VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMO TURTO KATEDRA

Lukas Gritėnas

GYVENAMOSIOS PASKIRTIES STATINIŲ DEFEKTŲ ANALIZĖ IR VERTINIMAS

ANALYSIS AND EVALUATION OF DEFECTS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijos ir valdymas studijų programa, valstybinis kodas 6211EX043

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius 2022

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos valdymo ir nekilnojamojo turto katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas	**Gyvenamosios paskirties statinių defektų analizė ir vertinimas**
Autorius	**Lukas Griténas**
Vadovas	**Jolanta Tamošaitienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjami gyvenamųjų statinių Lietuvoje defektai. Išnagrinėtos defektų klasifikacijos atsižvelgiant įužsienio šalių praktiką bei mokslinės literatūros šaltinius. Išnagrinėta reglamentuota defektų klasifikacija Lietuvoje bei defektų klasifikacija pagal mokslinius literatūros šaltinius. Pateikti ir detalizuoti įvairūs defektų vertinimo modeliai. Baigiamajame darbe išanalizuoti penki skirtingi mūro defektų atvejai. Visi -defektų atvejai nagrinėjami pagal dažniausiai pasikartojančius defektų kirterijus. Naudojant LEVI 3.0 programinę įrangą bei Laplace'o taisyklę, buvo sudarytas defektų vertinimo algoritmas, kuris sugeneruoja prioritetinę eilę remonto darbams atlikti. Sukurtas algoritmas buvo pritaikytas penkiems defektų vertinimo atvejams.

Darbą sudaro 10 dalių: įvadas, defektai ir jų klasifikacija, pirmojo skyriaus išvados, defektų vertinimo metodologija, antrojo skyriaus išvados, gyvenamosios paskirties statinių defektų vertinimo metodas, trečiojo skyriaus išvados, išvados, literatūros sąrašas, priedai.

Darbo apimtis - 52 p. teksto be priedų, 23 iliustr., 13 lent., 21 bibliografinis šaltinis, 3 priedai.

Prasminiai žodžiai: Defektas, klasifikacija, mūras, mūro defektai, mūrinės konstrukcijos, vertinimas, Laplace, LEVI

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Management and Real Estate

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Construction Technologies and Management** study programme Master's Thesis

Title	**Analysis and Evaluation of Defects in Residential Buildings**
Author	**Lukas Gritėnas**
Academic supervisor	**Jolanta Tamošaitienė**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

The defects of residential buildings in Lithuania are analyzed in the final master's thesis. Classifications of defects according to the practice of foreign countries and sources of scientific literature are examined. The regulated classification of defects in Lithuania and the classification of defects according to scientific literature sources are examined. Various defect assessment models are presented and detailed. In the final work, five different cases of masonry defects are analyzed. All cases of defects are examined according to the most frequent recurrent defect criteria. Using the LEVI 3.0 software and the Laplace rule, a defect estimation algorithm was developed that generates a priority queue for repair work. The developed algorithm was applied to five defect assessment cases.

The work consists of 10 parts: introduction, defects and their classification, the conclusions of the first chapter, the methodology of defect assessment, the conclusions of the second chapter, the method of defect assessment of residential buildings, the third chapter, conclusions, references, appendices.

Thesis consists of: 52 p. text without appendixes, 23 pictures, 13 tables, 21 bibliographical entries, 3 appendices.

Keywords: Defect, classification, masonry, masonry defects, masonry construction evaluation, Laplace, Levi

Turinys

ĮVADAS 10

1. DEFEKTAI IR JŲ KLASIFIKACIJA 12

1.1. Defektų klasifikacija pagal defekto tipą 14

1.1.1. Nestruktūriniai defektai 14

1.1.2. Konstrukciniai atitrūkimai 15

1.1.3. Struktūriniai įtrūkimai 16

1.2. Defektų klasifikavimas pagal kitas savybes 18

1.3. Defektų klasifikavimas pagal defekto dažnumą 21

1.4. Defektų atsiradimo priežastys 23

1.5. Lietuvoje taikoma defektų klasifikacija 24

1.6. Mūrinės konstrukcijos 27

1.6.1 Mūro konstrukcijų defektai 28

PIRMOJO SKYRIAUS IŠVADOS 32

2. DEFEKTŲ VERTINIMO METODOLOGIJA 33

2.1 Defektų vertinimas koreliacijos principu 33

2.2. Defektų vertinimas grandinės principu 33

2.2.1. Sienos nestruktūrinis plyšys 34

2.2.2. Struktūrinis sienos plyšys 34

2.3. Lošimų ir naudingumo teorijos analizė ir taikymas 35

2.3.1. Lošimų teorija ir operacijų tyrimas 35

2.4. Gyvenamosios paskirties statinių defektų vertinimas 36

2.5. Optimalių strategijų apskaičiavimas. Laplace'o taisyklė 36

ANTROJO SKYRIAUS IŠVADOS 37

3. GYVENAMOSIOS PASKIRTIES STATINIŲ DEFEKTŲ VERTINIMAS: MŪRO DEFEKTŲ ATVEJIS 38

3.1 Defektų vertinimo algoritmas 42
3.2. Algoritmo pritaikymas uždaviniui 44
TREČIOJO SKYRIAUS IŠVADOS 53
IŠVADOS 54
LITERATŪROS SĄRAŠAS 56

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Defektų dažnumas pagal draudimo bendrovės neviešinamus duomenis 18
2 lentelė. Defektų klasifikacija pagal skirtingus defektų bruožus 19
3 lentelė. Defektų tipai pagal dažnumą (Ahzahar, Karim, Hassan & Eman, 2011) 21
4 lentelė. Defektų atsiradimo priežastys (Ahzahar, Karim, Hassan & Eman, 2011) 22
5 lentelė. Statinių defektų padalijimas pagal defekto prigimtį (Pagal įvairius mokslinius šaltinius bei draudimo bendrovės neviešinamą informaciją 23
6 lentelė. Statinio galimos avarinės būklės požymiai (STR 1.03.01:2016) 24
7 lentelė. Mūro pažeidimo atvejai 38
8 lentelė. Defeko analizė pagal Lietuvoje galiojančius įstatymus ir reglamentus 44
9 lentelė. Defekto kriterijų palyginimas 44
10 lentelė. Pažaidos dydžio skaičiavimai 45
11 lentelė. Pradinių duomenų matrica 46
12 lentelė. Prioritetinė remonto darbų eilė 48
13 lentelė. Remonto darbų prioritetinė eilė su atvejų aprašymais 49

Paveikslų sąrašas

1 pav. Pastatą veikiantys išorės ir vidaus aplinkos poveikiai 13
2 pav. Nestruktūrinis defektas 15
3 pav. Betono atitrūkimas 15
4 pav. Struktūrinis įtrūkimas 16
5 pav. Konstrukcijų judėjimo defektai 29
6 pav. Netinkamo vandens nuvedimo sistemų defektai mūrui 30

7 pav. Netinkamos kokybės mūriniai elementai 31
8 pav. Nestruktūrinio sienos plyšio defekto eiga 34
9 pav. Struktūrinio plyšio įvykio eiga 34
10 pav. Atvejis Nr. 1 38
11 pav. Atvejis Nr. 2 39
12 pav. Atvejis Nr. 3 40
13 pav. Atvejis Nr. 4 40
14 pav. Atvejas Nr. 5 41
15 pav. Uždavinio sprendimo algoritmas 43
16 pav. Pradinių duomenų matrica (LEVI 3.0) 47
17 pav. Normalizuota matrica (LEVI 3.0) 47
18 pav. Gauti rezultatai pagal Laplace‘o taisyklę 48
19 pav. Atvejis Nr. 1 49
20 pav. Atvejis Nr. 2 50
21 pav. Atvejis Nr. 3 50
22 pav. Atvejis Nr. 4 51
23 pav. Atvejis Nr. 5 52

ĮVADAS

Šiuo metu Lietuvoje ir pasaulyje nekilnojamojo turto verslas sparčiai plėtojasi. Kiekvieną dieną naujai statomų statinių skaičius didėja. Kadangi rinka plečiasi, paklausa naujiems statiniams vis didėja, jai užpildyti statybos bendrovės ėmėsi projektuoti statinius laiką ir kitus kaštus taupančiomis technologijomis. Norėdamos statinį pastatyti kuo pigiau ir kuo greičiau, statybų bendrovės ėmė juos statyti kompleksiškai. Toks statybų būdas leido statyti daug gyvenamosios paskirties statinių vienu metu atrenkant tik pasiteisinusias ir geriausiais veikiančias statybos technologijas, kurios leidžia taupyti ir laiką ir kaštus. Tačiau, statybos įmonėms besistengiant taupyti laiką ir kaštus, pradėjo formuotis reiškiniai, kurių metu technologijos nebuvo išlaikomos. Šis reiškinys lėmė defektų atsiradimo atvejų daugėjimą. Pagal Lietuvos Respublikos (LR) civilinio kodekso šeštosios knygos skirsnį „Prievolių teisė“, Rangovas, projektuotojas, statinio projekto ekspertizės rangovas ar statybos techninis prižiūrėtojas atsako už objekto sugriuvimą ar defektus, jeigu objektas sugriuvo ar defektai buvo nustatyti per:

1) penkerius metus;

2) dešimt metų – esant paslėptų statinio elementų (konstrukcijų, vamzdynų ir kt.);

3) dvidešimt metų – esant tyčia paslėptų defektų.

Pagal to paties Civilinio kodekso straipsnio 1 dalį, nustatyti terminai pradedami skaičiuoti nuo visų rangovo atliktų statybos darbų rezultatų perdavimo užsakovui dienos (kai statyba vyko rangos būdu) arba nuo statybos užbaigimo dienos (kai statyba vyko ūkio arba mišriu būdu). Vadovaujantis šiuo straipsniu neretai pasitaiko, jog rangovai atlieka remonto darbus garantinio terminu metu, tačiau pasitaiko ir taip, jog defektų kilmės nustatymo metu išaiškėja, jog eksploatacijos metu išlindusios pažaidos bei defektai yra eksploataciją vykdančio asmens atsakomybė, nes statinys nebuvo tinkamai eksploatuojamas (Civilinis kodeksas, 2017).

Būtina suprasti ir tai, jog senos statybos statiniai gali būti remontuojami. Jų remontas priklauso nuo daugybės veiksmų, kuriuos atliko asmenys ar įmonės atsakančios už statinių priežiūrą. Kadangi miestai plečiasi, o statyboms tinkamos vietos mažėja, tvarumo ir statinio būvio ciklo procesai skatina ilgaamžius statinius, tinkamą jų priežiūrą, nenuostabu, jog remontas tampa vis aktualesnis reiškinys nekilnojamojo turto srityje. Tačiau vis dažniau pasigirsta tokios frazės kaip: „remontuoti neapsimoka“, „naujo statinio statyba kainuos pigiau nei remontas esamo statinio“. Toks reiškinys susiformuoja tada, kai statinys buvo prastai prižiūrimas ar net visai neprižiūrimas. Pagal praktiką Lietuvoje, statybos įmonės statinį imasi remontuoti kompleksiškai, kas dažniausiai pareikalauja daug žmogiškųjų išteklių bei finansinių kaštų, nes vienu metu atsiranda didelis medžiagų ir įrangos poreikis. Kadangi Lietuvoje defektų detalizacija reglamentuojama vos keliais reglamentais, toks reiškinys sukuria problemai idealią terpę plėstis.

Lietuvoje šiuo metu galioja vos keletas reglamentų, vienas iš jų 2016-11-11 d. STR 1.03.01:2016 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“, kuris tik detalizuoja, ar defektas avarinio pobūdžio, nenusako visų galimų defektų. Dauguma svarbių defektų lieka „pilkojoje zonoje“ ir į juos žiūrima su kitokiu požiūriu. Kadangi neavariniai defektai lieka už reglamento ribų, jie yra rečiau remontuojami, dėl to jie tampa avariniais. Kaip ir anksčiau teigta, šiam reiškiniui plisti Lietuvoje yra puiki terpė, nes rangovai stengiasi taupyti savo kaštus bei neturi praktikos tinkamai sudaryti prioritetinę remonto darbų eilę.

Kaip ir daugumoje pasaulio valstybių, Lietuvoje yra labai daug įvairiausių statinių. Kiekvienais metais jų skaičius didėja. Pagal Statistikos departamento duomenis, 2021 metais buvo pastatyti 7200 statinių, iš kurių 6600 statinių yra gyvenamosios paskirties (Statistikos departamentas: 2021 m. Lietuvoje pastatyta 7.200 naujų pastatų, 2021). Atsižvelgiant į tokius skaičius, galime teigti, jog Lietuvoje yra daugiausiai gyvenamosios paskirties statinių, to pagrindu šiame darbe bus analizuojami būtent tokios paskirties statiniai.

Darbo tikslas – išanalizuoti gyvenamosios paskirties statinių defektus bei įvertinti juos.

Darbo objektas – gyvenamųjų pastatų defektai.

Uždaviniai:

- Išanalizuoti defektų klasifikaciją Lietuvoje ir užsienyje;
- Išanalizuoti galimus defektų vertinimo metodus;
- Pritaikius defektų vertinimo metodologiją, sukurti algoritmą, kuris apibrėžtų defektų remonto būtinumą ir seką;

Darbo metodas: mokslinės literatūros analizė, tiriamasis darbas.

Darbo struktūra: rašto darbą sudaro įvadas, trys skyriai, išvados, literatūros sąrašas.

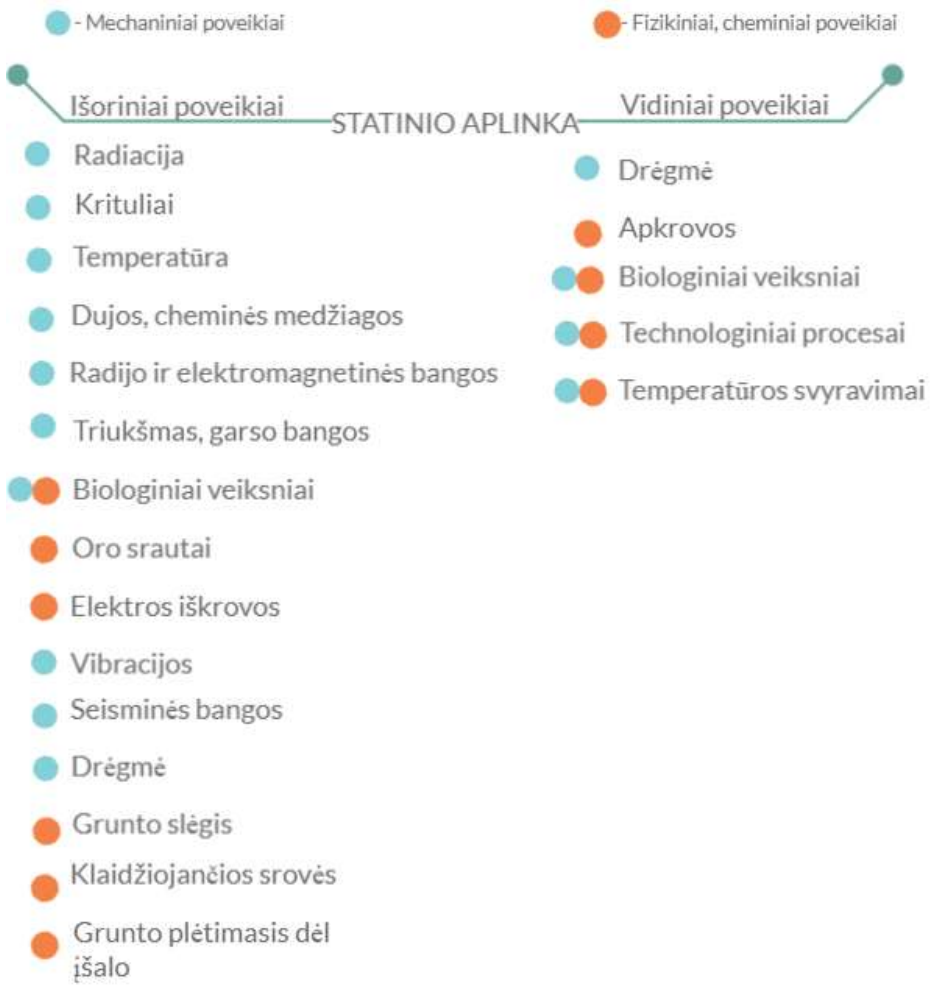
1. DEFEKTAI IR JŲ KLASIFIKACIJA

Visi gyvenamieji statiniai yra veikiami aplinkos veiksnių – tiek išorės, tiek vidinių veiksnių. Išorės veiksniai, tokie kaip atšiaurus klimatas, lietūs, vėjai ir kitos gamtinės sąlygos ardo statinio išorinius sluoksnius, skatina greitesnį statinio nusidėvėjimą. Išoriniai poveikiai laikui einant ardo statinio fasadą, skatina mikrotrūkių atsiradimą, kurie vėliau pereina į plyšius, ir dėl to statinys tampa nesandarus. Analizuojant gyvenamųjų statinių defektus, pirma reikia suprasti, nuo ko priklauso gyvenamųjų statinių konstrukcijų būklė. Pagal Lepkovą ir Vilutienę, statinių konstrukcija priklauso nuo:

- Klimatinių poveikių (vėjas, saulės radiacija, lietus, temperatūriniai pokyčiai);
- Agresyvių gruntinių poveikių (pamatai, pagrindai ir kitos požeminės konstrukcijos veikiamos gruntinio vandens ir tirpalų);
- Vidaus aplinkos (dujos, temperatūra, garai, skysčiai);
- Mechaninių poveikių (smūgiai, vibracija, trintis) (Lepkova ir Vilutienė, 2008).

