



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan osasto

Talonrakennustekniikan laboratorio

Lausunto nro: 1279

**VUORIVILLA – OHUTRAPPAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ
UUDISRAKENTAMISESSA**

Päiväys 28.11.2003

Tilaaajat: **NCC Rakennus Oy**
 Saint-Gobain Isover Oy
 Parma Oy
 PAROC OY AB
 REPO-yhtiöt
 Narmapinnoitus Oy

Tutkimusryhmä: **Professori** **TkT** **Matti Pentti**
 Tutkija **DI** **Jommi Suonketo**



SISÄLLYSLUETTELO

1.	Yleistä.....	2
1.1	Taustaa.....	2
1.2	Tavoite.....	2
1.3	Tilaaja.....	2
1.4	Tutkimushankkeen raportointi.....	2
2.	PAROC Vuorivilla – Alsecco- ohutrappausjärjestelmän käyttö uudisrakennuksissa.....	3
2.1	Rakenteen toimintaperiaate	3
2.2	Rakenteen lämmöneristävyys	3
2.3	Rakenteen kosteustekninen toiminta ja kestävyys säärasitusta vastaan.....	3
2.4	Rakenteen kestävyys mekaanista iskurasitusta vastaan	4
2.5	Rakenteen lujuusominaisuudet.....	4
2.6	Ohutrappausjärjestelmän kiinnitystarve	5
2.7	Ohutrappausjärjestelmän huomioiminen suunnittelussa	5
2.8	Elementtien valmistuksessa huomioitavat asiat	5
2.9	Elementtien asennuksessa huomioitavat asiat.....	6
2.10	Rappaustyössä huomioitavat asiat.....	6



1. Yleistä

1.1 Taustaa

Vuoden 2003 keväällä käynnistettiin tutkimusprojekti julkisivuissa käytettävän mineraalivilla – ohutrappausrakenteen kehittämiseksi. Tilaajan määrittelemät materiaalit olivat Alsecco ohutrappauslaastijärjestelmä, Paroc FAL1 Vuorivilla ja Isover OL-P lasivilla.

Mineraalivilla – ohutrappausjärjestelmää on käytetty Euroopassa, etenkin Saksassa, jo useiden vuosien ajan.

1.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää betonielementtiin kiinnivaletun mineraalivillan ja valmiiseen rakenteeseen tehdyn ohutrappausverhoilun ominaisuuksia ja kelpoisuutta sekä käytön edellytyksiä betonielementtiseinän saumattomana julkisivurakenteena.

Lausunto pohjautuu soveltuvien osin aikaisemmin tehtyihin Alsecco -ohutrappausjärjestelmän tutkimustuloksiin ja lämmöneristeistä riippuvien ominaisuuksien osalta nyt tehtyihin uusiin tutkimuksiin.

1.3 Tilaaja

Tutkimuksen tilaajina ja tilaajien yhteyshenkilöinä toimivat:

1. NCC Rakennus Oy, Timo Hilpinen, Jönsaksentie 4, 01600 VANTAA
2. Saint-Gobain Isover Oy, Harri Kempainen, PL 250, 05801 HYVINKÄÄ
3. Parma Oy, Markku Rotko, PL76, 03101 NUMMELA
4. Paroc Oy AB, Rakennuseristeet Markkinointi, Jukka Sevón, 21600 PARAINEN
5. REPO-yhtiöt, Veli Repo, Myllypuronkatu 4, 57220 SAVONLINNA
6. Narmapinnoitus Oy, Esa Narmala, Paattistentie 947, 21330 PAATTINEN

1.4 Tutkimushankkeen raportointi

Tutkimuksesta on tilaajille toimitettu neljä erillistä asiakirjaa:

Lausunto 1278: Lasivilla – ohutrappausjärjestelmän käyttö uudisrakentamisessa

Lausunto 1279: Vuorivilla – ohutrappausjärjestelmän käyttö uudisrakentamisessa

Tutkimusselostus 1280: Lasivilla – ohutrappausjärjestelmän tutkimukset

Tutkimusselostus 1281: Vuorivilla – ohutrappausjärjestelmän tutkimukset



2. PAROC Vuorivilla – Alsecco- ohutrappausjärjestelmän käyttö uudisrakennuksissa

Uudisrakentamiseen PAROC Vuorivilla – Alsecco - ohutrappausjärjestelmä koostuu elementtitehtaalla valetusta betonielementtisisäkuoresta, siihen liittyvästä palamattomasta lämmöneristyskerrosta ja muotista purkamisen jälkeen eristepintaan tehtävästä suojalaastikerroksesta sekä työmaalla tehtävästä yhtenäisestä ohutrappauspinnasta. Ohutrappauspinta muodostuu verkotuslaastista, lasikuituverkosta ja pintalaastista. Alsecco – ohutrappausjärjestelmä on tyyppi hyväksytty ja melko yleisesti käytetty Saksassa.

