



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

Andrius Platakis

**STATINIŲ GRIOVIMO IR ATLIEKŲ PERDIRBIMO
TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Marijonas Daunoravičius

KAUNAS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

**STATINIŲ GRIOVIMO IR ATLIEKŲ PERDIRBIMO
TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas
Statybos inžinerija (kodas 621H20001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Marijonas Daunoravičius
(data)

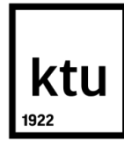
Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Audrius Grinys
(data)

Projektą atliko

(parašas) Andrius Platakis
(data)

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros

(Fakultetas)

Andrius Platakis

(Studento vardas, pavardė)

Statybos inžinerija, 621H20001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Statinių griovimo ir atliekų perdirbimo technologijų tyrimai“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Andriaus Platakio** baigiamasis projektas tema „Statinių griovimo ir atliekų perdirbimo technologijų tyrimai“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Platakis, Andrius. Statinių griovimo ir atliekų perdirbimo technologijų tyrimai. *Magistro baigiamasis projektas / vadovas* doc. dr. Marijonas Daunoravičius; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, statybų sritis.

Reikšminiai žodžiai: *griovimas, ardymas, hidrauliniai plaktai, hidraulinės žirklys, statinių sprogdinimas, pjaustymas deimantiniais lynais ir pjūklais, statybos ir griovimo atliekos.*

Kaunas, 2017. 76 p.

SANTRAUKA

Baigiamąjo darbo tikslas – išanalizuoti galimas statinių ardymo ir griovimo technologijas skirtingų konstrukcijų statiniams ir nustatyti susidarančių griovimo atliekų perdirbimo ir panaudojimo galimybes.

Baigiamajame darbe išnagrinėti literatūros šaltiniai, kuriuose apžvelgiami griovimo modeliai, griovimo technologijų pasirinkimo būdai ir išnagrinėtos griovimo technologijos bei jų panaudojimo galimybės. Apžvelgiami apleisti ir netinkami eksploatacijai statiniai ir susidarančių statybinių atliekų perdirbimo situacija Lietuvoje. Tiriamąjame dalyje atlikta griovimo darbais užsiimančių firmų apklausa ir nustatyta konkretaus griauamo pastato darbų kaina, susidarančių atliekų perdirbimo kaštai ir atliekų kaip statybinės medžiagos vertė.

Baigiamąjį darbą sudaro įvadas, 3 skyriai, magistrinio darbo išvados ir literatūros sąrašas.

Platakis, Andrius. *Master's thesis in A Research of Buildings Demolition and Waste Recycling Technologies* / supervisor assoc. prof. Marijonas Daunoravičius. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Sciences, Department of Building.

Key words: *demolition, deconstruction, hydraulic breakers/hammers, hydraulic cutting shears, blasting, explosion demolition, diamond sawing and cutting, construction and demolition wastes.*

Kaunas, 2017. 76 p.

SUMMARY

The main aim of this thesis is to analyze possible technologies of buildings deconstruction and demolition for different buildings constructions and to determine recycling and usage possibilities of formed demolition waste.

In this thesis was analyzed literature sources in which were reviewed demolition models, alternative methods of demolition technologies and analyzed demolition technologies and their usability. Abandoned and improper exploitation of buildings and formed construction waste recycling in Lithuania also was reviewed. In the research part was made a survey of companies engaging with demolition works, determined working price of concrete demolished building, recycling costs of formed waste and waste value as building material.

This thesis is made from three chapters, thesis conclusions and references.

Turinys

Įvadas.....	10
Literatūros apžvalga	12
1.1 Statinių ardymo ir griovimo situacija Lietuvoje	12
1.2 Griovimo darbų etapai	13
1.3 Griovimo technologijos	15
1.4 Griovimo technologijoms įtakos turintys veiksniai	18
1.5 Griovimo technologijų pasirinkimo būdai.....	20
1.5.1 Griovimo technologijos pasirinkimas atsižvelgiant į sukauptą darbo patirtį	20
1.5.2 Griovimo technologijos pasirinkimas remiantis matematiniais metodais.....	22
1.5.3 Griaunamo statinio modeliavimas virtualioje erdvėje.....	27
1.6 Atliekų perdirbimo ir panaudojimo situacija Lietuvoje.....	29
1.7 Atliekų perdirbimo ir panaudojimo privalumai	30
1.8 Tikslinga atliekų perdirbimo kontrolė	31
1.9 Atliekų perdirbimas ir panaudojimas.....	32
1.9.1 Betonai, plytos, čerpės ir keramika	33
1.9.2 Medienos atliekos	34
1.9.3 Metalai ir jų lydiniai	35
1.9.4 Stiklo atliekos	35
1.9.5 Pavojingos atliekos.....	36
1.9.6 Kitos statybinės atliekos	36
1.10 Apibendrinimas.....	38
2. Statinių griovimo technologijų analizė.....	40
2.1 Statinių ardymo technologija	40
2.2 Statinių griovimo plaktais ir konstrukcijų karpymo technologijos.....	42
2.3 Statinių griovimas nutempiant lynais	43
2.4 Pjaustymo technologija deimantiniais pjūklais ir lynais.....	45
2.5 Sprogdinimas	46
3. Skirtingos konstrukcijos pastatų griovimo technologijų tyrimai.....	49

3.1 Tyrimo tikslas ir sandara.....	49
3.2 Apklausų rezultatų analizė.....	49
3.2.1 Kainą lemiančių veiksnių nustatymas	50
3.2.2 Techninis – ekonominis variantų palyginimas	54
3.3 Racionaliausios griovimo technologijos parinkimas pagal statinio konstrukciją.....	57
3.3.1 Griovimo technologijos kainų ir atliekų panaudojimo/perdirbimo skaičiavimai.....	58
3.4 Teorinio ir kompleksinio kriterijų reikšmingumo nustatymas taikant entropijos metodą.....	62
3.5 Racionaliausios griovimo technologijos nustatymai taikant daugiakriterinį įvertinimą artumo idealiam taškui metodu.....	68
Baigiamojo darbo išvados	73
Literatūra	74
PRIEDAI	77
Griaunamo pastato brėžiniai	78
Griovimo darbų kainų skaičiavimai programa „Sistela“	80
Firmoms pateiktų apklausų anketa	89

Paveikslų sąrašas

Pav. 1. Griovimo technologijų klasifikacija [5]	17
Pav. 2. Griovimo technologijos pasirinkimo logaritmas [4]	22
Pav. 3. Hierarchinis modelis tinkamiausiai griovimo technologijai pasirinkti pagal AHP metodą [7]	24
Pav. 4. DTSS metodo struktūrinė sandara [10]	26
Pav. 5. Statybinių atliekų susidarymas Lietuvoje 2012–2015 metais [21].....	30
Pav. 6. Lietuvoje susidarančių statybinių atliekų sudėtis [21]	33
Pav. 7. Mobilus statybinių atliekų trupintuvas	34
Pav. 8. Griovimo plaktais ir konstrukcijų karpymo hidraulinėmis žirkklėmis technologinė schema [24]	42
Pav. 9. Statinių griovimo technologija nutempiant lynais [24]	44
Pav. 10. Pjaustymo deimantiniais pjūklais techn. (kairėje) ir pjaustymo deimantiniais lynais techn. (dešinėje)	45
Pav. 11. Pjovimo technologijos naudojant deimantinį lyną pritaikymas [24].....	46
Pav. 12. Mūrinių statinių griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai.....	52
Pav. 13. Monolitinių gelžbetoninių statinių griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai.....	52
Pav. 14. Surenkamų gelžbetoninių statinių griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai.....	53
Pav. 15. Kainai įtakos turintys veiksniai neatsižvelgiant į statinio konstrukciją ir griovimo technologiją	53
Pav. 16. Mūrinių statinių griovimo technologijų techninis – ekonominis palyginimas	56
Pav. 17. Monolitinių gelžbetoninių statinių griovimo technologijų techninis – ekonominis palyginimas.....	56
Pav. 18. Surenkamų gelžbetoninių statinių techninis – ekonominis palyginimas.....	57
Pav. 19. Mūrinio pastato griauamo skirtingomis griovimo technologijomis darbų ir atliekų perdirbimo kainos	60
Pav. 20. Monolitinio gelžbetoninio pastato griauamo skirtingomis griovimo technologijomis darbų ir atliekų perdirbimo kainos.....	61
Pav. 21. Surenkamo gelžbetoninio pastato griauamo skirtingomis griovimo technologijomis darbų ir atliekų perdirbimo kainos.....	61
Pav. 22. Teorinis kriterijų reikšmingumas mūriniam pastatui.....	65
Pav. 23. Teorinis kriterijų reikšmingumas monolitiniui gelžbetoniniui pastatui.....	65
Pav. 24. Teorinis kriterijų reikšmingumas gelžbetoniniam surenkamam pastatui	66

Pav. 25. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas mūriniam pastatui.....	66
Pav. 26. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas monolitiniam gelžbetoniniam pastatui	66
Pav. 27. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas surenkamam gelžbetoniniui pastatui.....	67
Pav. 28. Gautų teorinių ir kompleksinių naudingumo laipsnių palyginimas mūriniam pastatui	71
Pav. 29. Gautų teorinių ir kompleksinių naudingumo laipsnių palyginimas monolitiniam gelžbetoniniui pastatui.....	72
Pav. 30. Gautų teorinių ir kompleksinių naudingumo laipsnių palyginimas surenkamam gelžbetoniniui pastatui.....	72

Lentelių sąrašas

Lentelė 1. T. L. Saaty sudaryta santykinio svarbumo vertinimo lentelė [7].....	25
Lentelė 2. Europos Sąjungos šalių vidutiniai atliekų perdirbimo kiekiai [15]	29
Lentelė 3. Griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai.....	51
Lentelė 4. Techninio – ekonominio vertinimo lentelė.....	54
Lentelė 5. Griovimo technologijų techninis – ekonominis palyginimas	55
Lentelė 6. Pastato griovimo darbų kiekiai	58
Lentelė 7. Griovimo/ardymo darbų ir atliekų panaudojimo/perdirbimo kainos.....	60
Lentelė 8. Pradiniai alternatyvų sprendimo duomenys	62
Lentelė 9. Normalizuota matrica (mūrinis pastatas).....	63
Lentelė 10. Papildoma matrica (mūrinis pastatas).....	63
Lentelė 11. Entropijos lygiai (mūrinis pastatas).....	63
Lentelė 12. Kitimo lygiai (mūrinis pastatas)	63
Lentelė 13. Teorinis kriterijų reikšmingumas (mūrinis pastatas)	64
Lentelė 14. Teorinis kriterijų reikšmingumas (monolitinis gelžbetoninis pastatas).....	64
Lentelė 15. Teorinis kriterijų reikšmingumas (surenkamas gelžbetoninis pastatas).....	64
Lentelė 16. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas (visų konstrukcijų pastatams).....	64
Lentelė 17. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (mūrinis pastatas)	64
Lentelė 18. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (monolitinis gelžbetoninis pastatas).....	64
Lentelė 19. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (surenkamas gelžbetoninis pastatas)	65
Lentelė 20. Pradiniai duomenys	68
Lentelė 21. Normalizuota matrica F mūriniam pastatui	68
Lentelė 22. Normalizuota matrica F monolitiniam gelžbetoniniui pastatui	69
Lentelė 23. Normalizuota matrica F surenkamam gelžbetoniniui pastatui	69
Lentelė 24. Svertinės matricos (mūriniam pastatui).....	69
Lentelė 25. Svertinės matricos (monolitiniam gelžbetoniniui pastatui)	70
Lentelė 26. Svertinės matricos (surenkamam gelžbetoniniui pastatui)	70

Įvadas

Praeitame šimtmetyje Lietuvoje pastatyta daug gyvenamosios, ūkinės, komercinės, karinės paskirties statinių. Politinės ir ekonominės šalies reformos lėmė kitą šalies ūkio vystymo kryptį nei buvo propaguojama sovietmečiu. Dėl šių priežasčių Lietuvoje liko didelė dalis nenaudojamų arba nebaigtų statyti įvairios paskirties statinių, kurie nebuvo eksploatuojami ilgą laiką ir nebeatitinka esminių statiniams keliamų reikalavimų. Dalis šių statinių išliko geros techninės būklės, tačiau per tą laikotarpį morališkai paseno ir jų jau nebegalima pritaikyti šių dienų poreikiams.

Darbo aktualumas

Lietuvoje per paskutinius keletą metų statyba įgavo pagreitį. Tai lėmė pasibaigusi šalies ekonominė krizė. Keičiama miesto infrastruktūra: verslininkai ir pramonė siekia diegti naujas gamybos technologijas, plečiamos esamos gamyklos, statomi modernūs nauji statiniai. Statyboms reikalingi nauji plotai, kur būtų galima plėsti verslą ir pramonę. Vienas iš sprendinių – neeksploatuojamų arba netinkamų eksploatacijai statinių griovimas, o vietoje jų – naujų, modernių pastatų statymas. Tokiu atveju reikia visiškai nugriauti arba išardyti esamą statinį, sutvarkyti susidariusias griovimo atliekas ir paruošti vietą naujo statinio statybai.

Darbo praktinė vertė

Griaunami statiniai skiriasi savo aukštingumu, užimamu plotu, apstatymo intensyvumu, konstrukcijų sudėtingumu. Nemaža dalis „slūgso“ tankiai urbanizuotose vietovėse. Kiekvienas statinys yra individualus – nėra vienos technologijos, kurią būtų galima naudoti visiems panašių konstrukcijų, matmenų statiniams. Todėl norint parinkti efektyviausią ir ekonomiškiausią griovimo technologiją statiniui, būtina gerai išmanyti technologijų panaudojimo galimybes, poveikį aplinkai, saugumą ir kitus esminius aspektus. Remiantis tyrimo rezultatais, bus galima identifikuoti svarbiausius griovimo technologijos pasirinkimui turinčius įtakos faktorius ir nustatyti kokia griovimo technologija būtų efektyviausia ir ekonomiškiausia gelžbetoniniams monolitiniams, mūriniams ir gelžbetoniniams surenkamiems statiniams.

Darbo tikslas – nustatyti optimalias griovimo technologijas skirtingų konstrukcijų pastatams ir apibrėžti susidarančių statybinių atliekų panaudojimo bei perdirbimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti statinių ardymo ir griovimo technologijas.
2. Nustatyti griovimo technologijų panaudojimą ribojančius veiksnius.

3. Apibrėžti atliekų, susidarantių griauant arba ardant statinius, galimus perdirbimo būdus, gaunamų antrinių žaliavų panaudojimo sritis.
4. Atlikti techninius – ekonominius ir kainai įtakos turinčių veiksnių palyginamuosius skaičiavimus skirtingų konstrukcijų pastatams.
5. Palyginti konkretaus statinio, griauant skirtingomis technologijomis, griovimo darbų kainą, gaunamų atliekų perdirbimo kaštus ir panaudojimo vertę.
6. Naudojant matematinius metodus (entropijos ir daugiakriterinį vertinimą artumo idealiam taškui) iš gautų subjektyvių ir objektyvių rezultatų, nustatyti tinkamiausią griovimo technologiją pasirinktam mūriniui, gelžbetoniniam surenkamam ir gelžbetoniniam monolitiniui statiniui.

Literatūros apžvalga

1.1 Statinių ardymo ir griovimo situacija Lietuvoje

Pagal Lietuvoje galiojančius teisinius dokumentus statinių griovimas arba ardymas priskiriamas statybos rūšiai, kurios tikslas išardyti arba išmontuoti statinio konstrukcijas. Griovimas laikomas baigtu, kada nugriaunamos arba išardomos visos statinio konstrukcijos iki 0,5 metro po žeme. Griovimo darbais nelaikomi darbai, kai statinys yra renovuojamas arba rekonstruojamas ir dėl to reikia nugriauti statinio konstrukcijas [1]. Pagal Lietuvoje galiojančius teisinius dokumentus statiniai turi/gali būti nugriauti arba išardyti [2]:

- savininko ar statytojo (užsakovo) noru;
- kai tai numatyta teritorijų planavimo dokumentuose (po to, kai žemės sklypas ar jo dalis arba statinys paaimamas visuomenės poreikiams);
- kai baigiasi laikinojo statinio naudojimo terminas;
- kai pastatytas ar nebaigtas statinys arba statinio dalis yra fiziškai susidėvėjęs ir kelia pavojų žmonių gyvybei, sveikatai bei aplinkai ir kai šis pavojus nepašalinamas;
- kai statinys pastatytas arba statomas savavališkai pagal neteisėtai išduotą statybą leidžiantį dokumentą;
- kitais Lietuvos Respublikos įstatymų numatytais atvejais.

Lietuvoje didelę neeksploatuojamų statinių dalį sudaro nebaigti arba pastatyti statiniai, kurie yra fiziškai susidėvėję ir kelia pavojų žmonių gyvybei, sveikatai bei aplinkai. Remiantis 2015 metų nekilnojamo turto registro duomenimis Lietuvoje yra 58196 nebaigtų statyti ir nepripažintų tinkamais naudoti statinių, iš kurių: 33049 gyvenamosios paskirties pastatai ir 25147 negyvenamosios paskirties pastatai. Taip pat netinkamais naudoti pripažinta 1332 inžineriniai tinklai, 188 susisiekiimo komunikacijos ir 1108 kitų statinių [3].

Didžioji dalis netinkamų eksploatacijai statinių – gyvenamosios paskirties pastatai, kuriuos sudaro vieno, dviejų butų gyvenamieji namai, daugiabučiai ir įvairių socialinių grupių gyvenamieji namai. Didžiausia dalis šių pastatų išsidėstę didžiosiose Lietuvos apskrityse: Vilniaus 16349 pastatai, Kauno 10983 pastatai ir Klaipėdos 8217 pastatų [3].

Kitą, tačiau ne mažiau svarbią dalį nenaudojamų pastatų sudaro negyvenamos paskirties pastatai: administracinės, prekybos, pramonės, sandėliavimo, gydymo, fermos, ūkio ir kitos paskirties. Dauguma šių pastatų statyti praeitame šimtmetyje ir dėl ekonominių, socialinių bei politinių reformų nebuvo realizuojami arba naudoti tik palyginti trumpą laiką [3].

Visi šie išvardinti statiniai kelia pavojų aplinkai ir žmonėms. Nepaisant to, šie statiniai dako kraštovaizdį – didelė dalis jų išsidėstę gerai matomose ir prieinamose vietose – pakelėse, miestuose

ir miesteliuose. Apgriuvę, apleisti statiniai tampa vis didesne šių dienų aktualija, todėl siekiant padidinti šalies kultūrinį įvaizdį šie statiniai turi būti griunami arba ardomi.

1.2 Griovimo darbų etapai

Visuomenėje įsivyravusi nuomonė, kad sugriauti statinį yra lengviau nei jį pastatyti, tačiau griovimo darbų praktika rodo visai priešingai. Griovimo darbai gana sudėtingas procesas, susidedantis iš statinių analizės, darbų planavimo ir ypatingai daug dėmesio reikalaujantis statybos aikštelėje užtikrinant darbų saugą.

Griovimas yra sudėtinis procesas, susidedantis iš keturių etapų. Pirmasis griovimo etapas skirtas išsirinkti griovimo darbų rangovą. Tai vyksta pagal šalyje galiojančius statybos techninius reglamentus, dažniausiai rengiant konkursą. Užsakovui nusprendus nugriauti statinį skelbiamas konkursas, kurio metu kompetetingos įmonės susipažįsta su griunamo statinio charakteristikomis, konstrukcijomis, supančia aplinka ir kitais faktoriais. Įmonės siūlo savo griovimo darbų atlikimo kainą, kurią apskaičiuoja įvertinant rizikos faktorius, mašinų, žmonių ir griovimo technologijų panaudojimo galimybes [12]. Svarbiausias įmonių tikslas – pasiūlyti kuo tikslesnę darbų atlikimo kainą, siekiant išvengti nuostolių ir būti konkurencingiems. Konkurso būdu išrinkus rangovą ruošiamas griovimo darbų projektas arba aprašas. Aprašas rengiamas tada, kai griunamas statinys priskiriamas neypatingų statinių grupei, o griovimo darbų projektas rengiamas ypatingiems statiniams [2]. Parengtą projektą/aprašą sudaro aiškinamasis raštas ir pats projektas/aprašas. Aiškinamajame rašte nurodomas objekto adresas, paskirtis, susidarančių atliekų ir neapdorotų statybinių atliekų panaudojimo būdai. Projekto arba aprašo dalyje nurodomi griovimo darbų organizavimo sprendiniai [11].

Kitu etapu vyksta statinio ir statybos aikštelės paruošimo darbai. Pirmiausia statybos aikštelės perimetru įrengiama apsauginė tvora, atskirianti statybos aikštelę nuo aplinkos. Po to įrengiamas statybos aikštelės apšvietimas, laikinos buitinės patalpos, tualetai, dušai. Jeigu statybvietėje yra konstrukcijų, tinklų ar kitų svarbių elementų, esant galimybei jie turi būti patraukti į saugią vietą, o kai to padaryti negalima, turi būti įrengiami laikini apsauginiai barjerai. Parengiant statybos aikštelę kitam etapui, svarbu iš griunamo statinio pašalinti lengvai išardomas statinio dalis: langus, duris, rėmus ir kt. Taip pat jeigu griunamas statinys turi aplinkai pavojingų teršalų ar medžiagų, kurios gali būti pažeistos ir sukelti pavojų, būtina jas pašalinti šiame etape. Tai gali būti medžiagos turinčios asbesto, įvairios cheminės medžiagos, tepalai, kuras ir kt. Pasiruošimo etape pašalintos nekenksmingos medžiagos ir konstrukcijos turi būti rūšiuojamos tam, kad jas būtų galima panaudoti perdirbimui, o pavojingas ir neperdirbamas medžiagas privalu utilizuoti [12].

Kitame griovimo etape vyksta statinio griovimas, panaudojant atitinkamą griovimo modelį ir naudojant griovimo darbų projekte numatytas technologijas, organizavimą. Praktikoje išskiriami trys griovimo modeliai [5]:

Statinių griovimas pagal griovimo mechanizmą skirstomas į tris skirtingus modelius [5]:

- laipsniškas griovimas,
- suplanuotas griovimas,
- ardymas arba demontavimas.

Laipsniško griovimo modelis apibrėžia statinio griovimo technologijas, siekiant nesukelti viso statinio griūties. Naudojant šį modelį, statinys griauamas iš viršaus į apačią, nepažeidžiant žemiau esančių laikančiųjų konstrukcijų ir taip išvengiant viso statinio griūties. Šis griovimo modelis dažniausiai taikomas užstatytose vietovėse. Griovimui gali būti naudojamos įvairios technologijos, t. y. griovimas rankiniais prietaisais, naudojant ekskavatorius su ant strėlės pritaisytomis konstrukcijų karpymo, daužymo, smulkinimo prietaisais, daužant konstrukcijas rutuliniais krūviais, plėšant, pjaustant ir naudojant kitas technologijas. Šis griovimo modelis vienas iš populiariausių, dėl galimybės pritaikyti įvairių konstrukcijų statiniams [5] [12].

Suplanuoto griuvimo mechanizmas naudojamas siekiant sąmoningai pažeisti laikančiąsias statinio konstrukcijas ir taip sukelti viso statinio griūtį. Šį modelį galima naudoti tik tada, kai griauamas statinys yra saugiu atstumu nuo kitų statinių. Sukelti suplanuotam griuvimui dažniausiai naudojamos sprogdinimo arba sienų griovimo, nutempiant jas lynu, technologijos [5] [12]. Modelio privalumas yra tai, kad griovimo technologijos metu darbininkai dirba ne statinio viduje, o statybos aikštelėje, ir jeigu laikomasi visų saugos reikalavimų, taip sumažinamas pavojus darbininkų gyvybei.

Ardymo arba demontavimo modelį galima įvardinti kaip statinių ardymo technologiją. Naudojant šį modelį statiniai ardomi palaipsniui, siekiant nesukelti jo griūties. Ardymas atliekamas rankiniais įrankiais ir statybinėmis mašinomis, kurių pagalba konstrukcijos atskiriamos viena nuo kitos. Ardymo arba demontavimo modelio esmė, panaši kaip laipsniško griovimo – statinys ardomas nuo viršaus į apačią, tačiau stengiamasi nepažeisti ardomų konstrukcijų. Šis modelis orientuotas į griovimo metu susidarančių atliekų antrinio panaudojimo galimybes, nes tokios atliekos kaip plytos, gelžbetoninės, medinės ir plieninės statinio konstrukcijos gali būti panaudojamos statant kitus statinius. Taip pat, naudojant šį modelį sumažinamas griovimo metu susidarančių atliekų kiekis. Šis modelis tinkamas surenkamiems gelžbetoniniams, mūriniams ir plieninių konstrukcijų statiniams. Dažnai šį ardymo technologija naudojama ne tik kai reikia nugriauti statinį, tačiau ir atliekant renovaciją arba kai reikia paruošti statinį, kuris bus griauamas pagal laipsniško arba suplanuoto griovimo modelį [5] [6] [12].

Paskutinis griovimo darbų etapas – statybos aikštelės tvarkymas. Nugriovus statinį konstrukcinės atliekos turi būti perdirbamos ir panaudojamos, arba pašalinamos iš statybos aikštelės į specialiai tam skirtas vietas. Visos duobės, tranšėjos, sankasos turi būti užkastos ir išlygintos, paliekant statybos aikštelę švarią ir nepavojingą aplinkai ir žmonėms. Jeigu statybos aikštelėje buvo veikiančių inžinerinių tinklų, tokių kaip drenažas, turi būti užtikrintas šios sistemos funkcionalumas. Galutinai sutvarkius statybos aikštelę, nuimamos visos apsauginės tvoros, laikini apsauginiai barjerai ir visa kita įranga, kuri buvo naudojama griovimo metu [12].

1.3 Griovimo technologijos

Pasaulyje per paskutinius 40 metų griovimo technologijos gana stipriai patobulėjo. Iki tol(,) pagrindinės griovimo priemonės pramoniniams pastatams griauti buvo vikšriniai kranai, rutuliniai krūviai(,) bei rankiniai įrankiai. Kelių aukštų statiniai buvo griaujami apdaužius rutuliniu krūviu, po to, naudojant rankinius pneumatinius plaktukus buvo susilpninamos laikančiosios konstrukcijos, o paskutiniame etape gana nesunkiai buvo nugriaunamos likusios aukštos sienos ir atramos [5].

Esminiai griovimo darbų pasikeitimai atsirado nuo 1967 metų. 1967 metais Japonijoje buvo išrasti cheminiai, besiplečiantys mišiniai, taip pat 1968 metais Japonijoje buvo išrasta griovimo technologija, kai kaitinant armatūrą buvo atskiriamas jį dengiantis betono sluoksnis. Tačiau vieni iš svarbiausių atradimų buvo 1975 m.(–) susijungę statybinių konstrukcijų gamintojai ir griovimo darbų rangovai sukūrė hidraulinės karpymo žirkles, deimantinius pjovimui skirtus įrankius. Nuo 1979 metų Japonijoje buvo pradėta stipriai vystyti gelžbetonio griovimo technologija sprogdinant, išrasta speciali šurfų gręžimo įranga, dideli deimantiniai pjūklai, betono pjaustymas vandens srove, taip pat atrasta betono ardymo technologija naudojant mikrobangas. Šie išradimai iš esmės pakeitė griovimo technologijų supratimą: rangovai pradėjo daugiau dėmesio skirti kvalifikacijos kėlimui, griovimo technologijų pritaikymui ir atidžiau pradėta žiūrėti į darbų saugą [5].

Praeitame šimtmečiuose išrastos ir patobulintos griovimo technologijos labai plačiai naudojamos šių dienų griovimo industrijoje. Visas griovimo technologijas galima išskirstyti į 4 pagrindines grupes: griovimą naudojant mechanizmus, rankinius įrankius, chemines medžiagas ir aukštą vandens slėgį. Šios pagrindinės griovimo technologijų grupės išskiriamos pagal savo veikimo principą.

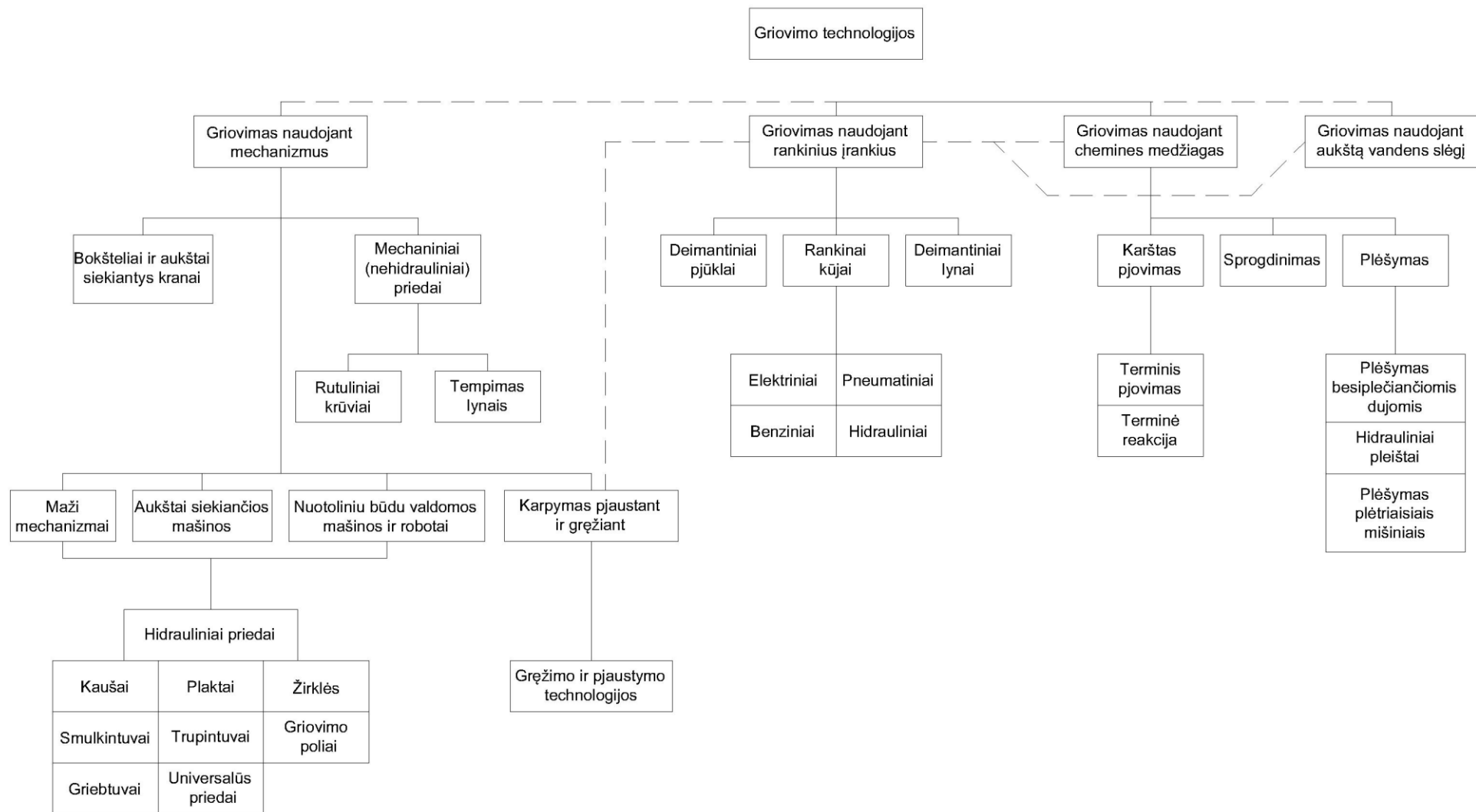
Pirmai griovimo technologijų grupei priskiriamos technologijos, kurioms naudojami įvairūs mechanizmai ir mašinos. Plačiai paplitusi tiek Lietuvoje, tiek ir visame pasaulyje dėl savo paprasto ir efektyvaus panaudojimo. Šią griovimo technologijų grupę sudaro šios technologijos: karpymas hidraulinėmis žirkėmis, konstrukcijų daužymas hidrauliniiais plaktais, pjaustymas, gręžimas,

tempimas lynais ir kt.

