



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

Ehituse ja arhitektuuri instituut

TERMOKROHVIL PÕHINEVA FASSAADISÜSTEEMI
PÜSIVUSOMADUSED NING TOIMIVUS EESTILE
OMASES KLIIMAS

PERFORMANCE OF THERMAL PLASTER BASED FACADE SYSTEM IN ESTONIAN
CLIMATE
EA 60 LT

Üliõpilane: **Katrin Kütt**

Juhendaja: **Eneli Liisma**

Kaasjuhendaja: **Tiina Hain**

Tallinn, 2017.a.

KOKKUVÕTE EESTI KEELES

Käesolevas magistritöös uuriti termokrohvil põhineva fassaadikatte süsteemi komponentide püsivusomadusi ja toimivust Eestile omastes kliimatingimustes. Vaadeldav fassaadikattesüsteem koosneb kolmest materjalikihist – termokrohvi *Diathonite Evolution*, tasanduskiht *Argacem HP* ning viimistluskiht *Diathonite Cork Render*.

Materjalide kivinemisprotsessil toimunud veesisalduse ning mahu muutusi vaadates saab öelda, et kõrgemate temperatuuride (+50°C) ning tuule keskkonnas kivinemisel toimusid suurimad muutused esimese 7 päeva jooksul – vaba vee aurustumine toimus intensiivselt ning termokrohvi kahanemiseks märgiti 28 päeva möödudes ca 3 mm/m, tasanduskihil ligi 1 mm/m. Suurema pinna puhul on seega oht pragude tekkeks. Sellistes tingimustes krohvitud pinda tuleb 2-3 päeva jooksul regulaarselt niisutada, mida rõhutatakse ka toodete kasutusjuhendites. Standardtingimustes toimus vaba vee eraldumine kivinemisprotsessil aeglasemalt ning materjali mass vähenes termokrohvil 30%, tasanduskihil ligi 13%. Mahumuutusteks standardtingimustes kivinemisel saadi vastavalt 2 mm/m ja 0,8 mm/m.

Painde- ja survetugevuse tulemused on tugevas seoses kivinemise keskkonna ning seeläbi ka vee eraldumisest tingitud materjali massi ning mõõtmete muutumisega. Nii kõrgematel temperatuuridel (50°C) kui ka tuule käes kivedes saavutavad materjalid suurema varajase tugevuse, kuid 28-päevane tugevus on suurem siiski standardtingimustes kivilinenud materjalil (termokrohvil 1,6 N/mm² ja tasanduskihil 3,9 N/mm²). Vee aurustumine toimub siis järkjärgult, mis annab võimaluse materjali struktuuri väljakujunemiseks.

Materjalide külmakindlust hinnati materjali survetugevuse muutumise järgi pärast allutamist vahelduvale külmutamisele ning sulutamisele. Termokrohvi survetugevus pärast 45 tsüklit oli ca 40% väiksem kui standardtingimustes. Tasanduskihi materjali surevtugevuseks vähenes pärast 45 tsüklit 13%. Materjali edasise survetugevuse muutumise jälgimiseks tuleks teostada katseid enamate tsüklite arvu järel.

Uuritava krohvisüsteemi nakketugevus autoklaavitud poorbetoonist plokil (Aeroc) standardtingimustes kivinemisel on keskmiselt 0,25 N/mm². Tugevus on väiksem jahedamates tingimustes kivinemisel. Krohvi nakketugevuse tulemused puitpinnal on väga suure hajuvusega ning võrreldes Aeroc plokil saadud väärtustega kordades väiksemad (alla 0,1 N/mm²).

Soojuserijuhtivus määrati krohvisüsteemi kõigile kihtidele, mis termokrohvi puhul väljakuivatatud olekus saadi 0,090 W/(m·K), mis on ligi 2 korda suurem, kui deklareeritud väärtus 0,045 W/(m·K). Tasanduskihi soojuserijuhtivuseks saadi 0,197 W/(m·K), mis vastab tootja määratud väärtusele $\lambda \leq 0,2$ W/(m·K) ning viimistluskihi materjalile saadi $\lambda = 0,055$ W/(m·K). Veesisalduse suurenedes suurenes materjalide soojuserijuhtivus 10%–15%.

