtipiirustuksissa ilmoitetuilla mitoilla ja arvo syötettiin siihen tarkoitettuun soluun. Tasauslaskin ilmoitti heti ikkunoiden prosentuaalisen osuuden vaipan alasta ja arvo kirjattiin rakennustyyppikuvaukselle varattuun soluun. Myös ulko-ovien pinta-ala laskettiin elementtipiirustuksista.

Lopuksi täydennettiin rakenteiden lämmönläpäisykertoimille varatut solut. Alapohjan U-arvoksi oli rakennusselostuksessa ilmoitettu arvo 0,11 W/m²K ja ikkunoille sekä oville 1 W/m²K. Yläpohjan U-arvoksi syötettiin uudeksi rakenteeksi valitun rakenteen lämmönläpäisykerroin 0,09 W/m²K. Ulkoseinän U-arvo oli tasauslaskelman ainoa muuttuva tekijä. Kaikkien neljän valitun rakenteen U-arvot syötettiin vuorotellen tasauslaskimeen ja kaikilla arvoilla saatiin hyväksytty tulos.

Tasauslaskin ilmoitti myös, läpäiseekö suunniteltu kokonaisratkaisu matalaenergiatalon kriteerit. Matalaenergiatalon ominaislämpöhäviö saa olla enintään 85 % vertailulämpöhäviöstä. Tarkasteltavan rakennuksen suunnitellut ratkaisut eivät valitettavasti riittäneet täyttämään kyseistä kriteeriä. Parhaiten lukemaan 85 % pääsee hyvin eristetyillä ja tiiviillä rakenteilla sekä korkean vuosihyötysuhdeprosentin omaavalla lämmöntalteenottokoneella. Helmitalo Oy:n on otettava tämä fakta huomioon, jos yrityksen tavoitteeksi tulee kehittää kohteistaan matalaenergisiä.

Vertailun vuoksi päätettiin tarkistaa, miten ilmanvuotoluvun parantaminen vaikuttaisi Kotihelmen ominaislämpöhäviöön. Tilannetta tarkasteltiin yhteensä neljällä ilmanvuotoluvun lukemalla, joista yksi oli todellinen ja kolme todellista parempia teoreettisia arvoja. Teoreettiset arvot syötettiin vuorotellen tasauslaskimeen muiden todellisten arvojen pysyessä samoina. Ulkoseinän U-arvona käytettiin Isoverin tuoteyhdistelmällä saatua arvoa 0,143 W/m²K. Tarkastelulla saatiin selville, miten paljon Kotihelmen ominaislämpöhäviön arvo pienenee pelkästään ilmanvuotolukua

parantamalla. Saadut arvot koottiin taulukkoon 9. Tasauslaskelmat löytyvät tämän työn liitteistä.

| Ilmanvuotolukuvertailu | | | |
|------------------------|-----------|---------------------|------------------|
| arvo | tulos W/K | muutos edelliseen % | matalaenergisyys |
| 4 | 95 | | |
| 3 | 92 | 3,16 | |
| 2 | 88 | 4,35 | x |
| 1 | 85 | 3,41 | x |

Taulukko 9: Ilmanvuotoluvun vaikutus Kotihelmen ominaislämpöhäviöön

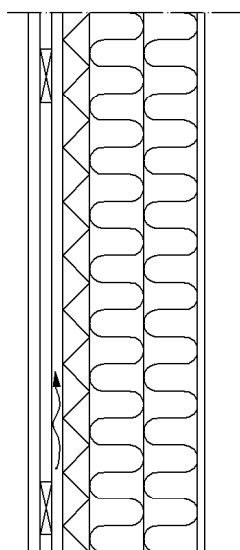
Kuten taulukosta 8 voidaan nähdä, Kotihelmestä saa matalaenergiatalon parantamalla ilmanvuotolukua vastaamaan uusien määräysten vertailuarvoa. Tämä edellyttäisi rakentajilta yhtenäisen ilmansulun asentamista sekä huolellista läpivientien ja rakennusosien liitoskohtien tiivistämistä. Valmiissa rakennuksessa olisi myös suoritettava ilmanvuotoluvun mittauksia suunnitteluarvon toteutumisen varmistamiseksi.

3.5 Uudet rakenteet

Kuvista 3,4,5,6 ja 7 voi tarkastella opinnäytetyönä kehitettyjä uusia rakenteita, niiden ainekerroksia ja lämmönjohtavuusominaisuuksia, ja taulukoista 10,11,12,13 ja 14 rakenteiden lämmönläpäisykertoimien määrittelyvaiheen laskutoimituksia.

