

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas

Jūrų inžinerijos katedra

Karolina Budvitytė

**PAJŪRIO REGIONE NAUDOJAMŲ ETIC SISTEMŲ
VERTINIMAS ILGALAIKIŠKUMO ASPEKTAIS:
ATSPARUMU SMŪGIAMS, ĮGĖRIU**

Uosto statinių studijų programos magistrantūros baigiamasis darbas

Klaipėda, 2017

KLAIPĖDA UNIVERSITY

Faculty of Marine Technology and Natural Sciences

Department of Marine Engineering

Karolina Budvitytė

**EVALUATION OF ETIC SYSTEMS IN SEASHORE
REGIONS IN THE CASE OF LONG-TIME
DURABILITY: IMPACT RESISTANCE, WATER
ABSORPTION**

Master's thesis of Port Structures study programme

Klaipėda, 2017

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas
Jūrų inžinerijos katedra

TVIRTINU _____

Studijų programos vadovė
Lekt. dr. J. Rutė

**PAJŪRIO REGIONE NAUDOJAMŲ ETIC SISTEMŲ VERTINIMAS
ILGALAIKIŠKUMO ASPEKTAIS: ATSPARUMU SMŪGIAMS, ĮGĖRIU.**

Magistro baigiamasis darbas

Autorius	TMUS-15 gr.stud. K. Budvitytė	_____
		<i>(data, parašas)</i>
Vadovas	dr. A.Štuopys	_____
		<i>(data, parašas)</i>
Recenzentas	dr. J. Rutė	_____
		<i>(data, parašas)</i>
Recenzentas	prof. dr. M. Samofalov	_____
		<i>(data, parašas)</i>

Klaipėda, 2017

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪROS TECHNOLOGIJŲ IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
JŪRŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Uosto statinių studijų programa,
Valstybinis kodas 612H20004
Antra pakopa:
Statybos inžinerijos magistro kvalifikacija

TVIRTINU:
Studijų programos vadovas
Dr. Jevgenija Rutė

.....
(parašas)
2016 m. mėn. d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO
UŽDUOTIS

Magistrantas (-ė)

Karolina Budvitytė
(vardas, pavardė)

Baigiamojo magistro darbo tema

PAJŪRIO REGIONE NAUDOJAMŲ ETIC SISTEMŲ VERTINIMAS
ILGALAIKIŠKUMO ASPEKTAIS: ATSPARUMU SMŪGIAMS, ĮGĖRIU

Darbe išnagrinėti, ištirti ir aprašyti šias dalis:

1. Įvadą ir darbo tikslus, užduotis, priemones jiems pasiekti, įvykdyti;
2. Temos aktualumą, aptartumą, išnagrinėtumą mokslinėje ir kt. literatūroje;
3. Naudotą instrumentariją ir tyrimo metodus;
4. Eksperimentus – pažaidų, įgėrio matavimus, juos išanalizuoti ir interpretuoti;
5. Surinkti papildomus duomenis apie skirtingų fasadinių medžiagų įgėrį (Karsteno vamzdelio ir mirkymo pagal standartizuotą LST EN772–11 metodiką);
6. Eksperimentų, matavimų, skaičiavimų rezultatų analizė ir apibendrinimas;
7. Išvadas ir pasiūlymus;
8. Literatūros ir šaltinių sąrašą;
9. Priedus.

Darbą parengti ir pateikti pagal KU Senato 2010 m. balandžio mėn. 09 d. nutarimu Nr. 11 – 56 patvirtintu „Klaipėdos universiteto studentų savarankiškų rašto ir meno darbų bendrųjų reikalavimų aprašą“.

Užduoties gavimo data: 2016 spalio mėn. 20 d.
Darbo baigimo terminas: 2017 gegužės mėn. 27 d.

Magistranto parašas

Karolina Budvitytė
(vardas, pavardė)

.....
(parašas)

Darbo vadovas

dr. Arminas Štuopys
(vardas, pavardė)

.....
(parašas)

Baigiamojo darbą pateikti dviem popieriniais egzemplioriais (recenzentai, po recenzavimo grąžinama gynimo komisijai) ir kompiuterinė „V_Pavarde temos pirmi_penki_zodziai.pdf“ laikmena
Kompiuterinė laikmena pateikiama dviem egzemplioriais: baigiamojo darbo vadovui ir studijų programos vadovui.

Klaipėdos universitetas
Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas
Jūrų inžinerijos katedra

Uosto statinių studijų programos baigiamasis magistro darbas

PAJŪRIO REGIONE NAUDOJAMŲ ETIC SISTEMŲ VERTINIMAS ILGALAIKIŠKUMO ASPEKTAIS: ATSPARUMU SMŪGIAMS, ĮGĖRIU.

Autorius: Karolina Budvitytė

Vadovas: Lekt.dr.A.Štuopys

Kalba – lietuvių

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro tyrinėjama technologiškumo įtaka ETIC sistemai, analizuojamos atsparumo smūgiui ir vandens įgėrio savybės skirtingų ETIC sistemų jungimo vietose, siekiama patobulinti atsparumo smūgiui vertinimo metodiką, atliekami pajūrio regione eksploatuojamų renovuotų gyvenamųjų daugiabučių namų vandens įgėrio tyrimai ir vertinamas jų atitikimas Europos techninių liudijimų keliamiems reikalavimams, taip pat atliekami istorinių objektų keraminių dirbinių ir šiuolaikinių restauracinių keraminių dirbinių ilgaamžiškumo tyrimai, vertinant vandens įgėrį.

Teorinėje dalyje atlikta literatūros apžvalga apie ETIC sistemas ir jų sudedamąsias dalis, naujausius atliktus ETIC sistemų tyrimus, klimatinį sąlygų įtaką ETIC sistemų ilgalaikiškumui, ETIC sistemų projektavimui ir kokybės įvertinimui skirtus Europos vertinimo dokumentus, Lietuvoje naudojamus techninius reglamentus ir standartus, nagrinėjami sertifikuotų ETIC sistemų Europos techniniai liudijimai, atsparumo smūgiui ir įgėrio bandymo metodai.

Tiriamąjoje dalyje aprašoma eksperimentiniams bandymams naudota įranga ir metodikos, naudotos medžiagos ir bandiniai, atlikti bandymai, pateikiami gauti rezultatai bei tarpinės išvados.

Baigiamąjį darbą sudaro: 80 puslapių, 51 paveikslas, 15 lentelių ir 10 priedų.

Prasminiai žodžiai: išorinė sudėtinė termoizoliacinė sistema, ISTS, atsparumas smūgiui, įgėris, Karsteno vamzdelis.

Klaipeda university
Faculty of Marine Technologies and Natural Sciences
Marine Engineering Department

Sea Port Engineering study program in the final magistracy's work

EVALUATION OF ETIC SYSTEMS IN SEASHORE REGIONS IN THE CASE OF LONG-TIME DURABILITY: IMPACT RESISTANCE, WATER ABSORPTION.

Author: Karolina Budvitytė

Academic supervisor: lekt.dr.A.Štuopys

Thesis language – Lithuanian

SUMMARY

Manufacture technology's influence on ETIC systems is analyzed in this Master's thesis. Impact resistance, water absorption characteristics in different joints of ETIC systems are also being analyzed. One of the goals of this thesis is to improve the method of evaluating impact resistance of ETIC systems. Water absorption of ETIC systems in renovated buildings in seaside regions is analysed and evaluated by European Technical Approval Guidelines requirements. A long-time durability investigation of historical pieces of ceramic bricks and their modern counterparts is carried out, with water absorption taken into account.

A scientific literature review on ETIC systems and their compositions, newest research, influence of climatic conditions, quality control of ETIC systems, based on various European and Lithuanian norms, has been done. Water absorption and impact resistance requirements for ETIC systems, based on different ETA's are being analysed.

In experimental part of the thesis a review of equipment, materials, samples, methods, used in experiments is done, results, conclusions and recommendations presented.

Master's thesis consists of: 80 pages, 51 pictures, 15 tables and 10 annexes.

Keywords: External Thermal Insulation Composite System, ETIC, impact resistance, absorption, Karsten tube.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Šilumos nuostolių dalis, tenkanti atskiroms atitvaroms	16
2 lentelė. Vidutiniai daugiamečiai kritulių kiekiai, tenkantys skirtingai orientuotiems vertikaliems paviršiams, šiltuoju metų laikotarpiu	26
3 lentelė. Sistemos panaudojimo pavyzdžiai pagal ETAG 004	32
4 lentelė. Sistemų atsparumo smūgiams reikalavimai pagal STR 2.01.10:2007	32
5 lentelė. Sistemų atsparumo smūgiui kategorijoms keliami reikalavimai pagal ETAG 004	33
6 lentelė. Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiamos maksimalios fasadų paviršinės įgerties reikšmės $\text{ml/min į } 3 \text{ cm}^2$, vadovaujantis ilgamete patirtimi.....	37
7 lentelė. Pirminiai ETICS smūginio atsparumo bandiniai.....	44
8 lentelė. Pirminiai ETICS vandens įgėrio bandiniai.....	44
9 lentelė. Vidutinis pirminių bandinių įgerto vandens kiekis	45
10 lentelė. Pirminių ETICS bandinių vandens įgėrio reikalavimų tenkinimas (ETAG 004.....	46
11 lentelė. Pirminiai ETICS bandymų rezultatai su nestandartiniais bandiniais.....	49
12 lentelė. Pirminiai ETICS bandymų rezultatai su standartinių matmenų bandiniu.....	51
13 lentelė. ETICS bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu	54
14 lentelė. ETICS bandiniai su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu	55
15 lentelė. ETICS bandinių stebėjimų termovizoriumi duomenys.....	62

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. ETICS sandara.....	17
2 pav. Plaušų išdėstymo mineralinės vatos gaminyje tipai	21
3 pav. Lietuvos klimato rajonavimo schema.....	23
4 pav. Metinis kritulių pasiskirstymas	25
5 pav. ETICS techninių reikalavimų problemų medis	28
6 pav. Pastato konstrukcijų senėjimo grafikas	28
7 pav. Eksploatuojamų objektų defektų vertinimo metodika.....	29
8 pav. ETICS vandens įgėrio bandymų schema pateikiama ETAG 004.....	31
9 pav. Bandinių mirkymas vonelėse	35
10 pav. Karsteno vandens įgėrio metodikos rinkinys	36
11 pav. Karsteno vamzdelio matmenys ir gradavimas	37
12 pav. Vandens įgėrio greičio kitimo kreivė.....	37
13 pav. Smūginio atsparumo eksperimento schema.....	40
14 pav. Bandinių mirkymo rūgštiniame tirpale bandymas	41
15 pav. Pirminių ETICS bandinių vandens įgėrio nustatymo metodika.....	45
16 pav. Vidutinis pirminių bandinių įgerto vandens kiekis kg/m^2 per laikotarpį	46
17 pav. Bandiniai su baigiamuoju klijų sluoksniu: sausi (kairėje) ir įmirkę (dešinėje). Vaizdas padidintas 15 kartų	46
18 pav. Bandiniai su baigiamuoju dekoratyvinio tinko sluoksniu: sausi (kairėje) ir įmirkę (dešinėje). Vaizdas padidintas 15 kartų.....	47
19 pav. Bandinių įmirkimas rūgštiniu tirpalu ir spalvos kitimas.....	47
20 pav. Bandinio paviršius prieš bandymą (kairėje) ir po 1 h mirkymo rūgštiniame tirpale (dešinėje)	48
21 pav. Bandinių paviršius po 2 parų mirkymo rūgštiniame tirpale.....	48
22 pav. Fiksuojamosios smūginio pažeidimo reikšmės: ilgis l_1 , plotis l_2 ir gylis l_3	49
23 pav. Smūginio atsparumo tiriamos bandinio sritys ant pirminio standartinio bandinio	51
24 pav. Smūginiai įspaudai paviršiniame ETICS sluoksnyje (po standartizuotų bandymų)	53
25 pav. Smūginių įspaudų vietos, užbertos cemento milteliais ir užlygintos glaistykse	53
26 pav. Siūloma pažaidų įvertinimo metodika	53
27 pav. Bandinio vaizdas po siūlomos metodikos išbandymo	53
28 pav. Bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu	55
29 pav. Bandiniai su EPS/ MW termoizoliaciniu sluoksniu.....	56

30 pav. Tiriamųjų eksploatuojamų renovuotų objektų lokalizacija.....	56
31 pav. Tyrimo objektas nr. 1 (modernizacijos pabaiga - 2015 pabaiga)	57
32 pav. Tyrimo objektas nr. 2 (modernizacijos pabaiga - 2016 pradžia)	57
33 pav. Tyrimo objektas nr. 3 (modernizacijos pabaiga - 2016 pabaiga)	57
34 pav. ETICS bandinių su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu tiriamos bandinio sritys ..	58
35 pav. Technologinių pertraukų tarp sluoksnių įrengimo įtaka smūginio pažeidimo gyliui ir įspaudo skersmeniui.....	59
36 pav. Baigiamojo sluoksnio įtaka smūginio pažeidimo gyliui ir įspaudo skersmeniui.....	60
37 pav. ETICS bandinių su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu tiriamos bandinio sritys	60
38 pav. Termoizoliacinio sluoksnio įtaka smūginio pažeidimo gyliui ir įdubos skersmeniu.....	61
39 pav. Bandinių termovizinės nuotraukos: a – bandinys su trimis smūginėmis pažaidomis, b – bandinys su EPS/MW termoizoliaciniais sluoksniais, c – bandinio centre įmontuota smeigė	63
40 pav. Paviršinės įgerties nustatymui taikomos metodikos	63
41 pav. Horizontali bandinio padėtis	64
42 pav. Vertikali bandinio padėtis	64
43 pav. Technologinių pertraukų tarp sluoksnių įrengimo įtaka vandens įgėriui.....	64
44 pav. Baigiamojo sluoksnio įtaka įgerto vandens kiekiui	65
45 pav. Bandomų ETICS zonų schema	66
46 pav. ETICS paviršinės įgerties bandymas	66
47 pav. ETICS bandinių su EPS/akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu vidutinis vandens įgėrimo greitis	67
48 pav. ETICS bandinių su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu vidutinis įgerto vandens kiekis	68
49 pav. Istorinių objektų statybinių dirbinių vidutinis vandens įgėrio greitis	70
50 pav. Šiuolaikinių restauracinių statybinių dirbinių vidutinis vandens įgėrio greitis.....	71
51 pav. Vidutinis Olandiškų plytų įgerto vandens kiekis, panaudojant skirtingas metodikas.....	72

TURINYS

IVADAS	13
I. LITERATŪROS APŽVALGA	16
1.1. ETICS – paskirtis ir įrengimo praktika	16
1.2. ETICS komponavimas.....	19
1.3. Pajūrio regiono klimatinės sąlygos	22
1.4. ETICS ilgaamžiškumas	27
1.4.1. Vandens įgėrio nustatymo metodika.....	30
1.4.2. Atsparumas smūgiui tyrimo metodika.....	31
II. NAUDOTA ĮRANGA IR METODIKOS	34
2.1. Vandens įgėris.....	34
2.1.1. Bandinių mirkymas.....	34
2.1.2. Karsteno vamzdeliai	36
2.2. Atsparumas smūgiams.....	39
2.3. Elektroninis mikroskopas	41
2.4. Mirkymas rūgštiniame tirpale	41
2.5. Bandinių kaitinimo įranga	42
III. EKSPERIMENTINĖ DALIS	43
3.1. Pirminiai ETICS bandinių tyrimai	43
3.1.1. Pirminiams tyrimams naudoti bandiniai	43
3.1.2. Pirminiai vandens įgėrio bandymai	44
3.1.3. ETICS sluoksnių struktūros tyrimai	46
3.1.4. Pirminiai atsparumo smūgiui bandymai	49
3.1.5. ETICS smūginių pažaidų įvertinimo metodikų tobulinimas.....	52
3.2. Pagrindiniai tyrimai	54
3.2.1. Pagrindiniams tyrimams naudoti bandiniai.....	54

3.2.2. ETICS bandinių atsparumas smūgiui	58
3.2.3. Šilumos nuostolių įvertinimas per nevienalyčius ir įlaužtus ETICS bandinius	61
3.2.4. Pagrindiniai vandens įgėrio tyrimai	63
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	73
LITERATŪRA	77
PRIEDAI	

I. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. ETICS – paskirtis ir įrengimo praktika

Pagal 2006 m. įsigaliojusią ES Parlamento ir Tarybos direktyvą, 2002/91/EC dėl pastatų energinio naudingumo didinimo, kiekviena ES šalis privalo parengti priemones direktyvai vykdyti ir pasiekti, kad teršalų išlakų kiekis bei energijos sąnaudos pastatams pastatyti ir eksploatuoti būtų gerokai sumažinti. Ši problema svarbi pasauliniu mastu, siekiant mažinti visuotinės klimato kaitos keliamus neigiamus gamtos reiškinius. Toks uždavinys keliamas Kioto protokole ir vėlesniuose valstybių aukščiausiojo lygio vadovų susitarimuose, kuriuose numatoma gerokai sumažinti Šiltnamio efektą sukeliančių CO₂ dujų išlakas į aplinką. Visuotinio klimato atšilimo sukeltos energetinės krizės vienas svarbiausių prevencijos uždavinių yra energinio naudingumo didinimas visose ūkio srityse (Kaminskas ir kt., 2010, 17 p.).

Viena svarbiausių užduočių statant naujus ar renovuojant esamus pastatus – sumažinti pastato šilumos nuostolius. Šilumos nuostolių sumažėjimas ne tik sumažina išlaidas pastato šildymui, bet ir padeda sutaupyti gamtinius išteklius, kurie yra riboti ir nuolat brangsta. Sudėtinga užduotimi projektuotojui tampa ETIC sistemos pritaikymas ypač langų ir durų srityse, renovuojamų pastatų architektūrinės išraiškos išlaikymas, bei energinio naudingumo klasės padidinimas (Fernandes ir kt. 2016, 183 p.).

Siekiant geriausių rezultatų, ieškoma efektyviausio pastatų šiltinimo ir greičiausio investicijų atsipirkimo varianto. Deja, skaičiuojant pastatų atnaujinimo atsiperkamumo laikotarpį, teoriniai energijos suvartojimo skaičiavimai (STR 2.01.09:2012) dažnai neatitinka faktinių reikšmių ir yra iki 2 kartų trumpesni už faktinį atsiperkamumo laikotarpį (Ruzgys ir kt. 2013, 519 p.).

1 lentelė. Šilumos nuostolių dalis, tenkanti atskiroms atitvaroms (Čekanavičius, 2004, 9 p.).

Namų aukštų skaičius	Šilumos nuostoliai, %			
	Per sienas	Per langus	Per lubas (stogus)	Per grindis
1 aukšto	47	20	23	10
1 aukšto su mansarda	50	22	15	11
2-4 aukštų	58	26	8	8
5 aukštų	48	43	5	4
9 ir daugiau aukštų	43	48	5	4

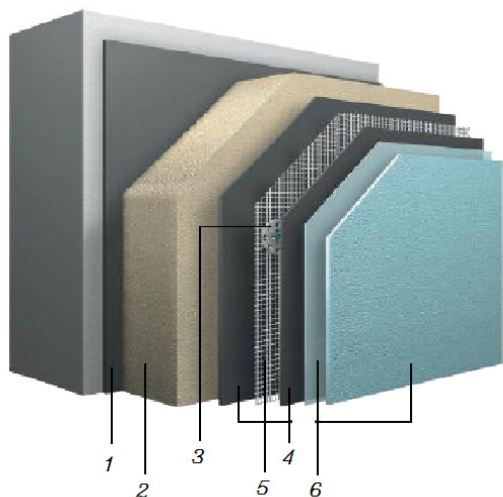
Šilumos nuostoliai per esamų pastatų sienas sudaro nuo 40 iki 60 % visam pastatui tenkančių šilumos nuostolių (1 lentelė). Pasirenkamą pastato sienos apšiltinimo variantą lemia sienos konstrukcija, jos būklė, estetiški ir finansiniai veiksniai. Lietuvoje naudojami trys sienų apšiltinimo būdai (Čekanavičius ir kt. 2004, 121 p.):

- sienos apšiltinimas iš išorės;
- sienos apšiltinimas, esamas tuštumas užpildant termoizoliacine medžiaga;
- sienos apšiltinimas iš vidinės (patalpos) pusės.

Dažniausiai pasirenkamas ir daugiausiai privalumų turi pastatų sienų šiltinimas iš išorės pusės, tačiau jis yra 3 – 5 kartus brangesnis, nei pastatų šiltinimas iš vidinės pusės. Pastatų šilumos nuostoliams per sienas sumažinti, dažnai sienų apšiltinimui pasirenkamos išorinės sudėtinės tinkuojamosios sistemos (ETICS).

ETICS išorinių sienų šiltinimo sprendimas pradėtas naudoti apie 1950 metus Europoje, atsižvelgiant į vis didėjantį energijos taupymo, ypač žiemą, poreikį. Dabar šis sprendimas naudojamas visame pasaulyje. Atnaujinant pastatus vadinama išorine termoizoliacine sistema, atsipirkimo periodas yra apie 66 % didesnis, nei atnaujinant pastatus ETICS (Ruzgys ir kt. 2013, 519 p.). Toks skirtumas gaunamas dėl didesnių pradinių investicijų. Pastatų restauracijai panaudojant ETICS, galima išspręsti ir sudėtingus, įmantrios architektūrinės išvaizdos fasadus (Fernandes, 2015, 183 p.). Todėl ETICS fasadų renovacijos ir naujos statybos projektuose pasirenkamos vis dažniau.

ETICS – tai tam tikra tvarka tiesiai ant fasado montuojamas, parinktų bei tarpusavyje suderintų ir išbandytų, statybinių gaminių kompleksas. ETIC sistemos komplektą sudaro (1 pav.): klijai, specialus fasadinis polistireninis putplastis arba mineralinė vata, mechaniniai tvirtinimo elementai, armuojantis plonasluoksnis tinkas, armavimo tinklelis, baigiamasis išorinis tinko sluoksnis, taip pat gruntai ir dažai.



1 pav. ETICS sandara

1 – klijai;

2 – termoizoliacinė
medžiaga - akmens vata;

3 – mechaninio tvirtinimo
elementai;

4 – armuotasis sluoksnis;

5 – armavimo tinklelis;

6 – baigiamasis išorinis
apdailos sluoksnis, kuris
gali turėti dekoratyvųjį

Šios dangos lengvai plaunamos, elastingos, atsparios stipriam lietai ir ultravioletiniams saulės spinduliams, neleidžia vandeniui patekti į konstrukciją. Toks šiltinimo variantas tinka visų rūšių gyvenamiesiems, viešosios paskirties ir pramonės pastatams, sienos gali būti laikančiosios ir nelaikančiosios. ETICS gali būti panaudojamos šiltinant naujai įrengtus arba jau esamus vertikalius pastato sienų paviršius. Ši sistema taip pat gali būti panaudojama horizontaliems ar nuožulniems paviršiams, kurie nėra veikiami kritulių. ETICS yra nelaikantys konstrukcijų elementai. Jie nepadidina sienos, prie kurios yra pritvirtinti, stabilumo, tačiau gali pagerinti ilgaamžiškumo savybes, padidindami sienos konstrukcijos apsaugą nuo klimatinių poveikių (ETAG 004). ETIC sistemos puikiai tinka gelžbetoninių konstrukcijų renovacijai, kadangi nustatyta, jog ši sistema ne tik nepadidina armatūros korozijos karbonatizavusiame betone, tačiau per ilgą laiką pristabdo korozijos spartą ir yra išvengiama plyšių atsivėrimo (Ilomets et. al., 2016, 75 p.).

Išorinis apšiltinimas saugo atitvaras nuo peršalimo, sumažina temperatūros svyravimo poveikį, prailgina išorinių pastato sienų tarnavimo laiką. Tačiau ETIC sistema Lietuvoje neretai įrengiama nekokybiška. Dažnai tenka matyti, kad tik ką pastatyto ir nutinkuoto nuosavo namo fasadas jau būna suskilinėjęs, o ir atnaujinto daugiabučio fasadai po metų kitų taip pat neišvengia šios problemos. Taip gali nutikti dėl fasado medžiagų nesuderinamumo neteisingo jų pasirinkimo ar įrengimo instrukcijų ir technologijų nesilaikymo. Šios bėdos padeda išvengti techninius liudijimus turinčių medžiagų sistemos ir nepriekaištinga darbo kokybė. Kad būtų išvengta tokių klaidų, Lietuvoje yra aprobuotas Europos techninių liudijimų organizacijos parengtas dokumentas ETAG 004, kuriame yra nurodyti reikalavimai atskiroms sistemos dalims ir visai sistemai. Jei ETICS įrengta laikantis keliamų reikalavimų, tuomet sistema tolygiai reaguoja į drėgmę, karštį, šaltį ir t.t. Dėl šios priežasties fasadas tampa vienalytis, patvarus ir patikimas.

Fasadams apšiltinti turi būti naudojamos tik turinčios Europos techninį liudijimą (ETL) ir CE ženklą ženklintos išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos (STR 2.01.10:2007). Europos techninis liudijimas yra ne tik sertifikatas, bet ir griežtas technologijos aprašas ir jo nuostatų laikymasis užtikrina numatomą ETICS sistemos eksploataciją mažiausiai 25 metams, tinkamai ją montuojant ir prižiūrint. Jokie savavališki projektuotojų sprendimų kaitaliojimai, supaprastinimai, sistemos elementų rinkimasis iš skirtingų gamintojų ar tiekėjų yra negalimi, kadangi kitu atveju nebus užtikrinta darna elementų sistemoje.

1.2. ETICS komponavimas

Sertifikuotų ETICS Europos techniniuose liudijimuose yra nurodyti tiksliai apibrėžti ir konkretūs sistamai naudojami gaminiai (žr. 1 priedas). Tačiau nors ir pateikiami tinkamų sistemoje panaudoti specialių termoizoliacinių gaminių aprašymai, termoizoliacinė medžiaga į sistemą neįeina. Įmonės privalo turėti ETIC sistemų montavimo taisykles. Taip pat atlikant bandymus, būtina nustatyti ar su parinkta termoizoliacine medžiaga, sistema tenkina reikalavimus, keliamus ne tik atskiriems sistemos komponentams, tačiau ir visai ETIC sistemai. Baigiamasis sistemos sluoksnis gali būti dažomas, tačiau būtina naudoti tik sertifikuotos sistemos techniniame liudijime nurodyti dažai.

Pagal ETICS tvirtinimo būdą, išskiriamos dvi grupės (ETAG 004).

1) Mechaniskai tvirtinamos sistemos:

- sistemos, kurios prie pagrindo tvirtinamos panaudojant vien tik mechaninius tvirtinimo elementus;
- sistemos, kurios prie pagrindo tvirtinamos panaudojant mechaninius tvirtinimo elementus ir iš dalies klijuojamos, kur klijai užtikrina tik sistemos tolygų priludimą prie pagrindo, o mechaniniai tvirtinimo elementai atlaiko visą tenkančią apkrovą.

