

Raudoitetun seinävalumuotin tuotteistamisen lähtötietojen selvittäminen

Harri Pölkki

Opinnäytetyö
Helmikuu 2015

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Pölkki, Harri	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 03.03.2015
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi Raudoitettun seinävalumuotin tuotteistamisen lähtötietojen selvittäminen.		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaajat Korpinen, Jussi Pitkänen, Reijo		
Toimeksiantajat Jyväskylän Ammattikorkeakoulu ja SX-Lämpöpohja Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulu. SX-Lämpöpohja Oy tilasi Jyväskylän ammattikorkeakoululta tutkimustyön uuden rakennustuotteensa tuotekehityksen pohjaksi. Opinnäytetyö kattoi kyseisen tutkimuksen lähtötietojen selvittämisen, tutkimuksen ja saatujen tutkimustulosten raportoinnin.</p> <p>Työn sisältönä ja tavoitteena oli uudelle rakennustuotteelle asetettujen vaatimusten selvittäminen, rakennusfysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen laboratoriossa ja tuotteen soveltuvuus passiivi- ja nollaenergiataloihin. Rakennustuotteille, joilla on harmonisoitu tuotestandardi, tuli pakolliseksi CE-merkintä 1.7.2013 alkaen.</p> <p>Työ aloitettiin syksyllä 2014 selvittämällä SX-Lämpöpohja Oy:n määrittämät EPS-pohjaisen rakennustuotteen ominaisuudet. Tutkimuksista laadittiin tutkimussuunnitelmat, joissa selvitettiin, miten ominaisuudet tutkitaan. Laboratoriotestaukset suunniteltiin ja toteutettiin yhdessä Jyväskylän ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorion Reijo Pitkäsen ja Teemu Pennasen kanssa. Rakennustuotteiden CE-merkintään liittyvät vaatimukset selvitettiin EPS-pohjaisten rakennustuotteiden harmonisoidun tuotestandardin pohjalta.</p> <p>Työn tuloksina saatiin ohjeistus siitä, millainen CE-merkinnän hankintaprosessi on. Harmonisoidun tuotestandardin pohjalta hankittu CE-merkintä on vaatimukset täyttävä kaikissa CEN-jäsenmaissa. Lämmönläpäisykertoimien määrittämiseen kautta saatiin tulokseksi, että rakennustuote soveltuu hyvin passiivi- ja nollaenergiarakentamiseen. Laboratoriotutkimusten tulosten pohjalta voitiin todeta, että tuotteen ominaisuudet soveltuvat hyvin ulkoseinära-kenteeksi.</p> <p>Työn tulosten avulla SX-Lämpöpohja Oy:lla on selkeät lähtökohdat uuden tuotteensa CE-merkinnän saamiseen liittyvästä prosessista.</p>		
Avainsanat (asiasanat) EPS, CE-merkintä, harmonisoitu tuotestandardi, passiivitalo, lämmönläpäisykerroin, rakennustuoteasetus, suoritustasoilmoitus		
Muut tiedot		



Author(s) Pölkki, Harri	Type of publication Bachelor's thesis	Date 03.03.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 40	Permission for web publication: x
Title of publication Initial data for product approval of reinforced wall form block.		
Degree programme Civil Engineering		
Tutors Korpinen, Jussi Pitkänen, Reijo		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences and SX-Lämpöpohja Oy		
Abstract <p>This thesis was assigned by JAMK University of Applied Sciences. JAMK was assigned by SX-Lämpöpohja Oy to research for initial data of new building product development. The thesis includes the outlining of research methods, actual research and result reporting.</p> <p>The content and main goal of the thesis was the determination of construction product regulations for a new product, physical properties via laboratory tests and the product's applicability for passive and zero net energy buildings.</p> <p>The research work began in fall 2014 by determination of EPS product's physical properties. The research plan with the assigned testing methods was made. Laboratory tests were planned and implemented together with JAMK building laboratory's personnel Reijo Pitkänen and Teemu Pennanen. The requirements for CE marking were determined through EPS product's harmonized product standard.</p> <p>The process of getting CE-marking for EPS-based building product was one significant result of this thesis. By determining the properties of building product through harmonized product standard the CE-marking applicable in all CEN-member countries has been obtained. It became also clear that this product is suitable for passive and zero net energy buildings. The results of laboratory tests show that the product's properties are good for exterior wall structures.</p> <p>With the results of this thesis SX-Lämpöpohja Oy has gained a clear starting point for process in getting their new product CE-marked.</p>		
Keywords/tags (subjects) EPS, CE-marking, harmonized product standard, passive house, coefficient of thermal transmittance, construction product regulation, declaration of performance		
Miscellaneous		

Sisällysluettelo

Taulukot.....	2
KESKEISET TERMIT	3
1. TYÖN LÄHTÖKOHDAT	5
1.1. Tehtävä ja tausta	5
1.2. Tavoite	6
2. VIRANOMAISVAATIMUKSET RAUDOITETULLE SEINÄVALUMUOTILLE.....	7
2.1. Harmonisoitu tuotestandardi	7
2.2. CE-merkintä	8
2.3. Suoritustasoilmoitus.....	10
3. RAKENTEEN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN.....	12
3.1. Tausta	12
3.2. Laskentamenetelmän ja rakenteen kuvaus.....	12
3.3. Lämmönläpäisykertoimen laskentaprosessi	13
3.4. Energiatehokkaat asuinrakennukset	15
3.4.1. Passiivitalo	15
3.4.2. Nollaenergia- ja plusenergiatalo	16
3.4.3. Raudoitetulla seinävalumuotilla rakentaminen ja energiaterhokkuus ...	16
4. EPS:N PITKÄAIKAINEN VEDENIMEYTYMISTESTI.....	17
4.1. Testaamisen tausta.....	17
4.2. Testausmenetelmän kuvaus.....	17
4.3. Testaus ja testaustulokset	18
5. RAPPAUSPINNOITTEEN SÄÄRASITUSKESTÄVYYS	20
5.1. Tausta	20
5.2. Testauslaitteisto ja -menetelmäkuvaus.....	20
5.3. Testaustulokset ja havainnot.....	22
6. JULKISIVURAPPAUKSEN TARTUNTALUJUUS EPS:n PINTAAN.....	23
6.1. Tausta	23
6.2. Testauslaitteisto ja -menetelmäkuvaus.....	23
6.3. Testaustulokset.....	24
7. RAKENTEEN PALOKÄYTTÄYTYMINEN.....	26
7.1. Yleistä.....	26
7.2. Rakennusten paloturvallisuus	27
7.3. Palokäyttäytymisen laboratoriotutkimuksen tausta	29
7.4. Testauslaitteisto ja -menetelmäkuvaus.....	30
7.5. Testaustulokset.....	32

8. Pohdinta	33
Lähteet.....	35
Liitteet	37
Liite 1. Raudoitettun seinävalumuotin tuotevaatimukset SFS-EN 13163:n mukaisesti	37
Liite 2. Suoritustasoilmoituksen malli	38
Liite 3. Lämmönläpäisykertoimet raudoitettulle seinävalumuotille	40

Kuviot

Kuvio 1. EPS rakennustuotteen CE-merkintä	9
Kuvio 2. Suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamismenetelmät	11
Kuvio 3. Testikokoonpano	18
Kuvio 4. Lämpötilan muutos sykleittäin	21
Kuvio 5. Suhteellisen kosteuden muutos sykleittäin	22
Kuvio 6. Vetokoejärjestelyt	24
Kuvio 7. EPS:n ja rappauspinnan tartuntarepeäminen	26
Kuvio 8. Palokäyttämiskokeen testauskokoonpano	31
Kuvio 9. Palokäyttämiskoe käynnissä.....	31
Kuvio 10. Lämpökameran kuvaa paloaltistumisen aikana	32
Kuvio 11. Polttokokeen lopputulos eristeen takapuolelta kuvattuna	33

Taulukot

Taulukko 1. Laskentatulokset lähtöarvoineen	19
Taulukko 2. Vetolujuudet vetonastoittain	25
Taulukko 3. Vetolujuuksien keskiarvot ja keskihajonta	25
Taulukko 4. Kantavan betoniseinän standardipalonkestävyys	27

KESKEISET TERMIT

AVCP

AVCP-menettelyllä (Assessment and Verification of Constancy of Performance) varmistetaan että rakennustuotteen suoritusasoilmoitus on tarkka ja luotettava. AVCP menettely jaetaan viiteen luokkaan, joissa on erilaiset menettelyt. Rakennustuote voi kuulua yhteen tai useampaan luokkaan.

CEN

CEN (Comité Européen de Normalisation) on yksityinen voittoa tavoittelematon järjestö, joka edistää eurooppalaista standardointia. Tavoitteena on luoda CEN jäsenmaille yhtenevät standardit. 33 Euroopan maata kuuluu CEN:iin.

hEN

Harmonisoitu tuotestandardi (hEN) määrittää tuoteryhmäkohtaisesti tuotteen selvittävät ominaisuudet, laadunvarmistuksen ja CE-merkinnän tiedot ja hEN:in on laatinut eurooppalainen standardoimisjärjestö CEN. Harmonisoituja tuotestandardeja löytyy tällä hetkellä reilu 400 kappaletta.

DoP

DoP (Declaration of Performance) eli suoritusasoilmoitus, ilmoittaa ne tuoteominaisuudet, jotka harmonisoitu tuotestandardi määrää ilmoitettavaksi. Suoritusasoilmoitus on ehto tuotteen CE-merkinnälle.

EPS

Paisutettu polystyreeni eli EPS (Expanded PolyStyre) on muovipohjainen lämmöneriste. Polystyreenimuovia EPS-tuotteessa on 2-5 til-%. Loppuosa tuotteen tilavuudesta on ilmaa.

Raudoitettu seinävalumuotti

Raudoitettu seinävalumuotti on rakennustuote, joka toimii betonoinnin aikaisena muottina. Betonoitu raudoitettu seinä valumuotti muodostaa valmiin kantavan seinärakenteen lämmöneristeineen.