Järjestelmän käytön kannalta keskeiset tavoitteet ovat rakenteen toimivuus rakennusvaiheen aikana, valmiin rappauspinnan toiminta saumattomana rakenteena, riittävän lujuustason varmistaminen sekä materiaalien säänkestävyys. Näiden tavoitteiden saavuttaminen edellyttää hyvää laatua kohteen suunnittelussa, elementtien valmistuksessa, asennuksessa ja rapaustyössä sekä käytettävien materiaalien soveltuvuutta ja laadunvarmistusta.

2.1 Rakenteen toimintaperiaate

Lamellivillaa käytettäessä ohutrappausjärjestelmän toiminta perustuu eri rakennekerrosten väliseen tartuntaan. Eristelevyt kiinnittyvät betoniin sementtiliimalla betonin tunkeutuessa valuvaiheessa osittain eristeen sisään. Eristelevyjen lujuus tulee olla riittävän suuri rappauspinnan voimien välittämiseksi sisäkuoreen. Rappauspinta tarttuu eristelevyjen pintaan laastitartunnalla, jolloin laastin liimaominaisuudet ja eristepinnan tartuntaominaisuudet ovat keskeisellä sijalla rakenteen toiminnan kannalta. Rappauslaastin ja verkon lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien on oltava sellaiset, että rappauspintaan ei muodostu haitallisia halkeamia. Merkittävimmät rasitustekijät ovat rakenteen omapaino ja tuulen imurasitus.

2.2 Rakenteen lämmöneristävyys

Ohutrappausrakenteessa lämmöneriste on molemmista pinnoistaan tiiviisti kiinnitetty ilmatiiviiseen rakenteeseen, jolloin eristevalmistajan ilmoittama lämmönjohtavuus λ_n on 0,041 W/mK. Eristeen kosteusolosuhteet vastaavat betoni sandwich rakennetta ja lämmöneristeessä ei ole kylmäsiltoja, joten vähintään 80 mm betonikuoren, 160 mm lämmöneristeen ja vähintään 6 mm ohutrappauksen muodostaman rakenteen laskennallinen U-arvo on 0,24 W/m²K, joka täyttää ulkoseinälle asetettavat vaatimukset.

2.3 Rakenteen kosteustekninen toiminta ja kestävyys säärasitusta vastaan

Ohutrappausrakenteen kosteustekninen toiminta perustuu pintarappauksen vähäiseen vedenimuun ja halkeiluun sekä alhaiseen vesihöyrynvastukseen. Ehjä ja saumaton ohutrappauspinta ei merkittävästi kastu viistosateesta tai läpäise sadevettä ja koska rappauspinta on vesihöyryn suhteen läpäisevä, niin kosteus pystyy haihtumaan ulospäin. Rakenteen sisäpinnan vesihöyrynvastus on yli kymmenkertainen ulkopintaan nähden joten rakenne on myös diffuusion suhteen toimiva.



Rakenteen kestävyyttä säärasitusta vastaan tutkittiin sekä ETAG 004:n (EOTA, ETAG 004 Edition March 2000, GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL of EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS WITH RENDERING) mukaisella säärasituskokeella että erillisellä nurkkarakenteen sykliisellä lämmitys - pakkasrasituskokeella. Rakenteeseen ei syntynyt halkeamia tai muita näkyviä vaurioita säärasituskokeen aikana ja myöskään nurkkarakenteen testauksessa rappauspintaan ei syntynyt minkäänlaisia näkyviä vaurioita. Alsecco – ohutrappauksen säänkestävyys on osoittautunut hyväksi myös TTY:llä aiemmin suoritetuissa tutkimuksissa.

2.4 Rakenteen kestävyys mekaanista iskurasitusta vastaan

Ohutrappausrakenteen kestävyys terävänä impulssina kohdistuvaa mekaanista rasitusta vastaan on melko heikko. Koetulosten perusteella ohutrappausrakenteen kuuluu ETAG 004:n mukaisesti käyttöluokkaan III, joka tarkoittaa alueita, jotka eivät ole todennäköisesti alttiina ihmisten tai heitettyjen taikka potkittujen esineiden aiheuttamalle vaurioitumiselle.

2.5 Rakenteen lujuusominaisuudet

Ohutrappausrakenteen tartuntalujuus oli ensimmäisen vaiheen kokeissa alhaisempi kuin ohjeen ETAG 004 edellyttämä raja-arvo 0,080 MPa. Ohjeessa edellytetään tätä minimilujuustasoa sekä rasittamattomilta vertailukappaleilta että säärasituskokeessa vanhenneilta kappaleilta. Alhaisen tartuntalujuuden katsottiin aiheutuneen eristepintojen vanhenemisestä ja / tai epäpuhtauksista.

