

Henna Kuoppala

Pientalon suunnittelu

Energiatehokkuus ja kosteudenhallinta

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Henna Kuoppala

Työn nimi: Pientalon suunnittelu: Energiatehokkuus ja kosteudenhallinta

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 33

Liitteiden lukumäärä: 6

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella energiatehokas 1,5-kerroksinen pientalo ja laatia rakennusluvan hakemista varten tarvittavat pääpiirustukset sekä energiatodistus. Piirustukset laadittiin Cads Planner-suunnitteluohjelmalla sekä energiatodistus Laskentapalvelut-palvelussa.

Työssä esitellään suunniteltavan rakennuksen rakenteita ja talotekniikkaa sekä energiatehokkuuteen vaikuttavia asioita. Lisäksi työssä käsitellään energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksia rakenteiden toimivuuteen sekä kosteudenhallintaan liittyviä seikkoja.

Suunnittelun ohessa tutkittiin rakenteiden kosteustekniseen toimintaan liittyvää kirjallisuutta sekä aiheesta tehtyjä tutkimuksia. Energiatehokkuusmääräysten kiristettyä rakennusten järjestelmien toimivuutta on tutkittu useissa tutkimuksissa, joihin myös opinnäytetyössä viitataan.

Avainsanat: pientalo, suunnittelu, energiatehokkuus, kosteus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Henna Kuoppala

Title of thesis: Design of a one-family house: Energy efficiency and humidity control

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2013

Number of pages: 33

Number of appendices: 6

The main goal of the thesis was to design an energy efficient 1,5-storey house. The outline drawings and energy certificate were drawn up in order to apply for a planning permission. The drawings were drawn with the Cads Planner – engineering software and the energy certificate was made at Laskentapalvelut-service.

The thesis presents the structures and HVAC systems of the house and things which effect the energy efficiency. Furthermore, the thesis deals with the functionality of the structures and the things concerning humidity control.

Literature and research reports about moisture technical performance of structures were studied alongside the design process. After the tightening of the energy efficiency regulations, many researches have been made about the functionality of the systems and structures in buildings. There are references to these researches in the thesis.

Keywords: one-family house, designing, energy efficiency, humidity

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta ja tavoite	8
1.2 Työn rajaus	8
2 RAKENNUSHANKE	9
2.1 Rakennuspaikka.....	9
2.2 Rakennuksen suunnittelu.....	9
3 RAKENNE- JA TALOTEKNISET RATKAISUT	11
3.1 Perustukset ja alapohja.....	11
3.2 Ulkoseinä	12
3.3 Väliseinät	13
3.4 Välipohja	14
3.5 Yläpohja	14
3.6 Lämmitysjärjestelmä ja ilmanvaihto.....	15
4 RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN SUUNNITTELU	17
4.1 Kosteuslähteet	17
4.2 Kosteuden ja lämmön siirtyminen	18
4.2.1 Kosteuden siirtymisen huomioiminen rakenteissa	18
4.2.2 Lämmön siirtymisen huomioiminen rakenteissa.....	20
4.3 Kylmäsilat.....	21
4.4 Tiiveys.....	21
4.5 Rakenteiden tuuletus	23
4.6 Rakentamisaikainen kosteus	24
4.7 Energiatehokkuuden parantamisen vaikutukset.....	25
4.8 Kosteudenhallintaa tukevat ratkaisut.....	25

5	ENERGIATEHOKKUUS JA SISÄILMASTO.....	27
6	ENERGIATODISTUS.....	28
6.1	Laskennan tulos.....	28
6.2	Laskennassa saatu energiankulutus.....	28
7	YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET.....	33

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Kuva rakennuspaikalta ennen puiden kaatamista.....	9
Kuvio 2. Perusmuuri ja alapohja	11
Kuvio 3. Ulkoseinärakenne.	13
Kuvio 4. Yläpohjarakenne.	15
Kuvio 5. Eristemateriaalin vaikutus toteutuneeseen ilmatiiveyteen. (Vinha ym. 2005, 78).....	22
Taulukko 1. Ilmatiiveyden vaikutus energiankulutukseen. (RIL 249-2009, 152) ...	22

Käytetyt termit ja lyhenteet

EPS	Paisutettu polystyreenimuovieriste
Ilmanvuotoluku n_{50}	Ilmanvuotoluku n_{50} ilmaisee ulkovaipan läpi virtaavan il- mamäärän tunnissa jaettuna rakennuksen sisäilmatila- vuudella, kun ulko- ja sisäilman paine-ero on 50 Pa.
Ilmanvuotoluku q_{50}	Ilmanvuotoluvulla q_{50} kuvataan rakennusvaipan keski- määräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla ko- konaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pin- ta-alaa kohden ($m^3/(h m^2)$).
Matalaenergiatalo	Rakennus, jonka tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergian ostoenergian ominaiskulutus ja nettoenergian ominaistar- ve ovat 26–50 kWh/(m^2a).
Passiivitalo	Rakennus, jonka tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergian ostoenergian ominaiskulutus ja nettoenergian ominaistar- ve ovat alle 25 kWh/(m^2a).
SPU	Polyuretaanieriste
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin [$W/(m^2K)$] ilmoittaa lämpövirranti- heyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoite

Kiristyvät energiatehokkuusmääräykset asettavat rakenteille, suunnittelulle ja rakentamiselle haasteita. Lisäksi ilmastonmuutos muuttaa rakenteiden kosteusteknistä toimintaa. Tavoitteena on tutkia energiatehokkuuden parantamisen vaikutusta rakenteiden toimivuuteen ja tarkastella kosteusteknisen suunnittelun tärkeimpiä asioita.

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan 1,5-kerroksinen pientalo ja laaditaan rakennusluvan hakemista varten tarvittavat pääpiirustukset ja E-lukuun perustuva energiatodistus liitteineen. Rakennuspaikka sijaitsee Ähtärissä Välivesi-nimisen järven rannalla. Tontille rakennetaan myös autotalli/varastorakennus. Kyseistä rakennusta ei tarkastella tässä opinnäytetyössä.

Rakennuksen piirtämisessä käytetään Cads Planner -ohjelmistoa ja energiatodistuksen laskennassa D.O.F tech Oy:n ja Isoverin yhteistä Laskentapalvelua. Lisäksi rakenteiden u-arvolaskennassa käytetään Dof-Lämpö -ohjelmaa.

1.2 Työn rajaus

Työssä esitellään suunnitteluratkaisun rakenteita sekä niiden rakennusfysikaalista toimintaa. Työssä keskitytään rakennuksen energiatehokkuuden ja kosteusteknisen suunnittelun tarkasteluun.

2 RAKENNUSHANKE

2.1 Rakennuspaikka

Rakennuspaikka sijaitsee Ähtärissä Vällivesi-nimisen järven itärannalla. Tontti on kaavoitettu 0,9 ha:n pientalotontti, jolla on 300 kerros-m² rakennusoikeutta. Maasto on tasaista tontin puoliväliin saakka, josta maa lähtee viettämään loivasti rantaa kohti. Tontti on harvennettua mäntymetsää, joten rakennuspaikalta jouduttiin kaatamaan puita monitoimikoneella syksyllä 2012. Kuviossa 1 on nähtävissä rakennuspaikan tilanne ennen puiden kaatamista.



Kuvio 1. Kuva rakennuspaikalta ennen puiden kaatamista.

2.2 Rakennuksen suunnittelu

Kohteen suunnittelu käynnistyi syksyllä 2012 ja erilaisia pohjaratkaisuja syntyi useita. Tontin ilmansuunnat ja järvinäkymä ohjasivat eri huonetilojen ja toimintojen

sijoittelua merkittävästi. Lopulliseen muotoonsa pohjapiirustus asettui helmikuussa 2013 (Liite 1 ja 3).

Rakenteiden suunnittelu lähti liikkeelle ajatuksesta, että runkomateriaalina käytetään puuta sekä eristemateriaalina SPU-eristeitä. SPU-eristeillä saavutetaan hyvä lämmöneristävyys pienemmillä rakennepaksuuksilla sekä ilmavuotokohtien eliminointi on helpompaa. SPU kestää myös hyvin kosteutta sen umpinaisen solurakenteen vuoksi. Suunnitteluprosessin alussa perustustavaksi mietittiin perinteistä harkkosokkeliperusmuuria. Suunnittelun edetessä heräsi ajatus EPS-sokkelielementeistä, jotka pienentävät perustustöihin liittyvää työmäärää ja –aikaa (Liite 2).

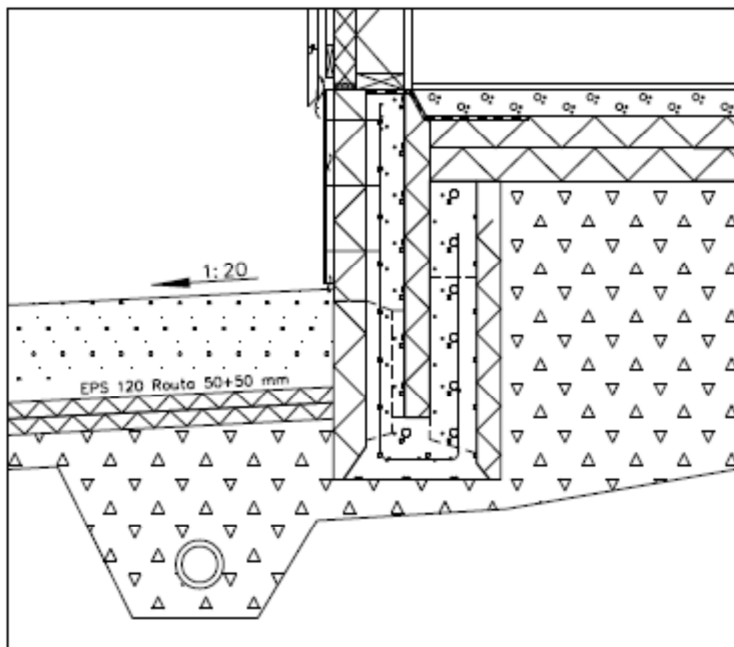
3 RAKENNE- JA TALOTEKNISET RATKAISUT

Energiatehokkaan suunnitteluratkaisun kolme päätekijää ovat ilmanvaihdon lämmön talteenotto, vaipan lämmönläpäisy sekä rakennusvaipan ilmavuotojen pienentäminen (RIL 249-2009 2009, 55). Energiatehokasta rakennusta suunniteltaessa on huomioitava myös mahdollinen kesäajan jäähdystarve.

3.1 Perustukset ja alapohja

Perustamistavaksi valittiin EPS-perustusvalumuotit ja maanvarainen alapohja. EPS-muottien (Kuvio 2) ulkopinnan eriste jätetään paikoilleen ja sokkeli verhoillaan kivilevyllä. Kivilevy kiinnitetään 22 mm koolaukseen, jotta levyn taakse jää tuuletusväli. Alapohjarakenne sisältä ulospäin:

- pintamateriaali
- teräsbetoni-laatta 100 mm
- Thermisol Platina Lattia 200 mm



Kuvio 2. Perusmuuri ja alapohja.

