

Joona Räisänen

**RAKENTEIDEN JOHTUMISHÄVIÖIDEN VÄHENTÄMINEN
KANGASLAMMIN KOULULLA**

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala
Rakennustekniikka
Kevät 2013



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Rakennustekniikka
Tekijä(t) Joonas Räisänen	
Työn nimi Rakenteiden johtumishäviöiden vähentäminen Kangaslammin koululla	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tuotantotekniikka	Ohjaaja(t) Matti Tiainen Toimeksiantaja Iisalmen kaupungin tekninen keskus, tilapalvelu
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 45 + 13
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Iisalmen kaupungin teknisen keskuksen toimeksiantona. Tarkoituksena oli selvittää millaisia rakenneparannuksia olisi järkevä tehdä Kangaslammin kouluun perusparannusremontin yhteydessä. Asiaa tarkasteltiin pääosin energiatehokkuuden näkökulmasta.</p> <p>Rakennusten energiatehokkuuteen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Ekologisuus ja luonnonarvot ovat korostuneet niin uudis- kuin korjausrakentamisessa. Rakennusvaiheessa panostetut lisävarat maksavat itsensä takaisin tulevaisuudessa ylläpitosäästöjen muodossa.</p> <p>Opinnäytetyö on rajattu koskemaan vain rakenteita ja johtumislämpöhäviöitä. Työssä käydään läpi yleisiä ohjeita ja tapoja johtumislämpöhäviöiden laskentaan, lasketaan nykyisten rakenteiden läpi johtuvat lämpöenergiämäärät, ehdotetaan korjaustoimenpiteitä häviöiden pienentämiseksi, lasketaan syntyneet säästöt sekä rakennuskustannukset ja lopuksi pohditaan toimenpiteiden kannattavuutta.</p> <p>Aineistona työssä on käytetty kohteen piirustuksia, Suomen rakentamismääräyskokoelmia, rakennustietokortteja sekä muuta aiheeseen liittyvää materiaalia. Valtaosa työstä on itsenäisen pohdinnan tulosta.</p> <p>Työssä ilmeni, että tarkasteltuun kohteeseen johtumislämpöhäviöitä pienentäviä toimenpiteitä on järkevä suorittaa yläpohjiin sekä ulkoseiniin. Alapohjiin ei ole järkevää suorittaa minkäänlaisia energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä.</p> <p>Tätä insinöörityötä Iisalmen kaupunki voi hyödyntää Kangaslammin koulun perusparannusremonttia suunniteltaessa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Rakenteet, energiatehokkuus, lämmön johtuminen, perusparannus, takaisinmaksuaika
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of Engineering	Degree Programme Construction Engineering
Author(s) Joonas Räisänen	
Title Reducing Thermal Conduction Through Structures in Kangaslampi School	
Optional Professional Studies Production Technology	Instructor(s) Matti Tiainen
	Commissioned by The City of Iisalmi, Technical center, Facility Services
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 45 + 13
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by the City of Iisalmi, Technical Center, specifically the Facilities Services department. The purpose of the thesis was to study what kind of improvements would be reasonable to make in the structures of the Kangaslampi school during a major renovation project. The matter was considered mostly from the point of view of energy efficiency.</p> <p>The thesis is limited only to structures and thermal conduction. The thesis consists of the guidelines of calculating the quantity of thermal conduction, calculating the quantities of thermal conduction through the structures of Kangaslampi school, operations to reduce thermal conduction and the cost of the operations. Lastly, the generated savings are calculated and the overall viability of the improvements is assessed.</p> <p>The thesis was completed by using the blueprints of the school, Finnish building instructions and other related material. A major part of the thesis is the result of independent consideration.</p> <p>This work revealed that structural improvements that reduce thermal conduction are viable only in ceilings and walls, not base floors. The City of Iisalmi can use this thesis when planning the renovation of the Kangaslampi school.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Structures, energy efficiency, thermal conduction, improvement, repayment period
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Iisalmen kaupungin tilapalvelulle kevään 2013 aikana. Työn ohjaajana toimi tilapalvelun johtaja kaupunginarkkitehti Pirjo Pykäläinen. Häntä haluan kiittää yhteistyöstä. Kiitokset kuuluvat myös Matti Tiaiselle työni ohjauksesta.

Haluan kiittää myös muita Iisalmen kaupungin tilapalvelussa harjoitteluajanani työskennelleitä henkilöitä. Heiltä sain paljon arvokasta ja tarpeellista tietoa niin opinnäytetyöhöni kuin tulevaan uraani liittyen.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 ENERGIATEHOKKUUS	2
3 LÄMPÖENERGIAN JOHTUMINEN & JOHTUMISHÄVIÖIDEN LASKEMINEN	3
3.1 Lämmönläpäisykertoimen määrittäminen	4
3.2 Sisä- ja ulkopuolisen lämpötilaeron määrittäminen	4
3.3 Rakennusosan pinta-alan määrittäminen	8
3.4 Rakennusosien väliset liitokset	9
4 RAKENNUKSEN NYKYTILA	10
4.1 Perustiedot	10
4.2 Rakenteet	12
4.2.1 Vesikatot	12
4.2.2 Yläpohjat	12
4.2.3 Ulkoseinät	15
4.2.4 Kellarin ulkoseinät	16
4.2.5 Alapohjat	16
4.3 Yhteenveto rakenteista	16
4.4 Kiinteistön kulutustiedot	17
5 VAIPAN LÄPI JOHTUVAN LÄMPÖENERGIAN MÄÄRÄ	18
6 RAKENNETEKNISET PARANNUSTOIMENPITEET	20
6.1 Vesikatot	20
6.2 Yläpohjat	20
6.2.1 Vanha puoli	20
6.2.2 Uusi puoli	24
6.3 Ulkoseinät	28
6.4 Kellarin ulkoseinät	31
6.5 Alapohjat	33
6.6 Yhteenveto	33

7 KÄYTETYT LÄMMÖNERISTEET	34
7.1 Isover FS5+	34
7.2 Isover KL-32	35
7.3 Isover OL-P	35
7.4 Isover OL-TOP	36
7.5 Isover Puhallusvilla	36
7.6 Finnfoam CW-300	37
8 TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET	38
9 TOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUS	39
9.1 Säästö lämmitysenergian kustannuksissa	39
9.2 Käyttömukavuus	39
9.3 Kannattavuuden arviointi	40
10 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	44
LIITTEET	

SYMBOLILUETTELO

- Lämmön johtuminen = Lämpöenergian siirtymismuoto, jossa lämpö pyrkii tasoittumaan kahden erilämpöisen ilmatilan välissä olevassa aineessa. Luonnollinen virtaama tapahtuu lämpimästä kylmempään päin.
- Peruskorjaus = Peruskorjaus on hanke, jossa korjataan tai uusitaan rakennus tai sen osia vastaamaan rakennuksen alkuperäistä kuntoa. Tyypillisiä peruskorjaushankkeita ovat rakennuksen julkisivun kunnostaminen tai viemärijärjestelmän uusiminen.
- Perusparannus = Perusparannus tarkoittaa rakennuksen tai sen osan laatutason muuttamista alkuperäistä paremmaksi. Tyypillisiä perusparannushankkeita ovat hissien rakentaminen hissittömään rakennukseen tai rakennuksen vaipan lisäeristäminen.
- RakMK D3 = Rakentamismääräyskokoelma D3 sisältää määräykset ja ohjeet rakennusten energiatehokkuudesta.
- RakMK D5 = Rakentamismääräyskokoelma D5 on rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan tehty ohje.
- U-arvo = Lämmönläpäisykerroin U ilmoittaa lämpövirran määrän, joka johtuu rakennusosan läpi, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksi Celsius-aste. Yksikkönä käytetään W/m^2K .

1 JOHDANTO

Tämä insinööri työ tilattiin Iisalmen kaupungin teknisen keskuksen tilapalvelun toimeksiantona. Työ tuli tarpeelliseksi, koska Iisalmen peruskoulut ovat peruskorjauksen tai perusparrannuksen tarpeessa.

Insinööri työssä pyritään parantamaan Kangaslammin koulun energiatehokkuutta. Työssä on keskitytty vain rakenteisiin ja niiden läpi johtuvan lämpöenergiämäärän vähentämiseen. Työssä ei käsitellä lämmitys-, ilmanvaihto- tai muita järjestelmiä, joilla energiatehokkuutta ja käyttömukavuutta voisi myös parantaa.

Energiatehokkuus, ekologisuus ja korjausrakentaminen ovat rakennusalalla tällä hetkellä kuumia termejä. Rakennusten energiankulutukseen kiinnitetään jatkuvasti enemmän huomiota niin uudis- kuin korjausrakentamisessakin. Rakennusaikana käytetään enemmän varoja, jotka saadaan takaisin syntyneiden säästöjen muodossa rakennuksen käytön aikana.

Insinööri työn tavoitteena on selvittää, millaisia rakenneteknisiä parannustoimenpiteitä Kangaslammin kouluun on järkevää suorittaa. Tarkasteltavan kohteen vanha puoli on rakennettu vuonna 1961 ja uusi puoli 1979. On siis oletettavaa, että rakenteet eivät ole erityisen energiatehokkaita enää nykyisiin määräyksiin vertailtaessa.

2 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuus on tällä hetkellä terminä erittäin ajankohtainen. Rakennuksissa se tarkoittaa sitä, että rakennuksen energiankulutus pyritään minimoimaan käyttötarkoitusta muuttamatta tai tuotantotehokkuutta huonontamatta. Mahdollisimman korkea tuotanto yhdistettynä matalaan energiankulutukseen on yhtä kuin energiatehokas rakennus.

Energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa rakennukselle asetettujen käyttötarkoituksen suorittamista entistä pienemmällä energiankulutuksella.

Energiankulutukseen vaikuttavat tekijät

Rakennuksen energiankulutus on monien tekijöiden summa. Rakentamismääräyskokoelma D5:n [1] mukaan siihen vaikuttavat:

- Lämmitysenergian tarve
 - Energiahäviöt
 - Johtuminen, säteily, konvektio, vuotoilma
 - Hyödynnettävät lämpökuormat
 - Ihmiset, valaistus- ja muut sähkölaitteet, aurinko
- Jäähdytysenergian tarve
- Järjestelmät
 - Ilmanvaihto, käyttövesi, lämmitys, valaistus ja muu sähkö, jäähdytys

Tässä työssä yllä olevasta listasta olennaisin kohta on energiahäviöiden alta löytyvä johtuminen.

3 LÄMPÖENERGIAN JOHTUMINEN & JOHTUMISHÄVIÖIDEN LASKEMINEN

Johtuminen on lämpöenergian siirtymismuoto, jossa lämpö pyrkii tasoittumaan kahden eri- lämpöisen ilmatilan välissä olevassa aineessa. Luonnollinen virtaama tapahtuu lämpimästä kylmempään päin.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lämmin sisäilma ja kylmä ulkoilma pyrkivät tasoittumaan niiden välissä olevassa rakenteessa. Kesähelteellä tilanne on tietysti päinvastainen. Hyvällä eristämisellä ja laadukkaalla rakenteella tasoittuminen saadaan heikommaksi, mikä taas tarkoittaa pienempää lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutusta ja täten energiatehokkaampaa rakennusta.

Rakenteen läpi johtuva lämpöenergia lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{joht}} = U * (\Delta T) \quad (\text{W/m}^2) \quad (1)$$

U on lämmönläpäisykerroin, W/m²K

ΔT on rakenteen sisä- ja ulkopuolisten lämpötilojen välinen erotus, °C

Tällöin saadaan tulokseksi lämpöenergiämäärä, joka johtuu rakenteen läpi neliömetrin alalla (W/m²) tunnissa. Mikäli tahdotaan tietää esimerkiksi yhden luokkahuoneen ulkoseinän läpi johtuva lämpöenergian määrä, käytetään kaavaa

$$Q_{\text{joht}} = U * A * (\Delta T) \quad (\text{W}) \quad (2)$$

A on rakenteen pinta-ala, m²

Rakenteiden ominaislämpöhäviöt lasketaan rakennekohtaisesti rakenteen pinta-alan ja lämmönläpäisykerroimen avulla.

$$H_{rak} = A * U \quad (\text{W/K}) \quad (3)$$

Tulokseksi saadaan lämpöenergiämäärä, joka johtuu tarkasteltavan rakenteen läpi tunnissa, kun lämpötilaero pintojen välillä on yksi Celsius-aste. Kun tarkastellaan häviöitä tietyllä ajanjaksolla, kerrotaan tämä arvo tarkasteltavan aikajakson pituudella (Δt) sekä tarkastelujaksolla vaikuttavalla rakenteen sisä- ja ulkopuolisten lämpötilojen välisellä erotuksella (ΔT).

$$H_{rak} = A * U * \Delta t * \Delta T \quad (\text{W}) \quad (4)$$

Δt = tarkastelujakson pituus, h

3.1 Lämmönläpäisykerroimen määrittäminen

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo ilmaisee, paljonko rakenteen läpi johtuu lämpöenergiaa tunnissa neliömetrin alan läpi, kun rakenteen sisä- ja ulkopuolisten ilmassojen lämpötilaero on yksi Celsius-aste.

$$U = 1/R_T \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (5)$$

R_T on rakennusosan lämpöresistanssi

3.2 Sisä- ja ulkopuolisen lämpötilaeron määrittäminen

Sisä- ja ulkopuolinen lämpötilaero lasketaan kaavalla

$$\Delta T = T_s - T_u \quad (^\circ\text{C}) \quad (6)$$

T_s on sisälämpötila

T_u on ulkolämpötila

Sisälämpötila T_s

Sisäilmayhdistys määrittelee suositellut sisälämpötilat kolmen eri sisäilmastoluokan mukaan. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty tavoitelämpötilat eri sisäilmaluokkiin.

Taulukko 1. Sisäilmaluokat ja tavoitesisälämpötilat [2.]

Sisäilmaluokka	Selitys ilmanlaadusta lyhyesti	Tavoitelämpötila talvella, °C	Tavoitelämpötila kesällä, °C
S1	Erittäin hyvä	21...22	23...24
S2	Hyvä	20...22	23...26
S3	Tyydyttävä	20...23	22...27

Ulkolämpötila T_u

Mitoittavina ulkolämpötiloina käytetään eri arvoja paikkakunnan säävyöhykkeen mukaan. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen alueilla vallitsevien keskimääräisten sääolosuhteiden mukaan. Kuvasta 1 näkee, että Iisalmi sijaitsee säävyöhykkeellä III.



Kuva 1. Suomen säävyöhykkeet [3, s. 29]

Taulukko 2 sisältää ulkoilman lämpötila-arvot, joita käytetään kuukausittaisiin ja vuosittaisiin johtumislämpöhäviölaskelmiin sekä energiankulutuslaskelmiin. Taulukossa 3 on arvot, joita käytetään muun muassa lämmityslaitteiden mitoittamiseen.