Analizuojant plačiau (1 pav.), statinį veikiantys poveikiai skirstomi į mechaninius ir fizikinius, cheminius poveikius. Tiek mechaniniai poveikiai, tiek fizikiniai, cheminiai poveikiai gali būti skirstomi į išorinius poveikius (gamtiniai, dirbtiniai) bei vidinius poveikius (technologiniai, funkciniai).

Mechaniniai vidiniai poveikiai gali būti: apkrovos, biologiniai veiksniai (kenkėjai), technologiniai procesai, temperatūrų svyravimai (1 pav.). Mechaniniai išoriniai poveikiai gali būti: Oro srautai, elektros iškrovos, biologiniai veiksniai (kenkėjai), grunto slėgis, grunto plėtimasis dėl įšalo, klaidžiojančios srovės. Fizikiniai, cheminiai vidiniai poveikiai gali būti: drėgmė, biologiniai poveikiai (kenkėjai), technologiniai procesai, temperatūros svyravimai. Fizikiniai, cheminiai, išoriniai poveikiai gali būti: Radiacija, temperatūra, krituliai, dujos, cheminės medžiagos, radijo ir elektromagnetinės bangos, triukšmas, garso bangos, biologiniai veiksniai (kenkėjai), oro srautai, vibracija, seisminės bangos, drėgmė.



1 pav. Pastatą veikiantys išorės ir vidaus aplinkos poveikiai

Taigi, šie ir kiti poveikiai pastoviai sąveikauja su pastato konstrukcijomis. Šie poveikiai pastoviai veikia konstrukcijas, jas ardo ar kitaip silpnina, dėl to statinys greičiau dėvisi, atsiranda gyvenamojo statinio defektai, kurie sukelia nemalonumų ir nenumatytų išlaidų statinį naudojantiems žmonėms.

Statinį veikianti aplinka sukelia nemažai problemų statinį eksploatuojančiai įmonei ar asmeniui, tačiau, analizuojant tiek statinio aplinkos išorę, tiek statinio aplinką iš vidaus, reikia išskirti dažniausiai pasitaikančias priežastis, kurios lemią statinio būklės pablogėjimą, defektų atsiradimą. Defektų atsiradimui yra išskiriamos šios priežastys, kurios lemia statinio pablogėjimą:

- Projektavimo klaidos;
- Pastato ateities poreikių nenumatymas projektuojant;
- Naudotų ir projektinių medžiagų neatitikimas;
- Statybos proceso metu prasta darbų atlikimo kokybė;
- Nepalankios aplinkos sąlygos;

- Netinkamas pastatų priežiūros vykdymas;
- Intensyvus pastato naudojimas.

Analizuojant defektų prigimtį, galima teigti, jog visos išvardintos atsiradimo priežastys yra vienodai rizikingos atliekant statinio statybos bei eksploatacijos darbus. Nagrinėjant statinio pablogėjimo priežastis Lietuvoje esančiuose statiniuose galime išskirti tai, jog naujos statybos statiniuose aiškiai išryškėja šios defektų atsiradimo priežastys: projektavimo klaidos, naudotų ir projektinių medžiagų neatitikimas, statybos metu prasta darbų atlikimo kokybė, netinkamas pastatų priežiūros vykdymas. Senos statybos gyvenamuosiuose statiniuose daugiausiai defektų sukelia – nepalankios aplinkos sąlygos bei netinkamas pastatų priežiūros vykdymas (Lepkova ir Vilutienė, 2008).

1.1.Defektų klasifikacija pagal defekto tipą

Pagal įvairius mokslinius šaltinius ir rekomendacijas, gyvenamųjų daugiabučių statiniuose defektai yra skirstomi į tris grupes:

1) nestruktūriniai įtrūkimai;
2) konstrukciniai atitrūkimai;
3) struktūriniai įtrūkimai.

1.1.1. Nestruktūriniai defektai

Lietuvoje veikiančios draudimo bendrovės duomenimis, nestruktūriniai įtrūkimai yra daugiau nei 60 % iš visų klientų registruotų žalų, kurios susiję su statinio defektais. Nestruktūriniai įtrūkimai – tai tokie įtrūkimai, kurie paprastai šakojasi ir plečiasi į daugelį pusių. Nėra vieno įtrūkimo, jie yra sudėtiniai. Paprastai tokie įtrūkimai atsiranda tarp nestruktūrinių sienų (pagalbinės sienos) ir konstrukcijos elementų (kolona ir kt.). Tokių įtrūkimų priežastys paprastai būna nekokybiškų medžiagų naudojimas, apdailinių sluoksnių storio nesilaikymas, drėgmė. Tokie skilimai nėra pavojingi, tačiau neatlikus remonto darbų, tokie įtrūkimai plis ir toliau, dėl ko apdailiniai sluoksniai bus visiškai deformuoti.

2 pav. Nestruktūrinis defektas

1.1.2. Konstrukciniai atitrūkimai

Šie defektai (3 pav.) kiek rečiau pasitaikantis defektas. Betono atitrūkimui paprastai reikia daugiau laiko. Tokį defektą atpažinti galima labai paprastai. Dažniausiai defekto vietoje pradeda formuotis šlapia vieta, atsiranda skilinėjimai, atsiranda pūslė, prasideda betono skilimas. Betono gabalus galima lengvai atskirti nuo armatūrinio karkaso ar betono gabalai patys atsikabinę krenta žemyn.

3 pav. Betono atitrūkimas

Šio defekto priežastis – vandens ar kito elemento sąveika su armatūriniais strypais. Armatūros strypai rūdija tik tada, kai gauna kontaktą su aplinkoje esančiomis dujomis bei vandeniu. Visuomenėje yra

susidariusi klaidinga nuomonė, jog betonas nėra porėtas. Paprastai vanduo ir oras į betone esančias plieno konstrukcijas patenka per mikroporas. Šios mikroporos, nuolat veikiamos vandens, po truputį praleidžia vandenį, todėl vanduo patenka į gilesnius betono sluoksnius, taip pasiekdamas ir armatūros strypyną, dėl ko armatūros strypai pradeda rūdyti. Be oro ir vandens toks procesas yra negalimas, kitaip tariant, jei betone esančias armatūros konstrukcijas pasieks tik vienas elementas, korozija neprasidės (Duckett, 2018).

1.1.3. Struktūriniai įtrūkimai

Įvairiuose moksliniuose šaltiniuose pateikiami struktūriniai įtrūkimai apibūdinami kaip gylūs skilimai, kurie pereina į konstrukcijų vidų (žr. 4 pav.). Tokie įtrūkimai atsiranda dažniausiai laikančiųjų konstrukcijų elementuose, tokiuose kaip: sijos, laikančiosios sienos, kolonos. Įtrūkimai pasižymi savo gyliu bei linijos vientisumu. Pasitaiko įtrūkimų ir durų blokų montavimo vietose bei langų blokų montavimo vietose.

4 pav. Struktūrinis įtrūkimas

Pagal įvairius mokslinius šaltinius (Honkongo specialiojo administracinio regiono vyriausybės rekomendacijos 2021; Richardson & Allen, 2018) , dažniausiai šiuos defektus sukelia:

- Žemės judėjimas (po pamatais), kurį sukelia molio susitraukimas, žemės paslydimas, vibracija, nusileidimas, nusėdimas, aukštis, siūbavimas ir kt;
- Drėgmės judėjimas, dėl kurio medžiagos plečiasi arba susitraukia, galbūt dėl augmenijos ar sugedusių ar pažeistų kanalizacijos kanalų;

- Terminis judėjimas, dėl kurio medžiagos didėja arba mažėja, kai medžiagos plečiasi arba susitraukia;
- Kultūrinio paveldo defektai;
- Netinkama arba pažeista inžinerinė vandens tiekimo ar šildymo sistema;
- Medžių šaknų augimas.

Tokie įtrūkimai, J. Alleno ir C. Richardsono teigimu, paprastai yra neišvengiamas atsakas į konstrukcijos nesugebėjimą toleruoti judėjimą. Struktūrinių įtrūkimų priežasčiai nustatyti būtina atsižvelgti į du aspektus: 1) konstrukcijos judėjimo priežastis ir pobūdis; 2) konstrukcijos gebėjimas toleruoti judėjimą. Pastarasis priklausys nuo medžiagų pobūdžio bei montavimo technologijos. Atsiradus trūkimui, turime suprasti, jog statinys yra toks, koks jis yra, ir svarstydami tolesnės eksploatacijos galimybes, turime gerai išanalizuoti konstrukcijų judėjimo priežastį bei konstrukcijos toleranciją judėjimui (Allen & Richardson, 2018).

Struktūrinis įplyšimas kyla iš struktūrinio judėjimo, o pats struktūrinis judėjimas gali turėti įvairių formų, tokių kaip: grindų atšokimas, išsipūtusios sienos, įtrūkimai, išsiplėtimas ir susitraukimas. Struktūrinis judėjimas vyksta nuolat, tačiau jis yra toks minimalus, kad paprastai yra nepastebimas. Į šio reiškinio padarinius atkreipiama tik tada, kai įtrūkimai pastebimi ir kelia grėsmę konstrukcijos saugumui. Pastebėjus struktūrinį įplyšimą, remonto darbams visų pirma reikia parengti strategiją. Visų pirma, inžinieriai bei ekspertai turi nustatyti struktūrinio judėjimo priežastį, įvertinti konstrukcijos toleranciją judėjimui. Priežasčiai nustatyti rekomenduojama netaupyti kaštų, nes netikslus priežasties nustatymas nulems nesėkminga remonto eigą, o tai lems dar didesnių kaštų eikvojimą. Svarbiausia nustatyti, ar judėjimas galimai bus progresyvus. Sėkmingą remonto strategiją lemia vieningas požiūris į susiklosčiusią situacija bei problemų sprendimo variantus. Išankstiniai remonto darbai, nepriėmus bendrų sprendimų dažniausiai kainuoja daugiau kaštų ir neišsprendžia problemos iki galo. Sudarant remonto strategiją, būtina suprasti, jog konstrukcijų judėjimas vis tiek vyks, todėl medžiagos remontui bei konstrukcijos turi būti parenkamos tokios, jog būtų tolerantiškos šiems veiksniams. Analizuojant struktūrinio įtrūkimo remonto strategiją, atkreiptinas dėmesys į tai, kad įtrūkimas sukuria silpnumą konstrukcijoje, todėl paviršinis priėjimas, tokie kaip apdailos darbai beveik niekada neišspręs problemos, todėl kad mažiausi konstrukcijų judėjimas padarys įtaką naujam įtrūkimui. Inžineriškai sprendžiant problemą, reikia nustatyti, ar įtrūkimas yra konstrukcijų judėjimo vietose. Įtrūkimas yra konstrukcijos silpnoji vieta, todėl, jei judėjimas kyla būtent iš šios vietos, tai šioje vietoje įtampa bus labai didelė. Toliau analizuojant strategiją, J. Allenas teigia, jog konstrukcijos įtempimas, sukurtas judėjimo yra

funkcija, kuri kinta nuo Jungo modulio reikšmės, kuri apibūdina medžiagos standumą (Allen & Richardson 2018).

1 lentelė. Defektų dažnumas pagal draudimo bendrovės neviešinamus duomenis

Defektai	**Dažnumas**
Nestruktūriniai įtrūkimai	60 %
Struktūriniai įtrūkimai	35 %
Betono atitrūkimai	3 %
Kiti defektai	2 %

Bendrai vertinant defektus 1 lentelėje galima pastebėti tendenciją, jog dažniausi defektai yra nestruktūriniai įtrūkimai. Dažniausia šių defektų priežastis – netinkamas medžiagų naudojimas, technologijos nesilaikymas, prastas paviršių paruošimas apdailos darbams. Retesnė šių defektų atsiradimo priežastis – konstrukcijų judėjimas.

1.2. Defektų klasifikavimas pagal kitas savybes

V. Kutut savo knygoje „Paveldo statinių tvarkybos technologijos" (2014) naudoja dar kelis defektų klasifikacijos būdus (žr. 2 lentelėje). Klasifikuoti defektus galima pagal lokalizaciją išskiriant defekto vietos ar vietų atsiradimą. Klasifikacijoje defektai yra skirstomi:

1) Bendruosius viso objekto poslinkius ir deformacijas;

2) Vietinius įvairių konstrukcijų, sujungimo mazgų ir kitus defektus.

Statinio konstrukcijų defektus taip pat galima skirstyti ir pagal pavojingumą išskiriant keturias pagrindines grupes:

1) Nedideli defektai, kurie laikui bėgant nesiplėtoja, neturi reikšmės konstrukcijomis ar jų laikomajai galiai;

2) Defektai, kurie turi įtakos pastato laikomajai galiai, standumui ir ilgaamžiškumui;

3) Defektai atsiradę dėl sumažėjusios konstrukcijos parametrų ar jos elementų laikomosios galios. Tokiomis sąlygomis konstrukcijos eksploatacija jau negalima.

4) Defektai, kurie sumažino konstrukcijos laikomąją galią tiek, jog konstrukcija tapo avarinė.

Defektus taip pat galima skirstyti ir pagal statinį ar jo dalių irties laipsnį ir jo pasekmių pavojingumą. Tokie defektai skirstomi į tris grupes:

1) Griūties pobūdžio defektai, atsiradę dėl projektavimo ar statybos klaidų, stichinių nelaimių, netinkamos priežiūros;

2) Laikančiųjų konstrukcijų defektai, nekeliantys griūties pavojaus ir pašalinami remonto metu;
3) Antraeilių elementų pažaidos;

Taip pat statinio gedimus galima skirstyti ir pagal pavojingumą:

1) Turintys įtakos eksploatavimo sąlygoms;
2) Turintys įtakos saugumui;
3) Turintys įtakos išorės vaizdui;

2 lentelė. Defektų klasifikacija pagal skirtingus defektų bruožus

Eil. Nr.	**Defekto tipas**	**Pastabos**
1.	**Defektai pagal lokalzacija**	
1.1	Bendrieji viso objekto poslinkiai ir deformacija.	Struktūriniai plyšiai atsiradę dėl nevienodo statinio poslinkio ar atskirų konstrukcijų judėjimo. Pavyzdžiui: Sienos ir perdangos sujungimo vietoje atsiradęs plyšys dėl nevienodo pamato sėdimo.
1.2	Vietiniai įvairių konstrukcijų, sujungimo mazgų ir kiti defektus.	Plyšiai atsirandantys tam tikrose vietose, tačiau ne visame statinyje. Pavyzdžiui: durų angokraščio perimetre atsiradęs plyšys dėl netinkamo durų montavimo būdo.
2.	**Statinio konstrukcijų defektai pagal pavojingumą**	
2.1	Nedideli defektai.	Nestruktūriniai sienų skilimai, kurie neturi įtakos statinio konstrukcijų laikomajai galiai. Pavyzdžiui: vidinių sienų apdailinių siūlių plyšiai, kurie atsirado dėl netinkamo medžiagų naudojimo apdailiniuose sluoksniuose.
2.2	Defektai, kurie turi įtakos konstrukcijų laikomajai galiai, standumui ir ilgaamžiškumui.	Laikančiųjų konstrukcijų atplyšimai, įtrūkimai, betono įtrūkimai, kurie atsirado dėl nepriežiūros ar nekokybiškų statybinių medžiagų.