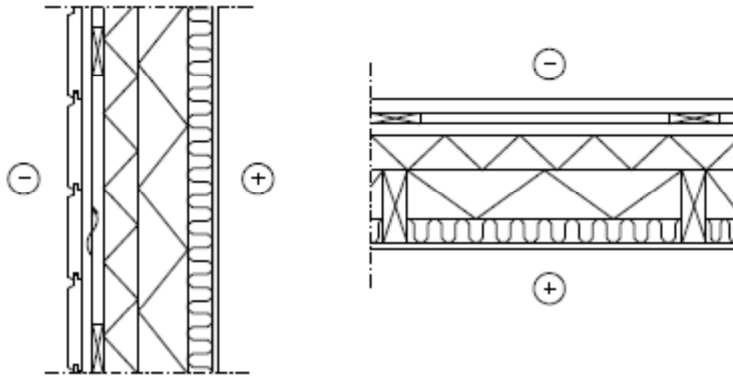
Alapohjan alle asennetaan 300 mm:n kerros kapillaarisoraa ja perusmaan pinta muotoillaan viettämään rakennuksen keskeltä salaojiin päin. Maanvastaisen alapohjan u-arvoksi saadaan 0,12 W/m²K (sisä- ja reuna-alueiden määrään suhteutettu arvo). Alapohjan reuna-alueilla on hieman pienempi u-arvo kuin sisäalueilla alapohjan alapuolisen maan lämmönvastukselle annettujen arvojen vuoksi (RakMk C4 2003, 19). VTT:n tutkimuksen (Heikkinen & Airaksinen 2011, 12) mukaan lattian reunalla tehtävä lisäeristys ei kuitenkaan ole alapohjan lämpöhäviöiden pienentämisen kannalta kannattavaa. Tasapaksun eristekerroksen etuna on lisäksi helpompi asennettavuus. Edellä mainitun tutkimuksen varsinainen pääkohde oli perusmuurin pystysuuntaisen lisäeristämisen vaikutus alapohjan lämpöhäviöihin. Tutkimusraportissa todetaan, että lattian eristepaksuuden lisääminen on perusmuurin lisäeristämistä kannattavampaa. Perustusten lämpöhäviöiden kannalta on tärkeintä pienentää perustusten kylmäsiltoja sekä perusmuurin lämpöhäviöitä suoraan ulkoilmaan. Routasuojauksen kannalta eristys on parasta sijoittaa perusmuurin ulkopintaan. Rakennukseen valittu perustusratkaisu on siis VTT:n tutkimuksen valossa optimaalinen ratkaisu etenkin, kun muotin ulkopuolen eriste jätetään paikoilleen. Alapohjan lämmöneristävyuden parantaminen lisää myös perustusten routasuojauksen tarvetta.

3.2 Ulkoseinä

SPU-eristeiden käyttö mahdollistaa nykyisillä u-arvovaatimuksilla pienempien runkopuudimensioiden käytön kuin mineraalivillojen yhteydessä. Heikko ilmaääneneristyskyky asettaa kuitenkin rakenteille toisenlaisia haasteita. Käkelän (2013) mukaan jo rakennetuissa puurunkoisissa SPU-taloissa on ollut satunnaisia kokemuksia huonosta ääneneristyksestä. Ongelmiin törmätään useimmiten liikennöityjen alueiden läheisyydessä. Kaksinkertaisella kipsilevytyksellä ilmaääneneristystä saadaan parannettua. Suunnitteluratkaisun rakennuspaikka sijaitsee hyvin rauhallisella paikalla, joten melu ei todennäköisesti aiheuta tarvetta toimenpiteisiin ääneneristävyuden parantamiseksi. Kuvion 3 ulkoseinärakenne sisältä ulospäin:

- Gyproc 13 mm tai paneeli 20 mm
- pystyrunko 48x148 + Mineraalivilla 50 mm + SPU AL 100 mm

- SPU AL 70 mm
- tuuletusväli, ristiinkoolaus 2x22x100
- hirsipaneeli 28x223.



Kuvio 3. Ulkoseinärakenne.

Ulkoseinärakenteen u -arvoksi saadaan $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kyseisen rakenteen etu on siinä, että rungon ulkopintaan saadaan yhtenäinen eristekerros, jolloin kylmäsiltojen määrä vähenee. Pesuhuonetiloissa ulkoseinille muurataan erillinen seinä alapohjalaatan päälle, jotta mahdollinen maanvaraisen lattian painuminen ei riko seinälle nostettavaa vedeneristettä (RIL 250-2011, 80).

Frame-tutkimuksessa (Lahdensivu ym. 2012) tutkittiin erilaisten rakenteiden kosteusteknistä toimintaa tämänhetkissä ja tulevaisuuden ilmasto-olosuhteissa. Tutkimuksen pohjalta laaditussa ohjeistossa kyseinen rakenne on todettu toimivaksi (mts. 30). Sisäpuolisen mineraalivillan asennusaikaa suunniteltaessa on huomiotava, että asennus on turvallisinta suorittaa vasta kosteuskuormitusta aiheuttavien töiden jälkeen (mts. 31). SPU-eristeitä asennettaessa on myös varmistettava, että runkokuut ovat riittävän kuivat ennen eristeiden vaahdotusta.

3.3 Väliseinät

Rakennuksen väliseinät toteutetaan pääasiassa 42×66 puutavarasta. Putkivientien helpottamiseksi ensimmäiseen kerrokseen rakennetaan myös yksi väliseinä 50×200 mm:n rungolla.

Suihku- ja pesupisteiden läheisyydessä suositellaan kivirakenteisten seinien käyttöä (RIL 107-2012, 167). Pesu- ja kodinhoitotiloissa kevyet väliseinät muurataan 85 mm:n ja kantavat seinät 130 mm:n Kahi-harkoista. Kahi-harkot ovat mittatarkkoja (RT 37991 2010, 3) ja harkkojen reiät ovat hyödyllisiä putki- ja sähkövetojen tekemisessä.

3.4 Välipohja

Välipohjan kantavat rakenteet toteutetaan osittain yhdessä yläpohjarakenteiden kanssa kehäristikoilla ja osittain puupalkistolla. Myös toiseen kerrokseen asennetaan lattialämmitys, joka vaikuttaa rakenteen valintaan. Levyrakenteinen välipohja on helpompi rakentaa ja samalla välttää betonin aiheuttamalta rakennusaikaiselta kosteudelta. Kipsilevy tasaa massallaan lämpötiloja ja parantaa ääneneristävyyttä. Välipohjarakenne yläpinnasta alapintaan:

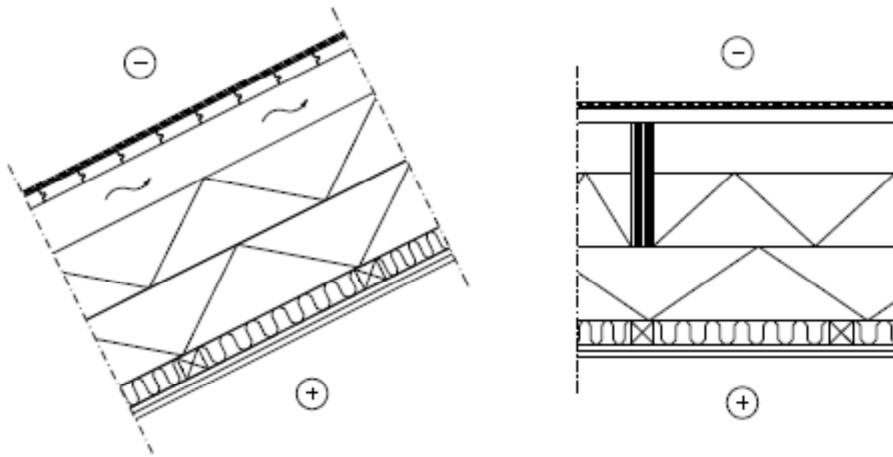
- pintamateriaali
- Gyproc 15 mm
- Gyproc 13 mm
- harvalaudoitus 22 mm + lämmönluovutuslevy
- kantava rakenne + ääneneristysvilla 150 mm
- koolaus 50x50 k400
- paneeli 20 mm.

3.5 Yläpohja

Yläpohjan kantavat rakenteet toteutetaan kehäristikko- ja palkkirakentein. Kuvion 4 yläpohjarakenne sisältä ulospäin:

- Gyproc 13+13 mm
- koolaus 47x48 k400 + Mineraalivilla 50 mm
- SPU AL 150 mm
- kattokannattajat + SPU AL 150 mm
- tuuletusväli 100 mm

- umpilaudoitus tai puulevy
- aluskermi
- bitumikattolaatta.



Kuvio 4. Yläpohjarakenne.

Yläpohjan u-arvoksi saadaan $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$. Yläpohjan katemateriaaliksi valittiin bitumikattolaatta, koska se on helppo asentaa ja SPU:n huono ääneneristävyyttä saattaa peltikatteen kanssa aiheuttaa sateella ääniongelmia.

3.6 Lämmitysjärjestelmä ja ilmanvaihto

Rakennuksen lämmitysenergia tuotetaan maalämpöpumpulla, jonka keruuputkisto sijoitetaan pinta-asennuksena tontin rannan läheisyydessä olevaan kosteaan notkelmaan. Lisäksi olohuoneeseen sijoitettava varaava takka-leivinuuni tuo lisälämpöä. Maalämpöpumppu suunnitellaan ilmanvaihdon kanssa siten, että maalämpöpumppu lämmittää ilmanvaihdon tuloilman talviaikaan sekä tarvittaessa viilentää kesäaikaan. Ilmanvaihtokoneeksi valitaan malli, jonka LTO:n vuosihyötysuhde on mahdollisimman korkea, käytännössä noin 80 %.

Lämmönjako huonetiloihin tapahtuu vesikiertoisen lattialämmityksen avulla. Energiatehokkaassa rakentamisessa on kritisoitu lattialämmityksen valintaa lämmönjakotavaksi, koska se reagoi hitaammin säätöihin, jolloin tilojen tuuletuksen (viilen-nyksen) tarve kasvaa. Lisäksi lattialämmitys kasvattaa maaperään suuntautuvia

lämpöhäviöitä, koska tilan lämmitykseen tarvittava lämpöteho tuotetaan betonilaa-
tan sisällä (Leivo & Rantala 2005, 57). Lattialämmitykseen päädyttiin kuitenkin
mukavuussyistä sekä patterijärjestelmän aiheuttamien sisutusrajoitteiden vuoksi.
Lattian pintamateriaalin valinnalla voidaan vaikuttaa lattialämmityksen energianku-
lutukseen (Leivo & Rantala 2005, 57). Esimerkiksi laatoitus päästää lämpöä lävit-
seen paremmin sisäilmaan kuin lämpöä pidättävä parketti.

4 RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN SUUNNITTELU

Rakenne- ja taloteknisiä ratkaisuja valitessa on huomioitava rakennustyyppin erityispiirteet ja niihin liittyvät rasitukset (RIL 250-2011, 90). Asuinrakennuksille tyypillistä on satunnaisesti vaihteleva kosteuskuormitus ja tilojen käyttöaste, jotka ovat riippuvaisia käyttäjien tottumuksista.

Asuinrakennuksissa teknisesti kriittisiä kohtia ovat

- sadevesien poisohjaaminen
- salaojituksen toimivuus ja kellarin ulkoseinä
- julkisivujen ja katon suojaavuus rasituksia vastaan
- läpivientien minimoiminen ja niiden kunnon tarkkailu
- märkätilat
- alapohjan toimivuus
- ilmanvaihdon toimivuus.

