

OPINNÄYTETYÖ

Hannu Markus Holm 2011

Energiatehokkaat seinäeristysmallit



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences
LUC

**Kone- ja tuotantotekniikka
Energiatekniikka**

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikan ja liikenteen ala

Kone- ja tuotantotekniikka

Opinnäytetyö

ENERGIATEHOKKAAT SEINÄERISTEMALLIT

Hannu Markus Holm

2011

Toimeksiantaja Rovaniemen koulutuskuntayhtymä Ky

Ohjaaja Petri Kuisma

Hyväksytty _____ 2011 _____

Työ on kirjastossa lukusalikappale.

Tekijä	Hannu Markus Holm	Vuosi	2011
Toimeksiantaja	Rovaniemen Koulutuskunta yhtymä		
Työn nimi	Energiatehokkaat seinäeristysmallit		
Sivu- ja liitemäärä	53+6		

Tämä opinnäytetyö on tehty Rovaniemen ammattikorkeakoulun Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman rakennustekniikan, lämpöopin, materiaalitekniikan ja fysiikan opintojen pohjalta. Opinnäytetyö on tutkiva työ, jossa aiheena on energiatehokas seinärakentaminen.

Työ käsittelee laajalti seinärakentamisen energiataloutta ja antaa kuvan lämpöeristämisen kehityksestä. Huomio keskittyy kuitenkin uusiin, innovatiivisiin ratkaisuihin. Työssä käydään myös läpi säädöksiä ja lakeja jotka koskevat rakennusten energian käyttöä.

Työn pohjana on Kittilään valmistuva Koulutus- ja hyvinvointikeskus, jonka yhtenä hankeena on tutkia eristemateriaalien toimivuutta. Hankkeen toteuttaa Rovaniemen koulutuskuntayhtymä Ky.

Työssä käsitellään rakennusmääräyksiä ja normeja jotka säätävät uusien rakennusten rakenteiden lämpöhäviöt. Lähtokohtana ovat rakennussuunnitelmat, joiden mukaan keskus rakennetaan. Työssä esitellään vaihtoehtoisia rakennusmalleja ja lämpöeristeitä. Pohdintojen tukena on laskuja, kuvia ja rakennussuunnitelmia havainnollistamaan suunnitelmia.

Author	Hannu Markus Holm	Year	2011
Commissioned by	Rovaniemen Koulutuskunta yhtymä		
Subject of thesis	Energy efficient wall insulation models		
Number of pages	53+6		

This thesis has been conducted for the Mechanical and Production Engineering faculty of Rovaniemi University of Applied Sciences. This is an investigative study focusing on energy-efficient wall construction.

This work deals primarily with the energy economy of wall construction and gives an idea of thermal insulation development. Additionally, attention is focused on new and innovative solutions. This thesis also informs the reader of the regulations and laws relating to energy use in buildings.

The main reference for this thesis is based on construction process of the Education and Wellness Center in Kittilä, Finland. The main focus of this project is to examine the effectiveness of various insulation materials. This project has been implemented by Rovaniemen koulutuskuntayhtymä Ky.

This thesis deals with the building regulations and standards which regulate thermal losses in new buildings. The starting point for this research begins with the building plans, according to which the center is built. This thesis presents alternative models for both the basic construction and thermal insulation phases of construction. Alternative models are supported with mathematical calculations, pictures and building plans to illustrate the points, suggestions and arguments made within this thesis.

Sisällysluettelo

OPINNÄYTETYÖ.....	1
Rovaniemen Koulutuskunta yhtymä	3
Author	4
Number of pages	4
Rovaniemen Koulutuskunta yhtymä	4
SANASTOA	7
1. JOHDANTO	8
2. TARPEELLISUUS	9
2.1. Taustaa	9
2.2. Matalaenergiatalot	10
2.3. Energiatehokkaan rakentamisen ongelmat	10
2.4. Tulevaisuus	11
3. SEINÄRAKENTAMINEN	13
3.1. Historiaa	13
3.2. Teoria	16
3.3. Kosteus	18
3.4. Tuulensuoja	19
3.5. Materiaalit	19
4. TEHTÄVÄNANTO.....	21
4.1. Koulutus ja työhyvinvointikeskus	21
4.2. Tehtävä	22
4.3. Tarkastelu.....	23
4.4. Rajaukset	23
4.5. Rakennuksen lämmöneristys	23
4.6.1. Eristeen paksuus.....	25
4.6.2. Eristeen paksuuden määrittäminen	26
4.6.3. Koko rakenteen lämmönvastus	26
4.6.4. Kustannusarvion laskeminen.....	27
5. MINERAALIVILLA ERISTYS	28
5.1. Taustaa	28
5.2. Kivivilla	29
5.3. Lasivilla.....	29
5.4. Käytäntö	30
5.5. Laskut	32
5.6. Kustannusarvio.....	33
5.7. Päätelmät	34
6. DYNAAMINEN LÄMMÖNERISTYS.....	35
6.1. Taustaa	35
6.2. Tutkimukset	36
6.3. Käytäntö	36
6.4. Laskut	38
6.5. Yläpohjan rakenne.....	39
6.6. Laskut.....	40
6.7. Päätelmät	41
7. POLYURETAANIERISTEET.....	42
7.1. Taustaa	42
7.2. Käytäntö	43

7.3. Laskut.....	45
7.4. Päätelmät	45
8. NANOERISTEET	47
8.1. Teoriaa	47
8.2. Käyttö kohteessa	49
8.3. Laskut.....	51
8.4. Päätelmät	53
9. POHDINTA	54
10. LÄHTEET	55
11. LIITTEET	58

Kuvioluettelo

Kuvio 1: Lämpöeristeiden vertailu.....	15
Kuvio 2: Rakennuksen lämpöhäviöt.....	17
Kuvio 3: Rakennuksen lämpöeristys.....	24
Kuvio 4: Mineraalivillan ominaisuudet.....	30
Kuvio 5: Mineraalivillaeriste seinärakenne	33
Kuvio 6: Dynaamisen eristämisen seinärakenne	37
Kuvio 7: Dynaamisen eristämisen yläpohjarakenne	39
Kuvio 8: Polyuretaanini tekniset ominaisuudet	43
Kuvio 9: Polyuretaani eristeen seinärakenne.....	44
Kuvio 10: Nanoeristeen tekniset ominaisuudet	49
Kuvio 11: Nanoeristeet seinärakenne	50

Taulukkoluetelo

Taulukko 1: Mineraalivillan kustannusarvio	33
Taulukko 2: Polyuretaanin kustannusarvio	45
Taulukko 3: Nanoeristeen kustannusarvio.....	52

SANASTOA

Energiatehokkuus
hyödyntämään käytettyä
energiaa.

Miten hyvin pystytään

Katalyyttinen
nopeuttava tekijä tai aine.

Kemiallista reaktiota

Konvektio
kaasussa tai nesteessä
mukana.

Lämmön siirtymistä
lämmön aiheuttamien virtausten

Lämmönvastus
paljon aine vastustaa
lämmön siirtymistä.

Luku, joka kertoo kuinka

Puolilämmin tila
jatkuvaan oleskeluun.
Lämpötila $+5^{\circ}\text{C}$ ja $+17^{\circ}\text{C}$ välillä.

Tila, joka ei ole tarkoitettu

Passiivienergiatalo
vähän tai ei ollenkaan
lämmitysenergiaa

Talo joka tarvitsee hyvin

U-arvo
lämmönläpäisykerroin
kuvaa rakennuksen eri rakennusosien

Aikaisemmin K-arvo, eli

lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on,
lämmöneristys.
sitä parempi on

1. JOHDANTO

Ilmastonmuutos on ollut maailmanpolitiikan keskustelun aihe jo vuosikymmenten ajan. Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan yleensä ihmisten tuottamien kasvihuonekaasujen ja jätekaasujen vaikutusta ilmastoon. Useimmat kansakunnat ovat sopineet saastuttamisen vähentämisestä. Yksi merkittävistä vähentämisen kohteista on rakennusten lämmittämiseen käytettävän energian määrä.

Tämä tutkiva opinnäytetyö käy läpi uusia energiaystävällisiä seinärakennetyyppejä. Osa rakenteista on vielä kehitysasteella ja osaa on käytetty jo vuosikymmeniä. Työn tarkoitus on antaa tietoa eristämisen historiasta ja kehityksestä ja tulevaisuudesta.

Taustalla on Rovaniemen koulutuskuntayhtymän rakenteilla oleva Kuntoutus- ja työhyvinvointikeskus Kittilän Levinsalmelle. Keskus on samalla rakennusteknillinen testausympäristö. Seinärakenteet on suunniteltu rakennettavaksi kyseiseen rakennukseen, jossa niiden käyttöä olisi mahdollista testata.

Vastaavia testausympäristöjä on vähän ja niissä tehtävien testien määrä rajallinen. Yksi pääasiallinen tarkoitus on uusien eristysmallien kehittäminen ja testaaminen. Tämä työ antaa katsauksen mahdollisista seinärakennemalleista ja käy läpi alan viimeisimmät tekniset uudistukset.

Tarkoituksena on vastata sellaisiin kysymyksiin kuten, mitä on seinäeristäminen, miten on tähän asti eristetty ja mikä on seinäeristämisen tulevaisuuden näkymät.

2. TARPEELLISUUS

2.1. Taustaa

1970-luvun lopulla peruspientalo kulutti energiaa jopa 300 kilowattituntia neliometriä kohden, kun taas nykyinen keskivertotalo selviää reilusti alle puolella tästä energiamäärästä. Ja edelleen ollaan vaan menossa tehokkaampaan rakentamiseen ja energiaystävällisempiin taloihin. Ensimmäiset suuret askeleet on otettu matkalla puhtaampaan elämiseen. (Fahlstrom, 2009, 26.)

Nykyään rakennukset kuluttavat tai oikeastaan tuhlaavat lämmitysenergiaa

ja samalla lisäävät hiilidioksidipäästöjä. EU on säätänyt energiatehokkuusdirektiivin, joka astui voimaan osittain vuonna 2006, ja direktiivi muuttui täysin lainvoimaiseksi 2009. Tästä seurauksena vuoden 2010 alussa Suomessa otettiin käyttöön Ympäristöministeriön uudistunut Rakentamismääräyskokoelma, lyhennettynä RakMK (Kts.Liite1). Periaatteena oli vähentää rakennusten energian käyttöä, ja huomio keskittyi eristämiseen. Määräyksen C- osio sisältää eristämisestä säädetyt pykälät ja osa 3 uudistettiin. (C3, 2007 & 2010, 3.2.)

Tärkein kohta rakennusten kannalta oli U-arvon muuttuminen. Lämpimäntilan rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan ja alapohjan enimmäis- lämmönläpäisykerroin pysyi samana 0,6 W/m²K. Myös muuttumattomina pysyivät ikkunat 1,8 W/m²K ja puolilämpimäntilat 2,4 W/m²K. Seinien lämmönläpäisykerroin laski 0,24 W/m²K:stä 0,17 W/m²K:iin. Kiristyvät vaatimukset laskivat myös yläpohjan ja alapohjan lämmönläpäisykertoimia. Valtiovallan ratkaisu oli siis lisätä

eristeitä vaippaan ja tehdä taloista jo miltei passiivienergiataloja. (C3, 2007 & 2010, 3.2.)

2.2. Matalaenergiatalot

Matalaenergiatalot puolittavat tarvittavan energiamäärän noin 50–60 kilowattituntienneliometriä kohden. Pohjoismaissa on jo pitkään tutkittu ja rakennettu matalaenergiataloja, ja niiden osuuden ennustetaan voimakkaasti kasvavan. VTT on laskenut näiden talojen säästävän noin 30 000–50 000 euroa jo 25 vuoden ajanjaksolla. Rakennuksen lämmöneristävyys ja tiiviys sekä ilmanvaihdonlämmön talteenotto ovat merkittävimmät energiansäästöön vaikuttavat tekijät. Ristiriitaista ajattelussa on, että ilmanvaihtosäädöksiä kasvatetaan koko ajan. Huoneilman laatuun panostetaan vaihtamalla ilmaa useammin ja samalla lämpöhäviöt kasvavat, eli samaan aikaan pitäisi kasvattaa lämmitetyn ilman poistoa, kun sitä pitäisi säästää. Ilmastointi- ja lämmöntalteenottokoneistot tuovat rakennukselle suuria lisäkustannuksia. Lämmöneristämisen osuus taas rakennuskustannuksista on alle viisi prosenttia. (Fahlstrom, 2009, 27.)

