



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

RAKENNUSTEKNIIKAN LAITOS
TUTKIMUSSELOSTUS TRT/2212/2013

FESCOTHERM OHUTERISTERAPPAUSJÄRJESTELMÄN SÄÄNKESTÄVYYDEN TUTKIMINEN



4.6.2013



Tutkimusselostus nro 2212

(15 sivua + 1 liitesivu)

Tilaja Fescon
Raimo Niemelä
Myllykatu 3
05830 Hyvinkää

Tehtävä Fescoterm ohuteristerappausjärjestelmän säänkestävyyden tutkiminen

Tutkimusryhmä Professori, tekn. toht. Matti Pentti
Tutkija, dipl.ins. Petri Annila

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
PL 600
33101 Tampere

Puhelin (03) 3115 11 (TTY:n vaihde)
Faksi (03) 364 1443

Jakelu Fescon / Raimo Niemelä
Tutkimusryhmä
TTY / Rakennustekniikan laitoksen arkisto

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	3
2	KOESEINÄT	3
3	SÄÄRASITUS	5
3.1	Säärasitussykli	5
3.2	Kosteus- ja halkeilukäyttäytyminen	7
4	LUJUUSKOKKEET JA NIIDEN TULOKSET	9
4.1	Iskulujuuskokeet	9
4.2	Tartuntavetolujuuskokeet	12
5	YHTEENVETO	15

LIITE 1 - KOSTEUSMITTAUKSET

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

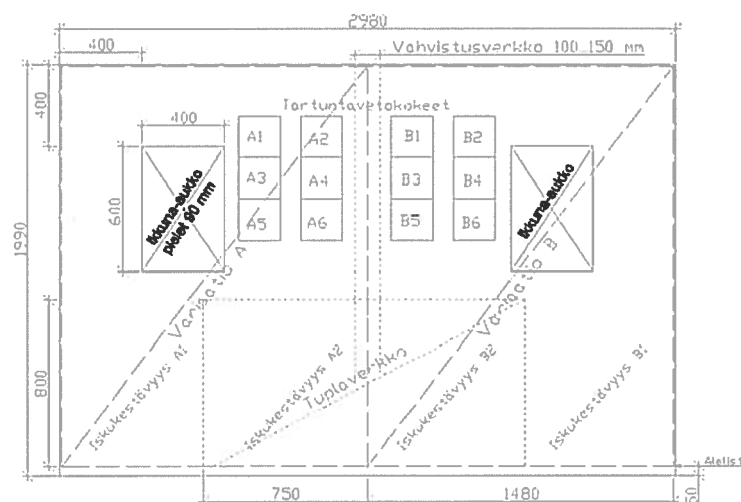
1 YLEISTÄ

Raimo Niemelä Fesconilta pyysi Tampereen teknillisen yliopiston rakenteiden elinkaari tekniikan tutkimusryhmältä (myöhemmin lyhyesti TTY) tutkimussuunnitelman kahden eristerappausjärjestelmän säänkestävyyden tutkimisesta. Fescon tilasi annetun *Tutkimussuunnitelman 28.1.2013* mukaisen tutkimuksen, johon sisältyneet kaksi erilaista rakennejärjestelmää raportoidaan omissa raporteissaan.

Tutkimuksessa käytettiin TTY:n säärasituslaitetta ja Suomen betoniyhdistyksen *by57 Eristeraja levyrappaus 2011* -kirjan määrittämää säärasitus sykliä. Käytetyllä sykliällä simuloitiin Suomen ilmastoa kuvaavaa ankaraa syklistä säärasitusta. Koetulosten arvioinnissa käytettiin *by57* asettamia kriteereitä.

2 KOESEINÄT

Tilaaajan edustaja valmisti koeseinän TTY:n laboratoriotiloissa Tampereella. Kuvassa 2.1 on esitetty tutkimussuunnitelmassa ollut kuva koeseinän rakenteesta ja mitoista.



Kuva 2.1 Koeseinän rakenne ja mitat.

Tutkittavan rakenteen taustana käytettiin n. 6 m² (leveys 2980 mm ja korkeus 1980 mm) kokoista raudoitettua vanhaa betoniseinää. Koeseinä jaettiin vaakasuunnassa kahteen vastaavaan osaan, joilla tutkittiin kahden eri eristerappausjärjestelmien säänkestävyyttä.

Tässä raportissa käsiteltävän koeseinän vasemman puolen rakenne oli seuraava:

- 100 mm kantava betonikuori
- Fescoterm Liimalaasti
- 200 mm Rockwool Fasade Batts –lämmöneriste
- Fescoterm Verkotuslaasti, jossa lasikuituverkko
- Silikonihartsipohjuste
- Silikonihartsipinnoite.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