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava puurunkorakenne Mineraalivillaeriste |
| Suunnittelija | Dmitri Putskov |
| Rakenneosa | US |

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

- ulkomaali rakennusselostuksen mukaan
- ulkoverhouspaneeli 21x120
- harvalaudoitus 22x100 K800
- pystyrimoitus 20x50 K600
- tuulensuojalevy 50mm Isover RKL-31
- kantava runko 48x198 K600 +
mineraalivilla 2x100mm Isover KL-32
- höyrynsulkumuovi
- gyproc-kipsilevy 13mm
- sisäpinta huoneselostuksen mukaan

Ominaisuudet: U-arvo 0,143 W/m²K

Kuva 3: Ulkoseinärakenne Isoverin materiaaleilla

Taulukko 10: Isoverin materiaaleilla laskettu U-arvo

| US | Isover | | R | |
|--------------------------|--------|---|--------------|--------------------------|
| Sisäpinta (lämmönvastus) | | = | 0,130 | m ² K/W |
| | | $\frac{0,013 \text{ m}}{0,25 \text{ W/mK}}$ | = | 0,052 m ² K/W |
| Gyproc-levy 13mm | | = | | m ² K/W |
| Höyrynsulku | | = | | m ² K/W |
| Runko+eriste | | = | 5,083 | m ² K/W |
| | | $\frac{0,05 \text{ m}}{0,031 \text{ W/mK}}$ | = | 1,613 m ² K/W |
| Tuulensuojalevy | | = | 0,130 | m ² K/W |
| Ulkopinta (lämmönvastus) | | = | | m ² K/W |
| Kokonaislämmönvastus RT | | = | 7,008 | |

Runko:

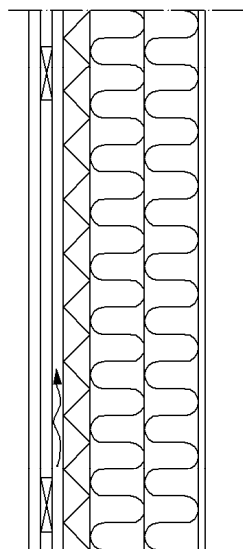
| | | | |
|----------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| Puun osuus= | 0,05x1,67= | 0,0835 m ² = | 8,35 % |
| Eristeen osuus= | 1-0,0835= | 0,9165 m ² = | 91,65 % |
| Eriste | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,032 \text{ W/mK}}$ | = | 6,25 m ² K/W |
| Puu | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}$ | = | 1,666667 m ² K/W |
| Puu ja villa yhdessä | $\frac{0,0835}{1,666667} + \frac{0,9165}{6,25}$ | = | 5,08285 |

U-arvon määrittely

| | | | |
|------------|---|--------------|--------------------|
| RT | = | 7,008 | m ² K/W |
| ΔU | = | 0 | W/m ² K |
| U-arvo | = | 0,143 | W/m ² K |

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava puurunkorakenne Mineraalivillaeriste |
| Suunnittelija | Dmitri Putskov |
| Rakenneosa | US |

Mittakaava 1:10



- Rakennekerrokset:
- ulkomaali rakennusselostuksen mukaan
 - ulkoverhouspaneeli 21x120
 - harvalaudoitus 22x100 K800
 - pystyrimoitus 20x50 K600
 - tuulensuojalevy 50mm Paroc WAS 25t
 - kantava runko 48x198 K600 +
mineraalivilla 2x100mm Paroc eXtra plus
 - höyrynsulkumuovi
 - gyproc-kipsilevy 13mm
 - sisäpinta huoneselostuksen mukaan

Ominaisuudet: U-arvo 0,151 W/m²K

Kuva 4: Ulkoseinärakenne Parocin materiaaleilla

Taulukko 11: Parocin materiaaleilla laskettu U-arvo

| US | Paroc | | R | |
|--------------------------|---|---|--------------|--------------------|
| Sisäpinta (lämmönvastus) | | = | 0,130 | m ² K/W |
| | $\frac{0,013 \text{ m}}{0,25 \text{ W/mK}}$ | = | 0,052 | m ² K/W |
| Gyproc-levy 13mm | | = | | m ² K/W |
| Höyrynsulku | | = | | m ² K/W |
| Runko+eriste | | = | 4,857 | m ² K/W |
| | $\frac{0,05 \text{ m}}{0,034 \text{ W/mK}}$ | = | 1,471 | m ² K/W |
| Tuulensuojalevy | | = | 0,130 | m ² K/W |
| Ulkopinta (lämmönvastus) | | = | | m ² K/W |
| Kokonaislämmönvastus RT | | = | 6,639 | |

Runko:

| | | | |
|-----------------|------------|-------------------------|---------|
| Puun osuus= | 0,05x1,67= | 0,0835 m ² = | 8,35 % |
| Eristeen osuus= | 1-0,0835= | 0,9165 m ² = | 91,65 % |

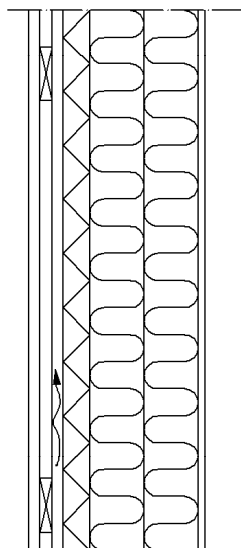
| | | | | |
|----------------------|---|---|----------|--------------------|
| Eriste | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,034 \text{ W/mK}}$ | = | 5,882353 | m ² K/W |
| Puu | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}$ | = | 1,666667 | m ² K/W |
| Puu ja villa yhdessä | $\frac{0,0835}{1,666667} + \frac{0,9165}{5,882353}$ | = | 4,856609 | |