2.3. Energiatehokkaan rakentamisen ongelmat

Ulkoseinärakenteen paksuntaminen on yleisimmin käytetty ratkaisu rakennusmääräysten täyttämiseksi. Ainekerrosten paksuntamiseen liittyy kuitenkin riskejä. Eristeen paksuutta lisäämällä voidaan luodaan tilanne, jossa suuresta lämpötilaeron kasvusta johtuva konvektion lisääntyminen eristekerroksessa alentaa sen eristyskykyä. Samalla kosteusjakauma muuttuu kosteus voi jäädä rakenteelliseksi kosteudeksi eristeisiin. Tähän liittyen, eristeen paksuntaminen

myös vähentää ilmavirran määrää ja sitä kautta heikentää rakenteen kuivumisominaisuutta. (Ryynänen, 2009, luento)

2.4. Tulevaisuus

Hyvin todennäköistä on, että energian hinta kaikissa muodoissa tulee kallistumaan myös tulevaisuudessa. Vielä ei ole keksitty pysyvää ratkaisua energiantuotantoon, ja energian käyttö kasvaa koko ajan. Näin ollen nyt energiataloudellisuuteen panostamista voidaan pitää sijoittamisena tulevaisuuteen. Tosin energiayhtiöt tulevat turvaamaan tuottoensa nostamalla hintoja samassa suhteessa kuin energiaa säästyy. Kun vaipan eristys on oikein mitoitettu, tiiviys kohdallaan ja ilmanvaihto sekä lämmöntalteenotto hallittu, ilmaisenergiat saadaan tehokkaasti käyttöön. Näitä asioita korostetaan vuoden 2009 alussa voimaan tullessa direktiivissä. (Fahlstrom, 2009, 27)

Tulevaisuus tuo tullessaan yhä vain kiristyvimpiä säädöksiä koskien rakentamista ja rakennusten energiatehokkuutta. Rakennusten energiatehokkuusmääräyksiä on vuoden 2010 alusta tiukennettu niin, että kaikkien uusien rakennusten tulee olla 30 % energiatehokkaampia kuin aikaisemmin. Nyt valmistellulla uudistuksella toteutettaisiin rakentamismääräysten rakenteen muutos sekä energiamääräysten uusi, noin 20 % tasonkiristys vuoden 2012 alusta alkaen. Ehdotus vaatimusten kiristämiseksi näin nopeasti on ongelmallinen sekä rakentamisen että rakennusten käyttämisen kannalta. (www.ek.fi, 2009)

Vuonna 2012 toteutuvalla rakentamismääräysten rakenteen muutoksella siirryttäisiin rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen perustuvaan sääntelyyn, jossa otetaan huomioon myös energiamuodon vaikutus primäärienergiankulutukseen ja päästöihin. Parhaimmillaan tällainen kokonaistarkastelu mahdollistaa kehityksen ja innovaatiot, ja antaa toimijoille vapauden valita keinot ja ratkaisut, joilla vaatimukset tehokkaimmin täytetään.

Ehdotuksessa asetetaan lisäksi rakennusten uusiutuvan energian käytön osuudelle vähimmäisvaatimukseksi 25 %. Uusiutuvan energian osuus tulee

tuottaa paikallisesti. Paikallisesti tuotetun uusiutuvan energian osuuden määrittäminen 25 %:ksi saattaa johtaa suuriin kustannuksiin kaukolämpöverkoston ulkopuolella olevilla uusilla kiinteistöillä. Paikallisuuden vaatiminen voi lisäksi johtaa kustannustehottomampiin rakennuskohtaisiin ratkaisuihin verrattuna edullisempaan keskitetysti tuotettuun uusiutuvaan energiaan.(www.ek.fi, lausunnot, 2009)

3. SEINÄRAKENTAMINEN

3.1. Historiaa

Suomessa lämpöeristäminen mielletään useasti rakennusten eristämiseen ja periaatteena on että kylmä pidetään ulkona ja sisätilat pysyvät lämpimänä. Lämmöneristämisen suurimpia käyttökohteita ovat kaikenlaiset rakennukset kuten asunnot, toimistot, virastot, koulut, sairaalat jne. Myös elintarvikehuolto tarvitsee lämmöneristystä, mutta vastakkaiseen tarkoitukseen. Teollisuudessa lämpöeristämistä käytetään korkeiden lämpötilojen eristämiseen. (Björkholtz, 2004, 7.)

Kautta aikain rakennusten ylä- ja alapohjissa on käytetty erilaisia eristeitä. Eristysaineena on ollut kuivattua turvetta, sammalta, sahanpurua, kutterilastua, koksi- sekä masuunikuonaa. Vasta 1950-luvulla ruvettiin valmistamaan yksinomaan lämmöneristykseen tarkoitettua, teollisesti valmistettuja tuotteita, kuten kevytsoraa, polystyreenia, polyuretaania ja selluvillaa. (Björkholtz, 2004, 7.)

Kehitys on ollut toisenlainen rakennusten ulkoseinissä. Ajatus erillisten lämpöeristeiden käytöstä seinärakenteissa yleistyi vasta toisen maailmansodan jälkeen. Tätä ennen asuintalot ja rakennukset valmistettiin joko hirrestä tai tiilestä. Ensimmäinen suuri mullistus oli että hirsiseinien tilalla alettiin käyttää sahanpurutäytteisiä rankoseiniä. Ne olivat halvempia valmistaa, eristivät lämpöä paremmin ja olivat nopeampia pystyttää. (Björkholtz, 2004, 7.)

Mineraalivillojen tulo markkinoille 1950-luvun puolivälissä oli seuraava suuri mullistus seinärakenteiden kehityksessä. Sahanpuru yksinkertaisesti korvattiin mineraalivillalla rakenteita muuttamatta ja lämmöneristyskyky parani

oleellisesti. Energiakriisit ja lämpöenergian kallistumisen myötä puuseinän eristyskykyä on parannettu paksuntamalla mineraalivillakerrosta. (Björkholtz, 2004, 7.)

Mineraalivillan imussa tuli myös markkinoille tuulensuojalevyt. Alkuaikoina levyt olivat huokoisia bitumoituja kuitulevyjä. Samoihin aikoihin muoveja alettiin käyttää kosteussulkuina. Materiaaleiksi kelpasivat hieman heikompi- ja kevyempiä materiaaleja kuten villojen pakkausmuovit. Kunnan tiivistäminen unohdettiin useasti ja tästä johtuen ilmanpitävyydessä ei saavutettu merkittäviä parannuksia. (Aukia, 3/2010, 11.)

Kiviseinän kehitys lämmöneristyskykyä ajatellen on ollut toisenlainen. Kehitystä jarrutti alkuaikoina tiiliseinän huono lämmöneristävyys, massiivinen rakennusaineen tarve ja suuri paino. Asiaan tuli kuitenkin muutos, kun aivan uusi tuote, kevytbetoni, jossa yhdistyi kaksi tärkeää asiaa; keveys ja lämmöneristyskyky. Tiiliseinään verrattuna se painoi noin puolet vähemmän ja sen lämmöneristyskyky oli kaksinkertainen. Kevytbetonia alettiin käyttää kerrostalojen rakennusaineena ja seinärakenteena se yleistyi nopeasti 1940–1960-luvulla. Seuraava suuri harppaus koettiin urbanisoitumisaikana 1970-luvulla. Kaupunkien nopea asutus vaati halvan ja hyvän seinärakenteen ja tähän kehitettiin betonisandwich-elementti, jossa mineraalivilla tulee kahden ohuen kevytbetoniseinän väliin. (Björkholtz, 2004, 8.)

Myös tiiliseinä koki muutoksen mineraalivillan saapuessa markkinoille. Kahden seinäelementin väliin lisättiin villaeriste ja lämmöneristyskykyä saatiin parannettua huomattavasti. Myös puu- tiiliseinän yhdistelmän, jossa puuseinän ulkopinta verhoillaan tiilellä käyttö yleistyi. (Björkholtz, 2004, 8.)



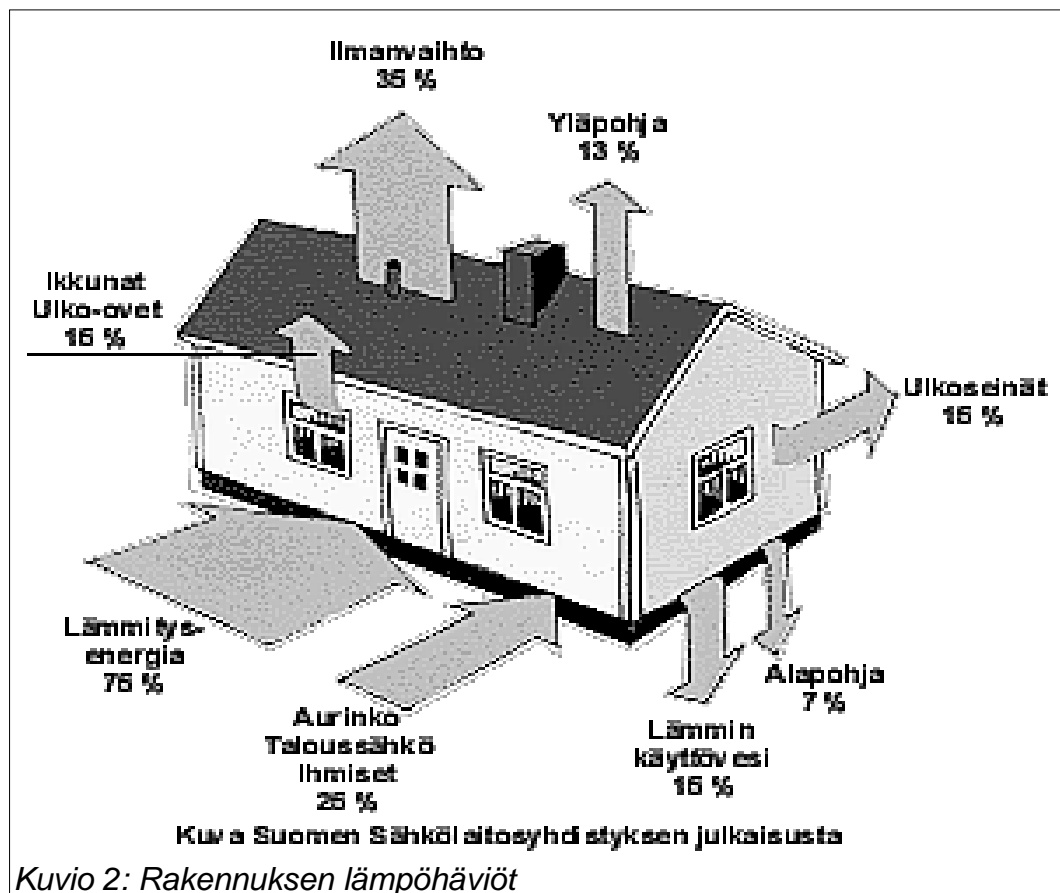
Kuvio 1: Lämpöeristeiden vertailu

3.2. Teoria

Hyvä lämmöneristys on keskeinen energiatehokkuuden tekijä. Hyvin eristetty ja ilmatiivis talo on vedoton ja asumisviihtyvyydeltään hyvä. Lämmöneristys kannattaa tehdä kerralla kuntoon, sillä vaipan lämmöneristävyttä on hankala parantaa myöhemmin. Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo kuvaa rakenteen lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi rakenteen U-arvo on, sitä paremmin se eristää lämpöä. U-arvon yksikkö on W/m^2K . U-arvo kertoo kuinka monta wattia lämpötehoa siirtyy rakenteen läpi yhtä neliometriä kohden, kun rakenteen yli on yhden lämpötila-asteen lämpötilaero. (Energiatehokaskoti, Motiva julkaisut, 2011)