Isoterminen taso

Lämpövirran kulkusuuntaa vastaan olevien materiaalien kerrosrajojen tasolla lämpötila on aina sama myös yhtenäisten materiaalikerrosten kohdalla.

Lämmönläpäisykerroin

Lämpövirran tiheys, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero eri puolilla rakennusosaa olevissa ympäristöissä on yksikön suuruinen. Rakennustekniikassa lämmönläpäisykerroin (U-arvo) kuvaa rakennusosien lämmöneristyskykyä [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$].

Palonkestävyysaika

Minuutteina ilmaistu aika, jonka rakennusosan on todettu täyttävän sille asetetut vaatimukset. Esimerkiksi R30-merkintä kertoo, että rakennusosan kantavuuden on palotilanteessa pysyttävä tietyssä rajassa normaalitilaan verrattuna 30 minuuttia.

Primäärienergia

Primäärienergia on jalostamatonta luonnon energiaa mitattuna siinä muodossa kuin se on ennen muunnosprosessia. Sitä ovat esimerkiksi öljy öljykentässä, tuuli, auringsäteily jne. Primäärienergia jaetaan uusiutuvaan ja uusiutumattomaan energiaan. Primäärienergiakertoimella otetaan huomioon energiantuotannon ja -siirron häviöt.

Suhteellinen kosteus

Suhteellinen kosteus (RH%) kertoo, kuinka paljon ilmassa tietyssä lämpötilassa on vesihöyryä verrattuna, siihen kuinka paljon kyseissä lämpötilassa voi enimmillään olla vettä.

U-arvo

Katso lämmönläpäisykerroin.

1. TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1. Tehtävä ja tausta

Opinnäytetyössäni tutkittiin raudoitetun seinävalumuotin rakennusfysikaalisia ominaisuuksia laboratoriotestauksilla ja laskelmilla. Lisäksi selvitettiin kyseiselle rakennustuotteelle eri viranomaisten asettamia vaatimuksia Suomessa ja Keski-Euroopassa. Selvittävänä oli lisäksi rakennustuotteen soveltuvuus energiatehokkaiden asuinrakennusten rakentamiseen.

Kyseessä on uuden rakennustuotteen tuotekehitykseen liittyvä tutkimustyö. SX-Lämpöpohja Oy valmistaa entuudestaan sokkeliperustusmuotteja EPS-eristeiden ohella, joten luonnollinen jatkumo on ulkoseinärakenteen rakentamiseen soveltuva raudoitettu seinävalumuotti. Kehitettävä tuote tulee poikkeamaan muiden valmistajien sovelluksista mm. isomman kokonsa puolesta.

Opinnäytetyöhön kuuluneet laboratoriotutkimukset suoritettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa yhdessä laboratoriohenkilökunnan kanssa. Toimeksiantajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tutkimustyön tilasi Jyväskylän ammattikorkeakoululta SX-Lämpöpohja Oy, joka on erikoistunut EPS-pohjaisten rakennustuotteiden valmistamiseen.

SX-Lämpöpohja Oy on vuonna 2013 perustettu korkealuokkaiseen SOKLEX®-perusratkaisuihin erikoistunut yritys. SOKLEX® EPS-lämpöpohjatuoteperhe tarjoaa kestävän ja energiatehokkaan perustuksen talon turvaksi vuosikymmeniksi eteenpäin. SX-Lämpöpohja Oy on suomalainen toimija, jonka toiminnan kulmakiviä ovat asiakaslähtöisyys ja räätälöidyt ratkaisut. (SX-Lämpöpohja Oy yritys n.d.)

1.2. Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää SX-Lämpöpohja Oy:ssä markkinoille kehitteillä olevalle uudelle rakennustuotteelle (raudoitettu seinävalumuotti) lähtötietoja tuotteistamisen pohjaksi. Opinnäytetyössä selvitettävät tiedot ja tutkimustulokset tarjoavat tietopohjan raudoitetun seinävalumuotin tuotekehityksen pohjaksi.

Tavoitteena oli selvittää raudoitetulla seinävalumuotilla tehdyn seinärakenteen lämmönläpäisykertoimia (U-arvo) eri rakennepaksuuksilla. Tavoitteena oli myös selvittää raudoitetun seinävalumuotin soveltuvuus energiatehokkaisiin asuinrakennuksiin.

Raudoitetun seinävalumuotin markkinoille saattamiseksi selvitetettiin eri viranomaisien asettamat vaatimukset EPS-pohjaiselle rakennustuotteelle. Raudoitetulla seinävalumuotilla olisi SX-Lämpöpohja Oy Hannu Piispasen mukaan markkinoita myös Keski-Euroopassa, joten Suomen lisäksi selvitettiin Keski-Euroopan viranomaisten asettamia vaatimuksia.

Opinnäytetyöhön liittyi lisäksi laboratoriotestejä, joissa tutkittiin raudoitetun seinävalumuotin rakennusfysikaalisia ominaisuuksia SX-Lämpöpohja Oy:n kehitysjohtaja Hannu Piispasen suunnitelman mukaisesti. Laboratoriotutkimusten tavoitteena oli selvittää rappauspinnoitetulle raudoitetulle seinävalumuotille rappauspinnoitteen tartuntalujuus, EPS:n vedenimukyky, palokäyttäytyminen sekä lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen.

2. VIRANOMAISVAATIMUKSET RAUDOITETULLE SEINÄVALUMUOTILLE

Rakennustuotteen, joka on tarkoitettu käytettäväksi pysyvänä osana rakennuskohteessa, tulee olla turvallinen ja terveellinen sekä ominaisuuksiltaan sellainen, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää tässä laissa säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella kunnossapidolla taloudellisesti perustellun käyttöiän ajan. (L5.2.1999/132.)

2.1. Harmonisoitu tuotestandardi

SFS-EN 13163 on eurooppalainen standardi, joka määrittelee vaatimukset tehdasvalmisteisille paisutetuille polystyreenituotteille (EPS). Standardissa kuvataan tuoteominaisuudet sisältäen menettelyt testaukselle, vaatimustenmukaisuuden arvioinnille ja merkinnälle. Koska standardi on eurooppalainen standardi, joka on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi, SFS-EN 13163:n mukainen tuote on vaatimusten mukaisesti valmistettuna soveltuva myytäväksi ja käytettäväksi kaikissa CEN jäsenmaissa. CEN jäsenmaita on 33 kappaletta kattaen lähes kaikki Euroopan maat. (SFS-EN 13163 2010.)

Standardi määrittää EPS-tuotteen ominaisuuksille vaatimuksia ja kyseisten vaatimusten todentamisen testausmenetelmät. Lisäksi tehtaalla sisäiselle laadunvarmistukselle on annettu tuotteen vähimmäistestausasteikot. (SFS-EN 13163 2010.)


Tuotteelta vaaditaan mm. pituuden, leveyden, paksuuden, jäätymis-
sulamiskestävyyden ja lämmönjohtavuuden testaamista. Fyysisille mitoille on annettu toleranssit, joiden rajoissa tuotteen mittojen on oltava. Mitattaville suureille on määrätty mittauksen vähimmäislukumäärä yhden testituloksen saamiseksi. Lisäksi mittauksille on saatettu määrätä tarkentavia erityisehtoja. (SFS-EN 13163 2010.)

Tähän opinnäytetyöhön liittyvistä laboratoriotesteistä vain EPS:n vedenimukyky pitkäaikaisessa upotuksessa on osa tuotestandardin määrittämien vaatimuksien testaamisista. Loput vaatimukset on valmistajan todettava, ennen kuin tuote on standardin SFS-EN 13163 mukainen. Raudoitetulle seinävalumuotin ominaisuuksille asetut vaatimukset ja testausmenetelmät on esitetty koottuna liitteessä 1.

2.2. CE-merkintä

Kun tuote on testattu ja todettu standardin SFS-EN 13163 mukaiseksi ja tuotteelle on valmistaja laatinut suoritusasoilmoituksen (DoP), voi valmistaja kiinnittää myytäviin tuotteisiinsa CE-merkinnän. Rakennustuotteiden CE-merkintä on ollut pakollinen 1.7.2013 alkaen rakennustuotteille joihin sovelletaan eurooppalaisia harmonisoituja tuotestandardeja. (CE-merkintä 2013.)

CE-merkintä kertoo tuotteen suoritusasot (ks. kuvio 1) ja että se on testattu harmonisoidun tuotestandardin mukaisesti. CE-merkintä ei ole osoitus siitä, että rakennustuote täyttää kansalliset rakentamismääräykset, eikä se takaa rakennustuotteen laatua tai käytettävyyttä rakennuskohteessa. (CE-merkintä 2013.) Raudoitetun seinävalumuotin tapauksessa on varmistettava rakennuskohtaisesti se, että tuotteella rakennettu rakennus täyttää kansalliset rakennusmääräykset.