U-arvon määrittely

| | | | |
|------------|---|--------------|--------------------|
| RT | = | 6,639 | m ² K/W |
| ΔU | = | 0 | W/m ² K |
| U-arvo | = | 0,151 | W/m ² K |

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava puurunkorakenne Mineraalivillaeriste |
| Suunnittelija | Dmitri Putskov |
| Rakenneosa | US |

Mittakaava 1:10



- Rakennekerrokset:
- ulkomaali rakennusselostuksen mukaan
 - ulkoverhouspaneeli 21x120
 - harvalaudoitus 22x100 K800
 - pystyrimoitus 20x50 K600
 - tuulensuojalevy 50mm Paroc WAS 25t
 - kantava runko 48x198 K600 +
mineraalivilla 2x100mm Isover KL-32
 - höyrynsulkumuovi
 - gyproc-kipsilevy 13mm
 - sisäpinta huoneselostuksen mukaan

Ominaisuudet: U-arvo 0,146 W/m²K

Kuva 5: Ulkoseinä rakenne Isoverin mineraalivillalla ja Parocin tuulensuojalevyllä

Taulukko 12: Isoverin mineraalivillalla ja Parocin tuulensuojalevyllä laskettu U-arvo

| US | Isover+Paroc | | R | |
|--------------------------|---|---|--------------|--------------------|
| Sisäpinta (lämmönvastus) | | = | 0,130 | m ² K/W |
| | $\frac{0,013 \text{ m}}{0,25 \text{ W/mK}}$ | = | 0,052 | m ² K/W |
| Gyproc-levy 13mm | | = | | m ² K/W |
| Höyrynsulku | | = | | m ² K/W |
| Runko+eriste | | = | 5,083 | m ² K/W |
| | $\frac{0,05 \text{ m}}{0,034 \text{ W/mK}}$ | = | 1,471 | m ² K/W |
| Tuulensuojalevy | | = | 0,130 | m ² K/W |
| Ulkopinta (lämmönvastus) | | = | | m ² K/W |
| Kokonaislämmönvastus RT | | = | 6,865 | |

Runko:

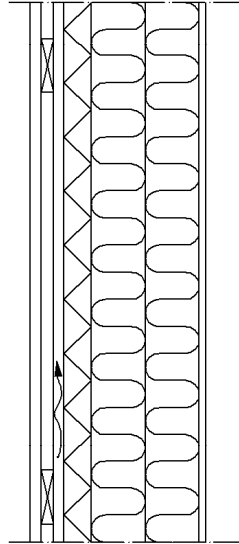
| | | | |
|----------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| Puun osuus= | 0,05x1,67= | 0,0835 m ² = | 8,35 % |
| Eristeen osuus= | 1-0,0835= | 0,9165 m ² = | 91,65 % |
| Eriste | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,032 \text{ W/mK}}$ | = | 6,25 m ² K/W |
| Puu | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}$ | = | 1,666667 m ² K/W |
| Puu ja villa yhdessä | $\frac{0,0835}{1,666667} + \frac{0,9165}{6,25}$ | = | 5,08285 |

U-arvon määrittely

| | | | |
|------------|---|--------------|--------------------|
| RT | = | 6,865 | m ² K/W |
| ΔU | = | 0 | W/m ² K |
| U-arvo | = | 0,146 | W/m ² K |

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava puurunkorakenne Mineraalivillaeriste |
| Suunnittelija | Dmitri Putskov |
| Rakenneosa | US |

Mittakaava 1:10



- Rakennekerrokset:
- ulkomaali rakennusselostuksen mukaan
 - ulkoverhouspaneeli 21x120
 - harvalaudoitus 22x100 K800
 - pystyrimoitus 20x50 K600
 - tuulensuojalevy 50mm Isover RKL-31
 - kantava runko 48x198 K600 +
mineraalivilla 2x100mm Paroc eXtra plus
 - höyrynsulkumuovi
 - gyproc-kipsilevy 13mm
 - sisäpinta huoneselostuksen mukaan

Ominaisuudet: U-arvo 0,147 W/m²K

Kuva 6: Ulkoseinärakenne Parocin mineraalivillalla ja Isoverin tuulensuojalevyllä

Taulukko 13: Parocin mineraalivillalla ja Isoverin tuulensuojalevyllä laskettu U-arvo

| US | Paroc+Isover | | R | |
|--------------------------|---|---|--------------|--------------------|
| Sisäpinta (lämmönvastus) | | = | 0,130 | m ² K/W |
| | $\frac{0,013 \text{ m}}{0,25 \text{ W/mK}}$ | = | 0,052 | m ² K/W |
| Gyproc-levy 13mm | | = | | m ² K/W |
| Höyrynsulku | | = | | m ² K/W |
| Runko+eriste | | = | 4,857 | m ² K/W |
| | $\frac{0,05 \text{ m}}{0,031 \text{ W/mK}}$ | = | 1,613 | m ² K/W |
| Tuulensuojalevy | | = | 0,130 | m ² K/W |
| Ulkopinta (lämmönvastus) | | = | | m ² K/W |
| Kokonaislämmönvastus RT | | = | 6,782 | |

