

Henri Laine
Solulasi alapohjassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

1.12.2015

Tekijä Otsikko	Henri Laine Solulasi alapohjassa
Sivumäärä Aika	42 sivua + 7 liitettä 1.12.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori, Arkkitehti, Kaisa Hyyti Myynti-insinööri, Niklas Nordström
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli perehtyä solulasiin materiaalina sekä tutkia sen käyttömahdollisuuksia betonirakenteiden korvaajana alapohjassa. Työssä keskityttiin maanvaraiseen laattaan ja kosteiden tilojen pintalaattaan.</p> <p>Työ koostuu neljästä osiosta, joista ensimmäisessä perehdytään solulasiin materiaalina. Toisessa osiossa käsitellään solulasin tartuntavetolujuus- ja pistekuormitustestejä, jotka suoritettiin osana tätä työtä. Kolmannessa osiossa tutkitaan ja verrataan betonirakenteita suhteessa solulasista toteutettuihin rakenteisiin. Viimeisessä osiossa tutustutaan esimerkkikohteeseen ja pureudutaan solulasin asennukseen.</p> <p>Yhteenvetona voidaan todeta, että solulasi on rakennusfysikaalisilta ominaisuuksiltaan varteenotettava vaihtoehto betonirakenteille alapohjassa. Lisäksi voidaan todeta solulasin olevan materiaaleista ympäristöystävällisempi, mutta samalla myös hintavampi.</p>	
Avainsanat	Solulasi, alapohja, maanvarainen laatta, pintalaatta

Author Title	Henri Laine Cellular Glass in the Base Floor
Number of Pages Date	42 pages + 7 appendices 1 December 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructors	Kaisa Hyyti, Senior Lecturer, Architect Niklas Nordström, Sales Engineer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to familiarize with cellular glass as a material and examine its utilization in the base floor. The objective was to find structures made of cellular glass that could replace concrete structures. The main focus was on the base slab and on the surface slab used in wet and damp premises.</p> <p>The thesis is divided into four sections. In the first section, cellular glass as a material is examined. The second section contains point load and tensile strength tests, which were conducted as a part of this thesis. The third section consists of the examination and comparison of the cellular glass and concrete structures. The last section describes the installation of cellular glass and introduces the installation site.</p> <p>As a conclusion, it can be stated that cellular glass, based on its technical features, is a worthy alternative for concrete structures in the base floor. It can also be stated that cellular glass is a more environmentally-friendly material than concrete, but it is also considerably more expensive.</p>	
Keywords	Cellular glass, base floor, base slab, surface slab

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Solulasi	2
2.1	Historia	2
2.2	Valmistus	3
2.3	Käyttö	5
2.4	Ominaisuudet	5
2.5	Asennus	7
2.6	Elinkaari ja ympäristöystävällisyys	8
3	Laboratoriokokeet	10
3.1	Koetavoitteet ja -kohteet	10
3.2	Koejärjestelyt ja -olosuhteet	13
3.2.1	Pistekuormitus	14
3.2.2	Tartuntavetolujuus	16
3.3	Yhteenveto	19
4	Solulasi alapohjassa	19
4.1	Betonirakenteet	20
4.1.1	Betonin rakenne ja ominaispiirteitä	20
4.1.2	Maanvarainen laatta	21
4.1.3	Pintabetonilaatta	21
4.2	Solulasirakenteet	22
4.2.1	Foamglas Koljern -elementti	22
4.2.2	Kosteiden tilojen pintalaatta	24
4.3	Vertailu	25
4.4	Yhteenveto	27
5	Esimerkkikohde	28
5.1	Tausta	28
5.1.1	Suunnitelma	31
5.1.2	Asennus	33
5.1.3	Lopputulos ja havainnot	37
6	Johtopäätökset	39

Liitteet

Liite 1. Ilmaääneneristävyysskoe; Foamglas

Liite 2. Ecological assessment; Foamglas

Liite 3. Tuotetakuutodistus; Foamglas

Liite 4. Natureplus–sertifikaatti; Foamglas

Liite 5. Laadunvalvontasuunnitelmakaavakkeet; Foamglas

Liite 6. Pistekuormitustestiraportit

Liite 7. Suoritustasoilmoitus; Foamglas S3

Lyhenteet

EPS Paisutettu polystyreeni

PUR Polyuretaani

XPS Suulakepuristettu polystyreeni

1 Johdanto

Insinööriyön aihe kirposi halusta käyttää solulasia vanhempieni kesällä 2015 rakennetussa rantasaunassa Rymättylässä. Rantasauna on pinta-alaltaan 35 m² ja se koostuu kuistista, tuvasta, löylyhuoneesta ja yhdistetystä pesu- ja pukuhuoneesta. Solulasieristys asennettiin kosteiden tilojen lattian alle. Solulasista käytetään myös nimeä vaahtolasi, ja sitä on käytetty maailmalla jo 1930-luvulta lähtien. Suomessa solulasin käyttö on ollut vähäistä ja keskittynyt maanrakennustuotteisiin.

Insinööriyö tehtiin yhteistyössä Foamglas Nordic Ab:n kanssa. Foamglas valmistaa ja tuo maahan levymäisiä solulasieristeitä. Työssä perehdytään nimenomaan Foamglas-solulasieristeiden käyttöön.

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia solulasin käyttömahdollisuuksia betonirakenteiden korvaajana alapohjassa ja perehtyä itse materiaaliin ja sen asennukseen. Solulasin monipuoliset ominaisuudet tekevät siitä varteenotettavan vaihtoehdon betonille. Työssä keskitytään maanvaraiseen laattaan ja kosteiden tilojen pintalaattaan ja vertaillaan betonista ja solulasista tehtyjä ratkaisuja keskenään.

Insinööriyöhön kuuluu laboratoriokoeosio, jossa testattiin sementtipohjaisten tasoitteiden, vedeneristeen, sekä saneerauslaastin tarttuvuutta solulasiin sekä solulasilaattojen pistekuormankestävyyttä erilaisin pintarakentein. Kokeet suoritettiin Metropolian rakennetekniikan laboratoriossa. Kokeissa haluttiin selvittää, kestäkö rakenne, jossa solulasin päällä on pelkästään vedeneriste, saneerauslaasti ja klinkkerilaatat riittävästi pistekuormaa, ja toisaalta pysyykö vedeneriste ja sementtipohjainen tasoite kuivessaan ja kutistuessaan kiinni solulasissa. Näin meneteltiin ensinnäkin siksi, että Foamglas suosittelee laatoitettavissa tiloissa solulasin päällä käytettävän ohutta, pistekuormankestävyyttä lisäävää tasoitekerrosta. Toiseksi, Foamglas ei suosittele paksumman tasoitekerroksen käyttämistä johtuen sen suuremmasta kutistumisesta, joka voi aiheuttaa tasoitteen irtoamisen solulasista. Ajatuksena siis oli, että vedeneristys ja laatoitus voitaisiin tehdä suoraan solulasin päälle samalla tavoin kuin betonilaatassa.

Työssä tutustutaan lisäksi solulasin asennukseen käytännön kautta esimerkkikohteessa Rymättylässä. Solulasin asentaminen on tavanomaista

eristeasennusta haastavampaa, koska solulasilaatat liimataan alustaan ja toisiinsa kiinni kylmä- tai kuumabitumilla. Kuumabitumitöihin vaaditaan tulityökortti ja kylmäbitumin kohdalla haasteena on bitumiliiman lyhyehkö työstettävyyssäikä.

2 Solulasi

Solulasi on pääosin kierrätyslasista valmistettu vesihöyryä läpäisemätön lämmöneriste. Se sisältää suuren määrän pieniä, tasaisesti jakautuneita suljettuja kaasukuplia. Solulasin tilavuudesta suurin osa koostuu kaasukuplista, joihin myös lämmöneristävyys perustuu. [1.]



Kuva 1, Foamglas Block S3

Solulasin merkittävimpinä ominaisuuksina voidaan pitää suurta puristuslujuutta, vesihöyrytiiveyttä, pitkäikäisyyttä ja ympäristöystävällisyyttä. Solulasin heikkouksia ovat hauras rakenne ja huono iskunkestävyys, sekä korkea hinta muihin eristeisiin ja betoniin verrattuna. Edullisimmillaan solulasi maksaa arvonlisäveroineen 396,80 € / m³. XPS-eristeen hinta Starkilla on 189 € / m³ ja mineraalivillan 105 € / m³. Eri eristeiden ominaisuudet kuitenkin vaihtelevat suuresti ja lisäksi eristelaatuja on kaikilla valmistajilla useampia. Hinnat eivät siis suoraan ole vertailukelpoisia, etenkin jos eristeen elinkaari otetaan huomioon. [1., 10.]

2.1 Historia

Foamglas-solulasieristeen valmistus alkoi vuonna 1937 Yhdysvalloissa. Kaksi johtavaa lasituotevalmistajaa, Pittsburgh Plate Glas ja Corning Glass Company perustivat Pittsburgh Corner Corporationin valmistamaan solulasieristettä. Vuonna 1962

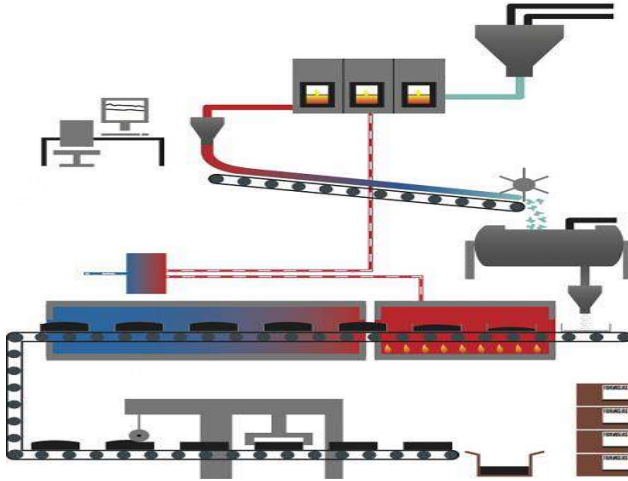
perustettiin tytäryhtiö Eurooppaan ja ensimmäinen tuotantolaitos Euroopassa avattiin Belgiassa vuonna 1964. Vuonna 2000 aloitettiin tuotanto myös Tsekin tasavallassa. [1., 2.]

2.2 Valmistus

Foamglas-eristeitä valmistetaan neljää eri lujuuutta. Lujin versio eristää lämpöä huonoiten ja heikoin versio parhaiten. Laattoja valmistetaan pinnoittamattomana ja pinnoitettuna. Pinnoite sulkee solulasin pinnassa olevat leikatut solut ja suojaa materiaalia mekaaniselta rasitukselta. Pinnoitekerros koostuu bitumista ja katkokuidusta. Pinnoittamattomien solulasilaattojen koko on 450 mm × 600 mm ja pinnoitettujen 1200 mm × 600 mm. Levyjen paksuus vaihtelee välillä 40 mm – 180 mm. Loivia kattoja ja tasakattoja varten laattoja valmistetaan myös valmiiksi kallistettuina. Eristettä on saatavana myös sokkelin alle lämpökatkoksi tarkoitettuina laattoina, joiden pituus on 450 mm, leveys 90 mm – 365 mm ja paksuus 50 mm – 120 mm. Lisäksi valmistetaan kulmalistoja ja kaarevia putkieristeitä. [1.]

Foamglas-eristeen valmistusprosessi koostuu kahdestatoista eri tuotannon vaiheesta. Esimerkiksi XPS- ja PUR-eristeiden valmistusprosessissa eri tuotannon vaiheita on 48 kpl. Solulasin valmistus vaatii vähemmän energiaa kuin näiden muovipohjaisten eristeiden valmistus. Tuotantolaitoksissa on lämpöenergian talteenottolaitteistot, mikä osaltaan laskee valmistukseen käytettyä energiamäärää. [Liite 2].

Foamglas-eristeen valmistus alkaa raaka-aineiden annostelusta ja sekoituksesta. Seos sisältää puhdistettua kierrätyslasia, maasälpää, natriumkarbonaattia, rautaoksidia, mangaanioksidia, natriumsulfaattia ja natriumnitraattia. Kierrätyslasin osuus on 60 - 70 % seoksen painosta. [1.]



Kuva 2, Solulasin valmistusprosessi

Seos kuljetetaan 1250°C:sen sulatusuunin läpi. Tämän jälkeen kuljettimilla jäähtynyt lasimassa ohjataan kuulamylyyn, jossa se jauhetaan hyvin hienoksi jauhoksi ja siihen lisätään pieni määrä hiilijauhetta. Hiilijauhe vaahdottaa seoksen kuumennettaessa ja antaa samalla eristeelle mustan värin. Jauheseos annostellaan teräksisiin muotteihin, joissa se ohjataan 850°C:seen solunmuodostusuuniin. Uunissa materiaaliin kehittyy solumainen rakenne, kun hiili palaessaan muodostaa miljoonia pieniä kaasukuplia seokseen. Tämän jälkeen vuorossa on jäähdytysuuni, jossa jäähdytysprosessia kontrolloidaan lämpöjännitysten ja halkeamien välttämiseksi. [1.]



Kuva 3, Lasimassa tulossa solunmuodostusuunista

Jäähdytyksen jälkeen harkot leikataan oikean kokoisiksi ja hukkapalat palautetaan takaisin kuulamylyyn uudelleenjauhettavaksi. Valmiit laatat pakataan, merkitään ja varastoidaan odottamaan kuljetusta. [1.]

2.3 Käyttö

Solulasia on käytetty lämmöneristeenä niin yläpohjissa, alapohjissa kuin seinärakenteissakin. Palamattomuutensa, korkean sulamispisteensä ja kemikaalinkestävyytensä vuoksi solulasia käytetään paljon myös teollisuudessa. Muita yleisiä käyttökohteita ovat viherkatot, sisäpihat, terassit, kellarinseinät, pysäköintikatot sekä uimahallit ja muut suurelle kosteusrasitukselle alttiit tilat. [1., 18.]

Solulasilla on eristeenä suuri tiheys, noin $100 \text{ kg} / \text{m}^3$, mutta maanrakennuksessa käytettäviin kiviaineksiin verrattuna hyvin pieni. XPS-eristeen tiheys on keskimäärin $36 \text{ kg} / \text{m}^3$ ja soramurskeen noin $1700 \text{ kg} / \text{m}^3$. Solulasia hyödynnetään murskeena maanrakennuksessa, jossa sitä on lämmöneristävyytensä ja keveytensä vuoksi käytetty muun muassa teiden perustuksissa routaeristeenä sekä perustusten keventämisessä painuvalla maaperällä. Solulasimurske on varteenotettava vaihtoehto esimerkiksi kevytsoraperustuksille paremman lämmöneristävyiden ja olemattoman vedenimukyvyn omaavana. [3.]

2.4 Ominaisuudet

Solulasi on lämmöneriste, jolla on lämmöneristävyiden lisäksi myös monia muita ominaisuuksia. Näitä ovat muuan muassa vesihöyrytiiveys, suuri puristuslujuus sekä palamattomuus. Suuri osa ominaisuuksista käy ilmi CE-merkinnän edellyttämästä suoritusasoilmoituksesta, joka perustuu Euroopassa yhteisesti sovittujen testimenetelmien tuloksiin. [Liite7].

Foamglas-eristelaattoja on saatavilla neljää eri tiheyttä, joiden lämmöneristävydet ja puristuslujuudet vaihtelevat. Mitä suurempi laatan tiheys on, sitä suurempi puristuslujuus, mutta samalla sitä huonompi lämmöneristävyys. [1.]

Foamglas-eristeiden lämmönjohtavuus vaihtelee välillä $\lambda = 0,038\text{-}0,058 \text{ W} / (\text{m} \times \text{K})$. Solulasi on täysin kosteutta imemätön eriste eli sen lämmöneristyskyky säilyy muuttumattomana koko sen elinkaaren ajan. Solulasilaatat liimataan toisiinsa kylmä- tai kuumabitumilla, joten ne muodostavat yhtenäisen, vesihöyryä läpäisemättömän ja lämpöä eristävän kokonaisuuden. Ilmakaan ei luonnollisesti pääse tunkeutumaan

solulasin läpi, joten lämpöä ei pääse karkaamaan myöskään ilmavirtausten mukana. Useimmat solulasilaadut toimivat myös radonkatkona. [1.]

Foamglas-eristeiden puristuslujuus vaihtelee välillä 400 – 2750 kPa. Eniten puristusta kestävä Perinsul HL -eriste, joka on tarkoitettu kylmäsiirtokatkoksi esimerkiksi sokkelin ja seinärakenteen väliin. XPS-eristeiden puristuslujuus on 200 - 600 kPa ja keraamisen tiilen 1600 kPa. Betonin puristuslujuus vaihtelee välillä 20 – 50 MPa. Eristeeksi solulasi kestävä siis puristusta hyvin. [1., 4., 7.]

Solulasi on diffuusiotiivis, eli se ei päästä ollenkaan vesihöyryä lävitsensä. Sen diffuusiovastuserroin $\mu > 70000$. Diffuusiovastuserroin kuvaa materiaalin vesihöyrynläpäisevyyden suhdetta ilman vesihöyrynläpäisevyyteen. Solulasilaattojen bitumisauumat ovat myös vesihöyrytiiviit, mikä tekee koko eristekerroksesta tiiviin ja yhtenäisen. Esimerkiksi Foamglas PC 58 -kylmäbitumiliiman diffuusiovastuserroin $\mu > 25000$. Betonin diffuusiovastuserroin on 180 ja EPS-eristelevyn 50. Materiaalin vesihöyrynläpäisevyyttä voidaan kuvata myös vesihöyrypitouuseron avulla. Tällöin käytetään symbolia δ_v , jonka arvo solulasilla on ∞ . [1., 19., 20., Liite 7].

Solulasi on palamaton tuote. Eriste toimii sekä kylmissä, että kuumissa olosuhteissa. Käyttölämpötila-alue on $-265^{\circ}\text{C} - +430^{\circ}\text{C}$. Solulasin sulamislämpötila on reilut 1000°C . Foamglasin tuotteet täyttävät standardin EN 13501-1 Euroclass A1 -vaatimukset, eli ne ovat palamattomia eivätkä muodosta myrkyllisiä höyryjä kuumetessaan. [1., Liite 7].

Lasista valmistettuna materiaalina solulasi kestävä hyvin orgaanisia liuotteita ja lähes kaikkia happoja. Solulasi on epäorgaaninen, tuhoeläinturvallinen materiaali, jonka pinnassa eivät kasva mikrobit tai bakteerit, eikä se myöskään lahoa. [1.]

Solulasi on mittapysyvä materiaali eli se ei kutistu tai turpoa. Sen lämpölaajenemiskerroin on samaa luokkaa teräksen kanssa; $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Solulasi ei kestä kovaa mekaanista kulutusta tai iskuja. Solulasia on helppo leikata käsisahalla ja hioa vaikkapa hiomapaperilla. Sahatessa ja hiotessa on syytä suojautua pölyltä, sillä se voi aiheuttaa ärsytystä. [1.]

Solulasin ääneneristävyysominaisuuksia on tutkittu standardin EN ISO 140-3 mukaisessa ympäristössä. Seinärakenteessa 100 mm:n Foamglas-eristevahvuudella on saavutettu 27 dB:n ilmaääneneristävyys ja yläpohjarakenteessa n. 51 dB. [Liite 1].