 <p>01234</p>	<p><i>CE-vaatimustenmukaisuusmerkintä, joka muodostuu direktiivin 93/68/ETY mukaisesta "CE"-merkistä</i></p> <p><i>Varmentamiselimen tunnusnumero (tuotteille, joita koskee menettely 1)</i></p>
<p>Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050</p> <p>12</p> <p>01234-CPD-00234</p>	<p><i>Valmistajan nimi tai tunnusmerkki ja rekisteröity osoite</i></p> <p><i>Merkinnän kiinnittämivuoden kaksi viimeistä numeroa</i></p> <p><i>EY-vaatimustenmukaisuustodistuksen numero (tuotteille, joita koskee menettely 1)</i></p>
<p>EN 13163:2012</p> <p>EPS-levy</p> <p>RtF - C</p> <p>$R_D - 2,6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$</p> <p>$\lambda_D - 0,034 \text{ W/m} \cdot \text{K}$</p> <p>$d_N - 90 \text{ mm}$</p> <p>EPS - EN 13163 - T2 - L3 - W2 - P30 - DS(70;90)3 - CS(10)250 - BS350</p>	<p><i>Eurooppalaisen standardin tunnus ja CENin julkaisu vuosi</i></p> <p><i>Tuotteen kuvaus</i></p> <p><i>Tiedot määräyksissä vaadittavista ominaisuuksista</i></p> <p>Palokäyttäytyminen - Euroluokka</p> <p>Ilmoitettu lämmönvastus</p> <p>Ilmoitettu lämmönjohtavuus</p> <p>Nimellispaksuus</p> <p>Merkintäkoodi (tämän standardin kohdan 6 mukaisesti olennaisille ominaisuuksille taulukon ZA.1 mukaisesti)</p>

Kuvio 1. EPS rakennustuotteen CE-merkintä (CE-merkintään vaadittavat toimenpiteet ja asiakirjat 2014)

1.1.2015 voimaan tuli laki maankäyttö- ja rakentamislain muuttamisesta. Maankäyttö- ja rakentamislain kohta markkinavalvonta (132/1999 181 §) muutetaan siten, että Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) toimii jatkossa rakennustuoteasetuksen mukaisena markkinavalvontaviranomaisena. Tämä tarkoittaa sitä, että Tukes valvoo jatkossa sitä, että CE-merkinnässä olevat tiedot ovat suoritustasoilmoituksen mukaiset. (Kaikkien rakennustuotteiden markkinavalvonta TUKESille 1.1.2015 alkaen 2014)

Mikäli epäillään, että tuote ei ole harmonisoidun tuotestandardin mukainen, Tukes vaatii valmistajaa toimittamaan kaikki tiedot ja asiakirjat rakennustuotteen vaatimuksenmukaisuuden todentamiseksi. Mikäli dokumenteissa todetaan puutteita, valmistajalle annetaan kohtuullinen määräaika, jossa valmistajan on korjattava puutteet. Mikäli laiminlyönti on räikeä, tuote voidaan asettaa käyttökieltoon tai valmista-

jan on vedettävä tuote markkinoilta. Lisäksi puutteiden ilmetessä valmistaja (tai tuotteen maahantuoja) joutuu korvaamaan valtiolle selvitystyöstä aiheutuneet kulut. (L5.2.1999/132.)

2.3. Suoritustasoilmoitus

Suoritustasoilmoitukseen kirjataan rakennustuotteen ne ominaisuudet, jotka harmonisoitu tuotestandardi määrää ilmoitettaviksi. Valmistaja ottaa vastuun suoritustasoilmoituksen laadittuaan siitä, että siinä ilmoitetut tiedot ovat rakennustuotteen suoritustason mukaiset. Valmistajalla on oikeus jättää jonkin ominaisuuden arvot ilmoittamatta ja laittaa tälle kohdalle NPD (no performance determined = suoritustaso ei ole selvitetty). (Valmistajan velvollisuudet 2013.)

Raudoitettu seinävalumuotti kuuluu AVCP-luokkaan 3, koska tuotteen käyttökohdetta koskee vaatimukset palokäyttäytymisen todentamisesta (SFS-EN 13163 2010). Kuvioista 2 nähdään suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamismenetelmät. Ilmoitettu laitos tekee tuotetyypin määrittelyn tyyppitestauksen, tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen jne. tietojen perusteella. Ilmoitettu laitos on ympäristöministeriön hyväksymä arviointilaitos, joita Suomessa ovat mm. Inspecta Sertifionti Oy ja VTT Expert Services Oy.

Tuotetyypin määrittelyn jälkeen valmistaja omalla laadunvarmistusjärjestelmällään varmistaa, että rakennustuote pysyy näiden määrittelysten mukaisena. Laadunvarmistustoimenpiteet tuotannon aikana (mittaukset jne.) on dokumentoitava huolellisesti. (SFS-EN 13172 2012.) Harmonisoitu tuotestandardi määrittelee rakennustuotteen sisäiselle laadunvalvonnalle vähimmäistiheyden ja menetelmän. Raudoitettun seinävalumuotin tapauksessa nämä löytyvät standardin SFS-EN 13163 kappaleesta 7.3 ja liitteestä B. (SFS-EN 13163 2010.)

Valmistaja on velvollinen säilyttämään suoritustasoilmoituksen ja tekniset asiakirjat 10 vuoden ajan sen jälkeen, kun tuote on viety markkinoille. Valmistajan on liitettävä

rakennustuotteeseen ohjeet ja turvallisuustiedot kunkin jäsenvaltion määräämällä käyttäjien helposti ymmärrettävällä kielellä.(A305/2011.)

RAKENNUSTUOTEASETUS (305/2011/EU)
SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTI- JA VARMENTAMISJÄRJESTELMÄT
SEKÄ AVCP-LUOKAT

SUORITUSTASON PYSYVYYDEN ARVIOINTI- JA VARMENTAMISJÄRJESTELMÄT	RAKENNUSTUOTTEEN AVCP-LUOKKA					
	1+	1	2+		3	4
Tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella	■	■	●	●	■	●
Tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti otettujen näytteiden lisätastaus	●	●	●			
Ennen tuotteen saattamista unionin markkinoille otettujen näytteiden pistokoetastaus	■					
Tuotannon sisäinen laadunvalvonta	●	●	●	●	●	●
Tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus	■	■	■	■		
Tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi	■	■	■	■		

■	ILMOITETTU LAITOS (NOTIFIED BODY) TAI TEKNISESTÄ ARVIOINNISTA VASTAAVA LAITOS (TECHNICAL ASSESSMENT BODY)
●	VALMISTAJA

Kuvio 2. Suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamismenetelmät (CE-merkintään vaadittavat toimenpiteet ja asiakirjat 2014)

3. RAKENTEEN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN

3.1. Tausta

SX-Lämpöpohja Oy :n toimeksiannon mukaisesti betonoidulle raudoitetulle seinävalumuotille lasketaan lämmönläpäisykerroin eli U-arvo. Lähtötietoina laskennassa käytetään SX-Lämpöpohja Oy:ltä saatuja valmiin tuotteen mittoja ja lämmönläpäisykerroin Soklex EPS 100 Lattia -tuotteen λ_d -arvoa. Valmistajalle laaditaan raudoitetun seinävalumuotin U-arvolaskuri MS Excel-taulukkona, jolla lasketaan U-arvoja SX-Lämpöpohja Oy Hannu Piispasen ohjeiden mukaisesti eri paksuisilla raudoitetuilla seinävalumuottirakenteilla, jotta tuotteen paksuus voidaan optimoida rakennuskohteen vaatimusten mukaisesti.

U-arvo mahdollistaa erilaisten rakenteiden energiatehokkuuden vertailun. Energiatodistusta laskettaessa rakennusvaipan johtumislämpöhäviö lasketaan U-arvojen perusteella rakennusosakohtaisesti.

3.2. Laskentamenetelmän ja rakenteen kuvaus

Laskentamenetelmän pohjana käytetään SFS-EN ISO 6946-standardia, joka määrittää laskentamenetelmät lämmönvastukselle ja lämmönläpäisykerroin (SFS-EN ISO 6946 2007). Käytettäessä laskentamenetelmänä yleiseurooppalaista standardia eikä kansallista rakennusmääräyskokoelman osa C4 menetelmää, ovat saadut tulokset valideja kaikissa CEN-jäsenmaissa.

Raudoitettu seinävalumuotti koostuu kolmesta kerroksesta, joista uloimmat kerrokset ovat lämpötekniisesti homogeenisia. Lähtötietoina annetut kerrospaksuudet ovat ulkoa sisälle 80 mm, 155 mm ja 80 mm. Homogeenisyys tarkoittaa sitä, että koko kerros on samaa materiaalia, tässä siis EPS:ää. Keskimäinen kerros on epähomogeeninen, jossa betoni on vallitsevana materiaalina (88,3 %). EPS muodostaa kerrok-

sen läpi meneviä symmetrisesti sijaitsevia välikkeitä, joilla ulko- ja sisäkuori ovat kiinni toisissaan.

SX-lämpöpohja Oy:n raudoitettujen seinävalumuottien keskimmaisessa epähomogeenisessa kerroksessa olevat EPS-välikkeet parantavat rakenteen U-arvoa, toisin kuin muoviset välikkeet, joita markkinoilla olevissa vastaavanlaisissa tuotteissa tavataan.

3.3. Lämmönläpäisykertoimen laskentaprosessi

Lämmönläpäisykertoimen laskennassa käytettävä yksinkertaistettu laskentamenetelmä kuvataan standardin (SFS-EN ISO 6946 2007) kohdassa 6.2.

Lämpöteknisesti homogeenisia ja epähomogeenisia ainekerroksia sisältävän rakenteen kokonaislämmönvastus (R_T) lasketaan lämmönvastuksen ylä- ja alalikiarvojen keskiarvona.

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (1)$$

Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo R_T lasketaan yhtälöstä (2) olettaen että lämpövirta on yksidimensionaalinen ja kohtisuoraan rakenneosan pintoja vastaan (SFS-EN ISO 6946 2007).

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} \quad (2)$$

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ ovat osuuksien kokonaislämmönvastuksia yhtälön (5) mukaisesti
 f_a, f_b, \dots, f_q ovat osuuksien pinta-alaosuudet

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo R''_T lasketaan yhtälöstä (4) olettaen, että kaikki rakenneosan pintojen kanssa yhdensuuntaiset tasot ovat isotermisiä tasoja (SFS-EN ISO 6946 2007).

Jokaiselle lämpötekniisesti epähomogeeniselle ainekerrokselle lasketaan ekvivalentti lämmönvastus R_j yhtälöstä (3) (SFS-EN ISO 6946 2007).