Rakennuksen vaippa, eli ulkoseinien, ala- ja yläpohjan muodostama kokonaisuus, tehdään lämmön sisällä pitäväksi rakenteeksi lämmöneristuksen ja ilmasulun avulla. Lämmöneristys liittyy rakennuksen kantavaan rakennekokonaisuuteen siten, että se täyttää yleensä kokonaan kantavien rakenteiden väliin jäävän tilan. Joskus joudutaan riittävän lämmöneristyspaksuuden saamiseksi rakennepaksuuksia lisäämäänkin. (Keppo, 2003, 98)

Lämmöneristys töihin ryhdytään, kun kantavat rakenteet on saatu valmiiksi. Useimmat puurakenteissa käytettävät lämmöneristeet ovat kosteudelle arkoja, joten eristävien rakenteiden tulee olla sateelta suojattuja. Rakenteiden lämmöneristyskyvyn vähimmäisarvot on määritelty rakennusmääräyksissä. Rakennussuunnitelmissa on määritetty lämmöneristysmateriaalit ja niiden paksuudet sekä laskelmin osoitettu, että rakenteet täyttävät määräykset. Eristysmateriaalien lämmönjohtavuusominaisuudet vaihtelevat ja siksi tarvittavat eristepaksuudetkin vaihtelevat materiaalien mukaan. Määräysten vaatimukset eivät kohdistu lämmöneristykseen vaan koko rakenteeseen. Sitten rakenteen muun osan lämmöneristyskyky vaikuttaa lämmöneristuksen tarpeeseen. Suurin lämpöhäviö tapahtuu ilmanvaihdon kautta (Kts. kuvio 2). Ulkoseinien lämpöhäviöt ovat 15-20 % luokkaa, riippuen rakenteesta. (Keppo, 2003, 98.)



3.3. Kosteus

Rakenteen lämmöneristyskyky perustuu paitsi lämmöneristykseen myös sitä suojaaviin ilmasulkuun ja tuulensuojaan. Toimiva rakennuksen vaipparakenne suunnitellaan siten, että missään olosuhteissa vaipan ulko- tai sisäpuolinen taikka vaipan sisään muodostunut kosteus ei pääse häiritsemään rakenteen toimivuutta. Tämä periaate tarkoittaa käytännössä sitä, että rakenteeseen tavalla tai toisella päässeen kosteuden tulee päästä myös sieltä mahdollisimman esteettömästi pois. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroista johtuu, että useimmiten rakennusten sisällä on suurempi suhteellinen kosteus kuin ulkona. Tämä kosteus pyrkii rakennuksen sisältä ulos vaipan läpi. Siksi rakenne on suojattava ensisijaisesti sisäpuolelta tulevalta kosteudelta. Tämän suojauksen hoitaa mahdollisimman lähellä sisäpintaa oleva tiivis rakennekerros, jonka tulee olla vähintään ilmatiivis, joka tehdään usein myös höyrytiiviksi. Jotta kosteus pääsee rakenteesta pois, ilmasulun ulkopuolella olevien lämmöneristys- ja tuulensuoja sekä pintaverhouskerrosten ei tule olla liian tiiviitä. Käytännön säätönä voidaan pitää, että sisäpuolisen ilmasulun tulee olla viisi kertaa niin tiivis kuin ulkopuolinen pintakerros.(Keppo, 2003, 98.)

Ilmasulku lämmöneristyksen sisäpuolella estää lämpöisen sisäilman kosteuden pääsyn lämmöneristykseen. Kosteuden pääsy lämmöneristykseen alentaa nopeasti sen eristyskykyä. Samalla kosteus saattaa vaurioittaa eristeeseen liittyviä rakenneosia.(Keppo, 2003, 98.)

3.4. Tuulensuoja

Tuulensuoja lämmöneristyksen ulkopuolella estää ilman liikkeen lämmöneristyksessä. Lämmöneristeen eristyskyky perustuu siinä olevaan suureen paikallaan pysyvään ilmamäärään. Jos esimerkiksi voimakkaan tuulen aiheuttama painevaikutus saisi vapaasti vaikuttaa eristeeseen, siinä oleva ilma vaihtuisi ja eristyskyky putoaisi. Tuulensuojan tulee kuitenkin päästää lämmöneristeeseen mahdollisesti päässeeseen vesihöyryn haihtumaan lävitseen. (Keppo, 2003, 98.)

Lämmöneristysmateriaali tulee aina valita käyttökohteen mukaan oikein. Väärillä materiaaleilla voidaan rakenne saada lämmöneristyksen kannalta täysin epäonnistumaan ja samalla voidaan saada aikaan esimerkiksi puurakenteiden lahoaminen. (Keppo, 2003, 98.)

3.5. Materiaalit

Yleisimmin käytetyt lämmöneristysmateriaalit pientalorakentamisessa ovat mineraalivilla, puukuitueriste, polystyreeni, polyuretaani ja kevytsora. Höyrysulkuina käytetään yleisimmin tarkoitukseen kehitettyjä rakennemuoveja ja niiden saumojen teippaukseen muoviteippejä, yleisimmin saumoissa käytetään ilmastointiteippiä. Joissain tapauksissa, kuten eräissä hirsitaloratkaisuissa, muovin tilalla käytetään bitumipapereita. Tällöin höyrysulun täydelliseen ilmatiiveyteen ei edes pyritä, vaan tarkoitus on estää välittömät ilman liikkeen rakenteissa. (Keppo, 2003, 98.)

Tuulensuojana käytetään yleensä tarkoitukseen valmistettua levyä. Tuulensuojalevyjä valmistetaan mm. huokoisina kuitulevyinä, jotka voivat olla myös bitumikäsiteltyjä ja kipsikartonkilevyinä. Nämä levyt toimivat myös rungon jäykistäjinä. Myös mineraalivillavalmisteisia levyjä käytetään, jolloin levy toimii osansa lämmöneristyskerrosta, mutta täyttää myös tuulensuojalta vaadittavat ominaisuudet.(Keppo, 2003, 98)

4. TEHTÄVÄNANTO

4.1. Koulutus ja työhyvinvointikeskus

Rovaniemen koulutuskuntayhtymä on aloittanut koulutus- ja työhyvinvointikeskuksen rakentamisen Kittilän Leville. Kiinteistöön rakennetaan testausympäristötutkimuskäyttöön. Kohteessa tutkitaan mm. kylmärakentamista, energiansäästöä ja vaihtoehtoisten energiamuotojen käyttämistä.

Hankeen tavoitteena, sen toteutumisen jälkeen, on luoda arvotettu kylmissä olosuhteissa toimiva oppimis- ja testausympäristö. Siihen kuuluu rakennustekniikkaan liittyvä fyysinen oppimisympäristö, jota voidaan hyödyntää koulutuksen eri tasoilla. Hankkeen asiantuntijana toimii Rovaniemen ammattikorkeakoulu, jonka tiedot uusiutuvan energia ja energiansäästön osalta ovat valtakunnan huipputasoa.

Koulutus- ja työhyvinvointikeskuksessa tullaan tutkimaan eristeiden-, ikkunoiden-, ovien- ja ilmanvaihtoratkaisujen vaikutusta energiatehokkuuden parantamiseksi. Rakennus luo myös mahdollisuuden testata mm. uusien energiamuotojen tehokkuuden optimointi ja pientalojen jäähdytys, sisäilman laadun vaikuttavat tekijät, maaperän lämpövuon tutkiminen, työhyvinvointi sekä kosteuden mittaaminen rikkomattomilla mittausmenetelmillä on mahdollista tutkia.

Ulkoseinien osalta tutkimuksia tehdään lämmöneristeistä ja höyry- ja ilmasulun vaikutuksista. Työkaluina käytetään lämpötila-, virtaus-, kosteus- ja paineantureita, joiden kotelointi ja asennus tulee vielä suunnitella. Rakenteisiin tehdään myös ilmantiiveys ja lämpökuvauksia. Tiedonsiirto suunnitellaan langattomaksi ja tuloksia voi tarkastella dataverkon ja internetin välityksellä miestä tahansa. Tarkoituksena on, että kaikki laitteistot ovat säädettävissä datayhteyden välityksellä.

4.2. Tehtävä

Tehtävänä oli tutkia Kittilän kunnan alueelle rakenteilla olevan Koulutus- ja työhyvinvointikeskuksen mahdollisia energiataloudellisia seinärakenteita rakennuksen C-osassa. Rakennus koostuu kolmesta osakokonaisuudesta.

A-osaan tulee suunnitelmien mukaan tupakeittiö ja oleskelutilat. Rakennuksen kummallakin puolelle tulee terassit ja osioon on suunnitteilla kaksi saunaosastoa.

B-osaan tulee itse koulutus tilat. Osio koostuu kolmesta isommasta tilasta. Koulutus tila, wc-osasto ja takkahuone vievät noin puolet rakennusosan tilasta. Koulutustilassa on 36 istumapaikkaa. Saunaosasto, pesuhuone ja pukuhuone vievät noin neljäsosan tilasta ja tekninentila keittiön kanssa vievät noin neljäsosan

C-osasto, joka on tämän työn pääasiallinen tarkastelukohde, koostuu enimmäkseen majoitustiloista. Osastossa on yhdeksän kappaletta 9,5 m² kokoisia makuuhuoneita. Tehtävänä on suunnitella testattavaksi seinärakenteita joita voitaisiin käyttää yhden makuuhuoneen seinärakenteena.

Koko rakennuksen pohjapiirros löytyy liitteestä 2. Rakennuksen pinta-
alat:

Huoneistoala: päärakennus 535 m²

Kerrosala: päärakennus 665 m²

Bruttoala: päärakennus 800 m²

Tilavuus: päärakennus 3117 m³

(SIPARK Oy, 2009, Koulutus- ja hyvinvointikeskus Kittilä, asemakaava ARK 101)

4.3. Tarkastelu

Seinämateriaaleja tukiessa pitää ottaa huomioon, että ne täyttävät 2010 uudistuneen C3 rakennusten lämmöneristysmääräykset (Liite 1). Toinen huomioitava asia on, että materiaalit on mahdollista asentaa seinämoduuleihin ilman suuria rakenteellisia muutoksia.

Yläpohjan-, välipohjan- ja alapohjanrakenteet pysyvät samoina kuin alkuperäisessä suunnitelmassa. Ne täyttävät Ympäristöministeriön rakennusten eristyssäädökset, joten toteutus tapahtuu kuten alkuperäisissä piirustuksissa on suunniteltu. Joitakin rakenteellisia muutoksia saattaa tulla, jotka koskevat yläpohjan rakennetta.

4.4. Rajaukset

Työssä keskitytään aiheeseen lämpöeristeiden tehokkuus. Laskuissa ja päätelmissä ei oteta huomioon rakennuksen ilmatiiveyttä. Rakenteen kosteus ja äänieristävyys otetaan huomioon suunnittelussa, mutta niistä ei tehdä laskuja.

4.5. Rakennuksen lämmöneristys

Kuviossa 3 on esitelty tämänhetkisten suunnitelmien mukainen lämmöneristys rakennukseen. Huomioitavaa on että vaikka rakennus on suurikokoinen keskus, sen runko ja rakenne on kokonaan puutuotteista.