2.5 Asennus

Ennen solulasin asentamista on varmistuttava asennusalustan tasaisuudesta. Pinnan tasaisuuden tulisi vastata vähintään puuhierrettyä betonipintaa. Jos solulasi asennetaan maata vasten, tulee sora- tai murskekerros tiivistää huolellisesti. Jos alustassa on yksittäisiä pieniä kohoumia, voidaan solulasiasia hioa kyseisestä kohdasta tasaisemman lopputuloksen varmistamiseksi. Suuremmat epätasaisuudet betonialustassa tulee tasoittaa pintavalulla tai sementtipohjaisella tasoitteella. Ennen asennusta on myös varmistuttava alustan pintakuivuudesta sekä lämpötilasta. Eristettävän pinnan tulee olla kuiva ja lämpötilan vähintään +5°C. Ennen asennusta betonialusta pohjustetaan. Alustalle levitetään harjoilla, telalla tai ruiskuilla ohennettua bitumiliuosta, joka parantaa bitumin tarttuvuutta alustaan. Levitettävän bitumiliuoksen menekki on n. 200 g / m². Eristeeksi korkean painonsa vuoksi solulasilevyt kannattaa siirtää lähelle asennuspaikkaansa jo ennen asennuksen aloittamista. Asennus tulee aloittaa mahdollisimman pitkällä ja suoralla rivillä mahdollisten poikkeamien ja asennustoleranssien aiheuttamien ongelmien ehkäisemiseksi. Laattarivit ja -kerrokset kannattaa limittää keskenään mahdollisimman tasaisen ja tiiviin lopputuloksen saavuttamiseksi. [1.]

Solulasilaattojen asennus aloitetaan kaatamalla kylmä- tai kuumabitumia pohjakäsittellylle alustalle. Bitumiliiman menekki on n. 5 – 7 kg / m². Bitumi levitetään hammastetulla kumilastalla. Laataston reunimmaisten laattojen sivut tulee myös kastaa bitumiin. Näin laataston reunoihin saadaan aikaan vedenpitävä sauma, eikä mahdollinen kosteus pääse jäätyessään vaurioittamaan laatan pinnassa olevia avonaisia soluja. Kastamisen jälkeen solulasilaatta asetetaan levitetyn bitumikerroksen päälle ja työnnetään kiinni reunarakenteeseen tai edelliseen laattaan ja painetaan voimakkaasti esimerkiksi jalalla. Saumoista ylös pursuavat bitumit pyyhitään pois ennen kovettumista. Mikäli laattojen väliin jää rakoja tai aukkoja, tulee ne täyttää bitumilla eristeen päältä siten, että kaikki saumat sulkeutuvat. Jos seuraavaa laattaa ei asenneta heti, tai asennus lopetetaan, tulee laatan ympärille levinnyt bitumi poistaa ennen sen kovettumista. Jos laattakerroksia tulee useampi päällekkäin, tulee myös laattojen väliset vaakasaumat tiivistää bitumilla. Päällekkäiset laatat liimataan siis toisiinsa kiinni. Näin eristekerroksesta tulee yhtenäinen ja solulasin avonaiset solut saadaan suljettua ja kosteuden pääsy eristelaattojen väliin estettyä. Valmiin eristekerroksen päälle jäävät avoimet solut tulee myös sulkea. Kattoja tehdessä tämä

toteutetaan bitumikermein. Vaihtoehtona on myös käyttää Foamglasin valmiiksi pinnoitettuja eristelevyjä, jotka on päällystetty bitumi- ja katkokuitukerroksella. [1.]

Eristelevyjen ja alustan tulee olla asentaessa kuivia, joten asennuksen keskeytyessä ulkotiloissa, tulee asennusalue ja solulasilaatat suojata tarkasti kosteudelta ja jos asennetut laatat suojata joko väliaikaisesti esimerkiksi peitteillä, tai pysyvästi bitumisivellyllä. Foamglas on luonut asennukseen laadunvalvontasuunnitelmakaavakkeet, joiden avulla pyritään minimoimaan mahdolliset työvirheet ja varmistamaan asennuksen sujuvuudesta. [1., Liite 5].

2.6 Elinkaari ja ympäristöystävällisyys

Ympäristöystävällisyyttä arvostetaan rakentamisessa aiempaa enemmän, mikä näkyy myös rakennuslainsäädännössä kiristyneinä energiatehokkuusmääräyksinä. Rakennuksen tai rakenteen ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa energiatehokkuuden lisäksi käytettyjen materiaalien valmistusprosessien energiankulutus ja päästöt, elinkaari sekä kierrätettävyys. Rakennusmateriaalien tulisi toimia ja kestää koko rakenteen suunnitteluiän ajan. Rakenne tulee myös suhteellisesti sitä halvemaksi, mitä kauemmin se kestää. Solulasin käyttöikä oikein asennettuna ja käytettynä on vähintään 50 vuotta. Foamglas antaa eristeillensä 50 vuoden tuotetakuun. [Liite 3]. Solulasia voidaan pitää ekologisenä tuotteena johtuen sen pitkäikäisyydestä, valmistusprosessin energiatehokkuudesta sekä raaka-aineena käytettävästä kierrätysmateriaalista. [Liite 2].

Eristevalmistaja	Eristeen tyyppi	Takuu
Foamglas Nordic AB	Solulasi	50 v
Finfoam Oy	XPS	36 kk tai enintään 10 v
Kingspan Insulation Oy	PUR	10 v

Taulukko 1, Eristeiden takuut

[1., 4., 12.]

Solulasin valmistuksessa käytetyistä aineista mikään ei ole ihmiselle tai ympäristölle vaarallinen. Foamglas-eristeen valmistukseen käytettävän kierrätyslasin hankinnassa pyritään lisäksi minimoimaan kuljetusmatkojen pituus eli kierrätyslasi hankitaan mahdollisimman läheltä tehtaita. Kierrätyslasin keskimääräinen kuljetusmatka on noin 100 km. [17.]

Käytetty solulasieriste on täysin kierrätettävä materiaali eli se voidaan jauhaa takaisin lasijauheeksi ja käyttää uudelleen. Vaihtoehtoisesti sitä voidaan käyttää esimerkiksi maantäyttömateriaalina. Solulasin valmistusprosessissa energiaa kuluu 550 kWh / m³, joka on noin 33 % XPS-eristeen valmistusprosessin energiankulutuksesta. Ekologiset näkökulmat huomioiden solulasia voidaan pitää yhtenä parhaista eristemateriaaleista. [Liite 2].

Eriste	Valmistusprosessin energiankulutus (kWh / m³)	CO² -päästöt (kg / m³)	SO_x -päästöt (kg / m³)	NO_x -päästöt (kg / m³)
Solulasi	550	120	0,03	0,15
XPS	1650	215	1,32	0,50
PUR	1400	150	0.86	0,32
Mineraalivilla	220	55 – 191	0,12 – 0,40	0,12 – 0,42

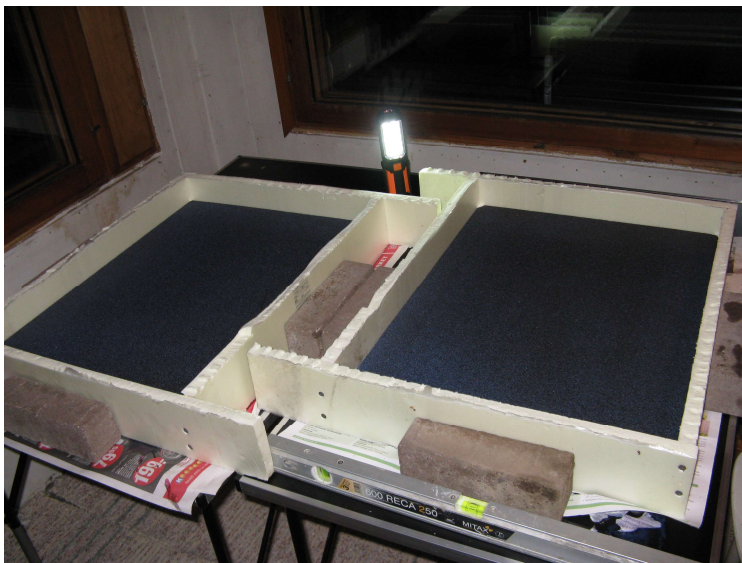
Taulukko 2, Eristeiden valmistusprosessien energiankulutus ja päästöt

Foamglas-eristeelle on myönnetty Natureplus® -sertifikaatti. [Liite 4]. Natureplus on kansainvälinen sertifikaattijärjestelmä, joka myöntää sertifikaatin ainoastaan sellaisille rakennusmateriaaleille, joiden valmistaja noudattaa kestävän kehityksen periaatteita. Tuotteet, joille on myönnetty kyseinen sertifikaatti, ovat vaarattomia terveydelle eivätkä rasita luontoa. Sertifikaatti osoittaa myös asuinrakentamisessa käytettävien materiaalien valmistuksessa käytettävän vähintään 85 % uusiutuvia raaka-aineita, tai mineraalipohjaisissa tuotteissa materiaalin lähes rajattoman saatavuuden. [5.]

3 Laboratoriokokeet

3.1 Koetavoitteet ja -kohteet

Testattavia asioita olivat pistekuormankestävyys sekä vedeneristeen, tasoitteiden ja saneerauslaastin tarttuvuus solulasiin. Koelaatat päällystettiin erilaisin tasoitekerroksin ja vedeneristein, ja suurin osa myös laatoitettiin.



Kuva 4, Koelaattojen päällystys

Pistekuormituskokeen ajatuksena oli selvittää, kestäkö solulasin, vedeneristeen, saneerauslaastin ja klinkkerilaatan yhdistelmä tarpeeksi pistekuormitusta. Tällaisessa rakenteessa solulasin päälle ei tarvitsisi rakenteen lujittamiseksi laittaa sementtipohjaista tasoitetta, joka kuivessaan saattaisi aiheuttaa rasituksia solulasiin ja jopa solulasin murtumisen. Rakennetta voisi hyödyntää kosteissa tiloissa

pintabetonilaatan sijaan. Kaadot hiottaisiin solulasin ja vedeneriste levitettäisiin suoraan solulasin päälle ja lopuksi laatoitettaisiin normaalisti. Koe tehtiin myös solulasilaatoille, jotka oli päällystetty 2 – 3 mm ja 6 – 7 mm sementtipohjaisin tasoitekerroksin. Tasoitteen päällä rakenne oli sama kuin tasoitteettomissa eli vedeneriste, saneerauslaasti ja klinkkerilaatta. Näin haettiin sitä tasoitepaksuutta, joka vähintään tarvittaisiin solulasin päälle pistekuormaa jakamaan, jos tasoitteeton laatta ei täyttäisi vaatimuksia. Pistekuormituskokeessa laattoja kuormitettiin $50 \times 50 \text{ mm}^2$ alalta, joka vastaa suurin piirtein ihmisen kantapään kokoista aluetta. Rakenteen tulisi kestää suurikokoisenkin ihmisen liikkeillään aiheuttamat hetkelliset pistekuormat.



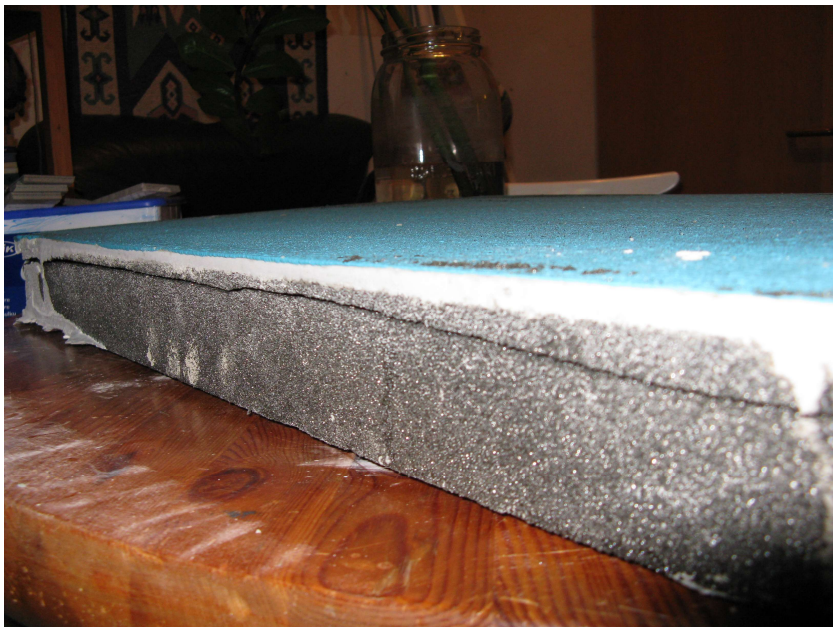
Kuva 5, Valmiita koelaattoja

Tartuntavetolujuuskokeessa tavoitteena oli selvittää, miten hyvin vedeneriste, sementtipohjainen tasoite ja saneerauslaasti pysyvät kiinni solulasissa. Selvitettiin siis, mikä on rakenteen heikoin lenkki ja kuinka paljon voimaa tarvitaan sen murtumiseen. Ensimmäinen solulasilaatta päällystettiin vedeneristeellä, saneerauslaastilla ja klinkkerilaatalla. Toinen koelaatta päällystettiin 2 – 3 mm tasoitekerroksella, vedeneristeellä, saneerauslaastilla ja klinkkerilaatalla. Kolmas laatta päällystettiin pelkällä saneerauslaastilla ja klinkkerilaatalla. Solulasi on itsessään vettä eristävä materiaali, joten erillisen vedeneristeen käyttö on teoriassa turhaa. Tällaisessa ratkaisussa siveltävä vedeneristys voitaisiin kokonaan jättää tekemättä. Toisaalta, vedeneriste toimii saneerauslaastin ja solulasin välisenä laakerikerroksena laastin

kuivuessa ja kutistuessa, ja ehkäisee näin solulasin lohkeamista. Pelkällä saneerauslaastilla ja klinkkerilaatoilla päällystetty koelaatta ei kuitenkaan haljennut ennenaikaisesti.

Pyrkimyksenä oli myös testata, lisääkö vai vähentääkö tasoitteen kanssa käytettäväksi suositeltu pohjustusaine tasoitteen tarttuvuutta solulasiin. Yksi laatta päällystettiin siis pohjustusaineella ja tasoitteella ja toinen pelkällä tasoitteella. Näin meneteltiin, koska solulasi ei ime nestettä itseensä lainkaan, jolloin pohjustusaineesta saattaisi olla enemmän haittaa kuin hyötyä, etenkin jos sen ei anneta kuivua kunnolla. Laattoja päällystettäessä huomattiinkin, ettei pohjustusaine kuivunut valmistajan antaman ajan puitteissa. Näiden laattojen tasoitekerroksen paksuus oli 25 mm – 30 mm.

Sementtipohjaisten tasoitteiden kuivumisesta aiheutuva kutistuminen oli silmämääräisessä tarkkailussa ja tuottikin tulosta jo laatoitusvaiheessa, kun yhden solulasilaatan todettiin haljenneen omia aikojaan. Testiyksilö oli päällystetty 6 - 7 mm tasoitekerroksella ja vedeneristeellä, kun vaurio havaittiin. Tämä laatta ei siis selvinnyt ollenkaan varsinaisiin testeihin asti. Solulasi halkesi lähes koko laatan mitalta vaakatasossa noin 10 mm:n etäisyydeltä laatan yläreunasta. Tasoite pysyi siis solulasissa kiinni, mutta itse solulasi halkesi jännityksen voimasta.



Kuva 6, Ennenaikaisesti haljennut koelaatta

Koelaattoina toimivat kymmenen kappaletta 50 mm paksua Foamglas Block S3 solulasilaattaa. Laattojen pituus oli 600 mm ja leveys 450 mm. Valmistajan ilmoittama puristuslujuus koelaatoille on 900 kPa.

3.2 Koejärjestelyt ja -olosuhteet

Kokeet suoritettiin 5.-6.11.2015 Metropolian rakennetekniikan laboratoriossa. Kokeissa avusti ja ohjasi laboratorioinsinööri Matti Leppä.

Pistekuormituskokeessa koelaattoja kuormitettiin $50 \times 50 \text{ mm}^2$ alalta nopeudella 50 mm / min. Kuormitusnappi asetettiin laatoitetuissa koelaatoissa klinkkerilaatan kulmaan, jonka oletettiin olevan heikoin kohta rakenteessa. Klinkkerilaatan keskellä rakenne olisi todennäköisesti kestänyt enemmän kuormitusta. Laatoille tehtiin kahdesta neljään koetta, riippuen siitä, miten koelaatta halkesi ensimmäisissä testeissä. Käsittelemättömälle solulasilaatalle pystyttiin tekemään neljä koetta johtuen halkeilun vähäisyydestä, kun taas ohuella tasoitteella päällystetty laatta halkesi jo kahdessa kokeessa niin laajalta alueelta, ettei kolmatta koetta saatu suoritettua. Kaksi muuta koelaattaa testattiin kumpikin kolme eri kertaa.

Tartuntavetolujuuskokeessa ongelmaksi muodostui klinkkerilaattojen heikko tartunta saneerauslaastiin. Testissä porattiin halkaisijaltaan 50 mm timanttireikäporalla koelaattoja niin, että terä upposi alimman kerroksen eli solulasilaatan sisään vähintään 10 mm muodostaen kaikkien rakenteiden läpi ulottuvan lieriön. Kokeiden viidestä laatasta vain neljässä poraus onnistui. Pelkällä saneerauslaastilla ja klinkkerilaatoilla päällystettyä koelaattaa poratessa klinkkerilaatta irtosi laastista jo porauksen aikana, eikä rakennetta näin ollen pystynyt testaamaan. Kahteen muuhun klinkkerilaatoin päällystettyyn koelaattaan saatiin kumpaankin vain yksi koereikä aikaiseksi. Näistäkin rei'istä toisesta irtosi klinkkerilaatta vetolaitetta kiinnitettäessä. Laatoittamattomat koelaatat pysyivät hyvin ehjänä porauksen ja vetolaitteen kiinnityksen aikana ja näistä kahdesta laatasta saatiin 3 koereikää laattaa kohden. Porauksessa muodostuneen lieriön päälle liimattiin vetonapit, ja liiman kuivumisen jälkeen vetolaite asetettiin napin päälle ja ruuvattiin nappiin kiinni. Kuvan 6 vasemmassa reunassa näkyy onnistuneen porauksen muodostama koelieriö. Lieriön ja vetonapin halkaisija oli 50 mm ja pinta-ala $1962,5 \text{ mm}^2$. Laite veti nappia ylöspäin nopeudella 5 N / s. Laite ilmoitti vetämisen

jälkeen voiman suuruuden murtumishetkellä ja laski jännityksen suuruuden koealalla. Yhteensä tuloksia saatiin seitsemästä koereiästä, kolmesta eri koelaatasta.



Kuva 7, Tartuntavetolujuus, haasteita timanttiorauksessa

3.2.1 Pistekuormitus

Pistekuormankestävyyttä testattiin neljällä eri laamalla, joista yksi oli käsittelemätön solulasilaatta. Yksi laatta oli päällystetty vedeneristeellä, saneerauslaastilla ja klinkkerilaatoilla. Tämä rakenne oli suurimman mielenkiinnon kohteena, koska sen kestäessä riittävän suuren pistekuorman, voitaisiin solulasia käyttää pintabetonilaatan tavoin ilman ylimääräisiä tasoitekerroksia. Kaksi muuta koelaattaa päällystettiin kahdella eri paksuisella tasoitekerroksella ja muuten samoilla pintakerroksilla kuin ensimmäinen koelaatta.

Kuormitusnappi asetettiin kokeissa klinkkerilaatan kulmaan, jonka oletettiin kestävän huonoiten pistekuormitusta. Solulasin, vedeneristeen, saneerauslaastin ja klinkkerilaatan muodostama rakenne murtui keskimäärin 9080 N voimasta, jännityksen ollessa 2500 mm² alalla 3,63 N / mm² (MPa). Tällöin klinkkerilaatta halkesi ja testinapin alle jäänyt laatan osa ja alla oleva saneerauslaasti alkoivat painua solulasiin, joka lopulta halkesi useasta kohdasta.



Kuva 8, Pistekuormitus

Koealue oli suurin piirtein ihmisen kantapään kokoinen, minkä tarkoitus oli simuloida ihmisen suurinta mahdollista rakenteelle aiheuttamaa kuormaa. Rakenteen tulisi kestää suurikokoisenkin ihmisen aiheuttamat pistekuormat. 200 kg painava ihminen aiheuttaa seisustessaan 1962 N voiman alustaan, eli 2500 mm² kokoiselle alueelle jännityksen 0,7848 N / mm². Tuloksista pääteltiin, että solulasilaatta, joka on päällystetty pelkästään vedeneristeellä, saneerauslaastilla ja klinkkerilaatalla, on riittävän kestävä rakenne kostean tilan alapohjaan. Eurokoodien kansallisessa liitteessä SFS-EN 1991-1-1, asuinrakennusten välipohjien pistekuormankestävyydeksi määritellään 2000 N / 2500 mm². Tämä on vain 22 % koerakenteen keskimäärin kestävästä pistekuormasta, joten rakenne on tämänkin perusteella riittävän luja.