Rakennuksen ja sen järjestelmien tehtävänä on suojata sisätiloja, rakenteita ja rakennusaineita kosteuden aiheuttamilta vaikutuksilta (RIL 107-2011, 13-14). Rakenteiden suojausta ja kosteusteknistä toimivuutta suunniteltaessa on huomioitava kosteuden lähteiden lisäksi kosteuden siirtymismuodot sekä kosteuden haitat.

4.1 Kosteuslähteet

Rakenteisiin voi päästä kosteutta monista eri lähteistä niin sisältä kuin ulkoakin päin (RIL 250-2011, 63). Ulkoisia kosteuslähteitä ovat sade, lumi, jää, pinta- ja hulevedet, maaperän kosteus, pohjavesi ja ulkoilman kosteus. Myös tuuli kuljettaa vettä ja lunta rakenteisiin. Sisäisiä kosteuslähteitä ovat tilojen käytöstä syntyvä kosteus, märkätilojen käyttö, putkistovuodot, märkä siivous, talotekniset laitteet ja pesukoneet, rakennusaikainen kosteus sekä ilmanvaihdon ja painesuhteiden vaihtelut.

Kosteus rakenteissa aiheuttaa monia haittoja yleisesti tiedostetun mikrobikasvuston ja lahoamisen lisäksi. Muita haittoja ovat muun muassa pakkasvauriot, fysikaa-

listen ominaisuuksien muutokset kuten lujuuden heikkeneminen, kemialliset vaikutukset ja usein vähemmän haitalliset ulkonäölliset vaikutukset (RIL 107-2012, 13).

4.2 Kosteuden ja lämmön siirtyminen

Kosteudella on eri tapoja siirtyä rakenteisiin ja rakenteissa:

- vesihöyryn siirtyminen ilman mukana (konvektio)
- vesimolekyylien siirtyminen korkeammasta osapaineesta alhaisempaan (diffuusio)
- kapillaari-ilmiö
- painovoima
- tuulen tai muun ulkoisen voiman vaikutuksesta
- vedenpaineen vaikutuksesta. (RIL 250-2011, 70.)

Lämmöllä on kolme eri siirtymismuotoa; johtuminen, säteily ja konvektio (RIL 250-2011, 70).

4.2.1 Kosteuden siirtymisen huomioiminen rakenteissa

Konvektio. Rakennuksen paineolot vaihtelevat tuulen, ilmavaihdon ja lämpötilaerojen vaikutuksesta (RIL 107-2012, 26). Koska rakennuksista ei käytännössä saada koskaan täysin tiiviitä, muodostuu rakennuksen yläosaan ylipainetta ja alaosaa alipainetta. Alipaineessa ilmavirran suunta on ulkoa sisälle päin, jolloin kuiva ulkoilmavirta kuivattaa rakenteita. Ylipaineisessa tilanteessa kostea sisäilma kulkeutuu rakenteisiin ja saattaa aiheuttaa ongelmia. Sisätilojen alipainetta ei kuitenkaan ole syytä pitää liian suurena, koska ilmavirran mukana saattaa kulkeutua muun muassa mikrobeja ja radonia sisäilmaan. Rakennuksen huolellisella tiivistämisellä sekä ilmanvaihdon säätämällä tarkoituksenmukaiseksi voidaan ehkäistä konvektion aiheuttamia riskejä.

Diffuusio. Sisäilman kosteus vaihtelee pääosin ulkoilman kosteuden mukaan (RIL 250-2011, 65). Rakennuksen käytöstä aiheutuu kuitenkin sisäilmaan lisäkosteutta,

joka aiheuttaa sisä- ja ulkoilman välille vesihöyrypitoisuuseron (RIL 107-2012, 23). Sisäilmassa oleva ylimääräinen kosteus ulkoilmaan nähden pyrkii tasoittumaan diffuusion avulla. Kosteus voi kondensoitua rakenteiden ulko-osiin, jos sitä pääsee sisäilmasta liikaa vaipparakenteisiin. Kriittisimmät kohdat kosteuden kondensoitumiselle ja homeen kasvulle ovat tuulensuojan tai ulkoverhouksen/vesikatteen sisäpinta. Myös rakenteiden sisäosiin (tuulensuojan sisäpintaan ja höyrynsulun ulkopintaan) voi kertyä kosteutta, jos ulkoverhous (esimerkiksi tiili) kerää paljon kosteutta (mts. 25). Kesäkondenssiksi kutsuttu ilmiö lisää kondenssi- ja homeutumisriskiä höyrynsulun ulkopinnassa, kun sisätiloja jäädytetään kesäaikaan.

Höyrynsulkumateriaalin pääasiallinen tehtävä on estää kosteuden siirtymistä diffuusiolla sisäilmasta rakenteisiin (RIL 107-2012, 27). Jos rakenteeseen muodostuu riski kosteuden tiivistymiselle sisäosiin, on vesihöyryn haitallinen siirtyminen estetävä tilanteeseen soveltuvalla toimenpiteellä, esimerkiksi parantamalla rakenteen kuivumiskykyä (mts. 26). Kesäkondenssi-ilmiön välttämiseksi matalaenergiarakennuksissa tulisi ehkäistä koneellisen jäädytyksen tarvetta auringon lämmittävältä vaikutukselta suojaavin rakentein sekä tehostetun yötuuletuksen avulla (RIL 249-2009, 160-161).

Kapillaari-ilmiö. Kun materiaali on kosketuksissa veteen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin, vesi siirtyy materiaaliin veden pintajännityksen aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta (RIL 250-2011, 71-72). Kosteutta voi siirtyä kapillaarisesti suuriakin määriä. Kosteuden nousu loppuu, kun huokosalipaineen aiheuttama kapillaari-imu on yhtä suuri kuin painovoima. Kosteuden kapillaarinen nousu tulee katkaista maanvaraisissa rakenteissa vähintään 200 mm paksulla sepelikerroksella (raekoko 6–32 mm). Maanvaraisen laatan alapuolinen tiivis lämmöneristekerros toimii myös osaltaan kapillaarikatkona ja kosteutta hidastavana kerroksena.

Painovoima ja tuuli. Rakennuksen kosteusteknisen toiminnan yksi merkittävimmistä tekijöistä on veden painovoimainen siirtyminen (RIL 250-2011, 71). Muun muassa sadevesi- ja salaojajärjestelmien sekä viemäreiden toiminta perustuu painovoimaan. Painovoimaisuus saattaa aiheuttaa ongelmia silloin, kun vesi pääsee valumaan rakenteisiin raoista, liittymäkohdista ja halkeamista. Tuuli voi saada veden liikkumaan päinvastaiseen suuntaan painovoimaa vastaan ja aiheuttaa kos-

teuden kertymistä rakenteisiin, jos rakennedetaljien suunnittelussa ei ole onnistuttu (mts. 72).

4.2.2 Lämmön siirtymisen huomioiminen rakenteissa

Johtuminen. Lämpöerot pyrkivät aina tasoittumaan. Lämmön siirtymiseen johtumalla vaikuttaa aineen lämmönjohtavuus eli kyky lämmön johtamiseen (RIL 250-2011, 73). Rakenteiden kylmäsillat ovat kohtia, joista lämpöä vuotaa ulos selvästi ympäröivää rakennetta enemmän (Energiatehokas koti 2013, [Viitattu 24.3.2013]).

Lämpösäteily. Lämpösäteilyä tapahtuu erityisesti ulkona (RIL 250-2011, 73). Pintojen lämpötilaerot ja aineiden pintaominaisuudet vaikuttavat siihen, miten paljon energiaa siirtyy. Lämpösäteily aiheuttaa ajoittain sen, että rakenteen ulkopinta jäähtyy ulkoilmaa viileämmäksi tai ulkoilman vesihöyryn kyllästymislämpötilaa alemmaksi (VTT 2008, 8).

Säteilyjäähdytys johtuu ympäröivien pintojen tai erityisesti kirkkaan taivaan näkymisestä ympäröivää ilmaa kylmempänä, jolloin tämä ns. vastasäteily jäähdyttää pintoja. Ilmiö näkyy esimerkiksi hyvin eristetyissä ikkunoissa ja kevytrakenteisten yläpohjien alapuolisissa materiaalikerroksissa. (VTT 2008, 8.)

Tällaista alijäähtymistä esiintyy nykyisten määräysten mukaisilla rakenteillakin (VTT 2008, 8). Ilmiö aiheuttaa kattopinnan alapuolisissa rakenteissa homekasvustoa, josta ei käytännössä kuitenkaan ole haittaa, jos kosteus ei pääse tiivistymään ja kertymään ja tuuletus on toimiva. Lämpöä eristävällä aluskatteella voidaan parantaa yläpohjan kosteusteknistä toimintaa ja suojata kantavia puurakenteita (Lahdensivu ym. 2012, 65).

Konvektio. Lämpöenergian siirtymistä esimerkiksi ilman tai veden mukana kutsutaan konvektioksi (RIL 250-2011, 73). Ilmavirtaus rakenteiden sisällä ja pinnoilla vaikuttaa rakenteen lämpötilaan ja sen jakautumiseen. Ilman-/höyrynsulun sekä tuulensuojan yhtenä tehtävänä on estää haitalliset ilmavirtaukset rakenteissa (RIL 107-2012, 28). Ulkoa tuleva ilmavirtaus jäähdyttää vaipparakenteen sisäosia niin, että homeelle saattaa muodostua otollisia kasvuolosuhteita. Virtaava kylmä ilma aiheuttaa vedon tunnetta ja siten heikentää asumisviihtyvyyttä. Huolellisella työn

toteutuksella, esimerkiksi SPU-rakenteissa saumojen teippauksella, energiankulutus saadaan pieneneväksi, kun lämmön siirtyminen ilmapirtausten mukana voidaan estää.

4.3 Kylmäsilat

Kylmäsilat aiheuttavat rakenteisiin kosteuden kondensoitumisriskin ja tietyissä tapauksissa heikentävät tilojen lämpöviihtyvyyttä.

Perinteisellä runkorakennetekniikalla rakennettavissa rankataloissa ovat ulkonurkat ja lattioiden liittymät seiniin usein merkittäviä kylmäsiltojen aiheuttajia ja näiden detaljien suunnittelussa on oltava erityisen huolellinen (RIL 250-2011, 73).

Suunniteltu ulkoseinärakenteen ulkopuolinen yhtenäinen 70 mm:n eristekerros saadaan yhdistettyä EPS-sokkelielementin ulkopinnan eristeeseen PU-vaahdolla, jolloin seinän ja sokkelin yhtymäkohtaan ei muodostu perinteistä kylmäsiltaa. Ulkoseinärungon ulkopintaan asennettava eristekerros poistaa myös nurkkakohtiin muodostuvan kylmäsilan.

4.4 Tiiveys

Rakennusten tiiveydestä on asiaan perehtymättömillä usein harhakäsityksiä. ”Liian” tiivis talo aiheuttaa epäilyksiä ja rakenteilta toivotaan hengittävyttä. Hengittävä rakenne voi olla myös tiivis; hengittävyys tarkoittaa rakennusmateriaalien kykyä vastaanottaa ja luovuttaa sisäilmassa olevaa kosteutta.

