

## KERAMZITBETONIO FIZIKINIŲ-MECHANINIŲ SAVYBIŲ PRIKLAUSOMYBĖ NUO SUDĖTIES

Marija Vaičienė<sup>1</sup>, Jurgita Malaiškienė<sup>2</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>[marija.vaiciene@vgtu.lt](mailto:marija.vaiciene@vgtu.lt), <sup>2</sup>[jurgita.malaiskiene@vgtu.lt](mailto:jurgita.malaiskiene@vgtu.lt)

**Santrauka.** Rišamosios medžiagos yra brangiausias betono žaliavos komponentas, todėl mokslininkai tokioms medžiagoms kaip cementas ir pan. ieško pigesnio pakaitalo. Šiame darbe parodyta, kad gaminant keramzitbetonį, dalį rišamosios medžiagos galima pakeisti aktyviaisiais mikroužpildais. Toks mikroužpildas, kaip parodė atlikti tyrimai, gali būti technogeninė atlieka – katalitinio krekingo reaktoriuje panaudotas katalizatorius. Publikacijoje taip pat pateiktos keramzitbetonio fizikinių-mechaninių savybių priklausomybės nuo betono mišinio ir cheminės gautų bandinių sudėties. Siekiant nustatyti savybių kitimo tendencijas, buvo parinktos skirtingos keramzitbetonio mišinių sudėtys ir nustatytos fizikinės-mechaninės savybės: tankis, vandens įmirkis ir gniuždymo stipris.

**Reikšminiai žodžiai:** keramzitbetonis, katalizatorius, portlandcementis, keramzitas, fizikinės-mechaninės savybės.

### Įvadas

Mokslininkas B. Vinogradovas (Виноградов 1979) teigia, kad betono savybes galima apibūdinti trimis struktūros elementais: cementiniu akmeniu, užpildais ir kontakto sluoksniu tarp jų. Nuo kontakto sluoksnio priklauso monolitiškumas, skvarbumas ir betono stiprumas. Betonų su cheminiais mažu aktyvumu užpildais kontakto sluoksniu turi du nepriklausomus komponentus – užpildo kontaktinę zoną, besiliečiančią prie cementinio akmens, ir kontakto zoną – cementinio akmens prie užpildo paviršiaus. Kai V/C reikšmės didelės, galimas betono mišinio išsisluokniavimas, nusilpusių zonų ir tuštumų ties stambųjų užpildų dalelėmis atsiradimas. Keramzitą naudojant kaip užpildą lengvesiems betonams, užpildo poringas paviršius pradeda įgerti vandenį maišymo metu. Iš skystos cementinės tešlos išsiskiria vandens perteklius, o kartu su vandeniu į paviršutinio sluoksnio poras skverbiasi smulkios cemento dalelės.

Cemento akmens struktūra (betono mikrostruktūra) daug sudėtingesnė negu betono mezo- ir makrostruktūra. Sukietėjusį cemento akmenį, kuris gaunamas iš cemento tešlos, sudaro nehidratavusių klinkerio dalelių liekanos, naujadarai, susidarę cemento hidratacijos metu, ir uždaros oro poros. Cemento hidratacijos naujadarai – tai C–S–H gelis su gelio ir kapiliarinėmis poromis (Vaitkevičius 2002).

Statybinių medžiagų struktūrą suprasti būtina, sprendžiant, kaip teisingiau panaudoti medžiagas ir gauti

techninį efektą. Statybinių medžiagų cheminė sudėtis leidžia spręsti apie medžiagų savybes: atsparumą ugniai, mechanines ir technines charakteristikas. Mineralinė sudėtis rodo, koks kiekis ir kokių mineralų yra medžiagose (Kičaitė 2009).

Pastaraisiais metais plačiai atliekami katalizatorių antrinio panaudojimo tyrimai. Dėl ypatingos cheminės sudėties ir tinkamų charakteristikų katalizatoriaus panaudoto katalitinio krekingo reaktoriuje atlieka gali būti naudojama ugniai atspariems (Stonys *et al.* 2008) ir keraminiams dirbiniais gaminti (Kizinievič *et al.* 2008), taip pat kaip užpildas asfaltbetonio gamyboje arba kaip portlandcementinio pucolaninis komponentas (Furimsky 1996).