2) Klijuojamos sistemos:

- sistemos, kurios prie pagrindo klijuojamos visu paviršiaus plotu;
- sistemos, kurios prie pagrindo klijuojamos ir iš dalies tvirtinamos mechaniniais tvirtinimo elementais, kurie užtikrina sistemos stabilumą kol klijai tvirtai sukimba su pagrindu ir taip pat suteikia konstrukcijai stabilumo gaisro atveju.

Šiame darbe eksperimentiniams tyrimams panaudojamos ETIC sistemos priskiriamos klijuojamųjų sistemų grupei, kai sistema prie pagrindo klijuojama ir tvirtinama smeigėmis.

Termoizoliacinis sluoksnis

Dabartinėje statyboje plačiausiai naudojamos termoizoliacinės medžiagos yra akmens vatos bei stiklo pluošto gaminiai ir įvairūs putplasčiai. Kaip pluoštinių medžiagų rišikliai yra naudojamos sintetinės dervos, bloginančios kai kuriuos termoizoliacinių medžiagų funkcinius rodiklius (įdrėkį, degumą ir kt.) (Kaminskas, 2010, 52 p.).

ETICS pagal panaudojamą termoizoliacinio sluoksnio tipą (ETAG 004):

- su polistieninio putplasčio pagrindu;
- su mineralinės vatos pagrindu.

Termoizoliacinės ir garsą izoliuojančios medžiagos labai panašios, tik daugiausiai skiriasi skiriasi jų struktūra. Šilumai izoliuoti geriau tinka uždaraporės, o garsui sugerti – atviraporės medžiagos. Termoizoliacinės ir akustinės medžiagos pagal struktūrą skirstomos į dvi grupes: puoštinės ir akytąsias (Deltuva, 1982, 325 p.).

Pluoštinių medžiagų grupę sudaro dirbiniai iš mineralinių ir organinių pluoštų, sujungtų bitumais ir polimerais. Plačiausiai naudojami mineralinės, šlako ir stiklo vatos dirbiniai su polimeriniais (fenolio formaldehidiniais) rišikliais.

Akytosios medžiagos pagal struktūrą skirstomos į putplasčius (uždarapores) ir porplasčius (atvirapores) ir koriaplasčius (su taisyklingos geometrinės formos tuštumomis).

Pagal kilmę, termoizoliacinės medžiagos skirstomos į neorganines (akmens, stiklo, kaolinitinę vatą, dujų, putų betoną, perlitą ir kt.) ir organines (medienos kamštines, medienos plaušo plokštes, celiuliozinę vatą, spalius, durpes, nendrių, kanapių, šiaudų stiebus ar plaušą, polistireninį, poliuretaninį, polivinilchloridinį putplastį ar poroplastį ir kt.).

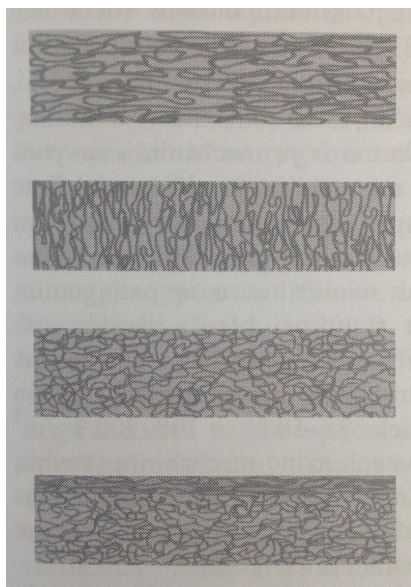
Mineralinė vata – tai bendrasis neorganinių plaušinių medžiagų pavadinimas. Pagal žaliavos rūšį, ji skirstoma į akmens, stiklo ir šlako vatą (Žurauskienė ir kt. 2012, 500 p.).

Šiame darbe, didžiausias dėmesys skiriamas išorinėms termoizoliacinėms sistemoms, pagamintoms su akmens vatos termoizoliacinio sluoksnio pagrindu.

Akmens vatos gaminiai pasižymi ypač geromis šiluminėmis savybėmis, aukšta darbo temperatūra ir yra nedegi. Akmens vata lydosi maždaug 1100°C temperatūroje.

Akmens vata gaminama iš bazalto uolienos, norint gauti minkštesnį, netrupų pluoštą, pridedama dolomito. Į žaliavą dedama ir kokso. Žaliava išlydoma +1500°C temperatūroje ir pilama ant dideliu greičiu besisukančių centrifugavimo mašinos velenų. Stipriu oro srautu lydalas išskaidomas ir nukreipiamas į kamerą, kurioje plaušeliai sustingsta į kilimą. Vidutinis plaušelių skersmuo yra 0,004 mm. Su oru įpurškiama ir rišiklio aerozolio plaušeliams surišti. Taip surišamos dulkės ir suteikiamos vandens atstūmimo savybės. Plaušo kilimas termiškai apdorojamas specialioje kameroje. Rišiklis negrįžtamai sukietėja, surišdamas kilimą į vientisą plokštę. Plokštės gali būti padengtos popieriumi, stiklo audiniu, plastiko ar aliuminio plėvele arba metaliniu tinkleliu (Žurauskienė ir kt. 2012, 501 p.).

Plaušų išsidėstymas mineralinės vatos gaminyje (Buska, 2010, 25 p.):



a – kryptingas horizontalus plaušų išsidėstymas

b – kryptingas vertikalus plaušų išsidėstymas

c – chaotiškas plaušų išsidėstymas

d – plaušų išsidėstymas sluoksniais: viršutinis didesnio tankio, apatinis mažesnio tankio.

2 pav. Plaušų išdėstymo mineralinės vatos gaminyje tipai

Dažai

Dažomus paviršius, pirmiausia reikia tinkamai paruošti, kad sistema būtų įrengta kokybiškai. Populiariausias paviršių paruošimo būdas yra gruntavimas. Gruntas – tai tarpinis sluoksnis tarp glaistyto paviršiaus ir dažų sluoksnio. Jo paskirtis - sumažinti glaistyto paviršiaus poringumą, bei vandens įgėrį ir gerinti paviršiaus sukibimą su kitais sluoksniais. Gruntai labai gerai sukimba su pagrindu (Žurauskienė ir kt., 2012, 316 p.).

Dažymo medžiagos naudojamos ne tik dekoratyvinėms reikmėms, bet ir apsaugo paviršius nuo atmosferos poveikio. Todėl būtina, kad dažai turėtų gerų adhezinių savybių, pasyvuotų paviršius, sudarytų gražią dangą, būtų ilgaamžiai (Deltuva ir kt., 1982, 327 p.). Dažyti skirtos medžiagos – tai klampūs skysčiai (rečiau milteliai), kurie užpilti ant paviršiaus palaipsniui virsta kieta plėvele. Šios medžiagos - tai sudėtingos daugiakomponentės sistemos, susidedančios iš rišamųjų medžiagų, pigmentų, skiediklių, tirpiklių, užpildų ir įvairių priedų. Tinkuojamųjų sistemų dažymui dažnai pasirenkami silikatiniai, silikoniniai ar akriliniai dažai.

Rišamosios medžiagos, naudojamos dažams, gali būti labai įvairios. Tai neorganinės (kelkės, cementas, skystasis stiklas) ir organinės medžiagos (dervos, bitumas, polimerai, gyvulinės kilmės klijai, celiuliozės eteris, aliejai).

Pigmentai – tai mineraliniai milteliai, netirpūs rišamojoje medžiagoje. Jie skirstomi į neorganinius, organinius, gamtinius ir sintetinius. Pigmentų kokybę apibūdina jų technologinės ir eksploatacinės savybės: spalvos intensyvumas, dengiamumas, dispersiškumas, aliejaus sugeriamumas, spalvos stabilumas, atsparumas cheminiam poveikiui, atsparumas šilumai, nekenksmingumas.

Gamtiniai mineraliniai pigmentai gaunami malant kalnų uolienas ir yra neryškūs, atsparūs šviesai ir atmosferos poveikiui.

Dirbtiniai pigmentai gaunami chemiškai apdirbant mineralines žaliavas.

Užpildai – tai mineraliniai milteliai, netirpūs rišančiojoje medžiagoje. Užpildai vizualiai išnyksta rišančiosios medžiagos plėvelėje, sustiprina ją, padidina mišinio klampą, sumažina blizgesį. Kaip užpildai gali būti kaolinas, kreida, talkas, gipsas, žėrutis, aliuminio hidroksidas.

Tirpikliai – tai lakieji skysčiai, su rišančiąja medžiaga sudarantys tirpalus, stabilius laiko atžvilgiu.

Skiedikliai – gerai suderinami su dažymo medžiagų skystąja dalimi ir sudarantys su ja stabilius mišinius, t.y. suspensijas arba emulsijas.

Priedai – tai medžiagos, dedamos į dažymo medžiagų mišinius norint pagerinti jų technologines bei eksploatacines savybes: pagreitinti džiūvimą, kietėjimą, padidinti atsparumą vandeniui (Žurauskienė ir kt., 2007, 119 p.).

Drėgminių deformacijų poveikis dangos irimui priklauso nuo dengiamą paviršių sudarančių medžiagų poringumo, plėvelės makrostruktūros ir kilmės (Miniotaitė ir kt., 2001, 166 p.).

Vandeninių dispersinių dažų dangų ilgaamžiškumas priklauso nuo polimerinio rišiklio. Homopolimerinių akrilinių dispersinių dažų dangos yra mažiau atsparios ultravioletinių spindulių poveikiui, kopolimerinių vinilo ir stireno akrilinių – drėgmės ir drėkinimo - džiovavimo kaitos poveikiui (Bieliūnienė ir kt., 2001, 133 p.).

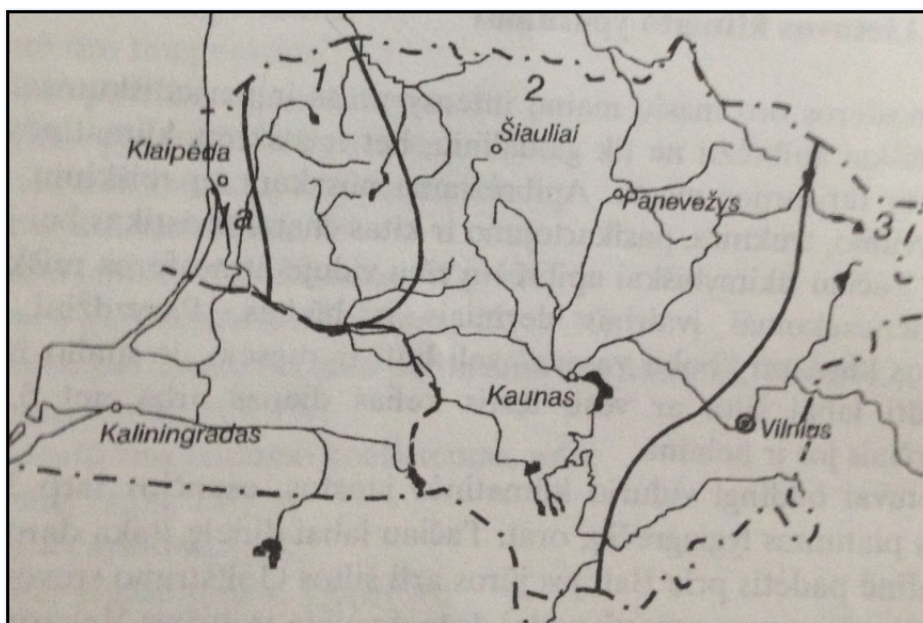
1.3. Pajūrio regiono klimatinės sąlygos

Remiantis Ispanijoje atliktų tyrimų duomenimis, lyginant ETICS su ventiliuojamais fasadais, tiek šilto, tiek šalto režimo klimatinėse sąlygose, rekomenduojama įrenginėti ETIC sistemą su akmens vatos ar polistireninio putplasčio termoizoliaciniu sluoksniu (Sierra-Perez et. al., 2016, 102 p.). Tačiau tiriant ventiliuojamus fasadus Madride, buvo nustatyta, kad vėsesnėse pastato orientavimo sąlygose patariama naudoti ETIC sistemas, tačiau kai pastatas orientuotas į pietų pusę, ventiliuojamas fasadas parodė geresnes energinio naudingumo savybes (Alonso et. al., 2016, 252 p.). Projektuojant pastatus būtina išsamiai ištirti ir įvertinti vyraujančias regione klimatinės sąlygas.

Lietuvai būdingi vidurio klimatinės juostos, esančios tarp 30° ir 60° šiaurės platumos lygiagrečių, orai. Tačiau labai didelę įtaką daro Lietuvos geografinė padėtis prie Baltijos jūros, arti šiltos Golfo srovės. Dėl šios priežasties, orus vienodai dažnai veikia ir jūrinis Vakarų

Europos ir žemyninis Rytų Europos klimatas. Pajūrio regione didesnė jūrinio klimato įtaka, o Rytų Lietuvoje – žemyninio. Dėl to pajūrio regione būna švelnesnės ir nepastovesnės žiemos, su dažniais atodreškiais, vėsesnės ir lietingesnės vasaros, nei Rytų Lietuvoje, nors ir čia jaučiamas švelninantis jūros poveikis.

Miestų ir pastatų projektavimo ir statybos praktika parodė, kad Lietuvos klimato įvairovės skirtinguose regionuose, nepaisyti negalima, kadangi temperatūros, kritulių, vėjo, oro drėgnio ir jų kaitos poveikio skaitinės vertės yra pakankamai didelės ir skirtingos (Stankevičius, 1997, 7 p.). Atsižvelgiant į skirtingų regionų vyraujantį klimatą, parenkami pastatų planiniai, konstrukciniai ir statybiniai sprendimai bei naudojamos medžiagos.



3 pav. Lietuvos klimato rajonavimo schema: 1 – Vakarų Lietuvos rajonas; 1a – Pajūrio porajonis; 2 – Vidurio Lietuvos rajonas; 3 – Rytų Lietuvos rajonas (Stankevičius, 1997, 8 p.).

Klaipėda priskiriama Pajūrio porajoniui. Čia vyrauja vakarų vėjai, kurie atneša drėgną orą nuo jūros. Žiemą nuo neužšalancios jūros atplūstančio oro temperatūra dažniausiai yra teigiama arba visuomet aukštesnė, nei kituose kitose Lietuvos vietose. Vėjai čia pučia dažniau ir stipriau, o atodrekių metu net lyja lietus ir krenta dulksna. Pastovi sniego danga neišsilaiko. Vasarą, kai dėl atvėsusios jūros ir oras vėsesnis, dangus dažniau pragiedrėja, negu kitur, mažiau lyja. O rudenį priešingai – lietus Pajūrio porajonyje dažnesnis. Čia vėsus pasvasaris, palyginti šiltos žiemos, vėlyvas ir šiltas ruduo. Tačiau žiemą dažnus atodrekius palydi stiprūs (iki -8 - -15°C) ir statybos požiūriu agresyvūs šalčiai (Stankevičius, 1997, 9 p.). Ypač nepalankūs poveikiai yra tuomet, kai temperatūros ir vėjo, lietaus ir vėjo, atodreškio ir lietaus veikimas sutampa. Vienalaikis dviejų ar trijų faktorių veikimas žymiai padidina agresyvaus poveikio energiją (Miniotaitė, 2001, 12 p.).

Oro temperatūra ir santykinis oro drėgnis

Lietuvos oro temperatūros kaita ir jos metiniai, sezoniniai ir paros svyravimai yra nepalankūs statybos atžvilgiu. Svarbu įvertinti:

- kokie yra dažnai pasikartojantieji temperatūrų maksimumai ir minimumai, norint kad konstrukcijos neperšaltų ir neperkaistų, o patalpose būtų palaikoma norima temperatūra;
- kokia yra vidutinė metinė, sezoninė ar šalčiausio ir šilčiausio mėnesio temperatūra ir jos skaičiuojamoji trukmė, norint sužinoti kokį kiekį reikės tam tikslui sudeginti kuro, kaip ir kokias reikia parinkti konstrukcijas;
- kokia yra šaltojo metų laiko šalčių - atodrėkių eiga, norint tinkamai apsaugoti pastatų išorines konstrukcijas nuo greito suirimo ar senėjimo.

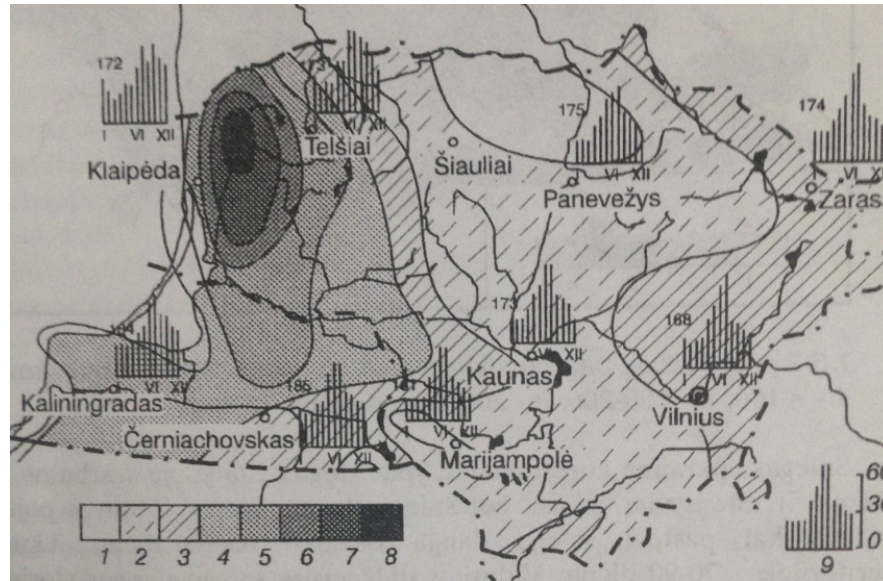
Priklausomai nuo temperatūros ir dalinio garų, esančio ore, slėgio, kinta ir santykinis oro drėgnis. Oro drėgnio duomenys būtini skaičiuojant drėgmės mainus atitvarinėse konstrukcijose ir projektuojant atitinkamas priemones, kad konstrukcijos nedrėktų ir kad drėgmė nesikondensuotų ant jų paviršiaus arba viduje (Stankevičius, 1997, 14 p.). Drėgnis prie termoizoliacinio sluoksnio "šaltosios" pusės konstrukcijoje šaltuoju metų periodu, Lietuvos sąlygomis, gali siekti iki 100 % (Endriukaitytė, 2004, 26 p.).

Krituliai

Krituliai analizuojami pagal jų pobūdį, intensyvumą, lašų matmenis, vėjuotumą. Pagal pobūdį krituliai skirstomi į lietų, sniegą, krušą ir lijundrą.

Šiltojo metų laiko lietus drėkina išorines konstrukcijas. Kadangi lietų dažniausiai lydi vėjo gūsiai, tai vanduo įslegiamas į atitvaras bei sandūras.

Rudenį ir žiemą pavojingi vėsūs ir šalti, smulkialašiai, užsitęsę lietūs. Smulkūs (lengvesni kaip 4 mg) lašai nuteka nuo atitvarų paviršiaus, bet kapiliarais įsisiurbia į medžiagą, todėl atitvarų paviršius ir apdaila įdrėksta. Tokie lietūs ypač nepageidaujami prieš temperatūros mažėjimą po atodrėkių, nes šaltis labai ardo įmirkusias konstrukcijas.



4 pav. Metinis kritulių pasiskirstymas: 1 – < 500; 2 – 550-600; 3 – 600-650; 4 – 650-700; 5 – 700-750; 6 – 750-800; 7 – 800-850; 8 – > 850 mm; 8 – kritulių kiekis mėnesiais; (Stankevičius, 1997, 15 p.).

Renovuojant senus ar projektuojant naujus pastatus, ypač svarbu įvertinti kritulių kiekį, tenkantį vertikaliesiems paviršiams. Nustatyta, kad lietaus kiekis, patenkantis ant vertikaliojo paviršiaus, priklauso nuo kampo tarp to paviršiaus ir vėjo krypties, kartu įvertinant vėjo greitį su lietaus lašų vidutiniu kritimo greičiu. Kritulių kiekis ($H_{v,0}$) įvairiai orientuotiems vertikaliesiems paviršiams apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$H_{\theta\gamma} = H_h (V_v / V_e) \cos(\theta\gamma), \text{ mm}; \quad (1)$$

Čia: H_h — kritulių kiekis horizontaliajam paviršiui, mm;

V_v — vėjo greitis lyjant, m/s;

$V_e = 7,223 \cdot H_h^{0,178}$ — laisvojo lietaus lašų kritimo greitis, m/s;

θ — vėjo krypties azimutas lyjant;

γ — statmenas į pastato sieną azimutas.

Klaipėdoje kritulių kiekis, tenkantis vertikaliam paviršiui, orientuotam į pietus, vakarus ir pietvakarius yra didesnis nei horizontaliam (1 lentelė).

2 lentelė. Vidutiniai daugiamečiai kritulių kiekiai, tenkantys skirtingai orientuotiems vertikaliems paviršiams, šiltuoju metų laikotarpiu (04-10) (Stankevičius, 1997, 18 p.).

Miestai	Kritulių kiekis, mm								
	Horizontalus paviršius	Vertikalieji paviršiai							
		Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV
Vilnius	448	52	71	132	205	292	318	242	114
Klaipėda	457	112	52	115	242	464	618	562`	310

Be lietaus, drėgminei atitvarinės konstrukcijos būsenai turi įtakos:

- statybinė drėgmė, į konstrukcijas patenkanti surenkamųjų elementų gaminimo metu;
- atmosferinė drėgmė, į atitvarines konstrukcijas patenkanti jų sandėliavimo, transportavimo ir montavimo metu;
- gruntinė drėgmė, į atitvaras kapiliarinio siurbimo būdu patenkanti iš grunto;
- eksploatacinė drėgmė, atsirandanti atitvarose dėl įvairių gamybos procesų savitumų;
- higroskopinė drėgmė, priklausanti nuo medžiagos savybių, patenkanti iš oro;
- kondensacinė drėgmė iš oro, drėkinanti vidinius sienų paviršius ir pereinanti į vidines atitvaros dalis.

Tiesioginis lietaus ir vėjo poveikis pasireiškia padidintu sienų drėgnumu ir kiauraisiais pratekėjimais. Nuo medžiagos porų skersmens priklauso temperatūra, kurioje užšąla vanduo: juo mažesnės poros, tuo žemesnė turi būti temperatūra, kad užšaltų vanduo. Be to, reikia laiko, kad žemos temperatūros pasiektų gilesnius konstrukcijų sluoksnius (Stankevičius, 1997, 41 p.).

Vėjas

Vėją sužadina atmosferos slėgių skirtumai. Atmosferos slėgio teritorinis pasiskirstymas priklauso nuo šiluminės oro būsenos. Vėjo kryptį nusako aukštesnio ir žemesnio slėgio rajonų tarpusavio padėtis ir tų slėgių kritimo trajektorija, o slėgių skirtumas - vėjo greitį.

Vėjo poveikis pastatui eksploatavimui gali būti teigiamas, kadangi vėdina, džioviną, vėsina arba šildo, pastodamas kelią vėsiam nakties orui pasiekti žemės paviršių ir neigiama, nes neša dūmus ir kvapus, įpučia į atitvaras ir medžiagas vandenį, atšaldo konstrukcijų paviršių ir sužadina per laidžias konstrukcijas arba jų sandūras oro įtekėjimą į patalpas ar ištekėjimą iš jų, pripusto sniego, apkrauna, kartais griaušančia jėga, pastatus ir jų laikančias konstrukcijas.

Projektuojant statinius reikia žinoti:

- vėjų kartojimąsi (procentais) pagal pasaulio šalių kryptis;
- vidutinį vėjų greitį įvairiu laikotarpiu;

- vyraujančią vėjų kryptį metų periodais ir mėnesiais;
- vyraujančių vėjų greitį įvairiu metų laikotarpiu;
- vėjų greitį ir kartojimąsi pagal jų greitį;
- didžiausią vėjų greitį per tam tikrą periodą – 1 metus, 5, 10, 15 ir 20 metų.

Pajūryje vėjų greitis 1,5 karto didesnis nei 40-60 km nutolusiose nuo pajūrio vietovėse. Pastatams pavojingi didelio greičio vėjai. Baltijos pajūryje kasmet būna vidutiniškai 28-38 dienos su štorminiais vėjais, kurių greitis didesnis kaip 16 m/s, likusioje Lietuvos dalyje – 5-18 dienų. Pajūryje skaičiuojant aukštas ir plačias konstrukcijas reikia numatyti atvejus, kad kartą per 20 metų gali kartotis vėjai, kurių greitis 31 m/s, o per 100 metų – 37 m/s. Uraganiniai vėjai, kurių greitis didesnis kaip 26 m/s, Klaipėdoje gali kartotis kas penki metai, o toliau, per 30-40 km į šalies gilumą, praktiškai netikėtini (Stankevičius, 1997, 19 p.).

1.4. ETICS ilgaamžiškumas

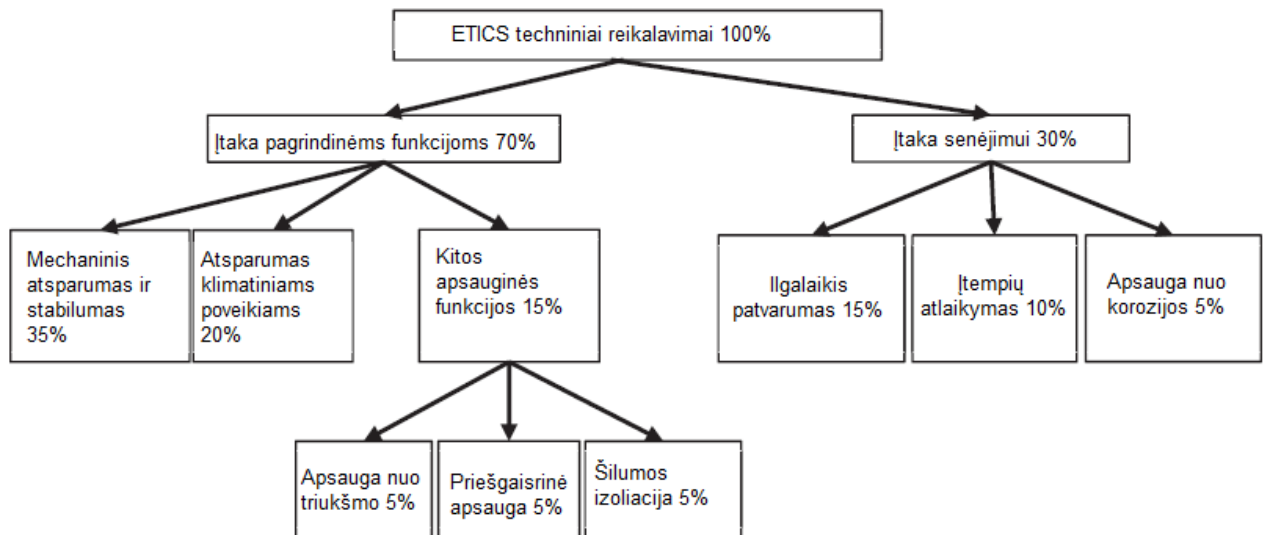
Medžiagų senėjimas ir ilgaamžiškumas yra eksploatacinės statybinių medžiagų savybės.