Runko:

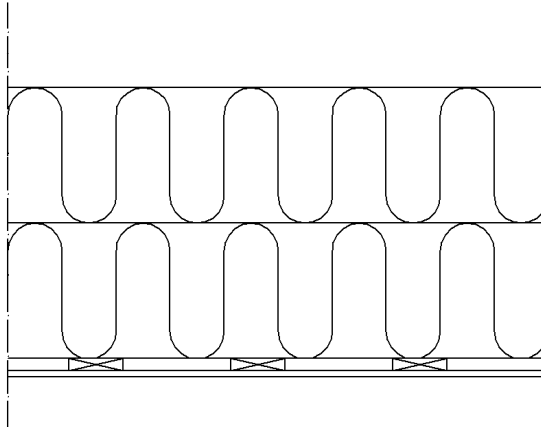
| | | | |
|----------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| Puun osuus= | 0,05x1,67= | 0,0835 m ² = | 8,35 % |
| Eristeen osuus= | 1-0,0835= | 0,9165 m ² = | 91,65 % |
| Eriste | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,034 \text{ W/mK}}$ | = | 5,882353 m ² K/W |
| Puu | $\frac{0,2 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}$ | = | 1,666667 m ² K/W |
| Puu ja villa yhdessä | $\frac{0,0835}{1,666667} + \frac{0,9165}{5,882353}$ | = | 4,856609 |

U-arvon määrittely

| | | |
|------------|---|---------------------------------|
| RT | = | 6,782 m ² K/W |
| ΔU | = | 0 W/m ² K |
| U-arvo | = | 0,147 W/m ² K |

| | |
|---------------|---|
| Rakennuskohde | Kantava NR-ristikkorakenne Puhallettava selluvillaeriste |
| Suunnittelija | Dmitri Putskov |
| Rakenneosa | YP |

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

- ulkopinta rakennusselostuksen mukaan
- aluskate rakennusselostuksen mukaan
- tuulettuva ilmatila
- kattoristikot 48mm K900 +
puhallettava selluvilla 500mm Termex
- höyrynsulkumuovi
- harvalaudoitus 22x100mm K300
- verhouspaneli rakennusselostuksen mukaan

Ominaisuudet:

U-arvo 0,09 W/m²K

Kuva 7: Yläpohjarakenne Termexin materiaaleilla

Taulukko 14: Termexin puhallusvillalla laskettu U-arvo

| YP Termex | | | | |
|----------------------------------|---|------------------------|--------------------|--------------------|
| Ulkopinta (lämmönvastus) | | = | 0,100 | m ² K/W |
| Puhallusvilla | $\frac{0,38 \text{ m}}{0,041 \text{ W/mK}}$ | = | 11,915 | m ² K/W |
| Puolikova puukuitulevy 13mm | $\frac{0,013 \text{ m}}{0,11 \text{ W/mK}}$ | = | 0,118 | m ² K/W |
| Höyrysulku | | = | | m ² K/W |
| Ilmarako ja laudoitus | | = | 0,160 | m ² K/W |
| Paneeli | $\frac{0,012 \text{ m}}{0,15 \text{ W/mK}}$ | = | 0,080 | m ² K/W |
| Sisäpinta (lämmönvastus) | | = | <u>0,100</u> | m ² K/W |
| Kokonaislämmönvastus RT | | = | 12,473 | |
| Ristikko ja villa yhdessä | | | | |
| Ristikön osuus: | 0,05x1,1= | 0,055 m ² = | 5,50 % | |
| Villan osuus: | 1-0,055= | 0,945 m ² = | 94,50 % | |
| Puu | $\frac{0,12 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}$ | = | 1 | m ² K/W |
| Puhallusvilla | $\frac{0,12 \text{ m}}{0,041 \text{ W/mK}}$ | = | 2,926829 | m ² K/W |
| Puu ja villa yhdessä | $\frac{94,50 \%}{2,926829} + \frac{0,055}{1}$ | = | 2,646378 | |
| U-arvon määrittely | | | | |
| RT | = | 12,473 | m ² K/W | |
| ΔU | = | 0,01 | W/m ² K | |
| U-arvo | = | 0,090 | W/m ² K | |

4 Tulosten tarkastelu

4.1 U-arvot

U-arvoja tarkastellessa voidaan huomata, että paksumpi eristekerros tai paremman lämmönjohtavuusarvon omaava eriste parantavat rakenteen lämmöneristävyysominaisuuksia. Mitä parempi U-arvo, sitä vähemmän energiaa karkaa ulkoilmaan kulkeutumalla rakenteiden materiaalien läpi. Seinärakennetta kehitettäessä lämpöteknisesti parhaimpaan tulokseen päästiin käyttämällä Isoverin tuotteita.

4.2 Hintavertailu

Hintavertailu osoitti, että ulkoseinärakenteessa mineraalivillan ja tuulensuojalevyn yhdistetty käyttö tulee halvemmaksi kuin SPU polyuretaanilevyn käyttö. Selvittämättä jäi kuitenkin, mikä neljästä mineraalivillan ja tuulensuojalevyn yhdistelmästä on halvin toteuttaa.