Kita griovimo technologijų grupė – griovimo darbų atlikimas naudojant rankinius įrankius. Šiai grupei priklauso griovimo ir ardymo technologijos, kai naudojami žmonių pagalba valdomi įrankiai: pjūklai, kūjai, lynai. Naudojant rankinius įrankius padidėja darbų atlikimo laikas, žmonių poreikis griovimo darbams. Tačiau, be šios griovimo technologijos neįsivaizduojamas statinių griovimas šalia pavojingų įrenginių ir vietų, kur negalima sukelti vibracijų ir, kur dėl ribotos vietos negalima panaudoti griovimo mašinų.

Viena iš sudėtingiausių griovimo technologijų grupių – griovimo technologijos panaudojant chemines medžiagas ir jų fizikines savybes. Prie šios grupės priskiriamos karšto pjovimo, sprogdinimo ir plėšymo technologijos. Statinių griovimą naudojant karšto pjovimo ir sprogdinimo technologijas gali atlikti tik sertifikuotos ir tam įgaliojimą turinčios įmonės su specialiai atestuotais darbininkais. Griovimo technologija, kai statinio gelžbetoninės konstrukcijos veikiamos kaitinant–terminė reakcija, dažnai naudojama su griovimo technologija, kai statinys griaunamas jį tempiant lynais. Terminė reakcija padidina minėtos technologijos efektyvumą, dėl karščio poveikio gelžbetoninių elementų armavimui. Kita technologija – statinių griovimas juos plėšant. Ši technologija panaši į sprogdinimo technologiją, tačiau dėl savo poveikio gali būti panaudojama ten, kur sprogdinimo darbai negalimi. Ši griovimo technologija nesukelia vibracijų, karščio bangos [5].

Paskutinė griovimo technologija apima griovimą naudojant suspausto vandens slėgį. Naudojant šia technologiją, suspausto vandens slėgis iki 250–300 Mpa paduodamas per specialų 0,3–0,5 mm purkštuvo antgalį. Tokiu būdu ši technologija panaudojama pjaustyti gelžbetoninėms ir betoninėms konstrukcijoms. Taip pat ši technologija naudojama su suspausto slėgio vandeniu, kurio sudėtyje yra smulkių dalelių – abrazyvo. Esminis skirtumas tarp šių dviejų technologijos panaudojimo galimybių tai, kad pirmu atveju vandens slėgis perpjauna tik betonines konstrukcijų dalis, nepažeidžiant armatūros, o kai naudojamas abrazyvas, kartu perpjaunama ir konstrukcinė armatūra. Šios technologijos panaudojimo privalumas toks, kad pjaustymo metu susidaro mažiau išskiriamų dulkių ir griovimo technologija sumažina gaisro pavojų [4] [5].



Pav. 1. Griovimo technologijų klasifikacija [5]

1.4 Griovimo technologijoms įtakos turintys veiksniai

Kaip jau anksčiau minėta, pasaulyje yra gausybė griovimo technologijų, nuo gerai žinomų sprogdinimo iki mažiau žinomų griovimo technologijų, kai griaunama naudojant vandens slėgį. Visos griovimo technologijos turi skirtingas panaudojimo galimybes. Todėl griovimo darbų rangovas turi gerai išmanyti skirtingų griovimo technologijų privalumus ir trūkumus. Taip pat, svarbu turėti esminį supratimą apie griovimo technologijas tam, kad būtų galima pritaikyti tinkamiausią technologiją konkrečiam statiniui [4].

Kiekvieno statinio griovimo procesas yra unikalus. Besikeičiančios griovimo darbų sąlygos ir aplinkybės sudaro sąlygas esminių veiksnių įtakos svarbai suvokti. Griovimo technologijos pasirinkimui įtakos turi techniniai, organizaciniai, ekonominiai, aplinkosaugos ir saugos faktoriai. Iš jų išskiriami šie pagrindiniai veiksniai [4]:

- Statinio konstrukcija. Griaunami statiniai skiriasi savo paskirtimi, ko pasekoje skiriasi jų laikančiosios ir nelaikančiosios konstrukcijos, forma, aukštis [5]. Net iš pažiūros išoriškai vienodai atrodančios konstrukcijos, tokios kaip gelžbetoninės, gali nulemti griovimo technologijos panaudojimo galimybes dėl savo sandaros. Įtemptos gelžbetoninės konstrukcijos reikalauja atidesnio statinio griovimo planavimo, lyginant su neįtemptomis gelžbetoninėmis konstrukcijomis, kadangi bet koks netikslingas žingsnis gali sukelti statinio griūtį [11]. Statinio aukštis nulemia griovimo technologijos orientaciją, kai jis viršija griovimo mašinų galimybes– naudojama griovimo technologija griaunant statinį iš viršaus į apačią. Taip pat, atsižvelgiant į konstrukcinių elementų mastą, statinys gali būti griaunamas panaudojant keletą griovimo technologijų [5].

- Statinio stabilumas. Nors dažniausiai griaunami stabilūs įvairios paskirties pastatai, tačiau pasitaiko ir atvejų, kada reikia nugriauti aukštus, nestabilius statinius. Pasirinktos griovimo technologijos pagrindinis tikslas – saugaus darbo užtikrinimas, nesukeliant pavojaus darbininkų ir aplinkinių žmonių gyvybei. Todėl prieš griaunant nestabilius ir šalia esamų statinių esančius statinius, būtina užtikrinti statinio stabilumą, įrengiant laikinąsias atramas [5].

- Statinio vieta. Statiniai, kurie yra pavieniai, nutolę nuo kitų statinių, turi didesnę galimų griovimo technologijų pasirinkimų skaičių, nei esantys šalia kitų statinių. Šalia esantys statiniai, inžineriniai tinklai ir susisiekimo komunikacijos ne tik riboja prieinamumą prie griaunamo statinio, bet ir kai kurių griovimo technologijų panaudojimo galimybes. Todėl priklausomai nuo statinį supančios aplinkos priklauso ne tik griovimo technologijos, bet ir griovimo modelio pasirinkimas. Žvelgiant kitu aspektu, šalia esantys statiniai ne tik fiziškai riboja griovimo galimybes, tačiau būtina atsižvelgti į šalia esančių statinių pobūdį. Planuojant griovimo technologiją turi būti įvertintas griovimo technologijos sukeliamas triukšmo, vibracijos lygis, pavyzdžiui griaunant statinius prie esamų žmonių susibūrimo, ugdymo ir mokymo vietų, turi būti parenkama griovimo technologija, kuri nekenktų jų veiklai [5].

- Griaunamo statinio paskirtis. Nors dažniausiai griaunami gyvenamosios ir ūkinės paskirties statiniai, tačiau pasitaiko ir atvejų, kai reikia griauti statinius arba jų dalis, kuriuose yra aplinkai ir žmonėms pavojingų medžiagų. Šios grupės statiniams keliami ypač griežti technologiniai ir saugos reikalavimai. Šiems statiniams negalima naudoti standartinių griovimo technologijų, kurios sukelia pavojingas vibracijas, padidina gaisro pavojų. Todėl praktikoje tokie statiniai griaunami naudojant ilgiau trunkančias, tačiau saugesnes griovimo technologijas: ardymo bei pjaustymo, naudojant deimantinius lynus, pjūklus ar vandesns slėgį [5].

- Laiko apribojimai – griovimo darbų įvykdymo terminas, kuris dažniausiai konkursavimo etape išreiškiamas kaip sąlyga iki kada privaloma užbaigti griovimo darbus. Laiko apribojimai atsiranda dėl aplinkos, kuri supa griaunamą statinį. Pavyzdžiui, kai dėl griovimo darbų reikia apriboti susisiekimo komunikacijų srautus. Tokiu atveju, jeigu įmanoma statinį nugriauti per trumpą laiką, gali būti paskirtas griovimo darbų atlikimo terminas arba gali būti įvesti tam tikri laiko ribojimai, kad griovimo darbai turėtų kuo mažesnę įtaką transporto pralaidumui. Taip pat, laiko apribojimai gali būti įvesti, jeigu yra nustatytas laikas, kada bus pradedamas statyti naujas statinys vietoje griaunamo.

- Konstruktoriaus vertinimas. Svarbi ir neatsiejama griovimo darbų dalis. Skirtingos griovimo technologijos sukelia skirtingą poveikį statinio stabilumui. Rangovas ne visada sugeba tiksliai įvertinti konstrukcinių elementų svarbą viso statinio stabilumui. Pažeidus jas gali būti sukeliama viso statinio griūtis. Siekiant išvengti to, reikalinga konstrukcijų skaičiavimo patirtį turinčio inžinieriaus nuomonė. Konstruktorius remdamasis turima informacija apie statinį, atlieka griaunamo statinio analizę remiantis konstrukciniais skaičiavimais. Taip pat, konstruktorius įvertina kiekviename griovimo etape atsirandančias papildomas apkrovas ir konstrukcinius pakitimus, kai pašalinamos laikančiosios konstrukcijos. Konstrukciniai skaičiavimai, jų analizė ir patirtis naudojama ne tik griovimo darbų metu, bet ir planuojant griovimo darbus, numatant laikinų atramų vietas, įvertinant konstrukcijų būseną. Labai svarbu, kad konstruktorius turėtų ne mažiau išlavintą supratimą apie griovimo technologijas nei turi rangovas [4].

- Griovimo darbų atlikimo kaina – naudojamų mechanizmų, mašinų ir žmonių darbo jėgos įvertinimo matas [4]. Kartais griovimo darbų kaina tampa pagrindiniu kriterijumi, dėl kurio pasirenkama griovimo technologija. Tai atsitinka tada, kai griaunamas statinys neturi griovimo technologijas ribojančių veiksnių, nėra laiko limito ir kitų specialių poreikių. Tada užsakovas renkasi ne tikslingiausią griovimo technologiją pagal statinio parametrus, o technologiją, kuri įvertinama mažiausia kaina.

- Saugumas – faktorius, kurį griovimo darbais užsiimančios įmonės įvardija kaip esminį. Renkantis griovimo technologiją būtina atsižvelgti į griovimo technologijos sukeliama poveikį visuomenei ir aplinkai. Saugumo reikalavimai priskiriami esminiams reikalavimams,

kadangi nepriklausomai nuo griovimo technologijos ekonomiškumo, mažų laiko sąnaudų ir kitų teigiamų veiksnių, griovimo technologija negali būti parinkta jeigu ji netenkina saugumo reikalavimų [5].

- Atliekų panaudojimo galimybės. Skirtingos griovimo technologijos lemia skirtingą griovimo metu susidarančių atliekų kiekį, dydį, sudėtį. Norint panaudoti statybines atliekas – jas privalu rūšiuoti. Jeigu statybinių atliekų negalima panaudoti kaip antrinės žaliavos, arba šios atliekos priskiriamos pavojingų atliekų grupei, tada jas privaloma pašalinti iš statybos aikštelės į specialias atliekų saugojimo aikšteles. Todėl dar pradiniam griovimo darbų etape, svarbu kuo tiksliau įvertinti susidariusių atliekų pobūdį, perdirbimo ir panaudojimo galimybes, ir išvežimo iš statybos aikštelės kaštus [5].

1.5 Griovimo technologijų pasirinkimo būdai

Sparčiai tobulėjanti technika, specializuotų griovimo įmonių gausa ir kiti faktoriai lemia, kad griovimo darbai tampa vis labiau sudėtingesni, reiklesni, o darbų atlikimo periodas kuo trumpesnis. Todėl nenuostabu, kad viešuosius konkursus laimi įmonės turinčios daugelio metų patirtį šioje srityje, naudojančios modernias technologijas ir sugebančios pasiūlyti tinkamiausią griovimo technologiją [5].

Griovimo technologijos pasirinkimas pagrįstas daugiakriteriniu griovimo technologijos vertinimu. Kadangi statinio griovimas yra unikalūs procesas – nėra konkretaus kriterijų sąrašo į kurį atsižvelgiant būtų galima parinkti tinkamiausią griovimo technologiją. Todėl siekiama išsirinkti tinkamiausią griovimo technologiją iš visų galimų:

- atsižvelgiant į darbo patirtį ir sukaupią informaciją,
- naudojant analitinius metodus ir matematinius skaičiavimus,
- atliekant 3D statinio modeliavimą virtualioje aplinkoje.

1.5.1 Griovimo technologijos pasirinkimas atsižvelgiant į sukaupią darbo patirtį

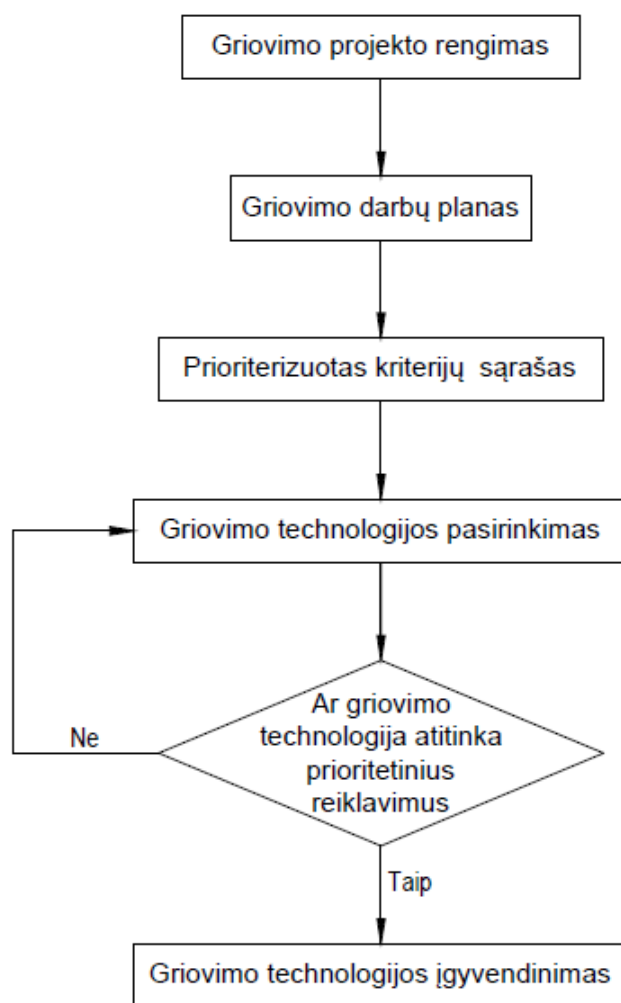
Kiekviena tam tikroje srityje besispecializuojanti įmonė kasdien susiduria su iššūkiais, kurie reikalauja adekvačių sprendimo būdų. Šie iššūkiai ir jų sprendimo būdai gali būti įvardijami kaip darbo patirtis. Patirtis yra viena iš svarbiausių įmonę reprezentuojančių ir griovimo technologijos pasirinkimą lemiančių veiksnių. Todėl ne maža dalis įmonių naudoja savo sukaupią darbo patirtį kaip pagrindinį griovimo technologijos pasirinkimo būdą.

Griovimo darbai yra unikalūs tuo, kad tos pačios technologijos dažniausiai negalima pritaikyti dviems tokių pačių parametrų ir konstrukcijų statiniams, kurie stovi skirtingose vietose. Atsirandantys aplinkos veiksniai: apstatymas, šalia esančios komunikacijos, pastatai ir kt. gali labai stipriai įtakoti galimų griovimo technologijų pasirinkimus.

Griovimo technologijos pasirinkimas remiantis patirtimi turi teigiamų ir neigiamų savybių. Tiksliausias technologijos pasirinkimo būdas yra tada, kai įmonė turi sukauptą ilgametę patirtį skirtingose griovimo technologijose. Keičiantis aplinkos sąlygoms, statinių tipams ir supančiai aplinkai griovimo darbus atliekančios įmonės susiduria su vis naujais iššūkiais. Kuo įmonės darbo patirtis didesnė, tuo ji lengviau gali susidoroti su statybos aikštelėje iškilusiomis problemomis, o sukauptą patirtį gali panaudoti planuojant panašių statinių griovimo procesą. Tačiau, kai šis sprendimo priėmimo metodas taikomas siauros specializacijos griovimo įmonių, tada atsiranda neigiami technologijos pasirinkimo aspektai.

Ne visos įmonės geba prisitaikyti prie sparčiai tobulėjančių technologijų. Reikalinga ne tik atnaujinti savo griovimui naudojamą techniką, tačiau reikalingi specialiai apmokyti ir paruošti darbininkai. Todėl tai neretai tampa sunkia finansine našta. Įmonės, kurios nesugeba arba neturi pakankamai lėšų skirtų įrangos įsigyjimui ir darbuotojų kvalifikacijai kelti – dažniausiai specializuojasi keliomis griovimo technologijomis, kurios nereikalauja didelių investicijų. Tokios įmonės gerai išmano naudojamų griovimo technologijų galimybes ir panaudojimą, tačiau nesugeba tinkamai įvertinti kitų griovimo technologijų svarbiausių panaudojimo principų ir pritaikymo galimybių. Todėl tokios įmonės šių dienų griovimo industrijoje ne visada gali patenkinti užsakovo reikalavimus, kad statinys būtų nugriautas ekonomiškiausiu, greičiausiu ir saugiausiu būdu.

Griovimo technologijos parinkimo procesas gana paprastas (2 pav.). Įmonė po pirminio susipažinimo su griauamo statinio aplinkos veiksniais, konstrukcijomis, statinio parametrais sudaro prioritetinį svarbiausių griovimo technologijų lemiančių veiksnių sąrašą. Analizuojant sąrašą ir turimą informaciją apie griauamą statinį, parenkamos galimos griovimo technologijos. Nustatomi preliminarūs griovimo organizaciniai etapai, stengiamasi numatyti kuo daugiau griovimo procesą stabdančių veiksnių ir griovimo proceso eigoje iškylančių pavojų. Remiantis darbo patirtimi, samprotavimais ir analitiniais gebėjimais parenkama griovimo technologija iš galimų [4]. Technologija dar kartą patikrinama pagal sudarytą svarbiausių prioritetinių veiksnių sąrašą ir jeigu visi kriterijai tenkinami – rengiamas darbo projektas arba aprašas griovimo darbams.



Pav. 2. Griovimo technologijos pasirinkimo logaritmas [4]

1.5.2 Griovimo technologijos pasirinkimas remiantis matematiniais metodais

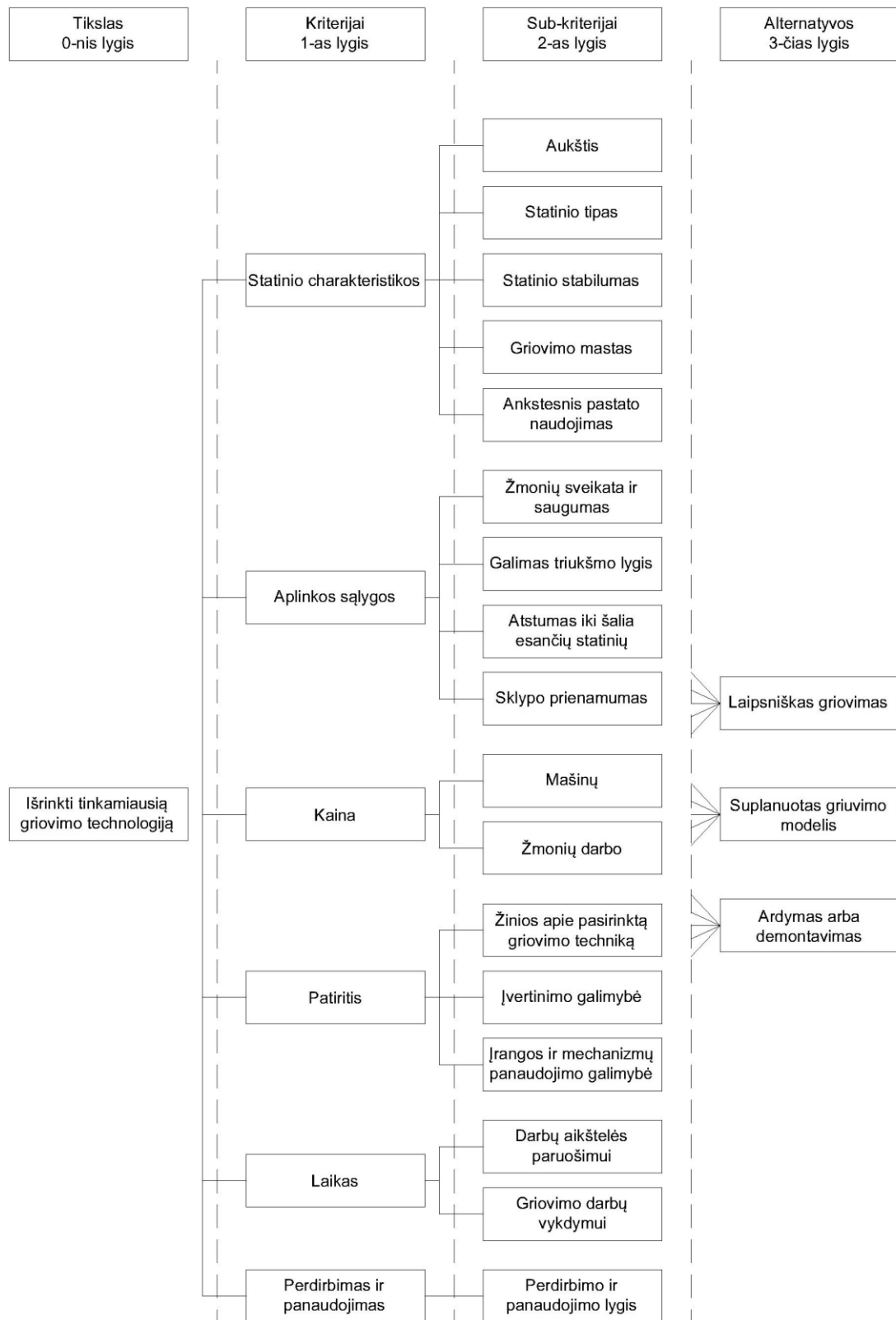
Renkantis griovimo technologiją taip pat yra naudojami multikriteriniai sprendimų priėmimo metodai. Analizuojant griovimo darbus naudojami du pagrindiniai metodai: AHP ir DTSS. Šie metodai yra glaudžiai susiję tarpusavyje.

AHP (angl. *Analytic hierarchy process*) yra daugiakriterinis sprendimų priėmimo metodas, kurį pasiūlė amerikiečių profesorius Thomas L. Saaty. Metodas susideda iš trijų skirtingų dalių: vertinimo kriterijų hierarchijos modelio sudarymo, alternatyvų palyginimo ir rezultatų skaičiavimo (apibendrintų reitingų skaičiavimo) [7].

AHP modelis naudojamas įvairiose mokslo srityse siekiant užtikrinti kokybišką alternatyvų pasirinkimą. Remiantis šiuo modeliu visų pirma nustatomi esminiai kriterijai, kurie turi įtakos siekiamo tikslo pasirinkimui. Kadangi kiekvienai griovimo technologijai nėra aiškiai apibrėžto kriterijų sąrašo, pagal kuriuos iš karto būtų galima nustatyti tinkamiausią griovimo technologiją, todėl griovimo technologijai pasirinkti, pagal AHP modelį, naudojami 6 pagrindiniai kriterijai: statinio charakteristikos, aplinkos sąlygos, kaina, patirtis, laikas, panaudojimo ir perdirbimo

galimybės. Šie kriterijai yra atrinkti iš apklausų rezultatų, kuriuos įvardino griovimo darbus atliekančios įmonės (86% respondentų turėjo didesnę nei 10 metų darbo patirtį griovimo versle), kaip svarbiausius kriterijus, kurie turi įtakos statinių griovimo technologijos pasirinkimui [7].

Ieškant tinkamiausios griovimo technologijos pagal AHP modelį, pirmiausia sudaromas hierarchinis modelis (3 pav.). Hierarchinis modelis sudaromas lentelės pavidalu suskirstant į lygius. Aukščiausiam lygyje (0–liname) yra nurodomas tikslas – tinkamiausios griovimo technologijos pasirinkimas, 1–ame lygyje nurodomi griovimo technologijai turintys įtakos veiksniai (anksčiau išvardinti: statinio charakteristikos, aplinkos sąlygos, kaina, patirtis, laikas, perdirbimo ir panaudojimo galimybės), 2–ame lygyje nurodomi subkriterijai arba veiksniai, kurie turi įtakos 1 lygyje pateiktiems veiksniams, ir paskutiniame, 3–čiame lygyje, nurodomos alternatyvos pasiekti tikslui t.y griovimo modeliai: laipsniškas griovimas, suplanuotas griuvimo mechanizmas, ardymas arba demontavimas. Hierarchinio modelio sudarymas paremtas kūrybiniu mąstymu, praktika ir žmonių galimybėmis [7].



Pav. 3. Hierarchinis modelis tinkamiausiai griovimo technologijai pasirinkti pagal AHP metodą [7]

Sekantis etapas – hierarchinės struktūros kriterijų įvertinimas pagal T.L Saaty sudaryta santykinės svarbos lentelę (4 pav.). Kiekviename lygyje esantys kriterijai vertinami tarpusavyje (poromis) pagal svarbą, ir pagal tai priskiriami balai iš santykinės svarbos lentelės (1 lent.). Jeigu

lyginamasis kriterijus svarbesnis už kitą – balas įvedamas kaip trupmena. Iš gautų įvertinimų pagal svarbos lentelę sudaroma palyginamoji matrica [7].

Lentelė 1. T. L. Saaty sudaryta santykinio svarbumo vertinimo lentelė [7]

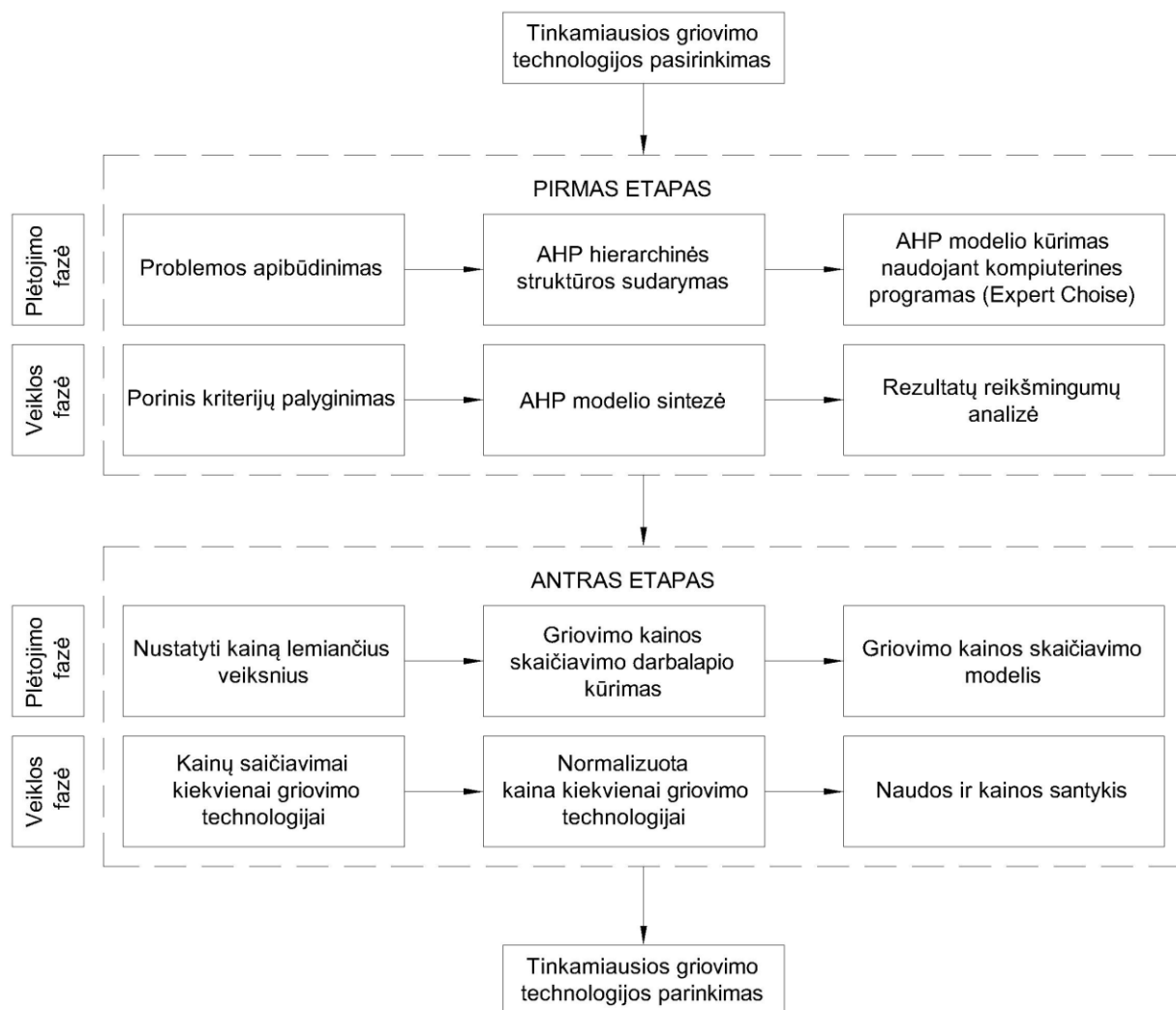
Vertinimo balai	Apibrėžimas	Paiškinimas
1	Vienodos svarbos	Du veiksniai turi vienodą įtaką
3	Truputį svarbesnis vienas negu kitas	Remiantis patirtimi ir nuomone vienas kriterijus yra truputį svarbesnis lyginant su kitu
5	Esminė arba labai svarbi	Remiantis patirtimi ir nuomone vienas kriterijus yra žymiai svarbesnis lyginant su kitu
7	Akivaizdi svarba	Kriterijus stipriai nulemia pasirinkimą ir jo svarba aiškiai matoma praktikoje
9	Visiška svarba	Vienas lyginamas kriterijus iš dviejų yra svarbiausias iš galimų kriterijų.
2,4,6,8	Tarpinės reikšmės tarp dviejų gretimų sprendinių	Kada reikalingas kompromisas
Atvirkštiniai dydžiai didesni už 0	Jeigu kriterijus i turi priskirtą didesnę reikšmę nei 0 lyginant su kriterijumi j, tada kriterijus j turi atvirkštinio dydžio reikšmę kada lyginamas su kriterijumi i.	

Paskutinis etapas skirtas rezultatų apskaičiavimui. Čia atsiranda dvi sąvokos – vietiniai ir globalūs prioritetai. Vietinis prioritetas yra siejamas su pagrindiniu arba aukštesnio lygmens prioritetu, o globalus prioritetas (galutinis) yra siejamas su prioritetu skirtu pasiekti tikslą. Sudaroma globalių ir vietinių prioritetų lentelė. Naudojant vietinius ir globalius prioritetus gaunamas santykinis prioritetas. Gautų alternatyvų santykiniai prioritetai lyginami tarpusavyje, o didžiausias iš jų parodo tinkamiausią alternatyvą pasiekti tikslui. Tam, kad patikrinti ar rezultatai gauti teisingi yra skaičiuojamas pasitikėjimo indeksas CI (angl. *consistency index*) ir rezultatai laikomi tinkamais, kai šis indeksas yra < 0.10 [7].

AHP procesas remiasi multikriteriniu sprendimo priėmimu naudojant matematinius skaičiavimus ir sprendinių analizei reikalingomis žiniomis. Naudojant šį metodą, svarbu gerai suprasti griovimo technologijos panaudojimą lemiančius veiksniai ir jų svarbą. Hierarchinio modelio sudarymo ir santykinų balų suskirstymo tikslumas priklauso nuo žmoniškųjų faktorių, nes siekiant rasti tinkamiausią griovimo technologiją remiamasi intuicijai inžinieriaus mąstymu, analitiniais gebėjimais ir praktika. Siekiant išvengti skaičiavimo klaidų trečiame etape, gali būti naudojamos specialios skaičiavimo programos pvz. Microsoft Excel, Expert Choise ir kt.

Kitas tinkamiausios griovimo technologijos nustatymo būdas gali būti atliekamas naudojant griovimo technologijos parinkimo – DTSS (angl. *demolition techniques selection system*) metodą. Šis metodas susideda iš dviejų pagrindinių dalių: pirmoje dalyje atliekamas tinkamiausios griovimo

technologijos parinkimas naudojant anksčiau nagrinėta AHP metodą, antroje dalyje skaičiuojamos skirtingų griovimo technologijų kainos. Šio modelio privalumas yra toks, kad tinkamiausiai griovimo technologijai rasti yra naudojama ne tik inžinerinė patirtis ir intuityvus mąstymas, tačiau ir ekonominiai rodikliai. Tinkamiausia griovimo technologija gaunama atsižvelgiant į abu veiksnius: techninius ir ekonominius [10].



