



VILNIAUS UNIVERSITETAS

GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
HIDROGEOLOGIJOS IR INŽINERINĖS GEOLOGIJOS KATEDRA

Dalia Sajonaitė

**NEDRENUOTO KERPAMOJO STIPRIO, NUSTATYTO
SKIRTINGAIS METODAIS, LYGINAMOJI ANALIZĖ**

Magistro darbas

Darbo vadovė: doc.Sonata Gadeikytė
Konsultantas: Domas Gribulis

Vilnius 2016

| | |
|--|----|
| ĮVADAS..... | 7 |
| 1. GRUNTO KERPAMOJO STIPRIO SAMPRATA IR ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA | 10 |
| 1.1. Grunto kerpamojo stiprio samprata | 10 |
| 1.2. Ankstesnių tyrimų apžvalga..... | 12 |
| 2. KERPAMOJO STIPRIO NUSTATYMO METODŲ APŽVALGA | 17 |
| 2.1. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) apskaičiavimas iš statinio zondavimo duomenų..... | 17 |
| 2.2. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymas kišeniniu penetrometru | 20 |
| 2.3. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymas kišenine sparnuote..... | 22 |
| 2.4. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymas smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu..... | 24 |
| 3. ANALIZUOJAMŲ GRUNTŲ GEOTECHNINĖS SAVYBĖS | 28 |
| 4. TYRIMŲ REZULTATŲ DUOMENYS IR ANALIZĖ | 35 |
| 4.1. Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, rezultatai..... | 35 |
| 4.2. Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės..... | 42 |
| 4.2.1. Smėlingo dulkingo molio (sasiCl) nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės | 48 |
| 4.2.2. Smėlingo molingo dulkio (saciSi) nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės | 52 |
| 4.2.3. Dulkingo molio (siCl) ir molio (Cl) nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės | 55 |
| 4.3. Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės | 57 |
| 4.3.1. Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės..... | 63 |
| 4.3.2. Smėlingo molingo dulkio nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės..... | 67 |
| 4.3.3. Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės..... | 72 |
| IŠVADOS | 77 |
| SANTRAUKA | 79 |
| SUMMARY | 80 |
| LITERATŪRA | 81 |
| PRIEDAI | 85 |

LENTELIŲ SĄRAŠAS

| | | |
|---------------|--|------------|
| 1.1.1 lentelė | Gruntų geotechninės savybės (Sližytė ir kt., 2012) | 12 psl. |
| 2.1.1 lentelė | Terorinio kūgio koeficiento (N_c) verčių ir skaičiavimo lygčių suvestinė lentelė ($\varphi=0$) (Lunne ir kt., 1997) | 19-20 psl. |
| 2.2.1 lentelė | Kišeniniam penetrometriui naudojami koeficientai, priklausomai nuo antgalio (daryta autoriaus) | 21 psl. |
| 2.3.1 lentelė | Kišeninei sparnuotei naudojami koeficientai, priklausomai nuo antgalio (daryta autoriaus) | 23 psl. |
| 2.4.1 lentelė | Molinio grunto konsistencijos ir gniuždomojo stiprio priklausomybė (Das, 2006) | 27 psl. |
| 3.1 lentelė | Laboratorinių tyrimų atlikimo standartai (daryta autoriaus) | 28 psl. |
| 3.2 lentelė | Gruntų granulimetrinės sudėties suvestiniai rezultatai (daryta autoriaus) | 29 psl. |
| 3.3 lentelė. | Bandinių kiekis, pagal gruntų konsistenciją (daryta autoriaus) | 30 psl. |
| 3.4 lentelė. | Tirtų gruntų fizinių ir mechaninių verčių minimalios, maksimalios ir vidurkinės vertės (daryta autoriaus) | 31 psl. |
| 3.5 lentelė. | Moreninio smėlingo dulkingo molio laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė (daryta autoriaus) | 32 psl. |
| 3.6 lentelė. | Moreninio smėlingo molingo dulgio laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė (daryta autoriaus) | 33 psl. |
| 3.7 lentelė | Moreninio dulkingo molio laboratorinių tyrimų suvestiniai rezultatai (daryta autoriaus) | 34 psl. |
| 3.8 lentelė | Moreninio molio laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė (daryta autoriaus) | 35 psl. |
| 4.1.1 lentelė | Kišeninės sparnuotės bandymų rezultatai (daryta autoriaus) | 36 psl. |
| 4.1.2 lentelė | Kišeninio penetrometro bandymų rezultatai (daryta autoriaus) | 37 psl. |
| 4.1.3 lentelė | Skirtingos granulimetrinės sudėties gruntų, apskaičiuotas didžiausias, mažiausias ir vidurkinis nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) iš statinio zondavimo duomenų, naudojant skirtingus N_k koeficientus (daryta autoriaus) | 38 psl. |
| 4.1.4 lentelė | Nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), nustatytas vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų (daryta autoriaus) | 39 psl. |
| 4.1.5 lentelė | Skirtingos petrografinės sudėties gruntų, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), nustatytas skirtingais metodais (daryta autoriaus) | 40 psl. |
| 4.1.6 lentelė | Skirtingos petrografinės sudėties ir konsistencijos (pagal I_C) gruntų, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), nustatytas skirtingais metodais (daryta autoriaus) | 42 psl. |
| 4.3.1 lentelė | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u) (daryta autoriaus) | 62 psl. |

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

| | | |
|--------------|--|---------|
| 1.1.1 pav. | Įtempių pasiskirstymas plokštumuose (Sližytė ir kt., 2012) | 10 psl. |
| 1.1.2 pav. | Grafinė Kulono lygties išraiška (Gribulis, 2011) | 11 psl. |
| 2.1.1 pav. | Statinio zondavimo metu naudotas elektrinis statinis zondas (Lunne ir kt., 1997) | 17 psl. |
| 2.1.2 pav. | Statinio zondavimo bandymo procedūros schema (http://www.geotestus.lt/uploads/Metodai/Statinis%20zondavimas.pdf) | 18 psl. |
| 2.2.1 pav. | Kišeninio penetrometro schema (daryta autoriaus) | 21 psl. |
| 2.2.2 pav. | Kišeninis penetrometras (daryta autoriaus) | 22 psl. |
| 2.3.1 pav. | Kišeninė sparnuotė (daryta autoriaus) | 23 psl. |
| 2.4.1 pav. | Vienaašio gniuždymo bandymo įranga (http://www.astm.org/Standards/D2166.htm) | 24 psl. |
| 2.4.2 pav. | Nedrenuotojo kerpamojo stiprio nustatymas tiesioginio gniuždymo metodu (Das, 2006) | 26 psl. |
| 2.4.3 pav. | Smulkaus grunto vienaašio gniuždymo bandymo grafikas, pagal ISO 17892-7:2004 standartą (daryta autoriaus) | 26 psl. |
| 3.1 pav. | Moreninio smėlingo dulkingo molio frakcijų pasiskirstymas (daryta autoriaus) | 31 psl. |
| 3.2 pav. | Moreninio smėlingo molingo dulkių frakcijų pasiskirstymas (daryta autoriaus) | 32 psl. |
| 3.3 pav. | Moreninio dulkingo molio frakcijų pasiskirstymas (daryta autoriaus) | 33 psl. |
| 3.4 pav. | Moreninio molio frakcijų pasiskirstymas (daryta autoriaus) | 34 psl. |
| 4.1.1 pav. | Gruntų vidurkinis nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas skirtingais metodais (daryta autoriaus) | 38 psl. |
| 4.2.1 pav. | Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto konsistencijos rodiklio koreliacinė priklausomybė (daryta autoriaus) | 44 psl. |
| 4.2.2 pav. | Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto gamtinio drėgnio koreliacinė priklausomybė (daryta autoriaus) | 45 psl. |
| 4.2.3 pav. | Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto poringumo koreliacinė priklausomybė (daryta autoriaus) | 46 psl. |
| 4.2.4 pav. | Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto plastiškumo koreliacinė priklausomybė (daryta autoriaus) | 47 psl. |
| 4.2.5 pav. | Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto gamtinio tankio koreliacinė priklausomybė (daryta autoriaus) | 48 psl. |
| 4.2.1.1 pav. | Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto konsistencijos rodiklio (I_C) (daryta autoriaus) | 49 psl. |
| 4.2.1.2 pav. | Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio drėgnio (w) (daryta autoriaus) | 51 psl. |
| 4.2.1.3 pav. | Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto poringumo (e_o) (daryta autoriaus) | 51 psl. |
| 4.2.1.4 pav. | Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto plastiškumo (w_L) (daryta autoriaus) | 52 psl. |
| 4.2.2.1 pav. | Smėlingo molingo dulkių nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto konsistencijos rodiklio (I_C) (daryta autoriaus) | 54 psl. |

| | | |
|--------------|--|---------|
| 4.2.2.2 pav. | Smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio drėgnio (w) (daryta autoriaus) | 54 psl. |
| 4.2.2.3 pav. | Smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo gamtinio tankio (ρ) (daryta autoriaus) | 55 psl. |
| 4.2.3.1 pav. | Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio tankio (ρ) (daryta autoriaus) | 57 psl. |
| 4.3.1 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 58 psl. |
| 4.3.2 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 59 psl. |
| 4.3.3 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų (daryta autoriaus) | 60 psl. |
| 4.3.4 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 60 psl. |
| 4.3.5 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 61 psl. |
| 4.3.6 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 62 psl. |
| 4.3.1.1 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 64 psl. |
| 4.3.1.2 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 64 psl. |
| 4.3.1.3 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų (daryta autoriaus) | 65 psl. |
| 4.3.1.4 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 65 psl. |
| 4.3.1.5 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 66 psl. |
| 4.3.1.6 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 67 psl. |
| 4.3.2.1 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 68 psl. |

| | | |
|--------------|---|---------|
| 4.3.2.2 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 69 psl. |
| 4.3.2.3 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų (daryta autoriaus) | 70 psl. |
| 4.3.2.4 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 70 psl. |
| 4.3.2.5 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 71 psl. |
| 4.3.2.6 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 72 psl. |
| 4.3.3.1 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 73 psl. |
| 4.3.3.2 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 74 psl. |
| 4.3.3.3 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų (daryta autoriaus) | 74 psl. |
| 4.3.3.4 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote (daryta autoriaus) | 75 psl. |
| 4.3.3.5 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 75 psl. |
| 4.3.3.6 pav. | Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru (daryta autoriaus) | 76 psl. |

IVADAS

Darbo problema ir aktualumas

Projektuojant įvairius statinius reikalingi gruntų duomenys, kurie apibūdintų gruntų fizines ir mechanines savybes. Tokia informacija projektuotojams yra būtina, todėl yra tiriamos gruntų fizinės ir mechaninės savybės kiekvienoje statybų aikštelėje. Nedrenuotas kerpamasis stipris rodo gruntų gebėjimą pasipriešinti suardymui.

Inžinerinėje geologijoje viena iš svarbesnių grunto mechaninių savybių yra grunto nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), kadangi dabartinė statyba vyksta greitai, vyksta greitas grunto apkrovimas, kurio metu gruntui neleidžiama konsoliduotis ir dažniausiai nevyksta vandens drenavimasis iš molingų gruntų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės yra naudojamos ne tik projektuojant statinius, polinių pamatų įrengimui, bet ir šlaitų stabilumui įvertinti, atraminių sienučių įrengimui.

Nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklis (c_u) gali būti nustatomas tiek lauko, tiek laboratoriniais metodais. Daugelis tų metodų yra gana sudėtingai įvykdomi arba reikalaujantys daug kaštų. Šiuo metu grunto kerpamojo stiprumo rodikliai dažniausiai nustatomi laboratorijose triašio slėgio ir tiesioginio kirpimo aparatais. Taip pat dažnai Lietuvoje naudojamas kūgio metodas, mentelės bandymas, statinis zondavimas ir dilatometro bandymas nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymui. Kituose Europos šalyse (pvz.: Anglijoje, Vokietijoje), nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymui dažnai naudojami mobilūs prietaisai (kišeninė sparnuotė ir kišeninis penetrometras). Šie metodai labai patogūs, kadangi prietaisai yra nedideli, kompaktiški ir bandymai atliekami vos per kelias minutes. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) rodikliai nustatyti įvairių konstrukcijų prietaisais ar lauko bandymais gaunami skirtingi. Grunto kerpamojo stiprio rodiklių skaičiuotinėms vertėms turi įtakos jų nustatymo metodai, todėl šis magistrinis darbas yra skirtas nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) verčių, nustatytais laboratoriniais ir lauko tyrimo metodais, palyginimui.

Magistrinio darbo tyrimams buvo paimti 39 nesuardytos sandaros mėginiai, kuriems buvo atlikti laboratoriniai tyrimai, taip pat tyrimai kišenine sparnuote ir penetrometru. Šalia nesuardytos sandaros mėginių paėmimo vietų, buvo atliktas statinio zondavimo bandymas, nustatyta kūginis stipris (q_c) ir šoninė trintis (f_s), iš išskirtų inžinerinių sluoksnių, kurie atitinka mėginio paėmimo gylio intervalą, buvo apskaičiuotos vidurkinės kūginio stiprio vertės. Nedrenuotas kerpamasis stipris, iš statinio zondavimo duomenų, buvo apskaičiuotas Uniplot programos pagalba, pagal Eurocode 7 pateiktą formulę (2.1.12), taikant 3 skirtingus empirinius koeficientus (kai $N_k=15$, $N_k=17,5$, $N_k=20$). Nesuardytos sandaros mėginiai buvo paimti 2015

metais, iš Kauno mieste slūgsančių Viršutinio Pleistoceno, Nemuno svitos, Baltijos posvitės glacialinių gruntų. Iš kiekvieno nesuardytos sandaros mėginio buvo atliekami laboratoriniai tyrimai, nustatyta grunto granulimetrinė sudėtis, gamtinis bei kietų dalelių tankis, gamtinis drėgnis, takumo ir plastingumo drėgnis, pradinis poringumo koeficientas, soties laipsnis, stiprumas gniuždant bei nedrenuoto grunto stiprumas (vienašio gniuždymo bandymu). Laboratoriniai tyrimai buvo atlikti Vilniaus universiteto, Gamtos mokslų fakulteto, Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedros laboratorijoje. Laboratorinis granulimetrinės sudėties tyrimas parodė, kad dauguma bandinių yra smėlingas dulkingas molis (22 bandiniai). Kitus bandinius sudaro smėlingas molingas dulkis (7 bandiniai), dulkingas molis (4 bandiniai) ir molis (6 bandiniai). Lauko darbų metu, o taip pat iš nesuardytos sandaros mėginių buvo atliekami tyrimai kišenine sparnuote (39 tyrimai) ir kišeniniu penetrometru (39 tyrimai) nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymui.

Darbo tikslas

Magistrinio darbo tikslas – nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklio, nustatyto skirtingais metodais, rezultatų lyginimas ir analizė, pagal kuriuos yra patikimiau prognozuoti pagrindo laikomąją galią, įvertinti metodų tarpusavio ryšį, bei sąryšiu su grunto fizinėmis savybėmis

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti buvo suformuluoti ir įgyvendinti šie uždaviniai:

1. Apžvelgti nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymui naudojamus laboratorinius ir lauko tyrimo metodus;
2. Detaliai apžvelgti nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) apskaičiavimą iš statinio zondavimo duomenų, nustatymą vienašio gniuždymo bandymu, nustatymą iš kišeninės sparnuotės ir kišeninio penetrometro, bei nustatyti optimaliausią empirinį koeficientą (N_k) gruntams nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų;
3. Pagal pasirinktas metodikas atlikti moreninių gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio bandymus ir atlikti gautų rezultatų analizę;
4. Apžvelgti laboratorinių tyrimų metodologiją, išanalizuoti tirtų gruntų fizines ir mechanines savybes;
5. Ištirti nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u), gauto įvairiais metodais, sąsajas su fizinėmis gruntų savybėmis;
6. Pateikti nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) koreliacinę priklausomybę tarp skirtingų jo

nustatymo metodų rezultatų.

Apimtis ir struktūra

Magistrinį darbą sudaro įvadas, 4 pagrindiniai skyriai, paskutinytis skyrius – darbo rezultatų apibendrinimas ir išvados, priedai. Darbo apimtis – 84 puslapiai, su priedais. Tekste panaudotas 51 paveikslas, 20 lentelių, 34 formulės. Rašant magistrinį darbą naudoti 49 literatūros šaltiniai. Pirmajame skyriuje analizuota nedrenuoto kerpamojo stiprio samprata ir apžvelgta ankstesnių tyrimų apžvalga. Antrajame skyriuje pateikti metodai, kurie naudojami Lietuvoje ir visame pasaulyje nedrenuoto grunto stiprumui (c_u) nustatyti. Detaliai išanalizuoti metodai, kurie buvo naudoti magistriniame, grunto stiprumo (c_u) nustatymui. Trečiame skyriuje pateikiama analizuojamų gruntų laboratorinių tyrimų metodikos apžvalga ir tirtų gruntų geotechninės charakteristikos. Ketvirtame skyriuje pateikiami nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, rezultatai, nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės sąsajos su gruntų fizikinėmis savybėmis bei gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliacinės priklausomybės tarp skirtingų nustatymo metodų. Paskutiniame darbo skyriuje pateikta darbo rezultatų apibendrinimas ir išvados.

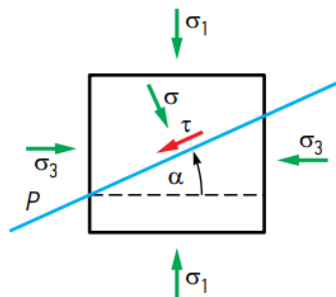
Už pagalbą ir naudingus patarimus, ruošiant magistrinį darbą norėčiau padėkoti darbo vadovei doc. Sonatai Gadeikytei, už konsultacijas - laborantui Domui Gribuliui. Už nesuardytos sandaros bandinius ir statinio zondavimo duomenis dėkoju UAB „Fugro Baltic“.

1. GRUNTO KERPAMOJO STIPRIO SAMPRATA IR ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

1.1. Grunto kerpamojo stiprio samprata

Kerpamasis stipris – pagrindinis grunto stiprumo rodiklis, kuris rodo gruntų gebėjimą pasipriešinti suardymui. Grunto kerpamasis stipris (τ) susideda iš gruntą sudarančių kietų dalelių ar grūdelių tarpusavio pasipriešinimo trinčiai ir dalelių rišumo ar sankibumo pasipriešinimo (Gadeikis ir kt., 2012), taigi kerpamasis stipris, pagal dažniausiai taikomą Moro ir Kulono teoriją išreiškiamas dviem parametrais: vidinės trinties kampu φ ir sankiba c , kurie vadinami grunto stiprio rodikliais. Vidinės trinties kampas priklauso nuo dalelių mineralinės sudėties, didumo, formos bei grunto tankio ir drėgnio. Sankiba pasireiškia moliniuose gruntuose, nes juose tarp dalelių veikia stiprios traukos jėgos. Ji labiausiai priklauso nuo grunto drėgnio ir dalelių struktūrinio ryšio (Valiūnas, 2009).

Jeigu tam tikruose plokštumos taškuose tangentiniai įtempiai tampa lygūs kerpamajam stipriui, gruntas šiuose taškuose kerpasi, prasideda deformacijos dėl šlyties. Susiformuoja slydimo plokštuma, kuria slys dalis grunto, sukeldama konstrukcijų pagrindo suirimą. Grunto suirimo kriterijus yra sąryšis tarp ekstreminio įtempių būvio ir kerpamojo stiprio rodiklių (1.1.1 pav.) (Sližytė ir kt., 2012).



1.1.1 pav. Įtempių pasiskirstymas plokštumoje (Sližytė ir kt., 2012)

Trintis gruntuose priklauso nuo granulometrinės sudėties, kuo gruntas nevienalytiškesnis ir kuo daugiau jame yra stambių dalelių, tuo didesnė vidinė trintis, o sankiba yra būdinga rišliems gruntams.

Kirpimosi stiprio parametrai priklauso nuo sąveikos tarp kietųjų dalelių, kuri priklauso nuo efektyviųjų įtempių. Smėlinių gruntų kerpamasis stipris labiausiai priklauso nuo trinties, o molinių gruntų – nuo trinties ir sankibos.

1779 metais prancūzų mokslininkas Kulonas nustatė, kad gruntų suirimas vyksta persistumiant grunto dedelėms viena kitos atžvilgiu. Bandymai buvo atlikti biriems smėlio

gruntams ir pateikta tiesinė lygtis (Smith ir Smith, 1998) (1.1.1). Rišliems gruntams nustatyta sudėtingesnė priklausomybė, kadangi tarp dalelių ir vandens molekulių susidaro koloidiniai bei silpni cementiniai ryšiai, kurie sukuria sankibą. Lygtis išreiškiama Moro-Kulono regresijos lygtimi (ang. *Mohr-Coulomb failure criterion*) (1.1.2.), šios lygties grafinė išraiška parodyta 1.1.2 pav.

Smėliniuose gruntuose, kuriuose sankabumas $c = 0$:

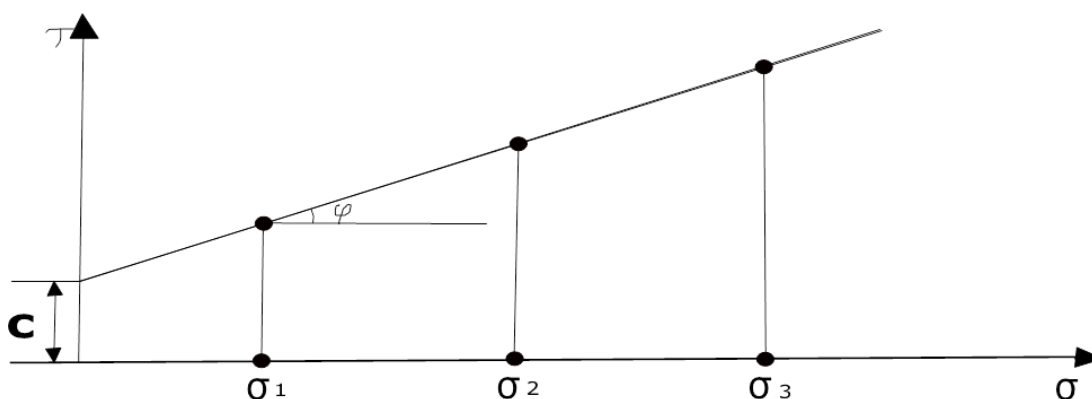
$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.1.1)$$

čia: τ – kerpamasis stipris, kPa; σ – normalinis įtempis, kPa; φ – vidinės trinties kampas.

Smulkiagrūdžiuose gruntuose (moliuose ir dulkiuose):

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (1.1.2)$$

čia: τ – kerpamasis stipris, kPa; σ – normalinis įtempis, kPa; φ – vidinės trinties kampas, c – sankiba, kPa.



1.1.2 pav. Grafinė Kulono lygties išraiška (Gribulis, 2011)

1925 m. K. Terzaghi įvedė efektyviųjų įtempių sąvoką (1.1.3), kur vandeniui prisotintuose gruntuose, suminis įtempis yra efektyviojo ir porinio vandens slėgio suma:

$$\sigma = \sigma' + u \quad (1.1.3)$$

čia: σ – suminis įtempis, kPa; σ' – efektyvusis įtempis, kPa; u – porinis vandens slėgis, kPa.

Efektyvieji įtempiai vyksta tik tarp kietų grunto dalelių, todėl smulkiagrūdžiuose gruntuose drenuotomis sąlygomis atmetamas porinio vandens slėgis, o kerpamasis stipris aprašomas šia lygtimi:

$$\tau = \sigma' \cdot \operatorname{tg} \varphi' + c' \quad (1.1.4)$$

čia: τ – kerpamasis stipris, kPa; σ' – efektyvusis įtempis, kPa; φ' – efektyvusis vidinės trinties kampas, c' – efektyvioji sankiba, kPa.

Efektyviosios sankibos vertė (c') smėliams ir neorganiniams dulkiams lygi 0, normaliai konsoliduotiems moliams, efektyvioji sankiba taip pat prilyginama 0. Pertankintam ir moreniniam moliui efektyviosios sankibos vertė yra didesnė nei 0.

1948 m. profesorius A.W. Skempton sukūrė metodą: $\phi = 0$, kuris naudojamas vandens įsotintiems molingiems gruntams, kai šių gruntų apslėgimas vyksta greitai. Yra priimama sąlyga, kad greito kirpimo metu, tarp grunto dalelių esanti vidinė trintis labai sumažėja ir ji yra prilyginama 0, todėl nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymui būtinas nedrenuotas ir nekonsoliduotas bandymas (Skara, 2013).

Nedrenuotomis sąlygomis kerpamąjį stiprį vandeniui prisotintuose moliuose ir dulkiuose suteikia sankabumas tarp dalelių, o trintis lygi 0. Tada:

$$\tau = c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (1.1.5)$$

čia: c_u – nedrenuotas kerpamasis stipris, kPa; σ_1, σ_2 – įtempis, kPa.

Nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymui naudojami laboratoriniai ir lauko tyrimai, kurie apžvelgti sekančiame skyriuje.

Sankabiuose gruntuose kerpamojo stiprio reikšmė priklauso nuo šių gruntų drėgno, poringumo, plastiškumo ir konsistencijos. Geotechninių gruntų savybių apibūdinimas pagal kūginio stiprio (q_c) ir nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertę pateiktas 1.1.1 lentelėje.

1.1.1 lentelė. Gruntų geotechninės savybės (Sližytė ir kt., 2012)

| Stiprumas | Rupusis gruntas (smėliai) | | Smulkieji gruntai (dulkis ir molis) | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|---------------------|
| | q_c , MPa | Tankumas | q_c , MPa | c_u , kPa | Konsistencija |
| ypatingai silpnas (y.s) | | | <0,25 | | Takus |
| labai silpnas (l.s) | <2,5 | Labai purus | 0,25–0,5 | <12,5 | Takiai plastiškas |
| Silpnas (s) | 2,5–5,0 | Purus | 0,5–1,5 | 12,5–25,0 | Minkštai plastiškas |
| vidutinio stiprumo (v.st) | 5,0–10,0 | Vidutinio tankumo | 1,5–2,5 | 25,0–50,0 | Kietai plastiškas |
| Stiprus (st) | 10,0–20,0 | Tankus | 2,5–4,0 | 50,0–100,0 | Pusketis |
| labai stiprus (l.st) | 20,0–40,0 | Labai tankus | >4,0 | >100,0 | Kietas |
| ypatingai stiprus (y.st) | >40,0 | Ypač tankus | | | |

1.2. Ankstesnių tyrimų apžvalga

Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertes, nustatytas skirtingais metodais, tyrinėjo Teksaso transporto departamentas, Jungtinėse Amerikos Valstijose. D. A. Varathungarajan ir kt. (2009) atliko statinio zondavimo bandymą, o gautus rezultatus koreliavo su laboratorinių tyrimų duomenimis, kad nustatyti drenuotą ir nedrenuotą kerpamąjį stiprį gilių pamatų projektavimui. Pagrindinis tikslas buvo išnagrinėti c_u labai minkštuose gruntuose. Tyrimams buvo pasirinkti 6 skirtingi objektai kuriuose labai minkšti gruntai dažniausiai vyravo iki 10 m gylio. Kerpamojo stiprio koreliacijai buvo pasirinktas c_u apskaičiavimas iš statinio zondavimo duomenų, lauko

sparnuotės metodas bei laboratoriniai drenuoto-konsoliduoto bei nedrenuoto-nekonsoliduoto grunto triašiai bandymai. Kai kuriuose pasirinktiniuose gruntų mėginiuose papildomai buvo atlikti vienašio gniuždymo bandymas bei Aterbergo ribų nustymai. Visais metodais gauti c_u rezultatai buvo kruopščiai analizuojami ir interpretuojami, o taip pat buvo nubrėžtos apatinės ir viršutinės c_u ribos, tam kad atmesti blogus rezultatus kurie, autorių manymu, galėjo būti gauti dėl kiekvieno objekto skirtumų ar netaisyklingai paimto mėginio.

D. A. Varathungarajan ir kt. (2009), pagal atliktų rezultatų koreliaciją padarė išvadas, kad nekonsoliduotas-nedrenuotas triašio bandymas ir vienašio gniuždymo bandymas tiksliai nenustato gruntų stiprumo, ji grindžiama tuo, jog nesuardytos sandaros pavyzdžiai visada turi didesnę ar mažesnę grunto suardymo laipsnį. Tik kai kuriuose mėginiuose atlikti tyrimai pateko į tyrimo eigoje nubrėžtas c_u ribas, kadangi mėginiai buvo praktiškai idealiai nesuardytos sandaros. Drenuotas-nekonsoliduotas triašio gniuždymo bandymas gali padėti ištaisyti/pagerinti c_u rezultatus, gautus nekonsoliduoto-nedrenuoto triašio bandymu ar vienašio gniuždymo bandymo metu. Šiuo atveju grunto mėginio kokybė gali būti nusatoma tūriniu stipriu apkrovimo metu. Lauko sparnuotės metu c_u rezultatai gauti gana patikimi, tačiau tik labai minkštuose ir mikštuose vienalyčiuose moliniuose gruntuose. Jei gruntas smėlingas, tada gautos reikšmės ženkliai per aukštos, tad rezultatai nepatikimi. Statinio zondavimo metu apskaičiuotos c_u vertės patikimos ir tikslios, taip pat prieita išvados, kad gauti rezultatai labiausiai sutampa su vienašio gniuždymo bandymų rezultatais.

T. B. Edil ir C. H. Benson (2009) analizavo nedrenuoto kerpamojo stiprio laboratorinių tyrimų rezultatus su in-situ tyrimais nustatytais rezultatais. Tyrimams buvo naudojami 3 763 gruntų bandiniai iš pietryčių Viskonsino, Jungtinės Amerikos Valstijos, siekiant nustatyti koreliacijas tarp laboratorinių tyrimų rezultatų ir geotechninių gruntų parametrų. Tyrimo metu buvo nustatyta koreliacija tarp skirtingų gruntų tipų, nedrenuoto kerpamojo stiprio, sankibos, trinties kampo ir Aterbergo ribų. Koreliacijai nustatyti buvo taikomi tiesioginės regresijos metodai. Iš koreliacijos analizės nustatyta, kad nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertė, nustatyta kišeniniu penetrometru, vienašio gniuždymo bandymu bei nekonsoliduoto-nedrenuoto triašio bandymu yra gana panaši smėlingiems dulkiams, dulkingiems moliams bei dulkingiems smėliams ir vidutiniškai yra 108 kPa, o gruntai priskiriami stiprių gruntų kategorijai. Regresinės analizės rezultatai parodė, kad nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) mažėja, proporcingai didėjant takumo ribos drėgniui (w_L), tuo tarpu priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto konsolidacijos rodiklio (OCR) nenustatyta.

M. Johnsson ir C. Sellin (2012), magistriniame darbe, nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliacijai daugiausia rėmėsi lauko sparnuotės metodu. Tyrimai buvo atliekami vakarų Švedijoje, kur laboratorijos rezultatai buvo ir lyginami su lauko sparnuotės rezultatais.

Nesuardytos sandaros mėginiai ir lauko sparnuotės testai buvo atliekami 7 skirtingose vietose moliniuose gruntuose maksimaliai iki 25 m gylio. Gauti rezultatai buvo lyginami atskirai kiekviename tyrimų taške taip įsitikinant, kad gruntas tikrai buvo vienodas atliekant ir lauko sparnuotę ir laboratorinius tyrimus (tiesioginio kirpimo ir nedrenuoto-nekonsoliduoto triašio bandymą). Gauti rezultatai parodė, kad geriausia koreliuojasi lauko sparnuotės ir laboratorijos rezultatai negilame gylyje, t.y. iki 10 m, silpnesnė koreliacinė priklausomybė gauta darant lauko sparnuotę ir triašio bandymą nuo 12 iki 25 m gylyje, o giliesniame gylyje koreliacinis ryšys nerastas.

K. Stefaniak (2015) metais, atlikdama nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių analizę, naudojo laboratorinių tyrimų rezultatus (t.y. tiesioginio kirpimo metu ir nedrenuoto-nekonsoliduoto triašio bandymo metu gautas c_u vertes), bei in-situ tyrimais gautus rezultatus (t.y. lauko sparnuotės metu ir statinio zondavimo su poriniu slėgiu (*CPTU*) metu gautas c_u vertes). Ši tyrimų analizė buvo atliekama Gluchovo kaime, nutolusiame apie 15 km nuo Poznanės centro Lenkijoje, kur po piltiniu grunto slūgso dulkingi gruntai, todėl mėginiai imti ir in-situ tyrimai daryti dulkyje, smėlingame dulkyje, dulkingame smėlyje ir molingame dulkingame smėlyje, iki 12 m gylio.

K. Stefaniak (2015) teigia, kad laboratoriniai tyrimai vis dar išlieka pagrindiniai tyrimų metodai norint nustatyti grunto stiprumo parametrus, tačiau šiame tyrime, kaip ir kituose anksčiau atliktuose tyrimuose, pagrindinė problema išlieka kaip paimti geros kokybės nesuardytos sandaros grunto mėginį. Dėl šios priežasties, ji teigia, kad kartais daug geriau remtis in-situ rezultatais nei gautais atliekant laboratorinius tyrimus. Apskaičiuojant nedrenuotą kerpamąjį stiprį iš statinio zondavimo su poriniu slėgiu duomenų, kūgio N_k faktorius, šiame tyrime buvo sulygintas su reikšmėmis gautomis atliekant triašio bandymą laboratorijoje, bei lauko sparnuotės bandymą. Nors N_k koeficiento reikšmės gana ryškiai skiriasi, priklausomai nuo grunto konsolidacijos ir cementacijos laipsnių, K. Stefaniak (2015) nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš *CPTU* duomenų rekomenduoja koeficiento (N_k) taikymą naudoti priimant, kad jo dydis yra nuo 7 iki 10 dulkinguose, normaliai konsoliduotuose gruntuose ir 15,5 sucementuotose gruntuose.

Tuo tarpu T. D. Stark, San Diego valstijos universiteto profesorius, savo straipsnyje (<http://tstark.net/wp-content/uploads/2012/10/CP1.pdf>), nedrenuoto kerpamojo stiprio ir kūginio stiprio koreliacijos nustatymui naudojo nekonsoliduoto-nedrenuoto triašio bandymą, lauko sparnuotę ir analizę iš statinio zondavimo duomenų (*CPT*). Nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų, N_k koeficiento reikšmės buvo paskaičiuotos remiantis nedrenuoto-nekonsoliduoto triašio bandymo bei lauko sparnuotės bandymo rezultatais. Vidutinis empirinis (N_k) kūgio koeficientas, apskaičiuotas naudojant nekonsoliduoto nedrenuoto

triašio metodo rezultatus, siekė 11 (su standartiniu nuokrypiu 1.5), tuo tarpu naudojant lauko sparnuotės testo rezultatus – 13 (su standartiniu nuokrypiu 1.0). Tyrimų rezultatai teigia, kad siekiant nustatyti nedrenuotą kerpamąjį stiprį minkštuose ir vidutinio tvirtumo gruntuose, patikimiems rezultatams gauti rekomenduotina N_k reikšmė – 12, tačiau daugelis autorių C.R.I. Clayton ir kt. (1995; 2004), T. Lunne ir kt. (1997) nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų, siūlo rinktis kūgio koeficiento vertės, kurios kinta nuo 10 iki 20.

Lietuvių autoriai daugiausiai dėmesio skyrė nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių analizei nuo grunto fizikinių savybių. D. Sližytė ir kt. (2012) teigia, kad sankabiuose gruntuose kerpamojo stiprio reikšmė priklauso nuo šių gruntų drėgnio, poringumo, plastiškumo ir konsistencijos. B. Das (2006) pateikia molinio grunto konsistencijos (I_L) ir gniuždomojo stiprio priklausomybės lentelę (2.4.1 lentelė), kurioje grunto stiprumas sutapatinamas su grunto konsistencija, t.y. kuo molinis gruntas gruntas kietesnis, tuo didesnis grunto gniuždomasis stipris. Pasak S. Gadeikio ir kt. (2012) grunto masyve nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) priklauso nuo pridamos apkrovos krypties (angl. *mode of failure arba direction of loading*), grunto anizotropiškumo, pertankinimo slėgio ir įtempimų dydžio.