Puhallettavien eristeiden hintavertailu osoitti, että kokonaiskustannukset ovat riippuvaisia kuutiohinnan lisäksi myös eristeen painuma-arvosta. Vertailtavat materiaalit maksoivat asennettuna lähes saman verran, vaikka niiden muuttuja-arvot erosivat toisistaan suhteellisen paljon.

4.3 Tasauslaskelmat

Tasauslaskelma tehtiin erikseen jokaiselle uudelle ulkoseinärakennetkaisuun, yhteensä neljä kappaletta. Tuloksia saatiin kuitenkin vain 2 erilaista johtuen uusien seinärakenteiden U-arvojen vähäisestä eroavaisuudesta. Kaikki tasauslaskelman tulokset täyttivät uudet määräykset rakennuksen ominaislämpöhäviölle.

Ilmanvuotoluvun vertailussa huomattiin, millaisia muutoksia arvon parantaminen tuo rakennuksen ominaislämpöhäviön lopulliseen laskenta-arvoon. Mallikohteena olleesta Helmitalo Oy:n talomallista Kotihelmestä saatiin matalaenergiatalo parantamalla ilmanvuotoluvun arvoa vain kahdella pykälällä.

5 Loppusanat

Helmitalo Oy:n valitessa talopaketteihinsa uutta ulkoseinärakennetta kannattaa valita neljästä ehdotetusta suunnitelmaratkaisusta edullisimmin toteutettavissa oleva, koska kaikilla ehdotetulla ratkaisulla saavutetaan uusien määräysten vaatimukset. Uudeksi yläpohjarakenteeksi sopii parhaiten ainoa ehdotettu ratkaisu, koska se on helpoin toteuttaa ja se toteutetaan vanhan materiaalitoimittajan materiaaleilla.

Opinnäytetyön tekoprosessin aikana opittiin uutta tasauslaskelmasta ja sen prosessista, tutustuttiin uusiin lämmöneristemateriaaleihin ja laajennettiin tietämystä Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennuksen lämmöneristystä ja energiatehokkuutta käsittelevien osien sisällöstä. Lisäksi tutustuttiin kirjaan ”Rakennusosien kustannuksia 2009”, joka toimii erinomaisena lähteenä sekä rakennusmateriaalien hinnoille että rakennusosien kokonaiskustannuksille.

Lähteet

- Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 (2010). Valmistelija Kalliomäki, Pekka. 2007.
Rakennuksen lämmöneristys, määräykset. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 (2003). Valmistelija Kalliomäki, Pekka. 2002.
Lämmöneristys, ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 (2010). Valmistelija Kalliomäki, Pekka. 2008.
Rakennuksen energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki:
Ympäristöministeriö.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 (2010). Valmistelija Kalliomäki, Pekka. 2008.
Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. Helsinki:
Ympäristöministeriö.
- Tasauslaskentaopas 2007. Laatineet Nyman, Mikko & Saari, Mikko. 2008. Helsinki:
Ympäristöministeriö.
- Penttilä, Hannu; Lindberg, Rita; Palolahti, Tuomas; Koskenvesa, Anssi; Mäki, Tarja;
Palomäki, Jenni; Kivimäki, Christian; Sahlstedt, Satu. 2009.
Rakennusosien kustannuksia 2009. Tampere: Rakennustieto Oy.

Sähköiset lähteet

- Nippala, Eero, 2008, Rakentamisen suhdanteet, TAMKin verkkolevyasema
[viitattu 22.2.2010] X:\teaching material\Nippala Eero\R1080 Rak-tal-
per\syksy 2008
- Millainen on energiatehokas pientalo? 2010. [online] [viitattu 22.2.2010]
http://motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo
- Hyvän talon lämmitys, ilmanpitävyys, ilmanvaihto ja ikkunat. 2010.
[online] [viitattu 22.2.2010]
http://motiva.fi/rakentaminen/rakentajan_ohjeet/hyva_talo/
- Lukkarinen, Pekka 2008. Rakentamisen ohjaus - uutta ja tulevaa. Ympäristöministeriö
[online] [viitattu 22.2.2010]
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=95496>
- Motiva Oy, kotisivut 2010.
[online] [viitattu 22.2.2010]
<http://www.motiva.fi>

Suomen asiakastieto

[online] [viitattu 4.3.2010]

http://www.finder.fi/Rakennusliikkeit%C3%A4/Helmitalo%20Oy/KYLM%C3%84KOSKI/taloustiedot/111622/obfmail_to/uryzvgnyb+uryzvgnyb+arg?obql=G&nhzy;z&nhzy;%20ivrfgv%20ba%20y&nhzy;urgrggl%20Vabn.sv-levglfunxhcniryhfgn.

