

# Medininkų ledynmečio periodo moreninių gruntų mechaninės savybės

Ieva Lekstutytė<sup>1</sup>,

Saulius Gadeikis<sup>1</sup>,

Gintaras Žaržojus<sup>1,2</sup>,

Šarūnas Skuodis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus universitetas,  
Chemijos ir geomokslų fakultetas,  
Geomokslų institutas,  
Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedra,  
M. K. Čiurlionio g. 21/27,  
03101 Vilnius, Lietuva*

<sup>2</sup> *Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Statybos fakultetas,  
Gelžbetoninių konstrukcijų  
ir geotechnikos katedra,  
Saulėtekio al. 11,  
10223 Vilnius, Lietuva  
El. paštas ieva.lekstutyte@gf.stud.vu.lt*

Lekstutytė I., Gadeikis S., Žaržojus G., Skuodis Š. Medininkų ledynmečio periodo moreninių gruntų mechaninės savybės. *Geologija. Geografija*. 2018. T. 4(2). ISSN 2351-7549.

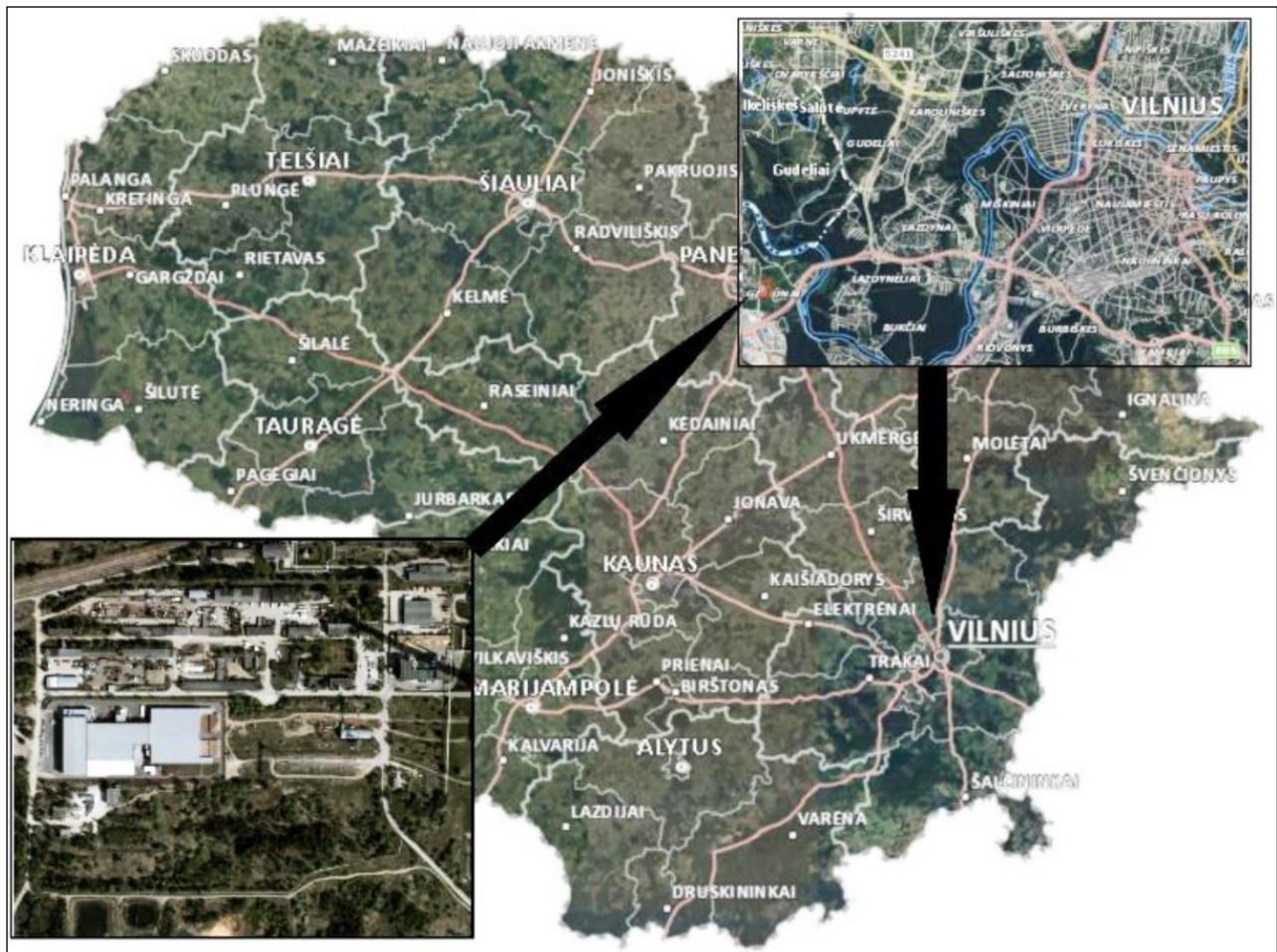
Straipsnyje apžvelgiamos Medininkų ledynmečio periodo moreninių gruntų mechaninės savybės. Pagrindinis tyrimo tikslas – laboratoriniais metodais nustatyti moreninio grunto mechanines savybes ir jas palyginti su pateiktomis literatūroje. Remiantis lauko tyrimų metodu – statinio zondavimo duomenimis ( $q_c$ ,  $f_s$ ), nagrinėjamas gruntas yra labai stiprus. Nustatytos grunto fizikinės savybės – tankis, drėgnis, Atterbergo ribos ir granulometri- nė sudėtis. Dvi bandinių serijos buvo analizuojamos triašio slėgio aparatu pritaikant dvi bandymo metodikas: pirma, neprisotinti konsoliduoti nedrenuoti (UCU) bandymai; antra, prisotinti konsoliduoti drenuoti (SCD) bandymai. Pasirinktos keturios rezultatų apdorojimo technikos: 1) mažiausių kvadratų metodas; 2)  $M$ ,  $N$ ; 3)  $t-s$  (Massachusetts) koordinacių sistema; 4)  $p-q$  (Cambridge) koordinacių sistema. Triašio slėgio bandymo metu, taikant dvi bandymo metodikas, nustatytos grunto stipruminės savybės  $c'$  ir  $\phi'$  tarpusavyje skiriasi nedaug (vidinės trinties kampas apie  $2^\circ$ , o sankiba apie 7 kPa). Konservatyviausios kerpamojo stiprumo reikšmės buvo gautos naudojant mažiausių kvadratų skaičiavimo metodą. Išanalizavus literatūroje pateiktas stiprumines savybes nustatyta, kad jos, palyginti su gautomis laboratorinių tyrimų metu, yra pervertintos.