Taulukko 2. Sää tiedot kuukausittain säävyöhykkeellä III [3, s. 31]

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila T_u, °C
Tammikuu	-8,00
Helmikuu	-7,10
Maaliskuu	-3,53
Huhtikuu	2,42
Toukokuu	8,84
Kesäkuu	13,39
Heinäkuu	15,76
Elokuu	13,76
Syyskuu	9,18
Lokakuu	4,07
Marraskuu	-1,76
Joulukuu	-5,92
Koko vuosi	3,43

Taulukko 3. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä [3, s. 29]

Säävyöhyke	Mitoittava ulkolämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkolämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Alapohjan ja maanvastaisten seinien ulkolämpötilan määrittäminen

Jos alapohja on suoraan ulkoilmaa vasten, ei kaavaan 1 tehdä muutoksia. [1, s. 20.]

Jos alapohja rajoittuu tuuletettuun ryömintätilaan, jonka tuuletusaukkojen pinta-ala on enintään 8 % alapohjan pinta-alasta, käytetään pienennettyä sisä- ja ulkolämpötilojen erotusta. Pienennys on 20 % eli pienennyskerroin 0,8. [1, s. 20.]

Maanvaraisten alapohjien laskennassa käytetään ulkoilman lämpötilan sijasta alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Tällöin alapohjan U-arvo lasketaan ilman maan lämmönvastusta. Alapohjan alapuolisen maan lämpötilan laskemiselle käytetään kaavaa [1, s. 20]

$$T_{MAA, VUOSI} = T_{U, VUOSI} + \Delta T_{MAA, VUOSI} \quad (7)$$

$T_{U, VUOSI}$ on ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C (taulukko 3)

$\Delta T_{MAA, VUOSI}$ on alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C (taulukko 4)

Taulukossa 4 on esitetty alapohjan maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero.

Taulukko 4. Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero [1, s. 20]

	Alapohjan U-arvo, W/m ² K		
	<0,2	0,2-0,3	>0,3
Maalaji	$\Delta T_{MAA, VUOSI}$		
Savi, salaojitettu hiekka ja sora	5	7	8
Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora	3	5	6
Kallio	2	3	4

Jos maaperästä ei ole tarkempaa tietoa, käytetään lämpötilaerona arvoa 5 °C [1, s. 20].

Maanvastaisten seinien kautta johtuva energia lasketaan yleisen kaavan mukaisesti ulkoilman lämpötilaan maan lämmönvastus huomioon ottaen [1, s. 20].

3.3 Rakennusosan pinta-alan määrittäminen

Alapohjat

Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Myöskään läpivientejä ei vähennetä kokonaisalasta. [1, s. 5.]

Yläpohjat

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti kattoikkunoiden aukkojen pinta-alat vähentäen. Läpivientejä ei vähennetä. [1, s. 5.]

Välipohjat

Välipohjien pinta-alat lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaan aukkojen pinta-aloja vähentämättä [1, s. 5].

Ulkoseinät

Ulkoseinien pinta-alat lasketaan sisämittojen mukaan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan. Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-alat vähennetään kokonaisalasta. [1, s. 5.]

Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan karmirakenteen ulkomittojen mukaan. [1, s. 5.]

3.4 Rakennusosien väliset liitokset

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt tulee huomioida koko rakennuksen johtumislämpöhäviöitä tarkasteltaessa. Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{kylmäsilto}} = l_k * \Psi_k * (\Delta T) * (\Delta t) \quad (\text{W}) \quad (8)$$

l_k = viivamaisen kylmäsiltojen pituus, m

Ψ_k = viivamaisen kylmäsiltojen lisäkonduktanssi, W/mK

Rakentamismääräyskokoelma D5:n uusin vuoden 2012 luonnosversio sisältää ohjeita lisäkonduktansseille. Tässä työssä kylmäsiltojen aiheuttamia lämpöhäviöitä ei ole otettu huomioon, koska on oletettu että rakennusosien väliset liitokset on tehty hyvän rakentamistavan mukaisesti. Tällöin kylmäsiltojen parantamisesta ei synny minkäänlaisia säästöjä. Kylmäsiltojen huolellisella suunnittelulla voidaan kuitenkin parantaa rakennuksen energiatehokkuutta, joten se kannattaa ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

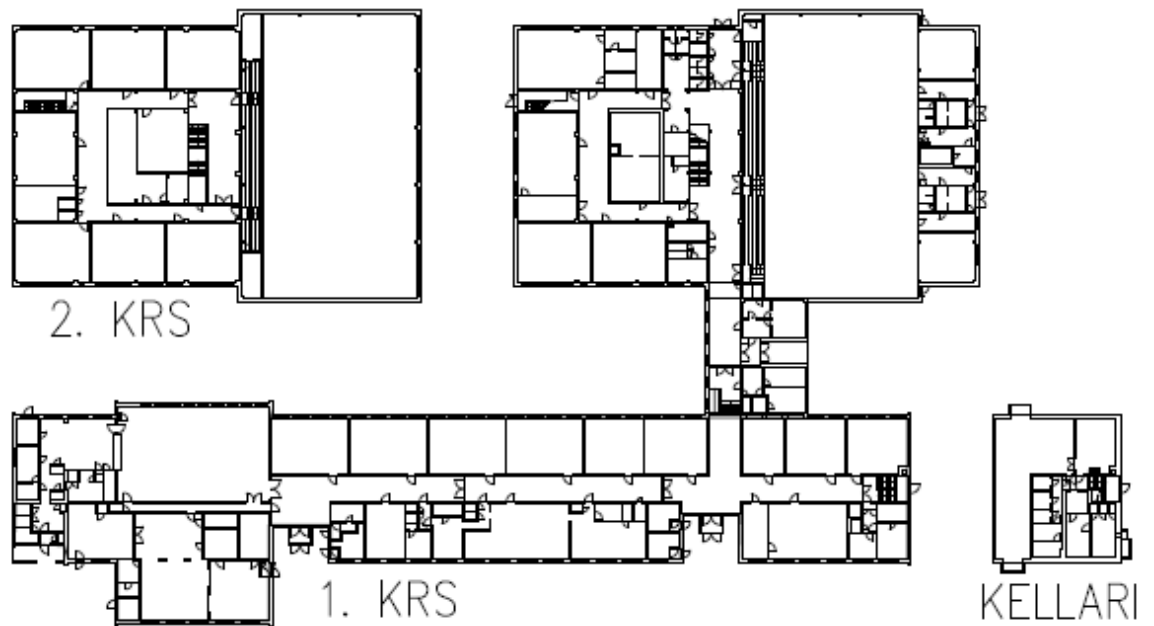
4 RAKENNUKSEN NYKYTILA

4.1 Perustiedot

Rakennustyyppi	Opetusrakennus
Kiinteistön nimi	Kangaslammin koulu
Osoite	Petterinkulmantie 30, 74130 Iisalmi
Rakennusvuosi	Vanha osa 1961, uusi osa 1979
Bruttoala	4821 m ²
Lämmitetty nettoala	4428 m ²
Tilavuus	23 581 m ³
Kerrosluku	2
Luokkien määrä	23 + tekniset tilat
Julkisivumateriaali	Tiili + Minerit-levy
Lämmitysjärjestelmä	Kaukolämpö
Rakennusosien pinta-alat:	
Alapohja	3591 m ²
Yläpohja	3584 m ²
Ulkoseinät	1622 m ²
Kellarin ulkoseinät	127 m ²
Kellarin lattia	229 m ²
Ikkunat / ulko-ovet	388 m ² / 80 m ²



Kuva 2. Kangaslammin koulun pääsisäänkäynti



Kuva 3. Koulun pohjapiirustus. Uusi puoli kaksikerroksinen.

4.2 Rakenteet

4.2.1 Vesikatot

Vanha puoli

Harjakatto, maalattu konesaumattu rivipeltikate. Puutyötilojen laajennuksen kohdalla on bitumikermikate.

Uusi puoli

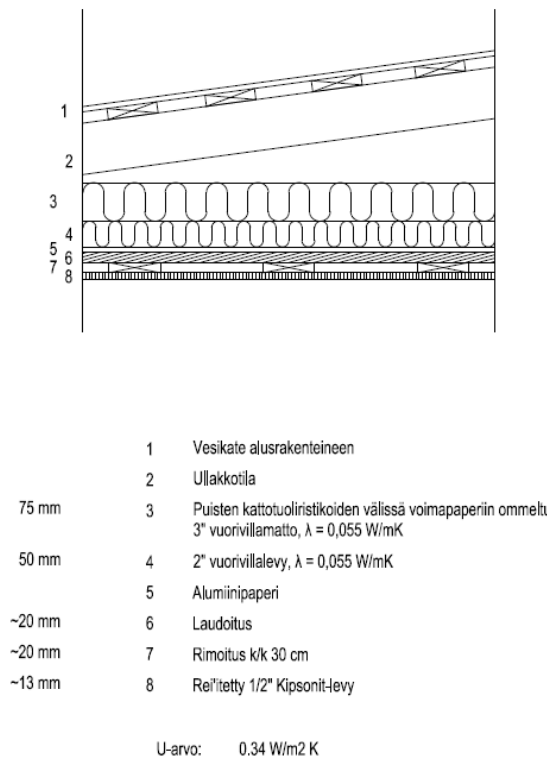
Tasakatto, bitumikermikate. Vedenpoisto on järjestetty kattokaivoilla.

4.2.2 Yläpohjat

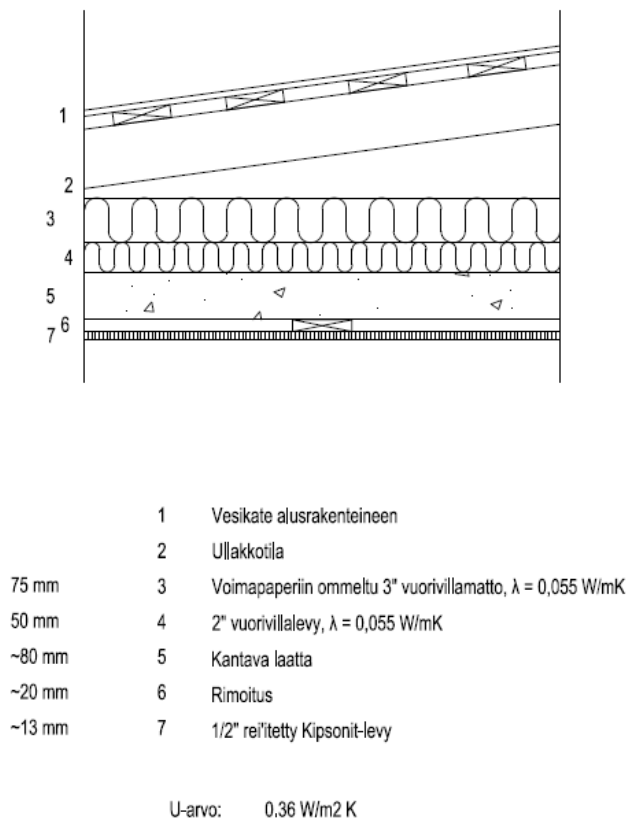
Rakennuksessa on neljää erilaista yläpohjatyyppeä. Vanhan puolen yläpohjat ovat ullakkotilallisia.

Vanha puoli

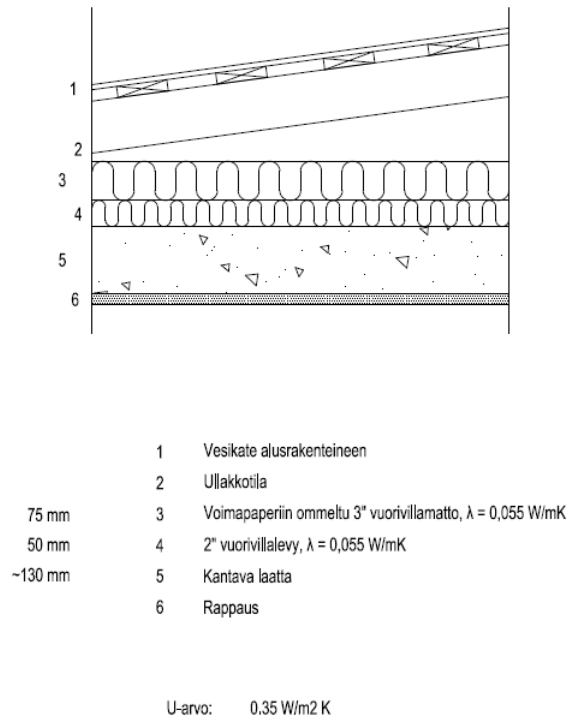
Vanha puoli on suurimmalta osalta toteutettu kantavilla kattoristikoidilla. Vanhan voimistelusalin, näyttämön, porrashuoneen sekä asunnon yläpohjana on kantava teräsbetonilaatta. Lämmöneristeen paksuus on 125 mm (50+75 mm). Yläpohjat ovat varustettu ullakkotilalla, jonka tuulettuvuudesta ei ole tietoa.



Kuva 4. Vanhan puolen yleisin yläpohjaratkaisu kattoristikoidella toteutettuna.



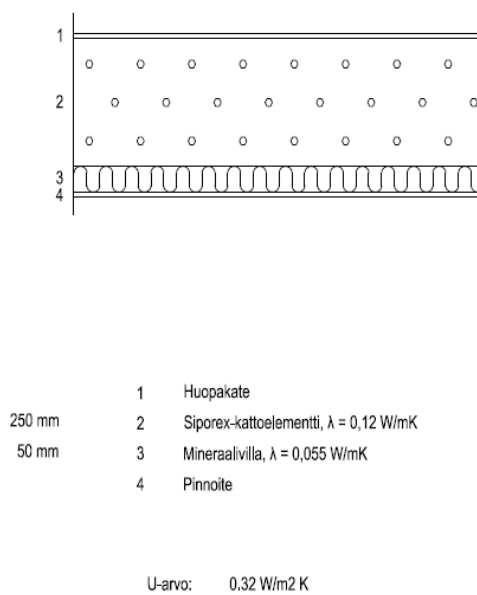
Kuva 5. Vanhan voimistelusalin ja näyttämön yläpohjarakenne.



Kuva 6. Asunnon ja porrashuoneen yläpohjarakenne.