Mineraalivillan painumaprosentti

[online] [viitattu 6.4.2010]

<http://www.takuueristys.fi/puhallusvuorivilla.html?gclid=CJzg7aOK8qACFZEqDgodhDByFg>

Isover KL-32 tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

<http://www.isover.fi/fi/Tuotesivu/?intProductCategoryID=52&intProductID=20595&tuoteseloste=1>

Isover RKL-31 tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

<http://www.isover.fi/fi/Tuotesivu/?intProductCategoryID=56&intProductID=17764&tuoteseloste=1>

Paroc eXtra plus tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

http://www.paroc.fi/Channels/fi/building+insulation/products/BI_Product.asp?catalog_name=BI_FI&category_name=01.01.%20Pehme%C3%A4t%20eristeet&product_id=PAROC+eXtra+plus

Paroc WAS 25t tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

http://www.paroc.fi/Channels/fi/building+insulation/products/BI_Product.asp?catalog_name=BI_FI&category_name=01.03.%20Tuulensuojat%20ja%20j%C3%A4yk%C3%A4t%20sein%C3%A4eristeet&product_id=PAROC+WAS+25t

SPU Seinälevy tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

http://www.spu.fi/spu_seinalevy

Termex Puhallus tyyppihyväksyntä

[online] [viitattu 7.4.2010]

http://www.termex.fi/images/news_large/2_@_9457_@_puhallus_2005_tyyppihyvaksynta.pdf

Ekovilla - Lämmöneriste tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

http://www.ekovilla.com/gfx/pdf/tuotetietoa/ekovilla_rt_2008_2011.pdf

Knauf PerimiterPlus tuoteseloste

[online] [viitattu 7.4.2010]

http://www.knaufinsulation.fi/tuotteet/perimeter_plus.aspx

Liitteet

1. Kotihelmen pinta-alat ja tilavuudet

2. Tasauskannan tulokset

- Isover
- Paroc
- Isover + Paroc
- Paroc + Isover
- Ilmavuotoluku 3
- Ilmavuotoluku 2
- Ilmavuotoluku 1

| Kotihelmi | | | |
|---------------------------------|--------|-----------|-----------|
| mitat | | sisämitta | ulkomitta |
| pituus m | | 12,93 | 13,53 |
| levey m | | 7,93 | 8,53 |
| korkeus m | | 2,56 | 3,38 |
| rak. tilavuus m ³ | 390,01 | | |
| kerrosala m ² | 115,46 | | |
| välisenätilavuus m ³ | 9,64 | | |
| ilmatilavuus m ³ | 252,96 | | |
| US ala m ² | 106,82 | | |
| YP ala m ² | 102,58 | | |
| ikkunoita m ² | 12,88 | | |

| Elementti | Ikkunat | ala m² | ovet | ala m² |
|------------------|----------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| S1 | | | 1 | 1 |
| S2 | 3 | 4,04 | | |
| S3 | 2 | 3,24 | | |
| S4 | 2 | 3,6 | 1 | 1 |
| S5 | 1 | 1,8 | 1 | 1,1 |
| S6 | 1 | 0,2 | | |
| Yhteensä | 9 | 12,88 | 3 | 3,1 |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Pääsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 90 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|--|--|----------------------|---|----------------------|---|---|-----------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- arvo | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A × U] | Vertailu- ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,14 | 17,4 | 15,3 |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 51,8 |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 × V/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 × q _{v, v}] | | |
| Vuotoilma | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 4,0 | 0,0056 | 0,0112 | 6,7 | 13,5 | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | - | - | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 × q _{v, p} × (1-η _a)] | | |
| Hallittu ilmanvaihto | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | 35,0 | 29,9 | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | |
| | | | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | 105 | 95 | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | - | - | |

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista

Pinta-alat (osa C3)

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

| | Enimmäisarvo | Toteutunut arvo |
|---|--------------|-----------------|
| ✓ | 1,3 | 0,82 |
| | 1,3 | |

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|-------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 105 W/K | 95 W/K |
| | | |

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Lisäselvitykset

Rakennuksen vuotoilma (osa D3)

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 %

rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %

vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|------------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| | 89 W/K | 95 W/K |
| | | |

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|--|---|
| | ✗ |
|--|---|

| | |
|-----------------------------------|---|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Pääsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
 Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 91 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|--|---|----------------------|--|----------------------|--|-----------------------|----------------------|
| | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-arvo | Enimmäisarvo | Suunnittelu-arvo | Vertailuratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,15 | 17,4 | 16,1 |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 52,6 |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 x V/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 x q _{v, v}] | | |
| | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailuratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu | |
| Vuotoilma | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 4,0 | 0,0056 | 0,0112 | 6,7 | 13,5 | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | - | - | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 x q _{v, p} x (1-η _a)] | | |
| | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailu-arvo | Suunnittelu-arvo | Vertailuratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu | |
| Hallittu ilmanvaihto | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | 35,0 | 29,9 | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | | 0 | - | - | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | | 0 | - | - | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | |
| | | | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | | |
| | Vertailuratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu | Vertailuratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu | Vertailuratkaisu | Suunnittelu-ratkaisu | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | 105 | 96 | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | - | - | |

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskin 2010 (versio helmikuu 2009)

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.
 Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.
 Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista**Pinta-alat (osa C3)**

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa
 - lämpimissä tiloissa
 - puolilämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

- lämpimissä tiloissa
 - puolilämpimissä tiloissa

| | Enimmäisarvo | Toteutunut arvo |
|---|--------------|-----------------|
| ✓ | 1,3 | 0,83 |
| | 1,3 | |