**Raktažodžiai:** moreniniai gruntai, kerpamasis stipris, vidinės trinties kampas, sankiba, stipruminės gruntų savybės

## ĮVADAS

Analizuojamas gruntas pagal Lietuvos kvartero stratigrafinę schemą (Satkūnas, 1994), kuri remiasi gruntų geneze, priklauso vidurinio pleistoceno Medininkų ledynmečio glacialiniams dariniams (gt II md). Tiriamas gruntas slūgso rytinėje Lietuvos teritorijos dalyje (1 pav.).

Medininkų ledynmetis (195–128 tūkst. m.) paliko vidutiniškai 30–40 m storio dangą. Maksimalus storis siekia 50–100 m. (Kavoliutė, 2012). Medininkų ledynmetis yra paplitęs visoje Lietuvoje, bet tik pietrytinėje šalies teritorijoje slūgso žemės paviršiuje ir užima apie 1 459,6 km<sup>2</sup> (tai yra 2,25 %) Lietuvos teritorijos. Vyraujantis storis siekia apie 10–30 m. (Grigelis ir kt., 1994).



**1 pav.** Tyrimų vieta  
**Fig. 1.** Investigated site

Lietuvoje Medininkų ledynmečio glacialinių moreninių gruntų stipruminių savybių tyrimams skirta mažai dėmesio, praktiškai visų Lietuvoje vyraujančių genezių glacialinių gruntų (moreninių) mechaninės savybės nedaug tirtos ir analizuotos. Daugiausia dėmesio buvo skirta fizikinėms savybėms ir grunto išplitimui.

Remiantis Lietuvos geologijos tarnybos duomenimis ir skaičiavimais (Gaigalas ir kt., 2001), Lietuvoje glacialinis gruntas (moreninis) užima apie 70 % (tai yra apie 45 000 km<sup>2</sup>). Moreninis gruntas yra labiausiai paplitęs ir keliantis daugiausia klausimų.

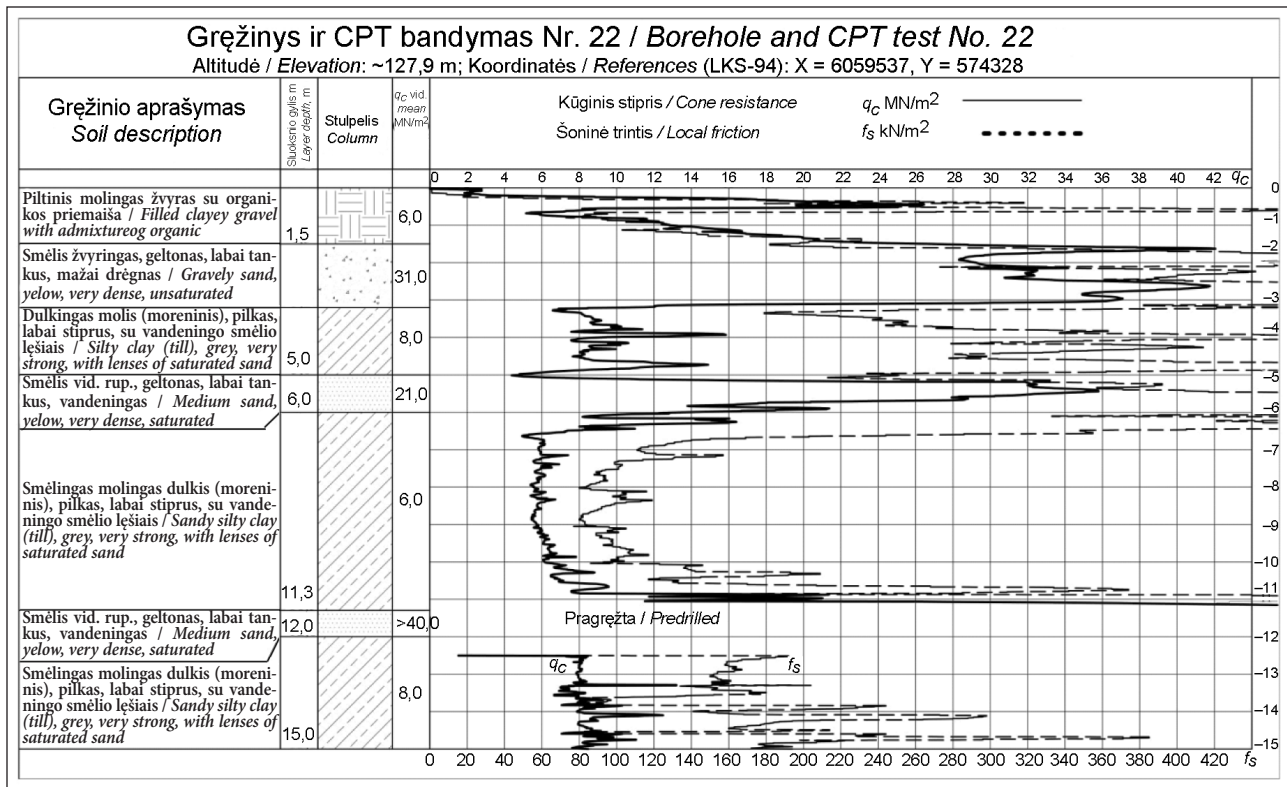
Šio laikotarpio ir sudėties gruntai ne tik dengia Lietuvos paviršių, bet dažnai yra žmogaus ūkinės veiklos objektas (terpė statiniams, jų konstrukcinėms dalims, naudingosios iškasenos ir kt.). Todėl šių gruntų savybių tyrimas yra svarbus šalies ūkiui. Gauti rezultatai reikšmingi ir tarptautiniu požiūriu, nes glacialiniai gruntai dėl savo specifikos pasaulyje yra mažai tyrinėjami (Dundulis ir kt., 2004).

Šis tyrimas nėra koncentruotas tik į Medininkų ledynmečio moreninių gruntų savybes. Bendras tikslas yra tirti moreninių gruntų mechanines savybes ir palyginti jas su minimomis literatūroje, nepriklausomai nuo jų genezės. Darbo tikslui pasiekti analizuojamas gruntas laboratorijoje buvo tiriamas triašio slėgio aparatu, taip pat papildomai nustatinėjamos fizikinės savybės, o lauko darbuose – statinio zondavimo bandymu (CPT).