Pav. 4. DTSS metodo struktūrinė sandara [10]

Siekiant surasti tinkamiausią griovimo technologiją pagal DTSS metodą, pirmame etape naudojamas AHP metodas. Remiantis AHP metodu atliekami visi anksčiau minėti veiksmai: sudaromas hierarchinės struktūros modelis, hierarchinės struktūros kriterijai lyginami tapusavyje (poromis), iš vieno lygio į kitą, ir galiausiai sudaroma palyginamoji matrica, iš kurios gaunami santykiniai prioritetai. Išrenkama technologija su didžiausiu santykinu prioritetu ir patikrinamas pasiklivimo indeksas. DTSS metodo pirmoje dalyje gaunama tinkamiausia griovimo technologija atsižvelgiant į techninius aspektus [7] [10].

Sekančio etapo tikslas – rasti tinkamiausią griovimo technologiją atsižvelgiant į ekonominius rodiklius. Tam tikslui pasiekti reikalingi skirtingų griovimo technologijų kainų sačiavimai.

Kainos gali būti skaičiuojamos naudojant tam tikras sąmatines programas, arba gali būti naudojami įkainiai, kurie įvertina 1 m³ arba 1 m² pastato griovimo kainą. Tikslesnis kainos skaičiavimas atima daug laiko, todėl dažniausiai griovimo technologijos parinkimui naudojami sustambinti kainų skaičiavimai. Skaičiuojant kainą svarbiausia, kad griovimo darbų kainos kiekvienai technologijai būtų apskaičiuotos su mažesne kaip 20% paklaida nuo realios griovimo kainos [10].

DTSS metodas apjungia techninius ir ekonominius aspektus. Techniniams aspektams analizuoti naudojamas multikriterinis sprendimo priėmimo metodas – AHP, o ekonominė dalis įvertinama – apskaičiuojant skirtingų griovimo darbų įgyvendinimo kainą. Norint gauti tikslesnius rezultatus kainų skaičiavimo dalyje, pagal DTSS modelį, siūloma įvertinti visus griovimo technologiją apimančius veiksnius, pradedant smulkių darbų sąmata ir baigiant statybos aikštelėje nepanaudotų atliekų išvežimo sąmatomis. Rodiklis, kuris nusako tinkamiausią griovimo technologiją yra naudos ir kainos santykis, kuo šis santykis didesnis, tuo griovimo technologija efektyvesnė techniniais ir ekonominiais aspektais. DTSS kaip ir AHP modeliu negalima visiškai pasikliauti, kai skaičiavimus atlieka mažai žinių, praktikos ir supratimo šioje srityje turintis inžinierius, tačiau ekonominiai skaičiavimai padidina tinkamos griovimo technologijos pasirinkimo galimybę, lyginant su AHP modeliu.

1.5.3 Griaunamo statinio modeliavimas virtualioje erdvėje

Dar viena naudojama griovimo technologijų analizės priemonė – statinių modeliavimas naudojant 3D modeliavimo įrangą ir BIM technologiją. BIM – statinio informacinis modeliavimas, kuris plačiai taikomas statybos darbuose, tačiau galima pritaikyti ir griaunant statinius [9]. Technologija remiasi esamo statinio atkartojimu virtualioje erdvėje naudojant įvairių kompanijų (Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek, Graphisoft) programomis pritaikytomis BIM modeliui [14].

Naudojant šią technologiją statinys gali būti atvaizduojamas naudojant 3D kompiuterines braižymo programas arba naudojant lazerinius statinių skaitytuvus [9] [13]. Braižymo programos labiau tinkamos nedidelių ir nesudėtingų statinių atvaizdavimui, tačiau jų neigiama pusė – darbų apimtys, kurios priklauso nuo atvaizdavimo detalumo. Efektyvesnis būdas – statinio lazerinis skenavimas. Skenavimo metu, statinys skaitomas kaip taškų sistema, naudojant lazerį. Taškai sudėti į visumą, sudaro trimatį spalvotą statinio vaizdą su visomis konstrukcijomis, mazgais, elementais. Papildomai apdorojus duomenis, sukuriamas išsamus skaitmeninis 3D statinio modelis [13].

Gautas 3D modelis tiksliai atvaizduoja griaunamo statinio geometriją mažesne nei 1 mm paklaida, jo pagalba galima analizuoti statinį sudarančias konstrukcijas, mazgus, matuoti statinio charakteringas vietas taip planuojant griovimo arba ardymo technologijas [13].

Kitas svarbus BIM technologijos privalumas, kad analizuojant statinį, galima lengvai išskirti antriniam panaudojimui tinkamas konstrukcijas, medžiagas, o siekiant griauti statinį, kompiuterinių BIM programų pagalba automatiškai galima suskaičiuoti susidarančių atliekų kiekius pagal atliekų tipą. Taip pat galima įtraukti atliekų šalinimo ir pakrovimo mokesčius, apskaičiuoti susidarančių atliekų kiekį sunkvežimiais [13] [14].

BIM modelio pagalba galima apjungti visas statybos sektoriuje dalyvaujančias grandis, planuoti ir analizuoti statybos darbus, net nesant statybos aikštelėje, ir taip išvengiant dažnai pasitaikančių klaidų galimybes. Naudojami 3D modeliai padeda tiksliau planuoti griovimo procesą. Gautą 3D modelį galima panaudoti ir aplinkosauginiams faktoriams analizuoti t.y išskiriamų dulkių, susidarančių pavojingų atliekų kiekiui prognozuoti, taip pat vibracijų sukėlimo tikimybėms, griovimo atliekų panaudojimo ir perdirbimo galimybėms prognozuoti [9].

Informacinio projektavimo modelis labiau orientuotas į statybos darbus, tačiau panaudojant pažangias šių dienų technologijas (skenavimą lazeriu) galima BIM modelio pagalba analizuoti ir griovimo darbų technologijas ir susidarančių griovimo atliekų kiekį ir tipą. Informacinio projektavimo modelis gali būti panaudojamas ekonominiam palyginimui, griovimo technologijų panaudojimo analizei, aplinkos analizei ir lyginant griovimo technologijas ekonominiu aspektu.

1.6 Atliekų perdirbimo ir panaudojimo situacija Lietuvoje

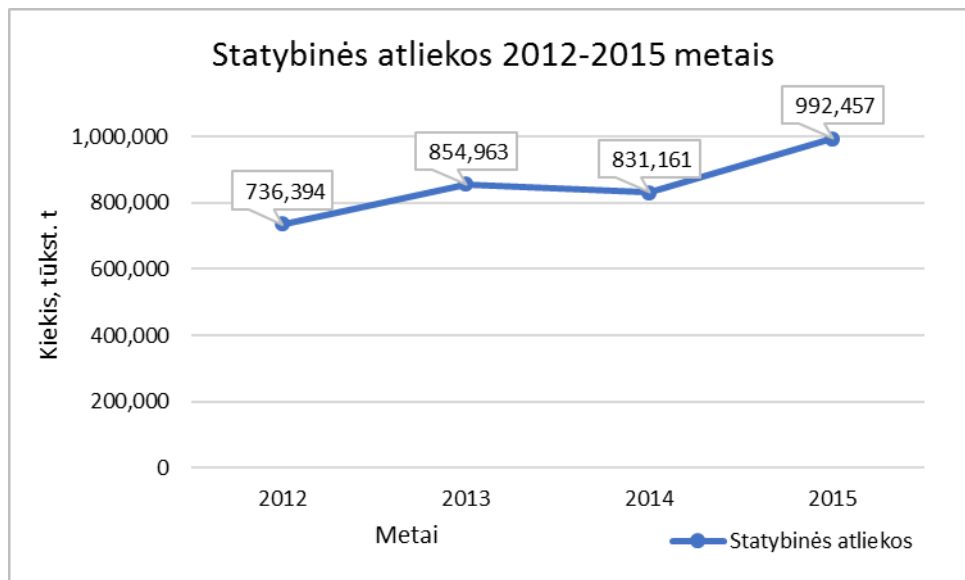
Statybos atliekoms priskiriamos statybos, renovacijos, rekonstrukcijos ir griovimo darbų metu susidariusios atliekos [19]. Europos Sąjungoje per metus susidaro 450–600 milijonų tonų statybos atliekų t. y. ketvirtadalis visame pasaulyje per metus susidarančių statybos atliekų. Nepaisant šių didelių kiekių, Europos Sąjungoje perdirbama ir/arba panaudojama kaip antrinė žaliava, mažiau nei 50 procentų atliekų. Europos Sąjungos šalys, tarp jų ir Lietuva, yra įsipareigojusios iki 2020 metų pasiekti didesnę nei 70 procentų gaunamų statybinių ir griovimo atliekų perdirbimą ir panaudojimą. Pagal Europos komisijos (*European Commission*) duomenis – Danija, Estija, Nyderlandai, Vokietija, Jungtinė Karalystė, Airija jau yra pasiekusios tikslą – jų statybos ir griovimo metu susidarančių atliekų perdirbimas siekia 75–98% [15].

Lentelė 2. Europos Sąjungus šalių vidutiniai atliekų perdirbimo kiekiai [15]

Šalis	Bendras atliekų susidarymas* mln, tonų	Perdirbimas ir/arba panaudojimas, %	Šalis	Bendras atliekų susidarymas*, mln, tonų	Perdirbimas ir/arba panaudojimas, %
Austrija	6,6	60	Latvija	2,32	46
Belgija	11,02	68	Lietuva	3,45	60
Bulgarija	7,8	0	Liuksemburgas	0,67	46
Kipras	0,73	1	Malta	0,8	0
Čekija	14,7	23	Nyderlandai	23,9	98
Danija	5,27	94	Lenkija	38,19	28
Estija	1,51	92	Portugalija	11,42	5
Suomija	5,21	26	Romunija	21,71	0
Prancūzija	85,65	45	Slovakija	5,38	0
Vokietija	72,4	86	Slovėnija	2,00	53
Graikija	11,04	5	Ispanija	31,34	14
Vengrija	10,12	16	Švedija	10,23	0
Airija	2,54	80	Jungtinė Karalystė	99,1	75
Italija	46,31	0			
ES–27 šalys				531,38	46

* – susidarantis atliekų kiekis vienam žmogui padaugintas iš gyventojų skaičiaus (Duomenys pateikti pagal 2011 metų Europos komisijos skaičiavimus)

Lietuva yra viena iš septynių šalių, kurios deklaruoja mažesnę nei 500 kg žmogui susidarančių statybinių ir griovimo atliekų [15]. Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros duomenis 2012–2015 metų laikotarpyje daugiausia atliekų susidarė 2015 metais. Tais metais iš statybos ir griovimo darbų susidarė 992 tūkstančiai tonų t.y apie 340 kg/atliekų žmogui per metus [21]. Šie rodikliai priklauso nuo šalies ekonominių ir statybos sektorių, todėl tikėtina, kad dabartinis atliekų kiekis yra didesnis nei nustatytas anksčiau [16].



Pav. 5. Statybinių atliekų susidarymas Lietuvoje 2012–2015 metais [21]

Neatsiejama griovimo darbų dalis – susidarančios griovimo atliekos. Lietuvoje pasibaigus šalies ekonominei krizei, statybos, rekonstrukcijos ir griovimo darbai vėl įsibėgėjo, o kartu padidėjo ir gaunamų atliekų kiekis. Griovimo darbų metu susidaro didžiausias atliekų kiekis, lyginant su renovacijos, restauracijos ir statybos darbais, todėl siekiant gerinti šalies padėtį tarp kitų Europos Sąjungos šalių, svarbu didinti griovimo darbų metu susidarančių atliekų perdirbimą.

1.7 Atliekų perdirbimo ir panaudojimo privalumai

Griovimo metu susidarančių atliekų kiekis, kokybė, dydis priklauso nuo pasirinktos griovimo technologijos. Statinių ardymo technologija labiausiai orientuota į mažiausią griovimo atliekų susidarymą ir didžiausią ardomų konstrukcijų antrinį panaudojimą. Tačiau ši technologija taikoma palyginus nedažnai, dėl savo didelių darbo apimčių, laiko ir darbų pavojingumo. Naudojant kitas greitesnes, saugesnes ir labiau mechanizuotas griovimo technologijas susidaro didesni atliekų kiekiai. Tačiau nepriklausomai nuo griovimo technologijos, susidarančių atliekų kiekio ir kitų veiksnių, svarbu kuo daugiau perdirbti ir panaudoti statybinių atliekų, nes tai:

- padeda išvengti atliekų pridavimo ir surinkimo mokesčių. Statybines atliekas galima atiduoti į specialiai tam skirtas atliekų saugojimo aikšteles. Tačiau ši paslauga yra mokama, todėl perdirbimas ir antrinis panaudojimas padeda išvengti pridavimo ir transportavimo į savartynus kaštų [17].

- Padeda sutaupyti pinigų. Pagal galiojančias statybinių atliekų tvarkymo taisykles, statybos aikštelėje turi būti rūšiuojamos perdirbimui tinkamos atliekos, pakartotiniam naudojimui tinkamos konstrukcijos (medžiagos), antrinės žaliavos ir pavojingos atliekos [19]. Kai vyksta statybos aikštelės paruošiamieji darbai, griaunamame pastate svarbu išmontuoti lengvai išimamas konstrukcijas, tokias kaip: durys, langai, medinės konstrukcijos, plieninės konstrukcijos ir kt. Šias

atliekas galima panaudoti kituose statybos darbuose, taip išvengiant dalies statybinių atliekų ir kai kurių investicijų naujose statybose [17].

- Pagerina firmos įvaizdį. Griovimo darbus atliekančios įmonės, kurios orientuojasi į atliekų panaudojimą, turi didesnę paklausą, nei tos, kurios užsiima tik griovimo darbais. Į perdirbimą orientuotos firmos ne tik padeda sutaupyti užsakovui pinigų griovimo metu, palengvina griovimo proceso eigą, bet ir saugoja aplinką [17].

- Iš statybinių atliekų galima pagaminti naujas medžiagas. Griovimo darbų metu, daugiausia susidaro betono, asfalto, medienos, gipso ir plieno atliekų. Visas šias atliekas galima perdirbti ir panaudoti kaip pigesnę alternatyvą kai kurioms medžiagoms šių dienų rinkoje [17].

- Padeda išsaugoti aplinką. Atliekų saugojimo aikštelėms reikalingi dideli plotai, o nebeveikiančios saugojimo aikštelės turi būti specialiai paruošiamos. Naujoms aikštelėms reikalingi nauji plotai, todėl svarbu didinti atliekų perdirbimą, siekiant sumažinti atliekų išvežimą į sąvartynus. Taip pat, perdirbamos atliekos sumažina poveikį aplinkai, atsirandantį dėl gamtinių išteklių gavybos. Naudojant perdirbtas atliekas mažėja poreikis išgauti medžiagas iš aplinkos [17].

- Padeda šaliai pasiekti numatytų tikslų. Kiekviena Europos Sąjungos šalis yra įsipareigojusi didinti atliekų perdirbimo kiekį iki 70 procentų [15]. Pagrindinė tikslo siekimo priemonė– didinti griovimo metu susidarantių grovimo atliekų perdirbimo kiekį [17].

1.8 Tikslinga atliekų perdirbimo kontrolė

Kaip ir visuose statybos darbuose, griovimo darbų metu turi būti laikomasi tam tikrų reikalavimų, siekiant užtikrinti griovimo darbų metu efektyvų susidariusių atliekų panaudojimą. Šiam tikslui pasiekti reikalinga laikytis tam tikrų reikalavimų:

1. Programos sudarymas. Atliekų valdymo darbams, kaip ir griovimo, reikalingi vadovai arba grupė žmonių, kurie būtų atsakingi už edukacines priemones, skirtas darbuotojų paruošimui, supažindinimui apie rūšiavimo privalumus, griovimo atliekų sandėliavimą, tikslingą atliekų rūšiavimą. Sudarytos atliekų tvarkymo programos tikslas– minimalizuoti atliekų išsiskyrimą griovimo darbų metu ir sumažinti perdirbimui netinkamų atliekų kiekį. Atsakingam asmeniui arba grupei turi būti pavesta sudaryti planą, kuriame turi atsispindėti konkretaus griauamo statinio metu susidarantys atliekų kiekiai, rūšys [17].

2. Subrangovų įtraukimas. Subrangovai reikalingi tam, kad griovimo metu būtų rūšiuojamos ir perdirbamos griovimo atliekos jeigu griovimo darbais užsiimanti įmonė to neatlieka. Taip pat, jie turi būti atsakingi už neperdirbamų atliekų išgabenimą iš statybos aikštelės į sąvartynus ir dokumentų tvarkymą [17].

3. Tinkamos vietos atliekomis parinkimas. Atliekos statybų aikštelėje turi būti saugojamos taip, kad netrukdytų griovimo darbams, nekenktų aplinkai. Todėl svarbu pasirinkti tinkamą vietą statybinių atliekų rūšiavimui [17].

4. Personalo apmokymai. Atliekų panaudojimo galimybės gana plačios, todėl reikia žinoti esminius atliekų tvarkymo statybos aikštelėje principus: kaip turi būti atskirtos medžiagos, kur jos turi būti laikomos, kaip dažnai atliekos bus išvežamos iš statybų aikštelės ir kita aktuali informacija. Kuo personalas aiškiau supranta keliamus tikslus, tuo efektyviau vyksta atliekų tvarkymo darbai [17].

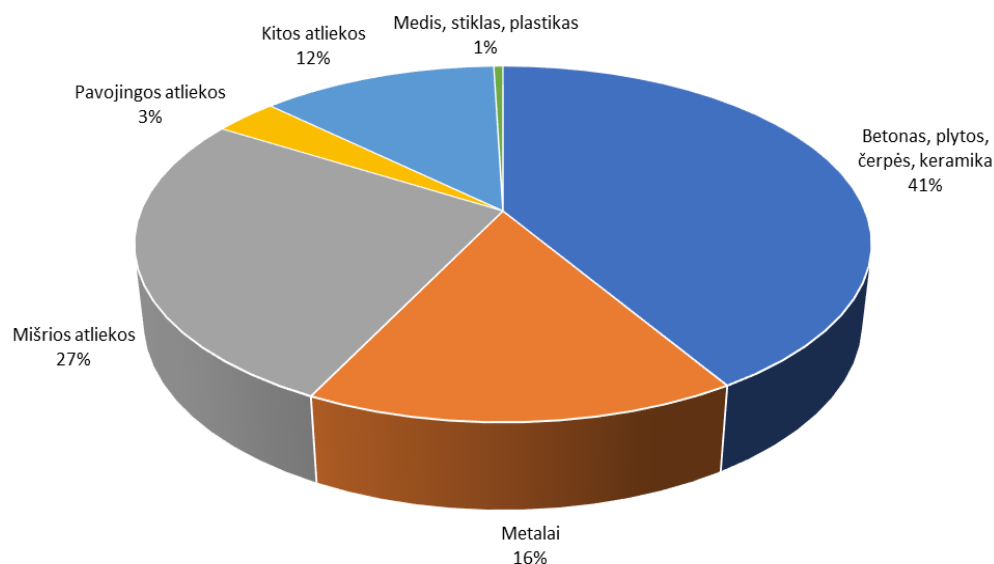
5. Atliekų švarumo užtikrinimas. Pats svarbiausias atliekų perdirbimo žingsnis – atliekų rūšiavimas. Paprastai atliekos pradedamos rūšiuoti statybos aikštelėje, todėl svarbu užtikrinti, kad jos nebūtų užteršiamos. Siekiant tikslo, pirmiausia turi būti nurodoma, kokioms atliekomis skirti konteineriai. Darbininkai turi žinoti kokios atliekos gali būti perdirbamos, todėl statybos aikštelėje turi būti pakabinti perdirbamų ir neperdirbamų atliekų sąrašai. Taip pat turi būti užtikrinti reguliarūs atliekų rūšiavimo patikrinimai [17].

1.9 Atliekų perdirbimas ir panaudojimas

Lietuvoje statybos atliekų saugojimo ir panaudojimo taisyklės nustato Atliekų tvarkymo taisyklės. Pagal šį galiojantį dokumentą išskiriamos statybinių ir griovimo atliekų grupės [18]:

- betonas, plytos, čerpės ir keramika;
- medis, stiklas ir plastikas;
- bituminiai mišiniai, akmens anglių derva ir gudronuotieji gaminiai;
- metalai (įskaitant ir jų lydinius);
- žemė (įskaitant ir iš užterštų vietų iškastą gruntą), akmenys ir išsiurbtas gruntas;
- izoliacinės ir statybinės medžiagos, kuriose yra asbesto;
- gipso izoliacinės statybinės medžiagos;
- kitos statybinės ir griovimo atliekos.

Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis Lietuvoje per 2015 metus daugiausia susidarė betono, čerpių ir keramikos, mišrių ir metalų atliekų, atitinkamai 41%, 27% ir 16%. Pavojingos atliekos t.y atliekos, kurios užterštos arba savo sudėtyje turi pavojingų medžiagų sudaro nedidelę gautų atliekų dalį apie 3%. Taip pat svarbu, kad stiklas, plastikas ir medis sudaro apie 1% susidariusių atliekų, nes stiklo ir plastiko atliekų Lietuvoje perdirbama mažiau nei 15% [21].



Pav. 6. Lietuvoje susidarančių statybinių atliekų sudėtis [21]

1.9.1 Betonas, plytos, čerpės ir keramika

Šios medžiagos priskiriamos prie nepavojingų, chemiškai neagresyvių inertinių medžiagų, kurias galima panaudoti kaip antrinę žaliavą. Tačiau minėtas medžiagas reikia susmulkinti iki tam tikros frakcijos. Smulkinimas gali būti atliekamas išvežant šias atliekas į specialias perdirbimo įmones arba atliekant smulkinimą statybos aikštelėje mobilią įrangą.

Smulkinti statybos aikštelėje gautas griovimo atliekas galima tada, jeigu tai buvo numatyta griovimo projekte. Taip pat griovimo projekte turi būti numatytas apytikslis gaunamų atliekų kiekis svorio vienetais, rūšis ir jų panaudojimas. Be šių duomenų, projekte turi būti trumpas technologinio proceso aprašymas, nurodant neigiamą poveikį aplinkai ir žmonėms, nurodyta aplinka besiribojanti su statybos aikštele ir fizikinių, cheminių ir kitų taršų aplinkai ir/arba žmonėms įvertinimas [19].

Atliekų smulkinimui naudojama mobili atliekų smulkinimo įranga. Statybos aikštelėje gautos atliekos ekskavatoriais pakraunamos į trupintuvų priėmimo bunkerius. Trupintuvai pagal savo veikimo principą skirstomi į plaktukinius, žiauninius ir kūginius [25]. Visų tipų trupintuvai turi elektrinį arba dyzelinį variklį, kurių pagalba trupinamos atliekos. Siekiant sumažinti poveikį aplinkai, trupintuvuose gali būti įrengta laistymo sistema tam, kad sumažinti išsiskiriančių dulkių kiekį.

Statybinės atliekos gali būti atskiriamos prieš smulkinant jas trupintuvais, smulkinimo metu ir kai gaunama žaliava. Išskiriami trys atliekų atskyrimo būdai [25]:

1. Elektromagnetinis. Šiuo būdu iš perdirbamų atliekų išskiriamos metalo atliekos naudojant magnetus. Magnetai tvirtinami susmulkintų atliekų judėjimo vietoje tam, kad atskirtos metalo atliekos perdirbimo metu būtų pašalinamos iš susmulkintų statybinių atliekų.

2. Sausas atskyrimas. Skirtingų dydžių ir formų atliekos praleidžiamos per sietų sistemą, ko pasekoje, suskirstoma skalda pagal granulimetrinę sudėtį.

3. Šlapias atskyrimas. Veikimo principas paremtas mažo tanko atliekų atskyrimu naudojant vandenį. Mažo tankio arba plūduriuojančios atliekos (medis, plastikas, ir kt.) vandens rezervuare iškyla į paviršių ir tokiu būdu atskiriamos nuo sunkių atliekų (betono, metalo, mūro ir kt.)



Pav. 7. Mobilus statybinių atliekų trupintuvas

Betono ir plytų atliekos skirtingose Europos Sąjungos šalyse sudaro 6–70 procentų statybinių atliekų [15]. Tai yra didžiausi atliekų kiekiai lyginant su kitomis statybinėmis atliekomis. Nepaisant to, betono, plytų, čerpių ir keramikos skalda turi plačiausią panaudojimo sritį. Visų pirma, betono skalda gali būti naudojama kaip stambus užpildas gaminant naują betoną. Betono, plytų, čerpių ir keramikos skaldos gali būti naudojamos laikiniams keliams statybos aikštelėje ir atliekų sąvartynuose tiesti, kelių ir aikštelių statybai, drenažiniams sluoksniams, asfalto gamyboje ir kt. [19]. Viena iš svarbiausių betoninės skaldos savybių, kad ją galima naudoti vietoje gamtinės dolomitinės skaldos. Betoninės skaldos gavybos kaštai mažesni 8 kartus nei dolomitinės skaldos, o betono pagaminto su betono skalda vietoje gamtinio užpildo, gamybos kaina sumažėja 25% [20].

1.9.2 Medienos atliekos

Statybos aikštelėje gautos medienos atliekos išskiriamos į dvi grupes: užterštos ir neužterštos atliekos. Medienos atliekos gali būti užterštos dažais, gruntu, konservantais ir kitomis medžiagomis [19].

Užterštas medienos atliekas, jeigu jos nepavojingos gyvybei ir aplinkai, galima panaudoti laikinoms konstrukcijoms statybų aikštelėse. Tačiau po to, jos turi būti perduodamos atsakingoms institucijoms, kad jas utilizuotų.

Neužterštos medienos atliekos priskiriamos biogeniškai skaidžioms atliekoms [19]. Masyvių matmenų medienos atliekos dažnai parduodamos, nes iš jų galima pagaminti kitas buityje naudojamas konstrukcijas, lentas. Mediena taip pat gali būti naudojama gaminti mulčiui, gyvūnų kraikui, granulėms ir kuro briketams. Taip pat, atliekos gali būti panaudojamos ir statybos aikštelėje kaip šilumos šaltinis, jas deginant [11]. Pagrindinis reikalavimas perdirbamai ir antrąkart panaudojamai medienai, kad iš jų būtų pašalinti visi pritvirtinti plieno gaminiai, varžtai, vinyai.

1.9.3 Metalai ir jų lydiniai

Nuo pat senų laikų metalo laužas ir plienas buvo rūšiuojami. Griovimo darbų metu susidaro nemažai metalo atliekų: plieninės konstrukcijos, vamzdžiai, technologiniai įrenginiai, laidai, armatūra ir kt. Metalo laužą gana lengva atskirti iš kitų statybinių atliekų, panaudojant elektromagnetus [11].

Metalo laužas gabenamas savivarčiais į metalo laužo supirktuves, o iš jų į perdirbimo gamyklas. Plieninės konstrukcijos, kurios būna ilgos, dažniausiai sukarpos arba supjaustomos specialiais įrankiais. Kai griauamas metalo konstrukcijų statyns ir susidarančios metalo atliekos yra masyvių matmenų, jos karpomos panaudojant hidraulines metalo karpymo žirkles pritaisytas prie ekskavatoriaus strėlės [11].

Šių dienų rinkoje sėkmingai plėtojama ne tik juodųjų metalų perdirbimo sistema, bet ir spalvotųjų, tokių kaip varis, žalvaris, aliuminis, švinas, titanas ir kt. Statybų aikštelėje šie metalai surenkami beveik 100%, kadangi jų vertė yra didesnė nei juodųjų metalų. Dažniausiai stengiamasi šiuos metalus išrinkti paruošiamųjų darbų metu, taip supaprastinant jų rūšiavimą [11].

1.9.4 Stiklo atliekos

Per 2015 metus Lietuvoje susidarė apie 863 tonų stiklo atliekų. Didžioji dalis šių atliekų nugulė sąvartynuose (713 tonų), o tik mažiau nei 10% buvo perdirbta (apie 73 tonos) [21].

Stiklo atliekų perdirbimas labai svarbus Lietuvoje, kadangi statybinių stiklo atliekų kasmet daugėja, o sąvartynuose esančios stiklo atliekos nesujra net per tūkstantį metų.

Stiklo atliekos universalios tuo, kad jas galima perdirbti daugelį kartų ir iš jų pagaminti naujus gaminius. Perdirbant stiklą ne tik mažinamas aplinkoje esantis stiklo atliekų kiekis, bet ir išsaugojamos stiklui gaminti reikalingos medžiagos: smėlis, kvarcas, klintis, soda ir kt.

Taip pat stiklą mažais kiekiais galima naudoti kaip smulkų užpildą arba mineralinę rišamąją medžiagą betono mišinyje. Bandymais ištirta, kad pakeitus dalį smulkių reaktyvių betono mišinio užpildų į stiklo atliekų miltelius, sumažėja šarminės korozijos poveikis betoniniams bandiniams. Taip pat, šis poveikis sumažėja, kai stiklo milteliais pakeičiama dalis mineralinių rišamųjų

medžiagų. Lietuvoje dažnai susiduriama su šarminės korozijos poveikiu betonui, nes aplinkoje yra visos pagrindinės šarminės korozijos priežastys: pakankamas drėgmės kiekis, naudojami užpildai užteršti reaktyviomis uolienuomis ir atitinkamas šarmų kiekis betone [22]. Taigi, stiklo atliekas galima panaudoti naudingiau nei utilizuojant sąvartynuose. Naudojant kaip priedą betono mišiniuose užtenka stiklą mechaniškai sumalti iki atitinkamos granuliometrinės sudėties.

1.9.5 Pavojingos atliekos

Ypatingas dėmesys turi būti skiriamas pavojingoms statybinėms atliekoms. Griovimo darbų projektavimo etape turi būti žinoma kokios pavojingos atliekos gali susidaryti. Prie pavojingų atliekų priskiriamos degios, ėsdinančios, reaktyvios ir toksiškos medžiagos. Tai gali būti gyvsidabris, asbestas, derva, PCB ir kt. arba statybinės atliekos, kurios yra užterštos jomis. Griovimo metu susidaranti pavojingos atliekos statybos aikštelėje gali būti saugomos ne ilgiau kaip 3 mėnesius ir ne ilgiau nei trunka griovimo darbai [11] [19].

Griovimo darbu metu susidaranti pavojingos atliekos turi būti pašalinamos laikantis šių taisyklių [11]:

- prieš griovimo darbus turi būti atlikta apžiūra, kurios metu apžiūrima griovimo darbų aikštelė, nustatomos pavojingos atliekos, jų kiekiai ir vieta;
- priklausomai nuo esančių pavojingų atliekų tipo, pirvaloma gauti atitinkamus leidimus arba kreiptis į kvalifikuotas atliekų šalinimo įmones;
- darbininkai turi būti apmokyti, supažindinti su darbo saugos reikalavimais dirbant su pavojingomis atliekomis;
- personalas turi būti aprūpintas apsauginėmis priemonėmis, kurių tikslas apsaugoti nuo pavojingų atliekų poveiko.

Griaunant statinius, kuriuose yra asbesto, turi būti laikomasi darbo su asbestu nuostatų reikalavimų. Asbestas statybos aikštelėje turi būti surenkamas atskirai nuo kitų atliekų, o jeigu asbesto turinčios medžiagos yra birios, jos turi būti sudrekinamos ir sandėliuojamos uždaroje taroje ir ženklinamos pagal atliekų tvarkymo taisyklių nuostatus. Šios pavojingos atliekos turi būti perduodamos įmonėms, kurios šalina asbestą arba medžiagas, kurios turi asbesto [19].

1.9.6 Kitos statybinės atliekos

Prie kitų statybinių atliekų priskiriamas asfaltas. Asfalto perdirbimui naudojami trupintuvai, kurie gali būti kabinami ant ekskavatorių, krautuvų strėlių ir mobilūs, kurie naudojami statybos aikštelėje. Asfaltas viena iš lengvai perdirbamų ir panaudojamų statybinių atliekų, kadangi jis

susideda iš skaldos ir bituminės rišamosios medžiagos. Susmulkintas statybinių atliekų asfaltas iš naujo surišamas bituminiu rišikliu ir vėl panaudojamas kelių tiesimui [11].

Taip pat griovimo darbų metu susidaro grunto atliekos. Jeigu gruntas nėra užterštas jį galima panaudoti lyginti aikštelėms, laikiniems keliams ir naudoti kaip skiriamąjį sluoksnį sąvartynuose [19].