<p>Ulkoseinät 1</p> <p>Rakenne sisältä ulospäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pintamateriaali ja – käsittely - Kipsilevy 13mm - Vaakakoolaus + mineraalivilla 50mm - Höyrynsulkumuovi + teippaus - Pystyrunko + mineraalivilla 200mm - Tuulensuojalevy 12mm - Tuulensuojarako 23mm - Vaakapuuverhous 	<p>Ulkoseinät 2 (ullakkotilan kohdalla)</p> <p>Rakenne sisältä ulospäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pintamateriaali ja – käsittely - Kipsilevy 13mm - Vaakakoolaus + mineraalivilla 50mm - Kehän pystysauva + mineraalivilla 175mm - Tuulensuojalevy 25mm - Tuulettuva ullakkotila - Kehän kanta - Tuulensuojalevy 25mm - Tuuletusrako 25x100 - Vaakapuuverhous
<p>Ulkoseinät 3(sauna)</p> <p>Rakenne sisältä ulospäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seinäpaneeli - Koolaus (Tuuletus) - Alumiinipaperi - Höyrynsulkumuovi - Vaakakoolaus + mineraalivilla 50mm - Pystyrunko + mineraalivilla 175mm - Tuulensuojalevy 25mm - Tuuletusrako 25x100 - Vaakapuuverhous <p>Välipohjarakenne</p> <p>Rakenne alhaalta ylöspäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sisäverhousmateriaali - Koolaus 22x100 - VP-palkisto n.220 - Havuvaneri 21mm - Pintamateriaali 	<p>Maanvarainen alapohja</p> <p>Rakenne sisältä ulospäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pintamateriaali - Teräsbetoni-laatta 90mm - EPS lattia 150 mm, reuna-alueilla 200mm - Salaojitussepele - Täyttösora - Kaivamaton pohjamaa

<p>Yläpohjarakenne 1</p> <p>Rakenne sisältä ulospäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sisäverhousmateriaali - Koolaus 48x48 - Höyrynsulkumuovi - Puhallusmineraalivilla 600mm - Tehdasvalmiste. naulalevyvaarnapalkit - Huokoinen kuitulevy 12mm - Koolaus38x100 - Koolaus 50x98(vaarnapalkkien kohdalla) - Tuulenhajaimet räystäillä - Raakaponttilaudoitus 23x95 - Huopakate 	<p>Yläpohjarakenne 2 (Ullakkotila)</p> <p>Rakenne sisältä ulospäin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sisäverhousmateriaali - Koolaus 32x100 - Höyrynsulkumuovi - Mineraalivilla 100mm - Puhallusmineraalivilla 500mm - Tehdasvalmisteiset naulalevyristikot - Tuulenhajaimet ulkoseinien vieressä - Raakaponttilaudoitus 23x95 - Vesikate kumibitumikarmein
---	---

Kuvio 3: Rakennuksen lämpöeristys

4.6. Laskut

4.6.1. Eristeen paksuus

U-arvo lasketaan sen eri osien lämmönvastusten summasta. Eristeen paksuuden määritetään laskemalla paljonko seinän muut rakenteet estävät lämmön kulkua. Tavoitteena on saada koko seinärakenteen U-arvoksi 0,17 W/m²K (Liite c3)

Rakennusosien lämmönjohtavuus kertoimien lähteenä käytetään C3 RakMK ja siinä esiintyviä arvoja. Poikkeuksena voidaan käyttää valmistajan antamia arvoja eristeistä.

Rakennuksen lämmönvastus muodostuu seuraavista osatekijöistä:

- pintavastuksista ($R_{si} + R_{se}$)
- ainekerrosten lämmönvastuksista ($R_1 + R_2 \dots R_n$)
- rakenteessa olevien suljettujen ilmavälien vastuksista (R_g)
- käytettävien tiivistyspaperien lämmönvastuksista (R_q)

Nämä osa tekijät voidaan jakaa kahteen suurempaan tekijään:

- lämpöeristeen vastus R_L
- rakenteen muiden osien vastus R_0

Kokonaislämmönvastuksen kaavaksi saadaan

$$R_T = R_0 + R_L$$

U-arvo saadaan lämmönvastuksen käänteisarvona

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

4.6.2. Eristeen paksuuden määrittäminen

Kun $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$R_T = \frac{1}{0,17 \text{ [(m}^2\cdot\text{K)/W]}} = 5,88 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

4.6.3. Koko rakenteen lämmönvastus

$$R = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_g + R_q + R_{se}$$

jossa:

$$R_{si} = \text{Sisäpuolinen pintavastus [(m}^2\cdot\text{K)/W]}$$

$$R_1 \dots R_n = \text{Ainekerrosten lämmönvastukset muodossa}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} + R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots \quad R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$$

$$d = \text{Ainekerroksen paksuus [m]}$$

$$\lambda = \text{Lämmönjohtavuus kerroin [(W)/(K\cdot m)]}$$

$$R_g = \text{Ilmaraon lämmönvastus [(m}^2\cdot\text{K)/W]}$$

$$R_{qn} = \text{Ohuiden ainekerrosten lämmönvastus [(m}^2\cdot\text{K)/W]}$$

$$R_{se} = \text{Ulkopuolinen pintavastus [(m}^2\cdot\text{K)/W]}$$

Muiden rakenneosien lämmönvastus

$$R_0 = R_{si} + R_{se} + R_g + R_q + R_n$$

Eristeiden osuus lämmönvastuksesta

$$R = R_T - R_0$$

Eristeiden paksuus

$$d = R * \lambda$$

λ = lämmönjohtavuus kerroin W/(K·m)

4.6.4. Kustannusarvion laskeminen

Kustannusarviota laskiessa käytämme eri valmistajien ilmoittamia hintoja arvioinnin perustana. Laskut ilmoitetaan seinämärakenteen materiaalien hinnat neliometriä kohden. Ikkunoiden sekä sisä- ja ulko päällystysmateriaalien kustannuksia ei oteta huomioon laskuissa. Laskut ovat suuntaa-antavia ja perustuvat tuotteiden valmistajien antamiin hintoihin.

5. MINERAALIVILLA ERISTYS

5.1. Taustaa

Mineraalivillavillojen historia alkaa 1950-luvulta, jolloin se mullisti rakennuksien eristämisen. Mineraalivillojen eristämiskyky oli huippuluokkaa verrattuna tuonaikaiseen puukuitu-, turve- ja muhaeristeisiin. Tämän ansiosta mineraalivillojen suosio lähti kasvuun ja nopeasti siitä tuli käytetyin eristemateriaali. Nykypäivänä mineraalivillaa on saatavana useassa kymmenessä eri muodossa ja eri tehoisia eristävyysluokkiakin on valittavana. (Keppo, 2003, 98.)

Mineraalivillaa valmistetaan kahta tyyppiä, lasivillaa ja vuorivillaa, jotka eroavat toisistaan valmistusmenetelmänsä ja raaka-aineittensa osalta. Lämmöneristysominaisuuksiltaan ne vastaavat pitkälti toisiaan. Mineraalivilloja on saatavilla purumaisena puhallusvillana, pehmeänä mattona, kovana levynä, muotoon puristettuna tai pinnoitteella päällystettynä levynä. Suomessa tunnetuimpia mineraalivillojen valmistajia ovat Paroc Group -konserniin kuuluva Paroc Oy Ab ja ranskalaiseen Saint-Gobain-konserniin kuuluva Isover Oy. Luontoystävällisiin eristeisiin erikoistunut suomalainen Ekovilla Oy valmistaa eristeitä kierrätysmateriaaleista. (www.ekovilla.com, 2010) Runkorakenteisiin asennettavat mineraalivillatuotteet on mitoitettu niin, että ne sopivat täsmälleen tietyille runkopuiden moduulisille rakenneväleille. (Björkholtz, 2004, 8.)

5.2. Kivivilla

Kivivilla, tunnettu myös nimellä vuorivilla, valmistetaan pääasiassa emäksisistä kivilajeista. Prosessi alkaa kiviaineksen sulatuksella, jossa emäksiseen kiviainekseen kohdistetaan suuri lämpö ja paine. Tämän jälkeen sulatettu kiviaines kuidutetaan. Kuidutus tapahtuu keskipakovoiman ja puhalluksen avulla. (www.eko-expert.com, 2010)

Yksi tunnetuimmista kivivillan valmistajista on Paroc Oy Ab. Paroc on monikansallinen yritys joka valmistaa tuotetaan Suomessa, Ruotsissa, Liettuassa ja Puolassa. Kivivilla koostuu 95-99%:sti kiviaineksesta. Käytettyjä kivilajeja ovat mm. Gabbro, Anortosiitti ja Dolomiitti. Loppu aines koostuu kovetetusta hartsista ja öljystä. Kivivilla on palamaton eriste joka ei myöskään sula tulipalossa. (Paroc, 2010, esite)

5.3. Lasivilla

Lasivilla valmistetaan yleensä jätelasista, joskus myös suoraan lasin raaka-aineista: kvartsihiekestä, soodasta ja kalkkikivestä. Sitä valmistetaan samalla menetelmällä kuin kivivillaa, eli raaka-aine sulatetaan ja puhalletaan kuituiseksi. Näin villa voidaan muovata eristelevyiksi tai -matoiksi, tai puristaa erilaisiin muotoihin. Lasivillan tunnistaa keltaisesta väristä joka muodostuu siinä käytettävän sideaineen, bakeliitti liima, vaikutuksesta. Toinen huomattava piirre on kutina. Jokainen lasivillaa käsitellyt muistaa kuinka villasta lähtenyt pöly kutisutti pitkän aikaa käsiä ja limakalvoja. Lasivilla luokitellaan palamattomaksi eristeeksi, mutta tulipalossa se sulaa. Suomessa lasivillaa valmistaa mm. Isover Oy. Tehtaat löytyvät Hyvinkäältä ja Forssasta. (Isover-esite, 2010)

Lämpötekniset	- C4 RakMK mukaan mineraalivillan lämmönjohtavuus 0,055 W/m ² K, vaihtelee valmistajien mukaan.
Kosteustekniset	- Lämpäisee vesihöyryä, ei kestä kosteutta
Palotekniset	- Palamaton rakennustarvike. Paloluokka A1. Lasivilla sulaa, kivivilla ei sula tulipalossa.
Biologiset	- Reagoi kosteuden kanssa. Pöly voi ärsyttää limakalvoja ja ihoa. Hajuton.

Kuvio 4: Mineraalivillan ominaisuudet

(PAROC; rakennuseristeiden tuotetiedot 2010, ISOVER; tuotetiedot 2010)

5.4. Käytäntö

Suunnitelmien mukaan kohteeseen on tulossa mineraalivilla eristys. Mineraalivillan heikkoja puolia on sen paksuus. Huokoinen rakenne eristeessä paksuntaa seinärakennetta, ja nykyisillä rakennusmääräyksillä seinistä tulee paksuja. Rakennuspiirustusten mukaan ulkoseinässä pelkkää mineraalivilla eristettä on jo 250 mm.

Tarvittavaa seinäeriste paksuutta voidaan vähentää käyttämällä parempia mineraalivilla eristeitä. Esimerkiksi Paroc Oy on lanseerannut markkinoille paremmalla kuidutustekniikalla valmistetun Paroc eXtra Plus- eristeen. Sillä on samat ominaisuudet kuin tavallisella eristeellä, mutta lämmönjohtavuus on saatu alennettua 0,034 W/m²K. (PAROC, 2010)

Kyseisellä eristeellä vuorattu seinä olisi keveämpi kuin suunnitelmien mukainen. Koska mineraalivillaeriste on huokoinen ja läpäisee vesihöyryä, se vaatii höyrynsulkumuovin ja tuulensuojalevyn.