Testissä oli myös kaksi solulasilaattaa, joista toisessa laatoituksen ja vedeneristeiden alla oli 2 – 3 mm ja toisessa 6 – 7 mm tasoitekerros. Ohuempi rakenne kesti keskimäärin 8100 N voiman ennen murtumistaan, jännityksen ollessa 3,24 N / mm². Ohuella tasoitekerroksella päällystetty laatta kesti siis kuormitusta yllättäen hieman huonommin kuin tasoitteeton laatta. Paksumpi rakenne puolestaan kesti keskimäärin 12 600 N voiman ennen rikkoutumistaan, eli 5,04 N / mm².

Päällystämätön solulasilaatta murtui keskimäärin 4040 N voimasta jännityksen ollessa 1,62 N / mm². Tämäkin arvo on suurempi kuin 200 kg painavan ihmisen muodostamat normaalit pistekuormat, mutta toisaalta suurikokoisimmat ihmiset voivat painaa jopa 400 kg, jolloin kuormitus alustaan seisustessa nousee jo 3924 N:n eli lähes solulasin

murtumispisteeseen. Solulasin päälle on siis syytä tehdä jokin jäykistävä lattiarakenne, kuten klinkkerilaatoitus tai laminaatti- tai laualattia. Esimerkiksi muovimatto ei todennäköisesti sovellu suoraan solulasin päällä käytettäväksi.

Rakenne	F (N)	σ (N / mm ²)
Solulasi	4040	1,62
Solulasi + primer + vedeneriste + saneerauslaasti + klinkkerilaatta	9080	3,63
Solulasi + primer + lattiatasoite (2-3 mm) + primer + vedeneriste + saneerauslaasti + klinkkerilaatta	8100	3,24
Solulasi + primer + lattiatasoite (6-7 mm) + primer + vedeneriste + saneerauslaasti + klinkkerilaatta	12 600	5,04

Taulukko 3, Pistekuormituskokeiden tulokset

3.2.2 Tartuntavetolujuus

Tartuntavetolujuuskokeissa huomattiin, että klinkkerilaattojen ja saneerauslaastin välinen tartunta oli jäänyt heikoksi. Osassa koelaatoista klinkkerilaatta irtosi saneerauslaastista jo porausvaiheessa. 2 – 3 mm tasoitekerroksella ja klinkkerilaatoilla päällystetyssä koelaatassa klinkkerilaatta puolestaan irtosi vetolaitetta vetonappiin kiinnitettäessä. Näistä kahdesta laatasta ei saatu siis mitään tuloksia.



Kuva 9, Vetolaite

Lopuista kolmesta koelaatosta saatiin seitsemän eri testivetoa. Koelaatoista, jotka oli päällystetty 25 – 30 mm lattiamassakerroksella, saatiin kummastakin kolme testivetoa, joiden keskiarvot on esitetty taulukossa. Kaikissa vedoissa rakenne murtui solulasista, joka osoittautui rakenteen heikoimmaksi lenkiksi. Näin ollen pelkällä lattiamassalla sekä pohjustusaineella ja lattiamassalla päällystetyistä koelaatoista ei tartunnan osalta saatu mahdollisia eroja näytetyksi.

Tulokset kertovat siis enemmänkin solulasin vetolujuudesta. Kokeiden perusteella solulasi kesti vetoa keskimäärin $0,169 \text{ N} / \text{mm}^2$ eli 169 kPa. Foamglas-eristeiden suoritustasoilmoituksessa ilmoitettu vetolujuuden vähimmäisarvo on 150 kPa eli tulokset ovat hyvin linjassa tähän arvoon verrattuna. [Liite 7].

Sementtipohjaisten tasoitteiden ja vedeneristeiden voidaan kuitenkin olettaa olevan riittävän hyvin kiinnittyneinä solulasiin. Koereikiä poratessa klinkkerilaatan tartunta osoittautui rakenteen heikoimmaksi lenkiksi ja toisaalta vetokokeissa solulasi itsessään murtui ensimmäisenä, eikä tasoitteen tai vedeneristyksen ja solulasin välinen tartunta pettänyt.

Rakenne	F_{max} (N)	σ_{max} (MPa)
Solulasi + saneerauslaasti + klinkkerilaatta	-	-
Solulasi + primer + vedeneriste + saneerauslaasti + klinkkerilaatta	370	0,188
Solulasi + primer + lattiatasoite (2-3 mm) + primer + vedeneriste + saneerauslaasti + klinkkerilaatta	-	-
Solulasi + lattiamassa (25-30 mm)	324	0,165
Solulasi + primer + lattiamassa (25–30 mm)	305	0,155

Taulukko 4, Tartuntavetolujuuskokeiden tulokset



Kuva 10, Klinkkerilaatan tartunta oli heikko

3.3 Yhteenveto

Pistekuormituskokeet sujuivat ongelmitta. Tulokset ovat johdonmukaiset, ja niiden perusteella voidaan olettaa solulasista tehdyn pintalaatan kestävästi riittävän hyvin pistekuormitusta kosteiden tilojen lattiarakenteena. Rakenteessa kaadot hiotaan solulasiin, vedeneristys levitetään suoraan solulasin päälle ja laatoitetaan normaalisti. Muita sementtipohjaisia aineita kuin saneerauslaasti ei tarvita.

Tartuntavetolujuuskokeissa ilmeni haasteita, jotka johtuivat toisaalta klinkkerilaatan ja saneerauslaastin välisestä heikosta tartunnasta sekä toisaalta solulasin heikosta vetolujuudesta. Sementtipohjainen tasoite ja lattiamaassa sekä vedeneriste tarttuivat kuitenkin silmämääräisesti hyvin solulasiin ja myös koetulokset vahvistivat tätä käsitystä. Ensimmäisenä kokeissa murtui solulasi, tai sitten klinkkerilaatan ja saneerauslaastin välinen tartunta petti jo porausvaiheessa. Myös päällystysvaiheessa ennen aikaisesti haljennut koelaatta lohkesi solulasista, eikä siis tasoitteen ja solulasin rajapinnasta. Tämä tasoitteen kuivuessa tapahtunut lohkeaminen osoittaa myös sen, että sementtipohjaisen tasoitteen ja solulasin välissä on hyvä käyttää jotain elastista ainetta ottamaan vastaan tasoitteiden kutistumisesta aiheutuvat jännitykset. Solulasia sementtipohjaisilla aineilla päällystettäessä tartunta ei siis vaikuttaisi olevan ongelma, vaan kutistuman aiheuttama jännitys solulasiin. Nestemäinen vedeneriste on kuivuttuaankin elastinen materiaali, ja se näytti testien perusteella toimivan hyvin laakerikerroksena solulasin ja saneerauslaastin välissä. Kuivia tiloja laatoitettaessa voi käyttää esimerkiksi Kiilto Link-laakerointiainetta solulasin ja saneerauslaastin välissä.

4 Solulasi alapohjassa

Tässä työssä perehdytään koko betonilaatan korvaamiseen solulasilla. Solulasia voidaan kuitenkin käyttää alapohjassa myös muiden kovien eristeiden tapaan joko betonilaatan päällä tai sen alla maata vasten.

Korvaamalla betoni solulasilla voidaan eliminoida monia betonirakentamiseen liittyviä riskejä. Bitumiliiman kuivumisaika on pieni verrattuna betonin kuivumisaikaan, solulasi on diffuusiotiivis ja se toimii rakenteessa myös lämmöneristeenä. Maanvaraisessa betonilaatassa kosteus pääsee kulkeutumaan kapillaarisesti betonin läpi, mikäli alapuoleinen lämmöneristekerros ei ole riittävän tiivis. Lämmöneristeenä betonin

kanssa käytetään yleisesti muovipohjaisia polystyreenieristeitä. Muovipohjaisia eristeitä käytettäessä eristelevyjen saumat korkeintaan teipataan, ja saumojen tiiveys yleensä ajan myötä heikkenee. Lisäksi muovipohjaiset eristeet saattavat kutistua tai turvota kosteuden takia. Mittapysyvyytensä ansiosta solulasi ei kutistu eikä halkeile, kuten betoni kuivessaan saattaa tehdä. Paikallavalurakentamisessa joudutaan odottamaan betonin kuivumista ja lujuudenkehitystä, joten betonin korvaamisella voidaan saavuttaa työmaalla aikataulusäästöjä. Betonin kuivumisaikojen laiminlyönti aiheuttaa sekin ongelmia ja rakennusvirheitä kosteus- ja homevaurioiden muodossa. Alapohjan kosteustekninen toimivuus saattaisi siis parantua solulasirakenteita käyttämällä.

4.1 Betonirakenteet

4.1.1 Betonin rakenne ja ominaispiirteitä

Betonin runkoaineena käytetään kiviainesta, joka murskataan kalliosta tai saadaan suoraan luonnon soraesiintymistä. Sementtiliima on veden ja sementin seos, joka liimaa kiviaineksen kiinni toisiinsa. Sementtiliima ja kiviaines muodostavat kuivessaan keinotekoisen kiviaineksen, jota sanotaan betoniksi. Betoniin voidaan sekoittaa myös erilaisia lisä- ja seosaineita, joilla voidaan vaikuttaa mm. betonimassan työstettävyyteen ja betonin kovettumisreaktioon. [8.]

Betonille ominaista on suuri puristuslujuus ja heikko vetolujuus. Tämän vuoksi betonirakenteissa käytetään betoniteräksiä, jotka ottavat vastaan vetorasitukset. Betonin merkittävimmät ominaisuudet rakenteita suunniteltaessa ovat sen lujuus sekä säilyvyys erilaisia rasituksia vastaan. Betonilla ja betoniteräksillä on melkein sama lämpölaajenemiskerroin, minkä ansiosta rakenteeseen ei pääse syntymään sisäisiä jännityksiä lämpötilan muuttuessa. [8.]

Betonin ohjeellisten kuivumisaikojen noudattamatta jättäminen on yleinen ongelma rakentamisessa. Usein kustannussyistä, betonirakenteita peitetään tai pinnoitetaan liian nopeasti valun jälkeen. Tämä voi aiheuttaa rakenteisiin kosteusongelmia. Lisäksi betonin kuivumiseen ja kutistumiseen liittyy aina halkeiluriski. Riittävien kuivumisaikojen lisäksi olosuhteiden huomioiminen, betonin oikea koostumus sekä jälkihoito ovat oleellisia asioita hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Jälkihoidon

laiminlyöminen tai olosuhteisiin nähden väärnlaatuinen betoni voivat aiheuttaa betonirakenteen halkeilua, painumista tai käyritystä. [7.]

4.1.2 Maanvarainen laatta

Maanvarainen laatta on Suomessa yleisimmin käytetty alapohjatyyppejä. Pientalorakentamisessa maanvaraista alapohjaa on käytetty 1950-luvulta lähtien. Myös eri teollisuuden haarojen tuotanto- ja varastotiloissa on yleisesti käytetty maanvaraista laattaa. [6.]

Maanvaraisessa alapohjassa lattiarakenne toteutetaan suoraan kantavan maakerroksen päälle. Pohjimmaisessa kerroksessa tulee käyttää karkearakenteista soraa. Soran päälle tulee tasoitushiekka, lämmöneristyskerros ja teräsbetonilaatta. Maanvaraisen betonilaatan paksuus on yleensä 80 - 120 mm. Rauditus toteutetaan yleensä rauditusverkolla, joka asennetaan kolmasosapisteeseen laatan yläpinnasta. Laatan paksuuden ylittäessä 120 mm, tulee rauditusta käyttää sekä laatan ala- että yläpinnassa. [6.]

Maanvaraisiin lattioihin kohdistuvat rasitukset ovat useimmiten suurimmat kaikista lattiatyypeistä. Lattioiden suunnittelu on vaativaa. Maanvaraisissa alapohjissa esiintyvät rakennusvirheet ja vauriot eivät ole loppuneet, vaikka materiaalit ja työmenetelmät ovat kehittyneet. Betonilattioiden yleisimmät korjaustoimenpiteet liittyvät halkeiluun, reunojen ja nurkkien nousuun, pinnan tasaisuuteen, pintojen virheisiin, värin tasaisuuteen ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Ruotsissa toteutetun kartoituksen mukaan betonilattioiden vaurioista yli 30 % aiheutuu eri syistä johtuvasta halkeilusta. Merkittävimpiä syitä halkeiluun ovat betonimassan väärä koostumus ja ominaisuudet sekä betonin puutteellinen jälkihoito. [6., 7.]

4.1.3 Pintabetonilaatta

Pintalaatalla tarkoitetaan lattiavalua, joka valetaan kantavan rakenteen eli peruslaatan, ryömintätillaisen alapohjan tai kantavan välipohjarakenteen päälle. Alapuolinen rakenne voi olla paikalla valettu laatta tai ontelolaatta. Pintabetonilattiat ovat joko alustaansa kiinnitettyjä tai alustasta irrallisia eli kelluvia. Alustaansa kiinnitetty lattia on ohuempi

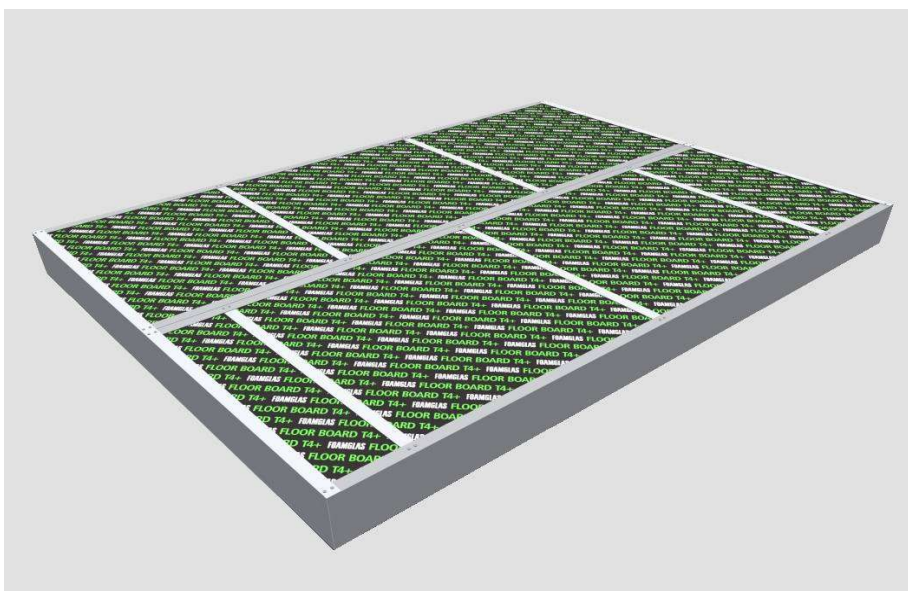
kuin kelluva, yleensä 30 – 70 mm, ja se voi olla joko raudoitettu tai raudoittamaton. Kelluva lattia on raudoitettu ja paksumpi, yleensä vähintään 80 mm. [6.]

Pintavaluun tehdään yleensä kosteissa tiloissa lattioiden kaadot ja valuun asennetaan monesti lattialämmitysputket. Lattialämmityksen alla tulee olla hyvä lämmöneristys alaspäin suuntautuvien lämpöhäviöiden minimoimiseksi.

4.2 Solulasirakenteet

4.2.1 Foamglas Koljern -elementti

Maanvaraisen solulasirakenteen voi toteuttaa kantavalle maaperälle betonilaatan tapaan. Solulasista ja teräksestä valmistettua Koljern-elementtiä voidaan käyttää maanvaraisena laattana. Elementtiä käyttämällä voidaan saavuttaa aikataulusäästöjä, koska elementti ei vaadi kuivumisaikaa, kuten betoni. Solulasirakenteisena se on myös kosteusteknisesti toimivampi ratkaisu kuin betoni. Elementin avulla voidaan lisäksi vähentää merkittävästi alapohjarakenteen painoa verrattuna betonilaattaan. Solulasin tiheys on n. 115 kg / m³ ja raudoitettun betonilaatan n. 2500 kg / m³. Elementti on varteenotettava vaihtoehto etenkin silloin, kun maaperän kantavuus on heikko tai kosteusrasitukset suuria.



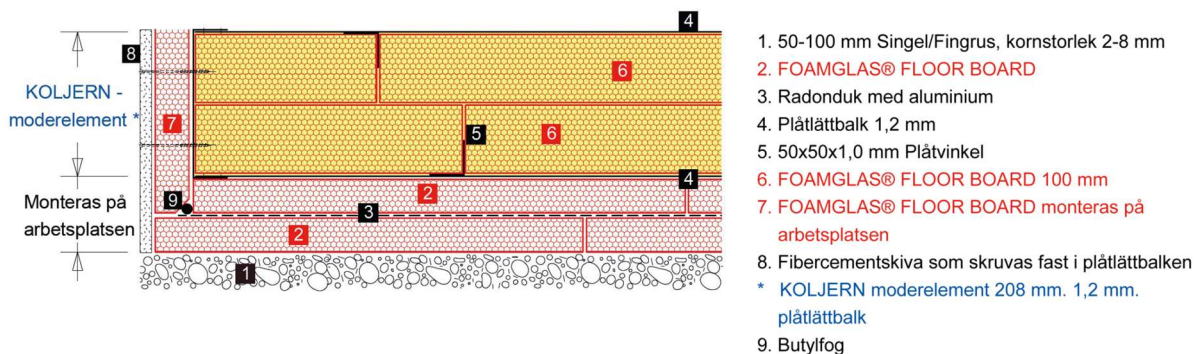
Kuva 11, Foamglas Koljern -elementti

Koljern on solulasista ja ohuista teräspalkeista valmistettu rakennuselementti. Elementit on tehty yhdistämällä teräskulmat ja ohutlevypalkit solulasiin. Ohutlevypalkkien paksuus on 1,5 – 3,0 mm ja elementistä 90 % on solulasia. Elementtejä voi käyttää ala- ja yläpohjassa, ulkoseinässä sekä kattoterassirakenteena. Elementillä voidaan joissain tapauksissa pienentää rakenteen kokonaispaksuutta verrattuna perinteisiin rakenteisiin. Elementin normaali leveys on 2,4 m ja suurin mahdollinen jänneväli 12 m. Ulokkeena sitä voi käyttää 9 m jänneväliä. Asennuksen jälkeen elementti suositellaan päällystettävän vähintään 50 mm solulasikerroksella teräsosien aiheuttamien kylmäsiltojen estämiseksi. [9.]



Kuva 12, Koljern-elementtien asennus

Koljern-elementti muodostaa lämpöä eristävän ja vesihöyrytiivin kokonaisuuden, jonka päälle voidaan tehdä useimmat yleisimmistä lattiarakenteista. Elementti on suunniteltu kestämään rakennuksen koko elinkaaren ajan. [9.]



Kuva 13, Koljern-elementillä toteutettu alapohjarakenne

1. Sora; 50 – 100 mm, raekoko 2 – 8 mm
2. Foamglas Floor Board
3. Radonkatko; alumiini
4. Teräslevypalkki; 1,2 mm
5. Teräskulma; 50 mm × 50 mm × 1,0 mm
6. Foamglas Floor Board; 100 mm
7. Foamglas Floor Board; asennetaan työmaalla
8. Kuitusementtilevy; kiinnitetään teräslevypalkkeihin
9. Butyylimassasauma

4.2.2 Kosteiden tilojen pintalaatta

Foamglas suosittelee kosteiden tilojen alapohjarakenteissa solulasikerroksen päälle ohutta, noin 3 mm paksuista tasoitekerrosta lasikuituverkolla vahvistettuna tai vaihtoehtoisesti kelluvaa, paksumpaa ja raudoitettua betonilaattaa. Lasikuituverkon tarkoituksena on vähentää solulasiin tasoitteen kuivumisesta ja kutistumisesta aiheutuvia jännityksiä ja estää näin solulasin halkeaminen. Lasikuituverkko yhdessä tasoitteen kanssa myös lisää rakenteen pistekuormankestävyyttä jakamalla kuormia suuremmalle alueelle. Pistekuormituskokeissa pelkkä ohut tasoitekerros ilman lasikuituverkkoa ei lisännyt rakenteen kestävyyttä. Kelluva betonilaatta puolestaan ei muodosta tartuntaa solulasiin, eikä siis voi repiä sitä rikki kutistuessaan.