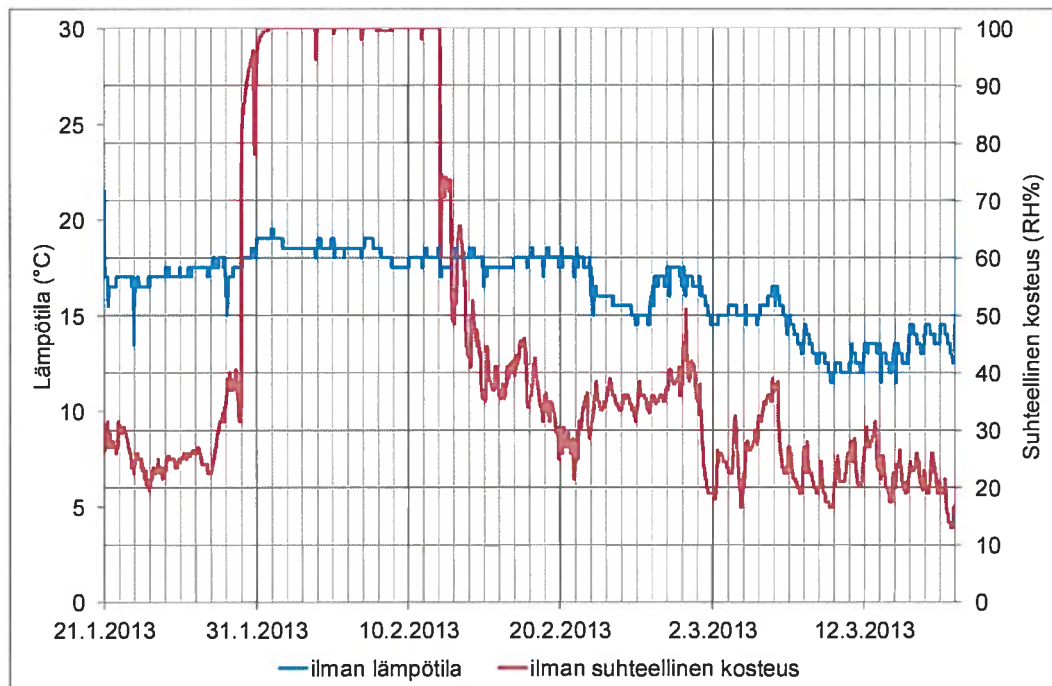
Rakenteeseen sijoitettiin ikkunaa kuvaava 400 x 600 mm² kokoinen aukko, jossa ikkunakarmeja kuvasi alumiinilevy. Ikkunaa kuvaava alumiinilevy sijoitettiin 90 mm syvyydelle rappauksen ulkopinnasta katsottuna. Ikkuna varustettiin normaalilla vesipellillä. Rappausjärjestelmä tiivistettiin ikkunaa kuvaavaa alumiinilevyä vasten, kuten se todellisessa rakenteessa tiivistettäisiin alumiinikarmeja vasten. Koeseinän alaosaan tehtiin iskukokeita varten vahvennuttu alue, jossa verkotuslaastissa oli kaksi lasikuituverkkoa.

Koeseinä valmistettiin TTY:n laboratoriotiloissa seuraavan aikataulun mukaisesti:

- 21.1. Lähtölistat kiinnitettiin ja lämmöneristeet kiinnitettiin liimalaastilla.
- 22.1. Rakenne limutettiin liimalaastilla.
- 30.1. Vahvikeverkot rapattiin verkotuslaastilla. Rakenteen jälkihoito aloitettiin sulkeamalla rakenne rakennusmuovin sisälle. Rakennetta kasteltiin vesisumulla keran arkipäivässä.
- 31.1. Varsinaisen verkotuslaastikerroksen rappaus ja jälkihoitoa
- 28.2. Silikonihartsipohjuste levitettiin.
- 6.3. Silikoniharstipinnoite levitettiin.

Koeseinän valmistamisen yhteydessä valmistettiin vertailukokeita varten erillinen n. 1 kokoinen lämmöneristelevyn päälle vastaava eristerappaus.

Koeseinän valmistusajan olosuhteet (ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus) on esitetty kuvassa 2.2. Helmikuun alun korkea ilman suhteellinen kosteus selittyy sillä, että myös käytetty dataloggeri sijoitettiin jälkihoitomuovien alle.

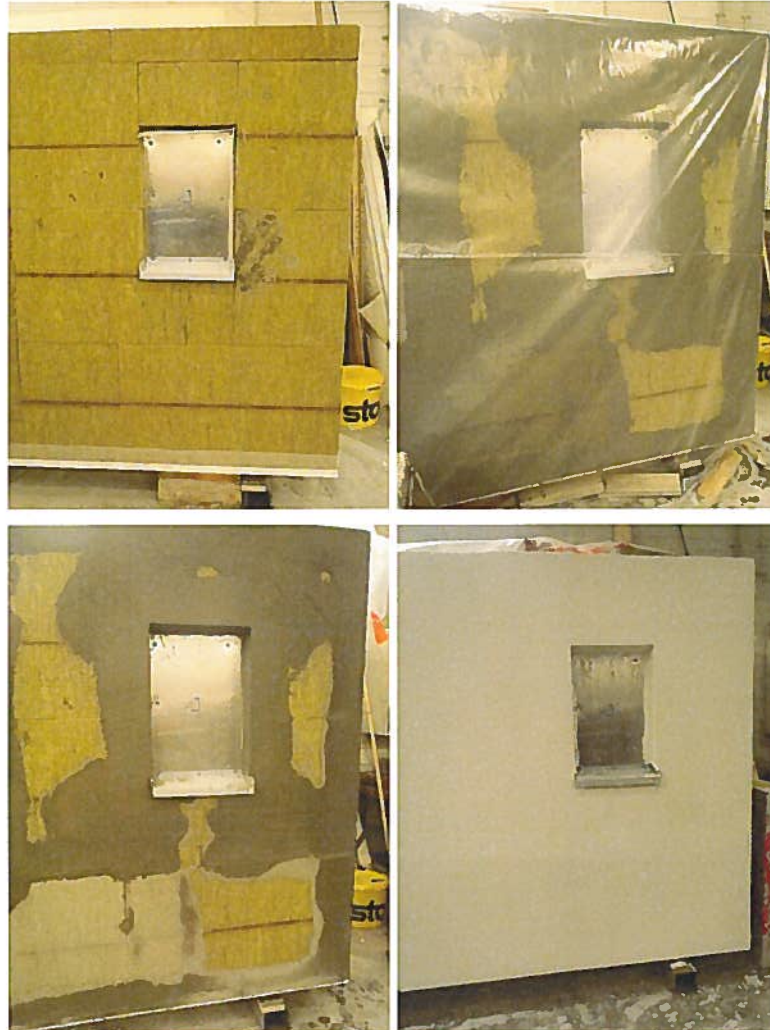


Kuva 2.2. Koeseinän valmistus- ja jälkihoito-olosuhteet.