## TYRIMŲ METODOLOGIJA

### Lauko bandymai

Iš viso tyrimų aikštelėje buvo atlikti 29 statinio zondavimo bandymai iki 6,0–20,0 m gylio (Geotestus, 2017). Šiame darbe informacija buvo panaudota iš vieno tyrimo taško (Gr. 22) (2 pav.), kuriame statinio zondavimo bandymas (CPT) yra 15,0 m. Remiantis gruntų klasifikacija, kuri pagal stiprumą buvo nustatyta iš statinio zondavimo bandymo



2 pav. Gręžinys su statinio zondavimo bandymu (Geotestus, 2017)

Fig. 2. Borehole and CPT test example (Geotestus, 2017)

metu gautų duomenų ( $q_c, f_s$ ), tiriamas gruntas pagal savo stiprumą priklauso labai stipriems gruntams, kai  $q_c > 4$  MPa (Gadeikis ir kt., 2012). Šalia statinio zondavimo bandymo buvo gręžiamas gręžinys iki 15,0 m gylio, imami nesuardytos sandaros bandiniai laboratoriniams tyrimams.

**Laboratoriniai bandymai**

Nustatytos grunto fizikinės savybės, gamtinio tankio, drėgmės ir Attenberg'o ribos, atlikta granulimetrinė grunto analizė (1, 2 lentelės). Laboratoriniai bandymai atlikti remiantis CEN ISO/TS 17892-12:2004 ir CEN ISO/TS 17892-4:2004 standartais.

Su triašio slėgio aparatu, kurio aukščio (H) ir skersmens (D) santykis lygus  $H/D = 2$  ( $H = 100$  mm,  $D = 50$  mm), buvo atliktos dvi bandinių serijos taikant skirtingas bandymų metodikas. Pirmoji bandymų serija buvo atliekama taikant neprisotinto konsoliduoto nedrenuoto (UCU) triašio slėgio bandymą, vadinamąjį greitąjį bandymą. Jame buvo šios apkrovos – 160, 260 ir 360 kPa. Antroji bandinių serija – taikant prisotinto konsoliduoto drenuoto (SCD) triašio slėgio bandymo metodiką, vadinamąjį lėtąjį bandymą. Čia konsolidacijos slėgis siekė

1 lentelė. Procentinis granulimetrinės gruntų sudėties pasiskirstymas

Table 1. Grain size distribution of taken samples

	Smėlingas dulkingas molis (9,3–10,0) SCD*	Smėlingas dulkingas molis (13,1–13,9) UCU*
Molis	11,32	13,4
Dulkis	40,66	42,58
Smėlis	45,49	41,14
Žvyras	2,53	2,88

\* SCD – prisotintas konsoliduotas drenuotas;

\* UCU – neprisotintas konsoliduotas nedrenuotas.

200, 300 ir 400 kPa. Bandymų apkrovos parinktos taip, kad atitiktų natūralias grunto slūgsojimo sąlygas įvertinant, jog gruntas gali būti apkrautas ar nukrautas 100 kPa. Per abu bandymus vertikalųjų deformacijų greitis siekė 0,002 %/min. (iki 15 % vertikaliosios deformacijos).

Grunto stipruminės savybės buvo nustatytos remiantis šiomis metodikomis:

1. Pagal Kulono dėsnį ribinis įtempių būvis nusakomas Moro apskritimų liestine, kuri pasvirusi kampų  $\phi'$  ir atkerta atkarpą vertikaloje ašyje  $c'$ . Mažiausių kvadratų metodu apskaičiuojami sankibos ir



## 2 lentelė. Fizinės gruntų savybės

Table 2. Physical properties of taken samples

Bandinys	Tankis	Kietų dalelių tankis	Drėgnis	Plastiškumo rodikliai			
	$\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	$\rho_s$ , g/cm <sup>3</sup>		W, vnt.d	W <sub>L</sub> , vnt.d	W <sub>p</sub> , vnt.d	I <sub>p</sub> , vnt.d
(9,3–10,0) SCD	2,27	2,72	0,110	0,222	0,125	0,111	-0,185
(13,1–13,9) UCU	2,29	2,72	0,119	0,245	0,139	0,100	-0,215

vidinės trinties kampo vidutiniai rodikliai (Šimkus, 1987; Amšiejus ir kt., 2006; CEN EN 1977-1:2004).

2. Pagal *N* ir *M* (CHиП 2.02.02–85, 1986; Dirgėlienė, 2007; Dirgėlienė, 2013).

3. *t*'–*s*' (Massachusetts) koordinacių sistemoje (Amšiejus ir kt., 2010; Dirgėlienė, 2013; Ho Chi Minh City University of Technology, 2016).

4. *p*–*q* (Cambridge) koordinacių sistemoje (Dirgėlienė, 2007; Ho Chi Minh City University of Technology, 2016).

## REZULTATŲ ANALIZĖ

## Lauko ir laboratoriniai fizikinių savybių bandymų rezultatai

Analizuojamas Medininkų ledynmečio glacialis moreninis gruntas pagal grėžinio aprašymą (2 pav.) slūgso nuo 6,0 m gylio. Laboratoriniams tyrimams atlikti bandiniai buvo imti iš 9,3–10,1 ir 13,1–13,9 m gylio. Pagal statinio zondavimo duomenis, tirtas gruntas priskiriamas labai stipriems, kai  $q_c = 4$  MPa (EN 1997-2:2007). Bandinio iš 9,3–10,1 m gylio, kuriam buvo pritaikyta prisotinto

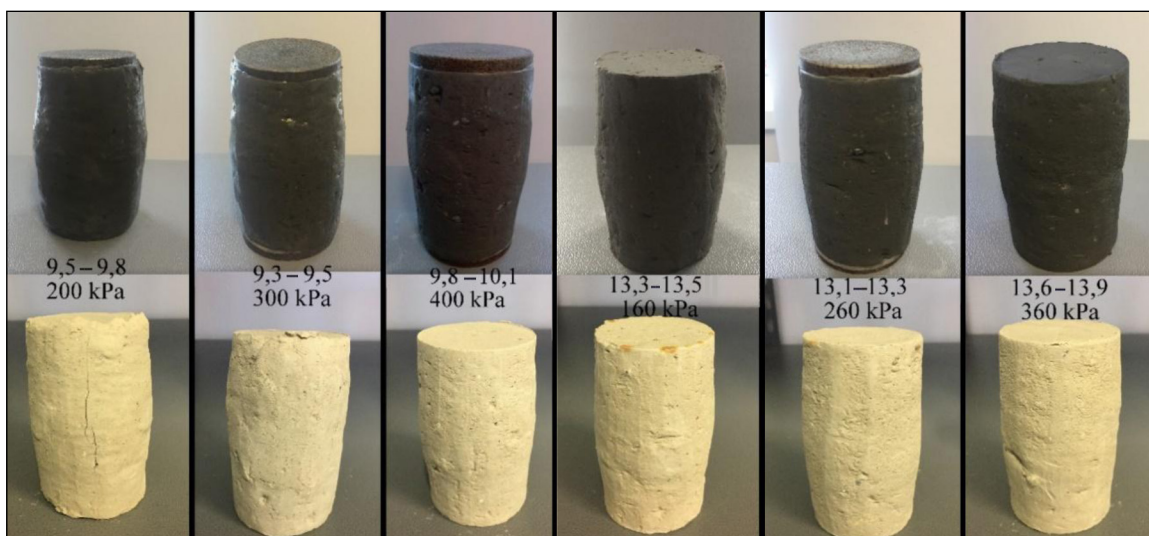
konsoliduoto drenuoto bandymo (SCD) metodika,  $q_c = 6,0$  MPa, o bandinio iš 13,1–13,9 m gylio, kuris tirtas neprisotinto konsoliduoto nedrenuoto triašio bandymo (UCU) metodika,  $q_c = 8,0$  (MPa).