Osana tätä työtä tehdyissä pistekuormitus- ja tartuntavetolujuuskokeissa tutkittiin kosteiden tilojen pintavalun korvaamista kokonaan solulasilla. Pistekuormituskokeissa kuormitettiin pelkkää solulasilaattaa sekä erilaisin pintakerroksin päällystettyjä solulasilaattoja 50 mm × 50 mm alalta. Kokeiden tulosten perusteella solulasin, vedeneristeen, saneerauslaastin ja klinkkerilaatan muodostama rakenne kestää riittävästi pistekuormitusta ilman erillistä tasoitekerrosta. Rakenteessa kaadot hiotaan

solulasiin, levitetään vedeneriste suoraan solulasin päälle ja tehdään laatoitus normaalisti.

Lattialämmitykseen solulasirakenne soveltuu vain osin. Solulasiin voi kyllä asentaa lattialämmityspotket, mutta koska kyseessä on eriste, solulasi varaa lämpöä heikosti. Käytännössä lattiarakenne varaa lämpöä siis vain päällä olevan saneerauslaastin ja laattojen massalla. Toisaalta, ohut laastikerros ja laatat eivät tarvitse lämmitäkseen niin suurta määrää energiaa ja ne siirtävät lämpöä nopeammin huoneilmaan, kuin paksumpi betonilaatta. Solulasirakenteessa lattia ei myöskään lämpene yhtä tasaisesti kuin betonisessa pintalaatassa, jossa lämpö jakaantuu tasaisemmin betonilaatan massiivisuuden ja hyvän lämmönjohtavuuden ansiosta.

4.3 Vertailu

Kustannuslaskelmissa on laskettu pelkästään materiaalien hinta, eli työstä ja kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia ei ole huomioitu. Betonin kuutiohintaa, 140 €, on Ruduksen hinnastosta ja XPS-eristeen kustannukset on laskettu Starkin 189 € kuutiohinnan mukaan. Kaikki hinnat sisältävät arvonlisäveron. Materiaalikustannuksiltaan solulasirakenteet ovat huomattavasti kalliimmat kuin perinteiset betonirakenteet. Betonirakenne on maanvastaisessa laatassa 78 % edullisempi kuin Koljern-elementillä toteutettu rakenne. Pintalaatassa betonirakenne on 79 % edullisempi kuin solulasirakenne.

Vertailuissa betonirakenteissa lämmöneristekerros on betonilaatan verran ohuempi kuin solulasirakenteissa, jotta rakenteen kokonaispaksuus pysyy samana. Betonirakenteissa käytettävän XPS-eristeen hieman parempi lämmöneristyskyky suhteessa solulasiin kompensoi hyvin eristeiden kerrospaksuuksien eron. Maanvaraisella 100 mm betonilaatalla ja 300 mm XPS-eristekerroksella saavutetaan parempi U-arvo, kuin 300 mm Koljern-elementistä ja 100 mm solulasikerroksesta koostuneella rakenteella. Pintalaatoissa betonirakenteen ja solulasirakenteen U-arvot ovat lähes samat. Täytyy kuitenkin huomioida, että maata vasten asennettavat eristeet joutuvat tavanomaista suuremman kosteusrasituksen kohteeksi, jonka vuoksi useimpien eristeiden lämmöneristyskyky heikkenee iän myötä. Lämmöneristyskykyä vertailtaessa olisikin syytä arvioida eristeiden koko elinkaaren aikaista toimintaa.

Rakenteiden massoissa erot ovat huomattavat. Koljern-elementein toteutetun rakenteen massa on 80 % pienempi kuin betonirakenteen. Pintalaatan osalta solulasirakenteen massa on 71 % pienempi kuin betonirakenteen.

Rakenne, 100 m²	Materiaalikustannus (€)	U-arvo	Massa (kg)
Maanvarainen, raudoitettu betonilaatta; 100 mm, C20 / 25, max raekoko 16 mm + XPS, 300 mm	7 100	0,122	26080
Maanvarainen Koljern –elementti, 300 mm + Foamglas Floor Board S3, 2 × 50 mm	32 265	0,164	5200

Taulukko 5, Vertailu, maanvarainen laatta

Rakenne, 10 m²	Materiaalikustannus (€)	U-arvo	Massa (kg)
Pintabetonilaatta, 50 mm + XPS, 150 mm	356	0,244	1300
Solulasipintalaatta, Foamglas Block S3, 2 × 100 mm + PC 58 kylmäbitumiliima	1711	0,225	380

Taulukko 6, Vertailu, pintalaatta

[1., 4., 7., 13., 14.]

Solulasi on valmistukseen kulutetun energian ja valmistuksesta syntyvien päästöjen suhteen ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin betoni. Solulasin valmistukseen kulutettu energiamäärä on 49 % betonin valmistukseen kulutetusta energiasta. Sementin valmistus muodostaa suurimman osan betonin valmistuksen energiankulutuksesta ja päästöistä. [7.]

Materiaali	Valmistusprosessin energiankulutus (kWh / m³)	CO² -päästöt (kg / m³)	SO_x -päästöt (kg / m³)	NO_x -päästöt (kg / m³)
Solulasi	550	120	0,03	0,15
Sementti	1772	960	0,5	1,2
Betoni	1128	232	0,56	1,4

Taulukko 7, Betonin, sementin ja solulasin valmistusprosessien energiankulutus ja päästöt

[Liite 2, 11., 15., 16.]

4.4 Yhteenveto

Maanvaraisen laatan osalta Koljern-elementein toteutettu rakenne on U-arvon ja etenkin massan puolesta varteenotettava vaihtoehto betonilaatalle. Materiaalikustannuksiltaan solulasirakenne on kuitenkin huomattavasti kalliimpi. Solulasin vedeneristävyys, ympäristöystävällisyys ja keveys ovat sen merkittävimmät edut rakenteita vertailtaessa. Betonirakenteen etuja ovat puolestaan edullinen hinta ja huomattavasti korkeampi puristuslujuus. U-arvoltaan paksumpi betonirakenne on parempi kuin Koljern-elementein toteutettu rakenne. Pintalaatan osalta U-arvot ovat lähes yhtä suuria molemmissa rakenteissa. Ekologiset näkökulmat huomioon ottaen solulasia voidaan pitää ympäristöystävällisempänä vaihtoehtona. Kysymys kuuluukin,

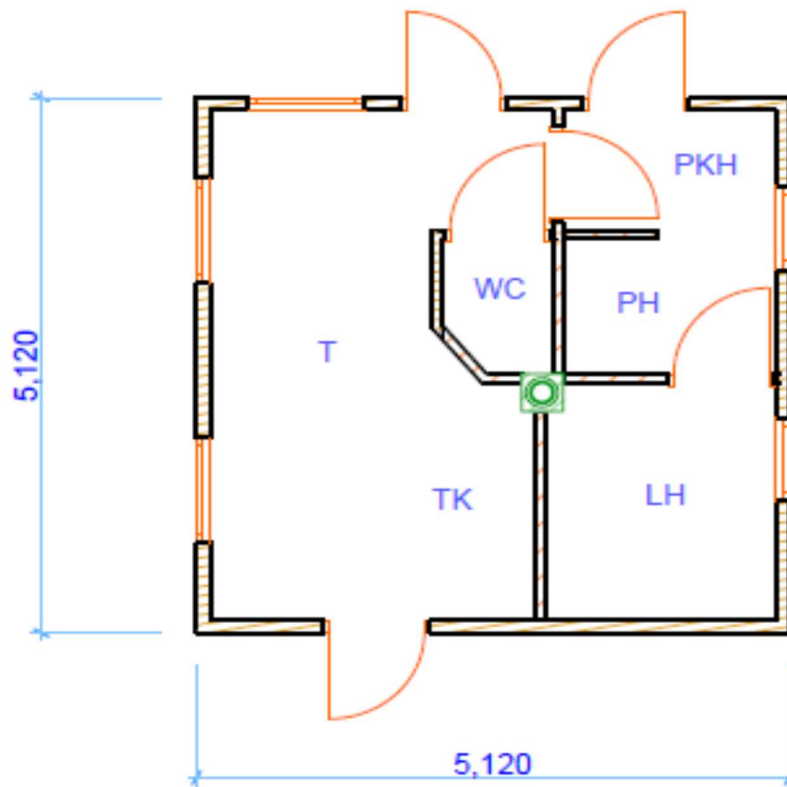
paljonko rakennushankkeeseen ryhtyvä on valmis ympäristöystävällisyydestä maksamaan. Sen verran suuri ero on rakenteiden hinnoissa.

Pintalaatan korvaajana solulasi toimii testien perusteella hyvin. Solulasin päälle ei pistekuormien vuoksi tarvita erillistä tasoitekerrosta. Lattian kaadot voi hioa solulasiin, levittää vedeneriste suoraan solulasin päälle ja laatoittaa lattia normaalisti. Jos lattiaan halutaan varaava lämmitys, on solulasin päälle syytä valaa ohut betonilaatta, kuten tehdään tämän työn esimerkkikohteessa. Tällöin laatta suositellaan tehtävän kelluvana ja raudoitettuna. Testien perusteella solulasin ja betonin välissä voi käyttää myös jotain elastista laakerointiainetta, kuten vedeneristettä. Betonin kutistumista voi lisäksi ehkäistä oikeanlaisella betonilla. Mitä suurempi betonin runkoaineuksen raekoko on ja mitä vähemmän vettä se sisältää, sitä vähäisempää on betonin kutistuminen. Raudoituksen lisänä, tai pieniä aloja valettaessa sen sijaan, voidaan myös käyttää kuituvahvistettua betonia, jonka kutistuminen on vähäisempää.

5 Esimerkkikohte

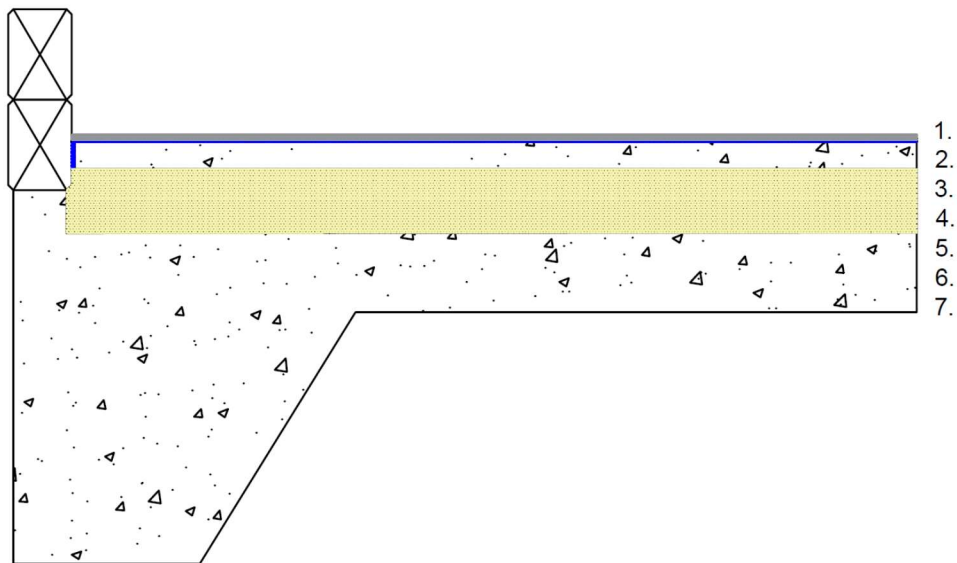
5.1 Tausta

Esimerkkikohteena toimi vanhempieni uusi rantasauna, jonka rakentaminen alkoi toukokuun alussa 2015. Rantasaunan pinta-ala on 25 m² + 10 m² terassi. Rakennuksen runko on 120 mm x 170 mm höylähirrestä tehty ja mökki koostuu terassista, tuvasta, saunasta sekä yhdistetystä pesu- ja pukutilasta. Solulasieristys asennettiin kosteiden tilojen lattiaan.



Kuva 14, Sisätilojen pohjapiirros

Rantasauna on perustettu reunavahvistetulle betonilaatalle, joka tukeutuu neljään teräspaaluun. Paalujen keskipituus on noin 6 m ja maaperä on savista, vanhaa merenpohjaa. Rantaviiva on 15 m päässä ja lyhytaikainen meriveden nousu on jokavuotinen uhka etenkin syksyisin ja leutoina talvina. Betonilaatan yläreuna ja alin hirsikerros ovatkin n. 1,5 m meriveden normaalin korkeuden yläpuolella vedennousun aiheuttaman kosteusrasituksen minimoimiseksi.



Kuva 15, Esimerkkikohteen alapohjarakenne

1. Klinkkerilaatta
2. Saneerauslaasti
3. Vedeneriste
4. Kallistettu pintabetonilaatta
5. Solulasieriste, 120 mm
6. Kylmäbitumiliima
7. Reunavahvistettu teräsbetonilaatta

Alkuperäinen ajatus oli korvata koko kosteiden tilojen pintabetonilaatta solulasilla, mutta lattiasta haluttiin kuitenkin lopulta tehdä paremmin lämpöä varaava ja jakava, joten solulasin päälle valetaan vielä ohut raudoitettu betonilaatta. Lattialämmityksen voisi upottaa myös solulasiin, mutta se ei varaisi lämpöä juuri lainkaan, koska solulasin lämmönjohtavuus ja tiheys ovat alhaisia. Lisäksi pintalaatta jakaa solulasiin kohdistuvia pistekuormia ja lisää näin rakenteen lujuutta. Solulasi sopi kohteeseen paitsi muiden ominaisuuksiensa puolesta, etenkin vesihöyrytiivyytensä takia. Jos maasta nouseva, tai tulvaveden aiheuttama kosteus pääsee kapillaarisesti nousemaan ylös betonin läpi, on solulasi pysäyttämässä sen pääsyn ylemmäs rakenteisiin.

Mökin kosteiden tilojen lattiat siis eristettiin solulasilla eli mökin pinta-alasta noin kymmenen neliometriä. Kyseessä oli Foamglas Block S3 -laatta, jonka puristuslujuus on 900 kPa ja lämmönjohtavuus $\lambda = 0,045 \text{ W} / (\text{m} \times \text{K})$. Solulasilaattojen paksuus oli 120 mm, pituus 600 mm ja leveys 450 mm. Käytännöllisistä ja osin myös taloudellisista syistä tuvan puoleen mökistä tehdään puulattia. Ainekset lattiaan tulivat hirsimökin puuosatoimituksen mukana, eikä 148 mm korkeiden lattiakannakkeiden alle mahtuisi

solulasia ilman, että lattian yläpinta nousisi liian ylös. Lattiakannakkeet kosteuseristetään bitumikaistalein betonilaatasta. Lämmöneristeeksi tuvan lattiaan asennetaan 150 mm kerros mineraalivillaa, joka saatiin erittäin edulliseen hintaan. Solulasi olisi vaatinut huomattavasti suuremman rahallisen panostuksen.

Esimerkkikohteessa halutaan tehdä solulasikerroksesta ja ohuesta pintabetonilaatasta yhtenäinen rakenne, eli pintalaattaa ei tehdä kelluvana. Betonin ja solulasin välissä käytetään tämän vuoksi laakerointiaineena Kiilto Link -massaa. Kiilto Link on joustava materiaali, joka on tarkoitettu käytettäväksi betonin ja saneerauslaastin välissä kuivien tilojen laatoituksia tehdessä. Aine pyrkii estämään laattojen irtoamisen betonialustan kutistuessa voimakkaammin kuin saneerauslaasti. Tässä kohteessa massaa käytetään siis samalla periaatteella, mutta solulasin ja pintabetonilaatan välissä. Näin, raudoituksen lisäksi, pyritään minimoimaan betonin kutistumisesta aiheutuva rasitus solulasin pintaan. Solulasi on mittapysyvä eikä jouta, ja saattaa siis lohjeta tai haljeta betonin kutistuessa. Tämä osoitettiin myös tämän työn testiosiossa, jossa yksi solulasilaatta halkesi ohuen ja hienojakoisen lattiatasoitteen kuivuessa ja kutistuessa sen pinnassa. Esimerkkikohteessa pintabetonilaatan päälle tulee vielä vedeneristys sekä klinkkerilaatat eli laakerointiaine jää siis kuivaan tilaan, vaikka se kostean tilan lattian alla onkin.

5.1.1 Suunnitelma

Eristettävän alueen pinta-ala oli n. 10 m². Asennus alkaisi pinnan pohjustamisella ohennetulla bitumiliuoksella tarttuvuuden varmistamiseksi. Alue suunniteltiin eristettävän kahdessa osassa bitumiliiman asettaman, riittävän työskentelyajan varmistamiseksi. Asennuksen jakaminen kahteen osaan oli luontevaa myös kahden erillisen liima-astian vuoksi. Bitumiliimaa oli varattuna kaksi 32 kg astiaa ja liiman menekiksi luvattiin 5 – 7 kg neliometriä kohden. Koko asennukseen tulisi siis ohjeistuksen mukaan kulumaan 50 – 70 kg liimaa. Bitumiliima koostuu kahdesta komponentista: 24 kg:n nestemäisestä bitumimassasta ja 8 kg:n jauhemaisesta kovettimesta. Työskentelyaika liimalla on 90 minuuttia komponenttien sekoituksesta, 20 °C:n lämpötilassa.



Kuva 16, Kylmäbitumiliiman komponentit

Asennus aloitettaisiin saunan vasemmasta takakulmasta kokonaisella laattalla. Rivin viimeisestä laatasta ylijäävällä palalla aloitettaisiin seuraava asennusrivi materiaalihukan minimoimiseksi. Samalla saumat saataisiin limitettyä tasaisemman tuloksen saavuttamiseksi. Reunalaatat, jotka asennettaisiin korokevalua ja hirttä vasten, jouduttiin loveamaan sivuistaan, sillä hirren pinta on senttimetrin verran ulompänä kuin betonipinta. Näin solulasi liimautuisi tiiviisti kiinni sekä hirteen, että betoniin. Solulasin 120 mm paksuudesta 80 mm osuu betoniin ja 40 mm hirteen.



Kuva 17, Solulasilaatta on lovettu ja kiinniliimattu

5.1.2 Asennus

Asennus tapahtui 29.10.–30.10. 2015. Valmistelut aloitettiin jo ensimmäistä asennuspäivää edeltävänä iltana betonilattian hiomisella ja imuroimisella. Ensimmäisenä asennusaamuna noin 6 m²:n alueen solulasilaatat ladottiin paikoilleen ilman liimaa ja reunalaattoihin sahattiin tarvittavat lovet. Jokainen laatta numeroitiin asennusrivin ja asennusjärjestyksen mukaan. Rivinumero merkittiin roomalaisin numeroin ja rivin sisäinen asennusjärjestys arabialaisin numeroin.



Kuva 18, Asennuksen valmistelu

Tämän jälkeen laatat kerättiin riveittäin omiin pinoihinsa asennusalueen ulkopuolelle ja imuroitiin asennusalue vielä kertaalleen. Seuraavaksi ohennettiin pieni määrä bitumiliiman nestemäistä osaa vedellä. Sekoitussuhde oli 1 osa liimaa 10:n osaan vettä. Tällä seoksella pohjustettiin betonialusta pölyn sitomiseksi ja bitumiliiman tartunnan parantamiseksi. Pöly vaikuttaa tartunnan ohella myös bitumiliiman levitettävyyteen. Bitumiliima paakkuuntuu eikä levity kunnolla, jos alustassa on paljon irtoainesta. Pohjustusaine levitettiin telalla ja annettiin kuivua noin puoli tuntia, vaikka se vaikuttikin silmämääräisesti kuivalta jo huomattavasti aiemmin.