Mokslininkų (Pacewska *et al.* 2002; Jung-Hsiu *et al.* 2003) atlikti darbai įrodo, kad naudojant katalizatoriaus atlieką iš katalitinio krekingo reaktoriaus normalaus betono mišiniais, padidėja betono gniuždymo stipris, tankis, atsparumas šalčiui, sumažėja vandens įgeriamumas.

Aktyvieji dispersiniai priedai (dažniausiai pramonės atliekos, turinčios didelį kiekį amorfinio SiO<sub>2</sub>), naudojami kaip dalinis cemento pakaitalas betono mišiniuose. Šie priedai dėl didelio dispersiškumo ir paviršinės energijos pertekliaus daro įtaką vandens ir kietosios fazės sąveikai betono mišinyje. Didindami kietosios fazės paviršių mišinyje, aktyvieji dispersiniai priedai didina vandens kiekio poreikį normalaus tirštumo cemento tešlai gauti (Sasnauskas, Skripkiūnas 2001).

Mokslininkai (Mueller *et al.* 2008) savo darbuose aktyviems betonams naudoja lengvus užpildus iš natūralių žaliavų – pemžą, perlitą, vermikulitą, keramzitą, skalūnus

ir lengvus užpildus iš atliekų – stiklą, granules iš trupinto smėlio, gautas apdirbant pemžą.

Tačiau technogeninių atliekų panaudojimo lygis iki šiol, ypač Lietuvoje, išlieka labai mažas. Perdirbamos dažniausiai tokios atliekos, kaip šlakas, pelenai, pjuvenos (Mačiulaitis, Žurauskienė 2007).

Šio darbo tikslas – ištirti žaliavas ir įvertinti keramzitbetonio mišinio ir bandinių cheminės sudėties poveikį fizikinėms-mechaninėms savybėms.

### Tyrimų metodika

Cemento, naudotos katalizatoriaus atliekos, keramzito ir paruoštų bandinių mikrostruktūra buvo ištirta su skenavimo mikroskopu SEM (EVO LS 25, Zeiss Germany). Keramzitbetonio cheminė (elementinė) sudėtis buvo nustatyta su analizatoriumi OXFORD Instruments INCA Penta FET×3.

Smulkių užpildų granulimetrinė sudėtis buvo nustatyta pagal LST EN 933-1 standartą. Katalizatoriaus ir cemento dalelių dydis ištirtas CILAS 1090 DRY analizatoriumi. Mikroužpilde aktyviojo SiO<sub>2</sub> kiekis nustatytas pagal LST 1577.1.

Keramzitbetonio mišinio sudėtis buvo apskaičiuota pagal metodiką, aprašytą literatūroje (Скрамтаев et al. 1966). Bandiniai – kubai, kurių kraštinės dydis 10 cm, buvo pagaminti ir sukietinti pagal LST EN 12390-2 standartą.

Fizikinės-mechaninės bandinių charakteristikos buvo nustatomos standartiniais metodais: bandinių tankis pagal LST EN 12390-7, gniuždymo stipris pagal LST EN 12390-3, įmirkis pagal LST 1428.18 standartus.

### Keramzitbetonio žaliavos ir mišinių sudėtys

Darbo metu gaminant keramzitbetonį buvo naudotos tokios žaliavos:

**Cementas:** sudėtinis portlandcementis CEM II/A-L 42,5 N, atitinkantis LST EN 197-1 standarto reikalavimus. Cheminė portlandcemenčio sudėtis pateikta 1 lentelėje, o mineraloginė – 2 lentelėje.

#### 1 lentelė. Cheminė portlandcemenčio sudėtis

Table 1. The chemical composition of Portland cement

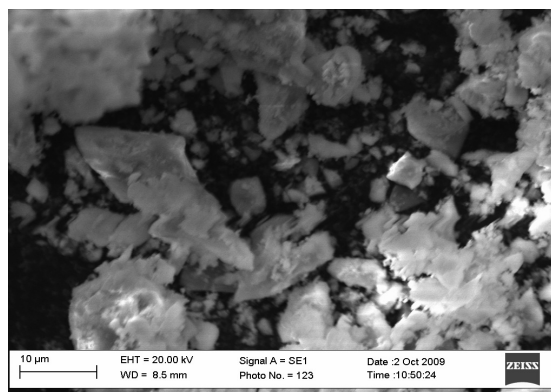
Cheminė sudėtis, %						
SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Kiti
20,6	63,4	5,45	3,36	3,84	0,80	0,34

#### 2 lentelė. Mineralinė portlandcemenčio sudėtis

Table 2. The mineral composition of Portland cement

Mineralinė sudėtis, %			
C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
57,26	15,41	8,68	10,15

Portlandcemenčio dalelių vaizdas (padidinta 2870 kartų) parodytas 1 paveiksle.