Koeseinän rakentamisvaiheita on esitetty kuvassa 2.3. Ylhäällä vasemmalla rakenne lämmöneristeiden kiinnittämisen jälkeen. Ylhäällä oikealla ja alhaalla vasemmalla on esitetty

Tutkimusraportin saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

verkotuslaastikerroksen levityksen vaiheita ja jälkihoitoa. Alhaalla oikealla koeseinä on esitetty silikonihartsipinnoituksen levittämisen jälkeen.



Kuva 2.3. Ikkunasyvennyksen työvaiheita.

3 SÄÄRASITUS

3.1 Säärasitusyksi

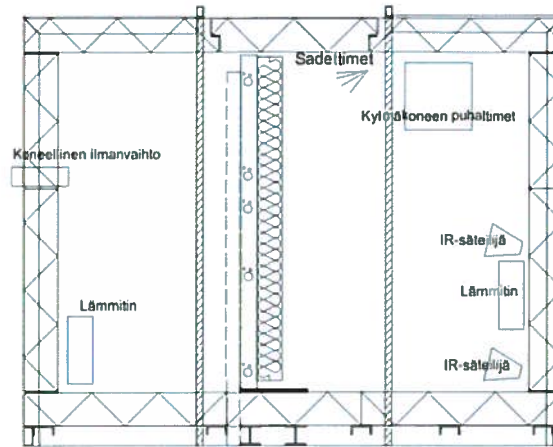
TTY käytti koeseinän säärasituksessa Suomen betoniyhdistyksen *by57 Eriste- ja levyrapaus 2011* -kirjassa suositeltua säärasitusyksiä, joka on kolmivaiheinen:

- 1) Sadetus 60 minuuttia: sadetusmäärä n. 1 l/min/m².
- 2) Jäädytys 240 minuuttia: lämpötilan lasku nopeasti -20 °C (±2 °C).
- 3) Säteilylämmitys 180 minuuttia: pintalämpötilan nostaminen nopeasti +60 °C (±2 °C).

Säärasituskoe suoritetaan TTY:n laboratoriotiloissa olevalla säärasituslaitteella. Tutkittava koeseinä jakaa säärasituslaitteen kammion sisä- ja ulkotilaksi. Ulkotilan olosuhteista säärasituskokeissa hallitaan lämpötilaa, ilman suhteellista kosteutta, vesisadetta ja IR-säteilyn

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

määrää. Sisätilan olosuhteista hallitaan lämpötilaa. Periaatekuva säärasituslaitteesta on esitetty kuvassa 3.1.

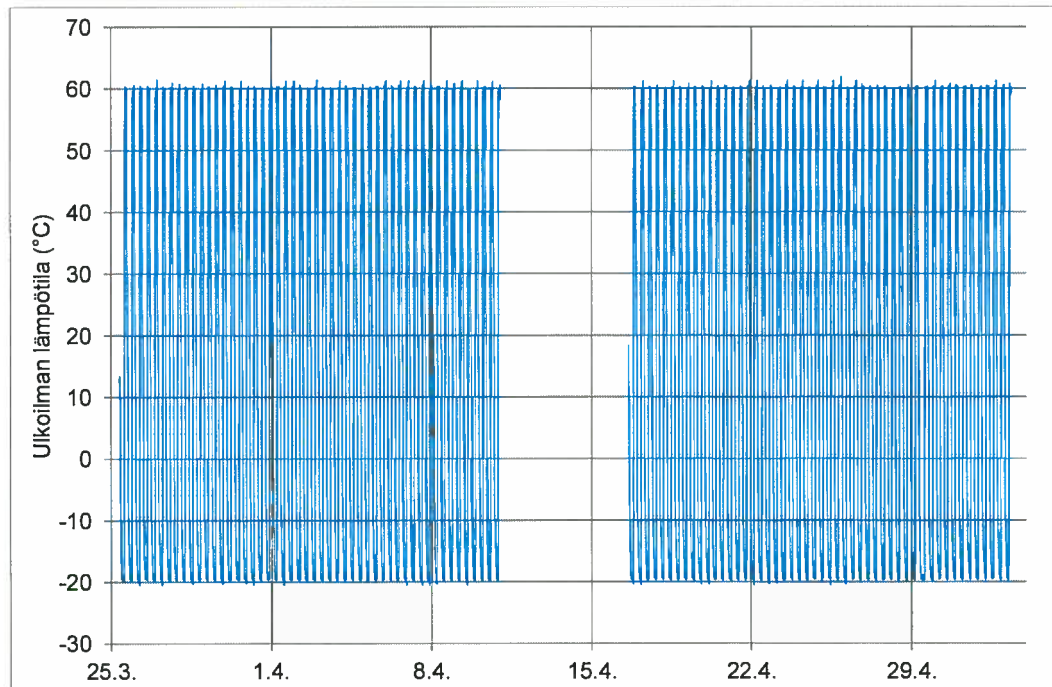


Kuva 3.1 TTY:n säärasituslaitteen periaatteellinen rakenne.

Säärasituskoje suoritettiin kahdessa jaksossa seuraavasti:

- Jakso 1:** 25.3.-11.4. Säärasituskojeen ensimmäiset 50 sykliä suoritettiin, minkä jälkeen koeseinälle suoritettiin pintakosteuskartoitus.
- Jakso 2:** 16.4.-3.5. Säärasituskojeesta suoritettiin loput 50 sykliä, joiden jälkeen koeseinälle suoritettiin pintakosteuskartoitus.

Kuvassa 3.2 on esitetty säärasituslaitteen kammioiden lämpötilat säärasituskojeen aikana.