Senėjimas - medžiagų struktūros kitimas ir savybių blogėjimas dėl pačiose medžiagose vykstančių procesų. Statybinių medžiagų, veikia lietaus, vėjo, temperatūros pokyčių, saulės radiacijos, biologinių poveikių, struktūra kinta ir per ilgą laiką jos suyra.

Ilgaamžiškumas – ilgiausias laikotarpis, per kurį medžiaga, veikiama apkrovų ir klimatinų sąlygų, nepraranda eksploatacinių savybių (Nagrockienė, 2007, 39 p.).

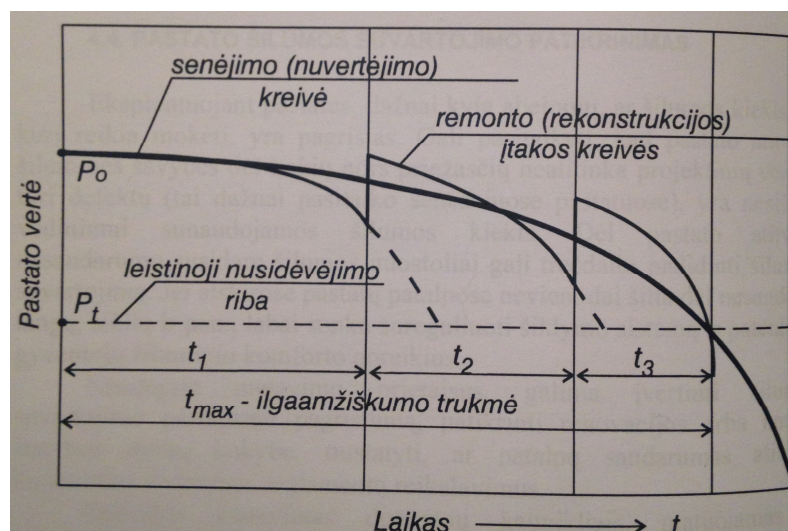
Pagrindinės sistemų naudojimo ilgaamžiškumo prielaidos (Šala ir kt., 2004, 93 p.):

- naudoti patikrintas sistemas, užtikrinančias pačią geriausią atskirų sistemos komponentų sąveiką;
- atliekant darbus besąlygiškai laikytis sistemos gamintojo perengtų technologinių instrukcijų;
- sistemas tinkamai eksploatuoti;
- laiku atlikti sistemos remontą.



5 pav. ETICS techninių reikalavimų problemų medis (Sulakatko ir kt., 2016, 449 p.).

Statybos metu sukurama pastato statybinė vertė, kuri eksploatacijos metu nuolat mažėja. Vertės mažėjimo intensyvumas priklauso nuo statybai panaudotų medžiagų ilgaamžiškumo, konstrukcinių sprendimų, pastato priežiūros ir naudojimo intensyvumo eksploatacijos metu. Kapitalinio remonto, rekonstrukcijos ir renovacijos metu susidėvėję pastato elementai keičiami naujais, kiti rekonstruojami. Tačiau kiekvienam pastatui yra riba, nuo kurios pastato vertės atkūrimas keičiant pastato elementus arba juos renovuojant yra ekonomiškai netikslus (žr. 6 pav.). Toks pastatas praranda savo statybinę vertę ir nugriaunamas. Įprastas pastato dalių ekonominio atitvarų tarnavimo laikas – 50 metų (Bliūdžius, 2006, 69 p.).



6 pav. Pastato konstrukcijų senėjimo grafikas (Bliūdžius, 2006, 68 p.)

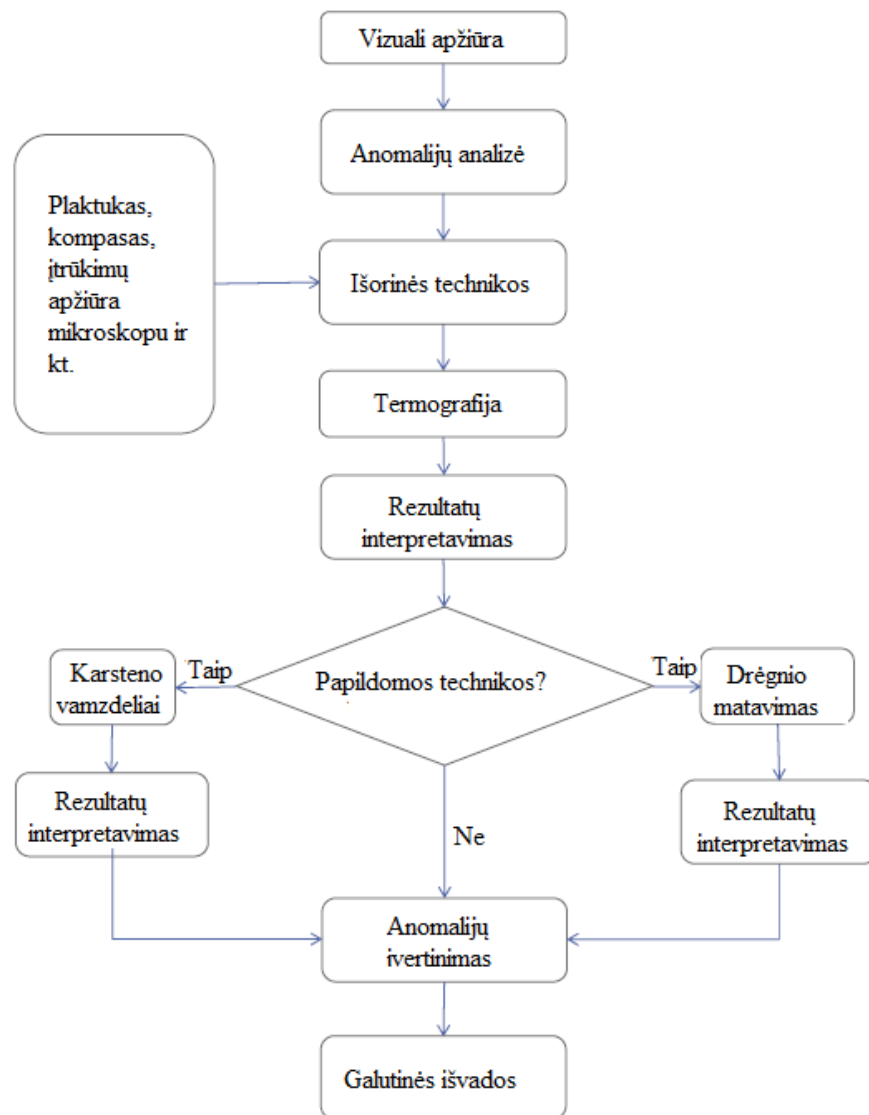
Pastatų sienų paviršinių sluoksnių ilgaamžiškumą galima gerokai pagerinti tinkamai naudojant tokias konstrukcines priemones, kaip teisingas nutekantis fasadu vandens

paskirstymas, tinkamas karnizų ir stogelių virš įėjimų įrengimas ir apsauginių - dekoratyvinių pastato fasadų dangų panaudojimas (Stankevičius, 1997, 55 p.).

Išorės sienų ilgalaikiškumą apibūdina šios savybės:

- atsparumas šalčiui, t.y. prisotintos vandeniu medžiagos sugebėjimas atlaikyti užšalančio vandens slėgį, jį paeiliui užšaldant ir atšildant;
- atsparumas drėgmei, t.y. sugebėjimas atlaikyti medžiagos susitraukimo ir išbrinkimo slėgį, jį periodiškai drėkinant ir džiovinant teigiamoje temperatūroje;
- atsparumas korozijai, t.y. atsparumas vandenyje ištirpusioms agresyvioms ardančiosioms cheminėms medžiagoms.

Literatūroje pateikiama neardančioji eksploatuojamų objektų defektų vertinimo metodika pateikta 7 pav.. Fasadų defektų vertinimui nuolat ieškoma naujų, patogesnių metodikų ir paprastesnių tyrimo sąlygų (Bauer ir kt., 2013, 103 p.).



7 pav. Eksploatuojamų objektų defektų vertinimo metodika (Menezes, 2015, 291 p.)

Patį didžiausią neigiamą ardantįjį poveikį patiria sudrėkusios sienos išorinio paviršiaus sluoksnis, kai periodiškai kinta temperatūra, t.y. kai tame sluoksnyje periodiškai užšąla ir atšyla vanduo. Užšalant vandeniui, sudrėkusioje išorinėje sienos dalyje, sluoksnis ardomas dėl:

- vandens slėgio;
- ledui plečiantis, t.y. dėl vandens tūrio didėjimo, jam virstatnt ledu;
- skirtingų medžiagos skeleto ir ledo temperatūrinių plėtimosi koeficientų;
- osmosinio slėgio (Stankevičius, 1997, 120 p.).

Kapiliarinėms – porėtosioms medžiagoms žymiai pavojingesnis yra didelio drėgno ir nedidelio šalčio ardantysis derinys, nei atvirkščiai (Stankevičius, 1997, 132 p.).

Svarbiausi sistemos ilgaamžiškumo rodikliai (Šala ir kt., 2004, 95 p.):

- atsparumas vandeniui;
- atsparumas įtrūkių atsivėrimui;
- atsparumas mechaniniams pažeidimams.

1.4.1. Vandens įgėrio nustatymo metodika

Vanduo, esantis atitvaros sluoksniuose yra viena pagrindinių jos ilgaamžiškumo sumažėjimo ir armatūros korozijos priežasčių (Stankevičius, 1997, 53 p.).

Išoriniame sienų sluoksnyje drėgmė priklauso nuo „įstrižojo“ lietaus intensyvumo (Stankevičius, 1997, 108 p.). Pučiant vėjui, lietus su vertikale sudaro priklausantį nuo vėjo greičio kampą. Toks lietus vadinamas įstrižuoju. Pastatų sienos yra tokio lietaus intensyviai drėkinamos, kadangi ant kai kurių orientacijų sienų "įstrižojo" lietaus iškrinta 1,5-2,0 karto daugiau, nei į horizontalųjį paviršių, o slėgio jėga padidėja priklausomai nuo vėjo greičio kvadrato (Stankevičius, 1997, 40 p.).

Vanduo į sistemą gali patekti kaip krituliai arba vykstant vandens garų, šaltuoju metų laiku prasiskverbiantį iš vidinių patalpų, kondensacijai (Šala ir kt., 2004, 95 p.). Tinkamai įvertinant pagrindą, parinkti sudėtiniai sistemos komponentai ir teisingai atliekami darbai užtikrina būtiną sistemos atsparumą vandeniui. Išoriniai sistemos sluoksniai, tai yra išorinė apdaila su armuotuoju sluoksniu, saugo ją nuo kritulių poveikio.

Tyrimais nustatyta, kad statybinių medžiagų įgertas vandens kiekis yra tiesiogiai proporcingas kvadratinei šakniai iš drėkinimo trukmės (Stankevičius, 1997, 46 p.).

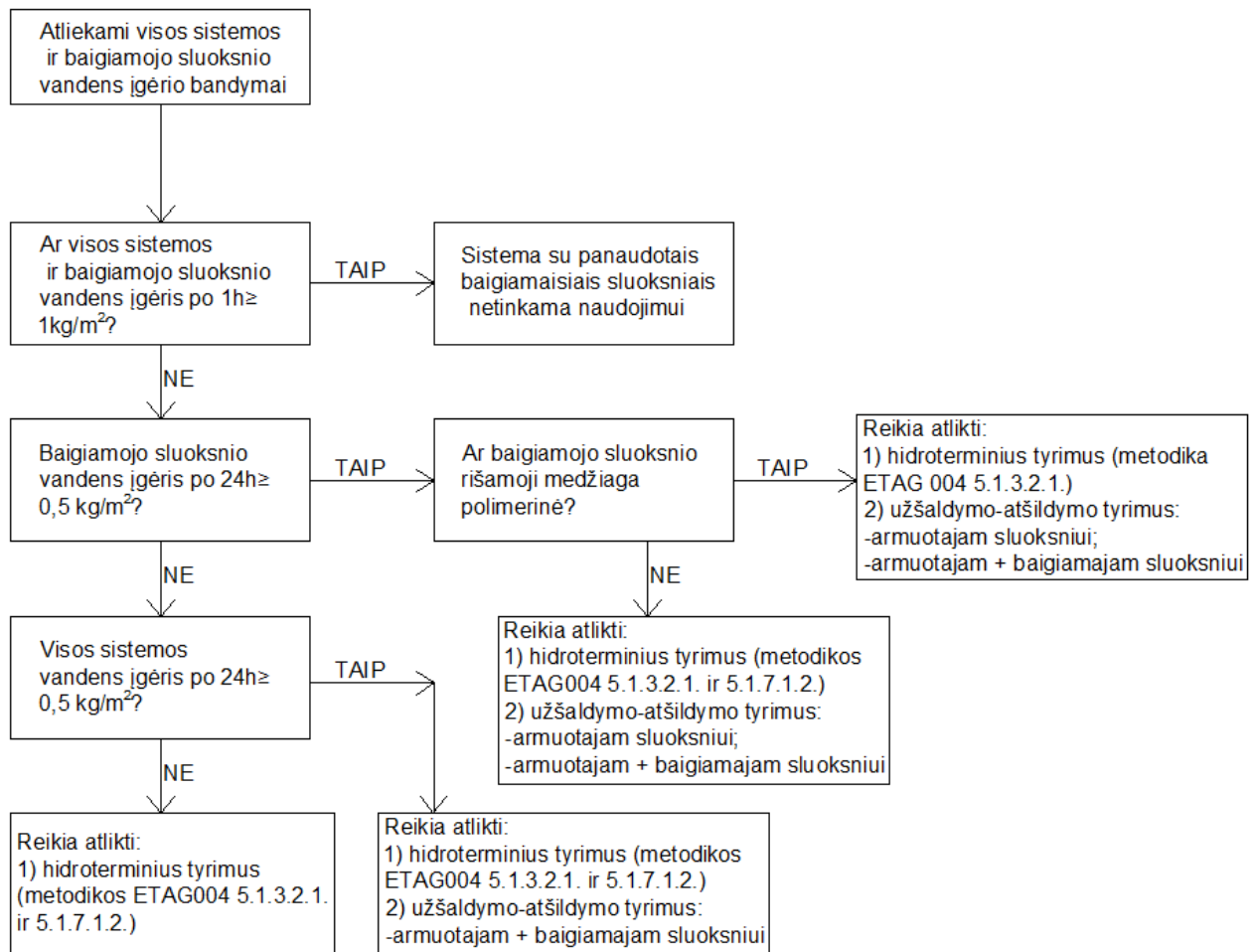
ETIC sistemų vandens įgėriui ETAG 004 keliama reikalavimai nusako, kad tiriant vieną iš vandens įgėrio savybių, nustatomas sistemos įgėris po 1 valandos ir po 24 valandų turi būti ne didesnis kaip:

- po 1h $< 1\text{kg/m}^2$

– per sekančias 23h $< 0,5 \text{ kg/m}^2$

Jei sistemos vandens įgėris po 1 valandos tenkina reikalavimus, tačiau po sekančių 23 valandų yra didesnis arba lygus $0,5 \text{ kg/m}^2$, tuomet sistema jau turi būti bandoma šalčio-atitirpinimo ciklais. T.y. daroma išvada, kad sistema turi didelį įgėrį, vadinasi, gali būti neatspari šalčio poveikiui.

ETAG 004 pateikiama ETICS vandens įgėrio bandymų schema (žr. 8 pav.), kuria vadovaujantis ir pagal ją vertinant gautus vandens įgėrio rezultatus, galima nustatyti sistemos priimtinumą ir poreikį sistemos tyrimams užšaldymo - atšildymo ciklais.



8 pav. ETICS vandens įgėrio bandymų schema pateikiama ETAG 004

1.4.2. Atsparumo smūgiui tyrimo metodika

Konkrečiam pastatui ir atskiroms jo dalims būtina parinkti šiltinimo sistemą su atitinkamu atsparumu mechaniniams pažeidimams. Pasienkant sistemą vadovaujamosi atsparumu smūgiui. Baigiamojo sluoksnio atsparumas smūgiams priklauso nuo kietėjimo trukmės, kietėjimo sąlygų, drėgmės ir įtempimų dydžio, taip pat nuo plyšių susidarymo ir jų didėjimo proceso (Skripkiūnas, 2007, 295 p.).

ETIC sistemos atsparumas smūgiams nusakomas sistemos naudojimo kategorija, kuri pritaikoma kiekvienai pastato daliai pagal numatomas sistemos naudojimo sąlygas.

ETAG 004 69 psl. 8 lentelėje pateikiami sistemos panaudojimo pavyzdžiai pagal atsparumo smūgiams kategorijas (žr.3 lent.), STR 2.01.10:2007 5 lentelėje pateikiami kaip „Sistemų atsparumo smūgiams reikalavimai“ (žr.4 lent.), kas yra klaidinga informacija. Kadangi tai nėra sistemų atsparumo smūgiams keliami reikalavimai, o tai tik pavyzdžiai, nurodantys kokiose pastato vietose galima panaudoti I, II ir III atsparumo smūgiui klasės sistemas.

3 lentelė. Sistemos panaudojimo pavyzdžiai pagal ETAG 004

Sistemos naudojimo kategorija	Galimų panaudojimo sąlygų apibūdinimas
I	Lengvai pasiekiamos atitvarų dalys, neapsaugotos nuo smūgių ir netinkamo naudojimo.
II	Nepasiekiamos atitvarų dalys, neapsaugotos nuo smūgių spiriant arba metant daiktus, kurių atstumas nuo grindų ar žemės paviršiaus apriboja smūgio stiprumą. Taip pat pasiekiamos atitvarų dalys, kai maža netinkamo naudojimo tikimybė.
III	Atitvarų dalys, kurių atstumas nuo grindų ar žemės paviršiaus užtikrina apsaugą nuo smūgių spiriant arba metant daiktus. Taip pat atitvarų dalys, kai labai maža jų netinkamo naudojimo tikimybė.

4 lentelė. Sistemų atsparumo smūgiams reikalavimai pagal STR 2.01.10:2007

Sistemos naudojimo kategorija	Naudojimo sąlygų, susijusių su sistemos atsparumo smūgiams reikalavimais, apibūdinimas
I	Lengvai pasiekiamos atitvarų dalys, neapsaugotos nuo smūgių ir netinkamo naudojimo.
II	Nepasiekiamos atitvarų dalys, neapsaugotos nuo smūgių spiriant arba metant daiktus, kurių atstumas nuo grindų ar žemės paviršiaus apriboja smūgio stiprumą. Taip pat pasiekiamos atitvarų dalys, kai maža netinkamo naudojimo tikimybė.
III	Atitvarų dalys, kurių atstumas nuo grindų ar žemės paviršiaus užtikrina apsaugą nuo smūgių spiriant arba metant daiktus. Taip pat atitvarų dalys, kai labai maža jų netinkamo naudojimo tikimybė.

Vadovaujantis Europos techninių liudijimų rengimo vadovo ETAG 004 skirsniu 5.1.3.3.1 "Resistance to hard body impact", ETIC sistemos mechaninio atsparumo krentančiajam kūnui tyrimas turi būti atliekamas pagal tyrimo metodiką aprašytą ISO 7892:1988, kai įvertinant sunkaus (10 J) ir lengvo (3 J) rutulio smūgio padaromus pažeidimus ETIC sistemos skirstomos į tris kategorijas (5 lentelė).

5 lentelė. Sistemų atsparumo smūgiui kategorijoms keliami reikalavimai pagal ETAG 004

	III kategorija	II kategorija	I kategorija
Bandymui panaudojamas 10 J rutulys	-----	Pažeidimas nesiekia termoizoliacinio sluoksnio ²⁾	Nėra pažeidimų ¹⁾
	ir	ir	ir
Bandymui panaudojamas 3 J rutulys	Pažeidimas nesiekia termoizoliacinio sluoksnio ²⁾	Nėra pažeidimų ¹⁾	Nėra pažeidimų ¹⁾

¹⁾ paviršinis pažeidimas, kai nėra įtrūkimų, išbandžius visus bandinius.

²⁾ susidaro apvalios formos pažeidimas, tačiau nėra prasiskverbęs iki termoizoliacinės medžiagos sluoksnio, bent 3 iš 5 bandymų metu.

II. NAUDOTA ĮRANGA IR METODIKOS

Eksperimentinių tyrimų metu, skirtingoms bandinių grupėms buvo panaudojamos skirtingos tyrimų metodikos, priklausomai nuo tuo metu turimos tyrimo įrangos ir tyrimo tikslo.

Tyrimų metu buvo panaudotos dvi skirtingos vandens įgėrio nustatymo metodikos (2.1. skyrius). Kol dar nebuvo įsigyta Karsteno vamzdelių įranga, standartiniai ETICS bandiniai buvo pjaustomi į 4–5 dalis ir jų vandens įgėris nustatytas bandinius mirkant vonelėse (2.1.1. poskyris). Įsigijus Karsteno vamzdelių įrangą buvo nustatomas skirtingų ETIC sistemų, keraminių dirbinių, pajūrio regione eksploatuojamų renovuotų daugiabučių gyvenamųjų namų vandens įgėris (2.1.2. poskyris). Taip pat nustatomas Karsteno vamzdelių tyrimo metodikos patikimumas, lyginant gautus rezultatus su bandinių mirkymo vonelėse rezultatais. Nustatant ETIC sistemos atsparumą pažeidimams, sukeliams vandalizmo atvejais, buvo panaudojama atsparumo smūgiams tyrimo metodika (2.2. skyrius). Siekiant ištirti sistemos sluoksnių sukibimą ir smūginio atsparumo metu atsivėrusių maksimalių plyšių dydžius, buvo panaudojamas skaitmeninis mikroskopas (2.3. skyrius). Siekiant nustatyti ar tolygiai pasiskirstę ETICS bandinių dekoratyviojo sluoksnio grūdėliai, bandiniai buvo mirkomi rūgštiniame tirpale (2.4. skyrius). Tiriant ETIC sistemų elgseną ir savybių kitimą priklausomai nuo kintančių aplinkos sąlygų, bandiniai buvo kaitinami kaitinimo krosnyje ir nustatomas įgeriamas vandens kiekis po kaitinimo ciklų (2.5. skyrius).

2.1. Vandens įgėrio įranga ir metodikos

Vandens įgėriui nustatyti yra daugybė metodikų, priklausomai nuo tiriamos medžiagos tipo, matmenų bei bandymo sąlygų, atsižvelgiant į tai ar bandiniai eksplotuojami, ar juos galima tirti laboratoriskai. Šiame darbe panaudojamos dvi skirtingos vandens įgėrio nustatymo metodikos: bandinius mirkant vonelėje ir Karsteno vamzdeliais.

2.1.1. Bandinių mirkymas

Vienas paprasčiausio inventoriaus reikalaujantis bandymas – mirkymas vonelėse (9 pav.). Turima lygaus paviršiaus vonelė, pastatoma horizontalioje padėtyje. Į vonelę pripilama 1–2 mm vandens. Išmatavus bandinių matmenis ir juos pasvėrus, ETIC sistemos bandiniai (žr. 8 lent.) dedami į paruoštą mirkymo vonelę taip, kad bandinio baigiamasis sluoksnis visu paviršiaus plotu būtų vandenyje. Vandens kiekio kitimas nuolat prižiūrimas ir jei reikia, sumažėjus vandens keikiui jo yra papildomai pripilama. Praėjus tam tikram laiko tarpui, bandiniai išimami ir pasveriami.

Igerto vandens kiekis apskaičiuojamas lyginant sausų bandinių masę su įmirkusių bandinių mase, po tam tikro laiko tarpo. Gautas masės prieaugis perskaičiuojamas, įvertinant bandinio paviršiaus plotą ir nustatomas įgerto vandens kiekis per tam tikrą laiko tarpą į 1 m^2 .



9 pav. Bandinių mirkymas vonelėse.

Standarte LST EN 771-1:2011+A1 „Mūro gaminių techniniai reikalavimai. 1 dalis.“ keraminiams mūro gaminiams pateikiama nuoroda į kitą standartą – LST EN772-11 „Methods of test for masonry units – Part 11. Determination of water absorption of aggregate concrete, autoclaved aerated concrete, manufactured stone and natural stone masonry units due to capillary action and the initial rate of water absorption of clay masonry units“. Šiame į lietuvių kalbą neverstame standarte, skirtingų atmainų mūro akmenims aprašytos kapiliarinės vandens įgerties nustatymo metodikos (jos yra skirtingos keraminiams gaminiams, aktybetonio, silikatiniams ir kitokiems mūrinio akmenims).

Be šių metodikų, mūrinio akmenų vandens įgėriui nustatyti dar naudojamas būdas, kai jie virinami verdančiame vandenyje – čia įvertinama ir vandens įgertis į dalį uždarų porų, tačiau ETIC sistemoms ji netinkama.

Keraminių plytų vandens įgeriamumui nustatyti, panaudojama LST EN772-11 standartizuota vandens įmirkio nustatymo metodika. Turima lygaus paviršiaus vonelė, pastatoma horizontalioje padėtyje. Į vonelę įdedami turimi vienodo skerspjūvio stypeliai taip, kad ant jų būtų galima padėti tiriamąsias plytas. Išmatuojami tiriamų plytų matmenys, bandiniai pasveriami. Kai bandiniai sudėti į vonelę ant strypelių, vonelė pripildoma vandeniu taip, kad tiriamosios plytos būtų apsemtos vandens iki 5 mm gylio. Plyta mirkoma 1 min ir pasveriamas. Pagal masės prieaugį apskaičiuojamas įgerto vandens kiekis. Tuomet plyta kaitinama džiovavimo krosnyje 105°C temperatūroje. Atvėsus bandiniams, jie pasveriami ir mirkomi vonelėje 1 min. Tokie kaitinimo - aušinimo ciklai atliekami du kartus. Interpretuojant gautus rezultatus, galima nustatyti ne tik pradinį plytų vandens įgeriamumą, bet ir kaitininimo įtaką vandens įgeriamumui.