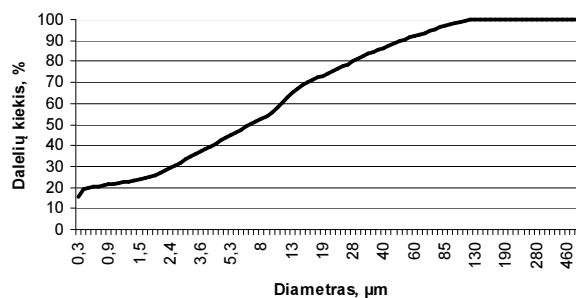
1 pav. Portlandcemenčio dalelių vaizdas

Fig. 1. Portland cement grains

Iš 1 paveikslo matyti, kad portlandcemenčio dalelės yra netaisyklingos formos, todėl gerai sukimba su kitais mišinio priedais.

Portlandcemenčio dalelių dydžio grafikas (2 pav.), parodo, kad dalelių dydis kinta nuo 0,3 iki 140 μm. Dalelės pagal dydį yra pasiskirsčiusios netolygiai, 50 % portlandcemenčio dalelių yra 7 μm ir mažesnio dydžio. Kitų 40 % dalelių matmenys yra nuo 7 iki 50 μm, dar kiti 10 % – tai dalelės, didesnės kaip 50 μm.

**Lengvasis betono užpildas:** keramzito smėlis, kurio frakcija 2/4. Šio užpildo charakteristikos pateiktos 3 lentelėje.



2 pav. Portlandcemenčio dalelių dydžio pasiskirstymo grafikas

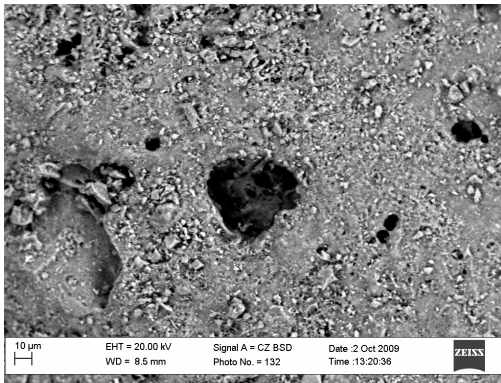
Fig. 2. The chart showing the distribution of Portland cement particle size

#### 3 lentelė. Keramzito smėlio savybės

Table 3. Characteristics of the expanded-clay sand

Keramzito frakcija	Savybės			
	piltinis tankis, kg/m <sup>3</sup>	dalelių tankis, kg/m <sup>3</sup>	tušty-mėtumas, %	įmirkis, %
2/4	473	1020	53,63	33,55

3 paveiksle pateikta keramzito granulės paviršiaus (padidinta 706 kartų) nuotrauka. Matome, kad poros yra labai mažo skersmens – nuo 5 μm iki 60 μm, o didžiausią keramzito paviršiaus plotą užima sukepę molio mineralai.



3 pav. Keramzito granulės struktūros vaizdas  
**Fig. 3.** The structure of the expanded-clay grain

*Smulkusis užpildas:* natūralus smėlis, kurio frakcija 0/4. Smėlio granulimetrinė sudėtis pateikta 4 lentelėje. Iš 4 lentelės matome, kad smėlyje daugiausia dalelių yra nuo 0,5 iki 1 mm, šių dalelių kiekis yra apie 47 %.

