



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**  
**STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA**

Giedrius Venckus

**SAVAIME IŠSILYGINANČIŲ GRINDŲ MIŠINIŲ TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Darbo vadovas:

Doc. Darius Pupeikis

**KAUNAS, 2017**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS  
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA**

**SAVAIME IŠSILYGINANČIŲ GRINDŲ MIŠINIŲ TYRIMAS**  
Baigiamasis magistro projektas  
Statybos inžinerija (kodas 621H20001)

**Vadovas**

Doc. dr. Darius Pupeikis

**Recenzentas**

Doc. dr. Jolanta Šadauskienė

**Projektą atliko**

Giedrius Venckus

**KAUNAS, 2017**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Statybos ir architektūros

(Fakultetas)

Giedrius Venckus

(Studento vardas, pavardė)

Statybos inžinerija 621H20001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Savaime išsilyginančių mišinių tyrimas“

**AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA**

20 m. d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Giedrius Venckaus**, baigiamasis projektas tema „Savaime išsilyginančių grindų mišinių tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir 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)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS  
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

Magistro baigiamasis darbas

**“SAVAIME IŠSILYGINANČIŲ GRINDŲ MIŠINIŲ TYRIMAS”**

Giedrius Venckus

Savaime išsilyginantis grindų mišinys – skirtas mechaniniu arba rankiniu būdu lieti grindis, puikiai tinka įvairios paskirties pramoninių ir visuomeninių pastatų betoninių arba smėlbetonio grindų išlyginimui, atnaujinimui, korekcijai bei remontui. Grindų įrengimo darbai atliekami kur kas greičiau – vaikščioti jomis galima jau paros bėgyje. Mišinys skirtas tiesiogiai su pagrindu susijusiems išlyginamiesiems sluoksniams formuoti.

Pagrindinės savaime išsilyginančių grindų medžiagos: cementas, smėlis, vanduo ir įvairios įmaišos. Baigiamajame magistro darbe apžvelgta literatūra, kurioje supažindinama su veiksniais įtakančiais savaime išsilyginančio grindų mišinio pasiskirstymą, priedų įtaka sukietėjusio mišinio mechaninėms savybėms. Darbe nagrinėjama savaime išsilyginančių grindų mišinių sudėtys ir panaudojimas statyboje, aprašomos medžiagos naudojamos savaime išsilyginančių grindų mišinių technologijoje. Supažindinama su pagrindinėmis įmaišų grupėmis ir jų įtaka pagrindinėms mišinių savybėms. Atlikus daug bandymų paaiškėjo, kad aliuminatinį cementą visiškai pakeitus į šlakinį cementą, būtų gauti kai kurie geresni bandymų rezultatai.

Baigiamąjį magistro darbą sudaro įvadas, 4 skyriai, baigiamosios išvados ir literatūros sąrašas.

Raktiniai žodžiai: savaime išsilyginantis mišinys, aliuminatinis cementas, šlakinis cementas.

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE FACULTY  
BUILDING MATERIALS DEPARTMENT

Master final work

**“RESEARCH OF SELF LEVELING FLOOR COMPOUND“**

Giedrius Venckus

Self-leveling floor mixture is intended for mechanical or manual floor molding and it is ideal for concrete or sand-concrete floor leveling, updating, correction and reconstruction in multi-purpose industrial and public buildings. Floor installation works can be performed much more quickly - people can walk on them within a day. Mixture is intended to perform self-leveling layers that are directly related with the basis.

Basic self-leveling floor materials: cement, sand, water and various admixtures. In final master work, it was reviewed the literature, which presents the factors influencing self-leveling flooring mixture distribution, additives influence on hardened mixture mechanical properties. The final master work examines the self-leveling floor compositions and their usage for construction, describes the materials used in self-leveling floor mixture technology. Final master work also presents the major admixtures groups and their influence on the main mixtures properties. Tests showed that when aluminous cement was completely changed into slag cement, it was received some better tests results.

The final master work consists of an introduction, 4 chapters, final conclusions and references.

Keywords: self-leveling mix, aluminous cement, slag cement.

## Turinys

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS .....	9
ĮVADAS.....	10
DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.....	11
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	12
1.1. Mišinių paskirtis.....	12
1.2. Reikalavimai .....	14
2. NAUDOJAMOS ŽALIAVOS.....	16
2.1. Mineraliniai komponentai.....	16
2.1.1. Portlandcementis .....	16
2.1.2. Baltasis portlandcementis .....	16
2.1.3. Aliuminatinis cementas.....	17
2.1.4. Gipsas .....	18
2.1.5. Lakieji pelenai .....	20
2.1.6. Anhidrito milteliai .....	21
2.1.7. Klinčių miltai .....	22
2.2. Modifikatoriai – įmaišos.....	22
2.2.1. Vandenį sulaikančios .....	23
2.2.2. Redisperguojamoji.....	24
2.2.3. Superplastikliai .....	26
2.2.4. Rišimosi lėtikliai.....	26
2.2.5. Putų gesikliai .....	26
2.2.6. Išsiplėtimą reguliuojančios.....	26
2.2.7. Plastikliai.....	27
2.2.8. Orą įtraukiančios įmaišos.....	27
3.TYRIMO METODIKA IR NAUDOTOS ŽALIAVOS.....	28
3.1. Tyrimams naudotos medžiagos.....	28
3.2. Tyrimo metodikų ir metodų aprašymas.....	29
3.2.1. Mišinio sklidumo nustatymas.....	30
3.2.2. Bandinių formavimas.....	33
3.2.3. Lenkimo stiprio nustatymas .....	34
3.2.4. Gniuždymo stiprio nustatymas .....	37

4. SAVAIME IŠSILYGINANČIO MIŠINIO SUDĖTIES KEITIMAS .....	40
4.1. Mišinio sklidumo nustatymas .....	41
4.2. Lenkimo stiprio nustatymas .....	44
4.3. Gniuždymo stiprio nustatymas.....	46
4.4. Redisperguojančios įmaišos įtaka gniuždomajam ir lenkiamajam stipriui.....	48
IŠVADOS .....	51
Literatūros sąrašas .....	52

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<b>1 pav.</b> a) Sijotuvus 1,25 frakcija; b) Automix maišyklė; c) Svarstyklės.	29
<b>2 pav.</b> Sutardo viskozimetras sklidumui nustatyti	30
<b>3 pav.</b> Bandiniai	30
<b>4 pav.</b> Sklidumo bandymo rezultatai	33
<b>5 pav.</b> Bandiniai	34
<b>6 pav.</b> Hidraulinis presas Toni Technik	34
<b>7 pav.</b> Apkrovos perdavimo į bandinį per vieną ritinį schema	35
<b>8 pav.</b> Bandinių lenkimo rezultatai	36
<b>9 pav.</b> Hidraulinis presas Toni Technik	37
<b>10 pav.</b> Bandinių gniuždymo rezultatai	39
<b>11 pav.</b> Mišinio sklidumo bandymo rezultatai	42
<b>12 pav.</b> Bandinių palyginimas	43
<b>13 pav.</b> Mišinio sklidumo pokytis, %	43
<b>14 pav.</b> Lenkimo stipris bandinių su šlakiniu cementu	44
<b>15 pav.</b> Bandinių palyginimas	45
<b>16 pav.</b> Lenkimo stiprio pokytis	45
<b>17 pav.</b> Gniuždymo stipris bandinių su šlakiniu cementu	46
<b>18 pav.</b> Bandinių palyginimas	47
<b>19 pav.</b> Gniuždymo stiprio pokytis, %	47
<b>20 pav.</b> Gniuždymo stiprio pokytis %, nuo įmaišos kiekio Flowkit 74	49
<b>21 pav.</b> Lenkiamo stiprio pokytis %, nuo įmaišos kiekio, Flowkit 74	49
<b>22 pav.</b> Sklidumo pokytis %, nuo įmaišos kiekio Bermocoll E230X	50



## LENTELIŲ SĄRAŠAS

<b>1 lentelė.</b> Pagrindiniai techniniai reikalavimai išlyginamiesiems grindų mišiniams	14
<b>2 lentelė.</b> Sukietėjusio skiedinio skirstymas į klases ir reikalavimai giuždomajam stipriui	14
<b>3 lentelė.</b> Sukietėjusių skiedinių skirstymas į klases ir reikalavimai lenkiamajam stipriui	14
<b>4 lentelė.</b> Sukietėjusių cemento skiedinių skirstymas į klases ir reikalavimai nusidėvėjimui	14
<b>5 lentelė.</b> Reikalavimai išlyginamųjų skiedinių grindų dangoms, kai juda transportas	15
<b>6 lentelė.</b> Pagrindiniai naudojami komponentai	16
<b>7 lentelė.</b> Baltojo portlandcemenčio klinkerio mineraloginė sudėtis	19
<b>8 lentelė.</b> Gipso rišimosi trukmės	20
<b>9 lentelė.</b> Tyrimams naudotos medžiagos	29
<b>10 lentelė.</b> Mišinio receptų sudėtys	31
<b>11 lentelė.</b> Mišinių sklidumo rezultatai	32
<b>12 lentelė.</b> Bandinių su aliuminatiniu cementu lenkimo rezultatai	36
<b>13 lentelė.</b> Bandinių su aliuminatiniu cementu gniuždymo rezultatai	38
<b>14 lentelė.</b> Tyrimams naudotos medžiagos	40
<b>15 lentelė.</b> Mišinio receptų sudėtys	41
<b>16 lentelė.</b> Mišinio sklidumo rezultatai	42
<b>17 lentelė.</b> Bandinių su šlakiniu cementu lenkimo rezultatai	44
<b>18 lentelė.</b> Bandinių su šlakiniu cementu rezultatai	46
<b>19 lentelė.</b> Mišinio recepto sudėtis	48

## IVADAS

Lygus pagrindas – vienas svarbiausių reikalavimų, prieš klojant paskutinę grindų dangą. Viena patogiausių technologijų išlyginti pagrindą grindims – naudoti savaime išsilyginančius grindų mišinius. Rankomis arba mechaniškai išlieta masė išsilygina savaime, taigi nereikia papildomai glaistyti ar šlifuoti. Tai pagreitina apdailos darbus. Lyginamuosius skiedinius galima naudoti ir dideliuose objektuose, ir lyginant nedidelio buto grindis.

Skirtingi gamintojai nurodo įvairius sluoksnio storius – nuo 1,5 iki 50 mm. Užliejus grindis, net po 3 valandų jau galima vaikščioti, o po 3 dienų jos jau išlaiko apkrovą. Grindų konstrukcija, sluoksnių skaičius jų storis ir reikalavimai kiekvienam sluoksniui priklauso nuo grindų paskirties bei pagrindo, ant kurio bus klojamos grindys. Mišiniai naudojami grindis klojant ant lygaus ir nelygaus paviršiaus perdangų plokščių, grunto, įrengiant garso ir šilumos izoliacijas. Mišinių sudėčių parinkimas priklauso nuo eksploatacijos sąlygų (temperatūros, drėgmės, šalčio), apkrovų pobūdžio ir kitų veiksnių. Modifikuoti sausieji mišiniai gali tenkinti visus reikalavimus, keliamus atskiriems grindų dangų sluoksniams.

Tokiais mišiniais labai patogiu atnaujinti seną nusidevėjusį betoną tokiose vietose kaip daugiaukštės automobilių stovėjimo akstelės, sandėlių grindys ir t.t., kurių nusidevėjimas daugiausiai įtakotas nuo temperatūrų kaitos, cheminio poveikio ar didelių eksploatacinių apkrovų. Daugumoje tokių nusidevėjimų atvejų problemos kyla tik dėl pačio paviršiaus pažeidimų, todėl nereikia keisti visos konstrukcijos kai galima tiesiogiai išlieti naują, ploną išlyginamąjį sluoksnį, kuris yra pigesnis bei reikalauja trumpesnių terminų.

## **DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI**

### **Darbo tikslas:**

Atlikus eksperimentinius tyrimus, įvertinti kokią įtaką turi savaime išsilyginančiam grindų mišiniui šlakinis cementas, ir mišiniuose naudojamos įmaišos

### **Uždaviniai:**

1. Sukurti mišinį, kuris atitiktų savo savybėmis jau sukurtiems keičiant brangias žaliavas pigesnėmis.
2. Mišinys turi atitikti techninius reikalavimus:
  - nustatyti sukietėjusiam bandiniui sklidumą;
  - nustatyti sukietėjusiam bandiniui lenkiamąjį stiprį;
  - nustatyti mišinio gniūždomąjį stiprį;
3. Varijuojant mišinio sudėtimi aliuminatinį cementą pakeisti šlakinio cementu.
4. Bandymus atlikti su mišiniu kurio sudėtyje yra šlakinio cemento.
5. Eksperimentiniu būdu iširti kokią įtaką mišiniui turi naudojamos įmaišos.

### **Tyrimo objektas:**

Savaime išsilyginantis grindų mišinys.

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

### 1.1. Mišinių paskirtis

Terminas savaime išsilyginantis buvo sukurtas Jungtinėse Valstijose ARDEX, Inc. 1978 metais atsižvelgiant į jų pirmą savaime išsilyginantį produktą, ARDEX K 15 Premium. Terminas buvo naudojamas atskirti jį nuo tradicinio betono, kuris paprastai reikalauja daugiau darbo jėgos, nei savaime išsilyginantys mišinys. Savaime išsilyginantys grindų mišiniai, skirti išorės ir vidaus grindims bei nedidelių pagrindo nelygumų baigiamajam išlyginimui ant betono, šildomų grindų ir kitų pagrindų [1].

Grindų konstrukcijų būna įvairių ir visos mišinių sudėtytys parenkamos atsižvelgiant į įrengtų grindų funkcijas, kurios būna gana įvairios. Išlietų grindų konstrukciją galima suskirstyti į tam tikrus sluoksnius, kuriems ir parenkamos mišinių sudėtytys:

- pagrindinis;
- hidroizoliacinis;
- šilumos ir garso izoliacinis;
- gruntinis;
- išlyginamasis;
- uždengiamasis [1].

Savaime išsilyginantys grindų mišiniai skirti užpilti rankiniu ir mechaniniu būdu. Savaime išsilyginantys grindų mišiniai skirti greitam grindų pagrindo įrengimui bei lyginimui, statant butus ar kitas patalpas. Rekomenduojama naudoti ant betoninio ir cementinio pagrindo grindų. Tinka kaip pagrindas keraminėms ir akmens plytelėms, parketui, plokštėms, kiliminėms, PVC ir kamštinėms dangoms. Grindų konstrukcija, išlietų sluoksnių skaičius jų storis ir reikalavimai kiekvienam sluoksniui priklauso nuo grindų paskirties bei pagrindo, ant kurio bus klojamos. Mišinių sudėčių parinkimas priklauso nuo eksploatacijos sąlygų (temperatūros, drėgmės, šalčio), apkrovų pobūdžio ir kitų veiksnių. Modifikuoti sausieji mišiniai gali tenkinti visus reikalavimus, keliamus atskiriems grindų dangų sluoksniams [1].

Mišiniai naudojami, kaip atnaujinti senas betonines grindis tokiose vietose, kaip daugiaaukščiai garažai ar įvairios automobilių stovėjimo akstelės, pramoninių angarų grindys ir t.t. Tokį nusidevėjimą daugiausiai įtakoja aplinkos temperatūrų kaita, cheminio poveikio ar didelių eksploatacinių apkrovų kaita. Didžiausia tokių nusidevėjimų atvejų problema yra pažeistas

dangos paviršius, todėl atliekant remontinius darbus nereikia ardyti visos konstrukcijos kai galima tik išlieti naują, ploną išlyginamąjį sluoksnį, kuris yra pigesnis bei reikalauja trumpesnių terminų.

Tokio tipo dangos remontai šiuo metu dažniausiai yra atliekami dviem būdais: atvežamo betono paskleidimas paviršiuje ir sutankinimas vibruojant arba vietoje sumaišyto betono paskleidimas paviršiuje ir sutankinimas vibruojant. Atsirandus vis daugiau naujų įvairiausių cheminių priedų galima pagaminti labai geras savybes turintį savaimę išsilyginantį mišinį. Mišinys buvo sukurtas siekiant sumažinti darbininkų ir kvalifikuotų specialistų poreikį. Tuo pačiu augant betono panaudojimui sudėtingiems architektūriniais statiniais ir kurims mažagabarites konstrukcijas su labai artimai išdėlita armatūra labai svarbu sukurti gerai tarpus užpildantį betoną kuris užtikrintų reikiamą stiprumą bei ilgaamžiškumą [2].

Polimerinius mineralinius išlyginamųjų grindų dangų sausuosius mišinius sudaro daugelis komponentų, todėl jų tarpusavio sąveika, kokybė, kietėjimo greitis, technologinės savybės daro įtaką įrengiamų grindų kokybei [1].

Prenkant sudėtis būtina atsižvelgti į šiuos reikalavimus:

- paruošto skiedinio savaiminio pasklidimo trukmė - ne ilgiau kaip 15 min;
- sukietėjęs skiedinys nesusitraukia arba susitraukia minimaliai, jeigu tai leidžia reglamentas;
- paklotame skiedinyje neturi būti sedimentacijos požymių;
- neturi būti pleišėjimo sluoksnio visu storiu;
- paviršiuje neturi susidaryti putų.