2.1.2. Karsteno vamzdeliai

Prof. Karsteno paviršinės įgerties metodas naudojamas norint įvertinti liūčių ir smarkaus vėjo veikiamo fasado eksploatavimo sąlygas: vėjas lemia slėgį, dėl kurio paviršiai smarkiai įmirksta. Metodika taip pat naudojama vandeniui atsparių priemonių patikimumui įvertinti. Labai patogiu ir tai, jog šis metodas gali būti naudojamas tiek lauko, tiek laboratorijos sąlygomis ir panaudojant skirtingus Karsteno vamzdelius, galima nustatyti tiek horizontalaus, tiek vertikalaus paviršiaus vandens įgėrį.

Karsteno metodikos įrangos rinkinį sudaro: Karsteno vamzdelis (iš stiklo ar plastiko), plastiška sandarinimo medžiaga, vandens butelis su patogiu piltuvėliu, Karsteno vamzdelių pripildymui vandeniui (10 pav.).

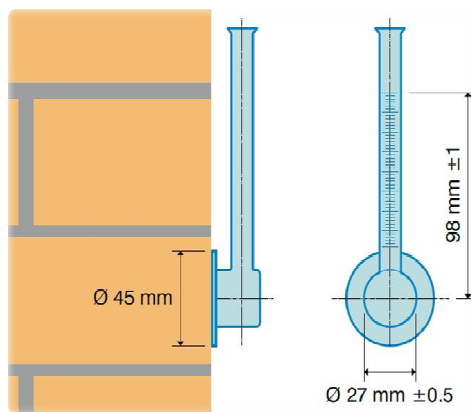


10 pav. Karsteno vandens įgėrio metodikos rinkinys.

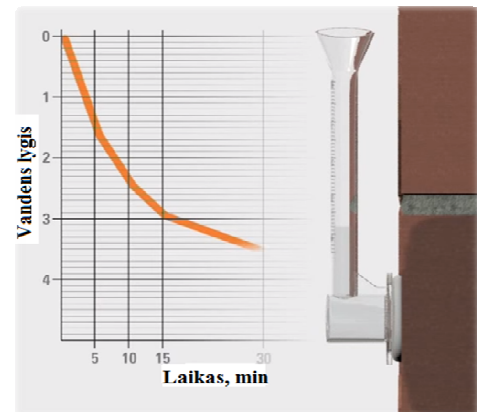
Priklausomai nuo tiriamosios medžiagos savybių (poringumo, vandens įgėrio, paviršiaus padengimo medžiagų) Karsteno vamzdeliais nustatomas įgėris per trumpą (10 min) arba ilgą (24 valandos ir daugiau) laiką.

Pirmiausia, neprilausomai nuo to, ar tiriamas eksploatuojamas paviršius ar atliekamas laboratorinis bandymas, tiriamasis paviršius turi būti tinkamai paruošiamas: nuvalomi nešvarumai, užtvirtinama bandinio padėtis. Plastiška sandarinimo medžiaga rankomis išminkoma ir suformuojama 13 cm ilgio, apie 7 mm diametro virvelė, kuri pritvirtinama ant Karsteno vamzdelio taip, kad plotas, kurį veikia vanduo, ne mažesnis kaip 3 cm^2 (diametras apie 20 mm) (žr. 11 pav.). Tuomet Karsteno vamzdelis pritvirtinamas prie tiriamojo paviršiaus ir vamzdelis lėtai pripildomas vandeniui, kad nesusidarytų oro burbuliukai. Siekiant ištirti vandeniui atsparių priemonių panaudojimą, Karsteno vamzdelį galima pripildyti iki viršutinės – 10 ml ribos ir stebėti bei fiksuoti per tam tikrą laiko tarpą įgeriamo vandens kiekį. Kai siekiama

nustatyti vandens įgėrį fasado eksploatavimo sąlygose, Karsteno vamzdelį reikėtų pripildyti iki 2,5 ml ribos, kadangi tuomet Karsteno vamzdyje vanduo fasadą veikia realiose eksploatavimo sąlygose susidarančiu slėgiu (pripildžius iki 10 ml, slėgis atitinka uragano metu sisidarančią – 1,139 kPa vandens slėgį į fasadą). Pirmoji minutė, pripildžius vamzdelį į matavimų rezultatus neįtraukiama, taip įvertinamas paviršiaus sudrėkimas. Vandens lygis vamzdyje turi būti nuolat stebimas ir negali nukristi žemiau kaip 20% (nuo 2,5 iki 2,0 ml). Reikia atlikti mažiausiai 10 bandimų, kuriais matuojamas vandens įgėris ml/min, įvertinti veikiamo paviršiaus plotą ir išvesti aritmetinį vidurkį.



11 pav. Karsteno vamzdelio matmenys ir gradavimas.



12 pav. Vandens įgėrio greičio kitimo kreivė.

6 lentelė. Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiamos maksimalios fasadų paviršinės įgerties reikšmės ml/min į 3 cm², vadovaujantis ilgamete patirtimi („TQC“ Karsten Tube Penetration Test Art. No. LI7500).

Pastato medžiagos tipas	Vandens įgėrio reikšmė
1. Klinkerio ar raudonų plytų fasadas. Vidutinė reikšmė, po 10 matavimų, iš kurių pusė atlikta ant įtrūkimų. Pavienės reikšmės ne didesnės kaip:	0,5 ml/min 2,0 ml/min
2. Cementinio skiedinio siūlių vietos. Vidutinė reikšmė, iš 10 matavimų: Pavienės reikšmės ne didesnės kaip:	0,5 ml/min 2,0 ml/min
3. Išorinio tinko atsparumas liūties sąlygomis. Vidutinė reikšmė, iš 10 matavimų: Pavienės reikšmės ne didesnės kaip:	0,5 ml/min 2,0 ml/min
4. Fasadų paviršiai, ties statybiniu gaminiu ir siūlės vietoje, po impregnavimo hidrofobinėmis medžiagomis.	0,0 ml/min

Interpretuojant gautus tyrimo rezultatus galima nustatyti apsauginių priemonių nuo vandens įgėrio veiksmingumą, tiriant paviršiaus įgėrį prieš ir po padengimo apsaugine medžiaga. Taip pat galima stebėti kaip kinta vandens įgėrio greitis (žr. 11 pav.). Ir gautus rezultatus palyginti su Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiamomis maksimaliomis paviršinės įgerties reikšmėmis, skirtingiems paviršiams, vadovaujantis ilgamete patirtimi.

2.2. Atsparumas smūgiams

ETIC sistemos mechaninio atsparumo krentančiajam kūnui tyrimas atliekamas pagal tyrimo metodiką aprašytą ISO 7892:1988. Bandinio paviršiaus plotas 30×30 cm, parinktas vadovaujantis ISO 7892:1988. Pagal nurodytą bandymo metodikos aprašą sunkus kūnas - 10 J (1000±10 g) rutulys paleidžiamas iš 1,02 m aukščio, o 3 J (500±5 g) rutulys paleidžiamas iš 0,61 m aukščio. Atliekami bent trys smūgio bandymai, sistemos atsparumui smūgiams nustatyti.

Eksperimentiniams bandymams atlikti naudojamas turimas universiteto laboratorijos inventorių, t.y. bandymams naudojamas 965 g rutulys. Dėl naudojamo eksperimentiniams bandymams rutulio masės neatitikimo su aprašyto bandymo metodikoje rutulio mase, rutulio paleidimo aukštis yra perskaičiuojamas:

$$h = h^* + (m_1 - m) \cdot \frac{h^*}{m_1} = 1,02 + (1000 - 965) \cdot \frac{1,02}{1000} = 1,02 + 0,04 = 1,060 \text{ m}$$

Čia: h^* — 10 J rutulio paleidimo aukštis lygus 1,02 m;

m_1 — 10 J rutulio svoris lygus 1000 g;

m — bandymams naudojamo rutulio svoris lygus 965 g.

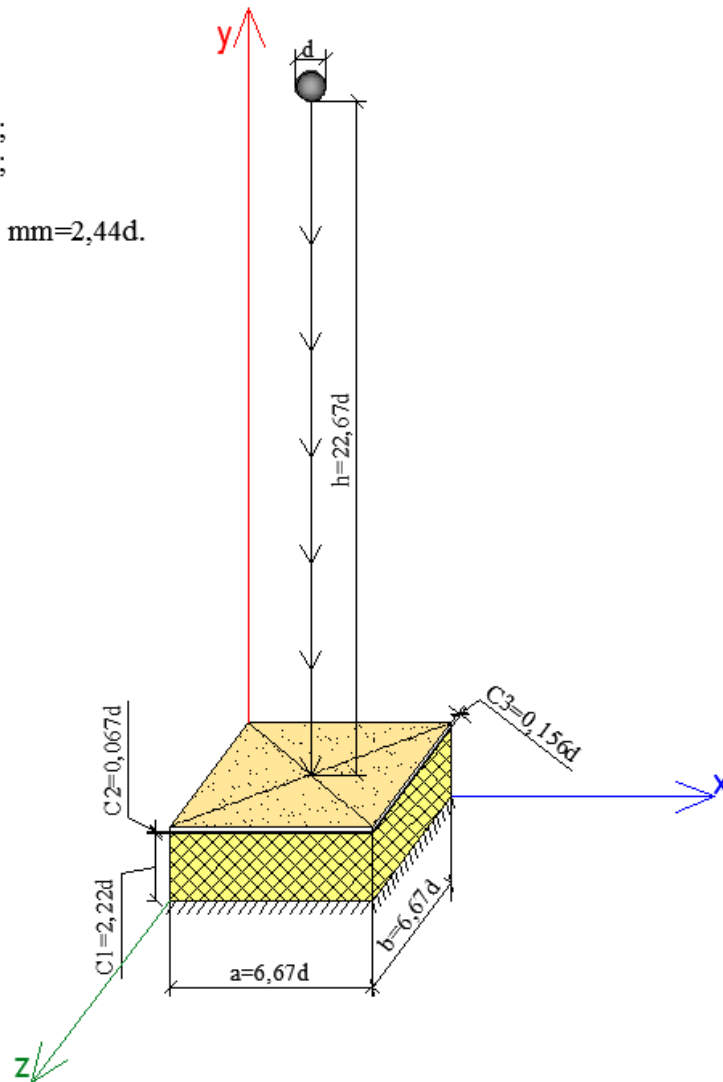
Rutulio paleidimo aukštis priimamas lygus 1,06 m (13 pav.).

Bandymo esmė – iš nurodyto aukščio h (13 pav.) paleidžiamas 965 g rutulys. Vieną kartą jam atsimušus į bandinį rutulys yra pagaunamas ir įvertinamas rutulio padarytas bandinio paviršiaus pažeidimas išmatuojant pažeidimo ilgį, plotį ir gylį.

Kokybiškai eksperimentiniams bandymams atlikti būtina užtikrinti pastovias bandymo sąlygas: padėties, rutulio paleidimo aukščio, rutulio paleidimo vietos. Taisyklingos bandinio padėties užtikrinimui, ant laboratorijos grindų padedama lygi medinė lentelė, kurios paskirtis – užtikrinti bandomosios plokštumos horizontalią padėtį eksperimento metu.

Žinant reikiamą aukštį 1,06 m nuo rutulio paleidimo taško iki bandinio paviršiaus, panaudojant turimą inventorių (stalus, dėžes, medžiagų skiautes ir kt.) dedant daiktus vieną ant kito, užtikrinamas pastovus aukštis iš kurio bus paleidžiamas rutulys. Šį aukštį prieš kiekvieną bandymą reikia patikrinti, dėl galimo skirtingo bandinių aukščio.

$d=45\text{ mm};$
 $h=1,06\text{ m}=22,7d;$
 $a=b=30\text{ cm}=6,67d;$
 $C1=100\text{ mm}=2,22d;$
 $C2=3\text{ mm}=0,0667d;$
 $C3=7\text{ mm}=0,150d;$
 $C=C1+C2+C3=110\text{ mm}=2,44d.$



13 pav. Smūginio atsparumo eksperimento schema

Rutulio paleidimo vietos pastovumas užtikrinamas panaudojant dvi metalines plokšteles, padedant jas iš abiejų rutulio šonų taip, kad rutulys galėtų pajudėti tik viena kryptimi t.y. rutulio kritimo kryptimi.

Sudarius šias pastovias bandymo sąlygas, ant medinės lentelės, skirtos bandiniui padėti, uždedamas baltas popieriaus lapas ir atliekamas pirminis rutulio paleidimo bandymas, skirtas rutulio kritimo trajektorijai ir atsimušimo taškui nustatyti. Ant popieriaus lapo rašikliu pažymima vieta, į kurią atsimušo krentantis rutulys. Tiksliai žinant vietą plane, į kurią bandymo metu atsimuša rutulys, slankiojant bandinį galima paprastai užtikrinti norimą rutulio atsimušimo vietą.

Bandinys tyrimo padedamas ant paruoštos tvirtos medinės plokštės, kurios paviršius visiškai lygus ir paviršiaus plotas didesnis už bandinio. Kadangi bandinys yra ETICS fragmentas, tai bandant, įtvirtinimo sąlygoms užtikrinti, bandinys tiesiog rankomis laikomas už šonų, rankas glaužiant ir prie paruoštos medinės plokštės, taip imituojant, kad bandinio šonai ir apačia yra įtvirtinti nuo šoninio poslinkio.

Atliekant smūginio atsparumo bandymus, gan dažnai yra pasirenkama Martinet - Baronnie metodika, kuri yra tinkama tinkuojamųjų sistemų smūginiams bandymams, tačiau tam reikalinga speciali įranga (Flores-Colen ir kt. 2009, 2999 p.; Flores-Colen ir kt. 2008, 219 p.).

2.3. Skaitmeninis mikroskopas

Bandinių paviršiaus pažaidoms ir plyšiams stebėti bei matuoti panaudoti du elektroniniai skaitmeniniai mikroskopai, valdomi specializuotų programų:

a) Celestron 44302 (stebėjimo, fotoaparato, filmavimo režimai), optinis didinimas iki 4x, skaitmeninis – iki 150x; optinė skyra – iki 1,3 Mp (1280x1024), objektų apšvietimas – 6 baltais šviesos diodais. Mikroskopo masė 113 g, matmenys – 108x32 mm; USB 2 sąsaja su kompiuteriu.

b) DM 500 (stebėjimo, fotoaparato, filmavimo, matmenų, atstumų ir plotų matavimo režimai), optinis didinimas iki 5x, skaitmeninis – iki 400x; optinė skyra – iki 2 Mp (1600x1200), objektų apšvietimas – 6 baltais, reguliuojamos galios šviesos diodais.

Mikroskopo masė 120 g, matmenys – 108x32 mm; USB 2 sąsaja su kompiuteriu.

2.4. Mirkymas rūgštiniame tirpale

Mirkant bandinius HCl rūgšties tirpale, jų struktūra ėsdinama ir galima nustatyti bandinio struktūrą, baigiamojo sluoksnio grūdelių pasiskirstymą, nustatyti ar nėra susiformavusių oro pūslelių, tarp skirtingų sistemos sluoksnių.

Metodo esmė tokia, kad horizontalioje padėtyje parengiama lygaus paviršiaus vonelė, į ją pripilama 1-2 mm HCl rūgšties tirpalo ir bandiniai baigiamojo sluoksnio paviršiaus plotu, įmerkiami į paruoštą vonelę (žr. 14 pav.). Priklausomai nuo rūgštinio tirpalo poveikio agresyvumo, tiriamajai medžiagai, bandiniai nuolat stebimi ir, jei reikia, bandinio baigiamojo sluoksnio grūdelių atsidengimui paspartinti, panaudojamas gramžtukas, procesui paspartinti.



14 pav. Bandinių mirkymo rūgštiniame tirpale bandymas.

2.5. Bandinių kaitinimo įranga

Džiovykla SNOL 200/200 su elektroniniais temperatūrinio režimo ir ventiliatoriaus apsukų intensyvumo kontrolieriais; didžiausioji pasiekama temperatūra – 200°C. Džiovyklos vidiniai matmenys – 710x610x460 mm, išoriniai matmenys – 1043x730x585 mm, masė – 78 kg, elektrinių – varžinių šildymo elementų galia – 2,0 kW (230 V, 50 Hz). Naudota bandinių džiovinimui, terminio poveikio modeliavimui.

Tikėtina, kad bandinių kaitinimas gali turėti įtakos įgėrio savybėms. Tiriant ETIC sistemas, laboratoriskai ir natūraliomis sąlygomis pasendinus bandinius, nustatyta, kad tinko struktūra kito panašiai. Laboratorinių tyrimo metu nustatyta, kad prasidėjus karbonatizacijai, susidarė kalcito kristalai, kurie užkemša poras ir kapiliarus, todėl sumažėjo ir įgėris (Griciūtė ir kt., 2015, 153 p.).

III. EKSPERIMENTINĖ DALIS

Eksperimentinėje dalyje pirmiausiai atliekami pirminiai tyrimai, kurių tikslas yra ištirti ETICS bandinių sluoksnių savybes, taip pat nustatyti atsparumo smūgiams vertinimo metodikos tobulino variantus ir jų pritaikymo galimybes, pasirinkti tinkamiausias tyrimų metodikas, bei jas įsisavinti, atlikti pradinius vandens įgėrio ir atsparumo smūgiams tyrimus. Pagrindinių tyrimų metu, naudojami tyrimams ETICS bandiniai pagaminti atsižvelgiant į pirminių tyrimų metu gautus rezultatus ir pastebėjimus, atliekami pajūrio regione modernizuotų daugiabučių gyvenamųjų namų vandens įgėrio tyrimai, taip pat nustatomi istorinių objektų ir šiuolaikinių restauracinių keraminių dirbinių vandens įgėriai.

Visi pradiniuose ir pagrindiniuose bandymuose panaudoti ETICS bandiniai buvo pagaminti profesionalaus išorinių tinkuojamųjų sistemų įrengimo specialisto. Po sistemos bandinių paruošimo iki eksperimentinių bandymų pradžios buvo išlauktas ne trumpesnis kaip 28 parų laikotarpis.

3.1. Pirminiai ETICS bandinių tyrimai

Pagrindinis pirminių smūginio atsparumo ir vandens įgėrio bandymų tikslas – išsiaiškinti kokia sparti yra eksperimento eiga ir tinkamiausios tyrimų metodikos parinkimas. Smūginio atsparumo pirminių tyrimų metu svarbu nustatyti kaip greitai peleistas iš rutulys pasiekia bandinį ir koks yra rutulio atšokimo aukštis. Rutulys atsimušti į bandinį gali tik vieną kartą. Atšokusį rutulį planuojama pagauti rankomis ir taip apsaugoti bandinį nuo sekančių atsimušimų, todėl labai svarbu įsitikinti, kad atšokimo auštis yra pakankamas ir atšokusio rutulio gaudymo rankomis metodika tinkama. Taip pat nustatyti vandens įgėrį mirkant ETICS bandinius bei ištirti sausų ir įmirkusių bandinių struktūros sluoksnius.

3.1.1. Pirminiams tyrimams naudoti bandiniai

Pirminiams bandymams bandiniai buvo paruošti profesionalaus išorinių tinkuojamųjų sistemų įrengimo specialisto, tačiau bandiniai buvo ruošiami skubos tvarka. Todėl tarp sistemos sluoksnių įrengimo nebuvo daromos 28 parų technologinės pertraukos, kas gali turėti įtakos atliekamų tyrimų rezultatams.

Pirminiams smūginio atsparumo bandymams buvo panaudoti šeši bandiniai: 3 nestandartinių matmenų (žr. 7 lent.) bandiniai su baigiamuoju klijų sluoksniu, 2 nestandartinių matmenų bandiniai su baigiamuoju dekoratyvinio tinko sluoksniu, ir vienas standartinių matmenų (30×30 cm) bandinys su dekoratyvinio tinko sluoksniu ir bandinio centre įmontuota smeige (7 lent.).

7 lentelė. Pirminiai ETICS smūginio atsparumo bandiniai

Bandinio nr.	Bandinio tipas	Bandinio paviršiaus plotas
1	Su baigiamuoju klijų sluoksniu	280 cm ² (14×20 cm)
2	Su baigiamuoju klijų sluoksniu	247cm ² (13×19 cm)
3	Su baigiamuoju klijų sluoksniu	280 cm ² (14×20 cm)
4	Su baigiamuoju tinko sluoksniu	330 cm ² (15×22 cm)
5	Su baigiamuoju tinko sluoksniu	336 cm ² (16×21 cm)
6	Su baigiamuoju tinko sluoksniu	900 cm ² (30×30 cm)

Pirminiams vandens įgėrio bandymams, juos mirkant, iš viso buvo panaudota 12 bandinių: 8 nestandartinių matmenų bandiniai su dekoratyviojo tinko baigiamuoju sluoksniu ir 4 nestandartinių matmenų bandiniai su klijų baigiamuoju sluoksniu (8 lent.).

8 lentelė. Pirminiai ETICS vandens įgėrio bandiniai

Bandinio Nr.	Bandinio paviršiaus plotas, cm ²	Pradinis bandinio svoris, kg
Bandiniai su dekoratyvinio tinko baigiamuoju sluoksniu		
1	168,18	0,29
2	180,18	0,30
3	168,20	0,29
4	203,20	0,33
5	167,20	0,26
6	170,63	0,28
7	123,93	0,19
8	131,12	0,21
Bandiniai su klijų baigiamuoju sluoksniu		
1	186,05	0,26
2	145,70	0,20
3	146,52	0,21
4	180,08	0,22

3.1.2. Pirminiai vandens įgėrio bandymai

Pirminių vandens įgėrio bandymų metu siekiama nustatyti ETIC sistemos bandinių įgėrį panaudojant turimą inventorių ir įvertinti sistemos atitikimą ETAG 004 keliamiems reikalavimams. Vandens įgėris nustatomas pagal metodiką, aprašytą 2.1. skirsnio 2.1.1. poskyryje – „Bandinių mirkymas“. Standartinių matmenų ETIC sistemos bandiniai pjaustomi į 4–5 dalis ir šie nestandartinių matmenų bandiniai (8 lentelė) dedami į paruoštas voneles įgėrio nustatymui (žr. 15 pav.).



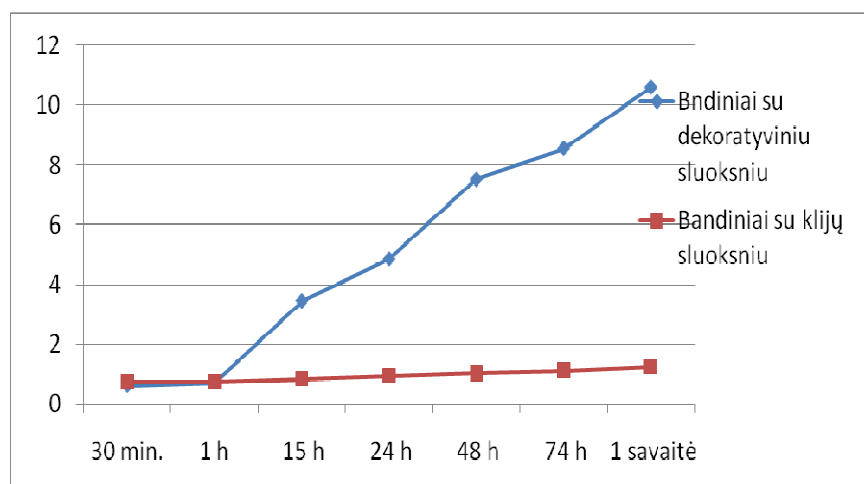
15 pav. Pirminių ETICS bandinių vandens įgėrio nustatymo metodika.

Bandymo trukmė – 1 savaitė. Bandiniai sveriami po tam tikro laiko tarpo ir rezultatai fiksuojami (žr. 2 priedo 1 lent.), apskaičiuojamas įgerto vandens kiekis kg/m^2 (žr. 2 priedo 2 lent.), vidutiniai įgerto vandens kiekiai pateikiami 9 lentelėje, rezultatai pavaizduojami grafiškai (16 pav.) ir ETIC sistemos vandens įgėris įvertinamas pagal ETAG 004 keliamus reikalavimus (10 lent.).

9 lentelė. Vidutinis pirminių bandinių įgerto vandens kiekis

Bandinys:	Vidutinis įgerto vandens kiekis, kg/m^2 po:						
	30 min.	1 h	15 h	24 h	48 h	74 h	1 savaitė
Su dekoratyviniu sluoksniu	0,61	0,72	3,44	4,85	7,51	8,55	10,60
Su klijų sluoksniu	0,75	0,75	0,84	0,94	1,03	1,12	1,24

16 pav. Vidutinis pirminių bandinių įgerto vandens kiekis kg/m^2 per laikotarpį.



10 lentelė. Pirminių ETICS bandinių vandens įgėrio reikalavimų tenkinimas (ETAG 004)

Bandinio tipas	Vandens įgėris, kg/m ²	
	Po 1 h	Per sekančias 23 h
Bandiniai su dekoratyviniu sluoksniu	0,59	3,81
	0,72	4,11
	0,65	3,75
	0,69	5,31
	0,72	3,65
	0,82	5,57
	0,81	4,68
	0,76	2,14
Bandiniai su klijų sluoksniu	0,81	0,11
	0,69	0,34
	0,82	0,20
	0,67	0,11

- netenkina reikalavimų; - tenkina reikalavimus.

3.1.3. ETICS sluoksnių struktūros tyrimai

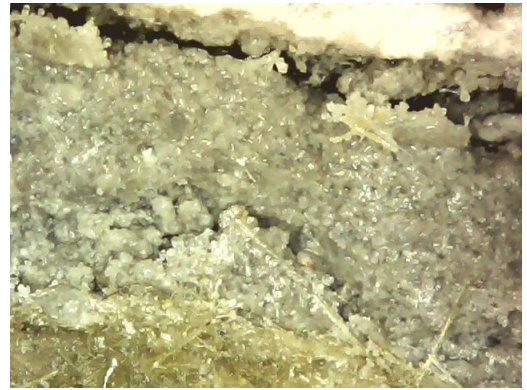
Atlikus pirminius ETIC sistemos vandens įgėrio bandymus, buvo nustatyta, kad bandiniai su dekoratyviniu baigiamuoju sluoksniu po 24 h netenkina ETAG 004 keliamų reikalavimų, tačiau bandiniai su klijų baigiamuoju sluoksniu – tenkina. Siekiant išsiaiškinti sistemos sluoksnių struktūros trūkumus, galimai nulėmusius perdidelį vandens įgėrį, buvo atlikta vizuali apžiūra elektroniniu mikroskopu ir struktūros tyrimas bandinių paviršių ėsdinant HCl rūgšties tirpalu.

Vizuali apžiūra elektroniniu mikroskopu

Elektroniniu mikroskopu buvo apžiūrėti sausi ir įmirkę bandiniai su klijų baigiamuoju sluoksniu ir su baigiamuoju dekoratyvinio tinko sluoksniu (17 ir 18 pav.).



17 pav. Bandiniai su baigiamuoju klijų sluoksniu: sausi (kairėje) ir įmirkę (dešinėje).
Vaizdas padidintas 15 kartų.