**4 lentelė.** Smėlio granulimetrinė sudėtis

**Table 4.** The granulometric composition of sand

Smėlio frakcija	Dalinė liekana, %
2/4	30,20
0,5/1	46,73
0,125/0,25	20,16
< 0,063	1,03

*Aktyvusis priedas:* katalizatorius – atlieka iš katalizinio krekingo reaktoriaus. Nematlo katalizatoriaus atliekos cheminė sudėtis pateikta 5 lentelėje. Aktyviajame priede dominuoja silicio ir aliuminio oksidai, o titano, lantano, geležies ir fosforo oksidų yra atitinkamai nuo 0,11 iki 1,48 %. Taip pat jame yra šių medžiagų pėdsakų – CaO, MgO, K<sub>2</sub>O ir Na<sub>2</sub>O. Aktyviajame priede aktyviojo SiO<sub>2</sub> kiekis sudaro 27 %.

**5 lentelė.** Katalizatoriaus atliekos cheminė sudėtis

**Table 5.** Chemical composition of the catalyst waste material

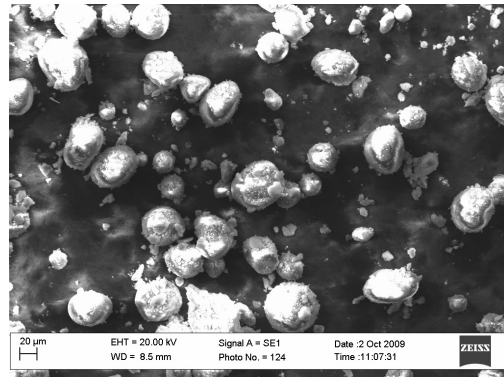
Cheminė sudėtis, %					
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	La <sub>2</sub> O
55,15	40,94	0,90	1,48	0,11	1,41

Katalizatoriaus atlieka iš katalizinio krekingo reaktoriaus (4 pav.), kaip matome, yra sferines formas.

**6 lentelė.** Betono mišinių sudėtys

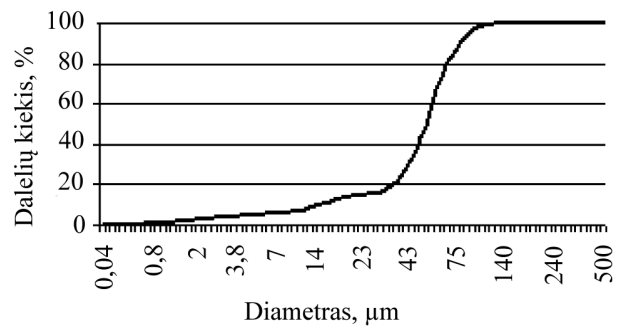
**Table 6.** The composition of concrete mixtures

Mišinio žymuo	Sudėtis						
	atlieka, %	cementas, kg/m <sup>3</sup>	keramzitas, kg/m <sup>3</sup>	smėlis, kg/m <sup>3</sup>	vanduo, l/m <sup>3</sup>	atlieka, kg/m <sup>3</sup>	V/C
			2/4 frakcija				
K <sub>1</sub>	0	418	396,5	822,8	215,8	–	0,52
K <sub>2</sub>	5	397,1	396,5	822,8	215,8	20,90	0,54
K <sub>3</sub>	10	376,2	396,5	822,8	215,8	41,80	0,57
K <sub>4</sub>	20	334,4	396,5	822,8	215,8	83,60	0,65
K <sub>5</sub>	30	292,6	396,5	822,8	215,8	125,40	0,74



4 pav. Katalizatoriaus dalelių vaizdas  
**Fig. 4.** Waste catalyst grains

Nagrinėjant atliekos dalelių pasiskirstymo grafiką (5 pav.) matome, kad katalizatoriaus dalelių dydis kinta nuo 0,2 iki 112 μm. 80 % dalelių panaudotame katalizatoriuje yra nuo 30 iki 112 μm.



**5 pav.** Katalizatoriaus dalelių dydžio pasiskirstymo grafikas

**Fig. 5.** The chart showing the distribution of catalyst waste particle size

Tiriamąjį darbu metu buvo sumaišyti 5 betono mišiniai, kurių žymenys K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub>, K<sub>5</sub>. Betono mišinių sudėtys pateiktos 6 lentelėje. Į betono mišinį K<sub>2</sub> papildomai įdėta 5 %, į mišinį K<sub>3</sub> – 10 %, į mišinį K<sub>4</sub> – 20 % ir į mišinį K<sub>5</sub> – 30 % panaudoto katalizatoriaus iš katalizinio krekingo reaktoriaus (skaičiuojant nuo cemento kiekio).