Kuva 19 Pohjustusaine levitetty

Bitumiliiman kaksi komponenttia sekoitettiin keskenään porakoneeseen kiinnitettävällä vispilällä. Jauhemaista komponenttia lisättiin vähän kerrallaan nestemäiseen komponenttiin ja sekoitettiin, kunnes seos oli tasaista ja paakutonta, eli noin viiden minuutin ajan.



Kuva 20, Bitumiliiman sekoitus

Aluksi bitumiliimaa kaadettiin alustalle ja myöhemmin massan hieman jäykistyttyä kauhottiin muurauskauhoilla astiasta alustalle. Liima levitettiin hammastetulla kumilastalla hieman laattarivin leveyttä suuremmalle alueelle. Laattojen sivut joko kastettiin ja pyöriteltiin alustalla olevassa ylimääräisessä liimassa, tai levitettiin liima

muurauskauhalla laattojen sivuihin. Asentajia oli kaksi, joista ensimmäinen levitti lastalla liiman alustaan, kastoi laatan sivut liimassa ja asetteli sekä painoi solulasilaatan paikalleen. Toinen asentaja huolehti järjestyksestä, haki laatat pinoistaan sekä kauhoi liimaa alustalle ja ehtiessään myös laattojen sivuille. Saumoista ylipursunnut liima levitettiin tasaiseksi ja ylimääräiset pyyhittiin pois.



Kuva 21, Ensimmäisten laattojen asennus

Kun asennuksessa saavutettiin noin puoliväli, bitumiliimaa sekoitettiin vielä hieman porakonevispilällä massan notkeana pitämiseksi. Massa notkistui hieman, ja asennus ehdittiin suorittamaan loppuun ennen liiman kovettumista. Alustan lämpötila oli vain hieman yli vaadittavat 5°C, joten työskentelyaika liimalla oli lähempänä 60 minuuttia kuin 90 minuuttia. Asennus sujui kuitenkin ripeästi ja ainoastaan yhtä ennalta sahattua laattaa jouduttiin hieman hiomaan, kun laattojen välisten saumojen bitumi kasvatti laattarivin kokonaispituutta hieman arvioitua enemmän.

Kun ensimmäisen asennusalueen laatat olivat paikoillaan, viimeisteltiin laattojen väliset saumat sekä reunasaumot täyttämällä saumoihin jääneet kolot ja välit liimalla. Myös viimeisen asennusrivin laattojen alta ja välistä pursunneet liimat pyyhittiin pois ennen niiden kovettumista. Asennukseen kului aikaa noin 60 minuuttia liiman sekoittamisesta.



Kuva 22, Ensimmäinen alue valmis

Työvälineet pestiin alustavasti ja laitettiin veteen likoamaan. Bitumiliima irtosi välineistä helpommin liottamisen jälkeen. Ensimmäisen asennuspäivän iltana leikattiin toisen asennusalueen laatat oikean kokoisiksi ja muotoisiksi. Laatat ladottiin paikalleen ja numeroitiin samaan tapaan kuin ensimmäisen alueen kohdalla.

Loput asennuksesta suoritettiin seuraavana päivänä. Toisen asennusalueen ala oli pienempi kuin ensimmäisen ja bitumiliimaa oli käytettävissä yhtä paljon kuin ensimmäiseen alueeseen, joten liiman riittävyden ja työskentelyajan suhteen ei ollut ongelmia. Asennus kului aikaa noin 45 minuuttia. Liiman notkeus säilyi hyvänä loppuun asti, eikä liimaa tarvinnut sekoittaa uudestaan.



Kuva 23, Toinen alue valmis

Työvälineet olivat paikoitellen melko paksun liimakerroksen peitossa. Suurin osa liimasta lähti irti vedellä suihkuttamalla, jonka jälkeen välineet laitettiin likoamaan veteen yön ajaksi ja puhdistettiin lopullisesti teräsharjalla ja mineraalitärpätillä.

5.1.3 Lopputulos ja havainnot

Asennus oli kokonaisuutena onnistunut. Etukäteen huolettanut, bitumiliiman työstettävyyssajan riittävyys ei muodostunut ylitsepääsemättömäksi ongelmaksi. Ensimmäisen alueen asennuksessa liima tuntui jäykistyvän liian nopeasti ja liimaa sekoitettiin hieman lisää kesken asennuksen. Tämän jälkeen liima pysyi notkeana asennuksen loppuun asti, eikä myöskään toisessa asennuksessa ollut enää ongelmia notkeuden kanssa. Toisessa asennuksessa liiman komponentteja sekoitettiin keskenään hieman kauemmin, mikä korkeamman ilman ja alustan lämpötilan ohella saattoi pitää massan notkeampana pidempään. Tosin pinta-ala ja tätä kautta asennuksen kestokin oli pienempi. Voidaan todeta, että asennusolosuhteiden alarajoilla liiman sallima työskentelyaika jää noin tuntiin. Tässä ajassa solulasiasia pystyy asentamaan noin 5 - 7 m² kokoiselle alueelle, eli juurikin tuon yhden liima-astian laskennallisen menekin verran. Liiman asettama työskentelyaika on siis riittävä liiman pakkauskokoon suhteutettuna.

Bitumiliiman käyttämisen odotettiin olevan sotkuista, ja sitä se myös oli. Huolellisuutta noudattamalla ja työvälineitä käyttämällä voitiin suurimmat sotkut kuitenkin välttää. Työvälineiden puhdistus vaatii kuitenkin enemmän työtä kuin esimerkiksi betonitöissä. Liima kerkesi hieman kovettumaan vispilään ja kauhoihin asennuksen aikana. Liima lähti paremmin irti etenkin teräksestä vedessä liottamisen jälkeen. Muovista ja kumista liima irtosi huonommin. Liuottimilla, kuten mineraalitärpätillä, liiman sai irtoamaan huomattavasti helpommin. Painepesurin arvuuteltiin olevan myös hyvä apu välineiden puhdistuksessa, mutta sitä ei käytännössä kokeiltu.

Solulasin sahaaminen ja hiominen oli vaivattomampaa kuin ennalta odotettiin. Solulasista sai tarvittaessa sahattua vain muutaman millimetrin paksuisia siivuja, jos ensimmäinen sahaus jäi hieman pitkäksi. Saman paksuuden hiominen onnistui jopa nopeammin kuin sahaaminen, mutta tasaisuus kärsi hioessa. Laattoja hiottiin kevytsorabetoniharkolla, hiekkapaperilla ja solulasilla itsellään. Työstäessä sai olla varovainen, ettei sahannut tai hionut solulasia liikaa. Erityispiirteeksi solulasin sahaamisessa muodostui erikoislaatuinen haju, joka muistutti mädän kananmunan

hajua. Hajun aiheutti lasisolukosta vapautuva rikkikaasu. Kaasu ei ole ihmiselle vaarallista.

Lopputuloksen tasaisuudella ei tässä kohteessa ollut erityistä merkitystä, koska solulasin päälle valetaan vielä ohut pintalaatta lattialämmityksen asentamiseksi. Asennusalustan tasaisuus on tärkein tekijä tasaisen solulasilaataston saavuttamisessa. Solulasilaattojen limittäminen auttaa tasaamaan alustan epätasaisuuksia. Korkeustasoeroja voi tasata myös asennuksen jälkeen solulasia hiomalla.

Kuten kaikessa rakentamisessa, hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Solulasilaattojen asennuksessa on järkevää suunnitella laattojen asennusjärjestys ja leikata palat valmiiksi ennen bitumiliiman sekoittamista. Näin asennus sujuu nopeasti, eikä liima ehdi jämähtämään kesken asennuksen. Yhdestä liima-astiasta riittää liimaa noin 5 – 7 m² kokoiselle alueelle, eli vähintään tuon kokoinen alue tulisi suunnitella ja valmistella etukäteen.



Kuva 24, Lopputulos

Asennus oli sotkuista, mutta itse asennustyö helppoa ja sujuvaa. Lopputulos ei välttämättä ole kauniin näköinen, mutta kuitenkin hyvin tiiviin ja jämään oloinen. Ensimmäisenä asennuspäivänä asennuksessa oli apuna Foamglasin edustaja, mutta asentaminen onnistuu myös vähemmän asiaan perehtyneiltä, kunhan noudattaa ohjeita ja suunnittelee asennuksen hyvin.

6 Johtopäätökset

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia solulasirakenteiden soveltuvuutta maanvaraiseksi laataksi ja pintalataksi. Tarkoitus oli siis löytää vaihtoehtoja betonirakenteille ja perehtyä samalla solulasin ominaisuuksiin ja asennukseen. Tavoitteiden voidaan katsoa täyttyneen ainakin kohtalaisesti. Osana tätä työtä tehdyt pistekuormitus- ja tartuntavetolujuuskokeet osoittivat solulasin sopivan laatoitettavaksi alustaksi. Solulasias voidaan siis käyttää suoraan kosteiden tilojen laatoituksen alla, ilman lujuutta lisääviä tasoitekerroksia. Saneerauslaastin ja solulasin välissä on kuitenkin hyvä olla elastinen laakerointikerros laastin kutistumisen takia. Solulasi ei silti yllä puristuslujuudeltaan betonin luokkaan. Asuinrakennusten lattiarakenteisiin lujuus on kuitenkin testien perusteella riittävän suuri. Klinkkerilaattojen ja saneerauslaastin muodostama pintakerros lisäsi rakenteen kestävyyttä pistekuormitustestissä n. 100 % pelkkään solulasiin verrattuna. Koetulosten arvot ylittävät Eurokoodien kansallisen liitteen SFS-EN 1991-1-1 välipohjarakenteille, parvekkeille ja portaille asettaman pistekuormituskestävyyden rajan, joka on $2 \text{ kN} / 2500 \text{ mm}^2$. Solulasilla voidaan siis korvata pintabetonilaatta, ja rakenteeseen voidaan myös asentaa lattialämmitys. Lämpö ei kuitenkaan jakaudu yhtä tasaisesti eikä lattia varaa juurikaan lämpöä.

Solulasista ja teräksestä valmistettua Koljern-elementtiä on käytetty Ruotsissa useassa kohteessa maanvaraisen betonilaatan korvaajana. Elementtiä voi käyttää myös seinärakenteena, yläpohjana tai terassielementtinä. Elementin käyttö alapohjassa on perusteltua etenkin kosteissa olosuhteissa ja huonosti kantavalla maaperällä.

Suurimmat erot vertailuissa solulasi- ja betonirakenteissa olivat rakenteiden massassa ja hinnassa. Solulasirakenteinen lattia on huomattavasti kevyempi kuin betonirakenteinen, mutta samalla myös huomattavasti kalliimpi. Solulasin todettiin toisaalta olevan ekologisempi vaihtoehto valmistusprosessin energiankulutuksen ja päästöjen kannalta, sekä valmistukseen käytetyn kierrätysmateriaalin vuoksi. Solulasi on siis ympäristöystävällinen valinta, mutta ei niinkään taloudellinen. Hinta on moninkertainen muihin eristeisiin ja betoniin verrattuna. Solulasin pitkäikäisyys, mittapysyvyys ja lämmöneristyskyvyn muuttumattomuus kompensoivat pitkällä aikavälillä solulasiin sijoitettua rahasummaa. Jos rakenne muuten säilyy vaurioitumattomana, ei solulasieristystä tarvitse uusien rakennuksen elinkaaren aikana. Foamglas antaa eristeillensä poikkeuksellisen pitkän materiaalitakuun. Solulasin voi myös edelleen kierrättää uudelleenkäytettäväksi rakenteen purun jälkeen.

Esimerkkikohteen solulasiasennus sujui hyvin. Solulasia oli erittäin helppo työstää eikä kylmäbitumiliiman käyttäminen aiheuttanut likaisia työvälineitä suurempia haasteita. Liima on pakattu sopivan kokosiin astioihin ja työskentelyaika on riittävä, kunhan asennettavat laatat ovat valmiina eikä asennuksessa tule yllättäviä viivästyksiä. Asennuksen suunnittelu ja esivalmistelut on siis syytä tehdä huolella. Asennuksessa on hyvä olla vähintään kaksi työntekijää ripeän ja sujuvan työskentelyn varmistamiseksi.

Solulasi on hyvin mielenkiintoinen materiaali, jonka käytön soisi yleistyvän jo pelkästään ekologisten näkökulmien vuoksi. Jos se lisäksi vähentää kosteusvaurioiden riskiä maanvaraisissa alapohjissa ja toisaalta keventää lattiarakenteen painoa, on sen käytön yleistyminen Suomessakin todennäköistä. Suurimpana esteenä tälle kehitykselle on solulasin korkea hinta. Rakennusfysikaalisten ominaisuuksiensa puolesta solulasi soveltuu kuitenkin hyvin maanvaraisen alapohjan kosteisiin ja vaativiin olosuhteisiin. Solulasirakenne sopii myös pintabetonilaatan sijaan käytettäväksi.

Insinööri työ onnistui kokonaisuutena hyvin. Projektin aikataulua jouduttiin venyttämään alkuperäisestä johtuen esimerkkikohteen rakennustöiden viemästä ajasta. Projektiin kuului rutkasti käytännön osioita, jotka tekivät työn tekemisestä entistäkin mielenkiintoisempaa. Solulasilaattojen päällystäminen ja testaaminen, sekä solulasin asennus ja sen suunnittelu esimerkkikohteessa olivat myös työn tavoitteiden kannalta tärkeitä.

Lähteet

- 1 Foamglas Nordic AB:n kotisivu; <http://fi.foamglas.com/> (12.11.2015)
- 2 Pittsburh Corning Ltd:n kotisivu; <http://www.foamglas.com> (11.11.2015)
- 3 Uusioaines Oy:n kotisivu; <http://www.uusioaines.com> (11.11.2015)
- 4 Finnfoam Oy:n kotisivu; <http://www.finnfoam.fi> (9.11.2015)
- 5 Natureplus kotisivu; <http://www.natureplus.org> (11.11.2015)
- 6 Betonilattiat 2002. 2002. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy
- 7 Betoniteollisuus ry:n kotisivu; <http://www.betoni.com> (12.11.2015)
- 8 Betoniyhdistys 2005, BY201
- 9 Koljern-elementin kotisivu; www.koljern.se/se/koljern/ (11.11.2015)
- 10 Starkin kotisivu; <http://www.stark-suomi.fi/fi/> (17.11.2015)
- 11 Lahden ammattikorkeakoulun projekti, Vihreä betoni;
<http://www.lamk.fi/projektit/cleantech/koulutukset/Documents/Tuomo%20Joutseno%20a.%20Vihre%C3%A4%20Betoni.%20Rudus%20Oy.pdf> (13.11.2015)
- 12 Kingspan Insulation Oy:n kotisivu; <http://www.spu.fi> (9.11.2015)
- 13 Eurokoodit, betonirakenteiden suunnitteluperusteet;
http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf (9.11.2015)
- 14 Rudus Oy:n kotisivu; <http://www.rudus.fi/hinnasto-ja-esitteet/hinnastot/betoni-hinnasto> (9.11.2015)
- 15 Rakennustuoteteollisuus RTT ry, Betonirakenteiden ympäristövaikutukset. Suomen Betonitieto Oy. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 1998
- 16 Rakentajan ekolaskuri;
http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.php#Rakennusosien_tarvikkeiden_
(9.11.2015)

- 17 Foamglas eristeiden ympäristöselostus, Environmental Product Declaration;
http://fi.foamglas.com/__/frontend/handler/document.php?id=327&type=42
(18.11.2015)
- 18 Foamglas-eristeiden RT-tuotetietokortti;
<http://www.rttuotetieto.fi/Download/27200/38539.pdf> (14.11.2015)
- 19 Diplomityö, Elina Manelius: Rakennusmateriaalien vesihöyrynläpäisevyyksikeiden kehittäminen, 2013, Tampereen teknillinen yliopisto (13.11)
- 20 Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja, VTT;
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T144.pdf> (13.11.2015)
- 21 Kuva 1; <http://fi.foamglas.com/>
- 22 Kuva 2; <http://fi.foamglas.com/>
- 23 Kuva 3; <http://fi.foamglas.com/>
- 24 Kuva 11; <http://www.koljern.se/se/koljern/>
- 25 Kuva 12; <http://www.koljern.se/se/koljern/>
- 26 Kuva 13; <http://www.koljern.se/se/koljern/>

Ilmaääneneristävyyskoe



Centre d'Etude et de
Développement en
Ingénierie Acoustique

Directeur : Prof. Dr. K. J. DENDAL

Campus Universitaire du Sart Tilman
Bâtiment B28 - Parking P32
B-4000 SART TILMAN (LIEGE 1)

Tél : +32 4 366 26 51
Fax : +32 4 366 26 49

Sart Tilman, le 17 avril 1997.

PITTSBURGH CORNING EUROPE S.A./N.V.
A l'attention de Monsieur G. VANDENBULCKE

Waterloo Office Park - Building C
Drève Richelle, 161

B-1410 WATERLOO

Ref.: 97/3104 - GD/mm.

**SUBJECT : MEASUREMENT OF THE SOUND REDUCTION INDEX OF A FOAMGLAS®
T4 CELLULAR GLASS WALL**

I. CONTENTS OF THE REPORT

This report contains 3 explanatory pages and one annex giving the measuring results.

II. GENERAL

10 boxes (5 of them marked with the number 548895 and 5 of them marked with the number 549139) were neutrally chosen in the PITTSBURGH CORNING factory by Mr. J. NEMERLIN, Managing Engineer of the CEDIA laboratory, on February 19, 1997.

The measurements were carried out on March 14, 1997 after 8 days of drying in the laboratories of the "Applied Acoustics Service" on the campus of Sart Tilman by:

- Mr. G. DUKERS, Technician at CEDIA.

III. MEASURING EQUIPMENT

- 1 electronic calibrator (94 dBSL at 1000 Hz) Brüel & Kjær, type 4230, serial number 1441391;
- 1 microphone Larson Davis, type 2541, serial number 1865;
- 1 cathode follower Brüel & Kjær, type 2619, serial number 971165;
- 1 noise generator Brüel & Kjær, type 1405, serial number 560543;
- 1 power amplifier Brüel & Kjær, type 2706, serial number 384544;
- 1 set of six electrodynamic loudspeakers;
- 1 real-time analyzer Brüel & Kjær, type 2131, serial number 680020;
- 1 computer TEXAS INSTRUMENTS 990/10 and its terminals;
- 1 rotatable boom Brüel & Kjær, type 3923, serial number 1357258;
- 1 microphone power supply Brüel & Kjær, type 2084, serial number 1606450.

IV. MEASUREMENT CONDITIONS

The measurements of the sound reduction index were carried out in accordance with the Belgian standard S 01-005 and the standard EN ISO 140-3.

- The window, in which the wall was put up, has a surface of 11,5 m²
- The 10 chosen boxes of cellular glass slabs were received on March 5, 1997
- The wall — made of FOAMGLAS® T4 cellular glass slabs 60 cm x 45 cm (density: 120 kg/m³), thickness 10 cm, adhered together with a two-component bituminous adhesive (PC® 56) — was built on March 6 by PITTSBURGH CORNING between two reverberation chambers having a volume of 135 m³.
- The sealing around the wall was carried out with heavy mastic.
- The testing chambers are designed so as to avoid any lateral noise transmission.
- The sound signal in the emission chamber consists in a white noise
- The sound pressure levels in the emission and reception chambers were successively measured by spatial integration within 64 seconds.
- The sound insulation is calculated by establishing the difference between these levels

$$L_{pme} - L_{pmr}$$

- The sound reduction index is calculated with the following equation:

$$R = L_{pme} - L_{pmr} + 10 \log \frac{S}{A}$$

where:

- S is the surface of the sample, in m²;
- A is the equivalent absorption surface (with a = 1) of the reception chamber.

A is calculated with the following equation:

$$A = 0.161 \frac{V}{T}$$

where:

- V is the volume of the reception chamber, in m³;
- T is the reverberation time of the reception chamber, in seconds.

A measurement of the reverberation time was carried out on about 10 sound level decays.

The arithmetical mean of these results is used to calculate A.