5.5. Laskut

Eristeen paksuuden määrittäminen kun ulkoseinän $U=0,17\text{w/ m}^2\text{k}$

$$R_T = \frac{1}{0,17 \text{ [(m}^2 \cdot \text{K)/W}]} = 5,88 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Muiden rakenneosien lämmönvastus

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{si} + R_{se} + R_g + R_q + R_n \\ &= R_0 = 0,13 + \frac{0,013}{0,21} + 0,04 + \frac{0,012}{0,055} + \frac{0,023}{0,17} + \frac{0,023}{0,12} + 0,04 \\ &= 0,82 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

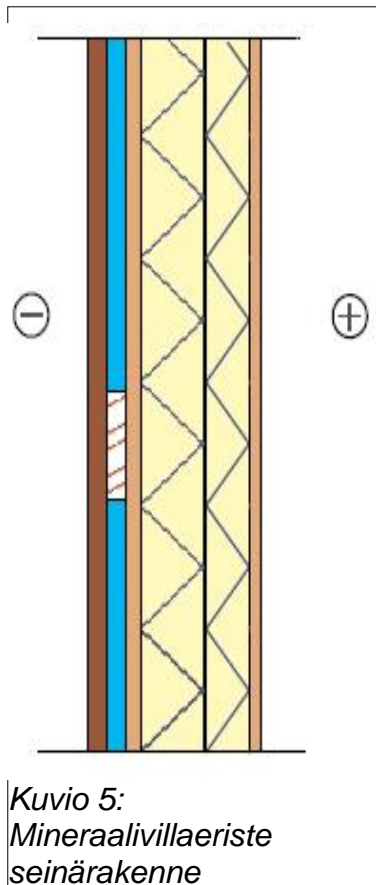
Eristeen osuus lämmönvastuksesta

$$\begin{aligned} R &= R_T - R_0 \\ &= R = 5,88 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} - 0,82 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \\ &= 5,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

Eristeen paksuus (mineraalivillalevy)

$$\begin{aligned} d &= R \cdot \lambda \\ &= d = 5,06 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \cdot 0,034 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

(C4 RakMK, PAROC; rakennuseristeiden tuotetiedot 2010)



Ulkoseinä

Rakenne sisältä ulospäin:

- Pintamateriaali ja – käsittely
- Kipsilevy 13mm
- Paroc eXtra Plus 50mm
- Höyrynsulkumuovi + teippaus
- Paroc eXtra Plus 150 mm
- Tuulensuojakuitulevy 12mm
- Tuulensuojarako 23mm
- Vaakapuuverhous

5.6. Kustannusarvio

Taulukko 1: Mineraalivillan kustannusarvio

Materiaali	Hinta Alv 0% [€/m ²]	Lähde
Paroc eXtra Plus 50	4,20 €	Paroc rakennuseristehinnasto
Paroc eXtra Plus 150	9,80 €	Paroc rakennuseristehinnasto
Paroc höyrysulku XMV	2,30 €	Paroc rakennuseristehinnasto
Gyproc GTS tuulensuojalevy	2,29 €	Gyproc hinnasto
Gyproc Kipsilevy N 13	2,29 €	Gyproc hinnasto
Yhteensä	20,88 €	

5.7. Päätelmät

Mineraalivillat ovat käytetyimpiä eristemateriaaleja rakennuksissa. Raaka-ainetta on paljon, valmistus on yksinkertaista, asentaminen on helppoa ja rakentaessa mineraalivillat ovat halpoja. Nykyajan rakentajalle mineraalivilla on turvallinen ja melko riskitön vaihtoehto eristykseen.

Silti ongelmitta tämäkään tuote ei selviä. Rakennusten homeongelmat yhdistetään useasti eristeisiin ja eteenkin mineraalivilloihin. Huokoinen, vesihöyryä läpäisevä materiaali on oiva kasvualusta homesienille. Mineraalivillojen, eteenkin lasivillan, pölyä pidetään haitallisena ihmiselle, jos ei suojaudu kunnolla. Myös väittelyä on käyty mineraalivillojen lisäainesta ja niiden yhteydestä syöpään, mutta mitään konkreettisia tuloksia ei ole ikinä saatu.

Punnitseepa eettisiä tai terveydellisiä syitä, pääasiallinen motiivi eristeen valintaan on kuitenkin raha. Miltei jokainen rakentaja haluaa säädökset täyttävän rakennuksen mahdollisimman halvalla, ja tällä hetkellä mineraalivilla on halvin tapa toteuttaa se.

6. DYNAAMINEN LÄMMÖNERISTYS

6.1. Taustaa

Dynaamista lämmöneristämistä on tutkittu aiemmin 1970- ja 1980- luvuilla useissa eri tutkimuksissa ympäri maailmaa. Aiemmin on rakennettu mm. koerakennuksia Norjaan ja Japaniin. Ruotsalaisilla on ollut jopa myyntituotteena dynaamisella lämmöneristystekniikalla toteutettu talo. Tämän suosio ja kaupallinen menekki oli kuitenkin melko vaatimaton.

Dynaamisella lämmöneristyksellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan eristystapaa, jossa ainakin osa rakennuksen korvaus- tai poistoilmasta kuljetetaan lämmöneristeen läpi. Ilma liikkuu eristeessä, jolla on sopiva ilmanläpäisevyys tai eristeeseen tehdään sitä varten erityiset kanavat. Dynaamisessa lämmöneristyksessä käännetään pääläelleen perinteisesti noudatettu periaate, jossa ilma tulee pysyä liikkumattomana eristeessä, jotta koko rakenteen lämmönläpäisyluku olisi mahdollisimman pieni. Dynaamisen lämmöneristuksen periaatteena on, että ilmanvaihdon lämpöhäviöt pienevät suhteessa enemmän kuin vaipan johtumishäviöt kasvavat. Edellytyksenä dynaamiseen eristykseen toiminnalle ovat optimoidut rakenneratkaisut ja hyvät työsuoritteet. (Absetz, 2001, 6.)

Dynaamisella lämmöneristyksellä toteutettua eristystapaa on käytetty maatalous ja teollisuushallien kattorakenteissa. Eristystapa ei kuitenkaan päässyt suureen suosioon johtuen mm. mitoitusta osaavan työvoiman puutteesta ja dynamiikan tuomasta vaikeusasteesta parametrien hallinnassa. (Absetz, 2001, 6.)

6.2. Tutkimukset

Dynaamisen lämmöneristyksen toimivuudesta Suomen olosuhteissa on hyvin vähän tietoa. Kirjallista tietoa löytyi ainoastaan yhdestä tutkimuksesta, jossa tutkittiin dynaamista lämmöneristämistä. Rovaniemellä vuonna 2001 tehty Dynaamisen lämmöneristäminen puutalossa – kenttätutkimus antaa tietoa ja tutkimustuloksia kyseisen tekniikan toimivuudesta. Tutkimuksessa rakennuksen yläpohjanrakenne valmistettiin tiiviiksi ja ulkoilmaa puhallettiin koneellisesti rakenteisiin. Tarkoituksena on että yläpohjaan luodaan ylipaine, tämän takia tekniikkaa kutsutaan ylipainekammiksi. Ylipaine pakottaa kylmää ilmaa yläpohjan alapuoliseen lämmöneristyskerrokseen. Alhaalta tuleva lämmin ilma ja ylhäältä tuleva kylmä ilma kohtaavat eristekerroksessa ja tapahtuu lämmönvaihtoa konventiolla. Eli osa lämpimästä ilmasta siirtyy takaisin lämmitettävään tilaan ja tällä periaatteella säästettäisiin lämmitysenergiaa.(Absetz, 2001, 6-30.)

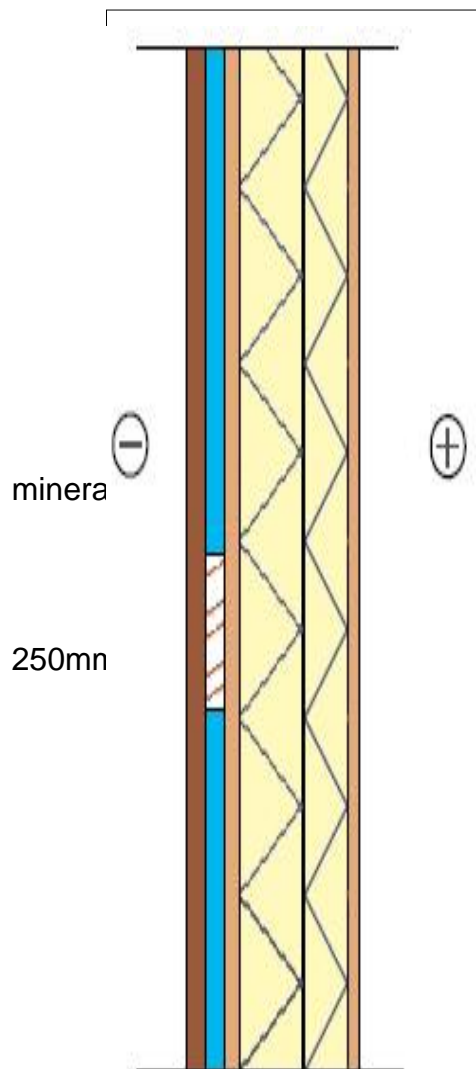
6.3. Käytäntö

Kohteeseen olisi mahdollista käyttää dynaamista lämmöneristystä tietyillä muutoksilla. Hyvää rakennuksessa on se että se on harjakattoinen ja siellä on kylmä ullakkotila. Haasteena on yläpohjan rakenteiden muuttaminen niin että saadaan luotua ylipainekammio. Ullakkotilasta pitää tehdä niin ilmatiivis että ulkoilma ei pääse muualle kuin alapuoliseen lämmöneristyskerrokseen.

Tarvittavan ylipaineen yläpohjan rakenteisiin saamiseksi tarvitaan ilmanvaihtokoneistot. Vertailukohteenä käytetään Rovaniemen ammattikorkeakoulun vuonna 2001 tekemää kenttätutkimusta ja siinä käytettyjen rakennusten rakennetekniikka. Kohteessa käytettiin kahta kanavapuhallinta. Tuloilmapuhaltimella puhalletaan korvausilma ylipainetilaan. Poistoilmapuhaltimella imetään ilma tilan sisätilasta. Kanavapuhaltimet sijoitettiin rakennuksen ulkopuolelle lämpöeristettyyn laitekoteloon. Käytetty kanavakoko oli 125mm. Molemmat puhaltimet tulee

olla varustettu iirissäätimin ja portaattomalla puhallusnopeuden säätimellä. Alustavasti ilmanvaihto toimisi näillä osilla. (Kts. liite 7)

Dynaamisessa lämmöneristyksessä pääasiallinen lämmönvaihtuminen pyritään toteuttamaan yläpohjan kautta, mutta myös ulkoseinillä on tärkeä osuus lämmön sisällä pitämisen kannalta. Rakennusmääräys kokoelma vuodelta 2010 asettaa ulkoseinien lämmönvastukseksi $U=0,17w/ m^2k$. Ulkoseinän lämmöneristys toteutetaan mineraalivillaa käyttämällä.



Ulkoseinä

Rakenne sisältä ulospäin:

- Pintamateriaali ja – käsittely
- Kipsilevy 13mm
- Vaakakoolaus +
- Höyrinsulkumuovi + teippaus
- Pystyrunko + mineraalivilla
- Tuulensuojakuitulevy 12mm
- Tuulensuojarako 23mm
- Vaakapuuverhous

Kuvio 6: Dynaamisen eristämisen seinärakenne

6.4. Laskut

Eristeen paksuuden määrittäminen kun ulkoseinän $U=0,17\text{w/ m}^2\text{k}$

$$R_T = \frac{1}{0,17 [(m^2 \cdot K)/W]} = 5,88 (m^2 \cdot K)/W$$

Muiden rakenneosien lämmönvastus

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{si} + R_{se} + R_g + R_q + R_n \\ &= R_0 = 0,13 + \frac{0,013}{0,21} + 0,04 + \frac{0,012}{0,055} + \frac{0,023}{0,17} + \frac{0,023}{0,12} + 0,04 \\ &= 0,82 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Eristeen osuus lämmönvastuksesta

$$\begin{aligned} R &= R_T - R_0 \\ &= R = 5,88 \frac{m^2 \cdot K}{W} - 0,82 \frac{m^2 \cdot K}{W} \\ &= 5,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

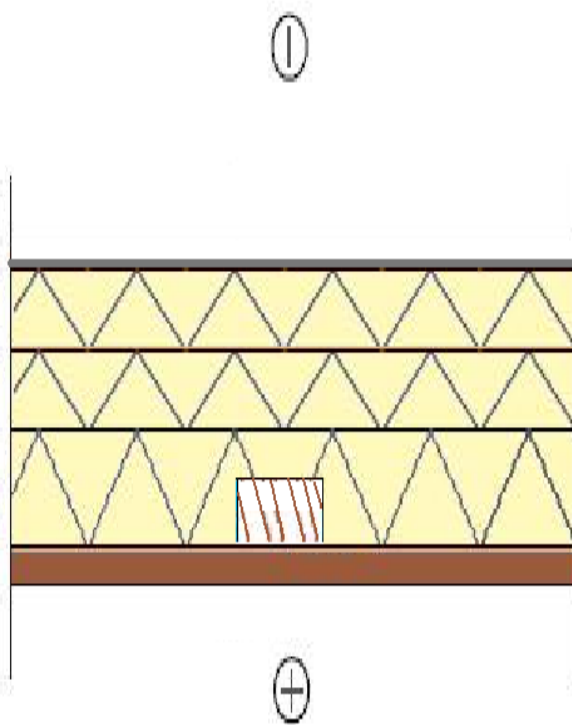
Eristeen paksuus (mineraalivillalevy)

$$\begin{aligned} d &= R * \lambda \\ &= d = 5,06 \frac{m^2 \cdot K}{W} * 0,055 \frac{W}{m^2 \cdot K} \\ &= 0,28 \text{ m} \end{aligned}$$

(C4 RakMK, 2010)

6.5. Yläpohjan rakenne

Suunnitelman mukaisessa yläpohjassa on yläpohjan lämpöhäviöitä pienennetty paksulla 500mm puhallusvilla kerroksella ja 100mm paksuisella mineraalivilla kerroksella. Tämän lisäksi rakenteessa on höyrynsulkumuovi. Vertailukohteen tutkimuksessa käytettiin seuraavanlaista yläpohjaratkaisua.