Laboratoriniams tyrimams gruntas buvo imamas iš dviejų gylio intervalų, tačiau, kaip matome iš atliktų gruntų fizikinių savybių tyrimų rezultatų (1, 2 lentelės), jie yra labai panašūs. Nustatius gruntų granulimetrinę sudėtį analizuojami pavyzdžiai yra moreniniai smėlingi dulkingi moliai (CEN ISO/TS 17892-4:2004 n.d.). Gautų rezultatų skirtumų praktiškai nėra.

## Mechaninių gruntų savybių rezultatai

Atliekant bandymus triašio slėgio aparatu buvo siekiama nustatyti moreninio grunto stiprumines savybes, kai jis yra prisotintoje ir neprisotintoje būsenoje, natūralias slūgsojimo sąlygas. Atliekant šį tyrimą gruntas buvo analizuojamas pasitelkiant dvi triašio slėgio bandymo metodikas (Lade, 2016):

1. Prisotinant konsoliduojant drenuojant (SCD). Bandymo metu konsolidacijos slėgiai siekė 200, 300 ir 400 kPa (3 pav.).



3 pav. Bandiniai po SCD bandymo  
Fig. 3. Samples after SDC tests

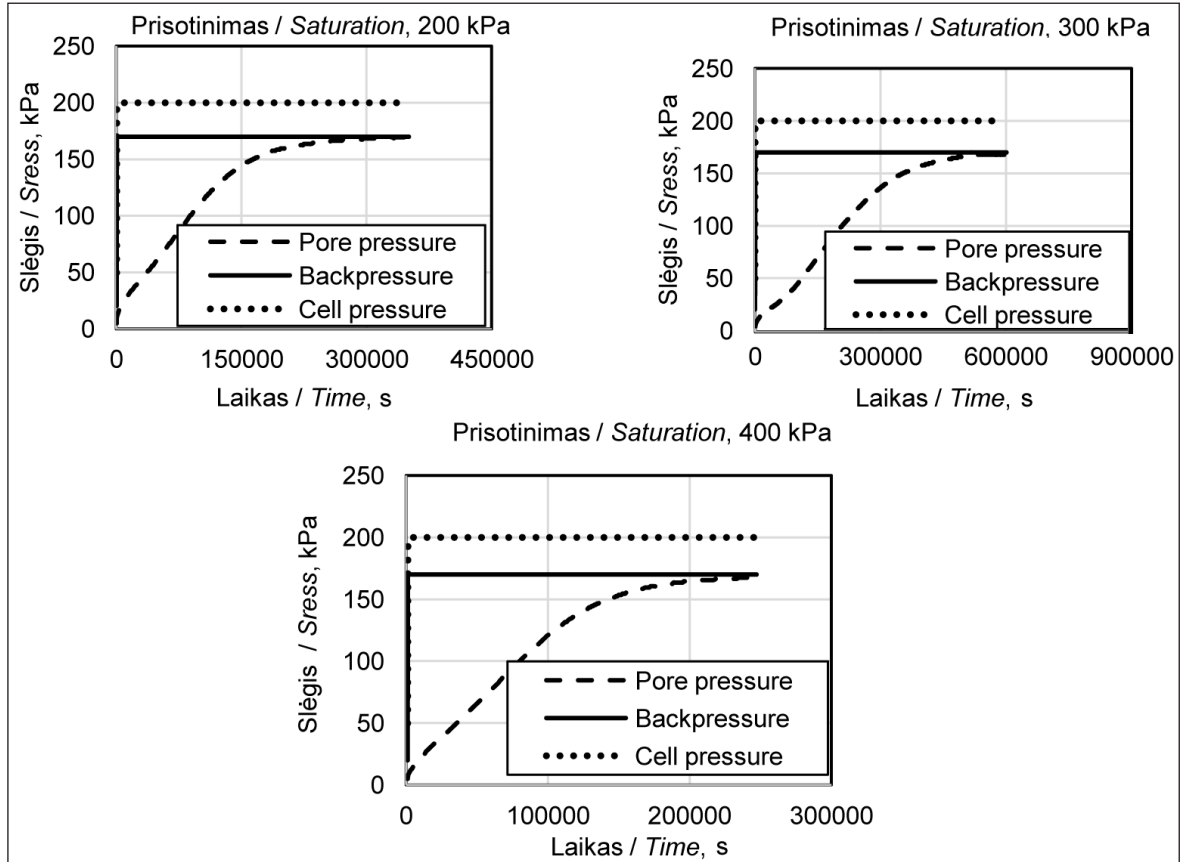
4 pav. Bandiniai po UCU bandymo  
Fig. 4. Samples after UCU tests

2. Neprisotinant konsoliduojant nedrenuojant (UCU). Bandymo metu konsolidacijos slėgiai buvo 160, 260 ir 360 kPa (4 pav.).

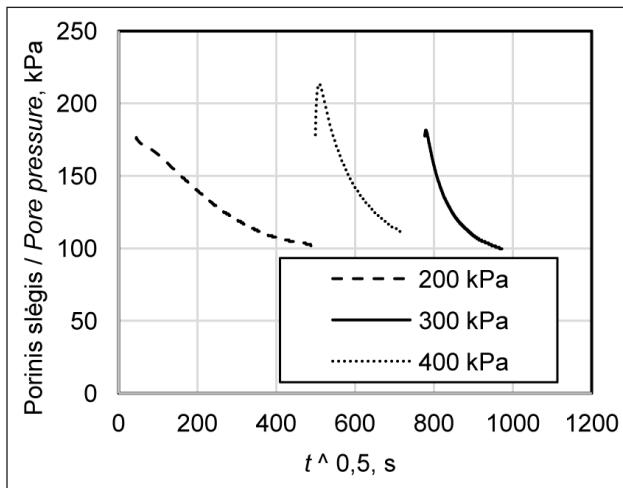
Apkrovos, taikomos abiejose metodikose, pasirinktos nuo gamtinio geostatinio slėgio. Sotinama buvo tik viena bandinių serija (5 pav.). Grunto pavyzdžiai imti iš 9,3–10,3 m gylio. Atlikus B

testą (Chaney ir kt., 1979) nustatyta, kad bandiniai nebuvo visiškai prisotinti, B reikšmė – nuo 0,65 iki 0,77. Didžiausia B testo reikšmė buvo bandinyje, kuris vėliau suslėgtas 200 kPa (5 pav.).