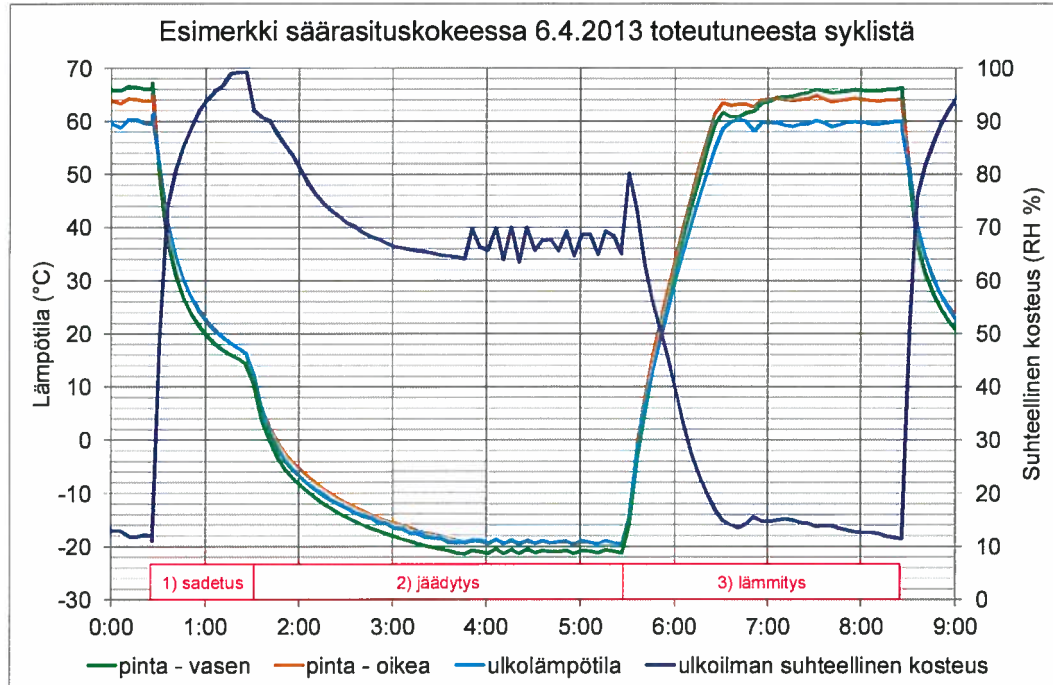


Kuva 3.2. Kojeen aikaiset sisä- ja ulkolämpötilat säärasituslaitteessa.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuvassa 3.3 on esitetty säärasituskokeessa 6.4.2013 toteutunut sykli, joka toimii suoritettujen syklien esimerkkinä. Kuvassa kirkkaan sinisellä yhtenäisellä käyrällä on kuvattu ulkokammion lämpötiloja ja vaalean oranssilla ulkoilman suhteellista kosteutta. Punainen käyrä kuvaa sisäilman lämpötilaa. Katkoviivoilla on kuvattu koeseinän ulkopinnan lämpötiloja.



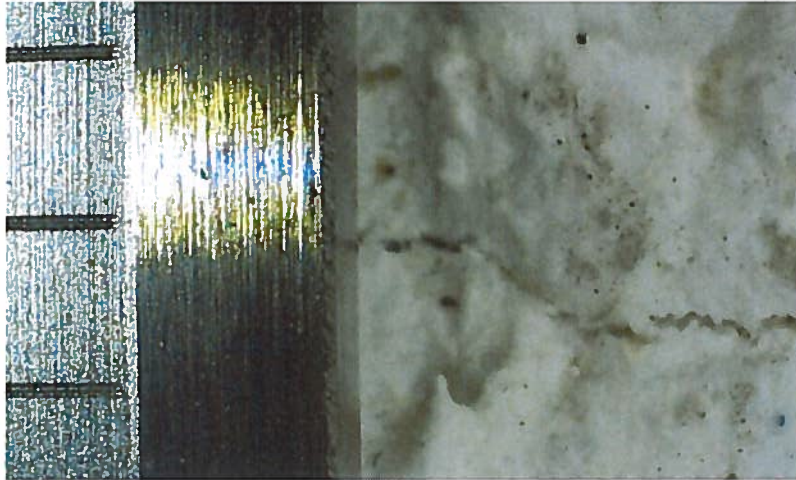
Kuva 3.3. Esimerkki säärasitusykyistä.

3.2 Kosteus- ja halkeilukäyttäytyminen

Säärasituskokeen aikana mahdollisesti syntyviä vaurioita seurattiin arkisin kerran vuorokaudessa (3 säärasitusykyin välein).

Kokeen edetessä ikkunan nurkissa havaittiin lievää halkeilua. Halkeilun sijainti on esitetty liitteessä 1. Ikkunan alakulmasta lähtenyttä halkeamaa on esitetty kuvissa 3.4 ja 3.5. Kuvassa 3.4 näkyvän mitta-asteikon viivojen väli on 1 mm. Kuvasta voidaan nähdä, että halkeamaleveys on luokkaa 0,1 mm. Ikkunan yläkulman halkeama vastaa kooltaan kuvissa 3.4 ja 3.5 esitettyä.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuva 3.4. Koeseinässä esiintynyttä halkeilua.



Kuva 3.5. Koeseinässä esiintynyttä halkeilua.

Koeseinälle suoritettiin pintakosteudenosoittimella kosteuskartoitus ennen säärasituskokeen alkua sekä 50 ja 100 säärasitusyökin jälkeen. Ennen kosteuskartoitusta koeseinä odotti säärasituslaitteessa vähintään vuorokauden viimeisen suoritettun säärasitusyökin jälkeen.

Kosteuskartoituksessa käytettiin pintakosteudenosoitinta Gann Hydromette UNI 2. Käytetyn osoittimen asteikko on 0-200, eikä siitä voida suoraan päätellä rakennusmateriaalien kosteussisältöä. Kosteuskartoituksen tulokset on esitetty liitteessä 1.