Pintojen imuroinnin jälkeen tehtyjen toiseen vaiheen koekappaleiden tartuntalujuuden keskiarvo oli 0,085 MPa, mutta yli puolessa koekappaleissa lujuus oli vaatimusta 0,08 MPa alhaisempi. Toisen vaiheen kokeissa ei enää suoritettu uutta säärasituskoetta.

ETAG:n esittämät lujuuden vaatimukset ovat huomattavan suuria normaalirakennuksissa esiintyviin rasituksiin nähden. Ohjeessa onkin todettu, että näiden vaatimusten täytyessä rakenteen lujuutta ei tarvitse lainkaan tarkastella alle 100 metriä korkeissa rakennuksissa.

Koska rappauspinnan tartuntavetokokeiden tulokset eivät kokonaan täyttäneet ETAG:n vaatimusta, niin rakenteen lujuus tuulikuormia vastaan on tarkasteltava erikseen.

Lausunnon liitteessä 1 on esitetty esimerkkilaskelma rakenteen mitoittamisesta tuulen imurasitusta vastaan. Esimerkkilaskelma on tehty käytettävissä olevien koetulosten pohjalta. Tuloksista puuttuvan säärasituksen arvioitu vaikutus on sisällytetty materiaalin melko korkeaan osavarmuuskertoimeen. Varsinaisessa suunnittelussa tulee käyttää viranomaisten määrittämiä tai vahvistamia varmuuskertoimia taikka sellaisia lujuuden ominaisarvoja, jotka huomioivat tästä laskelmasta puuttuvan säärasituksen vaikutuksen.

Esimerkkilaskelmassa rakenteen kestävyys tuulen imua vastaan oli riittävä jopa 12 kerrosta korkean tuulisessa paikassa sijaitsevan rakennuksen laskennallisiin kuormituksiin nähden.

Rakentamista varten on laadittava työ- ja laadunvarmistusohje, jota noudattamalla lujuusarvojen vaihtelua voidaan käytännössä rajoittaa hyväksyttävälle tasolle.



2.6 Ohutrappausjärjestelmän kiinnitystarve

Lamellivilla - ohutrappausjärjestelmä on suunniteltu toimimaan ilman mekaanisia kiinnikkeitä, kuitenkin Alsecon ohjeissa edellytetään reuna-alueiden lisäkiinnittämistä yli 20 metrin korkeudella. Normaalin lujuusmitoituksen lisäksi on kuitenkin otettava huomioon rakenteen toiminta mahdollisen paikallisen murtuman seurauksena. Rappauksen irtoaminen riittävän suurelta pinnalta voi aiheuttaa jatkuvan irtoamismekanismin, jolloin rappauksen omasta painosta vaurioituminen etenee, vaikka tuulen imusta tuleva raskaus poistuisi. Tällaisen jatkuvan murtotavan mahdollisuus voidaan parhaiten välttää siten, että rappauspinnan yläreuna kiinnitetään mekaanisilla kiinnikkeillä rakennuksen runkoon ja rappauspinta käännetään eristeen reunan yli. Kiinnitys on tehtävä rappausverkon läpi, koska eristelevyjen pinnalta tehtävät kiinnitykset eivät merkittävästi vaikuta rakenteen murtomekanismiin. Tarvittava kiinnikemäärä mitoitetaan tapauskohtaisesti.

2.7 Ohutrappausjärjestelmän huomioiminen suunnittelussa

Kohteen suunnittelussa on huomioitava, että eristerappauspinnan lämmöneristeen takana tulee aina olla kuormitusta kestävä rakenne, esim. betonirakenne, joka pystyy estämään tuulen paineen vaikutuksen rappauspinnan taakse.

Rappauspintojen liitokset ja muut detaljit on suunniteltava huolella, koska niiden merkitys valmiin rakenteen mekaaniselle ja kosteustekniselle toiminnalle on erittäin tärkeä.

2.8 Elementtien valmistuksessa huomioitavat asiat

Elementtien valmistuksessa käytettävät eristeet on varastoitava eristevalmistajan ohjeiden mukaisesti, eikä ohutrappausjärjestelmän yhteydessä saa käyttää pinnoiltaan vanhentuneita tai vioittuneita eristeitä, joiden tartuntaominaisuudet voivat olla heikentyneitä.