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (3)$$

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (4)$$

R_{si}	sisäpuolen pintavastus	[(m ² K)/W]
R_1, R_2, \dots, R_n	rakennekerrosten lämmönvastusten suunnitelluarvoja	[(m ² K)/W]
R_{se}	ulkopuolen pintavastus	[(m ² K)/W]

Lämpötekniisesti homogeenisista ainekerroksista muodostuvan tasomaisen rakenneosan kokonaislämmönvastus lasketaan yhtälöstä (5) (SFS-EN ISO 6946 2007).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (5)$$

R_{si}	sisäpuolen pintavastus	[(m ² K)/W]
R_1, R_2, \dots, R_n	rakennekerrosten lämmönvastusten suunnitelluarvoja	[(m ² K)/W]
R_{se}	ulkopuolen pintavastus	[(m ² K)/W]

Yksittäisen kerroksen lämmönvastuksen suunnitelluarvo saadaan yhtälöstä (6) (SFS-EN ISO 6946 2007).

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (6)$$

d	rakenneosan materiaalikerroksen paksuus	[m]
λ	materiaalin lämmönjohtavuuden suunnitelluarvo	[W/(m*K)]

Lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan kaavan (7) mukaisesti kaavasta (1) saadulla tuloksella (SFS-EN ISO 6946 2007).

$$U = 1 / R_T \quad (7)$$

Raudoitetulle seinävalumuotin eri rakennepaksuuksilla lasketut lämmönläpäisyker-
toimet on esitetty liitteessä 3.

3.4. Energiatehokkaat asuinrakennukset

3.4.1. Passiivitalo

Passiivitalo ei ole rakennuskonsepti eikä tarkalleen ottaen myöskään standardi, vaan vapaaehtoisesti asetettava energiatehokkuustavoite. Passivhaus Institutin perustaja tohtori Wolfgang Feist on kuvannut (Passiivitalon määritelmä, 2) passiivitaloa lähes-
tymistavaksi. Passiivisuudella tarkoitetaan talonrakentamisessa sitä, että energian-
säätökeinojen pääpaino on talon ulkovaipoissa ja niiden liittymissä toisiinsa, eikä
niinkään teknisissä laitteissa. (Lylykangas & Nieminen 2009.)

Passiivitalon määrittelemiseen käytetään kolmea tunnuslukua, jotka ilmaisevat ra-
kennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen, tilojen lämmitysenergiantarpeen ja
mittaamalla todetun ilmavuotoluvun (n_{50}). Passiivitalon kokonaisprimäärienergian-
tarve sisältää kaiken rakennuksen tarvitseman energian. (Lylykangas & Nieminen
2009.)

Passiivitalossa tunnusluville on asetettu seuraavat kriteerit maantieteellisesti jaotel-
tuna (Lylykangas & Nieminen 2009):

- Keski-Eurooppa:
 - Tilojen lämmitysenergiantarve $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - kokonaisprimäärienergiantarve $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - ilmavuotoluku $\leq 0,6 \text{ l/h}$
- Suomi:
 - Tilojen lämmitysenergiantarve
 - Pohjois-Suomi $\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - Keski-Suomi $\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - Etelä-Suomen rannikko $\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- kokonaisprimäärienergiantarve
 - Pohjois-Suomi $\leq 140 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - Keski-Suomi $\leq 135 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - Etelä-Suomen rannikko $\leq 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- ilmapuotoluku $\leq 0,6 \text{ 1/h}$

Tilojen lämmitysenergiantarvetta pystytään pienentämään vähentämällä lämpöhäviöitä ulkovaipan lävitse, tehokkaalla lämmöntalteenotolla ja ilmaisenergianlähteitä hyödyntämällä. Ilmaisenergianlähteitä ovat ihmisten ja laitteiden luovuttama lämpö ja auringon lämpösäteily. (Lylykangas & Nieminen 2009.)

3.4.2. Nollaenergia- ja plusenergiatalo

Nollaenergiatalo tuottaa vuositasolla saman verran uusiutuvaa energiaa kuin kuluttaa uusiutumattomaa energiaa (Energiatehokkaan talon suunnitteluohjeita vuosi).

Plusenergiatalo tuottaa energiaa vuositasolla enemmän kuin se kuluttaa.

3.4.3. Raudoitettulla seinävalumuotilla rakentaminen ja energiatehokkuus

Raudoitettulla seinävalumuotilla rakennettu rakennus soveltuu erittäin hyvin passiivi- ja nollaenergiarakentamiseen. Raudoitettulla seinävalumuotilla päästään järkevillä rakennepakkuuksilla alle 0,12:n U-arvoon. Raudoitettulla seinävalumuotilla mahdollistetaan kylmäsillattoman ja tiiviin ulkovaipan rakentamisen. Raudoitettulla seinävalumuotilla toteutetun rakennuksen suunnitteluvaiheessa on tärkeä kiinnittää huomiota ulkoseinärakenteen liittymiseen muihin rakenteisiin.

On tärkeä huomata myös se, että hyvän U-arvon omaava ulkoseinärakenne on vain pieni osa isoa kokonaisuutta. Passiivi- tai nollaenergiataloa rakennettaessa on suun-

nittelijan vastuulla laatia sellaiset suunnitelmat, joilla haluttuun tavoitteeseen päästään.

4. EPS:N PITKÄAIKAINEN VEDENIMEYTYMISTESTI

4.1. Testaamisen tausta

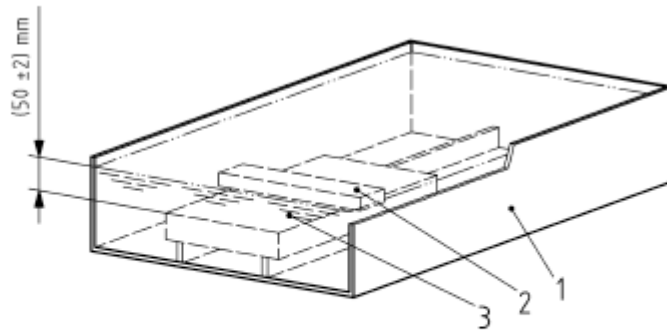
SFS-EN 13163 kohdassa 4.3.11.1 sanotaan EPS tuotteen pitkäaikaisen vedenimeytyksen vaatimuksista seuraavaa. *Vedenimukyky kokonaisupotuksessa $WL(T)$; on ilmoitettava tasoina 0,5 tilavuusprosenttiyksikön portain. Yksikään testitulos ei saa ylittää ilmoitettua tasoa.* (SFS-EN 13163 2010.)

Saman standardin taulukko 9 (Testimenetelmät, koekappaleet ja ehdot) antaa kyseiselle testille testausmenetelmäksi standardin SFS-EN 12087, koekappaleen kooksi 200mm x 200mm x d mm ja lisäksi erityisehdoissa huomautetaan käytettäväksi SFS-EN 12087 menetelmä 2A:ta. (SFS-EN 13163 2010.)

4.2. Testausmenetelmän kuvaus

Standardi SFS-EN 12087 (Thermal insulating products for building applications - Determination of long term water absorption by immersion) määrittää testaustavan EPS:n pitkäaikaiselle vedenimeytymiselle. (SFS-EN 12087 2013.)

Kokonaisupotuksessa testattavat kappaleet punnitaan ennen testausta ja sen jälkeen upotetaan vesialtaassa kokonaan veden alle 28 vuorokaudeksi (ks. kuvio 3). Upotuksen jälkeen testattavien kappaleiden pintaan jäänyt irrallinen vesi valutetaan pois. Menetelmä 2A:ssa valutusajaksi on määrätty $10 \pm 0,5$ minuuttia. Valutuksen jälkeen kappaleet punnitaan uudelleen. Punnitsemistarkkuudeksi on määrätty 0,1 grammaa. (SFS-EN 12087 2013.)



Key

- 1 watertank
- 2 load to keep the test specimen in position
- 3 test specimen

Kuvio 3. Testikokoonpano (SFS-EN 12087 2013)

Testattavien EPS tuotteiden testausolosuhteet ovat standardin SFS-EN 12087 mukaisesti seuraavat. Lämpötila 23 ± 5 °C astetta ja suhteellinen kosteus (RH) 50 ± 5 %. Tuotteita on pidettävä kyseisissä olosuhteissa vähintään 6 tuntia ennen upotusta. (SFS-EN 12087 2013.)

4.3. Testaus ja testaustulokset

EPS tuotteiden testaus suoritettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa aikavälillä 7.11 - 5.12.2014. Testausolosuhteet olivat edellisessä kappaleessa annettujen vaatimuksien mukaiset.

Testattavat EPS tuotteet (2kpl) olivat kauemmin kuin vaaditun 6 tuntia standardissa määritellyissä olosuhteissa. Testausprosessin aluksi punnitsimme kappaleet ja saimme niille lähtöpainon (m_0). Lisäksi mittasimme tuotteet ja laskimme kappaleiden tilavuuden.

Tuotteet upotettiin kuvion 3 mukaisesti vesialtaaseen. Veden määrää jouduttiin lisäämään haihtumisen aiheuttaman häviön vuoksi testin aikana. 28 vuorokauden jälkeen tuotteista valutettiin ylimääräinen vesi edellisessä kappaleessa kuvatulla tavalla, jonka jälkeen punnitsimme ne. Punnitustuloksena saatiin tuotteiden paino (m_{28}).

Laskentakaava imeytyneen veden tilavuusprosentille W_{it} (SFS-EN 12087 2013)

$$W_{it} = \frac{m_{28} - m_0}{V} * \frac{100}{\rho_w}$$

jossa

- m_0 on alkupaino (kg)
- m_{28} on loppupaino (kg)
- V on testattavan kappaleen tilavuus (m^3)
- ρ_w vedentiheys $1000 \text{ kg}/m^3$

Taulukko 1. Laskentatulokset lähtöarvoineen

	m_0 (kg)	m_{28} (kg)	V (m^3)	ρ_w (kg/m^3)	W_{it} (til-%)
Kappale					
1	0,3449	1,0514	0,018	1000	4,0
Kappale					
2	0,3496	0,9382	0,018	1000	3,5

Raudoitettulle seinävalumuotille ei ole annettu vaatimuksia pitkäaikaisen vedenimeytymisen suhteen seinärakenteissa yleisesti. Ainoastaan maata vastaan olevalle seinälle on Suomen kansallisessa standardissa (SFS 7032 2014, 10) annettu raja-arvo ($W_{it} = 3$ til-%) vedenimukyvyllä upotuksessa. SFS 7032 täydentää SFS-EN 13163 standardia kansallisilla vaatimuksilla.