V. MEASURING RESULTS

The diagram and the table giving the values of the sound reduction index measured by 1/3 octave bands are given in annex 1.

The measuring results curve is classified 4b according to NBN S01-400.

The global index, R_w , calculated according to ISO 717, equals 27 dB.

Liège, 17 April 1997

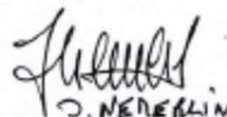
The Technician responsible for the measurements



XKAUSER

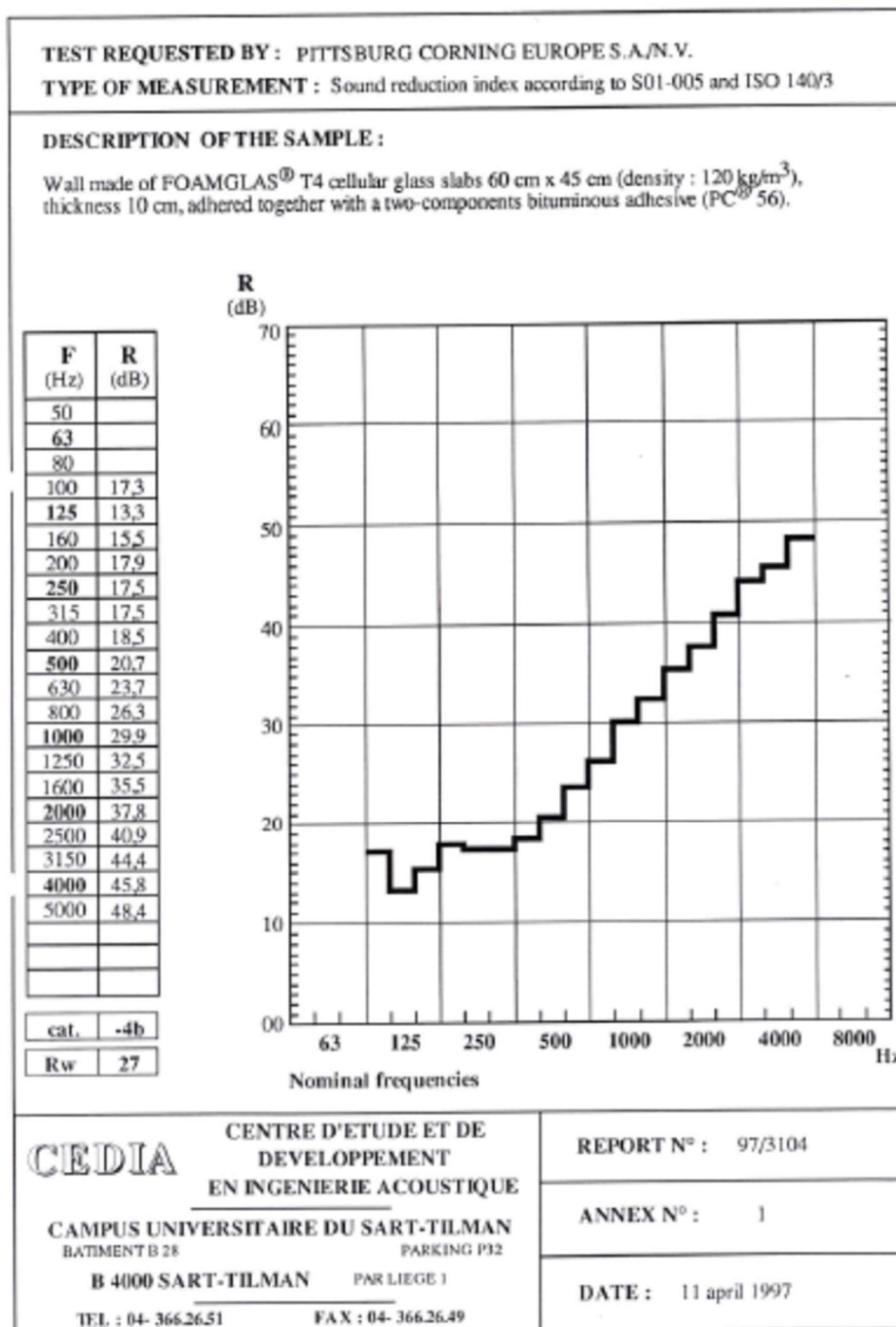
Pou G. DUKERS
Technician

The Director of CEDIA



J. DENAL

J. DENAL
Professor



Ekologinen arviointi

Ecological assessment

Recommended for internal use

■ FOAMGLAS® emits no substances, such as formaldehydes, styrenes, fire-proofing substances, fibres, chlorofluorocarbons (CFC/HCFC) etc, that are detrimental to health. Cellular glass insulation meets high health and environmental standards relating to its production, processing and eventual disposal.

■ Ecological and biologically safe FOAMGLAS® offers optimum construction solutions not only for rooms where a high degree of air purity is required (museums, hospitals, schools, offices, waiting rooms, high-tech production facilities, etc.), but also in locations where there are special bacteriological and hygienic requirements (slaughterhouses, cheese factories, dairies, industrial kitchens, canteens, restaurants, swimming pools, etc.).

■ All approved accessory products for the systems also aim to satisfy low-emission standards.

It is now common practice for building owners and investors to demand guarantees that only non-odour, low emission products which are not harmful to health are used in both the construction and interior finishes of their buildings. Large companies are pioneers of these developments and adopt it as their company culture - **to specify only Low-E products - non-toxic, non-odour products for their developments.**

The backdrop to this new philosophy is a growing awareness that the health of employees and increased productivity are closely related to good air conditions within the workplace. Coupled with this is the recent discovery that **safe, low-emission materials also bring substantial cost savings.**

When Low-E construction methods are fully adopted, the specification of the HVAC-installation can be reduced, with resultant lower investment costs, reduced energy consumption and operating costs, plus less space utilisation.

Recent research has demonstrated that by avoiding certain materials, the so called sick-building-syndrome and building related illnesses, such as allergy to chemicals, can be drastically reduced.

Continued research and development has been necessary to incorporate high percentages of recycled glass into the production of FOAMGLAS® cellular glass insulation without any reduction in quality. This ensures that not only is less raw material needed but energy consumption is reduced.

To reduce emissions from the glass production process, new efficient filtration systems have been installed.



High priority is given to heat recovery in the plant.



Delivery of glass for recycling (post-consumer-waste).

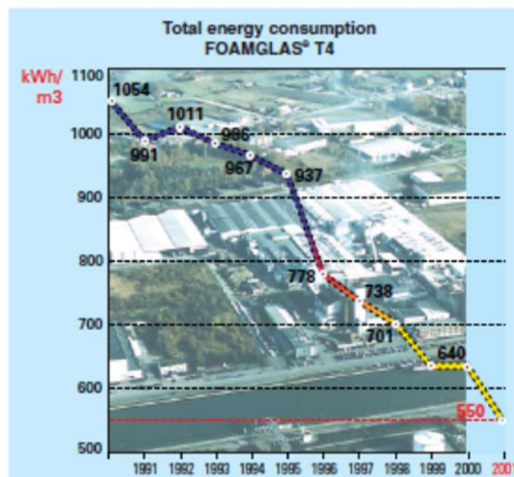
FOAMGLAS®

Pittsburgh Corning embraces environmental care as one of its main priorities

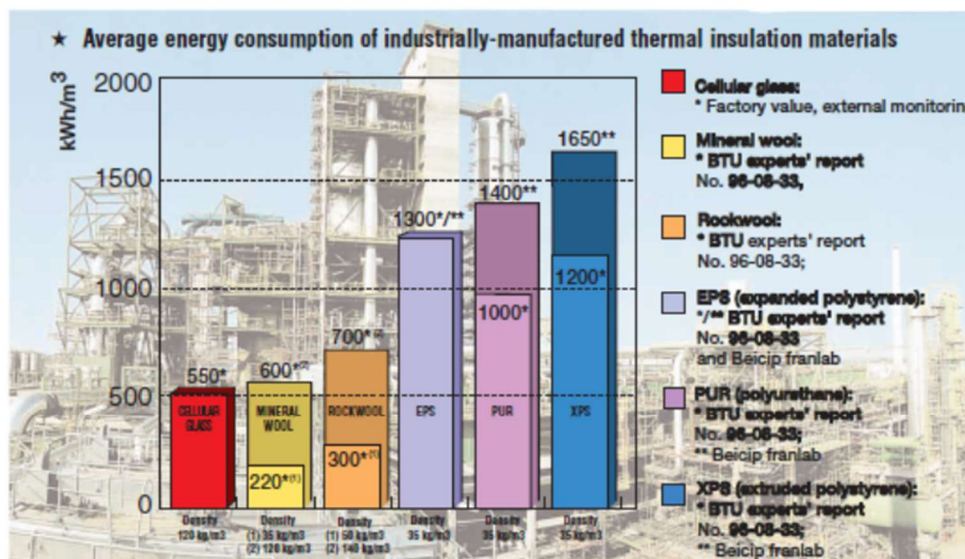
Technical progress in the manufacture of FOAMGLAS[®], repositioning the ecological profile

■ Since the end of the 1990's, important investments have been made and all the know-how available with regard to the manufacture of very high-quality glass has been put to good use in the production of FOAMGLAS[®] cellular glass, resulting in a really superior ecological classification. The proportion of **recycled glass** used in manufacture has been substantially increased and, on the other hand, the **thermal recycling yield** has also been optimised. The measures adopted contribute towards minimising emissions into the environment and re-adjust the ecological profile of FOAMGLAS[®].

- 1 **Manufacturing energy for 1 m³ of FOAMGLAS[®]** is currently down to **550 kWh**.
- 2 **CO₂ emissions** have been reduced to a low level of 120 kg/m³ (this means 75 kg/m² related to production and 45 kg/m² for the preliminary phase of energy production).
- 3 **Dust emissions** have been reduced from 522 g/m² to **0 g/m²** - i.e. non-existent.
- 4 The percentage of **recycled glass** (post-consumption residue) was 0 % in 1990; today it stands at **66 %**.



The graph above illustrates the technical progress achieved. Typical of this is the reduction in energy for manufacture for FOAMGLAS[®] T4. Instead of making long-term provisions for availability and the status of resources (as is the case with petroleum products) thermal insulation users can count on a cellular glass insulation product with a 100% mineral base.



* The combination of energy sources (coal, gas, fuel oil, nuclear energy) considered reflects the average mixed structure of energy supply in Europe. Because of the currently deregulated energy markets, this basis is the best available source for a comparative evaluation of environmental impact resulting from the energy required for the manufacture of insulating materials.

BTU: Büro für technischen Umweltschutz, Reiskirchen (D) - [Office for technical protection of the environment]
Beicip franlab: Institut français du pétrole

Ecological assessment

FOAMGLAS® is the front runner as far as ecological assessment of industrially-manufactured thermal insulation materials is concerned

■ Due to investments in production methods and technology FOAMGLAS® is amongst the elite in insulation products assessed for global ecology, related to primary energy parameters, CO₂ and other emissions (REFER TO TABLE 1 ON THE FOLLOWING PAGE AND THE FIGURE, PAGE BEFORE: PRIMARY ENERGY REQUIRED FOR INDUSTRIALLY-MANUFACTURED INSULATING MATERIALS).

Various studies and evaluations confirm the accolades for ecological quality awarded to FOAMGLAS® cellular glass insulation.

Économic/ecological assessment by BTU¹⁾

■ The BTU institute has gathered data on different parameters (e.g. length of service-life, primary energy content, price, thermal conductivity, costs of disposal or recycling and technical or application polyvalence) of the principal industrially-manufactured insulation products in the market. By applying a mathematical formula and with the weighting coefficients (per category from 1 to 5, with 1 being "negative" and 5 "very positive"), an examination of the parameters under consideration leads to different results per group of products and is expressed by the profitability index (R). The higher the R-value, the better the product evaluation.

1) BTU - Büro für technischen Umweltschutz, Reiskirchen, Germany.

For FOAMGLAS® the profitability index - a characteristic value for ecological and economic evaluation, involving a number of parameters - leads to the value **45.5**. This result positions FOAMGLAS® amongst the leading products in overall economic/ecological assessment.

The following copies of evaluations and studies are available on request:

- Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW; Ökologischer Baustoffratgeber: Umweltbewußte Bauteil- und Baustoffauswahl (1993).
- Niedersächsisches Sozialministerium: Gesundes Bauen und Wohnen. Baustoffinformation Wärmeschutz (1994).
- Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V., Munich.
- BTU, Büro für technischen Umweltschutz, Reiskirchen; expertise n° 96-08-33.
- Schweizer-Ingenieur-Ring; Beurteilung von Bauteilen der Gebäudehülle nach wirtschaftlichen und ökologischen Grundsätzen. Bedarfsbilanzierung von ausgewählten Konstruktionen (1997).

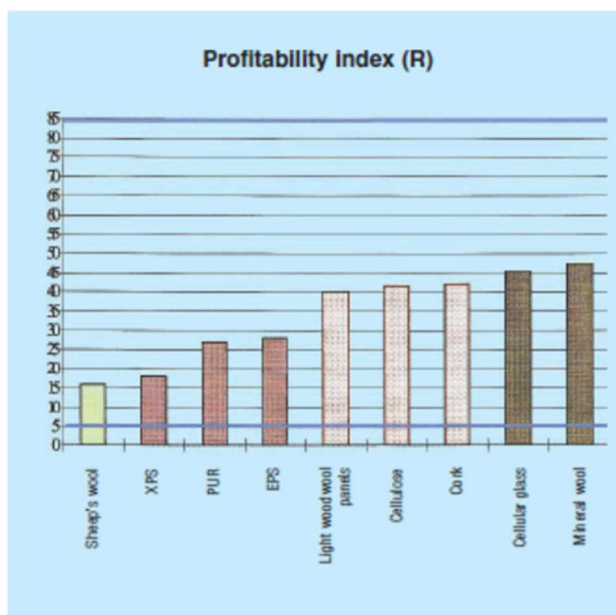


TABLE 1 • Emissions of CO₂-, SO_x-, NO_x or other volatile organic compounds (VOC) and
• Consumption of water for the production of insulating materials and
• Return on energy investment

PRODUCTS	Density kg/m ³	Source	CO ₂ kg/m ³	SO _x kg/m ³	NO _x kg/m ³	Process effluents and VOC kg/m ³	Water consumption kg/m ³	Return on energy investment Months
Cellular glass T4	120	a	120 ^[1]	0.03	0.15	none	70*	9
Mineral wool	35 - 120	g	55 - 191	0.12 - 0.40	0.12 - 0.42	0.14 - 0.48	50 - 100 ^(#)	3.5 - 13
Rockwool	50 - 140	g	44 - 154	0.29 - 0.81	0.09 - 0.25	unkn.	50 - 100 ^(#)	3.5 - 13
EPS	30	c g	162	0.99 4.8	0.38 1.61	15.5	291	22
PUR	35	c	150	0.86	0.32	30.84	301	23
XPS	35	c	215	1.32	0.50	14.20	298	25 - 30
[1] In the factory during production: 75 kg/m ³ ; energy supply prior to production: 45 kg/m ³			a factory value b calculated c Beicip - Franlab	g Ecolabel - Vito - Dk Teknik () estimated unkn. unknown	#) extrapolation * recycled in a closed circuit			

■ Volatile emissions during the production of a product are increasingly being considered and evaluated in the overall ecological balance sheet.

These relate in particular to SO_x emissions, i.e. SO₂ and SO₃ which are responsible for acid rain, the greenhouse gases CO, NO_x and CO₂, as well as emissions of VOC which have been found to have an adverse effect on health (respiratory tract).

The highest values of these emissions arise in the case of products with long-winded chemical processes and relate in particular to petroleum-based products. In the case of the XPS, EPS and PUR products in question, the emission values mentioned in **Table 1** (above) were taken from the Beicip Franlab report of the Institut Français du Pétrole¹⁾.

Other industrially-manufactured insulating materials produce emissions of the same order of magnitude. As, however, these are not mainly based on petroleum as the raw material, emissions are appreciably lower.

In the case of products made of mineral wool and rockwool, the order of magnitude of the values – in relation to primary energy required – can be estimated by extrapolation.

The information on CO₂ and other gaseous emissions given here apply for production sites operating in accordance with current technical standards and cannot be attributed to plants located in countries where protection of the environment is not recognised by law, particularly in third-world countries and developing countries.

In Switzerland, cellular glass complies with the MINERGIE standard for construction components promoted by the cantons, the Confederation and the commercial world.

Buildings meet a high level of quality and offer a remarkable level of comfort as regards soundproofing, health, indoor air quality and thermal protection; this concept is designed to preserve the value of a building over a longer period than average (certificate on request).

1) Beicip-Franlab, Ecological balance sheets; report Nr DIP - 93042 by Institut français du pétrole.

Process chains and the service life of an insulating material – an indicator of its ecological profile

■ "Advantageous construction materials are those having a long service life and a non-critical manufacturing process. Construction materials having a short service life should preferably not have a critical process chain, because their manufacture, use or disposal at their end of life causes problems for the environment. If one were to ignore this pollution and these risks, it would be most desirable for construction elements to have a longer service life."¹¹

lists do not have sufficient knowledge to be able to correctly evaluate the individual stages in a process, emissions, production waste and the primary energy required. It is therefore recommended that the complexity of subsequent production stages should be compared.

A short process chain is a valid indicator for a positive ecological profile. A long process chain requires complex technology, absolute control of which appears to be at least doubtful. Two process chains of different complexity are illustrated below."¹¹

INSULATING MATERIALS

Cellular glass:
with 12 process stages

XPS:
with 48 process stages

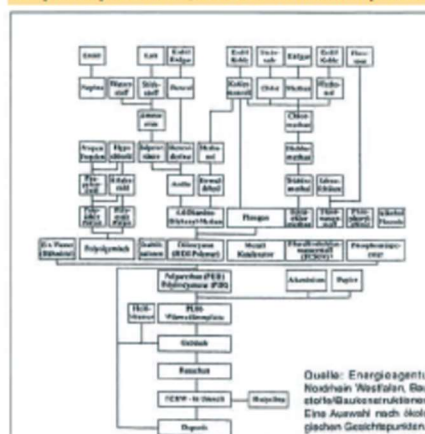
PUR/PIR :
with 48 process stages

Short and uncomplicated process chain in the case of cellular glass

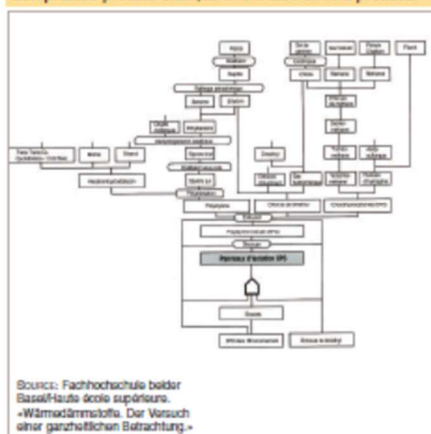
■ "Comparing the processes for the manufacture of products in the same group provides a preliminary indication about their environmental impact. Normally non-specia-

¹¹ Source: Energieagentur Nordrhein-Westfalen, Baustoffe/Baukonstruktionen. Eine Auswahl nach Ökologischen Gesichtspunkten.
REN initiative for energy saving "Bau und Energie" (Construction and energy).

Complicated process chain, as in the case of PUR/PIR products

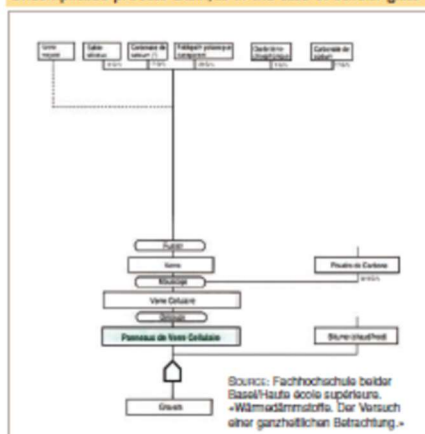


Complicated process chain, as in the case of XPS products



Source: Fachhochschule bielder Basel-Haute école supérieure.
-Wärmedämmstoffe. Der Versuch einer ganzheitlichen Betrachtung.-

Uncomplicated process chain, as in the case of cellular glass



Source: Fachhochschule bielder Basel-Haute école supérieure.
-Wärmedämmstoffe. Der Versuch einer ganzheitlichen Betrachtung.-

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF CONSTRUCTION PRODUCTS

The time factor must be given more consideration

Service life

■ "In the past various methods have been developed to refine ecological analyses of construction products.