D. Vilkevičiūtė (2015) magistriniame darbe analizavo kerpamojo stiprio rezultatus, gautus gniuždymo bandymu naudojant skirtingo skermens šratus, išvadose ji teigia, kad kerpamojo stiprio rezultatai, atliekant bandymus gniuždant, labiausiai priklauso nuo veikiančios jėgos, kuriai esant įvyksta bandinio suirimas bei gamtinio drėgnio (kuo jis didesnis, tuo kerpamojo stiprio vertės mažesnės).

Kadangi 58 % Lietuvos teritorijos dengia glacialiniai (moreniniai) gruntai (Dundulis ir kt., 1997), paimti reprezentatyvų moreninį nesuardytos sandaros mėginį yra gana sudėtinga ir ekonomiškai brangu, todėl M. Petrauskas (2013) magistriniame darbe analizavo natūralios ir suardytos sandaros moreninio grunto kerpamojo stiprio vertes, atlikus nedrenuoto–nekonsoliduoto grunto triašio bandymą. M. Petrauskas magistriniame darbe (2013) teigia, kad tarp moreninio grunto nedrenuoto nekonsoliduoto kerpamojo stiprio (c_u) ir gamtinio tankio bei gamtinio drėgnio tarpusavio ryšys yra silpnas arba labai silpnas, o atliekant moreninio grunto triašio gniuždymą, nedrenuotomis – nekonsoliduotomis sąlygomis, iš suardytos sandaros mėginio, nedrenuotas kerpamasis stipris 17,6 % mažesnis, nei iš nesuardytos sandaros mėginio.

Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacines priklausomybes magistriniame darbe 2013 metais nagrinėjo T. Skara. Jis nagrinėjo nesuardytos sandaros mėginius iš įvairių Lietuvos regionų ir lygino šių gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes gautas triašio gniuždymo bandymu, nevaržomu gniuždymo bandymu, mentelės bandymu ir apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų, taip pat analizavo nedrenuoto kerpamojo stiprio priklausomybę nuo grunto smulkiosios ir smėlio frakcijos bei nuo grunto fizikinių savybių. T.

Skara (2013) nustatė, kad kuo didesnis smulkios frakcijos kiekis, tuo mažesnis grunto c_u , o didėjant smėlio frakcijai gaunamos didesnės c_u vertės. Nedrenuoto kerpamojo stiprio sąsajos su grunto fizikinėmis sąvybėmis (Attenbergo ribų nustatymo atveju), yra labai silpnos arba silpnos, su gamtiniu drėgniu ir gamtiniu tankiu, koreliacijos koeficiento vertės kinta nuo 0,624 iki 0,767. Buvo nustatytos labai stiprios koreliacinės priklausomybės tarp triašio bandymu nustatytų c_u verčių ir nevaržomo gniuždymo, mentelės metodu ir apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų c_u verčių (koreliacijos koeficiento vertė $\geq 0,8$, taip pat stiprios koreliacinės priklausomybės nustatytos ir tarp kitų metodų (koreliacijos koeficiento vertė svyruoja 0,78 – 0,8).

2. KERPAMOJO STIPRIO NUSTATYMO METODŲ APŽVALGA

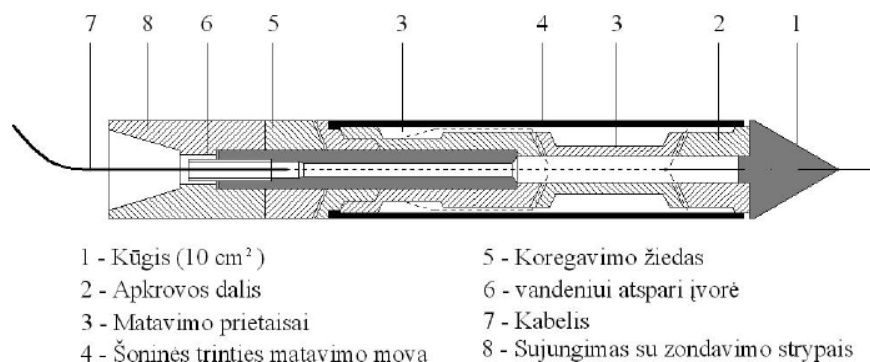
Grunto nedrenuotas kerpamasis stipris gali būti nustatomas lauko metodais bei laboratoriniais tyrimais. Magistriniame darbe nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymui naudoti šie metodai:

1. Nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklio apskaičiavimas iš statinio zondavimo duomenų, naudojant skirtingus empirinius kūgio koeficientus (N_k);
2. Nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklio nustatymas naudojant kišeninį penetrometrą;
3. Nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklio nustatymas naudojant kišeninę sparnuotę;
4. Nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklio nustatymas laboratorijoje, atliekant smulkaus grunto vienaašio gniuždymo bandymą.

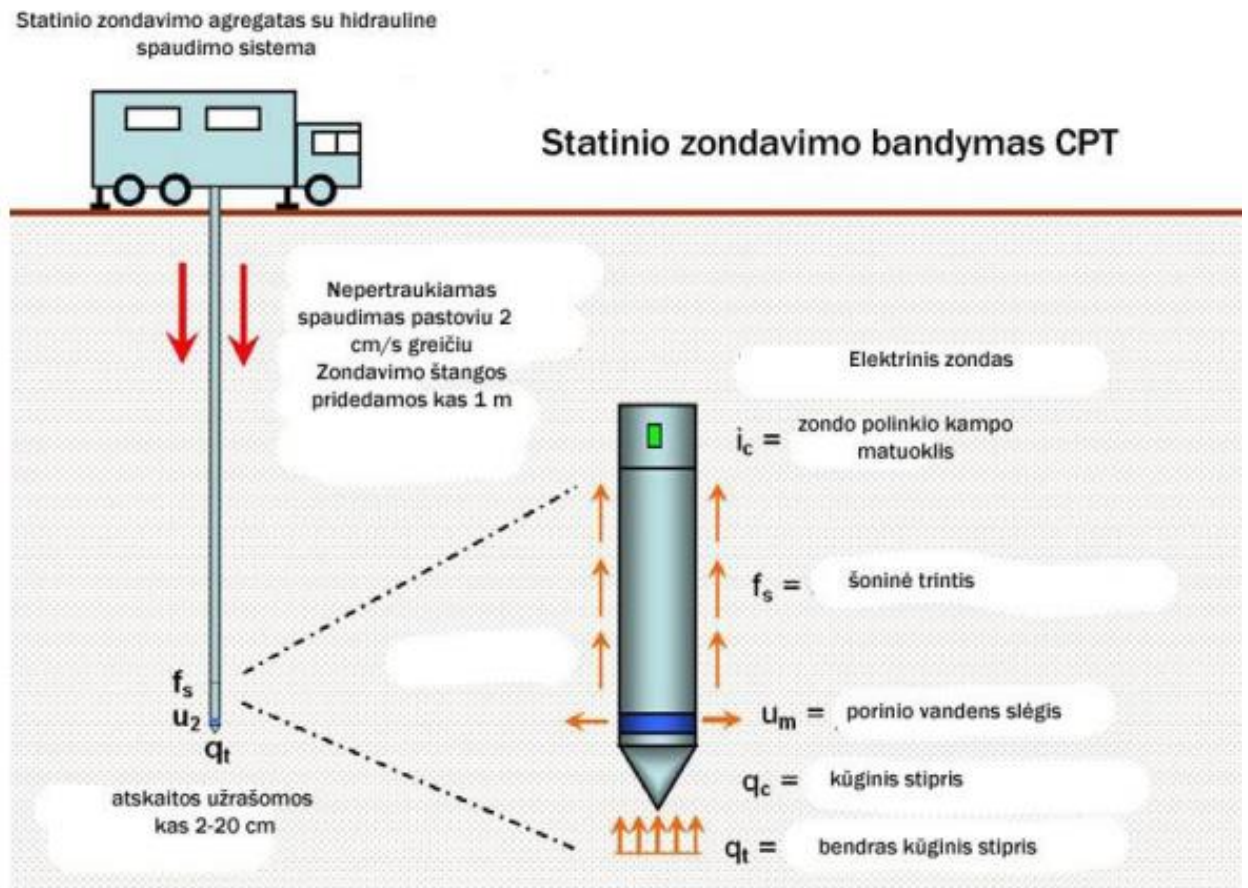
Žemiau aprašyti tie metodai, kurie buvo naudojami magistriniame darbe.

2.1. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) apskaičiavimas iš statinio zondavimo duomenų

Statinis zondavimas plačiausiai naudojamas tyrimas grunto stiprumui įvertinti. Pasak S. Gadeikio (2013) dėl savo galimybių, gaunamos informacijos apie grunto savybes jis sudaro apie 80–90 % visų naudojamų lauko tyrimų metodų. Kiti metodai (dinaminis zondavimas, sparnuotė, dilatometrija) naudojami rečiau. Zondavimo metu, naudojant statinę jėgą, kūgis yra spaudžiamas pastoviu 20 mm/s greičiu. Kūgio skerspjūvio plotai būna 10–20 cm². Tyrimų metu buvo naudojamas kūgis, kurio skerspjūvio plotas 10 cm² (2.1.1 pav.). Zondavimo metu įmontuoti kūgyje elektriškai davikliai matuoja kūginį stiprį (q_c) ir lokalią šoninę tintį (f_s). Statinio zondavimo metu gaunami duomenys nepertraukiamai, t.y. kas 1–2 cm. Jei elektriniame zonde yra įmontuojamas porinio slėgio daviklis, tai zondavimo metu daugamas dar ir porinio slėgio rodiklis (u) (2.1.2 pav.).



2.1.1 pav. Statinio zondavimo metu naudotas elektrinis statinis zondas (Lunne ir kt., 1997)



2.1.2 pav. Statinio zondavimo bandymo procedūros schema
(<http://www.geotestus.lt/uploads/Metodai/Statinis%20zondavimas.pdf>)

Statinio zondavimo bandymas, lyginant su kitais lauko ir laboratoriniais tyrimais, yra vienas iš ekonomiškiausias ir daugiausiai informacijos teikiantis metodas. Iš statinio zondavimo metu gautų rodiklių (q_c , f_s ir u) galima įvertinti grunto tipus, fizines ir mechanines savybes, nustatyti laikomąsias galias (Žaržojus, 2005).

Grunto klasifikaciją, pagal statinio zondavimo duomenis (*CPT*, *CPTu*), nagrinėjo daugybė autorių, tokių kaip: Schmertmann, Begemann, Ramsey ir kiti, tačiau populiariausia ir dažniausiai naudojama yra Robertson, 1990 klasifikacija. Iš statinio zondavimo duomenų (q_c) yra apskaičiuojamas bendrasis deformacijų modulis (E_o). 2015 m. Lietuvos geologijos tarnybos prie aplinkos ministerijos direktorius patvirtino „Projektinių inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų rekomendacijas“, kurių 4 priede pateiktos formules, deformacijų modulio apskaičiavimui. Eurocode 7 yra pateikta koreliacijos formulė tarp edometrinio deformacijų modulio (E_{oed}) ir kūginio stiprio (q_c), taip pat pagal kūginį stiprį (q_c) yra apskaičiuojamas smėlinių gruntų efektyvusis vidinės trinties kampas (ϕ').

Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertė gali būti apskaičiuojamas iš statinio zondavimo duomenų, kadangi kūgio sprauda (q_c) yra kerpamojo stiprio (c_u) ir pertankinimo slėgio funkcija (σ_o) (Clayton ir kt., 1995; Lune ir kt., 1997; Žaržojus, 2010). Jo nustatymui iš statinio zondavimo

duomenų yra naudojami du pagrindiniai būdai: teorinis analitinis sprendinys ir empirinės koreliacijos. C.R.I. Clayton ir kt. (1995) pateikia formulę, pagal teorinį sprendinį, nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui:

$$q_c = N_c \cdot c_u + \sigma_o \quad (2.1.1)$$

čia: q_c - grunto kūginis stipris, MPa, σ_o – suminis pertankinimo slėgis, MPa, N_c – teorinis kūgio koeficientas.

Teoriniai analitiniai kerpamojo stiprio skaičiavimo metodai galioja, jei rišlių gruntų vidinės trinties kampas (φ) lygus 0 arba yra priimama, kad jis lygus 0. Teorinio kūgio koeficiento (N_c) reikšmę įvairūs autorių yra pateikia skirtingą arba pasiūlo tam tikrą skaičiavimo lygtį, kuri išvesta taikant vienokį ar kitokį teorinį sprendinį.

Konrad ir Law (1987) pateikė suvestinę teorinio kūgio koeficiento (N_c) verčių ir skaičiavimo lygčių lentelę (2.1.1 lentelė) (Lunne ir kt., 1997).

2.1.1 lentelė. Teorinio kūgio koeficiento (N_c) verčių ir skaičiavimo lygčių suvestinė lentelė ($\varphi=0$) (Lunne ir kt., 1997).

| N_c ($\varphi=0$) | Įtempis (σ_i) | Teorinis sprendinys* | Autorius |
|--|------------------------|----------------------|--------------------------|
| 7,41 | σ_{vo} | 1 | Terzaghi (1943) |
| 7,0 | σ_{vo} | 1 | Caquot ir Kerisel (1956) |
| 9,34 (esant lygiam pagrindui) | σ_{vo} | 1 | Meyerhof (1951) |
| 9,74 (esant šiurkščiam pagrindui) | σ_{vo} | 1 | Meyerhof (1951) |
| 9,94 | σ_{vo} | 1 | De Beer (1977) |
| $\frac{4}{3} \cdot [1 + \ln \cdot \frac{E_t}{3c_u}] + 1$ E_t – pradinis tangentinis modulis | σ_{vo} | 2 | Meyerhof (1951) |
| $\frac{4}{3} \cdot [1 + \ln \cdot \frac{E_s}{c_u}] + 1$ E_s – antrasis tangentinis modulis, kai vyksta 50% suirimo | σ_{vo} | 2 | Skempton (1951) |
| $\frac{4}{3} \cdot [1 + \ln \cdot \frac{E_s}{3c_u}] + \cot\theta$ | σ_{vo} | 2 | Gibson (1950) |
| $\frac{4}{3} \cdot [1 + \ln \cdot \frac{E_s}{c_u}] + \cot\theta$ Baigtinių įtempių teorija | σ_{vo} | 2 | Gibson (1950) |
| $\frac{4}{3} \cdot [1 + \ln \cdot I_R]$ | σ_{vo} | 2 | Vesic (1972) |
| $\frac{4}{3} \cdot [1 + \ln \cdot I_R] + 2,57$ | σ_{mean} | 3 | Vesic (1975) |
| $[1 + \ln \cdot I_R] + 11$ | σ_{ho} | 3 | Baligh (1975) |
| $\frac{c_a}{c_u} + \frac{4}{3} \cdot \frac{c_{ur}}{c_u} [1 + \ln \cdot \frac{E_{Rr}}{3c_{ur}}] + \frac{4}{3}$ | σ_{vo} | 4 | Ladanyi (1967) |
| $\left[\frac{E_u - E_r \cdot c_{ur}}{c_u - c_{ur} \cdot c_u} \right] \cdot \ln \frac{E_u}{c_u} \cdot \frac{c_{ur}}{r} + 0,19 +$ $+ 2,64 \cdot \ln(I_R) - \frac{\sigma'_{vo}}{c_u} \cdot (1 - K_o) + 2\alpha$ | σ_{vo} | 5 | Teh (1987) |

Pastabos:

*Teoriniai sprendiniai:

1 – Klasikinė laikomosios gebos teorija;

2 – Porinio slėgio teorija;

3 – Energijos tvermės ir porinio slėgio teorija;

4 – Analitiniai ir skaitmeniniai sprendiniai remiantis tiesinėmis ir netiesinėmis įtempių-slėgių priklausomybėmis;

5 – Įtempių teorija.

I_R – standumo rodiklis, kuris lygus $G_u/c_u = E_u/3c_u$

θ – kampas pusės kūgio smailumos;

c_u – nedrenuotas kerpamasis stipris;

c_{ur} – performuotas kerpamasis stipris.

Empiriniam nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) apskaičiavimui yra surasta koreliacinė priklausomybė (Eurocode 7; Clayton ir kt., 1995; Lune ir kt., 1997; Žaržojus, 2010):

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k} \quad (2.1.2)$$

čia: q_c - grunto kūginis stipris; MPa, σ_{vo} – vertikalusis įtempis, MPa; N_k – empirinis kūgio koeficientas, kuris priklauso nuo kūgio tipo, grunto pertankinimo laipsnio ar sucementavimo lygio.

Daugelio mokslininkų skaičiavimuose kūgio koeficiento vertės, kinta nuo 10 iki 20. Clayton ir kt. (1995) teigia, kad nedideliuose gyliuose, kūgio koeficiento reikšmės gali kisti nuo 15 iki 20, o Lunne (1997), įvertinusi daugelio autorių eksperimentinių tyrimų duomenis ir kūgio paviršiaus šiurkštumą bei trintį tarp kūgio paviršiaus ir grunto, kūgio koeficiento (N_k) vertę siūlo rinktis 20. Kadangi nėra vieningos nuomonės tarp autorių, magistriniame darbe, nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų (CPT), buvo naudojami 3 skirtingi teorinio kūgio koeficientai (N_k): $N_k = 15$, $N_k = 17,5$, $N_k = 20$.

2.2. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymas kišeniniu penetrometru

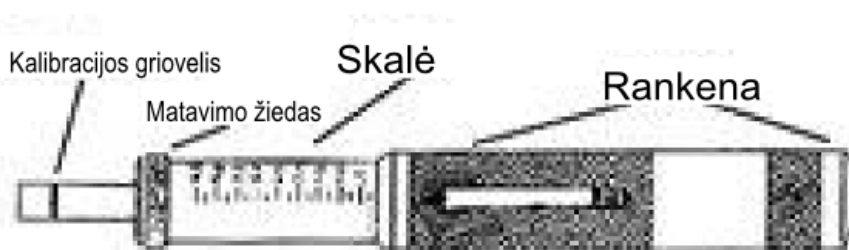
Vienas iš labai lengvai ir nesudėtingai taikytinų inžinerinių geologinių tyrimų metodu, skirtas tirti gamtoje paplitusius silpnus gruntuos yra kišeninis penetrometras (*angl. Pocket penetrometer*). Kišeninis penetrometras parodo greitą informaciją molinių gruntų klasifikacijai (c_u reikšmę) objekte arba laboratorijoje. Tai yra patogus, nesudėtingas ir pigus metodas nustatyti silpnų molinių gruntų nedrenuotą kerpamąjį stiprio rodiklį (c_u).

Bandydas kišeniniu penetrometru gali būti atliekamas tiek lauko sąlygomis (šurfluose, atodangose), tiek laboratorijoje tiriant paimtus nesuardytos sandaros mėginius. Lauko sąlygomis kišeninis penetrometras turi būti spaudžiamas į atidengtą, norimą geologinį sluoksnį,

laboratorijoje – į paimtą nesuardytos sandaros grunto mėginio vidurį.

Pats kišeninis penetrometras panašus į rašiklį, kuris turi slankiąją skalę nuo 0,0 iki 4,5, pažymėtą kg/cm^2 . Visas kišeninis penetrometras sveria tik 57 gramus, jo diametras 19 mm, o ilgis 152 mm, todėl jį labai paprasta transportuoti ir naudoti lauko darbų metu (2.2.1 pav.)

Naudotis kišeniniu penetrometru labai paprasta. Pirmiausia reikia įsitikinti, kad matavimo žiedas yra neutralioje padėtyje ties 0 atžyma, tada reikia spausti penetrometro galą lėtai ir tolygiai į gruntą kol jis sulis iki kalibracijos griovelio. Baigus bandymą matavimo žiedas lieka toje vietoje, kurioje yra matoma tiesioginė kompresijos jėga kg/cm^2 . Šis bandymas daromas 3-5 kartus ir iš gautų bandymų rezultatų išvedamas vidurkis, kuris atspindi sluoksnio tiesioginę kompresijos jėgą. Atsižvelgiant į naudotą antgalį, gruntų nedrenuoto kerpamąjo stiprio rodiklio (c_u) apskaičiavimui yra naudojami tam tikri koeficientai priklausomai nuo antgalio dydžio (<https://www.eijkelkamp.com>).



2.2.1 pav. Kišeninio penetrometro schema

Antgalių tipai pasirenkami atsižvelgiant į grunto kietumą (2.2.2 pav.). Didelio angario (LPP) plotas didesnis 16 kartų lyginant su natūraliu penetrometro galu, jis naudojamas tokiam – tokiam plastiškam moliui arba dulkiui. Norint gauti minkštų gruntų nedrenuoto kerpamąjo stiprio rodiklį (c_u), naudojant šį adapterį gautą tiesioginę kompresijos jėgą reikia padauginti iš koeficiento iš 3,13. Kišeninis penetrometras be adapterio arba standartinis (PP) tinkamas naudoti ir minkštai bei kietai plastiškam dulkiui ir moliui, o apskaičiavimui naudojamas koeficientas 50. Mažas kišeninio penetrometro antgalis (SPP)– tinkamas naudoti ir puskiečiam moliui bei dulkiui, apskaičiuojant nedrenuotą kerpamąjį stiprį (c_u) naudojamas koeficientas 100, o labai mažas antgalis (VSPP) yra tinkamas naudoti ir kietiems smulkiems gruntams, naudojamas koeficientas 200 (2.2.1 lentelė).

2.2.1 lentelė. Kišeniniam penetrometru naudojami koeficientai, priklausomai nuo antgalio

| Antgalis | Kodas | c_u intervalas[kPa] | Koeficientas |
|--------------------------|-------|-----------------------|--------------|
| LARGE (didelis) | LPP | 0 - 14 | 3.13 |
| NONE (standartinis) | PP | 0 - 225 | 50 |
| SMALL (mažas) | SPP | 0 - 450 | 100 |
| VERY SMALL (labai mažas) | VSPP | 0 - 900 | 200 |



2.2.2 pav. Kišeninis penetrometras a) standartinis antgalis (PP), b) labai mažas (VSPP), c) mažas (SPP) ir didelis (LPP)

Daugelio šio įrenginio gamintojų specifikacijoje nurodoma, kad kišeninis penetrometras yra naudingas indekso ir klasifikavimo tikslais. Jie duoda tik apytikslę informaciją, o pamatų projektavimui norint naudoti gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklį (c_u) vertes yra tikslinga atlikti papildomus tyrimus laboratorijoje ar papildomai apskaičiuoti iš statinio zondavimo duomenų (<http://www-odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn26/chap9.pdf>).

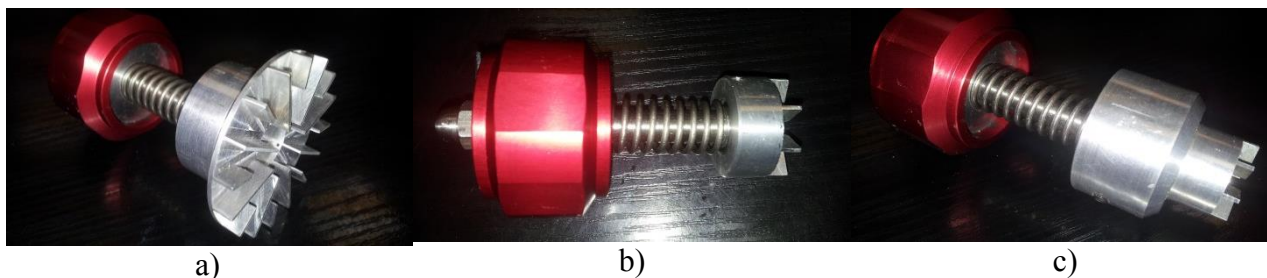
2.3. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymas kišenine sparnuote

Dar vienas greitas ir sąlyginai išsamus gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio rodiklio (c_u) nustatymas gali būti atliekamas kišenine sparnuote (*angl. pocket torvane*). Kišeninė sparnuotė naudojama labai minkštuose - puskiečiuose moliniuose gruntuose. Šis įrenginys, kaip ir kišeninis penetrometras, įrenginys naudojamas kasiniuose, tranšėjose ar įvairiuose nesuardytos sandaros bandiniuose.

Naudojant kišeninę sparnuotę gaunama tokia pati tiesioginė kompresijos jėga kg/cm^2 kaip ir naudojant kišeninį penetrometrą, tik skirtumas tas, kad čia naudojama sukimo jėga, o ne

antgalio pasipriešinimas. Darant šį sukimo testą reikia būti labai atsargiems ir įspausti griovelius pilnai į gruntą, sukti kol grunto dalis nusikirps ir tada pagal skalės indikatorių bus matyti kompresijos jėga. Šis bandymas daromas mažiausiai 3 kartus, o iš gautų rezultatų išvedamas vidurkis. Jei bandymų rezultatai ženkliai skiriasi yra rekomenduojama nenaudoti šių rezultatų, o kitoje vietoje, tame pačiame sluoksnyje arba iš kito nesuardytos sandaros mėginio, pakartotinai atlikti visus 3 bandymus.

Kišeninė sparnuotė yra komplektuojama kartu su 3 skirtingais antgaliais (2.3.1 pav.), kurie yra naudojami esant skirtingoms grunto stipruminėms savybėms.



2.3.1 pav. Kišeninė sparnuotė a) didelis antgalis (LTV), b) standartinis (TV) ir c) mažas (STV)

Atliekant bandymus kišenine sparnuote pasirinkti antgalį reikia priklausomai nuo grunto stiprumo. Standartinis antgalis (TV) matuoja pasipriešinimo jėgą nuo 0 iki 1 kg/cm². Jis naudojamas labai minkštuose – puskiečiuose smulkiuose gruntuose. Gavus kompresijos jėgos reikšmę reikia padauginti ją iš koeficiento 10, kad suskaičiuoti grunto nedrenuoto kerpamąjo stiprio rodiklį (c_u). Didelis (LTV) antgalis naudojamas labai minkštuose arba takiuose gruntuose, o apskaičiavimui naudojamas koeficientas 2. Mažas antgalis (STV) yra naudojamas ir kietesniems moliniams gruntams (nuo minkštų iki puskiečių), ir naudojamas koeficientas 25 (2.3.1 lentelė).

2.3.1 lentelė. Kišeninei sparnuotei naudojami koeficientai, priklausomai nuo antgalio

| Antgalis | Kodas | c_u intervalas[kPa] | Koeficientas |
|---------------------|-------|-----------------------|--------------|
| LARGE (didelis) | LTV | 0 - 20 | 2 |
| NONE (standartinis) | TV | 0 - 100 | 10 |
| SMALL (mažas) | STV | 0 - 250 | 25 |

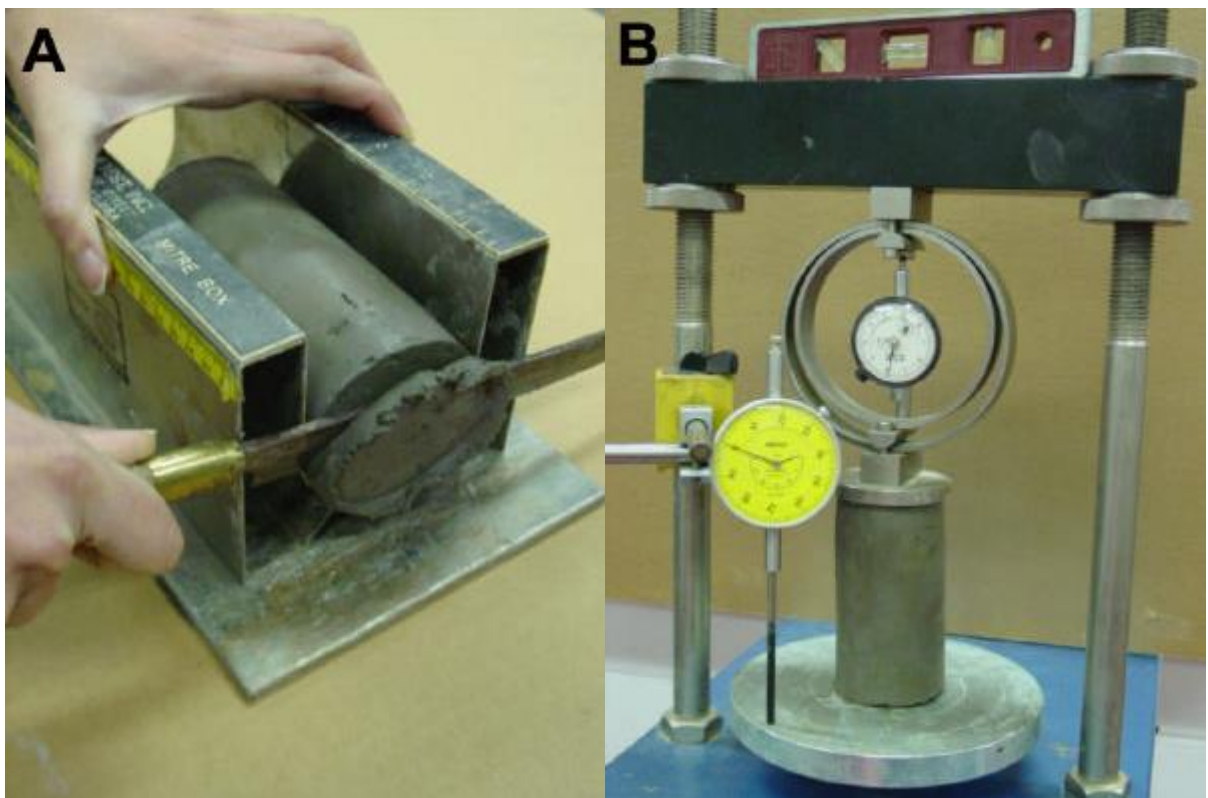
Kišeninė sparnuotė lyginant su kišeniniu penetrometru, yra skirta silpniesiems moliniams grunto stipruminėms savybėms įvertinti, tačiau kaip ir kišeninio penetrometro atveju, daugelis šių įrenginių gamintojų teigia, kad jis duoda tik apytikslę informaciją, geriausia naudoti kišeninį penetrometrą bei kišeninę sparnuotę kartu, norint įvertinti nedrenuoto kerpamąjo stiprio rodiklį (c_u) vertes, tačiau papildomai rekomenduoja atlikti bent keletą laboratorinių tyrimų (<http://www-odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn26/chap9.pdf>; <http://mltest.com>).

2.4. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) nustatymas smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu

Nedrenuoto kerpamojo stiprio parametrai smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gali būti nustatomi iš suardytos ir nesuardytos sandaros mėginių. Pirminis bandymo tikslas yra nustatyti bandinio stiprumą gniuždant, kuris naudojamas nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui. Stiprumas gniuždant apibūdinamas kaip spaudžiamoji jėga, kuri reikalinga neapriboto cilindrinės formos bandiniui sugniuždyti. Skirtingos šalys, šį bandymą atlieka pagal skirtingus standartus: JAV - ASTM D 2166 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil, Europoje - ISO/TS 17892-7:2004. Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 7: Unconfined compression test on fine-grained soils.

Magistriniame darbe buvo atliekami bandymai naudojant nesuardytos sandaros bandinius, vadovaujantis ISO/TS 17892-7:2004 standartu.

Smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymui, svarbu tinkamai paruošti nesuardytos sandaros mėginį. Bandymo mėginio paruošimas yra labai atsakingas procesas, kadangi paruošimo metu reikia nepažeisti mėginio. Bandymui naudojama įranga sudaryta iš mėginio paruošimo (išstūmimo ir apipjaustymo), drėgnumo nustatymo bei stiprumo gniuždant matavimo (gniuždymo spaustuvai, apkrovos ir poslinkio davikliai) įrangos.) (2.4.1 pav).



2.4.1 pav. Vienašio gniuždymo bandymo įranga: A – bandinio paruošimo įranga; B – Bandinio gniuždymo įranga (<http://www.astm.org/Standards/D2166.htm>)

Smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymo eiga:

1. Nesuardytos sandaros mėginys išpakuojamas, tada yra pasirenkama ir atpjaunama tinkamiausia mėginio dalis. Pasirinktą dalį reikia atidžiai apžiūrėti ir įvertinti, norint gauti tiksliausius rezultatus mėginys (bent jau 100-120 mm ilgio) turėtų būti be pažeidimų, t.y. įskilimų, sueižėjimo ar grunto nubyrėjimo).

2. Į atpjauto mėginio dalį labai lėtai ir atsargiai (siekiant nesuardyti mėginio sandaros) yra stumiamas metalinis 40 mm diametro ir 80 mm ilgio vamzdis. Skerspjuvio plotas (A) lygus 12,5 cm², o tūris 100 cm³. Kai vamzdis būna užpildytas mėginiu, lėtai nupjaunami abu mėginio galai, tada naudojant metalinę plokštelę, mėginys labai atsargiai yra išstumiamas iš vamzdelio. Apipjaustant mėginį bei paruošiant jį cilindro formos reikia įsitikinti, kad abi bandinio plokštumos yra visiškai lygios (horizontalios), nuo to priklauso bandymo tikslumas.

3. Bandinio viršaus ir apačios skersmenį bei ilgį reikia išmatuoti trijose skirtingose padėtyse (120° kampu). Išvedamas vidutinis bandinio skersmuo bei ilgis.

4. Bandinys pasveriamas.

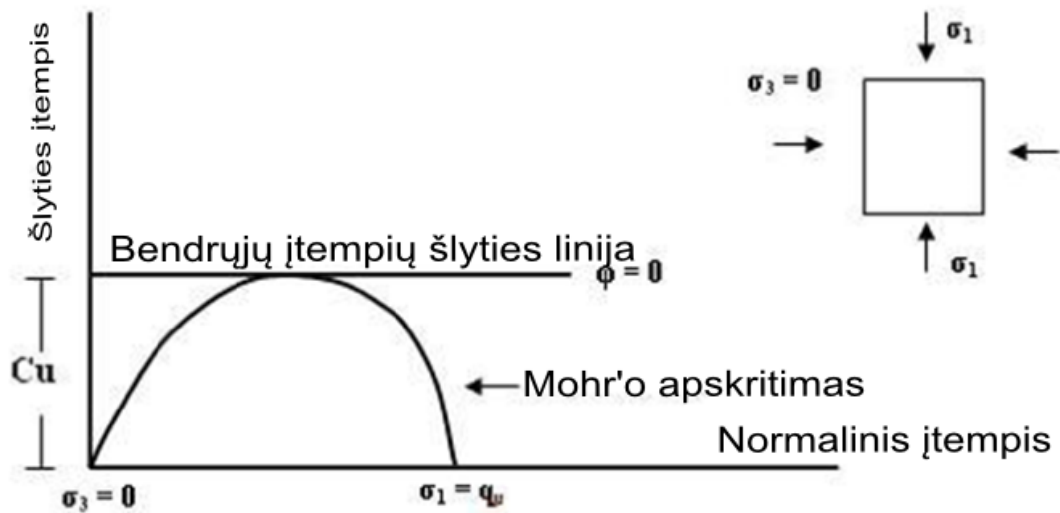
5. Apskaičiuojamas bandinio deformacijos koeficientas, kuris turi neviršyti 15 %:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0}; \quad (2.4.1)$$

čia: L_0 – pradinis bandinio ilgis, m; ΔL – deformuoto bandinio ilgis, m.

6. Tuomet paruoštas ir išmatuotas bandinys yra atsargiai įdedamas į spaustuvus, nuleidžiama spaudimo plokštė, kad ji liestųsi prie bandinio. Bandymas yra atliekamas hidrauliniu bei mechaniniu gniuždymo prietaisu arba tiesiog vadinamu presu. Bandinys turi būti patalpinamas pačiame preso centre. Prieš pradėdant bandymą būtina įsitikinti, kad apkrova būtų lygi 0.