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa
 - puolilämpimissä tiloissa

| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|-------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 105 W/K | 96 W/K |
| | | |

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Lisäselvitykset**Rakennuksen vuotoilma (osa D3)**

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

- lämpimissä tiloissa
 - puolilämpimissä tiloissa

| | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|------------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| | 89 W/K | 96 W/K |
| | | |

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|--|---|
| | ✗ |
|--|---|

| | |
|-----------------------------------|---|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Päsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
 Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 91 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|--|--|----------------------|---|----------------------|--|---|-----------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- arvo | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A × U] | Vertailu- ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,15 | 17,4 | 15,6 |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 52,1 |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 × V/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 × q _{v, v}] | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Vuotoilma | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 4,0 | 0,0056 | 0,0112 | 6,7 | 13,5 | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | - | - | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 × q _{v, p} × (1-η _a)] | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Hallittu ilmanvaihto | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | 35,0 | 29,9 | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | | 0 | - | - | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | | 0 | - | - | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | 105 | 95 | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | - | - | |

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista**Pinta-alat (osa C3)**

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

- puolilämpimissä tiloissa

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

Enimmäisarvo Toteutunut arvo

- lämpimissä tiloissa

| | | | |
|---|--|-----|------|
| ✓ | | 1,3 | 0,82 |
| | | 1,3 | |

- puolilämpimissä tiloissa

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

| | | | |
|-------|----|-------------------|----------------------|
| kyllä | ei | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
| ✓ | | 105 W/K | 95 W/K |
| | | | |

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

Tarkistuslistan yhteenveto

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

Lisäselvitykset**Rakennuksen vuotoilma (osa D3)**

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %

vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

| | | | |
|-------|----|------------------------|----------------------|
| kyllä | ei | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
| | ✗ | 89 W/K | 95 W/K |
| | | | |

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|--|---|
| | ✗ |
|--|---|

| | |
|-----------------------------------|---|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Pääsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 91 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | | |
|--|--|----------------------|---|----------------------|----------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- arvo | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A × U] | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,15 | 17,4 | 15,7 | |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - | |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 | |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 | |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - | |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 | |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 | |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - | |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 52,2 | |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - | |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - | |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - | |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - | |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - | |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - | |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - | |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 × V/3600] | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 × q _{v, v}] | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Vuotoilma | | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 4,0 | 0,0056 | 0,0112 | | 6,7 | 13,5 | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | | - | - | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 × q _{v, p} × (1-η _a)] | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Hallittu ilmanvaihto | | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | | 35,0 | 29,9 | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | | 0 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | | 0 | | - | - | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | | |
| | | | | | | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | | 105 | 96 | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | | - | - | |

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamääräyksen osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista

Pinta-alat (osa C3)

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

| | Enimmäisarvo | Toteutunut arvo |
|---|--------------|-----------------|
| ✓ | 1,3 | 0,82 |
| | 1,3 | |

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|-------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 105 W/K | 96 W/K |
| | | |

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Lisäselvitykset

Rakennuksen vuotoilma (osa D3)

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 %

rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %

vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|------------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| | 89 W/K | 96 W/K |
| | | |

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|--|---|
| | ✗ |
|--|---|

| | |
|-----------------------------------|---|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Päsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 87 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | | |
|--|--|----------------------|---|----------------------|----------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- arvo | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A × U] | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,14 | 17,4 | 15,3 | |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - | |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 | |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 | |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - | |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 | |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 | |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - | |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 51,8 | |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - | |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - | |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - | |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - | |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - | |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - | |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - | |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 × V/3600] | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 × q _{v, v}] | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Vuotoilma | | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 3,0 | 0,0056 | 0,0084 | | 6,7 | 10,1 | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | | - | - | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 × q _{v, p} × (1-η _a)] | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Hallittu ilmanvaihto | | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | | 35,0 | 29,9 | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | | - | - | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | | 105 | 92 | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | | - | - | |

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista**Pinta-alat (osa C3)**

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

| | Enimmäisarvo | Toteutunut arvo |
|---|--------------|-----------------|
| ✓ | 1,3 | 0,82 |
| | 1,3 | |

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|-------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 105 W/K | 92 W/K |
| | | |

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Lisäselvitykset**Rakennuksen vuotoilma (osa D3)**

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %

vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|------------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| | 89 W/K | 92 W/K |
| | | |

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|--|---|
| | ✗ |
|--|---|

| | |
|-----------------------------------|--|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Pääsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET JA LÄMPÖHÄVIÖ VASTAA MATALAENERGIATASOA |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
 Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 84 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | | |
|--|--|--------------------------|---|--------------------------|---|---|-----------------------|--------------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- arvo | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A × U] | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,14 | 17,4 | 15,3 | |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - | |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 | |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 | |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - | |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 | |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 | |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - | |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 51,8 | |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - | |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - | |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - | |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - | |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - | |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - | |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - | |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - | |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 × V/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 × q _{v, v}] | | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | | |
| Vuotoilma | | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 2,0 | 0,0056 | 0,0056 | 6,7 | 6,7 | | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | - | - | | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 × q _{v, p} × (1-η _a)] | | | |
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | | |
| Hallittu ilmanvaihto | | | | | | | | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | 35,0 | 29,9 | | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - | | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | - | - | | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - | | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | | |
| | | | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | | | |
| | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | 105 | 88 | | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | - | - | | |

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista**Pinta-alat (osa C3)**

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

| | Enimmäisarvo | Toteutunut arvo |
|---|--------------|-----------------|
| ✓ | 1,3 | 0,82 |
| | 1,3 | |

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|-------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 105 W/K | 88 W/K |
| | | |

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Lisäselvitykset**Rakennuksen vuotoilma (osa D3)**

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %

vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|------------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 89 W/K | 88 W/K |
| | | |

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
|---|--|

| | |
|-----------------------------------|--|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |
| Rakennustyyppi | 1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta. |
| Pääsuunnittelija | |
| Tasauslaskelman tekijä | |
| Päiväys | |
| Tulos: Suunnitteluratkaisu | TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET JA LÄMPÖHÄVIÖ VASTAA MATALAENERGIATASOA |

Rakennuksen laajuustiedot

| | |
|--|------------------------|
| Rakennustilavuus | 390 rak-m ³ |
| Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä | 115 m ² |
| Kerroskorkeus | 3,1 m |
| Huonekorkeus | 2,6 m |
| Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat | 253 m ³ |
| Ilmatilavuus, V, puolilämpimät tilat | m ³ |

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 123 m²
Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 81 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

| Perustiedot | Pinta-alat, m ² [A] | | U-arvot, W/(m ² K) [U] | | | Lämpöhäviöiden tasaus | |
|--|--|----------------------|---|----------------------|---|---|-----------------------|
| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Enimmäis- arvo | Suunnittelu- arvo | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joht} = A × U] | Vertailu- ratkaisu |
| RAKENNUSOSAT | | | | | | | |
| <i>Lämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 102 | 107 | 0,17 | 0,60 | 0,14 | 17,4 | 15,3 |
| Hirsiseinä | | | 0,40 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | 103 | 103 | 0,09 | 0,60 | 0,09 | 9,2 | 9,2 |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,09 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,17 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | 103 | 0,16 | 0,60 | 0,11 | 16,4 | 11,3 |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,16 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | 17,3 | 12,9 | 1,00 | 1,80 | 1,00 | 17,3 | 12,9 |
| Ulko-ovet | | 3,1 | 1,00 | - | 1,00 | 3,1 | 3,1 |
| Kattoikkunat | | | 1,00 | 1,80 | | - | - |
| Lämpimät tilat yhteensä | 328 | 328 | | | | 63,4 | 51,8 |
| <i>Puolilämpimät tilat</i> | | | | | | | |
| Ulkoseinä | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Hirsiseinä | | | 0,60 | 0,60 | | - | - |
| Yläpohja | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva) | | | 0,14 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾ | | | 0,26 | 0,60 | | - | - |
| Alapohja (maanvastainen) | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Muu maanvastainen rakennusosa | | | 0,24 | 0,60 | | - | - |
| Ikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Ulko-ovet | | | 1,40 | - | | - | - |
| Kattoikkunat | | | 1,40 | 2,80 | | - | - |
| Puolilämpimät tilat yhteensä | - | - | | | | - | - |
| VAIPAN ILMAVUODOT | | | | | | | |
| | Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀] | | Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v, v} = n ₅₀ /25 × V/3600] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 × q _{v, v}] | | |
| Vuotoilma | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Lämpimät tilat | 2,0 | 1,0 | 0,0056 | 0,0028 | 6,7 | 3,4 | |
| Puolilämpimät tilat | 2,0 | | | | - | - | |
| ILMANVAIHTO | | | | | | | |
| | Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v, p}] | | LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a] | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 × q _{v, p} × (1-η _a)] | | |
| Hallittu ilmanvaihto | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo | Vertailu- ratkaisu | Suunnittelu- ratkaisu | |
| Lämpimät tilat | | 0,053 | 45 | 53 | 35,0 | 29,9 | |
| Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat | | | 45 | | - | - | |
| Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta | | | 0 | | - | - | |
| Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus | | | | | | | |
| | | | | | Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joht} + H _{vuotoilma} + H _{iv}] | | |
| Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | 105 | 85 | |
| Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä | | | | | - | - | |

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Rakennuskohde | Pientalo |
| Rakennuslupatunnus | |

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista

Pinta-alat (osa C3)

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
| | |

- puolilämpimissä tiloissa

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | Enimmäisarvo | Toteutunut arvo |
|---|--------------|-----------------|
| ✓ | 1,3 | 0,82 |
| | 1,3 | |

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | Vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|-------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 105 W/K | 85 W/K |
| | | |

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

| | |
|-------|----|
| kyllä | ei |
| ✓ | |

Lisäselvitykset

Rakennuksen vuotoilma (osa D3)

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)

Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 %

rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa 0,17 W/m²K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m²K puolilämpimissä tiloissa.

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %

vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

| | 85 % vertailu- arvo | Suunnittelu- arvo |
|-------|------------------------|----------------------|
| kyllä | | |
| ✓ | 89 W/K | 85 W/K |
| | | |

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

| | |
|---|--|
| ✓ | |
|---|--|