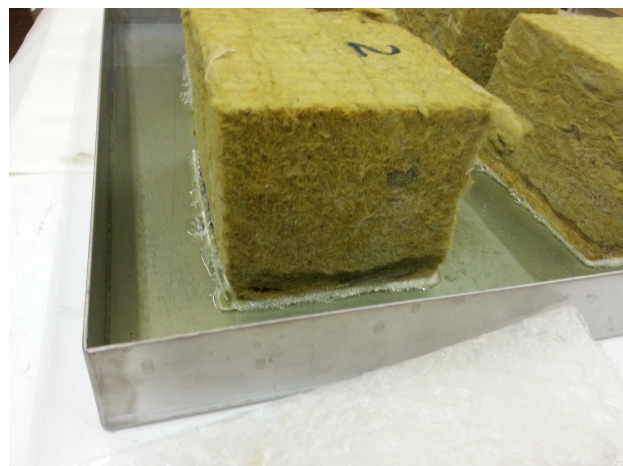
18 pav. Bandiniai su baigiamuoju dekoratyvinio tinko sluoksniu: sausi (kairėje) ir įmirkę (dešinėje). Vaizdas padidintas 15 kartų.

Pastebėta, kad bandinių su baigiamuoju klijų sluoksniu, sukibimas tiek esant sausam, tiek įmirkusiam bandiniui, išliko labai geras, nepastebėta jokių plyšių, išsisluoksniavimo, netolygaus sukibimo. Tačiau bandiniuose su baigiamuoju tinko sluoksniu, pastebėti plyšiai ir struktūros išsisluoksniavimas ties armavimo tinkleliu. Taip pat pastebėta, kad bandinių su klijų baigiamuoju sluoksniu, sukibimas su termoizoliacine medžiaga labai geras, lyginant su baigiamojo tinko bandiniais, kur vietomis aiškiai pastebimas sluoksnių atsiskryrimas ir nesusijungimas.

Struktūros atidengimas panaudojant rūgštinį tirpalą

Atlikus pirminius paviršinės įgerties bandymus ir bandinius apžiūrėjus mikroskopu, bandinio su baigiamuoju dekoratyvinio tinko sluoksniu pakraščiuose buvo pastebėtas sluoksnių atsiskryrimas ties armavimo tinkleliu (žr. 18 pav.). Todėl nuspręsta patyrinėti bandinio struktūrą ėsdinant ją HCl rūgšties tirpalu ir ištirti, ar sluoksnių atsiskryrimas būdingas tik bandinio pakraščiuose ar ir centrinėje bandinio dalyje.

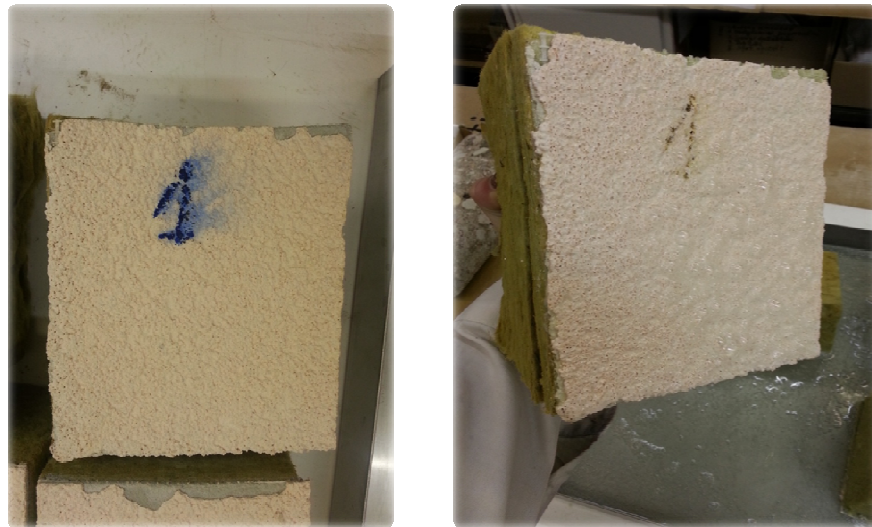
Įdėjus bandinius į rūgštinį tirpalą iškart buvo pastebėtas bandinio dekoratyviojo sluoksnio irimas – putojimo procesas. Po 10 min. nuo bandymo pradžios pastebimi vatos įmirkimo požymiai, vatos spalvos kitimas – ji pagelsta (19 pav.).



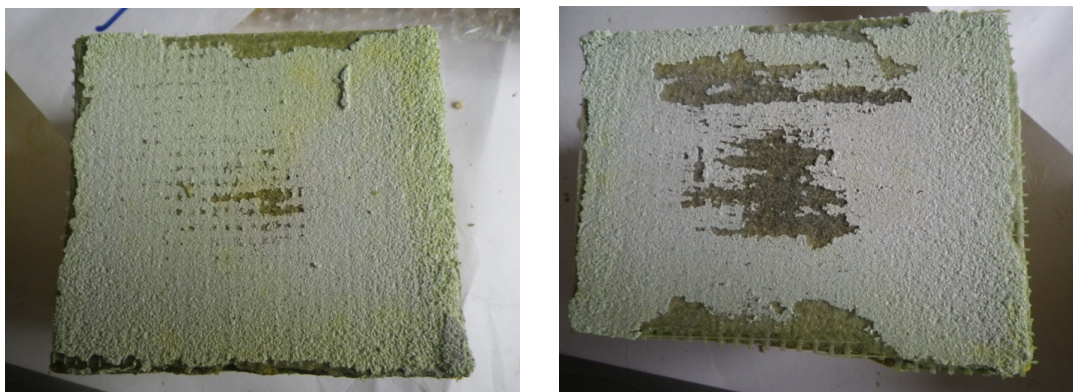
19 pav. Bandinių įmirkimas rūgštiniu tirpalu ir spalvos kitimas.

Kadangi irimo procesas lėtas, praėjus 30 min. nuo bandymo pradžios, bandinių paviršius pagrandomas mentele ir irimo procesas suaktyvėja, atsidengia užpildas. Praėjus 40 min. nuo bandymo pradžios, pastebimas bandinio paviršiaus struktūros netolygumas – vienur dominuoja stambus užpildas, kitur smulkus. Bandinius mirkčius 2 paras pastebimas smulkesnio užpildo atsiskyrimas bandinio centre ir bandinio pakraščiuose – prasto sukibimo vietose, visiškai termoizoliacinės medžiagos atsidengimas (21 pav.).

Paviršiaus tolygumas taip pat įtakoja mikroorganizmų plitimą ant pastato fasadų, o besikaupiantys mikroorganizmai ne tik blogina pastato estetišką vaizdą, tačiau ir padidina ETIC sistemos įgėrį (D'Orazio ir kt. 2014, 27 p.).



20 pav. Bandinio paviršius prieš bandymą (kairėje) ir po 1 h mirkymo rūgštiniame tirpale (dešinėje).



21 pav. Bandinių paviršius po 2 parų mirkymo rūgštiniame tirpale.

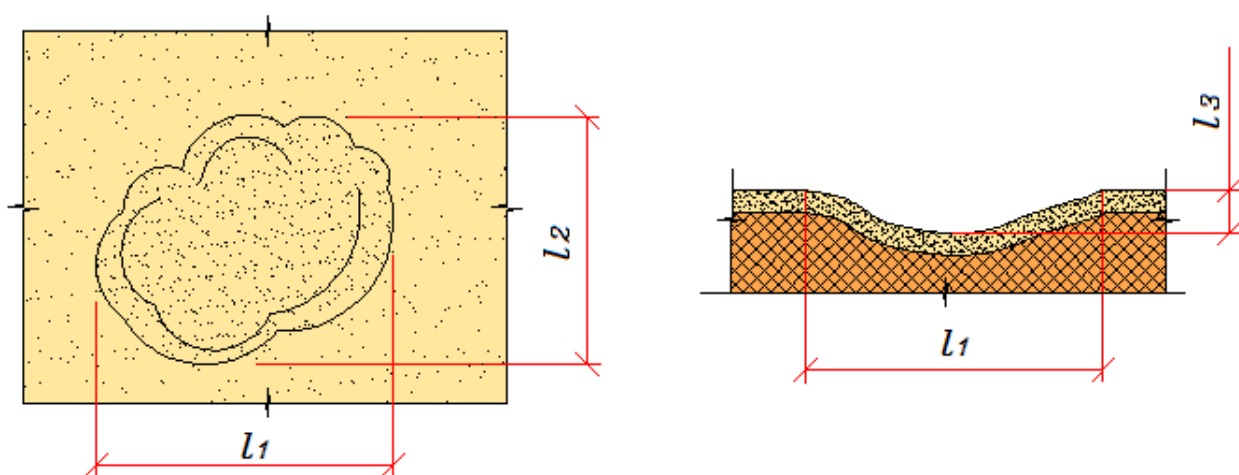
Nustatyta, kad bandinių dekoratyviojo sluoksnio sukibimas su kitais sluoksniais geras ir išsisluoksniavimas būdingas tik bandinio pakraščiuose. Tačiau tinko dalelių pasiskirstymas

skiriasi – stambesnės dalelės susikongrėvusios bandinio pakraščiuose, irimo procesas netolygus.

3.1.4. Pirminiai atsparumo smūgiui bandymai

Pagal 2.2. skirsnyje aprašytą atsparumo smūgiui metodiką ir pateiktą smūginio atsparumo bandymo schemą (žr. 13 pav.) ant pirminių ETICS bandinių, buvo atliekami smūginio atsparumo bandymai.

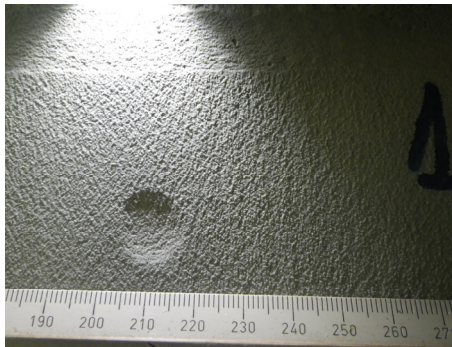
Bandymo metu matuojamas pažeidimo ilgis l_1 , plotis l_2 ir gylis l_3 (žr. 22 pav.). Rutulio sukeltų pažeidimų skaitinės vertės bei pažeidimo pobūdis pateikiami 11-oje lentelėje.



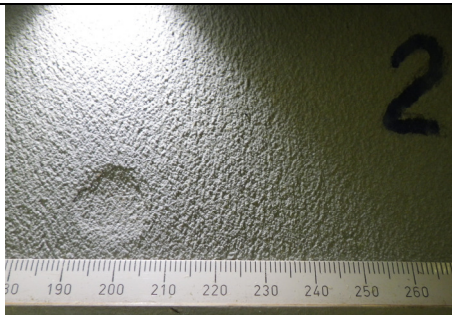
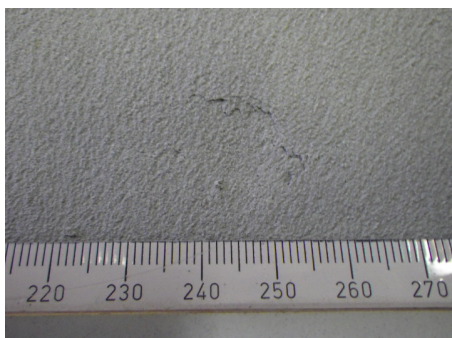
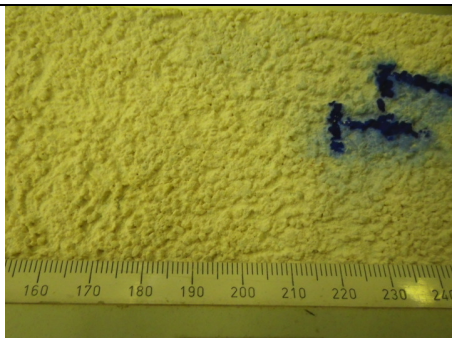
22 pav. Fiksuojamosios smūginio pažeidimo reikšmės: ilgis l_1 , plotis l_2 ir gylis l_3

Pirminiais bandymais nustatyta, kad krentantis rutulys nuo bandinių su baigiamuoju klijų sluoksniu atšoka vidutiniškai apie 15 cm nuo bandinio paviršiaus, o nuo bandinių su baigiamuoju dekoratyvinio tinko sluoksniu vidutiniškai apie 23 cm nuo bandinio paviršiaus.

11 lentelė. Pirminiai ETICS bandymų rezultatai su nestandartiniais bandiniais

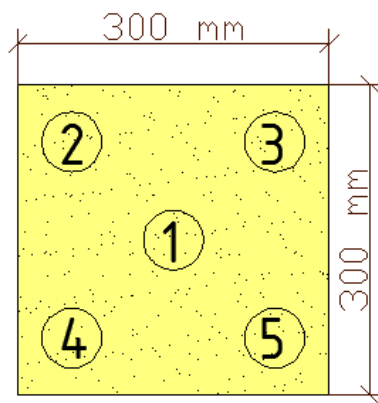
Bandinio nr.	Vaizdas	Pastabos
1		Atsirado įduba, pralaužimo nėra. Įdubos matmenys $l_1=15$ mm, $l_2=16$ mm; $l_3=0,61$ mm.

11 lentelės tęsinys

2		Matomas pralaužimas - įtrūkimas. Matmenys $l_1=15$ mm, $l_2=15$ mm; $l_3=0,56$ mm
3		Atsirado įduba, pralaužimo nėra. $l_1=19$ mm, $l_2=16$ mm; $l_3=0,6$ mm.
4		Nuo rutulio smūgio atšoko tinko dalelės bandinio kraštuose.
5		Pažeidimų nepastebėta.

Atlikus bandymus su turimais nestandartinių matmenų bandiniais ir įvertinus gautus rezultatus bei įsitikinus, kad bandymo metodika pasiteisina ir rezultatų neiškraipo, pradedami bandymai su standartinių matmenų bandiniu, padengtu dekoratyviuoju tinko sluoksniu.

Tiriamos bandinio sritys pavaizduotos 23 pav. pagal eiliškumą, o bandymo rezultatai pateikiami 12 lentelėje.

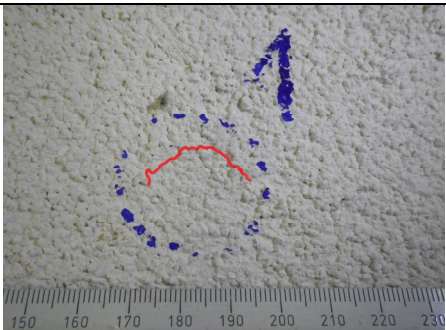
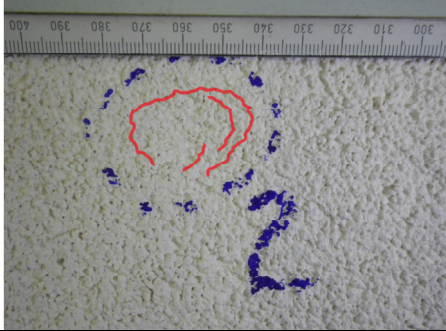


23 pav. Smūginio atsparumo tiriamos bandinio sritys ant pirminio standartinio bandinio

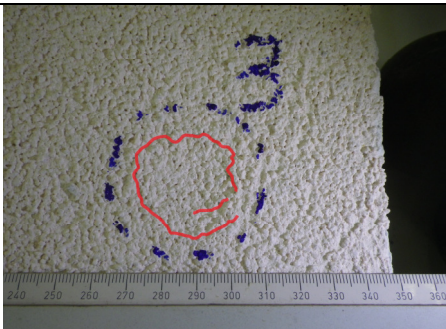
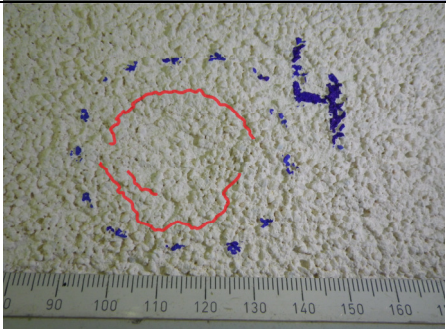
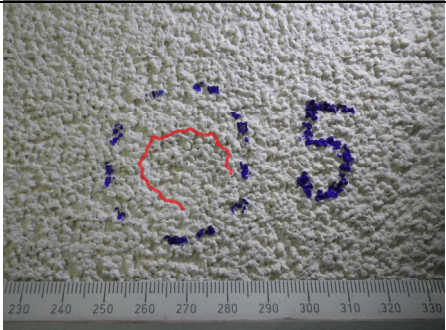
Pirmiausia, išbandyta centrinė bandinio sritis. Tačiau atsižvelgiant į tai, kad turimo bandinio centre yra įmontuota smeigė, kuri gali iškraipyti bandymo rezultatus, išbandomos kraštinės bandinio sritys.

Remiantis gautais bandymų rezultatais su standartinių matmenų bandiniu, galime teigti, kad bandinio centre – sritis nr. 1 (žr. 23 pav.), įmontuota smeigė smūgio metu apsaugo bandinį nuo pralaužimo.

12 lentelė. Pirminiai ETICS bandymų rezultatai su standartinių matmenų bandiniu.

Bandoma zona	Vaizdas	Pastabos
Nr.1		Atsirado įduba, pralaužimo nėra, matomas pusapskritimio formos įtrūkimas. $l_1=22$ mm.
Nr.2		Matomas pralaužimas. Matmenys $l_1=23$ mm, $l_2= 30$ mm, $l_3= 0,31$ mm.

12 lentelės tęsinys

Nr.3		Matomas pralaužimas apskritimo formos. Matmenys $l_1=30$ mm, $l_2=30$ mm, $l_3=0,24$ mm.
Nr.4		Matomas pralaužimas apskritimo formos. Matmenys $l_1=30$ mm, $l_2=30$ mm, $l_3=0,22$ mm.
Nr.5		Matomas pralaužimas. Matmenys $l_1=22$ mm, $l_2=24$ mm, $l_3=0,22$ mm.

Nustatyta, kad rutulio atsokimo aukščio pakanka, jog būtų galima pagauti rutulį atsimušusį tik vieną kartą į bandomąjį paviršių. Remiantis gautais pradinių bandymų rezultatais galima teigti, kad baigiamojo sluoksnio storis įtakoja bandinio atsparumą smūgiams. Didėjant ETICS baigiamojo sluoksnio storiui, mažėja bandinio pažeidimo lygis ir didėja rutulio atsokimo aukštis.

3.1.5. ETICS smūginių pažaidų įvertinimo metodikų tobulinimas

Ieškant objektyvių ETICS bei tinko sluoksnių mechaninių (smūginių) pažaidų įvertinimo metodikų, bandant šias pažaidas išreikšti suprantamais skaičiais, pamėginome išmatuoti smūgio metu pažeistų vietų (rutulio sudarytų „kraterių“ – įspaudų) tūrį. Tam šiuos įspaudus mėginome užpildyti biriais milteliais ir kitokiomis medžiagomis (maltu marmuru, cementu, modelinu, gipso skiediniu ir t.t.). Tikėjomės, kad po to pavyks pasverti „kraterių“ užpildžiusių medžiagų masę ir taip objektyviai, skaičiais, masės vienetais (vienu lengvai interpretuojamu rezultatu) išreikšti pažaidos gylį, plotą, tūrį.



24 pav. Smūginiai įspaudai paviršiniame ETICS sluoksnyje (po standartizuotų bandymų).



25 pav. Smūginių įspaudų vietos, užbertos cemento milteliais ir užlygintos glaistykje.



26 pav. Siūloma pažaidų įvertinimo metodika.



27 pav. Bandinio vaizdas po siūlomos metodikos išbandymo

Deja, bandymai parodė, kad dalis užpildo ar pagalbinių medžiagų yra teplios, sunkiai nugramdomos nuo pažaidos paviršiaus (modelinas, gipso tešla), o su biriomis medžiagomis (įvairiais milteliais – barstalais) neįmanoma dirbti ant vertikalų paviršių. Be to, išryškėjo ir kitokio pobūdžio sunkumai – dėl apdailinio tinko paviršiaus faktūros, miltelius (o ir plastiškas medžiagas – tešlą, modeliną) nepavyksta tolygiai paskleisti pažaidos vietoje ir tai nepriklauso nuo jų sudėties (cemento, malto kvarco, marmuro ir t.t.) bei smulkumo. Kiekvieną kartą smūgio sudarytame „krateryje“ likdavo skirtingas miltelių kiekis, akivaizdžiai skirtingas būdavo ir jų užimtas plotas: glaistykje smūginės įdubos tolygiai ir vienodai užpildyti nepavykdavo. Taip atsitikdavo dėl apdailinio tinko paviršiaus faktūrinių nelygumų (24-27 pav.). Faktiškai, norint smūginį kraterį užpildyti pasveriamais milteliais ar plastiškomis medžiagomis, šis apdailinis paviršius turėtų būti labai lygus, kaip glaistas. Aišku, kad praktikoje ETICS paviršinis sluoksnis tokiu būna labai retai. Eksperimentuodami su įvairiais glaistykje paskleidžiamais milteliais ir kitokiomis medžiagomis įsitikinome, kad bet kokie faktūriniai nelygumai neleidžia efektyviai

panaudoti šio pradžioje mūsų siūlyto pažaidų įvertinimo metodo (26 pav.). Dėl to darbe teko naudoti įprastinį jų įvertinimo metodą, susijusį su pažaidos įspaudo gylio, skersmens (matmenų, ploto) matavimu ir vizualiniu apibūdinimu (plyšiu buvimu, jų pobūdžiu ir pločiu, pralaužtų ir įspaustų sluoksnių kiekiu ir kt.).

3.2. Pagrindiniai tyrimai

Pirminių bandymų metu išbandžius ir įsisavinus bandymo metodikas, atliekami pagrindiniai ETICS tyrimai su standartinių matmenų bandiniais (žr. 7, 8 lent.), kurie pagaminti atsižvelgiant į pirminių bandymų pastebėjimus – nuspręsta nuodugniau ištirti technologinių pertraukų tarp sistemos sluoksnių įrengimo įtaką sistemos ilgaamžiškumui. Taip pat atliekami įgėrio bandymai pajūrio regione eksploatuojamuose renovuotuose fasaduose, bei nustatomi kitų statybinių dirbinių vandens įgėriai.

3.2.1. Pagrindiniams tyrimams naudoti bandiniai

Pagrindinių bandymų metu panaudotus bandinius galima suskirstyti į tris grupes: ETIC sistemų bandiniai, pajūrio regione esami modernizuoti objektai ir kiti statybiniai dirbiniai.

ETICS bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu (28 pav.)

Pagrindiniams ETIC sistemos bandymams iš viso panaudoti septyni standartinių matmenų (30x30 cm) bandiniai: penki bandiniai su baigiamuoju išoriniu apdailos tinko sluoksniu ir du bandiniai be jo (13 lentelė). Bandiniai pagaminti išlaukiant skirtingą laikotarpį tarp sistemos sluoksnių įrengimo (0h, 2h, 24h, 28 paros ir 48 paros).

13 lentelė. ETICS bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu

Bandinio nr.	Bandinio tipas (pagal išlauktą laikotarpį)	Bandinio paviršiaus plotas
1	0 h (be baigiamojo sl.)	900 cm ² (30×30 cm)
2	0 h	900 cm ² (30×30 cm)
3	2 h	900 cm ² (30×30 cm)
4	2 hv (be baigiamojo sl.)	900 cm ² (30×30 cm)
5	24 h	900 cm ² (30×30 cm)
6	28	900 cm ² (30×30 cm)
7	48	900 cm ² (30×30 cm)



28 pav. Bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu.

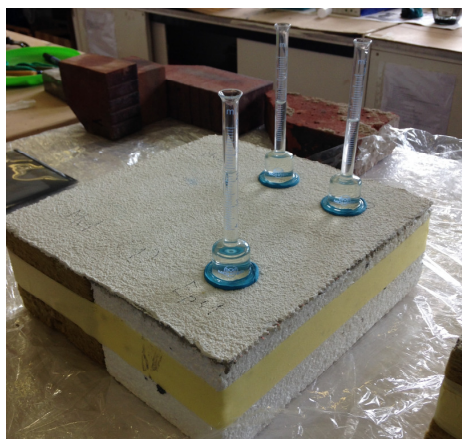
ETICS bandiniai su EPS/ MW termoizoliaciniu sluoksniu (29 pav.)

Svarbu ištirti ne tik skirtingas ETIC sistemas, tačiau taip pat ir skirtingų sistemų susijungimo zonas. Žinoma, didžiausią įtaką šiai zonai daro žmogiškasis faktorius – sistemos montuotojo kokybiškas darbas, tam reikia nuolat prižiūrėti ir tobulinti sistemų įrengimo technologiją (Sulakatko ir kt. 2014, 304 p.). Esant plačiam ETIC sistemų panaudojimui, nuolat yra ieškoma ir naujų sistemos įvertinimo, kokybės tyrimo būdų, analizuojami galimi defektai ir pagal defektų pobūdį, paskiriamos remonto technikos (Amaro ir kt. 2013, 1259 p.). Svarbu užtikrinti tinkamą sistemos kokybę ir vos pastebėjus pirmuosius defektų požymius, juos nedelsiant eliminuoti, o sistemų sandūrų vietos yra ypač reikšmingos bendram visos sistemos darbui. Tyrimais nustatyta, kad gamtos tausojimas labiau priklauso nuo panaudojamo termoizoliacinio sluoksnio, nei nuo tinkuojamosios sistemos ir nustatyta, jog sistemos pagaminimas EPS pagrindu yra draugiškesnis aplinkai, už sistemą su MW termoizoliaciniu sluoksniu (Potrč ir kt. 2016, 321 p.).

Pagrindiniams skirtingų sistemų bandymams iš viso panaudoti keturi bandiniai: du bandiniai pagaminti su grunto sluoksniu ir du bandiniai be jo.

14 lentelė. ETICS bandiniai su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu

Bandinio nr.	Bandinio tipas	Bandinio paviršiaus plotas
1	su grunto sl.	900 cm ² (30×30 cm)
2	be grunto sl.	900 cm ² (30×30 cm)
3	su grunto sl.	900 cm ² (30×30 cm)
4	be grunto sl.	900 cm ² (30×30 cm)



29 pav. Bandiniai su EPS/ MW termoizoliaciniu sluoksniu

Pajūrio regione modernizuoti objektai

Pasirinkti trys pajūrio regione, Klaipėdoje (žr. 31, 32 ir 33 pav.), eksploatuojami renovuoti objektai. Pastatų paviršinės įgerties Karsteno vamzdeliais tyrimai suderinti su pastatus administruojančia įmone ir gautas pritarimas tyrimams atlikti. Visų trijų pasirinktų modernizuotų daugiabučių gyvenamųjų namų rangovai skirtingi ir modernizacija atliekama skirtingu laiku: 2015 metų pabaiga, 2016 metų pradžia, 2016 metų pabaiga. Apžiūrėjus objektus, nustatyta, kad būklė puiki, ant modernizuotų fasadų nepastebėta jokių išorinių tinkuojamosios sistemos defektų ar spalvos pakitimų. Žinoma, agresyviausias vėjo įpučiamo lietaus į fasadą poveikis pasireiškia viršutinėse pastatų dalyse prie parapetų (Blocken ir kt. 2012, 357 p.), tačiau neturint galimybės pasiekti aukščiausių pastato fasado dalių, tyrimus numatoma atlikti lengvai pasiekiamose pastato vietose.