Išlyginamieji grindų mišiniai - susidedanti iš grynųjų cementų (portlandcementis, aliuminatinis cementas), frakcionuoto smėlio (priklausomai nuo mišinio paskirties), įvairių mineralinių priedų ir įvairios paskirties įmaišų, kurios padidina mišinių slankumą, plastiškumą, sumažina iki minimumo sedimentaciją, padidina sukibimo su pagrindu ir lenkiamąjį stiprį, atsparumą šalčiui, reguliuoja susitraukimo deformatyvumą [1].

Grindų dangos sluoksnio storis, priklausomai nuo mišinio sudėties, gali būti nuo 3 iki 10 mm ir nuo 3 iki 25 mm. Pagrindiniai techniniai reikalavimai išlyginamosioms grindims pateikiami 1 lentelėje.

Sausųjų mišinių gamyba išlyginamosioms grindims – tai labai sudėtingas techninis ir technologinis procesas. Pagrindas ant kurio bus liejamos grindys, privalo būti lygus, glotnus ir leidžiantis per trumpiausią laiką tęsti tolimesnius grindų įrengimo darbus, naudotinas tiek pastatų viduje tiek išorėje [1].

## 1.2. Reikalavimai

Išlyginamieji grindų mišiniai pagal atskiras specifines savybes skirstomi į klases. Reikalavimai atskiroms savybėms pagal klasifikavimą pateikiami 2-5 lentelėse [1].

Išlyginamuosius mišinius, sumaišytus su vandeniu, būtina pakloti ant pagrindo per 20-30 min, jeigu gamintojas nenurodo kitų paklojimo terminų.

**1 lentelė.** Pagrindiniai techniniai reikalavimai išlyginamiesiems grindų mišiniams

Rodiklis	Rodiklių reikšmės, kai sluoksnio storis iki	
	10 mm	25 mm
Sklidumas (pasklidimo skersmuo), cm, ne mažesnis kaip	24	24
Mišinio tankis, kg/m <sup>3</sup> , ne mažesnis kaip	1800	2000
Gniuždomasis stipris, MPa, ne mažesnis kaip	5-70	5-70
Dilumas, g/m <sup>2</sup> , ne didesnis kaip	-	2,0
Atsparumas šalčiui, ciklais	-	50
Savaiminė susitrauktis, %, ne didesnė kaip	0,08	0,08
Lenkiamasis stipris, MPa, ne mažesnis kaip	1,0-50,0	1,0-50,0
Sukibimo su pagrindu stipris, MPa, ne mažesnis kaip	0,8	0,8
<ul style="list-style-type: none"> <li>• su betonu ar tinku</li> <li>• su šilumos arba garso izoliaciniu sluoksniu</li> </ul>	Ne mažesnis kaip šilumos arba garso izoliacinio sluoksnio tempiamasis stipris	

**2 lentelė.** Sukietėjusio skiedinio skirstymas į klases ir reikalavimai giuždomajam stipriui

<b>Klasė pagal giuždomąjį stiprį</b>	<b>C5</b>	<b>C7</b>	<b>C12</b>	<b>C16</b>	<b>C20</b>	<b>C25</b>	<b>C30</b>
<b>Gniuždomasis stipris, N/mm<sup>2</sup></b>	5	7	12	16	20	25	30
<b>Klasė pagal giuždomąjį stiprį</b>	<b>C35</b>	<b>C40</b>	<b>C50</b>	<b>C60</b>	<b>C70</b>	<b>C80</b>	
<b>Gniuždomasis stipris, N/mm<sup>2</sup></b>	35	40	50	60	70	80	

**3 lentelė.** Sukietėjusių skiedinių skirstymas į klases ir reikalavimai lenkiamajam stipriui

<b>Klasė pagal lenkiamąjį stiprį</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
--------------------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

<b>Lenkiamasis stipris, N/mm<sup>2</sup></b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Klasė pagal lenkiamąjį stiprį</b>	<b>F10</b>	<b>F15</b>	<b>F20</b>	<b>F30</b>	<b>F40</b>	<b>F50</b>	
<b>Lenkiamasis stipris, N/mm<sup>2</sup></b>	10	15	20	30	40	50	

**4 lentelė.** Sukietėjusių cemento skiedinių skirstymas į klases ir reikalavimai nusidėvėjimui

<b>Klasė pagal nusidėvėjimą</b>	<b>AR6</b>	<b>AR4</b>	<b>AR2</b>	<b>AR1</b>	<b>AR0,5</b>
<b>Didžiausias nusidėvėjimas, μm</b>	600	400	200	100	50

**5 lentelė.** Reikalavimai išlyginamųjų skiedinių grindų dangoms, kai juda transportas

<b>Klasės žymuo</b>	<b>Leidžiama apkrova grindims į ploto vienetą</b>				
	<b>RWA 300</b>	<b>RWA 100</b>	<b>RWA 20</b>	<b>RWA 10</b>	<b>RWA 1</b>
<b>Trinties jėga į cm<sup>2</sup></b>	300	100	20	10	1

Savaime išsilyginančių grindų kokybę užtikrina mišinyje esančios kokybiškos medžiagos atitinkančios Lietuvoje esančius standartus, ilgaamžiškumas priklauso nuo skiedinio liejimo technologijos, eksploatacijos sąlygų. Labai svarbu yra ir pats pagrindas ant kurio bus liejamos grindys. Patikrinami pagrindo nelygumai, įtrūkimai bei kiti defektai. Paviršius turi būti švarus, sausas ir tvirtas, negali būti riebalinių dėmių. Savaime išsilyginančio skiedinio liejimo darbus galima atlikti, kai pagrindo ir aplinkos temperatūra klojant ir kietėjant būtų nuo +5 iki +25 °C.

Savaime išsilyginantys grindų mišiniai naudojami grindims išlyginti ir įrengti gyvenamosiose ir visuomeninėse patalpose tiek išorėje, tiek viduje, gipsinius savaime išsilyginančius grindų mišinius rekomenduojama naudoti tik sausose vidaus patalpose [1].

## 2. NAUDOJAMOS ŽALIAVOS

Sausųjų savaime išsilyginančių grindų mišinių gamybos technologija ir kokybė tiesiogiai priklauso nuo žaliavų kokybės, jų fizikinių bei cheminių savybių. Svarbiausia ko yra siekiama – kokybė, todėl būtina kad žaliavų charakteristikos būtų kuo artimesnės idealioms. Pagrindiniai naudojami komponentai tokiems mišiniams pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Pagrindiniai naudojami komponentai

<b>Mineraliniai komponentai</b>	Portlandcementis CEM I 42,5 R; Klinčių miltai; Anhidrito milteliai; Lakieji pelėnai; Aliuminatinis cementas; Gipsas; Baltasis portlandcementis.
<b>Įmaišos</b>	Vandenį sulaikanti; Redisperguojanti; Putų gesikliai; Superplastikliai; Kietėjimo greitikliai; Rišimosi lėtikliai; Plastikliai; Armuojančios įmaišos.

### 2.1. Mineraliniai komponentai

#### 2.1.1. Portlandcementis

**Portlandcementis** (CEM I) yra pagrindinė miltelių pavidalo hidraulinė rišamoji medžiaga, priskiriama įprastinių cementų grupei. Cemento ir cemento mišinių naudojimo būdai apima sausus mišinius bei šlapias suspensijas. Portlandcementis (CEM I) yra ankstyvo stiprumo portlandcementis tai gryniausia cementų atmaina. Portlandcemenčio sudėtis: klinkeris 95-100%, papildomi komponentai sudaro iki 5%.Gipso į portlandcementį dedama, kad sureguliuotumėme cemento rišimosį trukmę . Nepridėjus gipso, klinkerio milteliai labai greitai susiriša. Be gipso priedo cemento skiedinio ar betono mišinių negalima panaudoti, o cemento akmuo būna nestiprus. Gipso į portlancementį dedama apie  $1 \div 3,5 \% S_0_3$  [1].

#### 2.1.2. Baltasis portlandcementis

Baltojo ir spalvotojo portlandcemenčių gamybai naudojamos švrios klintys ir kreida bei kaolinas. Pagrindiniam (M0) moduliui padidinti naudojami gryni kvarciniai smėliai. Žaliavose ribojami geležies oksido, mangano ir chromų oksidų bei kitų dažomųjų oksidų kiekiai. Gamybos



procesu baltojo portlandcemenčio klinkeris dar turi žalsvoką atspalvį, todėl balinamas. Išbalintas klinkeris malamas su gipsu [1].

Gaminant spalvotuosius cementus malimo metu pridedama dažomųjų pigmentų: geležies oksidų (geltonos, raudonos, juodos spalvos), mangano dioksido (juodos, rudos spalvų), chromo oksidų (žalios spalvos), kobalto oksido (mėlynos) [1].

Baltasis ir spalvotieji portlandcemenčiai naudojami sausųjų mišinių gamybai, betoniniams apdailos dirbiniams gaminti [1].

Tamsiai pilką įprastinio portlandcemenčio spalvą lemia geležies oksido, mangano oksido ir kitų dažomųjų oksidų įmaišos žaliavose [1].

Baltasis portlandcementis gaunamas iš mažai geležies oksido turinčio klinkerio, kuris skiriasi nuo paprastojo didesniu  $\text{SiO}_2$  (23,5-25,5 %) ir  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (5,5-7 %) kiekiu ir, svarbiausia, mažu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kiekiu (iki 0,4-0,5 %) [1].

**7 lentelė.** Baltojo portlandcemenčio klinkerio minerologinė sudėtis

$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$	$\text{C}_3\text{S}$	$\text{C}_2\text{S}$	$\text{C}_3\text{A}$	$\text{C}_4\text{AF}$
0,25-0,35 %	0,005-0,015 %	35-50 %	35-45 %	14-17 %	0,9-1,4 %

Svarbiausias baltojo portlandcemenčio rodiklis yra jo baltumo laipsnis (80-90 %). Jis nustatomas lyginant cemento baltumą su etalonu -  $\text{BaSO}_4$  plokštelės baltumu. Pastaruoju metu prekiaujamo baltojo cemento techniniai parametrai yra šie: baltumo laipsnis - ne mažiau kaip 84,5 %, gniuždomasis stipris po 28 parų - ne mažiau kaip 52,5 MPa [1].

### 2.1.3. Aliuminatinis cementas

Aliuminatiniu cementu vadinama greitai kietėjanti hidraulinė rišamoji medžiaga, kurioje vyrauja mažo bazingumo kalcio aluminatai. Ji gaunama smulkiai sumalus išlydytą ar išdegtą iki sukepimo žaliavų įkrovą, paruoštą iš klinčių arba kalkių ir daug aliuminio oksido turinčių medžiagų [2].

Aliuminatiniame cemente būna 30-50 %  $\text{AlO}$ , 35-45 %  $\text{CaO}$ , 5-15 %  $\text{SiO}$ , 5-15 %  $\text{FeO}$ . Jis gaunamas iš klinčių arba degtų kalkių ir boksitų. Boksitai – tai uoliena, kurią sudaro aliuminio hidroksidas su kvarco, geležies oksidų ir kitokiomis priemaišomis. Žaliavose nepageidautinos  $\text{SiO}$  ir  $\text{MgO}$  priemaišos, nes gamybos metu jos sudaro balastinius junginius – gelenitą  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}$  ·  $\text{AlO}$  ir špinelį  $\text{MgO} \cdot \text{AlO}$ , kurie neturi rišamųjų savybių. Yra du aliuminatinio cemento gamybos

būdai: lydymas ir degimas iki sukepimo. Antrasis būdas naudojamas retai, nes reikia grynesnių žaliavų, be to, labai mažas įkrovos sukepimo intervalas. Įkrovoje, lydymoje redukuojančioje aplinkoje, gelenitas nesusidaro, nes SiO redukuojasi iki elemento silicio, o FeO - iki metalinės geležies ir sudaro ferosilicį, kuris, būdamas labai sunkus, nusėda ant krosnies dugno ir taip atskiriamas nuo išlydyto cemento. Aliuminatinį cementą galima lydyti elektrinėse, vateržaketinėse, sukamosiose krosnyse ir aukštakrosnėse [2].

Aliuminatinis cementas pasižymi labai geromis savybėmis. Jis rišasi normaliai, bet kietėja labai greitai. Šio cemento markės: 400, 500 ir 600. Jo markė rodo stiprumą po 3 parų, o ne po 28, kaip portlandcemento ir daugelio kitų rišamųjų medžiagų. Sukietėjusiame aliuminatiniame cemento nėra Ca (OH), todėl jis labai atsparus agresyviai vandeniui ir karščiui. Sukietėjęs aliumininis cementas yra tankesnis už portlandcementą, nes jame daugiau vandens yra susijungusio į hidratinius junginius ir gana daug yra Al(OH) gelio. Dėl to šis cementas gana atsparus šalčiui [3].

Aliuminatinis cementas vartojamas betono ir gelžbetonio konstrukcijoms, kurių temperatūra kietėjant būna ne aukštesnė kaip 25 °C ir kurioms reikia greitai kietėjančio, šalčiui ir daugkartiniam įmirkymui bei džiūvimui atsparaus aukštos markės betono. Jis tinka ir tiems statiniams, kuriuos veikia sulfatiniai vandenys bei sieros dioksido dujos. Iš aliuminatinio cemento gaminamas karščiui atsparus betonas, plėtrusis ir nesitraukiantis cementas. Jis vartojamas įvairiems avariniams ir remonto darbams. Šis cementas netinka masyvioms konstrukcijoms ir nevartotinas, kai temperatūra lietėjant esti aukštesnė kaip 25 °C [3].

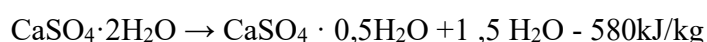
#### **2.1.4. Gipsas**

Gipsas yra daugiausia Lietuvoje paplitęs mineralas. Daugiausia gipso Lietuvoje randama šiaurinėje jos dalyje. Daugiausia gipso klodai susidaro iš uždaro tipo vandens telkinių, palaipsniui garuojant. Gipsas taip pat gali iškristi prie karštų šaltinių hidroterminėse gyslose, iš vulkaninių plyšių ar sulfatais turtingų versmių [7].

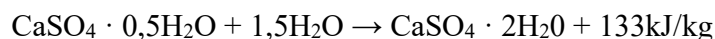
Sukietėjusio statybinio gipso stiprumas priklauso nuo miltelių smulkumo, panaudoto vandens kiekio tešlai užmaišyti ir aplinkos drėgnumo. Šie faktoriai aiškinami taip: smulkūs milteliai pilniau sureaguoja su vandeniu, ir dirbiniai būna stipresni; kuo didesniu vandens kiekiu užmaišomas gipsas, tuo daugiau lieka nesureagavusio su gipsu vandens, kuris išgaruoja ir palieka poras. Drėgnoje aplinkoje gipsas tirpsta ir sumažėja gaminio stiprumas. Statybinio gipso rišimasi sulėtina kalkės (dedama iki 5%), įmaišų

Statybinis gipsas - miltelių pavidalo baltos spalvos orinė rišamoji medžiaga, sudaryta iš pusvandenio kalcio sulfato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ), gaunama gamtinio gipso uolieną termiškai apdorojant 160-180 °C temperatūroje. Gipsinės rijamosios medžiagos gaminamos iš dalies arba visiškai dehidratavus gamtinį gipsą ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ir džiovimą gamtinį anhidritą ( $\text{CaSO}_4$ ). Taip gaunamas  $\beta$  –  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$  - pushidratis gipsas (statybinisgipsas). Aukštavertis ( $\alpha$  -  $\text{CaSO}_4 - 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) pushidratis gipsas gaunamas sočiuose vandens ganiuose iš dalies dehidratavus 105-125 °C gipsą ir sumalus [7].

Gipso susidarymo metu vyksta endoterminė reakcija:



Gipsui dehidratuoti naudojami virimo katilai, būgninės džiovyklos, šachtinės krosnys ir kr. Sumaišytas su vandeniu statybinis gipsas kietėja. Tuo metu vyksta hidratacijos (vandens prisijungimo) reakcija:



Gipsas yra greitai besirišanti ir kietėjanti rišamoji medžiaga. Rišimosi trukmė priklauso nuo malinio smulkumo, žaliavų mineralinės sudėties ir įvairių cheminių priedų. Pagal rišimosi trukmę gipsas skirstomas į rūšis [7].

Kietėdamas gipsas chemiškai suriša apie 18,6 % vandens. Likęs didelis laisvojo vandens kiekis išgaruoja ir sudaro didelį gipso akmens atvirą poringumą (iki 40 %), o tai sąlygoja nedidelį jo stiprį ir atsparumą šalčiui bei didelį vandens įgeriamumą. Gipso savitasis tankis yra apie 2320  $\text{kg/m}^3$ , kietumas pagal Moso skalę yra 2. Gipsas ketėdamas plečiasi, jo tūris padidėja iki 1 %. Todėl gipsas labai gerai užpildo formą ir gaunamos tikslios formos liejiniai. Liejiniuose kietėjant gipsui nesudaro plyšių, todėl gaminius iš gipso galima gaminti be užpildų [7].