		Pavyzdžiui: Plytų mūro atplyšę sluoksniai.
2.3	Defektai atsiradę dėl sumažėjusių konstrukcijos geometrinių parametrų ar jos elementų laikomosios galios.	Struktūriniai skilimai, atsiradę dėl sumažėjusios laikančiųjų konstrukcijų galios. Pavyzdžiui: Struktūrinis sienos skilimas, atsiradęs dėl sumažėjusios sienos laikomosios galios.
2.4	Defektai, kurie sumažino konstrukcijos laikomąją galią tiek, jog konstrukcija tapo avarinė.	Laikančiųjų konstrukcijų sėdimas, skilimas, ištrupėjimas Pavyzdžiui: Statinio perdangos įgriuvimas dėl ištrupėjusios statinio mūrinės sienos.
3.	**Defektai pagal statinį ar jo dalių irties laipsnį ir jo pasekmių pavojingumą**	
3.1	Griūties pobūdžio defektai atsiradę dėl projektavimo ar statybos klaidų, stichinių nelaimių, netinkamos priežiūros.	Pastato laikančiųjų konstrukcijų ir kitų konstrukcijų griūtis, lūžiai. Pavyzdžiui: Kamino mūro griūtis dėl netinkamai izoliuoto mūro ir nepriežiūros.
3.2	Laikančiųjų konstrukcijų defektai, nekeliantys griūties pavojaus ir pašalinami remonto metu.	Struktūriniai skilimai, nestruktūriniai skilimai, betono atskilimai laikančiose konstrukcijose. Pavyzdžiui: Betono atplyšimas nuo konstrukcijos nepažeidžiant armavimo tinklo ar armatūros konstrukcijos.
3.3	Antraeilių elementų pažaidos.	Apdailinių elementų pažaidos, fasadų pažaidos. Pavyzdžiui: Nestruktūriniai defektai sienose, fasade.
4.	**Statinio gedimai pagal pavojingumą**	
4.1	Turintys įtakos eksploatavimo sąlygoms	Defektai, kurie kelia papildomus nuostolius dėl statinio eksploatacijos.

		Pavyzdžiui: nesandari stogo danga, kuri praleidžia vandenį.
4.2	Turintys įtakos saugumui	Defektai, kurie didina statinio konstrukcijų avaringumą, ar konstrukcijos tampa avarinės. Pavyzdžiui: Struktūrinis įtrūkimas statinio perdengimo plokštės viduryje ar per sujungimo siūles.
4.3	Turintys įtakos įšorės vaizdui	Fasado, langų, durų elementų pažaidos, kuriuos statinį leidžia eksploatuoti, tačiau blogina jo estetinį vaizdą. Pavyzdžiui: Ištrupėjęs fasadas, skilęs lango stiklo paketas.

2 lentelėje pateikti defektai, kuriuos analizuoja Kutut knygoje „Paveldo statinių tvarkybos technologijos" (2014). Išvardinti defektai yra aprašyti ir pateikti jų pavyzdžiai.

Be to, teigiama, jog būtina atkreipti dėmesį į tai, kad statinio konstrukcijos dyla ne vienodai. Tai yra svarbu, nes atlikti remonto darbai skirtingose statinio konstrukcijos vietose bus vykdomi ne tuo pačiu metu. Taip pat svarbu paminėti, jog statinio remontas pakeičia statinio būklę, tačiau neatstato jos į pradinę padėti, nes kiti elementai susidėvi, todėl atliekant remontą, keičiant dalis ar sistemas, statinio patikimumas nebus atkurtas iki pradinio patikimumo (Kutut, 2014).

1.3. Defektų klasifikavimas pagal defekto dažnumą

2011 metu atliktame tyrime defektai buvo suklasifikuoti pagal jų aptikimo ir atsiradimo dažnumą. Tyrimas buvo vykdomas apklausos būdu. Buvo apklausta 12 statybos rangovų bei 29 statybos ekspertai – konsultantai. Darbe yra aprašomi dažniausi defektai, kurie atsiranda statiniuose bei jų atsiradimo priežastis. Darbe išanalizuoti defektai pateikti pagal dažnumo indeksą (Ahzahar, Karim, Hassan & Eman, 2011).

3 lentelė. Defektų tipai pagal dažnumą (Ahzahar, Karim, Hassan & Eman, 2011)

Defekto tipas	**Dažnumo indeksas**
Betono sluoksniavimasis	0,909
Armatūros korozija	0,827

Viršutinių paviršių pažaidos	0,813
Drėgmės pažaidos	0,807
Dažų sluoksnio deformacijos	0,789
Stogų defktai	0,722
Trūkimai (struktūriniai, nestruktūriniai)	0,716
Betono atitrūkimai, skeldėjimai	0,700
Pamatų defektai	0,614
Struktūriniai nestabilumai	0,476

Būtina atkreipti dėmesį į tai, kad 3 lentelėje duomenys yra paimti iš Malaizijos statybų rangovų, todėl nenuostabu, jog toks defektas kaip betono sluoksniavimasis yra dažniausiai aptinkamas. Kadangi Malaizijoje yra didesnis nei įprastai oro drėgnis, šis veiksnys daro stiprią įtaką betono ilgaamžiškumui bei vientisumui.

Taip pat tyrime buvo nustatyta yra dažniausios defektų atsiradimo priežastis, kurios pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė. Defektų atsiradimo priežastys (Ahzahar, Karim, Hassan & Eman, 2011)

Defekto priežastis	**Dažnumo indeksas**
Nekokybiškos medžiagos	0,982
Klaidos statybos metu	0,923
Korupcija	0,827
Priežiūros trūkumas	0,808
Neteisingas projektavimas	0,805
Klimato poveikis	0,789
Nepriežiūra	0,782
Statinio paskirties keitimas/netinkamas tipas	0,745
Statinio lokacija	0,700

Analizuojant 4 lentelę, aiškiai dominuoja dvi pagrindinės priežastys – nekokybiškos medžiagos bei klaidos statybos metu. Atkreiptinas dėmesys ir į trečią priežastį – korupciją. Dėl korupcijos daromos

įtakos statybai paprastai būna iššvaistomi pinigai, todėl medžiagoms bei darbininkams lieka mažiau kaštų, dėl ko statinio kokybė stipriai pablogėja (Ahzahar, Karim, Hassan & Eman, 2011).

1.4. Defektų atsiradimo priežastys

Vertinant visų defektų atsiradimus bei priežastis verta paminėti, jog defektų atsiradimas sienose yra stipriai susijęs su statinio statyba. Atliktame Khano ir kt. (Khan, Hussain & Squib, 2021) tyrime net 89 % nustatytų statinių vidinių sienų defektų kilmė turėjo tiesioginę sąsają su statinio prasta statyba, technologijos nesilaikymu, blogo medžiagiškumo, netinkamo darbo. Atliekant tyrimą, buvo nustatyta, jog visų defektų dažniausia atsiradimo priežastis – prasta medžiagų kokybė. Tokių defektų atsiradimui kaip prevenciją būtina stebėti statinio statybos eigą ir vykdyti nuolatinę kontrolė, tiek ruošiant statybinius mišinius, tiek logistikos grandyse (Khan, Hussain & Saquib, 2021).

Kituose moksliniuose šaltiniuose teigiama, jog sienų defektai sudaro daugiau nei ketvirtadalį defektų, atsirandančių statiniuose. Pagrindinės šių defektų priežastys – netinkama konstrukcinių elementų technologija. Pavyzdžiui, dažniausi statinių struktūriniai įtrūkimai, kurie atsirado tyrimo objektuose buvo dėl netinkamo sienos modulio tvirtinimo būdo, ar netinkamo armatūros skerspjūvio parinkimo montuojamiems moduliams. Taip pat verta paminėti, jog tyrime nustatyta, kad vidinėse sienose pagrindinė struktūrinio įtrūkimo atsiradimo priežastis buvo netinkamas sienos modulio bei grindų plokštės jungimas (Macarulla, Gangolells ir Casals, 2014)

5 lentelė. Statinių defektų padalijimas pagal defekto prigimtį (Pagal įvairius mokslinius šaltinius bei draudimo bendrovės neviešinamą informaciją

Defekto atsiradimo priežastis	**Nestruktūriniai defektai**	**Struktūriniai defektai**	**Betono atitrūkimas**
Technologijos nesilaikymas	60 %	65 %	15 %
Prastos medžiagos	35 %	30 %	10 %
Prasta statinio priežiūra	5 %	5 %	75 %

Analizuojant mokslinių darbų bei Lietuvoje veikiančios draudimo bendrovės išvadas galima teigti, jog nestruktūrinių defektų atsiradimui daugiausiai įtakos turi technologijos nesilaikymas – 60 % visų fiksuotų sienų defektų. Vertinant struktūrinius defektus, matyti, kad šis veiksnys turi dar didesnę įtaką – 65 %. Kalbant apie betono atitrūkimus, galima pastebėti, jog defektų atsiradimo pagrindinė priežastis – prasta statinio priežiūra. Ir tai nėra netikėta, nes betono atitrūkimo defektas yra tęstinis reiškinys, kuris dėl nepriežiūros plečiasi vis greičiau.

Nenuostabu, jog technologijos nesilaikymas turi didžiausią įtaką struktūrinių ir nestruktūrinių defektų atsiradimui. Kalbant apie struktūrinius defektus, technologijos nesilaikymas sukelia statinio konstrukcijų judėjimą, kas ir yra dažniausia šio defekto priežastis. Kalbant apie nestruktūrinius defektus, dažniausia technologijos nesilaikymo klaida – tai netinkamas paviršių paruošimas, todėl sluoksniai per siūlės ar sujungimus yra linkę trūkti.

Verta paminėti, jog visų analizuojamų sienos defektų atsiradimui reikšmingą vertę turi ir nekokybiškos medžiagos (Ahzahar, Karim, Hassan ir Eman, 2011).

1.5. Lietuvoje taikoma defektų klasifikacija

Pagal Lietuvoje galiojantį Statybos techninį reglamentą STR 1.03.01:2016 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“ statinių defektai yra vertinami pagal požymius, kurie nustato, ar konstrukcija yra avarinės būklės ar ne. 6 lentelėje yra pateikta klasifikacija pagal STR 1.03.01:2016 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“ Priedą Nr. 1.

6 lentelė. Statinio galimos avarinės būklės požymiai (STR 1.03.01:2016)

Eil. Nr.	**Statinio dalys, konstrukcijų elementai, pertvaros, ramsčiai**	**Galimos avarinės būklės požymiai**
1	**2**	**3**
1. 1.1. 1.2.	P a m a t a i: juostiniai betoniniai ir gelžbetoniniai; poliniai.	 Tuštuma po pamatais, pastebimas grunto išplovimas arba išspaudimas iš po pamatų pado; vertikalūs arba horizontalūs pamatų poslinkiai, didesni negu 1/50 jų ilgio; kiauriniai plyšiai, platesni negu 5 mm; progresuojantis betono irimas, užfiksuotas įrašais statinio techninės priežiūros žurnale; vertikalios arba horizontalios rostverko deformacijos, didesnės negu 1/50 jo ilgio; didesni negu 5 mm plyšiai rostverke; progresuojantis betono irimas, užfiksuotas įrašais statinio techninės priežiūros žurnale.
2. 2.1. 2.2.	L a i k a n č i o s i o s s i e n o s: medinės (rąstų, karkasinės, skydinės ir kt.); mūrinės sienos ir mūriniai stulpai;	 Biologinių kenkėjų pažeista mediena; sienos poslinkiai didesni negu 1/50 jos ilgio; išlinkiai didesni negu 1/20 konstrukcijos storio, 1/200 sienos ilgio arba 1/50 stulpo aukščio;

2.3.	stambiaplokštės;	kiauriniai plyšiai sienose, kurių maksimalus plotis didesnis negu 5 mm; vertikalūs plyšiai mūriniuose stulpuose, ilgesni nei per 2 plytų eiles; plyšiai sienose, einantys nuo angų visomis kryptimis; mūrinių atramų, laikančių santvaras, sijas bei sąramas, krašto nuskilimai ir supleišėjimai (iš angos pusės), gilesni negu 2 cm; vertikalūs plyšiai šiose atramose, ilgesni negu 15 cm; lokalinis mūro suirimas 1/2 plytos ir didesnio gylio; sienos išlinkis didesnis negu 1/200 jos ilgio arba 1/100 aukšto aukščio; vertikalūs arba įstriži plyšiai, platesni negu 5 mm per kelias gretimas plokštes arba per visą pastato aukštį; konstrukcinių mazgų metalinių jungčių korozija (kai surūdijusio metalo sluoksnis storesnis negu 1 mm) arba suvirinimo siūlių išilginiai įtrūkiai;

1	2	3
2.4.	monolitinės.	išorinių sienų atitrūkimas nuo vidinių per kelis aukštus arba per visą pastato aukštį; vertikalūs ir įstriži plyšiai laikančiosiose sienose, platesni negu 5 mm.
3. 3.1.	K a r k a s a s: medinis;	Karkaso elementų išlinkiai (įlinkiai), didesni negu 1/100 jų ilgio; puvinių (grybų) pažeistas karkaso elementas, kai pažeidimas didesnis negu 25 proc. skerspjūvio; įstriži plyšiai, kurie kerta daugiau kaip 25 proc. karkaso elemento skerspjūvio; metalinės jungtys, surūdijusios daugiau nei 1 mm;
3.2.	gelžbetoninis;	plyšiai tempimo zonoje, platesni negu 2 mm; suiręs armatūros apsauginis sluoksnis; darbo armatūros arba metalinių jungčių surūdijęs sluoksnis, storesnis negu 1 mm; kolonų išlinkiai, didesni negu 1/100 jų ilgio; lokaliniai glemžiamo (gniuždomo) betono suirimai; išilginiai plyšiai kolonose ir sijų gniuždomoje zonoje ties išilgine darbo armatūra; sijų ir kolonų gniuždomose zonose betone daug smulkių išilginių plyšių;
3.3.	metalinis.	gniuždomų (klupdomų) elementų išlinkiai, didesni negu 1/300 jų ilgio;

		suvirinimo siūlių arba konstrukcijos elementų įtrūkiai, nepriklausomai nuo jų pločio; dėl korozijos suardytas profilių ir jungčių storesnis negu 1 mm metalo sluoksnis.
4. 4.1.	P e r d a n g o s: medinės;	 Sijų išlinkiai, didesni negu 1/50 tarpatramio; biologiniai ir mechaniniai sijų bei kitų konstrukcinių elementų pažeidimai, dėl kurių jų skerspjūviai sumažėję daugiau kaip 25 proc.;
4.2.	gelžbetoninės surenkamos;	įlinkiai, didesni negu 1/50 tarpatramio; išilginiai, vertikalūs ir įstriži plyšiai sijose ir plokščių briaunose ties tempiama armatūra jos inkaravimo zonoje ir plyšiai kitose vietose, platesni negu 0,5 mm; išilginiai plyšiai plokštėse tarp išilginių briaunų; plyšiai išilgai darbo armatūros, per visą gaminio ilgį; armatūros korozijos suardytas storesnis negu 1 mm metalo sluoksnis;
4.3.	gelžbetoninės monolitinės;	įlinkiai, didesni negu 1/50 tarpatramio; platesni negu 3 mm plyšiai; atplėštas darbo armatūros apsauginis betono sluoksnis, lokalinis betono suirimas, armatūros korozijos suardytas storesnis negu 1 mm metalo sluoksnis;

1	2	3
4.4.	mūrinės-skliautinės.	iškritusios pavienės skliautų plytos; bet kokie plyšiai skliautuose; metalinių elementų korozija, dėl kurios suardytas storesnis negu 1 mm metalo sluoksnis.
5. 5.1.	S a n t v a r o s: metalinės;	 Pastebimi suklupę arba išsikreivinę gniuždomi spyriai; santvaros įlinkis didesnis negu 1/200 tarpatramio; bet kokie plyšiai mazgų suvirinimo siūlėse; pastebimos vertikalių arba horizontalių standumo ryšių deformacijos; surūdiję santvarų elementai, kai dėl korozijos suardytas storesnis negu 1 mm metalo sluoksnis;
5.2.	gelžbetoninės.	atraminiuose mazguose arba tempiamuose elementuose atsivėrę didesni negu 0,4 mm pločio įstriži plyšiai; bet kokio dydžio išilginiai plyšiai tempiamoje juostoje; santvarų gniuždomos juostos apatinėje arba viršutinėje dalyje atsivėrę pavieniai išilginiai, platesni negu 0,4 mm, plyšiai arba daug trumpų išilginių plyšių;

		lokalinis betono suirimas (atplyšę betono lopiniai), atvira ir surūdijusi darbo armatūra (suardytas storesnis negu 1 mm metalo sluoksnis).