7. Tuomet nustatoma apkrova, kad vertikalia kryptimi bandinys būtų suspaudžiamas (gniuždomas). Apkrova didinama tol, kol nesuardytos sandaros mėginys sugniuždomas (suyra) arba deformuojasi daugiau nei 15 % (5 punktas) (2.4.2 pav.). Gniuždymo bandymas užtrunka iki 10 min. Šio bandymo metu matuojama maksimali q_u vertė bandinio suirimo metu. Jei nutinka taip, kad bandinys vis dėl to nesuyra, q_u vertė priimama tokia, kuri yra prie 15% santykinės deformacijos.

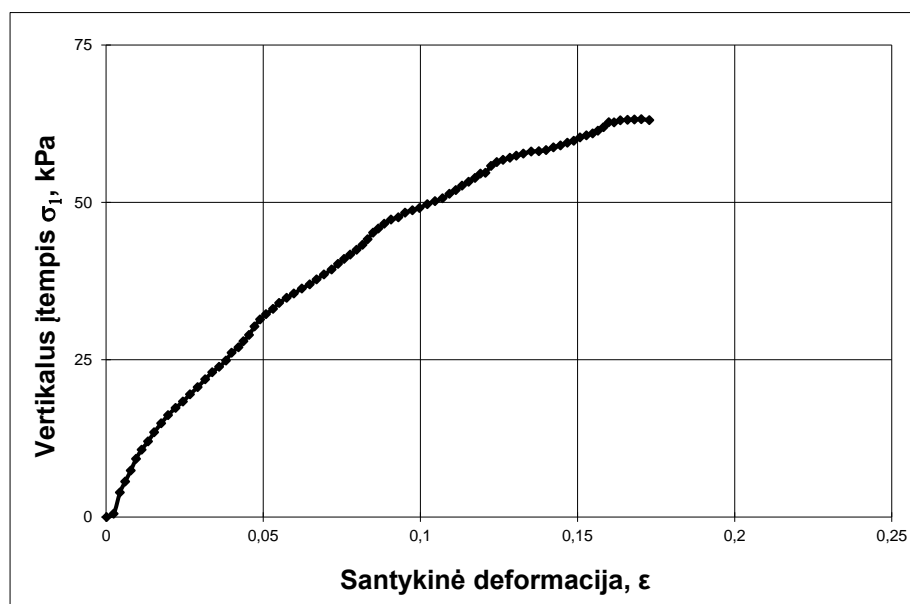


2.4.2 pav. Nedrenuotojo kerpamojo stiprio nustatymas tiesioginio gniuždymo metodu (Das, 2006)

8. Apkrovai nustatyti, bei deformacijai išmatuoti naudojami specialūs elektroniai davikliai arba tiesiog mechaniniai matavimo prietaisai, tokie kaip dinamometras ar hidraulinis monometras.

9. Po atlikto bandymo iš esamo mėginio paimamas bandinys drėgniui nustatyti.

10. Iš gautų rezultatų nubraižomas priklausomybių grafikas tarp vertikalaus įtempio (σ_1)(kPa) ir santykinės deformacijos (ϵ) (2.4.3 pav.).



2.4.3 pav. Smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymo grafikas, pagal ISO 17892-7:2004 standartą

Nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) yra lygus maksimaliems kirpimo įtempiams ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$c_u = \frac{1}{2}q_u \quad (2.4.2)$$

čia: q_u – gniuždomasis stipris, kPa

Nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) yra lygus pusei gniuždymojo stiprio (q_u) vertės. Tačiau šiai sąlygai gauti turi būti tenkinamos $\varphi = 0$ metodo sąlygos, kitaip tariant bandinys turi būti nedrenuotas, nekonsoliduotas bei prisotintas vandeniu, o grunto kirpimas turi vykti greitai.

Neapribotas gniuždymo stipris (q_u) yra nustatomas pagal formulę (Eden, Law, 1980):

$$q_u = \frac{P}{A} \quad (2.4.3)$$

čia: P – perduodama ašinė apkrova, kN, kuri matuojama mechaniniais arba elektriniais davikliais; A – bandinio skerspjūvio plotas, m^2 .

Atlikus bandymą, dažniausiai pasikeičia pradinis bandinio skerspjūvio plotas A . Jis šiek tiek padidėja. Pakitęs bandinio plotas A apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon} \quad (2.4.4)$$

čia: A_0 – pradinis skerspjūvio plotas, m^2 , ε - santykinė vertikali deformacija (vnt.d.), kuri yra lygi $\frac{\Delta L}{L_0}$.

Molinių gruntų gniuždomasis stipris priklauso nuo jų konsistencijos. Ši priklausomybė pateikta 2.4.1 lentelėje.

2.4.1 lentelė. Molinio grunto konsistencijos ir gniuždomojo stiprio priklausomybė (Das, 2006)

| Grunto konsistencija | Gniuždomasis stipris (q_u), kN/m ² |
|----------------------|---|
| Takiai plastinga | 0 -25 |
| Minkštai plastinga | 25 -50 |
| Kietai plastinga | 50 -100 |
| Puskietė | 100 -200 |
| Kieta | 200 - 400 |
| Labai kieta | >400 |

Teoriškai nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertės, kurios yra nustatytos vienašio gniuždymo bandymu ir nekonsoliduoto nedrenuoto triašio kirpimo bandymu, neturėtų skirtis, nes abu remiasi sąlyga $\varphi = 0$, tačiau taip nėra. Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertės, nustatytos vienašio gniuždymo bandymu yra šiek tiek mažesnės nei nustatytos triašio bandymo (UU) metu (Das, 2006).

3. ANALIZUOJAMŲ GRUNTŲ GEOTECHNINĖS SAVYBĖS

Magistriniame darbe buvo analizuojami Viršutinio Pleistoceno, viršutinės Nemuno svitos, Baltijos posvitės moreniniai gruntai: smėlingas dulkingas molis, smėlingas molingas dulkis, molis bei dulkingas molis. Laboratoriniai tyrimai buvo atliekami iš nesuardytos sandaros gruntų, kurie buvo paimti iš Kauno mieste slūgsančių gruntų. Laboratoriniai tyrimai buvo atlikti Vilniaus universiteto, Gamtos mokslų fakulteto, hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedros laboratorijoje. Iš viso magistriniame darbe buvo išanalizuoti 39 mėginiai (gIIIb1), iš 15 skirtingų gręžinių ir gylių (nuo 1,0 iki 20,0 m gylio).

Magistriniam darbui buvo atlikti gruntų granuliometrinės sudėties, gamtinio drėgnio, gamtinio tankio, kietų dalelių tankio, konsistencijos ir smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymai. Standartai, pagal kuriuos buvo atlikti laboratoriniai tyrimai, pateikiami 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Laboratorinių tyrimų atlikimo standartai

| Eil. Nr. | Bandinys | Laboratorinio tyrimo pavadinimas | Standartas |
|----------|----------------------|--|----------------------|
| 1. | Nesuardytos sandaros | Granuliometrinės sudėties nustatymas (hidrometro metodu) | ISO/TS 17892-4:2004 |
| 2. | Nesuardytos sandaros | Konsistencijos ribų nustatymas (krentančio kūgio metodu) | ISO/TS 17892-12:2004 |
| 3. | Nesuardytos sandaros | Gamtinio drėgnio nustatymas | ISO/TS 17892-1:2004 |
| 4. | Nesuardytos sandaros | Gamtinio tankio nustatymas | ISO/TS 17892-2:2004 |
| 5. | Nesuardytos sandaros | Kietų dalelių tankio nustatymas | ISO/TS 17892-3:2004 |
| 6. | Nesuardytos sandaros | Smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymas | ISO/TS 17892-7:2004 |

Pagal petrografinę sudėtį, atlikus granuliometrinę analizę hidrometro metodu, magistriniame darbe išskirti 4 gruntų petrografiniai tipai:

- Smėlingas dulkingas molis;
- Smėlingas molingas dulkis;
- Dulkingas molis;
- Molis.

Tyrimai parodė, kad didžiąją dalį tiriamo grunto bandinių sudaro smėlingas dulkingas molis (22 bandiniai), taip pat išskirti 7 smėlingo molingo dulkio, 4 dulkingo molio ir 6 molio bandiniai.

Tyrimų metu gauti gruntų granuliometrinės sudėties suvestiniai rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje, o skirtingos sudėties gruntų frakcijų pasiskirstymas pavaizduotas 3.1, 3.2, 3.3 ir 3.4 paveikslėliuose.

3.2 lentelė. Gruntų granuliometrinės sudėties suvestiniai rezultatai

| | Dalelių kiekis procentais (%) | | | | | | | | Grunto pavadinimas pagal LST EN ISO 14688-2 |
|-------------|-------------------------------|--------------|-------------|------------|-----------|----------|--------|-----------|---|
| | Molis (%) | Dulkis (%) | | | Smelis(%) | | | Žvyras(%) | |
| | | Smulkus | Vidutin. | Rupus | Smulkus | Vidutin. | Rupus | | |
| | <0,002 | 0,002-0,0063 | 0,0063-0,02 | 0,02-0,063 | 0,063-0,2 | 0,2-0,63 | 0,63-2 | >2 | |
| Minimalios | 9,05 | 6,17 | 8,80 | 14,13 | 19,16 | 0,98 | 0,95 | 0,19 | Smėlingas dulkingas molis |
| Maksimalios | 23,80 | 11,24 | 18,23 | 25,96 | 33,66 | 18,56 | 8,78 | 11,61 | Smėlingas dulkingas molis |
| Vidurkinės | 12,54 | 8,14 | 11,19 | 16,81 | 28,49 | 14,15 | 5,08 | 3,60 | Smėlingas dulkingas molis |
| Minimalios | 6,49 | 5,19 | 8,75 | 16,41 | 21,48 | 1,75 | 0,44 | 0,00 | Smėlingas molingas dulkis |
| Maksimalios | 12,85 | 15,01 | 23,14 | 27,89 | 33,02 | 22,20 | 6,29 | 6,37 | Smėlingas molingas dulkis |
| Vidurkinės | 8,92 | 8,00 | 12,53 | 20,26 | 30,69 | 13,39 | 3,85 | 2,36 | Smėlingas molingas dulkis |
| Minimalios | 19,30 | 16,71 | 23,42 | 12,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Dulkingas molis |
| Maksimalios | 37,12 | 28,56 | 42,52 | 22,38 | 6,21 | 1,53 | 0,42 | 0,08 | Dulkingas molis |
| Vidurkinės | 28,61 | 21,68 | 30,91 | 17,15 | 1,24 | 0,31 | 0,08 | 0,02 | Dulkingas molis |
| Minimalios | 32,17 | 10,45 | 14,22 | 13,68 | 2,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Molis |
| Maksimalios | 44,30 | 21,05 | 22,27 | 21,89 | 18,55 | 2,70 | 1,08 | 1,23 | Molis |
| Vidurkinės | 39,12 | 16,16 | 17,90 | 18,09 | 7,33 | 0,88 | 0,29 | 0,24 | Molis |

Atlikus konsistencijos ribų nustatymą iš nesuardytos sandaros mėginių (viso atliktos 39 analizės, iš 15 skirtingų gręžinių), nustatytas takumo ribos drėgnis (w_L) t.y. išminkyto molinio grunto drėgnis, kuriam esant gruntas pereina iš plastiškos būsenos į taktą ir atvirkščiai, taip pat apskaičiuotas plastiškumo drėgnis (w_P), plastiškumo rodiklis (I_P) takumo rodiklis (I_L) ir konsistencijos rodiklis (I_C).

Pagal takumo ribos drėgnio (w_L) vertes, smulkieji ir mišrieji gruntai skiriami į:

- Mažo plastiškumo, kai $w_L < 0,35$;
- Vidutinio plastiškumo, kai $0,35 \leq w_L < 0,5$;
- Didelio plastiškumo, kai $0,7 \leq w_L < 0,5$;
- Ypač didelio plastiškumo, kai $w_L > 90$.

Pagal takumo rodiklio (I_L) reikšmes gruntų konsistencija būna:

- Taki, kai $I_L > 1,0$;
- Takiai plastiška, kai $0,75 \leq I_L < 1,0$;
- Minkštai plastiška, kai $0,5 \leq I_L < 0,75$;
- Kietai plastiška, kai $0,25 \leq I_L < 0,5$;
- Puskietė, kai $0 \leq I_L < 0,25$;
- Kieta, kai $I_L < 0$.

Rišlių gruntų konsistencija priklauso nuo grunto drėgno, todėl šiems gruntams nustatomas konsistencijos rodiklis (I_C). Konsistencijos rodiklis (I_C) yra takumo ribos drėgno (w_L) ir natūralaus grunto drėgno (w) skirtumo santykis su plastiškumo rodikliu (I_P):

$$I_C = \frac{w_L - w}{I_P} \quad (3.1)$$

čia: w_L - takumo ribos drėgnis, % ; w – natūralus grunto drėgnis, %, I_P - plastiškumo rodiklis.

Pagal konsistencijos rodiklį (I_C) rišlūs gruntai, pagal EN ISO 14688-2:2004 standartą, skirstomi į :

- Labai minkštus, kai $I_C < 0,25$;
- Minkštus, kai $0,25 \leq I_C < 0,5$;
- Kietus, kai $0,5 \leq I_C < 0,75$;
- Standžius, kai $0,75 \leq I_C < 1,0$;
- Labai standžius, kai $I_C > 1,0$.

Magistriniame darbe analizuojamas gruntas buvo suklasifikuokas pagal konsistenciją (I_C), gauta, kad didžiąją dalį bandinių sudaro labai standžios konsistencijos (18 bandinių) ir standžios konsistencijos (15 bandinių) gruntai, 4 kietos, bei po 1 minkštos ir labai minkštos konsistencijos gruntai (3.3 lentelė).

3.3 lentelė. Bandinių kiekis, pagal gruntų konsistenciją

| Gruntas | Bandinių kiekis | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| | Labai minkšta konsistencija | Minkšta konsistencija | Kieta konsistencija | Standi konsistencija | Labai standi konsistencija |
| Smėlingas dulkingas molis | | | 1 | 7 | 14 |
| Smėlingas molingas dulkis | 1 | | 1 | 1 | 4 |
| Dulkingas molis | | | 1 | 3 | |
| Molis | | 1 | 1 | 4 | |
| Viso | 1 | 1 | 4 | 15 | 18 |

Taip pat laboratorijoje buvo nustatytas gruntų gamtinis drėgnis, tankis, kietųjų dalelių tankis, grunto poringumo koeficientas ir soties laipsnis (S_r), kuri parodo, kokia grunto porų dalis užpildyta vandeniu. Soties laipsnis buvo apskaičiuotas pagal formulę:

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \rho_w} \quad (3.2)$$

čia: w – grunto drėgnis, %; ρ_s - kietųjų dalelių tankis, Mg/m^3 , g; ρ_w – vandens tankis, Mg/m^3 , e – poringumo koeficientas.

Pagal (S_r) rodiklio vertes gruntai būna:

- Mažai drėgni, kai $S_r < 0,5$;
- Drėgni, kai $0,5 \leq S_r < 0,8$;
- Prisotinti vandeniu, kai $S_r > 0,8$.

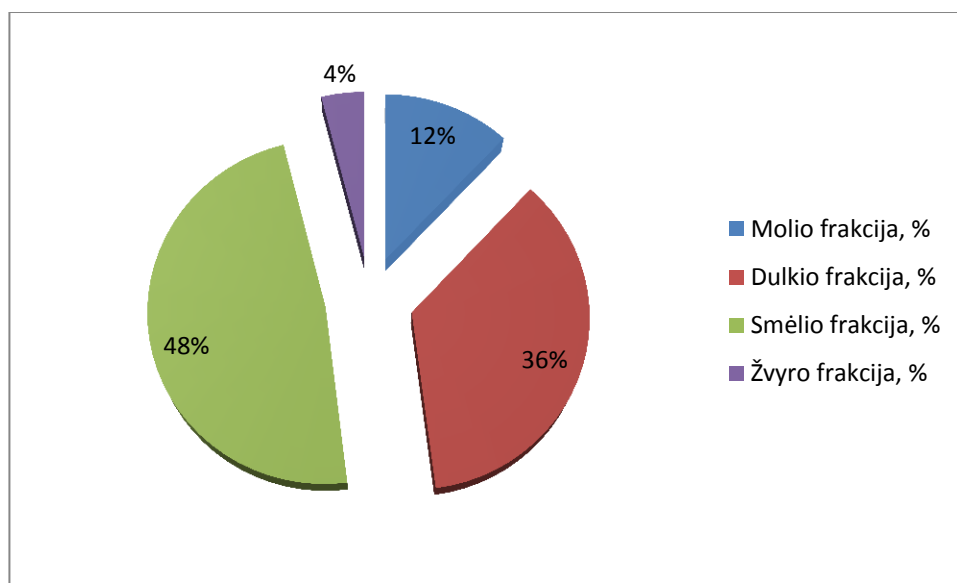
Pagal soties laipsnį (S_r) dauguma analizuojamų gruntų yra prisotinti vandeniu (22 bandiniai) ir 12 drėgni.

Laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė pateikiama 1 priede, o minimalios, vidurkinės ir maksimalios grunto fizinių ir mechaninių rodiklių vertės pateiktos 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Tirtų gruntų fizinių ir mechaninių verčių minimalios, maksimalios ir vidurkinės vertės

| Visi tirti gruntai | Gamtinis drėgnis, w (vnt. d.) | Takumo riba, w_L (vnt. d.) | Kočiojimo riba, w_p (vnt. d.) | Plastingumo rodiklis, I_p (vnt. d.) | Takumo rodiklis, I_L (vnt. d.) | Konsistencijos rodiklis, I_C (vnt. d.) | Pradinis poringumo koeficientas, e_0 (vnt.d.) | Kietų dalelių tankis, ρ_s (Mg/m ³) | Soties laipsnis, S_r (vnt.d.) | Grunto tankis, ρ (Mg/m ³) | Stiprumas gniuždant, q_u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas, c_u (kPa) |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|---|---|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
| Minimali vertė | 0,080 | 0,175 | 0,101 | 0,067 | -0,596 | 0,172 | 0,303 | 2,690 | 0,660 | 1,824 | 14,715 | 7,357 |
| Maksimali vertė | 0,365 | 0,458 | 0,230 | 0,250 | 0,828 | 1,596 | 0,933 | 2,750 | 1,064 | 2,272 | 587,514 | 293,757 |
| Vidurkinė vertė | 0,157 | 0,263 | 0,144 | 0,119 | -0,034 | 1,034 | 0,492 | 2,722 | 0,847 | 2,127 | 191,769 | 95,885 |

Smėlingo dulkingo molio granulimetrinė analizė parodė, kad molio frakcija tirtuose mėginiuose sudaro 9–24 %, dulgio – 29–55 %, smėlio – 21–61 %, žvyro – 0,2–12 % (3.2 lentelė). Vidurkinės tirtų mėginių granulimetrinės sudėties moreninio smėlingo dulkingo molio frakcijų pasiskirstymas pavaizduotas 3.1 paveiksle.



3.1 pav. Moreninio smėlingo dulkingo molio frakcijų pasiskirstymas

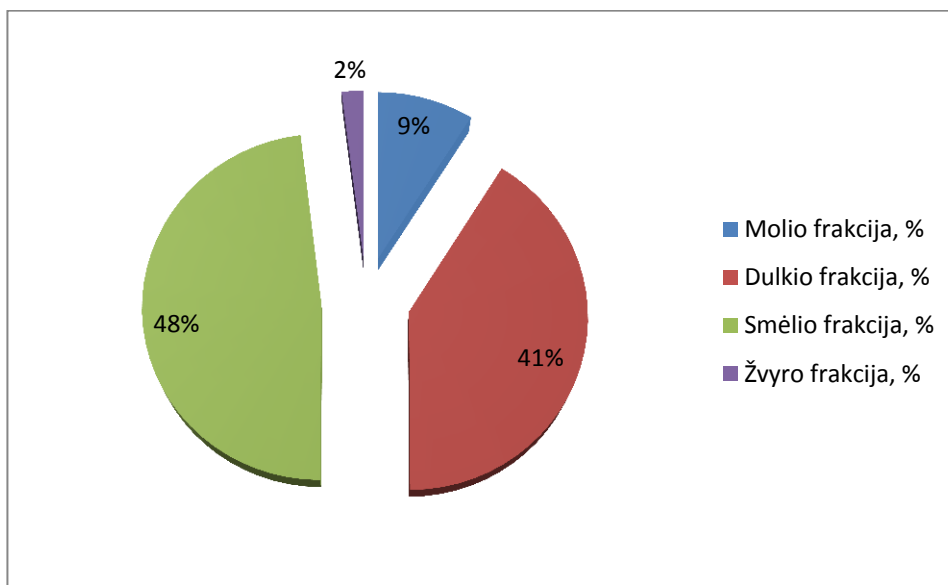
Smėlingas dulkingas molis (iš 22 bandinių) pagal konsistenciją (I_C), vertinamas nuo kieto iki labai standaus, pagal takumo ribos drėgnio (w_L) vertes klasifikuojami kaip mažo plastiškumo gruntai, pagal takumo rodiklio (I_L) reikšmes smėlingo dulkingo molio konsistencija svyruoja nuo kietos iki pusketės (I_L) svyruoja nuo -0,447 iki 0,321 vnt. d. intervale), o gamtinis drėgnis kinta

nuo 0,073 iki 0,163 vnt. d. intervale. Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) pradinis poringumo koeficientas (e_0) svyruoja nuo 0,303 iki 0,496, grunto tankis (ρ) – 1,921–2,272 Mg/m³, kietų dalelių tankis (ρ_s) – 2,69–2,72 Mg/m³, soties laipsnis (S_r) – 0,712–1,064, stiprumas gniuždant (q_u) – 14,715–587,514 kPa, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u) – 7,357–293,757 kPa intervale. Kaip matyti iš 3.5 lentelės, kurioje pateiktos mažiausios, didžiausios ir vidurkinės laboratorijoje nustatytos smėlingo dulkingo molio fizinės ir mechaninės savybės, analizuojamų gruntų spiruminės savybės skirtingos, analizuojamas buvo tiek silpnas, tiek labai stiprus gruntas.

3.5 lentelė. Moreninio smėlingo dulkingo molio laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė

| Smėlingo dulkingo molio (<i>sasiCl</i>) vertės | Gamtinis drėgnis, w (vnt. d.) | Takumo riba, w_L (vnt. d.) | Kočiojimo riba, w_p (vnt. d.) | Plastingumo rodiklis, I_p (vnt. d.) | Takumo rodiklis, I_L (vnt. d.) | Konsistencijos rodiklis, I_C (vnt. d.) | Pradinis poringumo koeficientas, e_0 (vnt.d.) | Kietų dalelių tankis, ρ_s (Mg/m ³) | Soties laipsnis, S_r (vnt.d.) | Grunto tankis, ρ (Mg/m ³) | Stiprumas gniuždant, q_u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas, c_u (kPa) |
|--|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|---|---|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
| Minimali vertė | 0,073 | 0,186 | 0,101 | 0,072 | -0,447 | 0,679 | 0,303 | 2,690 | 0,712 | 1,921 | 14,715 | 7,357 |
| Maksimali vertė | 0,163 | 0,292 | 0,162 | 0,130 | 0,321 | 1,447 | 0,496 | 2,720 | 1,064 | 2,272 | 587,514 | 293,757 |
| Vidurkinė vertė | 0,109 | 0,217 | 0,122 | 0,095 | -0,155 | 1,155 | 0,355 | 2,715 | 0,820 | 2,204 | 253,402 | 126,701 |

Smėlingo molingo dulkingo granuliometrinė analizė parodė, kad molio frakcija tirtuose mėginiuose sudaro 6–13 %, dulkingo – 30–66 %, smėlio – 24–62 %, žvirgždo – 0–6 % (3.2.1 lentelė). Vidurkinis tirtų mėginių (*smėlingo molingo dulkingo*) granuliometrinės sudėties frakcijų pasiskirstymas pavaizduotas 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Moreninio smėlingo molingo dulkingo frakcijų pasiskirstymas

Smėlingas molingas dulkingis (*saciSi*) buvo užfiksuotas 7 skirtinguose gręžiniuose, nuo 1,0 iki 7,0 m gylio, pagal konsistenciją (I_C) yra nuo labai minkštos (užfiksuotas tik 1 gręžinyje iki 1,2 m gylio) iki labai standžios. Vertinant pagal takumo ribos drėgnį (w_L) vyrauja mažo plastiškumo smėlingas molingas dulkingis, pagal takumo rodiklio (I_L) vertes grunto konsistencija svyruoja nuo kietos iki takiai plastiškos. Laboratorijoje ištirto smėlingo molingo dulkingo gamtinis

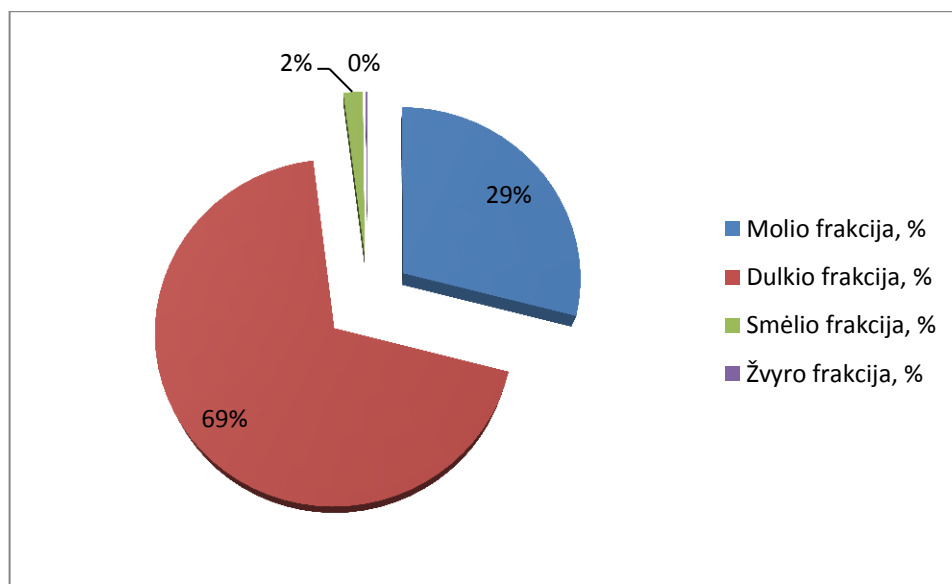
tankis (ρ) svyruoja nuo 2,041 iki 2,227 Mg/m³, kietų dalelių tankis (ρ_s) – 2,7–2,73 Mg/m³ intervale, gamtinis drėgnis kinta nuo 0,069 iki 0,336 vnt. d. intervale, poringumo koeficientas (e_0) svyruoja nuo 0,360 iki 0,575, soties laipsnis (S_r) – 0,660–0,908, stiprumas gniuždant (q_u) – 40,573–217,588 kPa, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u) – 20,287–108,794 kPa intervale. Magistriniame darbe analizuotas smėlingas molingas dulkis (sacI Si) vertinamas kaip vidutinio stiprumo arba stiprus gruntas (3.6 lentelė).

3.6 lentelė. Moreninio smėlingo molingo dulquio laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė

| Smėlingo molingo dulquio (sacI Si) vertės | Gamtinis drėgnis, w (vnt. d.) | Takumo riba, w _L (vnt. d.) | Kočiojimo riba, w _p (vnt. d.) | Plastingumo rodiklis, I _p (vnt. d.) | Takumo rodiklis, I _L (vnt. d.) | Konsistencijos rodiklis, I _C (vnt. d.) | Pradinis poringumo koeficientas, e ₀ (vnt.d.) | Kietų dalelių tankis, ρ _s (Mg/m ³) | Soties laipsnis, S _r (vnt.d.) | Grunto tankis, ρ (Mg/m ³) | Stiprumas gniuždant, q _u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas, c _u (kPa) |
|---|-------------------------------|---------------------------------------|--|--|---|---|--|---|--|---------------------------------------|---|---|
| Minimali vertė | 0,069 | 0,175 | 0,108 | 0,067 | -0,596 | 0,172 | 0,360 | 2,700 | 0,660 | 2,041 | 40,573 | 20,287 |
| Maksimali vertė | 0,336 | 0,364 | 0,201 | 0,163 | 0,828 | 1,596 | 0,575 | 2,730 | 0,908 | 2,227 | 217,588 | 108,794 |
| Vidurkinė vertė | 0,143 | 0,229 | 0,135 | 0,094 | -0,071 | 1,071 | 0,481 | 2,719 | 0,825 | 2,110 | 116,546 | 58,273 |

Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) ir smėlingo molingo dulquio (*sacI Si*) granulimetrinė sudėtis labai panaši ir gruntų frakcijų riba labai artima. Vidurkinės frakcijų vertės skiriasi 0-5 % interval, o grunto pavadinimą nulemia tik molio ir dulquio kiekis bandinyje.

Moreninio dulkingo molio (*siCl*) laboratorinių tyrimų duomeys buvo analizuoti iš 4 skirtingų gręžinių, kurių mėginiai buvo paimti iš nuo 4,5 m, iki 15,4 m gylio. Tirtuose dulkingo molio mėginiuose molio frakcija sudaro 19–37 %, dulquio – 53–70 %, smėlio – 0–2 %, žvirgždo – 0–0,1 % (3.2.1 lentelė). Vidurkinis tirtų mėginių granulimetrinės sudėties moreninio dulkingo molio frakcijų pasiskirstymas pavaizduotas 3.3 paveiksle.



3.3 pav. Moreninio dulkingo molio frakcijų pasiskirstymas

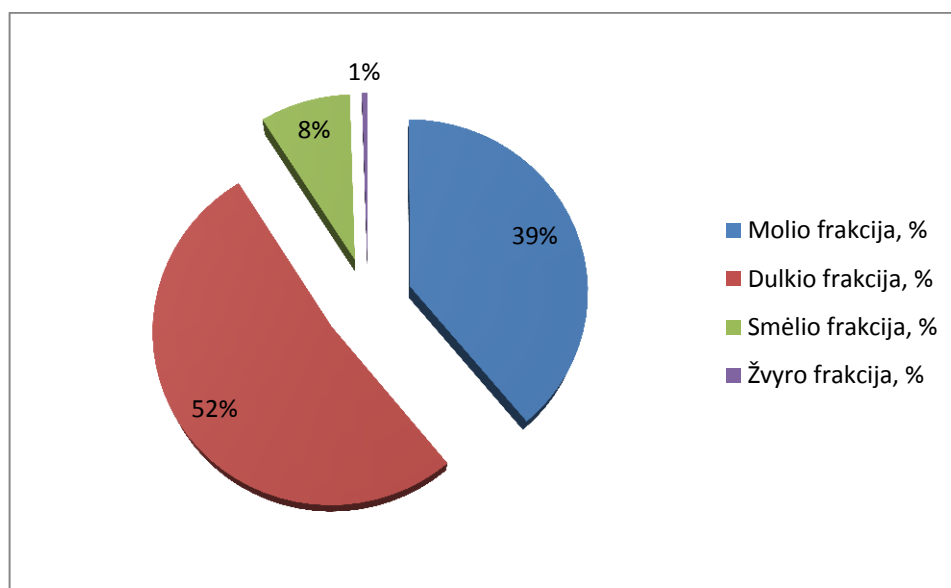
Daugiausia buvo analizuojamas standus dulkingas molis, tik vienas mėginys iš kieto dulkingo molio (pagal konsistenciją (I_C)). Dulkingas molis, pagal takumo rodiklio (I_L) reikšmes, pusketis – kietai plastiškas, pagal takumo ribos drėgnio (w_L) vyrauja mažo plastiškumo.

Dulkingo molio gamtinis drėgnis kinta nuo 0,198 iki 0,281 vnt. d. intervale, stiprumas gniuždant (q_u) kinta nuo 55,080 iki 123,025 kPa, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u) – 27,540–61,513 kPa intervale. Dulkingo molio ($siCl$) pradinis poringumo koeficientas (e_o) svyruoja nuo 0,619 iki 0,927, grunto tankis (ρ) – 1,824–2,054 Mg/m³, kietų dalelių tankis (ρ_s) – 2,72–2,74 Mg/m³, soties laipsnis (S_r) – 0,836–0,963 intervale (3.7 lentelė).

3.7 lentelė. Moreninio dulkingo molio laboratorinių tyrimų suvestiniai rezultatai

| Dulkingo molio ($siCl$) vertės | Gamtinis drėgnis, w (vnt. d.) | Takumo riba, w_L (vnt. d.) | Kočiojimo riba, w_p (vnt. d.) | Plastingumo rodiklis, I_p (vnt. d.) | Takumo rodiklis, I_L (vnt. d.) | Konsistencijos rodiklis, I_C (vnt. d.) | Pradinis poringumo koeficientas, e_o (vnt.d.) | Kietų dalelių tankis, ρ_s (Mg/m ³) | Soties laipsnis, S_r (vnt.d.) | Grunto tankis, ρ (Mg/m ³) | Stiprumas gniuždant, q_u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas, c_u (kPa) |
|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|---|---|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
| Minimali vertė | 0,198 | 0,301 | 0,176 | 0,125 | 0,178 | 0,638 | 0,619 | 2,720 | 0,836 | 1,824 | 55,080 | 27,540 |
| Maksimali vertė | 0,281 | 0,399 | 0,215 | 0,184 | 0,362 | 0,822 | 0,927 | 2,740 | 0,963 | 2,054 | 123,025 | 61,513 |
| Vidurkinė vertė | 0,225 | 0,336 | 0,186 | 0,150 | 0,253 | 0,747 | 0,715 | 2,733 | 0,920 | 1,980 | 89,040 | 44,520 |

Moreninis molis buvo užfiksuotas 3 gręžiniuose, paimti 6 mėginiai iš skirtingų gylio intervalų. Pagal granulimetrinę sudėtį moreninio molio (Cl) mėginiuose molio frakcija sudaro 32–44 %, dulgio – 38–65 %, smėlio – 0–2 %, žvirgždo – 0–1 % (3.2.1 lentelė). Vidurkinis tirtų mėginių granulimetrinės sudėties moreninio molio frakcijų pasiskirstymas pavaizduotas 3.4 paveiksle.



3.4 pav. Moreninio molio frakcijų pasiskirstymas

Pagal I_C molis yra nuo minkštos (užfiksuotas tik 1 gręžinyje) iki standžios konsistencijos. Vertinant pagal takumo ribos drėgnį (w_L) vyrauja vidutinio plastiškumo molis, pagal takumo rodiklio (I_L) vertes, grunto konsistencija vyrauja pusketė, užfiksuota ir minkštai plastiška (tik 1 gręžinyje). Moreninio molio tankis svyruoja nuo 1,824 iki 2,016 Mg/m³, kietų dalelių tankis (ρ_s) – 2,73–2,75 Mg/m³, gamtinis drėgnis kinta nuo 0,230 iki 0,324 vnt. d., poringumo koeficientas (e_o) svyruoja nuo 0,674 iki 0,927, soties laipsnis (S_r) – 0,836–0,954 intervale. Moreninis molis

(Cl) vertinamas kaip vidutinio stiprumo gruntas, kurio stiprumas gniuždant (q_u) svyruoja 78,753–171,667 kPa, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u) – 39,376–85,833kPa (3.8 lentelė).