**8 lentelė.** Gipso rišimosi trukmės

Gipso rūšis	Gipso rišimosi pradžia, min.	Gipso rišimosi pabaiga, min.
<b>Greitai besirišantis</b>	$\leq 2$	$\leq 15$
<b>Normaliai besirišantis</b>	$\leq 6$	$\leq 30$
<b>Lėtai besirišantis</b>	$\leq 20$	-

Sumalto gipso smulkumas turi įtakos mišinio rišimosi greičiui ir stiprumui. Stambesnės gipso dalelės vandenyje tirpsta lėčiau, todėl ir kietėjimas sulėtėja. Malinio smulkumas nusakomas

likučio ant sieto, kurio akelės kraštinės ilgis 0,2 mm, procentais pagal LST EN 13279-1. Dažniausiai liekana ant šio sieto sudaro ne daugiau kaip 15 %. Pagal sumalimo smulkumą gipsas skirstomas į grubaus (< 23 %), vidutinio (< 14 %) ir smulkaus (< 2 %) malimo gipsą [7].

Nustatant gipso normalaus tirštumo tešlą yra naudojamas Sutardo viskozimetras - tuščiaaviduris metalinis cilindras ir graduota stiklinė plokštelė. Vandens sąnaudos normalaus tirštumo tešlai paruošti sudaro (50-70 %)  $\beta$  modifikacijos ir (35-45 %)  $\alpha$  modifikacijos [7].

Aukštavertis gipsas. Virinant gamtinių gipsą autoklavuose (garų slėgis iki 1,3 atm), gaunamas aukštavertis gipsas, kurio didžiąją dalį, kaip ir statybinio gipso, sudaro pusvandeninis gipsas ( $\text{CaSCU} \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). Tačiau jo kristalai yra stambesni ir aktyvesni. Toks gipsas dar vadinamas techniniu. Tešlai pagaminti reikia mažiau vandens, todėl gaminiai yra stipresni. Pagal stiprumą gniuždant  $\text{kG/cm}^2$  (po 7 parų kietėjimo) aukštavertis gipsas skirstomas į markes: 200, 250, 300, 350 ir 400.

#### **2.1.5. Lokieji pelenai**

Lokieji pelenai, susidarantys deginant biokurą ar anglį, daugiausia gali būti naudojami dvejopai, vienas būdas naudojant pelenus kaip atskirą vientisą sluoksnį, o kitas pelenus permaišant kartu su žvyru. Pelenų naudojimas suteikia tokių funkcinių savybių kaip tvirtumas, patvarumas ir atsparumas šalčiui. Tai gi gaminiai, kuriuose yra lakiųjų pelenų arba kurie yra statybinių konstrukcijų pagrindas turės mažesnę pralaidumą, didesnę atsparumą šalčiui, ilgaamžiškumą. Šios savybės priklauso nuo lakiųjų pelenų kokybės, tikimasi, kad konstrukcijos naudojant pelenus gali būti geresnės už tradicines konstrukcijas, kaip yra naudojamas smėlis ar žvyras. Priklausomai nuo sudegintos anglies kilmės ir savybių, pelenų sudėtis gerokai skiriasi, bet visi lokieji pelenai turi didelį kiekį silicio dioksido ( $\text{SiO}_2$ ) ir kalcio oksido ( $\text{CaO}$ ) [5].

Seniau lokieji pelenai buvo išleidžiami į atmosferą, tačiau atsižvelgus ir įvertinus aplinkos apsaugą Europos sąjunga reikalauja, kad lakiuosius pelenus prieš išleidžiant į atmosferą būtina perfiltruoti. Šiuo metu apie 43% pelenų yra perdirbama, dažniausiai naudojami papildyti portlandcemenčio betono gamybą [5]. Pelenų panaudojimas betono gamyboje suteikia tokių savybių kaip tvirtumas, patrauklumas, atsparumas šalčiui. Gaminiai, kuriuose yra lakiųjų pelenų arba kurie yra statybinių konstrukcijų pagrindas, turi mažesnę pralaidumą drėgmei, vandeniui.

Dėl savo pucolaninių savybių, lokieji pelenai naudojami kaip portlandcemenčio pakaitalas betono mišiniuose. Lokieji pelenai dažnai pakeičia iki 30 % portlandcemenčio masės, tačiau gali

būti panaudotas didesnėmis dozėmis prie tam tikrų aplinkybių. Lakieji pelenai gali pagerinti betoninio stiprumą ir padidinti jo cheminį atsparumą ir ilgaamžiškumą [6].

Lakieji pelenai šiuolaikinėje pramonėje gali pagerinti betono pritaikomumą. Pelenų dalelių rutulinė forma, padidina cemento našumą kartu sumažinant didesnę vandens poreikį [6].

#### **2.1.6. Anhidrito milteliai**

Anhidritas - tai sulfatų klasės mineralas ir nuosėdinė uoliena. Chemiškai – kalcio sulfatas  $\text{CaSO}_4$ . Anhidritui reaguojant su vandeniu susidaro gipsas ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Kietumas pagal Moso skalę 3,5, specifinis tankis 2,9. Gerai poliruoja. Uoliena tanki, be porų, neplyšiuota, neporėta (monolitiška), nelaidi nei skysčiams nei dujoms, kieta ir atspari. Lietuvos anhidritas yra labai grynas,  $\text{CaSO}_4$  kiekis 97-98 %, gniuždomasis stiprumas vidutiniškai sudaro 52,5-62,5 MPa, ganėtinai atsparus šilumos ir šalčio kaitos ciklams, mažai plečiasi nuo šilumos, jo laidumas šilumai didėja didėjant temperatūrai, pagal savo dekoratyvumo rodiklius yra panašus į marmurą, lengvai pjaunamas, šlifuojamas ir poliruojamas.

Gipsinės rišamosios medžiagos, tarp jų ir išskiliai anhidrito pagrindu, bei jų gaminiai plačiai naudojami visame pasaulyje. Pagal Europos gipso pramonės asociacijos (EUROGYPSUM) pateiktus duomenis Europos gipso pramonė apima daugiau nei 200 gamyklų, 160 karjerų, tiesiogiai šioje pramonėje dirba 28 tūkst. žmonių, dar 85 tūkst. žmonių (tinkuotojų, plokščių montuotojų ir pan.) dirba netiesiogiai. Gipso dirbinių pramonė ypač išvystyta tokiose šalyse kaip Vokietija, Prancūzija, Ispanija, Didžioji Britanija. Tinkamos žaliavos nebuvimas ir yra pagrindinė priežastis, kodėl gipso pramonė, priešingai nei kitų statybinių gaminių pramonė, Lietuvoje nebuvo išvystyta. Milžiniškų anhidrito išteklių įsisavinimas įgalintų sukurti iš esmės naują pramonės šaką, kuri atverstų šias Lietuvos ūkio plėtros galimybes.

Lietuvoje anhidritas ištisiniu 40-60 m storio klodu užpildo viršutinio permio Priegliaus svitos sulfatinių nuogulų storumę, kuri išplitusi visoje pietinėje ir pietvakarinėje Lietuvoje, apie 12 tūkst.km<sup>2</sup> plote 155-790 m gylyje. Pirmą kartą šios nuogulos aptiktos Kaune gręžiant artezinį šulinį Ragučio alaus darykloje 1927 metais. Arčiausiai žemės paviršiaus pakankamai storas anhidrito sluoksnis aptinkamas rytinėje savo išplitimo dalyje Kauno-Prienu apylinkėse ir gelmėja pietvakarių kryptimi. Polinkio kampas nedidelis – tikrai 1-2°.

### 2.1.7. Klinčių miltai

Klintys (tankios, konglomeratai) tai nuosėdinė karbonatinė uoliena, susidariusi daugiausia jūrose iš mineralo kalcito ( $\text{CaCO}_3$ ). Dažniausiai būna su dolomito, aleurito, smėlio, molio ir kt. priemaišomis. Gerai reaguoja su druskos rūgštimi ir išskiria anglies dioksido dujas; dėl to jas lengva atskirti nuo kitų uolienu. Grynos klintys (<5 % priemaišų) yra baltos arba šviesiai pilkos, su aleurito arba molio priemaiša - pilkos, tamsiai pilkos, su organinėmis medžiagomis -tamsiai pilkos iki juodos, o su geležies priemaiša gelsvos, rusvos ar rudos spalvos. Klintys susidaro iš 0,0001-20 mm dydžio ir įvairios formos kalcio kristalų. Jų struktūra labai įvairi - būna masyvi, sluoksniuota, gniutulinė ar kitokia. Dažniausia randamos organogeninės ir cheminės klintys. Eksploatuojamos atviruoju būdu karjeruose Akmenės r. (Karpėnų, Menčių telkiniai). Lietuvoje klintys randamos ordoviko, silūro, devono, permo, triaso ir kvartero sistemose. Storiausi sluoksniai (iki 150 m) susidarė ordoviko ir silūro periodų negiliuose šiltuose baseinuose. Spalva - šviesiai pilka ir pilka, kartais gelsva ir ruda. Klintys yra vidutinio kietumo, minkštos, smulkiakristalės. Naudojamos trupintos stambųjų (4-63 mm) ir smulkiųjų (0-4 mm) užpildų gamybai, o maltos - mikroužpildams, suteikiančios sausiesiems mišiniams specialių savybių [1].

### 2.2. Modifikatoriai – įmaišos

Savaime išsilyginančių grindų mišinių pasiūla reikalauja, kad pagamintų šalyje mišinių kokybė tenkintų standartų reikalavimus ir būtų pastovi.

Savaime išsilyginančių mišinių gamybos technologija ir jų kokybė priklauso nuo žaliavų fizikinių ir cheminių charakteristikų. Nukrypimai nuo šių savybių neigiamai atsiliepia pagaminto produkto kokybei, todėl žaliavų tinkamas parinkimas svarbus nepriekaištingai kokybei gauti

Savaime išsilyginančių mišinių savybės gerinamos įdedant įvairios paskirties cheminius priedus, bendru pavadinimu – įmaišos. Jų dėka gaminamos savaime išsilyginančių grindų dangos.

Praktikoje naudojami du sausųjų mišinių modifikavimo (gerinimo) būdai [1]:

- įdedant į mišinį celiuliozės eterių;
- įdedant į mišinį polimerinių skirtingos cheminės sudėties ir skirtingų savybių dispersinių įmaišų [3].

Modifikuojančios įmaišos veikia ir cemento hidrolizė bei hidratacijos procesus bei rišančiųjų medžiagų struktūros susidarymą. Cemento kietėjime, veikiant modifikuojantiems priedams, galima pastebėti šiuos procesus [1]:

- portlandcemenčio rišimose stadijoje susidaro kalcio hidroksidai ir kalcio hidrosilikatai;
- cemento aktyviųjų dalelių paviršiuje susidarantys junginiai pradeda blokuoti įmaišinių priedų polimerine plėvele, „uždarant“ vandens patekimą į sistemą „cementas – vanduo“;
- intensyviu kalcio hidroaluminatų ir etringito susidarymu, sulėtėjus kalcio hidrosilikatų kiekiui;
- formuojantis stiprėjančios polimerinės matricos atsiradimas intensyvina kalio silikatinės dalies susidarymą [1].

Celiuliozės eteriai, priklausomai nuo jų kiekio, gali pagreitinti ir sulėtinti cemento hidratacijos procesą.

Modifikuojančios įmaišos leidžia valdyti technologinius procesus, fizikines ir mechanines bei eksploatacines sausųjų mišinių savybes.

Sausųjų mišinių kokybė priklauso nuo jo sudėtinių dalių, todėl parenkamos medžiagos, kurios suteiktų mišiniam norimų savybių, kad iš jų atlikti darbai galėtų patikimai funkcionuoti įvairioje aplinkoje. Daugeliu atvejų tai pasiekama naudojant įmaišinius cheminius priedus, kurie padeda derinti savaime išsilyginančių mišinių savybes jų paskirčiai [8].

### 2.2.1. Vandeni sulaikančios

Vandens atskyrimą mažinančios įmaišos, kurias įdėjus vandens atsiskiria mažiau arba vanduo visai neatsiskiria. Keliami mišinio vandens atskyrimą mažinančiomis įmaišomis, kai konsistencija tokia pati, turi būti iki 50 % mažesnis, palyginti su kontroliniu mišiniu. Stiprumas gniuždant padidėja iki 80 %, lyginant su kontroliniu mišiniu [12].

Vandenyje tirpstantys modifikuoti celiuliozės eteriai yra pagrindinės modifikuojančios miltelinės įmaišos, didinančios mišinio vandens laikomumą, mažinančios sukietėjusio mišinio susitraukimą, gerinančios sukibimą (lipnumą) su pagrindu, prailginančios plutelės paviršiuje susidarymo trukmę, esant minimaliai aplinkos temperatūrai, atsparios šarmų poveikiui ir didinančios sukietėjusio mišinio mechaninį stiprumą (sukibimo su pagrindu stiprį, LST EN 1348).

Tai metilceliuliozės, metilhidroksietilceliuliozės, metilhidroksi-propilceliuliozės, hidroksietilceliuliozės eteriai: methocel, wolocel, mecellose; komacel, bermocoll, addilose, solvitose, agocel, culminal, integral Waterprooffer, sikament ir kt. [1].

Metilceliuliozė (methocel) suteikia mišiniam vandens sulaikymą nuo 4 iki 40 °C temperatūros. Šios įmaišos palengvina mišinio klojimą ant pagrindo, geriau sukimba su juo, neišsiskiria vanduo. Galima sumažinti cemento užpildų mišiniuose vandens cemento santykį,

nesumažinant jų slankumo, nes žymiai vandens padidina sulaikymas. Methocel įmaišos dedama 0,10-0,25 % nuo mišinio masės [1].

### **2.2.2. Redisperguojamoji**

Redisperguojantieji polimero latekso milteliai sudaro ant mineralinių medžiagų matricos polimerinę standžią arba elastingą plėvelę. Padidėja mišinio dalelių sukibimas, sumažina aktyvumą, yra papildoma rišamoji medžiaga, nekeičianti pagrindinių rišančiųjų medžiagų (cementu, gipso) hidratacijos greičio [9].

Redisperguojančiųjų įmaišų pagrindinės savybės:

- adhezija, standžios arba elastingos plėvelės susidarymas;
- atsparumas šarmams, geras maišymasis su cementais; minimali įmaišinės plėvelės ant medžiagų grūdelių susidarymo temperatūra;
- greitas mišinių dalelių redispergavimas;
- gebėjimas maišytis su plastikliais ir kitomis įmaišomis [1].

Kietėjant portlandcementui susidariusio struktūra nėra absoliučiai tanki. Net stiklas turi iki 0,5 % tuštymių. Realiuose sukietėjusio cementinio akmens kristaliniuose tinkleliuose yra struktūros defektų ir pažeidimų, susidaro mikroporos ir tuštymės. Jos sudaro skirtumą tarp idealios ir realios medžiagos fizikinių ir mechaninių savybių reikšmių. Tradiciniai sukietėję statybiniai mišiniai yra pervarstyti įvairiomis poromis, kapiliarais ir mikroplyšiais. Daugeliu atvejų šios tuštymės tarp savęs susijungia tokiais pat kapiliarais ir mikroplyšiais. Visi jie sudaro tam tikrą erdvę tarp kietųjų grūdelių, kurios viena su kita būna susijungę ir sudaro savotišką skeleto formos karkasą [1].

Įdėjus vandenyje tirpių stambiamolekulių organinių junginių redisperguojančių polimerų pagrindu įmaišų: stireno akrilato, latekso ir kitų pagerina sukietėjusio skiedinio struktūrą ir savybes. Polimerinės įmaišos iš dalies esti ir kaip rišamoji medžiaga. Cementas kietėja kaip visuomet, jungdamasis su vandeniu ir sudarydamas cementinį akmenį, o susikaupę polimerai susidariusios struktūros porų ir kapiliarų sienelės padengia tankia geros adhezijos ir sankabumo su cementiniu akmeniu bei smėlio užpildo plėvele, padidėja tankis, ir toks sukietėjęs skiedinys tampa atsparesnis įvairiems poveikiams [11]. Už įprastinį tik cementinį sukietėjusį mišinį yra stipresnis, atsparesnis aplinkos poveikiui: padidėja atsparumas šalčiui, dilimui, mažiau praleidžia vandens, ne toks trapus, bet brangesnis. Stirolo akrilatai gerai tirpsta vandenyje, lengvai kopolimerizuojasi ir



modifikuojasi. Stirolo akrilatai turi apie 25-30 % sausojo stireno. Savybės priklauso nuo polimerizacijos laipsnio ir modifikatorių priedo [1].

Sumaišius mišinyje esančias redisperguojančias įmaišas su vandeniu jos tampa klijuojančia polimerine dispersija, kuri sukietėjusiam mišinyje sudaro „guminius tiltelius“ tuštymėse, porose, kapiliaruose apie cemento ir užpildo dalelių. Esminę įtaką polimerų turinčios redisperguojančios įmaišos turi sukietėjusio skiedinio struktūrai ir savybėms. Toks sukietėjęs mišinys yra pakankamai stiprus atplėšimui nuo pagrindo ir elastingas, tuštymės, poros ir kapiliarai užpildyti polimerine medžiaga.