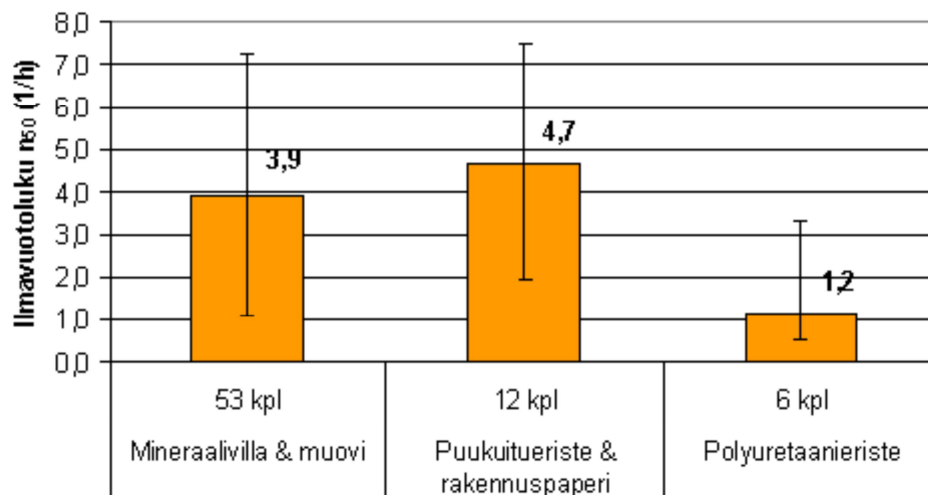
Tiivis ulkovaippa mahdollistaa painesuhteiden ja ilmanvaihdon tarkan hallinnan estämällä samalla epäpuhtauksien ja esimerkiksi radonin pääsyn sisäilmaan. Merkittävät vuotoilmavirtaukset voivat pilata rakenteen lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden. (VTT 2008, 4)

Tiiveys on tärkeä osa rakennuksen energiatehokkuutta. Energiatehokkuuden parantuaessa ilmatiiviydestä tulee huolehtia entistä enemmän sen merkityksen korostuessa ja sisätilojen ilmanvaihto tulee pitää riittävänä (Lahdensivu ym. 2012, 1).

Tampereen teknillisessä yliopiston vuosina 2002–2004 tekemien ilmatiiveysmittausten keskimääräiseksi ilmanvuotoluvuksi n_{50} saatiin puurakenteisissa pientaloissa 3,9 1/h (Vinha ym. 2005, 74). Taulukko 1 nähdään, että keskimääräistä ilmanvuotolukua parantamalla passiivitason ilmatiiveyteen ($<0,6$ 1/h) 182 m² talon energiankulutus pienenee noin 2200 kWh vuodessa.

Taulukko 1. Ilmatiiveyden vaikutus energiankulutukseen. (RIL 249-2009, 152)

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



Kuvio 5. Eristemateriaalin vaikutus toteutuneeseen ilmatiiveyteen (Vinha ym. 2005, 78).

Kuviosta 5 nähdään, miten eristemateriaalin valinta vaikuttaa toteutuvaan ilmatiiveyteen. Mineraalivillaeristetyissä rakenteissa ilmanvuotoluvun vaihtelu on hyvin suurta, mutta matalaenergiatason tiiveyteenkin on mahdollista päästä. Puukuitueristeillä ei ole parhaimmassakaan tapauksessa päästy kuin n_{50} -arvoon 2,0 1/h. Hyvän tiiveyden saavuttaminen perinteisiä villaeristeisiä rakenneratkaisuja käytettäessä vaatii enemmän tarkkuutta ja työtä kuin SPU-eristeitä käytettäessä. SPU-eristeet eivät tarvitse erillistä höyrynsulkua, vaan eristelevyt vaahdotetaan kiinni

runkoon uretaanilla, jolloin rakenteesta tulee samalla ilmatiivis. Solumuovipohjaisilla lämmöneristeillä esiintyy jälkikutistumaa sekä eristeiden lämpöliikkeistä ja rungon liikkeistä aiheutuvia pakkovoimia (Lahdensivu ym. 2012, 16,19). Nämä saattavat aiheuttaa eristykseen rakoja ja siten ilmapuotokehtia. Tämän vuoksi solumuovieristeet tulisi kiinnittää puurunkorakenteisiin elastista polyuretaanivaahtoa käyttäen.

4.5 Rakenteiden tuuletus

Ulkoseinä-, yläpohja- ja ryömintätilaisiin alapohjarakenteisiin kertyvää kosteutta poistetaan toimivan tuuletuksen avulla. Rakenteisiin tulee suunnitella riittävän suuret tuuletusvälit, jotta ilman kiertäminen on esteetöntä ja riittävää kuivattamaan rakenteeseen tuleva kosteus. Tuuletusraon toiminta varmistetaan suunnittelemalla rakenne niin, että

- tuuletusraon ylä- ja alapäiden välille muodostuu riittävän suuri paine-ero joko termisesti tai tuulen aiheuttamana
- tuuletusrako on seinissä vähintään 25 mm ja katossa 100 mm
- seinärakenteissa, joissa on suuri terminen paine-ero, käytetään tuuletusraon alapään kuristusta ilmannopeuden hillitsemiseksi
- ulkoverhous suunnitellaan tuulen- ja sateenpitävyyksiltään hyväksi (RIL 249-2009, 156).

Aluskatteellisissa vesikaterakenteissa on kaksi tuuletusväliä, vesikatteen ja aluskatteen välissä sekä aluskatteen ja eristeen välissä. Aluskatteen yläpuolisen tuuletusvälin tarkoituksena on poistaa vesikatteen raoista tuleva vesi ja aluskatteen alapuolinen tuuletusväli pitää eristeet kuivina (RIL 250-2011, 77). Vesihöyrytiivistä aluskatetta paremmin toimivat diffuusioavoimet (pitää vettä, mutta läpäisee höyryn) aluskatteet. Lappeen suuntaisissa yläpohjarakenteissa tulee varmistaa, että tuuletus toimii räystäillä, harjalla ja muissa epäjatkuvuuskohdissa (esimerkiksi jiiri-en kohdalla) (RIL 250-2011, 81). Rakennuksen päissä tulee olla tuuletusaukot ja harjan suuntainen tuuletuskanava esteetön. Tuuletus voidaan myös varmistaa esimerkiksi harjalle asennettavilla alipainetuulettimilla.

4.6 Rakentamisaikainen kosteus

Rakenteisiin kertyy rakentamisaikana ylimääräistä kosteutta, niin sanottua rakennuskosteutta, joka pitää saada poistumaan riittävän nopeasti ongelmien välttämiseksi (RIL 205-2011, 99). Materiaalit itsessään sisältävät ylimääräistä kosteutta (esimerkiksi puu) ja materiaalien valmistukseen käytetään vettä (esimerkiksi betoni ja tasoitteet). Rakennusaikainen sade sekä työmaa-aikainen vedenkäyttö ovat myös rakennuskosteuden lähteitä.

Betoni. Betonirakenteet sisältävät rakentamisvaiheessa paljon kosteutta ja niiden on kuivuttava riittävästi ennen päällystystöitä. Päällystemateriaalien valmistajilla on kosteudelle raja-arvot, joita tulee noudattaa. Rakenteiden kuivuminen tulee todeta mittauksin, koska rakennustyömaan olosuhteet ja betonilaatu vaikuttavat kuivumisaikaan eikä kuivumisaikaa voida täten riittävän luotettavasti arvioida. Poranreikä- ja näytepalamittaukset soveltuvat betonin huokosilman suhteellisen kosteuden mittaamiseen.

Teoreettisesti pinnoittamiskriteeri ja kriittinen mittaussyvyys on määriteltä olettaen, että pinnoittamisen jälkeen laatan yläpinnan suhteellinen kosteus nousee enimmillään samalle tasolle kuin kriittiseltä syvyydeltä (maanvastaisen laatan tapauksessa 0,4* laatan paksuus) ennen pinnoittamista mitattu suhteellinen kosteus. (Heikkinen & Airaksinen 2011, 41)

Kastumisen estäminen ja sääsuojaus. Rakenteiden ja materiaalien kastuminen lisää kuivatustarvetta sekä materiaalihukkaa (RIL 250-2011, 102). Jos rakenteissa käytetään kostuneita materiaaleja, rakennuksen käyttäjille voi aiheutua terveyshaittaa. Erityisen tärkeää on pyrkiä suojaamaan kosteudelle arimpia materiaaleja, kuten puupohjaisia materiaaleja sekä lämmöneristeitä.

Vesivahingot. Rakennusvaiheessa ylimääräistä kosteutta saattaa päästä vesivahinkojen yhteydessä (RIL 250-2011, 103). Rakenteisiin päässyt vesi tulee poistaa välittömästi ja kuivauksen riittävyys varmistaa esimerkiksi mittauksilla. Vesivahinkoihin tulee varautua ja ehkäistä niitä muun muassa työvaiheiden ajoituksen suunnittelulla.

4.7 Energiatehokkuuden parantamisen vaikutukset

Ilmaston muuttuessa lämpimämmäksi ja sateisemmaksi ja rakenteiden lämmöneristyksen parantuessa rakenteiden kosteustekninen toimivuus muuttuu epäedullisempaan suuntaan (Lahdensivu ym. 2012, 10). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakenteiden kuivumiskyky heikkenee, koska rakenteiden läpi kulkeva kuivattava lämpövirta vähenee ja rakenteet kastuvat useammin ja enemmän. Maanvaraisissa alapohjarakenteissa tilanne on kuitenkin päinvastoin. Kun alapohjan lämmöneristävyys paranee, lattian alla olevan täyttösoran lämpötila, vesihöyryn kyllästyspaine ja vesihöyryn paine laskevat (Heikkinen & Airaksinen 2011, 10). Rakenteiden vikasietoisuuden huonontuminen korostaa jatkossa entisestään myös rakennusaikaisen kosteudenhallinnan ja huolellisen rakentamisen merkitystä (Lahdensivu ym. 2012, 1).

4.8 Kosteudenhallintaa tukevat ratkaisut

Ähtärin kaupungin rakennusmääräykset velvoittavat radonputkituksen asentamisen alapohjan alle. Putkitus voidaan myöhemmin kytkeä radonimuriin, jos sisäilman radonpitoisuudet niin edellyttävät. Radonputkituksella on myös maapohjaa kuivattava vaikutus, koska putkitus tehdään salaojaputkella. Putkitus on lisäksi edullinen siitä saatuun hyötyyn verrattuna.

Huoltokirja on tärkeä apuväline rakennuksen käyttäjille. Moni kosteuden aiheuttama vaurio syntyy, kun rakennuksen huoltoa ja korjaustoimenpiteitä laiminlyödään. Kahden viimeisen vuosikymmenen aikana putkistovuodot ovat koko ajan lisääntyneet (Holopainen & Reijula 2012, 29). Asuinrakennusten vuotovahingoista aiheutuneet korvaukset ovat kasvaneet suuremmiksi kuin palovahingoista maksetut korvaukset. Suunnitelmissa ja toteutuksessa tulisi varautua taloteknisten laitteiden sijoittelulla niiden aiheuttamien vesivahinkojen riskiin (RIL 107-2012, 14). Putkistovuotojen ja laitteiden rikkoontumisen aiheuttaminen vesivahinkojen vähentämiseksi käyttövesijärjestelmään on myös mahdollista kytkeä vesivuotokytkin, joka vahingon sattuessa katkaisee rakennuksen vedentulon. Vesivuotokytkin havaitsee

myös vuotavat vesikalusteet, jolloin turhaa vedenkulutusta saadaan vähennettyä energiatehokkuusajattelun mukaisesti.