3.8 lentelė. Moreninio molio laboratorinių tyrimų suvestinė lentelė

| Molio (Cl) vertės | Gamtinis drėgnis, w (vnt. d.) | Takumo riba, wL (vnt. d.) | Kojojimo riba, wP (vnt. d.) | Plastingumo rodiklis, IP (vnt. d.) | Takumo rodiklis, IL (vnt. d.) | Konsistencijos rodiklis, IC (vnt. d.) | Pradinis poringumo koeficientas (e_0) | Kietų dalelių tankis, ρ_s (Mg/m ³) | Soties laipsnis, Sr | Grunto tankis, ρ (Mg/m ³) | Stiprumas gniuždant, q_u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas, c_u (kPa) |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|---|---------------------|--|----------------------------------|--|
| Minimali vertė | 0,230 | 0,353 | 0,189 | 0,164 | 0,159 | 0,413 | 0,674 | 2,730 | 0,836 | 1,824 | 78,753 | 39,376 |
| Maksimali vertė | 0,324 | 0,458 | 0,230 | 0,250 | 0,587 | 0,841 | 0,927 | 2,750 | 0,954 | 2,016 | 171,667 | 85,833 |
| Vidurkinė vertė | 0,265 | 0,424 | 0,208 | 0,216 | 0,261 | 0,739 | 0,756 | 2,743 | 0,924 | 1,961 | 122,029 | 61,015 |

4. TYRIMŲ REZULTATŲ DUOMENYS IR ANALIZĖ

4.1. Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, rezultatai

Tirtų glacialinių gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), atlikus bandymus kišenine sparnuote, priklausomai nuo gruntų, svyruoja 27,63–187,5 kPa intervale (vidurkis 88,135 kPa). Didžiausios nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės ($c_u > 100$ kPa) nustatytos smėlingo dulkingo molio, kuris slūgso didesniame nei 5,5 m gylyje, mažiausios – dulkingo molio ir molio (4.1.1 lentelė).

Gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), atlikus bandymus kišeniniu penetrometru, priklausomai nuo gruntų, svyruoja 17,5–312,5 kPa intervale (vidurkis 105,95 kPa). Didžiausios nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės ($c_u > 100$ kPa) nustatytos smėlingo dulkingo molio, pavieniuose mėginiuose ir smėlingo molingo dulkingo, mažiausios – dulkingo molio ir molio (4.1.2 lentelė).

Apibrendinant kišeniniu penetrometru nustatyto nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) glacialinių gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulkingo, molio ir dulkingo molio) rezultatus, smėlingo dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) nustatytas kišeniniu penetrometru 1,1–1,3 karto didesnis, nei nustatytas kišenine sparnuote. Smėlingo molingo dulkingo ir dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertės, gautos kišeniniu penetrometru taip pat didesnės, nei gautos kišenine sparnuote, o molio – mažesnės.

Moreninių gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), atlikus smulkaus grunto vienąšio gniuždymo bandymus iš nesuardytos sandaros mėginių, priklausomai nuo gruntų, svyruoja 7,357–293,757 kPa intervale (vidurkis 95,885 kPa). Didžiausios nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės ($c_u > 100$ kPa) nustatytos smėlingo dulkingo molio, mažiausios – dulkingo molio ir molio (4.1.4 lentelė).

4.1.1 lentelė. Kišeninės sparnuotės bandymų rezultatai

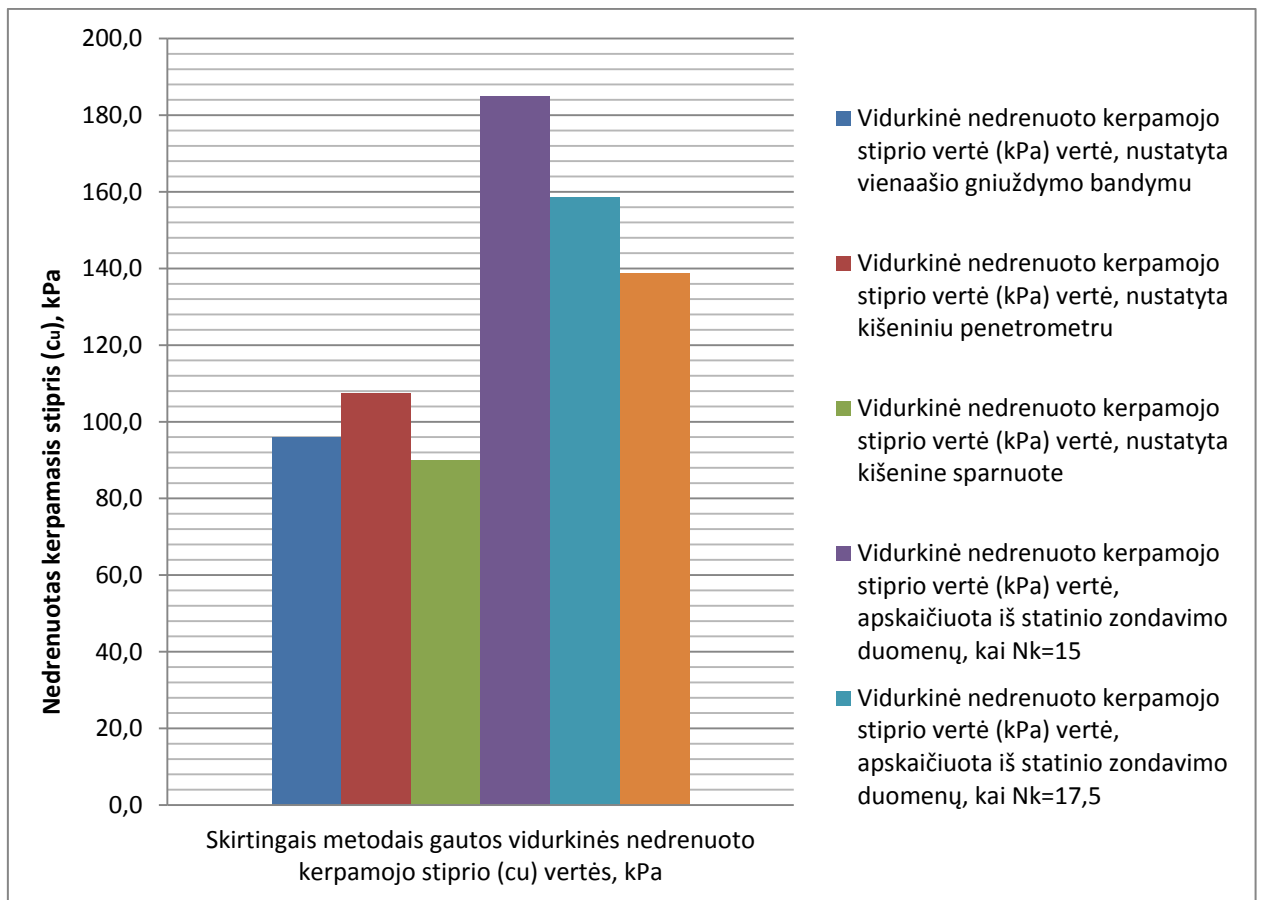
| Gr. Nr. | Gylis, m | Bandymui naudotas antgalis | Kišeninės sparnuotės prietaiso rodmenys | | | | | | Rodmenų vidurkis | Apskaičiuotas nedrenuotas kerpamasis stipris c_c (kPa) |
|---------|-------------|----------------------------|---|------|------|------|------|-----|------------------|--|
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 2,6 - 3,2 | TV | 3,5 | 3,6 | 3,5 | | | | 3,53 | 35,33 |
| 1 | 6,8 - 7,3 | STV | 5,5 | 7 | 6 | 6 | | | 6,13 | 153,13 |
| 1 | 9,6 - 10,2 | STV | 6,2 | 5,8 | 6,8 | 7 | | | 6,45 | 161,25 |
| 1 | 14,0 - 14,3 | STV | 5,2 | 5,4 | 5 | | | | 5,20 | 130,00 |
| 2 | 5,2 - 5,5 | STV | 6,5 | 8,7 | 7 | | | | 7,40 | 185,00 |
| 2 | 9,0 - 9,2 | STV | 3,5 | 3,5 | 3 | | | | 3,33 | 83,33 |
| 3 | 2,0 - 2,5 | TV | 4,25 | 4,5 | 5 | 4,5 | 5 | | 4,65 | 46,50 |
| 3 | 4,5 - 5,0 | STV | 3,5 | 3,6 | 3 | | | | 3,37 | 84,17 |
| 4 | 5,0 - 5,2 | STV | 1,5 | 1,5 | 2 | | | | 1,67 | 41,67 |
| 5 | 1,5 - 2,0 | TV | 3,5 | 3,6 | 3,5 | | | | 3,53 | 35,33 |
| 5 | 5,4 - 6,0 | STV | 2 | 2 | 2 | | | | 2,00 | 50,00 |
| 5 | 7,5 - 8,0 | STV | 6,5 | 6 | 6 | | | | 6,17 | 154,17 |
| 5 | 9,0 - 10,0 | STV | 6,5 | 7 | 7,5 | | | | 7,00 | 175,00 |
| 5 | 13,0 - 13,2 | STV | 7,5 | 7,5 | | | | | 7,50 | 187,50 |
| 5 | 16,8 - 17,1 | STV | 6 | 6,5 | 6,2 | | | | 6,23 | 155,83 |
| 6 | 4,5 - 5,0 | TV | 4 | 4 | 3,5 | | | | 3,83 | 38,33 |
| 7 | 4,2 - 4,9 | TV | 6,25 | 7 | 6 | | | | 6,42 | 64,17 |
| 7 | 5,9 - 6,3 | TV | 6,25 | 6,5 | 6 | | | | 6,25 | 62,50 |
| 7 | 8,0 - 8,8 | TV | 6,75 | 6,5 | 6,25 | | | | 6,50 | 65,00 |
| 7 | 9,0 - 9,5 | TV | 6,2 | 7,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6 | 6,53 | 65,33 |
| 8 | 5,65 - 6,0 | STV | 3,75 | 3,5 | 3,75 | | | | 3,67 | 91,67 |
| 8 | 9,0 - 9,7 | STV | 6,5 | 7 | 7 | | | | 6,83 | 170,83 |
| 8 | 15,0 - 15,3 | STV | 6,5 | 6,25 | 6,25 | | | | 6,33 | 158,33 |
| 8 | 19,1 - 19,4 | STV | 6,5 | 6 | 6 | | | | 6,17 | 154,17 |
| 9 | 5,6 - 6,0 | STV | 5,5 | 4,5 | 3,5 | 4 | | | 4,38 | 109,38 |
| 9 | 7,5 - 8,0 | STV | 2,8 | 2 | 2 | | | | 2,27 | 56,67 |
| 9 | 14,4 - 15,0 | TV | 2,75 | 2,8 | 3 | 2,5 | | | 2,76 | 27,63 |
| 10 | 1,0 - 1,2 | TV | 4,5 | 5 | 5 | | | | 4,83 | 48,33 |
| 10 | 1,9 - 2,3 | TV | 3 | 3,5 | 3,5 | 4 | | | 3,50 | 35,00 |
| 11 | 6,6 - 6,8 | STV | 3,25 | 3,75 | 3,5 | 3,25 | | | 3,44 | 85,94 |
| 12 | 5,2 - 5,4 | TV | 6 | 7,5 | 7 | 8,2 | 8,5 | 8,5 | 7,62 | 76,17 |
| 13 | 8,8 - 9,2 | TV | 3,25 | 2,8 | 3,5 | 3,25 | | | 3,20 | 32,00 |
| 14 | 3,6 - 4,0 | TV | 3,5 | 2,8 | 3 | | | | 3,10 | 31,00 |
| 14 | 5,6 - 6,0 | STV | 2 | 2,5 | 2,5 | | | | 2,33 | 58,33 |
| 14 | 7,3 - 7,7 | STV | 7 | 5 | 6,25 | 6 | 6 | | 6,05 | 151,25 |
| 14 | 9,9 - 10,4 | STV | 2,5 | 2 | 2,25 | | | | 2,25 | 56,25 |
| 15 | 7,5 - 7,9 | TV | 6,5 | 6 | 6,25 | | | | 6,25 | 62,50 |
| 15 | 15,0 - 15,4 | TV | 8,5 | 9 | 7,7 | 8,5 | 8,25 | | 8,39 | 83,90 |
| 15 | 17,5 - 18,0 | STV | 4 | 3,5 | 3,75 | | | | 3,75 | 93,75 |

4.1.2 lentelė. Kišeninio penetrometro bandymų rezultatai

| Gr. Nr. | Gylis, m | Bandymui naudotas antgalis | Kišeninės sparnuotės prietaiso rodmenys | | | | | | Rodmenų vidurkis | Apskaičiuotas nedrenuotas kerpamasis stipris c_u (kPa) |
|---------|-------------|----------------------------|---|------|------|------|------|-----|------------------|--|
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 2,6 - 3,2 | TV | 3,5 | 3,6 | 3,5 | | | | 3,53 | 35,33 |
| 1 | 6,8 - 7,3 | STV | 5,5 | 7 | 6 | 6 | | | 6,13 | 153,13 |
| 1 | 9,6 - 10,2 | STV | 6,2 | 5,8 | 6,8 | 7 | | | 6,45 | 161,25 |
| 1 | 14,0 - 14,3 | STV | 5,2 | 5,4 | 5 | | | | 5,20 | 130,00 |
| 2 | 5,2 - 5,5 | STV | 6,5 | 8,7 | 7 | | | | 7,40 | 185,00 |
| 2 | 9,0 - 9,2 | STV | 3,5 | 3,5 | 3 | | | | 3,33 | 83,33 |
| 3 | 2,0 - 2,5 | TV | 4,25 | 4,5 | 5 | 4,5 | 5 | | 4,65 | 46,50 |
| 3 | 4,5 - 5,0 | STV | 3,5 | 3,6 | 3 | | | | 3,37 | 84,17 |
| 4 | 5,0 - 5,2 | STV | 1,5 | 1,5 | 2 | | | | 1,67 | 41,67 |
| 5 | 1,5 - 2,0 | TV | 3,5 | 3,6 | 3,5 | | | | 3,53 | 35,33 |
| 5 | 5,4 - 6,0 | STV | 2 | 2 | 2 | | | | 2,00 | 50,00 |
| 5 | 7,5 - 8,0 | STV | 6,5 | 6 | 6 | | | | 6,17 | 154,17 |
| 5 | 9,0 - 10,0 | STV | 6,5 | 7 | 7,5 | | | | 7,00 | 175,00 |
| 5 | 13,0 - 13,2 | STV | 7,5 | 7,5 | | | | | 7,50 | 187,50 |
| 5 | 16,8 - 17,1 | STV | 6 | 6,5 | 6,2 | | | | 6,23 | 155,83 |
| 6 | 4,5 - 5,0 | TV | 4 | 4 | 3,5 | | | | 3,83 | 38,33 |
| 7 | 4,2 - 4,9 | TV | 6,25 | 7 | 6 | | | | 6,42 | 64,17 |
| 7 | 5,9 - 6,3 | TV | 6,25 | 6,5 | 6 | | | | 6,25 | 62,50 |
| 7 | 8,0 - 8,8 | TV | 6,75 | 6,5 | 6,25 | | | | 6,50 | 65,00 |
| 7 | 9,0 - 9,5 | TV | 6,2 | 7,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6 | 6,53 | 65,33 |
| 8 | 5,65 - 6,0 | STV | 3,75 | 3,5 | 3,75 | | | | 3,67 | 91,67 |
| 8 | 9,0 - 9,7 | STV | 6,5 | 7 | 7 | | | | 6,83 | 170,83 |
| 8 | 15,0 - 15,3 | STV | 6,5 | 6,25 | 6,25 | | | | 6,33 | 158,33 |
| 8 | 19,1 - 19,4 | STV | 6,5 | 6 | 6 | | | | 6,17 | 154,17 |
| 9 | 5,6 - 6,0 | STV | 5,5 | 4,5 | 3,5 | 4 | | | 4,38 | 109,38 |
| 9 | 7,5 - 8,0 | STV | 2,8 | 2 | 2 | | | | 2,27 | 56,67 |
| 9 | 14,4 - 15,0 | TV | 2,75 | 2,8 | 3 | 2,5 | | | 2,76 | 27,63 |
| 10 | 1,0 - 1,2 | TV | 4,5 | 5 | 5 | | | | 4,83 | 48,33 |
| 10 | 1,9 - 2,3 | TV | 3 | 3,5 | 3,5 | 4 | | | 3,50 | 35,00 |
| 11 | 6,6 - 6,8 | STV | 3,25 | 3,75 | 3,5 | 3,25 | | | 3,44 | 85,94 |
| 12 | 5,2 - 5,4 | TV | 6 | 7,5 | 7 | 8,2 | 8,5 | 8,5 | 7,62 | 76,17 |
| 13 | 8,8 - 9,2 | TV | 3,25 | 2,8 | 3,5 | 3,25 | | | 3,20 | 32,00 |
| 14 | 3,6 - 4,0 | TV | 3,5 | 2,8 | 3 | | | | 3,10 | 31,00 |
| 14 | 5,6 - 6,0 | STV | 2 | 2,5 | 2,5 | | | | 2,33 | 58,33 |
| 14 | 7,3 - 7,7 | STV | 7 | 5 | 6,25 | 6 | 6 | | 6,05 | 151,25 |
| 14 | 9,9 - 10,4 | STV | 2,5 | 2 | 2,25 | | | | 2,25 | 56,25 |
| 15 | 7,5 - 7,9 | TV | 6,5 | 6 | 6,25 | | | | 6,25 | 62,50 |
| 15 | 15,0 - 15,4 | TV | 8,5 | 9 | 7,7 | 8,5 | 8,25 | | 8,39 | 83,90 |
| 15 | 17,5 - 18,0 | STV | 4 | 3,5 | 3,75 | | | | 3,75 | 93,75 |

Nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų, pagal 2.2.12 formulę, buvo naudojami 3 skirtingi empiriniai kūgio koeficientai (Nk): 15, 17,5 ir 20. Kai apskaičiavimui buvo naudotas koeficientas $Nk=15$, gautas nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) svyruoja 36,77-517,6 kPa intervale (vidurkis 188,216 kPa), kai $Nk=17,5$ nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) svyruoja 31,52-443,7 kPa intervale (vidurkis 161,314 kPa), kai $Nk=20$ nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) svyruoja 27,57-388,2 kPa intervale (vidurkis 141,168 kPa). Kaip ir anksčiau minėtais metodais, taip ir apskaičiavimus iš statinio zondavimo duomenų (CPT), didžiausios nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertės yra smėlingo dulkingo molio, beveik 2 kartus mažesnės - smėlingo molingo dulkio, mažiausios – dulkingo molio ir molio (4.1.3 lentelė).

4.1.1 pav. Gruntų vidurkinis nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas skirtingais metodais



4.1.3 lentelė. Skirtingos granulimetrinės sudėties gruntų, apskaičiuotas didžiausias, mažiausias ir vidurkinis nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) iš statinio zondavimo duomenų, naudojant skirtingus N_k koeficientus

| | | Nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), apskaičiuotas iš CPT duomenų naudojant skirtingus N_k koeficientus | | |
|--|-------------|--|------------|----------|
| | | $N_k=15$ | $N_k=17,5$ | $N_k=20$ |
| Smėlingo dulkingo molio (sasiCl) vertės | Minimalios | 36,77 | 31,52 | 27,57 |
| | Maksimalios | 517,6 | 443,7 | 388,2 |
| | Vidurkinės | 247,51 | 212,142 | 185,633 |
| Smėlingo molingo dulkio (sacIsi) vertės | Minimalios | 54,5 | 46,3 | 40,9 |
| | Maksimalios | 241,7 | 207,2 | 181,3 |
| | Vidurkinės | 123,986 | 106,229 | 93,014 |
| Dulkingo molio (siCl) vertės | Minimalios | 60,2 | 51,6 | 45,2 |
| | Maksimalios | 148,1 | 126,9 | 111,06 |
| | Vidurkinės | 87,75 | 75,2 | 65,815 |
| Molio (Cl) vertės | Minimalios | 57,4 | 49,2 | 43,1 |
| | Maksimalios | 165,9 | 142,2 | 124,4 |
| | Vidurkinės | 90,967 | 77,983 | 68,233 |

4.1.4 lentelė. Nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), nustatytas vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų

| Grežinio numeris | Gylis, m | Grunto pavadinimas pagal / Soil name according LST EN ISO 14688-2 | Konsistencija, pagal Ic | Nedrenuoto grunto stiprumas, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų (kPa) | | |
|------------------|-------------|---|-------------------------|---|--|------------------------|----------------------|
| | | | | | c_u , kai $N_k=15$ | c_u , kai $N_k=17,5$ | c_u , kai $N_k=20$ |
| 1 | 2,6 - 3,2 | Smėlingas dulkingas molis | Kieta | 30,26 | 36,77 | 31,52 | 27,57 |
| 1 | 14,0 - 14,3 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 99,34 | 180,9 | 155 | 135,7 |
| 1 | 6,8 - 7,3 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 143,47 | 236,3 | 202,5 | 177,2 |
| 1 | 9,6 - 10,2 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 245,75 | 307,3 | 263,4 | 230,5 |
| 2 | 9,0 - 9,2 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 82,88 | 142 | 121,7 | 106,5 |
| 2 | 5,2 - 5,5 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 195,01 | 380,5 | 326,1 | 285,4 |
| 3 | 4,5 - 5,0 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 38,10 | 57,7 | 49,5 | 43,3 |
| 3 | 2,0 - 2,5 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 53,08 | 74,5 | 63,8 | 55,85 |
| 4 | 5,0 - 5,2 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 46,53 | 64,9 | 55,7 | 48,7 |
| 5 | 1,5 - 2,0 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 16,27 | 81,3 | 69,7 | 61 |
| 5 | 5,4 - 6,0 | Smėlingas molingas dulkis | Standi | 51,50 | 99,8 | 85,5 | 74,9 |
| 5 | 7,5 - 8,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 118,13 | 302,9 | 259,6 | 227,2 |
| 5 | 16,8 - 17,1 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 293,76 | 504,45 | 432,4 | 378,3 |
| 5 | 9,0 - 10,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 201,40 | 343,1 | 294,1 | 257,3 |
| 5 | 13,0 - 13,2 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 227,14 | 435,9 | 373,6 | 326,9 |
| 6 | 4,5 - 5,0 | Dulkingas molis | Kieta | 39,38 | 75,9 | 65 | 56,9 |
| 7 | 5,9 - 6,3 | Molis | Standi | 71,19 | 57,4 | 49,2 | 43,1 |
| 7 | 4,2 - 4,9 | Molis | Standi | 47,63 | 83,9 | 71,9 | 62,9 |
| 7 | 8,0 - 8,8 | Molis | Kieta | 68,41 | 75,2 | 64,5 | 56,4 |
| 7 | 9,0 - 9,5 | Molis | Standi | 53,65 | 87 | 74,6 | 65,3 |
| 8 | 5,65 - 6,0 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 108,79 | 241,7 | 207,2 | 181,3 |
| 8 | 19,1 - 19,4 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 111,19 | 352,9 | 302,5 | 264,7 |
| 8 | 15,0 - 15,3 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 174,59 | 308,2 | 264,2 | 231,2 |
| 8 | 9,0 - 9,7 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 287,30 | 345,2 | 295,9 | 258,9 |
| 9 | 14,4 - 15,0 | Dulkingas molis | Standi | 27,54 | 66,8 | 57,3 | 50,1 |
| 9 | 7,5 - 8,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 49,34 | 143 | 122,6 | 107,3 |
| 9 | 5,6 - 6,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 169,80 | 517,6 | 443,7 | 388,2 |
| 10 | 1,9 - 2,3 | Molis | Minkšta | 39,38 | 115,1 | 98,7 | 86,4 |
| 10 | 1,0 - 1,2 | Smėlingas molingas dulkis | Labai minkšta | 49,34 | 76,4 | 65,5 | 57,3 |
| 11 | 6,6 - 6,8 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 76,41 | 166,8 | 143 | 125,1 |
| 12 | 5,2 - 5,4 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 63,48 | 132,3 | 113,4 | 99,2 |
| 13 | 8,80 - 9,20 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 7,36 | 90,8 | 77,8 | 68,1 |
| 14 | 3,6 - 4,0 | Smėlingas molingas dulkis | Kieta | 20,29 | 54,5 | 46,3 | 40,9 |
| 14 | 9,9 - 10,4 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 37,95 | 142,3 | 121,9 | 106,7 |
| 14 | 5,6 - 6,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 63,36 | 167,8 | 143,8 | 125,8 |
| 14 | 7,3 - 7,7 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 133,53 | 286,6 | 245,6 | 214,9 |
| 15 | 7,5 - 7,9 | Dulkingas molis | Standi | 61,51 | 148,1 | 126,9 | 111,06 |
| 15 | 15,0 - 15,4 | Dulkingas molis | Standi | 49,65 | 60,2 | 51,6 | 45,2 |
| 15 | 17,5 - 18,0 | Molis | Standi | 85,83 | 165,9 | 142,2 | 124,4 |

Kaip matyti iš 4.1.1 paveikslė, mažiausios nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertės, gaunamos nustatant kišenine sparnuote, didžiausios – apskaičiuotos iš statinio zondavimo duomenų, naudojant koeficientą $N_k=15$. Remiantis kitais metodais (kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru ir vienašio gniuždymo bandymu) nustatytomis nedrenuoto kerpamojo stiprio vertėmis (4.1.1 pav.), tikslingiausia nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui, iš statinio

zondavimo duomenų, naudoti koeficientą $Nk=20$, kadangi gautos vertės artimesnės kitais metodais nustatytais c_u vertėm, todėl tolimesnei duomenų analizei bus naudojami nedrenuoto kerpamojo stiprio duomenys, apskaičiuoti iš statinio zondavimo duomenų, naudojant Nk koeficientą 20.

Vienaašio gniuždymo bandymu nustatytas moreninių gruntų vidurkinis nedrenuotas kerpamasis stipris (95,885 kPa) 1,07 karto didesnis nei nustatytas kišenine sparnuote (90 kPa) ir 1,12 karto mažesnis nei nustatytas kišeniniu penetrometru (107,332 kPa) bei 1,45 karto mažesnis nei apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, naudojant Nk koeficientą 20.

Apibrendinant magistriniame darbe naudotus metodus, nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymui, nepriklausomai nuo gruntų petrografinės sudėties, didžiausios nedrenuoto grunto kerpamojo stiprio (c_u) vertės gautos apskaičiuojant iš statinio zondavimo duomenų, mažiausios nustatytos vienaašio gniuždymo bandymu (4.1.5 lentelė). Vidurkinis skirtingos sudėties gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienaašio gniuždymo bandymu, lygus 59,213 kPa, kišenine sparnuote – 59,609 kPa (1,007 karto daugiau nei gniuždymo bandymu), kišeniniu penetrometru – 69,038 kPa (1,166 karto daugiau nei gniuždymo bandymu), o apskaičiuotas iš CPT duomenų – 83,286 kPa (1,407 karto daugiau nei gniuždymo bandymu).

4.1.5 lentelė. Skirtingos petrografinės sudėties gruntų, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), nustatytas skirtingais metodais

| Gruntas | Skirtingos petrografinės sudėties gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas skirtingais metodais (kPa) | | | |
|---|--|------------------------|-----------------------------|---|
| | Kišenine sparnuote | Kišeniniu penetrometru | Vienaašio gniuždymo bandymu | Apskaičiuotas iš CPT, taikant koeficientą $Nk=20$ |
| Smėlingo dulkingo molio (sasiCl) vertės | 113,239 | 141,373 | 126,701 | 185,633 |
| Smėlingo molingo dulkio (sacSi) vertės | 60,087 | 64,881 | 58,273 | 93,014 |
| Dulkingo molio (siCl) vertės | 53,09 | 60,083 | 44,83 | 65,815 |
| Molio (Cl) vertės | 64,292 | 63,542 | 61,015 | 68,233 |

Vertinant atskirai skirtingos sudėties petrografinių gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulkio, molio ir dulkingo molio) rezultatus (4.1.5 lentelė), smėlingo dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) nustatytas kišenine sparnuote (TV) yra mažiausias (113,239 kPa), vienaašio gniuždymo bandymu - 1,119 karto didesnis už kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru – 1,248 karto didesnis už kišenine sparnuote, o apskaičiuojant iš CPT duomenų – 1,639 karto didesnis už kišenine sparnuote. Taigi, smėlingo dulkingo molio (sasiCl) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru ar

vienašio gniuždymo bandymu skiriasi iki 12-13%, o apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų net iki 64 %.

Smėlingo molingo dulquio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) nustatytas vienašio gniuždymo bandymu yra mažiausias (58,273 kPa), kišenine sparnuote - 1,031 karto didesnis už vienašio gniuždymo bandymą, kišeniniu penetrometru – 1,113 karto didesnis už vienašio gniuždymo bandymą, o apskaičiuojant iš CPT duomenų – 1,596 karto didesnis už kišenine sparnuote. Smėlingo molingo dulquio ($sacISi$) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru ar vienašio gniuždymo bandymu skiriasi iki 3-12%, o apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų iki 60 %.

Dulkingo molio ($siCl$) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) nustatytas vienašio gniuždymo bandymu yra mažiausias (44,83 kPa), kišenine sparnuote - 1,184 karto didesnis už vienašio gniuždymo bandymą, kišeniniu penetrometru – 1,340 karto didesnis už vienašio gniuždymo bandymą, o apskaičiuojant iš CPT duomenų – 1,468 karto didesnis už kišenine sparnuote. Dulkingo molio ($siCl$) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru ar vienašio gniuždymo bandymu skiriasi iki 18-34 %, o apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų iki 47 %.

Molio (Cl) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) nustatytas vienašio gniuždymo bandymu yra mažiausias (61,015 kPa), kišenine sparnuote - 1,054 karto didesnis už vienašio gniuždymo bandymą, kišeniniu penetrometru – 1,041 karto didesnis už vienašio gniuždymo bandymą, o apskaičiuojant iš CPT duomenų – 1,118 karto didesnis už kišenine sparnuote. Molio (Cl) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru ar vienašio gniuždymo bandymu skiriasi tik 4–6 %, o apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų iki 12 %.

4.1.6 lentelėje yra pateiktas apibendrintas gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas skirtingais metodais, priklausomai nuo gruntų konsistencijos (I_C). Vertinant gruntuos pagal konsistenciją (I_C), kieto, smėlingo dulkingo molio ($sasiCl$) mažiausios c_u vertės gautos apskaičiuojant iš statinio zondavimo duomenų, standaus – atlikus vienašio gniuždymo bandymą, labai standaus – nustatyto kišenine sparnuote. Labai minkšto, smėlingo molingo dulquio ($sacISi$) mažiausios c_u vertės gautos kišenine sparnuote, kieto ir labai standaus – atlikus vienašio gniuždymo bandymą, standaus – nustatyto kišeniniu penetrometru. Kieto, dulkingo molio ($siCl$) mažiausios c_u vertės gautos kišenine sparnuote, standaus – atlikus vienašio gniuždymo bandymą. Minkšto molio (Cl) mažiausios c_u vertės gautos kišenine sparnuote, kieto – apskaičiuotus iš statinio zondavimo duomenų, standaus – nustatyto kišeniniu penetrometru. Beveik visos didžiausios c_u vertės, vertinant gruntuos pagal konsistenciją (I_C), gautos apskaičiuotus

iš statinio zondavimo duomenų. Kieto, smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) didžiausios c_u vertės gautos nustatant kišeniniu penetrometru, standaus ir labai standaus - gautos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų. Labai minkšto, standaus ir labai standaus smėlingo molingo dulkingo (*saciSi*) didžiausios c_u vertės gautos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų kišenine sparnuote, kieto - nustatant kišeniniu penetrometru. Kieto ir standaus dulkingo molio (*siCl*) didžiausios c_u vertės gautos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų. Minkšto ir standaus molio (*Cl*) didžiausios c_u vertės gautos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų, kieto – nustatyto kišeniniu penetrometru. Apibendrinant galima teigti, kad didėjant gruntų konsistencijai, didėja gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris, išskyrus labai minkšto smėlingo dulkingo molio (4.1.6 lentelė), kadangi labai minkšto grunto konsistencija ir nedrenuotas kerpamasis stipris buvo nustatytas tik iš 1 mėginio, galimai jis neatspindi realaus grunto fizinių ir mechaninių savybių, tam įtakos galėjo turėti netaisyklingas mėginio paėmimas, užsandarinimas, transportavimas ar mėginio laikymo sąlygos.

4.1.6 lentelė. Skirtingos petrografinės sudėties ir konsistencijos (pagal I_c) gruntų, nedrenuoto grunto stiprumas (c_u), nustatytas skirtingais metodais

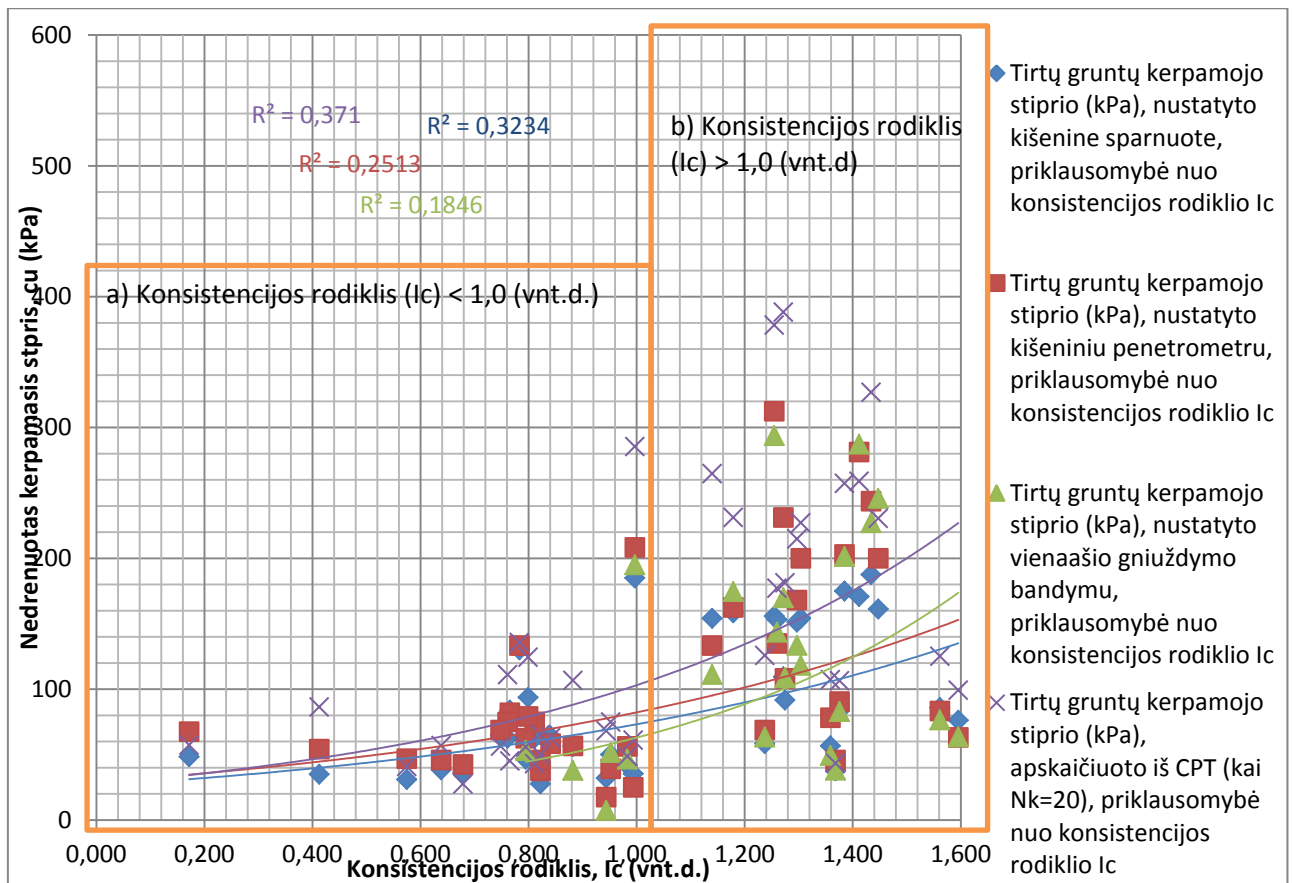
| Gruntas | Grunto konsistencija (pagal I_c) | Skirtingos petrografinės sudėties ir konsistencijos (pagal I_c) gruntų nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas skirtingais metodais (kPa) | | | |
|--|-------------------------------------|---|------------------------|----------------------------|--|
| | | Kišenine sparnuote | Kišeniniu penetrometru | Vienašio gniūždymo bandymu | Apskaičiuotas iš CPT, taikant koeficientą $N_k=20$ |
| Smėlingo dulkingo molio (<i>sasiCl</i>) vertės | Kietas | 35,33 | 42,5 | 30,26 | 27,57 |
| | Standus | 72,25 | 79,94 | 65,08 | 108,78 |
| | Labai standus | 137,8 | 179,150 | 164,400 | 235,35 |
| Smėlingo molingo dulkingo (<i>saciSi</i>) vertės | Labai minkštas | 48,33 | 67,5 | 49,34 | 86,4 |
| | Kietas | 31 | 46,88 | 20,29 | 40,9 |
| | Standus | 50 | 39,17 | 51,5 | 74,9 |
| Dulkingo molio (<i>siCl</i>) vertės | Labai standus | 72,820 | 75,155 | 71,700 | 112,225 |
| | Kietas | 38,33 | 45,83 | 39,38 | 56,9 |
| | Standus | 58,01 | 64,83 | 46,23 | 68,78 |
| Molio (<i>Cl</i>) vertės | Minkštas | 35 | 54,17 | 39,38 | 57,3 |
| | Kietas | 65 | 68,75 | 68,41 | 56,4 |
| | Standus | 71,437 | 64,583 | 64,580 | 73,925 |

4.2. Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės

Daugelių autorių (Eden ir kt., 1980; Valiūnas, 2008; Gribulis, 2011; Sližytė ir kt., 2012) yra teigiama, kad nedrenuoto grunto stiprumas priklauso nuo gruntų konsistencijos, plastiškumo, poringumo ir drėgnio, todėl magistriniame darbe išanalizavau gruntų priklausomybę nuo konsistencijos, plastiškumo, poringumo, tankio ir drėgnio.