1.10 Apibendrinimas

Lietuvoje ir pasaulyje gausu statinių, kurie dėl savo estetiškos ir konstrukcinės būklės teršia aplinką, bei kelia pavojų žmonėms. Siekiant pagerinti šalies vaizdą, šie statiniai turi būti nugriauti, o gautos atliekos panaudotos arba perdirbtos. Tam, kad būtų pasiektas maksimalus naudingas rezultatas, statiniai turi būti griunami panaudojus atitinkamas griovimo technologijas ir griovimo modelį. Yra išskiriami trys pagrindiniai griovimo modeliai: laipsniškas griovimas, suplanuotas griuvimas ir ardymas (demonravimas). Kiekvienas griovimo modelis gali būti pasiekiamas naudojant vieną arba kelias skirtingas griovimo technologijas. Pačios griovimo technologijos skirstomos į keturias pagrindines grupes: griovimas naudojant rankinius įrankius, mechanizmus, chemines medžiagas ir vandens slėgį. Šios keturios grupės toliau skirstomos į subkategorijas. Vienas iš iššūkių, su kuriuo susiduria griovimo įmonės – pasirinkti tinkamiausią griovimo technologiją, kuri tuo pat metu būtų ir ekonomiškiausia, o susidariusias atliekas būtų galima efektyviai panaudoti.

Griovimo technologijos parinkimas remiasi multikriteriniu sprendimų priėmimo metodu. Tai reiškia, kad renkantis griovimo technologiją jau projektavimo etape privaloma išnagrinėti griovimo procesą lemiančius veiksnius: aplinkos sąlygas, statinio matmenis, konstrukcinę sandarą, pavojų aplinkai ir žmonėms, susidarančias atliekas, mechanizmų ir mašinų panaudojimo galimybes ir kitus aspektus. Išskiriami trys tinkamiausios griovimo technologijos pasirinkimo būdai: remiantis darbo praktika, naudojant matematinius metodus ir modeliuojant statinį virtualioje erdvėje. Dažniausiai griovimo technologija pasirenkama atsižvelgiant į atliktus darbus. Matematinų modelių naudojimas pasirenkant griovimo technologiją – tikslesnis ir labiau orientuotas į sprendimų priėmimo analizę. Išskiriami du pagrindiniai modeliai: AHP ir DTSS. Abu modeliai remiasi analitiniu hierarchinės sistemos modeliu, kurio pagalba vertinama veiksnių įtaka griovimo technologijos pasirinkimui. DTSS modelis yra pranašesnis nei AHP, nes papildomai be multikriterinio veiksnių vertinimo yra įtraukiamas ir griovimo kainos vertinimas. Abu modeliai remiasi inžinieriaus patirtimi, gebėjimu priimti sprendimus, todėl šiuose sprendimų priėmimo metoduose gali pasitaikyti žmogiškųjų klaidų. Paskutinis griovimo technologijos pasirinkimo metodas – modeliavimas – orientuotas į konkretaus pastato analizę. Griaunamas statinys modeliuojamas virtualioje erdvėje, naudojant kompiuterines programas ir lazerinį statinių skenavimą. Gautas 3D statinio modelis suteikia galimybę analizuoti griovimo technologijos panaudojimo galimybes, susidarančių atliekų kiekius ir kitą svarbią informaciją. Modeliavimas turi savų neigiamų aspektų: jeigu modeliuojama nenaudojant lazerinių skaitytuvų reikalinga tiksliai žinoti pastato konstrukcinę sandarą, modeliavimui reikalingos specialios programos, apmokyti darbuotojai, o pats procesas užima ganėtinai daug laiko.

Kita svarbi problema griaunant statinius – susidariusių atliekų panaudojimas. Europos Sąjungoje kasmet susidaro 450–600 mln. tonų statybinių atliekų. Daugiausia iš jų: betono,

gelžbetonio, plytų, čerpių, keramikos, stiklo, metalo, medžio, atliekos. Griovimo metu susidariusių atliekų kiekis yra didžiausias lyginant su renovacijos, rekonstrukcijos ir statybos darbais. Kadangi statybinių atliekų kiekis kiekvienais metais tik didėja – pagrindinis pasaulio šalių tikslas – padidinti atliekų perdirbimo kiekį. Lietuva, kaip ir kitos Europos Sąjungos šalys, yra įsipareigojusi iki 2020 metų padidinti perdirbamų atliekų kiekį iki 70 procentų. Lietuvoje buvo atvejų, kai nugriautų statinių atliekų perdirbimas siekė daugiau nei 90 procentų. Tai daugiausia gelžbetoniniai ir mūriniai statiniai. Šių konstrukcijų statinių atliekas lengva panaudoti kaip statybinę skaldą, kelių tiesimui, drenažiniams sluoksniams, betono užpildams. Didesnis dėmesys turi būti skiriamas biologiškai neskaidžioms atliekoms: plastikui, stiklui. Didžiausias šių medžiagų privalumas, kad jas galima perdirbti daug kartų ir taip išsaugoti jų gamybai reikalingų gamtinių išteklių kiekį. Nors šios statybinės atliekos turi praktinę vertę, jų perdirbimas siekia mažiau nei 15 procentų.

2. Statinių griovimo technologijų analizė

2.1 Statinių ardymo technologija

Statinių ardymo arba demontavimo technologija – planuojamas ir kontroliuojamas statinio išardymas, siekiant išsaugoti pastato konstrukcijas arba medžiagas, kad jas būtų galima perdirbti arba panaudoti dar kartą [11]. Ši technologija literatūroje kartais vadinama – iš viršaus į apačią, dėl darbų atlikimo eiliškumo [12].

Technologija daugiausia taikoma griaunant gyvenamuosius, pramoninės, sandėliavimo, paskirties pastatus, tiltus. Retais atvejais naudojama kaminių, bokštų ar kitų aukštų statinių ardymui. Visais atvejais ardymas prasideda nuo aukščiausio statinio taško – kamino, stogo, dangos. Ardant statinį svarbu suprasti jo sandarą ir ardomų konstrukcijų įtaką statinio stabilumui. Demontuojant statinio laikančiąsias konstrukcijas naudojamos laikinosios atramos pastato stabilumui užtikrinti. Ardymas gali būti atliekamas rankiniu, mechanizuotu būdu, konstrukcijas plėšant ir pjaustant [12].

Pastato stogas pradedamas ardyti prieš tai pašalinant ant stogo esančius įrenginius. Tai gali būti ventiliatoriai, deflektoriai, saulės baterijos ir kt. Po to pašalinant tvirtinimo elementus ardoma stogo danga (čerpės, šiferis, bituminė danga, skarda) ir visi po ja esantys sluoksniai: apšiltinimas, hidroizoliacinės ir dufuzinės plėvelės. Stogo danga nukeliama naudojant kėlimo įrangą, o lanksčiosios dangos pjaustomos juostomis ir suvyniotos į ritinius konteineriais nuleidžiamos žemyn [6].

Išardžius stogo dangą toliau ardomi stogo laikantieji elementai. Nesudėtingų konstrukcijų mediniai stogo elementai gali būti pjaustomi segmentais ir panaudojus kėlimo įrangą nukeliami ant žemės, arba stogo elementai gali būti ardomi atskirai, išmontuojant po vieną. Sudėtingų konstrukcijų stogų laikantys elementai – apkrovas laikantys lakštai arba denginio plokštės nukeliami naudojant kranus, prieš tai pašalinus tvirtinimo elementus (apkrovas laikantiems lakštams) arba dujų degikliais nupjaunant suvirintus elementus (denginio plokštėms) [6].

Santvaros dažniausiai pradedamos ardyti nuo pastato galo. Kiekviena santvara atskiriama nuo kitų elementų ir naudojant kranus nukeliama ant žemės. Svarbiausias uždavinys ardant santvaras – išlaikyti reikiamą ryšių ir ilginių kiekį, kad ardymo metu visa stogo konstrukcija išliktų stabili, o jeigu to neįmanoma padaryti – būtina įrengti papildomas atramas [23].

Perdangos – konstrukcinis elementas, kuris sąlygoja pastato stabilumą. Ardant perdangas būtina sustiprinti (suremti) pastato sienas ir visą pastatą. Darbų eiliškumas priklauso nuo grindų ant perdangos tipo. Jeigu ant perdangos sumontuotos medinės grindys, tai prieš demontuojant perdangą reikia išardyti grindis, o jeigu ant perdangos cementinės arba asfaltbetoninės grindys, tada jos bus demontuojamos kartu su perdengimo plokšte. Monolitinės ir surenkamos perdangos plokštės

ardomos nuo viršutinio elemento, t.y monolitinės plokštės ruožais atidaužomos iki apsauginio armatūros sluoksnio tam, kad būtų galima nupjauti armatūrą. Surenkama plokštė taip pat ardoma analogiškai, visų pirma išdaužomos siūlės tarp plokščių, kad jas atskirti. Kai plokštės atskirtos, kranų pagalba jos iškeliamos, ir ardomos šalutinės, o po to ir pagrindinės sijos. Jeigu sijos metalinės, tada nupjaunami suvirinimai arba laikantys varžtai, jeigu gelžbetoninės – išdaužomas apsauginis sluoksnis ir nupjaunamos tvirtinamosios detalės [6].

Surenkamos gelžbetoninės sieninės plokštės ardomos nuo viršaus. Pneumatinių hidroplaktų pagalba iškapojamos siūlės. Užkabinus specialia įranga plokštę ant krano kablio, nupjaunamos privirintos įdėtinės detalės ir plokštė nukeliama ant žemės [6].

Mūrinės sienos ardomos rankiniu būdu po vieną plytą arba blokais. Blokai atskiriami nuo sienos naudojant pneumatinius plaktus arba diskinius pjūklus. Ardant rankomis plytos išardomos eilėmis ir dedamos į kontenerius, tada naudojant kėlimo mechanizmus, plytos nuleidžiamos ant žemės. Kai ardymui naudojami diskiniai pjūklai arba pneumatiniai plaktai – sienos atskiriamos tam tikro dydžio gabalais, tada naudojant specialią įrangą sienų dalys nukeliamos ant žemės [6].

Privalumai:

- ardymo technologija padeda išsaugoti statinio dalis ar konstrukcijas, kurias galima panaudoti dar kartą, taip sumažinama susidarantių griovimo atliekų kiekis;
- sumažinamas griovimo darbų poveikis aplinkai: išskiriama mažiau dulkių, mažesnės griovimo metu atsirandančios vibracijos;
- darbai nepavojingi aplinkiniams statiniams, nes kontroliuojamas statinio ardymas išvengiant netikėtos griūties;
- technologija gali būti taikoma aukštiems, tankiai apstatytiems pastatams, kur mašinių panaudojimo galimybės ribotos;
- technologija gali būti naudojama renovacijoje ir rekonstrukcijoje arba statinio paruošimui, kai naudojamos kitos griovimo technologijos.

Trūkumai:

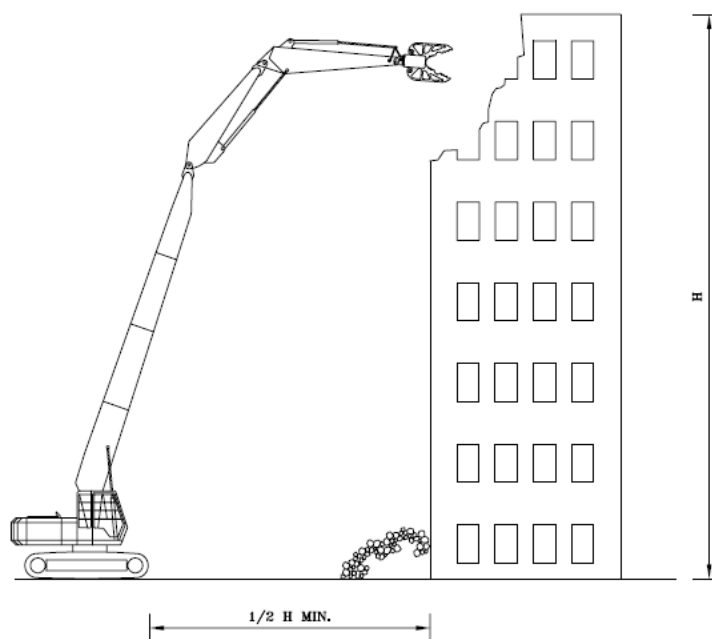
- ardymo technologija netinka monolitinio gelžbetonio konstrukcijoms;
- ardymo darbams kurie vyksta aukščiau nei 5 metrai nuo žemės, perdangos ar kito paviršiaus, reikalingi aukštalipio kvalifikaciją turintys darbininkai;
- net ir lengvai ardomų konstrukcijų statiniams, gali prireikti papildomų griovimo technologijų: pjaustymo, karpymo, gręžimo ir kitų;
- griovimo darbų laiko trukmė žymiai ilgesnė nei kitų griovimo technologijų;
- reikalinga žmonių darbo jėga. Atliekant darbus turi būti naudojamos išramstymo priemonės, užtikrinančios ardomo statinio stabilumą;

- turi būti tiksliai nustatyta elementų išmontavimo tvarka, kad ardymo darbai nesukeltų pavojaus darbininkams.

2.2 Statinių griovimo plaktais ir konstrukcijų karpymo technologijos

Laipsniško griovimo modelyje naudojamos statinių griovimo plaktais ir konstrukcijų karpymo technologijos. Pagrindinis griovimo technologijų įrankis – ekskavatorius.

Viena iš svarbiausių ekskavatoriaus savybių griovimo darbuose – strėlės siekis. Aukštų statinių griovimo darbuose naudojami ekskavatoriai, kurie siekia iki 45 metrų aukščio. Griovimo darbai su tokiais ekskavatoriais vykdomi iš pastato išorės, tačiau aukštesniems nei 45 metrai ir tvirtų konstrukcijų pastatams, galima naudoti šias griovimo technologijas – griauant nuo pastato viršaus, prieš tai užkėlus kranais ekskavatorių ant griauiamo pastato. Griaunant pastatą iš viršaus, svarbu įvertinti pastato konstrukcijų laikomąją galią, o griovimo darbų metu turi būti imtasi visų saugos priemonių, apsaugant aplinką ir žmones nuo krentančių griovimo atliekų [24].



Pav. 8. Griovimo plaktais ir konstrukcijų karpymo hidraulinėmis žirkėmis technologinė schema [24]

Ant ekskavatorių strėlių montuojami plaktai, pagal energijos perdavimo tipą, yra skirstomi į dvi grupes: hidrauliniai ir pneumatiniai. Pneumatiniai – darbų metu sukelia didesnę triukšmo lygį, jų sukeliama smūginė jėga mažesnė nei hidraulinių. Dėl šių priežasčių dažniausiai praktikoje naudojami hidrauliniai plaktai. Abiejų tipų plaktai turi tą patį veikimo principą – oru arba skysčiu perduodama energija į ekskavatoriaus strėlės gale pritaisyta plaktą, o plaktas šią energiją smūginio veikimo principu perduoda į griaunamo statinio paviršių. Griovimas plaktais labiausiai tinka mūrinių konstrukcijų statiniams, tačiau taikomas ir griauant gelžbetonines konstrukcijas [5].

Šių dienų griovimo industrija neįsivaizduojama be konstrukcijų karpymui naudojamų hidraulinių žirklių. Ši technologija plačiai naudojama visame pasaulyje, kadangi tai efektyvi, progresyvi ir saugi technologija, tinkanti aukštų pavojingų statinių griovimui, nepriklausomai nuo statinį sudarančių konstrukcijų [24].

Technologijų privalumai:

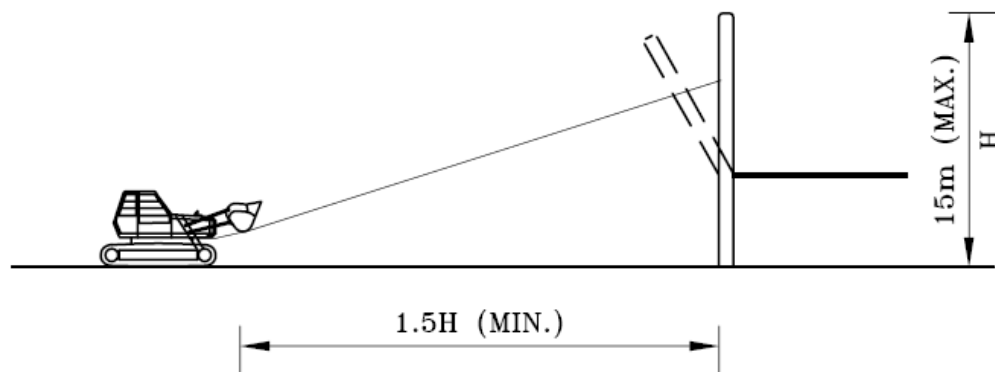
- galima dirbti po vandeniu;
- paprasta atskirti skirtingų konstrukcijų atliekas;
- naudojant ekskavatorius su ilgasiokia strėle, galima griauti statinius iki 50 metrų aukščio, o jeigu statinio konstrukcijos leidžia – naudojant šias technologijas galima griauti statinį nuo viršaus;
- technologinė įranga pritaikyta ir naudoti ne tik su ekskavatoriais, tačiau ir su robotais, mini krautuvais, traktoriais;
- karpymo technologija pasižymi mažu triukšmo lygiu;
- technologiją galima naudoti pavojingiems aukštiems įvairių konstrukcijų statiniams;
- griovimo metu atsirandančias atliekas galima panaudoti kaip platformą ekskavatoriui, tačiau jos negali viršyti 3 metrų aukščio [24].

Technologijų trūkumai:

- ekskavatorių judėjimo galimybes gali riboti šalia esantys pastatai – minimalus atstumas nuo griauamo statinio turi būti didesnis nei pusė statinio aukščio [24];
- griovimo darbų metu aplinka teršiama dulkelėmis, o krentančios statinio nuolaužos sukelia nepageidaujamas vibracijas ir pavojų;
- hidrauliniai ir pneumatiniai plaktai sukelia aukštą triukšmo lygį;
- darbų aikštelė nuolat turi būti saugoma ir stebima, kad žmonės nepatektų į pavojingą zoną;
- statybos darbus prižiūrintis darbų vadovas, nuolat turi informuoti ekskavatoriaus operatorių apie galimus sunkumus ir pavojus statybos aikštelėje [24].

2.3 Statinių griovimas nutempiant lynais

Viena iš seniausiai naudojamų griovimo technologijų – mechaninis statinio griovimas nutempiant virve/grandinę visą statinį arba atskiras jo dalis. Šiai griovimo technologijai naudojamas plieninis lynas arba grandinė, kuri apjuosiama apie griauamą elementą. Lynas/grandinė tempiama norima griuvimo kryptimi ir kai nutempiami laikantieji konstrukciniai elementai statinys griūna [5] [11].



Pav. 9. Statinių griovimo technologija nutempiant lynais [24]

Tempimui gali būti panaudojami nepriklausomi suktuvai, dranglainiai arba savaeigės mašinos (traktoriai, sunkvežimiai, ekskavatoriai) [5].

Yra įvairių galimų tempimo technologijos variacijų. Galima naudoti keletą lynų, siekiant įtempti konstrukciją kuo didesne jėga, arba panaudoti ekskavatoriaus strėlę, kad nukreipti tempimo jėgą kita kryptimi. Priklausomai nuo statinio konstrukcijų, pasirenkama lyno/grandinės tvirtinimo vieta ir reikalingas kiekis [5]. Viena iš pagrindinių sąlygų – naudojamos virvės arba lynai turi turėti 4 kartus didesnį atsparumą tempimui nei teoriškai reikalinga jėga tempimui [24].

Privalumai:

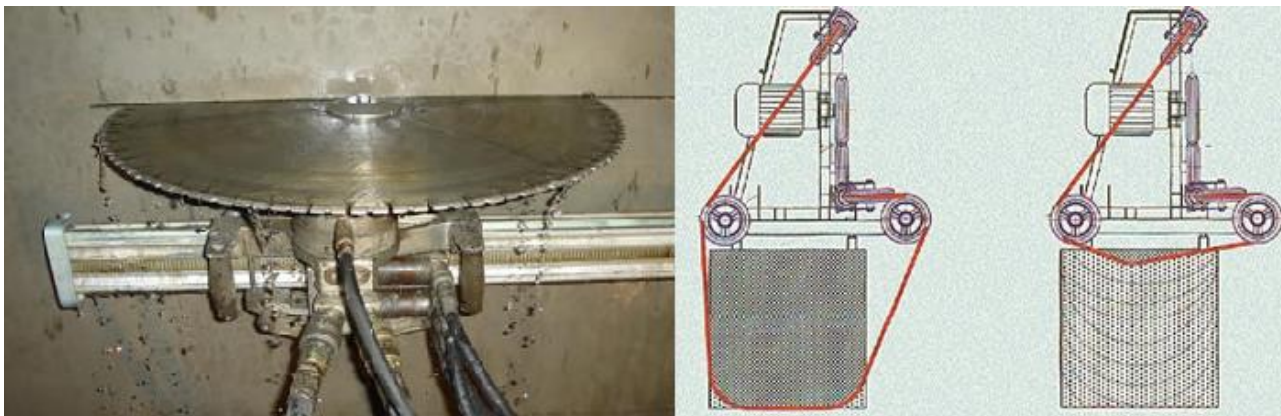
- šiai technologijai nereikia specialių mechanizmų, paprasčiausius griovimo darbus galima atlikti naudojant traktorių ir plieninį lyną.

Trūkumai:

- ribotos technologijos panaudojimo galimybės: aikštelės paviršius turi būti lygus ir pusantro karto didesnio spindulio nei statinio aukštis [24];
- griauamas statinys turi būti atskirtas nuo kitų statinių ir jo aukštis negali viršyti 15 metrų;
- griauant statinius kartais reikia papildomai naudoti priemones, kad susilpninti laikančiąsias konstrukcijas pvz. terminį konstrukcijų kaitinimą, kurio metu gelžbetonyje esanti armatūra tampa plastiška, arba panaudoti keletą tempimo mechanizmų siekiant padidinti tempimo jėgą [24];
- būtina įvertinti krentančių statinio dalių sukeltas vibracijas po žeme esantiems inžineriams tinklams [24];

2.4 Pjaustymo technologija deimantiniais pjūklais ir lynais

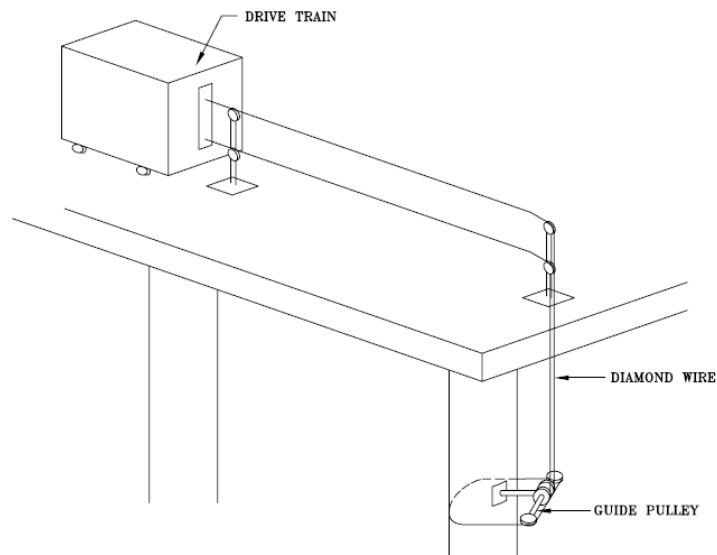
Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų pjaustymui naudojami deimantiniai lynai ir pjūklai. Dėl savo deimantinių kietumo savybių, pjūklai ir lynai puikiai tinka pjaustyti gausiai armuotoms konstrukcijoms [5] [24].



Pav. 10. Pjaustymo deimantiniais pjūklais techn. (kairėje) ir pjaustymo deimantiniais lynais techn. (dešinėje)

Pjūklų ašmenys yra sudaryti iš perimetru prilituotų arba privirintų deimantinių segmentų prie plieninio disko. Segmentai sudaryti iš deimantinių dalelių sujungtų metalo ryšiais. Yra išskiriamas sausas ir šlapias pjovimo būdas. Šlapias būdas naudojamas griovimo ir demontavimo darbuose, nes jo efektyvumas ženkliai didesnis nei sauso. Dėl savo savybių, pjaunant konstrukcijas, deimantiniai pjūklai kaista, todėl visu pjovimo metu turi būti užtikrintas aušinimas naudojant vandenį. Deimantiniai pjūklai dažnai naudojami pjaustyti elementams, kurių storis yra mažesnis nei 1 metras. Pjovimo metu elektrinės arba elektrinės – hidraulinės pavaros pagalba, pjūklas juda staklėmis, kurios pritaisytos prie pjaunamo paviršiaus. Pjovimas gali būti atliekamas vertikaliai, horizontaliai ir net kampu [5] [24].

Deimantiniai lynai turi platesnes panaudojimo galimybes nei pjūklai. Deimantinis lynas sudarytas iš plieninės vielos ant kurios suverti deimantiniai segmentai. Pjovimo technologijai naudojamos staklės su elektrinėm, elektrinėm – hidraulinėm, benzininėm arba dyzelinėm pavarom. Staklių pagalba lynas įtempiamas ir naudojant skriemulių sistemą tempiamas per pjaunamą paviršių. Šios pjovimo technologijos galimybės panaudojimas neribotas, galima perpjauti bet kokių matmenų elementus, su sąlyga, kad bus pakankamas deimantinio lyno ilgis. Didelis technologijos privalumas, kad skriemulių pagalba pjovimo linija gali būti iškreipta ir patraukta nuo skriemulius sukandčios pavaros (11 pav.). Tai leidžia pjauti konstrukcijas net ir sunkiai prieinamose vietose. Taip pat galima technologiją naudoti, kai norima pjaustyti plokštes, kur nėra sąlygų apjuosti lynu pjaunamą elementą. Šiuo atveju, ties pjovimo linijos kraštais išgręžiamos skylės per kurias pravedamas deimantinis lynas. Naudojant šią technologiją, kaip ir šlapio pjovimo deimantiniu pjūklų, turi būti užtikrintas lyno aušinimas vandeniu [5] [24].



Pav. 11. Pjovimo technologijos naudojant deimantinį lyną pritaikymas [24]

Technologijų privalumai:

- pjovimo deimantiniais lynais ir pjūklais technologiją galima naudoti vietose, kur negalima sukelti vibracijų;
- galima pjaustyti gelžbetonines, gausiai armuotas konstrukcijas;
- deimantinių pjūklų tikslumas ± 1 mm;
- deimantinių lynų panaudojimo galimybės leidžia pjauti konstrukcijas sunkiai prieinamose vietose, o pjaunamo elemento matmenys nėra apriboti.

Technologijų trūkumai:

- pjovimo technologija naudojama pjaustyti atskiriems elementams, angoms, demontuojant tiltus ir specialiuose projektuose, tačiau nenaudojama gyvenamųjų, administracinių, pramoninių ir kitos paskirties pastatuose dėl didelės darbų atlikimo kainos;
- pjaustant konstrukcijas nuolat reikalingas aušinimas vandeniu, todėl pastatų viduje turi būti laikinas drenažas;
- pjovimo metu išsiskiria daug dulkių, sukeliamas aukštas triukšmo lygis;
- pjovimo darbai užima daug laiko, nes keičiant pjovimo vietą reikia perkelti ir pjovimo stakles.

2.5 Sprogdinimas

Viena iš sudėtingiausių griovimo technologijų – sprogdinimas. Svarbiausi sprogdinimo darbų sprendimai priimami ne statybų aikštelėje, o rengiant griovimo darbų projektą. Sprogdinimo darbus gali atlikti tik licenzijuotos įmonės su atestuotais darbų vadovais. Visų pirma, turi būti parengiamas sprogdinimo darbų projektas, suderintas su darbų saugos inspekcija ir inžinerines komunikacijas

eksploatuojančiomis tarnybomis. Darbai paremti tiksliais skaičiavimais ir atliekami griežtai laikantis sudaryto darbų vykdymo projekto [7].

Ruošiant statinį sprogdinimo darbams, projekto rengimo metu, nustatomos statinio pavojingiausios vietos, kurias pažeidus prarandamas statinio stabilumas. Statinio konstrukcijoje iš mūro arba iš gelžbetonio, išgręžiamos arba išdaužomos ertmės į kurias montuojamas apskaičiuotas kiekis sprogmenų [7]. Projekto rengimo stadijoje turi būti patikrintas statinio stabilumas, kai pažeidžiamas laikančiosios konstrukcijos, siekiant įtaisyti sprogmenis [24]. Plieninių konstrukcijų statiniams sprogmenys pritvirtinami prie laikančiųjų konstrukcijų [7].

Sprogimui sužadinti naudojami elektriniai detonatoriai, o jeigu reikalingas uždelstas sproginimas – naudojamos pirotechninės rėlės. Sumontuoti sprogdinimo tinklai kelis kart patikrinami ir galiausiai sprogmenys uždengiami mediniais skydais ir tinklais. Pasiruošimo etape apskaičiuotas saugus atstumas, pažymimas ryškiaspalvėmis vėliavėlėmis. Prieš sprogdinant vykdoma griežta tikrinimo kontrolė: visi pašaliniai žmonės išvedami iš pavojingos aikštelės ribų, stabdomi veikiantys mechanizmai, kurie perkeliama į nepavojingą zoną [7].

Miestų ir miestelių žmonėms pranešama apie sprogdinimo darbų vykdymą. Patruliai uždaro kelius ir priėjimus prie pavojingos zonos. Pavojingą zoną saugo sprogdintojų brigados nariai, kurie naudodami vietines susisiekimo priemones nuolat kontaktuoja tarpusavyje. Leidimas sprogdinimui duodamas tada, kai tiksliai žinoma, kad pavojingoje zonoje nėra žmonių ar darbininkų [7].

Įvykus sprogimui, tikrinama ar neįvyko atsakas ir priklausomai nuo sprogdinimo technologijos – jeigu sprogdinama etapais – ruošiamasi sekančio sprogdinimo etapui. Tuo atveju, kai galutiniame etape pastatas negriūva – įvyksta atsakas. Tada sprogdintojų brigados darbų vadovas nuodugnai apžiūri kas lėmė atsaką. Išanalizuojami veiksniai ir ruošiamasi pakartotiniam sprogdinimui. Sprogdinimo zoną stebintys darbininkai – visu laiku stebi pavojingą perimetrą ir pasitraukia iš posto tik tada, kai gauna žodinį leidimą [7].

Tikslingam statinio griovimui gali būti naudojamas nukreipiamasis sproginimas arba sprogdinimas etapais. Nukreipiamojo metodas naudojamas naudojamas aukštiems pastatams, kai norima nukreipti krentantį statinį tam tikra linkme. Statinio konstrukcijos yra mechaniškai susilpninamos reikalingoje vietoje arba naudojant lynus įtempiamos į norimą griovimo pusę. Sprogdinimas etapais naudojamas pastatams, kurie gali būti sprogdinami kaip atskiri blokai. Sprogdinimo etapais esmė – pirmuoju etapu tikslingai sugriauti vidinę pastato dalį, o sekančiu sprogdinimo etapu nukreipti griūvančius statinio blokus į nugriauto bloko vietą [7]. Nukreipiamasis sproginimas ir sprogdinimo etapais metodai leidžia panaudoti sprogdinimo technologiją net ir tankiai apstatytose teritorijose.

Privalumai:

- ekonomiškiausia, griečiausia ir saugiausia technologija griauti mūrinio ir gelžbetoninio karkaso aukštas konstrukcijas: kaminaminus, bokštus;
- galima pritaikyti visų konstrukcijų statiniams;
- sunkioji technika reikalinga tik statybos aikštelės valymo metu.

Trūkumai:

- sprogdinimo darbus gali atlikti tik specialiai paruoštos ir licenzijuotos griovimo darbų įmonės [7];
- technologijų galimybes riboja šalia esantys statiniai;
- sprogdinimo metu turi būti naudojamos sienos arba sankasos, kad apsaugoti šalia esančius statinius nuo sprogdimo bangos išmetamų pastato nuolaužų;
- sprogdinimo ir parengiamųjų darbų metu, pavojingose zonoje esantys įrengimai turi būti stabdomi, o esantys žmonės ir darbininkai evakuojami;
- sprogdinimo metu turi būti užtikrinta, kad nuo atsiradusių vibracijų šalia sprogdinimo zonos esantys šlaitai ir atraminės sienos nepraras stabilumo, nebus pažeisti inžineriniai tinklai, požeminiai tuneliai ir kitos vibracijoms jautrios konstrukcijos [24];
- sprogdinant aplinka užteršiama dideliu kiekiu dulkių;
- sprogdinant aplinka užteršiama krintančiomis statybinėmis atliekomis, todėl ne visada galima panaudoti tiltams, kurie eina per vandens telkinius [4].