Pagal 2016-11-11 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“ Nr. D1-748 įsakymą, kuriuo vadovaujasi ekspertai vertindami statinį, 1 priedą „Statinio galimos avarinės būklės požymiai” 6 lentelėje pateikti tik avarinę statinio būklę apibūdinantis defektai. Nagrinėjant sienų defektus, pagal anksčiau minėtą įsakymo priedą nurodyti tik tokie pažeidimai kaip:

- išlinkiai didesni negu 1/20 konstrukcijos storio, 1/200 sienos ilgio arba 1/50 stulpo aukščio;
- kiauriniai plyšiai sienose, kurių maksimalus plotis didesnis negu 5 mm;
- vertikalūs plyšiai mūriniuose stulpuose, ilgesni nei per 2 plytų eiles;
- plyšiai sienose, einantys nuo angų visomis kryptimis;
- mūrinių atramų, laikančių santvaras, sijas bei sąramas, krašto nuskilimai ir supleišėjimai (iš angos pusės), gilesni negu 2 cm;
- vertikalūs plyšiai šiose atramose, ilgesni negu 15 cm; lokalinis mūro suirimas 1/2 plytos ir didesnio gylio;

Iš esmės visi išvardinti pažeidimai yra struktūriniai, tačiau plyšys sienoje, einantis viena kryptimi nuo angos, gali įspėti apie statinio konstrukcijų judėjimą, todėl anksti nereaguojant statinys po daugiau ar mažiau laiko taps avarinės būklės. Taip pat išaugs ir jo remonto kaštai, nes darbai jau nebebus vykdomi viename lokaliame taške, o bus vykdomi jau daugybinėse statinio vietose.

Lygiai taip pat kaip ir su plyšiais sienose, kurių plotis didesnis negu 5 mm. Pats plyšys gali padidėti nuo 2-3 mm iki 5 mm ar didesnio pločio, jeigu problema nebus sprendžiama laiku.

Analizuojant esančią defektų klasifikavimo sistemą Lietuvoje, galima teigti, jog dauguma kritinių defektų, susijusių su betonu, yra pilkojoje zonoje. Tokiai zonai galime priskirti defektus, kurie nėra pasiekę avarinio lygio, tačiau duoda stiprius signalus galimam defekto gilėjimui ir didesniems žalos padariniams.

1.6. Mūrinės konstrukcijos

Mūrinės konstrukcijos yra vienos seniausių konstrukcijų. Šį konstrukcijų tipą pradėjo naudoti statybininkai statant piramides, kapavietes. Mūro konstrukcijos nuo senovės tapo viena populiariausia konstrukcija pasaulyje. Ji tapo tokia populiari dėl ilgaamžiškumo ir atsparumo aplinkos poveikiams. Mūro konstrukcija populiari ir šiuo metu. Dėl savo pagrindinės savybės – atsparumo aplinkai, atsparumo lenkimui, gniuždymui ir pažaidoms mūras pasaulyje yra vienas iš populiariausių konstrukcijų tipų statant

gyvenamosios paskirties statinius (Muresan, 2021). Įvairiais moksliniais šaltiniais, iki 70 % gyvenamosios paskirties statinių yra pastatytų naudojant mūrines konstrukcijas. Lietuvoje nuo 1960 m. iki 1993 metų buvo pastatyti 20 507 daugiabučiai, kurie buvo statomi naudojant mūrines, stambiaplokštes ar monolitines gelžbetonio konstrukcijas (Juozaitienė, 2007). Atsižvelgiant į pateiktus duomenis galima teigti, jog mūrinė konstrukcija buvo ir yra viena populiariausių konstrukcijų statant gyvenamosios paskirties statinius Lietuvoje. Kadangi konstrukcija yra populiari, tai ir statinių skaičius Lietuvoje yra didelis. Pagal tai galime teigti, jog gyvenamosios paskirties statinių, kuriuose statant buvo naudojama mūro konstrukcija, Lietuvoje yra daug. Šiame darbe buvo pasirinkta analizuoti būtent mūro konstrukciją, nes Lietuvoje dauguma gyvenamosios paskirties statinių yra mūrinės konstrukcijos.

Gilinantis į mūro konstrukciją pagal mokslinius šaltinius galime rasti įvairių apibrėžimų. Vienas iš apibrėžimų teigia, jog mūrinė konstrukcija yra kompozitinė medžiaga, sudaryta iš mūrinio gaminių ir skiedinio (Jonaitis, 2017). Mūro gaminiai gali būti natūralios kilmės ir dirbtiniai. Vienas iš populiariausių natūralios kilmės mūro gaminių yra granitinis akmuo. Dirbtinių mūro gaminių šiuo metu yra labai daug. Populiariausi šiuo metu naudojami mūro gaminiai yra: keraminės plytos ar blokai, silikatinės plytos ar blokai, sunkiojo ir lengvojo betono blokai.

Dėl mūrinės konstrukcijos populiarumo buvo sugalvota ir daugybė sprendinių mūrinėms konstrukcijoms. Mūrinės konstrukcijos gali būti vientisos, sluoksniuotos, tuštumėtos. Tačiau pagal konstrukcinius sprendinius mūras gali būti viensluoksnis, dvisluoksnis su oro tarpu, dvisluoksnis su oro tarpu ir šilumos izoliaciniu sluoksniu, dvisluoksnis, dvisluoksnis su šilumą izoliuojančia medžiaga ir t.t (Jonaitis, 2017).

1.6.1 Mūro konstrukcijų defektai

Mūrinės, kaip ir visos kitos, konstrukcijos yra neapsaugotos nuo defektų. Moksliniuose šaltiniuose dažniausiai nagrinėjami šie mūro defektai, atsiradę dėl šių priežasčių:

Konstrukcijų judėjimo ar susėdimo (5 pav.). Kaip aiškinama moksliniuose šaltiniuose, dėl konstrukcijų judėjimo ar susėdimo mūro konstrukcijose atsiranda plyšiai. Pagrindinė plyšių atsiradimo priežastis – mūrinės konstrukcijos tempimo stiprio viršijimas. Šis reiškinys atsiranda dėl dvejų faktorių:

1) Tiesiogiai mūro konstrukciją veikiantys veiksniai: gravitacijos jėgos, vėjo apkrova, žemės slėgis;
2) Netiesiogiai mūro konstrukciją veikiantys veiksniai: aplinkos pokyčiai (temperatūra, drėgmė), laikančiųjų konstrukcijų deformacijos, pamato stabilizavimasis (Martens & Vermeltfoort, 2001).

5 pav. Konstrukcijų judėjimo defektai

- **Netinkamos kritulių suvaldymo sistemos** (6 pav.). Remiantis įvairiais moksliniais šaltinais galima teigti, jog netinkama vandens nutekinimo sistema (netinkamas lietaus barjeras) sudaro sąlygas vandens pertekliui ardyti mūrinės konstrukcijos siūles. Šis reiškinys vyksta tada, kai vanduo nėra tinkamai suvaldomas, ar kitaip pašalinamas iš mūrinės konstrukcijos. Vanduo kaupiasi ir plauna mūrinės konstrukcijos siūlės mikroelementus, dėl to konstrukcija tampa nestabili (Kvande & Liso, 2003).

6 pav. Netinkamo vandens nuvedimo sistemų defektai mūrui

- **Netinkamos kokybės mūriniai elementai** (7 pav.) Dėl šios priežasties mūrinėje konstrukcijoje dažniausiai įvyksta dalinis konstrukcijos skilimas. Kadangi mūriniai gaminiai yra porėti, jie prisipildo vandens. Esant šaltajam metų laikui, vanduo tampa ledu dėl mažos temperatūros. Porose esantis vanduo virsta į ledą, dėl to ledas ima spausti porų sieneles. Nekokybiškai paruošti mūrinės konstrukcijos elementai neatlaiko spaudimo ir įvyksta mikroįtrūkimai, kurie einant lankui sukelia mūro konstrukcijos skilimą.

7 pav. Netinkamos kokybės mūriniai elementai

Šie išvardinti defektai, pagal įvairius mokslinius šaltinius, fiksuojami dažniausiai. Konstrukcijų judėjimo ar susėdimo defektai, pagal įvairius mokslinius šaltinius, visoje mūro defektų skalėje yra fiksuojami dažniausiai. Iš 100 %, jie sudaro apie 20 % visų defektų kiekio. Netinkamo vandens nuvedimo sistemų defektai ir netinkamos kokybės mūrinių elementų defektai sudaro kiek mažesnę – 14 % nuo viso defekto skaičiaus (Kvande & Liso, 2008).

PIRMOJO SKYRIAUS IŠVADOS

Skyriuje *Defektai ir jų klasifikacija* buvo išanalizuota defektų klasifikacija pagal užsienio praktiką. Buvo apžvelgti pagrindiniai defektų tipai, kurie yra apžvelgiami įvairiuose moksliniuose šaltiniuose. Skyriuje buvo išanalizuoti nestruktūriniai, struktūriniai plyšiai bei konstrukciniai atplyšimai. Moksliniuose šaltiniuose išanalizuota klasifikacija atskleidė, jog defektai gali būti klasifikuojami pagal daug požymių. Pavyzdžiui: pagal defekto lokalizaciją, pagal pavojingumą, pagal statinį ar jo dalių irties laipsnį ir jo pasekmių pavojingumą. Visi minimi defektai taip pat papildomai išskaidyti pagal smulkesnes, konkretesnes savybęs, kurios smulkiau detalizuoja daugybę galimų situacijų ar defektų.

Skyriuje taip pat išanalizuota buvo defektų atsiradimo priežastys vadovaujantis užsienio praktika. Analizuojant pastebėta, jog struktūriniai ir nestruktūriniai plyšiai dažniausiai atsiranda dėl prastos įrengimo technologijos ar visiško jos nebuvimo. Betono atplyšimo defektai dažniausiai atsiranda dėl prastos statinio priežiūros. Taip pat visuose defektuose didelį svorį turi ir netinkamos, prastos medžiagos, kurios inicijuoja didelę dalį defektų.

Skyriuje taip pat išnagrinėta ir populiariausia konstrukcija – mūrinė konstrukcija. Apžvelgti jų tipai, išnagrinėti dažniausiai pasitaikantys defektai.

Buvo apžvelgta ir Lietuvoje galiojančių reglamentų, įstatymų visuma, kurie klasifikuoja defektus. Išsiaiškinta, jog Lietuvoje defektų klasifikacija iš esmės nėra detaliai klasifikuojama, paprastai kalbant, defektas gali būti avarinis, tačiau kitoks būti pagal reglamentus – negali.

Nors ir mokslinėje medžiagoje yra pateikta daug informacijos ir gairių, kaip defektai gali būti klasifikuojami ir kaip detalizuojami, pagal Lietuvoje galiojančius dokumentus jie nėra taip smulkiai detalizuojami. Galimai to priežastis yra skirtingos ekspertų perspektyvos. Būtina į tai atsižvelgti, jog Lietuvoje ekspertai subjektyvią nuomonę pateikia defektiniuose aktuose ar tyrimuose. To neturėtų būti, nes subjektyvus požiūris į defektą gali privesti prie ilgų ginčų, kas sudarys tinkamą terpę esantiems statinio defektams plisti dar labiau.

2. DEFEKTŲ VERTINIMO METODOLOGIJA

Defektų vertinimas yra kone svarbiausia dalis defekto pašalinimo ir pastato būvio ciklo procesuose. Tiksliai įvertintas defektas gali būti greitai pašalinamas arba sumažinti jo pašalinimo kaštai. Kadangi neretai procesai trunka ilgai, defektas ar jų dauguma pradeda gilėti taip padarydami dar daugiau žalos statiniui ar jo konstrukcijoms.

2.1 Defektų vertinimas koreliacijos principu

Defektų vertinimas koreliacijos principu buvo atliktas moksliniame darbe, kuriame buvo analizuojami senos statybos (18–19 amžiaus) Lenkijos daugiabučių butai, kuriuose aiškiai matosi dauguma visų anksčiau minėtų defektų tipų. Tyrime buvo apžiūrėti 102 statiniai. Šiuose statiniuose buvo bandoma pastebėti koreliacija tarp statinio natūralaus nusidėvėjimo ir defektų atsiradimo. Darbe gauti rezultatai buvo tokie, jog drėgmės atsiradimas daugumoje statinio konstrukcijų, skeldėjimas, pelėsis, puvimas, armatūrinio tinklo korozija, sijų korozija, viršutinių sluoksnių skeldėjimas ir pleišėjimas, termitų ir kitų biologinių kenkėjų padarytos pažaidos yra statinio nusidėvėjimo sukelti defektai, o ne prastos technologijos ar kitų veiksnių (Konior & Rejment, 2021).

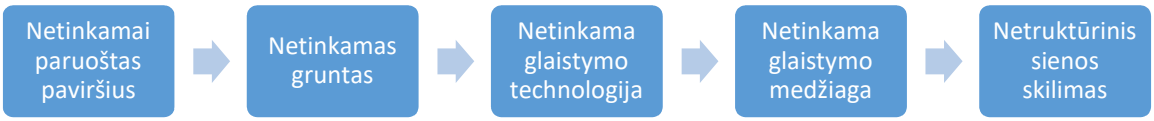
Lyginant šiame darbe pristatytus defektus su Lietuvoje fiksuojamais defektais, negalima teigti, jog darbe gauti rezultatai visais aspektais gali pagrįsti ir Lietuvoje atsirandančius defektus. Pavyzdžiui, sienų skeldėjimas ir pleišėjimas, turime atkreipti dėmesį, jog moksliniame tyrime statinių eksploatavimo laikas yra ilgesnis nei Lietuvoje esančių pastatų, kuriuose fiksuojami defektai. Todėl teigti, jog 2021 metų gyvenamosios paskirties statinyje, eksploatuojamame Lietuvoje, atsirado sienų viršutinių sluoksnių skilimai dėl pastato techninio nusidėvėjimo, būtų klaidinga.

2.2. Defektų vertinimas grandinės principu

Norint sukurti tinkamą defektų vertinimo modelį, visų pirma reikia suprasti, kas yra defektas. Pagal knygą „Sėkminga projektų vadyba" (Brette McWhorter Sember, Rick A. Morris 2010), defektas yra nusakomas kaip „Įtakos turintis įvykis, trūkumas arba stygius, kurį pajunta galutinis vartotojas. Jei vartodamas sukurtą produktą vartotojas susiduria su nenumatytomis problemomis". Iš esmės veikiantis defektų vertinimo modelis turi leisti analizuoti įvykius bei jų priežastis. Taigi defektų vertinimo modeliu galime vadinti įvykių lėmusiu tam tikrą trūkumą. Paprastai statyboje vienas įvykis tam tikro trūkumo ar stygiaus nesukuria ir produkto negadina, dažniausiai tai būna įvykių grandinė, kuri susideda iš kelių netinkamų procesų, tiek medžiagų, tiek technologijos.

2.2.1. Sienos nestruktūrinis plyšys

Išanalizuokime sienos nestruktūrinio plyšio įvykį, kuriam padarė įtaką netinkamos medžiagos bei netinkama technologija (8 pav.).



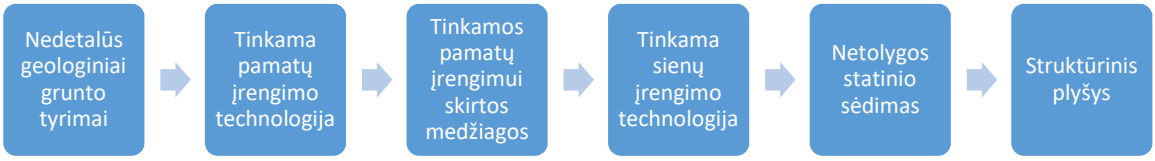
8 pav. Nestruktūrinio sienos plyšio defekto eiga

1) Netinkamai paruoštas paviršius – nelygumai, esantys visame sienos plote, matomi tinko „išbyrėjimai";
2) Netinkamas gruntas – gruntas nepritaikytas vidaus darbams ar gruntas neskirtas sienų glaistymo darbams;
3) Netinkama glaistymo technologija – per storas ar per plonas glaisto storis, kuris neleidžia vienodai džiūti paviršiui;
4) Netinkama glaistymo medžiaga – glaistas nepritaikytas vidaus paviršiams;
5) Nestruktūrinis sienos skilimas – atsiradęs dėl anksčiau suformuotų įvykių sekos.