Daugeliu atvejų cementiniams mišiniams būtinas ne tik pakankamas gniuždomasis stiprumas, bet ir pakankamas atplėšimo (sukibimo su pagrindu) stiprumas eksploatacijos metu. Mišiniai su mineralinėms rišančiomis medžiagomis sugeba pasiekti pakankamą sukibimo stiprumą tik su betonu, plytomis, bet blogai sukimba su glazūruotos keramikos plytelėmis, putų polistireno plokštėmis, metalo dirbiniais. Redisperguojančios įmaišos žymiai pagerina mišinio sukibimo adgeziją. Išorinio tinko ir glaistymo mišiniai, ypač cokolinei pastato ar statinio daliai, vandenį izoliuojantys, savaime išsilyginantys, elastingieji armuotieji plytelių klijų mišiniai gaminami su redisperguojančiomis ir vandenį sulaikančiomis celiuliozės eterių įmaišomis. Tokiems mišiniams svarbi kokybės charakteristika yra polimerinės plėvelės susidarymo minimali temperatūra ir jos polimerizacijos temperatūra. Minimali polimerinės plėvelės susidarymo temperatūra - temperatūra kurioje polimerinės dalelės dar yra pakankamai slankios, galinčios tekėti ir sudaryti apie mineralinę dalelę gaubiančiąją vienalytę plėvelę. Polimerizacijos temperatūra - temperatūra kuriai esant ant mineralinės dalelės polimerinė plėvelė iš plastiškos būsenos pereina standesnę stiklėjančią (T<sub>g</sub>) [10]. Kuo redisperguojančiųjų įmaišų plėvelės susidarymo temperatūra žemesnė, tuo pagamintus mišinius galime naudoti platesniame temperatūrų diapozone, nesikeičiant mišinių savybėms [1].

Gaminant dekoratyviniam tinkui mišinius dažnai susiduriama su įvairiomis tinko sluoksnio užtepimo ir baigiamojo sluoksnio technologinėmis problemomis; sukietėjęs mišinys supleišėja, arba atsiranda pakankamai įvairios formos ir pločio plyšių eksploatacijos metu. Naudojant modifikuotus dekoratyvinio tinko mišinius galima lengvai pakeisti arba pašalinti tokius defektus, naudojant mišinius su redisperguojančiomis įmaišomis, kurios padidina mišinio adgezinį sukibimą su pagrindu, atstumia difunduojantį vandenį į dekoratyvinį sluoksnį ir padidina atsparumą šalčiui. Pavyzdžiui, Neolith P 6000, redisperguojanti įmaiša padidina mišinio klojimą, technologiškumą, o metilceliuliozės eteriai sukaupia tam tikrą vandens kiekį, celiuliozės plaušai Technocel arba Ricem panaikina pleišėjimą [11].

### **2.2.3. Superplastikliai**

Tai - įmaišos, kurias įdėjus nekeičiant konsistencijos galima gerokai sumažinti vandens kiekį (daugiau 12%) mišinyje arba nekeičiant vandens kiekio gerokai padidinti sukietėjusio mišinio slankumą/sklidumą, arba gauti abu rezultatus kartu. Sukietėjusio mišinio stiprumas gniuždant po vienos paros kietėjimo yra didesnis 140 %, o po 28 parų bandomojo mišinio stiprumas didesnis 115%, palyginti su kontroliniu mišiniu. Kai v/c santykis toks pats, sklidumas padidėja daugiau 120 mm., palyginti su pradiniu (30+10 mm). Po 30 min. nuo įmaišos įdėjimo bandomojo mišinio sklidumas turi atitikti pradinės kontrolinio mišinio sklidumo lygio [1]

### **2.2.4. Rišimosi lėtikliai**

Tai įmaišos, kurias įdėjus mišinys rišasi lėčiau. Rišimosi pradžia bandomojo mišinio ilgesnė už kontrolinio mišinio rišimąsi daugiau 90 min., o rišimosi pabaiga yra ankstesnė 360 min, lyginant su kontrolinio mišinio rišimosi pabaiga. Stiprumas gniuždant po 7 parų kietėjimo bandomojo mišinio didesnis daugiau 80 %, palyginant su kontroliniu mišiniu. [8]:

### **2.2.5. Putų gesikliai**

Tai - miltelinės įmaišos neutralios ar šarminės reakcijos produktai naikinantys arba reguliuojantys maišymo metu susidariusias iš oro įsiurbtas putas. Putų gesinimo įmaiša reguliuoja mišinio dearacija klijavimo ant paviršių metu. Oro burbulėlių susidarymui didelę įtaką turi vandenilio jonų koncentracija pH. Sumažėjus iki neutralios reakcijos susiskaldo

Putos ir jų tūris sumažėja. Maišymo metu, esant neutraliai reakcijai, skysčio paviršiaus įtempimai padidėja ir oru užpildyti burbuliukai išplaukę į paviršių sunyksta. Naudojamos mišiniuose su mineralinėmis rišančiomis medžiagomis įvairiuose sausuosiuose mišiniuose, ruošiamuose prieš juos vartojant. Didžiausią pritaikymą turi Agitan ir Defomex putų gesintojai [10].

### **2.2.6. Išsiplėtimą reguliuojančios**

Tai įmaišos, kurias įdėjus padeda cementui rištis ir kietėti greičiau, padidėja pradinis kietėjimo stiprumas. Specialiuose reikalavimuose nurodoma, jog, esant 20 °C temperatūrai, bandomojo mišinio rišimosi pradžia įvyksta po 30 min., o bandomojo mišinio gniuždomasis

stiprumas po 28 parų kietėjimo yra didesnis daugiau 80 %, lyginant su kontroliniu. Be to, galima sumažinti rišančiosios medžiagos kiekį. Oro kiekis šviežiame mišinyje neviršija 2 % (tūrio) negu kontroliniame mišinyje. [8].

#### **2.2.7. Plastikliai**

Tai - įmaišos, kurias įdėjus, nekeičiant konsistencijos, galima sumažinti vandens kiekį daugiau 5 % mišinyje, arba nekeičiant vandens kiekio, padidinti mišinio slankumą/sklidumą, arba gauti abu rezultatus kartu. Sukietėjusio mišinio stiprumas po 7 ir 28 parų padidėja daugiau 110 % palyginus su kontroliniais bandiniais [1].

#### **2.2.8. Orą įtraukiančios įmaišos**

Tai įmaišos, kurias įdėjus maišant skiedinio mišinyje susidaro tam tikras kiekis smulkių vienodai pasiskirsčiusių uždarų porų liekančių sukietėjusiam mišinyje. Mišinyje įtraukto oro tūris turėtų būti ne didesnis už 2,5 % palyginti su mišiniu be orą įtraukiančių įmaišų, o bendras įsiurbto oro kiekis sukietėjusiam skiedinyje turi būti nuo 4 iki 6 % (tūrio). Stabilūs oro burbulėliai putos, vienodai pasklidę visoje masėje, daro ją poringą. Stiprumas gniuždant irgi gali padidėti [1].

### 3.TYRIMO METODIKA IR NAUDOTOS ŽALIAVOS

#### 3.1. Tyrimams naudotos medžiagos

Savaime išsilyginančių grindų mišinių pasiūla reikalauja, kad pagamintų šalyje mišinių kokybė tenkintų standartų reikalavimus ir būtų pastovi.

Savaime išsilyginančių grindų mišinių gamybos technologija ir jų kokybė priklauso nuo žaliavų fizikinių ir cheminių charakteristikų. Nukrypimai nuo šių savybių neigiamai atsiliepia pagaminto produkto kokybei, todėl žaliavų tinkamas parinkimas svarbus neprikaištingai kokybei gauti.

Magistriniame darbe atliekamiems tyrimams bandiniai buvo ruošiami iš vienodų žaliavų (žiūr. 10 lentelę).

**ELOTEX FL2280** - Disperguojantis vandenį sulaikantis priedas didina sausųjų mišinių susiliečiančių paviršių sukibimą dėl kūno dalelių sąveikos. Stiprumą lemia susiliečiančių medžiagų fizikinė ir cheminė prigimtis, paviršių švarumas lietimosi plotas.

**BERMOCOLL E230X** – modifikuota nejoninis, neutralus, gerai vandenyje tirpstantis celiuliozės eteris naudojamas kaip vandenį sulaikanti ir didinanti mišinio klojimą įmaiša. Nedidelio klampumo baltos spalvos miltelių, kurių dalelių dydis mažiau 425 μm, disperguojanti ir stabilizuojanti vandenį sulaikanti etilhidroksietilceliuliozė. Tinkamiausias kiekis 0,4-0,8 % mišinio masės.

**AGITAN-** miltelinė įmaiša neutralios ar šarminės reakcijos produktas naikinantis arba reguliuojantis maišymo metu iš oro įsiurbtas putas. Putų gesinimo įmaiša reguliuoja mišinio klojumą ant paviršių metu. Tai baltos spalvos 0,28-0,6 g/cm<sup>3</sup> tankio lengvi, angliavandeniliniai, poliglikoliai silicio rūgštyje, turintys hidrofobinių savybių milteliai lengvai disperguojami vandenyje. Sudėtyje yra 33-49 % pelenų. Dedama į mišinį 0,05-1,0 % mišinio masės.

**FLOWKIT 74-** disperguojantys milteliai su stipriu skystinimo poveikiu, aukštas mišinio klampumas, mažina vandens atsiskyrimą, gerina sukibimą. Didesnis mišinio lankstumas, mažina susitraukimus ir skilinėjimą. Aukštas galutinis mišinio stiprumas. Rekomenduojama dozė 0,50-1,50% mišinio masės.

**9 lentelė.** Tyrimams naudotos medžiagos

<b>Mineraliniai komponentai</b>	Portlandcementis CEM I 42,5 R; Aliuminatinis cementas (40% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); Smėlis; Klinčių miltai 10-20 μm (kalcio karbonatas); Gipso milteliai (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) (kalcio sulfatas); Kalcitinių gesintų kalkių milteliai; Anhidrito milteliai.
<b>Įmaišos</b>	Disperguojantys vandenį sulaikantys Elotex FL2280; Putų gesikliai Agitan P800; Vandenį sulaikanti Bermocoll E 230X; Redisperguojantys Flowkit 74.

### 3.2. Tyrimo metodikų ir metodų aprašymas

Skiedinio mišiniai buvo maišomi laboratorijoje mechaniniu būdu ir su AUTOMIX maišykle (b)) pagal *EN 1937:1999, Test method for hydraulic setting floor smoothing and/or leveling compounds – Standard mixing peocedures.*

Visi bandymai atlikti maišant 300 ml mišinio plastikiniuose induose. Smėlis buvo sijojamas 1,25 mm frakcijos sietu 1 pav. (a). Medžiagos sveriamos elektronėmis svarstyklėmis 1 pav. (c).



**1 pav.** a) Sijotuvus 1,25 frakcija; b) Automix maišyklė; c) Svarstyklės.

### 3.2.1. Mišinio sklidumo nustatymas

Kadangi pagal LST EN 12706:2004 aprašoma tik bandymo eiga ir reikalavimai bet reikiamų gauti rezultatų nėra, pasirinktas kontrolinis bandinys „SAKRET NSP (3-20 mm)“.

Mišinio sklidumui nustatyti buvo naudojamas Sutardo viskozimetras. Sklidumo bandymas atliekamas pripildant 30 mm skersmens ir 50 mm aukščio vamzdelį padėtą ant stiklo, paruoštu mišiniu. Pakėlus vamzdelį leidžiama mišiniui lengvai tekėti, matuojamas gauto blyno skersmuo dvejomis kryptimis.



2 pav. Sutardo viskozimetras sklidumui nustatyti



3 pav. Bandiniai

Vienas iš pagrindinių tikslų, iš turimų medžiagų, buvo suformuotos mišinių sudėtys. Mišinių sudėtys pateiktos 10 lentelėje.

**10 lentelė.** Mišinio receptų sudėtys

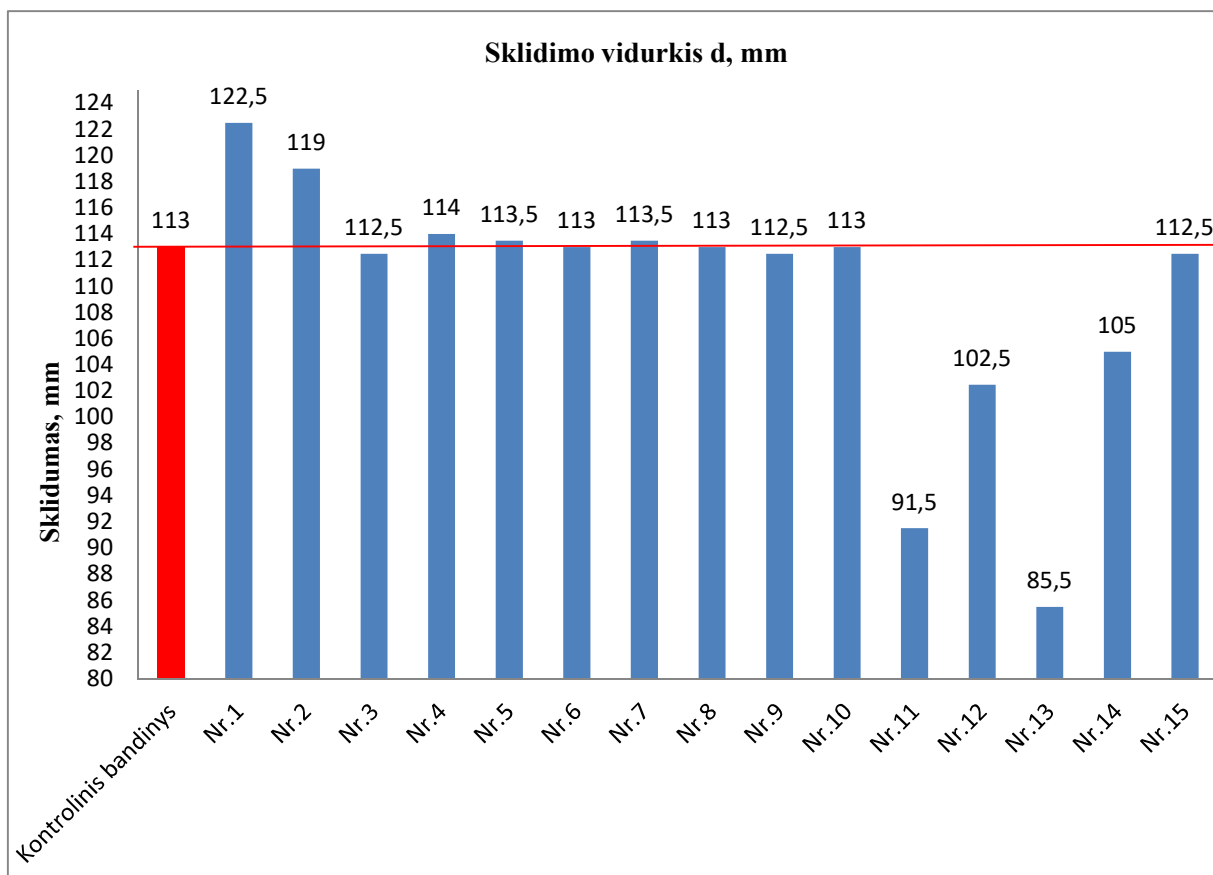
Mineraliniai komponentai	Recepto Nr.														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Portlandcementis CEM I 42,5 R, %	30	30	23	23	23	46	40	22,5	18,5	24,5	24	18	32	27,5	11
Aliuminatinis cementas (40% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %			12	12	12	3	5		12						20
Smėlis, %	54,5	54,48	44,5	44,48	43,88	44	40	54	41	60	60	55	54,3	60	30
Klinčių miltai 10-20 µm (kalcio karbonatas), %	15	15	15	15	15		13,5	22,5	19,4	14,6	5	16		14,5	24
Gipso milteliai (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) (kalcio sulfatas), %			4	4	4,2				6,5	0,6	10,7	10	13	7	
Kalcitinių gesintų kalkių milteliai, %			1	1	1	4,5									
Anhidrito milteliai, %															12,5
<b>Įmaišos</b>															
Disperguojantys vandenį sulaikantys Elotex FL2280, %						0,1	0,05			0,1					0,2
Putų gesikliai Agitan P800, %					0,12	0,9	0,05	0,2	0,15		0,1	0,3		0,4	0,6
Vandenį sulaikanti Bermocoll E 230X, %		0,02		0,02	0,05	0,01	0,4	0,2	0,05	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Redisperguojantys Flowkit 74, %	0,50	0,5	0,5	0,5	0,75	1,5	1,0	0,6	2,0	0,1	0,1	0,5	0,5	0,4	1,5
<b>Iš viso:</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Rekomenduojamas vandens kiekis, %</b>	20	20	20	20	20,5	25	22	20	22	20	22	22	22	20	20

Tyrimams buvo paruošta 15 skirtingų receptų. Buvo pasirinktas kontrolinis bandinys „SAKRET NSP (3-20 mm)“ Mišinio sklidumo rezultatai pateikti 11 lentelėje.