30 pav. Tiriamųjų eksploatuojamų renovuotų objektų lokalizacija.



31 pav. Tyrimo objektas nr. 1 (modernizacijos pabaiga - 2015 pabaiga)



32 pav. Tyrimo objektas nr. 2 (modernizacijos pabaiga - 2016 pradžia)



33 pav. Tyrimo objektas nr. 3 (modernizacijos pabaiga - 2016 pabaiga)

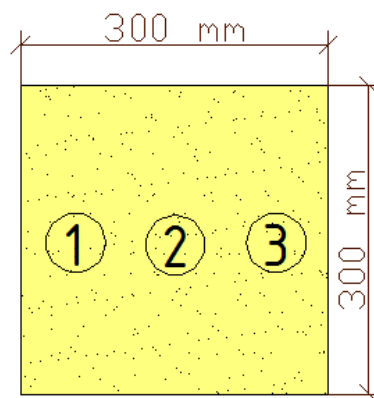
Kiti statybiniai dirbiniai

Šioje kategorijoje tiriamas istorinių objektų keraminių dirbinių (čerpių, plytų iš Viklyčių vietovės, Piktupėnų, Lypkių, Šilgalių dvaro, Klaipėdos universiteto pedagogikos fakulteto) ir šiuolaikinių restauracinių keraminių dirbinių (Luizės gimnazijos, Klaipėdos universiteto pedagogikos fakulteto restauracinės sukepintos keramikos dirbiniai, olandiškos plytos) vandens įgėris Karsteno vamzdeliais. Siekiant palyginti Karsteno vamzdelių ir bandinių mirkymo metodikų patikimumą, Olandiškų plytų vandens įgėris taip pat nustatomas ir bandinius mirkant vonelėse.

3.2.2. ETICS bandinių atsparumas smūgiui

Bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu

Bandymų tikslas – išsiaiškinti kaip bandinio pagaminimo trukmė įtakoja bandinio atsparumą smūgiams. Pagal ETAG 004 reikalavimus, tarp armuoto ir baigiamojo sluoksnių įrengimo, reikia išlaukti bent 28 paras. Tyrimo metu bandomi 7 bandiniai (9 lentelė). Pagal 2.2. skyriuje aprašytą metodiką, kiekvieno bandinio atsparumas smūgiams bandomas 3 srityse (34 pav.).



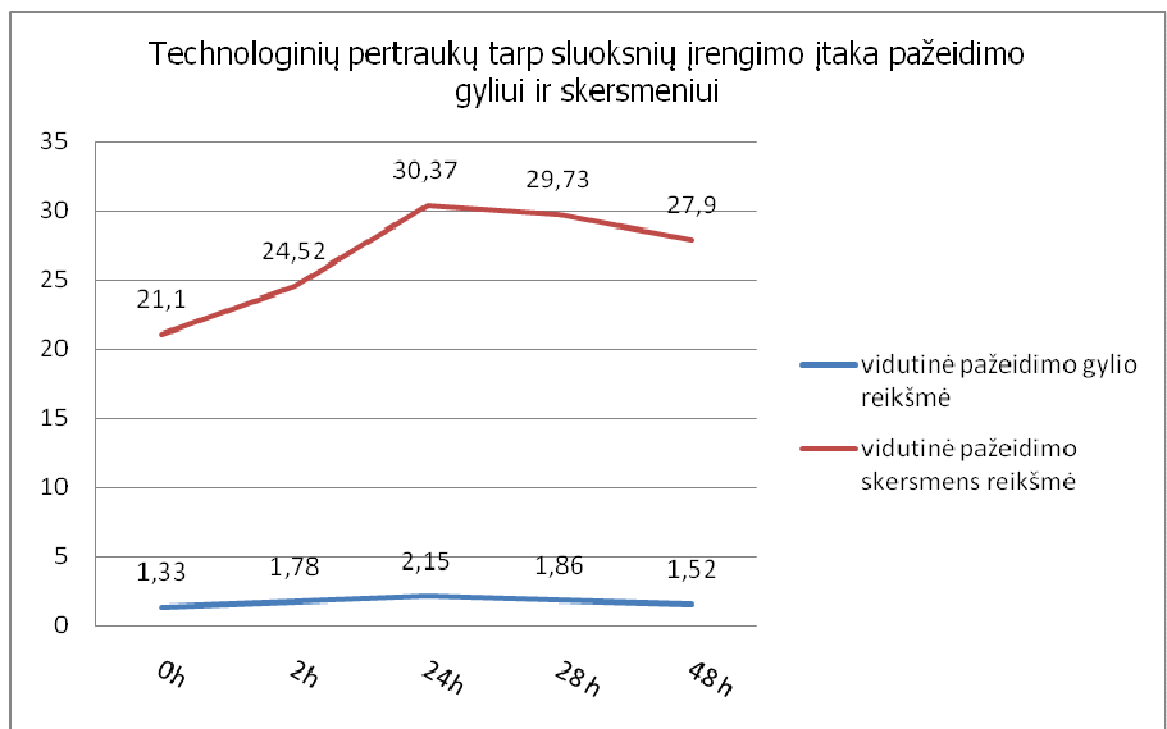
34 pav. ETICS bandinių su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu tiriamos bandinio sritys

Bandinio įtrūkimai, atsiradę smūginio atsparumo bandymo metu, paryškinami pieštuku, kad taptų aiškiai matomi ir fiksuojamas jų vaizdas. Bandymo rezultatai – rutulio padarytas bandinio paviršiaus pažeidimo vaizdas, pažeidimo įdubos ilgis l_1 , plotis l_2 ir gylis l_3 pateikiami 3 priede.

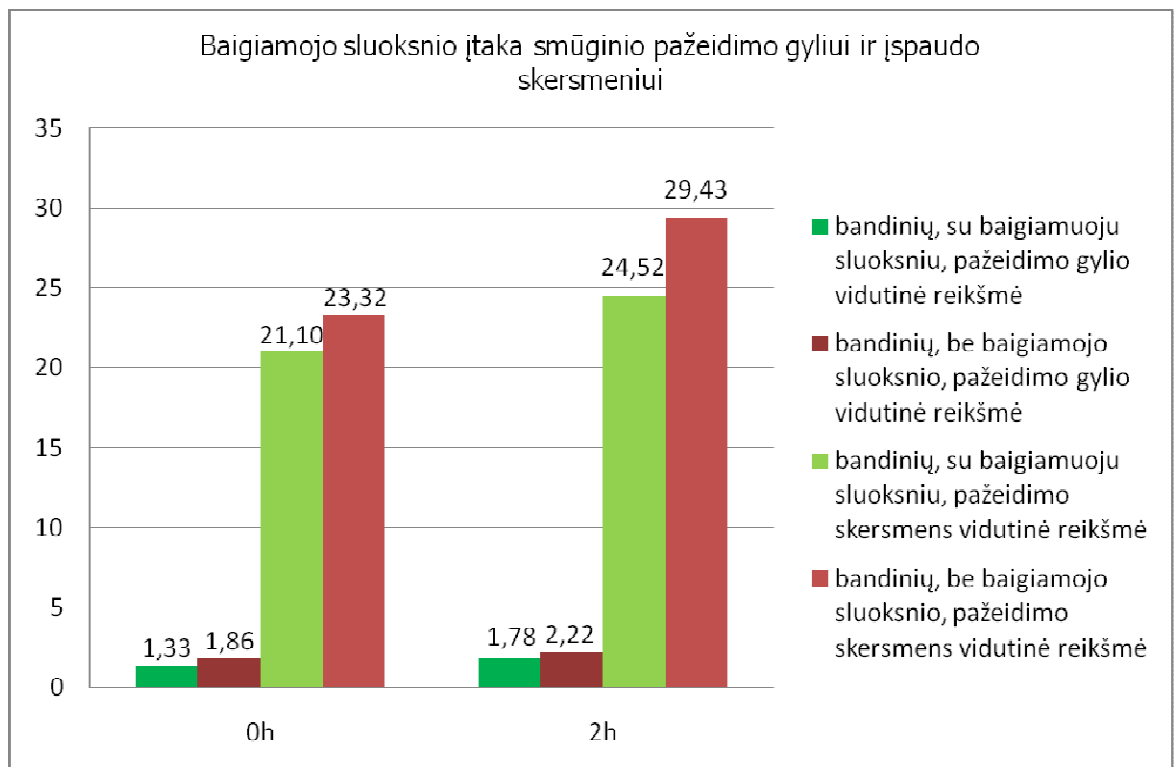
Pagal gautus rezultatus, sistema priskiriama II atsparumo smūgiui kategorijai – bandomose zonose atsirado įtrūkimai, tačiau tinko sluoksnis nebuvo pradaužtas ir neatsidengė armuotas sluoksnis. Pastebėta, kad skiriasi pažeidimų pasklidimo pobūdis: bandinių, kuriuos gaminant nebuvo išlauktas 24 valandų laikotarpis, įtrūkimų pasklidimo diametras 2-3 kartus didesnis (žr. 3

priedo 1, 2, 3, 4 lent. bandinio vaizdą) nei bandinių, kuriuos gaminant buvo išlauktas 24 valandų laikotarpis – įtrūkimai išsidėstę vienas prie kito, aplink susiformavusią įdubą (žr. 3 priedo 5, 6, 7 lent. bandinio vaizdą). Bandinių, kurių sluoksniai įrengiami iškart vienas po kito, smūginis atsparumas didžiausias (žr. 35 pav.).

Bandiniai pažeidžiamiausi, kai paruošiami tarp sluoksnių įrengimo išlaukiant 24 valandas, o praėjus 28 parų laikotarpiui - smūginis atsparumas didėja (žr. 35 pav.). Rekomenduojama išlaukti bent 28 paras tarp sluoksnių įrengimo (žr. 35 pav.). Bandinių su baigiamuoju sluoksniu smūginis atsparumas didesnis vidutiniškai 33% (žr. 36 pav.).



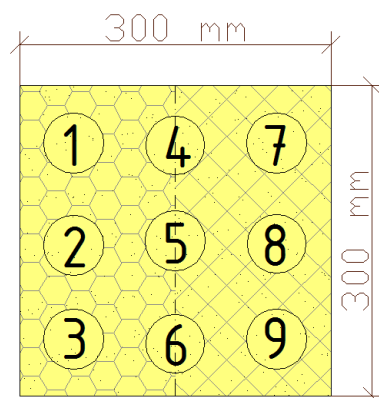
35 pav. Technologinių pertraukų tarp sluoksnių įrengimo įtaka smūginio pažeidimo gyliui ir įspaudos skersmeniui



36 pav. Baigiamojo sluoksnio įtaka smūginio pažeidimo gyliui ir įspaudo skersmeniui

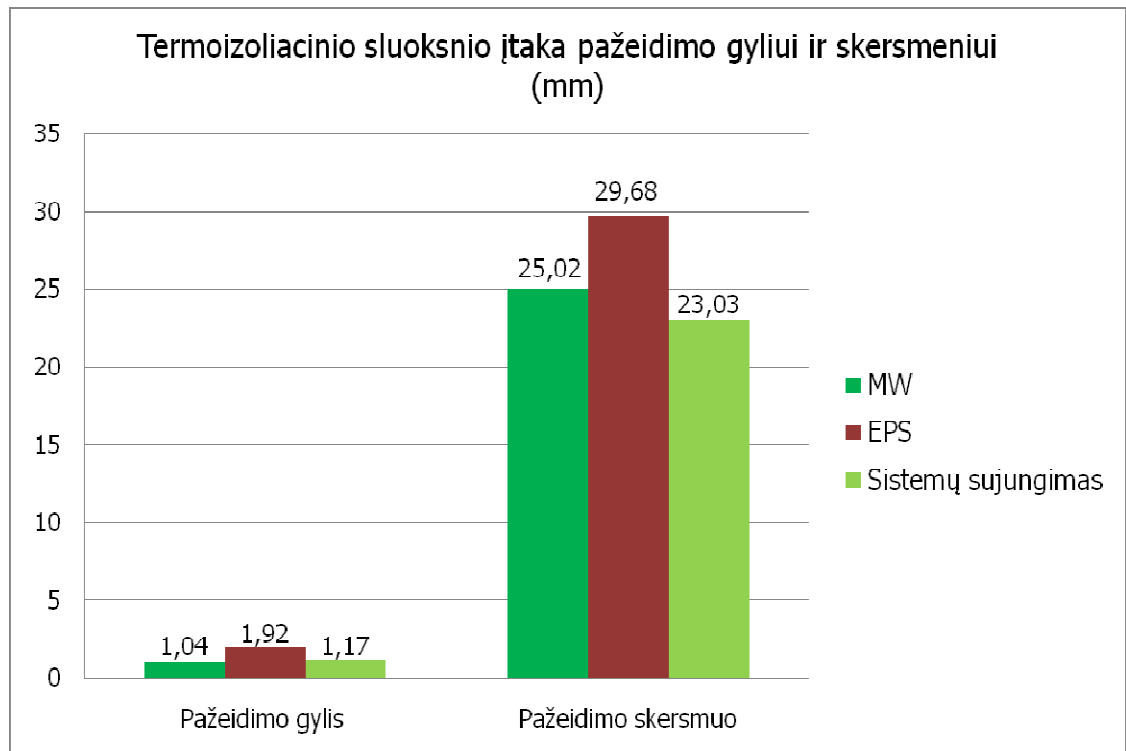
ETICS bandiniai su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu

Bandymų tikslas – išsiaiškinti kaip termoizoliacinės medžiagos atmaina įtakoja bandinio atsparumą smūgiams. Pagal 2.2. skyriuje aprašytą metodiką, bandinio atsparumas smūgiams bandomas 9 srityse (37 pav.): ETICS su EPS termoizoliacija (1-3 poz.), skirtingų sistemų sujungimo vietos (4-6 poz.), ETICS su akmens vatos termoizoliacijos sluoksniu (7-9 poz.).



37 pav. ETICS bandinių su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu tiriamos bandinio sritys

Bandymo rezultatai – rutulio padarytas bandinio paviršiaus pažeidimo vaizdas, pažeidimo įdubos ilgis l_1 , plotis l_2 ir gylis l_3 , maksimalaus atsivėrusio plyšio dydis pateikiami 4 priede. Vidutinės smūginio pažeidimo gylio ir įdubos skersmens reikšmės pateikiamos 38 pav..



38 pav. Termoizoliacinio sluoksnio įtaka smūginio pažeidimo gyliui ir įdubos skersmeniui

Nustatyta, kad atlikto bandymo sąlygomis, sistema pažeidžiamiausia su EPS termoizoliacijos sluoksniu, o skirtingų sistemų sujungimo vietoje sistema atspariausia pažeidimams (žr. 38 pav.).

3.2.3. Šilumos nuostolių įvertinimas per nevienalyčius ir įlaužtus ETICS bandinius

Siekiant nustatyti ir vizualiai įvertinti defektų (įlaužų) ir nevienalytiškumo (plastikinės smeigės su plienine šerdimi, siūlės tarp skirtingų šiltinimo medžiagų) įtaką ETIC sistemos bandinių šiluminiam laidžiui, šie buvo įstatyti į atviras džiovavimo spintos dureles, užsandarinti ir joje palaikoma pastovi 50...70 °C temperatūra. Tarp temperatūros patalpoje (iš apdailinės bandinio pusės - nuo 20 iki 23 °C esant 52-60 proc. santykiniam oro drėgnumui) ir džiovvykloje palaikomos temperatūros (iš nominalaus 100 mm storio šiltinimo sluoksnio pusės) buvo 30-47 °C skirtumas. Keliant temperatūrą džiovvykloje iki numatytosios ir ją išlaikant pastoviai, vaizdas stebėtas / matuotas termovizorine kamera, preliminariai ją sufokusavus taip, kad didžiąją dalį momentinės nuotraukos sudarytų kvadratinės formos bandinio vaizdas IR bei regimajame diapazone. Termovizoriaus ekrane registruotos ir sąlyginėmis spalvomis atvaizduotos temperatūrinės skalės ribos buvo apie 50 °C.

Apie įlaužų ir intarpų (terminių tiltelių) įtaką spęsta pagal jų „pasirodymo“ spartą termovizoriaus ekrane; temperatūros skirtumus matavimų (termovizoriaus fokusavimo) lauke; šoninio įšilimo spartą (bandinių matmenys buvo mažesni už džiovyklos durelių angos matmenis, jų nepavyko idealiai užsandarinti papildoma šiltinimo medžiaga, todėl bandinių šiltinimo sluoksnis įšildavo ir iš šonų.

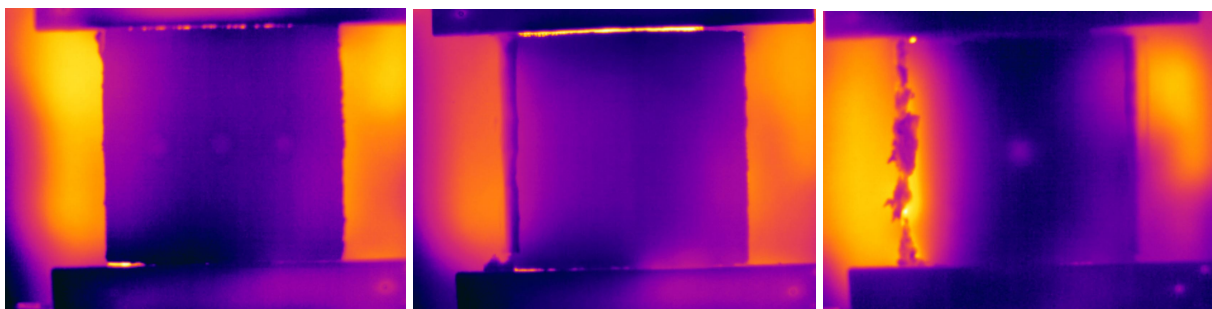
Tyrimų metu pastebėta, kad ETIC sistemoms būdingas terminis inertiškumas: jei džiovykloje užsiduota temperatūra būdavo pasiekama per 20-30 min., tai temperatūrų kontrastui išoriniame paviršiuje pastebėti prireikdavo mažiausiai 1 val. ir dar geriau, kai temperatūros skirtumo būta didesnio – apie 47-50 °C. Nuspręsta, kad bandymas spartesnis, kai temperatūra krosnelėje yra 70 °C, nors Pajūrio regiono žiemos klimato toks temperatūros kontrastas yra retas.

Rezultatai trumpai aptarti 14 lentelėje ir pateikiami 39 pav..

14 lentelė. ETICS bandinių stebėjimų termovizoriumi duomenys

Eil. nr.	Bandinio apibūdinimas	Aprašomojo pobūdžio rezultatai
1.	ETICS MW su po 28 parų uždėtu apdailiniu sluoksniu ir 3 smūginėmis įlaužomis (bandinio masė – 1617 g).	Kontrastingas įlaužų IR vaizdas „pasirodė“ tik po 1 val. terminio poveikio 70 °C; per 2 val. matavimo lauke nusistovėjo 1,5–2,2 °C temperatūrinis kontrastas; bandinys įšilo tolygiai.
2.	ETICS su skirtingomis šiltinimo medžiagomis (EPS ir MW) ir siūle tarp jų (smūginių įlaužų nėra, bandinio masė – 1029 g).	Apie 1,5–2 °C temperatūrinis kontrastas tarp EPS ir MW vietų pasirodo jau po 45 min., vėliau jis padidėja iki 2,7 – 3,4 °C; akivaizdžiai sparčiau ir smarkiau įšyla bandinio dalis su EPS; siūlė tarp šiltinimo medžiagų IR vaizde pasirodo vėliausiai, nėra itin akivaizdi.
3.	ETICS MW su tvirtinimo smeige viduryje ir 5 smūginėmis įlaužomis (bandinio masė – 1524 g).	Smeigės vieta IR vaizde išryškėja jau po kelių minučių; šiluminis kontrastas apdailinio sluoksnio paviršiuje po 2 val. – apie 8 °C (intensyviai spinduliuoja smeigės vieta). Įlaužų vietos vizualiai, be programinio apdorojimo yra nepastebimos, vėliau „užmaskuojamos“ šoninio bandinių perkaitimo.

ETICS apdailinio sluoksnio įlaužos, terminių nuostolių požiūriu, būtų mažiau reikšmingos (nuostolingos) nei šioms sistemoms būdingi terminiai tilteliai (tvirtinimo smeigės, siūlės tarp priešgaisrinius reikalavimus atitinkančių šiltinimo sluoksnių), šiltinimo medžiagų atmainos ir savybių skirtumai.

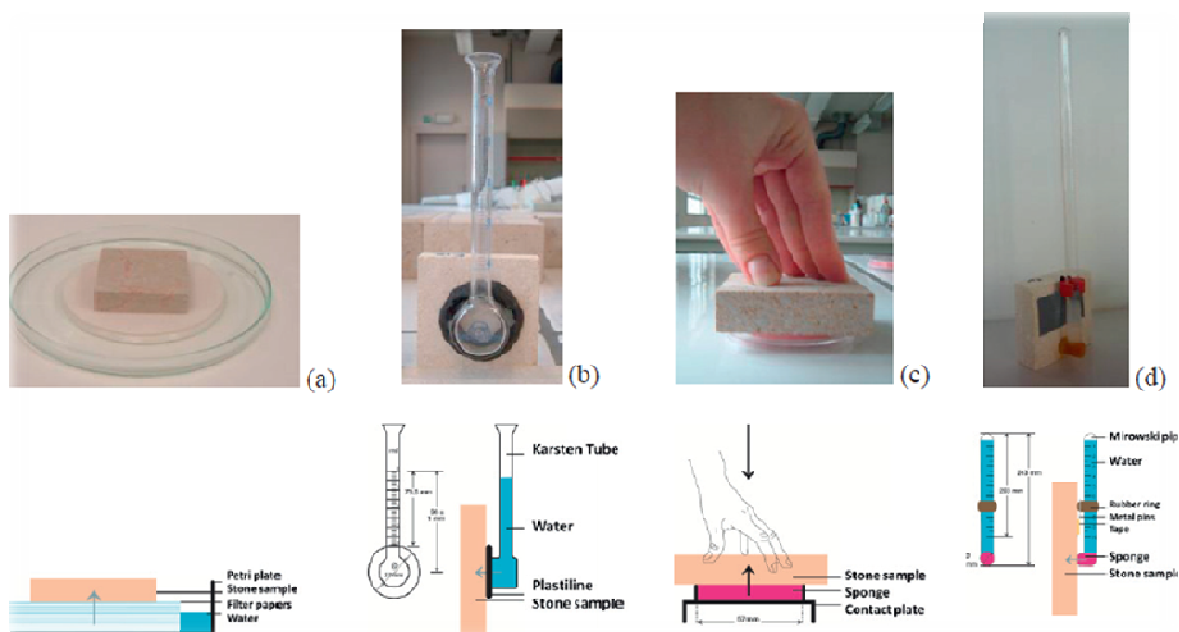


39 pav. Bandinių termovizinės nuotraukos: a – bandinys su trimis smūginėmis pažaidomis
b – bandinys su EPS/MW termoizoliaciniais sluoksniais, c – bandinio centre įmontuota smeigė.

3.2.4. Pagrindiniai vandens įgėrio tyrimai

Pagrindinių tyrimų metu atliekami skirtingų ETIC sistemos bandinių, pajūrio regione modernizuotų objektų ir kitų statybinių dirbinių įgėrio tyrimai. Pagrindinių tyrimų metu įgėris nustatomas Karsteno vamzdeliais, išskyrus Olandiškas plytas, kurių įgėris be Karsteno vamzdelių taip pat dar nustatomas ir bandinius mirkant.

Paviršinės įgerties nustatymo metodus yra ir daugiau (40 pav.), tačiau kadangi numatoma atlikti įgėrio tyrimus tiek laboratorijoje, tiek ant eksploatuojamų objektų, pasirinkta patogiausia ir plačiai pritaikoma prof. Karsteno metodika. Šios metodikos dažnai lyginamos viena su kita, ieškant pranašumų ir trūkumų. Palyginus kontaktinės kempinės ir Karsteno vamzdelių metodikas, padaryta išvada, jog nors kontaktinės kempinės metodikos įranga pigesnė, mobili, paprastesnis naudojimo būdas, tačiau pritaikymo galimybės mažesnės (Vandevoorde ir kt., 2009, 46 p.).



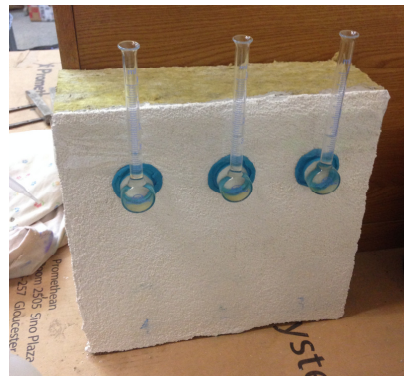
40 pav. Paviršinės įgerties nustatymui taikomos metodikos: a – Kapiliarinio pratekėjimo, b – prof. Karsteno, c – kontaktinės kempinės, d – Mirovskio metodas
(Vandevoorde ir kt., 2013, 321 p.)

ETICS bandiniai su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu

Bandinys padedamas ant lygaus paviršiaus ir pritvirtinami 3 Karsteno vamzdeliai horizontalių paviršių vandens įgėriui nustatyti (žr. 41 pav.). Vamzdeliai užpildomi vandeniu iki 2,5 ml žymės, kas atitinka nepalankiausias regionui galimai pasitaikančias sąlygas esant slėgiui 78,2 mph. Atsižvelgiant į Karsteno vamzdelių gamintojo rekomendacijas, pirmoji bandymo minutė nevertinama. Vandens lygio kitimas prižiūrimas, kad vandens lygis Karsteno vamzdelyje nenukristų daugiau kaip 20%. Fiksuojami įgerto vandens kiekiai po 10 min., po 1h ir įgerto vandens kiekis per sekančias 23 h. Bandinys pritvirtinamas prie vertikalaus paviršiaus lipnia juosta ir pritvirtinami 3 Karsteno vamzdeliai vertikalių paviršių vandens įgėriui nustatyti (žr. 42 pav.).