3. Skirtingos konstrukcijos pastatų griovimo technologijų tyrimai

3.1 Tyrimo tikslas ir sandara

Tyrimo tikslas – nustatyti tinkamiausią griovimo technologiją trijų skirtingų konstrukcijų pastatams: gelžbetoniniam monolitiniam, gelžbetoniniam surenkamam ir mūriniam.

Tyrimas susideda iš dviejų dalių. Pirmoje dalyje analizuojami pateiktų apklausų rezultatai, o antroje dalyje naudojant matematinis metodus (entropijos ir artumo idealiam taškui metodą) siekiama nustatyti tinkamiausią griovimo technologiją konkrečiam statiniui.

3.2 Apklausų rezultatų analizė

Siekiant nustatyti griovimo darbų kainą ir griovimo technologijos pasirinkimui įtakos turinčius veiksnius, buvo atlikta griovimo darbais užsiimančių įmonių apklausa.

Elektroniniu paštu išsiųstos anketos 14–ikai įmonių, iš kurių į anketos klausimus atsakė 4 griovimo darbais užsiimančios įmonės. Viena iš įmonių užsiima visų lyginamųjų technologijų panaudojimu praktikoje, o kitos gautos anketos iš įmonių, kurios naudoja pagrindines griovimo technologijas – ardymo, karpymo hidraulinėmis žirkklėmis, konstrukcijų daužymu naudojant plaktus ir sienų tempimo lynais technologijas. Anketų duomenys pateikti prieduose.

Anketose lyginami trijų skirtingų konstrukcijų statiniai:

- mūriniai;
- gelžbetoniniai monolitiniai;
- gelžbetoniniai surenkamieji.

Griovimo technologijų parinkimas sudėtinis procesas, kurio metu reikia įvertinti skirtingų veiksnių įtaką ir svarbą griovimo technologijos pasirinkimui. Siekiant išaiškinti esminius technologijos kainą ir pasirinkimo galimybes ribojančius veiksnius priimama, kad:

- griunami statiniai yra daugiau nei 1000 metrų nutolę nuo kitų statinių;
- griunamo statinio vietoje ar šalia jo nėra jokių inžinerinių tinklų, susisiekimo komunikacijų, požeminių statinių.

3.2.1 Kainą lemiančių veiksnių nustatymas

Griovimo darbų kaina yra pagrindinis veiksnys, kuris apjungia statinio parametru, technologijų panaudojimo galimybes ir rizikos faktorius piniginiu atžvilgiu. Griovimo darbais užsiimančios įmonės turi atitinkamus darbų atlikimo įkainius skirtingoms technologijoms: už griauamo statinio kubinį metrą, kvadratinį metrą ar kitą technologijų panaudojimą apibrėžiantį parametru. Nustatyti darbų įkainiai yra preliminarūs, o skaičiuojant darbų atlikimo kainą konkrečiam statiniui, jie koreguojami pagal statinio ir aplinkos charakteristikas.

Yra išskiriami pagrindiniai veiksniai į kuriuos atsižvelgiama taikant kainą konkrečiam statiniui:

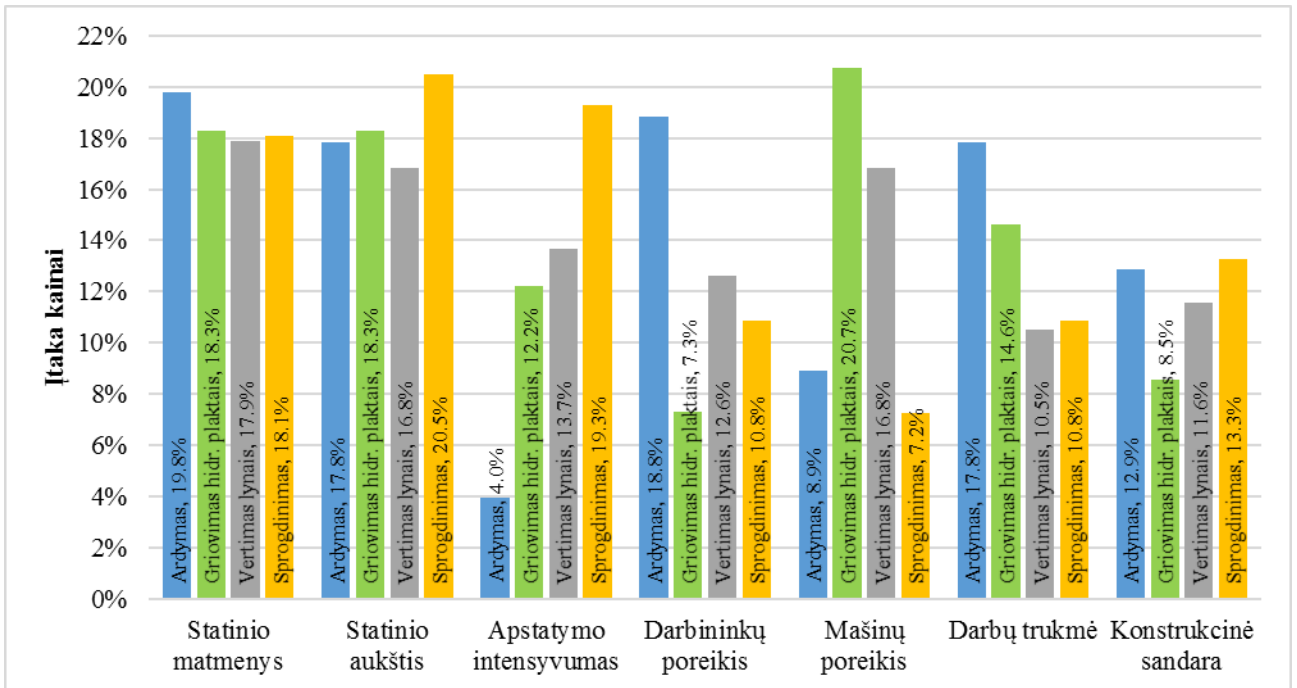
- statinio matmenys;
- statinio aukštis;
- apstatymo intensyvumas;
- darbininkų poreikis;
- mašinų poreikis;
- darbų trukmė;
- konstrukcijų sandara.

Kainos priklausomybei nuo pasirinktų veiksnių nustatyti buvo naudojama balų sistema. Balais vertinami kriterijai nuo 0 iki 5. 0 – vertinamas veiksnys, kuris visiškai neturi reikšmės griovimo technologijos kainai, 5 balais vertinama, kai veiksnys visiškai nulemia griovimo kainos augimą, o nuo 1 iki 4 balų vertinama veiksnio įtaka pagal svarbą. Suminiai apklausų rezultatai pateikti 3 lentelėje.

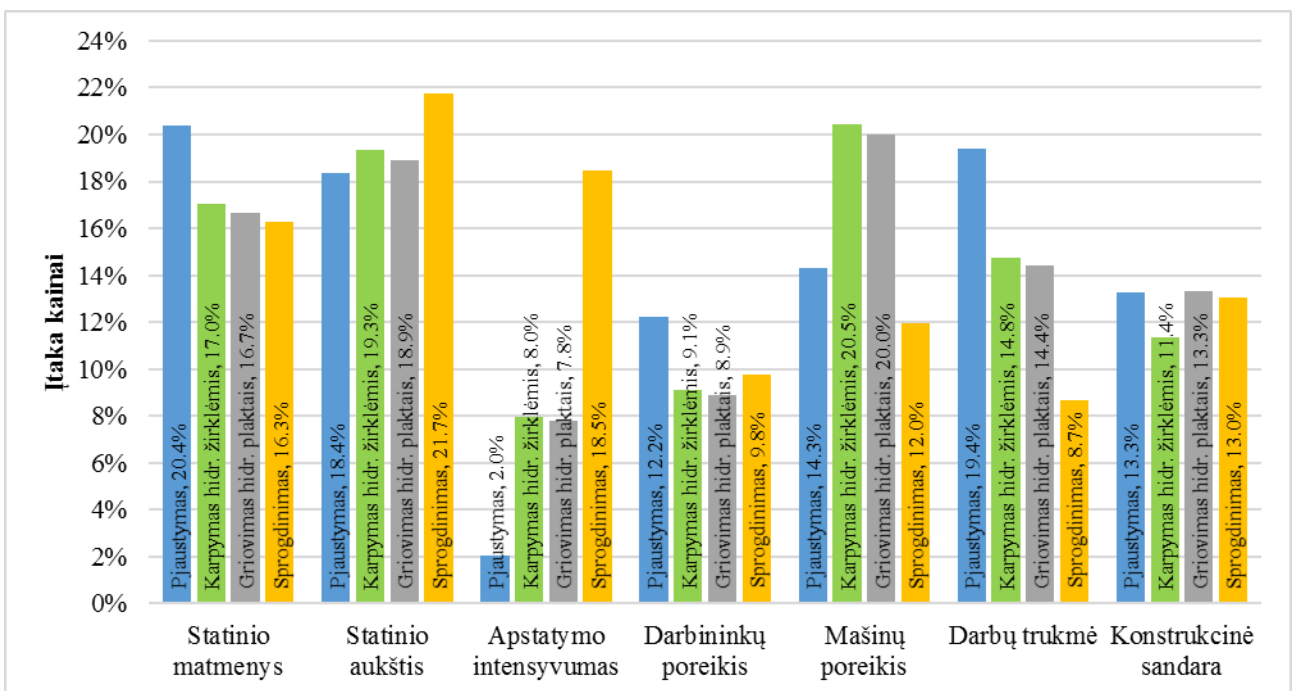
Lentelė 3. Griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai

	Mūriniai statiniai				Gelžbetoniniai monolitiniai statiniai				Gelžbetoniniai surenkami statiniai			
	Ardymas	Griovimas hidr. plaktais	Vertimas lynais	Sprogdinimas	Pjaustymas	Karpymas hidr. žirkėmis	Griovimas hidr. plaktais	Sprogdinimas	Ardymas	Karpymas hidr. žirkėmis	Griovimas hidr, plaktais	Sprogdinimas
Statinio matmenys	5.00	3.75	4.25	3.75	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	3.75	3.75	3.50
Statinio aukštis	4.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.25	4.25	5.00	4.25	4.25	4.25	5.00
Apstatymo intensyvumas	1.00	2.50	3.25	4.00	0.50	1.75	1.75	4.25	1.75	2.00	2.00	3.75
Darbininkų poreikis	4.75	1.50	3.00	2.25	3.00	2.00	2.00	2.25	4.75	2.50	2.50	2.75
Mašinų poreikis	2.25	4.25	4.00	1.50	3.50	4.50	4.50	2.75	3.25	4.25	4.25	2.75
Darbų trukmė	4.50	3.00	2.50	2.25	4.75	3.25	3.25	2.00	4.25	3.50	3.50	2.50
Konstruktinė sandara	3.25	1.75	2.75	2.75	3.25	2.50	3.00	3.00	4.00	2.50	2.50	2.75
SUMA:	25.25	20.5	23.75	20.75	24.5	22	22.5	23	27.25	22.75	22.75	23

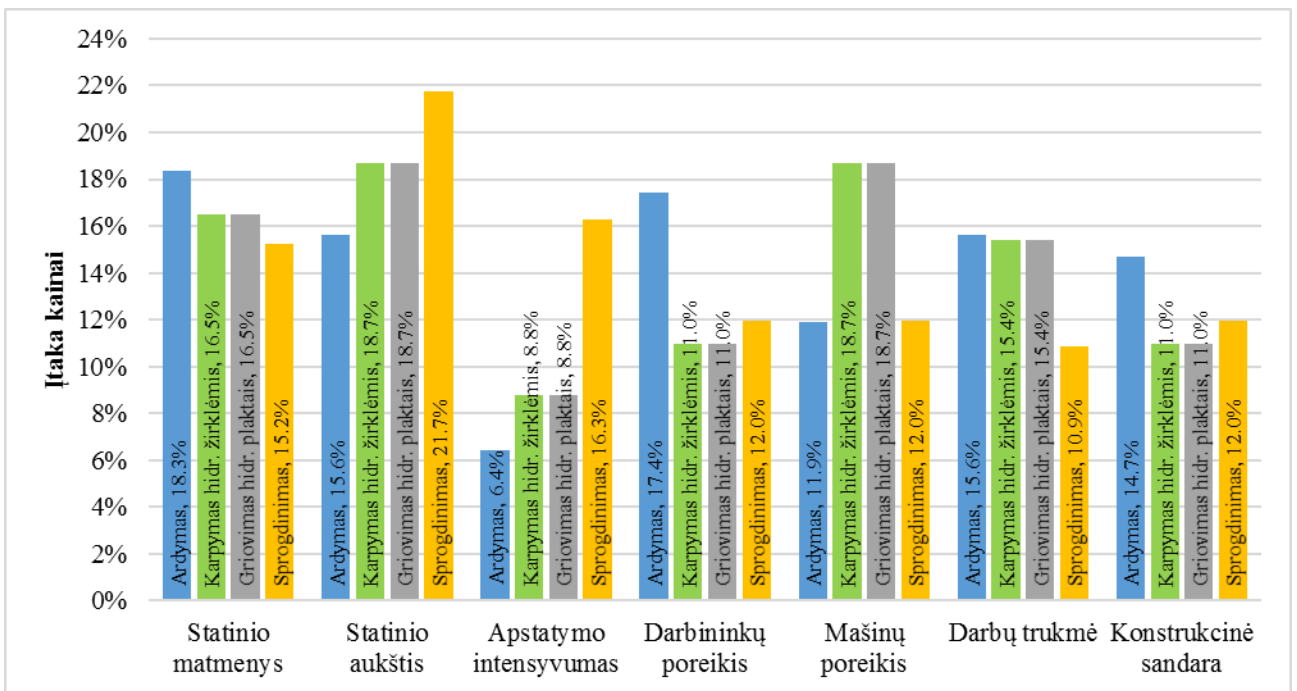
Žemiau pateikiami anketinių duomenų rezultatai grafiniu pavidalu:



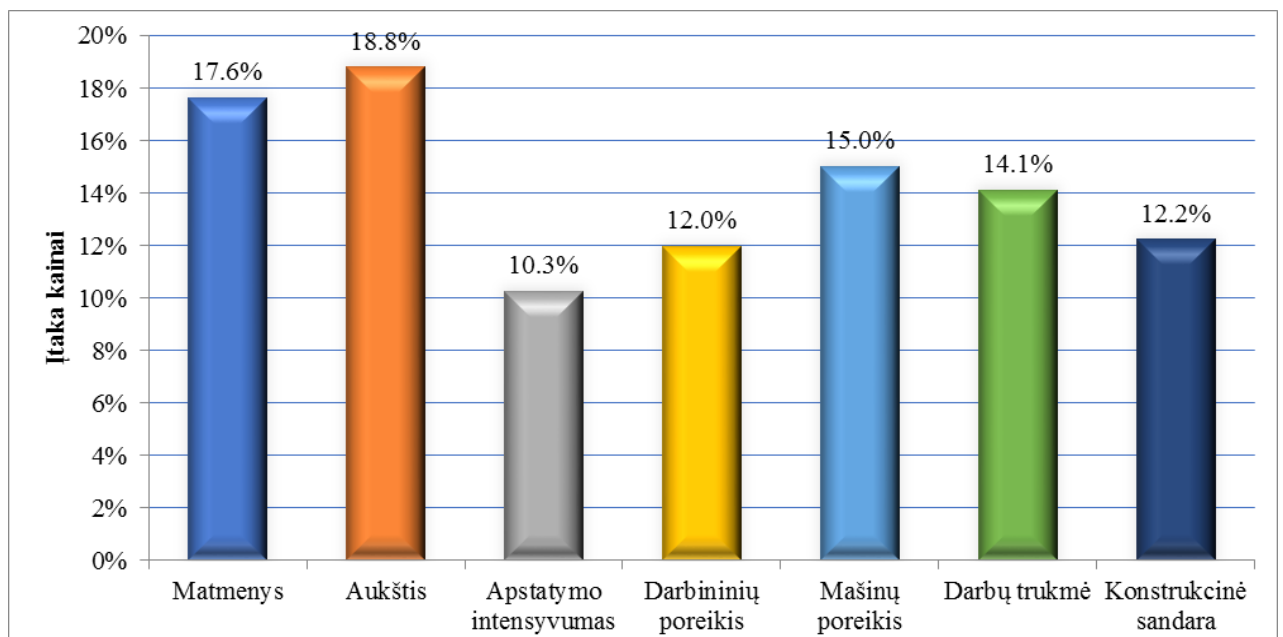
Pav. 12. Mūrinių statinių griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai



Pav. 13. Monolitinių gelžbetoninių statinių griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai



Pav. 14. Surenkamų gelžbetoninių statinių griovimo darbų kainai įtakos turintys veiksniai



Pav. 15. Kainai įtakos turintys veiksniai neatsižvelgiant į statinio konstrukciją ir griovimo technologiją

Išvados. Pagal išnagrinėtą griovimo technologijų priklausomybę pagal statinio konstrukciją ir pasirinktas griovimo technologijas, matome, kad labiausiai griovimo technologijos kainai įtakos turi statinio aukštis (18,8%) ir statinio matmenys (17,6%) (15 pav.). Šie du fizikiniai veiksniai sudaro griovimo darbų kainos pagrindą. Bendruoju atveju pagal lyginamas griovimo technologijas, apstatymo intensyvumas ir darbininkų poreikis turi mažiausią įtaką, išskyrus sprogdinimo technologiją, kur apstatymo intensyvumas turi lemiamą įtaką kainai.

Nepriklausomai nuo statinio konstrukcijos, pastoviausia kaina yra griovimo hidrauliniiais plaktais ir karpymo hidraulinėmis žirkklėmis technologijų, tai reiškia, kad šių technologijų kainos kitimui mažiausią įtaką (iš lyginamųjų) turi fizikiniai ir aplinkos veiksniai. Konstrukcijų pjaustymo ir ardymo technologijos yra jautriausios parametru ir aplinkos poveikių pasikeitimui, todėl jų kainos tampa labiausiai kintančiomis.

3.2.2 Techninis – ekonominis variantų palyginimas

Renkantis griovimo technologiją svarbu įvertinti ir griovimo technologijos poveikį statiniui, bei palyginti technologijas tarpusavyje, siekiant išskirti tinkamiausią technologiją.

Įmonėms pateiktose anketose, be kainai įtakos turinčių veiksnių, buvo parengtas techninis – ekonominis griovimo technologijų palyginimas pagal statinio konstrukciją. Vertinimui buvo naudojama sudaryta vertinimų lentelė (4 lent.).

Lentelė 4. Techninio – ekonominio vertinimo lentelė

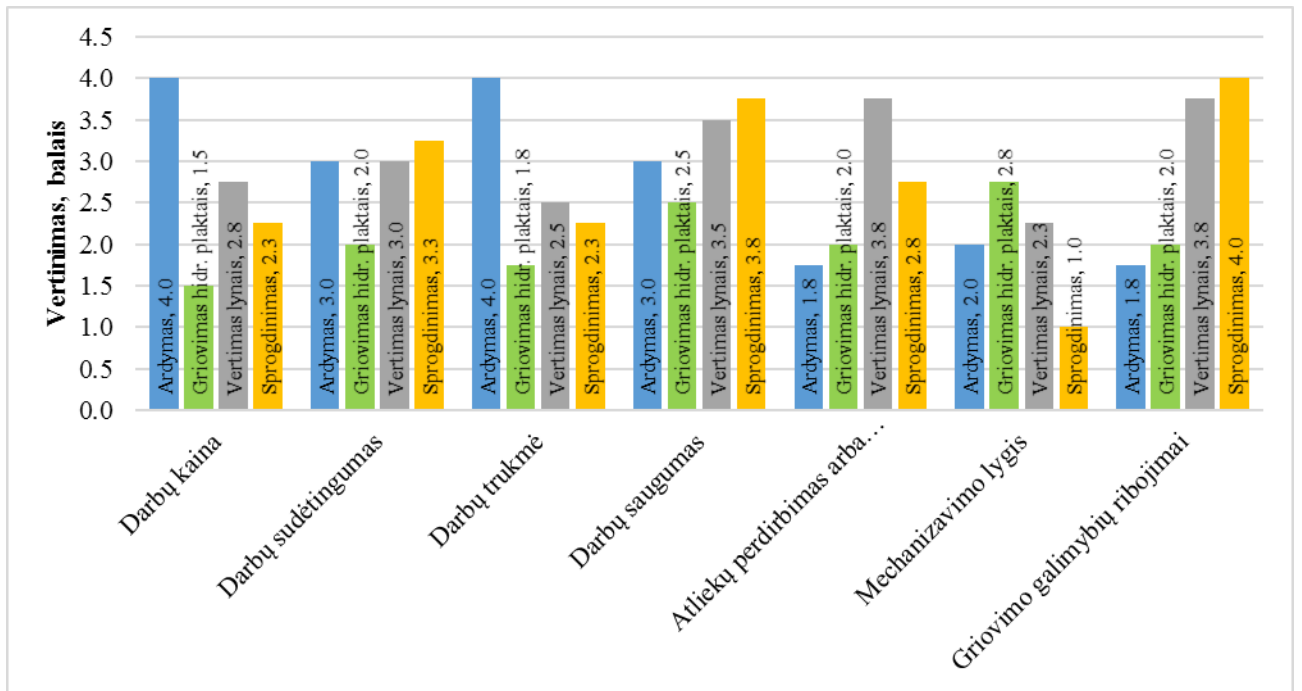
Kriterijaus pavadinimas	Kriterijaus įvertinimas	Kriterijaus įvertinimas balais
Darbų kaina	Darbų kaina mažiausia iš lyginamųjų technologijų ... Darbų kaina didžiausia iš lyginamųjų technologijų	1 ... 4
Darbų sudėtingumas	Darbai nesudėtingi Reikalingi aukštos kvalifikacijos darbininkai Reikalingi ir specialiai apmokyti darbininkai Būtni tik specialiai apmokyti darbininkai	1 2 3 4
Darbų trukmė	Griovimas atliekamas greičiausiai iš lyginamų techn. ... Griovimo darbai atliekami ilgiausiai iš lyginamų techn.	1 ... 4
Darbų saugumas	Darbai mažai pavojingi Dirbančių griovimo mašinų pavojus Galima netikėta lokalinė griūtis Galima nevaldoma ir neprognozuojama griūtis	1 2 3 4
Mechanizavimo lygis	Reikalingi tik paprasti įrankiai Reikalingos bendro naudojimo statybinės mašinos Reikalingos specialios mašinos ir mechanizmai Reikalingi griovimo robotai	1 2 3 4
Griovimo galimybių ribojimai	Nėra galimybes ribojančių veiksnių Ribojamos griovimo mašinų judėjimo galimybės Riboja šalia esantys pastatai ir eismas Riboja atokiau stovintys pastatai, inž. tinklai arb kiti statiniai	1 2 3 4
Atliekų perdirbimo galimybės	Papildomas apdorojimas nereikalingas Reikalingas tik fracionavimas Reikalingas papildomas smulkinimas Reikalingas papildomas ardymas ir smulkinimas	1 2 3 4

Techninio – ekonominio palyginimo suminiai rezultatai pateikti 5 lentelėje.

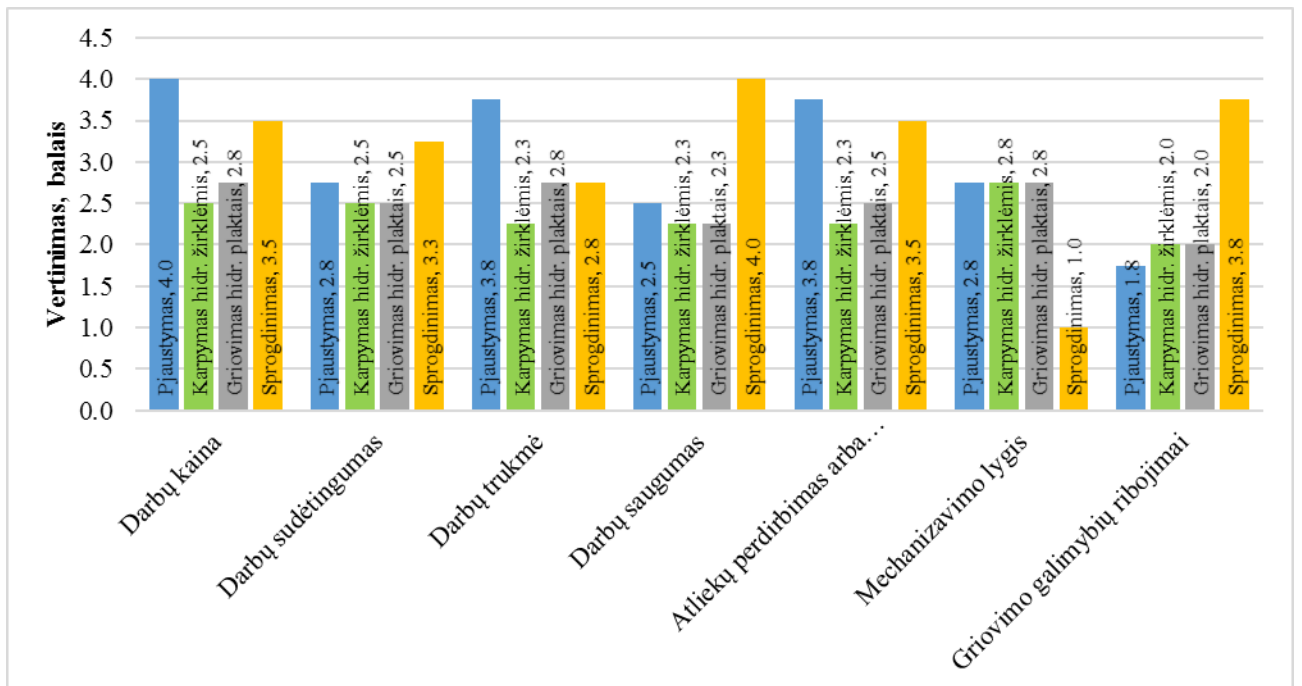
Lentelė 5. Griovimo technologijų techninis – ekonominis palyginimas

	Mūriniai statiniai				Gelžbetoniniai monolitiniai statiniai				Gelžbetoniniai surenkami statiniai			
	Ardymas	Griovimas hidr. plaktais	Vertimas lynais	Sprogdinimas	Pjaustymas	Karpymas hidr. žirkėmis	Griovimas hidr. plaktais	Sprogdinimas	Ardymas	Karpymas hidr. žirkėmis	Griovimas hidr, plaktais	Sprogdinimas
Darbų kaina	4.00	1.50	2.75	2.25	4.00	2.50	2.75	3.50	4.00	2.25	2.75	1.75
Darbų sudėtingumas	3.00	2.00	3.00	3.25	2.75	2.50	2.50	3.25	2.50	2.50	2.50	3.00
Darbų trukmė	4.00	1.75	2.50	2.25	3.75	2.25	2.75	2.75	3.75	2.25	2.50	2.00
Darbų saugumas	3.00	2.50	3.50	3.75	2.50	2.25	2.25	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00
Atliekų perdirbimas arba panaudojimas	1.75	2.00	3.75	2.75	3.75	2.25	2.50	3.50	1.25	2.50	2.75	4.00
Mechanizavimo lygis	2.00	2.75	2.25	1.00	2.75	2.75	2.75	1.00	2.00	2.75	2.75	1.00
Griovimo galimybių ribojimai	1.75	2.00	3.75	4.00	1.75	2.00	2.00	3.75	2.75	2.75	2.75	3.75
SUMA:	19.50	14.50	21.50	19.25	21.25	16.50	17.50	21.75	19.25	18.00	19.00	19.50

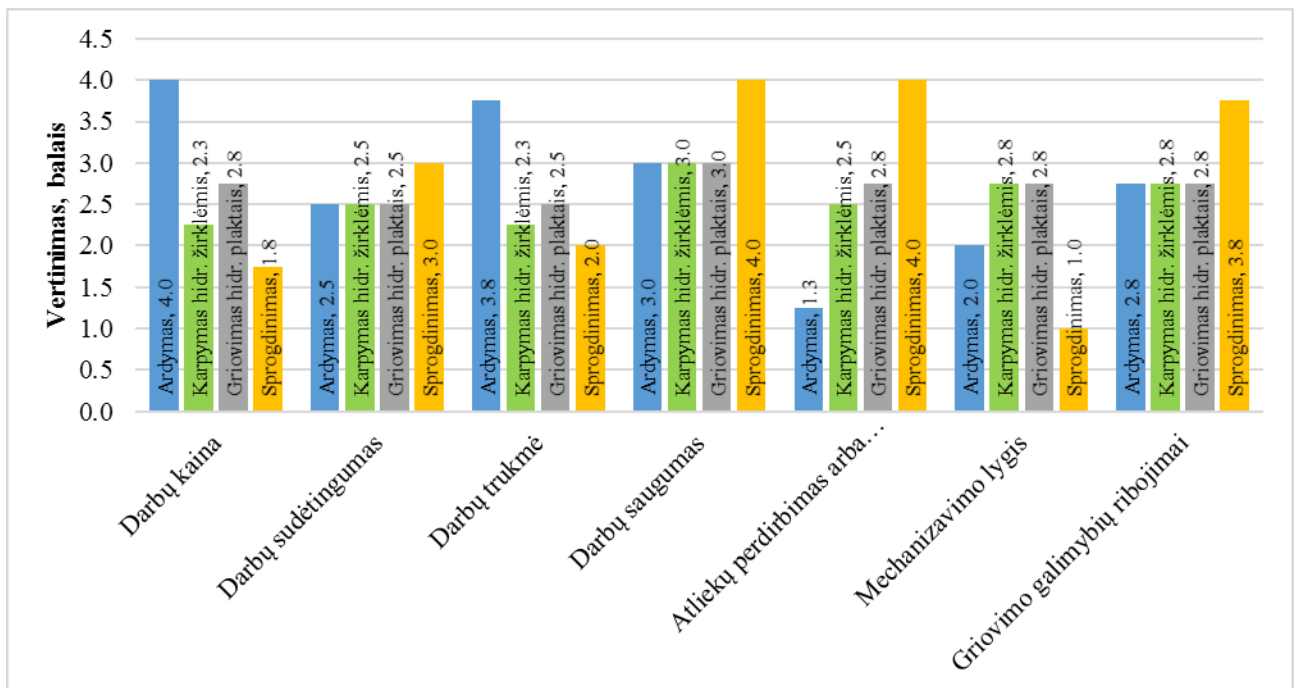
Žemiau pateikiami anketinių duomenų rezultatai grafiniu pavidalu:



Pav. 16. Mūrinių statinių griovimo technologijų techninis – ekonominis palyginimas



Pav. 17. Monolitinių gelžbetoninių statinių griovimo technologijų techninis – ekonominis palyginimas



Pav. 18. Surenkamų gelžbetoninių statinių techninis – ekonominis palyginimas

Išvados. Tinkamiausia griovimo technologija pagal statinio konstrukciją gaunama, kai vertinimo balų suma mažiausia. Iš gautų rezultatų matome, kad mūriniams statiniams tinkamiausia griovimo technologija naudojant prie ekskavatoriaus pritaistytą hidroplaktą, gelžbetoniniams monolitiniams ir gelžbetoniniams surenkamiems statiniams tinkamiausia griovimo technologija – konstrukcijų karpymas naudojant hidraulines žirkles. Šiuo atveju, tinkamiausia technologija nustatyta naudojant keturių skirtingų griovimų įmonių patirtį, tačiau tik viena iš įmonių naudoja visas išvardintas griovimo technologijas. Galima teigti, kad rezultatai nėra visiškai objektyvūs, todėl norint gauti tikslesnius duomenis, reikėtų apklausti daugiau įmonių, kurios naudoja visas išvardintas griovimo technologijas.

3.3 Racionaliausios griovimo technologijos parinkimas pagal statinio konstrukciją

Šios tiriamosios dalies tikslas – parinkti racionaliausią konkretaus statinio griovimo technologiją pagal statinio konstrukciją. Racionaliausiam sprendiniui rasti taikomi matematiniai sistemotechniniai analizės metodai: entropijos ir daugiakriterinis įvertinimas taikant artumo idealiam taškui metodą.