Uusi puoli

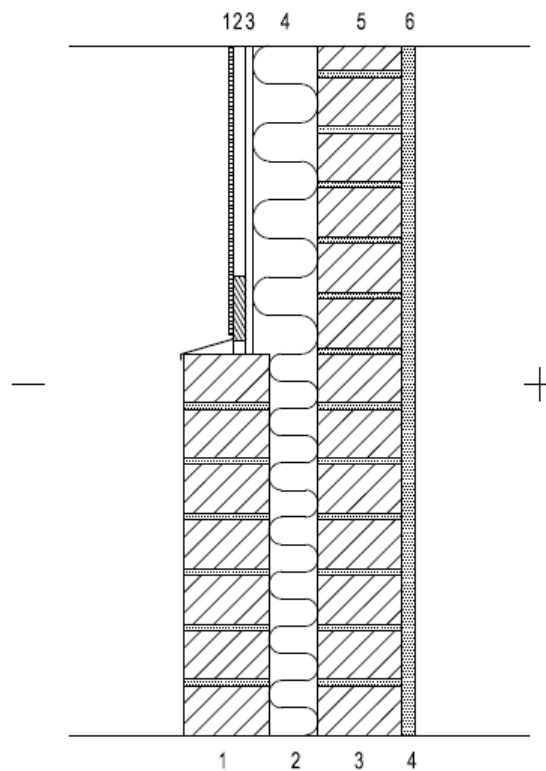
Kantavana rakenteena on 250 mm paksuiset Siporex-kattoelementit. Sisäpuolella on 50 mm lämmöneriste.



Kuva 7. Uuden puolen yläpohjarakenne.

4.2.3 Ulkoseinät

Kaikki ulkoseinät ovat perusrakenteeltaan samanlaisia; tiili, villa, tiili. Villan vahvuus vaihtelee 75–125 mm välillä, sekä vanhalla puolella sisäpuolen tiili on rakennuksen pitkällä sivuilla 200 mm ja lyhyillä sivuilla 130 mm leveä. Lisäksi vanhan puolen ikkunavesipenkin yläpuolella on Minerit-levytys tiilimuurauksen sijaan.



Seinärakenne ikkunavesipenkin yläpuolella:

7 mm	1	Luonnonväriäinen sileä Minerit-levy
20 mm	2	Rimoitukset 2 + 2 cm
	3	Alumiinipaperi
100 mm	4	Sisämuuraukseen ankkuroitu koolaus 2" x 4", välissä 4" vuorivillalevy
130 mm	5	Harvareikätiili
	6	Rappaus

U-arvo: 0,44 W/m² K

Seinärakenne ikkunavesipenkin alapuolella:

130 mm	1	Puhtaaksi muurattu tehdasvalikoitu harvareikätiili
75 mm	2	Vuorivillalevy 3"
130 mm	3	Harvareikätiili
	4	Rappaus

U-arvo: 0,50 W/m² K

Yhdistetty U-arvo: 0,48 W/m² K

Kuva 8. Nykyinen ulkoseinärakenne.

4.2.4 Kellarin ulkoseinät

Kellarin ulkoseinät ovat betonirakenteisia. Mahdollisesti sisäpuolella on paikoin tiiliverhous tai lämmöneristys.

4.2.5 Alapohjat

Alapohjana on koko rakennuksen alueella maanvarainen betonilaatta. Pintarakenteet ja laatan alapuoliset täytöt vaihtelevat.

4.3 Yhteenveto rakenteista

Taulukko 5. Yhteenveto nykyisistä rakenteista

Rakennetyyppi	Pinta-ala, m ²	U-arvo, W/m ² K
YPv Vanha puoli	1791	0,34 ^{*1}
YPu Uusi puoli	1696	0,32
US Yleinen	1622	0,48 ^{*2}
Kellarin ulkoseinä	127	1,13 ^{*3}
AP1 Alapohja yleensä	2324	0,33 ^{*3}
AP2 Voimistelusalin AP	602	0,25 ^{*3}
AP3 Veistotilojen AP	308	0,27 ^{*3}
AP4 Suihkuhuoneiden AP	42	0,31 ^{*3}
Kellarin lattia	229	0,38 ^{*3}

^{*1} Yhdistetty keskimääräinen U-arvo koko vanhan puolen yläpohjarakenteista

^{*2} Yhdistetty keskimääräinen U-arvo koko rakennuksen ulkoseinärakenteista

^{*3} Alapohjien ja kellarin seinän U-arvot otettu Lamitin vuonna 2012 tekemästä energiatodistuksesta. Maan lämmönvastusta ei ole huomioitu, paitsi kellarin seinän U-arvossa.

4.4 Kiinteistön kulutustiedot

Alla olevassa taulukossa 6 on kiinteistön lämpöenergian, käyttöveden sekä sähkön kulutustiedot kalenterivuodelta 2012.

Taulukko 6. Kiinteistön kulutustiedot

	Lämpö, MWh	Käyttövesi, m ³	Sähkö, MWh
1/2012	160,6	140	131,6
2/2012	200,8	172	151,3
3/2012	130,9	131	114,7
4/2012	106,8	158	124,5
5/2012	57,2	160	124,9
6/2012	30,9	76	68,3
7/2012	16,6	216	59,1
8/2012	30,9	Mittarin nollaus	97,7
9/2012	48,4	159	107,6
10/2012	113,0	146	133,6
11/2012	140,0	170	146,5
12/2012	214,2	134	129,2
Yhteensä	1250,2	1662	1389,1

Lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskäyttövedestä oletetaan olevan opetusrakennuksissa 30 % [4]. Tällöin veden lämmitykseen menee energiaa

$$0,3 * 1662 \text{ m}^3 * 58 \text{ kWh/m}^3/\text{vuosi} = 28,9 \text{ MWh/vuosi}$$

Jyväskylään normitettu lämmitysenergian kulutus vuodelle 2012 on

$$0,97 * (4943/4909) * (1250,2 \text{ MWh} - 28,9 \text{ MWh}) + 28,9 \text{ MWh} = 1221,8 \text{ MWh}$$

5 VAIPAN LÄPI JOHTUVAN LÄMPÖENERGIAN MÄÄRÄ

Rakennusten lämmitystarpeen katsotaan päättyvän, kun vuorokauden keskilämpötila keväällä nousee yli 10 °C:een. Syksyllä lämmitystarpeen katsotaan alkavan, kun vuorokauden keskilämpötila laskee alle 12 °C:seen. Taulukosta 3 nähdään, että säävyöhykkeellä III lämmityskausi loppuu kesäkuussa ja alkaa syyskuussa. Lämmityskausi on siis yhdeksän kuukautta. Laskelmissa huomioitaisiin vain nämä yhdeksän kuukautta, mikäli olisi varmaa että lämmityslaitteet laitettaisiin lämmityskauden ulkopuolelle jääviksi kolmeksi kuukaudeksi kiinni. Koska lämmitystä luultavasti tarvitaan kesäaikanakin edes hieman, lasketaan johtumislämpöhäviöt koko kalenterivuodelle.

Kalenterivuoden keskimääräinen ulkolämpötila säävyöhykkeellä III on 3,43 °C (taulukko 3). Kun tavoitesisälämpötila on 21 °C (taulukko 1), saadaan vuosittaiseksi keskilämpötilaeroksi 17,57 °C (ΔT).

Alapohjan alapuolisen maan ja ulkolämpötilan erotuksena käytetään yleisarvoa 5 °C, koska salaojien toimivuudesta ja maaperän kosteudesta ei ole tietoa. Koska vuoden keskimääräinen ulkolämpötila on yllämainittu 3,43 °C ja tavoitesisälämpötila 21 °C, saadaan vuosittaiseksi keskilämpötilaeroksi 12,57 °C.

Taulukossa 7 on esitetty eri rakennetyyppien läpi johtuva vuosittainen lämpöenergiämäärä ja taulukossa 8 eri rakennusosien läpi johtuva vuosittainen lämpöenergiämäärä.

Taulukko 7. Rakennetyyppien läpi johtuvat vuosittaiset lämpöenergiamäärät

Rakennetyyppi	Läpi johtuva lämpöenergia, MWh/vuosi
YPv	93,7
YPu	83,5
US	119,8
Kellarin ulkoseinä	29,6
AP1	84,4
AP2	16,6
AP3	9,2
AP4	1,4
Kellarin lattia	9,6
Yhteensä	447,8

Taulukko 8. Rakennusosien läpi johtuvat lämpöenergiamäärät ja keskinäiset suhteet

Rakennusosa	Lämpöenergian määrä, MWh/lämmityskausi	Osuus kokonaishäviöstä
Yläpohjat	177,2	39,6 %
Ulkoseinät	149,4	33,3 %
Alapohjat	121,2	27,1 %

6 RAKENNETEKNISET PARANNUSTOIMENPITEET

6.1 Vesikatot

Vesikatteeksi asennetaan koko rakennuksen alueelle muovipinnoitettu profiilipelti aluskatteineen. Poikkeuksena uuden puolen tasakatot, mikäli ne päätetään jättää. Tällöin tasakaton katemateriaalina on bitumikermi.

6.2 Yläpohjat

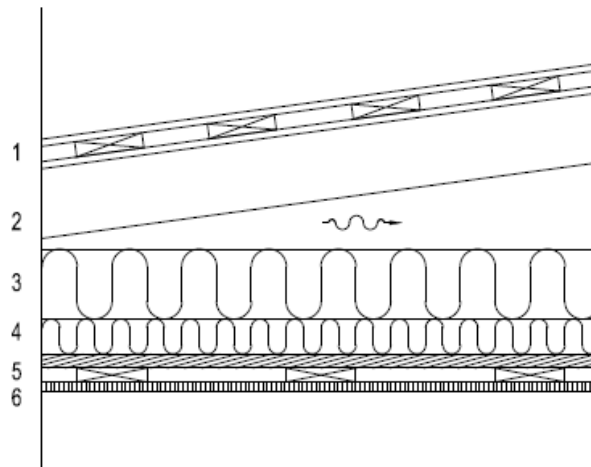
Yläpohjien läpi johtuu suurin osa rakennuksen johtumislämpöhäviöstä. Alkuperäinen lämmöneristys on kauttaaltaan heikohko, joten lisäeristämällä saavutetaan merkittävä hyöty. Tuulettuvien yläpohjien tuuletus räystäältä ja harjalta. Tasakattojen laakerivillakerroksen ja lämmöneristeen tuuletus räystäältä ja alipaineventtiilein.

6.2.1 Vanha puoli

Vanhalla puolella on käytetty kahta erilaista yläpohjaratkaisua, mutta molempien energiatehokkuuden parantamistoimenpide on samanlainen.

Vanhat eristeet poistetaan. Alimmaisiksi eristeeksi vaihdetaan 50 mm paksuinen Isover KL-32 -mineraalivillalevy. Kattoristikoiden alapaarteiden väliin asennetaan Isover KL-32 100 mm -mineraalivillalevy. Alapaarteiden aiheuttamat välit eristetään vanhoilla hyväkuntoisilla eristeillä tai leikkuujätteillä. Kattorakenteen mahdollistaessa vanhoja eristeitä käytetään myös päällimmäisenä eristekerroksena niin paljon kuin vain mahtuu. Yläpohjan tuulettavuus ei kuitenkaan saa heikentyä.

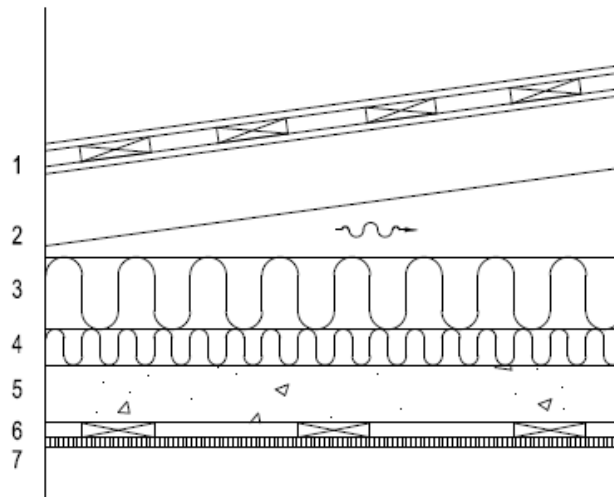
Vaihtamalla lämmöneristeet nykyaikaisiin hyvän lämmöneristävyuden omaaviin tuotteisiin saadaan yläpohjan johtumishäviöitä vähennettyä merkittävästi ilman, että vanhaa kattorakennetta tarvitsee korottaa. Yläpohjan lisäeristäminen niin, että kattorakennetta lähdetään korottamaan ei ole lähtökohtaisesti koskaan kannattava toimenpide pelkästään energiataloudellisesta näkökulmasta tarkastellen.



	1	Vesikate aluskatteineen
	2	Tuulettuva ilmatila
~100 mm	4	Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$. Villaa niin paljon kuin mahtuu ilman että yläpohjan tuulettavuus heikkenee.
50 mm	4	Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$.
44 mm	5	Vanha rakenne: Laudoitus ja rimoitus
13 mm	6	Pintamateriaali

U-arvo: 0,19 W/m² K

Kuva 9. Vanhan puolen puisten yläpohjien lisäeristetty rakennekuva.



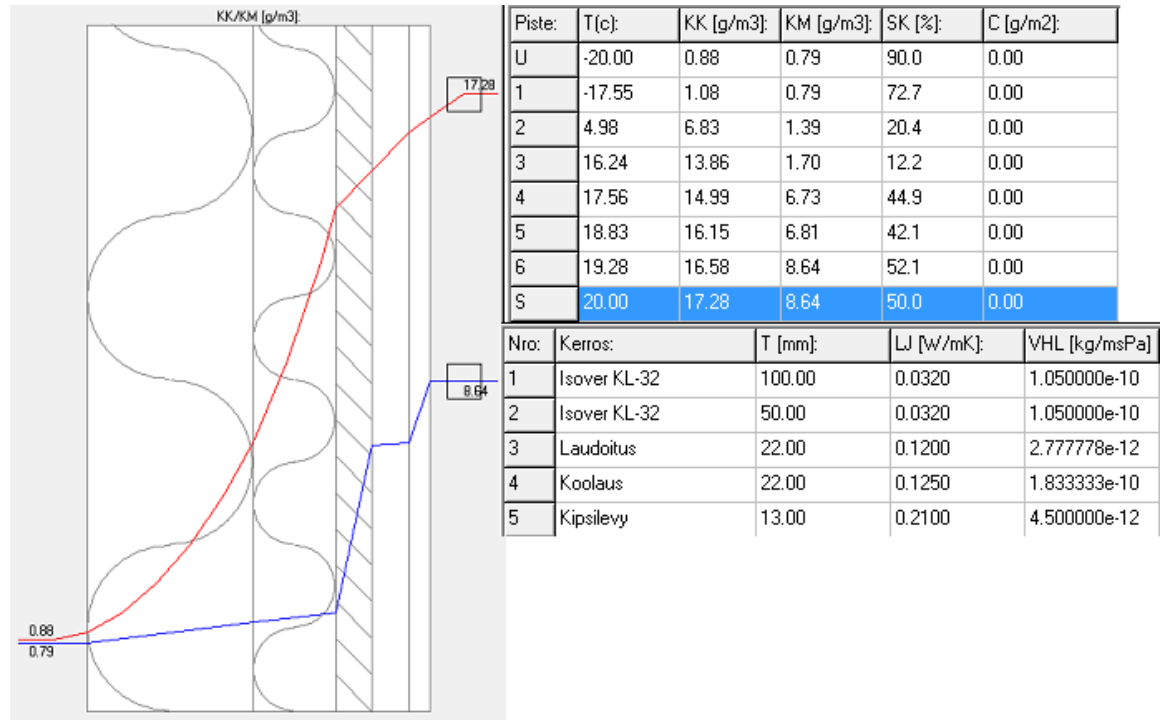
	1	Vesikate aluskatteineen
	2	Tuulettuva ilmatila
~100 mm	3	Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$. Villaa niin paljon kuin mahtuu ilman että yläpohjan tuulettavuus heikkenee.
50 mm	4	Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$.
	5	Vanha rakenne: Kantava laatta
22 mm	5	Vanha rakenne: Rimoitus
13 mm	6	Pintamateriaali
		U-arvo: 0.20 W/m ² K

Kuva 10. Vanhan puolen betonisten yläpohjien lisäeristetty rakennekuva.