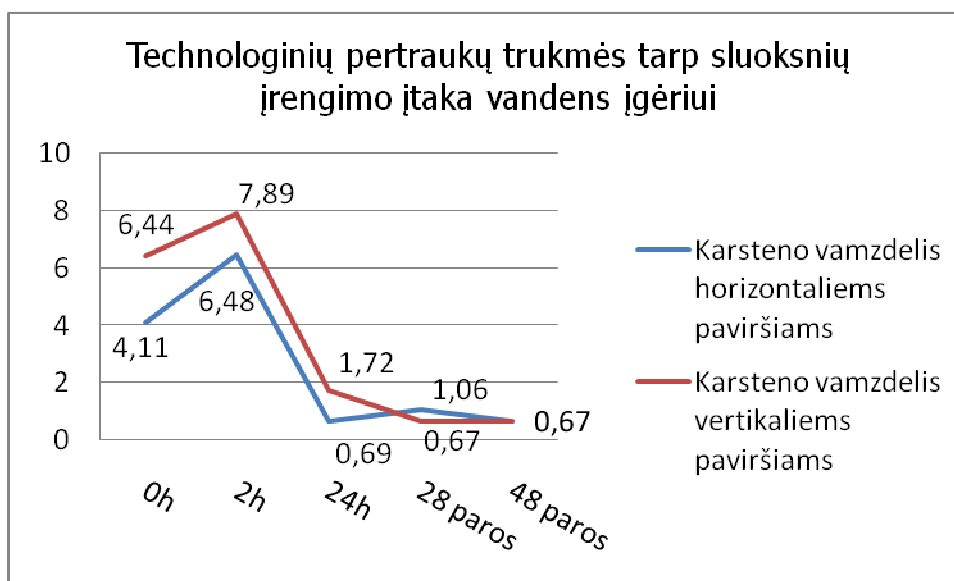


41 pav. Horizontali bandinio padėtis.



42 pav. Vertikali bandinio padėtis.

Įgerto vandens kiekiai fiksuojami, apskaičiuojamos vidutinės įgėrio reikšmės (žr. 5 priedą). Gauti įgėrio bandymo rezultatai pavaizduoti grafiškai 43 pav..

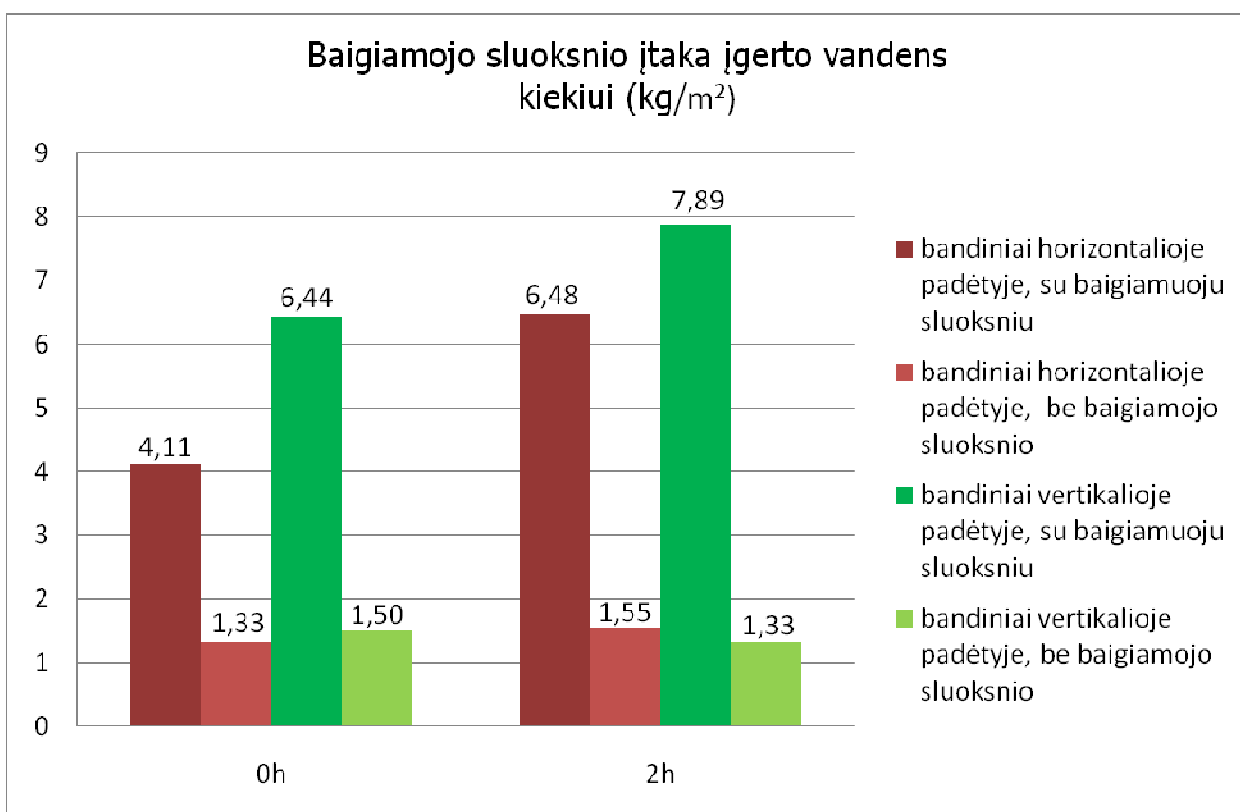


43 pav. Technologinių pertraukų tarp sluoksnių įrengimo įtaka vandens įgėriui

Tos pačios ETICS atmainos vertikalių paviršių įgėrio reikšmės didesnės nei horizontalių (žr. 43 pav.) nuo 22% (2h bandinių grupė) iki 150 % (24h bandinių grupė). ETICS įrengimo technologija ir technologinių pertraukų trukmė, tarp sistemos sluoksnių įrengimo, daro didelę įtaką sistemos vandens įgėriui (žr.43 pav.).

0h bandinių grupės įgerto vandens kiekis 58% mažesnis, nei 2h bandinių grupės, kur tarp sluoksnių įrengimo išlaikomas dviejų valandų laiko tarpas (žr. 43 pav.). Taip galimai įvyko dėl ETICS bandinių gamybos metu įvykusios cheminės sąveikos – nespėjus sukietėti skirtingiems sistemos sluoksniams, jie persimaišė vienas su kitu ir klijuose esantis didesnis polimero kiekis pateko į baigiamąjį sluoksnį, kas galimai nulėmė mažesnę įgerto vandens kiekį.

Siekiant išgauti patenkinamas sistemos įgėrio savybes, rekomenduojama daryti bent 24 valandų technologinę pertrauką tarp ETIC sistemos sluoksnių įrengimo.



44 pav. Baigiamojo sluoksnio įtaka įgerto vandens kiekiui

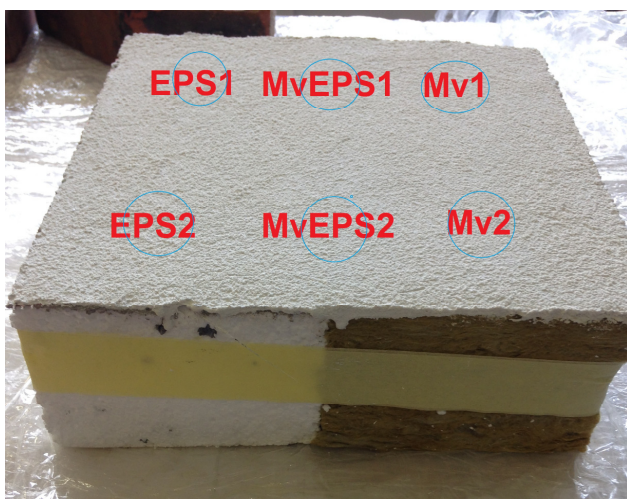
Mažiausiai vandens įgeriama bandinio centrinėje dalyje, galimai dėl netolygios tinko sudėties (žr. 5 priedo 3, 4, 5, 6, 7 lent.). Bandiniai su baigiamuoju sluoksniu įgeria daugiau vandens nei bandiniai be baigiamojo sluoksnio (žr.44 pav.). Bandymo metu vanduo įsigeria į baigiamąjį, o ne į termoizoliacinį bandinio sluoksnį (žr.44 pav.).

Bandinių, kurių sluoksniai įrengiami praėjus bent 24 valandų laiko tarpui, įgertas vandens kiekis žymiai sumažėja ir yra labai artimas leistinajai ETAG 004 įgeriamo vandens kiekio ribai, tačiau jos netenkina (žr. 5 priedo 5, 6, 7 lent.).

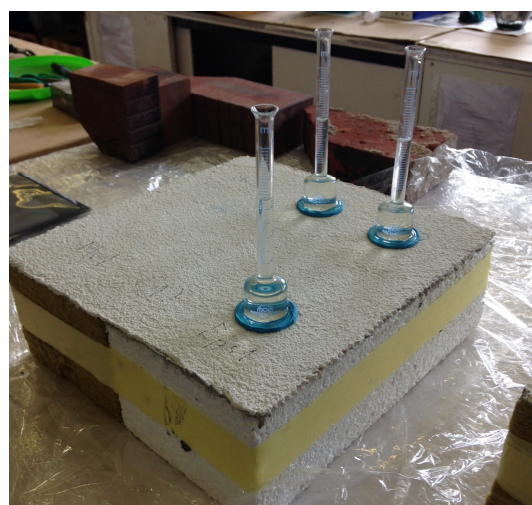
Nei vienas bandinys neatitinka ETAG 004 keliamų reikalavimų, kadangi po 24h vandens įgėrio reikšmės viršija leistinąją $0,5 \text{ kg/m}^2$ ribą (žr. 5 priedą).

ETICS bandiniai su EPS/ MW termoizoliaciniu sluoksniu

Šiai bandinių grupei atliekami dviejų tipų vandens įgėrio tyrimai Karsteno vamzdeliais. Bandiniai tiriami šešiose zonose: 2 ETICS su EPS, 2 ETICS su MW termoizoliaciniu sluoksniu bei 2 skirtingų ETIC sistemų jungimosi vietoje (žr. 45 pav.).

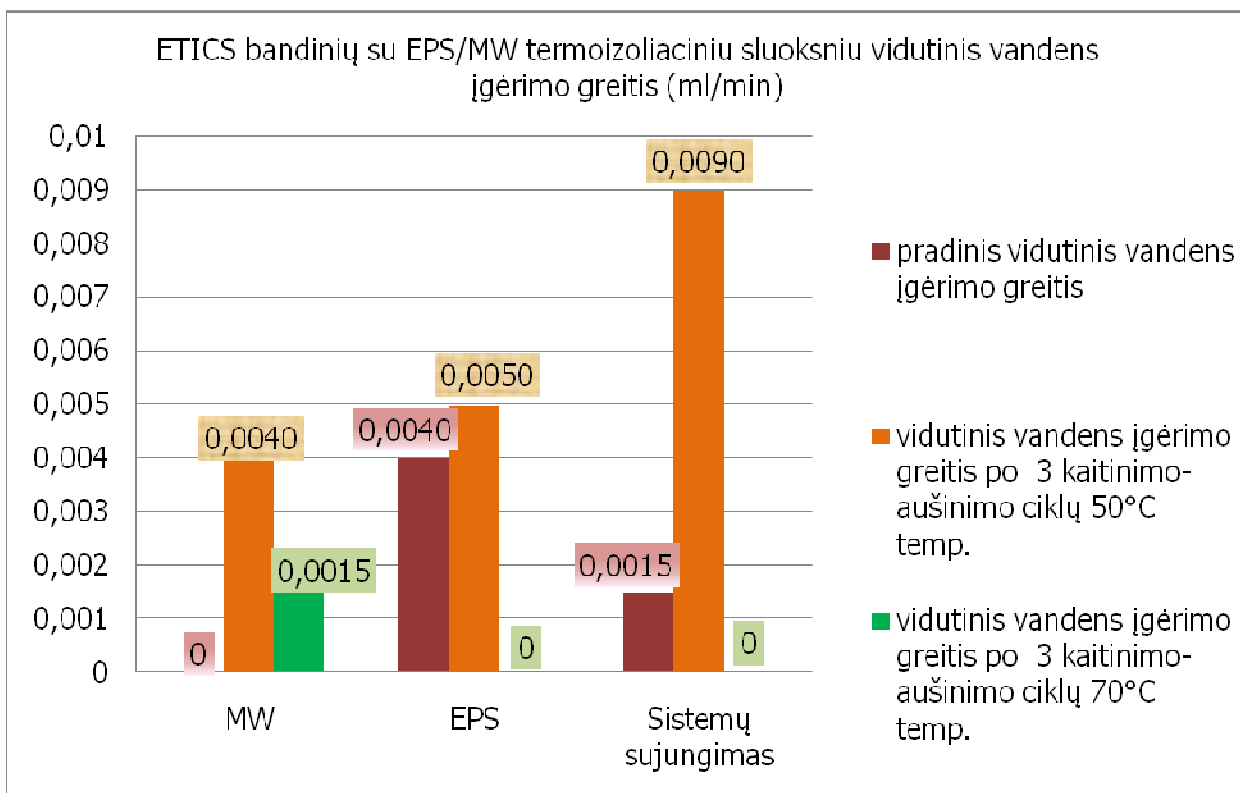


45 pav. Bandomų ETICS zonų schema



46 pav. ETICS paviršinės įgerties bandymas

Pirmasis tyrimas atliekamas vadovaujantis Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiama tyrimo metodika, kai nustatomas įgeriamo vandens greitis. Taip pat nustatoma bandinio kaitinimo įtaka įgėrio greičio kitimui. Pirmiausia nustatomas bandinių įgėrio greitis. Tuomet atliekami trys kaitinimo 50°C – ataušinamo ciklai ir nustatomas įgėrio greitis. Galiausiai atliekami trys kaitinimo 70°C – ataušinamo ciklai ir nustatomas įgėrio greitis. Įgėrio rezultatai pateikiami 6 priedo 1 dalyje. Gauti rezultatai pavaizduoti grafiškai 47 pav..



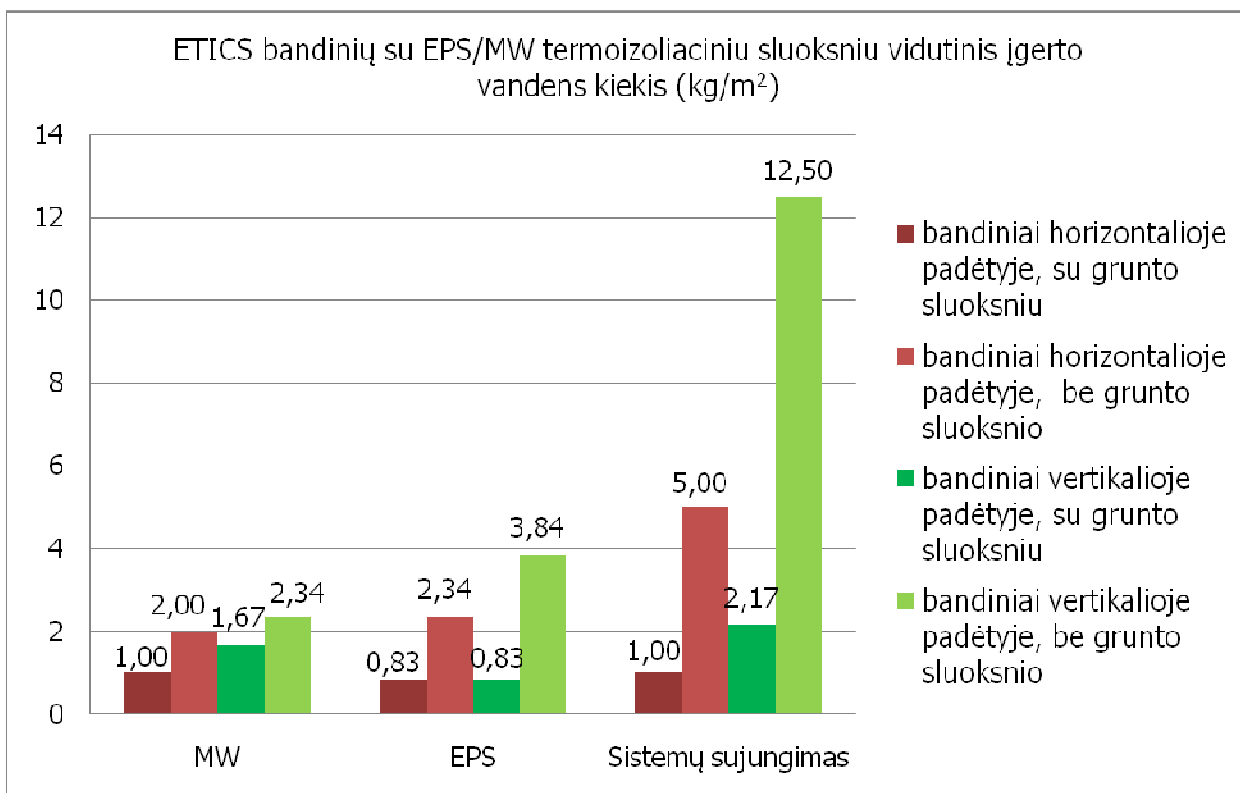
47 pav. ETICS bandinių su EPS/akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu vidutinis vandens įgėrimo greitis

Nei viena pavienė ETIC sistemų vandens įgėrio reikšmė neviršija Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiamos (žr. 6 lent.) maksimalios 2,0 ml/min reikšmės (žr. 6 priedo 1 dalį). Gautos vidutinės įgėrimo greičio reikšmės (žr. 47 pav.) neviršija Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiamos (žr. 6 lent.) maksimalios 0,5 ml/min reikšmės.

Po 3 bandinio kaitinimo 50°C temperatūroje ciklų, bandinio vandens įgėris padidėjo visuose bandomuosiuose plotuose (47 pav.).

Po 3 bandinio kaitinimo 70°C temperatūroje ciklų, bandinio vandens įgėris sumažėjo MW ir EPS sistemų zonose (47 pav.), tačiau dėl paviršiaus išsikreivavimo bandinio kaitinimo metu, nepavyko nustatyti vandens įgėrio sistemų sujungimo vietoje.

Antroji tyrimo metodika taikyta šiai bandinių grupei – Karsteno vamzdeliais nustatyti įgerto vandens kiekiai skirtingų ETICS su EPS, su MW ir šių sistemų sujungimo vietoje (žr. 45 pav.) po 1 valandos ir per sekančias 23 valandas. Gauti rezultatai pateikiami 6 priedo 2 dalyje. Gauti rezultatai pavaizduoti grafiškai 48 pav..



48 pav. ETICS bandinių su EPS/MW termoizoliaciniu sluoksniu vidutinis įgerto vandens kiekis

Didžiausias vandens įgėris nustatytas bandinio centinėje dalyje – sistemų jungimo vietoje, kur susijungia MW ir EPS termoizoliaciniai sluoksniai (žr. 48 pav.). Visi bandiniai tenkina ETAG 004 keliamus įgėrio reikalavimus po 1 valandos, tačiau per sekančias 23 valandas visi bandiniai įgeria per daug vandens (žr. 6 priedo 2 dalį).

Vidutinės įgėrio reikšmės (žr. 6 priedo 2 dalį):

bandinys su MW termoiziliaciniu sluoksniu – $1,89 \text{ kg/m}^2$;

bandinys su EPS termoiziliaciniu sluoksniu – $3,28 \text{ kg/m}^2$;

skirtingų ETIC sistemų jungimosi vietoje – $8,52 \text{ kg/m}^2$.

Daugiausiai vandens įgeriama skirtingų ETIC sistemų jungimosi vietose, o mažiausiai įgeria bandiniai su akmens vatos termoiziliaciniu sluoksniu (48 pav.). Skirtingų ETIC sistemų jungimosi vietoje vandens įgėrio reikšmės keliskart didesnės galimai dėl didelių plyšių esančių tarp šių sistemų (žr. 6 priedo 1 pav.). Bandiniai be grunto sluoksniu įgeria daugiau vandens (48 pav.): akmens vata iki 2 kartų, EPS 3-4 kartus, sujungimų vietos 5-6 kartus. Bandinių akmens vatos pagrindu, be grunto, įgėris didesnis nei su EPS, tačiau padengus grunto sluoksniu – mažesnis nei bandinių su EPS pagrindu.

Pajūrio regione modernizuoti objektai

Siekiant ištirti pajūrio regione eksploatuojamų modernizuotų daugiabučių gyvenamųjų pastatų vandens įgėrį, buvo pasirinkti trys daugiabučiai namai Klaipėdoje (žr. 30 pav.). Pastatų renovacijos laikotarpiai artimi (žr. 31, 32, 33 pav.), tačiau rangovai skirtingi.

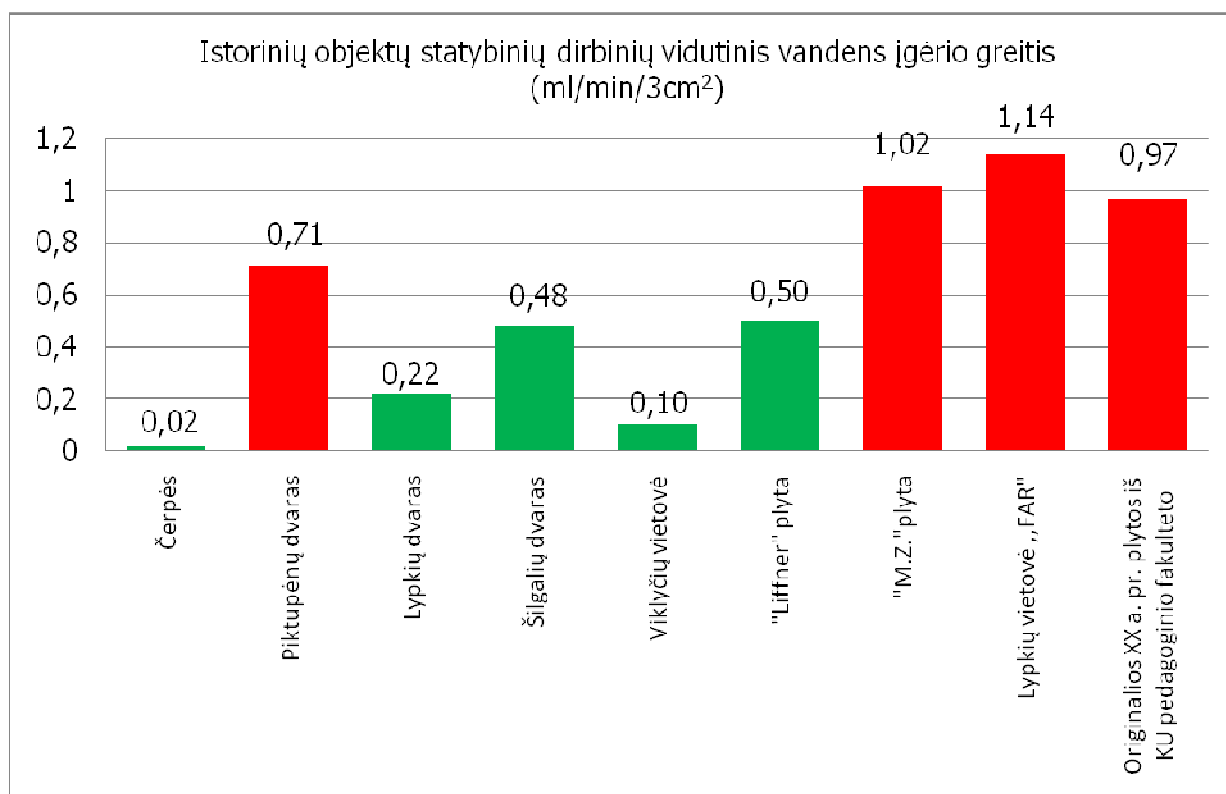
Portugalijoje atliktų tyrimų metu tirta fasadų, padengtų ETIC sistema, hidroterminė būseną ir nustatyta, kad kryptis, į kurią nukreiptas fasadas, įtakoja ant jo susikaupiančio kondensato kiekį ir tuo pačiu įgeriamą vandenį. Per vienerius metus į fasadus vėjo įpučiamas lietaus vandens kiekis pietiniame fasade – 74 l/m^2 , vakariniame – 29 l/m^2 , rytiniame – 19 l/m^2 , šiauriniame – 7 l/m^2 (Barreira ir kt., 2013, 38 p.). Remiantis šio eksperimento rezultatais, pasirinkta tirti fasadų įgėrį, kurie orientuoti į vakarų ir pietų puses, siekiant nustatyti įgėrį nepalankiausiose sąlygose.

Tyrimo tikslas – nustatyti fasado vandens įgėrį po 1 valandos. Dėl galimų vandalizmo atvejų ir saugios tyrimų aplinkos nebuvimo, vandens įgeriamumas po 24 valandų nenustatinėjamas. Prie tiriamojo pastato fasado, pritvirtinami trys Karsteno vamzdeliai. Pripildžius vamzdelį vandeniu pirmoji tyrimo minutė nevertinama, remiantis Karsteno vamzdelių gamintojo rekomendacijomis, kad būtų išvengta įgėrio rezultatų paklaidos dėl paviršiaus sudrėkimo. Įgerto vandens kiekis fiksuojamas kas 20 minučių ir apskaičiuojamas vidutinis įgerto vandens kiekis per valandą į 1 m^2 . Tyrimo sąlygų aprašymai, nuotraukos, pastabos bei rezultatai pateikiami 7 priede.

Pasitvirtino Karsteno vamzdelių gamintojo rekomendacijos – nevertinti pirmosios tyrimo minutės metu įgerto vandens kiekio, kadangi per pirmąją bandymo minutę visų bandymų metu fasado įgėris buvo 0,1 ml, tačiau per sekančią valandą fasadai, dauguma atvejų, vandens neįgėrė. Dauguma atvejų fasadai vandens neįgėrė, išskyrus antrojo tyrimų objekto vakarinį ir pietinį fasadus, (žr. 7 priedo 3 ir 4 lenteles). Tačiau įgerto vandens kiekiai itin maži (0,02 ir 0,05 ml) ir pastebimi per pirmąsias 20 minučių, o po 40 min. ir 1 valandos daugiau vandens įgerta nebuvo. Todėl galima daryti išvadą, kad įgertas vandens kiekis tik sudrėkino tiriamąjį paviršių. Visi trys tirtieji objektai tenkina ETAG 004 keliamus reikalavimus vandens įgėriui per vieną valandą.