Analizuojama situacija. Pasirinktas keturių aukštų neeksploatuojamas visuomeninės paskirties pastatas. Pastatas pastatytas, tačiau pilnai neįrengtas. Pastato išorinės sienos be apdailos ir apšiltinimo, viduje įrengtos tik pertvarinės sienos. Pastatas yra visiškai atskirtas nuo kitų statinių, atstumas iki kitų pastatų daugiau nei 1000m. Šiuo atveju siekiama palyginti skirtingas griovimo technologijas, kai nėra technologijų pasirinkimo varžančių veiksnių. Lyginant keičiamas pastato

karkasas, tas pats pastatas analizuojamas kaip mūrinis, monolitinis gelžbetoninis ir surenkamas gelžbetoninis. Visais atvejais išlaikomi pastato išoriniai matmenys ir aukštis.

Analizuojamo pastato principiniai brėžiniai pateikti prieduose. Pastato charakteristikos pateikiamos žemiau esančioje lentelėje (6 lent.).

Lentelė 6. Pastato griovimo darbų kiekiai

Pavadinimas	Kiekiai, m²	Kiekiai, m² (be angų)	Kiekiai, m³
Išorinės sienos	1775	1465	–
Vidinės sienos	2600	2260	–
Pertvarinės sienos	660	635	–
Perdangos, denginys	2320	–	365/580
Grindys	580	–	116
Pamatai	–	–	97

3.3.1 Griovimo technologijos kainų ir atliekų panaudojimo/perdirbimo skaičiavimai

Statinio griovimo darbų kainos apskaičiuotos programa "Sistela". Darbų kaina susideda iš pastato griovimo/ardymo darbų (vertinama visa pastato antžeminė dalis ir pamatų griovimo darbai iki 0,5 metrų nuo esamo žemės paviršiaus) naudojant atitinkamą technologiją, statybos darbų aikštelės valymo ir atliekų perdirbimo.

Griovimo darbų metu atliekami darbai ir jų įkainiai:

- visų griovimo technologijų metu pirmo aukšto grindys ir pamatai griaunami naudojant hidraulinius plaktus.
- Gelžbetoninių konstrukcijų griovimo naudojant hidraulinius plaktus pritaisytus prie ekskavatoriaus strėlės atlikimo įkainis 65 eur/val. (be PVM) [27]. Našumas griaunant gelžbetonines konstrukcijas 1,5 m³/val., mūrines 2,5 m³/val.
- Gelžbetoninių konstrukcijų griovimas naudojant hidraulines žirkles pritaisytas prie ekskavatoriaus strėlės atlikimo įkainis 80 eur/val (be PVM) [27]. Našumas griaunant gelžbetonines konstrukcijas 2,3 m³/val.
- Statybinės atliekos perdirbamos naudojant žiauninį statybinių atliekų trupintuvą. Žiauninio trupintuvo įkainis 130 eur/val. (be PVM) [27]. Našumas 80 t/h mūriui ir 60 t/h gelžbetoninėms atliekoms.
- Statybinės atliekos perdirbimui kraunamos į trupintuvą naudojant 4 ekskavatorius. Ekskavatoriaus kaušo talpa 1,25 m³, vieno ekskavatoriaus našumas 20 m³/h.
- Konstrukcijų pjaustymui deimantiniais pjūklais įkainis 200 Eur/m².
- Priimta, kad gelžbetoninės konstrukcijos armuotos 80kg/m³ armatūros.

Susidariusių griovimo atliekų perdirbimas ir panaudojimas skaičiuojamas visų konstrukcijų statiniams skirtingai:

- mūrinių statinių ardymo metu plytos atskiriamos viena nuo kitos nenaudojant sunkiasvorių griovimo mašinų, todėl jos išsaugomos nepažeistos. Perdanga – iš gelžbetoninių surenkamų plokščių, kurios demontuojamos ir krano pagalba nukeliamos. Perdangos plokštės ir plytos galima panaudoti kitų statinių statyboje, todėl skaičiuojama jų pardavimo kaina. Gelžbetoninės grindys ir pamatai (iki 0,5 m nuo žemės paviršiaus) trupinami naudojant hidraulinius plaktus, o po to pakraunami į MSA (mobilią statybinių atliekų) trupinimo mašiną ir gaunama betono skalda su plieno atliekomis, kurios taip pat skaičiuojamos pardavimui.

- Mūrinio pastato, kai griaunama naudojant sprogdinimo, trupinimo hidroplaktais ir tempimo lynais technologijas, plytų struktūra pažeidžiama. Plytų atliekos smulkinamos MSA trupinimo mašina.

- Gelžbetoninių (monolitinių ir surenkamų) pastatų griovimo metu, kai naudojamos ardymo, sprogdinimo, pjaustymo technologijos, gaunamos stambios statybinės atliekos, kurias prieš perdirbant MSA trupinimo mašina reikia papildomai susmulkinti naudojant hidraulinius smulkintuvus, montuojamus ant ekskavatoriaus strėlės (našumas 4,5 m³/val). Naudojant kitas lyginamas griovimo technologijas atliekos iš karto, papildomai neapdorojant, smulkinamos MSA trupinimo mašina.

- Surenkamas gelžbetoninis statinys sudarytas iš gelžbetoninio karkaso: surenkamų kolonų, sijų, fasadinių plokščių, perdangos plokščių. Pastato vidinės sienos mūrijamos iš plytų. Iš surenkamų konstrukcijų antrąkart naudoti tinka tik surenkamos perdangos plokštės ir vidinių sienų plytos, todėl visos kitos gelžbetoninės konstrukcijos vertinamos kaip betono atliekų skalda ir statybinio plieno atliekos. Kolonos, sijos ir fasadinės plokštės smulkinamos MSA trupinimo mašina, prieš tai jas sutrupinant hidrauliniais plaktais.

Atliekų pardavimo kainos:

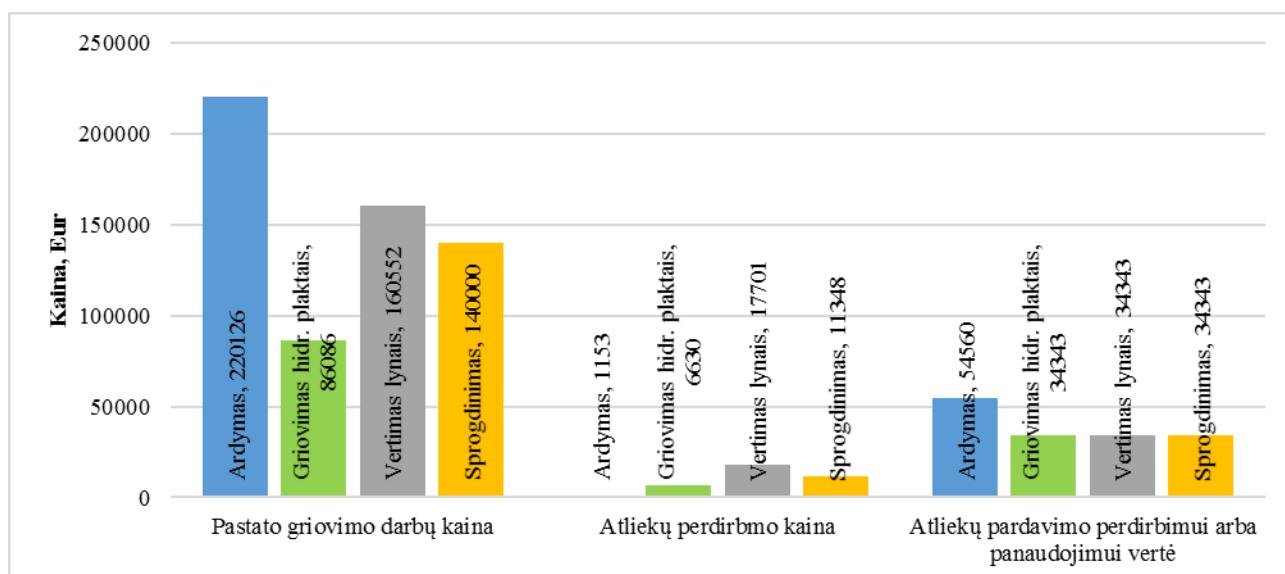
- surenkamos perdangos plokštės 8 eur/m²;
- plytos 8 centai/vienetą;
- plytų skalda ir mišrios statybinės atliekos 6,31 eur/tona [28];
- betono skaldos 8,41 eur/tona [28];
- plieno 186 eur/tona [29].

Lentelė 7. Griovimo/ardymo darbų ir atliekų panaudojimo/perdirbimo kainos

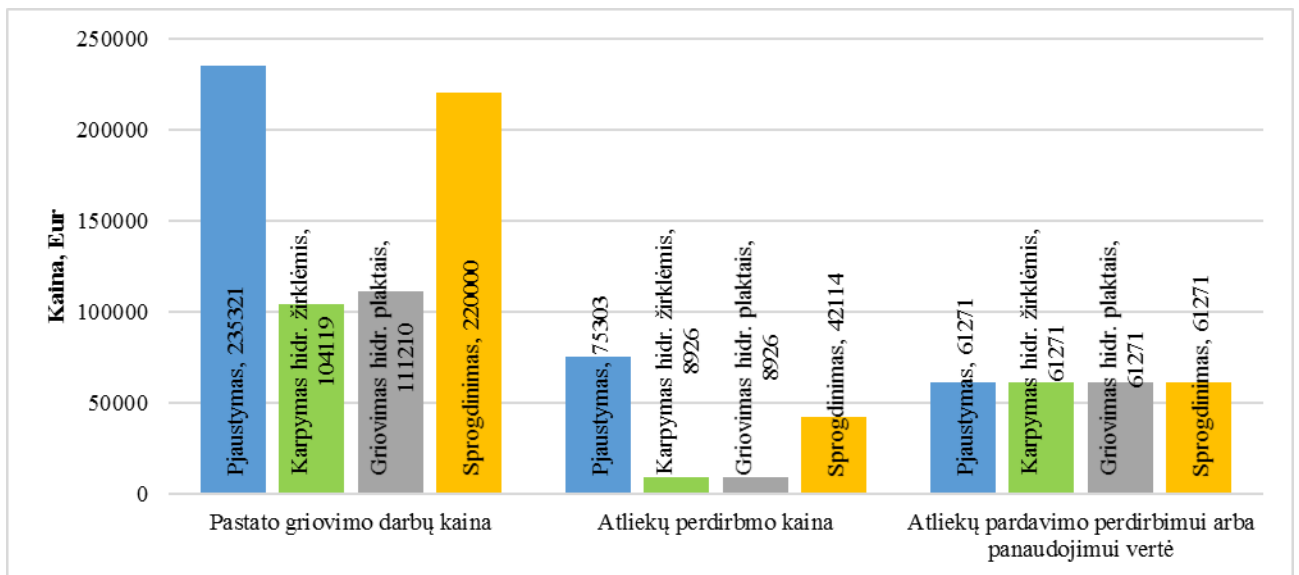
	Mūrinis pastatas				Gelžbetoninis monolitinis pastatas				Gelžbetoninis surenkamas pastatas			
	Ardymas	Griovimas hydr. plaktais	Vertimas lynais	Sprogdinimas	Pjaustymas deimantiniais diskais	Karpymas hydr. žirkėmis	Griovimas hydr. plaktais	Sprogdinimas	Ardymas	Karpymas hydr. žirkėmis	Griovimas hydr. plaktais	Sprogdinimas
Griovimo darbų kaina, Eur.	220 126	86 086	160 552	140 000*	235 321	104 119	111 210	220 000*	205 010	83 482	90 933	70 000*
Atliekų perdirbimo kaina, Eur.	1 153	6 630	17 701	11 348	75 303	8 926	8 926	42 114	11 427	7 090	7 090	9 149
Atliekų pardavimo perdirbimui arba panaudojimui vertė, Eur	54 560	34 343	34 343	343 43	61 271	61 271	61 271	61 271	57 283	47 780	47 780	47 780

*– apytikslė sprogdinimo darbų kaina, nustatyta pagal sprogdinimo darbus užsiimančios įmonės parodymus

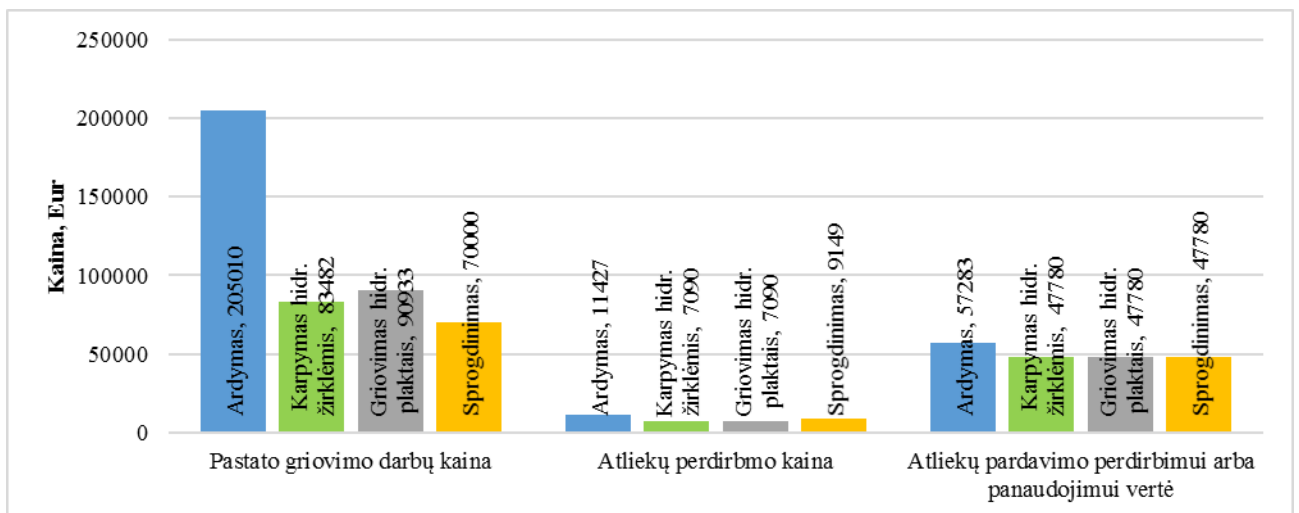
Žemiau pateikiama gautų rezultatų ataskaita grafiniu pavidalu:



Pav. 19. Mūrinio pastato griauamo skirtingomis griovimo technologijomis darbų ir atliekų perdirbimo kainos



Pav. 20. Monolitinio gelžbetoninio pastato griaunamo skirtingomis griovimo technologijomis darbų ir atliekų perdirbimo kainos



Pav. 21. Surenkamo gelžbetoninio pastato griaunamo skirtingomis griovimo technologijomis darbų ir atliekų perdirbimo kainos

Išvados. Griovimo technologijos galutinei kainai įtakos turi atliekų perdirbimo ir panaudojimo galimybės. Svarbu tinkamai įvertinti griovimo metu susidarantį atlieką, jų panaudojimo ir perdirbimo galimybes. Iš rezultatų matome, kad griovimo metu susidariusių atliekų panaudojimo galimybės priklauso ne tik nuo pasirinktos griovimo technologijos, bet ir nuo statinio konstrukcijos. Mūrinių statinių ardymo technologija leidžia panaudoti daugiau nei 80 procentų susidariusių statybinių atliekų naujų statinių statybai, be to mūrinių statinių atliekos turi didžiausią vertę. Tačiau, ardymo darbų technologija nėra ekonomiškai dėl didelių darbų apimčių ir kainos. Šiuo atveju tinkamiausia griovimo technologija mūriniams pastatams – griovimas hidrauliniiais plaktais, monolitiniams surenkamiems – konstrukcijų karpymas hidraulinėmis žirkėmis, o surenkamiems gelžbetoniniams pastatams – sprogdinimas.

3.4 Teorinio ir kompleksinio kriterijų reikšmingumo nustatymas taikant entropijos metodą

Taikant entropijos metodą nustomas alternatyvių projektinių sprendinių kriterijų reikšmingumas.

Entropija – atsitiktinio dydžio neapibrėžtumo matas. Entropija taikoma nustatant vertinimo kriterijų teorinį ir kompleksinį reikšmingumus.

Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys pateikti 8 lentelėje:

Lentelė 8. Pradiniai alternatyvų sprendimo duomenys

	Mūriniai				Gelžbetoniniai monolitiniai				Gelžbetoniniai surenkamieji			
	A1, ardymas	A2, griovimas hydr. plaktais	A3, vertimas lynais	A4, sprogdinimas	A1, pjaustymas	A2, karpymas	A3, griovimas hydr. plaktais	A4, sprogdinimas	A1, ardymas	A2, karpymas	A3, griovimas hydr. plaktais	A4, Sprogdinimas
K1, kaina, Eur	220126	86086	160552	140000	235321	104119	111210	220000	205010	83482	90933	70000
K2, darbų sudėtingumas, balais	3.00	2.00	3.00	3.25	2.75	2.50	2.50	3.25	2.50	2.50	2.50	3.00
K3, darbų trukmė, balais	4.00	1.75	2.50	2.25	3.75	2.25	2.75	2.75	3.75	2.25	2.50	2.00
K4, darbų saugumas, balais	3.00	2.50	3.50	3.75	2.50	2.25	2.25	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00
K5, gautų atliekų vertė, Eur	54560	34343	34343	34343	61271	61271	61271	61271	57283	47780	47780	47780
K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	1153	6630	17701	11348	75303	8926	8926	42114	11427	7090	7090	9149
K7, galimybių ribojimai, balais	1.75	2.00	3.75	4.00	1.75	2.00	2.00	3.75	2.75	2.75	2.75	3.75

Atliekame matricos normalizavimą pagal formulę:

$$\overline{P}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}; \left(V_{ij}, \text{ kai } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \right).$$

Normalizavus pagal šią formulę gaunama normalizuota matrica \overline{P} (9 lent.), kur visi elementai yra nedimensiniai dydžiai ($x_{i,j}$).

Lentelė 9. Normalizuota matrica (mūrinis pastatas)

Kriterijai \ Alternatyvūs sprendimai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingumas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
A1	0.3628	0.2667	0.3810	0.2353	0.3462	0.0313	0.1522
A2	0.1419	0.1778	0.1667	0.1961	0.2179	0.1800	0.1739
A3	0.2646	0.2667	0.2381	0.2745	0.2179	0.4806	0.3261
A4	0.2307	0.2889	0.2143	0.2941	0.2179	0.3081	0.3478
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Nustatome kiekvieno kriterijaus entropijos lygį E_j pagal formulę:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m (P_{ij} \cdot \ln P_{ij}), \quad (i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}), \quad k = \frac{1}{\ln m};$$

čia: m– alternatyvūs sprendimai, 4.

Kad apskaičiuoti būtų lengviau, pasidarome papildomą matricą esančią skliausteliuose (10 lent.).

Lentelė 10. Papildoma matrica (mūrinis pastatas)

Kriterijai \ Alternatyvūs sprendimai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingumas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
A1	-0.3678	-0.3525	-0.3676	-0.3405	-0.3672	-0.1084	-0.2865
A2	-0.2771	-0.3071	-0.2986	-0.3195	-0.3320	-0.3087	-0.3042
A3	-0.3518	-0.3525	-0.3417	-0.3549	-0.3320	-0.3521	-0.3654
A4	-0.3384	-0.3587	-0.3301	-0.3599	-0.3320	-0.3627	-0.3673
Suma	-1.33507	-1.370715	-1.3381	-1.374722	-1.3633273	-1.1319909	-1.3234441

Entropijos lygis E_j kinta intervale $[0;1]$, todėl galime parašyti $0 \leq E_j \leq 1$, kur $(j = \overline{1, n})$.

Taigi entropijos lygiai bus:

Lentelė 11. Entropijos lygiai (mūrinis pastatas)

Kriterijai \ Entropija	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingumas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
E_j	0.9630	0.9888	0.9652	0.9917	0.9834	0.8166	0.9547

$$d_j = 1 - E_j, \quad \text{kur } (j = \overline{1, n})$$

Lentelė 12. Kitimo lygiai (mūrinis pastatas)

Kriterijai \ Kitimo lygis	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingumas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
d_j	0.0370	0.0112	0.0348	0.0083	0.0166	0.1834	0.0453

Jei visi kriterijai vienodai svarbūs arba nėra nustatyti ar žinomų subjektyvių arba ekspertinių reikšmingumo įvertinimų, teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę (13 lent):

$$q_{j(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; \quad (j = \overline{1, n})$$

Lentelė 13. Teorinis kriterijų reikšmingumas (mūrinis pastatas)

Kriterijai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingu mas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
Entropija							
E _j	0.9630	0.9888	0.9652	0.9917	0.9834	0.8166	0.9547

Lentelė 14. Teorinis kriterijų reikšmingumas (monolitinis gelžbetoninis pastatas)

Kriterijai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingu mas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
Kriterijų reikšmingumas							
q _{j(t)}	0.1290	0.0118	0.0340	0.0635	0.0000	0.6607	0.1010

Lentelė 15. Teorinis kriterijų reikšmingumas (surenkamas gelžbetoninis pastatas)

Kriterijai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingu mas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
Kriterijų reikšmingumas							
q _{j(t)}	0.1317	0.0042	0.0397	0.0109	0.0042	0.7966	0.0127

Lentelė 16. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas (visų konstrukcijų pastatams)

K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingu mas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
0.30	0.05	0.10	0.30	0.10	0.05	0.10

Lentelė 17. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (mūrinis pastatas)

Kriterijai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingu mas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
Kriterijų reikšmingumas							
q _{j(t)}	0.3360	0.0170	0.1055	0.0759	0.0502	0.2780	0.1374

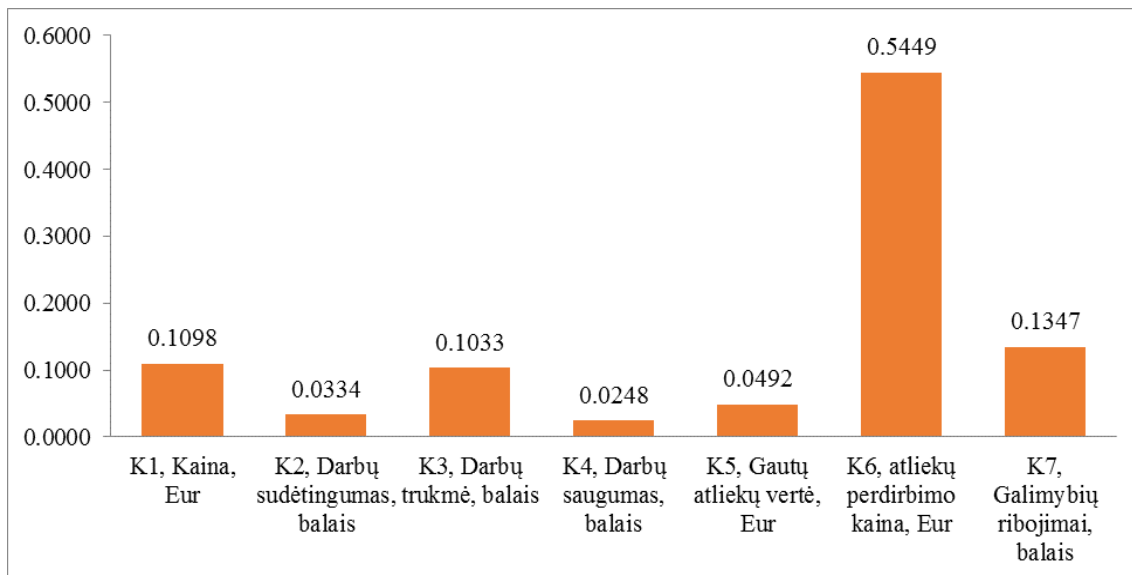
Lentelė 18. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (monolitinis gelžbetoninis pastatas)

Kriterijai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingu mas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
Kriterijų reikšmingumas							
q _{j(t)}	0.3690	0.0056	0.0325	0.1816	0.0000	0.3150	0.0963

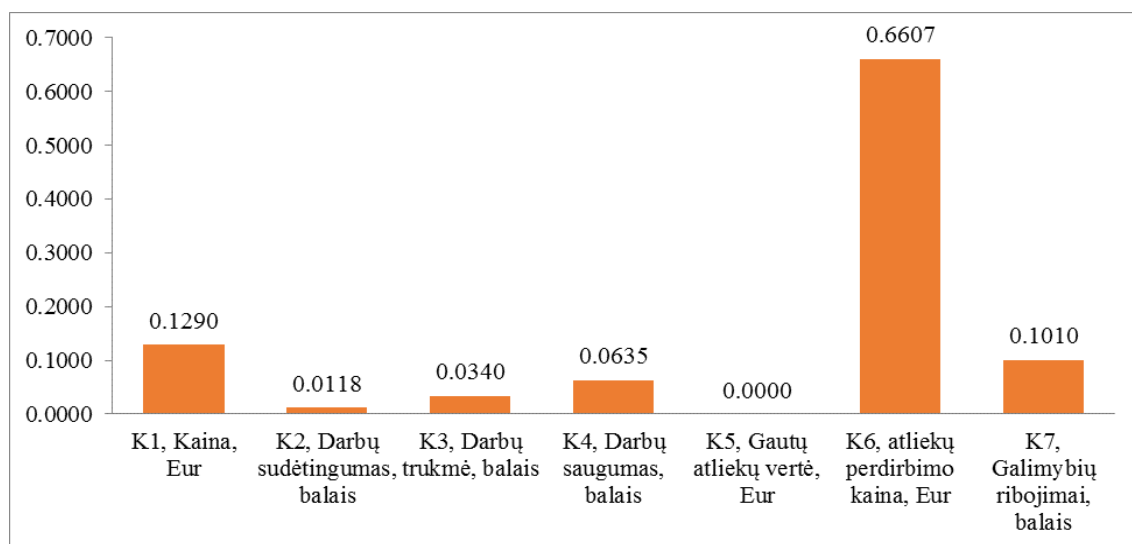
Lentelė 19. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (surenkamas gelžbetoninis pastatas)

Kriterijai	K ₁ , Kaina, Eur	K ₂ , Darbų sudėtingumas, balais	K ₃ , Darbų trukmė, balais	K ₄ , Darbų saugumas, balais	K ₅ , Gautų atliekų vertė, Eur	K ₆ , atliekų perdirbimo kaina, Eur	K ₇ , Galimybių ribojimai, balais
Kriterijų reikšmingumas	0.4466	0.0024	0.0449	0.0369	0.0047	0.4502	0.0144
qj(t)							

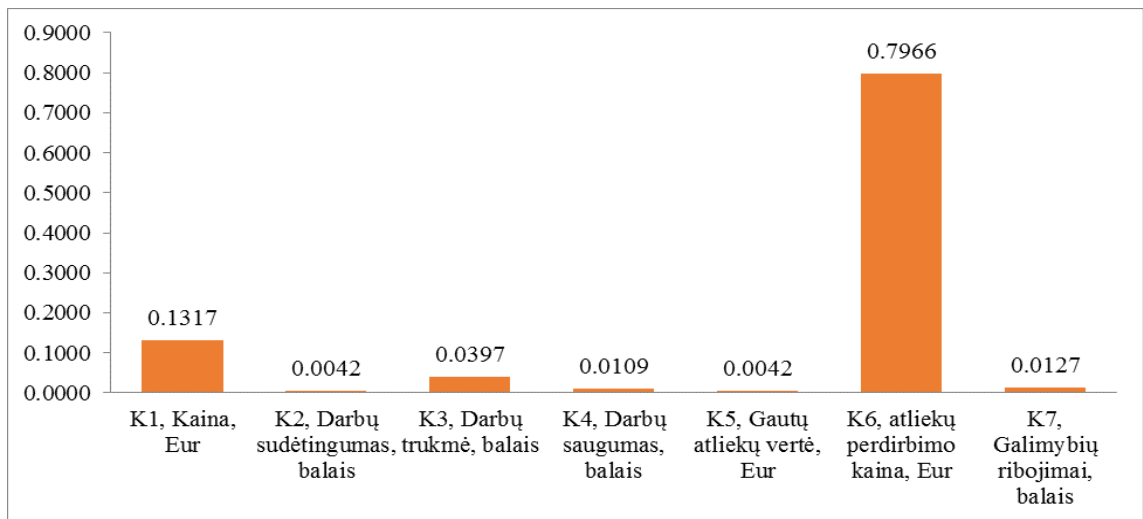
Žemiau pateikiami gauti skaičiavimo rezultatai grafine forma:



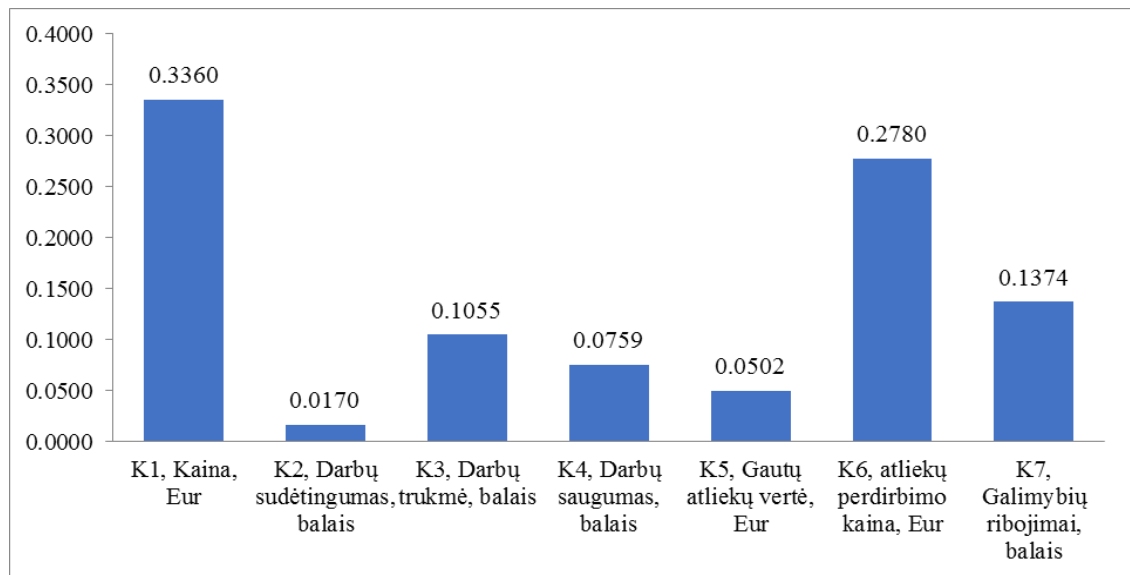
Pav. 22. Teorinis kriterijų reikšmingumas mūriniam pastatui



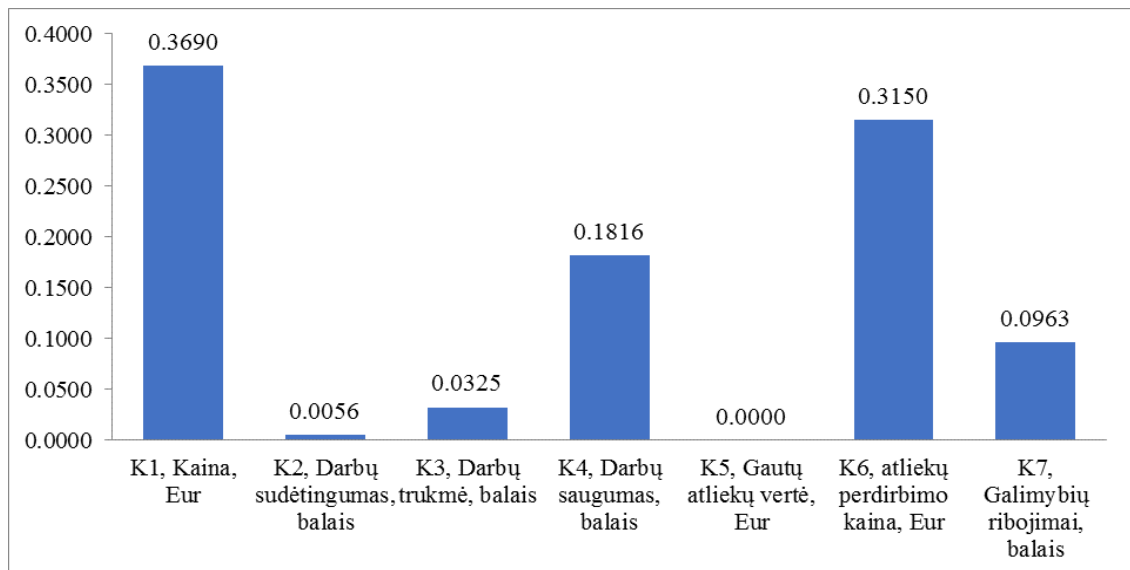
Pav. 23. Teorinis kriterijų reikšmingumas monolitiniam gelžbetoniniui pastatui



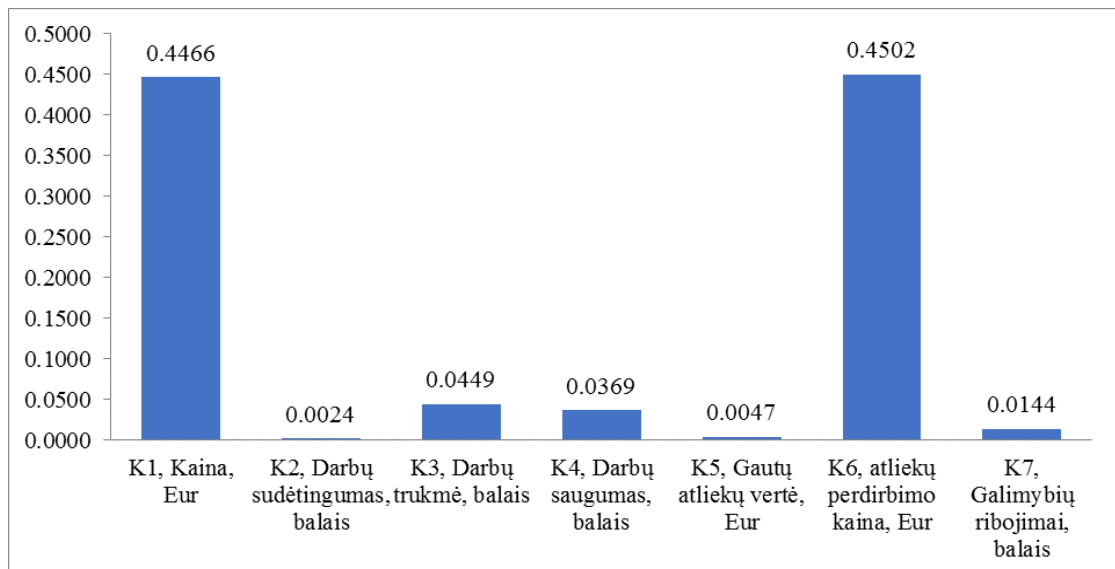
Pav. 24. Teorinis kriterijų reikšmingumas gelžbetoniniam surenkamam pastatui



Pav. 25. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas mūriniam pastatui



Pav. 26. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas monolitiniam gelžbetoniniam pastatui



Pav. 27. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas surenkamam gelžbetoniniui pastatui

Išvados. Atlikus skaičiavimus matome, kad svarbiausias kriterijus pagal teorinį reikšmingumą yra griovimo atliekų perdirbimo kaina, o pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą – griovimo darbų kaina. Renkantis griovimo technologiją, nepriklausomai nuo statinio konstrukcijos, reikia atsižvelgti į abu veiksnius.