**11 lentelė. Mišinių sklidumo rezultatai**

<b>Mišinys</b>	<b>Sklidimas d<sub>1</sub>, mm</b>	<b>Sklidimas d<sub>2</sub>, mm</b>	<b>Vidurkis d, mm</b>
<b>Kontrolinis bandinys</b>	113	113	<b>113</b>
<b>Nr.1</b>	120	125	<b>122,5</b>
<b>Nr.2</b>	118	120	<b>119</b>
<b>Nr.3</b>	113	112	<b>112,5</b>
<b>Nr.4</b>	115	113	<b>114</b>
<b>Nr.5</b>	114	113	<b>113,5</b>
<b>Nr.6</b>	113	113	<b>113</b>
<b>Nr.7</b>	114	113	<b>113,5</b>
<b>Nr.8</b>	114	112	<b>113</b>
<b>Nr.9</b>	112	113	<b>112,5</b>
<b>Nr.10</b>	114	112	<b>113</b>
<b>Nr.11</b>	90	93	<b>91,5</b>
<b>Nr.12</b>	105	100	<b>102,5</b>
<b>Nr.13</b>	85	86	<b>85,5</b>
<b>Nr.14</b>	110	100	<b>105</b>
<b>Nr.15</b>	113	112	<b>112,5</b>





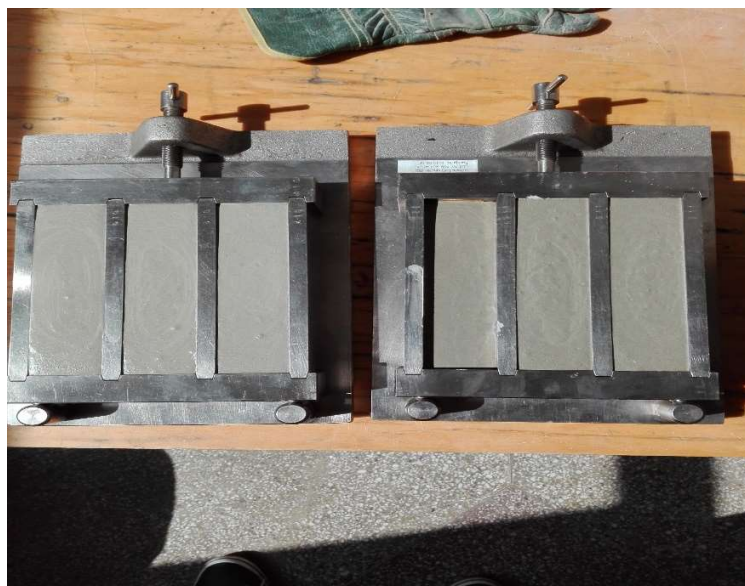
**4 pav.** Sklidimo bandymo rezultatai

Eksperimentiniuose tyrimuose buvo nustatytas mišinių sklidumas. Apdorojus gautus rezultatus, pagal sklidimo bandymą, tolimesniems bandymams parenkame 10 savaiame išsilyginančių mišinių receptų, artimiausių kontroliniam mišiniui sklidumo parametrus. Mišiniai su didesniu gipso milteliu ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (kalcio sulfatas) kiekiu, parodė mažesnius sklidumo rezultatus. 7 iš 10 receptų buvo naudojamas aluminatinis cementas Gorkal 40 (40 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

### 3.2.2. Bandinių formavimas

Mišiniai buvo paruošti laboratorijoje maišymo maišyklėje AUTOMIX. Maišymo trukmė – 1,5 min. Mišinys buvo išpilamas į alyvą iššleptas laboratorines formas. Remiantis EN 13892-1:2003 standartu buvo suformuoti bandiniai 40 x 40 x 160 mm. Mišiniams paruošti buvo naudojami sausi užpildai. Cementas, užpildai ir cheminiai priedai buvo dozuojami pagal masę, o vanduo - pagal tūrį. Plastifikuojantis priedas buvo įmaišomas į mišinius kartu su vandeniu. Bandiniai po 24

valandų buvo išimti iš formų. Bandiniai buvo kietinami 28 paras. Po 28 parų kietėjimo buvo nustatynėjamas stipris gniūždant ir stipris lenkiant.



5 pav. Bandiniai

### 3.2.3. Lenkimo stiprio nustatymas

LST EN 12390-5:2009 standarte nurodomas betono bandinių stiprio lenkiant nustatymo metodas.

Suformuoti prizminiai bandiniai yra veikiami lenkimo momento, perduodant apkrovą per viršutinius ir apatinius ritinius. Užrašoma didžiausia bandinio atlaikoma apkrova ir apskaičiuojamas betono stipris lenkiant.

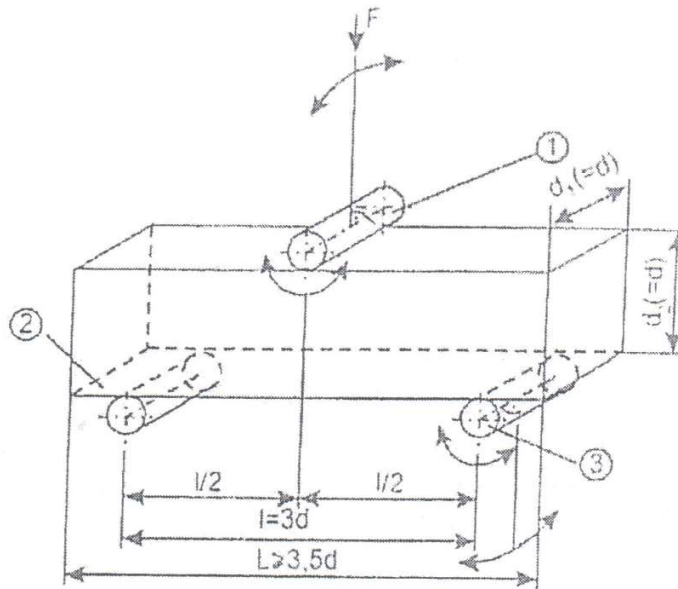
Įranga. Bandyto mašina hidraulinis presas Toni Technik atitnkantis EN 196-1.



6 pav. Hidraulinis presas Toni Technik

Bandiniai turi būti prizmės pagal LST EN 12390-1:2012. Suformuoti formose bandiniai turi atitikti LST EN 12350-1:2009 ir LST EN 12390-2:2009.

Apkrovimas turi būti perduodamas centre per vieną apkrovos ritinį, kaip parodyta 7 paveiksle. Apkrovos ritinys turi galėti laisvai pasisukti.



7 pav. Apkrovos perdavimo į bandinį per vieną ritinį schema

Stipris lenkiant apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_c = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2};$$

čia:

$f_c$  - stipris lenkiant megapaskaliais (niutonais kvadratiniam milimetrai);

F – ardomoji apkrova niutonais;

$d_1$  ir  $d_2$  – skrespjūvio šoniniai matmenys milimetrais;

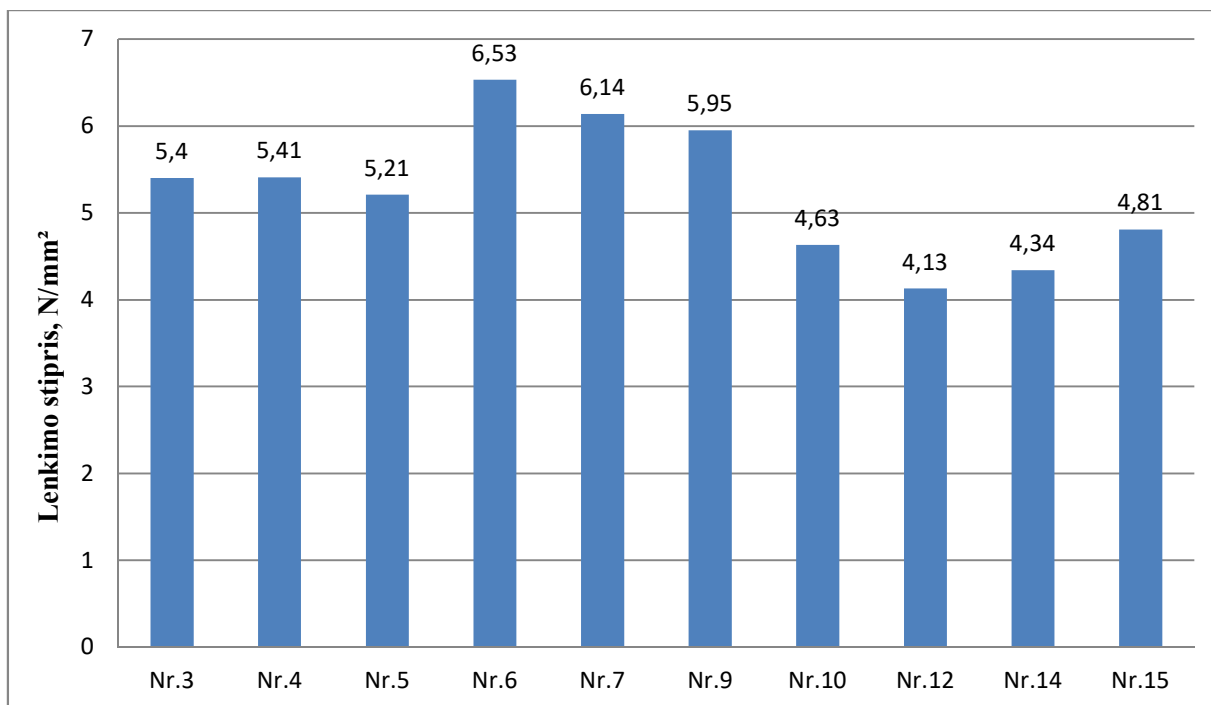
l – atstumas tarp apatinių ritinių milimetrais.

Stipris lenkiant išreiškiamas 0,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>) tikslumu.

12 lentelė. Bandinių su aliuminaciniu cementu lenkimo rezultatai

Bandinys	Rezultatai			Vidurkis
	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
<b>Nr.3</b>	5,3	5,5	5,4	<b>5,4</b>
<b>Nr.4</b>	5,2	5,31	5,72	<b>5,41</b>
<b>Nr.5</b>	5,34	5,23	5,06	<b>5,21</b>
<b>Nr.6</b>	6,57	6,27	6,75	<b>6,53</b>
<b>Nr.7</b>	6,48	6,03	6,01	<b>6,14</b>
<b>Nr.9</b>	5,89	6,03	5,93	<b>5,95</b>
<b>Nr.10</b>	4,68	4,52	4,69	<b>4,63</b>
<b>Nr.12</b>	4,03	4,22	4,14	<b>4,13</b>
<b>Nr.14</b>	4,27	4,32	4,43	<b>4,34</b>
<b>Nr.15</b>	4,91	4,88	4,64	<b>4,81</b>

8 paveiksle pateikti savaime išsilyginančių mišinių lenkimo stiprio rezultatai:



8 pav. Bandinių lenkimo rezultatai

Apdorojus gautus rezultatus matome, kad lenkimo stipris didžiausias tuose receptuose kuriuose didžiausias kiekis redisperguojančios įmaišos ir didžiausias kiekis cemento.

Pagal LST EN 13813:2003 Savaiame išsilyginančių mišinių lenkiamasis stipris, ne mažesnis 1,0-50,0 MPa.

Pagal LST EN 13813:2003 mišinio sudėčių, Nr.3 atitinka F5 (5,4N/mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.4 atitinka F5 (5,41 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.5 atitinka F5 (5,21N/mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, **Nr.6 atitinka F6 (6,53N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę**, Nr.7 atitinka F6 (6,14N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.9 atitinka F5 (5,95N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.10 atitinka F4 (4,63N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.12 atitinka F4 (4,13N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.14 atitinka F4 (4,34N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę, Nr.15 atitinka F4 (4,81N/ mm<sup>2</sup>) stiprumo lenkiant klasę. . Kontrolinių bandinių ,vidutinis lenkiamas stipris **5,25 N/mm<sup>2</sup> tai atitinka F5 stiprumo klasę.**

### 3.2.4. Gniuždymo stiprio nustatymas

LST EN 12390-3:2009 standarte nurodomas betono bandinių stiprio gniuždant nustatymo metodas.

Bandiniai gniuždomi iki suirimo bandymo mašina, atitinkančia LST EN 12390-4:2003. Užrašoma didžiausia bandinio atlaikoma apkrova ir apskaičiuojamas betono stipris gniuždant.

Įranga. Bandymo mašina hidraulinis presas Toni Technik atitnkantis EN 196-1.



9 pav. Hidraulinis presas Toni Technik

Prieš padedant bandinį į bandymo mašiną nuo jo paviršiaus nušluostomos dulkės. Švariai nušluostomi visi mašinos atraminiai paviršiai ir nuo bandinio paviršiaus pašalinami laisvi grūdėliai arba pašalinės medžiagos, kad būtų sąlytis su mašinos plokštėmis.

Tarp bandymo mašinos plokščių ir bandinio nededami jokie intarpai, išskyrus pagalbines plokštes. Bandiniai padedami taip, kad apkrova veiktų statmenai formavimo krypčiai. Bandinio centras turi sutapti su apatinės plokštės centru  $\pm 1\%$  nurodyto kubo kraštinės.

Prenkamas pastovus apkrovos didinimo nuo 0,2 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>·s) iki 1,0 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>·s) greitis. Apkrova bandiniui perduodama be smūgių ir nepertraukiamai didinama parinktu pastoviu  $\pm 10\%$  greičiu tol, kol toliau nedidėja.

Stipris gniuždant yra apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$f_c = F/A, \text{ N/mm}^2;$$

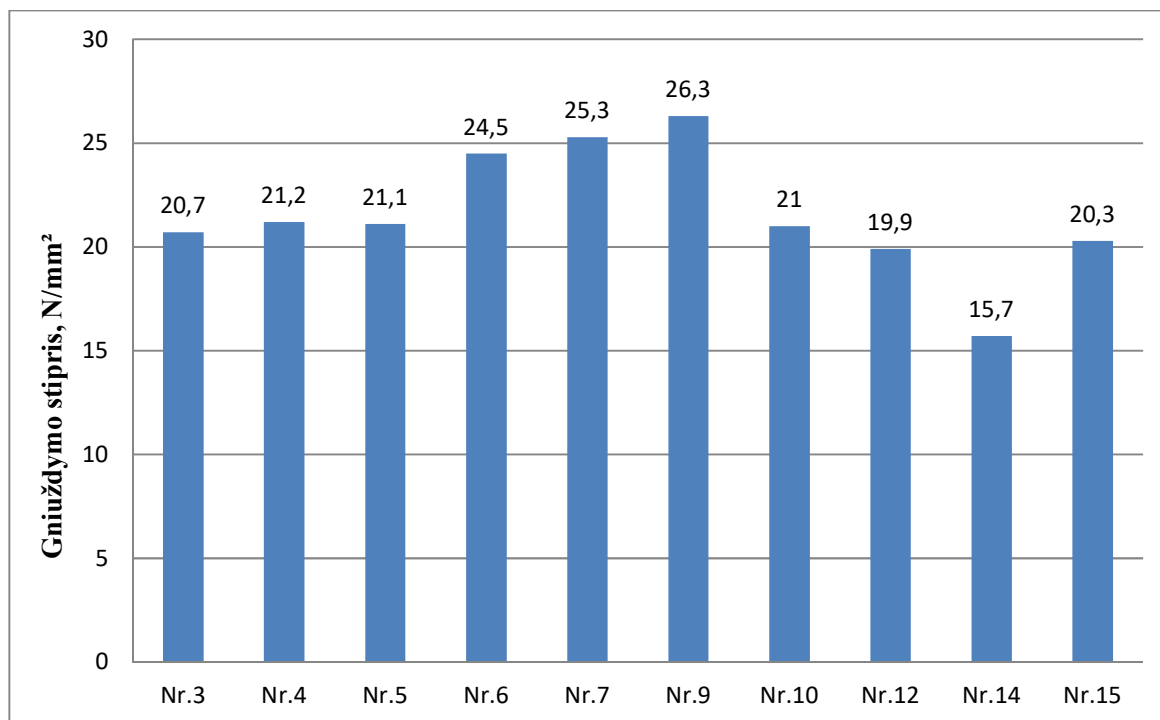
čia:  $f_c$  - stipris gniuždant megapaskaliais (niutonais kvadratiniam milimetru); F- didžiausia ardomoji apkrova niutonais; A – bandinio skerspūvio plotas kvadratiniais milimetrais (mm<sup>2</sup>), kurią veikė gniuždymo jėga, apskaičiuojamas iš bandinio nurodyto dydžio (žr. LST EN 12390-1:2012) arba iš bandinio matmenų matavimo.

Stipris gniuždant turi būti išreiškiamas 0,5 MPa (N/mm) tikslumu.