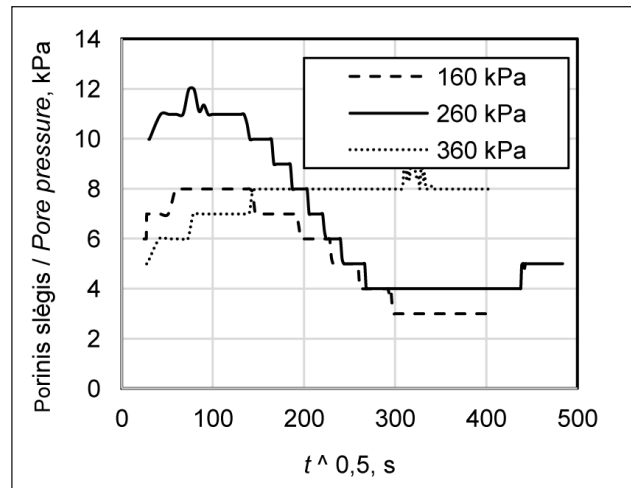
Kitas bandymo etapas buvo bandinių konsolidacija (6, 7 pav.). Čia stebėtas porinio slėgio kitimas. Analizuojant grafikus ir atkreipiant dėmesį



5 pav. Bandinių prisotinimas didinant atgalinį slėgį (SCD metodas)  
 Fig. 5. Specimen saturation by increasing back pressure (SCD method)



6 pav. SCD porinio slėgio priklausomybė nuo laiko  
 Fig. 6. SCD pore pressure versus time



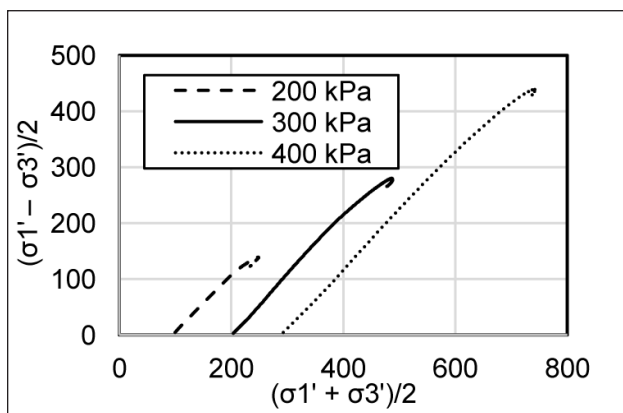
7 pav. UCU porinio slėgio priklausomybė nuo laiko  
 Fig. 7. UCU pore pressure versus time

į laiko skalę pastebėta, kad bandiniai konsolidavosi panašiu greičiu (porinis slėgis išsisklaidė beveik vienodais laiko intervalais), tačiau porinio slėgio kitimo intervalas yra skirtingas. UCU bandinio (7 pav.) porinio slėgio kitimo intervalas (nuo 2 iki 12 kPa) yra daug mažesnis nei SCD (nuo 100 iki 200 kPa) (6 pav.). Skirtingą porinio slėgio kitimą lėmė tai, kad SCD bandinys buvo prisotintas.

Atliekant apkrovimą skirtingomis triašio bandymo metodikomis bandiniuose įtempių kelias yra panašus (8–9 pav.). UCU bandymo (9 pav.) įtempių pasiskirstymo kelio kreivė yra kiek statesnė, tačiau apskritai „kirpimo“ kreivių kelias yra vienodas ir SCD, ir UCU bandiniuose. Didžiausias skirtumas matomas tarp SCD bandinio, apkrauto 200 kPa (8 pav.), ir UCU, apkrauto 160 kPa (9 pav.). Matoma, kad SCD bandinys „nusikirpo“ greičiau ir prie mažesnio slėgio.

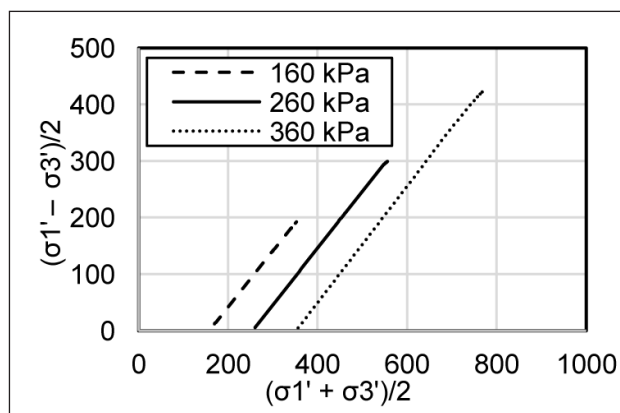
Analizuojant kerpamojo stiprumo ir deformacijų priklausomybę labiausiai išsiskiria SCD apkrauto 200 kPa (10 pav.) kreivė, kuri parodo, kad šis bandinys „nusikirpo“ labai staigiai ir greitai. Tai gali būti paaiškinama tuo, kad bandinyje buvo didesnio skersmens žvirgždo ar gargždo dalelių kirpimo plokštumoje. Analizuojant kitų bandinių priklausomybes nematoma ypatingų skirtumų ar neįprastų kreivių.

Porinio slėgio nuo deformacijos priklausomybė (12, 13 pav.) skirtingomis metodikomis analizuotų bandinių skiriasi. Kaip buvo minėta anksčiau kalbant apie konsolidacijos grafikus (6, 7 pav.), nustatytas porinio slėgio skalių skirtumas. Analizuojant grafikus 12 ir 13 pav. matoma, kad porinio slėgio išsiskirstymas yra gana panašus. Pagal SCD metodiką bandinyje, apkrautame 200 kPa (12 pav.), porinis slėgis ( $u$ ) išsiskirstė prie 5 % deformacijos. UCU metodikos bandinyje, kur