Jos raudoitetulla seinävalumuotilla rakennettu seinä olisi maanvastainen, niin testatut kappaleet eivät täyttäisi vaatimuksia (SFS 7032 2014). Maanvastaiset raudoitetut seinävalumuotit valmistetaan kuitenkin SX-Lämpöpohja Oy:ssä Routa EPS 120 tuotteen pohjalta. Routa EPS 120 täyttää maanvastaiselle rakenteelle asetetun vedenimukyvyn.

5. RAPPAUSPINNOITTEEN SÄÄRASITUSKESTÄVYYS

5.1. Tausta

Tutkimuksessa keskityttiin selvittämään rappauspinnoitteen mahdollisia fyysisiä muodonmuutoksia ja tartuntalujuuden muutosta, kun rakenteen rapattu ulkopinta altistuu Suomen ulkoilmastoa vastaavalle rasitukselle. Rakenteen sisäpinta oli laboratorio olosuhteissa (23 °C ja suhteellinen kosteus 50±5 %) koko testauksen ajan.

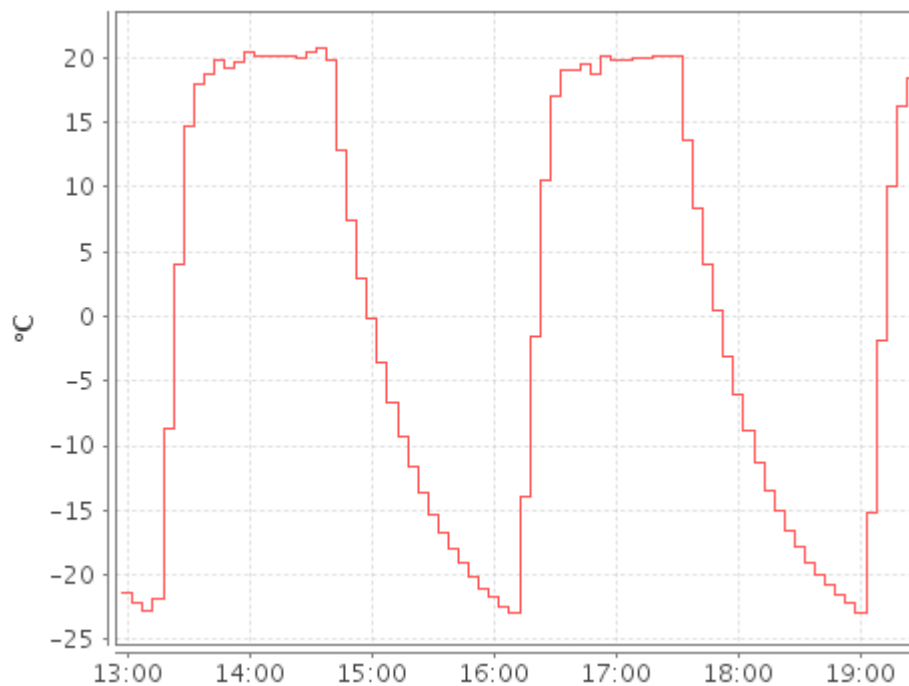
5.2. Testauslaitteisto ja -menetelmäkuvaus

Testausmenetelmä pohjautuu standardiin SFS 5447. Standardissa kuvataan betonin jäädytys-sulatuskestävyyden testausprosessi. Testausmenetelmä on betonille, mutta koska rappauslaasti on sementtipohjainen, valitsimme testausmenetelmän pohjaksi tämän standardin.

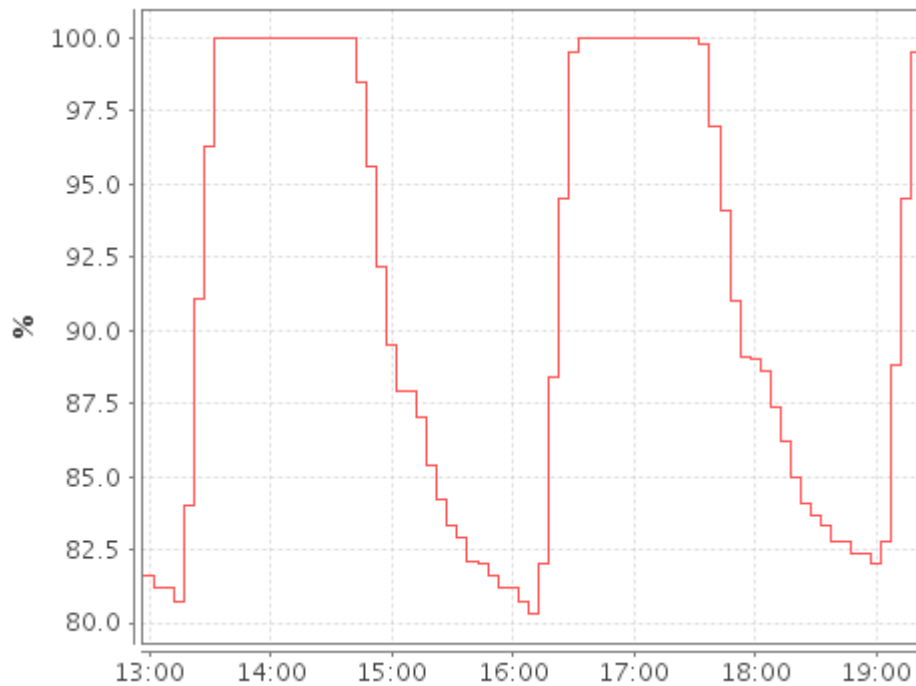
Menetelmässä testattavat rappauspinnoitetut kappaleet asennettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa olevaan sääkaappiin. Sääkaapin sisälämpötila ohjattiin antureilla siten, että kerran kahdessa tunnissa sääkaapin olosuhteet vaihtuivat 40 °C välillä -20...+20 °C ja suhteellinen kosteus lämpötilan mukaan 75...100 %. Kuvatun kaltaisia syklejä ajettiin 100 kappaletta. 25 syklin välein tarkas-

tettiin mahdolliset näkyvät vauriot rappauspinnoitteelle. Jos rappauspinnoitteeseen tulisi näkyviä vaurioita, niin testi keskeytettäisiin ja tulokset analysoitaisiin.

Testattavia kappaleita oli kolme kappaletta, joista jokaiseen asennettiin kaksi anturia rappauspinnon ja EPS:n rajapintaan. Jokaisesta testattavasta kappaleesta mitattiin rajapinnan lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Antureilta saatu tieto tallennettiin viiden minuutin välein tietokoneelle. Testauksen etenemistä pystyttiin seuraamaan internetin välityksellä reaaliajassa, jolloin mahdollisiin vikatilanteisiin pystyttiin reagoimaan viipymättä. Kuvioissa 4 ja 5 on yhdestä testattavasta kappaleesta kahden syklin aikana kerätyt lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot.



Kuvio 4. Lämpötilan muutos sykleittäin



Kuvio 5. Suhteellisen kosteuden muutos sykleittäin

5.3. Testaustulokset ja havainnot

Tuloksissa keskitytään vain yhteen kappaleeseen, koska tulokset olivat yhteneväiset erilaisten rappauspintoitteiden kesken. Ainoa epäkohta joka ilmeni kerättyä dataa purettaessa, oli se, että yhden testauskappaleen lämpötila-anturi ei saavuttanut -20 °C asteen lämpötilaa koko testauksen aikana. Anturin mittaustiedon mukaan minimilämpötila jäi -12 °C:seen. Syy tähän oli se, että anturille tehdyn reiän tiivistäminen oli epäonnistunut ja huoneilmasta pääsi lämmintä ilmaa sotkemaan mittausta.

Silmämääräisellä tarkastelulla testattavassa kappaleessa ei näkynyt halkeamia, pinnan irtoamista tai värimuutoksiakaan säärasitustestin jälkeen. Testattava kappale selvisi rankoista olosuhteiden muutoksista ongelmitta. Tämän jälkeen testattiin kuinka säärasitustesti vaikuttaa rappauspinnan tartuntalujuuteen.

Kuviosta 5 nähdään, että rappauspinnan ja EPS:n välisen rajapinnan suhteellinen kosteus muuttuu syklien aikana välillä kasvaen 100 % ja sitten taas pienentyen läm-

pötilan laskiessa. Säärasitustestauksen loppupuolella suhteellinen kosteuden keskiarvo syklien välillä vakioitui arvoon 81 %. Tämä johtuu siitä, että rappauspinnon vesihöyrynvastus on pieni verrattuna alusrakenteena olevaan EPS:ään. Voidaan todeta, että näiltä osin rakenne on kosteusteknisesti hyvin toimiva.

6. JULKISIVURAPPAUKSEN TARTUNTALUJUUS EPS:n PINTAAN

6.1. Tausta

Eristerappaus on nykyään erittäin yleinen julkisivujen pinnoitusmenetelmä. Raudoitettulla seinävalumuotin ollessa kyseessä ohutrappausjärjestelmä on järkevin julkisivupinnoiteratkaisu. Ohutrappauksen pysyvyys raudoitettun seinävalumuotin pinnassa on lopputuotteen, eli valmiin ulkoseinän, kannalta erittäin olennainen asia jo asumisturvallisuudenkin kannalta.