Koeseinän yläosasta saatiin säärasituskokeen jälkeen samalla tasolla olevia lukemia, kuin ennen säärasituskoetta. Ikkunan yläkulmasta lähteneen halkeaman ympäristössä ei myöskään havaittu koholla olevia lukemia. Ikkunan alakulmasta lähteneen halkeaman ympäristössä lukemat olivat hieman koholla, mutta toisaalta verrattaessa vaurioitumattomaan kulmaan olivat lukemat alhaisempia. Kohonneet pintakosteuslukemat selittynevät todennäköisesti vesipellin toimimattomuudella. Koeseinän alaosassa oli selvästi koholla olevia lukemia.

Pintakosteudenosoittimella tehdyn kartoituksen perusteella koeseinästä päätettiin ottaa kolmesta kohtaa punnitusnäyte. Näytteet otettiin koeseinän alaosasta kosteimmalta alueelta (D näytteet), ikkunan alanurkan kohdalta (F näytteet) sekä vertailunäyte kuivimmalta alueelta (E näytteet). Sijainnit on esitetty liitteessä 1.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Taulukossa 3.1 on esitetty mitattu pintakosteuslukema näytteen kohdalta sekä näytteen märkäpaino, kuivapaino ja kosteussisältö painoprosentteina. Näytteitä kuivattiin punnitusten välillä +105 °C lämpötilassa kaksi vuorokautta. Vesipellin nurkan kohdalla ja koeseinän alaosassa lämmöneristeeseen oli päässyt jonkin verran kosteutta. Detaljiin suunnitteluun ja toteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

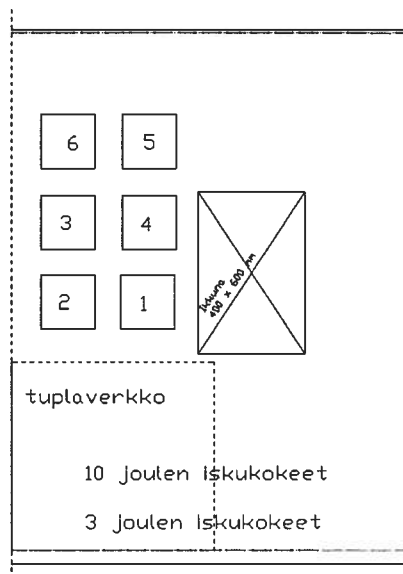
Taulukko 3.1. Koeseinästä irrotettujen kosteusnäytteiden tulokset.

Tunnus ja näyte	Pintakosteus (asteikko 0-200)*	Märkäpai- no (g)	Kuivapai- no (g)	Kosteussisältö (paino-%)
D rappauskerros	125	63,09	55,06	14,58
D lämmöneriste		62,85	53,53	17,41
E rappauskerros	32	28,28	27,72	2,02
E lämmöneriste		37,78	37,70	0,21
F rappauskerros	65	38,16	35,95	6,15
F lämmöneriste		62,26	46,82	32,98

* Pintakosteudenosoittimella rakenteen pinnalta mitattu arvo ennen näytteen irrottamista.

4 LUJUUSKOKKEET JA NIIDEN TULOKSET

Kuvassa 4.1 on esitetty lujuuskokeiden sijoittelu koeseinässä.



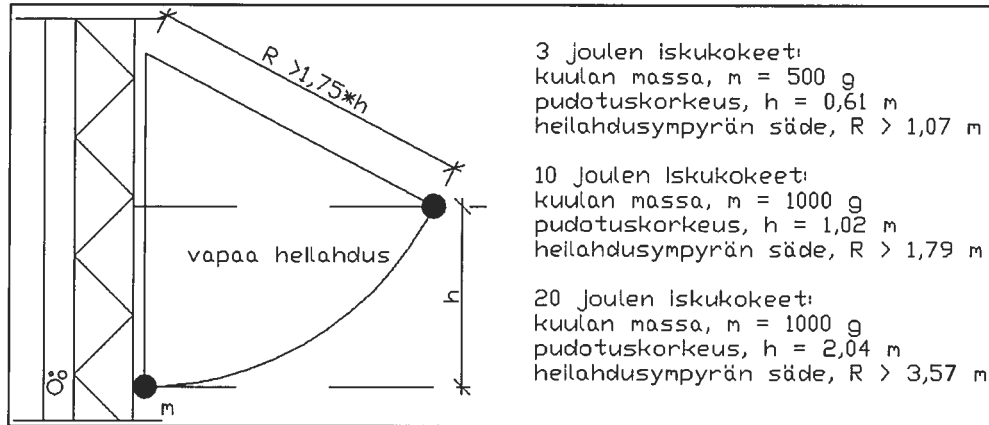
Kuva 4.1. Lujuuskokeiden sijoittelu koeseinässä.

4.1 Iskulujuuskokeet

Iskulujuuskokeet tehtiin ETAG004-ohjeistuksen (*Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*) mukaisesti. Ohjeen mukaisesti suoritettiin 3 ja 10 joulen iskukokeet.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

Kuvassa 4.2 on esitetty ETAG004-ohjeen mukaisten iskulujuuskokeiden periaatteet. Esimerkkinä 10 joulen iskulujuuskokeissa 1000 g kuula päästetään vapaaksi 1,02 metriä isku kohdan yläpuolelta ja se heilahtaa vapaana narun päässä säteeltään vähintään 1,79 metrin ympyränkaarta päin koeseinää. Kuulan liike-energia törmäyshetkellä on 10 joulen suuruisen.



Kuva 4.2. Iskulujuuskokeiden periaate.

Iskulukokeissa syntyneet vauriot luokitellaan ETAG004-ohjeen mukaisesti taulukossa 4.1 esitetyllä tavalla.

Taulukko 4.1. Iskulujuuskokeiden vaurioiden luokittelu ETAG004-ohjeen mukaan.

	Käyttöluokka	Vaurioiden luokittelu (ETAG004)
3 joulea	I	Rappaukseen ei saa syntyä näkyvää vaurioitumista.
	II	Rappaukseen ei saa syntyä halkeilua.
	III	Rappaukseen saa syntyä halkeamia, mutta ei rappauspinnan läpäisevää rengshalkeamaa.
	X	Rappaukseen syntyy rengshalkeama.
10 joulea	I	Rappaukseen ei saa syntyä näkyvää vaurioitumista.
	II	Rappaukseen saa syntyä halkeamia, mutta ei rappauspinnan läpäisevää rengshalkeamaa.
	III	Rappaukseen syntyy rengshalkeama.