### Tyrimų rezultatai

Tirtų lengvojo betono bandinių elementinės cheminės sudėtys pateiktos 7 lentelėje.

**7 lentelė.** Betono bandinių elementinės cheminės sudėtys

**Table 7.** The chemical composition of concrete samples

Mišinio žymuo	Elementinė cheminė sudėtis								
	C	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	O <sub>2</sub>
K <sub>1</sub>	17,2	0,5	0,82	3,33	0,75	0,43	17,42	0,64	58,92
K <sub>2</sub>	15,98	2,7	1,06	4,65	0,45	0,37	15,77	1,07	57,94
K <sub>5</sub>	12,77	0,74	2,44	8,47	0,39	0,86	17,76	1,87	54,71

Iš 7 lentelės matome, kad keramzitbetonyje, be atliekos (K<sub>1</sub>), lyginant su daugiausia katalizatoriaus turinčiu mišiniu (K<sub>5</sub>), labiausiai kito anglies (apie 26 %) ir silicio (apie 39 %) kiekiai. Taip pat mišiniuose nustatytas gana didelis kalcio kiekis, kuris kito apie 9,5 %. Vadinas, šie elementai labiausiai galėjo lemti fizikinių-mechaninių rodiklių vertes.

Vidutinės tankio, gniuždymo stiprio ir vandens įmirkio, nustatyto po 72 val., reikšmės pateiktos 8 lentelėje.

**8 lentelė.** Betono pagaminto iš mišinių, kurių žymenys K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub> ir K<sub>5</sub>, bandinių vidutiniai tankiai, gniuždymo stipriai ir vandens įmirkis

**Table 8.** Average density, compressive strength and water absorption values of concrete produced from mixtures K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub> and K<sub>5</sub>

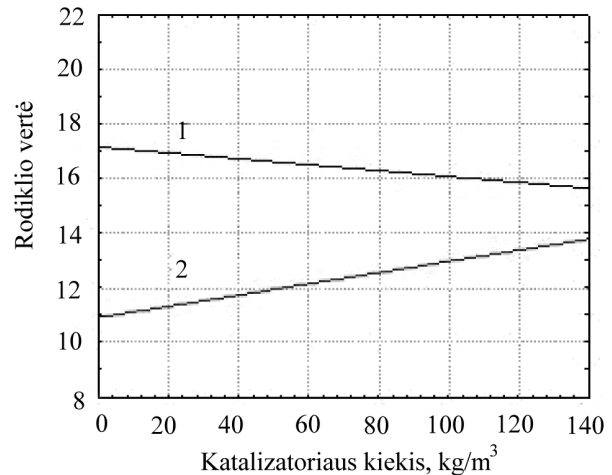
Mišinio žymuo	Vidutinės reikšmės		
	Tankis, ρ, kg/m <sup>3</sup>	Gniuždymo stipris, R, MPa	Vandens įmirkis, W, %
K <sub>1</sub>	1567	19,9	9,6
K <sub>2</sub>	1582	12,7	11,7
K <sub>3</sub>	1590	18,3	12,6
K <sub>4</sub>	1588	15,5	13,9
K <sub>5</sub>	1610	16,8	11,9

Pagal lentelės duomenis matyti, kad kuo daugiau aktyvaus priedo įdedame į mišinį, tuo didesnį bandinių tankį gauname. Tačiau kitų nagrinėjamų rodiklių kitimo tendencijos pagal 8 lentelėje pateiktus rezultatus lieka nelygiai aiškios. Todėl buvo atliekama duomenų statistinė analizė, naudojant *Statistica* programą.

Fizikinių-mechaninių rodiklių priklausomybės nuo katalizatoriaus kiekio ir nuo elementinės cheminės sudėties pateiktos grafiškai.