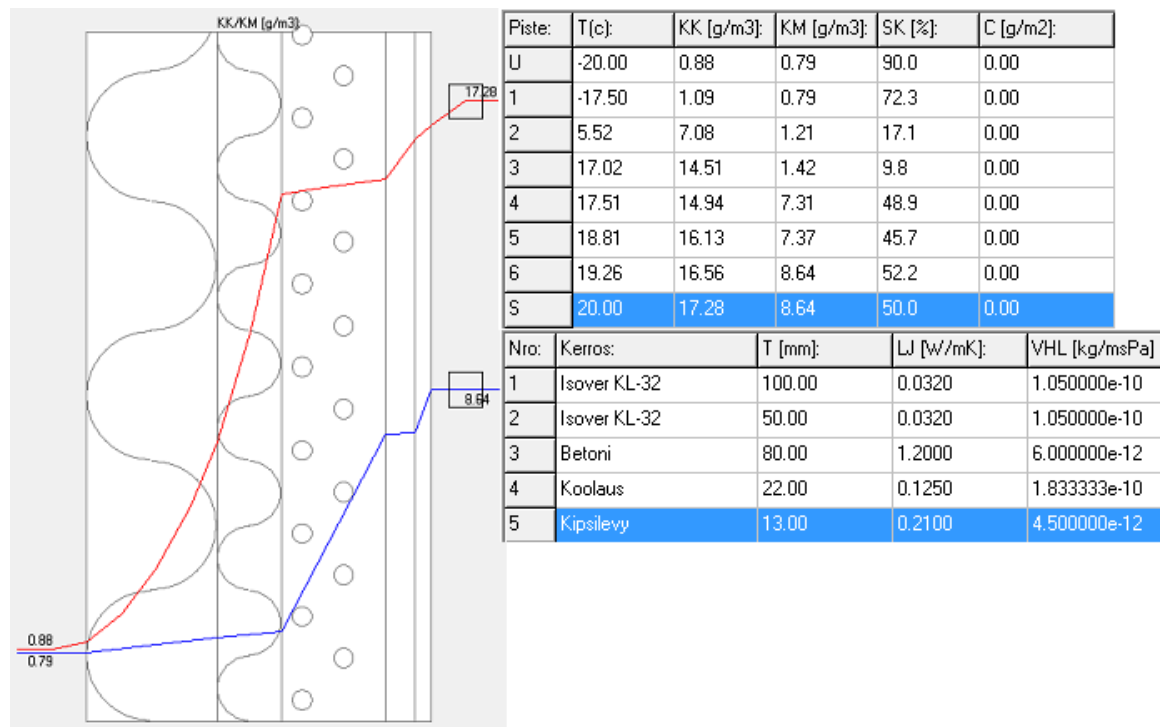
Kosteustekninen käyttäytyminen

Rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä tarkasteltiin DOF Lämpö -ohjelmalla. Tarkasteluasetuksina käytettiin ohjelman hetkellinen-asetusta, jolloin kosteuden tiivistymisriski on suurimmillaan ja rakenteen mahdolliset heikkoudet korostuvat. Punainen viiva kuvastaa kyllästykseen kosteuden määrää, ja sininen viiva rakenteessa vallitsevan kosteuden määrää. Aina kun sininen viiva leikkaa punaisen viivan, on kosteuden tiivistyminen rakenteeseen mahdollista. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että kyseessä olisi riskirakenne tai odotettavissa olisi kosteusvaurioita, vaan tarkastelu on tehtävä tapauskohtaisesti.

Yläpohjarakenteissa ei ole kosteusteknisestä mitään riskialtista.



Kuva 11. Vanhan puolen uusien puisten yläpohjarakenteiden kosteustekninen toiminta.



Kuva 12. Vanhan puolen uusien betonisten yläpohjien kosteustekninen toiminta.

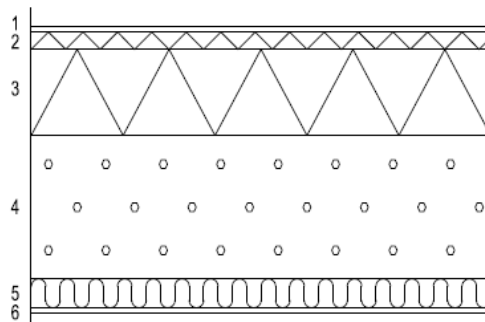
6.2.2 Uusi puoli

Uuden puolen yläpohjan johtumishäviöitä on mahdollista pienentää kahdella eri tavalla; lisäeristetään nykyistä tasakattoratkaisua tai muutetaan kattorakenne harjakatoksi. Harjakatoksi muuttamisella on luonnollisesti muitakin kuin energiataloudellisia hyötyjä, mutta se on toimenpiteenä kallis.

Tasakaton lisäeristäminen

Poistetaan vanha huopakate. Asennetaan Siporex-elementin päälle lisäeristeeksi 100 mm paksuinen Isover OL-P -eristelevy. Noudatetaan asennusohjeita, jotta eristeen tuulettuvuus toimii. Pääeristeen päälle tulee 30 mm Isover OL-TOP -eristekerros, joka toimii laakerikerroksena. Päällimmäiseksi vedeneristeeksi bitumikermikate.

Tasakatto ei kattoratkaisuna ole mitenkään väärä tai virheellinen. Sen teossa vain tulee kiinnittää erityistä huomiota veden poisjohdatukseen, vedeneristeen tiiveyteen ja rakenteen tuulettuvuuteen. Lisäksi tässä tapauksessa on huomioitava kattoikkunat ja läpiviennit. Oikein tehty tasakatto on yhtä toimiva kuin harjakatto, joskin tasakatossa on aina riskinsä.



	1	Vedeneristekermi
30 mm	2	Laakerivillakerros, ISOVER OL-TOP, $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$
150 mm	3	Lämmöneristys, ISOVER OL-P, $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$
250 mm	5	Vanha rakenne: Siporex-kattoelementti, $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$
50 mm	6	Vanha rakenne: Mineraalivilla, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$
	7	Pinnoite

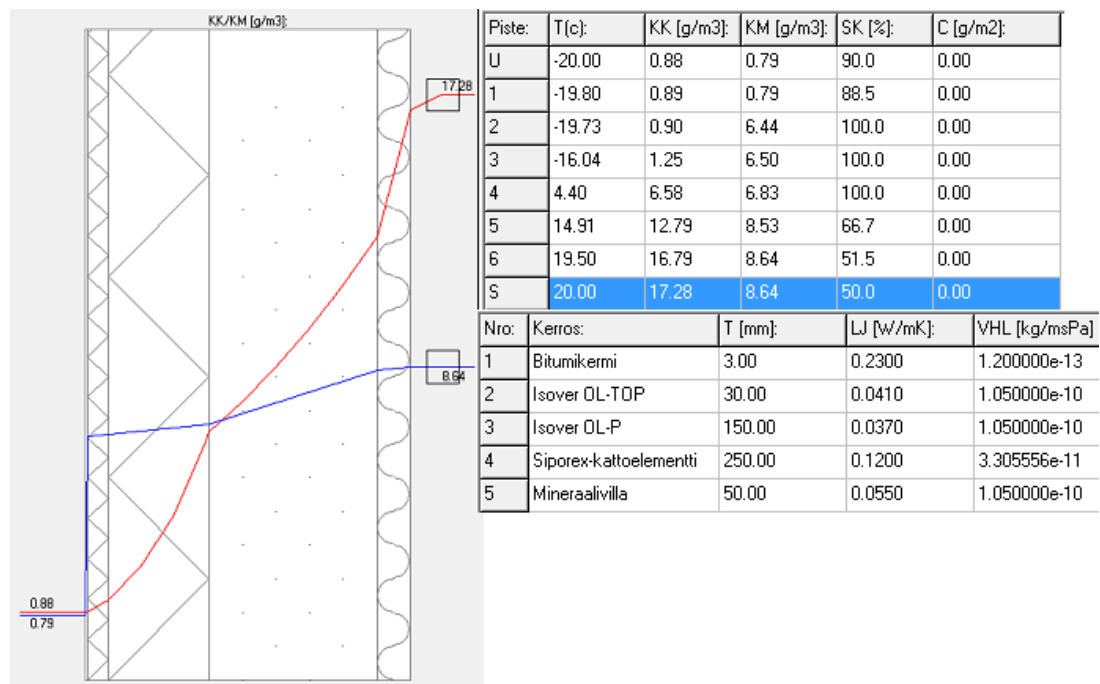
U-arvo: 0,13 W/m² K

Kuva 13. Lisäeristetyn tasakattoratkaisun rakennekuva.

Kosteustekninen käyttäytyminen

Rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä tarkasteltiin DOF Lämpö -ohjelmalla. Tarkasteluasetuksina käytettiin ohjelman hetkellinen-asetusta, jolloin kosteuden tiivistymisriski on suurimmillaan ja rakenteen mahdolliset heikkoudet korostuvat. Punainen viiva kuvastaa kyllästyskosteuden määrää, ja sininen viiva rakenteessa vallitsevan kosteuden määrää. Aina kun sininen viiva leikkaa punaisen viivan, on kosteuden tiivistyminen rakenteeseen mahdollista. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että kyseessä olisi riskirakenne tai odotettavissa olisi kosteusvaurioita, vaan tarkastelu on tehtävä tapauskohtaisesti.

Kuvasta on nähtävissä, että rakenteessa hetkellisesti vallitseva kosteuden määrä ylittää selvästi kyllästyskosteuden määrän. Rakenteen sisäpuolelle asennettava höyrynsulku parantaisi tilannetta jonkin verran, mutta ei poistaisi riskiä täysin. Mikäli tällaiseen lisäeristysratkaisuun päädytään, on villakerrosten tuulettavuus varmistettava toimivaksi. Tuuletus räystäältä sekä vesikatteen läpi alipainetuulettimilla. Villoissa on urat tätä varten. Tällöin kosteustekninen käyttäytyminen on samanlainen kuin alla esitetyllä tuulettuvalla yläpohjarakenteella (kuva 16). Vaikka tarkasteluasetukset (ulkolämpötila ja ilman suhteellinen kosteus) ovat rakenteen kannalta armottomimmat ja korostavat riskiä, on kyseessä selkeä riskirakenne ja mikäli tuulettuvuutta ei voida täysin varmistaa, rakennetta ei suositella käytettäväksi.

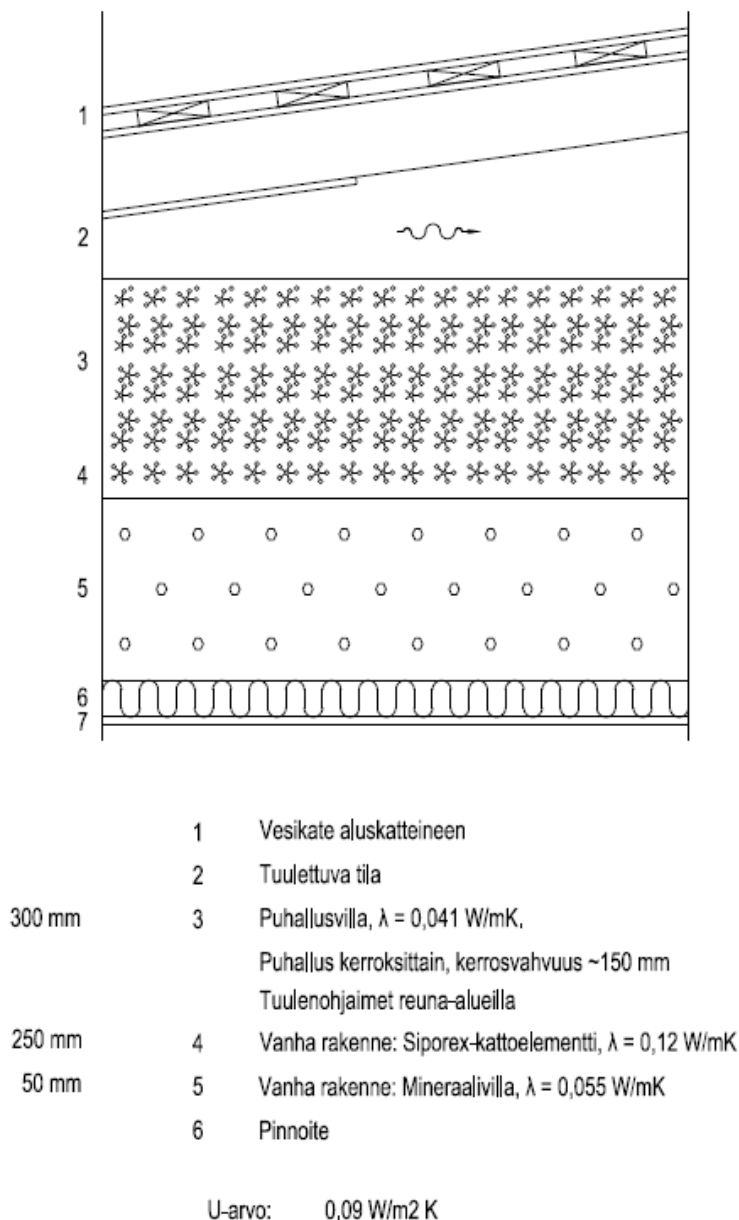


Kuva 14. Lisäeristetyn Siporex-tasakaton kosteustekninen toiminta.