Iskulujuuskokeiden tulokset on esitetty taulukossa 4.2. Normaalisti verkotetulle alueelle tehdyissä 3 joulen iskulukokeissa ei syntynyt vaurioita. 10 joulen iskulukokeissa sen sijaan syntyi kaikkiin isku kohtiin rappauspinnan läpäisevä rengshalkeama. Lisäverkolla vahvistetulle alueelle suoritetuissa 10 joulen iskulukokeissa rappauspintaan ei syntynyt vaurioita.

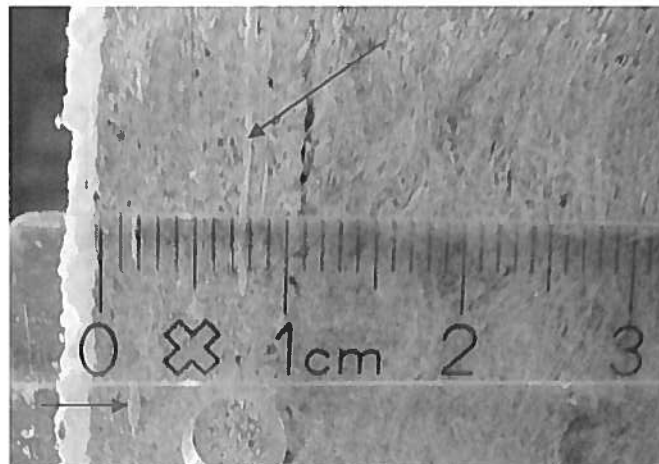
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

Taulukko 4.2. Iskulujuuskokeiden tulokset

	Iskujen vauriot ETAG004-ohjeen mukaan						heikoin koetulos	verkotuslaastiker- roksen paksuus
3 joulea, normaali verkotus	I	I	I	I	I	I	I	4...8 mm
10 joulea, normaali verkotus	III	III	III	III	III	III	III	4...8 mm
10 joulea, tuplaverkko	I	I	I	I	I	I	I	8...11 mm
ETAG004 mukainen käyttöluokka	III							
Vahvistetun rakenteen käyttöluokka	I							

Iskukoekohtia irrotettaessa verkotuslaastikerroksen paksuudessa havaittiin merkittävä ero, normaalista verkotetun ja vahvisteverkolla vahvistetun alueen välillä. **Koetuloksista ei voida luotettavasti päätellä, onko vahvistetun alueen parempi iskunkestävyys seurausta paksummasta verkotuslaastikerroksesta vai vahvikeverkosta.** Koetulosten perusteella 10 mm verkotuslaastikerroksen vahvuudella ja lisäverkolla vahvistettu rakenne täyttää käyttöluokan I iskunkestävyysvaatimuksen.

Kuvassa 4.3 on esitetty laastikerroksen poikkileikkaus vahvistetulta alueelta. Poikkileikkaus edustaa paksuinta n. 11 mm verkotuslaastikerrosta. Ulompi lasikuituverkko on noin 2 mm syvyydellä ja sisempi 7-8 mm syvyydellä., verkkojen sijainti on esitetty punaisiin nuolin.



Kuva 4.3. Verkotuslaastikerroksen poikkileikkauksia koeseinästä.

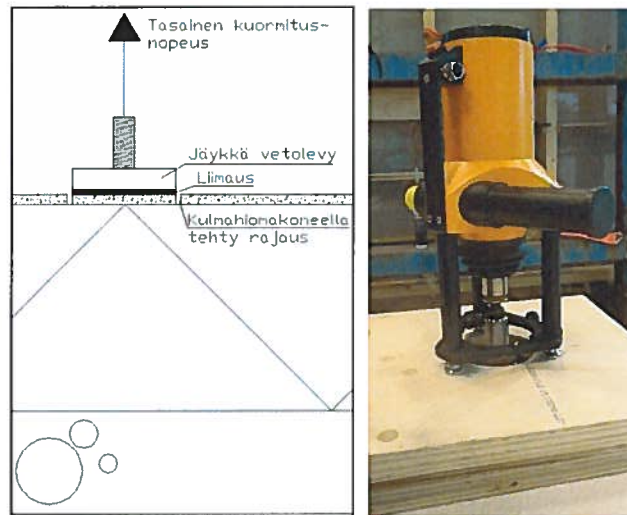
ETAG004-ohje on määritellyt käyttöluokat seuraavasti:

- I Maan tasalla olevat seinät, joiden läheisyyteen yleisöllä on esteetön pääsy (katutaso).
- II Iskukorkeudella olevat seinät kohteissa, joissa ihmiset huolehtivat rakennuksestaan (sisäpihat, rivitalot yms) tai heitetyille esineille alttiit alueet (2-kerros katujulkisivussa).
- III Alueet, jotka eivät todennäköisesti altistu iskuille tai heitetyille esineille (ylemmät kerrokset).

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

4.2 Tartuntavetolujuuskokeet

Rappauspinnan ja lämmöneristeen väliset tartuntavetokokeet tehtiin ETAG004-ohjeistuksen mukaisesti tasaisella kuormitusnopeudella. Kuormitusnopeudeksi valittiin 20 N/s. Koeseinän pintaan liimattiin 6 kappaletta jäykkä vanerisia sivumitaltaan 200 mm vetolevyjä. Liiman kuivumisen jälkeen koekappaleet rajattiin koeseinästä kulmahiomakoneella. Kuormituksen päätyttyä kuormituslaitteesta voitiin lukea murtovoima. Periaate koejärjestelyistä on esitetty kuvassa 4.3. Kuvassa oikealla on kuva koetilanteesta.