**13 lentelė.** Bandinių su aliuminatiniu cementu gniuždymo rezultatai

Bandinys	Rezultatai						Vidurkiai
	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
<b>Nr.3</b>	21,2	20,9	21,1	19,9	20,2	20,8	<b>20,7</b>
<b>Nr.4</b>	21,1	21,4	20,7	20,9	21,4	21,7	<b>21,2</b>
<b>Nr.5</b>	20,7	21,4	21,3	20,9	20,8	21,5	<b>21,1</b>
<b>Nr.6</b>	24,3	24,7	24,8	24,1	24,2	24,9	<b>24,5</b>
<b>Nr.7</b>	25,6	25,4	25,7	24,9	25,0	25,4	<b>25,3</b>
<b>Nr.9</b>	26,6	25,9	25,9	26,4	26,5	26,5	<b>26,3</b>
<b>Nr.10</b>	20,8	21,3	20,9	21,0	21,4	20,6	<b>21</b>
<b>Nr.12</b>	19,8	19,6	20,4	19,7	20,0	19,9	<b>19,9</b>
<b>Nr.14</b>	15,4	15,7	16,1	15,6	15,8	15,6	<b>15,7</b>
<b>Nr.15</b>	20,2	20,7	20,4	19,9	20,0	20,6	<b>20,3</b>

10 paveiksle pateikti savaime išsilyginančių mišinių gniuždymo stiprio rezultatai:



**10 pav.** Bandinių gniuždymo rezultatai

Pagal LST EN 13813:2003 Savaime išsilyginančių mišinių gniuždomasis stipris, ne mažesnis 5-70 MPa. Pagal gautus rezultatus matome, kad gniuždymo stipris didžiausias tuose receptuose kuriuose didžiausias kiekis portlandcemenčio CEM I 42,5 R ir aliuminatinio cemento Gorkal 40(40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Pagal LST EN 13813:2003 mišinio sudėčių: Nr.3 atitinka C20 (20,7 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.4 atitinka C20 (21,2 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.5 atitinka C20 (21,1 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.6 atitinka C2 (24,5 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.7 atitinka C25 (25,3 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, **Nr.9 atitinka C25 (26,3 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę**, Nr.10 atitinka C20 (21,0 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.12 atitinka C16 (19,9 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.14 atitinka C12 (15,7 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę, Nr.15 atitinka C20 (20,3 N/mm<sup>2</sup>) stiprumo klasę. Kontrolinių bandinių ,vidutinis gniuždymo stipris **21,6 N/mm<sup>2</sup> tai atitinka C20 stiprumo klasę.**

#### 4. SAVAIME IŠSILYGINANČIO MIŠINIO SUDĖTIES KEITIMAS

Varijuojant sudėtinėmis mišinio dalimis galima keisti tam tikras produkto savybes tokias kaip sklidumas ar stiprumas. Sudėtinių dalių keitimu galima taip pat ir sumažinti mišinio savikainą. Darbe sudaromos mišinių sudėtys pakeičiant brangiausią sudėtinę mišinio dalį – aliuminatinį cementą, į kitą rišamąją medžiagą – šlakinį cementą. Tolimesniems tyrimams naudosisiu 7 receptus, kurių sudėtyje buvo naudojamas aliuminatinis cementas Gorkal 40 (40 %  $Al_2O_3$ ).

**14 lentelė.** Tyrimams naudotos medžiagos

<b>Mineraliniai komponentai</b>	Portlandcementis CEM I 42,5 R; Šlakinis cementas CEM III / B 32,5 N; Smėlis; Klinčių miltai 10-20 $\mu$ m (kalcio karbonatas); Gipso milteliai ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) (kalcio sulfatas); Kalcitinių gesintų kalkių milteliai; Anhidrito milteliai.
<b>Įmaišos</b>	Disperguojantys vandenį sulaikantys Elotex FL2280; Putų gesikliai Agitan P800; Vandenį sulaikanti Bermocoll E 230X; Redisperguojantys Flowkit 74.



15 lentelė. Mišinio receptų sudėtys

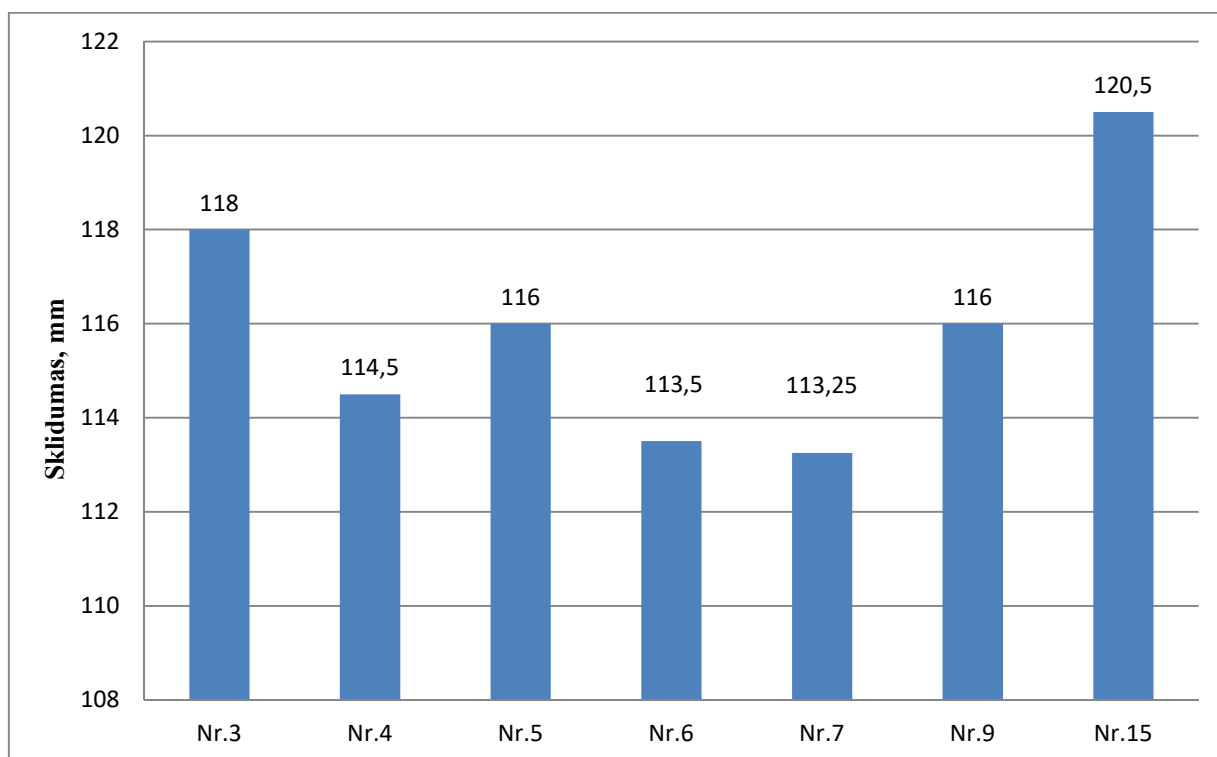
Mineraliniai komponentai	Mišinio sudėtis Nr.						
	3	4	5	6	7	9	15
Portlandcementis CEM I 42,5 R, %	23	23	23	46	40	18,5	11
Šlakinis cementas CEM III / B 32,5 N, %	12	12	12	3	5	12	20
Smėlis, %	44,5	44,48	43,88	44	40	41	30
Klinčių miltai 10-20 μm (kalcio karbonatas), %	15	15	15		13,5	19,40	24
Gipso milteliai (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) (kalcio sulfatas), %	4	4	4,2			6,5	
Kalcitinių gesintų kalkių milteliai, %	1	1	1	4,5			
Anhidrito milteliai, %							12,5
<b>Įmaišos</b>							
Disperguojantys vandenį sulaikantys Elotex FL2280, %				0,1	0,05		0,2
Putų gesikliai Agitan P800, %			0,12	0,9	0,05	0,15	0,6
Vandenį sulaikanti Bermocoll E 230X, %		0,02	0,05	0,01	0,4	0,05	0,2
Redisperguojantys Flowkit 74, %	0,5	0,5	0,75	1,5	1,0	2,0	1,5
<b>Iš viso:</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Rekomenduojamas vandens kiekis, %</b>	20	20	20,5	25	22	22	20

#### 4.1. Mišinio sklidumo nustatymas

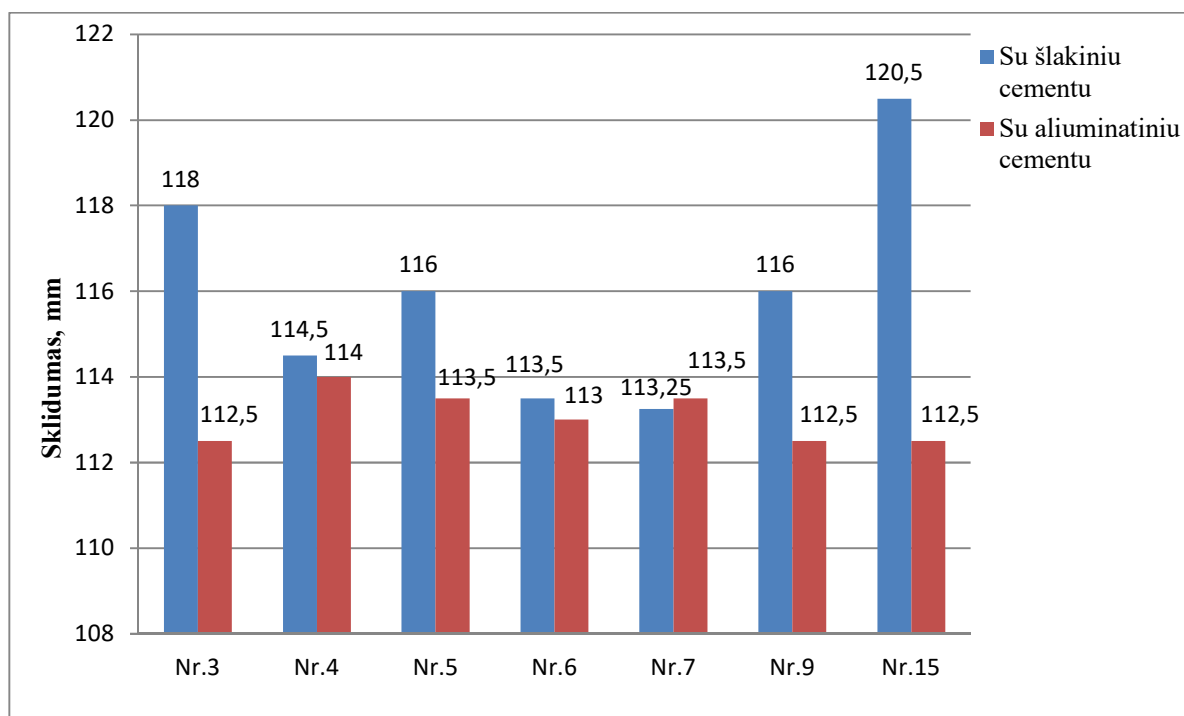
Pagal LST EN 12706:2004 atliekame mišinio sklidumo bandymus. Mišinių receptuose buvo keičiamas aliuminatinis cementas Gorkal 40(40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) į šlakinį cementą CEM III/B 32,5 N santykiu 1:1.

**16 lentelė. Mišinio sklidumo rezultatai**

<b>Mišinys</b>	<b>Sklidimas d<sub>1</sub>, mm</b>	<b>Sklidimas d<sub>2</sub>, mm</b>	<b>Vidurkis d, mm</b>
<b>Nr.3</b>	117	119	<b>118</b>
<b>Nr.4</b>	114	115	<b>114,5</b>
<b>s Nr.5</b>	117	115	<b>116</b>
<b>Nr.6</b>	113	114	<b>113,5</b>
<b>Nr.7</b>	113	113,5	<b>113,25</b>
<b>Nr.9</b>	115	117	<b>116</b>
<b>Nr.15</b>	120	121	<b>120,5</b>

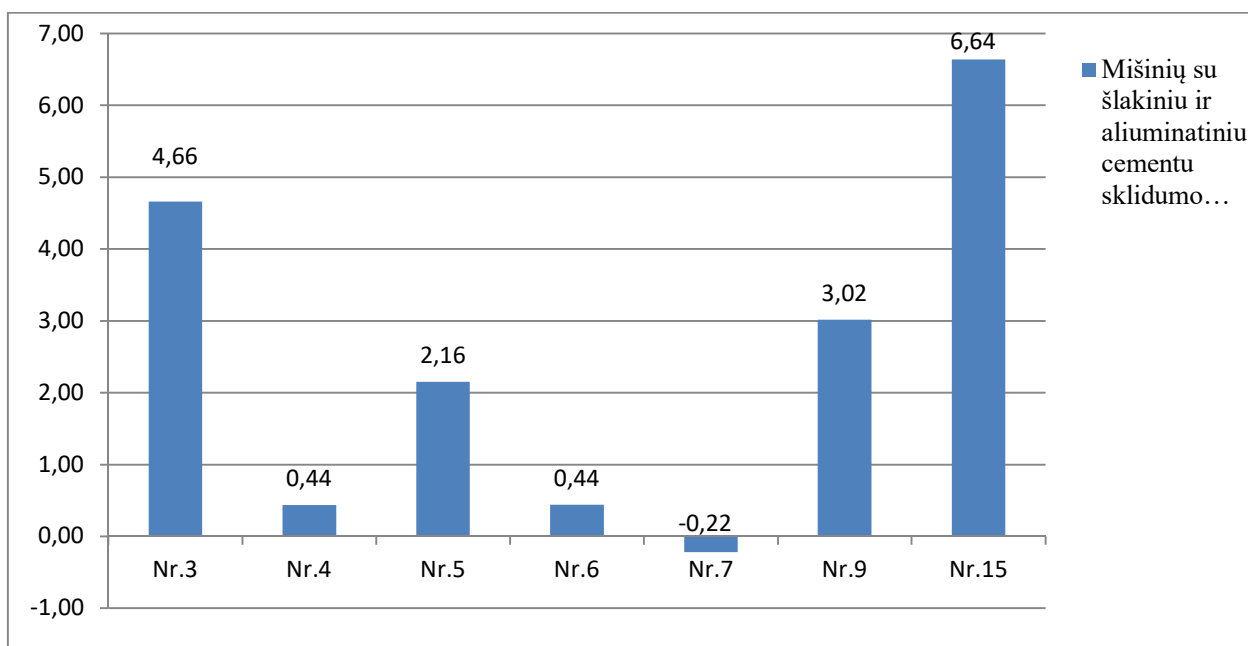


**11 pav. Mišinio sklidumo bandymo rezultatai**



12 pav. Bandinių palyginimas

Apdorojus gautus rezultatus, pagal sklidumo bandymą 12 paveikslėlyje matome, kad didžiausias pokytis mišiniuose, tuose kur aliuminatinio Gorkal 40 (40%  $Al_2O_3$ ) arba šlakinio cemento CEM III/B 32,5 N kiekiai buvo didžiausi t.y aliuminatinio cemento kiekies mišinyje buvo >10%.



13 pav. Mišinio sklidumo pokytis, %

Didžiausias sklidumo pokytis mišinio sudėtyje Nr.15 - 6,64 %. Šiame mišinyje aluminatinio Gorkal 40(40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) arba šlakinio cemento CEM III/B 32,5 N kiekis buvo didžiausias : 20% nuo bendros masės.

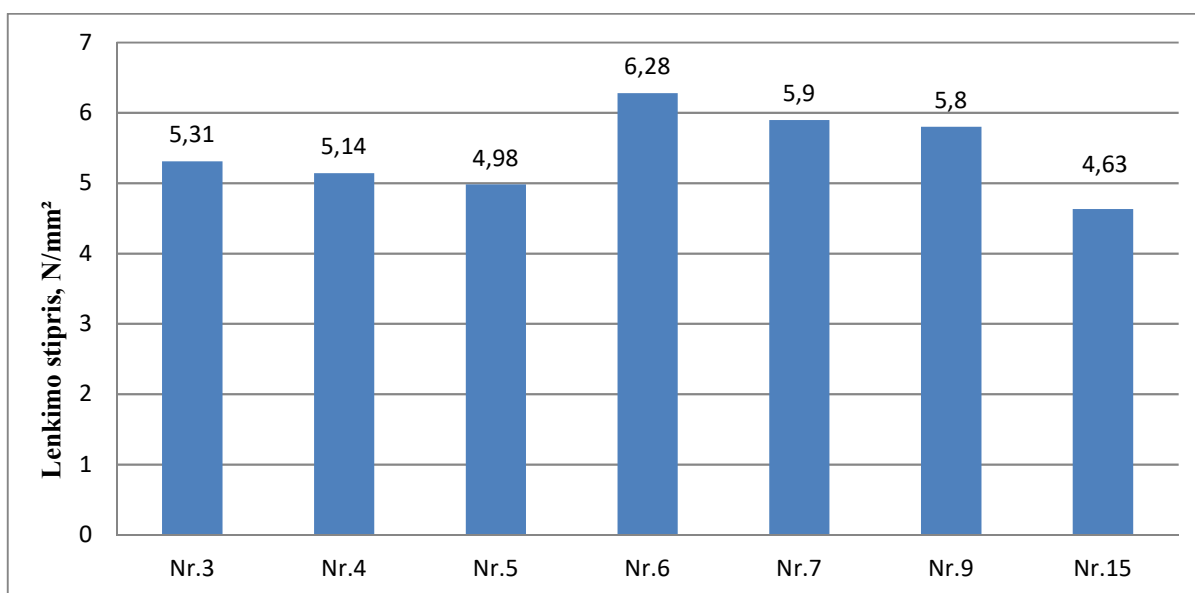
#### 4.2. Lenkimo stiprio nustatymas

Darbo tikslas – bandymo būdu patikrinti kokią įtaką lenkiamajam stipriui turi šlakinio cemento CEM III/B 32,5 N kiekis mišiniuose. Visi bandiniai atlikti bandymo mašina.