Harjakatoksi muuttaminen ja lisäeristäminen

Tasakaton muuttaminen harjakatoksi erillisen suunnitelman mukaan. Tässä työssä käsitellään vain energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä.

Poistetaan vanha huopakate. Siporex-elementin päälle lisäeristeeksi 300 mm puhallusvillaa. Reuna-alueille tuulenojaimet, joilla estetään ilman eristystä heikentävät liikkeet villassa.

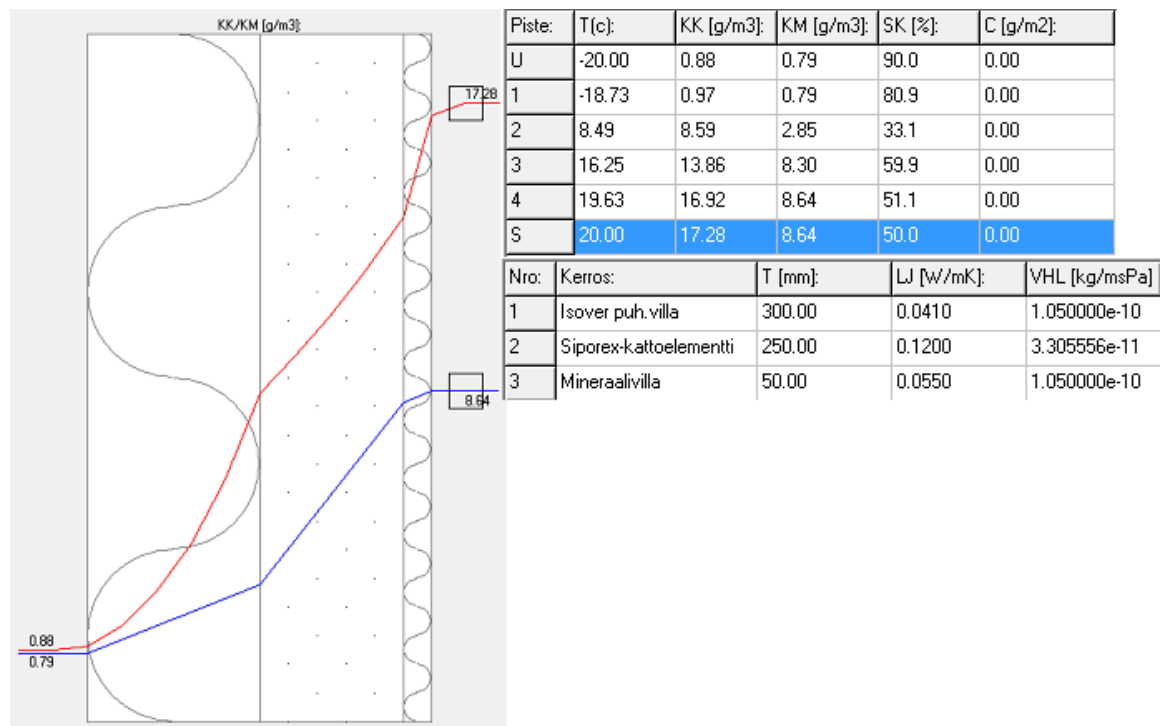


Kuva 15. Harjakatoksi muutetun tasakaton rakennekuva.

Kosteustekninen käyttäytyminen

Rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä tarkasteltiin DOF Lämpö -ohjelmalla. Tarkasteluasetuksina käytettiin ohjelman hetkellinen-asetusta, jolloin kosteuden tiivistymisriski on suurimmillaan ja rakenteen mahdolliset heikkoudet korostuvat. Punainen viiva kuvastaa kyllästykosteuden määrää, ja sininen viiva rakenteessa vallitsevan kosteuden määrää. Aina kun sininen viiva leikkaa punaisen viivan, on kosteuden tiivistyminen rakenteeseen mahdollista. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että kyseessä olisi riskirakenne tai odotettavissa olisi kosteusvaurioita, vaan tarkastelu on tehtävä tapauskohtaisesti.

Rakenteessa ei ole kosteusteknisesti mitään riskialtista.



Kuva 16. Harjakatoksi muutetun lisäeristetyin Siporex-yläpohjan kosteustekninen toiminta.

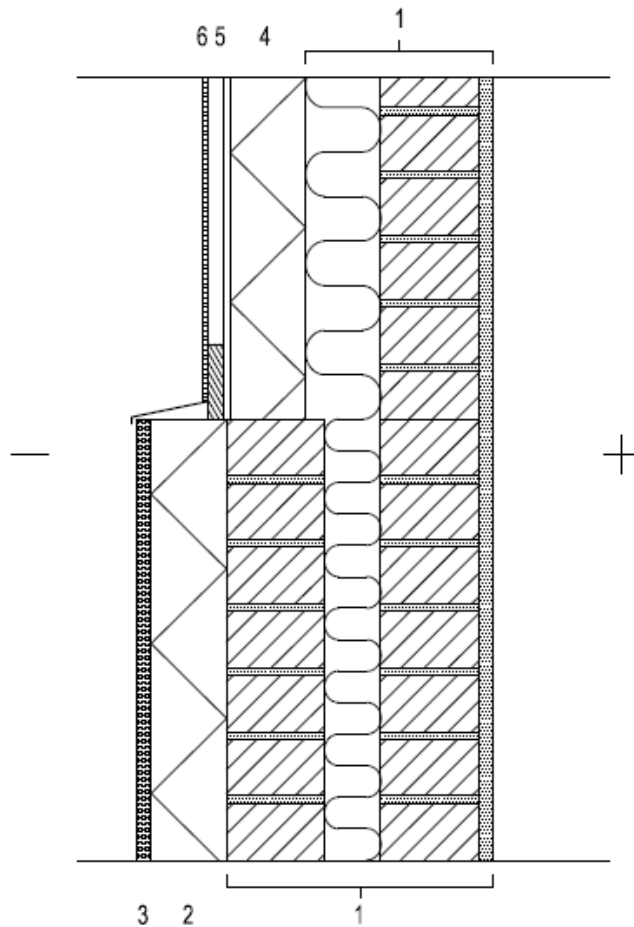
6.3 Ulkoseinät

Ulkoseinien johtumishäviöiden pienentämiseksi on monia mahdollisia keinoja. Järkevimmäksi korjausvaihtoehdoksi valikoitui lämpörappauksen tekeminen. Sisäpuolista lisäeristämistä harkittiin myös tarkkaan, mutta sen aiheuttamat huonealojen pienenemiset, kylmäsiilat sekä lisätyöt (pattereiden, seinillä olevien varusteiden sekä putkitusten siirto, uusi sisäverhouk) käänsivät valinnan kuitenkin ulkopuolisen eristämisen puolelle. Lisäksi ulkopuolinen lisäeristäminen on aina suositeltavampi ratkaisu. Ulkopuolinen eristäminen uudella julkisivulevytyksellä olisi ollut liian kallis ratkaisu.

Suurin osa lämpörappauksen hinnasta syntyy rappauksen teosta. Tästä syystä eristettä kannattaa laittaa 100 mm yleisesti käytetyn 50 mm:n sijasta, koska se nyt panostettu ylimääräinen 50 mm maksaa itsensä hetkessä takaisin.

Pääeristeen eli kovan villan alla kannattaa käyttää ohutta suikaletta pehmeää villaa, joka tasoi alustan epätasaisuudet ja estää ilman eristämistä heikentävät liikkeet rakenteessa. Eriste tulee kiinnittää tiiliverhoukseen mekaanisilla kiinnikkeillä. Kolmikerrosrappauksessa on käytettävä vahvikkeena sinkittyä teräsverkkoa. Maalausta ei tule suorittaa liian tiiviin pinnan muodostavalla maalilla.

Vanhan puolen ikkunavesipenkien yläpuolelle asennetaan 100 mm lisäeristys, ristikoolaus ja vanhat Minerit-levyt korvataan nykyaikaisemmilla julkisivulevyillä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää veden poisjohdatukseen, jotta vesi ei pääse ikkunavesipenkin alla sijaitsevaan eristeeseen.



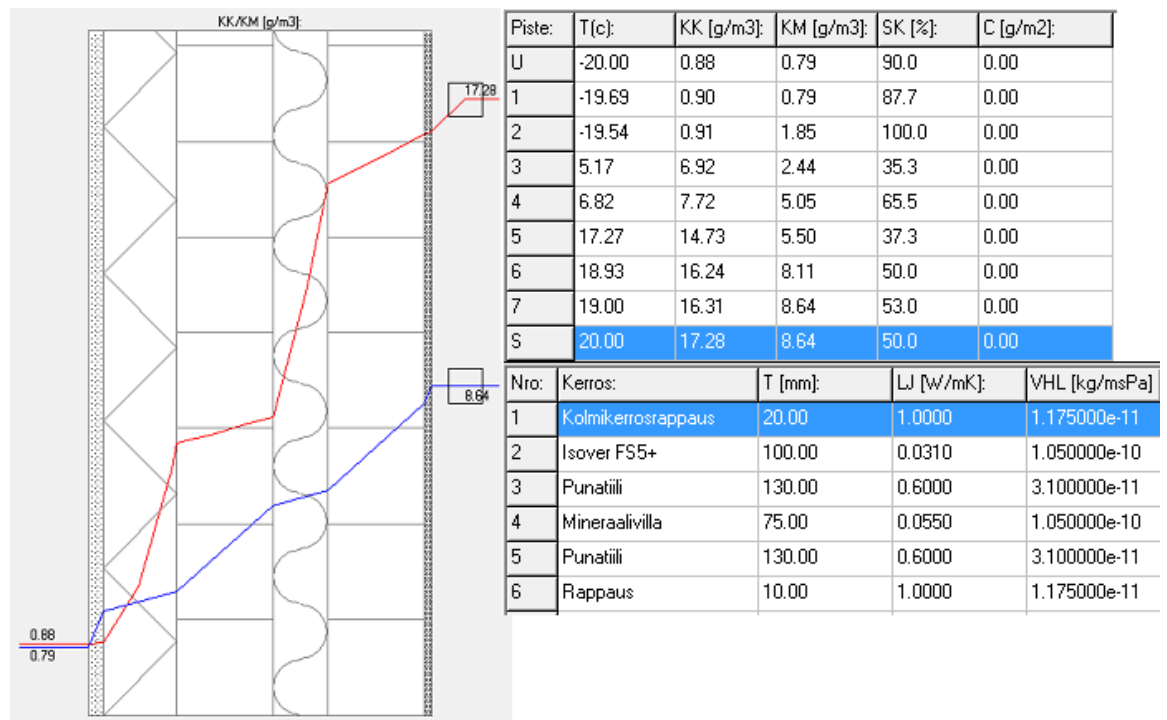
	1	Vanha rakenne
100 mm	2	Lisälämmöneristys, rappausvilla 100mm, Isover FS5+, $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ Mekaaninen kiinnitys alustaan, kiinnikkeiden määrä noin 6 kpl/m ² Kovan villa alla ohut suikale pehmeää villaa, joka täyttää alustan epätasaisuudet
20 mm	3	Kolmikerrosrappaus, esim. Weber SerpoRoc. Vahvikkeena sinkitty teräsverkko.
Vanhan puolen ikkunavesipenkin yläpuolella:		
100 mm	4	Lisälämmöneristys, kova mineraalivilla 100mm, Isover FS5+, $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ Mekaaninen kiinnitys alustaan, kiinnikkeiden määrä noin 6 kpl/m ²
13 mm	5	Ristikoolaus, tuuletusväli
13 mm	6	Julkisivulevytytys
		U-arvo: 0.19 W/m ² K

Kuva 17. Uuden lämpörapatun ulkoseinän rakennekuva.

Kosteustekninen käyttäytyminen

Rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä tarkasteltiin DOF Lämpö -ohjelmalla. Tarkasteluasetuksina käytettiin ohjelman hetkellinen-asetusta, jolloin kosteuden tiivistymisriski on suurimmillaan ja rakenteen mahdolliset heikkoudet korostuvat. Punainen viiva kuvastaa kyllästyskosteuden määrää, ja sininen viiva rakenteessa vallitsevan kosteuden määrää. Aina kun sininen viiva leikkaa punaisen viivan, on kosteuden tiivistyminen rakenteeseen mahdollista. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että kyseessä olisi riskirakenne tai odotettavissa olisi kosteusvaurioita, vaan tarkastelu on tehtävä tapauskohtaisesti.

Kuvasta on nähtävissä, että kosteus voi hetkellisesti tiivistyä rappauksen sisäpintaan. Tästä syystä rappauksen pinnoitteen tulee olla hengittävää, mikä mahdollistaa mahdollisen tiivistyneen kosteuden kuivumisen. Muuten tiedossa voi olla rappauksen pois tippumista tai vähintäänkin ”kopoja”, eli rappauksen irtoamista pohjasta.

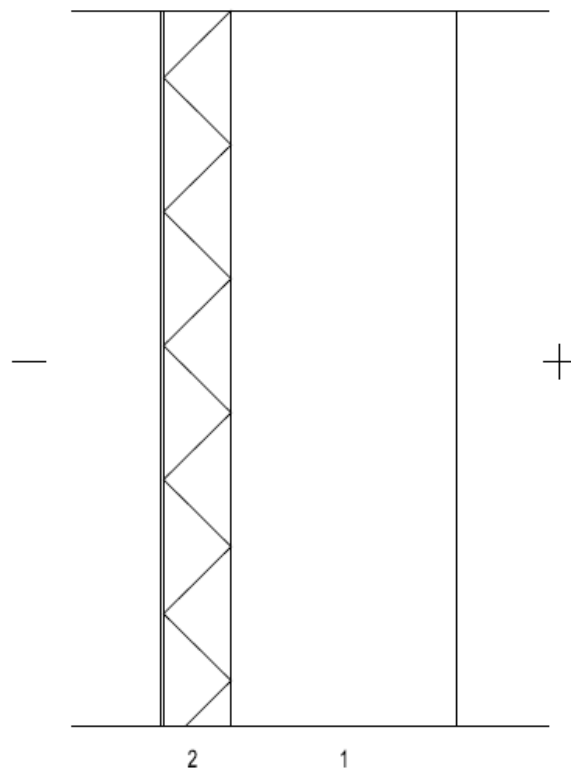


Kuva 18. Lämpörapatun ulkoseinän kosteustekninen käyttäytyminen

6.4 Kellarin ulkoseinät

Kellarin ulkoseinät eristetään myös ulkopuolelta. Eristeeksi esitetään Finnfoam CW-300 -eristettä, joka toimii samalla sekä lämmön- että vedenpaine-eristeenä. Ulkoseinä on puhdistettava ja kuivattava huolellisesti ennen eristeiden kiinnitystä. Tällä varmistetaan kiinnityksen pysyvyys. Eristelevyjen kiinnitys seinään tapahtuu butyyliiteipillä. Saumat tiivistetään butyyli-
massalla, pursotus naarasponttiin. Näin varmistetaan rakennekerroksen tiiveys. Maan alapuolelle jäävä osa suojataan suodatinkankaalla ja yläpuolinen osa ohutrapataan.