Testausmenetelmänä käytettiin SFS 5446 standardia, joka määrittelee betonin ja alustan välisen tartuntalujuuden määrittämisen. SX-Lämpöpohja Oy:stä Hannu Piispanen toimitti rakennuslaboratorioon kuusi pinnoitettua testauskappaletta. Erilaisia rappauspinnotteita oli kolme kappaletta. Kolme näistä kappaleista jätettiin verrokki-kappaleiksi ja kolme kappaletta kävivät säärasitustestit läpi sääkaapissa ennen tartuntalujuuden testausta.

6.2. Testauslaitteisto ja -menetelmäkuvaus

Laitteistona tartuntalujuudelle käytettiin Dyna Proceq Z16 -vetolaitetta ja vedettävään rappaukseen kiinnitettäviä vetonastoja ($d=0,05$ m). Vetonastat kytketään vetolaitteeseen siten, että vedettävään vetonastaan syntyy vain kohtisuora vetorasitus.

Vetonastoja liimattiin jokaiseen testauskappaleeseen neljä kappaletta mahdollisimman etäälle toisistaan (ks. Kuvio 6). Liimaukseen käytettiin nopeasti kovettuvaa kak-sikomponentti liimaa, joka saavutti puolessa tunnissa lopullisen lujuutensa. Liimauksen kuivuttua vetonastojen ympärökset leikattiin irti. Näin varmistettiin standardin SFS 5446 mukaisesti se, että tiedetään mahdollisimman tarkasti vedetyn pinta-alan ($0,00196 \text{ m}^2$).



Kuvio 6. Vetokoejärjestelyt

Vetolaitteella saadaan rappauksen irrottamiseen EPS:n pinnasta tarvittava voima (kN). Tartuntalujuus on vetovoima jaettuna pinta-alalla (SFS 5446 1988, 2).

6.3. Testaustulokset

Vetokoetta suorittaessa kolmen vetonastan tulokset eivät olleet kelvollisia. Kaksi vetonastaa rappauksineen irtosi EPS:n pinnasta jo irtileikkaamisvaiheessa ja yksi ve-

tonasta jäi kiinni rappausta sitovaan lasikuituverkkoon. Nämä tulokset on poistettu laskentavaiheesta. Lopputulokseen tällä ei juuri ole vaikutusta, koska irronneet vetonastat olivat eri testauskappaleista. Jokaisesta testattavasta kappaleesta saatiin tulos vähintään kolmella vetonastalla. Nämä on merkitty taulukoihin 1 ja 2 viivalla (-).

Taulukko 2. Vetolujuudet vetonastoittain

Kappale/pinnoite	Vetonasta1 Vetolujuus (MPa)	Vetonasta2 Vetolujuus (MPa)	Vetonasta 3 Vetolujuus (MPa)	Vetonasta 4 Vetolujuus (MPa)
1 sääkaappi	0,20	0,15	0,20	-
1 vertailu	0,10	0,05	0,20	0,10
2 sääkaappi	0,15	0,15	0,20	0,05
2 vertailu	0,05	0,05	0,10	0,10
3 sääkaappi	0,10	0,10	0,10	-
3 vertailu	0,05	0,10	-	0,10

Taulukko 3. Vetolujuuksien keskiarvot ja keskihajonta

Kappale/pinnoite	Vetolujuus (Mpa) keskiarvo	keskihajonta
1 sääkaappi	0,19	0,02
1 vertailu	0,11	0,06
2 sääkaappi	0,14	0,06
2 vertailu	0,08	0,03
3 sääkaappi	0,10	0,00
3 vertailu	0,08	0,02
Kaikkien ka.	0,12	

Vertaamalla testauskappaleiden saamia arvoja taulukosta 2 nähdään, että säärasitus ei heikentänyt rappauspinnon tartuntalujuutta. Taulukosta 3 näkyy selkeimmin se, että säärasitustestin läpikäyneiden kappaleiden pinnoitteiden tartuntalujuudet saavat jopa vertailukappaleita suuremman vetolujuuden arvon. Tarvittaessa tartuntalujuutta voisi kasvattaa karhentamalla EPS:n pintaa. Kuviosta 7 nähdään rappauspinnon ja EPS:n välinen tartuntarepeämä vetokokeen jälkeen.



Kuvio 7. EPS:n ja rappauspinnon tartuntarepeäminen

7. RAKENTEEN PALOKÄYTTÄYTYMINEN

7.1. Yleistä

Valmis betonoitu raudoitettu seinävalumuotti voi altistua tulipalolle pääasiallisesti sisäpuolelta. Ulkopuolelta altistuminen tulipalolle on harvinaisempaa, mutta mahdollista. Raudoitetuilla seinävalumuoteilla rakennettua seinää voidaan pitää paikalla valettuna betonirakenteena. Tällöin tulipalo voi levitä sisäpuolelta ulkopuolelle aukkojen esimerkiksi ikkunan kautta. Markkinoille suunnatuille EPS-pohjaisille rakennustuotteille on luokiteltava palokäyttäytyminen standardin EN 13501-1 mukaisesti. (SFS-EN 13163 2010.)

Rakennuksen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa on pyrittävä rajoittamaan palon syttymisen vaaraa mahdollisimman pieneksi. Tällöin huomioidaan ulkoisen syttymisen vaarakin. (Rakennusten paloturvallisuusmääräykset ja ohjeet 2011.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 määrää rakennusten väliseksi etäisyydeksi vähintään 8 metriä. Kuntien rakennusjärjestykset voivat asettaa etäisyydelle lisäehtoja. Jos rakennus on lähempänä kuin 8 metriä toisesta rakennuksesta, tulee rakenteellisin tai muin keinoin huolehtia palon leviämisen rajoittamisesta. (Rakennusten paloturvallisuusmääräykset ja ohjeet 2011)

7.2. Rakennusten paloturvallisuus

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 taulukossa 3.2.1 sanotaan että enintään kaksikerroksiset asuinrakennukset kuuluvat paloluokkaan P3 ja enintään 8 kerroksiset rakennukset kuuluvat paloluokkaan P2. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011)

P3 paloluokka ei aseta kantaville rakenteille palonkestävyyssajakkaa. P3 luokkaan kuuluvat vain alle kaksikerroksiset rakennukset, tätä korkeammat menevät automaattisesti P1 luokkaan, koska EPS ei eristemateriaalina ole A2-s1, d0-luokkaa. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011)

P1 luokassa palonkestävyyssajaksi on määrätty rakentamismääräyskokoelman osa E1 taulukko 6.2.1 mukaan 3-8 kerroksiselle asuinrakennukselle R60, R120 ja R180 palokuorman mukaan. R60 palonkesto aika vaaditaan kun palokuorma on alle 600 MJ/m^2 ja R120 kun palokuorma on $600\text{-}1200 \text{ MJ/m}^2$ ja R180 kun palokuorma on yli 1200 MJ/m^2 . (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011)

Raudoitettulla seinävalumuotilla valettu kantava betoniseinä altistuu useimmiten palolle sisäpuolelta. Taulukosta 3 nähdään, että R60 palonkestävyys aika saavutetaan toispuoleiselle altistukselle 130mm paksuisella seinällä ja >10mm suojabetonipeitteellä.

Taulukko 4. Kantavan betoniseinän standardipalonkestävyys (Taulukkomitoitus, 3)

Standardi- palon- kestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeitteen paksuus on määräävä.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan palokäyttäytymistä tavallisissa 1-2 kerroksissa asuinrakennuksissa, jotka ovat tuotteen pääasialliset käyttökohteet. Tätä korkeammat rakennukset on suunniteltava rakennesuunnittelijan toimesta palokäyttäytymisen kannaltakin huolellisesti.

EPS muottiharkon palokäyttäytyminen ei kuitenkaan ole kovin merkityksellinen tulipalon sattuessa, koska EPS yleisesti pinnoitetaan vielä muulla materiaalilla, joka sitten määrittää rakenteen palokäyttäytymisen palon edetessä. (Fire safe construction with EPS.) Raudoitettun seinävalumuotin tapauksessa ulkopuoliset pinnat rapataan esim. ohutrappauksella ja sisäpuoliset pinnat esim. kipsilevyverhouksella.

Kulttuuri- ja asuntonministeri Pia Viitasen vastauksessa kirjalliseen kysymykseen (2014) sanotaan, että Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 olevan ohjeen mukaan lämmöneristys, joka on B-s1,d0-luokkaista huonompaa, suojataan ja sijoitetaan niin, että palon leviäminen eristykseen, osastosta toiseen ja rakennuksesta toiseen on estetty. Viitasen (2014) mukaan tämä mahdollistaa muun muassa EPS:n käyttämisen seinien ohutrappauseristeenä, kunhan suunnittelussa sekä toteutuksessa otetaan huomioon paloturvallisuuden varmistamisen kannalta tärkeät seikat.

Käytännössä raudoitettulla seinävalumuotilla rakennettun ulkoseinän ulkopuolinen palosuojaus toteutetaan mineraalivillakaistalla aukkojen yläpuolelle, osastoivien ker-

rosten välille jne. Jokainen rakennus on kuitenkin suunniteltava erikseen, joten tässä opinnäytetyössä sivuutetaan suunnitelmadetailit.

7.3. Palokäyttäytymisen laboratoriotutkimuksen tausta

Laboratoriotutkimuksessa keskityttiin SX-Lämpöpohja Oy:n Hannu Piispasen suunnitelman mukaisesti tutkimaan rappauspinoitetun raudoitetun seinävalumuotin käyttäytymistä palotilanteessa. Tavoitteena oli selvittää rappauspinoitteen pysyvyys raudoitetun seinävalumuotin pinnassa kun rappauspinoitteeseen kohdistuu ulkopuolelta paloaltistuminen.

Tämä opinnäytetyön osana tehty tutkimus ei pohjautu mihinkään standardiin. Tutkimukset tehtiin laboratorio olosuhteissa, jotka asettivat rajat testattavien kappaleiden ulkomitoille. Paloalue rajattiin tarkasti, jotta nähtiin EPS:n käyttäytyminen palolle altistuvan kohteen ympäristössä. SX-Lämpöpohja Oy Hannu Piispasen mukaan EPS alkaa sulamaan n. +100 °C asteen lämpötilassa. Tätä tietoa hyödyntäen suunniteltiin palokäyttäytymisen testaamista.