Šio įvykio arba defekto eiga yra grandininė ir, jei išimtume nors vieną elementą ar jį pakeistume kitu, tarkime, naudotume tinkamas medžiagas, tačiau glaistymo technologiją paliktume netinkamą, rezultatas galimai būtų toks pat – struktūrinis sienos skilimas. Norint išvengti defekto, visoje proceso grandinėje negalima palikti netinkamų procesų ar netinkamų medžiagų.

2.2.2. Struktūrinis sienos plyšys

Išanalizuokime sienos struktūrinio plyšio įvykį, kuriam padarė įtaka technologiniai procesai (9 pav.).



9 pav. Struktūrinio plyšio įvykio eiga

1) Nedetalūs geologiniai grunto tyrimai – grunto tyrimai atlikti paskubomis, nesilaikant numatytų reglamentų;

2) Tinkama pamatų įrengimo technologija – pamatai įrengti laikantis visų projekte numatytų nuokrypių bei laikantis technologinėje kortelėje numatytų reikalavimų;

3) Tinkamos pamatų įrengimui skirtos medžiagos – visos medžiagos, naudotos pamatams įrengti, yra parinktos griežtai laikantis technologinėje kortelėje numatytų reikalavimų;

4) Tinkama sienų įrengimo technologija – sienos įrengtos laikantis visų projekte numatytų nuokrypių bei laikantis technologinėje kortelėje numatytų reikalavimų;

5) Netolygus statinio sėdimas – netolygiai sėdant statiniui, visos pusės nespėja vienodai judėti dėl ne vienodo grunto esančio po statinio pamatais;

6) Struktūrinis plyšys – plyšys atsiradęs dėl netolygaus statinio sėdimo, kuriam padarė įtaką nevienodas gruntas esantis po statinio pamatais.

Kaip matome Struktūrinio plyšio įvykio eigos procese (9 pav.) galime pastebėti, jog visose įvykio procesuose buvo laikomasi visų normų, išskyrus patį pirmą procesą – „Nedetalūs geologiniai grunto tyrimai". Kadangi po pamatais buvęs gruntas nebuvo vienodos frakcijos, pamatai pradėjo sėsti nevienodai, dėl to statinio konstrukcijos judėjimas buvo nevienodas. Viso proceso grandinės neišlaikymas vis tiek prives prie netinkamo rezultato – defekto.

Apibendrinant galima teigti, kad defektų vertinimo modelis turi sudaryti ne tik defekto atsiradimo faktą ir jo prigimtį, tačiau ir visas proceso dalis, kurios buvo vykdomos iki pažaidos.

2.3. Lošimų ir naudingumo teorijos analizė ir taikymas

Naudingumo teorija nagrinėja rezultatų, sugraduotų pagal pranašumą, vertinimą. Atrenkami galimi rezultatai. Geriausias rezultatas parenkamas remiantis naudingumo funkcija, kuri neturi būti monetarinė.

B. Schneeweissas skirsto sprendimų kriterijus pagal stipriausią formą (I) – sprendimų taisyklės ir pagal silpnesnę formą (II) – sprendimų principus. Pagal formą (I), t.y. sprendimų taisykles, galima pateikti arba apskaičiuoti optimalias kiekvienos problemos sprendimo strategijas (Zavadskas, Peldschus, Ustinovičius ir Turskis, 2004).

2.3.1. Lošimų teorija ir operacijų tyrimas

J. B. Germejeris operaciją laiko visų veiksmų, skirtų tam tikram tikslui pasiekti, visuma. Operacijos tikslas – didinti efektyvumo kriterijaus vertę. Jeigu lošimų teorijoje pagal šį apibrėžimą reikia dviejų oponuojančių pusių ir jų atsiskaitymo funkcijų, tai operacijų tyrimas gali pateikti ir modelius, kurie neturi varžovo.

Situacijos su maksimumo tašku, palyginti su maksiminu, neturi jokių esminių skirtumų. Specialiu atveju lošimus galima aproksimuoti operacijų tyrimo modeliu. Juos suartina efektyvumo kriterijus (atsiskaitymas), strategijų kiekis arba abu dalykai iš karto (Zavadskas, Peldschus, Ustinovičius ir Turskis, 2004).

2.4. Gyvenamosios paskirties statinių defektų vertinimas

Statybos technologijoje uždaviniai yra labai įvairūs. K. Fiedleris pateikia jų apžvalgą ir tolesnę teorinę būklės raidą. Kaip svarbiausias užduotis jis nurodė gamybos technikos ir gamybos technologijos organizavimo (vadybos) pagrindų sukūrimą statyboje. Šie pagrindai diegiami modeliuojant technologinį statybos procesą ir teoriškai tiriant procesą.

Lošimų teorijos taikymo požiūriu galima išskirti du uždavinių tipus:

1) Uždavinius, kuriems spręsti yra visa reikalinga informacija. Uždavinių grupė yra pagrįsta tik teoriškai idealiam atvejui. Uždaviniuose neatsižvelgiama į nepatikimumą ar nuokrypį. Technologams būtina pateikti reprezentatyvius dydžius, kai sunku numatyti visus tokio sprendimo poveikius.

2) Uždavinius, kuriems spręsti žinoma tik dalis reikalingos informacijos. Norint pasiekti taip globaliai formuluojamą tikslą, reikia informacijos apie sprendimo tikslus ir veiksmų alternatyvas realizuojant šį tikslą (Zavadskas, Peldschus, Ustinovičius ir Turskis, 2004).

2.5. Optimalių strategijų apskaičiavimas. Laplace'o taisyklė

Minimakso teorema užtikrina optimalių strategijų buvimą dviejų asmenų nulinės sumos lošime, tačiau nieko nesako apie jų skaičiavimą.

Svarbiausia taisyklė, skaičiuojant optimalias strategijas, yra minimakso kriterijus. Taip pat žinomos ir šio kriterijaus atmainos, pvz., Savage'o ir Niehauso kriterijus. Taip pat galime pabrėžti, jog renkantis sprendinį konfliktinėse situacijos, taikomos ir tokios kaip Waldo, Laplace'o ir Bayeso taisykles. Tam tikras kriterijus taikomas visuomet atsižvelgiant į keliamo uždavinio tikslą. Pats geriausias kriterijus neišaiškintas (Zavadskas, Peldschus, Ustinovičius ir Turskis, 2004).

Laplace'o taisyklė apibrėžiama pagal (1) formulę.

$$S_1^* = \left\{ S_{1i} | S_{1i} \in S_1 \cap \left\{ S_{1i0} | \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} a_{i0j} = \max_i \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \right) \right\} \right\}. \quad (1)$$

Čia nesvarbu, ar atsižvelgiama į koeficientą $\frac{1}{n}$, ar ne. Jeigu koeficientas $\frac{1}{n}$, tai gaunamas eilutės vidurkis, į kurį, priimant sprendimą, galima atsižvelgti.

ANTROJO SKYRIAUS IŠVADOS

Skyriuje *Defektų vertinimo metodologija* buvo išnagrinėta užsienyje taikoma defektų vertinimo metodologija. Išnagrinėti moksliniai darbai, kuriuose buvo pritaikyta koreliacijos principu atlikta vertinimo metodika bei apklausos būdu vykdyta metodika. Pastarasis metodas yra labai populiarus nagrinėjant daugiakriterinius uždavinius. Šis sprendimas yra dažnas todėl, kad yra surenkama daugumos ekspertų nuomonė, kuri priveda prie geriausio problemos sprendimo būdo. Šią metodiką galime vadinti saugiausia, nes daugumos ekspertų nuomonėje atsispindi daug sprendimų ar kriterijų, kurie labiau konkretizuoja kiekvieno kriterijaus svorį. Taip pat išnagrinėtas ir defektų vertinimas grandinės principų. Buvo pastebėta, jog atliekant statinio statybą, kiekvienas procesas turi būti vykdomas be klaidų, tik tokiu būdu vykdomi darbai gali maksimaliai sumažinti defekto atsiradimo galimybę.

Skyriuje taip pat išanalizuota lošimų ir naudingumo teorijos. Išnagrinėti teorijų taikymo principai bei būdai. Antrame skyriuje buvo nagrinėjami ir statybos technologijos uždavinių tipai bei jų reikalavimai. Buvo išanalizuota, koks kiekis informacijos reikalingas kiekvienam statybos technologijos uždaviniui spręsti. Taip pat paanalizuota ir Laplace‘o taisyklė, kuria buvo skaičiuojama ir tiriamojoje dalyje atliktas tyrimas.

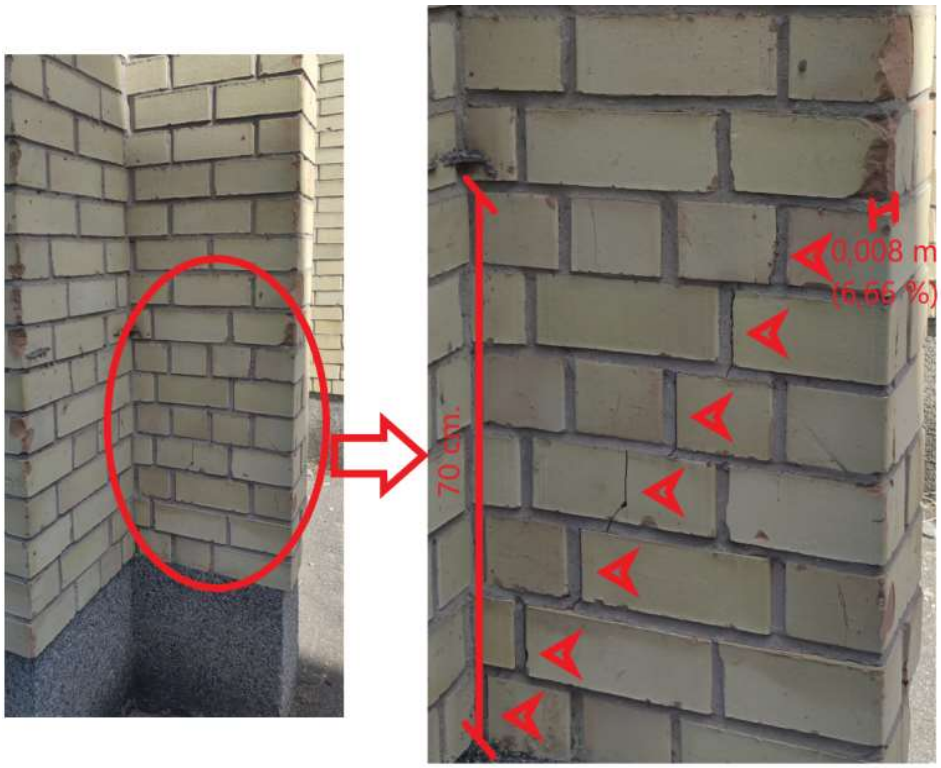
3. GYVENAMOSIOS PASKIRTIES STATINIŲ DEFEKTŲ VERTINIMAS: MŪRO DEFEKTŲ ATVEJIS

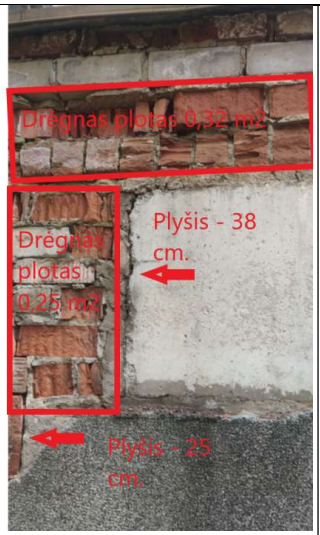
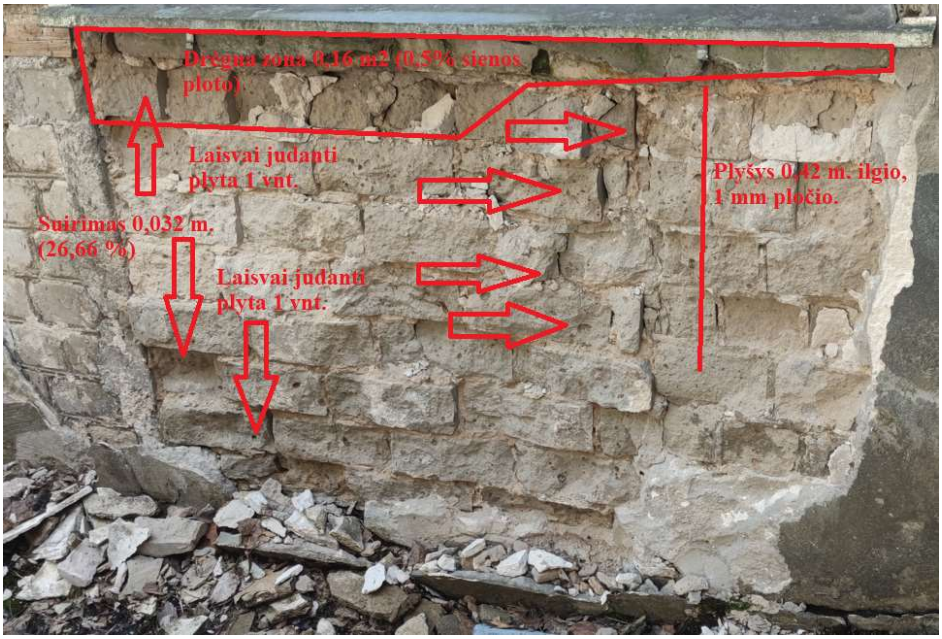
Ankstesniuose skyriuose buvo nagrinėjami defektai. Modelių yra labai daug. Būtų klaidinga sakyti, jog kiekvienas modelis tinka visiems atvejams. Todėl, norint defektą įvertinti teisingai , visų pirma būtina jį tinkamai išanalizuoti. 7 lentelėje išanalizuoti mūro defektų atvejai. Analizuojant tokio tipo defektus dažniausiai fiksuojami defektai būna tokie:

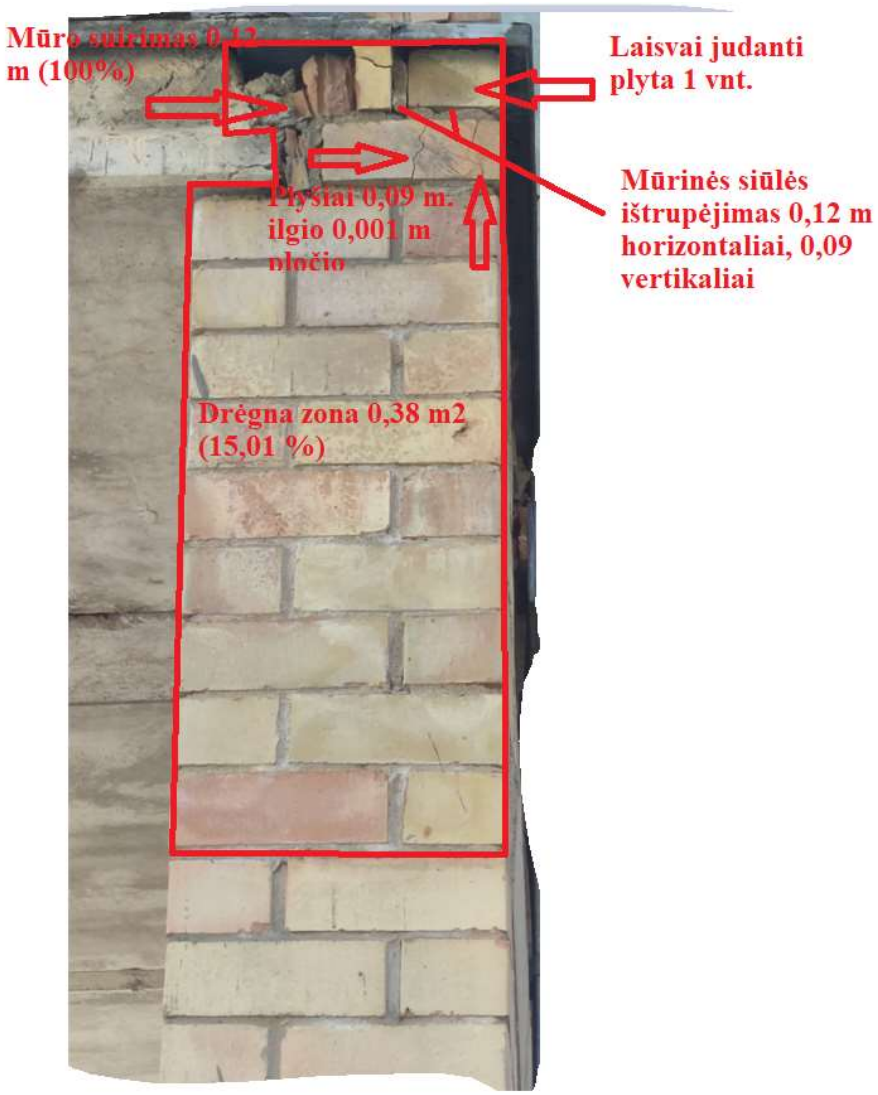
1) Mūro suirimo gylis (%);
2) Plyšio plotis (mm.);
3) Plyšio ilgis (mm);
4) Sienos drėgnasis plotas (% nuo viso sienos ploto);
5) Laisvai judančių plytų kiekis sienos plote (%).