Muottipintojen tulee olla mahdollisimman puhtaita ja tämän lisäksi eristepinnat on puhdistettava kaikesta irtonaisesta aineksesta ennen eristekerroksen päälle tapahtuvaa sisäkuoren valua. Vielä tärkeämpää on muotista purkamisen jälkeen puhdistaa eristepinta luotettavalla tavalla (esim. imuroimalla) ennen eristepintaan tehtävää suojalaastikerrosta. Lämmöneristeiden tulee olla kauttaaltaan ehjiä. Suojalaastina käytetään ohutrappausjärjestelmän mukaista säänkestävää laastia. Suojalaastikerroksen tartunta eristepintaan määrää suurelta osin pinnan lopulliset lujuusominaisuudet, joten on tärkeää, että työssä noudatetaan laastivalmistajan antamia ohjeita.

Elementtien kuljetuksen aikana eristepinnoille ei saa kohdistua mekaanista raskautta eikä suojalaastikerroksen pinnalle saa kertyä laastitartuntaa heikentäviä aineita. Tarvittaessa elementit tulee suojata kuljetuksen ajaksi.



2.9 Elementtien asennuksessa huomioon otavat asiat

Elementit tulee asentaa siten, että ulkopinta on suorassa, koska mineraalivillaeristeiden oikaisu leikkaamalla voi heikentää pintojen tartuntaominaisuuksia tai vaurioittaa eristeen kiinnitystä betonikuoreen, tai suunniteltua paksummat laastikerrokset aiheuttavat ylimääräistä kuormitusta. Rakennustyön aikana holveille satavien vesien poistaminen on ratkaistava siten, että niiden valuminen seinäeristeiden sisään estetään.

Kuljetuksen tai asennuksen aikana vaurioituneet eristealueet on poistettava kokonaan alustaa myöten. Puhdistettujen pintojen päälle kiinnitetään uudet eristelevyt liimalaastilla laastivalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Eristepintojen kunto tulee tarkastaa ennen pinnoitustöihin ryhtymistä.

2.10 Rappausstyössä huomioon otavat asiat

Rappausstyössä tulee ehdottomasti noudattaa laastivalmistajan ohjeita. Työssä tulee käyttää ainoastaan rappausjärjestelmään kuuluvia tuotteita. Tämä koskee myös tehtaalla tehtävää suojalaastikerrosta.

Valmiin rakenteen kestävyys ja pysyvyyden kannalta on tärkeää, että työn laadun vaihtelu saadaan hallintaan. Työn suorittajien tulee olla päteviä ja tarvittaessa heille tulee järjestää opastusta oikeista työtavoista ja menetelmistä. Rappausstyön suorittamista huonoissa olosuhteissa tulee välttää, koska laadun vaihtelu on tällöin suurempaa.

Tampereella 28.11.2003

Osaston johtaja
prof. TkT Ralf Lindberg

Laboratorion johtaja
prof. TkT Matti Pentti

Vastaava tutkija
tutkija DI Jommi Suonketo



ESIMERKKILASKENTA PAROC VUORIVILLA – ALSECCO - OHUTRAPPAUSJÄRJESTELMÄN MITOITTAMISESTA TUULEN IMURASITUSTA VASTAAN

Esimerkkilaskelma on tehty käytettävissä olevien koetulosten perusteella. Lujuuden ominaisarvo on laskettu toisen vaiheen tartuntavetokokeista olettaen tulokset normaalijakautuneiksi ja käyttämällä 99,7% varmuustasoa kuvaavaa hajontakerrointa 3.

Koska laskettu ominaisarvo ei sisällä säärasituksen heikentävää vaikutusta, niin lujuuden mitoitusarvon laskennassa on käytetty melko korkeaa materiaalin osavarmuuskerrointa 4.

Esimerkkikohteeksi on valittu Suomen oloissa harvinainen 12 kerroksinen rakennus joka sijaitsee tuulisella paikalla. Kuorman laskenta-arvo on määritelty uusien kuormitusnormien mukaisesti.

Rakenteen rajatilamitoitus osoittaa lujuuden olevan riittävän suuri.

ESIMERKKI: FAL-eristeen uusien vertailulujuuskokeiden perusteella suoritettu mitoistustarkastelu tuulirasitusta vastaan.	
Koetulosten keskiarvo f_{ka} =	0,085 N/mm ²
keskihajonta=	0,024 N/mm ²
Hajontakerroin (99,7 %)=	3
=> Ominaisarvo =	0,013 N/mm²
mat. osavarmuuskerroin = 4	
=> Mitoitusarvo f_d =	0,00325 N/mm²
Esimerkkikohte : 12 kerroksinen rakennus meren rannalla	
Kuormitusnormit: Alue 1 , z= 36 m (12 krs)	
z=	36 m
q=	0,995 kN/m ²
Cp=	-2
=> Tuulenimu W=	1,98967 kN/m ²
=	0,00199 N/mm ²
kuorman laskenta-arvo = 1.6 * W	
=> Fd =	0,00318 N/mm²
Rajatilamitoitus $F_d < f_d$ OK	