5 ENERGIATEHOKKUUS JA SISÄILMASTO

Sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä ovat sisäilman kaasumaiset yhdisteet, hiukkasmaiset epäpuhtaudet, ilman kosteus, lämpötila ja pintojen lämpötilaerot, ilman liike, säteily (radon), valaistus ja melu (Sisäilmayhdistys 2008). Energiatehokkuuden parantaminen vaikuttaa näkyvästi energialaskun lisäksi myös sisäilmaston viihtyvyyteen. Energiatehokkuutta parantavat ratkaisut vaikuttavat positiivisesti moniin sisäilman laatua heikentäviin asioihin, kuten epäpuhtauksien kulkeutumiseen ja vetona tunnettuun ilman liikkeeseen. Tietyt ratkaisut taas saattavat heikentää sisäilmaston laatua, kuten SPU-eristettyjen rakenteiden ääneneristävyyden heikkeneminen. Lämmityskauden ulkopuolella saattaa esiintyä viilennystarvetta etenkin tulevaisuudessa ilmastonlämpenemisen seurauksena. Lämmöneristys ei kohota kesäkauden sisälämpötiloja, vaan viilennystarve aiheutuu rakennuksen sisäisestä lämpökuormasta (RIL 249-2009, 103). Lämpötilanhallintaan ei tarvita välttämättä erillistä jäähdytystä, vaan erilaisten auringon säteilyltä suojaavien rakenteiden sekä tehostetun yötuuletuksen avulla sisälämpötilaa voidaan kontrolloida (mts. 105-106).

Matalaenergiarakennuksissa rakennusvaipan hyvä tiiviys mahdollistaa alipaineen pienentämisen normitalon arvosta (poistoilma on noin 10 % suurempi kuin tuloilma, tai vähintään $5 \text{ dm}^3/\text{s}$ suurempi kuin tuloilmamäärä), koska korvausilmaa ei juuri tule rakennusvaipan läpi ilma-
vuotoina. (RIL 249-2009, 115)

Puurunkoisten pientalojen sisäilmaston tutkimuksissa (Vinha ym. 2005, 72) selvisi, että koneellisella tulo-poistolla varustettujen tutkimuskohteiden ilmanvaihto oli säädetty niin, ettei määräysten mukainen ilmanvaihtuvuus (0,5 1/h) täytynyt. Hyvän ilmatiiveyden vuoksi on tärkeää varmistaa ilmanvaihdon riittävyys. Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa sisäilmasta epäpuhtauksia ja siten turvata terveelliset tilat käyttäjilleen.

6 ENERGIATODISTUS

Rakennukselle laadittiin E-lukuun perustuva energiatodistus Internet-pohjaisella D.O.F tech Oy:n ja Isoverin Laskentapalvelulla. Palveluun syötetään rakennuksen perustiedot, rakennusosien tiedot, kylmäsiltojen määrä, ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmän tiedot sekä rakennukseen asennettavien lämpöpumppujen tiedot (Liitteet 5 ja 6). Palvelussa on valmiina taloteknisille järjestelmille laitetietoja, jos niitä ei ole vielä laskentavaiheessa tiedossa. Rakennuksen valmistuttua energiatodistuksen tiedot päivitetään vastaamaan todellisia tietoja, esimerkiksi rakennuksen ilmatiiveyden mittausarvo siirretään todistukseen.

6.1 Laskennan tulos

Rakennuksen E-luvuksi saatiin $96 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, joka vastaa E-luokkaa B. E-luvun raja-arvo tämän kokoiselle rakennukselle on $160 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (Liite 4). Laskennassa käytettiin ilmavuotolukuna q_{50} arvoa $0,6 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$. Energiatehokkaassa rakentamisessa tulisi tavoitella ilmanvuotoluvun arvoksi alle $1 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ (Lahdensivu ym. 2012, 15). Kun ilmanvuotolukuna käytetään arvoa, joka on pienempi kuin neljä, ilmatiiveys täytyy todeta mittauksin.

6.2 Laskennassa saatu energiankulutus

E-luvun laskennassa ostoenergian määräksi saadaan $12597 \text{ kWh}/\text{vuosi}$, josta on sähköä $9264 \text{ kWh}/\text{vuosi}$ ja puuta $3332 \text{ kWh}/\text{vuosi}$ (Liite 4). Varaavan tulisijan lämmöntuoton oletusarvoksi on annettu $2000 \text{ kWh}/\text{vuosi}$. Maalämmön hyödyksi käytetty osuus on $5069 \text{ kWh}/\text{vuosi}$.

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta on todistuksessa eritelty sähkö ja lämpö (myös mahdollinen kaukojäähdytys on eritelty). Tilojen lämmitys kuluttaa sähköä $2,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{vuosi})$ ja lämpöä $15,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{vuosi})$, lisäksi tuloilman lämmitys kuluttaa sähköä $1,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{vuosi})$. Lämmitysjärjestelmän tarvitseman sähköenergian määrä on noin $11,6 \%$ rakennuksen kokonaissähkökulutuksesta.

Lämpimän käyttöveden valmistukseen kuluu lämpöenergiaa 29,8 kWh/(m²vuosi), joka on 66,5 % lämmitykseen kuluvastä kokonaisenergiankulutuksesta. Ilmanvaihtojärjestelmä kuluttaa sähköä 5,3 kWh/(m²vuosi) sekä kuluttajalaitteet ja valaistus 22,8 kWh/(m²vuosi). Energialaskennan tarkoituksena ei ole antaa absoluuttista totuutta rakennuksen tulevasta energiankulutuksesta. Energiankulutukseen vaikuttaa tilojen käyttäjien tottumukset ja tilojen käyttöaste. E-lukulaskennalla pyritään tuottamaan sellaisia tietoja rakennuksista, joita on mahdollista vertailla keskenään.

Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 annetaan ohjeita energiankäytön mittauksesta. Rakennuksen lämmöntuottolaitteena toimii maalämpöpumppu, jonka laitteet tarvitsevat sähköä toimiakseen. D3:n kohdassa 2.8.1.2 määrätään, että lämmitysjärjestelmän ostoenergia tulee olla mitattavissa. Tämän vuoksi lämpöpumpun yhteyteen on asennettava erillinen sähkönkulutuksen alamittaus.

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli suunnitella kosteusteknisesti toimiva matalaenergiatalo ja tutkia rakenteiden toimivuuteen vaikuttavia tekijöitä. Aiheesta löytyi useita tutkimuksia, joista sai yksityiskohtaista tietoa myös tähän rakennukseen valituista rakenteista.

Rakentamismääräysten energiatehokkuusvaatimukset ovat muuttuneet lyhyen ajan sisällä merkittävästi ja muutosten on pelätty aiheuttavan ongelmia. Laaja Frame-tutkimus käsitteli eristepaksuuksien lisäämisen vaikutuksia rakenteiden toteutukseen ja niiden kosteustekniseen toimintaan tämänhetkisessä ilmastossa sekä 50 vuoden kuluttua. Myös muista tutkimuksista löytyi tietoa toimivien rakenteiden suunnitteluun.

Rakenteiden huolellisen toteutuksen merkitys korostuu rakennuksen energiatehokkuutta parannettaessa. Uudentyyppiset energiatehokkaat rakenteet ovat toimivia laskennallisesti, mutta ilman huolellista toteutusta ongelmia saattaa syntyä. Kun rakenteiden ulko-osissa olosuhteet mikrobien kasvulle paranevat lämmöneristävyyden kasvaessa, on tärkeää huolehtia, ettei ilmapuotojen kautta pääse mikrobi-peräisiä epäpuhtauksia sisäilmaan.

Tähänkin asti ylläpidolla on ollut suuri merkitys rakenteiden vaurioitumisen ehkäisyssä. Jos huolto- ja korjaustoimenpiteitä laiminlyödään, ei rakenteiden toimivuutta voida taata. Erityisesti ilmanvaihdon säädöistä ja ylläpidosta tulee huolehtia, jotta tiiviissä rakennuksissa paineolot eivät muodostuisi ongelmallisiksi.

Koko suunnitteluprojektissa haastavinta oli toimivan ja miellyttävän pohjaratkaisun löytäminen. Jo suunnittelun alussa oli hyvä käsitys siitä, millaisia teknisiä ratkaisuja ja lämmönläpäisykertoimia käyttämällä päästään energiatehokkaaseen kokonaisratkaisuun. Pääpaino oli siis teoriapuolella rakenteiden toimivuuteen liittyvien asioiden tutkimisessa. Tutkimusraportteja selatessa oppi rakenteiden eri osien vaikutuksia kokonaisuuden toimivuuteen.

LÄHTEET

- Energiatehokas koti. 2013. Kylmäsiilat. [Verkkosivu]. Helsinki: Motiva. [Viitattu 24.3.2013]. Saatavana: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/kylmasiilat
- Heikkinen, J. & Airaksinen, M. 2011. Maanvastaisen alapohjan lämmöneristys. [Pdf-tiedosto]. Espoo: VTT. [Viitattu 24.3.2013]. Saatavana: http://www.thermisol.fi/assets/files/Eriste_Tekniset%20tiedot/EPS-tutkimusraportti_perustusten_routasuojaus.pdf
- Holopainen, R. & Reijula, K. 2012. Kosteusvaurioiden vähentäminen rakennuksissa: Talotekniikkajärjestelmät rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajina. [Pdf-tiedosto]. Helsinki: Työterveyslaitos. [Viitattu 24.3.2013]. Saatavana: www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/Kosteusvauriot.pdf
- Käkelä, P. 2013. Kehityspäällikkö. SPU Oy. Sähköpostikeskustelu 28.3.2013.
- Lahdensivu, J., Suonketo, J., Vinha, J., Lindberg, R., Manelius, E., Kuhno, V., Saastamoinen, K., Salminen, K. & Lähdesmäki, K. 2012. Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 160.
- Leivo, V. & Rantala, J. 2005. Lattialämmitetyn alapohjarakenteen rakennusfysikaalinen toiminta. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 128.
- RakMk C4. 2003. Lämmöneristys: Ohjeet 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö
- RakMk D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus: Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö
- RIL 107-2012. 2012. Rakennusten kosteuden- ja vedeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 205-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 249-2009. 2009. Matalaenergiarakentaminen: Asuinrakennukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RT 37991. 2010. Kahi-kalkkihiekkatiilet ja -harkot. Helsinki: Rakennustieto.

Sisäilmayhdistys. 2008. Sisäilman tekijät. [Verkkosivu]. [Viitattu 24.3.2013]. Saatavana:
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/sisailman_tekijat/

Vinha, J. Korpi, M., Kalamees, T., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Valovirta, I., Mikkilä, A. & Jokisalo, J. 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 131.

VTT. 2008. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteus tekniseen toimivuuteen. Tutkimusselostus Nro VTT-S10816-08.