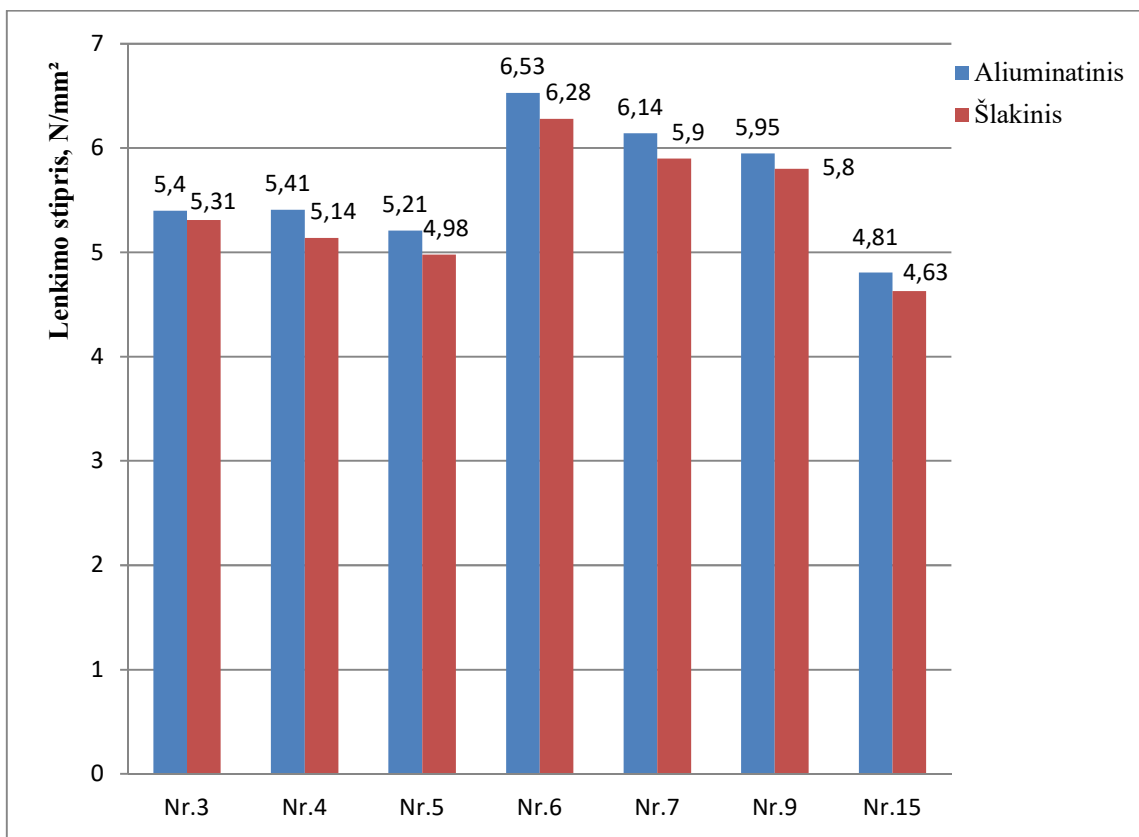
Įranga: Hidraulinis presas Toni Technik atitinkantis EN 196-1.

17 lentelė. Bandinių su šlakinio cementu lenkimo rezultatai

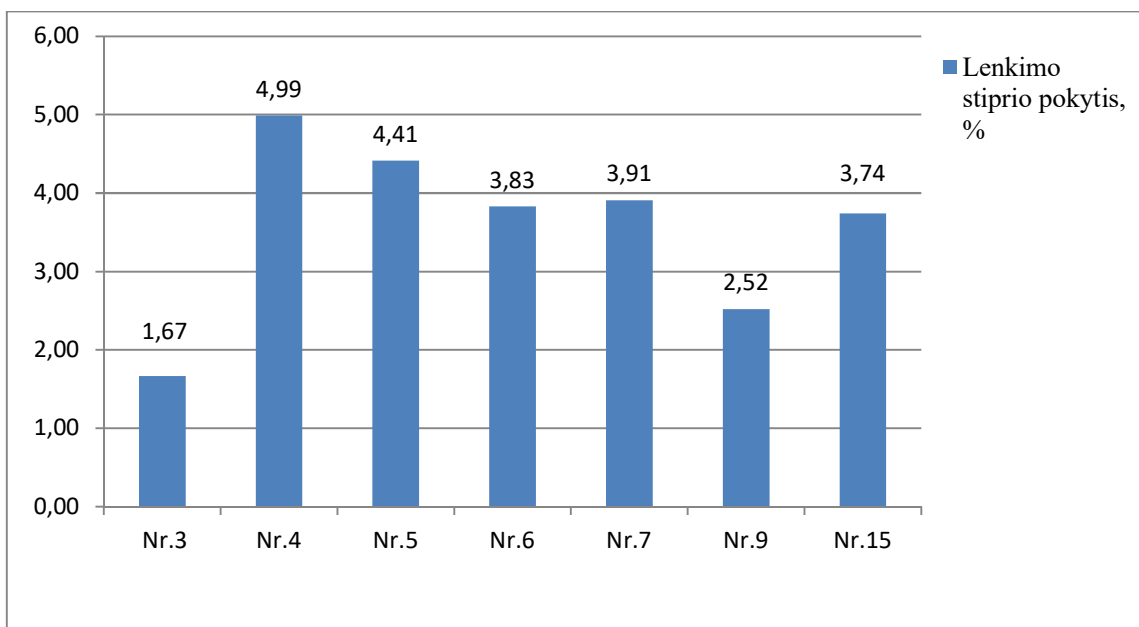
Bandinys	Rezultatai			Vidurkis
	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
<b>Nr.3</b>	5,29	5,31	5,33	<b>5,31</b>
<b>Nr.4</b>	5,12	5,10	5,14	<b>5,12</b>
<b>Nr.5</b>	5,01	4,93	5,0	<b>4,98</b>
<b>Nr.6</b>	6,3	6,25	6,29	<b>6,28</b>
<b>Nr.7</b>	6,01	5,83	5,89	<b>5,90</b>
<b>Nr.9</b>	5,91	5,83	5,66	<b>5,80</b>
<b>Nr.15</b>	4,64	4,60	4,65	<b>4,63</b>



14 pav. Lenkimo stipris bandinių su šlakinio cementu



15 pav. Bandinių palyginimas



16 pav. Lenkimo stiprio pokytis

Pagal gautus rezultatus matome, kad lenkimo stiprio pokytis % didžiausias tuose receptuose, kuriuose yra didžiausias kiekis redisperguojančių įmaišų. Vidutinis lenkimo stiprio pokytis lyginant mišinius su skirtingomis medžiagomis lygus 3,58%.

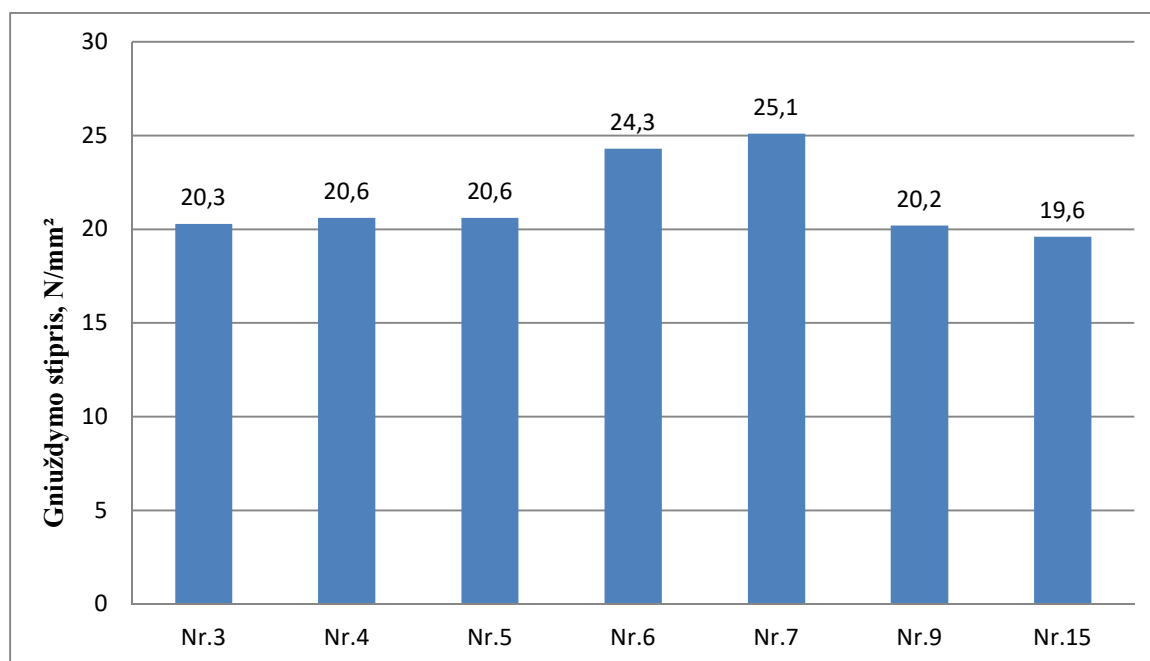
#### 4.3. Gniuždymo stiprio nustatymas

Darbo tikslas – bandymo būdu patikrinti kokią įtaką gniuždomajam stipriui turi šlakinio cemento kiekis mišiniuose. Visi bandiniai atlikti bandymo mašina.

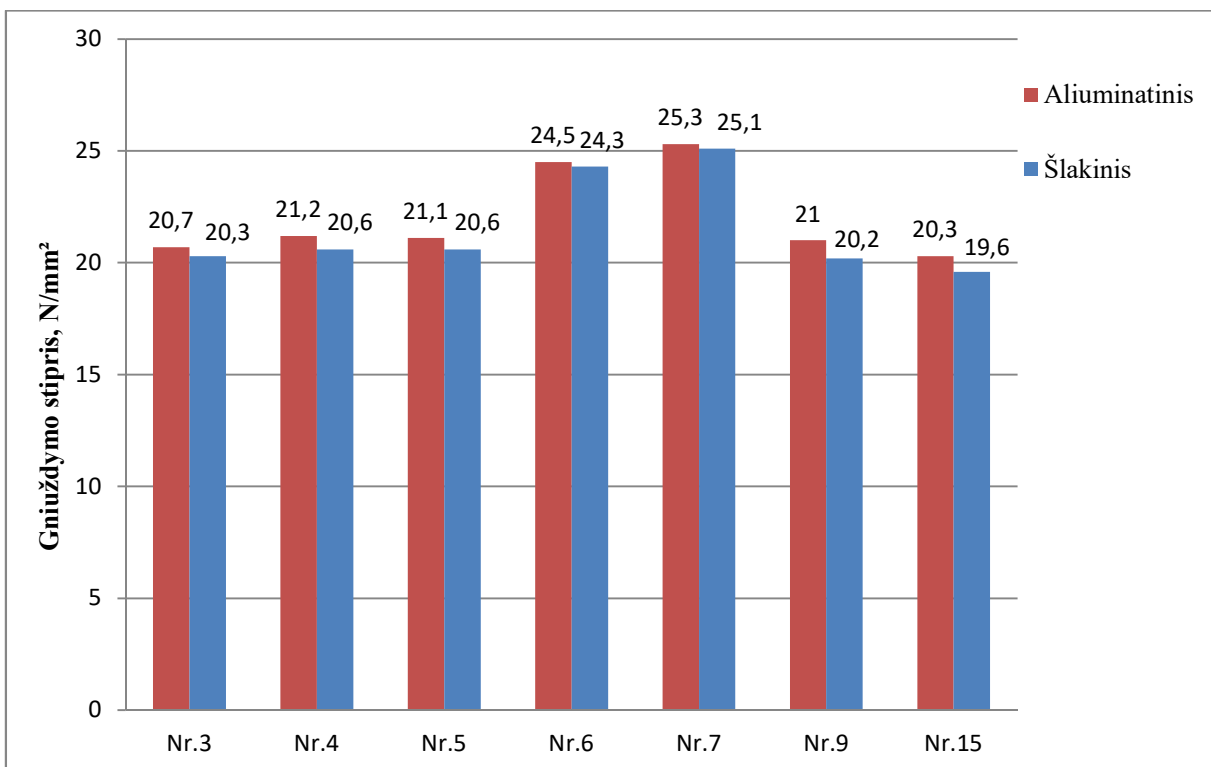
Įranga: Hidraulinis presas Toni Technik atitinkantis EN 196-1.

**18 lentelė.** Bandinių su šlakinio cementu rezultatai

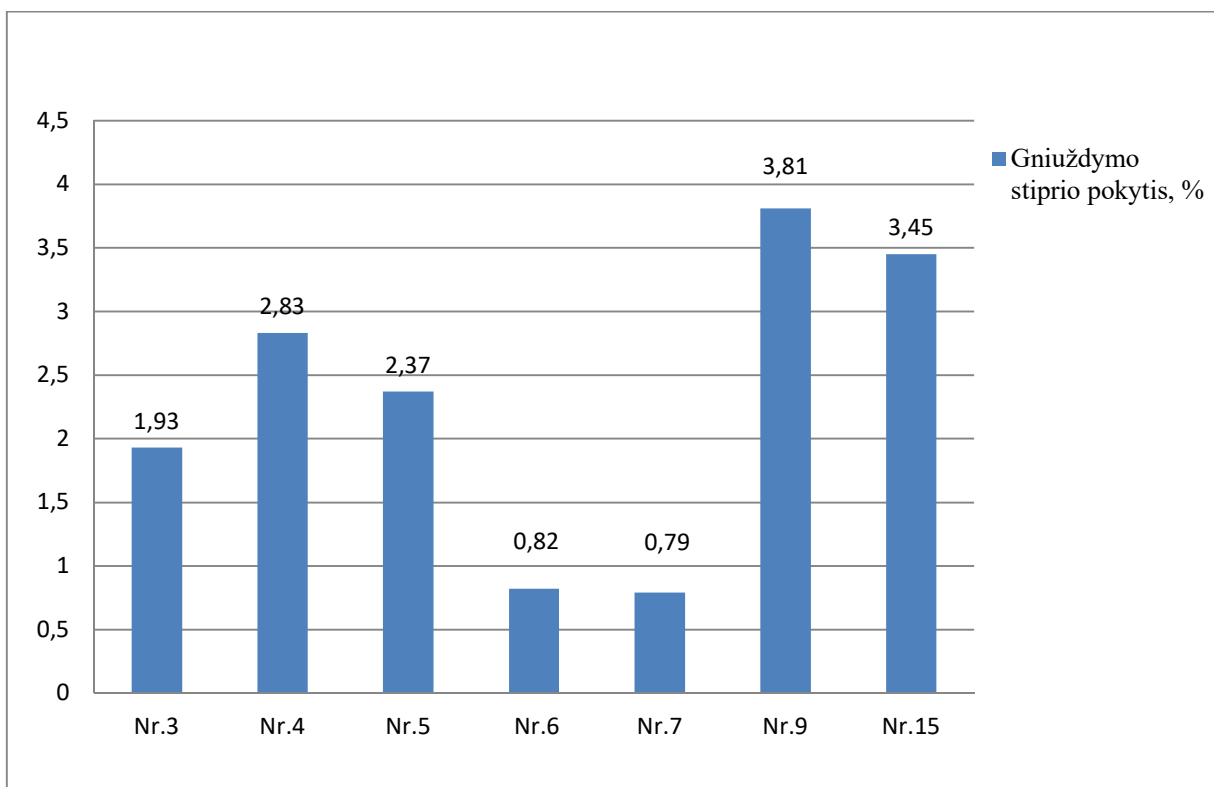
Bandinys	Rezultatai						Vidurkis
	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
<b>Nr.3</b>	19,9	20,4	20,4	19,8	20,5	20,8	<b>20,3</b>
<b>Nr.4</b>	20,8	20,5	20,6	20,4	20,3	21,0	<b>20,6</b>
<b>Nr.5</b>	20,9	20,4	20,3	20,5	20,9	20,6	<b>20,6</b>
<b>Nr.6</b>	24,2	24,1	24,5	23,9	24,7	24,4	<b>24,3</b>
<b>Nr.7</b>	25,1	25	25,7	24,8	24,8	25,2	<b>25,1</b>
<b>Nr.9</b>	25,4	25,1	25,7	25,4	25,8	25,6	<b>25,5</b>
<b>Nr.15</b>	19,5	19,8	19,6	19,2	19,8	19,7	<b>19,6</b>



**17 pav.** Gniuždymo stipris bandinių su šlakinio cementu



18 pav. Bandinių palyginimas



19 pav. Gniuždymo stiprio pokytis, %

Pagal gautus rezultatus matome, kad gniuždymo stiprio pokytis % didžiausias tuose mišinių sudėtyse, kuriuose keitėme didžiausią kiekį aluminatinio cemento į šlakinį cementą. Mišinių sudėtyse Nr.9 ir Nr.15 buvo panaudota 20 % šlakinio cemento.