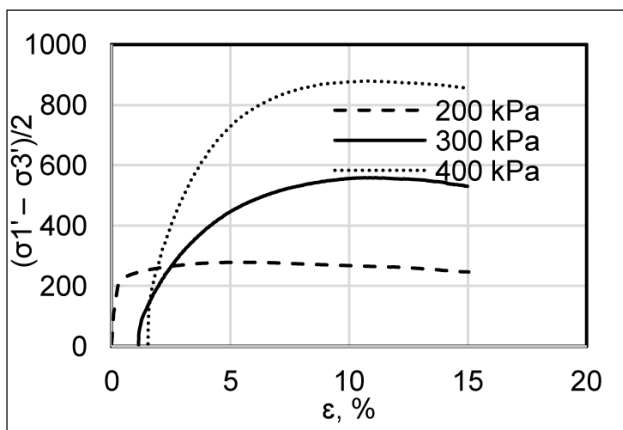
8 pav. SCD įtempių kelias

Fig. 8. SCD stress path

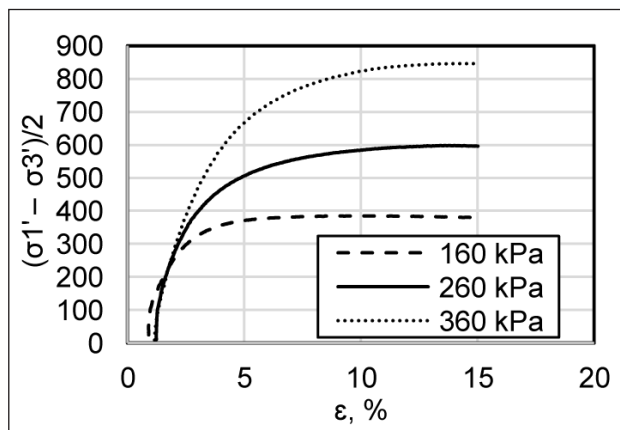


9 pav. UCU įtempių kelias

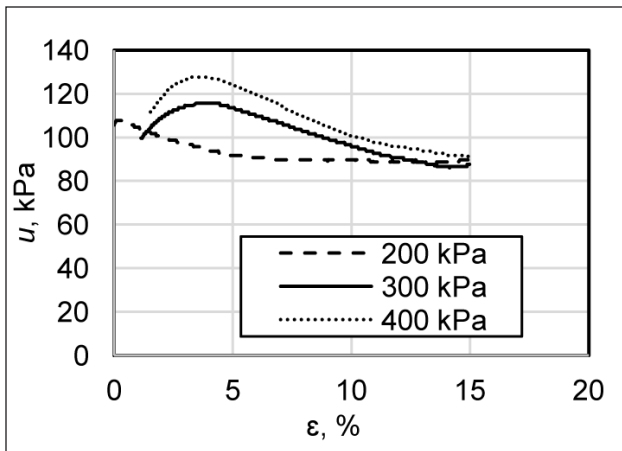
Fig. 9. UCU stress path



10 pav. SCD įtempimų priklausomybė nuo deformacijos  
Fig. 10. SCD stress versus strain

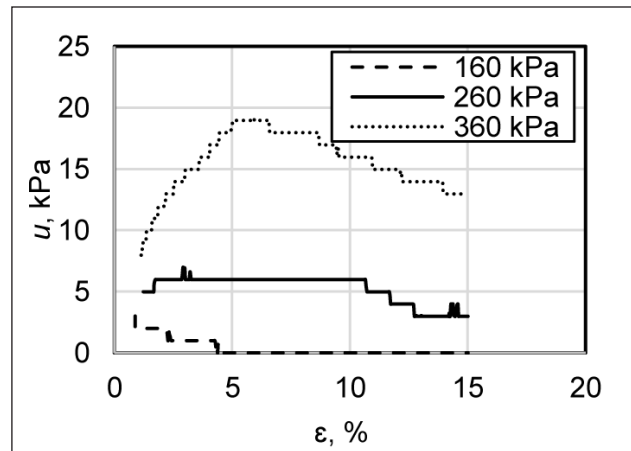


11 pav. UCU įtempimų priklausomybė nuo deformacijos  
Fig. 11. UCU stress versus strain



12 pav. SCD porinio slėgio priklausomybė nuo deformacijos

Fig. 12. SCD pore pressure versus strain



13 pav. UCU porinio slėgio priklausomybė nuo deformacijos

Fig. 13. UCU pore pressure versus strain

apkrova siekė 160 kPa (13 pav.),  $u$  išsisklaidė esant 4,5–5,0 % deformacijai.

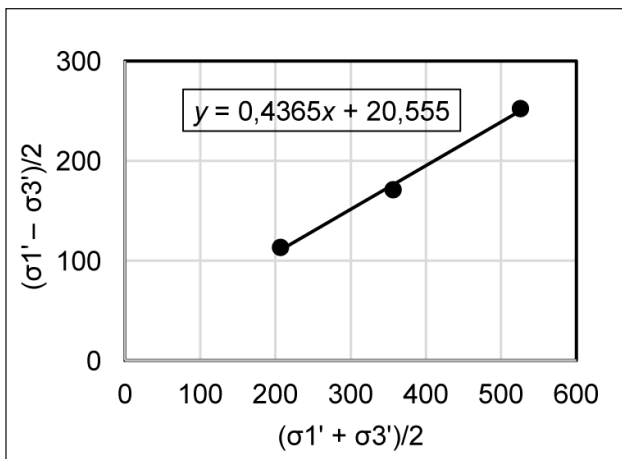
Analizuodami gautas pikines reikšmes SCD ir UCU metodikomis (14, 15 pav.) matome, kad grunto stiprumo reikšmės yra artimos. Sankiba skiriasi apie 7 kPa, o vidinės trinties kampas apie  $2^\circ$ .

Grunto stipruminių savybių tyrimai buvo atlikti taikant dvi metodikas (SCD ir UCU). Remiantis lauko bandymų metu atliktais grunto stipruminių savybių bandymais bei laboratorinių tyrimų metu nustatytais fizikinėmis savybėmis (1, 2 lentelė) galima teigti, kad abiem metodais tirti gruntai, slūgsantys skirtinguose gyliuose, yra gana panašūs savo savybėmis. UCU bandinys yra kiek stipresnis, jo  $q_c$  2 MPa didesnis, tankis ir elastingumo rodikliai irgi šiek tiek didesni. Lyginant abiejų gruntų savybių reikšmes paaiškėjo,

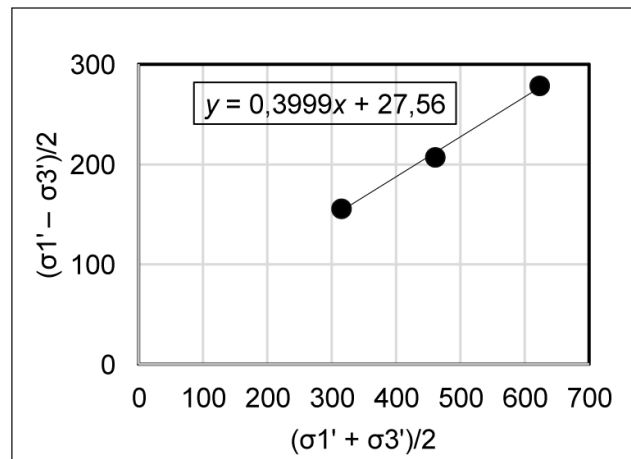
kad tarp jų esantys skirtumai nėra dideli ir abu priklauso labai stiprių gruntų klasei.