7 lentelė. Mūro pažeidimo atvejai

Atvejai	**Aprašymas**
Atvejis Nr. 1 **10 pav.** Atvejis Nr. 1	Matomi mūro pažeidimai: 1) Mūro suirimas – 24,16 % plytos gylio; 2) Vertikalus mūro plyšys 9 cm ilgio, 2 mm pločio. 3) Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; 4) Sienos drėgnumas – neužfiksuotas; 5) Laisvai judančių plytų

	sienoje – neužfiksuota.
Atvejis Nr. 2  **11 pav.** Atvejis Nr. 2	Matomi mūro pažeidimai: 1) Mūro suirimas – 6,66 % plytos gylio; 2) Vertikalus mūro plyšys 70 cm ilgio, 1 mm pločio. 3) Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; 4) Sienos drėgnumas – neužfiksuotas; 5) Laisvai judančių plytų sienoje – neužfiksuota.
Atvejis Nr. 3	Matomi mūro pažeidimai: 1) Mūro suirimas – 58,33 % plytos gylio; 2) Vertikalus mūro plyšys 63 cm ilgio, 2 mm pločio.

 **12 pav.** Atvejis Nr. 3	3) Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; 4) Sienos drėgnumas – fiksuojamas 3,8 % visos sienos ploto; 5) Laisvai judančių plytų sienoje – neužfiksuota.
Atvejis Nr. 4  **13 pav.** Atvejis Nr. 4	Matomi mūro pažeidimai: 1) Mūro suirimas – 26,66 % plytos gylio; 2) Vertikalus mūro plyšys 42 cm ilgio, 1 mm pločio. 3) Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; 4) Sienos drėgnumas – fiksuojamas 0,5 % visos sienos ploto; 5) Laisvai judančių plytų sienoje

<table>
<tr><td></td><td>fiksuojama, 2 vnt. plytų – 0,03 % viso sienos ploto.</td></tr>
<tr><td>Atvejis Nr. 5
 

14 pav. Atvejas Nr. 5</td><td>Matomi mūro pažeidimai:
1) Mūro suirimas – 100 % plytos gylio;
2) Vertikalus mūro plyšys 9 cm ilgio, 1 mm pločio.
3) Mūrinių siūlių ištrupėjimas – 12 cm horizontaliai, 9 cm vertikaliai, viso 21 cm.;
4) Sienos drėgnumas – fiksuojamas 15,01 % visos sienos ploto;
5) Laisvai judančių plytų sienoje fiksuojama, 1 vnt. plytų – 0,43 % viso sienos ploto.</td></tr>
</table>

Defektų matavimuose buvo atsižvelgiama į tai, jog plytos matmenys – 25 cm ilgis, 12 cm plotis, 9 cm aukštis. Drėgmė fiksuojama jei vizualiai matomi jos pėdsakai (patamsėjimai, juntamas šlapumas). Matavimo prietaisai: slankmatis, ruletė, liniuotė. Mūro gylis ir suirimas buvo skaičiuojamas iš fiksuotų matavimų.

Mūro suirimo gylio skaičiavimas:

$$A = \frac{B \cdot 100\%}{c}\ ; \tag{2}$$

čia B – suirimo gylis metrais, c – plytos plotis.

Laisvai judančių plytų % sienos plote skaičiavimas:

$$A = \frac{B \cdot 100\%}{c}; \tag{3}$$

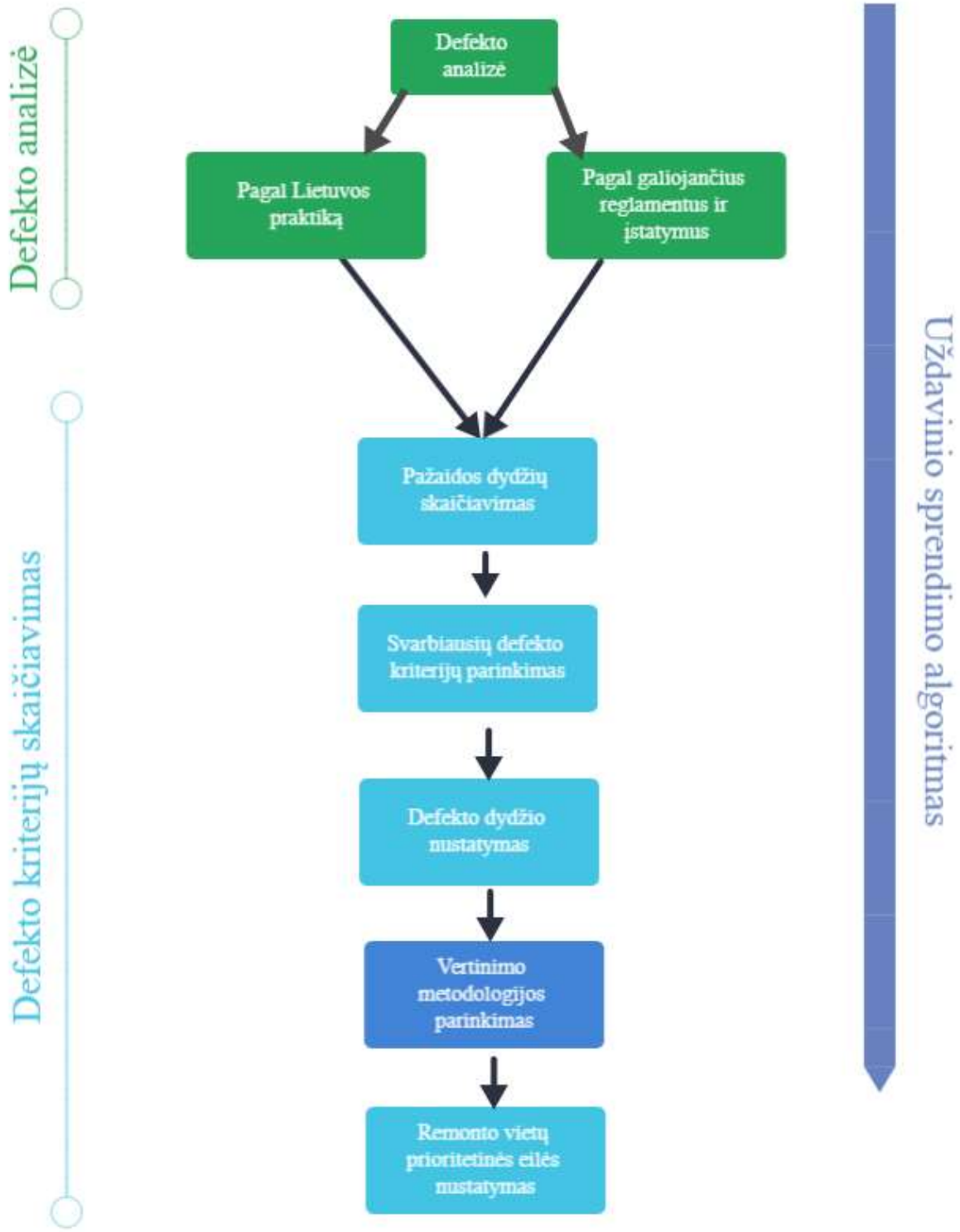
čia B – judančios plytos plotas esančioje sienoje, c – visos sienos plotas.

Kiti dydžiai buvo skaičiuojami mechaninių būdu naudojant ruletę, slankmatį, liniuotę.

3.1 Defektų vertinimo algoritmas

Norint išspręsti uždavinį kaip įmanoma tiksliau, tikslinga sukurti algoritmą. Algoritmas turi apimti tokius procesus kaip defekto analizė, skaičiavimus ir svarbiausių kriterijų nustatymą.

Sukurtą algoritmą sudaro du skyriai: 1) Defekto analizė ir defektų kriterijų skaičiavimas. Visą algoritmą sudaro tokie procesai: Defekto analizė, vertinimo metodologijos parinkimas, pažaidos dydžio skaičiavimas, svarbiausių defekto kriterijų parinkimas, defekto dydžio nustatymas, remonto vietų prioritetinės eilės nustatymas (15 pav.).



15 pav. Uždavinio sprendimo algoritmas

3.2. Algoritmo pritaikymas uždaviniui

Išanalizuokime jau anksčiau analizuotus mūro defektus pagal sukurtą algoritmą. Pradedant nuo pirmojo skyriaus „Defekto analizė. Pagal Lietuvoje galiojančius reglamentus ir įsakymus išanalizuokime mūro defektus ir kokie dokumentai juos apibrėžia.

8 lentelė. Defeko analizė pagal Lietuvoje galiojančius įstatymus ir reglamentus

Defektas	**Dokumentai**	**Defekto aprašymas**
Mūro defektai	2016-11-11 d. STR 1.03.01:2016 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“ Priedas Nr. 1.	Lokalinis mūro suirimas ½ plytos ir didesnio gylio;
		Vertikalūs plyšiai mūrinėse kolonose, ilgesni nei per 2 plytų eiles;
		Kiauriniai plyšiai sienose, kurių maksimalus plotis didesnis negu 5 mm.
		Plyšiai sienose, einantys nuo angų visomis kryptimis;
		Mūrinių atramų, laikančių santvaras, sijas bei sąramas, krašto nuskilimai ir supleišėjimai (iš angos pusės), gilesni negu 2 cm.

Dabar palyginkime užfiksuotus defektus su defektais, kurie yra aprašyti dokumentuose:

9 lentelė. Defekto kriterijų palyginimas

Fiksuojamas defekto kriterijus	**Dokumentuose aprašyta informacija**
Mūro suirimo gylis (%);	Lokalinis mūro suirimas ½ plytos ir didesnio gylio;
Plyšio plotis (mm.);	-
Plyšio ilgis (mm);	Vertikalūs plyšiai mūrinėse kolonose, ilgesni nei per 2 plytų eiles;

Sienos drėgnasis plotas (% nuo viso sienos ploto);	-
Laisvai judančių plytų kiekis sienos plote (%).	-

Kaip matome pagal duomenų palyginimą 9 lentelėje 60 % užfiksuotų mūro defektų kriterijų net nėra reglamentuojami ar kitaip aprašomi. Taip pat galime pastebėti, jog fiksuojami defektai nėra iki galo apibrėžti dokumentuose. Pavyzdžiui mūro suirimo gylis turi būti didesnis nei 50 % plytos gylio, tam, kad defektas būtų fiksuojamas kaip avarinio pobūdžio.

Analizuojant pagal praktiką defektų kriterijus, galime teigti, jog defektai, kurie mūro defektai, kurie pagal 2016-11-11 d. STR 1.03.01:2016 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“ Priedas Nr. 1 patenka į avarinio defekto rėžius, bus tvarkomi pirmenybės tvarka, t.y. jie bus tvarkomi pirmi. Kiti defektai, kadangi nėra niekaip klasifikuojami, pakliūna į „Pilkąją zoną“, kurioje paprastai defektams nėra suteikiama pirmenybė. Tokių defektų remontas yra vykdomas įprasta tvarka.

Kadangi, išnagrinėjome defektus galime sekti toliau algoritmą ir eiti jau prie vertinimo metodologijos parinkimo. Antrame skyriuje buvo nagrinėjamos kelios metodikos, tokios kaip: Lošimų strategijos taikymas, koreliacijos būdu vykdoma defektų vertinimo metodika. Defekto vertinimo metodologija pasirenkama pagal tai, kuri metodologija geriausiai tinka defekto vertinimui. Šiuo atveju buvo pasirinkta Lošimų strategijos pagrindu sukurta Laplace‘o taisyklė.

Apskaičiuotus pažaidos dydžius galime panaudoti iš anksčiau sudarytos 7 lentelės. Pažaidos dydžiai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Pažaidos dydžio skaičiavimai

	Mūro suirimo gylis (%)	**Plyšio plotis (mm)**	**Plyšio ilgis (cm)**	**Sienos drėgnasis plotas (m^2)**	**Laisvai judančių plytų % sienos plote (%)**
Atvejis Nr. 1	24,16	2	9	0	0
Atvejis Nr. 2	6,66	1	70	0	0
Atvejis Nr. 3	58,33	2	63	3,8	0

Atvejis Nr. 4	26,66	1	42	0,5	0,03
Atvejis Nr. 5	100	1	9	15,01	0,43

Iš 7 lentelės buvo išrinkti dažniausiai ir svarbiausiai pasikartojantys defektai, kurie buvo apskaičiuoti ir duomenys surašyti į 10 lentelę. Kadangi atlikome jau pažaidos dydžio skaičiavimą ir nustatėme defekto dydžius galime sudaryti remonto prioritetinės eilės skaičiavimus. Kaip ir anksčiau buvo minėta, skaičiavimams naudosime Laplace‘o taisyklę.

Norint atlikti skaičiavimus, reikia sudaryti pradinių duomenų matricą. Matricoje turi atsispindėti kiekvieno parinkto rodiklio reikšmė X_i ir visos nagrinėjamos alternatyvos ar atvejai. Optimizavimo kryptis nustatoma pagal kriterijaus reikšmę ir siekiamą rezultatą. Būtent šiuo atveju kriterijai yra minimizuojami, nes siekiamybė yra defektus panaikinti.

11 lentelė. Pradinių duomenų matrica

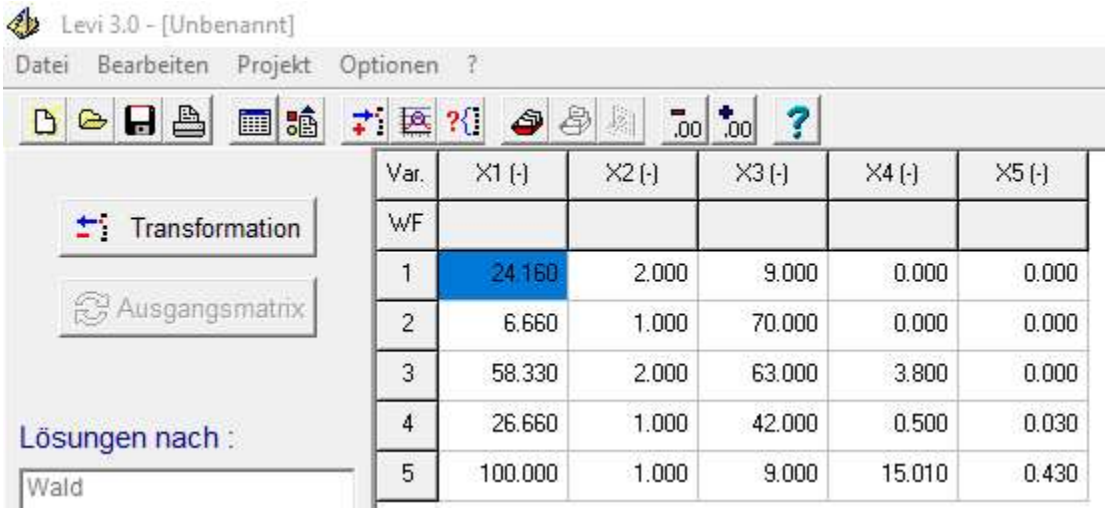
Alternatyvos	**Mūro suirimo gylis (%)**	**Plyšio plotis (mm)**	**Plyšio ilgis (cm)**	**Sienos drėgnasis plotas (m^2)**	**Laisvai judančių plytų % sienos plote (%)**
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Optimizavimo kryptis	Min	Min	Min	Min	Min
Atvejis Nr. 1	24,16	2	9	0	0
Atvejis Nr. 2	6,66	1	70	0	0
Atvejis Nr. 3	58,33	2	63	3,8	0
Atvejis Nr. 4	26,66	1	42	0,5	0,03
Atvejis Nr. 5	100	1	9	15,01	0,43

Norint atlikti skaičiavimus, matricos rodiklių reikšmes būtina paversti į bedimensius dydžius taip suvienodinant visus rodiklius. Normalizavimui naudojama formulė (Zavadskas, Peldschus, Ustinovičius ir Turskis, 2002).:

$$B_{ix} = \frac{A_{ij} - A_{ix}}{A_{ij} - A_{ik}}; \quad (4)$$

čia: A_{ij} – maksimali rodiklio reikšmė, A_{ik} – minimali rodiklio reikšmė A_{ix} normalizuojamas rodiklis. Normalizuotų rodiklių matrica pateikta 17 paveiksle.