Kellarin ulkoseinistä noin 127 m² on ulkopuolisesti lisäeristettävissä, koska yksi seinä sijaitsee rakennuksen alla. Loput kolme ovat ulkoilmaa vasten.



- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | Vanha rakenne |
| 100 mm | 2 | Lämmön- ja kosteudeneriste Finnfoam CW-300, $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$,
Kiinnitys seinään butyyliiteipillä. Saumat tiivistetään butyyli-
massalla.
Maan alapuolinen osa suojataan suodatinkankaalla, yläpuolinen osa ohutrapataan. |

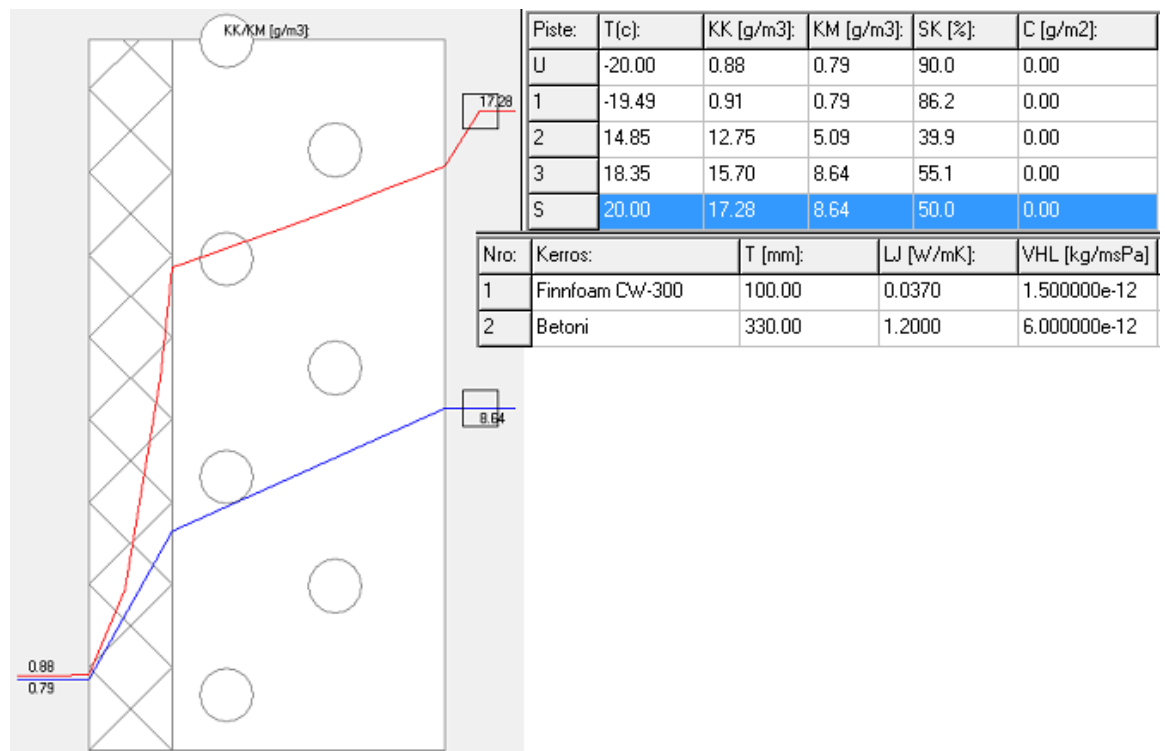
U-arvo: 0.27 W/m² K

Kuva 19. Eristetty kellarin ulkoseinän rakennekuva.

Kosteustekninen käyttäytyminen

Rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä tarkasteltiin DOF Lämpö -ohjelmalla. Tarkasteluasetuksina käytettiin ohjelman hetkellinen-asetusta, jolloin kosteuden tiivistymisriski on suurimmillaan ja rakenteen mahdolliset heikkoudet korostuvat. Punainen viiva kuvastaa kyllästyskosteuden määrää, ja sininen viiva rakenteessa vallitsevan kosteuden määrää. Aina kun sininen viiva leikkaa punaisen viivan, on kosteuden tiivistyminen rakenteeseen mahdollista. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että kyseessä olisi riskirakenne tai odotettavissa olisi kosteusvaurioita, vaan tarkastelu on tehtävä tapauskohtaisesti.

Rakenteessa ei ole haitallista kosteuden tiivistymisriskiä. Eristeen pintoihin mahdollisesti tiivistyvä kosteus liikkuu eristeessä olevia kanavia pitkin alaspäin aina salaojiin saakka. Tämä on suunniteltua. Kosteuden suunniteltu poistuminen edellyttää että perusmuurin ja anturan liitoskohdassa on ohjeiden mukainen kosteuseristys, eli pieni kaato ja bitumikermi, joka ulottuu aina anturan alapintaan saakka.



Kuva 20. Lisäeristetyin kellarin ulkoseinän kosteustekninen käyttäytyminen

6.5 Alapohjat

Maanvaraisella betonilaatalla tehtyjen alapohjien energiaremontit ovat erittäin kalliita. Urakkaan kuuluu vanhan lattian auki piikkaamista, maan vaihtoja, eristeiden asennusta, uuden lattian valua ja muuta työhön liittyvää. Neliöhinnat remontille ovat niinkin korkeita kuin 300 €/m². Tässä kiinteistössä jo pelkkä alapohjien lisäeristäminen olisi siis miljoonaremontti. Urakkaan panostettuja varoja ei käytännössä koskaan saataisi takaisin. Tästä syystä voidaan tehdä johtopäätös jo nyt ilman tarkempia laskelmia, että alapohjien lisäeristäminen ei ole kannattava toimenpide.

6.6 Yhteenveto

Yläpohjiin, ulkoseiniin sekä kellarin ulkoseiniin esitetään tehtäväksi johtumislämpöhäviöitä vähentäviä muutostöitä. Alapohjiin toimenpiteitä ei kannata tehdä ollenkaan. Tarkemmat rakennetyypit löytyvät liitteenä (liite 1).

Alla vielä taulukko, jossa vertaillaan vanhan ja uuden ehdotetun rakenteen U-arvoja.

Taulukko 9. Vanhojen ja uusien rakenteiden vertailua

Rakennetyyppi	Vanha U-arvo, W/m ² K	Uusi U-arvo, W/ m ² K	Parannus
YPv	0,34	0,19	44 %
YPu	0,32	0,13 / 0,09	59 / 72 %
US	0,48	0,19	60 %
Kellarin seinä	1,13	0,27	76 %
AP1	0,33	0,33	0,0 %
AP2	0,25	0,25	0,0 %
AP3	0,27	0,27	0,0 %
AP4	0,31	0,31	0,0 %
Kellarin lattia	0,38	0,38	0,0 %

7 KÄYTETYT LÄMMÖNERISTEET

Tässä työssä lisälämmöneristys esitetään suoritettavaksi käyttämällä pääosin Isoverin tuotteita. Mitään erityistä syytä tähän ei ole. Muiden valmistajien vastaavia tuotteita voi kustannus-, saatavuus- tai muista syistä luonnollisesti käyttää.

7.1 Isover FS5+

Isover FS5+ on Isoverin lämpörappauustuotteiden uusien eriste. Sitä käytetään perinteisen paksurappauksen alla lämmöneristeenä. Eristävyydeltään FS5+ on mineraalivillaeristeiden kärkeä. FS5+ on lahoamaton ja hajuton tuote eikä se tarjoa homesienille otollista kasvualustaa. [5.]

Taulukko 10. Isover FS5+ -eristeen tietoja [5]

Lämmönjohtavuus	0,031 W/mK (λ design)
Palo-ominaisuudet	A1 – Europaloluokka
Kuormituskestävyys	5 kPa
Kosteuskäyttäytyminen	Ei hygroskooppinen
Koot	600 x 1200 / 600 x 1500

7.2 Isover KL-32

Isover KL-32 on lämmöneristysominaisuuksiltaan paras kaikista pehmeistä villaeristeistä. Tämä mahdollistaa rakenteen lämmöneristyskyvyn parantamisen paksuutta muuttamatta. KL-32 on lahoamaton ja hajuton tuote eikä se tarjoa homesienille otollista kasvualustaa. [6.]

Taulukko 11. Isover KL-32 –eristeen tietoja [6]

Lämmönjohtavuus	0,032 W/mK (λ design)
Palo-ominaisuudet	A1 – Europaloluokka
Kosteuskäyttäytyminen	Ei hygroskooppinen

7.3 Isover OL-P

Isover OL-P –eristettä käytetään loivien kattojen eristelevynä. OL-P-levyt on uritettu (urat 15*25mm, k 150 mm) ja urat on suojattu urasuojakankaalla. OL-P on lahoamaton ja hajuton tuote eikä se tarjoa homesienille otollista kasvualustaa. [7.]

Taulukko 12. Isover OL-P –eristeen tietoja [7]

Lämmönjohtavuus	0,037 W/mK (λ design)
Palo-ominaisuudet	A2 –s1,d0 – Europaloluokka
Kuormituskestävyys	30 kPa
Dynaaminen jäykkyys	15 MN/m ³
Kosteuskäyttäytyminen	Ei hygroskooppinen
Pinnoite	Urasuojapinnoite: lasihuopa
Korkein käyttölämpötila	200 °C
Paksuus	70 – 190 mm

7.4 Isover OL-TOP

Isover OL-TOP on loivien kattojen pinta- ja pohjaeristelevy, jota käytetään vesikatteen alustana eristeratkaisun päällimmäisenä kerroksena sekä alimmaisena kerroksena teräspoimulevyn päällä höyrynsulun alustana. Lisäksi tuotetta käytetään korjausrakentamisessa vanhan ja uuden katteen laakerointikerroksena. [8.]

Taulukko 13. Isover OL-TOP –eristeen tietoja [8]

Lämmönjohtavuus	0,037 W/mK (λ design)
Palo-ominaisuudet	A2 –s1,d0 – Europaloluokka
Kuormituskestävyys	60 kPa
Dynaaminen jäykkyys	< 20 MN/m ³
Kosteuskäyttäytyminen	Ei hygroσκοoppinen
Pinnoite	Lasihuopa
Korkein käyttölämpötila	200 °C
Paksuus	20 – 120 mm

7.5 Isover Puhallusvilla

Isover Puhallusvilla on lämmöneristyslevyjen leikkauksessa ylijäävistä paloista valmistettua eristettä tai puhallusvillaksi valmistettua ns. valkovillaa, jota käytetään yläpohjien eristämiseen vaakarakenteissa. [9.]

Taulukko 14. Isover Puhallusvilla tietoja [9]

Lämmönjohtavuus	0,041 W/mK (λ design)
Palo-ominaisuudet	A1 – Europaloluokka
Korkein käyttölämpötila	200 °C

7.6 Finnfoam CW-300

Finnfoam CW-300 –eriste on kehitetty varta vasten kellarin seinien ulkopuoliseen eristykseen. Se toimii erittäin tehokkaana lämmöneristeenä sekä vedenpaine-eristeenä. Rakenne on VTT:llä sertifioitu. Eristeessä on uria sekä sisä- että ulkopuolella, jotta molemmista suunnista eristeeseen mahdollisesti tiivistyvä kosteus pääsee valumaan alas aina salaojiin asti. [10.]

Taulukko 15. Finnfoam CW-300 –eristeen tietoja [11]

Lämmönjohtavuus	0,037 W/mK (λ design)
Palo-ominaisuudet	F – Europaloluokka
Koko	2500 x 600 x 100
Reunamuoto	Täyspontti
Pitkäaikainen puristuslujuus	150 kPa
Kapillaarisuus	0
Vesihöyrynläpäisevyys	$< 1,5 \times 10^{-12}$ kg/msPa
Käyttölämpötila	-150...+75

8 TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET

Laskelmissa on käytetty apuna Haahtelan Talonrakennuksen kustannustieto 2011 –kirjaa [12] sekä RT-kortistosta Ratu-käsikirjoja Rakennustöiden menekit 2010 [13] ja Aikataulukirja 2013 [14]. Rakennuskustannusindeksin korjauskertoimenä vuodesta 2011 vuoden 2013 helmikuuhun on käytetty arvoa 1,024 (102,4 %).

Hinta-arviot ovat suuntaa-antavia. Tarkkuusaste on kuitenkin sitä luokkaa, että toimenpiteen kannattavuuden voi arvioida. Kustannuksissa ei ole laskettu lainkaan pintatöitä tai vesikatottoita (paitsi harjakattomuutostöissä), koska perusparannusremontin yhteydessä kyseiset rakennusosat kunnostetaan tai uusitaan joka tapauksessa. Myöskään maatöitä ei ole huomioitu. Kustannukset on siis pyritty laskemaan vain energiaparannusten kannattavuuden näkökohdasta. Hinnat ovat ALV 24 %.

Taulukko 16. Pelkistetty kustannuslaskentataulukko

Toimenpide	Työt, €	Materiaalit, €	Yhteensä €
Tasakaton muuttaminen harjakatoksi	169 900		169 900
Yläpohjien lisäeristäminen 1	26 105	94 966	121 071
Yläpohjien lisäeristäminen 2	14 233	42644	56 877
Ulkoseinien lisäeristäminen	259 520		259 520
Kellarin seinien lisäeristäminen	1606	2029	3635
Yhteensä		Tasakatto: Harjakatto:	384 225 489 632

Yläpohjien lisäeristäminen 1: uuden puolen tasakatto säilytetään.

Yläpohjien lisäeristäminen 2: uuden puolen tasakatto muutetaan harjakatoksi.

Tarkemmin eritelty kustannuslaskentataulukko on liitteenä (liite 2).

9 TOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUS

9.1 Säästö lämmitysenergian kustannuksissa

Alla olevassa taulukossa on eritelty eri rakennusosien lisäeristämällä saavutettavat vuosittaiset säästöt. Energian hintoina on käytetty 10, 20 ja 30 snt/kWh, koska lämpöenergian hinta muuttuu jatkuvasti. Näin saadaan vertailukelpoisia arvoja myös tulevaisuuteen.