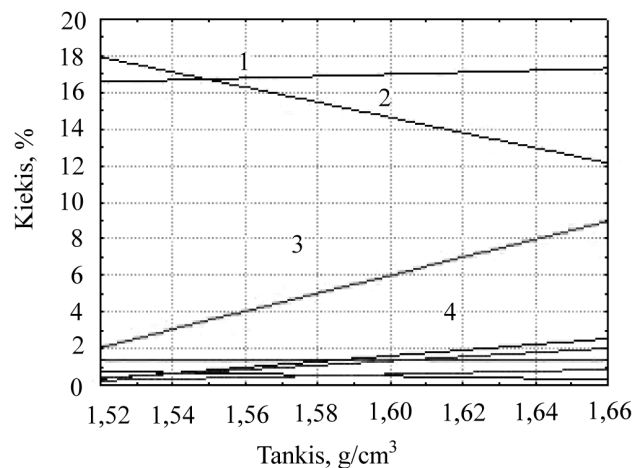
Gniuždymo stiprio ir vandens įmirkio priklausomybė nuo aktyvaus priedo kiekio mišinyje pateikta 6 paveiksle. Iš šio paveikslo matyti, kad didinant katalizatoriaus atliekos kiekį mišinyje, didėja bandinių vandens įmirkis ir truputį mažėja gniuždymo stipris.

Pagal betono bandinių, kurių žymenys K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> ir K<sub>5</sub>, tyrimų rezultatus, buvo nustatytos tankio, gniuždymo stiprio ir vandens įmirkio priklausomybės nuo cheminės (elementinės) bandinių sudėties. Šios priklausomybės pateiktos 7–9 paveiksluose.



**6 pav.** Aktyvaus priedo kiekio priklausomybė nuo gniuždymo stiprio ir vandens įmirkio: 1 – gniuždymo stipris, MPa; 2 – vandens įmirkis, %

**Fig. 6.** The dependence of active additive volume on compressive strength and water absorption

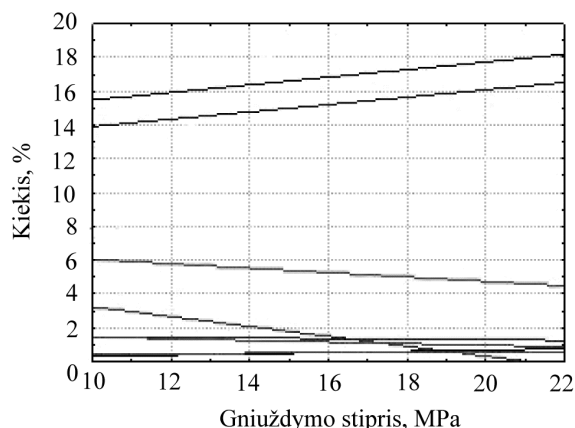


**7 pav.** Tankio priklausomybė nuo elementinės cheminės sudėties: 1 – Ca, 2 – C, 3 – Si, 4 – Al

**Fig. 7.** The dependence of density on the chemical composition of the element

Pagrindiniai elementai, turintys poveikį tirtų keramzitbetonio bandinių tankiui (7 pav.), yra kalcis, anglis ir silicis. Buvo nustatyta, kad gautas didesnis tankis tų bandinių, kuriuose buvo didžiausi silicio ir kalcio kiekiai ir mažiausias anglies kiekis. Kiti cheminiai elementai tokio didelio poveikio bandinių tankiui neturėjo. Tai galima būtų paaiškinti tuo, kad daugiausia silicio oksido pagal sudėtį yra smėlyje, kurio

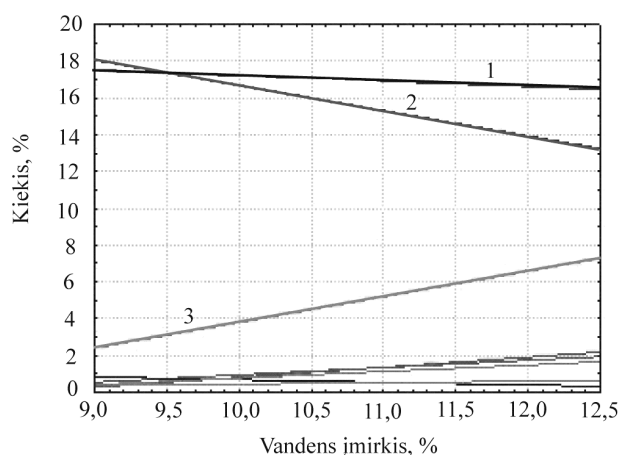
tankis gerokai didesnis nei keramzitbetonio, o kalcis yra pagrindinė rišamųjų medžiagų sudėtinė dalis.