Difusioonitakistusteguriks (μ) saadi termokrohvi, tasanduskihi ja viimistluskihi materjalidele vastavalt 1,76, 1,39 ja 665. Veeauru läbilaskvuse seisukohalt takistab uuritava süsteemi veeauru väljumist süsteemist viimistluskiht, mille difusiooni-ekvivalentne õhukihi paksus S_d ehk veeauru pidavus saadi üle 300 x suurem tasanduskihi omast. Künzeli fassaaditeooria seisukohalt peab veeauru kondenseerumise vältimiseks olema süsteemi iga järgmise väljapoole jääva kihi S_d väiksem kui eelneval. Kuna see nõue siinkohal täidetud ei ole, on loodud tingimused kondensatsiooni tekkeks viimistluskihi taha.

Veeimavuse kirjeldamiseks määrati materjalide kapillaarse veeimavuse koefitsiendid, mis termokrohvil saadi 0,90 kg/(m²·min^{0,5}), mis on üle 2 korra suurem, kui deklareeritud väärtus 0,4 kg/(m²·min^{0,5}). Tasanduskihi koefitsiendiks saadi 0,25 kg/(m²·min^{0,5}), mis jääb tootja poolt määratud materjali veeimavuse klassi W0. Viimistluskihile teostati vee läbilaskvuse katse, mille käigus selgus, et 48 tunni jooksul vesi läbi materjalikihi ei tunginud.

Energiatõhususe miinimumnõuetest lähtuvalt välisseina soojusjuhtivuse tagamiseks peaks töös näitena toodud Aeroc Classic 200 plokist seintel termokrohvi kihipaksus olema katseliselt leitud soojuserijuhtivuse väärtuste korral 220 mm ($U = 0,22$ W/(m²·K)). Sellisel juhul oleks seinale lisatava krohvisüsteemi maksumuseks ca 220 €/m². Käesolevas tööd võrreldud plaatsoojusisolatsioonimaterjalil põhinevate krohvisüsteemide hinnad jäävad vahemikku 15 – 30 €/m².

Võttes arvesse termokrohvil *Diathonite Evolution* põhineva süsteemi maksumust, püsivusomadusi ning paigalduse võimalikku ajakulu, saab öelda, et suurte ning ühtlaste pindade katmiseks on otstarbekam kasutada plaatsoojusisolatsioonimaterjalil põhinevaid süsteeme. Termokrohvi paigalduse iseärasusi arvestades ei pruugi sileda ja ühtlase pinna saavutamine õnnestuda, samas kui plaatisolatsioonimaterjalid on stabiilsemate mõõtmetega. Termokrohvi kasutamine võib osutuda otstarbekaks näiteks kaarjate pindade katmisel, kus plaatisolatsioonimaterjalide kasutamine on tülikas. Samuti saab termokrohvi kasutada ebäühtlaste pindade puhul, kuhu plaatisolatsioonimaterjali paigaldamine pole võimalik.

Seespidine soojusisolatsioon võib olla üks renoveerimislahendusi, kui välisfassaadi muutmine lisasoojustamise näol ei ole võimalik, näiteks miljööväärtusega hoonete puhul. Sellisel juhul

on aga vaja teostada põhjalikum analüüs, millistel tingimustel selline lahendus võiks soojus- ning niiskustehniliselt toimida ilma tarindit kahjustamata.

SUMMARY OF MASTER THESIS

The aim of this study was to find out the performance of thermal plaster based facade system in Estonian climate. The facade covering system consists of three layers of materials – thermal plaster *Diathonite Evolution*, smoother *Argacem HP* and finishing layer *Diathonite Cork Render*.