Tiesiogiai triašio bandymo metu pagal individualias reikšmes laboratoriniais tyrimais nustatyti mažiausių kvadratų metodu apskaičiuotų vidinės trinties kampo  $\phi$  ir sankibos  $c$  vidutiniai rodikliai (Šimkus, 1987; ГООТ 20522–96). Galima teigti (3 lentelė, 1 eilutė), kad gruntų stiprumas yra labai panašus. Vertindami rezultatus atskirai matome, kad esant didesniam vidinės trinties kampui grunto sankiba yra mažesnė ir atvirkščiai.

Iš atliktų triašio bandymo rezultatų buvo apskaičiuotas vidinės trinties kampas  $\phi$  ir kerpmasis stipris  $c$  taikant keletą metodikų, kurios remiasi skirtingomis koordinatinių sistemomis, bei modifikuojant gautas reikšmes į aptartas stiprumines grunto savybes (3 lentelė).



14 pav. SCD pikinės stiprumo reikšmės  
Fig. 14. SCD peak strength values



15 pav. UCU pikinės stiprumo reikšmės  
Fig. 15. UCU peak strength values

3 lentelė. **Stipruminių savybių palyginimas (Lekstutytė ir kt., 2018)**Table 3. *Comparison of shearing strength (Lekstutyte et al., 2018)*

	Vidinės trinties kampas $\phi^\circ$		Sankiba $c$ , kPa	
	SCD	UCU	SCD	UCU
1. Mažiausių kvadratų metodas (Šimkus, 1987; ГОСТ 20522–96)	23,58	21,75	20,55	27,56
2. $M, N$ (СНП 2.02.02–85, 1986)	25,79	25,79	23,35	30,59
3. $t-s$ (Massachusetts) koordinacių sistemoje	25,88	23,57	28,03	30,06
4. $p-q$ (Cambridge) koordinacių sistemoje	25,84	23,5	22,95	30,16
5. Pateiktos literatūroje (Sližytė ir kt., 2012)	28,00		82,00	
6. Pateiktos literatūroje (Šimkus ir kt., 1973)	27,00		66,00	

Remiantis  $M$  ir  $N$  koeficientais (СНП 2.02.02–85 1986) (3 lentelė, 2 eilutė), gautos savybės, palyginti su apskaičiuotomis mažiausių kvadratų metodu, yra kiek didesnės, vidinės trinties kampas vidutiniškai skiriasi apie  $3^\circ$ , o sankiba apie 3 kPa. Kiek didesni skirtumai matomi UCU metodo bandyme.

Remiantis  $t-s$  (Massachusetts) koordinacių sistemos metodo gautomis vertėmis (3 lentelė, 3 eilutė) ir jas lyginant su apskaičiuotomis mažiausių kvadratų metodu (1 eilutė), skirtumas tarp sankibos reikšmių (SCD metodo bandyme) yra šiek tiek didesnis, palyginti su  $b$  metodu (per  $M$  ir  $N$  koeficientus). Vidinės trinties kampas vidutiniškai skiriasi taip pat apie  $3^\circ$ , sankiba SCD bandyme apie 8 kPa, o UCU bandyme sankibos skirtumas išlieka apie 3 kPa.

Remiantis  $p-q$  (Cambridge) koordinacių sistemos pagrįstais skaičiavimo rezultatais (3 lentelė, 4 eilutė) ir juos lyginant su apskaičiuotais mažiausių kvadratų metodu, paaiškėjo kad jie yra gana panašūs, mažiausi skirtumai nustatyti su UCU bandyme gautais rezultatais, kai  $\phi$  skiriasi apie  $1,7^\circ$ , o  $c$  apie 2,6 kPa.

Apibendrinant triašio bandymo metu gautus rezultatus ir jų modifikacijas galima teigti, kad rezultatai mažai skiriasi, nedideli skirtumai pastebimi tarp atskirų metodų.

5 eilutėje pateikti rezultatai (3 lentelė), skirti dulkingiems ir molingiems gruntams pagal jų kūginio stiprio ( $q_c$ ) vertes (4 lentelė), turėtų būti taikomi tik drenuotiems gruntams. Įvertinę rezultatus, pastebime didelių neatitikimų lyginant sankibą, ji kai kuriais atvejais yra net keturis kartus didesnė. Didžiausi gautų rezultatų skirtumai yra taikant SCD metodiką (nuo 2,9 iki 3,9

kartų), šiek tiek mažesni taikant UCU (nuo 2,6 iki 2,9 kartų). Vertinant vidinės trinties kampą, reikšmės skiriasi tik nuo 6 iki  $2^\circ$ . Reikia pažymėti, kad 3 lentelė nėra skirta moreniniam gruntui.

4 lentelė. **Kerpamojo stiprumo parametrai (Sližytė ir kt., 2012)**Table 4. *Parameters of shearing strength (Sližytė et al., 2012)*

$q_c$ , MPa	Sankiba $c'$ , kPa	Vidinės trinties kampas $\phi'$
0,5	18	16
1,0	24	17
1,5	30	18
2,0	36	19
2,5	41	20
3,0	47	22
3,5	53	23
4,0	58	24
4,5	64	25
5,0	70	26
5,5	76	27
6,0	82	28

Dar vienam teoriniam palyginimui pasirinkti rezultatai (3 lentelė, 6 eilutė) jau yra skirti moreniniams gruntams (5 lentelė), vertinamas jų poringumas  $e$  ir plastiškumo riba  $W_p$ , kai konsistencija  $I_L \leq 0,5$  (Šimkus ir kt., 1973). Pagal laboratorijoje nustatytas ir apskaičiuotas reikšmes ( $e$ ,  $W_p$ ) buvo parinkti stiprumo rodiklių rezultatai (3 lentelė, 6 eilutė). Kaip matome, sankibos reikšmės nesiskiria tiek daug, kaip anksčiau minėti teoriniai rezultatai. Pastarieji yra didesni nuo



## 5 lentelė. Kerpamojo stiprumo parametrai (Šimkus ir kt., 1973)

Table 5. Parameters of shearing strength (Šimkus et al., 1973)

Plastiškumo riba $W_p$	Charakteristika	Poringumo koeficientas		
		0,21–0,30	0,31–0,40	0,41–0,50
<9,5	$c$	52	41	
	$\phi$	35	30	
	$E$	56	34	
9,5–12,4	$c$	65	51	34
	$\phi$	37	30	28
	$E$	47	38	32
12,5–15,4	$c$		66	55
	$\phi$		27	26
	$E$		42	30

2,1 iki 3,2 kartų. Vidinės trinties kampo reikšmės šiuo atveju yra  $1^\circ$  mažesnės, vadinasi, skirtumai tarp laboratorijoje gautų rezultatų ir teorinių yra nuo  $5^\circ$  iki  $1^\circ$ .