Kuva 4.4 Vetokokeiden koejärjestely.

Tartuntavetolujuuskokeiden arvostelu

by57 eriste- ja levyrappaus 2011 -kirja määrittää vetolujuudesta seuraavasti:

"Rappauksen tartuntavetolujuuden tulee olla vähintään 80 kPa myös kokeen jälkeen. Mikäli murtuminen tapahtuu lämmöneristeestä, tulee vetolujuuden olla vähintään lämmöneristeen vetolujuus, ks. kohta 3.2 Lämmöneristeiden ominaisuudet. Tartuntavetolujuus ei saa heikentyä merkittävästi kokeen aikana vertailukoekappaleeseen verrattuna, kuusi rinnakkaista tartuntavetokoetta."

Taulukossa 4.3 on esitetty by57 esittämät lämmöneristeiden lujuusvaatimukset.

Taulukko 4.3 Lämmöneristeiden vaatimukset

	Mineraalivilla		EPS	PU
	levy	lamelli		
Vetolujuus, liimakiinnitys, EN 1607		≥ 80 kPa	≥ 100 kPa	≥ 60 kPa
Vetolujuus, mekaaninen kiinnitys, EN 1607	≥ 15 kPa		≥ 100 kPa	≥ 60 kPa

Merkittävänä lujuuden heikentymisenä pidetään yli 1/3 (33,3 %) lujuuden laskua säärasitusseinän ja vertailukappaleen välillä.

Tartuntavetokokeiden tulokset on esitetty taulukossa 4.4. Säärasitetussa seinässä lämmöneristeen ja rappauspinnan välinen tartuntavetolujuus kuuden koetuloksen keskiarvon perusteella oli 18,6 kPa, mikä ei täytä by57 80 kPa:n lujuusvaatimusta. Murtopinnan sijoit-

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



tua lämmöneristeeseen voidaan todeta että mekaanisesti kiinnitetylle mineraalivillalevyille asetettu 15 kPa vetolujuusvaatimus täyttyy. **Koeseinässä mineraalivillalevyjä ei ollut kiinnitetty mekaanisesti. Mekaaninen kiinnitys on kuitenkin edellytys, että koeseinä täyttää rakenteelle by57 asetetut lujuusvaatimukset.** Vertailukappaleen lujuus oli 22,9 kPa. Säärasitetun seinän vetolujuus laski 19 % säärasituksen aikana.

Taulukko 4.4. Tartuntavetokokeiden tulokset.

Vertailukoekappale	yksittäiset koetulokset						keskiarvo	keskihajonta
Murtovoima (N)	893	858	936	860	1010	930	915	57
Murtotapa: 1 = tartunta, 2 = lämmöneriste	2	2	2	2	2	2		
Vetolevy (mm)	200	200	200	200	200	200		
Murtolujuus (kPa)	22,3	21,5	23,4	21,5	25,3	23,3	22,86	1,43

Säärasitettu koeseinä	yksittäiset koetulokset						keskiarvo	keskihajonta
Murtovoima (N)	846	813	548	776	766	718	745	106
Murtotapa: 1 = tartunta, 2 = lämmöneriste	2	2	2	2	2	2		
Vetolevy (mm)	200	200	200	200	200	200		
Murtolujuus (kPa)	21,2	20,3	13,7	19,4	19,2	18,0	18,61	2,64

Murtolujuus (kPa)	18,61	>	80 kPa (*)	kriteeri ei täyty!
Lämmöneristeen vetolujuusvaatimus	18,61	>	15 kPa (**)	OK
Muutos vertailukappaleeseen	-19%	>	-33% (***)	OK

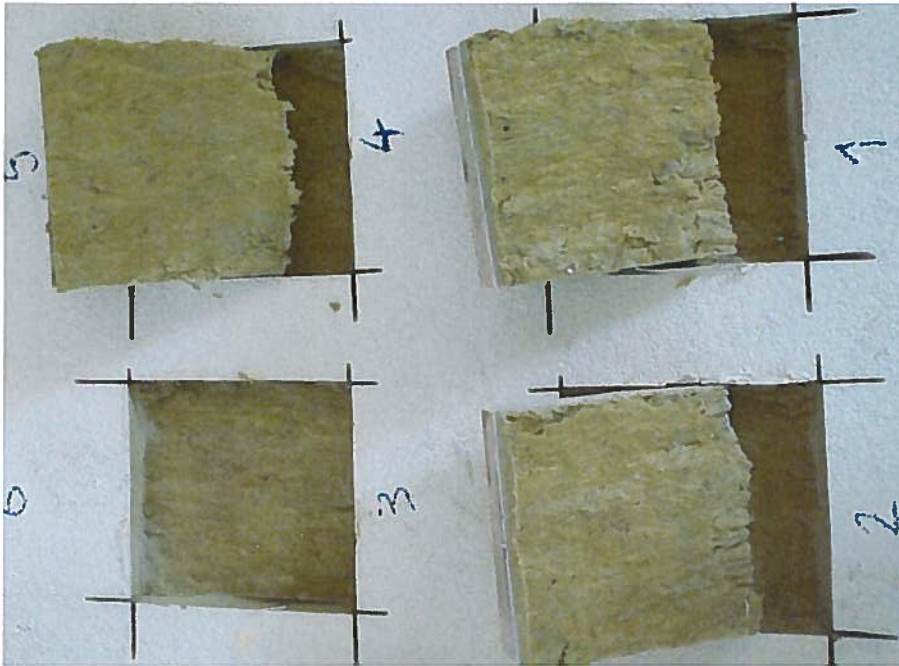
(*) by57: Tartunnan tulee olla vähintään 80 kPa

(**) by57: Mekaanisesti kiinnitetyn mineraalivillalevyn vetolujuuden tulee olla vähintään 15 kPa

(***) TTY: Merkittäväksi heikentymiseksi tulkitaan yli 33 % (1/3) lujuuden lasku

Kaikkien vetokokeiden murtopinta sijoittuu lämmöneristeeseen, näin ollen suoritettujen kokeiden perusteella lämmöneristeen vetolujuus määrittää koko rakenteen lujuuden. Esimerkkejä säärasitetun seinän murtotavoista on esitetty kuvassa 4.5.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuva 4.5. Säärasitetun seinän murtopintoja.