8 pav. Gniuždomo stiprio priklausomybė nuo elementinės cheminės sudėties: 1 – Ca, 2 – C, 3 – Si, 4 – Mg

Fig. 8. The dependence of compressive strength on the chemical composition of the element

Bandinių gniuždomajam stipriui (8 pav.) didžiausią poveikį turėjo kalcio ir anglies kiekiai. Kuo šių elementų kiekiai buvo didesni, tuo gniuždomo stiprio vertės irgi buvo gautos didesnės. Susidarant didesniems silicio kiekiam, gniuždomo stipris mažėja. Tokias priklausomybes galima būtų paaiškinti tuo, kad kalcis yra pagrindinė sudedamoji rišamųjų medžiagų dalis, dėl kurios žaliavos geriau sukimba ir gaunamas stipresnis cementinis akmuo. Silicis yra pagrindinė užpildų sudedamoji dalis.



9 pav. Vandens įmirkio priklausomybė nuo elementinės cheminės sudėties: 1 – Ca, 2 – C, 3 – Si

Fig. 9. The dependence of water absorption on the chemical composition of the element

Bandinių vandens įmirkio kitimą (9 pav.) labiausiai lėmė silicio, kalcio ir anglies kiekiai. Kuo silicio kiekiai bus didesni, tuo gausime didesnę vandens įmirkį. Kaip jau buvo minėta, silicis yra užpildų pagrindinis sudėtinis elementas, o kalcis – rišamųjų medžiagų.

## Išvados

1. Nustatyta, kad katalizatoriaus atliekoje yra 27 % aktyviojo  $\text{SiO}_2$ . Pakeitus 10 % cemento aktyviuoju priedu, gniuždomo keramzitbetonio stipris sumažėjo tik 8 %, o pakeitus 30 % cemento aktyviuoju priedu, gniuždomo keramzitbetonio stipris sumažėjo 15,5 %. Vadinas, tokią atlieką galima naudoti, keičiant dalį rišamosios medžiagos mišinyje, taip nereikšmingai sumažinant stiprį, bet sutaupant cemento.
2. Atlikus eksperimentus ir statistinę duomenų analizę nustatyta, kad kuo mišinyje bus didesnis kiekis katalizatoriaus, sudaryto iš katalitinio krekimo reaktoriaus atliekos, tuo gausime didesnę vandens įmirkį (vandens įmirkis gali padidėti iki 20 %) ir mažesnę gniuždomo stiprį (idėjus maksimalų 30 % atliekos kiekį, stipris sumažėjo 15,5 %).
3. Pagal keramzitbetonio cheminę (elementinę) sudėtį, buvo nustatyta, kad bandinių tankiui didžiausią teigiamą poveikį turi silicio ir kalcio kiekiai, o neigiamą – anglis. Bandinių gniuždomo stipriui didžiausią poveikį turi anglies ir kalcio kiekiai. Kuo daugiau susidarė šių elementų, tuo gautas didesnis stipris.
4. Tyrimų rezultatai parodė, kad keramzitbetonio vandens įmirkis didėjo, kai susidarė daugiau silicio. Kuo didesni anglies ir kalcio kiekiai bandiniuose, tuo keramzitbetonio vandens įmirkis gaunamas mažesnis.