LIITTEET

LIITE1: Pohjapiirustus

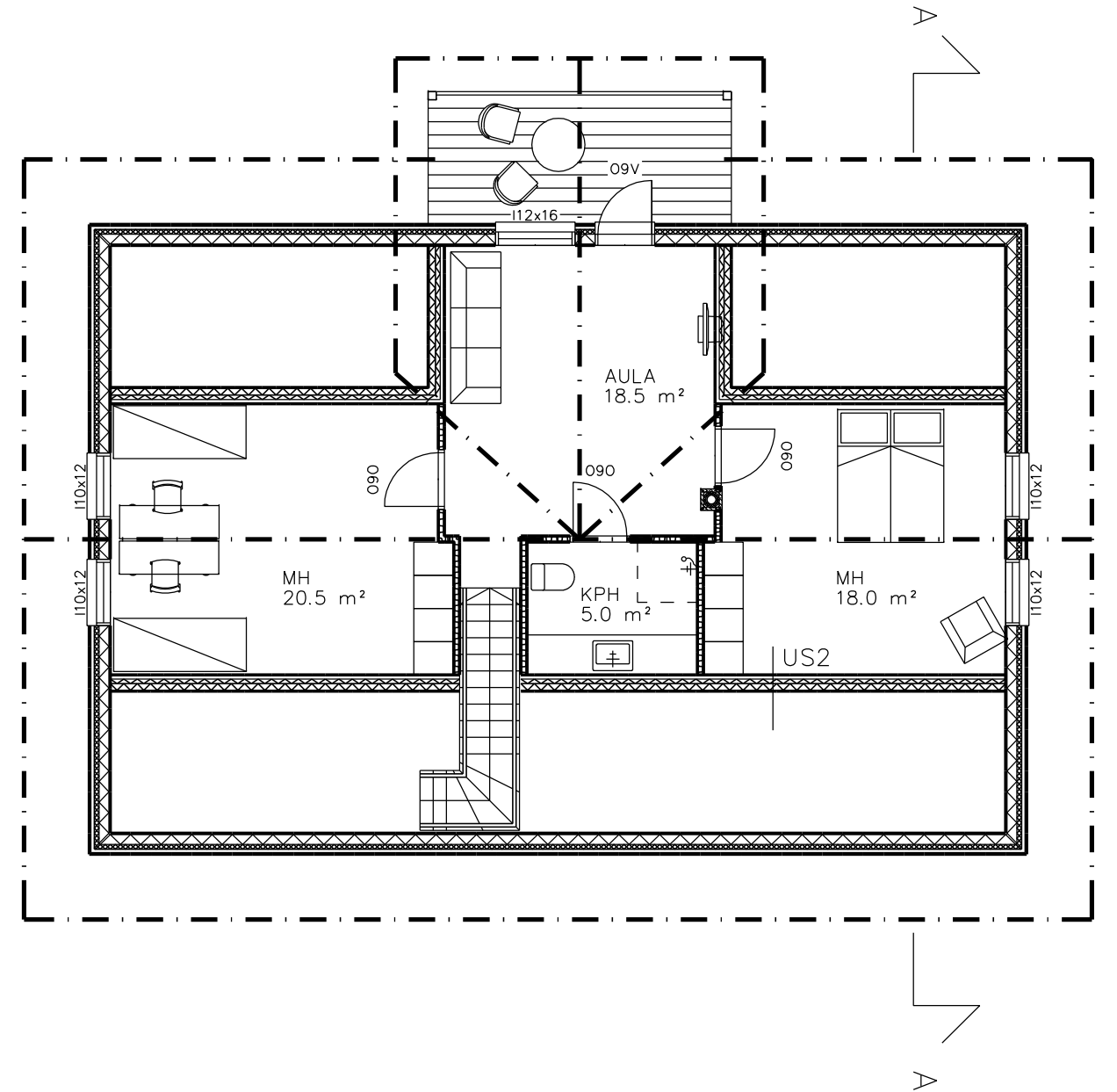
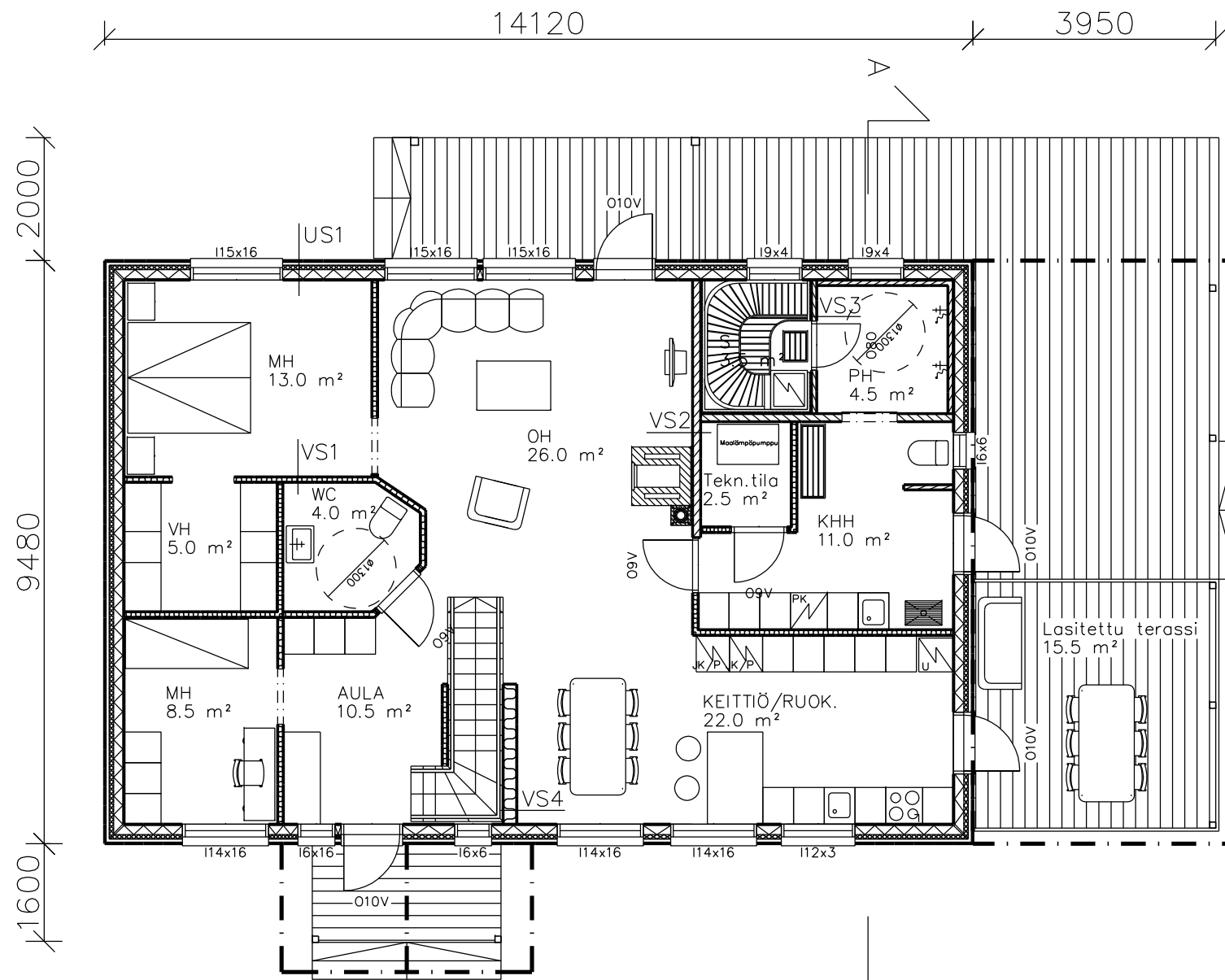
LIITE2: Leikkauspiirustus

LIITE3: Julkisivupiirustus

LIITE4: Energiatodistus

LIITE5: Lähtötiedot

LIITE6: Tasauslaskenta



Lämmöntuotto: Maalämpö
Lämmön luovutus: Vesikiertoinen lattialämmitys

Paloluokka : P3

Ilmanvaihto: Koneellinen ilmanvaihto (LTO) RakMk D2 mukaan.
LTO:n vuosihyötysuhde 80%

Katto-, taloikkaat ja paloluukut tehdään RAKMK F2 mukaan.

Kosteiden tilojen rakenteet C2 mukaan.
Pesuhuoneen seinät ja lattia tulee vedenristää. Vedeneristyksessä noudatettava valmistajan ohjeita.

-palovaroittimet 1 kpl / alkava 60 m², palovaroittimet kytketään sähköverkkoon

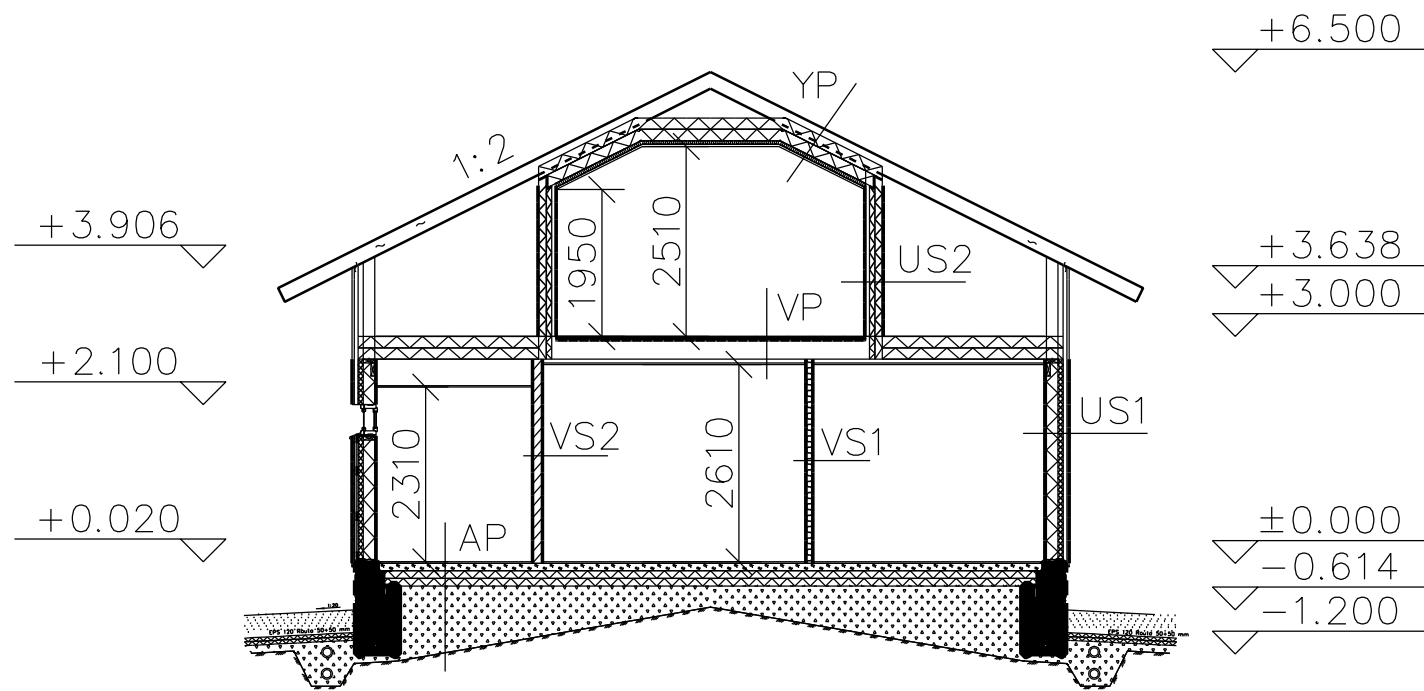
PINTA-ALA VAATIMUKSET :
ikkunapinta-ala 21.4 m² 10.4% kerrosalasta (<15%)
ikkunapinta-alaa väh. 10% huonealasta

Ovien ja ikkunoiden turvalasit RakMk F2 mukaan

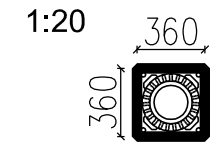
Ikkunoiden U-arvo 0.8 W/m²K
Ovien U-arvo 0.7 W/m²K

KERROSALA (ulkomittojen mukaan)	210.0 m²
KERROSALA (US 250 mm vahvuuden mukaan)	206.0 m²
HUONEISTOALA	180.0 m²
TILAVUUS	662 m³

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM.	PVM			
Kaupunginosa	Hankavesi	Kortteli/tila	Napatukki	Tontti/nro	2:82	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennustoimenpide	UUDISRAKENNUS	Rakennuskohde	Omakotitalo Kuoppala Hauinlahdentie 63700 Ähtäri	Piirustuslaji	Pääpiirustus	Juoks.no	
				Piirustuksen sisältö	Pohjapiirustus	Mittakaavat	1:100
				Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero		Muutos	
				Päiväys, suunnittelija, nimen selvennys ja koulutus	27.3.2013 Henna Kuoppala	Yhteyshenkilö	Tiedosto



TAKAN HORMI: Rondo Plus



Hormin halkaisija on 180 tai 200 mm.
Hormikoko valitaan tulisijan ohjeen mukaan.