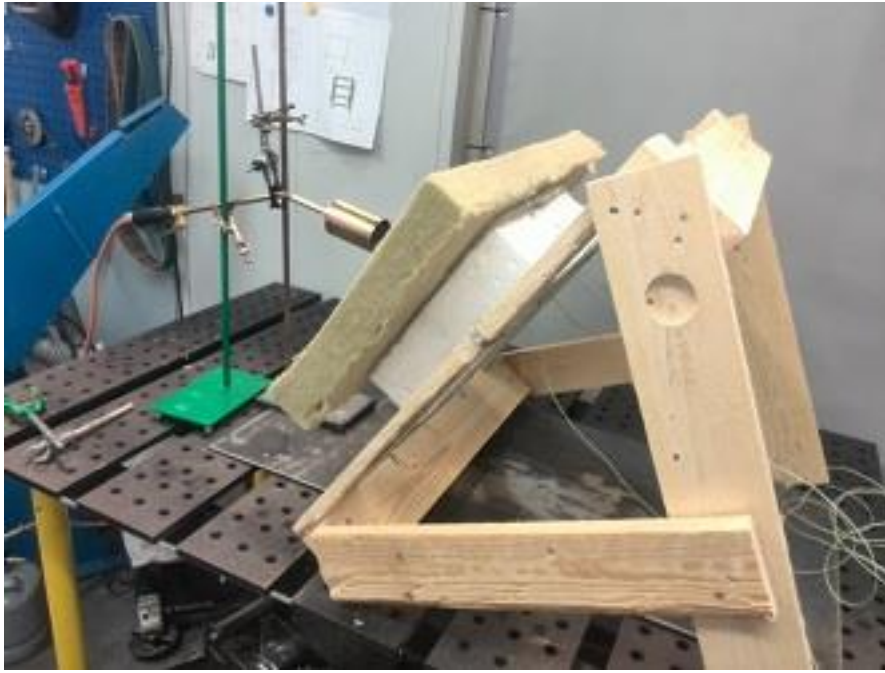
EPS tuotteille on tehty VTT:n toimesta palokäyttäytymistutkimus (Lausunto EPS-seinäeristeen paloteknistä käyttäytymistä ohutrapatussa julkisivussa) jossa on tutkittu EPS-seinäeristeen paloteknistä käyttäytymistä ohutrapatussa julkisivussa. VTT:n tutkimuksessa (Lausunto EPS-seinäeristeen paloteknistä käyttäytymistä ohutrapatussa julkisivussa) todetaan, että EPS-ohutrapatut julkisivurakenteet soveltuvat käytettäväksi enintään 8-kerroksisen P1-luokan rakennuksen ulkoseinässä.

7.4. Testauslaitteisto ja -menetelmäkuvaus

Testattavat kappaleet kiinnitettiin telineeseen, jolla taattiin testattavien kappaleiden paikallaan pysyvyys testin ajan. Poistoilmaimuri suunnattiin kappaleen yläpuolelle mahdollisten palokaasujen poistamiseksi sisätiloista. Rappauspinta peitettiin palovillalla johon tehtiin 100x100mm aukko keskelle. Näin saimme rajattua palolle kohdistuvan alueen tarkasti.

Paloaltistus luotiin nestekaasupolttimella, joka kiinnitettiin statiiveilla ja kourilla siten, että liekki saatiin osoittamaan palovillaan tehtyyn aukkoon. Lämpö määrää säädettiin nestekaasupolttimessa olevalla venttiilillä. Polttoetäisyyden muuttaminen oli alkuperäinen ajatus, mutta poistoilmaimurin ollessa toiminnassa, riittävän lämpö määrän kohdistaminen testattavalle alueelle muodostui ongelmaksi. Tämän havainnon perusteella nestekaasupolttimen sijainti oli kiinteä ja lämpö määrää säädettiin nestekaasun määrällä.

Mittauslaitteistoina käytettiin kolmea anturia kuvion 8 mukaisesti, jotka mittasivat lämpötilaa eri kohdista testattavia kappaleita. Ensimmäinen anturi oli keskellä paloa- aluetta, toinen anturi palolle altistuvat alueen yläreunassa ja kolmas anturi sijoitettiin testattavan kappaleen yläreunaan. Anturit sijoitettiin näin, koska lämpimät kaasut nousevat ylöspäin. Anturit antoivat lähes reaaliaikaista informaatiota tietokoneen näytölle. Lämpökameralla kuvattiin kappaleiden takaa paljaalta EPS pinnalta, sitä miten lämpötila jakauma muuttuu kokeen edessä. Lämpötila poltettavalla pinnalla säädettiin n. +200 °C infrapunalämpömittarilla ja testikappaleella jonka avulla voitiin varmistua pinnan riittävästä lämpötilasta ennakkoon. Paloaltistumista jatkettiin siihen asti, kunnes EPS eristeeseen sulii silmällä nähtävä reikä.



Kuvio 8. Palokäyttäytymiskokeen testauskoonpano



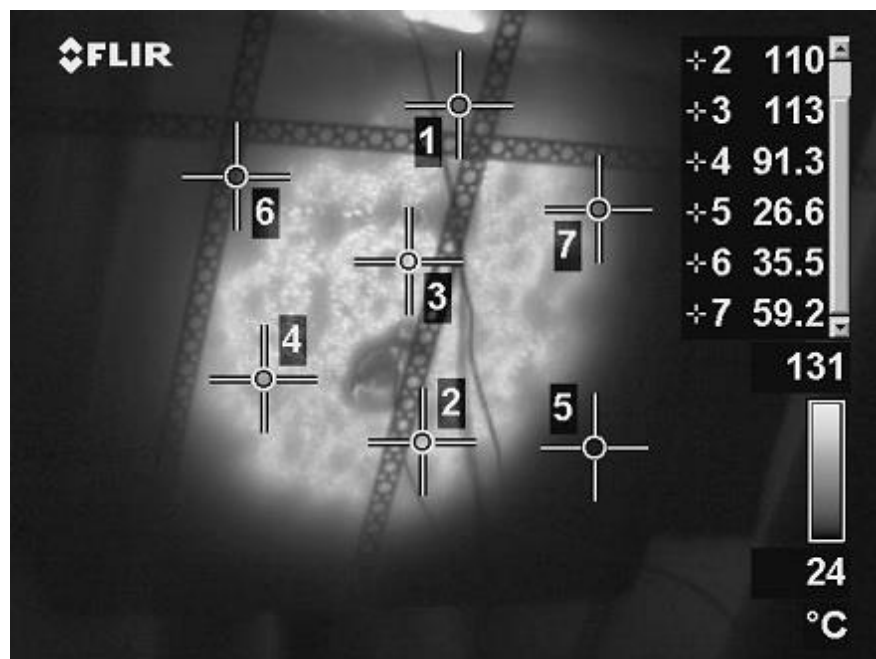
Kuvio 9. Palokäyttäytymiskoe käynnissä

7.5. Testaustulokset

Palokäyttäytymistestin tuloksena voidaan todeta, että EPS materiaalina häviää niiltä alueilta joihin kohdistuu riittävä lämpökuorma (n. +100 °C), kuten Hannu Piispanen SX-Lämpöpohja Oy:stä oli todennut. Rappauspinnan takana oleva EPS eriste suli rajatun paloaltistumiskohdan ala- ja sivupuolilta Suurimmat sulamiset syntyivät paloaltistumiskohdasta kohtisuoraan EPS eristeen taakse ja paloaltistumiskohdan yläpuolelle (ks. kuvio 10). Yläpuolisten osien sulaminen johtuu siitä että prosessissa syntyvät palokaasut pyrkivät ylöspäin.

Rappauspintaan tuli paloaltistumiskohdan ympärille halkeamia ja rappauspinta haurastui käyttökelvottomaksi siltä kohdalta. Rappauspinta pysyi kuitenkin kiinni EPS eristeen pinnassa testauksen jälkeenkin. Laaja-alaisemmissa testeissä voisi kuitenkin tapahtua rappauspinnoitteen hajoamista ja irtoamista haurastumisen seurauksena.

Välittömästi ulkoisen paloaltistumisen päättyessä, päättyy myöskin EPS:n sulaminen. EPS sulaa siis vain niin kauan kuin ympäristössä on riittävä lämpörasitus (ks. kuvio 11).



Kuvio 10. Lämpökameran kuvaa paloaltistumisen aikana



Kuvio 11. Polttokokeen lopputulos eristeen takapuolelta kuvattuna

8. Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli uuden rakennustuotteen tuotekehityksen lähtötietojen selvittäminen. Selvitettäviä asioita olivat raudoitetun seinävalumuotin soveltuvuus matalaenergiarakentamiseen ja rakennustuotteelle viranomaisten taholta asetettujen vaatimusten selvittäminen. Lisäksi opinnäytetyöhön sisältyi raudoitetun seinävalumuotin rakennusfysikaalisten ominaisuuksien selvittämiseksi tehtävät laboriotestit ja testaustulosten raportointi.

Tutkimuksen tuloksena saatiin lämmönläpäisykertoimia raudoitetulla seinävalumuotilla rakennetulle ulkoseinälle ja tuotteelle harmonisoidussa tuotestandardissa asetetut vaatimukset. Tänä päivänä jokaiselta rakennustuotteelta, jolla on harmonisointu tuotestandardi, vaaditaan CE-merkki ja sen saavuttamiseksi valmistajan on pystyttävä toteamaan rakennustuotteen vaatimuksenmukaisuus. Vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen vaatii eristetuotealalla kolmannen osapuolen tutkimukset ja tutkimusten jälkeen valmistaja laatii suoritusasoilmoituksen. Valmistajan on huolehdittava sisäisestä laadunhallinnassa standardissa määrätyillä menettelyillä. Laboratoriotutkimusten tulokset antavat SX-Lämpöpohja Oy:lle tietoa rappauspinoitetun

raudoitetun seinävalumuotin ominaisuuksista, joita he voivat hyödyntää tuotteen tuotekehityksessä ja markkinoinnissa.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin kohtuullisen hyvin ottaen huomioon tutkimustyön laaja-alaisuuden. Rakenteelle saatiin laskettua lämmönläpäisykertoimet ja viranomaismääräykset selvitettiin pintapuolisesti, koska kolmas osapuoli kuitenkin toteaa tuotteen ominaisuudet ja sitä kautta joutuu selvittämään tuotteelle asetetut vaatimukset tuotestandardista.