3.5 Racionaliausios griovimo technologijos nustatymai taikant daugiakriterinį įvertinimą artumo idealiam taškui metodu

Šio inžinerinių sprendimų daugiakriterinio įvertinimo metodo esmė – kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo idealiai blogiausio sprendimo.

Pradiniai duomenys pateikti lentelėje:

Lentelė 20. Pradiniai duomenys

	Mūriniai				Gelžbetoniniai monolitiniai				Gelžbetoniniai surenkamieji			
	A1, ardymas	A2, griovimas hydr. plaktais	A3, vertimas lynais	A4, sprogdinimas	A1, pjaustymas	A2, karpymas	A3, griovimas hydr. plaktais	A4, sprogdinimas	A1, ardymas	A2, karpymas	A3, griovimas hydr. plaktais	A4, Sprogdinimas
K1, kaina, Eur	220126	86086	160552	140000	235321	104119	111210	220000	205010	83482	90933	70000
K2, darbų sudėtingumas, balais	3.00	2.00	3.00	3.25	2.75	2.50	2.50	3.25	2.50	2.50	2.50	3.00
K3, darbų trukmė, balais	4.00	1.75	2.50	2.25	3.75	2.25	2.75	2.75	3.75	2.25	2.50	2.00
K4, darbų saugumas, balais	3.00	2.50	3.50	3.75	2.50	2.25	2.25	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00
K5, gautų atliekų vertė, Eur	54560	34343	34343	34343	61271	61271	61271	61271	57283	47780	47780	47780
K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	1153	6630	17701	11348	75303	8926	8926	42114	11427	7090	7090	9149
K7, galimybių ribojimai, balais	1.75	2.00	3.75	4.00	1.75	2.00	2.00	3.75	2.75	2.75	2.75	3.75

Matricą P normalizuojama į matricą F, pagal formulę:

$$\overline{X}_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{i,j}^2}}, \text{ kur } i = \overline{1,m}; \quad j = \overline{1,n}.$$

Lentelė 21. Normalizuota matrica F mūriniam pastatui

Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.692	0.526	0.726	0.465	0.676	0.052	0.287
A ₂	0.271	0.350	0.318	0.388	0.425	0.300	0.328
A ₃	0.505	0.526	0.454	0.543	0.425	0.802	0.615
A ₄	0.440	0.570	0.408	0.582	0.425	0.514	0.656

Lentelė 22. Normalizuota matrica F monolitiniam gelžbetoniniui pastatui

Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.660	0.497	0.641	0.439	0.500	0.864	0.349
A ₂	0.292	0.452	0.384	0.395	0.500	0.102	0.399
A ₃	0.312	0.452	0.470	0.395	0.500	0.102	0.399
A ₄	0.617	0.587	0.470	0.703	0.500	0.483	0.748

Lentelė 23. Normalizuota matrica F surenkamam gelžbetoniniui pastatui

Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.660	0.497	0.641	0.439	0.500	0.864	0.349
A ₂	0.292	0.452	0.384	0.395	0.500	0.102	0.399
A ₃	0.312	0.452	0.470	0.395	0.500	0.102	0.399
A ₄	0.617	0.587	0.470	0.703	0.500	0.483	0.748

Kadangi yra žinomas kriterijų reikšmingumas, tai dauginame šį vektorių stulpelį iš normalizuotos matricos atitinkamo stulpelio. Gauname svertinę matricą $\overline{P^*} = [F] \cdot [q]$ (21 lent.).

Lentelė 24. Svartinės matricos (mūriniam pastatui)

Svertinė normalizuota matrica esant kompleksiniam reikšmingumui							
Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.232	0.009	0.077	0.035	0.034	0.015	0.039
A ₂	0.091	0.006	0.033	0.029	0.021	0.083	0.045
A ₃	0.170	0.009	0.048	0.041	0.021	0.223	0.085
A ₄	0.148	0.010	0.043	0.044	0.021	0.143	0.090
Svertinė normalizuota matrica esant teoriniam reikšmingumui							
Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdirbimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.076	0.018	0.075	0.012	0.033	0.028	0.039
A ₂	0.030	0.012	0.033	0.010	0.021	0.164	0.044
A ₃	0.055	0.018	0.047	0.013	0.021	0.437	0.083
A ₄	0.048	0.019	0.042	0.014	0.021	0.280	0.088

Lentelė 25. Svertinės matricos (monolitiniam gelžbetoniniui pastatui)

Svertinė normalizuota matrica esant kompleksiniam reikšmingumui							
Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdėrimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.244	0.003	0.021	0.080	0.000	0.272	0.034
A ₂	0.108	0.003	0.012	0.072	0.000	0.032	0.038
A ₃	0.115	0.003	0.015	0.072	0.000	0.032	0.038
A ₄	0.228	0.003	0.015	0.128	0.000	0.152	0.072
Svertinė normalizuota matrica esant teoriniam reikšmingumui							
Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdėrimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.085	0.006	0.022	0.028	0.000	0.571	0.035
A ₂	0.038	0.005	0.013	0.025	0.000	0.068	0.040
A ₃	0.040	0.005	0.016	0.025	0.000	0.068	0.040
A ₄	0.080	0.007	0.016	0.045	0.000	0.319	0.076

Lentelė 26. Svertinės matricos (surenkamam gelžbetoniniui pastatui)

Svertinė normalizuota matrica esant kompleksiniam reikšmingumui							
Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdėrimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.295	0.001	0.029	0.016	0.002	0.389	0.005
A ₂	0.130	0.001	0.017	0.015	0.002	0.046	0.006
A ₃	0.139	0.001	0.021	0.015	0.002	0.046	0.006
A ₄	0.276	0.001	0.021	0.026	0.002	0.217	0.011
Svertinė normalizuota matrica esant teoriniam reikšmingumui							
Alternatyvūs sprendimai	K1, Kaina, Eur	K2, Darbų sudėtingumas, balais	K3, Darbų trukmė, balais	K4, Darbų saugumas, balais	K5, Gautų atliekų vertė, Eur	K6, atliekų perdėrimo kaina, Eur	K7, Galimybių ribojimai, balais
A ₁	0.087	0.002	0.025	0.005	0.002	0.688	0.004
A ₂	0.038	0.002	0.015	0.004	0.002	0.082	0.005
A ₃	0.041	0.002	0.019	0.004	0.002	0.082	0.005
A ₄	0.081	0.002	0.019	0.008	0.002	0.385	0.010

Nustatomas idealus teigiamas variantas:

$$a^+ = \left\{ \left[\left(\max_i f_{ij} / j \in I \right), \left(\min_j f_{ij} / j \in I' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{f_1^+, f_2^+, \dots, f_n^+\},$$

kur: I – aibė rodiklių (maksimizuojamų), kurių geriausios reikšmės didžiausios;

I' – aibė rodiklių (minimizuojamų), kurių geriausios reikšmės mažiausios. Nustatomas

idealus neigiamas variantas:

$$a^- = \left\{ \left[\left(\min_i f_{ij} / j \in \underline{I} \right), \left(\max_j f_{ij} / j \in \underline{I}' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{f_1^-, f_2^-, \dots, f_n^-\}.$$

Surandamas skirtumas (atstumas) tarp realaus ir idealaus teigiamo varianto pagal formulę:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - a^+)^2}.$$

čia: x_{ij} – realus; a^+ – idealiai teigiamas; L_i^+ – atstumas.

Surandamas skirtumas tarp realaus ir idealaus neigiamo varianto pagal formulę:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - a^-)^2}.$$

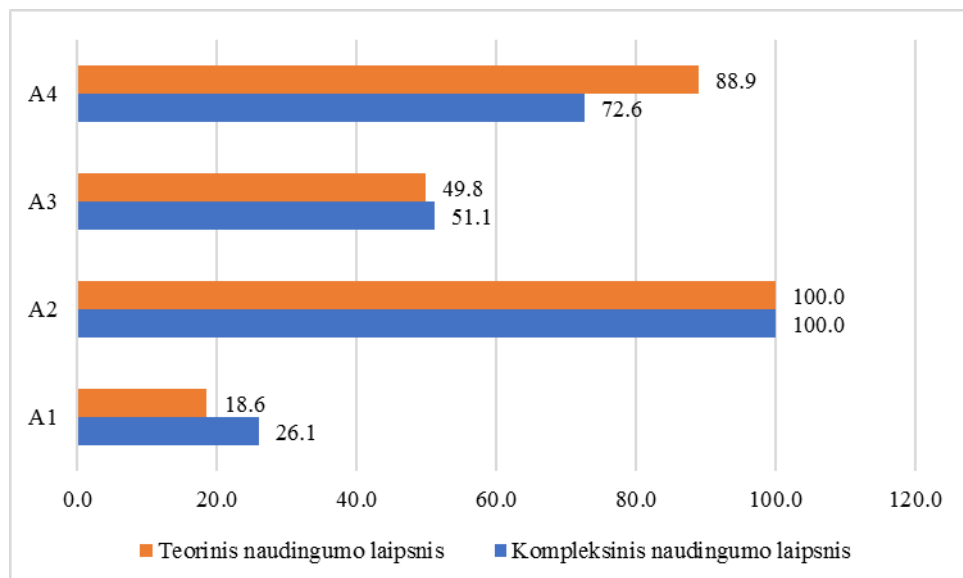
Randame kiekvienos alternatyvos reikšmę $K_{bit,i}$ pagal formulę:

$$K_{bit,i} = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \text{ kai } \forall_i; i = \overline{1, m}.$$

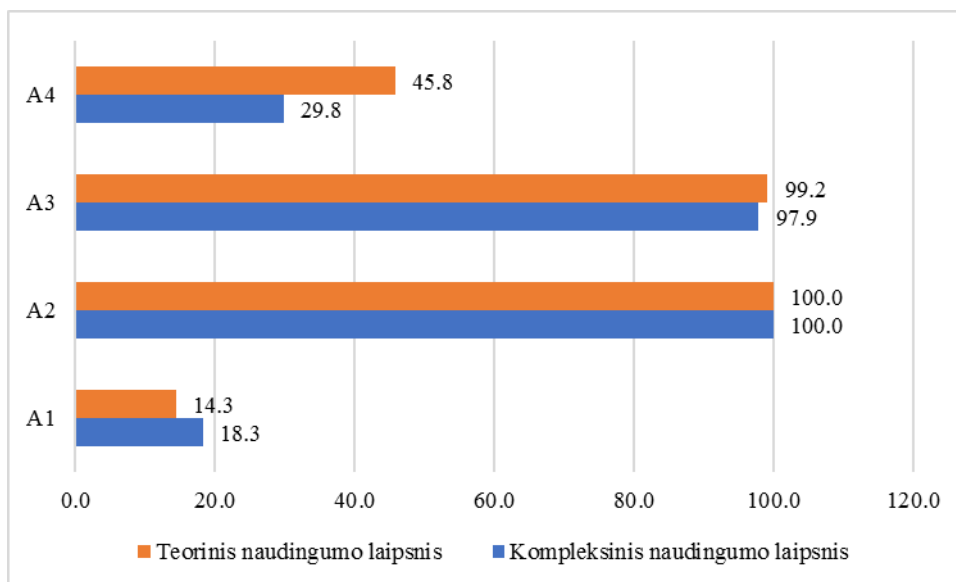
Suskaičiavę išrenkame geriausią (racionaliausią) sprendimą. Jis bus tas, kurio K_{bit} reikšmė bus max ($K_{bit,i} = \max$).

Nustatome naudingumo laipsnį. Lyginame mūsų nagrinėjamo varianto reikšmę su idealaus varianto reikšme (rezultatai pateikti grafine forma):

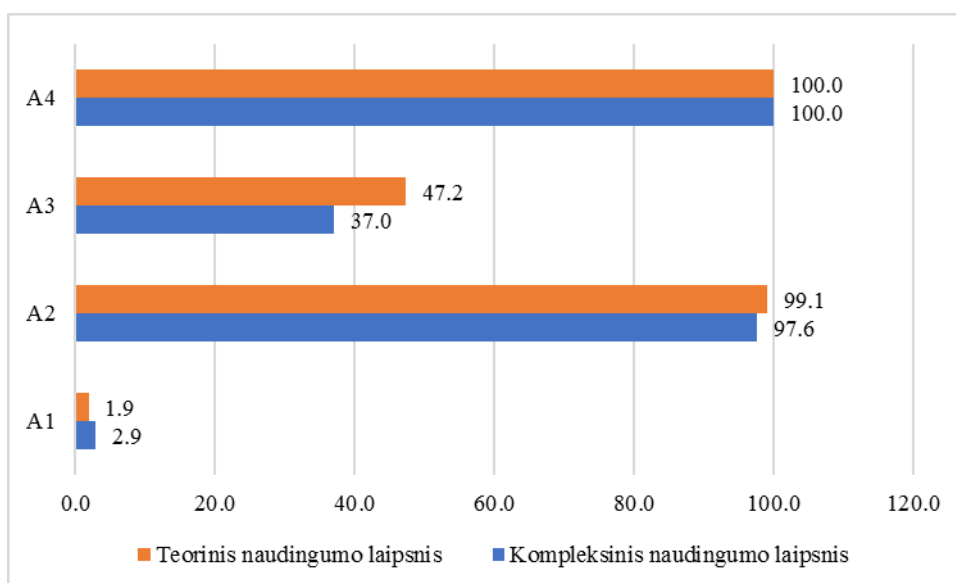
$$N_i = \frac{K_{bit,i}}{K_{bit,max}} \cdot 100\%.$$



Pav. 28. Gautų teorinių ir kompleksinių naudingumo laipsnių palyginimas mūriniam pastatui



Pav. 29. Gautų teorinių ir kompleksinių naudingumo laipsnių palyginimas monolitiniam gelžbetoniniui pastatui



Pav. 30. Gautų teorinių ir kompleksinių naudingumo laipsnių palyginimas surenkamam gelžbetoniniui pastatui

Išvados. Atlikus skaičiavimus daugiakriterinio įvertinimo artumo idealiam taškui metodu, matome, kad pagal pasirinktus kriterijus tinkamiausios griovimo technologijos: mūriniam pastatui – griovimas hidrauliniiais plaktais (A2), gelžbetoniniam monolitiniui pastatui – griovimas naudojant hidraulines karpymo žirkles (A2), o gelžbetoniniui surenkamam pastatui – sprogdinimas (A4).

Baigiamojo darbo išvados

1. Tam, kad būtų pasiektas maksimalus naudingas rezultatas, statiniai turi būti griaunami panaudojus tam tikrą griovimo modelį ir atitinkamas griovimo technologijas. Yra išskiriami trys griovimo modeliai: laipsniškas griovimas, suplanuotas griuvimas ir ardymas (demonravimas). Kiekvienas griovimo modelis gali būti realizuojamas naudojant vieną ar kelias skirtingas griovimo technologijas. Pačios griovimo ir ardymo technologijos skirstomos į keturias pagrindines grupes: griovimas naudojant rankinius įrankius, mašinas, chemines medžiagas ir vandens slėgį.

2. Renkantis griovimo technologiją yra įvertinami pagrindiniai faktoriai: statinio konstrukcijos stabilumas, vieta, paskirtis, laiko apribojimai, darbų kainos, saugumo ir atliekų perdirbimo ir panaudojimo galimybės.

3. Didžioji dalis statybinių atliekų susidaro griovimo darbų metu. Betono, čerpių, gelžbetonio, plytų, atliekos perdirbamos į skaldą, kurią galima panaudoti vietoj užpildų betone, kaip drenažinį sluoksnį, pagrindą keliams ir kt. Pavojingos atliekos turi būti perduodamos utilizuoti, tam įgaliojimą turinčioms įmonėms.

4. Atlikus skirtingų konstrukcijų statinių griovimo technologijų techninį – ekonominį palyginimą nustatyta, kad mūrinius statinius racionaliausia griauti hidroplaktais, gelžbetoninius monolitinius ir surenkamus karpyti naudojant hidraulinės žirkles. Taip pat nustatyta, kad daugiausia griovimo darbų kainai įtakos turi statinio aukštis (18,8%) ir statinio matmenys (17,6%).

5. Atlikus skirtingų konstrukcijų griovimo darbų, perdirbimo kainos skaičiavimus, nustatyta, kad nagrinėjamą mūrinį statinį ekonomiškiausia griauti naudojant hidraulinius plaktus, monolitinį – karpant hidraulinėmis žirkklėmis, o surenkamų konstrukcijų – sprogdinant. Nustatyta, kad atliekų perdirbimo kaina priklauso ne tik nuo pasirinktos griovimo technologijos, bet ir nuo statinio konstrukcijos.

6. Atlikus konkretaus statinio skirtingų griovimo technologijų daugiakriterinio vertinimo artumo idealiam taškui metodu, nustatyta, kad mūrinių konstrukcijų statinius racionaliausia griauti naudojant hidraulinius plaktus, monolitinio gelžbetonio statinius – karpant hidraulinėmis žirkklėmis, o surenkamus gelžbetoninius statinius – sprogdinant. Pagal teorinį reikšmingumą svarbiausias kriterijus renkantis griovimo technologiją – atliekų perdirbimo kaina, o pagal kompleksinį reikšmingumą – griovimo technologijos kaina.

Literatūra

1. STR 1.01.08:2002. *Statinio statybos rūšys*. Vilnius: Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija.
2. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Lietuvos respublikos įstatymas: 2016 m. birželio 30 d. Nr. XII–2573* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017–03–12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/b2d704e048e711e6b5d09300a16a686c>
3. VALSTYBĖS ĮMONĖ DUOMENŲ REGISTRAS. *Lietuvos Respublikos nekilnojamo turto registre įregistruotų statinių apskaitos duomenys 2015 m. sausio 1 d.* Vilnius: 2015.
4. ANUMBA, Chimay, Arham ABDULLAH, Tewedros FESSEHA. *Selection of demolition techniques: case study of the Warren Farm Bridge*. Structural survey [interaktyvus]. 2003, 21(1), 36–48 [žiūrėta 2017–03–14]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1108/02630800310470853>
5. ABDULLAH, Arham. *Intelligent selection of demolition techniques: a doctoral thesis*. Loughborough University: Loughborough, 2003.
6. ZAVADKSKAS, Edmundas Kazimieras, Andrejus KARABLIKOVAS, Pranas MALINAUSKAS, Pranas MIKŠTA, Henrikas NAKAS, Romualdas SAKALAIUSKAS. *Statybos procesų technologija: vadovėlis*. Vilnius: 2000.
7. ABDULAH, Arham, Chimay ANUMBA. *Decision model for the selection of demolition techniques*. Advances in building technology. Volume 2. Elsevier science Ltd: 2002. Pp. 1671–1681
8. BARSOTETELLI, Matthew, Onur AVCI. *Fundamentals of highway bridge demolition: conference paper*. Structures Congress. Pittsburgh: 2013 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017–03–12]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1061/9780784412848.060#sthash.p9RYEeGA.dpuf>
9. KÜHLEN, Anna, Robin DROGEMULLER, Frank SCHUITMANN. *What information is necessary to assess the environmental impacts of deconstruction?* Proceedings of 30th CIB W78 International conference. Beijing: 2013.
10. ANUMBA, Chimay, Arham ABDULLAH, Kirti RUIKAR. *An integrated system of demolition techniques selection*. Architectural engineering and design management [interaktyvus]. 2008, 4(2), 130–140 [žiūrėta 2017–03–24]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.3763/aedm.2008.0071>
11. DIVEN, J. Richard, Mark SHAURETTE. *Demolition: practices, technology and management*. Purdue University Press West Lafayette, Indiana: 2010. ISBN 978–1–55753–567–2.
12. ABDULLAH, Arham, Chimay ANUMBA, Elma DURMISEVIC. *Decision tools for demolition techniques selection*.
13. PAVLOVSKIS, Miroslavas, Jurgita ANTUCHEVIČIENĖ, Darius MIGILINSKAS. *Industriinių pastatų ir teritorijų konversija darnaus vystymosi požiūriu taikant BIM technologijas: situacijos analizė ir perspektyvos*. Statyba, transportas, aviacinės technologijos [interaktyvus]. 2015, 7(5), 515–513 [žiūrėta 2017–04–27]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2015.846>

14. CHENG, C. P. Jack, Lauren Y.H., MA. A BIM–based system for demolition and renovation waste estimation and planning. *Waste management* [interaktyvus]. 2013, 33(6), 1539–1551 [žiūrėta 2017–04–28]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>
15. European Commission (DG ENV). *Service contract on management of construction and demolition waste– sr–1: final report task 2*. February 2011 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017–04–10]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm
16. LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. *Valstybinis atliekų tvarkymo 2014–2020 metų planas: 2014 m. balandžio 16 d. . Nr. 366* [interaktyvus] [žiūrėta 2017 04 12]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/8a7c3ca0cfa811e39b2ab5bbcc4f49fb>
17. FRANCHETTI, J. Mathew. Construction applications. In: *Solid waste analysis and minimization: a system aproach*. McGraw–Hill professional: 2009.
18. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Atliekų tvarkymo taisyklės: 1999 m. liepos 14 d. Nr. 217* [interaktyvus] [žiūrėta 2017–04–12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.38E37AB6E8E6/PNyzJVSnIG>
19. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Statybinių atliekų tvarkymo taisyklės: 2006 gruodžio 29d. Nr. DI–637* [interaktyvus] [žiūrėta 2017–04–12]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.291562>
20. FINOŽENOK, Olga, Ramunė ŽURAUSKIENĖ. *Betono atliekų antrinio naudojimo betono mišiniuose galimybės*. *Civil engineering* [interaktyvus]. 2009, 1(5), 5–9 [žiūrėta 2017–04–16]. Prieiga per: <http://www.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/viewFile/mla.2009.5.01/pdf>
21. Aplinkos apsaugos agentūra. *Suvestinė pagal atliekų kodus* [interaktyvus] [žiūrėta 2017–04–20]. Prieiga per: <http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=01f545a1-ebed-4f2d-b05a-2b1bf5e7494b>
22. SERPA, Diogo, Augusto SANTOS SILVA, Jorge DE BRITO, Jose PONTES, Dora SOARES. *ASR of mortars contraining glass*. *Construction and building materials* 47: 2013. Pp. 489–495
23. BS 6187:2000. *Code of practice for demolition*. British standart. BSI: 2000. ISBN 0 580 33206 3.
24. Buildings departament. *Code of practice for demolition of buildings*. Government Logistics Department: 2004.
25. LINDSELL, Peter, Mike MULHERON. *Recycling–The reuse of demolition debris*. *Structural survey* [interaktyvus]. 1987, 5(1), 4–10 [žiūrėta 2017–04–25]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1108/eb006244>
26. KASAI, Yoshio. *The second international riliem symposium on demolition and reuse of concrete and masonry*. *Materials and structures*: 1989. Pp. 312–313
27. Griovimo darbuose naudojamos technikos įkainiai [interaktyvus] [žiūrėta 2017–04–25]. Prieiga

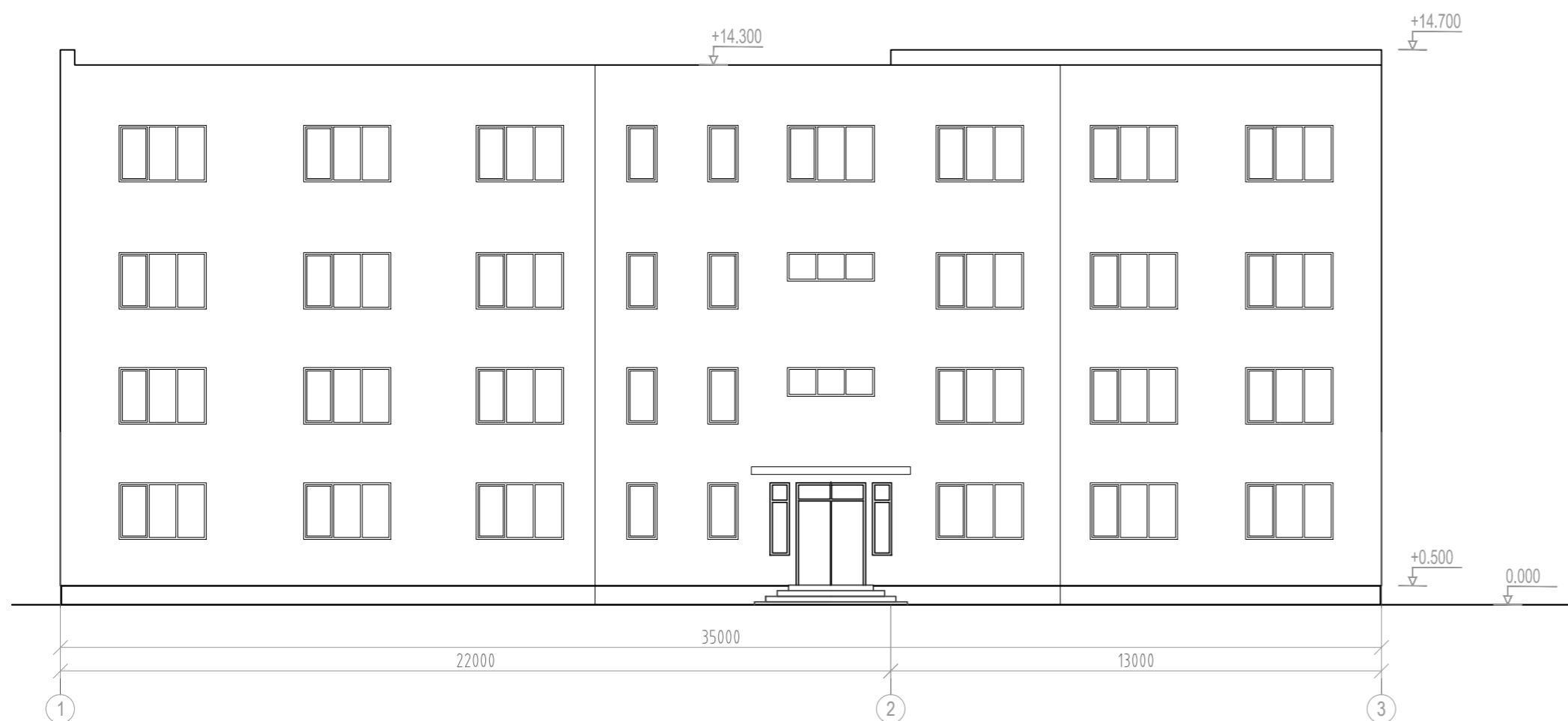
per: <http://www.geodena.lt/technika.html>

28. Perdirbtų statybinių atliekų kainos [interaktyvus] [žiūrėta 2017-04-26]. Prieiga per: <https://www.gerbuvioprojektai.lt/produkcija/karjerine-produkcija/>

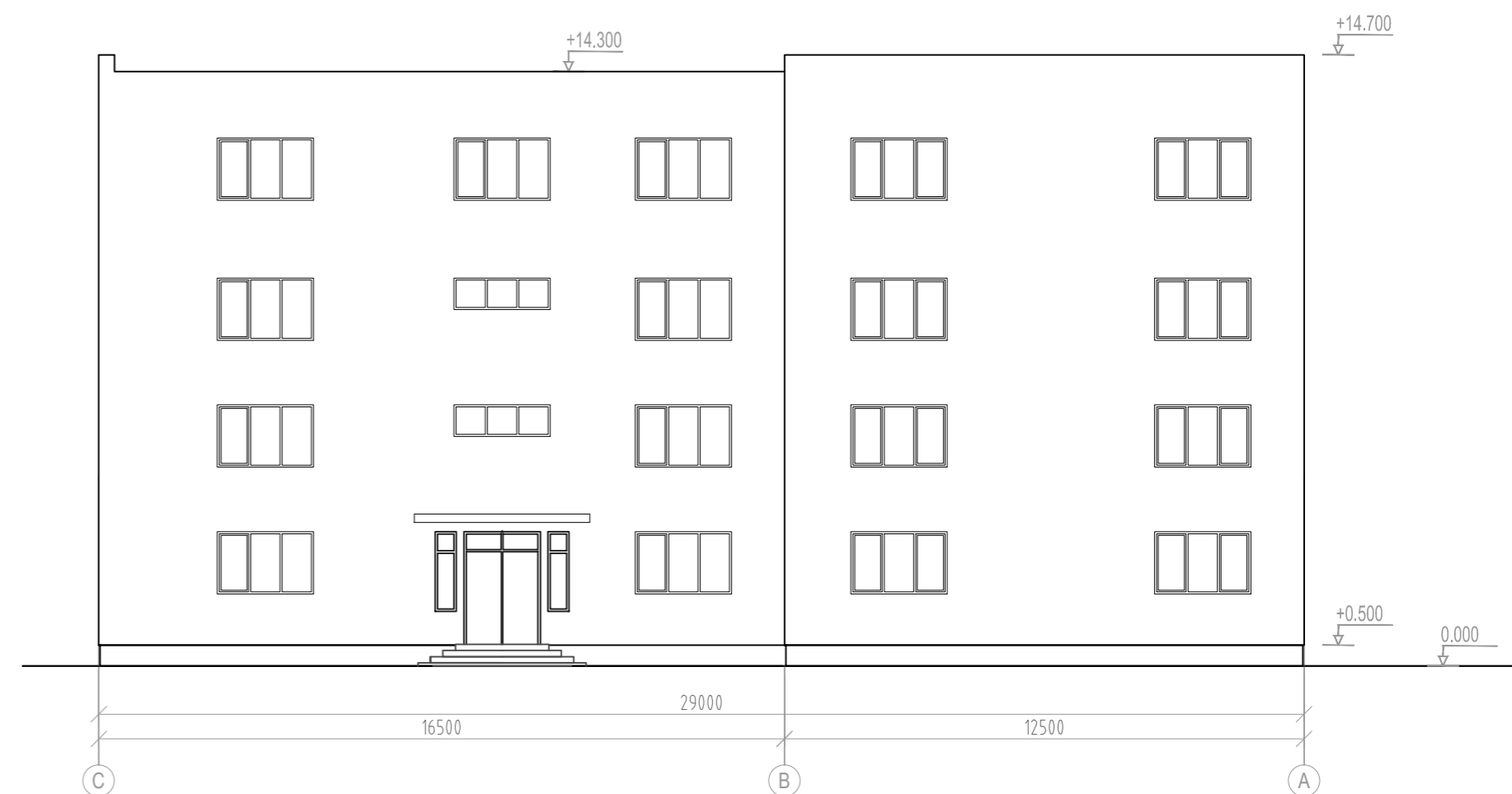
29. Metalų supirkimo kainos [interaktyvus] [žiūrėta 2017-04-28]. Prieiga per: <http://www.metalukainos.lt/lt/juod%C5%B3j%C5%B3-metal%C5%B3-lau%C5%BEo-supirkimo-kainos>