The building sector is one of the largest energy consumers and one of the best ways to reduce energy demand of buildings is the reduction in heat loss through the envelope. Insulating materials have growing interest and new applications such as insulating renderings are in development.

The thermal insulating plaster represents one of the possible solutions to face the problem of energy consumption and thermal insulation in construction. This study provides an overview of Estonian climate and factors that may affect the functioning and stability of the facade. The most commonly used facade covering plaster system options are also presented as well as the properties and possible uses of thermal plasters. After completing the experiments on hygrothermal and physical characteristics of thermal plaster system, an overall analysis are discussed. Finally, thermal plaster system is compared to existing insulating products according to technical specifications and economical features.

Based on the analysis of conducted tests, results are following:

In the standard conditions the mass during hardening decreased 30% for the plaster and 13% for the smoother. Materials that were hardened at higher temperatures (+50°C) and in wind environment faced more intensive water evaporation than those hardened in the standard conditions. A greater surface area is thus at a risk of crack formation. According to the manuals of these materials, it is necessary to wet the plaster and smoother up to 2-3 times a day for the first 2-3 days after the application.

Flexural and compressive strength results are strongly associated with the conditions of the environment where the materials were hardened. At the higher temperatures (+50°C) as well as in wind materials achieved higher strength at the early stage of hardening, however, the material cured in standard conditions had higher compressive strength after 28 days of hardening (1,6 N/mm² for the plaster and 3,9 N/mm² for smoother).

Materials' resistance in cold was evaluated by a change in the compressive strength after being exposed to an alternating freezing and thawing. Compressive strength after 45 freeze-thaw cycles for thermal plaster was around 40% less than the strength in standard conditions

and around 13% less for smoother. Further tests should be carried out to monitor changes in the strength after a higher number of cycles.

The adhesive strength was tested on two surfaces – aerated concrete block and wood panel. The strength on aerated concrete was 0,25 N/mm² in standard conditions. Adhesion strength on the wood was several times lower (less than 0,1 N/mm²).

A set of experimental measurements were carried out to measure thermal conductivity for all the layers of the rendering system. Thermal conductivity obtained for the plaster is 0,090 W/(m·K) which is two times greater than the declared value of 0,045 W/(m·K). For the smoother thermal conductivity obtained is 0,20 W/(m·K) which corresponds to the manufacturer's specified value $\lambda \leq 0,20$ W/(m·K). For the finishing layer thermal conductivity obtained is 0,055 W/(m·K). The water content of the material increased thermal conductivity of 10%-15%.

Water permeability value (μ) obtained for the plaster is 1,76, for smoother 1,39 and for the finishing layer 665. From the Künzel theory point of view the system has to prevent water condensation in the wall. Since the diffusion-equivalent air layer thickness S_d of finishing layer is more than 300 times greater than that of the smoother, there are conditions for the condensation to occur behind the finishing layer.

Water absorption coefficients of the materials were determined to describe the water absorption. For plaster, it was 0,90 kg/(m²·min^{0,5}) which is over two times greater than the declared value of 0,40 kg/(m²·min^{0,5}). For smoother the coefficient obtained was 0,25 kg/(m²·min^{0,5}). For the finishing layer the water permeability test was performed, which revealed that within 48 hours the water did not penetrate through the material layer.

To compare the thermal plaster system to existing insulating products, the cost per square meter for each system was calculated at the same insulation material thickness of 100 mm. As a result, the investigated thermal plaster system is nearly 10 times more expensive than the cost of expanded polystyrene and mineral wool based systems at the pre-determined thickness. At the same time thermal resistance is more than 2 times smaller.

Considering the cost of the thermal plaster system, stability of properties and the possible application time, it might be more rational to use traditional, insulation plate based systems covering large areas. However, thermal plaster may be advantageous, for example, coating uneven surfaces where the insulation plate installation is not possible. If properly planned, it is also possible to reduce the building's heating demand with interior insulation without compromising the building's architectural appearance.