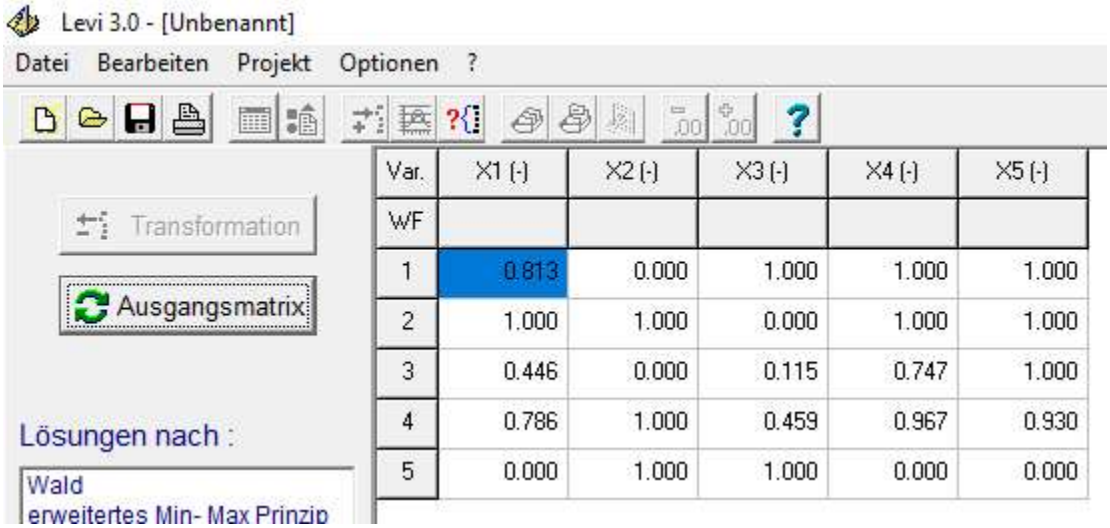
Visiems skaičiavimams atlikti buvo naudojama programinė įranga LEVI 3.0. Į programinę įrangą perkeliame defektų kriterijų apskaičiuotus rodiklius (16 pav.).



Var.	X1 (-)	X2 (-)	X3 (-)	X4 (-)	X5 (-)
WF					
1	24.160	2.000	9.000	0.000	0.000
2	6.660	1.000	70.000	0.000	0.000
3	58.330	2.000	63.000	3.800	0.000
4	26.660	1.000	42.000	0.500	0.030
5	100.000	1.000	9.000	15.010	0.430

16 pav. Pradinių duomenų matrica (LEVI 3.0)

Suvedę pagrindinius duomenis, nustatę optimizavimo kryptį, nustatome, kokiu būdu bus normalizuojama matrica. Šiuo atveju buvo pasirinkti optimizuoti tiesiniu būdu pagal (4) formulę. (17 pav.)



Var.	X1 (-)	X2 (-)	X3 (-)	X4 (-)	X5 (-)
WF					
1	0.813	0.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000
3	0.446	0.000	0.115	0.747	1.000
4	0.786	1.000	0.459	0.967	0.930
5	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000

17 pav. Normalizuota matrica (LEVI 3.0)

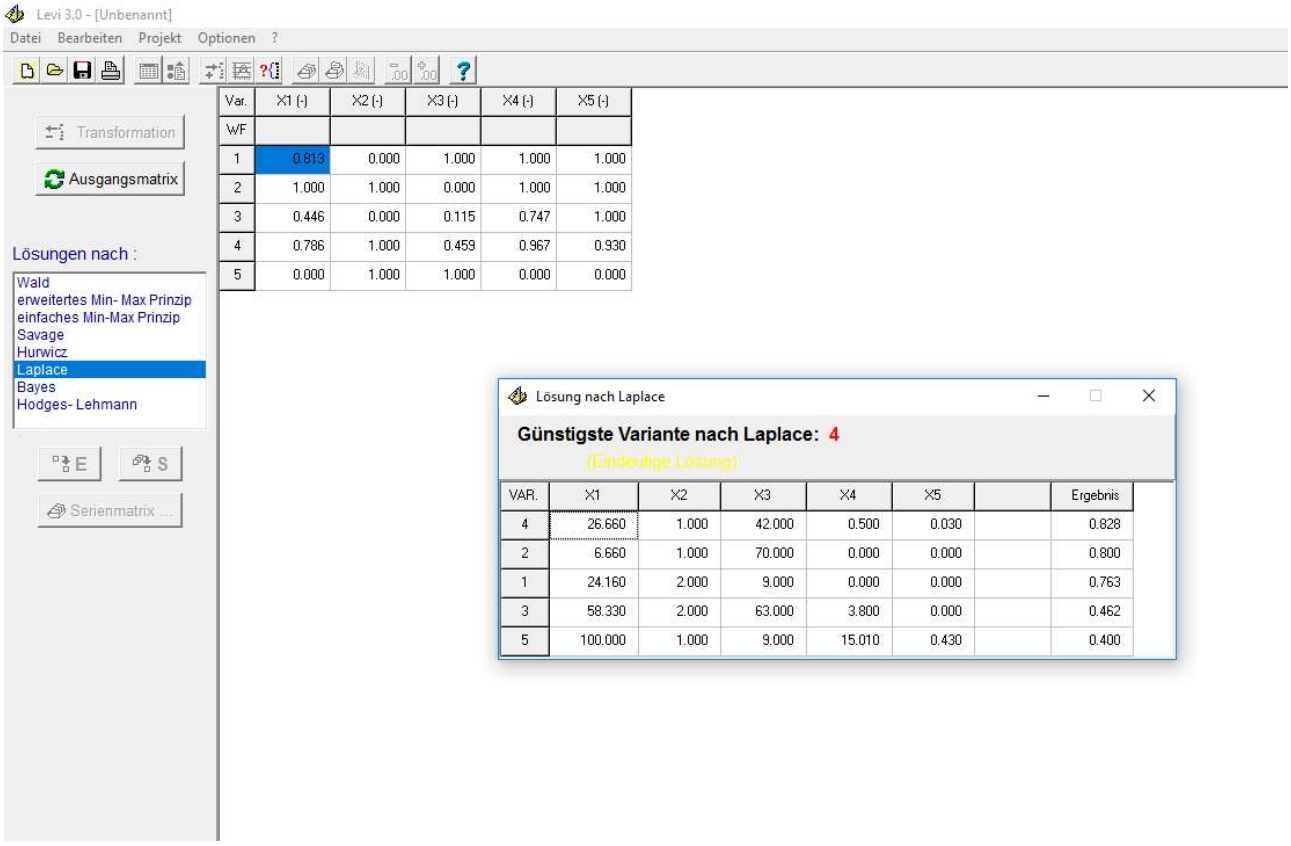
Normalizuotoje matricoje gauti bedimensiai dydžiai. Šie dydžiai toliau naudojami Laplace'o taisyklės taikymui.

Laplace'o taisyklė skamba taip - Laplace'o taisyklė apibrėžiama – visų priešininko strategijų tikimybės yra vienodos. Parenkama ta eilutė, kurios suma yra maksimali.

$$S_1^* = \left\{S_{1i} | S_{1i} \in S_1 \cap \left\{S_{1i0} | \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} a_{i0j} = \max_i \left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\right)\right\}\right\}. \quad (5)$$

Čia nesvarbu, ar atsižvelgiama į koeficientą $\frac{1}{n}$, ar ne. Jeigu koeficientas $\frac{1}{n}$, tai gaunamas eilutės vidurkis, į kurį, priimant sprendimą, galima atsižvelgti.

Taigi naudojant LEVI 3.0 programinę įrangą buvo atlikti skaičiavimai ir gauti rezultatai (18 pav.)



18 pav. Gauti rezultatai pagal Laplace'o taisyklę

Pagal gautus rezultatus galime teigti, jog skaičiuojant su programine įranga LEVI 3.0 naudojant Laplace'o taisyklę, prioritetinė remonto darbų eilė susidaro taip:

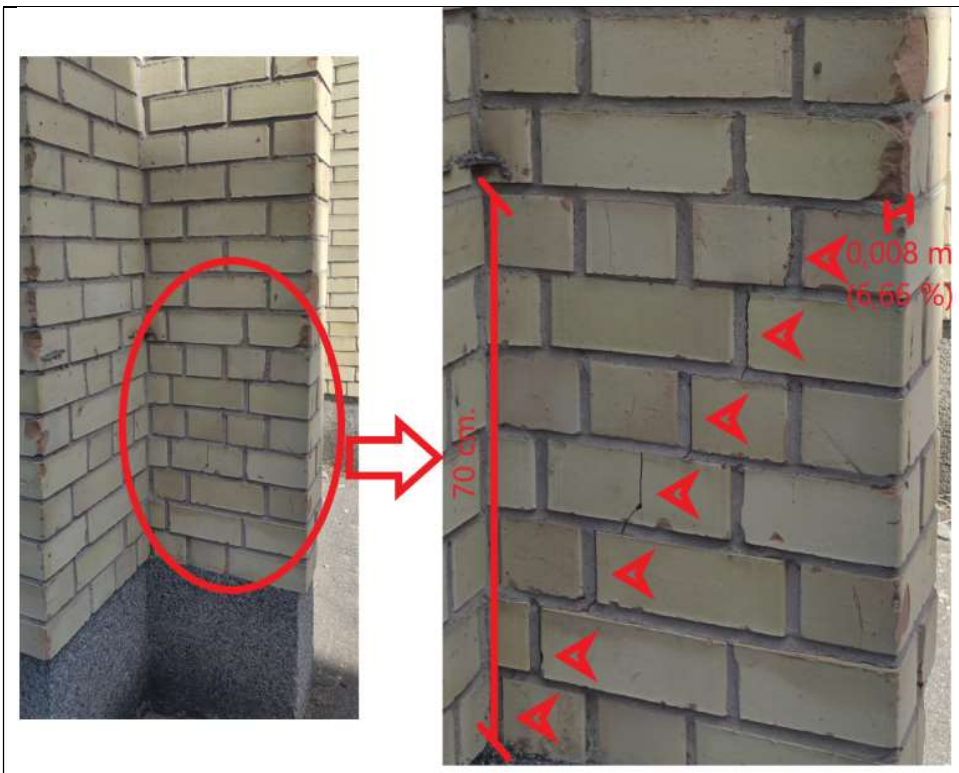
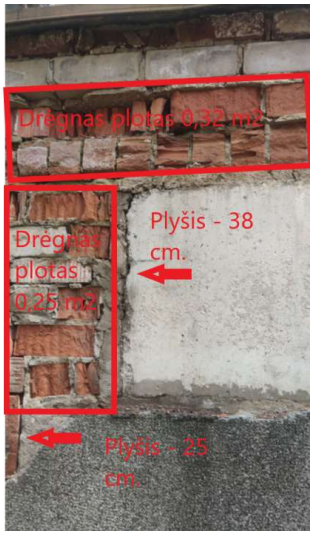
12 lentelė. Prioritetinė remonto darbų eilė

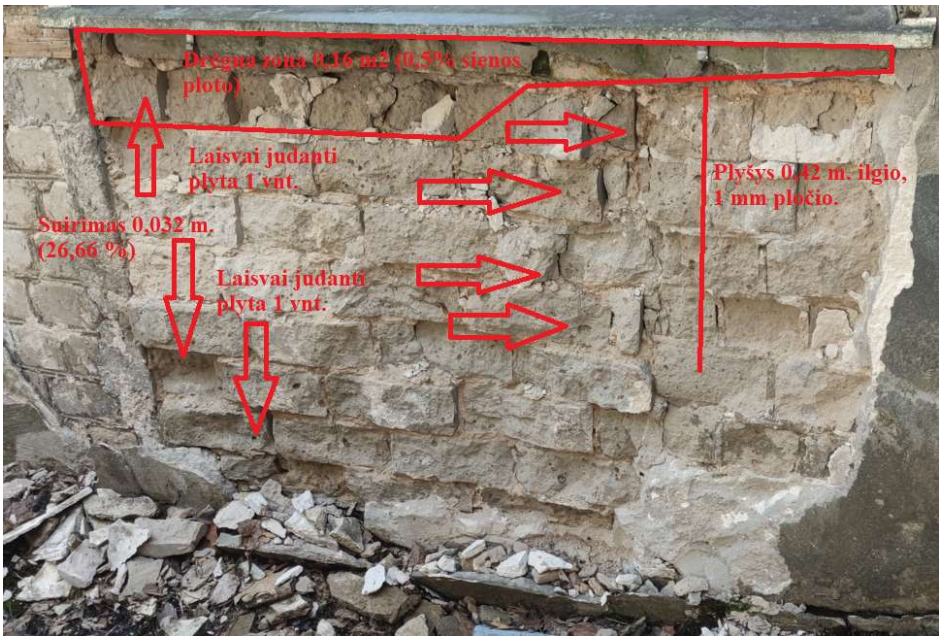
Eil. Nr.	**Atvejis**	**Remonto darbų seka**
1	Atvejis Nr. 1	4
2	Atvejis Nr. 2	2

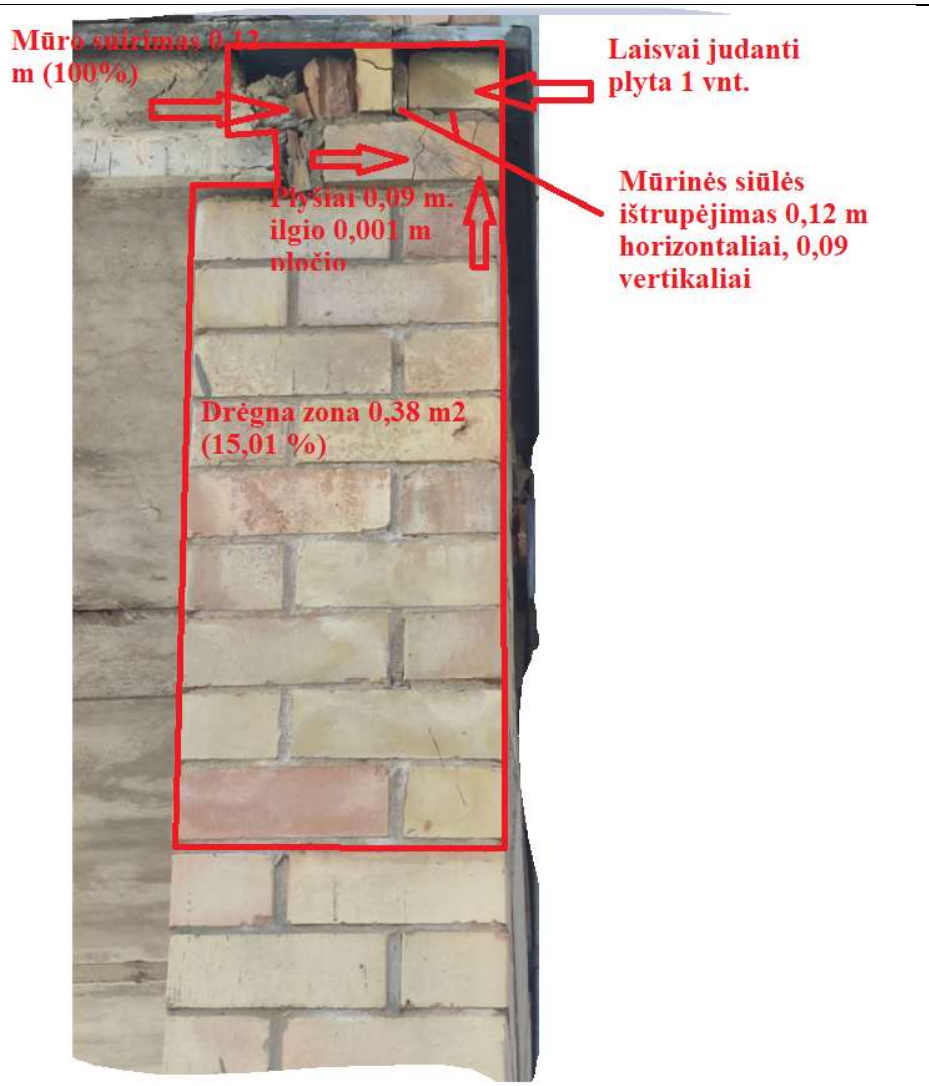
3	Atvejis Nr. 3	1
4	Atvejis Nr. 4	3
5	Atvejis Nr. 5	5