Taulukko 17. Lisäeristämällä saavutettavat vuosittaiset säästöt

Rakennusosa	Johtumishäviöt, MWh/vuosi		Säästöt (1000 €/vuosi), kun lämpöenergian hinta		
	Vanha	Uusi	10 snt/kWh	20 snt/kWh	30 snt/kWh
YPv	93,7	52,4	4,1	8,3	12,4
YPu tasa	83,5	33,9	5,0	9,9	14,9
YPu harja	83,5	23,5	6,0	12,0	18,0
US	119,8	47,4	7,2	14,5	21,7
Kellarin US	29,6	12,8	1,7	3,4	5,0
AP1	84,4	84,4	0,0	0,0	0,0
AP2	16,6	16,6	0,0	0,0	0,0
AP3	9,2	9,2	0,0	0,0	0,0
AP4	1,4	1,4	0,0	0,0	0,0
Kellarin AP	9,6	9,6	0,0	0,0	0,0
Yhteensä tasa/harja	440,6	267,7/257,3	18,0/19,1	36,0/38,1	54,0/57,2

9.2 Käyttömukavuus

Lisäeristämällä saavutetaan myös käyttömukavuuteen vaikuttavia parannuksia. Rakenteiden sisäpinnat eivät ole enää niin kylmiä, eivätkä aiheuta niin voimakasta vedon tunnetta huoneen käyttäjälle. Vedon tunteen häviämisen seurauksena huonelämpötiloja voidaan mahdollisesti hieman laskea ilman että käyttäjä edes aistii muutosta. Tästä on seurauksena luonnollisesti lisäsäästöjä lämmityskuluissa.

9.3 Kannattavuuden arviointi

Kannattavuutta pyrittiin arvioimaan vain energiakorjauksen näkökulmasta. Tämä on hankalaa, koska tällaisessa mittavassa perusparannushankkeessa toimenpiteiden suora jaottelu niin, että mikä toimenpide tehdään vain energiatehokkuuden parantamisen takia ja mikä tehtäisiin joka tapauksessa on vaikeaa, jopa mahdotonta.

Tästä syystä takaisinmaksuaika on laskettu yksinkertaistettuna, eikä esimerkiksi kunnossapitotoimia tai rahoituksen hintaa ole otettu huomioon. Käytetty kaava on

$$T = K/S \quad (v) \quad (9)$$

T = toimenpiteen takaisinmaksuaika, v

K = toimenpiteen kustannus, €

S = toimenpiteen aikaansaama energiansäästö vuodessa, €

Taulukko 18. Kannattavuuden arviointi

Toimenpide	Rakennuskus- tannukset, 1000 €	Säästöt 1000 €/v, kun lämpö- energian hinta /kWh			Takaisinmaksu- aika, vuotta
		10 snt	20 snt	30 snt	
YP 1	121,1	5,0	9,9	14,9	24,2 / 12,2 / 8,1
YP 2	226,5	6,0	12,0	18,0	37,8 / 18,9 / 12,6
YP 2.1	56,9	6,0	12,0	18,0	9,5 / 4,7 / 3,2
US 1	259,5	7,2	14,5	21,7	36,0 / 17,9 / 12,0
US 2	85,6	7,2	14,5	21,7	11,9 / 5,9 / 3,9
Kellarin US	3,6	1,7	3,4	5,0	2,1 / 1,1 / 0,7
AP	0	0	0	0	0

YP 1: uuden puolen tasakatto jätetään

YP 2: uuden puolen tasakatto muutetaan harjakatoksi,
energiakorjaukset sekä muutostyöt

YP 2.1: uuden puolen tasakatto muutetaan harjakatoksi,
vain energiakorjausten osuus

US 1: lämpörappauksen kokonaishinta

US 2: lämpörappauksen energiakorjauksen osuus, joka on noin kolmannes
kokonaiskustannuksesta

10 YHTEENVETO

Insinööriyön lähtökohtana oli selvittää, millaisia energiatehokkuutta parantavia rakenneteknisiä muutoksia Kangaslammin kouluun on järkevä suorittaa tulevaisuudessa tehtävän laajan perusparannusremontin yhteydessä. Työssä ilmeni, että johtumislämpöhäviöitä pienentäviä muutostöitä on järkevä suorittaa yläpohjiin ja ulkoseiniin. Alapohjiin muutostöitä ei ole järkevää tehdä.

Vanhan puolen yläpohjien vanhat eristeet vaihdetaan nykyaikaisempiin, paremman lämmöneristyskyvyn omaaviin eristeisiin. Mikäli kattorakenne sallii, kannattaa eristekerroksen paksuutta kasvattaa. Kattorakennetta ei kannata korottaa, koska se on toimenpiteenä kallis operaatio ja yli kaksinkertaistaisi vanhan puolen lisäeristämisestä syntyvät rakennuskustannukset.

Uuden puolen yläpohjiin on mahdollista valita kahden toimenpiteen välillä; joko vanha tasakatto lisäeristetään tai muutetaan kattorakenne harjakatoksi. Tasakattoratkaisuun päädyttäessä lisäeristetään katto Siporex-laatan päälle asennettavalla 150 mm eristekerroksella. Villakerrosten tuulettuvuudesta on varmistuttava, jotta rakenne on toimiva. Harjakattoratkaisussa järkevin lisäeriste on puhallusvilla, jota laitetaan Siporex-laatan päälle 300 mm. Harjakatto on rakenteena toimintavarmempi ja huolettomampi kuin tasakatto, ja tässä tapauksessa suositeltavampi kattorakenne tasakaton kosteusteknisten riskien vuoksi.

Ulkoseiniin pohdittiin seuraavia toimenpiteitä; sisäpuolinen lisäeristäminen, ulkopuolinen lisäeristäminen uudella julkisivulevytyksellä sekä lämpörappaus. Ulkopuolinen lisäeristäminen ja uusi julkisivulevytyks unohdettiin ensimmäisenä selvästi korkeimman hintansa vuoksi. Sisäpuolinen lisäeristäminen oli pitkään ensimmäinen vaihtoehto halvimman hintansa vuoksi, mutta sen aiheuttamien lisätöiden, kuten pattereiden, putkistojen, varusteiden ja muiden ulkoseinillä sijaitsevan tekniikan siirtäminen sekä huonealojen pienenemisen vuoksi sekin ajatus hylättiin. Parhaaksi korjausvaihtoehdoksi valikoitui siis lämpörappauksen tekeminen. Eristekerrokseksi valittiin 100 mm, koska hintaero 50 mm ja 100 mm välillä on todella pieni ja tehokkaampi eristys maksaa itsensä hetkessä takaisin. Selvästi suurin osa lämpörappauksen hinnasta muodostuu itse rappauksen teosta.

Alapohjiin tehtävät laajat energiaremontit olisivat maksaneet ainakin miljoona euroa, joten ajatus alapohjien lisäeristämisestä hylättiin välittömästi.

Tämä insinööri työ tehtiin Iisalmen kaupungin teknisen keskuksen tilapalvelun käyttöön. Toivottavasti työstä on hyötyä Kangaslammin koulun perusparannusremonttia suunniteltaessa. Työ on käytännössä katsoen täysin itsenäisen pohdinnan tulos, yhden ihmisen näkemys asiasta. Työtä kohtaan saa ja pitääkin olla kriittinen.

LÄHTEET

- 1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta – ohjeet D5 (luonnos 14.3.2012), Helsinki.: Rakennustieto säätiö 2012
- 2 Sisäilmayhdistys ry, fysikaaliset tekijät, lämpötila. [WWW-dokumentti] <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/fysikaaliset_tekijat> (Luettu 18.2.2013)
- 3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten energiatehokkuus – määräykset ja ohjeet D3 (2012), Helsinki: Rakennustietosäätiö 2011
- 4 Motiva, kulutuksen normitus, laskukaava, lämmin käyttövesi. [WWW-dokumentti] <http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi> (Luettu 13.3.2013)
- 5 Isover, FS5+-tuotesivu. [WWW-dokumentti] <<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/rappauseristeet/2572/isover-fs5->> (Luettu 6.4.2013)
- 6 Isover, KL-32-tuotesivu. [WWW-dokumentti] <<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/kevyet-rakennuseristeet/2576/isover-kl-32>> (Luettu 6.4.2013)
- 7 Isover, OL-P-tuotesivu. [WWW-dokumentti] <<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/loivien-kattojen-eristeet/2525/isover-ol-p>> (Luettu 6.4.2013)
- 8 Isover, OL-TOP-tuotesivu. [WWW-dokumentti] <<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/loivien-kattojen-eristeet/2526/isover-ol-top>> (Luettu 6.4.2013)
- 9 Isover, Puhallusvilla-tuotesivu. [WWW-dokumentti] <<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/puhallusvilla/2536/isover-puhallusvilla>> (Luettu 6.4.2013)
- 10 Finnfoam, CW-300-tuotesivu. [WWW-dokumentti] <<http://www.finnfoam.fi/index.php?page=0c504679d1ec7cf372d20b500d81f76>> (Luettu 6.4.2013)

- 11 Finnfoam, eristeiden ominaisuudet. [WWW-dokumentti] <<http://www.finnfoam.fi/index.php?page=570949e45427056fa57ecbb35797e44>>
(Luettu 6.4.2013)
- 12 Hahtela, Yrjänä & Kiiras, Juhani, Talonrakennuksen kustannustieto 2011, Tampere: Hahtela-kehitys Oy, 2011. ISBN 978-952-5403-19-0
- 13 Rakennustöiden menekit 2010, Ratu KI-6017, Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö 2009.
- 14 Aikataulukirja 2013, Ratu KI-6023, Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö 2012.

Kohde: Kangaslammin koulu

RAKENNETYYYPIT

Nykyiset rakenteet

Yläpohjat

- YP1 Vanhan puolen yläpohjat yleensä
- YP2 Vanhan voimistelusalin ja näyttöman yläpohjat
- YP3 Asunnon ja porrashuoneen yläpohjat
- YP4 Uuden puolen yläpohjat

Ulkoseinät

- US Ulkoseinät yleensä

Uudet rakenteet

Yläpohjat

- YP1 Vanhan puolen yläpohjat yleensä
- YP2 Vanhan puolen betoniset yläpohjat
- YP3 Uuden puolen yläpohjat, tasakatto
- YP4 Uuden puolen yläpohjat, harjakatto

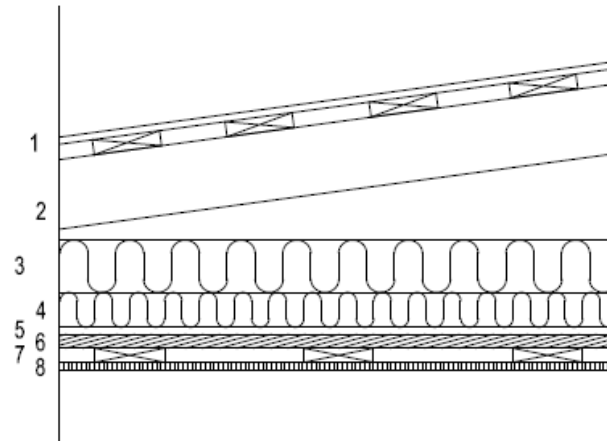
Ulkoseinät

- US1 Ulkoseinät yleensä
- US2 Kellarin ulkoseinät

Laastija Joono Räsänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP1	
Rakennetyypin nimi Puiset yläpohjat				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



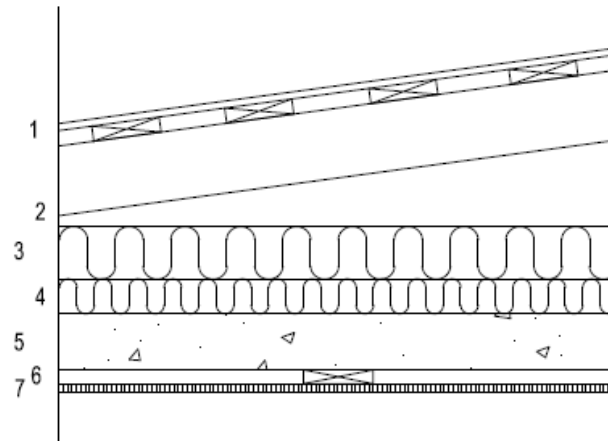
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | Vesikate alusrakenteineen |
| | 2 | Ullakotila |
| 75 mm | 3 | Puisten kattotuoliristikoiden välissä voimapaperiin ommeltu 3" vuorivillamatto, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| 50 mm | 4 | 2" vuorivillalevy, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| | 5 | Alumiinipaperi |
| ~20 mm | 6 | Laudoitus |
| ~20 mm | 7 | Rimoitus k/k 30 cm |
| ~13 mm | 8 | Rei'itetty 1/2" Kipsonit-levy |

U-arvo: 0.34 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP2	
Rakennetyypin nimi Vanhan voimistelusalin ja näyttämön yläpohjat				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



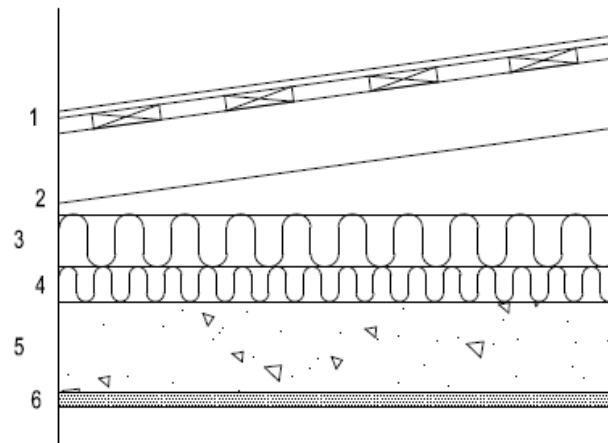
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | Vesikate alusrakenteineen |
| | 2 | Ullakkotila |
| 75 mm | 3 | Voimapaperiin ommeltu 3" vuorivillamatto, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| 50 mm | 4 | 2" vuorivillalevy, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| ~80 mm | 5 | Kantava laatta |
| ~20 mm | 6 | Rimoitus |
| ~13 mm | 7 | 1/2" rei'itetty Kipsonit-levy |

U-arvo: 0.36 W/m² K

Laatija Joono Räsänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP3	
Rakennetyypin nimi Asunnon ja porrashuoneen yläpohjat				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



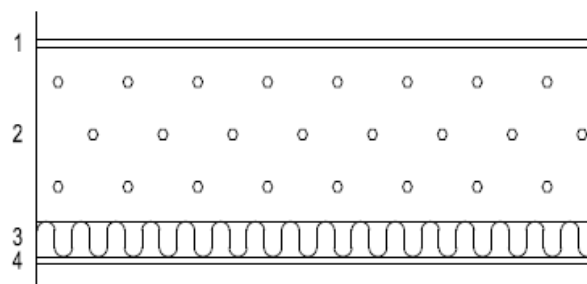
- | | | |
|---------|---|--|
| | 1 | Vesikate alusrakenteeseen |
| | 2 | Ullakotila |
| 75 mm | 3 | Voimapaperiin ommeltu 3" vuorivillamatto, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| 50 mm | 4 | 2" vuorivillalevy, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| ~130 mm | 5 | Kantava laatta |
| | 6 | Rappaus |