Yläpohja

Rakenne sisältä ulospäin:

- Kipsilevy 13mm
- Ristikoolaus 32x100
- Lämmöneriste villa 150mm
- Aluskate tiiviinä rakenteena
- Kattokannattajat
- Laudoitus 22x100
- Aluskate
- Peltikate

Kuvio 7: Dynaamisen eristämisen yläpohjarakenne

6.6. Laskut

Eristeen paksuuden määrittäminen kun yläpohjan $U=0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$R_T = \frac{1}{U} = \frac{1}{0,09} = 11,11 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Muiden rakenneosien lämmönvastus

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{si} + R_{se} + R_g + R_q + R_n \\ &= R_0 = 0,10 + \frac{0,013}{0,21} + 0,3 + 0,02 + 0,3 + 0,02 + 0,04 \\ &= 0,84 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

Eristeen osuus lämmönvastuksesta

$$\begin{aligned} R &= R_T - R_0 \\ &= R = 11,11 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} - 0,84 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \\ &= 10,27 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

Eristeen paksuus (mineraalivillalevy)

$$\begin{aligned} d &= R \cdot \lambda \\ &= d = 10,27 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \cdot 0,055 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \\ &= 0,56 \text{ m} \end{aligned}$$

(C4 RakMK, 2010)

6.7. Päätelmät

Laskuista huomaamme että säädöksen mukainen yläpohjarakenne vaatisi 560 mm mineraalivilla eristettä. Dynaaminen lämmöneristys ei vaatisi näin paksua lämpöeristekerrosta sillä periaatteena on, että ilma pääsee liikkumaan eristekerroksissa. Liian paksu eristekerros heikentäisi konvektion tehoa. Myös höyrynsulkumuovi tulee jättää pois, ettei se estä ilman liikkumista ja näin ollen lämmönvaihtumista. Rakennusmääräykset kuitenkin vaativat, että yläpohjan lämmönvastuskerroin, eli U-arvo on $0,09 \text{ w/m}^2\text{k}$. Rovaniemen ammattikorkeakoulun tekemän kenttätutkimuksessa käytetty yläpohjan rakenne ei täytä 2010 vuoden rakennusmääräyksiä lämmöneristysten osalta. Ratkaisuna voidaan ajatella eristekerroksen lisäämistä 560 mm:iin. Tämä vaatisi lisätutkimuksia ja käytännön testauksia siitä, että toimiiko dynaaminen lämmöneristäminen näin paksulla eristekerroksella.

Dynaaminen lämmöneristys on oiva esimerkki siitä, miten pyritään keksimään muitakin keinoja lämmöneristämiseen kuin eristekerroksen paksuuden lisääminen. Tekniikassa on silti paljon vielä paljon kehitettävää ja se vaatisi lisää tutkimuksia toimivuuden takaamiseksi.

7. POLYURETAANIERISTEET

7.1. Taustaa

Polyuretaanin tunnetaan laajalti tehokkaana lämmöneristeinä teollisuudessa. Jääkaapit, pakastimet, kylmähuoneet ja teollisuuden vaativat putkieristeet ovat olleet polyuretaanin käyttökohteita jo liki 40 vuoden ajan. Kiristyvät eristysvaatimukset ovat ajaneet polyuretaania myös asuinrakentamiseen, ensisijaisesti sen hyvän lämmöneristyksen takia (SPU, 2010.)

Lämmöneristyksessä käytettävät eristemuovit ovat ns. solumuoveja. Niiden lämmöneristävyys perustuu siihen, että muoveja vaahdottamalla saadaan aikaan suljettu solurakenne, joka sisältää jopa 95 % ilmaa tai täytekaasua. Solurakenne estää samalla tuulesta johtuvan ilman kierron sekä kosteuden pääsyn eristeeseen. Tämä solujen sisältämä, paikallaan pysyvä kaasu toimii tehokkaana lämmöneristysaineena. Siihen eivät myöskään vaikuta ilmavirrat niin herkästi kuin selluvilla-, puukuituvilla- ja mineraalivillaeristeisiin. (Kyyrönen, 2000, 84.)

Polyuretaanin pääraaka-aineet ovat polyoli, isosyanaatti ja punneaine. Eristelevyissä ja elementeissä punneaineena käytetään ympäristölle haitatonta hiilivetyä, pentaania.(www.polyuretaani.com, 2010.)

Polyuretaanieristeiden alhaisen lämmönjohtavuuden ja korkean vesihöyryn vastuksen ansiosta erillistä ilman- tai höyrynsulkukerrosta ei tarvita. Asennuksessa liitoskohtien tiiveys varmistetaan saumavaahdolla, mikä varmistaa polyuretaanirakenteiden erittäin korkean ilmanpitävyyden. Korkea ilmanpitävyys eli rakennuksen tiiveys merkitsee vastaavasti alhaisempaa lämmöntarvetta. Polyuretaanilla on myös kosteutta hylkivä ominaisuus, joka antaa anteeksi rakennusvaiheessa eristeiden väliin päässeeseen kosteuden.(SPU, 2010.)

Lämpötekniiset	- Polyuretaanilämmöneristelevyillä lämmönjohtavuus λ on normaalisti 0,027 W/mK.
Kosteustekniiset	- Kestää hyvin kosteutta. Vesihöyryn läpäisevyys polyuretaanilla on $0,1...1,2 \times 10^{-12}$ kg/m ² sPa.
Palotekniiset	- Palava rakennustarvike, joka ei sula palon yhteydessä ja josta ei tipu paloa levittäviä pisaroita. Syttymislämpötila on noin +300°C ja ilman liekkiä yli +400°C.
Biologiset	- Ei mätäne, homehdu eikä pilaannu. Hajuton ja fysiologisesti haitaton. Kemiallisesti neutraalia.

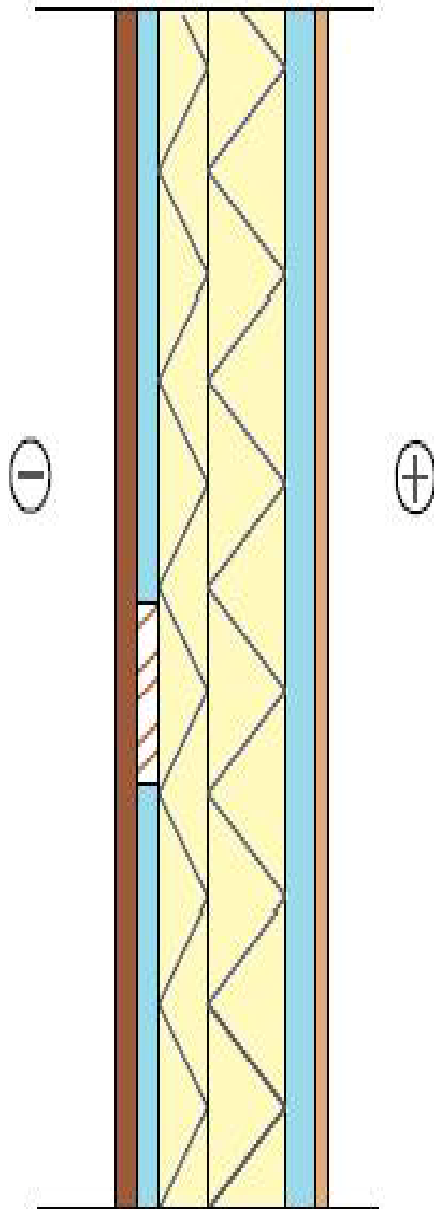
Kuvio 8: Polyuretaanini tekniset ominaisuudet

(www.polyuretaani.com, Tekniset ominaisuudet 2010)

7.2. Käytäntö

Suomessa on useampia polyuretaanieristeiden valmistajaa ja työhön valittiin SPU- lämpöeristeet. Eristeet valmistaa suomalainen SPU Systems Oy toimipaikkanaan Kankaanpää. Eristeitä löytyy niin ulkoseiniin, kellariin, yläpohjaan kuin alapohjaankin.

Polyuretaanieristeen asentaminen ei vaatisi rakenteellisia muutoksia kohteeseen ja se keventäisi rakennetta huomattavasti. Polyuretaani ei myöskään tarvitse ilma- tai höyrynsulkukerroksia, joten seinärakenne on ohuempi. Huomiota täytyy kiinnittää levyjen tiivistykseen. Saumat on tiivistettävä erityisen tarkasti, sillä kovapintainen polyuretaani ei anna ns. korjausvaraa, kuten esimerkiksi eristysvillat. Toinen huomioitava asia on, että sisäpuolelle täytyy jättää asennustila sähköjohdoille. Tämä hoituu esimerkiksi 22mm vaakakoolaus laudoituksella, jolloin sisäpintalevy asennetaan koolaukseen kiinni (kts. kuvio 9).



Kuvio 9: Polyuretaani eristeen seinärakenne

Rakenne sisältä ulospäin

- Pintamateriaali ja – käsittely
- Kipsilevy 13mm
- Vaakakoolaus 22mm
- Pystyrunko+ SPU AL 80 saumat vaahdottaen
- Pystykoolaus + SPU AL 50 saumat vaahdottaen
- Tuulensuojarako 23mm
- Pystypuuverhous

7.3. Laskut

Koko seinärakenteen lämmönvastus

$$\begin{aligned}
 R &= R_{si} + R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} + R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_n = \frac{d_n}{\lambda_n} + R_g + R_q + R_{se} \\
 &= R = 0,13 + \frac{0,013}{0,21} + \frac{0,022}{0,17} + \frac{0,08}{0,023} + \frac{0,05}{0,023} + \frac{0,022}{0,17} + \frac{0,022}{0,12} + 0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W} \\
 &= 6,14 \frac{m^2 \cdot K}{W} \\
 &\rightarrow U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6,14 \frac{m^2 \cdot K}{W}} = 0,163 \frac{W}{m^2 \cdot K}
 \end{aligned}$$

(C4 RakMK, 2010 /polyuretaani eristeen arvo SPU systems Oy)

Taulukko 2: Polyuretaanin kustannusarvio

Materiaali	Hinta Alv 0% [€/m ²]	Lähde
SPU AL 80	29,48 €	Taloon.com hinnasto
SPU AL 50	20,31 €	Taloon.com hinnasto
Gyproc 13Kipsilevy N	2,29 €	Gyproc hinnasto
Yhteensä	=52,08 €	

(<http://kauppa.taloon.com/PublishedService?pageID=3&action=view&groupID=4093&OpenGroups=4093>)

7.4. Päätelmät

Polyuretaanieristeiden käytöstä on niin monta mielipidettä kuin on rakentajaakin. Osalle se nostaa karvat pystyyn ja kuvitelma muovisista seinäeristeistä on täysin poissuljettu. Osalle polyuretaani on varmatoiminen ja kulutusta kestävä eriste. Yhteistä on että polyuretaani kuitenkin mielletään ensisijaisesti alapohjan eristeeksi. Mielipiteitä jakaa myös kysymys siitä, voiko polyuretaanieriste toimia samalla höyrysulkuna ja tuulensuojalevynä.