13 lentelė. Remonto darbų prioritetinė eilė su atvejų aprašymais

Atvejai	**Aprašymas**	**V**
Atvejis Nr. 1 **19 pav.** Atvejis Nr. 1	Matomi mūro pažeidimai: Mūro suirimas – 24,16 % plytos gylio; Vertikalus mūro plyšys 9 cm ilgio, 2 mm pločio. Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; Sienos drėgnumas – neužfiksuotas; Laisvai judančių plytų sienoje – neužfiksuota.	4
Atvejis Nr. 2	Matomi mūro pažeidimai: Mūro suirimas – 6,66 % plytos gylio; Vertikalus mūro plyšys 70 cm ilgio, 1 mm pločio.	2

 **20 pav.** Atvejis Nr. 2.	Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; Sienos drėgnumas – neužfiksuotas; Laisvai judančių plytų sienoje – neužfiksuota.	
Atvejis Nr. 3  **21 pav.** Atvejis Nr. 3	Matomi mūro pažeidimai: Mūro suirimas – 58,33 % plytos gylio; Vertikalus mūro plyšys 63 cm ilgio, 2 mm pločio. Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; Sienos drėgnumas – fiksuojamas 3,8 % visos sienos ploto; Laisvai judančių plytų sienoje – neužfiksuota.	1

Atvejis Nr. 4  **22 pav.** Atvejis Nr. 4	Matomi mūro pažeidimai: Mūro suirimas – 26,66 % plytos gylio; Vertikalus mūro plyšys 42 cm ilgio, 1 mm pločio. Mūrinių siūlių ištrupėjimo – nefiksuojama; Sienos drėgnumas – fiksuojamas 0,5 % visos sienos ploto; Laisvai judančių plytų sienoje fiksuojama, 2 vnt. plytų – 0,03 % viso sienos ploto.	3
Atvejis Nr. 5	Matomi mūro pažeidimai: Mūro suirimas – 100 % plytos gylio; Vertikalus mūro plyšys 9 cm ilgio, 1 mm pločio. Mūrinių siūlių ištrupėjimas – 12 cm horizontaliai, 9 cm vertikaliai, viso 21 cm.;	5

 **23 pav.** Atvejis Nr. 5	Sienos drėgnumas – fiksuojamas 15,01 % visos sienos ploto; Laisvai judančių plytų sienoje fiksuojama, 1 vnt. plytų – 0,43 % viso sienos ploto.	

Gauti rezultatai atsispindi 12 lentelėje. Analizuojant gautus rezultatus galima teigti, jog atvejis Nr. 3, kuris prioritetinėje eilėje yra pirmas atvejis, tiek pagal Laplace‘o taisyklės skaičiavimus, tiek bendru požiūriu atrodo blogiausiai. Pagal skaičiavimo rezultatus, rekomenduojame statybos darbus atliekančiai įmonei atlikti darbus šia seka: Nr. 3, ≺ atvejis Nr. 2, ≺ atvejis Nr. 4, ≺, atvejis Nr. 1 ≺ atvejis Nr. 5. Prioritetų eilutė rekomenduoja mūro defektų šalinimo būtinumo eiliškumą.

TREČIOJO SKYRIAUS IŠVADOS

Trečiame skyriuje buvo sukurtas algoritmas, kuriame sudėlioti žingsniai nuo defekto analizės iki remonto prioritetinės eilės sudarymo. Algoritmas susideda iš dviejų dalių: 1) defekto analizės; 2) defekto kriterijų skaičiavimo.

Sukurtas algoritmas buvo pritaikytas penkiems penkiems atvejams. Kiekvienas atvejis buvo sprendžiamas sukurto algoritmo žingsniais. Pradedant nuo galiojančių Lietuvoje įstatymų ir Lietuvoje veikiančios praktikos analizės defekto aplinkoje. Vertinimo metodologijos parinkimo žingsnyje buvo nuspręsta naudoti Laplce‘o taisyklę. Kitame žingsnyje sekė defekto pažaidų dydžių skaičiavimas ir svarbiausių kriterijų nustatymas. Nustačius pažaidų dydžius buvo nustatytas ir defekto dydis statinio aplinkoje. Defekto remonto eilės nustatymui buvo naudojama LEVI 3.0 programinė įranga. Su šia programine įranga buvo sudaryta normalizuota matrica pagal priskirtą optimizavimo kryptį. Optimizavimo kryptis buvo nustatyta visur minimizuojanti. Matricos normalizavimas buvo vykdomas tiesiniu būdu. Atlikus šiuos veiksmus, sprendimui buvo taikoma Laplace‘o taisyklė, kurios pritaikymo rezultatai parodė ir tikslingiausią remonto eigą. Pagal skaičiavimo rezultatus, rekomenduojame statybos darbus atliekančiai įmonei atlikti darbus šia seka: Nr. 3, $\prec$ atvejis Nr. 2, $\prec$ atvejis Nr. 4, $\prec$, atvejis Nr. 1 $\prec$ atvejis Nr. 5. Išnagrinėjus gautus rezultatus, priimta prielaida, kad skaičiavimai gali būti tqaikomi praktinio uždavinio sprerndimui. Atvejis Nr. 3 išties atrodo prasčiausiai: būdingi daugybiniai pažeidimai dideliame sienos plote, tokie kaip: mūro suirimas, mūro plyšiai. Prioritetų eilutė rekomenduoja mūro defektų šalinimo būtinumo eiliškumą.

IŠVADOS

Darbo pirmame skyriuje buvo išnagrinėti dažniausiai pasitaikantys defektai užsienio praktikoje. Apžvelgti defektų tipai, kurie dažniausiai pasikartoja užsienio statiniuose. Buvo nustatyta, jog tai yra: 1) nestruktūriniai plyšiai; 2) struktūriniai plyšiai; 3) betono atitrūkimai. Šiems defektams buvo nustatytos ir dažniausiai pasikartojančios priežastys. Taip pat skyriuje buvo išnagrinėtos defektų klasifikacijos pagal įvairius mokslinius šaltinius.

Skyriuje taip pat buvo apžvelgtos ir defektų atsiradimo priežastys. Išnagrinėta, jog struktūrinių ir nestruktūrinių plyšių dažniausia atsiradimo priežastis – netinkama statybos technologija ar visiškas jos nebuvimas. Betono atitrūkimo dažniausia priežastis – prasta statinio priežiūra. Verta pabrėžti, jog prastų medžiagų naudojimas arba naudojamų medžiagų nekontroliavimas yra taip pat labai svarbus aspektas minėtiems defektams atsirasti.

Pirmas skyrius buvo skirtas apžvalgai, o antrame skyriuje pateikiama metodinė dalis. Skyriuje išnagrinėti įvairūs defektų vertinimo metodai. Antrame skyriuje išnagrinėtas ir defektų vertinimas grandinės principu, kurio visa esmė yra nustatyti, kuriame statybos etape galimai buvo padaryta klaida. Šis defekto vertinimo tipas pagal Lietuvos praktiką yra taikomas pakankamai dažnai. Paprastai defektui atsiradus iškart yra aiškinamasi, kokios jo atsiradimo priežastys. Toks vertinimas yra labai dažnas naujos statybos statiniuose, nes paprastai defektų atsiradimą lemia klaidos statybos procesuose. Buvo išsiaiškinta, jog statinio statybos procese atsirandančios klaidos sudaro tinkamą terpę defektams plisti.

Antrame skyriuje taip pat buvo analizuojamas lošimų ir naudingumo teorijų taikymas. Buvo nagrinėjami statybos technologijos uždavinių tipai. Uždaviniai skirstomi į du tipus: uždavinius, kuriems spręsti yra visa reikalinga informacija, ir į uždavinius, kuriems spręsti žinoma tik dalis reikalingos informacijos.

Skyriuje taip pat buvo analizuojamas optimalių strategijų apskaičiavimas bei išnagrinėta Laplace'o taisyklė.

Trečiajame skyriuje buvo atliekama mokslinė – tiriamoji dalis. Suformuluotiems uždaviniams išspręsti buvo sukurtas algoritmas pritaikytas mūro defektams, kuris sudarytas iš dviejų dalių: 1) defekto analizės; 2) defekto kriterijų skaičiavimo. Šis algoritmas apibrėžia visą procesą nuo defekto analizės iki remonto prioritetinės eilės sudarymo. Patikrinti algoritmo veikimą buvo pasirinkti penkti atvejai, kuriems buvo pritaikytas būtent sumodeliuotas algoritmas. Visi atvejai buvo analizuojami, pradedant nuo Lietuvoje veikiančių įstatymų ir reglamentų, parenkant vertinimo metodiką, analizuojant pažaidos

dydžius, nustatant svarbiausius kriterijus, nustatant defekto dydį ir sudarant prioritetinę remonto eilę. Visiems algoritmo skaičiavimams buvo naudojama programinė įranga LEVI 3.0. Skaičiavimai prasidėjo nuo pradinių duomenų sudarymo matricos. Atlikus matricos normalizavimo žingsnius tiesiniu būdu buvo gauta normalizuota matrica. Po to buvo taikoma Laplace'o taisyklė, su kuria buvo nustatyta prioritetinė remonto eilė.

Sukurtas algoritmas turi daugybę privalumų, kuriais gali naudotis ne tik remonto darbų rangovas, bet ir statinio techninę priežiūrą atliekantys asmenys ar įmonės. Visų pirma – algoritmas leidžia tinkamai suplanuoti remonto darbų eigą. Atliekant remonto darbus statinyje, kuriame defektai yra pasikartojantys ir atsiradę daugiausia statinio vietoje, labai svarbu yra tinkama darbų eiga ir tinkamas darbo eigos planavimas. Klaidos darbų planavime rangovams gali nulemti prastovas, dėl to įmonės patiria didelių nuostolių. Antras privalumas yra statinio techninės priežiūros kontrolė. Vadovaujantis algoritmu, galima pakankamai tiksliai nustatyti, kurie defektai yra kritiniai ir turi būti remontuojami prioritetine tvarka. Ne retai defektai pasirodo klaidingi, todėl algoritmo taikymas suteikia kontrolę šiam procesui. Trečias privalumas yra tai, jog algoritmas vertina defektų kriterijus visų tiriamų defektų aplinkoje. Kitaip tariant, analizuojami defektai gali būti daugybiniai ir nesiorientuoti tik į vieno tipo defektus. Šis privalumas leidžia statinio techninės priežiūros vykdytojui įvertinti statinio defektus visame pastate. Kadangi sukurtas algoritmas yra lankstus, galima taikyti jį tiek konkretiems defektams nustatyti, tiek nustatinėjant statinių remonto eigą nustatinėjant daugybinius ir įvairius defektus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

2016-11-11 d. STR 1.03.01:2016 „Statybiniai tyrimai. Statinio avarija“ Priedas Nr. 1. Prieiga per internetą: https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a78c2780a80211e69ad4c8713b612d0f/boHtMTorVN

2017.01.01 d. LR civilinis kodeksas. Šeštoji knyga. Prievolių teisė. 6.698 straipsnis „Garantiniai terminai“. Prieiga per internetą: https://www.infolex.lt/ta/12755:str6.698

A Study of Contribution Factors to Building Failures and Defects in Construction Industry. Ahzahar, N., Karim, N. A., Hassan, S.H., Eman, J. 2nd International building control conference 2011. Vol. 20 DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.162

C, Richardson., J, Allen. Designing buildings wiki.Cracking and building movement. (2018). Prieiga per internetą: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Cracking_and_building_movement

Duckett, M. Robson forensic. Concrete Spalling – Expert article.(2018). Prieiga per internetą: https://www.robsonforensic.com/articles/concrete-spalling-expert-article/

Honkongo specialiojo administracinio regiono vyriausybės rekomendacijos. Statinių defektai (2021). Rekomendacijos. Prieiga per internetą: https://www.bd.gov.hk/en/safety-inspection/building-safety/index_bsi_defects.html

Jonaitis, B. *Mūrinių konstrukcijų projektavimas*. Vadovėlis. 2017. Technika. 26-30 p.

Juozaitienė, J. Daugiabučių gyvenamųjų pastatų padėtis Lietuvoje. (2007). Konferencija. Prieiga per internetą: https://www.lsta.lt/files/events/1_j.juozaitiene.ppt.pdf.

Khan, S., Hussain, A., Saquib, M. (2021). Causes of Defects in Buildings and their Relationship with Life Cycle - Design, Construction and Post Occupancy Stage.Prieiga per internetą: https://www.acapublishing.com/dosyalar/baski/PACE_2021_374.pdf

Konior, J., Rejment, M. Correlation between Defects and Technical Wear of Materials Used in Traditional Construction. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/ma14102482

Kutut, V. *Paveldo statinių tvarkybos technologijos*. 2014. 88-90 p. DOI: 10.3846/1503-S

Kvande, T., Lisø, K. R. Climate adapted design of masonry structures. 2008. Building and Enviroment.Vol: 44. Iss: 12. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.04.007

Kvande T, Lisø KR. *Regendichter Putz fur gemaurte Fassaden. das Mauerwerk* 2003. 59–65p.

Lepkova, N., Vilutienė, T. *Pastatų ūkio valdymas*. 2008. VGTU Technika. 35-37 psl. DOI: 10.3846/994-S.

Macarulla, M., Gangolells, M., Casals, M. (2014). Assessment of construction defects in residential buildings in Spain. Building Research and Information. Vol: 42 Iss: 5 DOI:

10.1080/09613218.2014.922266Martens, D. R.W., Vermeltfoort, A. T. The mystery of movement joints in veneer walls. 2001. 9 th Canadian masonry symposium.

Muresan, F. Masonry construction: Advantages and Disadvantages. (2021). Prieiga per internetą:https://www.ny-engineers.com/blog/masonry-construction-advantages-and-disadvantages#:~:text=Pros%3A%20Stone%20masonry%20is%20the,does%20not%20bend%20or%20dent.

Sember, B. M., Morris R. A. Sėkminga projektų vadyba. 2010. Verslo Žinios.

Statistikos departamentas: 2021 m. Lietuvoje pastatyta 7.200 naujų pastatų. Verslo žinios. Prieiga per internetą: https://www.vz.lt/nekilnojamasis-turtas-statyba/2022/02/17/statistikos-departamentas-2021-m-lietuvoje-pastatyta-7200-nauju-pastatu

Yoon, S., Son, S., Kim, S. Design, Construction, and Curing Integrated Management of Defects in Finishing Works of Apartment Buildings. 2021. Sustainability. DOI: https://doi.org/10.3390/su13105382

Zavadskas, E. K., Ustinovičius, L., Turskis, Z., Peldschus, F., & Messing, D. (2002). LEVI 3.0—*multiple criteria evaluation program for construction solutions*.

Zavadskas, E. K., Peldschus, F., Ustinovičius, L., Turskis. Z. *Lošimų teorija statybos technologijoje ir vadyboje*. 2004. Vilnius „Technika“. 8-30 p.

LUKO GRITĖNO PASKELBTŲ PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

Periodiniuose ir vienkartiniuose leidiniuose

Konferencijų pranešimų medžiagoje

TEZĖS

Kituose recenzuojamuose leidiniuose

2022 - Tamošaitienė Jolanta; Gritėnas Lukas. Evaluation and classification of defects in residential buildings in Lithuania. The 18th Colloquium "New trends in construction management" and the 8th Meeting of Euro Working Group "Operational research in sustainable and civil engineering", 18-20 May 2022, Cracow, Poland : book of abstracts. Cracow: Cracow University of Technology, 2022, p. 24. [M.kr.:T 002] [Aut.lankų sk.: 0.071]