U-arvo: 0.35 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP4	
Rakennetyypin nimi Siporex yläpohjat				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



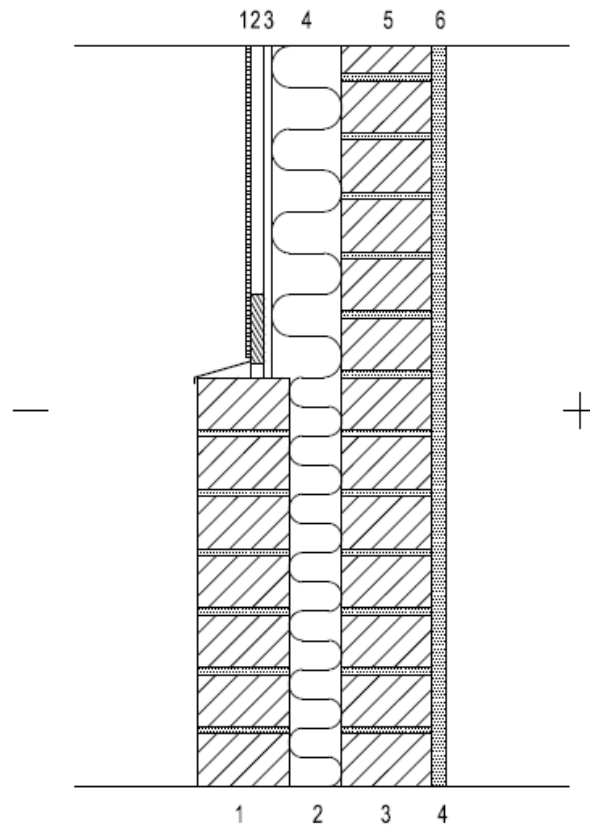
- | | | |
|--------|---|---|
| | 1 | Huopakate |
| 250 mm | 2 | Siporex-kattoelementti, $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$ |
| 50 mm | 3 | Mineraalivilla, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| | 4 | Pinnoite |

U-arvo: 0.32 W/m² K

Laatija Joono Räsänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus US	
Rakennetyypin nimi Ulkoseinät yleensä				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



Seinärakenne vanhan puolen ikkunavesipenkin yläpuolella:

7 mm	1	Luonnonväriinen sileä Minerit-levy
20 mm	2	Rimoitukset 2 + 2 cm
	3	Alumiinipaperi
100 mm	4	Sisämuuraukseen ankkuroitu koolaus 2" x 4", välissä 4" vuorivillalevy
130 mm	5	Harvareikätiili
	6	Rappaus

U-arvo: 0.44 W/m² K

Seinärakenne ikkunavesipenkin alapuolella ja yleensä:

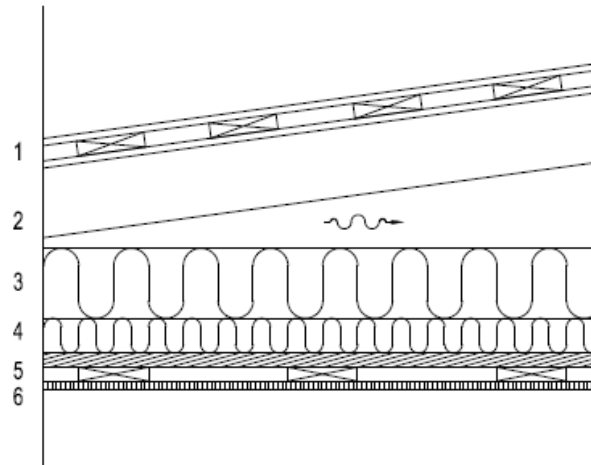
130 mm	1	Puhtaaksi muurattu tehdasvalikoitu harvareikätiili
75 mm	2	Vuorivillalevy 3"
130 mm	3	Harvareikätiili
	4	Rappaus

U-arvo: 0.50 W/m² KYhdistetty U-arvo: 0.48 W/m² K

Laastija Joono Räsänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero		Rakennetyypin tunnus	
Rakennetyypin nimi Vanhan puolen yläpohjat yleensä	115		YP1	

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



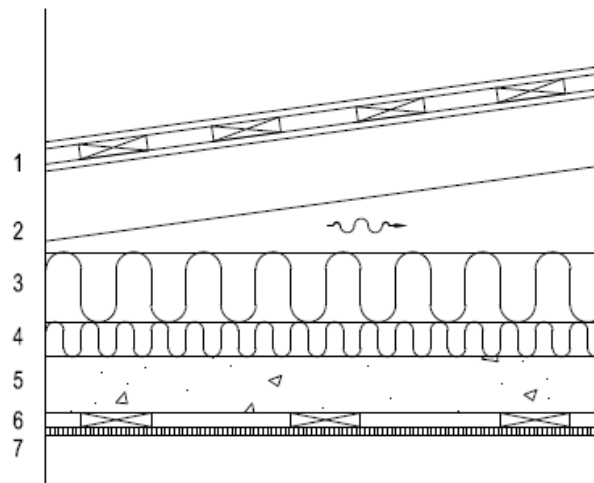
- | | | |
|---------|---|--|
| | 1 | Vesikate aluskatteineen |
| | 2 | Tuulettuva ilmatila |
| ~100 mm | 4 | Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031$ W/mK.
Villaa niin paljon kuin mahtuu ilman että yläpohjan tuulettuvuus heikkenee. |
| 50 mm | 4 | Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031$ W/mK. |
| 44 mm | 5 | Vanha rakenne: Laudoitus ja rimoitus |
| 13 mm | 6 | Pintamateriaali |

U-arvo: 0.19 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP2	
Rakennetyypin nimi Vanhan puolen betoniset yläpohjat				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



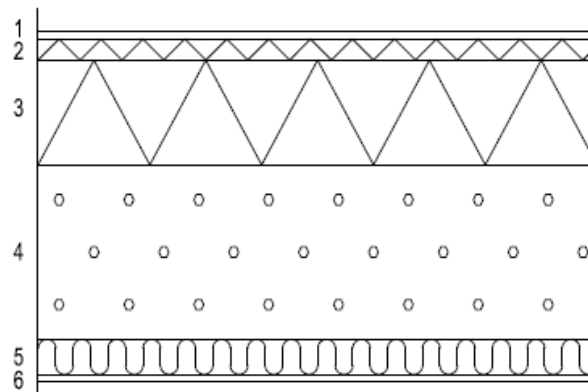
- | | | |
|---------|---|--|
| | 1 | Vesikate aluskatteineen |
| | 2 | Tuulettuva ilmatila |
| ~100 mm | 3 | Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031$ W/mK.
Villaa niin paljon kuin mahtuu ilman että yläpohjan tuulettuvuus heikkenee. |
| 50 mm | 4 | Mineraalivilla, ISOVER KL-32, $\lambda = 0,031$ W/mK. |
| | 5 | Vanha rakenne: Kantava laatta |
| 22 mm | 5 | Vanha rakenne: Rimoitus |
| 13 mm | 6 | Pintamateriaali |

U-arvo: 0.20 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP3	
Rakennetyypin nimi Uuden puolen yläpohjat, tasakatto				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



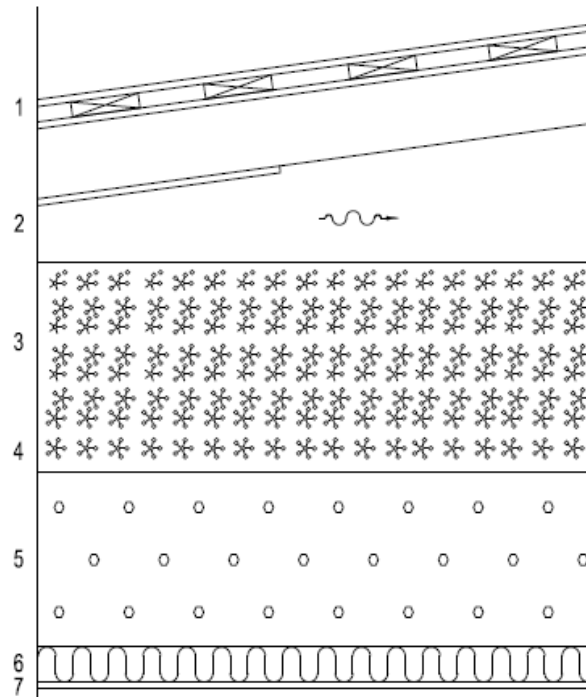
	1	Vedeneristekermi
30 mm	2	Laakerivillakerros, ISOVER OL-TOP, $\lambda = 0,037$ W/mK
150 mm	3	Lämmöneristys, ISOVER OL-P, $\lambda = 0,037$ W/mK
250 mm	5	Vanha rakenne: Siporex-kattoelementti, $\lambda = 0,12$ W/mK
50 mm	6	Vanha rakenne: Mineraalivilla, $\lambda = 0,055$ W/mK
	7	Pinnoite

U-arvo: 0.13 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus YP4	
Rakennetyypin nimi Uuden puolen yläpohjat, harjakatto				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



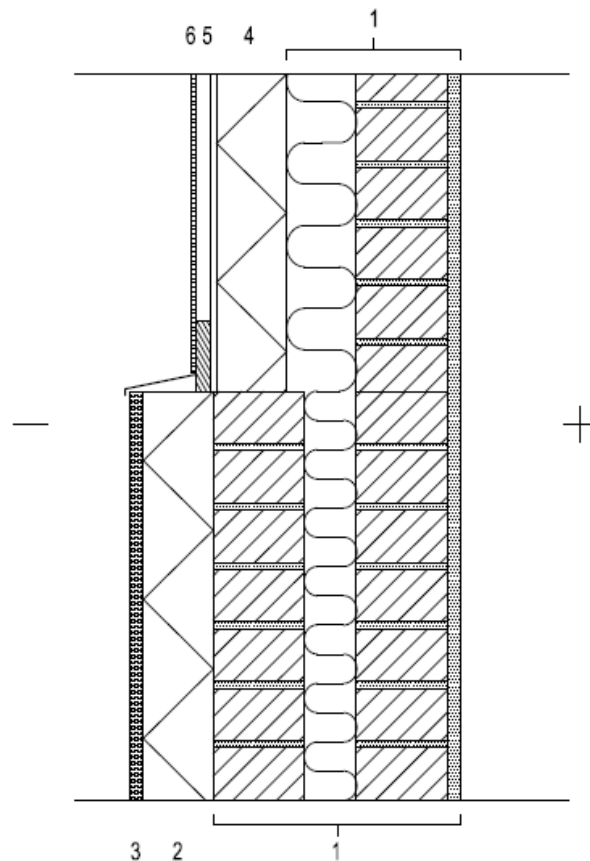
- | | | |
|--------|---|---|
| | 1 | Vesikate aluskatteineen |
| | 2 | Tuulettuva tila |
| 300 mm | 3 | Puhallusvilla, $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$.
Puhallus kerroksittain, kerrosvahvuus ~150 mm
Tuulenhajaimet reuna-alueilla |
| 250 mm | 4 | Vanha rakenne: Siporex-kattoelementti, $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$ |
| 50 mm | 5 | Vanha rakenne: Mineraalivilla, $\lambda = 0,055 \text{ W/mK}$ |
| | 6 | Pinnoite |

U-arvo: 0,09 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus US1	
Rakennetyypin nimi Ulkoseinät yleensä				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



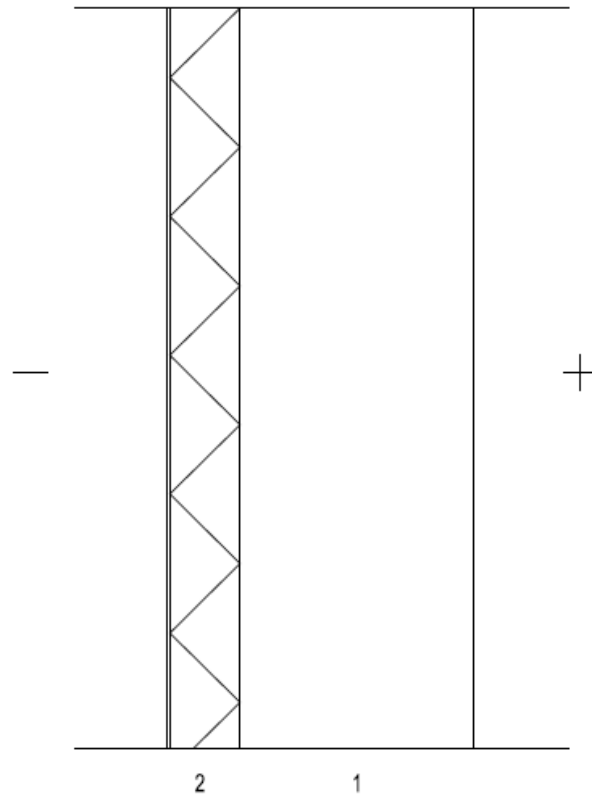
- | | | |
|---|---|---|
| | 1 | Vanha rakenne |
| 100 mm | 2 | Lisälämmöneristys, rappausvilla 100mm, Isover FS5+, $\lambda = 0,031$ W/mK
Mekaaninen kiinnitys alustaan, kiinnikkeiden määrä noin 6 kpl/m ²
Kovan villa alla ohut suikale pehmeää villaa, joka täyttää alustan epätasaisuudet |
| 20 mm | 3 | Kolmikerrosrappaus, esim. Weber SerpoRoc. Vahvikkeena sinkitty teräsverkko. |
| Vanhan puolen ikkunavesipenkin yläpuolella: | | |
| 100 mm | 4 | Lisälämmöneristys, kova mineraalivilla 100mm, Isover FS5+, $\lambda = 0,031$ W/mK
Mekaaninen kiinnitys alustaan, kiinnikkeiden määrä noin 6 kpl/m ² |
| 13 mm | 5 | Ristikoolaus, tuuletusväli |
| 13 mm | 6 | Julkisivulevytys |

U-arvo: 0.19 W/m² K

Laatija Joona Räisänen	Hyväksyjä	Päiväys 4.4.2013	Sivu	Muutos
Rakennuskohde Kangaslammin koulu	Työn numero 115		Rakennetyypin tunnus US2	
Rakennetyypin nimi Kellarin ulkoseinät				

Rakennetyypin kuvaus (piirros ja selostus)

Mittakaava 1:10



- 100 mm
- 1 Vanha rakenne
 - 2 Lämmön- ja kosteudeneriste Finnfoam CW-300. $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$.
Kiinnitys seinään butyyliteipillä. Saumat tiivistetään butyylimassalla.
Maan alapuolinen osa suojataan suodatinkankaalla, yläpuolinen osa ohutrapataan.

U-arvo: 0.27 W/m² K