Rakennustuotteelle asetettuja viranomaisvaatimuksia selvitettiin ainoastaan EPS-pohjaisten rakennustuotteiden harmonisoitujen tuotestandardien kannalta. Raudoitettulla seinävalumuotilla on mahdollisuus kilpailla Keski-Euroopan rakennustuotemarkkinoilla, joten selvittämällä harmonisoidun tuotestandardin asettamat vaatimukset ja rakennustuotteen ne täytettyään raudoitettu seinävalumuotti on hyväksytty kaikissa CEN-jäsenmaissa.

Opinnäytetyössä saavutetut tulokset kertovat SX-Lämpöpohja Oy:lle minkälaiset vaatimukset nykyään on asetettu uuden rakennustuotteen markkinoille saattamiseksi. Lämmönläpäisykertoimien osalta SX-Lämpöpohja Oy:ssä voidaan suunnitella tuotantoon sopivimmat raudoitetun seinävalumuotin paksuudet.

Jatkokehitysmahdollisuutena näkisin erityisesti passiivi- tai nollaenergiaratkaisuun perustuvan asuinrakennuksen suunnittelun raudoitetulla seinävalumuotilla, joka varmasti tarjoaisi sekä tutkijalle, että SX-Lämpöpohja Oy:lle varsin hyödyllistä tietoa.

Lähteet

- A305/2011. Rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukais-
tamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. 9.3.2011. Viitattu
3.2.2015. [http://eur-lex.europa.eu/legal-
content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=FI](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=FI).
- L5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Valtion säädöstietopankki Finlex. Viitatu
2.2.2015. <Http://www.finlex.fi>, ajantasainen lainsäädäntö.
- CE-merkintä. 2013. Ympäristöministeriön sivustolla. Julkaistu 13.8.2013, päivitetty
3.2.2015. Viitattu 6.2.2015. [http://www.ym.fi/fi-
FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuoteh
yvaksynta/CEmerkinta](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuoteh_yvaksynta/CEmerkinta).
- CE-merkintään vaadittavat toimenpiteet ja asiakirjat. 2014. Julkaistu Tukesin sivustol-
la. Päivitetty 10.6.2014. Viitattu 5.2.2015. [http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet1/Rakennustuotteet/CE-
merkinta/Toimenpiteet-ja-asiakirjat/](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet1/Rakennustuotteet/CE-merkinta/Toimenpiteet-ja-asiakirjat/).
- Energiatehokkaan talon suunnitteluohjeita. N.d. Nollaenergiatalo-sivusto. Viitattu
10.2.2015. [http://www.nollaenergiatalo.fi/nollaenergiatalon_perusteet-
talontekijan_suunnittelun_lahtokohtia](http://www.nollaenergiatalo.fi/nollaenergiatalon_perusteet-talontekijan_suunnittelun_lahtokohtia).
- Fire safe construction with EPS. N.d. PDF-tiedosto. Viitattu 23.1.2015.
[http://www.eumeps.construction/show.php?ID=4530&psid=391e4d28c5a81f076480
d9d1436b8de0](http://www.eumeps.construction/show.php?ID=4530&psid=391e4d28c5a81f076480d9d1436b8de0).
- Kaikkien rakennustuotteiden markkinavalvonta TUKESille 1.1.2015 alkaen. 2014. Ym-
päristöministeriön sivusto. Julkaistu 19.12.2014. Viitattu 1.2.2015.
[http://www.ym.fi/fi-
FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuoteh
yvaksynta/Kaikkien_rakennustuotteiden_markkinavalv\(32328\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuoteh_yvaksynta/Kaikkien_rakennustuotteiden_markkinavalv(32328)).
- Lylykangas, K & Nieminen, J. 2009. Passiivitalon määritelmä. PDF-tiedosto Passii-
vi.info-sivusto. Viitattu 10.2.2015.
http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf.
- E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2011. Ympäristöministeriön asetus raken-
nusten paloturvallisuudesta. Viitattu 4.2.2015. [http://www.ym.fi/fi-
FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoe
lma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoe_lma).
- SX-Lämpöpohja Oy yritys. N.d. Korkealuokkaisia perustusratkaisuja yksityis- ja am-
mattirakentajille. Viitattu 9.2.2015. http://www.soklex.fi/wp_2014/?page_id=7.

SFS 5446. 1988. Betoni. Tartuntalujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 27.1.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS 5447. 1987. Betoni. Säilyvyys. Jäädytys-sulatuskestävyys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 27.1.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS-EN ISO 6946. 2007. Rakenne- ja rakennusosat. Lämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin. Laskentamenetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 7.2.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS 7032. 2014. Tehdasvalmisteisten lämmöneristeenä käytettävien paisutettujen polystyreenituotteiden (EPS) talonrakentamisen eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 3.2.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS-EN 12087. 2013. Lämmöneristetuotteet rakentamiskäyttöön. Vedenimukyvyyn määrittäminen pitkäaikaisessa upotuksessa. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 3.2.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS-EN 13163. 2010. Lämmöneristetuotteet rakentamiseen. Tehdasvalmisteiset paisutetut polystyreenituotteet (EPS). Tuotestandardi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 3.2.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

SFS-EN 13172. 2012. Lämmöneristetuotteet. Vaatimuksenmukaisuuden arviointi. Tuotestandardi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 3.2.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

Taulukkomitoitus. N.d. PDF-tiedosto Elementtisuunnittelu-sivusto. Viitattu 22.1.2015. http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23588/TAULUKKOMITOITUS%202010_08_03.pdf.

Valmistajan velvollisuudet. 2013. Tukesin sivusto. Päivitetty 7.6.2013. Viitattu 26.1.2015. http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet1/Rakennustuotteet/Talouden_toimijat/Valmistajan-velvollisuudet/.

Viitanen, P. 2014. Kirjallinen kysymys 561/2014 vp. EPS-ohutrappausratkaisujen salliminen. Julkaistu 6.8.2014. Viitattu 10.2.2015. http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/kk_561_2014_p.shtml#VASTAUS.

Liitteet

Liite 1. Raudoitettun seinävalumuotin tuotevaatimukset SFS-EN 13163:n mukaisesti

Ominaisuus	Testimenetelmä /standardi
Pituus ja leveys	EN 822
Paksuus	EN 823
Suorakulmaisuus	EN 824
Tasomaisuus	EN 825
Lämmönvastus ja lämmönjohtavuus	EN 12667, EN 12939
Markkinoille toimitetun tuotteen palokäyttäytyminen	EN 13501-1
Taivutuslujuus	EN 12089
Vedenimukyky pitkäaikaisessa upotuksessa	EN 12087
Jäädytys-sulatuskestävyys	EN 12091
Vesihöyrynläpäisevyys	EN 12086

Liite 2. Suoritustasoilmoituksen malli

KOMISSION DELEGOITU ASETUS (EU) N:o 574/2014 LIITE III

SUORITUSTASOILMOITUS Nro.....

1. Tuotetyypin yksilöllinen tunnistus:
2. Aiottu käyttötarkoitus (aiotut käyttötarkoitukset):
3. Valmistaja:
4. Valtuutettu edustaja:
5. Suoritustason pysyvyyden arvioinnissa ja varmentamisessa käytetty järjestelmä/käytetyt järjestelmät:
- 6 a. Yhdenmukaistettu standardi:
 Ilmoitettu laitos/ilmoitetut laitokset:
- 6 b. Eurooppalainen arviointiasiakirja:
 Eurooppalainen tekninen arviointi:
 Teknisestä arvioinnista vastaava laitos:
 Ilmoitettu laitos/ilmoitetut laitokset:
7. Ilmoitettu suoritustaso/ilmoitetut suoritustasot:
8. Asianmukainen tekninen asiakirja ja/tai tekninen erityisasiakirja:

Edellä yksilöidyn tuotteen suoritustaso on ilmoitettujen suoritustasojen joukon mukainen. Tämä suoritustasoilmoitus on asetuksen (EU) N:o 305/2011 mukaisesti annettu edellä ilmoitetun valmistajan yksinomaisella vastuulla.

Valmistajan puolesta allekirjoittanut:

[Nimi]

[Paikka]

[Aka].....

[Allekirjoitus]

Liite 3. Lämmönläpäisykertoimet raudoitetulle seinävalumuotille

Lähtötiedot, joita voit laskennassa muuttaa										Tulokset	
EPS ulko d1 (m)	Betoni+EPS d2 (m)	EPS sisä d3 (m)	EPS λ_d (W/(m*K))	Betoni λ_t (W/(m*K))	Pintavastukset		Lasketaan kuvasta itse			U-arvo [W/(m²*K)]	Paksuus [m]
					Rsi	Rse	Suhteelliset pinta-alat	f_a	f_b		
0,08	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,20	0,315
0,09	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,19	0,325
0,1	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,18	0,335
0,11	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,17	0,345
0,12	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,16	0,355
0,13	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,16	0,365
0,14	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,15	0,375
0,15	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,14	0,385
0,16	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,14	0,395
0,17	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,13	0,405
0,18	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,13	0,415
0,19	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,12	0,425
0,2	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,12	0,435
0,21	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,12	0,445
0,22	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,11	0,455
0,23	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,11	0,465
0,24	0,155	0,08	0,036	1,2	0,13	0,04	0,83729	0,163		0,11	0,475