## IŠVADOS

Triašio slėgio aparatu tyrimus atlikus dviem metodikomis (SCD ir UCU) gautos stipruminės savybės  $c'$  ir  $\phi'$  mažai skiriasi, vidinės trinties kampas yra apie  $2^\circ$ , o sankiba apie 7 kPa.

Konservatyviausios kerpamojo stiprumo reikšmės buvo gautos naudojant mažiausių kvadratų skaičiavimo metodą.

Išanalizavus vertes, pateiktas literatūroje, nustatyta, kad siūlomi kerpamojo stiprumo parametrai yra pervertinti. Vidinės trinties kampas yra didesnis apie  $\sim 5\text{--}3^\circ$  (lyginant su SCD bandymu) ir apie  $\sim 6\text{--}2^\circ$  (lyginant su UCU bandymu). Analizuojant sankibos reikšmes, pateiktas literatūroje, matoma, kad jos yra didesnės apie  $\sim 54\text{--}61$  kPa (lyginant su SCD bandymu) ir  $\sim 52\text{--}55$  kPa (lyginant su UCU bandymu).

Kerpamojo stiprumo reikšmės, kurios pateiktos minėtoje literatūroje, reikėtų vertinti kritiškai, remtis geologų žiniomis apie gruntų savybes bei geotechnikos inžinierių patirtimi.

Gauta 2018 06 13  
Priimta 2018 06 29

## LITERATŪRA

- Amšiejus J., Mackevičius R., Medzvieckas J., Sližytė D., Stragys V. V. 2006. *Gruntų fizinės ir mechaninės savybės: laboratoriniai darbai*. Vilnius: Technika.
- Amšiejus J., Dirgėlienė N., Norkus A. 2010. Analysis of methods for evaluation of soil shear strength parameters. *Modern Building Materials, Structures and Techniques*. Vilnius, Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University. 1077–1082.
- Chaney R., Stevens E., Sheth N. 1979. Suggested test method for determination of degree of saturation of soil samples by  $B$  value measurement. *Geotechnical Testing Journal*. 2(3): 158–162.
- CEN EN 1977-1:2004. Eurocode7: Geotechnical design. Part 1: General rules.
- CEN ISO/TS 17892-12:2004. Geotechnical investigation and testing – Laboratory testing of soil. Part 12: Determination of Atterberg limits.
- CEN ISO/TS 17892-4:2004. Geotechnical investigation and testing – Laboratory testing of soil. Part 4: Determination of particle size distribution.
- Dirgėlienė N. 2007. *Grunto stipruminių ir deformacinių savybių tyrimas triašio slėgio aparate bei jų tikimybinis vertinimas*: daktaro disertacija.
- Dirgėlienė N. 2013. *Grunto tyrimai triašio slėgio aparatu: metodikos nurodymai*. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
- Dundulis K. J., Gadeikis S., Ignatavičius V. 2004. *Kvartero nuogulų inžinerinių geologinių sąlygų formavimasis*. Vilnius.
- Gadeikis S., Klizas P., Mokrik R., Jokšas K. 2012. *Geoinžineriniai lauko tyrimo metodai*. Vilnius: Vilniaus universitetas.
- Gaigalas A., Melešytė M. 2001. *Nemuno ledynmečio nuogulų paplitimas ir sudėtis*. Vilnius: Geologijos institutas, Vilniaus universitetas, Lietuvos istorijos institutas. 2001.
- Geotestus. Cogeneration power station at Jočionių str. 13. JCS Geotestus, 2017.
- Grigelis A., Gailius R., Kadūnas V. 1994. *Lietuvos geologija*: monografija. Vilnius.

14. Ho Chi Minh City University of Technology. Chapter 11: Shear Strength of Soil, 2016.
15. Kavoliūtė F. 2012. *Lietuvos gamtinis pamatas*. I dalis. Vilnius: Vilniaus universitetas.
16. Lade P. V. 2016. *Triaxial Testing of Soils*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
17. Lekstutytė I., Gadeikis S., Žaržojus G., Skuodis Š. 2018. Some mechanical properties of Medininkai glacial period overconsolidated moraine clay. *26th European Young Geotechnical Engineers Conference*. Graz, Austria [in press].
18. Satkūnas J. 1994. *Lietuvos kvartero stratigrafijos schema*. Vilnius.
19. Šimkus J., Alikonis A., Sidauga B. 1973. *Lietuvos TSR gruntų statybinės savybės*. Vilnius: Mintis.
20. Šimkus J. 1987. *Gręžtinių pamatų projektavimas ir statyba. Gruntų tyrimas statiniu zondavimu*. Vilnius.
21. Sližytė D., Medzvieckas J., Mackevičius R. 2012. *Pamatai ir pagrindai*. Vilnius: Technika.
22. *Snip 2.02.02–85*. 1986. Osnovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniya Gosstroj SSSR [in Russian].

Ieva Lekstutytė, Saulius Gadeikis, Gintaras Žaržojus, Šarūnas Skuodis

## MECHANICAL PROPERTIES OF MEDININKAI GLACIAL PERIOD TILL SOILS

### Summary

This paper presents the properties of the till soils of Medininkai glacial period. The main aim is to investigate mechanical properties of the till soils and to compare obtained results with those proposed in literature, regardless of its genesis. Based on the information obtained during the performed cone penetration test ( $q_c$ ,  $f_s$ ), the tested soil is classified as a very strong soil. In addition, physical properties of the soil were determined. The determination of the natural density, moisture and Atterberg's limits were performed, as well as the grain size analysis of the soil. Two testing series were provided with a triaxial apparatus under different testing methodologies. The first series was unsaturated consolidated undrained (UCU) triaxial tests, and the second series of samples was saturated consolidated drained (SCD) triaxial tests. Four techniques were chosen for the investigated soil strength parameters from the laboratory test: (1) the least squares method; (2)  $M$ ,  $N$ ; (3)  $t - s$  (Massachusetts) coordinate system; and (4)  $p - q$  (Cambridge) coordinate system. Mechanical soil strength properties (internal friction angle and cohesion) from the triaxial test were compared with strength properties proposed in the analyzed literature. After literature analysis, it was obtained that suggested shearing strength parameters in literature (Sližytė ir kt., 2012; Šimkus ir kt., 1973) are overestimated when compared to obtained results. After the tests with a triaxial apparatus according to two different testing methodologies, the obtained shearing strength properties  $c'$  and  $\phi'$  did not differ a lot (angle of internal friction by  $2^\circ$ , and shear strength by about 7 kPa). The most conservative shearing strength values were obtained using the least squares method for results interpretation.

**Keywords:** till soils, shearing strength, angle of internal friction, cohesion