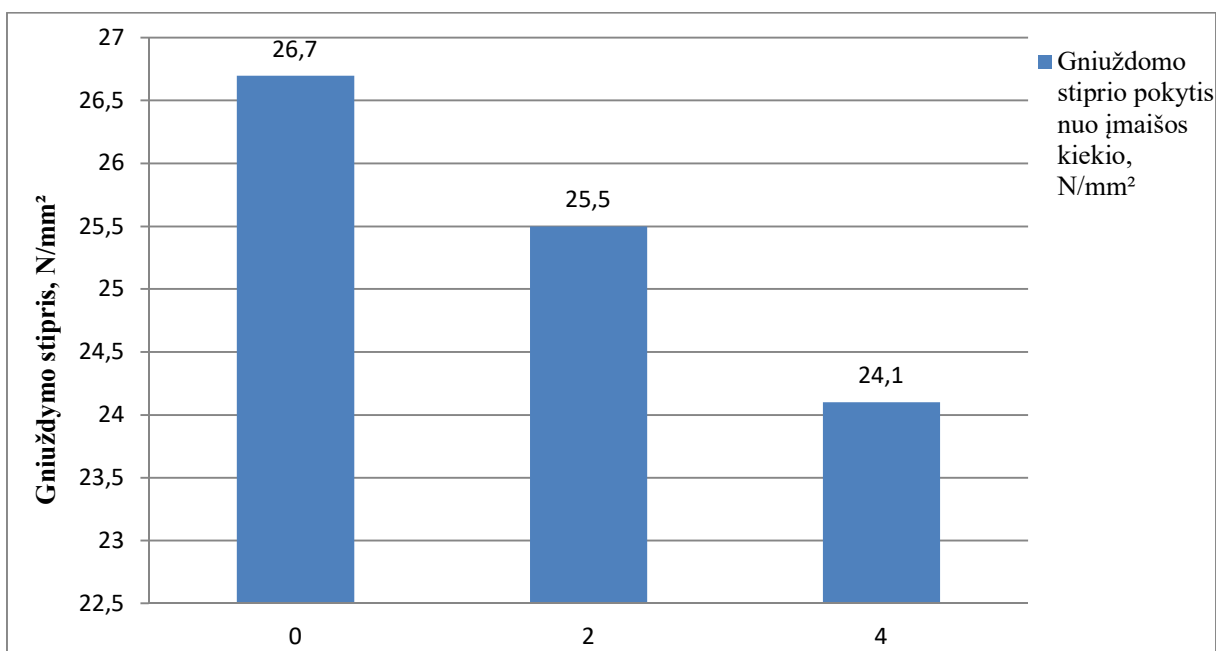
#### 4.4. Redisperguojančios įmaišos įtaka gniuždomajam ir lenkiamajam stipriui

Pagal gautus rezultatus parenkame mišinio sudėtį Nr.9.

19 lentelė. Mišinio recepto sudėtis

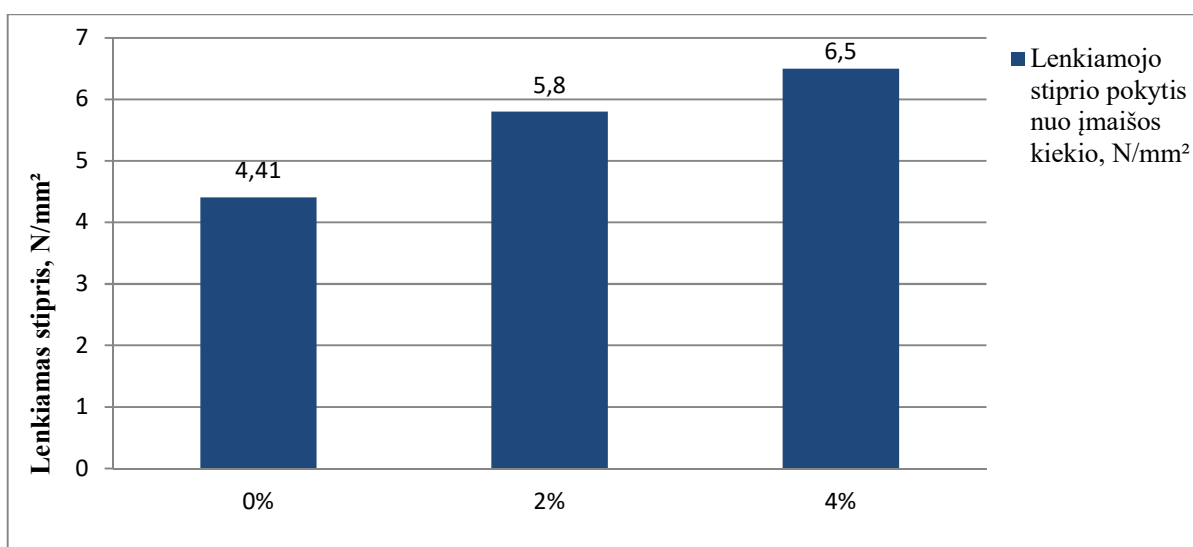
	<b>Mišinio sudėtis Nr.9</b>
<b>Mineraliniai komponentai</b>	
Portlandcementis CEM I 42,5 R	18,5%
Šlakinis cementas CEM III/B 32,5 N	11,5 %
Klinčių miltai 10-20 μm (kalcio karbonatas), %	19,40%
Smėlis	41 %
Gipso milteliai (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) (kalcio sulfatas), %	6,5 %
<b>Įmaišos</b>	
Disperguojantys vandenį sulaikantys Elotex FL2280	0,1 %
Putų gesikliai Agitan P800	0,15 %
Vandenį sulaikantys Bermocoll E 230X	0,05 %
Redisperguojantys Flowkit 74	2,0 %
<b>Iš viso:</b>	<b>100 %</b>
Rekomenduojamas vandens kiekis	25 %





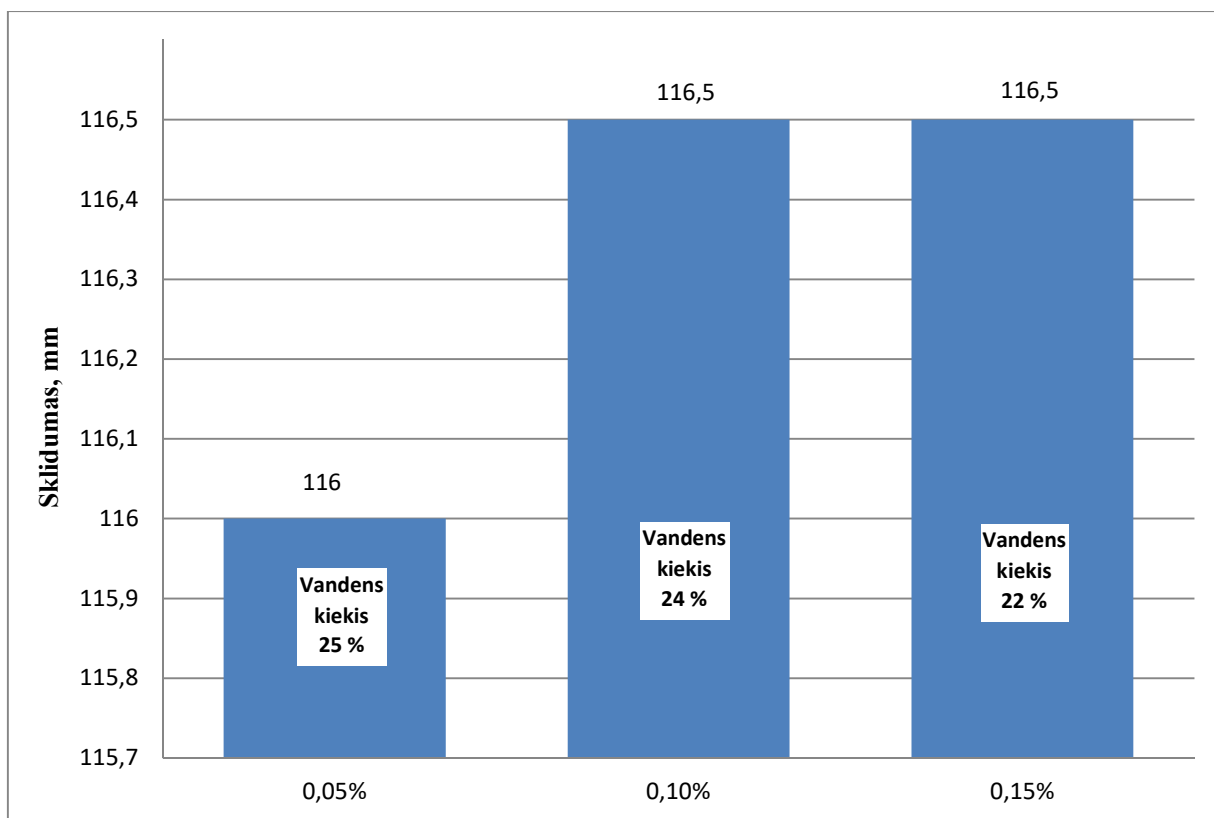
**20 pav.** Gniuždomo stiprio pokytis %, nuo įmaišos kiekio Flowkit 74

Gauti rezultatai (20 pav.) parodė, kad redisperguojamos įmaišos kiekis įtakoja gniuždomo stiprį. Esant didesniai kiekiui įmaišos gniuždomo stipris mažėja. Redisperguojančių įmaišų kiekio įtaka savaime išsilyginamo mišinio gniuždomajam stipriui. Didinant įmaišos kiekį nuo 0 % iki 4 % stipris mažėja. Mišinyje padidinus redisperguojančios įmaišos kiekį 4%, gniuždomo stipris sumažėjo 9,7%.



**21 pav.** Lenkiamo stiprio pokytis %, nuo įmaišos kiekio, Flowkit 74

Gauti rezultatai (21 pav.) parodė, kad redisperguojamos įmaišos kiekis įtakoja lenkiamąjį stiprį. Esant didesniai kiekiui įmaišos lenkimo stipris didėja. Redisperguojančių įmaišų kiekio įtaka savaime išsilyginamo mišinio lenkiamajam stipriui. Didinant įmaišos kiekį nuo 0 % iki 4 % stipris didėja. Mišinyje padidinus redisperguojančios įmaišos kiekį 4%, lenkiamasis stipris padidėjo 1,5 karto.



**22 pav.** Sklidumo pokytis %, nuo įmaišos kiekio Bermocoll E230X

Gauti rezultatai (22 pav.) parodė, kad celiuliozė eterio įmaišos kiekis mažinant vandens kiekį mišinyje labai nedaug įtakoja mišinio sklidumą, tačiau didėja mišinio stiprumas dėl sumažėjusio vandens kiekio mišinyje. Didinant įmaišos kiekį nuo 0,05 % iki 0,15 % vandens kiekį mišinyje galime sumažinti

## IŠVADOS

Apžvelgus savaime išsilyginančių mišinių technologijoje naudotų modifikuotų priedų bei įmaišų ypatumus galima daryti šias išvadas.

1. Norint gauti gerų savybių savaime išsilyginantį mišinį yra dedami įvairūs priedai, kurie pagreitina arba sulėtina mišinio rišimąsi, padaro jį plastiškesnį, pagreitina kietėjimą, padidina stiprumą: gniuždant ar lenkiant.
2. Tyrimų rezultatai parodo, kad savaime išsilyginančių mišinių stipruminės savybės priklauso nuo redisperguojančios įmaišos kiekio, didinant įmaišos kiekį nuo 0 iki 4%, mažėja mišinio gniuždomasis stipris 0% - 26,7N/mm<sup>2</sup>, 2% - 25,5N/mm<sup>2</sup>, 4% - 24,1N/mm<sup>2</sup>.
3. Didinant įmaišos kiekį nuo 0 iki 4% lenkiamasis stipris didėja, 0% - 4,41N/mm<sup>2</sup>, 2% - 5,8 N/mm<sup>2</sup>, 4% - 6,51N/mm<sup>2</sup>.
4. Mišinys su šlakiniu cementu turi mažesnį gniuždomąjį stiprį negu mišinys su aliuminatiniu cementu, kitos mišinio sudėtytys vienodos. Stipris skiriasi intervale nuo 0,82% iki 3,81%.
5. Mišinio su šlakiniu cementu lenkiamojo stiprio pokytis nuo 1,67% iki 4,99%, tai yra mažesnis už mišinį su aliuminatiniu cementu.
6. Mišinys su šlakiniu cementu turi didesnį sklidumą, galima daryti išvadas kad tai įtakoja cemento tankis.
7. Celiuliozė eterio įmaišos kiekis mažinant vandens kiekį mišinyje labai nedaug įtakoja mišinio sklidumą, tačiau didėja mišinio stiprumas dėl sumažėjusio vandens kiekio mišinyje. Didinant įmaišos kiekį nuo 0,05 % - vandens kiekis 25%, 0,1% - vandens kiekis 24%, 0,15% - vandens kiekis 22%
8. Vertinant mišinio konsistenciją sklidumo rodikliu gaunamos panašios kitimo tendencijos, kaip ir mišinio su aliuminatiniu cementu.
9. Įmaišų naudojimas pagerina pagrindines mišinių savybes, tačiau padidina produkto kainą.

## Literatūros sąrašas

1. Algimantas Naujokaitis “Statybinės medžiagos. Sausieji mišiniai”. Mokomojo knyga. Vilnius: “Technika”, 2010.
2. D. Nagrockienė, R. Žurauskienė. Statybinės medžiagos ir jų gaminiai. Vilnius: “Technika”, 2008.
3. Žurauskienė, A.P. Naujokaitis, R. Mačiulaitis, R. Žurauskas. Statybinės medžiagos. Vilnius: “Technika”, 2012.
4. Juozas Deltuva, Vitoldas Vaistkevičius. “Statybinių nerūdinių medžiagų gavyba, perdirbimas ir naudojimas”. KTU leidykla: “Technologija”, 2006.
5. Scott, Allan N. ; Thomas, Michael D. A. (January/February 2007). "Evaluation of Fly Ash From Co-Combustion of Coal and Petroleum Coke for Use in Concrete". ACI Materials Journal (American Concrete Institute).
6. Zimmer, F. V. (1970). "Fly Ash as a Bituminous Filler". Proceedings of the Second Ash Utilization Symposium.
7. Ernestas Ivanauskas, Algirdas Augonis, Ramūnas Gečys, Vitoldas Vaitkevičius. „Statybinių medžiagų laboratoriniai darbai“. Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2011.
8. Martusevičius M., Kaminskas R., Mituzas R. Rišamųjų medžiagų cheminė technologija. Kaunas: “Technologija”, 2002.
9. Henning O., Knöfel D. Baustoffchemie, 4. Wiesbaden/Berlin, Bauferlag GmbH, 1994.
10. Naujokaitis A. Statybinės medžiagos. Betonai. Vilnius: “Technika”, 2007.
11. Hayakawa, M.Matsuoka, Y.Shindoh, T., “Development and Application of Superworkable Concrete. Proceeding of an International RILEM Workshop on Special Concrete: Workability and Mixing” 1993. University of Paisley Scotland.
12. Distler D. Wassrige Polymerdispersionen Wiley-VCH, Weinheim, 1999.
13. LST EN 12706:2004 „Klijai. Hidraulinio kietėjimo grindų glaistų ir (arba) išlyginamųjų mišinių bandymo metodai. Sklidumo nustatymas“;
14. LST EN 13892-1:2003 „Grindų išlyginamųjų medžiagų bandymo metodai. 1 dalis. Ėminių ėmimas, bandinių pagaminimas ir laikymas bandymams“;
15. LST EN 12390-5:2009 „Sukietėjusio betono bandymai. 5 dalis. Bandinių lenkimo stipris“;

16. LST EN 12390-1:2012 „Sukietėjusio betono bandymai. 1 dalis. Pavidalas, matmenys ir kiti bandinių bei liejimo formų reikalavimai“;
17. LST EN 12390-2:2009 „Sukietėjusio betono bandymai. 2 dalis. Bandinių pagaminimas ir kietinimas stipriui nustatyti“;
18. LST EN 12350-1:2009 „Betono mišinio bandymai. 1 dalis. Ėminių ėmimas“;
19. LST EN 13813:2003 „Grindų išlyginamosios medžiagos ir besiulės grindys. Išlyginamosios medžiagos. Savybės ir reikalavimai“;
20. LST EN 12390-3:2009 „Sukietėjusio betono bandymai. 3 dalis. Bandinių gniuždymo stipris“;
21. LST EN 12390-4:2003 „Betono bandymas. 4 dalis. Stipris gniuždant. Bandymo mašinų techniniai reikalavimai“;
22. Anders Anderberg & Lars Wadsö (2007) “Drying and Hydration of Cement Based Self-Leveling Flooring Compounds”, *Drying Technology: An International Journal*, 25:12, 1995-2003;
23. A. De Gasparo, M. Herwegh, R. Zurbriggen, K. Scrivener, “Quantitative distribution patterns of additives in self-leveling flooring compounds (underlayments) as function of application, formulation and climatic conditions”, *Cement and Concrete Research*, Volume 39, Issue 4, April 2009, Pages 313-323
24. O.W.Kinney “Self leveling floor”, Application filed apr. 9, 1912. 1,101,451 Patented June 23, 1914;
25. Leslie W., Ansell Philip J. “Self-levelling cementitious mixes”, May 7, 1981
26. Anderberg, A., & Wadsö, L. (2004). „Moisture in Self-levelling Flooring Compounds“. Part I. „Water Vapour Diffusion Coefficients“. *Nordic Concrete Research*, Publication 32 (2/2004), 3-15.