Kitos statybinės medžiagos

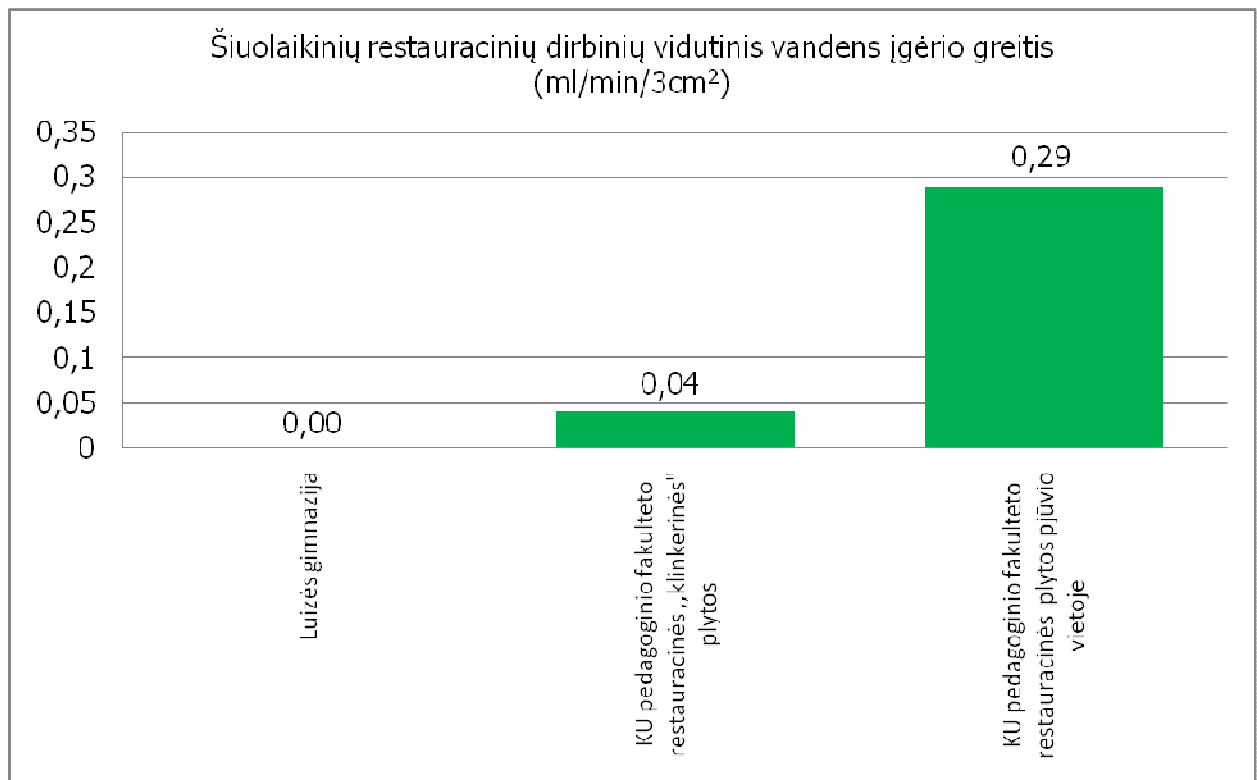
Panaudojant Karsteno vamzdelius nustatomas istorinių objektų keraminių dirbinių ir šiuolaikinių restauracinių keraminių dirbinių vandens įgėris (žr. 8 priedą). Vidutinės vandens įgėrio reikšmės, atsižvelgiant į istorinį statybinių dirbinių gamybos laikotarpį, pavaizduotos 49 pav. ir 50 pav. ir vertinamos pagal Karsteno vamzdelių gamintojo pateikiamas maksimalias fasadų paviršinės įgerties reikšmes, vadovaujantis ilgamete patirtimi (žr. 6 lent.).



49 pav. Istorinių objektų statybinių dirbinių vidutinis vandens įgėrio greitis

Dauguma statybinių dirbinių iš istorinių objektų vis dar išlaikė puikias atsparumo įgėriui savybes ir jų vidutinės įgėrio reikšmės neviršija maksimalios 0,5 ml/min/3cm² reikšmės (žr. 49 pav.). Istoriniai (prieškariniai) dirbiniai pasižymi skirtingu vandens įgėriu, kuris gali būti ir didesnis, nei rekomenduojamas pagal šiuolaikinius reikalavimus. Tikėtina, kad statinių ir konstrukcijų ilgalaikiškumui didelę įtaką daro ir architektūriniai - konstrukciniai sprendimai.

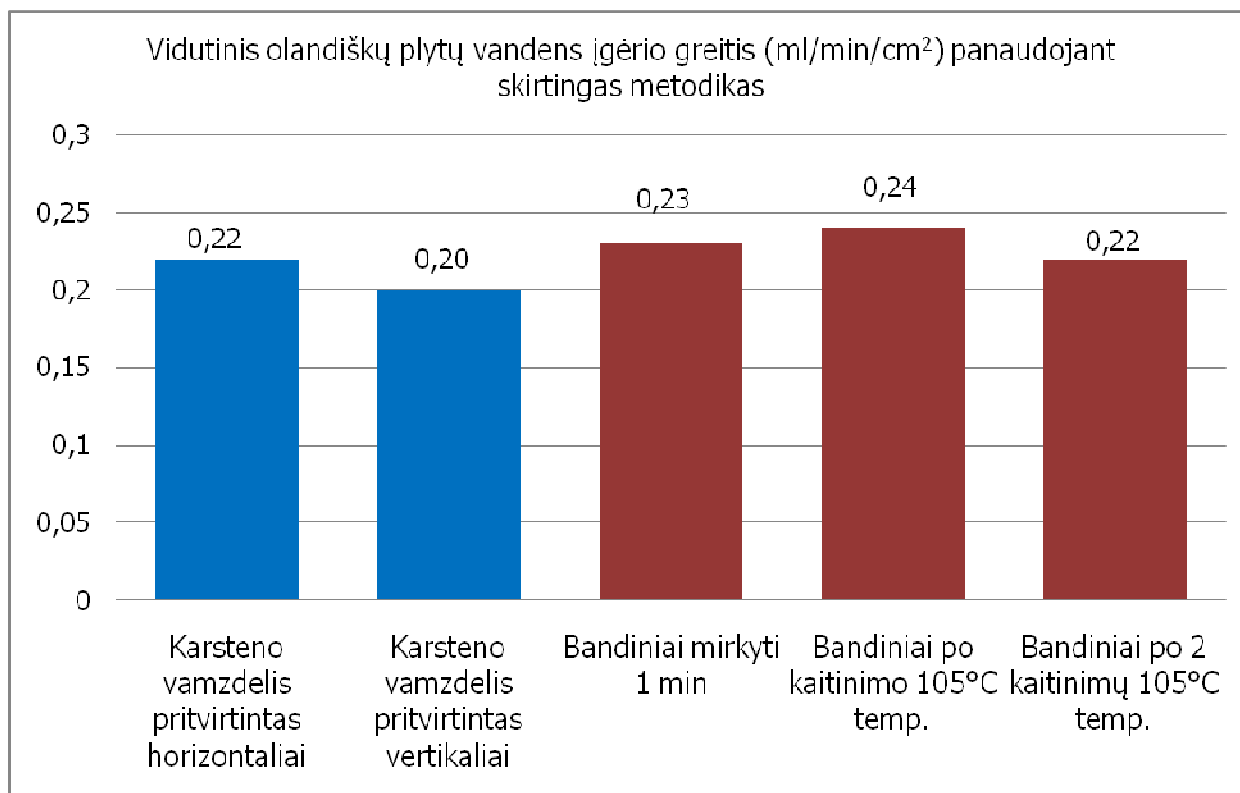
Šiuolaikinių restauracinių statybinių dirbinių vidutinis įgėrio greitis tenkina keliamus reikalavimus (žr. 6 lent.), tačiau geriausias įgėrio savybes išlaiko tuomet, kai dirbiniai nėra pjaustomi ar kitaip pažeidžiami (žr. 50 pav.). Tos pačios atmainos restauraciniai statybiniai dirbiniai pjūvio vietoje, įgeria vidutiniškai 7,25 karto daugiau nei dirbinio išorinis paviršius (žr. 50 pav.).



50 pav. Šiuolaikinių restauracinių statybinių dirbinių vidutinis vandens įgėrio greitis

Olandiškos plytos tiriamos dvejomis skirtingomis įgėrio nustatymo metodikomis – Karsteno vamzdeliais ir bandinių mirkymo pagal standartizuotą LST EN772–11 metodiką. Nustatomas Olandiškų plytų horizontalaus ir vertikalios paviršiaus įgėris Karsteno vamzdeliais. Tuomet nustatomas plytų įgėris pagal LST EN772–11 metodiką, kai bandiniai mirkomi vonelėse 0,5 cm gylyje ir apskaičiuojamas bandinio masės prieaugis per 1 minutę. Tuomet bandiniai kaitinami džiovavimo krosnyje 105°C temperatūroje ir bandymas kartojamas. Viso atliekami du kaitinimo ciklai 105°C temperatūroje siekiant nustatyti kaitinimo įtaką įgėrio savybėms. Įgėrio rezultatai pateikiami 9 priede. Klaipėdos universiteto pedagogikos fakulteto fasado įgėrio tyrimo išsamūs rezultatai pateikiami 10 priede.

Karsteno vamzdeliais ir bandinių mirkymo pagal standartizuotą LST EN772–11 metodiką įgėrio nustatymo rezultatai labai artimi (žr. 51 pav.), todėl galima teigti jog abi metodikos yra tikslios. Po pirmojo kaitinimo ciklo vandens įgėris paspastėja, po 2-ojo sulėtėja, tačiau šie pokyčiai pastebimi itin nežymūs – paklaidų ribose, todėl teigti jog kaitinimo ciklai įtakoja įgėrio savybes, negalima (žr. 51 pav.).



51 pav. Vidutinis Olandiškų plytų įgerto vandens kiekis, panaudojant skirtingas metodikas.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Baigiamajame darbe buvo išnagrinėta technologiškumo – sistemos sudėties ir įrengimo technologijos įtaka ETIC sistemos atsparumo smūgiui ir vandens įgėrio savybėms, taip pat siekta patobulinti atsparumo smūgiui vertinimo metodiką, atlikti pajūrio regione eksploatuojamų renovuotų gyvenamųjų daugiabučių namų vandens įgėrio tyrimai, taipogi istorinių objektų keraminių dirbinių ir šiuolaikinių restauracinių keraminių dirbinių ilgaamžiškumo tyrimai, vertinant vandens įgėrį. Pagal tyrimų rezultatus daromos šios išvados:

1. ETIC sistemos sluoksnių sukibimas geras, tačiau dalelių pasiskirstymas nevienodas – stambesnės dalelės susikongrėvusios bandinio pakraščiuose. Toks dalelių pasiskirstymas įtakoja atsparumo smūgiui ir įgėrio savybes. Smulkesnių dalelių zonoje – bandinio centre, smūginio atsparumo tyrimo metu pažeidimo matmenys mažesni ir įgertas vandens kiekis taip pat mažesnis, nei bandinio pakraščiuose.
2. ETIC sistemos įrengimo technologiškumas – sistemos sudėtis, įtakoja sistemos įgėrio savybes.
 - Bandinių įgėrio savybės geriausios kai daroma 24 valandų, prasčiausios – kai daroma 2 valandų, technologinė pertrauka tarp sistemos armuoto ir baigiamojo sluoksnių įrengimo.
 - Baigiamasis ETIC sistemos sluoksnis įtakoja įgėrio savybes. ETIC bandiniai su baigiamuoju tinko sluoksniu įgeria 3–4 kartus daugiau vandens, nei bandiniai su baigiamuoju armuotuoju sluoksniu, todėl galima daryti išvadą, jog įgertas vanduo nepasiekia sistemos termoizoliacinio sluoksnio, o kaupiasi baigiamajame tinko sluoksnyje.
 - ETIC sistema be grunto sluoksnio įgeria 2–3 kartus daugiau vandens nei su grunto sluoksniu, kadangi gruntas pagerina sistemos atsparumą išoriniams aplinkos poveikiams.
 - Atlikto tyrimo sąlygomis, ETIC sistemos su akmens vatos termoizoliaciniu sluoksniu įgėris didesnis, nei tos pačios atmainos ETIC sistemos su polistireninio putplasčio termoizoliacija.
3. ETIC sistemos įrengimo technologiškumas – sistemos sudėtis, įtakoja sistemos smūginio pažeidimo matmenis. Tačiau pagal šiuo metu galiojančią ETAG 004 atsparumo smūgiui vertinimo metodiką, kur kategorijos skirstomos pagal vizualios

apžiūros rezultatus, bandomos sistemos kategorija išlieka tokia pat – nors smūginio pažeidimo matmenys ir padidėja.

- ETIC sistemos su polistireninio putplasčio termoizoliaciniu sluoksniu smūginiai pažeidimai didesni, nei su mineralinės vatos termoizoliaciniu sluoksniu, mūsų bandymo sąlygomis.
- ETIC sistema be baigiamojo tinko sluoksnio yra mažesnio smūginio atsparumo.
- Technologinių pertraukų trukmė tarp ETIC sistemos sluoksnių įrengimo įtakoja sistemos atsparumą smūgiams. Sistema parodė didžiausią atsparumą smūgiams, kai technologinė pertrauka nebuvo daroma, o pažeidžiamiausia sistema buvo darant 24 valandų pertrauką tarp sistemos sluoksnių įrengimo.

4. Vertinant technologiškumo įtaką smūginio atsparumo ir įgėrio savybėms, rekomenduojama tarp sistemos armuoto ir baigiamojo sluoksnių daryti bent 28 parų technologinę pertrauką, kad būtų pasiekiamos geriausios savybės abiems aspektams.

5. Nustatytos ETIC sistemų, su skirtingomis termoizoliacinėmis medžiagomis (EPS, MW), sujungimo vietose savybės:

- įgėris 5–6 kartus didesnis, lyginant su sistemos, vien tik su EPS ar vien tik su MW, įgėriu;
- Po bandinių kaitinimo ciklų, įgėris sistemų sujungimo vietoje paspartėjo 7 kartus, kai tuo tarpu sistemos vien tik su MW įgėris paspartėjo – 4 kartus, o su EPS – vos 25%.
- Sistemų sujungimo vietoje smūginis atsparumas buvo didžiausias, lyginant su sistemomis, kurių termoizoliacinis sluoksnis vien tik su EPS ir vien tik su MW. Todėl galima daryti išvadą, kad sistemos smūginiam atsparumui didžiausią įtaką daro tinkuojamoji sistema, o ne panaudojamo termoizoliacinio sluoksnio atmaina.

6. Kitų statybinių dirbinių tyrimai parodė, kad:

- Istoriniai (prieškariniai) keraminiai dirbiniai pasižymi skirtingu vandens įgėriu, kuris gali būti ir didesnis, nei rekomenduojamas pagal šiuolaikinius

reikalavimus. Tikėtina, kad statinių ir konstrukcijų ilgalaikiškumui didelę įtaką daro ir architektūriniai - konstrukciniai sprendimai.

- Šiuolaikiniai restauraciniai keraminiai dirbiniai tenkina šiandieninius įgėrio reikalavimus, tačiau dirbinį perpjovus ar pažeidus, pjūvio vietoje įgėris didesnis net 7,25 karto.
- Olandiškų plytų įgėrio reikšmės po kaitinimo ciklų kito, tačiau minimaliai – paklaidų ribose, todėl teigti, kad kaitinimo ciklai įtakojo įgėrio savybių kitimą, būtų netikslinga.

7. ETICS smūginių pažeidimų įvertinimo metodikos patobulininti nepavyko. Bandymai parodė, kad dalis užpildo ar pagalbinių medžiagų yra teplos, sunkiai nugramdomos nuo pažeistos paviršiaus (modelinas, gipso tešla), o su biriomis medžiagomis neįmanoma dirbti ant vertikalinių paviršių. Be to, išryškėjo ir kitokio pobūdžio sunkumai – dėl apdailinio tinko paviršiaus faktūros, miltelių (o ir plastiškas medžiagas – tešlą, modeliną) nepavyksta tolygiai paskleisti pažeistos vietoje ir tai nepriklauso nuo jų sudėties (cemento, malto kvarco, marmuro ir t.t.) bei smulkumo.
8. Pajūrio regione renovuoti objektai tenkina ETAG 004 keliamus įgėrio reikalavimus, praėjus vienai valandai. Dėl galimų vandalizmo atvejų ir saugant tyrimo inventorių, fasadai nebuvo tiriami 24 valandas.
9. Prof. Karsteno vamzdeliai tvirtinami prie vertikalinių paviršių parodė didesnes įgėrio reikšmes, nei prie horizontalių paviršių. Taip galimai yra todėl, kadangi horizontalus paviršius yra veikiamas tolygaus vandens slėgio, o kai Karsteno vamzdelis pritvirtintas prie vertikalaus paviršiaus, dalis vandens gali būti „pasiurbiamas“ aukštyn kapiliarais, susidariusiais tinkavimo mentele metu.
10. Paviršinės įgerties bandymo rezultatai, tiek su prof. Karsteno vamzdeliais, tiek bandinius mirkant vonelėse, pagal standartizuotą LST EN722-11 metodiką, buvo gauti labai artimi – paklaidų ribose, todėl galima teigti, jog šios abi metodikos yra tikslios ir patikimos.
11. Kaip buvo pastebėta tyrimų atlikimo metu, prof. Karsteno vamzdelių tyrimo metodika nėra itin patogi, kadangi reikalauja itin didelio kruopštumo. Atliekant

tyrimą ilgesnį laiko tarpą (24 valandas), reikia nuolat stebėti, kad vandens lygis vamzdelyje nenukristų daugiau kaip per 0,5 ml, taigi tenka atvykti bent 3 kartus per parą patikrinti, ar vandens lygis stulpelyje nėra pernelyg nukritęs. Taip pat reikia itin atidžiai stebėti ribą, iki kurios stulpelis užpildytas vandeniu bandymo pradžioje - geriausia net fiksuoti vaizdinėmis priemonėmis. Kadangi sistema įgėrusi 0,1 ml – tenkina ETAG 004 reikalavimus, o įgėrusi 0,2 ml per parą – jau netenkina keliamų reikalavimų.

LITERATŪRA

- Alonso C., Oteiza I., García-Navarro J., Martín-Consuegra F. 2016. Energy consumption to cool and heat experimental modules for the energy refurbishment of facades. Three case studies in Madrid. *Energy and Buildings*, No. 126, p. 252–262.
- Amaro B., Saraiva D., de Brito J., Flores-Colen I. 2013. Inspection and diagnosis system of ETICS on walls. *Construction and Building Materials*, No. 47, p. 1257–1267.
- Barreira E., de Freitas V. P. 2013. Experimental study of the hygrothermal behaviour of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS). *Building and Environment*, No. 63, p. 31–39.
- Bauer E., Pavón E., Barreira E., Castro E.K. 2016. Analysis of building facade defects using infrared thermography: Laboratory studies. *Journal of Building Engineering*, No. 6, p. 93 – 105.
- Bieliūnienė V., Pralgauskienė N., Vilkas L. 2001. Fasadinių akrilinių dažų dangų ilgaamžiškumo tyrimai. *Betonas ir gelžbetonis: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas, 131–133 p.
- Bliūdžius R. 2006. Pastatų šiluminė renovacija. Kaunas: Technologija.
- Blocken B., Derome D., Carmeliet J. 2012. Rainwater runoff from building facades: A review. *Building and Environment*, No. 60, p. 339–361.
- Buska A. 2010. Makrostruktūros ir kitų fizinių savybių įtaka mineralinės vatos gaminių gniuždymo rodikliams: daktaro disertacija. Vilnius.
- Čekanavičius A., Stankevičius V., Monstvilas E. 2004. Pastatų išorinių sienų, apšiltintų iš vidaus, drėgminė būklė. Kaunas: Technologija.
- Deltuva J., Gailius A., Gumuliauskas A., Kulikauskas L., Malakauskas M., Martynaitis M. 1982. Statybinės medžiagos. Vilnius: Mokslas.
- Densley Tingley D., Stocks G., Hathway A., Allwood D., Davison B. 2013. Robustness testing of external wall insulation systems. University of Sheffield.
- Drdácký M., Hasníková H., Lesák J., Zíma P. 2012. Innovated water uptake measurements on historic stone surfaces. 12th International congress on the Deterioration and Conservation of Stone [interaktyvus], Nr. 4 [žiūrėta 2016 m. sausio 25 d.]. Prieiga per Internetą: <<http://hdl.handle.net/1854/LU-3166161>>.
- D'Orazio M., Cursio C., Graziani L., Aquilanti L., Osimani A., Clementi F., Yéprémian C., Lariccia V., Amoroso S. 2014. Effects of water absorption and surface roughness on the bioreceptivity of ETICS compared to clay bricks. *Building and environment*, No. 77, p. 20 –28.

- Endriukaitytė A. 2004. The investigation of the Parameters of the Heat and Mass transfer Process in the Stone Wool Layers of the Walls: summary of doctor dissertation. Vilnius.
- ETAG 004.2000. Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, European Organisation for Technical Approval. Brussels, 2000. 114 p.
- ETA-05/0060. Baunit WarmedammverbundSystem Mineral. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2010.
- ETA-06/0173. Atlas Roker. Warszawa: Instytut techniki Budowlanej, 2006.
- ETA-07/0110. Bolix S. Warszawa: Instytut techniki Budowlanej, 2007.
- ETA-08/0008. Capatect-ETICS A-190. Warszawa: Instytut techniki Budowlanej, 2008.
- ETA-08/0205. Bolix W. Warszawa: Instytut techniki Budowlanej, 2008.
- ETA-08/0246. Pro Thermo Wall AMP. Vilnius: Statybos produkcijos sertifikavimo centras, 2008.
- ETA-08/0304. Capatect-WDVS "A". Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik, 2013.
- ETA-09/0026. Ceresit Ceretherm Wool Classic. Varšuva: Statybos technikos institutas, 2012.
- ETA-09/0037. Ceresit Ceretherm Wool Premium. Varšuva: Statybos technikos institutas, 2009.
- ETA-09/0368. Caparol. Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik, 2010.
- ETA-10/0320. Knauf Termo Plus M. Praha: Technický a zkušební ústav stavební Praha, 2010.
- ETA-12/0044. Ecorock Fast / Ecorock FF. Praha: Technický a zkušební ústav stavební Praha, 2012.
- ETA-12/0575. Capatect-WDVS "A" ar žemėapmetumu Capatect Klebe – und Armierungsmasse 186 M. Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik, 2013.
- Fernandes C., de Brito J., Oliveira Cruz C. 2016. Architectural integration of ETICS in building rehabilitation. *Journal of Building Engineering*, No. 5, p. 178–184.
- Flores-Colen I., de Brito J., de Freitas V.P. 2008. Stains in facades' rendering – Diagnosis and maintenance techniques' classification. *Construction and Building Materials*, No. 22, p. 211–221.
- Flores-Colen I., de Brito J., de Freitas V.P. 2009. Expected render performance assessment based on impact resistance in situ determination. *Construction and Building Materials*, No. 23, p. 2997–3004.
- Griciūtė G., Bliūdžius R., Norvaišienė R. 2013. The Durability Test Method for External Thermal Insulation Composite System (ETICS) used in Cold and Wet Climate Countries. *Journal of sustainable architecture and civil engineering*, No. 1(2), p. 50–56.

- Griciutė G., Bliūdžius R. 2015. Study on the Microstructure and Water Absorption Rate Changes of Exterior Thin-layer Polymer Renders During Natural and Artificial Ageing. *Materials science*. No. 1, p. 149–156.
- Ilomets S., Kalamees T., Lahdensivu J., Klõšeiko P. 2016. Impact of ETICS on corrosion propagation of concrete facade. *Energy Procedia*, No. 96, p. 67–76.
- ISO 7892: 1988. Vertical building elements - Impact resistance tests - Impact bodies and general test procedures.
- Kaminskas A., Kaminskas R. 2010. Statybinės medžiagos iš technogeninių medžiagų. Kaunas: Technologija.
- LST EN 13497: 2003. Statybiniai termoizoliaciniai gaminiai. Išorinių termoizoliacinių kompozitų sistemų (ITKS) atsparumo smūgiui nustatymas.
- LST EN 13499: 2004. Pastatų termoizoliaciniai gaminiai. Sudėtinės išorės termoizoliacinės sistemos (ETICS) polistireninio putplasčio pagrindu. Techniniai reikalavimai.
- LST EN 13500: 2004. Pastatų termoizoliaciniai gaminiai. Sudėtinės išorės termoizoliacinės sistemos (ETICS) mineralinės vatos pagrindu. Techniniai reikalavimai.
- Menezes A., Gomes M. G., Flores-Colen I. 2015. In-situ assessment of physical performance and degradation analysis of rendering walls. *Construction and Building Materials*, No. 75, p. 283–292.
- Mikšienė G. 2015. Prediction of service life for external thermal insulation composite system: summary of doctoral dissertation. Kaunas.
- Miniotaitė R., Stankevičius V. 2001. Pastatų sienų dažytų paviršių ilgaamžiškumas. Kaunas: Technologija.
- Nagrockienė D., Žurauskienė R. 2007. Statybinės medžiagos ir jų gaminiai. Vilnius: Technika.
- Potrč T., Malovrh Rebec K., Knez F., Kunič R., Legat A. 2016. Environmental footprint of external thermal insulation composite systems with different insulation types. *Energy Procedia*, No. 96, p. 312–322.
- Ruzgys A., Volvačiovas R., Ignatavičius Č. 2013. Analysis of energy consumption in renovated buildings and simulation of the payback period. *Science: Future of Lithuania*, No. 5, p.513–519.
- Sierra-Perez J., Boschmonart-Rives J., Gabarrell X. 2016. Environmental assessment of façade-building systems and thermal insulation materials for different climatic conditions. *Journal of Cleaner Production*, No. 113, p. 102–113.
- Skripkiūnas G. 2007. Statybinių konglomeratų struktūra ir savybės. Kaunas: Vitae Litera.

- Stankevičius V. 1997. Pastatų atitvarų drėgminė būseną ir atsparumas šalčiui. Kaunas: Technologija.
- STR 2.01.09:2012. Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas.
- STR 2.01.10:2007. Išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos.
- STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
- Sulakatko V., Lill I., Liisma E. 2015. Analysis of on-site construction processes for effective external thermal insulation composite system (ETICS) installation. *Procedia Economics and Finance*, No. 21, p. 297 – 305.
- Sulakatko V., Lill I., Witt E. 2016. Methodological framework to assess the significance of External Thermal Insulation Composite System (ETICS) on-site activities. *Energy Procedia*, No. 96, p. 446–454.
- Šala J., Machatka M. 2004. Praktinis pastatų sienų šiltinimas. Praha: Grada Publishing.
- Vandevoorde D., Cnudde V., Dewanckele J., Brabant L., de Bouw M., Meynen V., Verhaeven E. 2013. Validation of in situ applicable measuring techniques for analysis of the water adsorption by stone. *Procedia Chemistry*, No. 8, p. 317 –327.
- Vandevoorde D., Pamplona M., Schalm O., Vanhellemont Y., Cnudde V., Verhaeven E. 2009. Contact sponge method: Performance of a promising tool for measuring the initial water absorption. *Journal of Cultural Heritage*, No. 10, p. 41–47.
- Žurauskienė R., Nagrockienė D., Mačiulaitis R., Kičaitė A. 2007. Statybinės medžiagos. Vilnius: Technika.
- Žurauskienė R., Naujokaitis A. P., Mačiulaitis R., Žurauskas R. 2012. Statybinės medžiagos. Vilnius: Technika.