## Literatūra

- Furimsky, E. 1996. Spent refinery catalysts: environment, safety and utilization, *Catalysis Today* 30(4): 223–286. doi:10.1016/0920-5861(96)00094-6
- Jung-Hsiu, W.; Wan-Lung, W.; Kung-Chung, H. 2003. The effect of waste oil-cracking catalyst on the compressive strength of cement pastes and mortars, *Cement and Concrete Research* 33(2): 245–253. doi:10.1016/S0008-8846(02)01006-2
- Kičaitė, A. 2009. *Medžiagotyra. Statybinės medžiagos* [Materials science. Building materials]. Vilnius: Technika. 126 p.
- Kizinievič, O.; Žurauskienė, R.; Mačiulaitis, R.; Kičaitė, A. 2008. Study of the technogenical raw materials (catalyst) of the oil industry and possibility to utilize them in the constructional ceramics production, in *The 7<sup>th</sup> International Conference Environmental Engineering: Selected papers*, vol. 1. May 22–23, 2008, Vilnius: Technika, 175–181.
- LST 1428.18. *Betonas. Bandymo metodai. Vandens įgeriamumo nustatymas*. Vilnius, 1997. 4 p.
- LST 1577.1. *Betono ir skiedinio mikroužpildai. Bandymo metodai*. Vilnius, 1999. 5 p.
- LST EN 12390-2. *Betono bandymas. 2 dalis. Bandinių stipriui nustatyti pagaminimas ir kietinimas*. Vilnius, 2009. 8 p.
- LST EN 12390-3. *Betono bandymas. 3 dalis. Bandinių gniuždomo stipris*. Vilnius, 2009. 19 p.
- LST EN 12390-7. *Betono bandymas. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis*. Vilnius, 2009. 10 p.

- LST EN 197-1. *Cementas. 1 dalis. Įprastinių cementų sudėtis, techniniai reikalavimai ir atitikties kriterijai*. Vilnius, 2000. 27 p.
- LST EN 933-1. *Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai. 1 dalis. Granulometrinės sudėties nustatymas. Sijavimo metodas*. Vilnius, 2002. 11 p.
- Mačiulaitis, R.; Žurauskienė, R. 2007. *Mažo poringumo statybinė keramika iš vietinių ir technogeninių žaliavų* [Low porosity building ceramics produced from local and technogenic raw materials]. Vilnius: Technika. doi:10.3846/1398-M
- Mueller, A.; Sokolova, S. N.; Vereshagin, V. I. 2008. Characteristics of lightweight aggregates from primary and recycled raw materials, *Construction and Building Materials* 22: 703–712. doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.06.009
- Pacewska B., et al. 2002. Modification of the properties of concrete by a new pozzolan a waste catalyst from the catalytic process in a fluidized bed, *Cement and Concrete Research* 32(1): 145–152. doi:10.1016/S0008-8846(01)00646-9
- Sasnauskas, K.; Skripkiūnas, G. 2001. Interaction of water and solid disperse phase in buildings mixtures, *Cheminė technologija* [Chemical Eechnology] 4(21): 25–30.
- Stonys, R.; Pundienė, I.; Antonovič, V.; Goberis, S.; Alechnevičius, M. 2008. The effect of waste oil-cracking catalyst on the properties of MCC-type castable, *Medžiagotyra* [Materials Science] 14(1): 59–62.
- Vaitkevičius, V. 2002. *Investigation of structure and properties of high-strength concrete*: Summary of Doctoral Dissertation. Kaunas: Technologija. 34 p.
- Виноградов, Б. 1979. *Влияние заполнителей на свойства бетона* [Vinogradov, B. Užpildų poveikis betono savybėms]. Москва: Стройиздат. 222 p.
- Скрамтаев, Б. Г.; Щубенкин, П. Ф.; Баженов, Ю. М. 1966. *Способы определения состава бетона различных видов* [Skramtaev, B. G.; Shubenkin, P. F.; Bazenov, Ju. M. Įvairių rūšių betonų sudėties nustatymo būdai]. Москва: Издательство литературы по строительству. 158 с.

## THE DEPENDENCE OF THE PHYSICAL MECHANICAL PROPERTIES OF EXPANDED-CLAY LIGHTWEIGHT CONCRETE ON THE COMPOSITION

M. Vaičienė, J. Malaiškienė

Abstract

Binder material is the most expensive raw component of concrete; thus, scientists are looking for cheaper substitute materials. This paper shows that when manufacturing, a part of the binder material of expanded-clay lightweight concrete can be replaced with active filler. The conducted studies show that technogenic - catalyst waste could act as similar filler. The study also includes the dependence of the physical and mechanical properties of expanded-clay lightweight concrete on the concrete mixture and the chemical composition of the samples obtained. Different formation and composition mixtures of expanded-clay lightweight concrete were chosen to determine the properties of physical-mechanical properties such as density, water absorption and compressive strength.

**Keywords:** expanded-clay lightweight concrete, catalyst, Portland cement, expanded-clay aggregate, physical-mechanical properties.