Epätietoisuus johtuu tutkimusten ja näytön puutteesta. Vaikka polyuretaani on ollut markkinoilla jo vuosikymmeniä, ovat tutkimukset ja kokeet sen käytöstä seinäeristeinä vähäiset. Hintansa puolesta eristeet ovat vielä epäsuotavia, mutta silti varteenotettava eriste se on. Tuotekehittelyllä, tutkimuksilla ja uusilla innovaatioilla, on hyvinkin mahdollista että polyuretaanieristeiden suosio seinäeristeinä kasvaa.

8. NANOERISTEET

8.1. Teoriaa

Nanoteknologia on tullut tutuksi tulevaisuuteen sijoittuvista sci-fi jännäreistä, mutta todellisuudessa se on jo nykypäivää. Nanoteknologia on tekniikkaa, jolla valmistetaan nanometrin mittakaavassa rakenteita. Yksi nanometri on vain miljoonasosa millimetristä. Atomin koko on noin 0,1 nm (nanometriä). (www.nanotech-now.com, 6/2009)

Tekniikka saattaa kuulostaa laboratorio tieteeltä, mutta käytännön esimerkkejä näemme päivittäisessä elämässä. Esimerkiksi uudempien autojen katalysaattoreiden toiminta perustuu jalometalli (Platina, Palladium tai Rodium)-nanohiukkasiin, joilla on voimakas katalyyttinen aktiivisuus. Elektroniikassa hyödynnetään molekyyllitason teknologiaa laajasti. Elektroniikassa, esimerkiksi tietokoneiden kiintolevyjen lukupäissä ja tietokonesiruissa, on nykyään useita osia joiden toiminta perustuu nanoteknologiaan. Eristyksessä nanoteknologian käyttöä haittaavat käytännön sovellusten puuttuminen ja kallis hinta (www.nanotech-now.com, 6/2009)

Nano-eristeen perusta on säikeisestä piidioksidista koostuva silikaattivaaho, joka koostuu 95%-99,8%:sti ilmasta. Kauppanimeltään tätä kutsutaan Aerogeeliksi. Aerogeeliä pidetään jo sen korkean huokoisuuden, matalan lämmönjohtavuuden ja pienen kiinteän aineen tiheyden ansiosta maailman kevyimpänä aineena, sekä parhaana saatavilla olevana lämmöneristeenä. Tällä hetkellä käyttöä haittaavat kuitenkin käytännön sovellusten ja tekniikan puuttuminen, sekä suhteellisen korkea hinta. Tulevaisuudessa valmistuskustannuksien tippuessa, nanoeristeistä voi tulla eristämisen uusi sukupolvi. (Koponen, 2/2008, s.51-56.)

Aerogeeli valmistetaan sooli-geeli-tekniikalla vaahdottamalla sulaa lasimassaa paineilman ja katalyyttisen seosnesteen avulla. Tällöin muodostuu geeliä, jossa on äärimmäisen pieniä ja ohutseinäisiä nestetäytteisiä huokosia. Neste korvataan kaasulla, jonka jälkeen jäljelle jää säikeinen silikaattirakenne. (Heimonen,1999.18 .) Menetelmä kehitettiin kokeellisena Yhdysvalloissa Stanfordin yliopistossa jo 1930-luvulla (Varteva , 2000).

Tavallisesti Aerogeelit ovat herkkiä kosteudelle ja vaurioituvat joutuessaan kosketuksiin nestemäisen veden kanssa. Kiinteänä aineena ne eivät kestä suuria vetolujuuksia, niinpä kiinteässä muodossa niiden käyttömahdollisuudet ovat hyvin rajalliset. (Heimonen, 1999, 18.)

Rakennusteollisuuden tarpeisiin yhdysvaltalainen yritys Aspen Aerogels on kehittänyt ja kaupallistanut hydrofobisen aerogeelieristeen. Kauppanimeltään Spaceloft, pohjoismaissa Spaceline, on valmistettu yhdistämällä piigeeliä ja polyethyleeniä (<http://www.aerogel.fi/spaceloftmsds.pdf>). Aerogeelistä on saatu huopamaisen joustavaa ja kulutuskestävää, jota voidaan käyttää erittäin ohuena, vettähylkivänä ja samalla hengittävänä eristeenä. Sen lämmönläpäisykerroin valmistajan mukaan on 0,014 W/m²K. (Koponen, 2008, 51-56.)

Lämpötekniiset	- Aerogel Spaceline eristeellä lämmönjohtavuus λ on 0,014 W/mK.
Kosteustekniiset	- Hylkivät vettä ts. ovat hydrofobisia. Nestemäinen vesi valuu aergeelipohjaisen materiaalin päältä
Palotekniiset	- Hyvin lämpötiloja kestäviä ja valikoimista löytyy tuotteita aina 650C käyttölämpötiloihin.
Biologiset	- Ei mätäne, homehdu, tai pilaannu. Hajuton ja fysiologisesti haitaton. Kemiallisesti neutraalia.

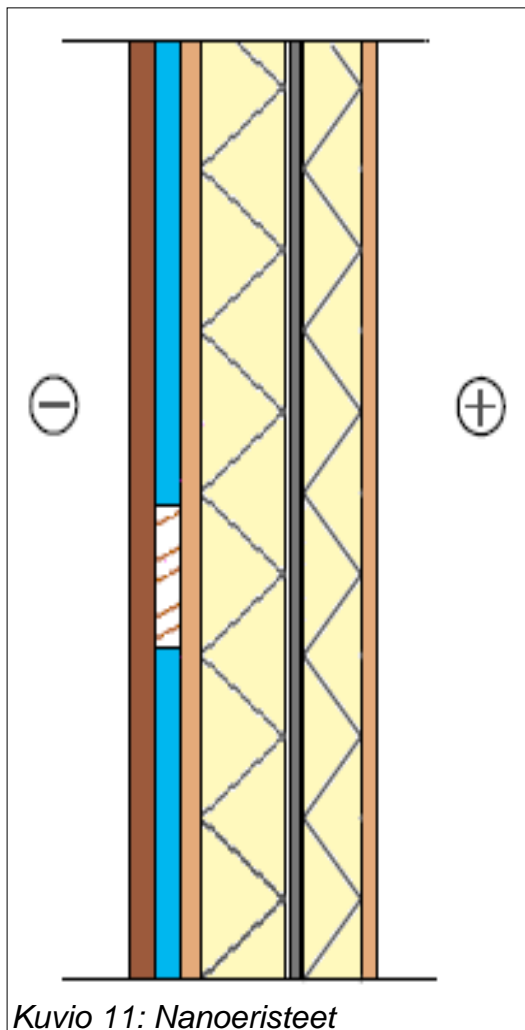
Kuvio 10: Nanoeristeen tekniset ominaisuudet

(<http://www.aerogel.fi/spaceloftmsds.pdf>,

Lämmönjohtavuus: <http://www.thermisol.fi/?op=body&id=348>)

8.2. Käyttö kohteessa

Kohteessa rakennuksen seinien täyttäminen nanoeristeellä tulisi todella kalliiksi. Siksi onkin järkevämpää pohtia vaihtoehtoa, jossa nanoeriste yhdistettäisiin perinteisiin eristeisiin ja näin saataisiin kevennettyä seinämateriaaleja. Hydrofobisuutensa ansiosta Spaceline-eristeellä voitaisiin korvata höyrynsulkumuovi ja tehdä rakenteesta hengittävä. Rakenne voitaisiin toteuttaa esimerkiksi mineraalivillan kanssa, jossa villojen keskelle tulisi Spacelinen 10 mm eriste. Se toimisi samalla höyrynsulkuna villojen keskellä. Tämä järjestely vähentäisi mineraalivillan tarvetta ja näin ollen myös ohentaisi seinärakennetta.



Kuvio 11: Nanoeristeet

Ulkoseinä

Rakenne sisältä ulospäin:

- Pintamateriaali ja – käsittely
- Kipsilevy 13mm
- Vaakakoolaus+mineraalivilla 100mm
- Spaceline-eriste 10 mm
- Spaceline-eriste 10 mm
- Pystyrunko+mineraalivilla 100mm
- Tuulensuojakuitulevy 12mm
- Tuulensuojarako 23mm
- Vaakapuuverhous

8.3. Laskut

Eristeen paksuuden määrittäminen kun ulkoseinän $U=0,17\text{w/ m}^2\text{k}$

$$R_T = \frac{1}{0,09 [(m^2 \cdot K)/W]} = 11,11 (m^2 \cdot K)/W$$

Muiden rakenneosien lämmönvastus

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{si} + R_{se} + R_g + R_q + R_n \\ &= R_0 = 0,13 + \frac{0,013}{0,21} + \frac{0,010}{0,014} + \frac{0,010}{0,014} + \frac{0,012}{0,055} + \frac{0,023}{0,17} + \frac{0,023}{0,12} + 0,04 \\ &= 2,24 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Eristeen osuus lämmönvastuksesta

$$\begin{aligned} R &= R_T - R_0 \\ &= R = 5,88 \frac{m^2 \cdot K}{W} - 2,24 \frac{m^2 \cdot K}{W} \\ &= 3,64 \frac{m^2 \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Eristeen paksuus (mineraalivillalevy)

$$\begin{aligned} d &= R * \lambda \\ &= d = 3,64 \frac{m^2 \cdot K}{W} * 0,055 \frac{W}{m^2 \cdot K} \\ &= 0,20 m \end{aligned}$$

(C4 RakMK, 2010 /Spaceline-eriste:
<http://www.thermisol.fi/?op=body&id=348>)

Kustannusarviossa on laskettu paljonko seinän eristys tulisi maksamaan neliömetrille suunnitellulla rakenteella.

Kustannusarviosta on jätetty pois sisä- ja ulkopintamateriaalit.

Taulukko 3: Nanoeristeen kustannusarvio

Materiaali	Hinta Alv 0% [€/m²]	Lähde
Paroc eXtra 50	4,20 €	Paroc rakennuseristehinnasto
Paroc eXtra 50	4,20 €	Paroc rakennuseristehinnasto
Aspen spaceline 10	30,00 €	Thermisol hinnasto
Aspen spaceline 10	30,00 €	Thermisol hinnasto
Gyproc GTS tuulensuojalevy	2,29 €	Gyproc hinnasto
Gyproc Kipsilevy N 13	2,29 €	Gyproc hinnasto
Yhteensä	72,98 €	

8.4. Päätelmät

Nanoeristeet ovat vielä tuntematon käsite valtaosalle ihmisistä. Jo pelkkä nano-etuliite saa suurimman osan rakentajistakin kääntämään huomionsa muualle, ja syystä. Nanoteknologiaa pidetään uutena asiana, vaikka tekniikka on ollut tiedossa jo vuosikymmeniä. Tällä hetkellä nanoeristeiden käyttöön tarvitaan hyvä syy ja oikea tarve, mutta niin kuin muillakin teollisuudesta ammennetuilla tekniikoilla, kestää aikaa ennen kuin saadaan toimivia ratkaisuja. Tässä tapauksessa tekniikka on olemassa, mutta laajempaa käyttöä jarruttaa skeptisyys ja hinta. Nanoeristeiden käytöstä rakennuksissa on hyvin vähän kokemuksia ja laadukasta tietoa on hyvin vaikea löytää. Kuten konservatiiviseen ihmisluontoon kuuluu, kaikki uusi on vähintäänkin epäilyttävää ja miksi muuttaa jo toimivaa ratkaisua. Nanoeristeet edustavat tulevaisuutta, kehitystä ja uusia innovaatioita, ja ehkä jonakin päivänä ne ovat varteen otettavia lämpöeristeitä rakennuksissa.

9. POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tutkia seinärakentamista. Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että mineraalivillan käyttö seinärakenteessa on tämän päivän hinnoilla edullisinta ja samalla käyttö turvallista. Muut eristystavat ovat kalliita ja niiden kehitys on vielä lastenkengissä, mutta potentiaalia niissä on. Työssä käytiin läpi seinärakentamisen teoriaa ja samalla annettiin yleiskuva sen historiasta ja kehityksestä. Pääpainoalueena työssä oli kuitenkin pohtia uusia innovatiivisia ratkaisuja lämpöhäviöiden pienentämiseksi ulkoseinissä. Osa tutkimuksesta käsitteli vaihtoehtoisia seinäeristemateriaaleja ja osa tekniikkaa, jolla voidaan hyödyntää rakennuksessa jo olemassa olevaa lämpöä.

Uudet tekniikat vaatisivat paljon kehitystyötä ja tutkimuksia. Esimerkiksi dynaamisen eristämisen teoria on mullistava, mutta tehdyt tutkimukset ja käytännön testaukset ovat hyvin vähäisiä. Jatkotutkimukset olisivat oleellisia, eteenkin pitkäkestoiset käyttötutkimukset. Nanotekniikan osalta esteeksi muodostuu hinta. Järisyttävän kallista materiaalia ei mihin tahansa rohkene laittaa. Silti ominaisuuksiltaan se on maailman tehokkaimpia lämpöeristeitä. Polyuretaani on kallista lämmöneristettä, mutta tässäkin tapauksessa esteeksi muodostuu hinta ja rakentajien ennakkoluulot.

Jos työlle pitäisi antaa tutkittava ongelma, se olisi rakentamisen kaavoihin kangistuminen. Työtä tehdessäni kysyin usean rakentajan mielipiteitä ja kokemuksia rakentamisesta. Eri vastauksia oli yhtä monta kuin vastauksien antajaakin, mutta yksi yhteinen tekijä kuitenkin löytyi; uusi ja tuntematon on aina pahasta. Rakennetaan niin miten on aina rakennettu. Vanhassa vara parempi. Tutkimuksen kannalta oleellista ovat uudet suunnat ja innovaatiot, ei niinkään niiden toiminnallisuus. Lisätutkimuksien, testien ja tuotekehittelyn kautta lämpöeristämisen tulevaisuus voi olla jotain ihan muuta kuin metriset villaeriste seinät.

10. LÄHTEET

Kirjalliset:

- ▲ Absetz Ilmari, Kauppinen Timo ym., 2001, Dynaaminen lämmöneristys puutalossa - kenttätutkimus, Tekes: Nro 70180/97, RAMK.
- Björkholtz Dick 2004, Lämpö ja kosteus, Rakennustieto Oy, Helsinki, s. 7-10, Gummerus Oy, Saarijärvi 2005
- Keppo Juhani 2003, Talonrakentajan käsikirja 1, Rakennustieto Oy Helsinki, s.97-100, Gummerus Oy, Saarijärvi 2002
- SIPARK Oy, Koulutus- ja hyvinvointikeskus Kittilä, asemakaava ARK 101

Luennot:

- ▲ Ryyränen Kai, 2009, Rakennusfysiikan luento, Rovaniemen ammattikorkeakoulu

Internet:

- Aukia Jussi-Pekka, Omakotilehti 3/2010, s.11
<http://verkkojulkaisu.viivamedia.fi/omakoti/2010/3/11>
- C3 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2007 & 2010, pvm 20.01.2011 (<http://www.finlex.fi/pdf/normit/1919-C3s.pdf>)
- Ekovilla Oy, Tiedotteet 2010, pvm 04.01.2011.
(<http://www.ekovilla.com/ekovillaoy.php>)
- Energiatehokaskoti, Motiva 2011, pvm 10.01.2011. (http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/lammoneristys)
- Fahlström Kenny 2009, Metropolia, Kevennetty kuntoarvio, s. 26, pvm. 01.12.2010
(https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2920/Kenny_Fahlstrom_%20inssityo_07052009.pdf?sequence=1),

- Gyproc tiedote, Rakennustuotteiden hinnasto 01/2006.
([http://www.partner.gyproc.fi/Gyproc/Filesfi.nsf/0/670509E91A3CF754C12570EC002F7BE6/\\$FILE/Gyproc%20Hinnasto%206%200.pdf](http://www.partner.gyproc.fi/Gyproc/Filesfi.nsf/0/670509E91A3CF754C12570EC002F7BE6/$FILE/Gyproc%20Hinnasto%206%200.pdf))
- Heimonen Ismo, Hemmilä Kari, Saarni Risto, Tulevaisuuden ikkunoiden kehityspäätteet ja valinta, VTT, Espoo 1999, s.18
(<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1939.pdf>)
- Isover tiedote,
 - a) Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy, 2010.
(<http://www.isover.fi/fi/Yritysesittely/Saint-Gobain/>)
 - b) Tuotetiedot, Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy, 2010.
(<http://www.isover.fi/Tuotesivu/?intProductCategoryID=52&intProductID=20595>)
- Koponen Hanna-Kaisa, Oske 2/2008. Nanoteknologian soveltaminen kemian- ja kemiaa hyödyntävässä teollisuudessa, s.51-56.
(http://www.ketek.fi/tiedostot/Nanoteknologian_soveltaminen_kemian-ja_kemiaa_hyodyntavassa_teollisuudessa.pdf)
- Kylä-Harakka-Ruonala Tellervo, Elinkeinoelämän keskusliitto, Lausunnot 2010, pvm 20.01.2011.
(http://www.ek.fi/www/fi/lausunnot/index.php?we_objectID=12342)
- Nanotech Now -internet julkaisu,
 - a) Nanotechnology basics, 7thWave Inc. 27.06.2009.
(<http://www.nanotech-now.com/basics.htm>)
 - b) Nanotechnology introduction, 7thWave Inc. 28.06.2009.
(<http://www.nanotech-now.com/introduction.htm>)
- Paroc tiedote,
 - a) Ympäristöajattelua koko elinkaaren mitalla, Paino MaraOy, 3/2000.
(http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/BIFI%20esitteet/Ymparistoajattelua_koko_elinkaaren_mitalta.PDF)
 - b) Rakennuseristeiden tuotetiedot 12/2010.
(http://www.paroc.com/spps/Finland/BI_attachments/PAROC_rakennuseristeiden_tuotetiedot_122010.pdf)

c) Rakennuseristeiden hinnasto
02/2011.(http://www.paroc.com/spps/Finland/BI_attachments/Paroc_Rakennuseristehinnasto_15022011.pdf)

- Polyuretaani.com, tekniset ominaisuudet, pvm 05.12.2010 .
(http://www.polyuretaani.com/fin/rakennuspolyuretaani/tekniset_ominaisuudet/)
- Sareskivi, Tommi 2010, Eko-expert Oy tiedotteet 2010, pvm 04.01.2011 (<http://www.eko-expert.com/palvelut/puhallusvillat/kivivilla-eli-vuorivilla>)
- SPU Systems Oy tiedote, 2010, pvm 05.01.2011
(http://www.spu.fi/eristeet_tuotteet)
- Varteva, Risto 2000, Tiede lehtijulkaisu 1/2000, Pvm 02.08.2005
(http://www.tiede.fi/artikkeli/128/aerogeeli_avaaruuteen_ja_arkipaivaan)

11. LIITTEET

Liiteluettelo

Liite 1: C3 Rakennusmääräys kokoelma.....	60
Liite 2: Rakennuksen pohjapiirros.....	62
Liite 3: Julkisivu.....	63
Liite 4: C-osan pohjapiirros.....	64
Liite 5: C-osan poikkileikkaus.....	65
Liite 6: Dynaamisen ilmanvaihdon rakennekuva.....	66

Liite 1: C3 Rakennusmääräys kokoelma

3.2 Rakennuksen vaipan osien lämmönläpäisykertoimien ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot

3.2.1

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti:

seinä	0,17 W/m ² K
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

3.2.2

Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti:

seinä	0,26 W/m ² K
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,60 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,24 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,4 W/m ² K

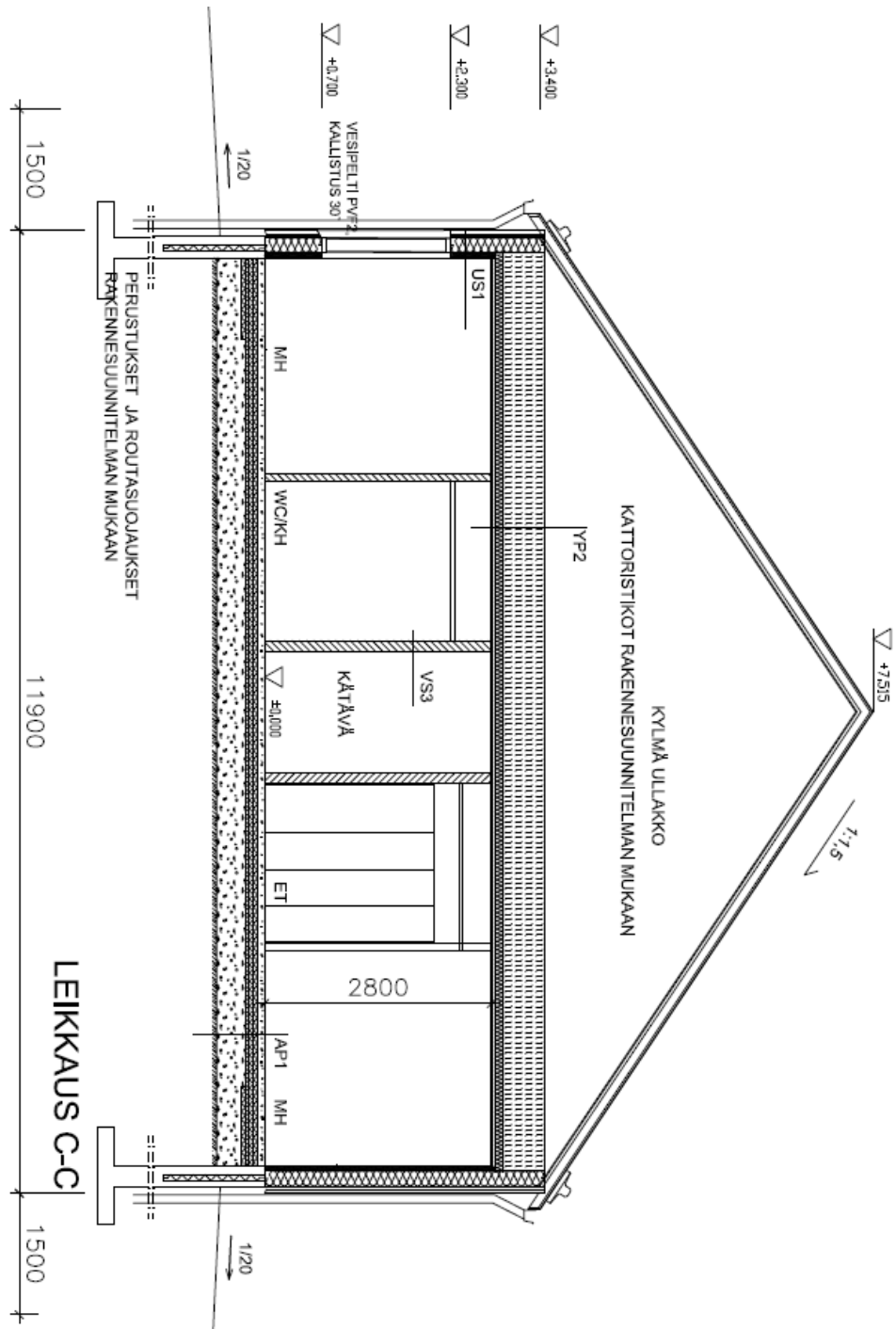
3.2.3

Rakennusosan pienen osan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin mitä kohdissa 3.2.1 ja 3.2.2 on esitetty, mikäli tämä on tarpeellista hujus- tai muista erityisistä syistä. Rakennusosan pienen osan poikkeaminen vaatimuksista (kylmäsilta) ei saa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä tai liian korkeaa suhteellista kosteutta rakenteen pinnassa tai rakenteessa rakennusta normaalisti käytettäessä.

Liite 4: C-osan pohjapiirros



Liite 5: C-osan poikkileikkaus



Liite 6: Dynaamisen ilmanvaihdon rakennekuva