By57 laskentaesimerkin 3.1 mukaisesti meren rannalla sijaitsevan 6 kerrosta korkean rakennuksen ulkopintoihin 18 metrin korkeudessa vaikuttavan tuulenpaineen mitoitusarvo on $-2,56 \text{ kN/m}^2$ ($= -2,56 \text{ kPa}$). Lämmöneriste tulee kiinnittää mekaanisesti valmistajan ohjeiden mukaisesti, jotta rakenteen lujuus voi saavuttaa halutun kokonaisvarmuuden.

Tavanomaista vaativimmissa tuuliolosuhteissa rakenteelle tulee määrittää halutun luottamustason ominaisvetolujuus, jotta voidaan varmistua rakenteen riittävästä varmuudesta tuulikuormaa kohtaan.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



5 YHTEENVETO

Suoritettujen iskukokeiden perusteella normaalisti verkotettu rakenne, 4...8 mm verkotuslaastikerroksella, soveltuu käytettäväksi käyttöluokassa III. Lisäverkolla vahvistettu rakenne, 8...11 mm verkotuslaastikerroksella, soveltuu käyttöluokkaan I.

Rappauksen ja lämmöneristeen välinen tartuntavetolujuus, säärasitusseinässä 18,6 kPa, ei täytä sille by57:ssa asetettua tartuntalujuusvaatimusta. Murtojen tapahduttua lämmöneristeestä voidaan todeta, että lujuus täyttää mekaanisesti kiinnitetyille mineraalivillalevyille by57:ssa asetetun 15 kPa vetolujuusvaatimuksen. **Vetolujuusvaatimuksen täytyminen edellyttää kuitenkin mekaanisten kiinnikkeiden käyttöä valmistajan ohjeistuksen mukaisesti.**

Eriste- ja levyrappaus 2011 -kirjassa asetetuin kriteerein tutkittu eristerappausjärjestelmä todetaan, lämmöneristeet mekaanisesti kiinnitettynä, säänkestäväksi Suomen ilmastossa.

Tampereella 4.6.2013

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan laitos

Matti Pentti,

professori, tekniikan tohtori

Petri Annila

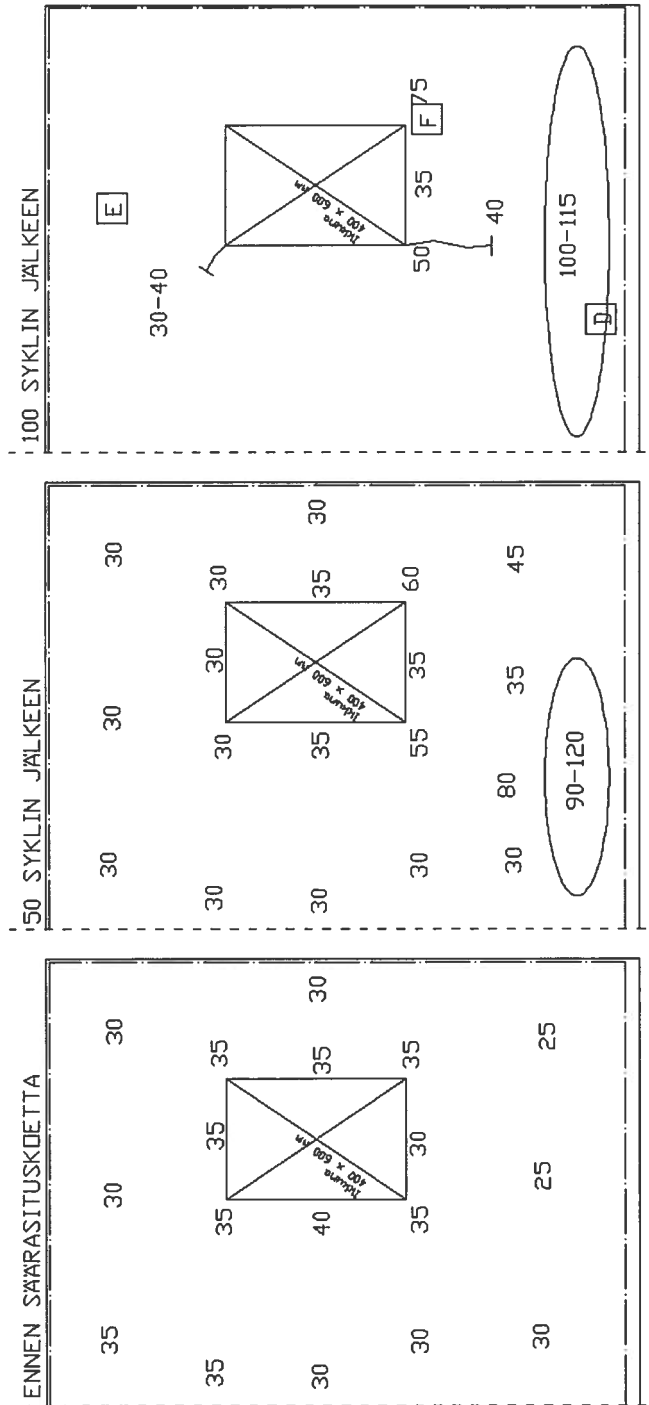
tutkija, diplomi-insinööri

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



LIITE 1 – KOSTEUSMITTAUKSET

Kuvassa esitetyt arvot on mitattu GANN Hydromette UNI 2 pintakosteudenosoittimella, jonka asteikko on 0...200. Lukemista ei voida suoraan päätellä lämmöneristeen kosteussisältöä.



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.