Energy and raw materials flows over the service life of the product must be taken into consideration in order to evaluate a construction product as a whole. Construction products are long-term goods – buildings are regarded as having a service life of 80 years. **The time factor therefore plays a predominant part.** Up to now, however, the time factor has not been adequately considered in most balance sheets."¹⁾

The characteristics of a product deteriorate in the course of use and products have different service lives

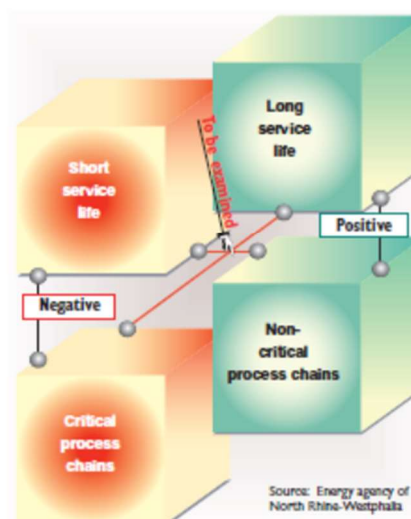
■ "When in use products do not remain new and undergo the effects of ageing and wear. Because of this, refurbishment measures become necessary and the characteristics of the product can change fundamentally.

The resistance of insulating materials to heat transfer can thus fall over the years and thermal transmission can increase as a consequence.

The additional heat flow produced in this way gives rise to flows of energy in the ecological balance sheet which can greatly exceed the energy flows required for the production of the insulating material."²⁾

1) Source: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.h.c.mult. Dr.E.h.mult. Karl Gerts, *Ökobilanz für Bauprodukte*, [Ecological balance sheet for construction products], Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart – Holzkirchen – Berlin. [Fraunhofer Institute for the physics of buildings] Supplement to Bundesbaublatt 47 (1996), No. 11, pp. 17-20.

Selection criteria for construction materials based on process chains and the service life of the material



Conclusion

An ecological assessment of construction products which fails to take the use stage or service life into account is not a valid one.

■ For an objective ecological evaluation comparing insulating materials, both changes in the thermal performance of the insulating material over time and differences in service life must be considered.

Products which offer constant thermal performance over the service life of a building and products with a long service life have an appreciably more advantageous ecological balance sheet than products whose thermal insulation properties decrease over the course of time and have a relatively short service life.

For this reason, greatest importance is to be attached to an ecological balance sheet related to service life which only allows for a correct comparative weighting of the ecological profile of insulating materials.

Tuotetakuutodistus

PITTSBURGH CORNING EUROPE NV



Warranty

PCE-ID-n° warranty: PCE/2015/00

Kv EXEMPEL, BYGGSTAD

FOAMGLAS® Takterrass med takfall 1:90 , FOAMGLAS T4+

Hereinafter referred to as "FOAMGLAS® Thermal Insulation"

Building Owner:	Regionfastigheter i Byggstad
Building Location:	Byggstad
PCE-ordering number & Cubic Meters Material Installed:	123456, 345 m3
Installation / Contractor:	Byggfirman Entreprenad AB
Architect:	Byggstad arkitektur Ab
Date of Installation:	2015.xx.xx
Date of Provisional Acceptance:	2015.xx.xx
Date of this Warranty:	2015.xx.xx

WARRANTY CONDITIONS

What Is Covered:

Pittsburgh Corning Europe NV warrants, under the strict conditions stipulated in these warranty conditions, that its FOAMGLAS® Thermal Insulation shall be free from manufacturing defects at the time of shipment and under normal conditions and use, will not absorb moisture and will retain its thermal resistance, compressive strength and dimensional stability for a period of 50 years from the date of purchase. If Pittsburgh Corning Europe NV's FOAMGLAS® Thermal Insulation fails to perform as warranted, Pittsburgh Corning Europe NV, at its sole discretion, will provide replacement material of the type and thickness originally specified or refund the purchase price. Any FOAMGLAS® Thermal Insulation provided as replacement material pursuant to this warranty will be warranted for the balance of the

Warranty PCE ID: 2015/00 XXX - xxxx

warranty period applicable to the original material. Pittsburgh Corning Europe NV will not be responsible for any installation or labor costs.

What is not covered:

There are certain conditions and/or applications over which Pittsburgh Corning Europe NV has no control. Therefore, this warranty for FOAMGLAS® Thermal Insulation is subject to certain limitations. Defects or problems resulting from the following are not covered by this warranty.

- Damage caused by improper installation, use or application.
- Damage caused by abuse, neglect or improper maintenance.

PITTSBURGH CORNING EUROPE NV



- Damage caused by external forces including, without limitation, accidents, falling or thrown objects, vandalism, acts of war or civil disobedience, unallowed traffic on the surface, unallowed storage of materials, unallowed attachments or penetrations, unallowed use of the application itself or exposure of the application to contaminants.
- Damage caused by faulty construction or design including, without limitation, the failure of the building to support the construction part, the failure of the underground to support the floor, and in general any structural movement or deflection impacting the application. In this respect Pittsburgh Corning Europe NV will not incur in any possible respect any liability or responsibility with regard to any technical advice or any technical instructions that are not expressly contained in officially published product specifications relating to the FOAMGLAS® Thermal Insulation covered by this warranty.
- Damage caused by the infiltration or condensation of abnormal moisture in, through or around the construction or any other parts of building structures and of underlying or surrounding materials.
- Damage caused by the deterioration or failure of the construction or any underlying or surrounding component of the application covered by this warranty.
- Damage caused by the installation, deterioration, or failure of any horizontal top appurtenances including, without limitation, lighting protection equipment, antennas, heating/cooling/ventilation units, pitch pans, framework or supports for signs, piping, conduit or sprinkler systems.
- Damage caused by environmental conditions or use which exceeds design standards.
- Damage caused by natural disasters including, without limitation, wind damage, flood, hail, tornado, hurricane, lightning, fire, earthquake or any other elements of force majeure.
- Damage caused by improper handling or storage of the FOAMGLAS® Thermal Insulation.

Who is Covered

Warranty PCE ID:2015/00 XXX -xxxx

The Building Owner named above exclusively, expressly excluding any tenant, secondary purchaser or successor of the Building Owner. The original Building Owner may transfer this warranty to a new owner of the building if written notice is provided to and written approval is received from Pittsburgh Corning Europe NV.

General Conditions

This warranty shall become effective only if duly signed by Pittsburgh Corning Europe NV and if returned after signature by the Building Owner to Pittsburgh Corning Europe NV no later than ninety (90) days after installation of the FOAMGLAS® Thermal Insulation.

Pittsburgh Corning Europe NV shall have no obligation under this warranty unless and until Pittsburgh Corning Europe NV is paid in full for all material, including contractual penalties and/or interests as the case may be.

The FOAMGLAS® Thermal Insulation must be installed in accordance with Pittsburgh Corning Europe NV's application specifications.

The Building Owner shall not make any fundamental changes in the principal use of the building without notifying Pittsburgh Corning Europe NV in advance and in writing. In case the Building Owner fails to make such written notification in advance and/or in case Pittsburgh Corning Europe NV deems the changed principal use of the building irreconcilable with the basic use in respect of which this warranty has been granted, Pittsburgh Corning Europe NV shall be entitled to withdraw this warranty upon written notice to that effect.

Obtaining Warranty Service

If at any time during the warranty period you detect a decline in the FOAMGLAS® Thermal Insulation's thermal resistance, compressive strength or dimensional stability, you must notify Pittsburgh Corning Europe NV in writing within thirty (30) days. Failure to notify Pittsburgh Corning Europe NV within thirty (30) days of discovery of any suspected failure may, in Pittsburgh Corning Europe NV's sole discretion, render this warranty null and void. Pittsburgh Corning Europe NV may require an inspection of the FOAMGLAS® Thermal Insulation application prior to arranging any replacement or

PITTSBURGH CORNING EUROPE NV



refund covered by this warranty. Should the investigation reveal the problem to be outside the scope of this warranty, investigation costs shall be paid by the Building Owner. The Building Owner's failure to make repairs not covered by this warranty will void any further obligation of Pittsburgh Corning Europe NV under this warranty.

Limitation of Liability & Exclusive Remedy

The design and construction of the roof, wall or floor Underground"/"building equipment" /"industrial" application, and any supporting structures thereto, are the sole responsibility of the project architect, engineer, general contractor and the Building Owner. The selection and use of Pittsburgh Corning Europe NV's FOAMGLAS® Thermal Insulation and any other system components to meet the requirements of the project is at the sole discretion of the Building Owner or his designated agent or representative.

The warranty obligation of Pittsburgh Corning Europe NV and the remedy stated herein is the sole and exclusive remedy at law or in equity for defects in material supplied by Pittsburgh Corning Europe NV. Pittsburgh Corning Europe NV is not liable for any consequential, incidental, or other damages, including but not limited to, damage to the structure or its contents, loss of use, rents or profits.

This warranty shall be in lieu of any and all other warranties, express or implied, including any implied warranty of merchantability or fitness for a particular purpose.

FOR PITTSBURGH CORNING EUROPE NV

By: _____

Date: _____

Please print name of signatory

Piet Vitse,
Director Standardisation Approvals,
Quality Manager Europe

By purchase, acceptance, or receipt of this warranty, the Building Owner named above accepts the terms, conditions, limitations and exclusions contained in this warranty and confirm that the FOAMGLAS® Thermal Insulation covered by this warranty was installed in accordance with applicable specifications. This warranty shall be the complete and exclusive agreement between you and Pittsburgh Corning Europe NV and supersedes any and all prior oral or written agreements or representations.

No Representative of Pittsburgh Corning has authority to make any promises or representations except as stated herein.

This warranty is in lieu of all other warranties, obligations or promises, expressed or implied, including the warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Any implied warranties are strictly limited to the terms hereof.

FOR BUILDING OWNER

By: _____

Date: _____

Please print name of signatory

Natureplus-sertifikaatti



Internationaler Verein für zukunftsfähiges
Bauen und Wohnen – natureplus e.V.

ZERTIFIKAT
Über die Vergabe des Qualitätszeichens
CERTIFICATE
for the award of the quality label
CERTIFICAT
pour l'attribution du label de qualité

Geprüfte Produkte
Tested products
Produits testés

**FOAMGLAS® W+F, FOAMGLAS® T3,
FOAMGLAS® T4+, FOAMGLAS® ONE,
FOAMGLAS® S3, FOAMGLAS® F**

Hersteller/Vertrieber
Manufacturers/Distributors
Producteur/Distributeur

Pittsburgh Corning Europe NV
B-3880 Tessenderlo
Belgium

Produktart
Type of product
Nature du produit

Schaumglasplatten
Cellular glass insulation boards
Panneaux et plaques de cellules de verre

Zertifikatsnummer
Number of certificate
Numéro de certificat

0406-1101-101-1

Prüfungsumfang
Test program
Etendue du test

Umwelt – Gesundheit – Funktion
Produktlebenslinie
Laborprüfung (Inhaltsstoffe und Emissionen)
Gebrauchstauglichkeit

Environment – Health – Function
Life cycle evaluation
Laboratory test (content and emissions)
Fitness for use

Environnement – Santé – Fonction
Cycle de vie du produit
Test en laboratoire (composants et émissions)
Aptitude à l'usage

Prüfergebnis
Test result
Résultat du test

Das Produkt/ die Produkte erfüllt/ erfüllen die strengen
Anforderungen der natureplus-Vergaberichtlinie
RL0406 Schaumglasplatten

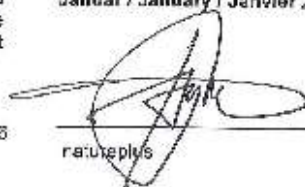
The product/ the products fulfills/ fulfill the stringent
requirements of the natureplus award guidelines
RL0406 Cellular glass insulation boards

Le(s) produit(s) mentionné(s) ci-dessus remplit/ remplissent les exigences
strictes des directives pour l'attribution de contrats de natureplus
RL0406 Panneaux et plaques isolantes de cellules de verre

Gültigkeit des Zertifikats
Validity of certificate
Validité du certificat

Januar / January / Janvier 2017

Neckargemünd, 2014-3-5


natureplus


Philipp Bogner
Philipp Bogner Institute for Green Building
IBO GmbH, Wien

Laadunvalvontasuunnitelmakaavakkeet



Laadunvalvontasuunnitelma (suunnittelija) – vers 2.1

Laadunvalvontasuunnitelmaa tulisi käyttää ohjeellisesti työvälineenä ja sen päästarkoituksena on varmistaa, että lopullinen rakenne toimii mahdollisimman hyvin. Suunnitelman avulla pyritään minimoimaan työprosessin virheet ja ongelmat, selkeyttämään vastuunjako eri toimijoiden välillä ja varmistamaan ongelmaton tuotannon.

Täydellisessä asiakirjassa on 3 sivua:

Laadunvalvontasuunnitelma – (suunnittelija), (Rakentaminen-sisäänosto), (Rakentaminen-tuotanto), (Kattourakoitsija-tarjous) ja (Kattourakoitsija-tuotanto)

Projekti			
Arkkitehti		Vastuuhenkilö:	
Rakennesuunnittelija		Vastuuhenkilö:	
Rakennusurakoitsija		Vastuuhenkilö, sisäänosto:	
		Vastuuhenkilö, tuotanto:	
Kattourakoitsija		Vastuuhenkilö:	

PINNAN TASAISUUSVAATIMUKSET	Laatinut	Päiväys
Vastaako pinta heikoimmillaan "puuhierrettyä betonipintaa"? – muuten vaaditaan tasoitus tai hionta		
PINNAN RAKENNE Detaljiratkaisut - katso Foamglas "Kattokäsikirja" Kaksinkertainen eristys porrastetuilla saumoilla! Asennetaan Foamglasin "Kompaktimenetelmän" mukaan (ts. primerikäsitelty alusta, liimatut saumat ja tiivistyskerros kuumabitumista) Haluttu U-arvo? (Foamglas voi auttaa laskennassa) Maksimitaipuman/profiiliin pohjan leveyden huomiointi poimulevy (TRP) ratkaisuisissa? Vaadittu kuormituskestävyys (puristuslujuus) ? Asennus puurakenteelle - Naulattu aluskate (min. laatu 2500 g/m2 kumibitumi) Foamglasin alla Kaadot? – katso "KALTEVAT PINNAT"		
LIITÄNNÄT JA DETALJIT Onko kaikilla reunoilla tuki/kehys? – Ei vapaita Foamglas-reunoja! Lopetus/ylösnostettu vedeneristys epäorgaanista materiaalia vasten – esim. minerit, Foamglas Readyboard		
KALTEVAT PINNAT Foamglas voi laatia projektikohtaiset kaltevuuspiirustukset – yhteystiedot -> katso www.fi.foamglas.com ->yhteystiedot Huomattavaa kaltevien pintojen yhteydessä: <i>Kaivojen sijainti ja määrä?</i> <i>Maksimi – minimi - korkeudet ?</i> <i>Haluttu eristyspaksuus?</i> <i>Haluttu kallistus?</i> <i>Yksisuuntainen kallistus, kaksisuuntainen vai kouru?</i>		



Laadunvalvontasuunnitelma (Rakentaminen - sisäänosto) – vers 2.1

Laadunvalvontasuunnitelmaa tulisi käyttää ohjeellisenä työvälineenä ja sen päätarkoituksena on varmistaa, että lopullinen rakenne toimii mahdollisimman hyvin. Suunnitelman avulla pyritään minimoimaan työprosessin virheet ja ongelmat, selkeyttämään vastuunjako eri toimijoiden välillä ja varmistamaan ongelmattoman tuotannon.

Täydellisessä esikirjassa on 3 sivua:

Laadunvalvontasuunnitelma – (suunnittelija), (Rakentaminen-sisäänosto), (Rakentaminen-tuotanto), (Kattourakoitsija-tarjous) ja (Kattourakoitsija-tuotanto)

Projekti			
Arkkitehti		Vastuuhenkilö:	
Rakennesuunnittelija		Vastuuhenkilö:	
Rakennusurakoitsija		Vastuuhenkilö, sisäänosto:	
		Vastuuhenkilö, tuotanto:	
Kattourakoitsija		Vastuuhenkilö:	

VALMISTAUDU – TARJOUSPYYNTÖPOHJA ALIURAKOITSIJOILLE	Laatinut	Päiväys
<p>Kaltevat pinnat? – Pyydä piirustukset ja materiaalmäärät Foamglas-edustajalta – katso www.fi.foamglas.com -> yhteyshenkilöt</p> <p>Lista Foamglas-kattourakoitsijoista -> pyydetään Foamglasilta</p>		
<p>TARJOUSPYYNTÖ – MUISTETTAVAA</p> <p>Kun Foamglas asennetaan profiilipellille (TRP) – Hanki profiilipelti maalattuna tai rasvasta puhdistettuna!</p> <p>Tilaa materiaalit suurina erinä. > 50 m³ = Rahtivapaa! Materiaali puretaan sivulta ja tämä vaatii pyöräkuormaajan.</p> <p>Työmaalogistiikka - Muista mainita mahdollisista toimitusta rajoittavista seikoista, kuten esim. kuorma-auton suurin sallittu koko tai rajoitettu purkumahdollisuus.</p> <p>Mahd. palautukset – vain suorat laatat (ei kaltevia) sekä kokonaiset, ehjät lavalliset!</p> <p>Hyväksytyistä palautuksista hyvitetään 75 % hankinta-arvosta. Ostaja maksaa ja vastaa paluukuljetuksesta.</p> <p>Jos pintaa käytetään tuotantoaikana – muista:</p> <p>Suurin sallittu puristuslujuus (murtumisvauriot) ennen kävelyä ja materiaalien varastointia Suojaa eristyskerros esim. kumisuojamatolla "KRAITEC TOP 6 mm".</p> <p>Asenna pintaeristyskerros viimeisenä vaiheena kattourakoitsijan kanssa tehdyn lopputarkastuksen jälkeen</p>		



Laadunvalvontasuunnitelma (Rakentaminen - tuotanto) – vers 2.1

Laadunvalvontasuunnitelmas tulisi käyttää ohjeellisenä työvälineenä ja sen päätarkoituksena on varmistaa, että lopullinen rakenne toimii mahdollisimman hyvin. Suunnitelman avulla pyritään minimoimaan työprosessin virheet ja ongelmat, selkeyttämään vastuunjako eri toimijoiden välillä ja varmistamaan ongelmattoman tuotannon.