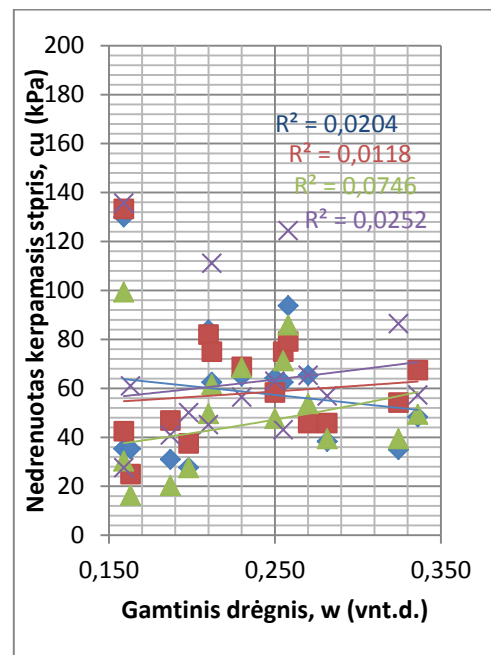
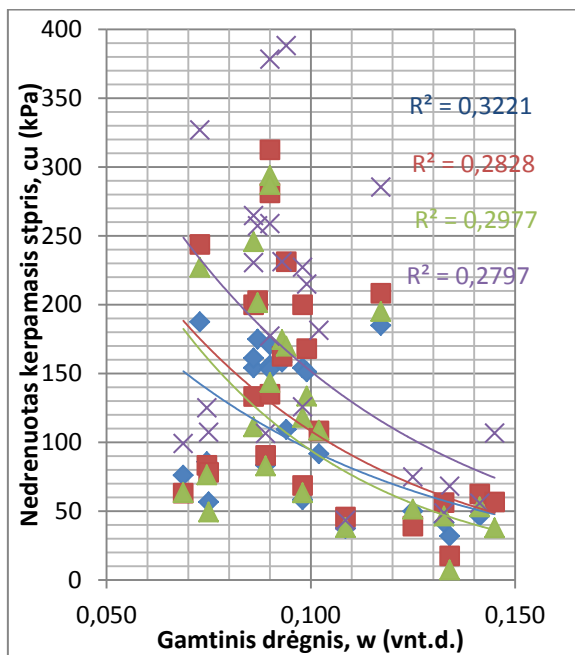
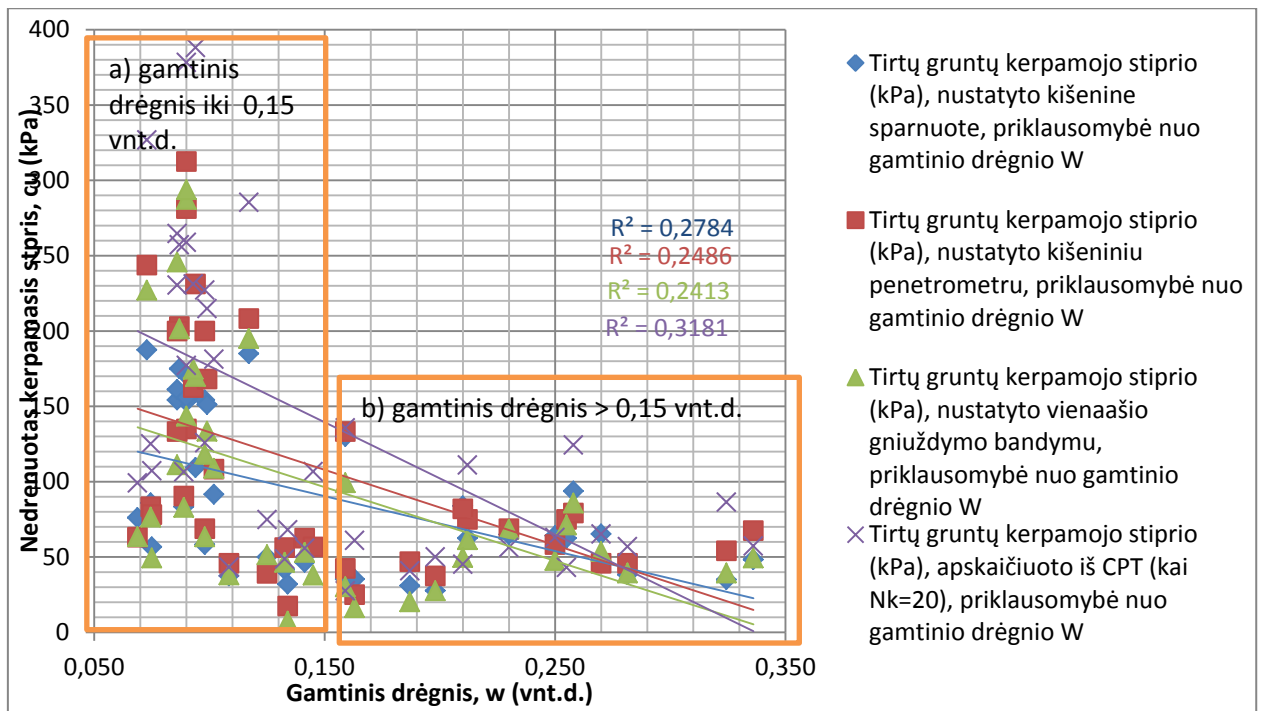
Kaip jau minėta ankstesniuose skyriuose, nedrenuotas kerpamasis stipris, buvo nustatytas keturiais skirtingais metodais, iš 39 monolitų tyrimų duomenų. Nustačius moreninių gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, buvo pamėginta surasti šio rodiklio sąsaja su konsistencijos rodikliu (4.2.1 pav.), gamtiniu drėgniu (4.2.2 pav.), poringumo koeficientu (4.2.3 pav.), grunto plastiškumo (4.2.4 pav.) ir grunto gamtiniu tankiu (4.2.5 pav.).

Analizės rezultatai parodė, kad nedrenuotas kerpamasis stipris proporcingai didėja didėjant grunto konsistencijai. Atlikus konsistencijos rodiklio (I_c) ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją, nustatytas nelabai stiprus koreliacinis ryšys. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,568$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,501$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,429$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,609$. Didėjant konsistencijos rodikliui (I_c), nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) didėja. Didžiausia koreliacinis ryšys nustatytas tarp konsistencijos rodiklio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų. Kadangi dauguma tirtų gruntų yra labai standžios konsistencijos ($I_c > 1,0$ (vnt. d.)) duomenų imtis buvo padalinta į dvi dalis (4.2.1 pav.): a) kai tiriami gruntai (smėlingas dulkingas molis, smėlingas molingas dulkis, dulkingas molis ir molis) yra labai minkšti, minkšti, kieti ir standūs gruntai, t.y. kai $I_c < 1,0$ (vnt. d.) ir b) kai tiriami gruntai yra labai standūs, t.y. kai $I_c > 1,0$ (vnt. d.). Sudaryti koreliaciniai priklausomybiniai grafikai nerodo ryšio tarp grunto konsistencijos (I_c) priklausomybės nei kai vyrauja labai minkšti, minkšti, kieti ir standūs gruntai, nei kai vyrauja labai standūs gruntai. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, kai $I_c < 1,0$, svyruoja 0,1–0,27 intervale, priklausomai nuo metodo, kai tiriami gruntai yra labai standūs ($I_c > 1,0$) koreliacijos koeficiento (R) vertė nežymiai didesnė ir svyruoja 0,19–0,34 intervale.



4.2.1 pav. Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto konsistencijos rodiklio koreliacinė priklausomybė

Gana panašus koreliacinis ryšys nustytas ir atlikus gamtinio drėgnio (w) ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,528$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,499$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,491$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,564$. Didėjant gamtinio drėgniui (w), nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) mažėja. Didžiausias koreliacinis ryšys nustatytas tarp gamtinio drėgnio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, mažiausias - tarp gamtinio drėgnio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, gauto atlikus vienašio gniuždymo bandymą (4.2.2 pav). Geresnis koreliacinis ryšys tarp c_u ir grunto drėgnio nustatytas, kai grunto drėgnis iki 15 %, tuomet koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,567$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,532$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,5456$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,522$, esant grunto drėgniui daugiau nei 15 % koreliacija tarp grunto drėgnio ir c_u nenustatyta (koreliacijos koeficiento (R) vertė svyruoja 0,1–0,27 intervale).



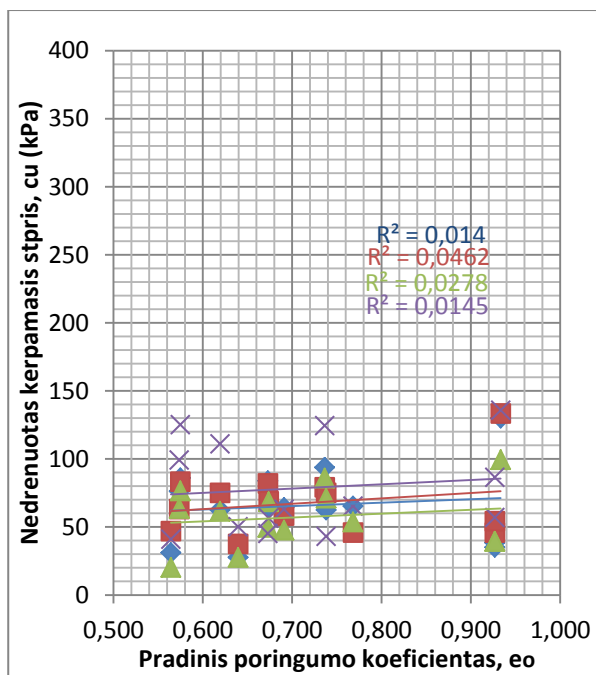
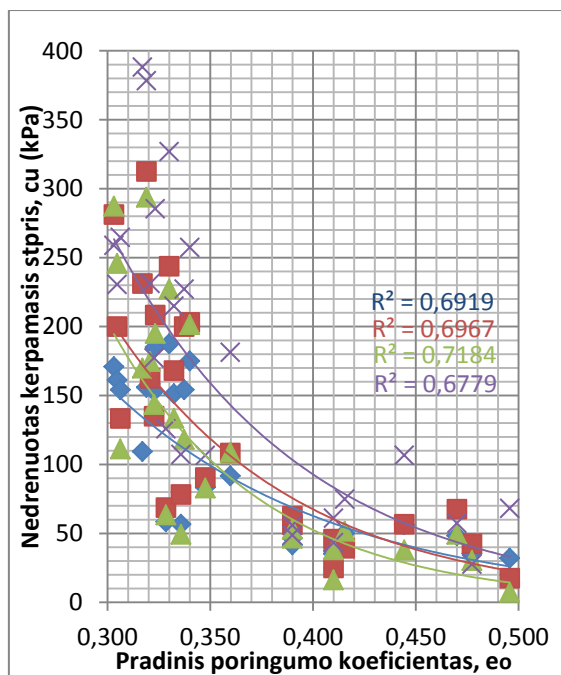
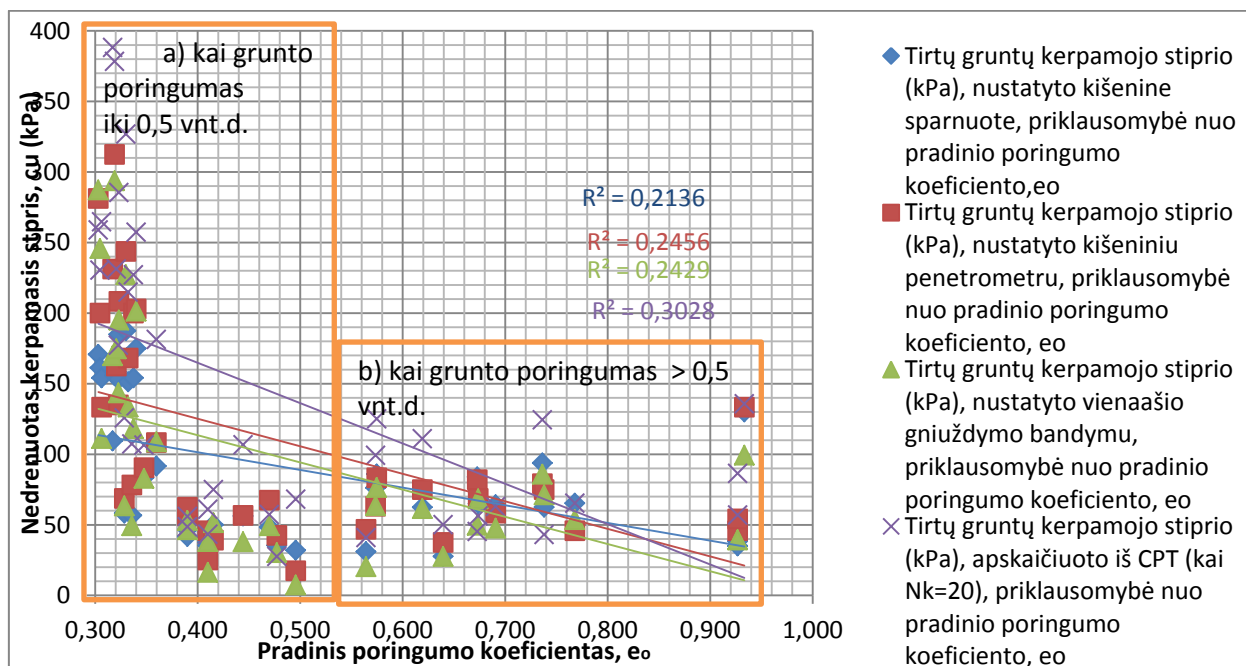
a) kai gamtinis drėgnis iki 0,15 (vnt.d.)

b) kai gamtinis drėgnis > 0,15 (vnt.d.)

4.2.2 pav. Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto gamtinio drėgnio koreliacinė priklausomybė

Šiek tiek mažesnis koreliacinis ryšys nustytas ir atlikus grunto pradinio poringumo (e_0) ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją (4.2.3 pav.). Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyta tiesinės regresinės analizės metodu, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,462$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,496$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,493$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,55$. Kuo gruntas poringesnis, tuo grunto nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) mažesnis. Didžiausias koreliacinis ryšys nustytas tarp grunto poringumo ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų,

mažiausias - tarp grunto poringumo ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto kišenine sparnuote. Stiprus, proporcingai didėjantis ryšys tarp c_u ir grunto poringumo nustatytas, kai grunto poringumas iki 50 %, tuomet koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,832$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,835$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,848$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,823$, esant grunto poringumui daugiau nei 50 % koreliacija tarp grunto poringumo ir c_u nenustatyta (koreliacijos koeficiento (R) vertė svyruoja 0,12–0,21 intervale).

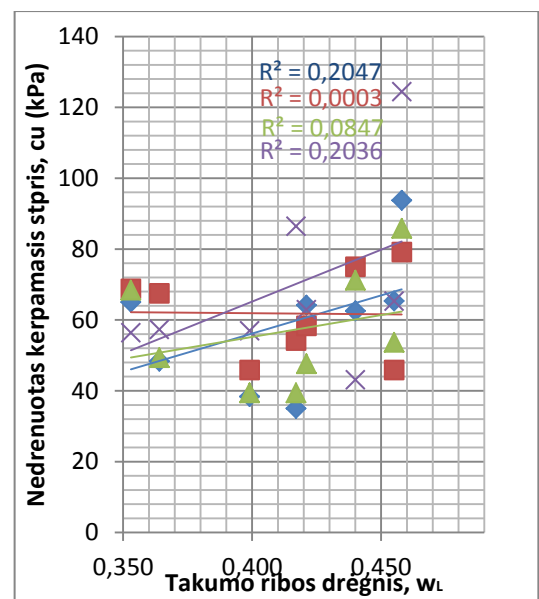
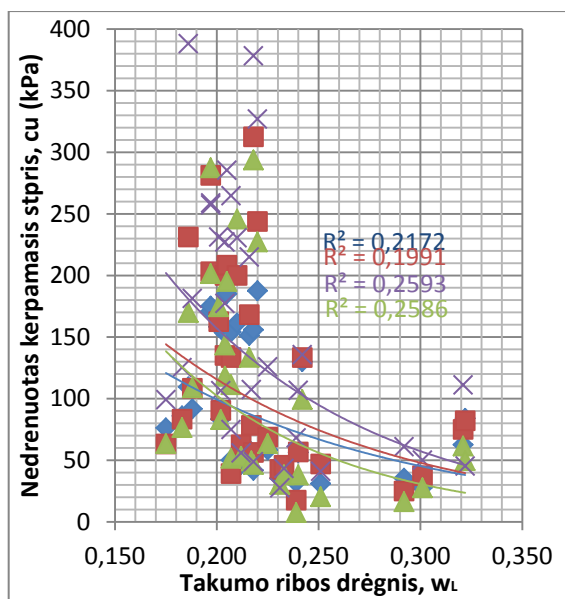
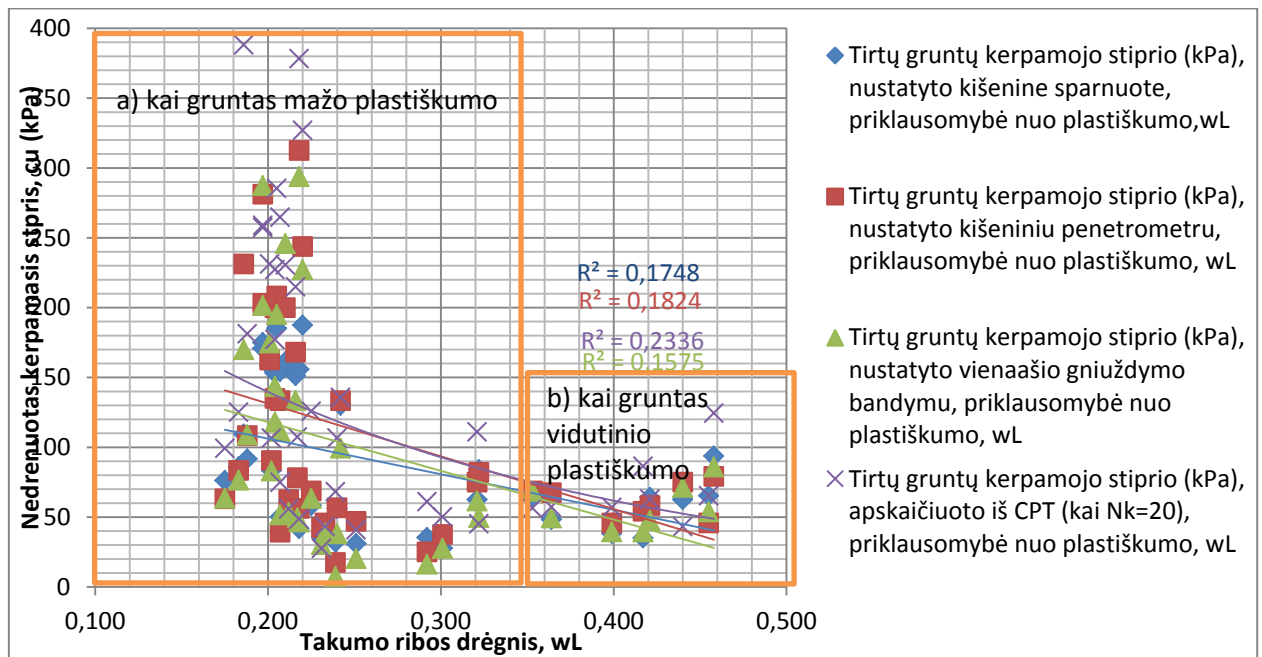


a) kai grunto poringumas iki 0,5 (vnt.d.)

b) kai grunto poringumas > 0,5 (vnt.d)

4.2.3 pav. Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto poringumo koreliacinė priklausomybė

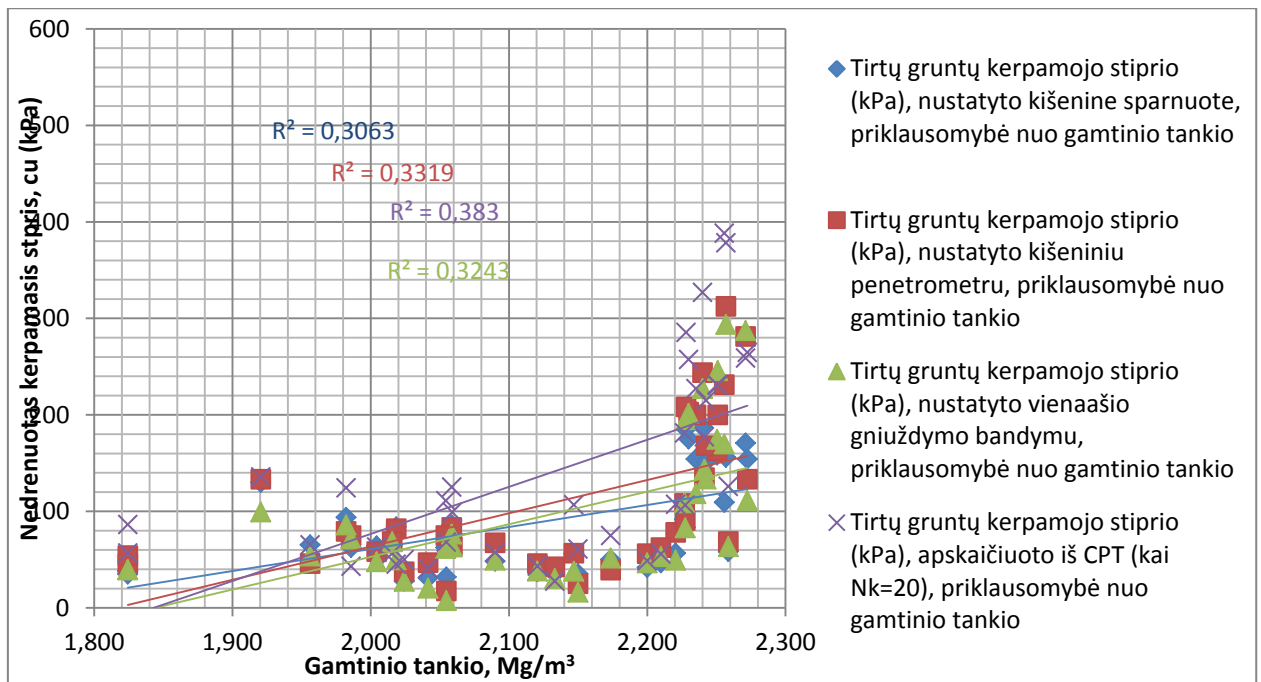
Tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto plastiškumo (w_L) ženklaus ryšio nepastebėta. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R= 0,418$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,427$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,396$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,483$. Kuo grunto mažiau plastiškas, tuo grunto c_u didesnis. Nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliacijai įvertinti nuo grunto plastiškumo, gruntai buvo išskaidyti į dvi grupes: mažo plastiškumo, kai w_L iki 35 %, ir kai gruntai vidutinio plastiškumo. Atlikus regresinę analizę padaryta išvada, kad esant mažo plastiškumo gruntams, proporcingai mažėjant grunto plastiškumui, c_u didėja. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, tarp skirtingais metodais nustatyto c_u ir grunto plastingumo, esant mažo plastingumo gruntams, svyruoja 0,446–0,509 intervale), esant vidutinio plastingumo gruntams – ryšys nerastas.



a) kai gruntas mažo plastiškumo

b) kai gruntas vidutinio plastiškumo

4.2.4 pav. Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto plastiškumo koreliacinė priklausomybė



4.2.5 pav. Nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto gamtinio tankio koreliacinė priklausomybė

Geresnė koreliacinė priklausomybė nustatyta tarp gamtinio grunto tankio bei c_u verčių (4.2.5 pav.). Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,553$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,576$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,569$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,619$. Iš pateikto grafiko matyti, kad kuo didesnė gamtinio tankio vertė, tuo didesnis ir nedrenuoto kerpamojo stiprio parametras.

Tolimesniuose poskyriuose apžvelgiau skirtingos petrografinės sudėties gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulquio, dulkingo molio ir molio) koreliacines priklausomybes nuo grunto fizinių savybių (konsistencijos, plastiškumo, drėgnio, poringumo ir tankio).

4.2.1. Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės

Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) (iš 22 bandinių) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, svyruoja 32,0–187,5 kPa intervale. Kaip matyti iš 4.1.6 lentelės, kieto smėlingo dulkingo molio (iš 1 bandinio) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 35,33 kPa, standaus smėlingo dulkingo molio (iš 7 bandinių) svyruoja 32,0–185 kPa intervale (vidurkis 75,25 kPa), labai standaus (iš 14 bandinių) – 56,67–170,83 kPa intervale (vidurkis 137,8 kPa).

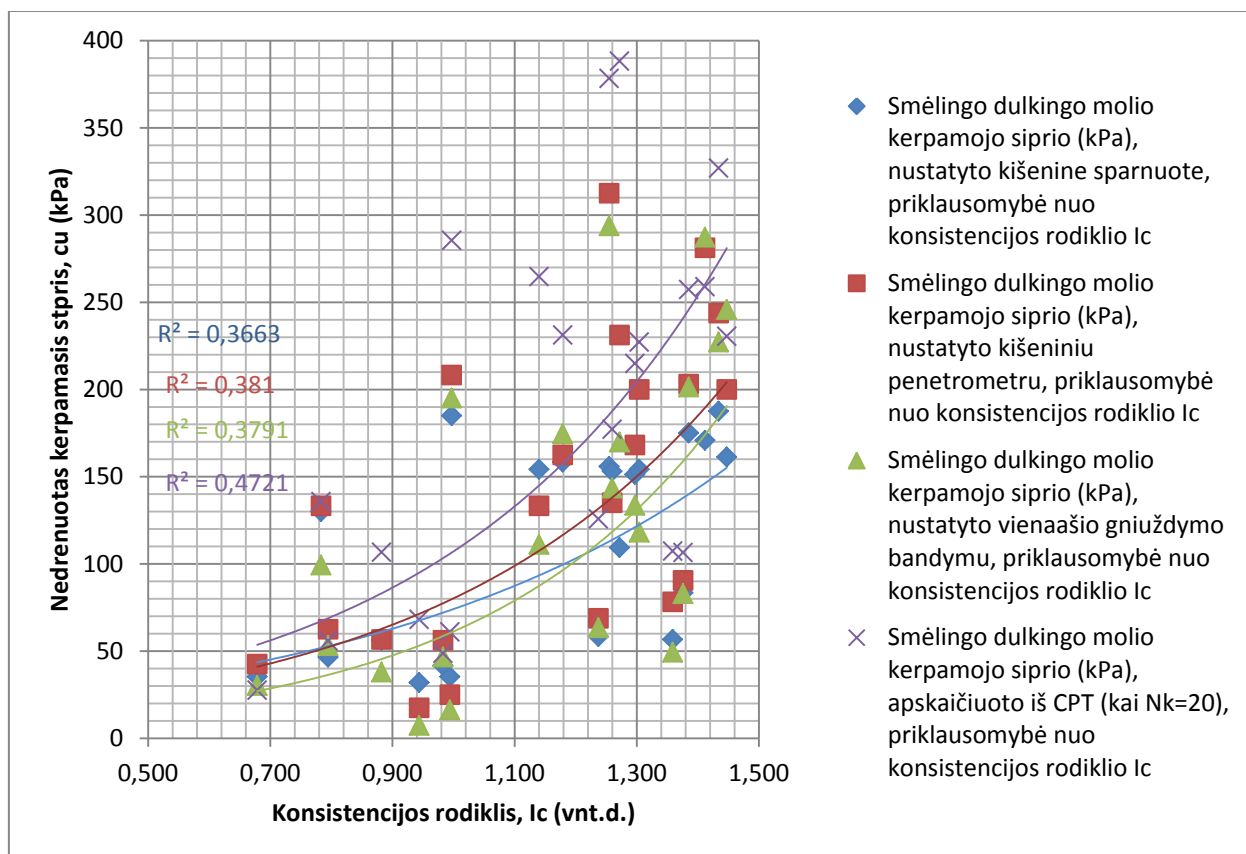
Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru, svyruoja 17,5–312,5 kPa intervale (vidurkis 141,373 kPa) Kieto smėlingo dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 42,5 kPa, tai yra 1,2 karto didesnė

reikšmė nei nustatytas kišenine sparnuote, standaus smėlingo dulkingo molio svyruoja 17,5–208,3 kPa intervale (vidurkis 79,94 kPa), labai standaus – 68,75–281,25 kPa intervale (vidurkis 179,15 kPa). (4.1.6 lentelė).

Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, svyruoja 7,357–293,757 kPa intervale (vidurkis 126,701 kPa). Kieto smėlingo dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 30,26 kPa, standaus smėlingo dulkingo molio svyruoja 7,36–195,01 kPa intervale (vidurkis 65,08 kPa), labai standaus – 49,34–293,76 kPa intervale (vidurkis 164,4 kPa) (4.1.6 lentelė).

Smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, kai $N_k=20$, svyruoja 27,57–388,2 kPa intervale (vidurkis 185,633 kPa). Kieto smėlingo dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 27,57 kPa, standaus smėlingo dulkingo molio svyruoja 4,87–285,4 kPa intervale (vidurkis 108,78 kPa), labai standaus – 107,3–388,20 kPa intervale (vidurkis 235,35 kPa) (4.1.6 lentelė).

Nustačius smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, iš 22 nesuardytos sandaros mėginių ir jų laboratorinių tyrimų, buvo pamėginta surasti šio rodiklio sąsaja su konsistencijos rodikliu (4.2.1.1 pav.), gamtiniu drėgniu (4.2.1.2 pav.), poringumo koeficientu (4.2.1.3 pav.), grunto plastiškumu (4.2.1.4 pav.) ir grunto gamtiniu tankiu.

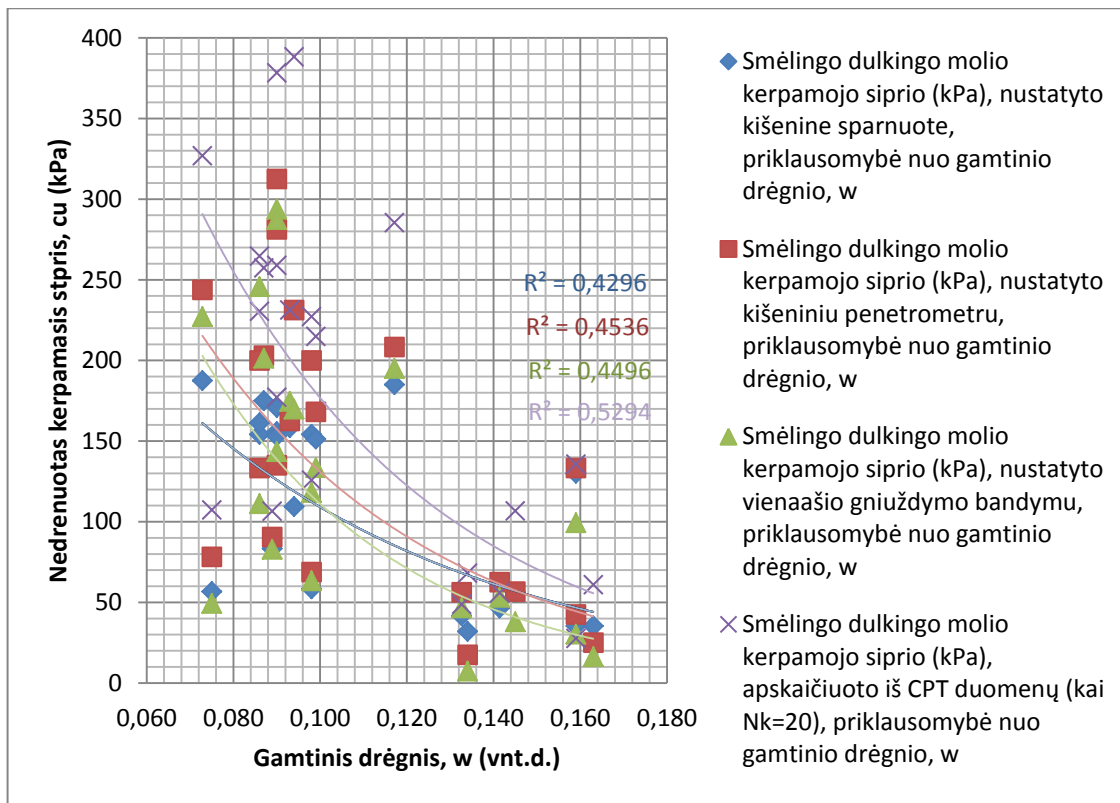


4.2.1.1 pav. Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto konsistencijos rodiklio (I_c)

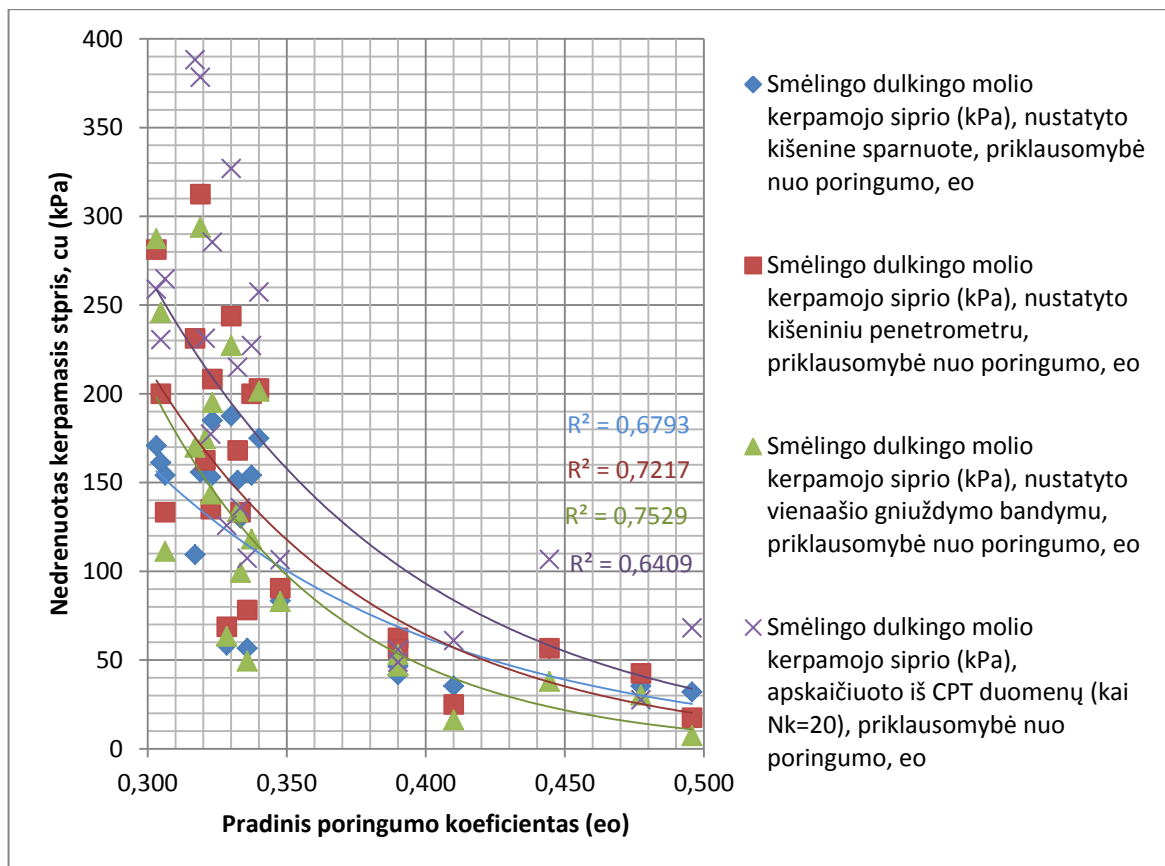
Atlikus smėlingo dulkingo molio (*sasiCl*) konsistencijos rodiklio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją, nustatytas nelabai stiprus koreliacinis ryšys. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,606$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,617$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,616$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,687$ (4.2.1.1 pav.). Didėjant konsistencijos rodikliui (I_C), nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) didėja. Didžiausia koreliacinis ryšys nustatytas tarp konsistencijos rodiklio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, mažiausias – nustatytas kišenine sparnuote.