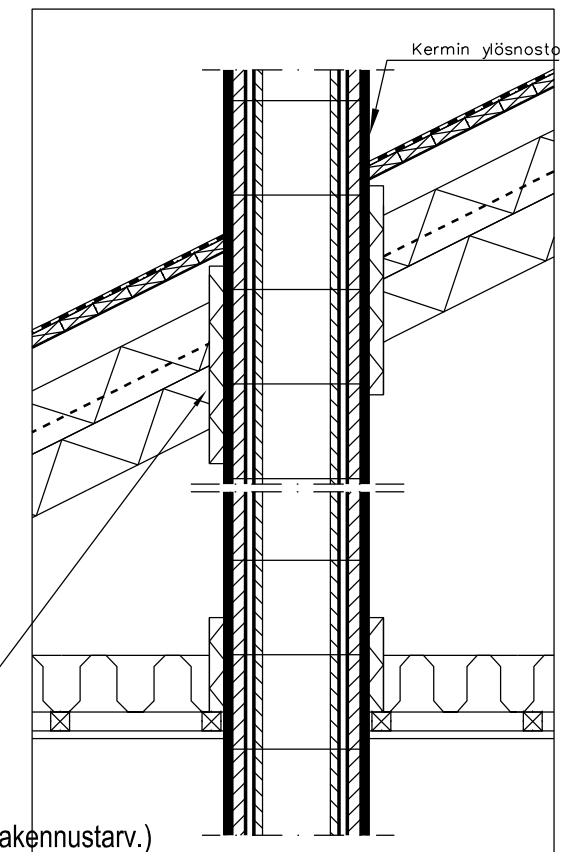
Hormin soveltuvuus käyttökohteeseen on aina varmistettava.

Rondo Plus -hormin suojaetäisyys palaviin materiaaleihin määräytyy tulisijasta lähtevien savukaasujen lämpötilan mukaan (huom. ns. kesäpellin käyttö).

SAVUKAASUT SUOJAET.
enintään 400°C -> 50 mm
enintään 600°C -> 100 mm

Väli- ja yläpohjan läpivienneissä A1 luokan palamaton eriste, jonka paksuus on suojaetäisyyden mukainen

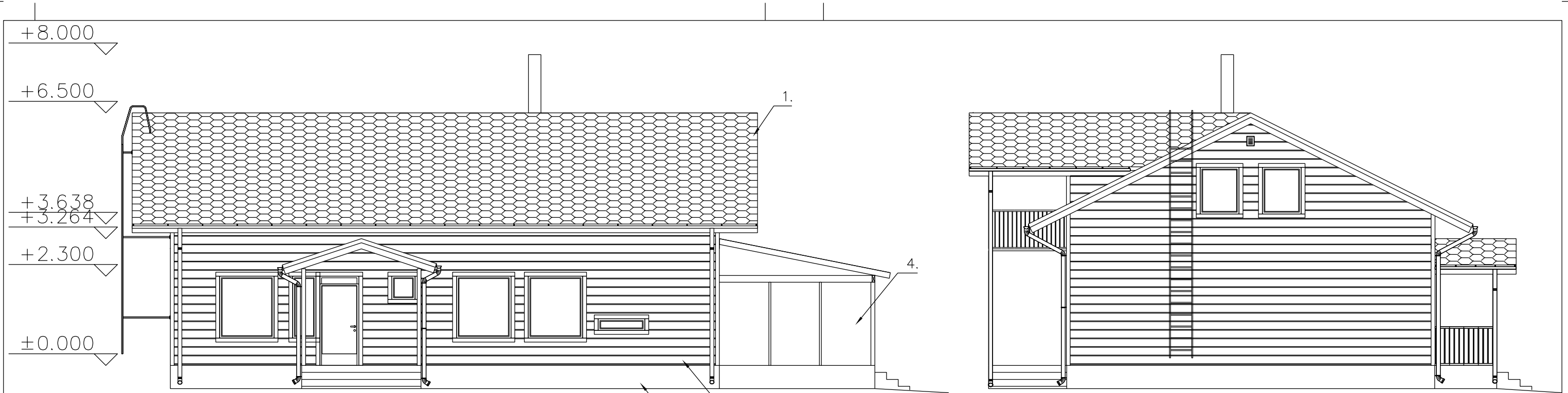
Liikuntaväli rakenteisiin väh. 20 mm (täytetään A1 luokan rakennustarv.)



<p>AP Pintamateriaali Teräsbetoni-laatta 100 mm Thermisol Platina 200 mm Kapillaarikatko 300 mm Suodatinkangas Perusmaa</p> <p>Lämmönläpäisykerroin (U): 0.12 W/(m²K)</p>	<p>US2 Kipsilevy 13 mm Pystykoolaus 50x50 k600 SPU AL 70 mm Puurunko 50x100 k600 + SPU AL 100 mm Vaneri 12 mm</p> <p>Lämmönläpäisykerroin (U): 0.13 W/(m²K)</p>
<p>US1 Paneeli 20 mm tai Kipsilevy 13 mm Puurunko 50x150 k600 + SPU AL 100 mm SPU AL 70 mm Tuuletettu ilmarako, ristiinkoolaus 2x22x100 k600 44 mm Paneeli 28 mm</p> <p>Lämmönläpäisykerroin (U): 0.13 W/(m²K)</p>	<p>VP Pintamateriaali Kipsilevy 13 mm Kipsilevy 15 mm Harvalaudoitus 22 mm Lattikannattajat + ääneneristysvilla 150 mm Koolaus 50x50 k400 Paneeli 20 mm</p>
<p>YP Kipsilevy 2x13 mm SPU AL 150 mm Kantava rakenne + SPU AL 150 mm Tuuletettu ilmarako 100 mm Umpilaudoitus 32 mm Aluskermi Bitumikattolaatta</p> <p>Lämmönläpäisykerroin (U): 0.07 W/(m²K)</p>	<p>VS1 Kipsilevy 13 mm Puurunko 42x66 k600 + Mineraalivilla 50 mm Kipsilevy 13 mm</p>
	<p>VS2 Tiili 130 mm</p>
	<p>VS3 Tiili 85 mm</p>

<p>VS4 Kipsilevy 13 mm Puurunko 50x200 k600 + Mineraalivilla 200 mm Kipsilevy 13 mm</p>
<p>Ikkunat Lämmönläpäisykerroin (U): 0.8 W/(m²K)</p> <p>Ovet Lämmönläpäisykerroin (U): 0.7 W/(m²K)</p>

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM.	PVM
Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti/nro	Viranomaisten merkintöjä	
Hankavesi	Napatukki	2:82		
Rakennustoimenpide	UUDISRAKENNUS		Piirustuslaji	Juoks.no
Rakennuskohde	Omakotitalo Kuoppala Hauinlahdentie 63700 Ähtäri		Pääpiirustus	
			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
			Leikkauspiirustus	1:100
			Hormileikkaus	1:20
			Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero	Muutos
			ARK	
Päiväys, suunnittelija, nimen selvitys ja koulutus			Yhteyshenkilö	Tiedosto
27.3.2013 Henna Kuoppala				



JULKISIVU LÄNTEEN

JULKISIVU POHJOISEEN

JULKISIVU ITÄÄN

JULKISIVU ETELÄÄN

- 1. Bitumipalakate
- 2. Vaakapaneeli
- 3. Kivilevy
- 4. Lasitus

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM. PVM				
Kaupunginosa	Hankavesi	Kortteli/tila	Napatukki	Tontti/nro	2:82	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennustoimenpide	UUDISRAKENNUS	Rakennuskohde	Omakotitalo Kuoppala Hauinlahdentie 63700 Ähtäri		Piirustuslaji	Pääpiirustus	Juoks.no
					Piirustuksen sisältö	Julkisivut	Mittakaavat 1:100
					Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero		Muutos
							
Päiväys, suunnittelija, nimen selvennys ja koulutus	27.3.2013	Henna Kuoppala			Yhteyshenkilö		Tiedosto

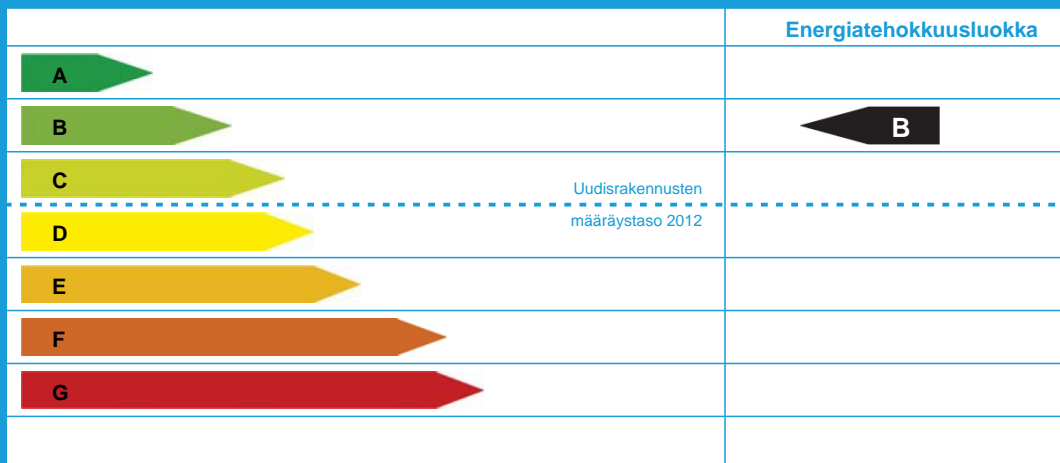
ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: OKT Kuoppala
Hauinlahdentie
63700 Ähtäri

Rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2014

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Pientalo (Luokka 1, Erilliset pientalot)

Todistustunnus:



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

96

kWh_E/m²vuosi

Todistuksen laatija:
Henna Kuoppala

Yritys:
Rakennuskatsastus Kuoppala Oy

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:
07.03.2013

Viimeinen voimassaolopäivä:
07.03.2023

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m² 182.4
Lämmitysjärjestelmän kuvaus Vesikiertoinen lattialämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus Vallox 150 Effect SE

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	9264	51	1.70	86
Puu	3332	18	0.50	9
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4159	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				96

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko Luokka 1, Erilliset pientalot

Luokkien rajat asteikolla

A: ...80	B: 81 ... 124	C: 125 ... 161
D: 162 ... 241	E: 242 ... 371	F: 372 ... 441
G: 442 ...		
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B	

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka Pientalo (Luokka 1, Erilliset pientalot)

Rakennuksen valmistumisvuosi 2014 Lämmitetty nettoala 182.4 m²

Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q50	0.6	m ³ /(h m ²)			
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %	
Ulkoseinät	161.70	0.13	21.02	27.77	
Yläpohja	128.80	0.07	9.02	11.91	
Alapohja	119.40	0.12	14.33	18.93	
Ikkunat	24.16	0.80	19.33	25.54	
Ulko-ovet	11.09	0.70	7.76	10.26	
Kylmäsiillat	-	-	4.24	5.60	

Ikkunat ilmansuunnittain

	A m ²	U W/(m ² K)	g _{kohtisuora} -arvo	
Pohjoinen	2.40	0.80	0.56	
Itä	10.36	0.80	0.56	
Etelä	3.16	0.80	0.56	
Länsi	8.24	0.80	0.56	
Vaakataso	-	-	-	
Vaakataso (kattokupu)	-	-	-	

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Vallox 150 Effect SE			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto C
Pääilmanvaihtokoneet	0.073 / 0.073	1.5	> 80	5.00
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.073 / 0.073	1.5	-	-

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 80 %

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde	Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkökäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
	-	-		
Tilojen ja iv:n lämmitys		80 %	2.50	2.50
LKV:n valmistus		85 %	2.30	0.00

(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija Ilmalämpöpumppu	1	2000

Jäähdytysjärjestelmä

	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin	
Jäähdytysjärjestelmä	-	

Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)
Lämmin käyttövesi	397.00	23

Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	2.00	3.00	
Valaistus	60 % 10 %			8.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Pientalo (Luokka 1, Erilliset pientalot)
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014
Lämmitetty nettoala, m ²	182.4
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	96 (< raja=160)

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	9264	1.70	15749	86
Uusiutuva polttoaine (Puu)	3332	0.50	1666	9
YHTEENSÄ	12597		17415	95

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Maalämpö	5069	27.79

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus

	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	2.5	15.1	
Tuloilman lämmitys	1.2		
Lämpimän käyttöveden valmistus		29.8	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	5.3		
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22.8		
YHTEENSÄ	31.8	44.9	0

(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	4210	23
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	560	3
Lämpimän käyttöveden valmistus	4200	23
Jäähdytys	0	0

(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/a	kWh/(m ² a)
Aurinko	5004	27.43
Ihmiset	1917	10.51
Kuluttajalaitteet	2876	15.77
Valaistus	1278	7.01
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä	250	1.37

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (17.3.2013)

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Päätiedot

Rakennuskohde:	OKT Kuoppala
Osoite 1:	Hauinlahdentie
Osoite 2:	63700 Ähtäri
Todistustunnus:	
Rakennustunnus:	
Rakennusluvan hakemisvuosi:	2013
Valmistumisvuosi:	2014
Rakennuksen käyttötarkoitus:	Pientalo
Pääsuunnittelija:	Henna Kuoppala
Laskelman tekijä:	Henna Kuoppala
Yritys:	Rakennuskatsastus Kuoppala Oy
Päiväys:	07.03.2013
Sijainti/paikkakunta:	Ähtäri=3
Rakennusluokka:	1 Pientalo
Kerroslukumäärä:	2
Rakennustilavuus (m ³):	662
Rakennuksen tilavuus (m ³):	470
Maanpäällinen kerrostasoala (m ²):	210.0
Lämmitetty nettoala Anetto (m ²):	182.4
Lämpökapasiteetti Crak omin (Wh/m ² K):	70
Asuntojen lukumäärä:	1
Laskentamallin tila:	Ei tiedossa
Rakennuslupa hyväksytty (pvm):	-
Käyttöönottotarkastus suoritettu (pvm):	-

Rakenneosat

rakenneosa:	Pinta-ala: m ²	U-arvo: W/m ² K	g-arvo:	Fverho * Fkehä:
Ulkoseinä ulkoilmaa vasten	161.7	0.13		
Yläpohja ulkoilmaa vasten	128.8	0.07		
Alapohja (maanvastainen)	119.4	0.12		
Ikkunat pohjoiseen	2.4	0.80	0.50	0.75
Ikkunat itään	10.36	0.80	0.50	0.75
Ikkunat etelään	3.16	0.80	0.50	0.75
Ikkunat länteen	8.24	0.80	0.50	0.75
Ulko-ovet	11.09	0.70		
Alapohjan alapuolinen maa	Savi, salaojitettu hiekka tai sora			

Kylmäsiilat

Kylmäsiilat:	Pituus: m	Lisäkonduktanssi: W/mK
US-ikkunat	77.6	0.04
US-ovet	28.3	0.04

Ilmanvaihto

Vaipan ilmanvuodot:	
Ilmanvuotoluku q50:	0.6
Ilmanvaihto:	
Kuvaus	Vallox 150 Effect SE
LTO %:	80
Ominais sähköteho/SFP-luku (kW/m ³ /s):	1.5
Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköteho (W):	0
Tuloilman lämpötilan asetusarvo:	18 astetta

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Jäteilman lämpötila mitoitustilanteessa:	5 astetta											
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo (L/s):	73.0											
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo ilman LTO-vaatimusta (L/s):	20											
Tuloilman suhde poistoilmavirtaan:	0.9											
Lämpötilan nousu puhaltimessa:	0 astetta											
IV-laitteessa automaattinen LTO:n poiskytkentä asetuslämpötilan ylittyessä:						Kyllä						
LTO:n ja jälkilämmityspatterin kuukausipäälläolo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	x	x	x	x	x				x	x	x	x

Lämmitysjärjestelmä

Käyttöveden lämmitys:

Kuvaus	Maalämpöpumppuun sisäänrakennettu 187 l varaaja	
Käyttöveden varaajahäviöt (kWh/vuosi):	500	
Käyttöveden kiertojohdon häviöt (kWh/vuosi):	0	
Käyttöveden siirron hyötysuhde:	0.85	
Käyttöveden mitoitusvirtaama (litra/s):	0.2	
Käyttöveden kiertojohdon ominaisteho (W/m ²):	0	
Sähkölämmityksen hyötysuhde (käyttövesi):	1	

Tilojen lämmitys:

Kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys	
Lämmityksen varaajahäviöt (kWh/vuosi):		0
Lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde:		0.8
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteet (kWh/m ²):		2.5
Varaavien tulisijojen lukumäärä:		1
Tulisijojen kokonaisvuosihyötysuhde:		0.6
Ilmalämpöpumpujen lukumäärä:		0
Sähkölämmityksen hyötysuhde (tilojen lämmitys):		1
Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmityksestä:		0

Lämpöpumput

Maalämpöpumppu:

Kuvaus	Oilon Geocube tai vastaava	
Tuotto-osuus lämpöenergian tarpeesta:	1.00	
SPF-luku tilojen lämmitykselle:	2.5	
SPF-luku käyttöveden lämmitykselle:	2.3	

Laskenta ja tulokset

Lämmitystapa:	Maalämpöpumppu
Jälkilämmityspatteri:	Lämmitysjärjestelmä
Oma sähköntuotanto (kWh/a):	0

Rakennuskohde Rakennuslupatunnus	OKT Kuoppala, Hauinlahdentie , 63700 Ähtäri
Rakennustyyppi	Pientalo
Pääsuunnittelija	Henna Kuoppala
Tasauslaskelman tekijä	Henna Kuoppala
Päiväys	07.03.2013
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	662	rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	210.0	m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	182.4	m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	0	m ²
Rakennusluokka (1-9)	1	
Rakennuksen kerrosmäärä	2	kerrosta

Laskentatuloksia

- Julkisivujen pinta-ala on 197 m²
- Ikkunapinta-ala on 12 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
- Ikkunapinta-ala on 12 % julkisivujen pinta-alasta
- Lämpöhäviö on 58 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
- Lämpöhäviö on 0 % vertailutasosta (puoliämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus Ominaislämpöhäviö, W/K [Hjoht = A*U]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
<i>Lämpimät tilat</i>							
Ulkoseinä	154.36	161.70	0.17	0.60	0.13	26.24	21.02
Hirsiseinä	0.00	0.00	0.40	0.60	0.40	0.00	0.00
Yläpohja	128.80	128.80	0.09	0.60	0.07	11.59	9.02
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0.00		0.09	0.60	0.09	0.00	0.00
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) 1)	0.00		0.17	0.60	0.16	0.00	0.00
Alapohja (maanvastainen) 2)	119.40		0.16	0.60	0.12	19.10	14.33
Muu maanvastainen rakennusosa 2)	0.00		0.16	0.60	0.16	0.00	0.00
Ikkunat	31.50	24.16	1.00	1.80	0.80	31.50	19.33
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)	11.09		1.00	-	0.70	11.09	7.76
Kattoikkunat / -kuvut	0.00	0.00	1.00	1.80 / 2.00	1.00	0.00	0.00
Lämpimät tilat yhteensä	445.15	445.15				99.53	71.46
<i>Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</i>							
Ulkoseinät			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) 2)			0.24	0.60			
Muu maanvastainen rakennusosa 2)			0.24	0.60			
Ikkunat			1.40	2.80			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)			1.40	-			
Kattoikkunat / -kuvut			1.40	2.80			
Puoliämpimät tilat yhteensä							
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluku m ³ /(h m ²) [q50]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [qv,v = q50/24 x A/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	0.60	0.0103	0.0031	12.37	3.71	
Puoliämpimät tilat	2.0						
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q v, p]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [na]		Ominaislämpöhäviö, W/K [Hiv = 1200* q v,p * (1-na)]		
Hallittu ilmanvaihto	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat	0.073		45	80.00	48.18	17.52	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		0.00	0.00	
Puoliämpimät tilat			45				
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0				
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
	Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H joht + H vuotoilma + Hiv]					Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						160.07	92.69
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä							

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)

Pinta-alat

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

kyllä	ei
x	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa

x	
x	

- Puolilämpimissä tiloissa

Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
x	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnittelu-arvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo
x		4.00	0.60 W/K
x		4.00	0.60 W/K

- lämpimissä tiloissa

- lpuolilämpimissä tiloissa

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnittelu-arvo
x		160.07 W/K	92.69 W/K
x		0.00 W/K	0.00 W/K

- lämpimissä tiloissa

- puolilämpimissä tiloissa

Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
x	

Lisäselvitykset

Rakennuksen vuotoilma

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnittelu-arvoa. Suunnittelu-arvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100m² loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q50 ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnittelu-arvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m² loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnittelu-arvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.

- 1) Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällön osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- 2) Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- 3) Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.