Täydellisessä esikirjassa on 3 sivua:

Laadunvalvontasuunnitelma – (suunnittelija), (Rakentaminen-sisäänosto), (Rakentaminen-tuotanto), (Kattourakoitsija-tarjous) ja (Kattourakoitsija-tuotanto)

Projekti		
Arkkitehti		Vastuuhenkilö:
Rakennesuunnittelija		Vastuuhenkilö:
Rakennusurakoitsija		Vastuuhenkilö, sisäänosto:
		Vastuuhenkilö, tuotanto:
Kattourakoitsija		Vastuuhenkilö:

	Laatinut	Päiväys
<p>VALMISTELUT ENNEN ASENNUSTA</p> <p>PINNAN TASAISUUS - Vastaako pinta heikoimmillaan "puuhierrettyä betonipintaa"? – muuten vaaditaan tasoitus tai hionta. Mahdolliset epätasaisuudet tasoitetaan 20 x h leveyssuunnassa, jossa (h) = korkeusero. <i>Esim. 20 mm korkeusero tarkoittaa 400 mm tasoitusta</i></p> <p>PIILOTETTU KIINNITYS Onko kaidekannakkeet ja/tai kiinnitykset palkistoon tehty?</p> <p>KUORMASTA PURETTU ERISTYSMATERIAALI – Suojataan pressuilla</p> <p>TUKI/KEHYS – koko Foamglas-alueen ympärillä täytyy olla tuki/kehys – muuten on olemassa murtumisriski eristelevyjen reunoilla!</p> <p>VUOTOSUOJAUS – Varmista, ettei kuumabitumia pääse valumaan alapuolisiin kerroksiin! (elementtisaumat, läpiviennit, katonharjat jne.)</p> <p>PUHDISTA PINTA - onko pinta niin hyvin puhdistettu ja kuiva, että sen voi käsitellä bitumiprimerialla</p>		
<p>ASENNUKSEN JÄLKEEN</p> <p>Yhteinen lopputarkastus kattourakoitsijan kanssa</p> <p>Koeponnistus</p> <p>Jos pintaa käytetään varastona ja liikennöintiin tuotannon aikana – muista: Selvittää omalle henkilökunnalle ja muilla aliorakoitsijoille kuormitusvaatimukset (murtumisvaurioiden välttämiseksi).</p> <p>Suojata eristyskerros väliaikaisesti esim. kumisuojamatolla "KRAITEC TOP 6 mm".</p>		



Laadunvalvontasuunnitelma (Kattourakoitsija - tarjous) – vers 2.1

Laadunvalvontasuunnitelmaa tulisi käyttää ohjeellisesti työvälineenä ja sen päätarkoituksena on varmistaa, että lopullinen rakenne toimii mahdollisimman hyvin. Suunnitelman avulla pyritään minimoimaan työprosessin virheet ja ongelmat, selkeyttämään vastuunjako eri toimijoiden välillä ja varmistamaan ongelmattoman tuotannon.

Täydellisessä esikirjassa on 3 sivua:

Laadunvalvontasuunnitelma – (suunnittelija), (Rakentaminen-sisäänosto), (Rakentaminen-tuotanto), (Kattourakoitsija-tarjous) ja (Kattourakoitsija-tuotanto)

Projekti		
Arkkitehti		Vastuuhenkilö:
Rakennesuunnittelija		Vastuuhenkilö:
Rakennusurakoitsija		Vastuuhenkilö, sisäänosto:
		Vastuuhenkilö, tuotanto:
Kattourakoitsija		Vastuuhenkilö:

TARJOUS – MUISTETTAVAA	Laatinut	Päiväys
<p>Kaltevat pinnat? – Pyydä kallistuspiirustukset ja materiaalmäärät Foamglas-edustajalta <i>Tarkasta, että kallistuspiirustukset vastaavat tarjouskohdetta!</i> Tilaa materiaalit suurina erinä.> 50 m3 = Rahtivapaa! Mahd. palautukset – vain suorat laatat (ei kaltevia tai kaarevia) sekä kokonaiset, ehjät lavalliset! Hyväksytyistä palautuksista hyvitetään 75 % hankinta-arvosta. Ostaja maksaa ja vastaa paluukuljetuksesta. Materiaali puretaan sivulta ja tämä vaatii pyöräkuormaajan. PINNAN TASAISUUS - Vastaako pinta heikoimmillaan "puuhierrettyä betonipintaa"? – muuten vaaditaan tasoitus tai hionta. Suosittelemme, että rakennusurakoitsija ja kattourakoitsija katsastavat pinnan yhdessä ENNEN asennuksen aloitusta! Asennus profiilipellille (TRP) – Onko pelti maalattu tai puhdistettu rasvasta? (säästä vaivaa pohjamaalaamalla alusta!) Laskettu bitumimenekki (betonialusta): 3-4 kg/m2 ja tiivistyskerros + vesikattohuovan liimaus 2 kg/m2. Esteet ja aukot? Katso detaljiratkaisut Foamglasin "Kattokäsikirjasta".</p>		



Laadunvalvontasuunnitelma (Kattourakoitsija - tuotanto) – vers 2.1

Laadunvalvontasuunnitelmaa tulisi käyttää ohjeellisesti työvälineenä ja sen päätarkoituksena on varmistaa, että lopullinen rakenne toimii mahdollisimman hyvin. Suunnitelman avulla pyritään minimoimaan työprosessin virheet ja ongelmat, selkeyttämään vastuunjako eri toimijoiden välillä ja varmistamaan ongelmattoman tuotannon.

Täydellisessä esikirjassa on 3 sivua:

Laadunvalvontasuunnitelma – (suunnittelija), (Rakentaminen-sisäänosto), (Rakentaminen-tuotanto), (Kattourakoitsija-tarjous) ja (Kattourakoitsija-tuotanto)

Projekti		
Arkkitehti		Vastuuhenkilö:
Rakennesuunnittelija		Vastuuhenkilö:
Rakennusurakoitsija		Vastuuhenkilö, sisäänosto:
		Vastuuhenkilö, tuotanto:
Kattourakoitsija		Vastuuhenkilö:

VALMISTELUT ENNEN ASENNUSTA	Laatinut	Päiväys
<p>Kallistuspiirustukset – onko kaikki kunnossa? tarvitaanko korjauksia? Tilaa piirustuskopiot, laattalistat Foamglasilta! Tilaa jos min. 50 m3 = rahtivapaa Asennus profiilipellille (TRP) – tilaa tai vuokraa bitumivaunu Foamglasilta Projektikäynnistys ilmoitettu Foamglasille? Kuorman purku varattu? Oikea puhelinnumero, johon tavarat ilmoitetaan? Onko eristettävä pinta tasoitettu? Onko kaidekannakkeet, kiinnitykset palkistoon tehty? Työkalut– esim. puukkosaha, reikäsahat, bitumikannu (voidaan tilata Foamglasilta)</p>		
<p>ASENNUS Asentamaton materiaali suojataan pressuilla Foamglas ja vesikattohuopa asennetaan kompaktimenetelmällä ts: - Alusta on käsitelty bitumiprimerillä - Laatat liimataan kauttaaltaan alustaan ja alapuolisiin eristekerroksiin - Laattojen välit täytetään kokonaan bitumilla - Porrastetut saumat – ihan kuin tiiliseinässä! - ts. ei pääsaumoja! Eristyskerros kokonaan hitsattu/liimattu laattoihin Täydelliset asennusohjeet katso -> Foamglas "asennusohjeet". Käytä vain bitumia, jonka laatu on vähintään 85/25 (EN1426/1427 mukaan) Foamglaseriste -pinta, jota ei ole vielä päällystetty vesikattohuovalla - sivellään kuumabitumilla (tiivistyskerros) Mahdollisessa kylmäliimauksessa (kylmää liimaa) – alustan pintalämpötila on oltava vähintään +5 °C</p>		
<p>ASENNUKSEN JÄLKEEN Asennus suoritettu FOAMGLAS kallistuspiirustusten mukaisesti "TR____-0____-46-____" Projekti: _____ Päiväys: _____ Koeponnistus ja yhteinen lopputarkastus rakennusurakoitsijan kanssa</p>		

Pistekuormitustestiraportit



Rakennetekniikan laboratorio
(Agricolankatu 1-3, 00500 Helsinki)
PL 4023, 00079 Metropolia



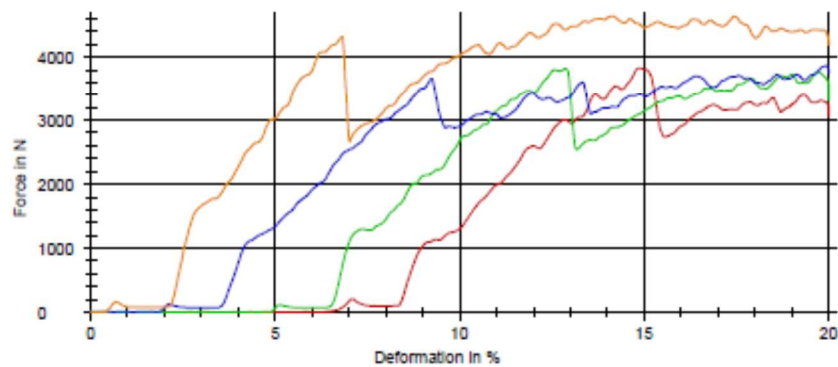
Test report

Customer : Foanglass
Material :
Tester : Henri Laine
Pre-load : 1,25 N
Test speed : 50 mm/min

Test results:

Nr	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
1	1	3830	1,53	7,4	50	50	2500,00
2	2	3820	1,53	6,4	50	50	2500,00
3	3	3870	1,55	10,0	50	50	2500,00
4	4	4640	1,86	7,0	50	50	2500,00

Series graph:



Statistics:

Series	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
n = 4							
x	3	4040	1,62	7,7	50	50	2500,00
s	1	404	0,16	1,6	0,000	0,000	0,00
v	51,64	10,00	10,00	20,09	0,00	0,00	0,00

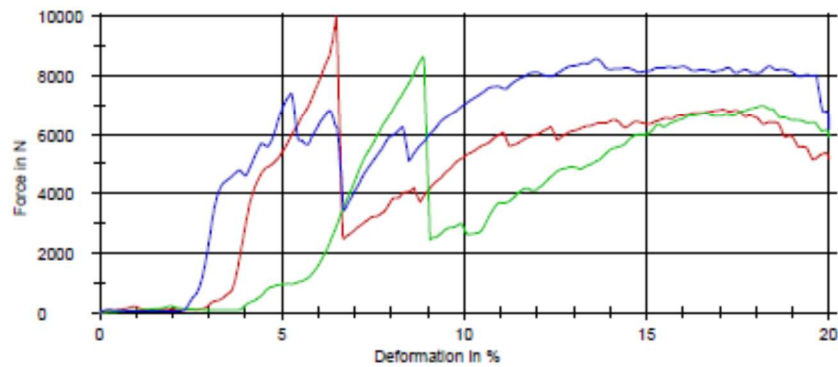
Test report

Customer : Foanglass
Material :
Tester : Henri Laine
Pre-load : 1,25 N
Test speed : 50 mm/min

Test results:

Nr	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
1	1	10000	4,00	3,2	50	50	2500,00
3	3	8650	3,46	4,4	50	50	2500,00
4	4	8580	3,43	6,8	50	50	2500,00

Series graph:



Statistics:

Series	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
n = 3							
\bar{x}	3	9080	3,63	4,8	50	50	2500,00
s	2	806	0,32	1,8	0,000	0,000	0,00
v	57,28	8,88	8,88	37,57	0,00	0,00	0,00

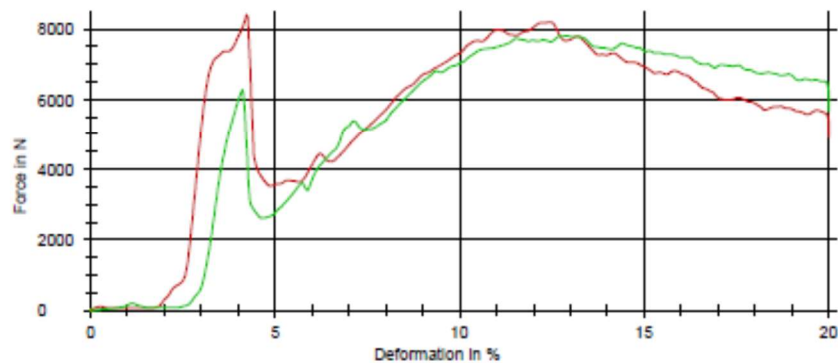
Test report

Customer : Foanglass
Material :
Tester : Henri Laine
Pre-load : 1,25 N
Test speed : 50 mm/min

Test results:

Nr	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
1	1	8410	3,36	2,1	50	50	2500,00
2	2	7800	3,12	6,4	50	50	2500,00

Series graph:



Statistics:

Series	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
n = 2							
x̄	2	8100	3,24	4,3	50	50	2500,00
s	1	430	0,17	3,1	0,000	0,000	0,00
v	47,14	5,30	5,30	71,57	0,00	0,00	0,00

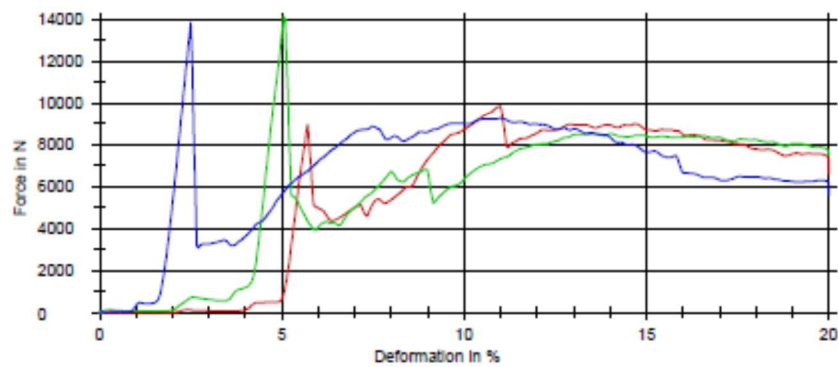
Test report

Customer : Foanglass
Material :
Tester : Henri Laine
Pre-load : 1,25 N
Test speed : 50 mm/min

Test results:

Nr	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
1	1	9850	3,94	5,5	50	50	2500,00
2	2	14100	5,65	2,5	50	50	2500,00
3	3	13800	5,53	1,2	50	50	2500,00




Series graph:



Statistics:

Series	Specimen no.	F _{max} N	σ _M N/mm ²	dL at F _{max} mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
n = 3							
\bar{x}	2	12600	5,04	3,1	50	50	2500,00
s	1	2380	0,95	2,2	0,000	0,000	0,00
v	50,00	18,92	18,92	70,49	0,00	0,00	0,00

Suoritusasoilmoitus, Foamglas S3

		EU 'CPR' 305/2011 & EN 13167 EN 14305 CPR = Construction Product Regulation		 FOAMGLAS
		CPR-2014- DQP n° 100010030 EN: DECLARATION OF PERFORMANCE DA: YDEEVNEDEKLARATION SV: PRESTANDADECLARATION FI: SUORITUSTASOILMOITUS		
This declaration of performance is issued under the sole responsibility of the manufacturer identified in point 4.				
1. Unique identification code of the product-type / Yritystyyppiä unique identifikaatiokoodi / Produktityyppiä unique identifikaatiokoodi / Tuotetyyppiä yksilöllinen tunnusluku:		FOAMGLAS@S3		
2. Type, batch or serial number or any other element allowing identification of the construction product as required under Article 11(4) / Type-, parti- eller serienummer eller en anden form for angivelse, ved hjælp af hvilken byggerens kan identificeres som krævet i forhold til artikel 11, stk. 4 / Typ-, parti- eller serienummer eller någon annan beteckning som möjliggör identifiering av byggsprodukt i enlighet med artikel 11.4 / Tyypin-, erä- tai sarjenumero tai muu merkintä, jonka avulla rakennustuoteet voidaan tunnistaa, kuten 11 artiklan 4 kohdassa edellytetään:		Cellular glass - ciabc		
3. Intended use or uses of the construction product, in accordance with the applicable harmonised technical specification, as foreseen by the manufacturer / Byggesarens tilgædte anvendelse eller anvendelser i overensstemmelse med den gældende harmoniserede tekniske specifikation som påtænkt af fabrikanten / Byggsproduktens avsedda användning eller användningar i enlighet med den tillämpliga, harmoniserade tekniska specifikationen, såsom förutsett av tillverkaren / Valmistajan ennustettu, sovelletun yhdenmukaistetun teknisen erittelyn mukainen rakennustuotteen alottu käyttötarkoitus tai -tarkoitukset:		Thermal insulation for buildings Thermal insulation for industrial installations		
4. Name, registered trade name or registered trade mark and contact address of the manufacturer as required pursuant Article 11(5) / Fabrikantens navn, registrerede firmaetsregistreret eller registrerede varemærke og kontaktiladresse som krævet i forhold til artikel 11, stk. 5 / Tillverkarens namn, registrerade företagsnamn eller registrerade varumärken samt kontaktiladressa enligt vad som krävs i artikel 11.5 / Valmistajan nimi, rekisteröity kaupunkinimi tai tavaramerkki sekä osoite, josta valmistajan saa yhteyden, kuten 11 artiklan 5 kohdassa edellytetään:		PCE-Pittsburgh Corning Europe NV/SA Albertkade 1 B-3680 Tessenderlo BELGIUM www.foamglas.com quality-compliance@foamglas.com		
5. Where applicable, name and contact address of the authorized representative whose mandate covers the tasks specified in Article 12(2) / I givet fald navn og kontaktiladresse på den bemyndigede repræsentant, hvis mandat omfatter opgaverne i artikel 12, stk. 2 / I tillämpliga fall namn och kontaktiladressa för tillverkarens representant vars mandat omfattar de uppgifter som anges i artikel 12.2 / Mahdollisen valtuutetun edustajan, jonka toimialueeseen kuuluu 12 artiklan 2 kohdassa eritellyt tehtävät, nimi sekä osoite, josta siihen saa yhteyden:		none		
6. System or systems of assessment and verification of constancy of performance of the construction product as set out in Annex V / Systemet eller systemerne til vurdering og kontrol af konstanten af byggesarens ydeevne, jf. bilag V / Systemet eller systemen för bedömning och fortgående kontroll av byggsproduktens prestanda enligt bilaga V / Rakennustuotteen suoritusarvon pysyvyyden arviointi- ja varmistusjärjestelmä(j) liitteen V mukaisesti:		AVCP-system 3		
7. In case of the declaration of performance concerning a construction product covered by a harmonised standard:		Performed: Under system- and issued: Hvilke ydeevneerklæringen vedrører en byggevare, der er omfattet af en harmoniseret standard: Hvilke ydeevneerklæringen omfatter en byggsprodukt som omfatter en af harmoniserede standarder: <u>Navn byggerens ydeevneerklæringens standarden på den korrekte, pågældende standarden i henhold til bilag V.</u>		
Under system- and issued: udførte ... efter system- ... og udstedte ... har udført ... enligt system ...		EN 13167 AVCP-system 3 EN 14305 nando.xyz		
Thermal conductivity		(EN 12939)	2000	(EN 12939)
Fire reaction		(EN 13501-1)	2000	(EN 13501-1)
Compressive strength		(EN 12939)	2000	(EN 12939)
B. DECLARED PERFORMANCE / YDEEVNEDEKLARATION / PRESTANDADECLARATION / SUORITUSTASOILMOITUS				
Thickness (EN 823) ± 2 mm Length (EN 822) ± 2 mm Width (EN 822) ± 2 mm Squariness (EN 824) Flatness (EN 825) Reaction to fire (EN 13501-1) Thermal conductivity 10°C (EN 13167) Thermal conductivity -160°C (EN 14305) Thermal conductivity - 80°C (EN 14305) Thermal conductivity 0°C (EN 14305) Thermal conductivity +100°C (EN 14305) Thermal conductivity +220°C (EN 14305)	from 40 to 180 mm 600 mm 450 mm Sb ± 5mm/m; Sd ± 2mm Smax ± 5mm Euroclass A1 λD ± 0.045 W/(m·K) λD ± 0.025 W/(m·K) λD ± 0.033 W/(m·K) λD ± 0.044 W/(m·K) λD ± 0.062 W/(m·K) λD ± 0.090 W/(m·K)	Compressive strength (EN 826 annex A) Point load (EN 12430) Bending strength (EN 12069) Tensile strength (EN 1607) Compressive Creep (EN 1606) Water absorption (EN1609 & EN12067) Dimensional Stability (EN 1603) Water Vapour resistance (EN12096) Dangerous substances & glowing combustion Trace quantities of water soluble chloride (EN 13460) Min / Max Temperature range	C5 ± 900 kPa - E5 ± 500 kPa TR ± 150 kPa CC (1,5/1,50) 350 ≤ 0,5 kg/m³ ≤ 0,5% / ≤ 0,5% = (Infinite) NPD ≤ 2 mg/kg -265°C / +430°C	
The performance of the product identified in points 1 and 2 is in conformity with the declared performance in point 6.				
Signed for and on behalf of the manufacturer:		Name & function: P. Vibe, Dir. Standardisation & Technical Approval, Quality Manager Europe signature:  Place and date of issue: 01/01/2014 Tessenderlo, Belgium		
		Previous version: 24/07/2013		