Geresnis koreliacinis ryšys nustatytas ir atlikus gamtinio drėgumo (w) ir *sasiCl* nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,655$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,673$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,671$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,728$. Didėjant smėlingo dulkingo molio gamtiniui drėgumui (w), nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) mažėja. Didžiausias koreliacinis ryšys nustatytas tarp gamtinio drėgumo ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, mažiausias - nustatytas kišenine sparnuote (4.2.1.2 pav.).

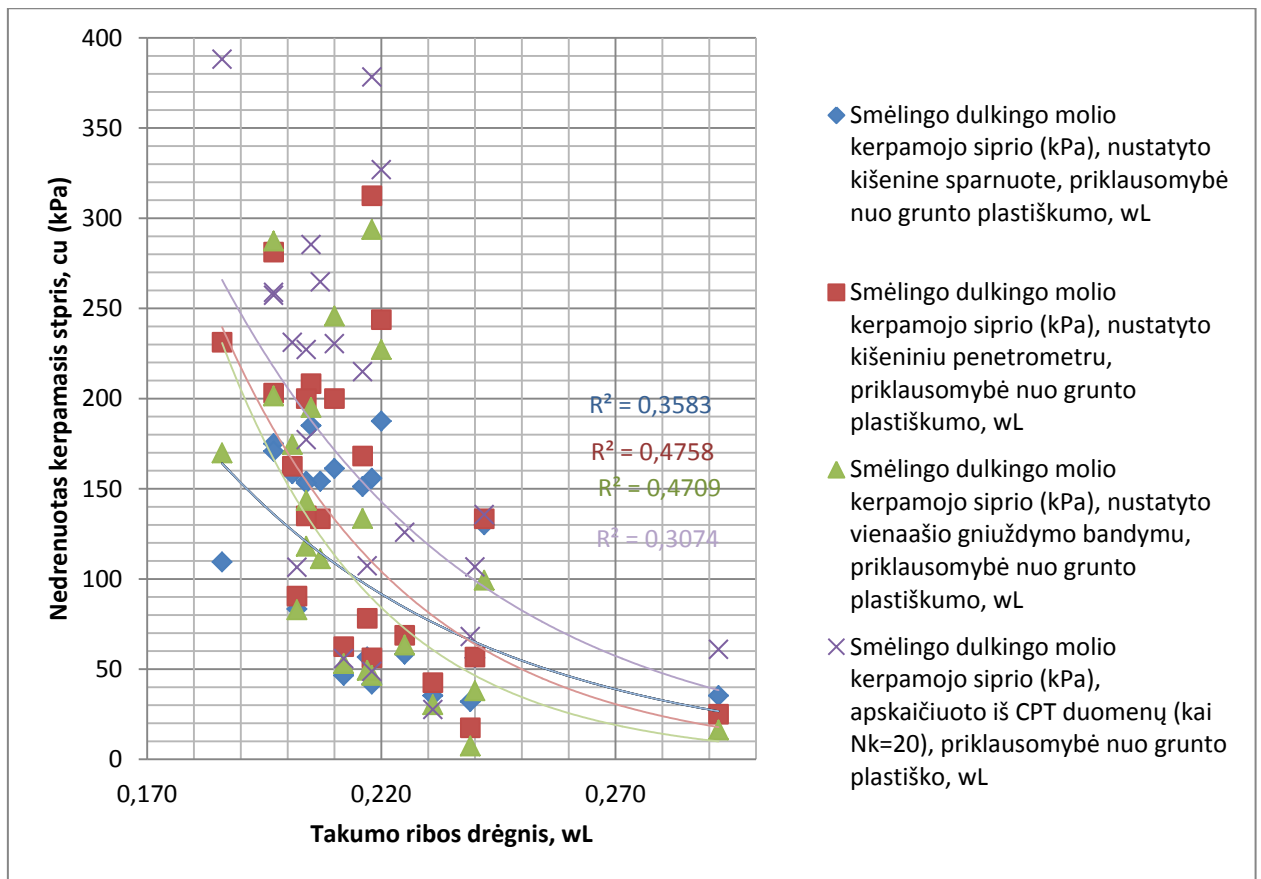
Labai geras koreliacinis ryšys nustatytas ir atlikus smėlingo dulkingo molio pradinio poringumo (e_o) ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,824$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,849$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,868$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,80$. Kuo gruntas poringesnis, tuo grunto nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) mažės. Didžiausias koreliacinis ryšys tarp smėlingo dulkingo molio poringumo ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, mažiausias – apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų (4.2.1.3 pav.).



4.2.1.2 pav. Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio drėgnio (w)



4.2.1.3 pav. Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto poringumo (e_o)



4.2.1.4 pav. Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto plastiškumo (w_L)

Tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio ir grunto plastiškumo (w_L) ženklus ryšio nepastebėta. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,599$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,689$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,686$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,554$ (4.2.1.4 pav).

Ženklus koreliacinio ryšio nepastebėta ir tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto tankio (ρ). Koreliacijos koeficientas (R), nustatytas kišeniniu penetrometru, vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, svyruoja 0,482-0,546 intervale, o nustatyto kišenine sparnuote – išvis nerastas (2 priedas).

4.2.2. Smėlingo molingo dulgio (s_{aclSi}) nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės

Smėlingo molingo dulgio (s_{aclSi}) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) (iš 7 bandinių), nustatytas kišenine sparnuote, svyruoja 31,0–91,67 kPa intervale. Kaip matyti iš 4.1.6 lentelės,

labai minkšto smėlingo molingo dulquio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) (iš 1 bandinio) lygus 48,33 kPa, kieta (iš 1 bandinio) – 31,0 kPa, standaus (iš 1 bandinio) – 50 kPa, labai standaus (iš 4 bandinių) svyruoja 37,5–91,67 kPa intervale (vidurkis 72,82 kPa).

Smėlingo molingo dulquio (*sac/* S_i) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas kišeniniu penetrometru, svyruoja 39,17–108,33 kPa intervale (vidurkis 64,88 kPa). Labai minkšto smėlingo molingo dulquio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 67,5 kPa, kieta – 46,88 kPa, standaus 39,17 kPa, labai standaus svyruoja 43,83–108,33 kPa intervale (vidurkis 75,155 kPa) (4.1.6 lentelė).

Smėlingo molingo dulquio (*sac/* S_i) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, svyruoja 20,287–108,794 kPa intervale (vidurkis 58,273 kPa). Labai minkšto smėlingo molingo dulquio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 49,34 kPa, kieta – 20,29 kPa, standaus 51,50 kPa, labai standaus svyruoja 38,10–108,79 kPa intervale (vidurkis 71,70 kPa) (4.1.6 lentelė).

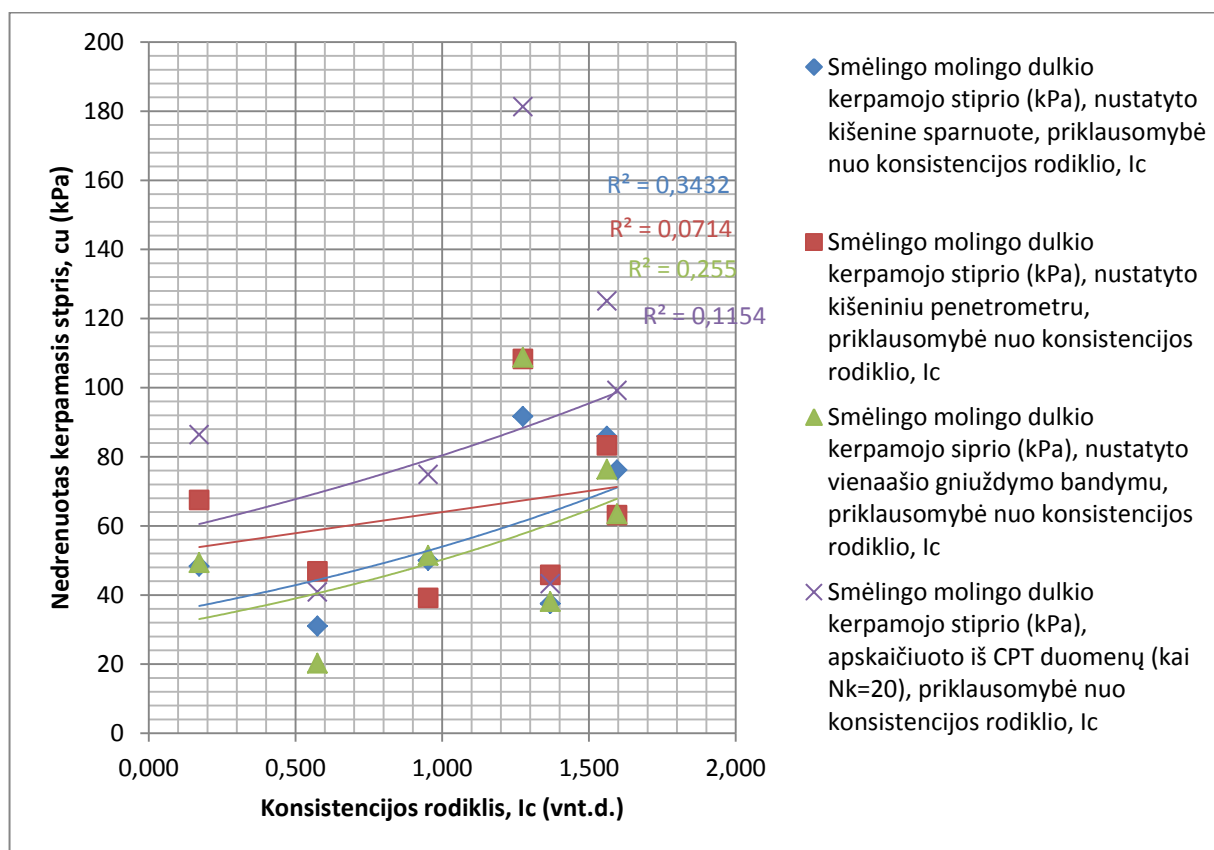
Smėlingo molingo dulquio (*sac/* S_i) nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, kai $N_k=20$, svyruoja 40,9–181,3 kPa intervale (vidurkis 93,014 kPa). Labai minkšto smėlingo molingo dulquio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 86,4 kPa, kieta – 40,9 kPa, standaus – 43,3 kPa, labai standaus svyruoja 43,3–181,3 kPa intervale (vidurkis 112,225 kPa) (4.1.6 lentelė).

Nustačius smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, iš 7 grunto monolitų, buvo pamėginta surasti šio rodiklio sąsaja su konsistencijos rodikliu (4.2.2.1 pav.), gamtiniu drėgniu (4.2.2.2 pav.), poringumo koeficientu, grunto plastiškumo ir grunto gamtiniu tankiu (4.2.1.3 pav.). Koreliacinis ryšys tarp smėlingo molingo dulquio ir aukščiau minimų grunto fizinių savybių yra silpnas arba išvis nesurastas.

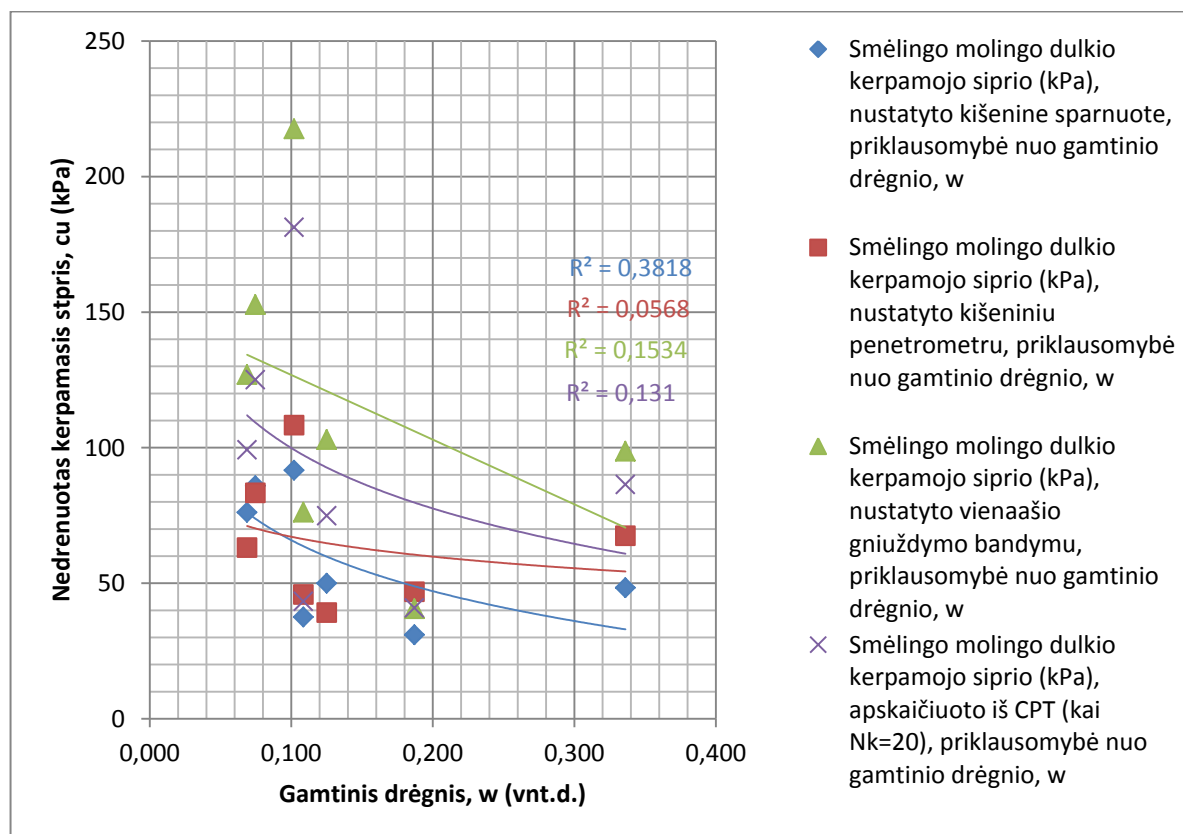
Atlikus smėlingo molingo dulquio (*sac/* S_i) konsistencijos rodiklio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliaciją, nustatytas silpnas koreliacinis ryšys. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,586$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,267$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,505$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,34$ (4.2.2.1 pav.). Didėjant konsistencijos rodikliui (I_C), nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) neženkliai didėja. Didžiausia koreliacinis ryšys tarp smėlingo molingo dulquio konsistencijos rodiklio ir nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto kišenine sparnuote, mažiausias – nustatytas kišeniniu penetrometru.

Smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio priklausomybė nuo gamtinio drėgnio maža. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,618$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,238$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu –

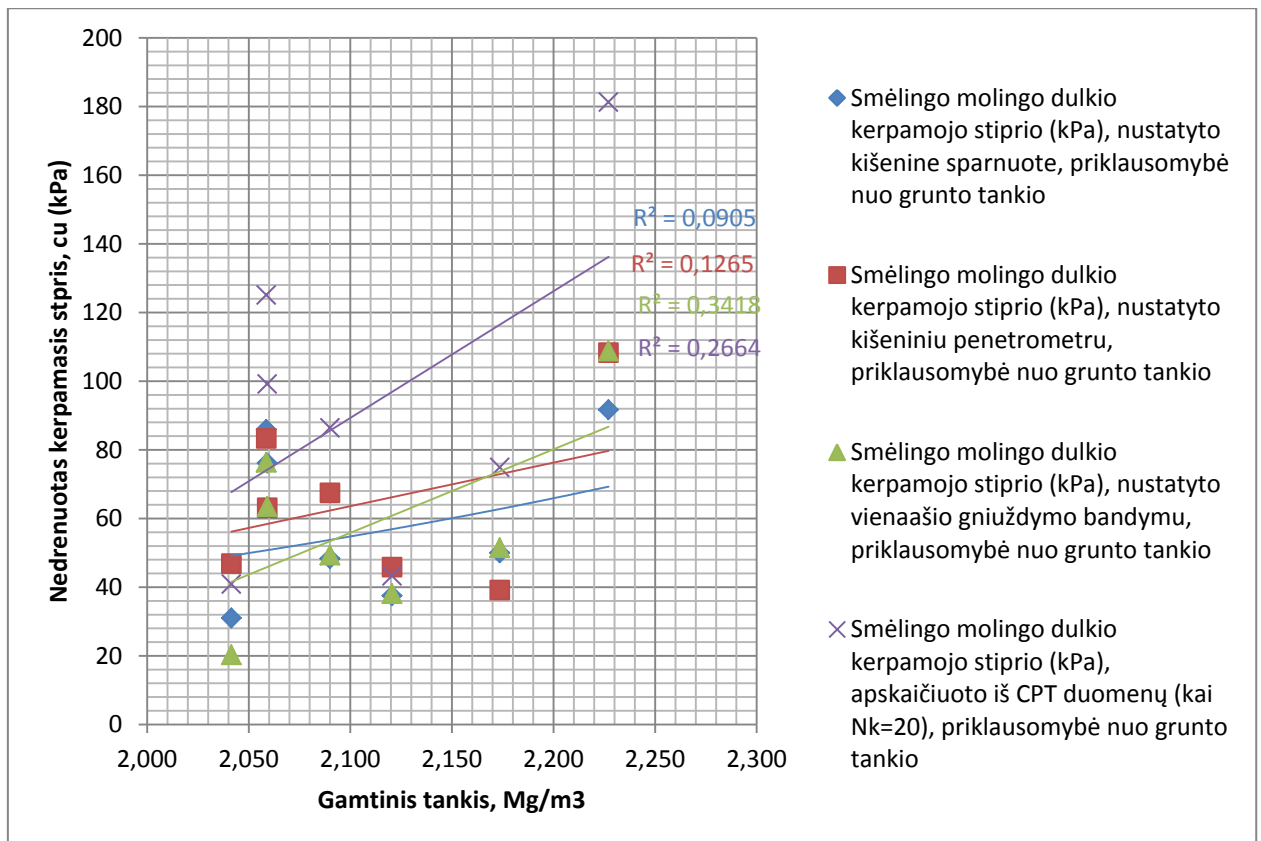
R=0,392, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų R=0,362 (4.2.2.2 pav.).



4.2.2.1 pav. Smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto konsistencijos rodiklio (I_c)



4.2.2.2 pav. Smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio drėgnio (w)



4.2.2.3 pav. Smėlingo molingo dulgio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo gamtinio tankio (ρ)

Silpnas koreliacinis ryšis pastebėtas tarp smėlingo molingo dulgio ir gamtinio tankio. Koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,308$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,356$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,585$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,516$ (4.2.2.3 pav.). Didėjant smėlingo molingo dulgio tankiui (ρ), nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) neženkiai didėja.

Tarp smėlingo molingo dulgio ir grunto poringumo bei plastiškumo koreliacinio ryšio nėra. Priklausomybių koreliaciniai grafikai pateikti 2 priede.

4.2.3. Dulkingo molio (siCl) ir molio (Cl) nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, ir grunto fizinių rodiklių koreliacinės priklausomybės

Dulkingo molio (siCl) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) (iš 4 bandinių), nustatytas kišenine sparnuote, svyruoja 27,63–83,90 kPa intervale (vidurkis 53,09 kPa). Kieto dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) (iš 1 bandinio) lygus 38,33 kPa, standaus (iš 3 bandinių) svyruoja 27,63–83,9 kPa intervale (vidurkis 58,01 kPa). Molio (Cl) nedrenuotas

kerpamasis stipris (c_u) (iš 6 bandinių), nustatytas kišenine sparnuote, svyruoja 35,0–93,75 kPa intervale (vidurkis 64,292 kPa). Minkšto molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) (iš 1 bandinio) lygus 35,0 kPa, kieto (iš 1 bandinio) – 65,0 kPa, standaus (iš 4 bandinių) svyruoja 62,5–93,75 kPa intervale (vidurkis 71,437 kPa) (4.1.6 lentelė).

Dulkingo molio (*siCl*) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas kišeniniu penetrometru, svyruoja 37,5–82,0 kPa intervale (vidurkis 60,083 kPa). Kieto dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 45,83 kPa, standaus svyruoja 37,5–82,0 kPa intervale (vidurkis 64,83 kPa). Molio (*Cl*) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas kišeniniu penetrometru, svyruoja 45,830–79,170 kPa intervale (vidurkis 63,542 kPa). Minkšto molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 54,17 kPa, kieto – 68,75 kPa, standaus svyruoja 45,83–79,17 kPa intervale (vidurkis 64,583 kPa).

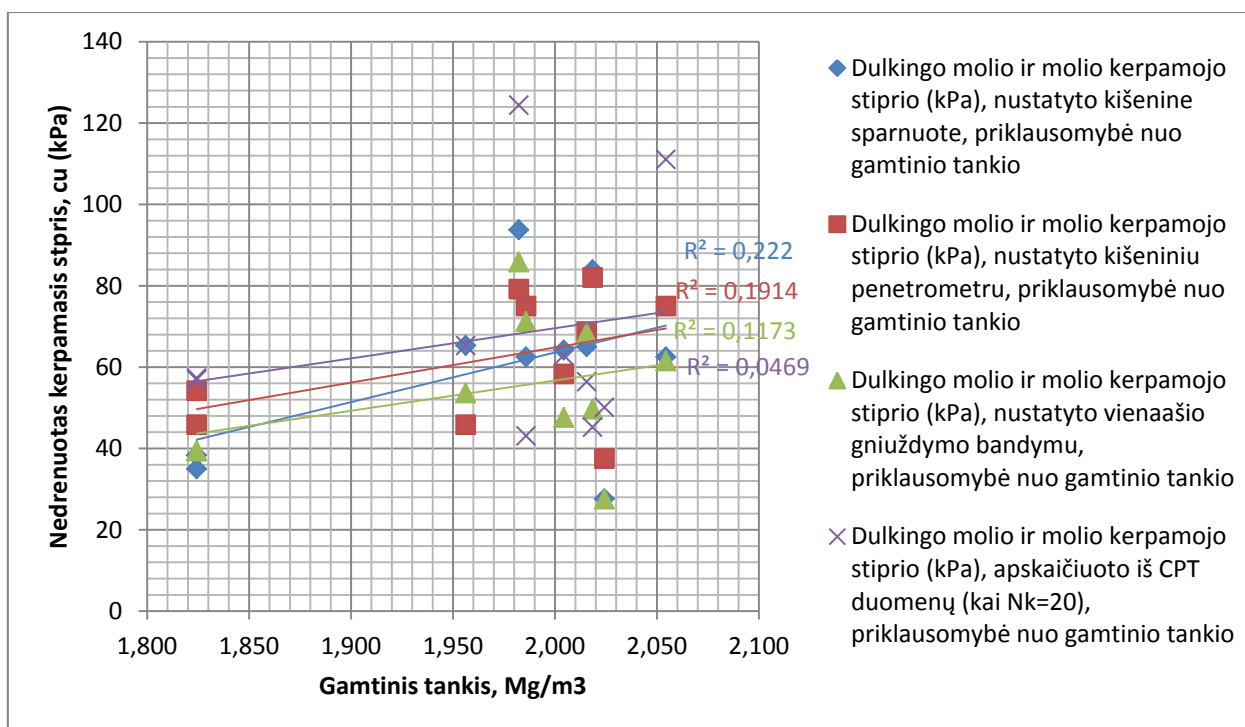
Dulkingo molio (*siCl*) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, svyruoja 27,54–61,513 kPa intervale (vidurkis 44,520 kPa). Kieto dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 39,38 kPa, standaus svyruoja 27,54–61,51 kPa intervale (vidurkis 46,23 kPa). Molio (*Cl*) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, svyruoja 39,376–85,833 kPa intervale (vidurkis 61,015 kPa). Minkšto molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 39,38 kPa, kieto – 68,41 kPa, standaus svyruoja 47,63–85,83 kPa intervale (vidurkis 64,58 kPa).

Dulkingo molio (*siCl*) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, svyruoja 45,20–111,06 kPa intervale (vidurkis 65,815 kPa). Kieto dulkingo molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 56,9 kPa, standaus svyruoja 45,2–111,06 kPa intervale (vidurkis 68,787 kPa). Molio (*Cl*) nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u), apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, svyruoja 43,100–124,400 kPa intervale (vidurkis 68,233 kPa). Minkšto molio nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u) lygus 57,3 kPa, kieto – 56,4 kPa, standaus svyruoja 43,1–124,4 kPa intervale (vidurkis 73,925 kPa).

Kaip ir kituose skyriuose minėtų gruntų (smėlingo dulkingo molio ir smėlingo molingo dulkio), taip ir molio (*Cl*) bei dulkingo molio (*siCl*) nustačius nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, iš 10 nesuardytos sandaros mėginių, buvo pamėginta surasti šio rodiklio sąsają su gruntų konsistencijos rodikliu, gamtiniu drėgniu, grunto poringumu bei plastiškumu ir grunto gamtiniu tankiu (4.2.3.1 pav.).

Atlikus dulkingo molio ir molio (*siCl*, *Cl*) konsistencijos rodiklio, gamtinio drėgnio, grunto poringumo ir plastiškumo ir nedrenuoto kerpamojo stiprio koreliacijas, ryšys nenustatytas (priklausomybiniai grafikai pateikiami 2 priede). Labai silpnas koreliacinis ryšys nustatytas tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) ir grunto tankio (ρ). Koreliacijos

koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R=0,471$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,437$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,342$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,217$ (4.2.3.1 pav.). Didėjant dulkingo molio ir molio tankiui (ρ), didėja grunto nedrenuotas kerpamasis stipris (c_u).



4.2.3.1 pav. Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio tankio (ρ)

4.3. Nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės

Nustačius grunto nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes (c_u), buvo atlikta jo verčių koreliacinė priklausomybė (tiesinė priklausomybė) tarp atskirų nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymo metodų. Kaip jau minėta anksčiau, magistriniame darbe buvo atlikti 39 vienašio gniuždymo bandymai ir 39 bandymai kišenine sparnuote ir 39 bandymai kišeniniu penetrometru, visi šie bandymai buvo atlikti iš to paties grunto monolito. Taip pat iš to intervalo, kaip ir mėginys, buvo apskaičiuotos vidurkinės nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) vertės (viso apskaičiuoti 39 intervalai).

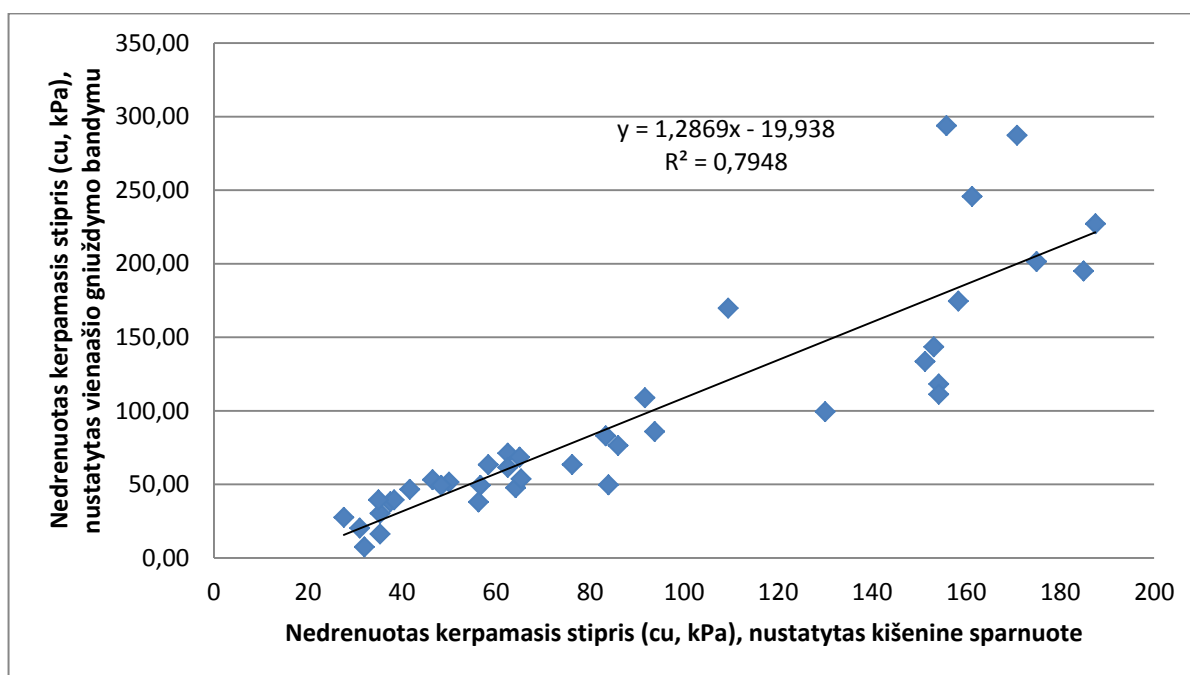
Vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 20 atveju didesnės c_u vertės nustatytos kišenine sparnuote.

Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 7,357–293,57 kPa intervale (vidurkis 95,885 kPa), kišenine sparnuote 27,63–187,5 kPa intervale (vidurkis 89,99 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,3 % iki 88,5 % (vidurkis 22 %), tačiau dauguma verčių (21 atveju) nesiskyrė daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,892. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 1,29 \cdot c_{utv} - 19,94 \quad (4.3.1)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote



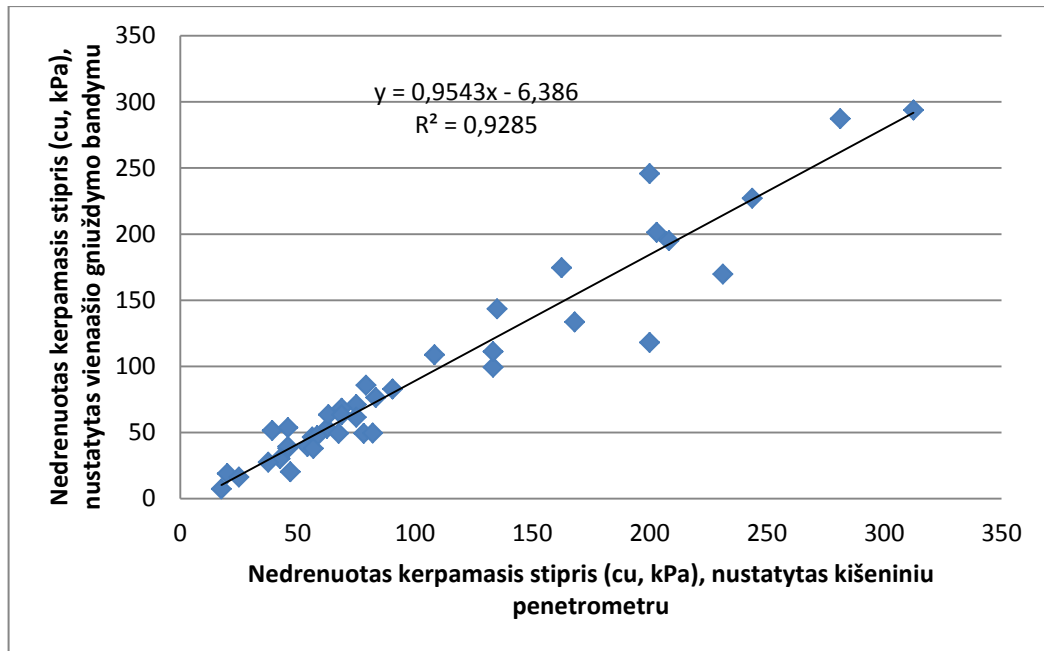
4.3.1 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote

Vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 30 atveju didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 7,357–293,57 kPa intervale (vidurkis 95,885 kPa), kišeniniu penetrometru 17,50–312,5 kPa intervale (vidurkis 107,332 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,43 % iki 58 % (vidurkis 19%), tačiau beveik pusė verčių (16 atveju) nesiskyrė daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,963. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 0,95 \cdot c_{up} - 6,39 \quad (4.3.2)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{up} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



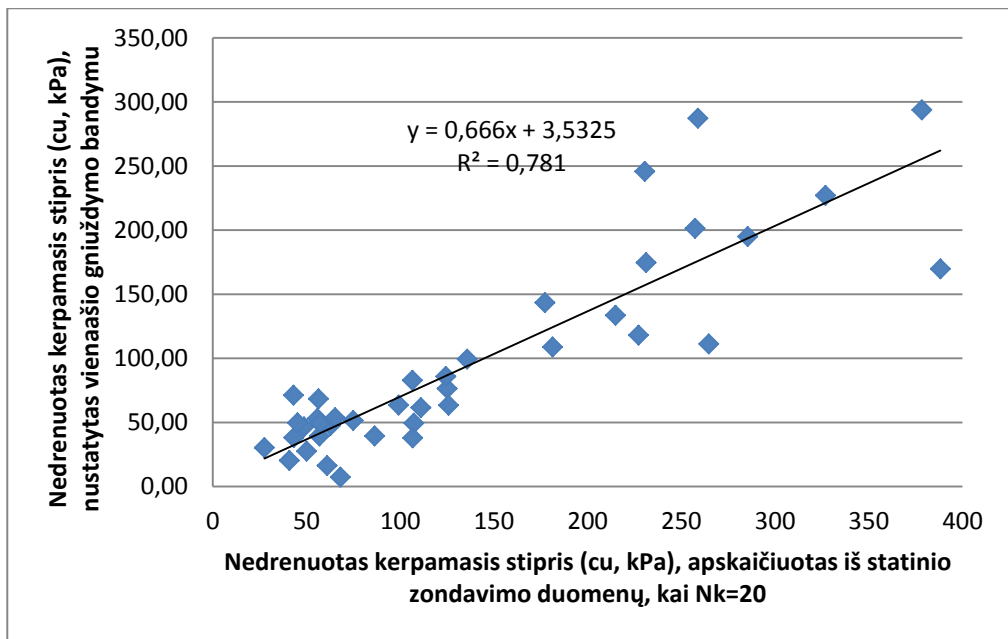
4.3.2 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru

Vienašio gniuždymo bandymu ir statinio zondavimo metu nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

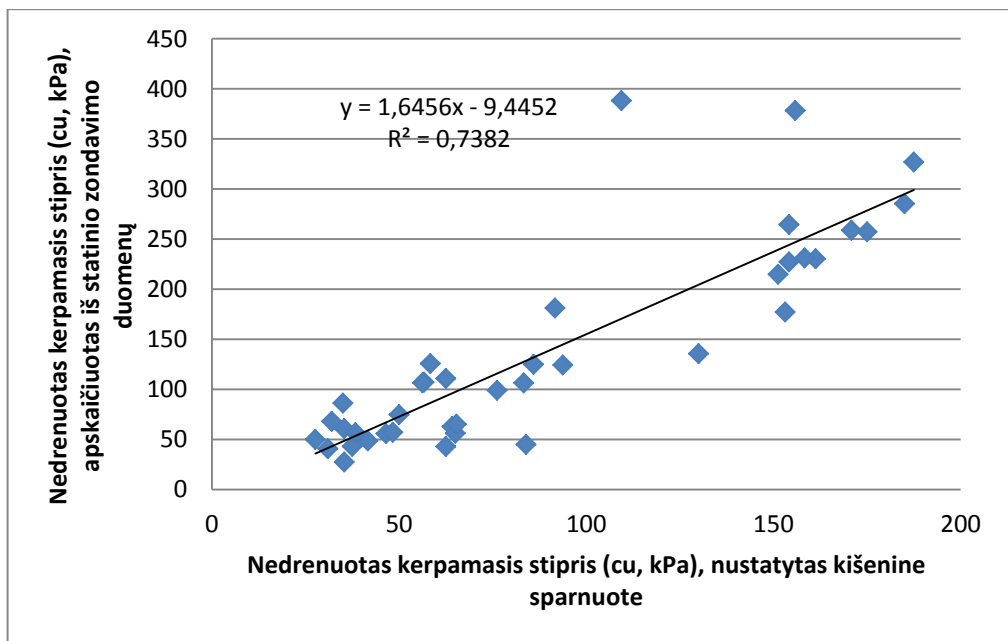
Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 33 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuojant iš statinio zondavimo duomenų. Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 7,357–293,57 kPa intervale (vidurkis 95,885 kPa), apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų 27,57–388,2 kPa intervale (vidurkis 138,658 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi daugiau, nuo 4,5 % iki 89 % (vidurkis 34 %), net 32 atveju c_u vertės skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3 pav.) rodo stiprą ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,884. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 0,67 \cdot c_{usz} + 3,53 \quad (4.3.3)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų



4.3.3 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų



4.3.4 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote

Statinio zondavimo metu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus statinio zondavimo metu apskaičiuotas ir kišenine sparnuote gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 33 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuotos iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,05 % iki 86 % (vidurkis 34 %), o dauguma verčių (35 atvejai) skyrėsi daugiau nei 15 %, tačiau sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.4 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų

metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,859. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{usz} = 1,65 \cdot c_{utv} - 9,45 \quad (4.3.4)$$

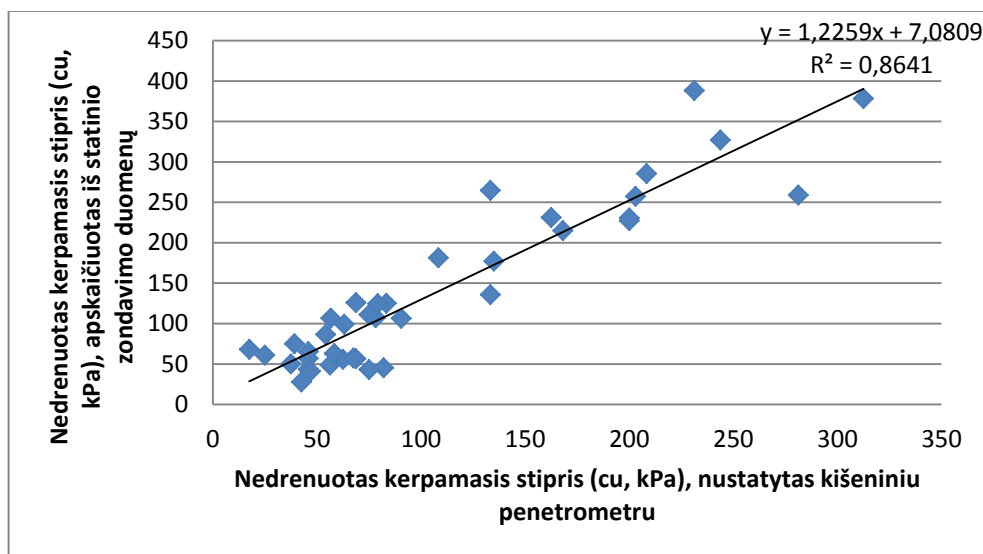
čia: c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote

Statinio zondavimo metu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 20 atveju didesnės c_u vertės nustatytos iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 1,7 % iki 81 % (vidurkis 31 %), o dauguma verčių (21 atveju) skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.5 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,929. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{usz} = 1,23 \cdot c_{upp} + 7,08 \quad (4.3.5)$$

čia: c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, c_{upp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.5 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru

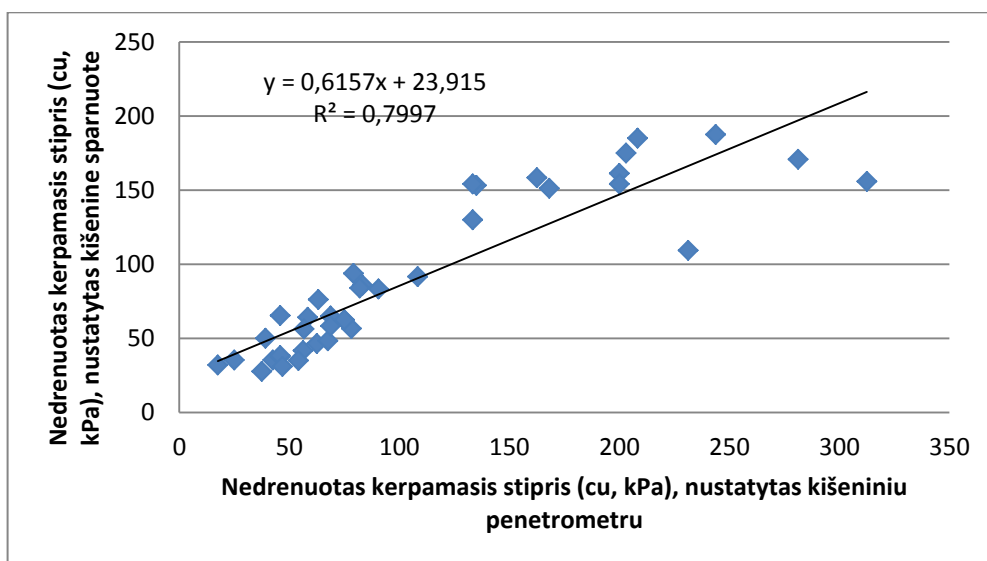
Kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 28 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,7 % iki 111 % (vidurkis 27 %), o dauguma verčių (27 atvejai) skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.6 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų

metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,894. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{utv} = 0,62 \cdot c_{upp} + 23,2 \quad (4.3.6)$$

čia: c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, c_{upp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.6 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru

Tarp visų tirtų gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulquio, dulkingo molio ir molio) sudaryti koreliaciniai priklausomybės grafikai (4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5 ir 4.3.6 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp visų šių metodų. Gautas koreliacijos koeficiento vertės svyruoja 0,8529–0,9627 intervale. Didžiausia koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių gauta nustatant vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru (koreliacijos koeficiento vertė 0,9627), mažiausia – apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų ir nustatyto kišenine sparnuote (4.3.1 lentelė). Sekančiuose skyriuose pateiktos koreliacinės priklausomybės tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, nustatyto skirtingais metodais ir skirtingos sudėties gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulquio, dulkingo molio ir molio).

4.3.1 lentelė. Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u)

| Gruntai | Koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u) | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| | nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote | nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru | nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų | apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų ir nustatyto kišenine sparnuote | apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų ir nustatyto kišeniniu penetrometru | nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru |
| Visi gruntai | 0,8915 | 0,9627 | 0,8837 | 0,8592 | 0,9296 | 0,8943 |
| Smėlingas dulkingas molis (sasiCl) | 0,8632 | 0,9574 | 0,8550 | 0,8224 | 0,9223 | 0,8660 |
| Smėlingas molingas dulgis (saciSi) | 0,9362 | 0,8935 | 0,9817 | 0,9285 | 0,9387 | 0,8453 |
| Dulkingas molis ir molis (siCl ir Cl) | 0,7938 | 0,7605 | 0,5621 | 0,4600 | 0,3624 | 0,7999 |

4.3.1. Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės

Smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, tarp skirtingų nustatymo metodų, sudaryti koreliaciniai priklausomybės grafikai (4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.3, 4.3.1.4, 4.3.1.5 ir 4.3.1.6 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp visų šių metodų. Gautos koreliacijos koeficiento vertės svyruoja 0,8224–0,9574 intervale (4.3.1 lenetelė). Didžiausia koreliacinė priklausomybė tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių gauta nustatant vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru (koreliacijos koeficiento vertė 0,9574), mažiausia – apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų ir nustatyto kišenine sparnuote (4.3.1 lentelė).

Vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Iš 22 bandinių rezultatų, palyginus smėlingo dulkingo molio vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 11 atveju didesnės c_u vertės nustatytos kišenine sparnuote ir 11 atveju – vienašio gniuždymo bandymu. Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 7,357–293,57 kPa intervale (vidurkis 126,701 kPa), kišenine sparnuote 32,0–187,5 kPa intervale (vidurkis 113,239 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,5 % iki 89 % (vidurkis 29 %), tačiau net 12 verčių skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1.1 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,892. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 2,6324 \cdot c_{utv} - 44,686 \quad (4.3.1.1)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote

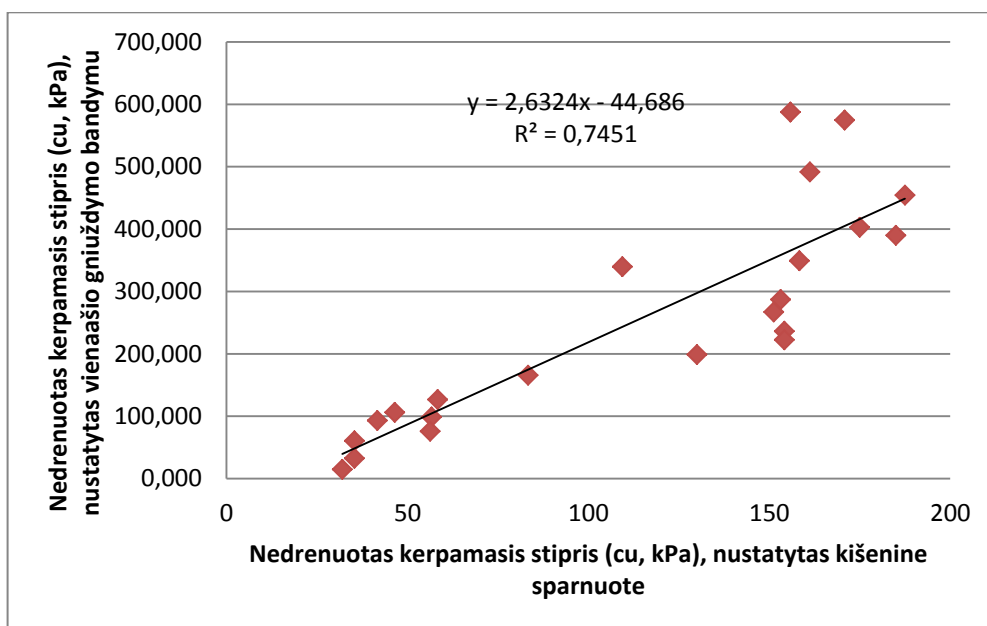
Vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 18 atveju didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Nedrenuoto kerpamojo stiprio c_u vertės, nustatytos vienašio gniuždymo bandymu, svyravo 7,357–293,57 kPa intervale (vidurkis 126,701 kPa), kišeniniu penetrometru 17,50–312,5 kPa intervale (vidurkis 141,373 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,8 % iki 58 % (vidurkis 19,5 %), tačiau tik 9 atvejais c_u vertės nesiskyrė daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1.2 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp šių

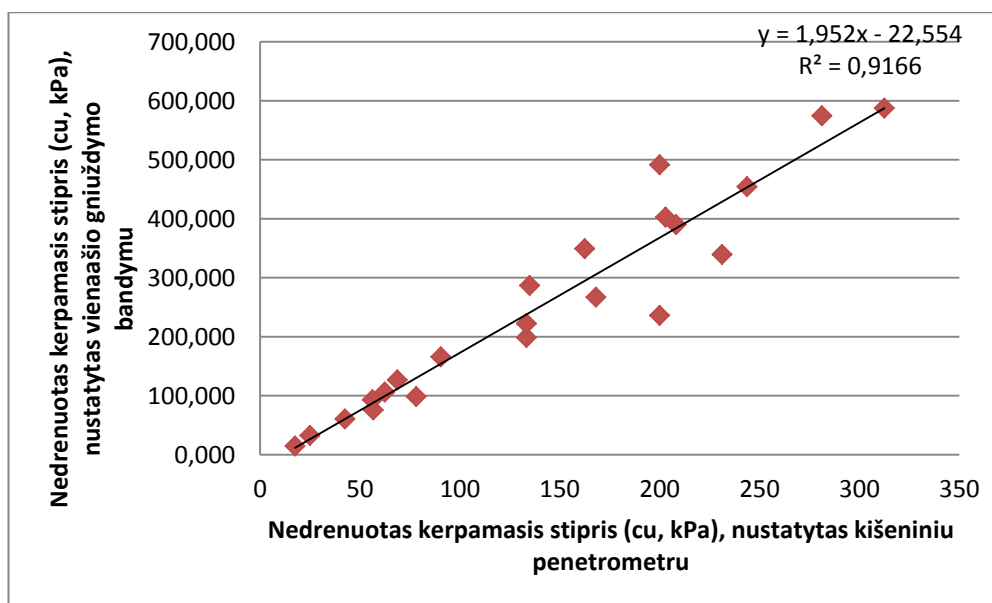
dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,957. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{uvg} = 1,952 \cdot c_{uppp} - 22,554 \quad (4.3.1.2)$$

čia: c_{uvg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{uppp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.1.1 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote



4.3.1.2 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru

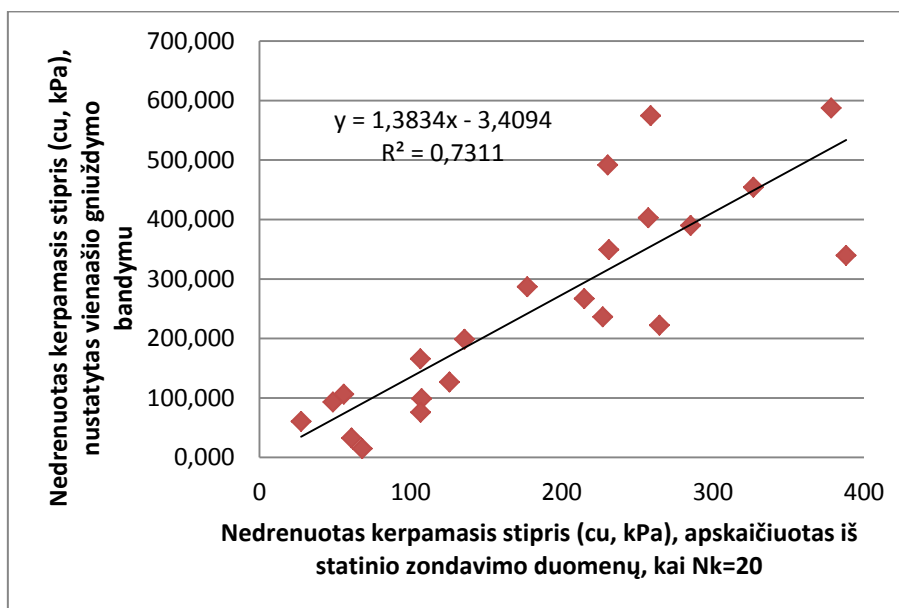
Vienašio gniuždymo bandymu ir statinio zondavimo metu nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 19 atvejų didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiavus iš statinio

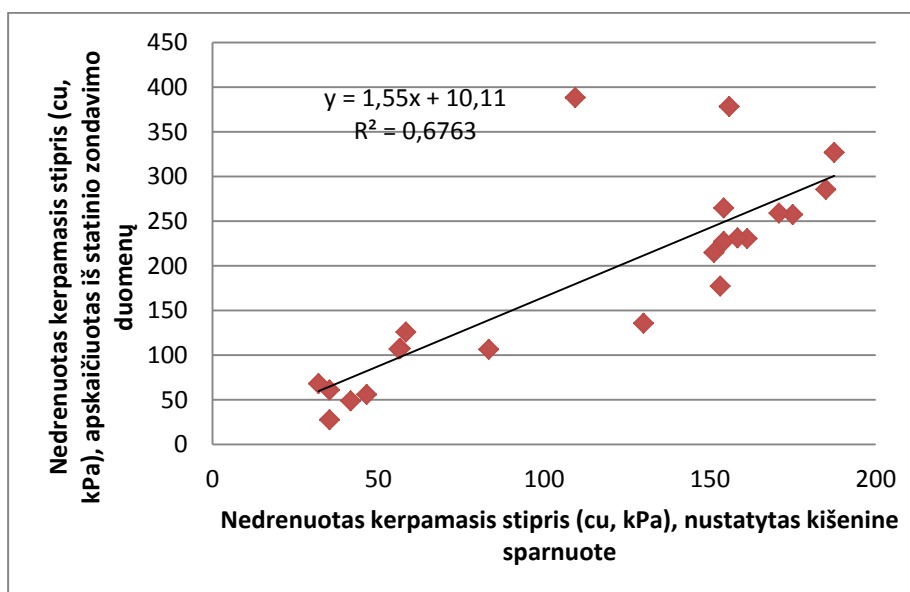
zondavimo duomenų. Vienaašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 7,357–293,57 kPa intervale (vidurkis 126,701 kPa), apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų 27,57–388,2 kPa intervale (vidurkis 185,633 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 4,5 % iki 89 % (vidurkis 35 %), net 17 atveju c_u vertės skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1.3 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,855. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 1,383 \cdot c_{usz} - 3,409 \quad (4.3.1.3)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienaašio gniuždymo bandymu, c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų



4.3.1.3 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienaašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų



4.3.1.4 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote

Statinio zondavimo metu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus gautus duomenis nustatyta, kad 21 atveju didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuotos iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 4 % iki 72 % (vidurkis 35,5 %), o dauguma verčių (19 atveju) skyrėsi daugiau nei 15 %, tačiau sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1.4 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,822. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{usz} = 1,55 \cdot c_{utv} + 10,11 \quad (4.3.1.4)$$

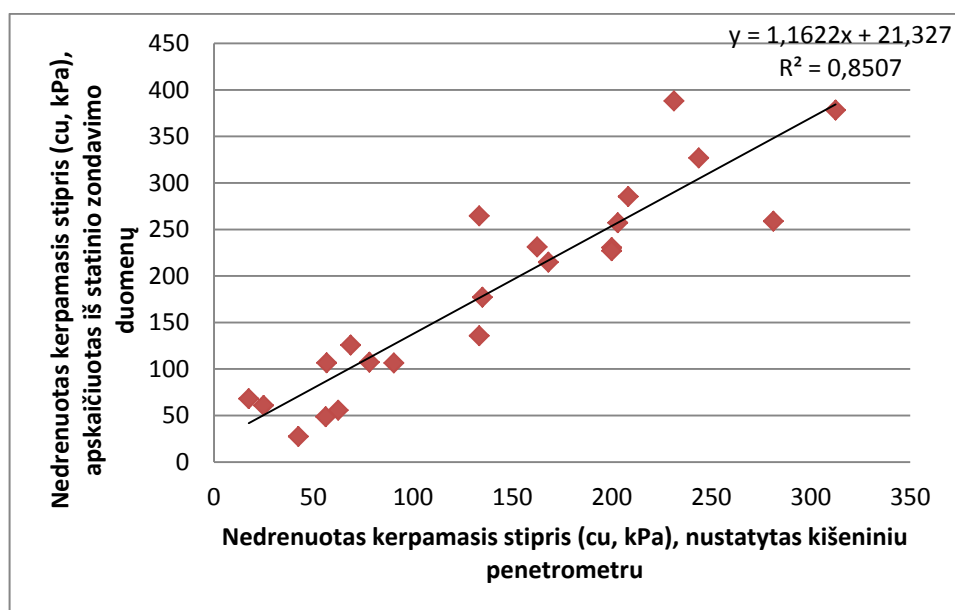
čia: c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote

Statinio zondavimo metu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 18 atveju didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 2 % iki 74 %, o dauguma verčių (17 atveju) skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1.5 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,922. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{usz} = 1,162 \cdot c_{upp} + 21,327 \quad (4.3.1.5)$$

čia: c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, c_{upp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



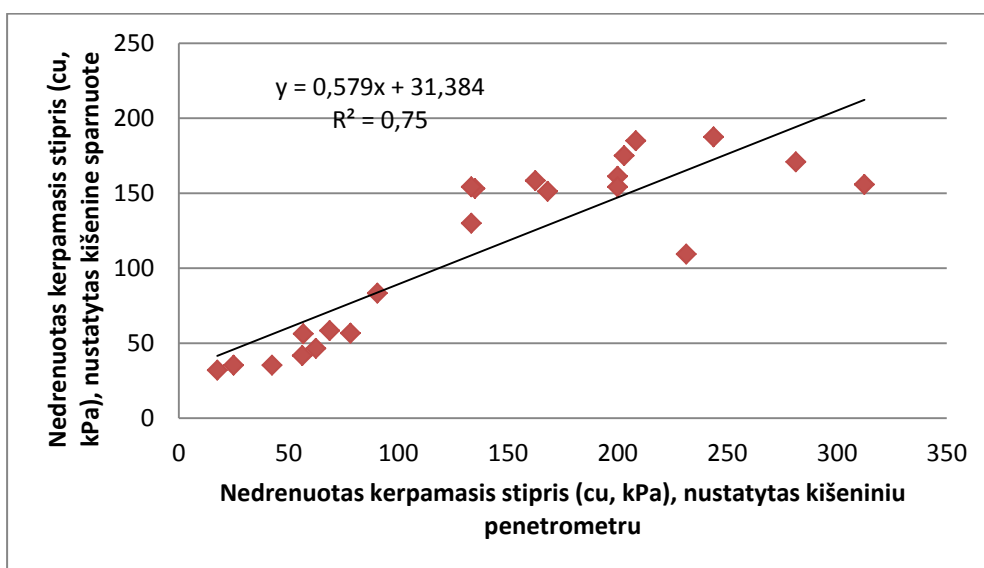
4.3.1.5 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru

Kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 18 atveju didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,8 % iki 111 % (vidurkis 30 %), o 14 atveju skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.1.6 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,866. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{uv} = 0,579 \cdot c_{up} + 31,384 \quad (4.3.1.6)$$

čia: c_{uv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, c_{up} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.1.6 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru

4.3.2. Smėlingo molingo dulkingo nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės

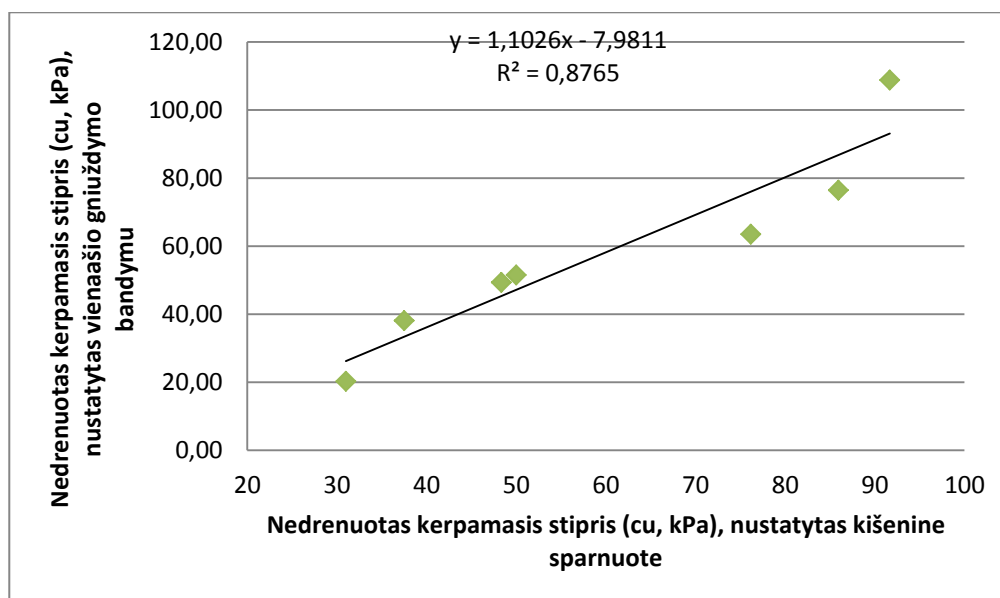
Smėlingo molingo dulkingo nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, tarp skirtingų nustatymo metodų, sudaryti koreliaciniai priklausomybės grafikai (4.3.2.1, 4.3.2.2, 4.3.2.3, 4.3.2.4, 4.3.2.5 ir 4.3.2.6 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp visų šių metodų. Gautos koreliacijos koeficiento vertės svyruoja 0,8453–0,9817 intervale (4.3.1 lentelė). Didžiausia koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulkingo nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių gauta nustatant vienaašio gniuždymo bandymu ir apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų (koreliacijos koeficiento vertė 0,982), mažiausia – nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru (koreliacijos koeficiento vertė 0,845) (4.3.1 lentelė).

Vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Iš 7 bandinių rezultatų, palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 4 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos vienašio gniuždymo bandymu. Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 20,287–108,794 kPa intervale (vidurkis 58,273 kPa), kišenine sparnuote 31,0–91,67 kPa intervale (vidurkis 60,087 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 1,6 % iki 35 %, o 4 vertės nesiskyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2.1 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,936. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 1,103 \cdot c_{utv} - 7,981 \quad (4.3.2.1)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote



4.3.2.1 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote

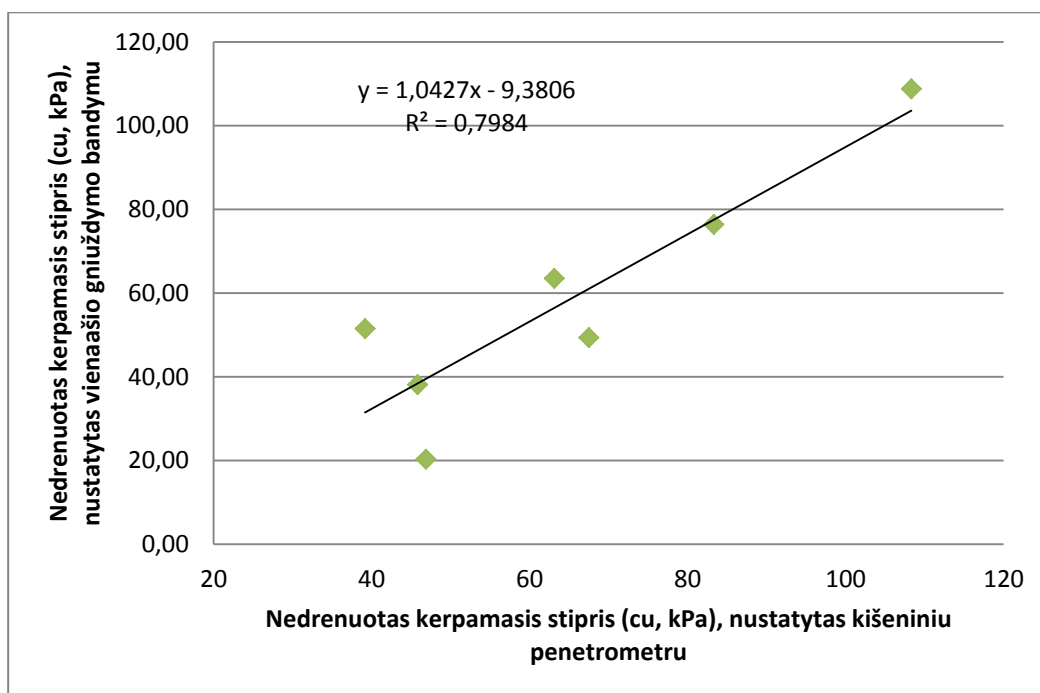
Vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 4 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Nedrenuoto kerpamojo stiprio c_u vertės, nustatytos vienašio gniuždymo bandymu, 20,287–108,794 kPa intervale (vidurkis 58,273 kPa), kišeniniu penetrometru 39,17–108,33 kPa intervale (vidurkis 64,881 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,4 % iki 57 %. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2.2 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp

šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,894. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 1,043 \cdot c_{up} - 9,381 \quad (4.3.2.2)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{up} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



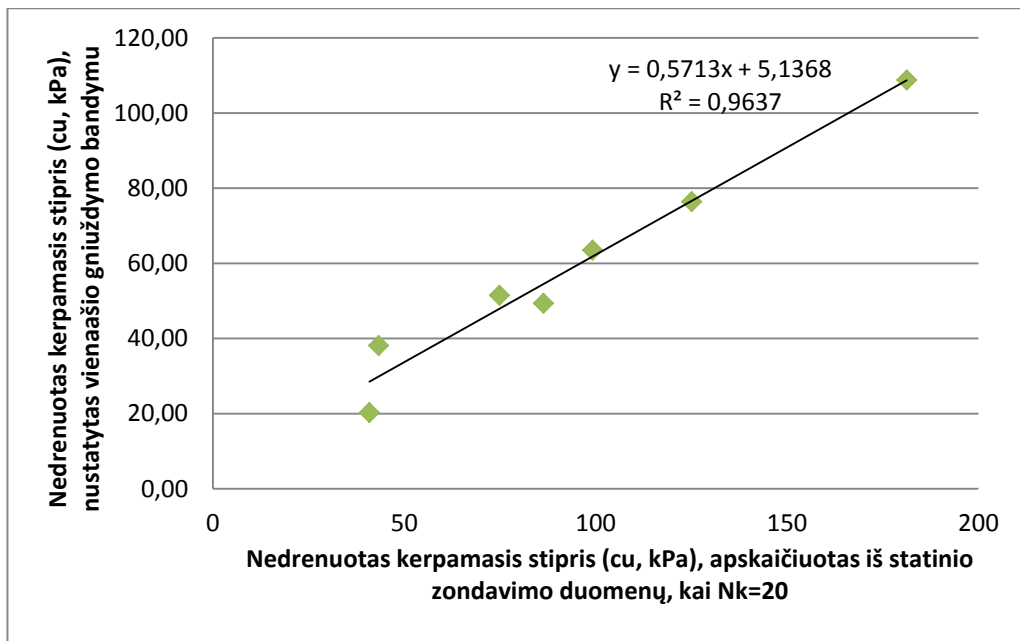
4.3.2.2 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru

Vienašio gniuždymo bandymu ir statinio zondavimo metu nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

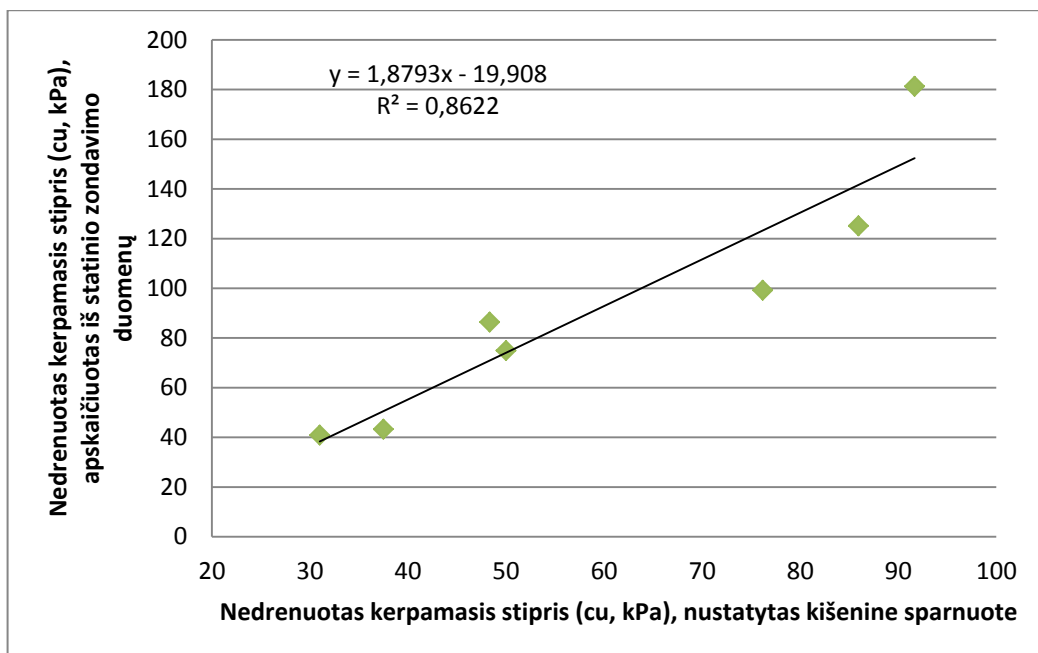
Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad visais atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuojant iš statinio zondavimo duomenų. Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės 20,287–108,794 kPa intervale (vidurkis 58,273 kPa), apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų 40,9–181,3 kPa intervale (vidurkis 93,014 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 12 % iki 50 % (vidurkis 36 %). Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2.3 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,982. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 0,571 \cdot c_{usz} + 5,137 \quad (4.3.2.3)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų



4.3.2.3 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų



4.3.2.4 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote

Statinio zondavimo metu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus gautus duomenis nustatyta, kad visais atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuotos iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 13 % iki 49 % (vidurkis 31 %), tačiau sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2.4 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė

0,929. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{usz} = 1,88 \cdot c_{utv} - 19,908 \quad (4.3.2.4)$$

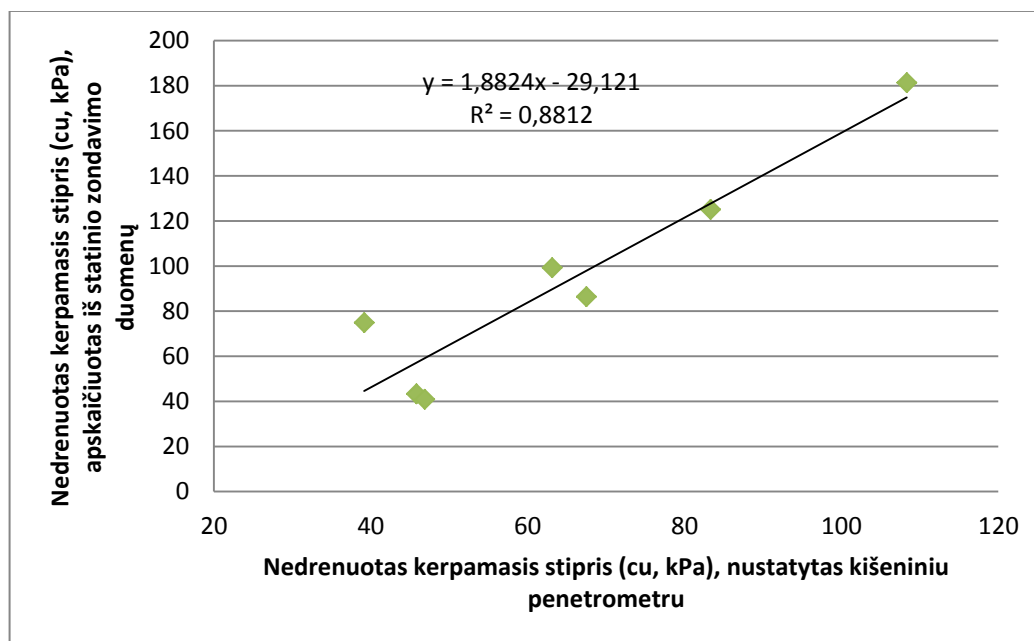
čia: c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote

Statinio zondavimo metu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 5 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 6 % iki 48 %, o dauguma verčių (5 atvejai) skyrėsi daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2.5 pav.) rodo labai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,939. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{usz} = 1,882 \cdot c_{upp} - 29,121 \quad (4.3.2.5)$$

čia: c_{usz} - nedrenuotas kerpamasis stipris, apskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų, c_{upp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.2.5 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulquio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru

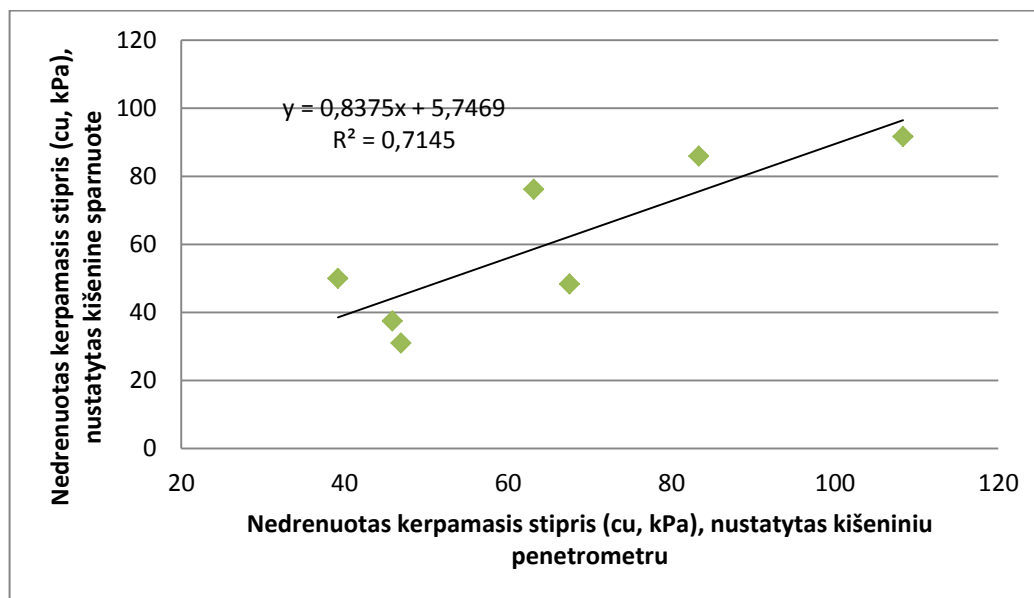
Kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 4 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo

3 % iki 40 %. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.2.6 pav.) rodo stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,845. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{utv} = 0,838 \cdot c_{upp} + 5,747 \quad (4.3.2.6)$$

čia: c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, c_{upp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.2.6 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp smėlingo molingo dulkingo nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru

4.3.3. Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio, nustatyto skirtingais metodais, koreliacinės priklausomybės

Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, tarp skirtingų nustatymo metodų, sudaryti koreliaciniai priklausomybės grafikai (4.3.3.1, 4.3.3.2, 4.3.3.3, 4.3.3.4, 4.3.3.5 ir 4.3.3.6 pav.) nerodo labai stiprų ryšių tarp visų šių metodų, o tarp kai kurių metodų ryšys išvis nerastas. Gautos koreliacijos koeficiento vertės svyruoja 0,3624–0,7999 intervale (4.3.1 lenetelė).