PRIEDAI

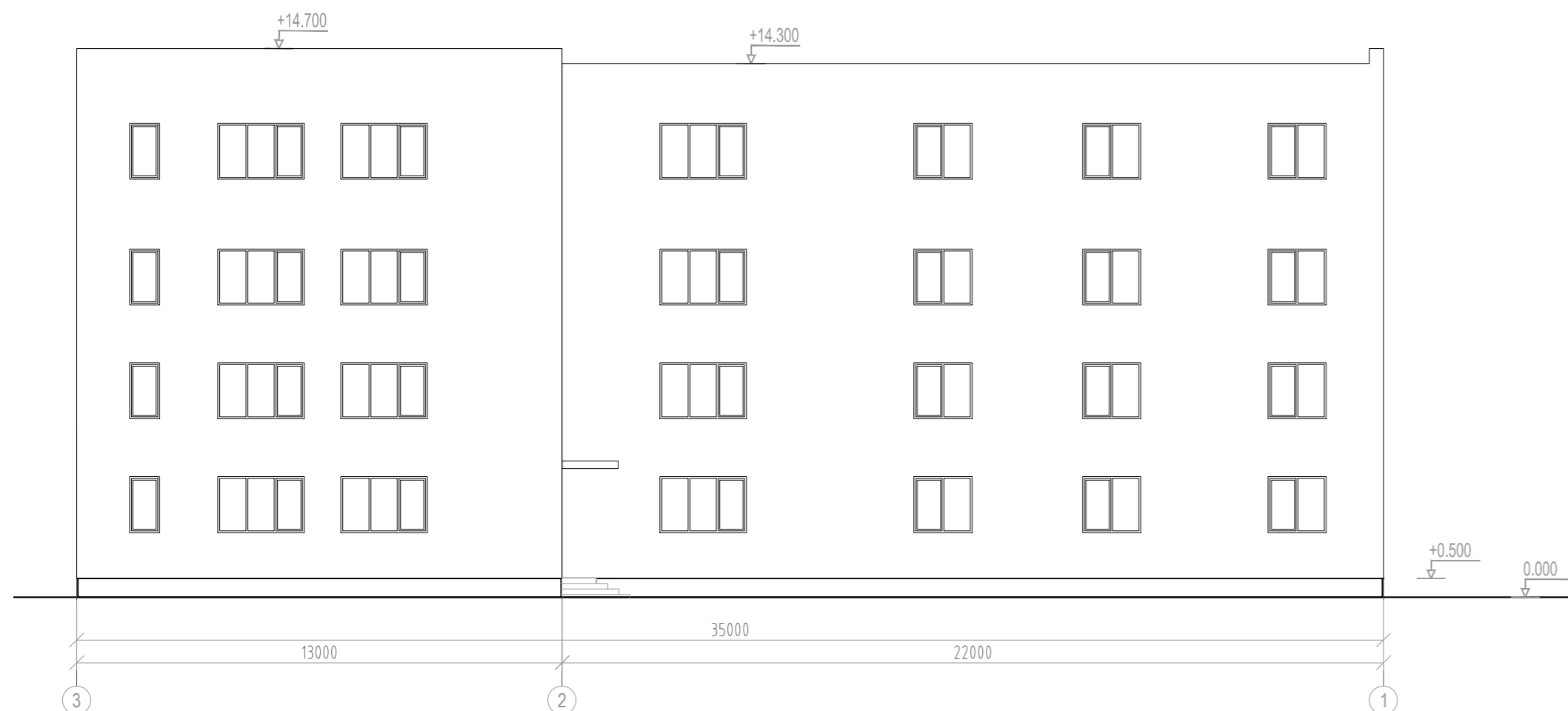
FASADAS 1-3 M1:150



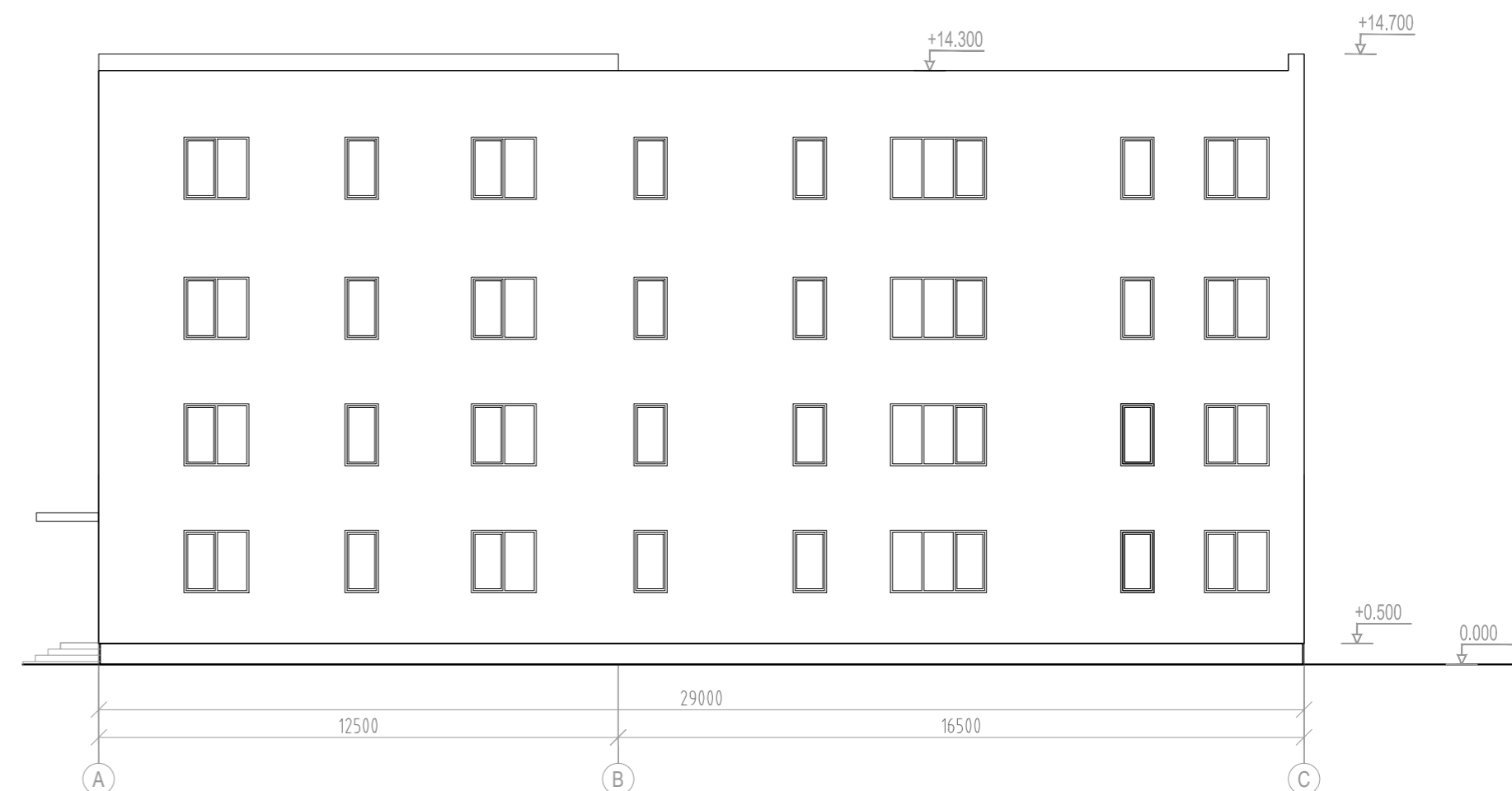
FASADAS C-A M1:150



FASADAS 3-1 M1:150

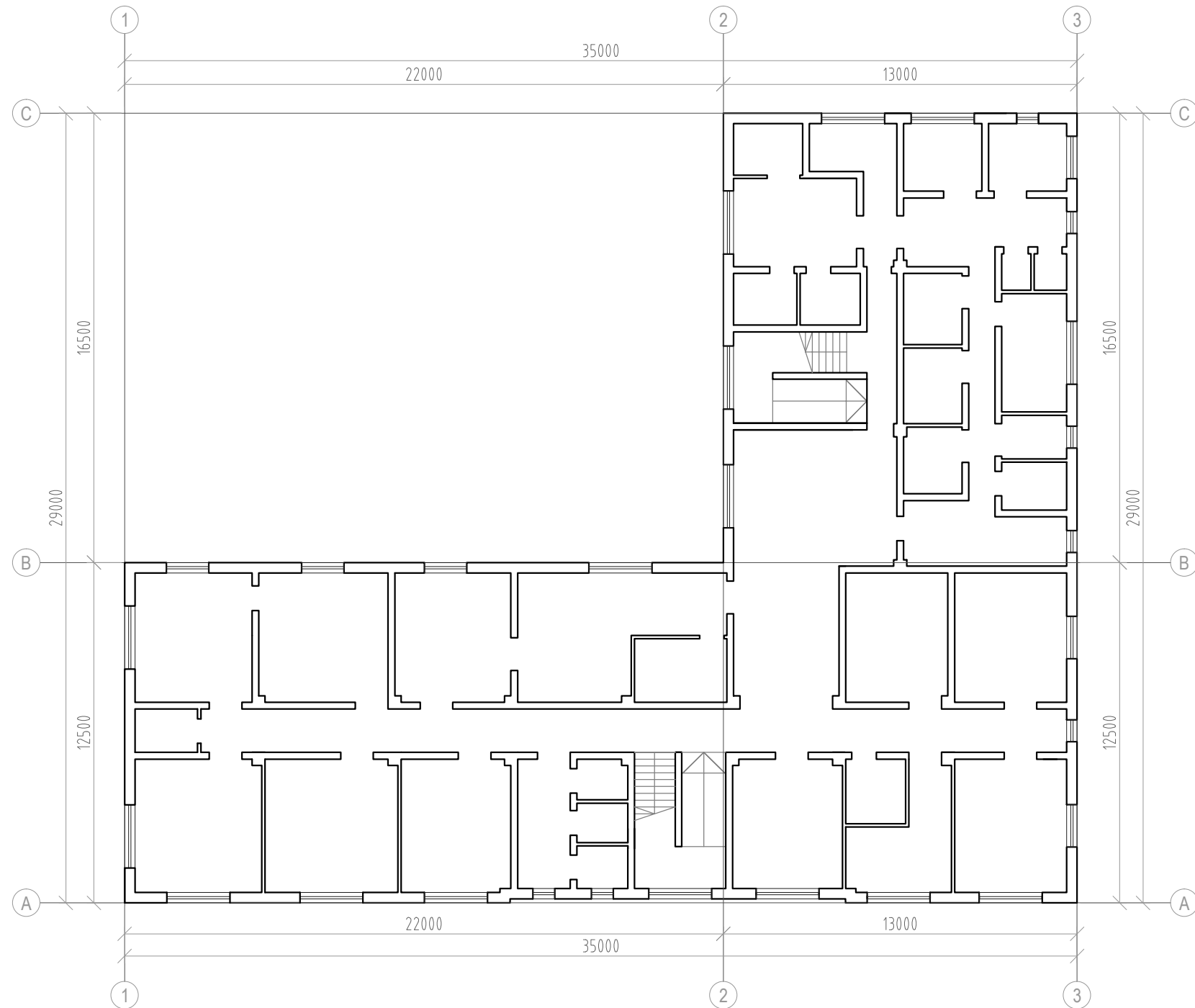


FASADAS A-C M1:150



Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
STM-05	Studentas	A. Platakis		Griaunamo pastato brėžiniai	
	Vadovas	M. Daunoravičius			
				Fasadai 1-3; 3-1; A-C; C-A	Laida 0
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra			2017 - MBD - SK	
MBD	LT -51367 Studentų 48, Kaunas				
				Lapas 78	Lapu

PRINCIPINIS AUKŠTŲ PLANAS M1:200



Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas				Magistro baigiamasis darbas	
STM-05	Studentas	A. Platakis			Griaunamo pastato brėžiniai	
	Vadovas	M. Daunoravičius				
					Principinis pastato aukštų planas	Laida 0
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT -51367 Studentų 48, Kaunas				2017 - MBD - SK	Lapas 79
MBD						Lapų

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ ŠAMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Statinių grupė 1 Mūrinio pastato ardymo technologija					
Statinyš 1 1					
2017-05-16		Suma objektui 220126.16 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	1 (D.užm.)				
1	N46-133 Mūrinių sienų išardymas, atrenkant plytas k8=1.17 (d.san=8300.58)	m3	1121.7	4.62	38348.68
2	R6-1 Mūrinių pertvarų išardymas pneumo plaktuku, atrenkant plytas k8=1.17 (d.san=533.4)	m3	76.2	4.55	2426.97
3	F46-1-3 Gelžbetoninių perdangų ardymas k8=1.09 (d.san=2920.0)	m3	365.0	4.55	13286.0
Skyriuje 1					54061.65
žiniaraštyje 1					54061.65
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					8127.6
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(54061.65+8127.60)					4975.14
Soc.draudimo išlaidos 31.00%(54061.65+8127.60+4975.14)					20820.96
Viso darbo užmokestis:					87985.35
Mechanizmai					
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	124.0	23.34	2894.16
48379	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliai	maš.val	2336.0	7.25	16936.0
310235	Pneumoplaktukas, dirbant kilnojamu kompresoriumi	maš.val	2950.734	7.25	21392.83
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	2.66	188.72	502.0
48060	Ekskavatorius su hydr. plaktu	maš.val	141.9858	65.0	9229.08
Viso:					50954.07
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					1528.62
Viso mechanizmai:					52482.69
Statinio statybos išlaidos		Viso:	87985.35	52482.69	140468.04
Statybvietės išlaidos 9.00%					12642.12
Iš viso tiesioginės išlaidos					153110.16
Pridėtinės išlaidos 30.00%(54061.65+8127.60+4975.14)					20149.32
Pelnas 5.00%(153110.16+20149.32)					8662.97
Iš viso netiesioginės išlaidos					28812.29
Bendra vertė be PVM					181922.45
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					38203.71
Bendra vertė su PVM					220126.16

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ SĄMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Mūrinio pastato griovimo hidrauliniiais plaktais technologija					
Statinyš 2					
2017-05-21		Suma objektui 86085.47 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
2					
žiniaraštyje 2					
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					
Papildomas darbo užmokestis 8.00%()					
Soc.draudimo išlaidos 31.00%()					
Viso darbo užmokestis:					
Mechanizmai					
48060	Ekskavatorius su hidrauliniu plaktu	maš.val	864 . 0948	65 . 0	56166 . 16
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	22 . 18	188 . 72	4185 . 81
Viso:					60351 . 97
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					
Viso mechanizmai:					62162 . 53
Statinio statybos išlaidos		Viso:		62162 . 53	62162 . 53
Statybvietės išlaidos 9.00%					
Iš viso tiesioginės išlaidos					67757 . 16
Pridėtinės išlaidos 30.00%()					
Pelnas 5.00%(67757.16)					
Iš viso netiesioginės išlaidos					3387 . 86
Bendra vertė be PVM					71145 . 02
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					
Bendra vertė su PVM					86085 . 47

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ SĄMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Statinių grupė 3 Mūrinio pastato griovimo nutempiant lynais technologija					
Statinyys 3					
2017-05-21		Suma objektui 160551.51 EUR			
Sąm. eil.	Darbu ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
3	3 (D.užm.)				
2	478004 Vikšrinis traktorius iki 79 kW (108 AG) (d.san=66.8)	100 m2	66.8	10.0	668.0
3	N46-132-1 Gelžbetoninių konstrukcijų sudaužymas hidrauliniiais plaktais k8=1.17 (d.san=6.39)	100m3	2.13	50.0	319.5
Skyriuje 3					987.5
žiniaraštyje 3					987.5
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					54.32
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(987.50+54.32)					83.35
Soc.draudimo išlaidos 31.00%(987.50+54.32+83.35)					348.8
Viso darbo užmokestis:					1473.97
Mechanizmai					
349005	Montavimo bokštelis automobilio bazėje	maš.val	668.0	23.84	15925.12
478004	Vikšrinis traktorius iki 79 kW (108 AG)	maš.val	1002.0	85.0	85170.0
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	2.66	188.72	502.0
48060	Ekskavatorius su hidr. plaktu	maš.val	141.9858	65.0	9229.08
Viso:					110826.2
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					3324.79
Viso mechanizmai:					114150.99
Statinio statybos išlaidos		Viso:	1473.97	114150.99	115624.96
Statybvietsės išlaidos 9.00%					10406.25
Iš viso tiesioginės išlaidos					126031.21
Pridėtinės išlaidos 30.00%(987.50+54.32+83.35)					337.55
Pelnas 5.00%(126031.21+337.55)					6318.44
Iš viso netiesioginės išlaidos					6655.99
Bendra vertė be PVM					132687.2
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					27864.31
Bendra vertė su PVM					160551.51

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ ŠAMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Monolitinio gelžbetoninio pastato pjaustymo deimantiniais pjūklais technologija					
Statinys 4					
2017-05-21		Suma objektui 235321.09 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
4	4 (D.užm.)				
1 N9-343	Išorinių sienų pjaustymas deimantiniais pjūklais (d.san=1029.7)	100 m2	73.55	10.5	10811.85
Skyriuje 4					10811.85
žiniaraštyje 4					10811.85
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(10811.85)					864.95
Soc.draudimo išlaidos 31.00%(10811.85+864.95)					3619.81
Viso darbo užmokestis:					15296.61
Mechanizmai					
48141	Autokranai iki 25 t kėlimo galios	maš.val	1080.0	36.83	39776.4
48210	Autobokšteliai h iki 26 m	maš.val	1080.0	44.92	48513.6
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	2.66	188.72	502.0
489244	Pjovimas deimantiniais pjūklais iki 30m2	m2	244.9215	200.0	48984.3
48060	Ekskavatorius su hydr. plaktu	maš.val	141.9858	65.0	9229.08
Viso:					147005.38
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					4410.16
Viso mechanizmai:					151415.54
Statinio statybos išlaidos		Viso:	15296.61	151415.54	166712.15
Statybvietės išlaidos 9.00%					15004.09
Iš viso tiesioginės išlaidos					181716.24
Pridėtinės išlaidos 30.00%(10811.85+864.95)					3503.04
Pelnas 5.00%(181716.24+3503.04)					9260.96
Iš viso netiesioginės išlaidos					12764.0
Bendra vertė be PVM					194480.24
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					40840.85
Bendra vertė su PVM					235321.09

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ SĄMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Statinių grupė 5 Monolitinio gelžbetoninio pastato karpymo hidraulinėmis žirkėmis technologija					
Statinyš 5					
2017-05-16		Suma objektui 104118.62 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
5					
žiniaraštyje 5					
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					
Papildomas darbo užmokestis 8.00%()					
Soc.draudimo išlaidos 31.00%()					
Viso darbo užmokestis:					
Mechanizmai					
480601	Ekskavatorius su hidrauliniu plaktu	maš.val	141 . 9858	65 . 0	9229 . 08
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	21 . 33	188 . 72	4025 . 4
48060	Ekskavatorius su hidraulinėmis žirkėmis	maš.val	746 . 75	80 . 0	59740 . 0
Viso:					72994 . 48
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					
Viso mechanizmai:					75184 . 31
Statinio statybos išlaidos		Viso:		75184 . 31	75184 . 31
Statyb vietės išlaidos 9.00%					
Iš viso tiesioginės išlaidos					81950 . 9
Pridėtinės išlaidos 30.00%()					
Pelnas 5.00%(81950.90)					
Iš viso netiesioginės išlaidos					4097 . 55
Bendra vertė be PVM					86048 . 45
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					
Bendra vertė su PVM					104118 . 62

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ SĄMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Statinių grupė 6 Monolitinio gelžbetoninio pastato griovimo hidraulinius plaktais technologija					
Statinyš 6					
2017-05-16		Suma objektui 111210.43 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
6					
žiniaraštyje 6					
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					
Papildomas darbo užmokestis 8.00%()					
Soc.draudimo išlaidos 31.00%()					
Viso darbo užmokestis:					
Mechanizmai					
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	21.33	188.72	4025.4
48060	Ekskavatorius su hydr. plaktu	maš.val	1137.5529	65.0	73940.94
Viso:					77966.34
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					
Viso mechanizmai:					80305.33
Statinio statybos išlaidos		Viso:		80305.33	80305.33
Statybvietės išlaidos 9.00%					
Iš viso tiesioginės išlaidos					87532.81
Pridėtinės išlaidos 30.00%()					
Pelnas 5.00%(87532.81)					
Iš viso netiesioginės išlaidos					4376.64
Bendra vertė be PVM					91909.45
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					
Bendra vertė su PVM					111210.43

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		+A TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.				
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____				
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.				
LOKALINĖ SĄMATA						
Sudaryta pagal 2016.10 kainas						
Statinių grupė 7 Surenkamo gelžbetoninio pastato ardymo technologija						
Statinyys 7						
2017-05-16		Suma objektui 205010.37 EUR				
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR	
7	7 (D.užm.)					
1	N46-133 Sieninių plokščių demontavimas k8=1.17 (d.san=1582.2)	m3	293.0	4.62	7309.76	
2	F46-1-3 Gelžbetoninių perdangų ardymas k8=1.09 (d.san=2920.0)	m3	365.0	4.19	12234.8	
3	N46-140 Surenkamų elementų išardymas k8=1.17 (d.san=1500.0)	m3	150.0	4.8	7200.0	
4	R6-1 Mūrinių pertvarų išardymas pneumo plaktuku, atrenkant plytas k8=1.17 (d.san=4487.0)	m3	641.0	4.55	20415.85	
Skyriuje 7					47160.41	
žiniaraštyje 7					47160.41	
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)						
Specifiniai darbai 17.00%					7038.48	
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(47160.41+7038.48)					4335.91	
Soc.draudimo išlaidos 31.00%(47160.41+7038.48+4335.91)					18145.79	
Viso darbo užmokestis:					76680.59	
Medžiagos						
210004	Dujinis deguonis (techninis)	m3	60.0	1.35	81.0	
240003	Acetilenas	m3	12.0	10.14	121.68	
Viso:					202.68	
Papildomų medžiagų vertė 3.00%					6.08	
Viso medžiagos:					208.76	
Mechanizmai						
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	124.0	23.34	2894.16	
48379	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliai	maš.val	2336.0	7.25	16936.0	
310235	Pneumoplaktukas, dirbant kilnojamu kompresoriumi	maš.val	3611.16	7.25	26180.92	
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	2.66	188.72	502.0	
48060	Ekskavatoriai su hydr. plaktu	maš.val	106.5	65.0	6922.5	
Viso:					53435.58	
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					1603.07	
Viso mechanizmai:					55038.65	
Statinio statybos išlaidos		Viso:	76680.59	208.76	55038.65	131928.0
Statybvietės išlaidos 9.00%					11873.52	
Iš viso tiesioginės išlaidos					143801.52	
Pridėtinės išlaidos 30.00%(47160.41+7038.48+4335.91)					17560.44	
Pelnas 5.00%(143801.52+17560.44)					8068.1	
Iš viso netiesioginės išlaidos					25628.54	
Bendra vertė be PVM					169430.06	
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					35580.31	
Bendra vertė su PVM					205010.37	

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ SĄMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Statinių grupė 8 Surenkamo gelžbetoninio pastato karpymo hidraulinėmis žirkėmis technologija					
Statinyš 8					
2017-05-16		Suma objektui 83482.12 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
8					
žiniaraštyje 8					
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					
Papildomas darbo užmokestis 8.00%()					
Soc.draudimo išlaidos 31.00%()					
Viso darbo užmokestis:					
Mechanizmai					
480601	Ekskavatorius su hidrauliniu plaktu	maš.val	141 . 9858	65 . 0	9229 . 08
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp.	maš.val	19 . 087	188 . 72	3602 . 1
48060	Ekskavatorius su hidraulinėmis žirkėmis	maš.val	571 . 1958	80 . 0	45695 . 66
Viso:					58526 . 84
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					
Viso mechanizmai:					60282 . 65
Statinio statybos išlaidos		Viso:		60282 . 65	60282 . 65
Statybvietės išlaidos 9.00%					
Iš viso tiesioginės išlaidos					65708 . 09
Pridėtinės išlaidos 30.00%()					
Pelnas 5.00%(65708.09)					
Iš viso netiesioginės išlaidos					3285 . 4
Bendra vertė be PVM					68993 . 49
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					
Bendra vertė su PVM					83482 . 12

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR		TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.			
ATSAKINGAS ATSTOVAS _____		ATSAKINGAS ATSTOVAS _____			
2016 M. MĖN. D.		2016 M. MĖN. D.			
LOKALINĖ SĄMATA					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
Statinių grupė 9 Surenkamo gelžbetoninio pastato griovimo hidrauliniiais plaktais technologija					
Statinyš 9					
2017-05-16		Suma objektui 90933.28 EUR			
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
9					
žiniaraštyje 9					
Sezoniniai darbai 15.00% (0.00)					
Specifiniai darbai 17.00%					
Papildomas darbo užmokestis 8.00%()					
Soc.draudimo išlaidos 31.00%()					
Viso darbo užmokestis:					
Mechanizmai					
489064	Vienakaušis ekskavatorius 1,25 m3 kaušo talp. (4 vnt.)	maš.val	19.087	188.72	3602.1
48060	Ekskavatorius su hydr. plaktu	maš.val	925.362	65.0	60148.53
Viso:					63750.63
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					
Viso mechanizmai:					65663.15
Statinio statybos išlaidos		Viso:		65663.15	65663.15
Statybvietės išlaidos 9.00%					
Iš viso tiesioginės išlaidos					71572.83
Pridėtinės išlaidos 30.00%()					
Pelnas 5.00%(71572.83)					
Iš viso netiesioginės išlaidos					3578.64
Bendra vertė be PVM					75151.47
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					
Bendra vertė su PVM					90933.28

Anketa skirta palyginti 3-jų skirtingų konstrukcijų statinius pagal pasirinktas griovimo technologijas ir įvertinti skirtingų veiksnių įtaką statinio griovimo kainai ir griovimo technologiškumui.

1. Lentelėje pateikti pagrindiniai statinio griovimo technologijos kainą įtakojantys veiksniai.

Vertinimas: remiantis darbo patirtimi, žiniomis ir samprotavimais (jeigu nėra tekę susidurti su griovimo technologijos panaudojimu praktikoje) įvertinkite **pateiktų veiksnių svarbą griovimo technologijos kainos nustatymui**, vertinant nuo 0 iki 5 balų:

0 balų vertinama kai veiksnys visiškai neįtakoja griovimo technologijos kainos;

1 balas- veiksnio įtaka kainai minimali;

... ;

5 balai- veiksnys visiškai įtakoja griovimo kainą.

Atliekant palyginimus priimama, kad:

- griaujami statiniai yra daugiau nei 1000 metrų nutolę nuo kitų statinių;
- griauamo statinio vietoje ar šalia jo nėra jokių inžinerinių tinklų, susisiekimo komunikacijų, požeminių statinių.

1 lentelė. Griovimo darbų kainą įtakojantys veiksniai

	Mūriniai statiniai				Gelžbetoniniai monolitiniai statiniai				Gelžbetoniniai surenkami statiniai			
	Ardymas	Griovimas hidr. plaktais (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Vertimas lynais (nutempiant)	Sprogdinimas	Pjaustymas (deimant. lynais arba pjūklais)	Karpymas hidr. žirkklėmis (pritaisytomis prie ekskav. strėlės)	Griovimas hidrauliniais plaktais (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Sprogdinimas	Ardymas	Karpymas hidr. žirkklėmis (pritaisytomis prie ekskav. strėlės)	Griovimas hidrauliniais plaktais (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Sprogdinimas
Statinio matmenys												
Statinio aukštis												
Apstatymo intensyvumas												
Darbininkų poreikis												
Mašinų poreikis												
Darbų trukmė												
Konstruktinė sandara												
KITA:												
(įrašykite)												

2. Lentelėje pateikti pagrindiniai statinių griovimo technologiškumo vertinimo kriterijai.
 Vertinimas: remiantis darbo patirtimi, žiniomis ir samprotavimais (kai nėra tekę susidurti su griovimo technologijos panaudojimu praktikoje) **palyginkite pateiktas griovimo technologijas, skirtingų konstrukcijų statiniams, pagal pateiktus kriterijus**, balais nuo 1 iki 4 (vertinimo balų reikšmės pateiktos 3-ioje lentelėje).

2 lentelė. Griovimo technologijų techninis-ekonominis palyginimas

	Mūriniai statiniai				Gelžbetoniniai monolitiniai statiniai				Gelžbetoniniai surenkami statiniai			
	Ardymas	Griovimas hidr. plaktais (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Vertimas lynais (nutempiant)	Sprogdinimas	Pjaustymas (deimant. lynais arba pjūklais)	Karpymas hidr. žirkėmis (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Griovimas hidrauliniiais plaktais (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Sprogdinimas	Ardymas	Karpymas hidr. žirkėmis (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Griovimas hidrauliniiais plaktais (pritaisytais prie ekskav. strėlės)	Sprogdinimas
Darbų kaina												
Darbų sudėtingumas												
Darbų trukmė												
Darbų saugumas												
Atliekų perdirbimas arba panaudojimas												
Mechanizavimo lygis												
Griovimo galimybių ribojimai												
KITA:												
(įrašykite)												

3 lentelė. Statinių griovimo technologiškumo vertinimo balų reikšmės

Kriterijaus pavadinimas	Kriterijaus įvertinimas	Kriterijaus įvertinimas balais
Darbų kaina	Darbų kaina mažiausia iš lyginamųjų technologijų	1

	Darbų kaina didžiausia iš lyginamųjų technologijų	4
Darbų sudėtingumas	Darbai nesudėtingi	1
	Reikalingi aukštos kvalifikacijos darbininkai	2
	Reikalingi ir specialiai apmokyti darbininkai	3
	Būtni tik specialiai apmokyti darbininkai	4
Darbų trukmė	Griovimas atliekamas greičiausiai iš lyginamų techn.	1

	Griovimo darbai atliekami ilgiausiai iš lyginamų techn.	4
Darbų saugumas	Darbai mažai pavojingi	1
	Dirbančių griovimo mašinų pavojus	2
	Galima netikėta lokalinė griūtis	3
	Galima nevaldoma ir neprognozuojama griūtis	4
Mechanizavimo lygis	Reikalingi tik paprasti įrankiai	1
	Reikalingos bendro naudojimo statybinės mašinos	2
	Reikalingos specialios mašinos ir mechanizmai	3
	Reikalingi griovimo robotai	4
Griovimo galimybių ribojimai	Nėra galimybės ribojančių veiksnių	1
	Ribojamos griovimo mašinų judėjimo galimybės	2
	Ribojama šalia esantys pastatai ir eismas	3
	Ribojama atokiau stovintys pastatai, inž. tinklai arb kiti statiniai	4
Atliekų perdirbimo galimybės	Papildomas apdorojimas nereikalingas	1
	Reikalingas tik frakcionavimas	2
	Reikalingas papildomas smulkinimas	3
	Reikalingas papildomas ardymas ir smulkinimas	4

3. Kokių būdu nustatote tinkamiausią griovimo technologiją konkrečiam statiniui (pasirinktą atsakymą pažymėkite **X**):

- Remiantis darbo patirtimi
- Naudojant matematinius palyginamuosius skaičiavimus, daugiakriterinio vertinimo metodus ir/arba jų veikimo principais paremtas kompiuterines programas
- Naudojant kompiuterines statinio modeliavimo programas
- Kita.....(įrašykite)

Ačiū už atsakymus!