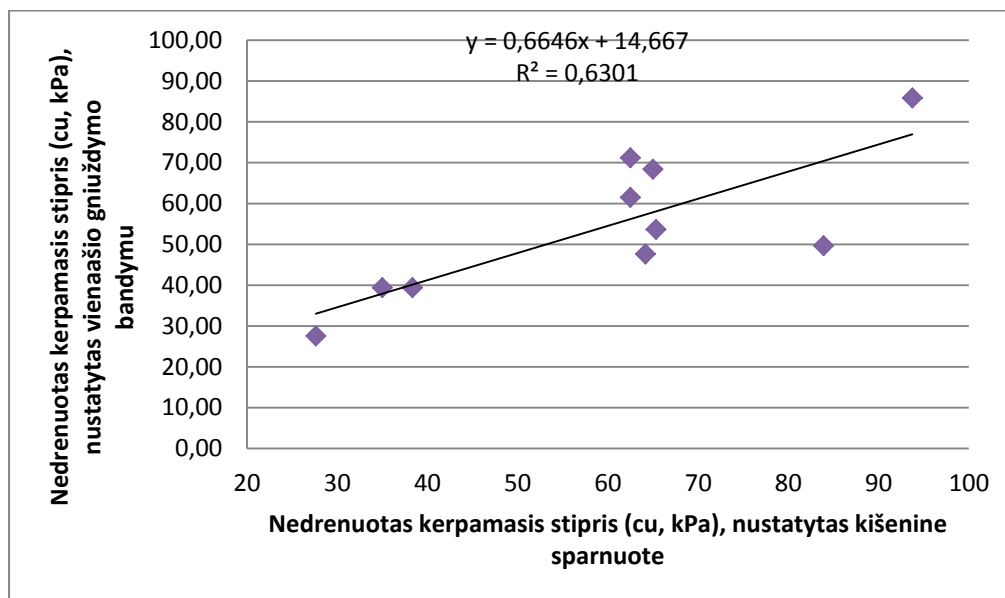
Vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Iš 10 bandinių rezultatų (4 – dulkingo molio ir 6 – molio), palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 6 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos kišenine sparnuote. Dulkingo molio ir molio vienašio gniuždymo bandymu nustatytos c_u vertės svyravo 27,54–85,83 kPa intervale (vidurkis 54,4 kPa), kišenine sparnuote 27,63–93,75 kPa intervale (vidurkis 59,811 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,3 % iki 41 %, tačiau net 7 vertės nesiskyrėsi daugiau nei

15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3.1 pav.) rodo pakankamai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,794. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 0,665 \cdot c_{utv} + 14,667 \quad (4.3.3.1)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote



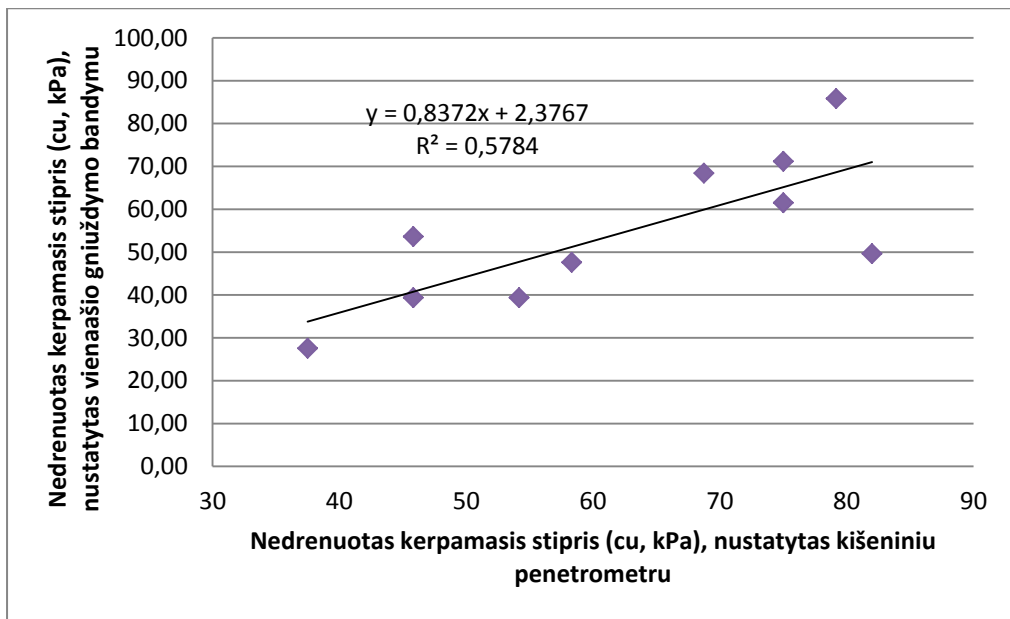
4.3.3.1 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišenine sparnuote

Vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

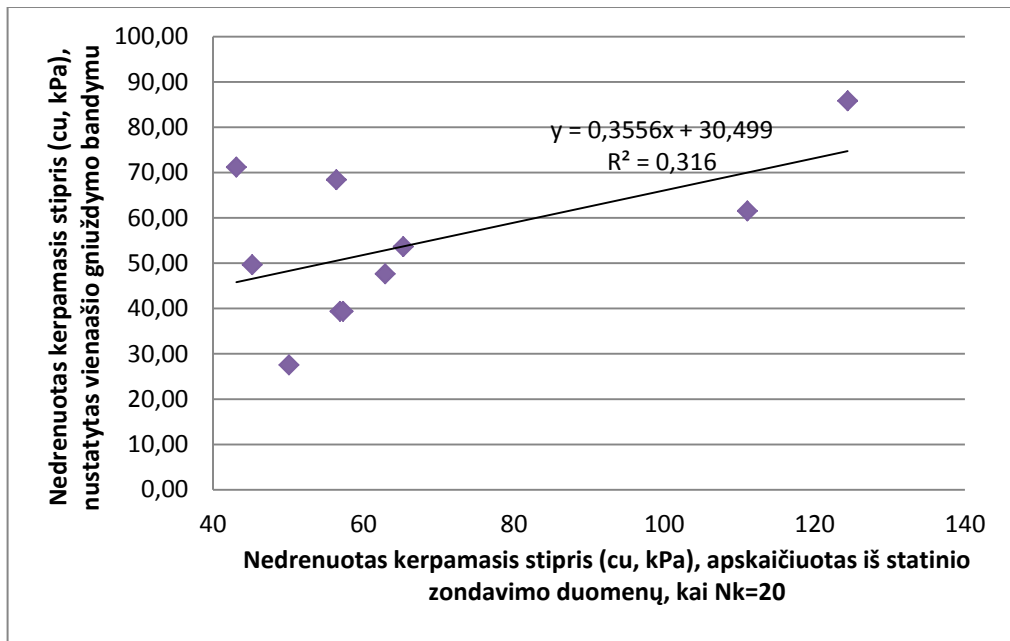
Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 8 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio c_u vertės, nustatytos vienašio gniuždymo bandymu, svyravo 27,54–85,83 kPa intervale (vidurkis 54,4 kPa), kišeniniu penetrometru 37,50–82,0 kPa intervale (vidurkis 62,158 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,5 % iki 40 %, tačiau tik 4 atvejais c_u vertės nesiskyrė daugiau nei 15%. Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3.2 pav.) rodo esant pakankamai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,761. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{avg} = 0,837 \cdot c_{utpp} + 2,377 \quad (4.3.3.2)$$

čia: c_{avg} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c_{utpp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.3.2 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir kišeniniu penetrometru



4.3.3.3 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto vienašio gniuždymo bandymu ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų

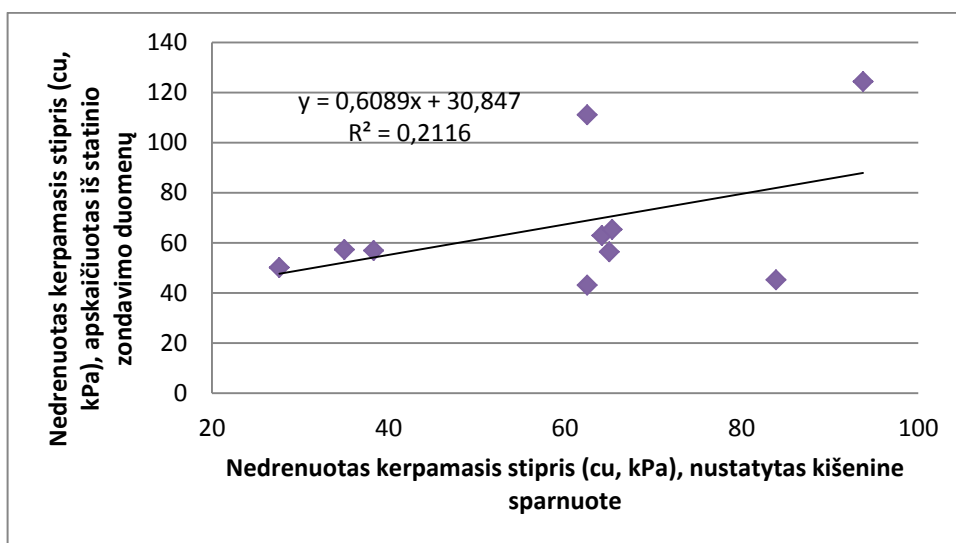
Vienašio gniuždymo bandymu ir statinio zondavimo metu nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymu gautas nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatyta, kad 7 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų. Vienašio gniuždymo bandymu c_u vertės svyravo 27,54–85,83 kPa intervale (vidurkis 54,4 kPa), apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų 43,1–124,4 kPa intervale (vidurkis 67,27 kPa). Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo

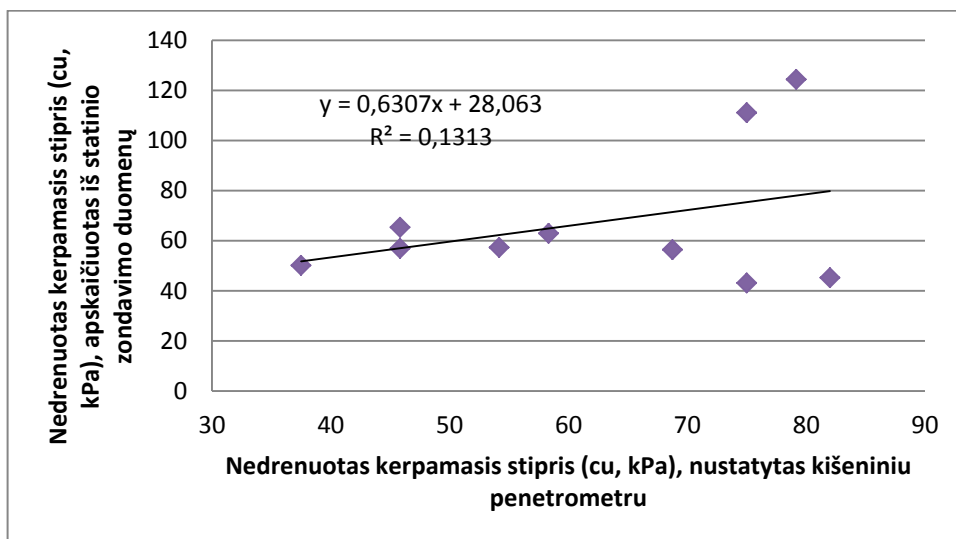
10 % iki 65 % (vidurkis 32 %). Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3.3 pav.) rodo silpną ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,562.

Statinio zondavimo metu ir kišenine sparnuote nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Palyginus gautus duomenis nustatyta, kad 6 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuotos iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 0,05 % iki 86 % (vidurkis 33 %). Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3.4 pav.) rodo labai silpną ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,46.



4.3.3.4 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir nustatyto kišenine sparnuote



4.3.3.5 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), apskaičiuoto iš statinio zondavimo rezultatų ir ir nustatyto kišeniniu penetrometru

Statinio zondavimo metu ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

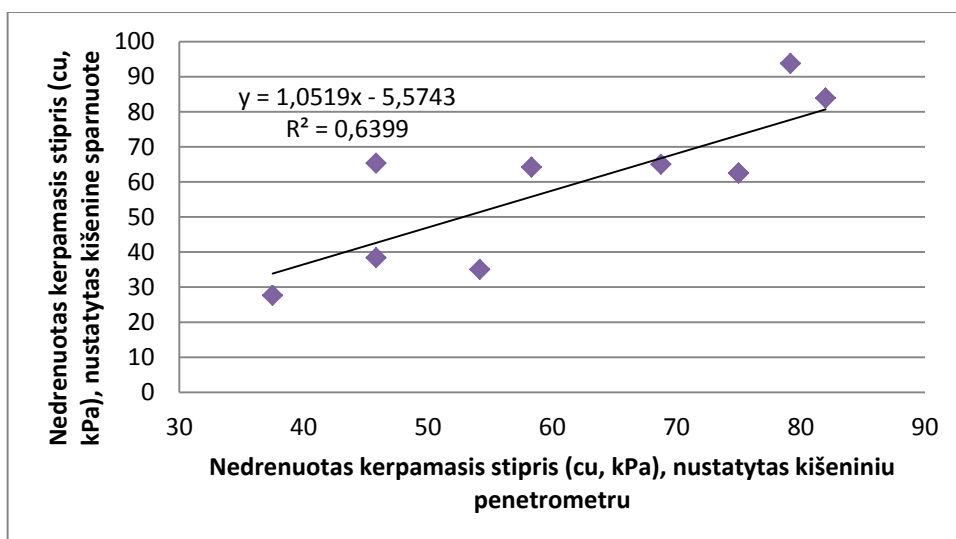
Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 7 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos apskaičiuavus iš statinio zondavimo duomenų. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 5,5 % iki 81 % (vidurkis 33 %). Sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3.5 pav.) rodo nesant ryšiui tarp šių dviejų metodų (koreliacijos koeficiento vertė 0,362).

Kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru nustatytų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių palyginimas

Atlikus gautų rezultatų analizę, buvo nustatyta, kad 6 atvejais didesnės c_u vertės nustatytos kišeniniu penetrometru. Nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės tarpusavyje skyrėsi nuo 10 % iki 65 % (vidurkis 31 %), o daugumoje atveju skyrėsi daugiau nei 15%, tačiau sudarytas koreliacinės priklausomybės grafikas (4.3.3.6 pav.) rodo pakankamai stiprų ryšį tarp šių dviejų metodų, koreliacijos koeficiento vertė 0,8. Nustatyta regresijos lygtis lygi:

$$c_{utv} = 1,05 \cdot c_{upp} - 5,57 \quad (4.3.3.3)$$

čia: c_{utv} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišenine sparnuote, c_{upp} - nedrenuotas kerpamasis stipris, nustatytas kišeniniu penetrometru



4.3.3.6 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių (c_u), nustatyto kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru

IŠVADOS

1. Iš tirtų gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulquio, dulkingo molio ir molio) didžiausios nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės nustatytos smėlingam dulkingam moliui, priklausomai nuo metodo vidurkinė c_u vertė svyruoja 113,2–185,6 intervale, mažiausios – dulkingam moliui, priklausomai nuo metodo vidurkinė c_u vertė svyruoja 44,8–65,8 intervale.
2. Moreninio grunto nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų, geriausia naudoti koeficientą $N_k=20$, kadangi gaunamos artimiausios (10,6–39 % didesnės) nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės, kaip ir nustačius vienašio gniuždymo bandymu, kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru. Naudojant apskaičiavimui koeficientą $N_k=17,7$ c_u vertės gaunamos 21,8–46,6 % didesnės, o naudojant koeficientą $N_k=15$ gaunamos net 33–54,2% didesnės, nei kitais analizuotais metodais.
3. Didžiausia tirtų gruntų vidurkinė nedrenuoto kerpamojo stiprio vertė nustatyta apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų (c_u vid. 138,7 kPa), mažiausia – nustatyta kišenine sparnuote (c_u vid. 90 kPa). Apskaičiavus c_u iš statinio zondavimo duomenų vidurkinė nedrenuoto kerpamojo stiprio vertė skiriasi net 54 % nuo kišeninės sparnuotės, 44,6 % nuo vienašio gniuždymo bandymo ir 29,3 % nuo kišeninio penetrometro rezultatų. Kadangi vienašio gniuždymo bandymai bei tyrimai kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru buvo atlikti iš mėginių, kurie dažnai yra pažeisti ėmimo arba transportavimo metu, o statinis zondavimas atliktas grunto masyve, kuris atpindi realų masyvo stiprumą ir yra dar veikiamas gamtinėje aplinkoje veikiančių įtempių, nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės yra didžiausios apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų.
4. Nedrenuoto kerpamojo stiprio sąsajos su grunto fizinėmis savybėmis yra silpnos, koreliacijos koeficiento vertės kinta 0,4–0,62 intervale. Didesnis koreliacinis ryšys pastebimas tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio ir gamtinio drėgnio bei gamtinio tankio (koreliacijos koeficiento vertės kinta 0,5–0,62 intervale). Tai lemia šių fizinių rodiklių nustatymo metodas, kai fiziniai rodikliai yra vis dar veikiami gamtinėje aplinkoje veikiančių jėgų, tuo tarpo Atenbergo ribų nustatymo metodu, plastiškumo, konsistencijos rodikliai yra surandami suardžius grunto natūralią būseną ir kai kuriais atvejais pašalinus tam tikrą dalelių frakciją.
5. Bandant surasti priklausomybės nuo tam tikro grunto drėgnio, plastiškumo, konsistencijos ir poringumo, stiprus, proporcingai didėjantis ryšys tarp c_u ir grunto

poringumo nustatytas, kai grunto poringumas iki 50 %, tuomet koreliacijos koeficiento (R) vertė, nustatyto kišenine sparnuote $R= 0,832$, nustatyto kišeniniu penetrometru – $R=0,835$, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu – $R=0,848$, apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų $R=0,823$, esant grunto poringumui daugiau nei 50 % koreliacija tarp grunto poringumo ir c_u nenustatyta.

6. Išanalizavus skirtingos petrografinės sudėties gruntuos, stiprios koreliacinės priklausomybės nustatytos tik tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių su grunto fizinėmis savybėmis. Koreliacijos koeficiento vertė kinta 0,6–0,87 intervale. Smėlingo molingo dulkingo, dulkingo molio ir molio koreliacinis ryšys tarp grunto fizikinių savybių labai silpnas arba išvis nerastas, tai galimai lemė maža duomenų imtis.
7. Atlikus visų tirtų gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, nustatyto skirtingais metodais, koreliaciją, nustatytas labai stiprus ryšys tarp visų metodų. Koreliacijos koeficiento vertė svyruoja 0,859-0,963 intervale, kas rodo gerą suderinamumą tarp visų analizuotų metodų.
8. Išanalizavus skirtingos petrografinės sudėties gruntuos, labai stiprios koreliacinės priklausomybės nustatytos tarp smėlingo dulkingo molio ir smėlingo molingo dulkingo nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, nustatyto visais analizuotais metodais, koreliacijos koeficiento vertė svyruoja 0,82-0,98 intervale, o tarp dulkingo molio ir molio c_u nustatymo metodų geras suderinamumas tik tarp vienašio gniuždymo, kišeninės sparnuotės ir kišeninio penetrometro rezultatų, jų koreliacijos koeficiento vertė svyruoja 0,76-0,8 intervale.
9. Visi šie metodai, nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui yra tinkami, tai rodo gautos priklausomybės tarp šių metodų, tačiau pavienios nedrenuoto kerpamojo stiprio vertės, nustatytos skirtingais metodais, gali skirtis nuo 0 iki 90 % (vidurkis 19-35 %), tam įtakos gali turėti mėginio paėmimas, laikymas, užsandarinimas ir transportavimas. Skirtingais metodais nustatytos c_u vertės yra naudingos pamatų projektavimui, nes leidžia patikimiau palyginti laboratorinių tyrimų metu gautus rezultatus taip apsisaugant, kad nebūtų įsivėlus klaida, kadangi nesuardyti mėginiai dažnai yra pažeisti ėmimo arba transportavimo metu. Rašant išvadas projektuotojui, rekomenduotina peržiūrėti c_u vertes, kurios gautos bent 2 ar 3 tyrimų metodais.

SANTRAUKA

Magistrinis darbas sudarytas iš 4 dalių: teorinės, metodologinės, praktinės ir lyginamosios. Teorinėje dalyje aptariama nedrenuoto kerpamojo stiprio samprata ir apžvelgiami ankstesni tyrimai. Metodologinėje dalyje aprašomi tyrimų metodai, kurie buvo naudojami nedrenuoto kerpamojo stiprio nustatymui. Praktinėje dalyje pateikiami analizuotų gruntų fizinės ir mechaninės savybės bei atliktų tyrimų rezultatai. Lyginamojoje dalyje pateikiama analizė tarp gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio ir gruntų fizinių savybių bei skirtingais metodais nustatyto nedrenuoto kerpamojo stiprio lyginamoji analizė.

Magistrinio darbo tikslas – palyginti nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes, nustatytas laboratoriniais ir lauko tyrimais. Šiam tikslui pasiekti iš Kauno mieste slūgsančių moreninių gruntų (gIIIbl) buvo paimta 39 nesuardytos sandaros mėginiai, kuriems buvo atlikti laboratoriniai tyrimai, taip pat tyrimai kišenine sparnuote ir kišeniniu penetrometru, o šalia jų paėmimo vietų buvo atlikti statinio zondavimo bandymai.

Tyrimų analizei buvo naudojamas smėlingas dulkingas molis, smėlingas molingas dulkis, dulkingas molis ir molis, daugiausia bandinių (22 bandiniai) – smėlingo dulkingo molio. Nedrenuoto kerpamojo stiprio sąsajos su grunto fizinėmis savybėmis yra silpnos, koreliacijos koeficiento vertės (R) kinta 0,4–0,62 intervale, didesnis koreliacinis ryšys nustatytas tarp nedrenuoto kerpamojo stiprio ir gamtinio drėgnio bei gamtinio tankio ($R > 0,5$). Geros koreliacinės priklausomybės nustatytos tik tarp smėlingo dulkingo molio nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių su grunto fizikinėmis savybėmis. Koreliacijos koeficiento vertė kinta 0,6–0,87 intervale. Didžiausia vidurkinė visų gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio vertė nustatytos apskaičiavus iš statinio zondavimo duomenų, mažiausios – kišenine sparnuote. Nustatyta, kad moreninio grunto nedrenuoto kerpamojo stiprio apskaičiavimui iš statinio zondavimo duomenų, geriausia naudoti koeficientą $N_k=20$.

Tarp gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio verčių, nustatyto vienašio gniuždymo bandymu, kišenine sparnuote, kišeniniu penetrometru ir apskaičiuoto iš statinio zondavimo duomenų, nustatytas labai stiprus koreliacinis ryšys. Koreliacijos koeficiento vertės svyruoja 0,859–0,963 intervale.

SUMMARY

The master thesis is composed from 4 different sections: theoretical, methodological, practical and comparative. In theoretical section there is description about undrained shear strength (s_u) as well as previous investigation related to s_u correlation with different in situ and laboratory testing. In methodological part you can find the description of various types of investigation which have been used to determine s_u values. In practical section there is indication about physical and mechanical parameters of soil as well as results of completed investigation. The comparative part presents the comparative analyses between undrained shear strength and physical parameters of soil using different methods of investigation.

The main objective of this master thesis is comparison of undrained shear strength which is determined using different methods of field and laboratory testing. To fulfill this goal 39 undisturbed samples have been recovered from 15 boreholes from 2 to 20 m depth in glacial soil in Kaunas city. These samples have been tested in laboratory, additionally to that, the strength of these samples have been determined using pocket torvane and pocket penetrometer. Furthermore, next to each borehole location cone penetration tests (CPT) have been performed.

For this study analysis several types of the soil have been analysed. Largely part of the samples were taken from sandy silty clay, more rear sampling was done in sandy clayey silt, silty clay and clay. The dependence between undrained shear strength and physical parameters of the soil is quite low, you can see it from correlation coefficient (R), its range is from 0,4 to 0,62. The better dependence of undrained shear strength is with natural moisture content and natural density ($R > 0,5$). Only dependence of correlation between sandy silty clay undrained shear strength and soil physical parameters was considered as satisfactory. The correlation coefficient (R) vary from 0,6 to 0,87. The highest average values of undrained shear strength were determined by calculation of CPT results, the lowest – during pocket torvane. There was clarified that the best calculation of undrained shear strength using CPT data is to use correlation coefficient (N_k)=20.

From this study there was clarified that the best correlation dependence of undrained shear strength is between direct shear test, pocket torvane, pocket penetrometer and values received from CPT data. The correlation coefficient (R) vary from 0,859 to 0,963.

LITERATŪRA

- Amšiejus, J. 2000. *Grunto stiprumo rodiklių skaičiuojamųjų reikšmių nustatymo metodų analizė*. Statyba - Civil engineering – 200, VI tomas, Nr. 2, p. 120 – 127.
- Amšiejus, J.; Mackevičius, R.; Medzvieckas, J.; Sližytė, D., Stragys, V. 2006. *Gruntų fizinės ir mechaninės savybės*.
- Baltrūnas, V. ir kt., 2004. *Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekliai*.
- Das B. M. 2006. *Principles of geotechnical engineering*. Fifth edition. California State University. Sacramento. 311-365 p.
- Dirgėlienė, N. 2007. *Grunto stipruminių ir deformacinių savybių tyrimas triašo slėgio aparate bei jų tikimybinis vertinimas*. Daktaro disertacija.
- Clayton, C. R. I.; Matthews, M. C.; Simons, N. E. 1995. *Site Investigation..* 2nd edition. Department of Civil Engineering, University of Surrey.
- Cerato, A. B. and Lutenecker, A. J. 2004. *Disturbance effects of field vane tests in a varved clay*. Proceedings 2nd. International Symposium on Geotechnical Site Characterization, Porto, Portugal, Vol. 1, p. 861 – 867.
- Dundulis, K.; Gadeikis S.; Račkauskas V., Česnulevičius, J. 1997. *Moreninių gruntų pertankinimo slėgio įvertinimo metodika, tyrimo duomenų analizė ir panaudojimas*. Vilnius: Technika, T. III. p. 224 – 231.
- Eden W. J., Law K.T. 1980. *Comparison of undrained shear strength results obtained by different tests methods in soft clays*. Reprinted from Canadian Geotechnical Journal Vol. 17, No. 3. Ottawa. 369 – 381.
- Edil T.B., Benson C.H. 2009. *Comparison of basic laboratory test results with more sophisticated laboratory and in-situ tests methods on soils in southeastern Wisconsin*. Department of Civil and Environmental Engineering University of Wisconsin-Madison
- Gadeikis, S. 2007. *Inžinerinės geologijos lauko tyrimų metodai*.
- Gadeikis, S. 2013. *Inžineriniai geologiniai lauko tyrimų metodai – pradžia ir evoliucija*. Geologija. Vol.55. No 383, 75 – 98 p.
- Gadeikis, S.; Klizas, P.; Mokrik, R.; Jokšas, K. 2012. *Geoinžineriniai lauko tyrimų metodai*.
- Hisham T. Eid, Tymothy D. Stark. 1998. *Undrained shear strength from cone penetration test*. *Geotechnical Site Characterization*. Rotterdam, 1021 – 1025. ISBN 9054109394.
- Johnsson M. ir Sellin C. 2012. *Correction of shear strength in cohesive soil*. Master's Thesis. Gotenborg, Sweden.

- Lunne, T.; Powell, J. J. M.; Robertson, P. K. 1997. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Spon Press, 352 p.
- Mayne, P.W. 2001. *Stress-Strain-Strength-Flow Parameters from Enhanced In-Situ Tests*. Proceedings of the International Conference on In Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories, Bali, Indonesia, 21-24 May 2001. Parahyangan Catholic University, Bandung, 27-47 p.
- Petrauskas, M. 2013. *Lietuvos natūralios ir suardytos sandaros moreninių gruntų stiprumo tyrimai*. Magistro darbas.
- Richards, F. A. 1988. *Vane shear strength testing in soils. Field and laboratory studies*.
- Ramsey, N. 2002. *A calibrated model for the interpretation of Cone Penetration Tests (CPTs) in Northsea Quaternary Soils*.
- Robertson, P.K. 1990. *Soil Classification using the Cone Penetration Test*. Can. Geotech. Jnl., Vol. 27, No. 1, p. 151-158.
- Sližytė, D.; Medzvieckas, J.; Mackevičius R. 2012. *Pamatai ir pagrindai*.
- Skara, T. 2013. *Moreninių gruntų nedrenuoto kerpamojo stiprio laboratorinių ir lauko tyrimų analizė*. Magistro darbas.
- Stefaniak K. 2015. *Assessment of shear strength in silty soils*. Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. 37, No. 2, 2015.
- Šimkus, J. 1987. *Gręžtinių pamatų projektavimas ir statyba*. Gruntų tyrimas statiniu zondavimu. Metodikos nurodymai.
- Urbaitis, D. 2009. *Molio gruntų lauko ir laboratorinių tyrimų geotechninių tyrimų rezultatų tarpusavio koreliacija Vilniaus mieste*. Magistro darbas.
- Valiūnas K. 2009. *Statybinės gruntų savybės*. Technologija. Kaunas. 66 p.
- Varathungarajan D. A., Garfield S. M., Wright S. G. 2009. *Characterization of undrained shear strength profiles for soft clays at six sites in Texas*. Center for transportation research the University of Texas at Austin.
- Vilkevičiūtė, D. 2015. *Molio sankibos tyrimai nedrenuotomis sąlygomis*. Magistro darbas.
- Žaržojus, G. 2010. *Dinaminio zondavimo rezultatų ir juos įtakančių veiksnių analizė bei sąsajos su statinio zondavimo duomenimis Lietuvos gruntuose*. Daktaro disertacija.
- Трофименков Ю. Гю., Гю. Воробков Л. Н., 1981, *полевые методы исследования строительных свойств грунтов, издание третье*, Стройиздат, Москва, 213 с.

Rekomendacijos

Lietuvos kvartero stratigrafijos schema. Valstybinių geologinių tyrimų taisyklės ir metodinės

rekomendacijos, patvirtintos Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos direktoriaus 2009 m. birželio 17 d. įsakymu Nr. 1-86.

Projektinių inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų rekomendacijos. patvirtintos Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos direktoriaus 2015 m. lapkričio 16 d. įsakymu Nr. 1-222.

Standartai

ASTM D2573-72. *Standart test method for Field vane.*

BS 1377-9:1990. *Methods of test for soils for civil engineering purposes. In-situ tests.*

EN ISO/TS 17892-1:2004. *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil - Part 1: Determination of water content.*

EN ISO/TS 17892-2:2004. *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil - Part 2: Determination of density of fine-grained soil.*

EN ISO/TS 17892-3:2004. *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 3: Determination of particle density -- Pycnometer method.*

EN ISO/TS 17892-4:2004. *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil - Part 4: Determination of particle size distribution.*

EN ISO/TS 17892-7:2004. *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil - Part 7: Unconfined compression test on fine-grained soils.*

EN ISO/TS 17892-12:2004. *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 12: Determination of Atterberg limits.*

EN ISO 22476-1:2012. *Geotechnical investigation and testing -- Field testing -- Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test.*

Eurocode 7 – *Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing.*

Internatiniai šaltiniai

Field testing, žiūrėta 2015-11-18,

http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/geo/field_testing.htm

M&L testing Equipment, žiūrėta 2015-11-19, <http://mltest.com/index.php/soil-field/shear-strength/444-torvane-shear-strength-tester>

Pocket penetrometer operating instructions, žiūrėta 2015-11-18,

<<https://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/EN/m1-0603epocketpenetromet.pdf>>

Strength, žiūrėta 2015-11-18, <http://www-odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn26/chap9.pdf>

Undrained shear strength from cone penetration tests, žiūrēta 2016-04-12, <http://tstark.net/wp-content/uploads/2012/10/CP1.pdf>

Vane shear test on soil, žiūrēta 2015-11-20, <http://theconstructor.org/geotechnical/vane-shear-test-on-soil/3435/>

PRIEDAI

1 PRIEDAS

GRUNTO BANDINIŲ FIZINĖS SAVYBĖS

(1 lapas)

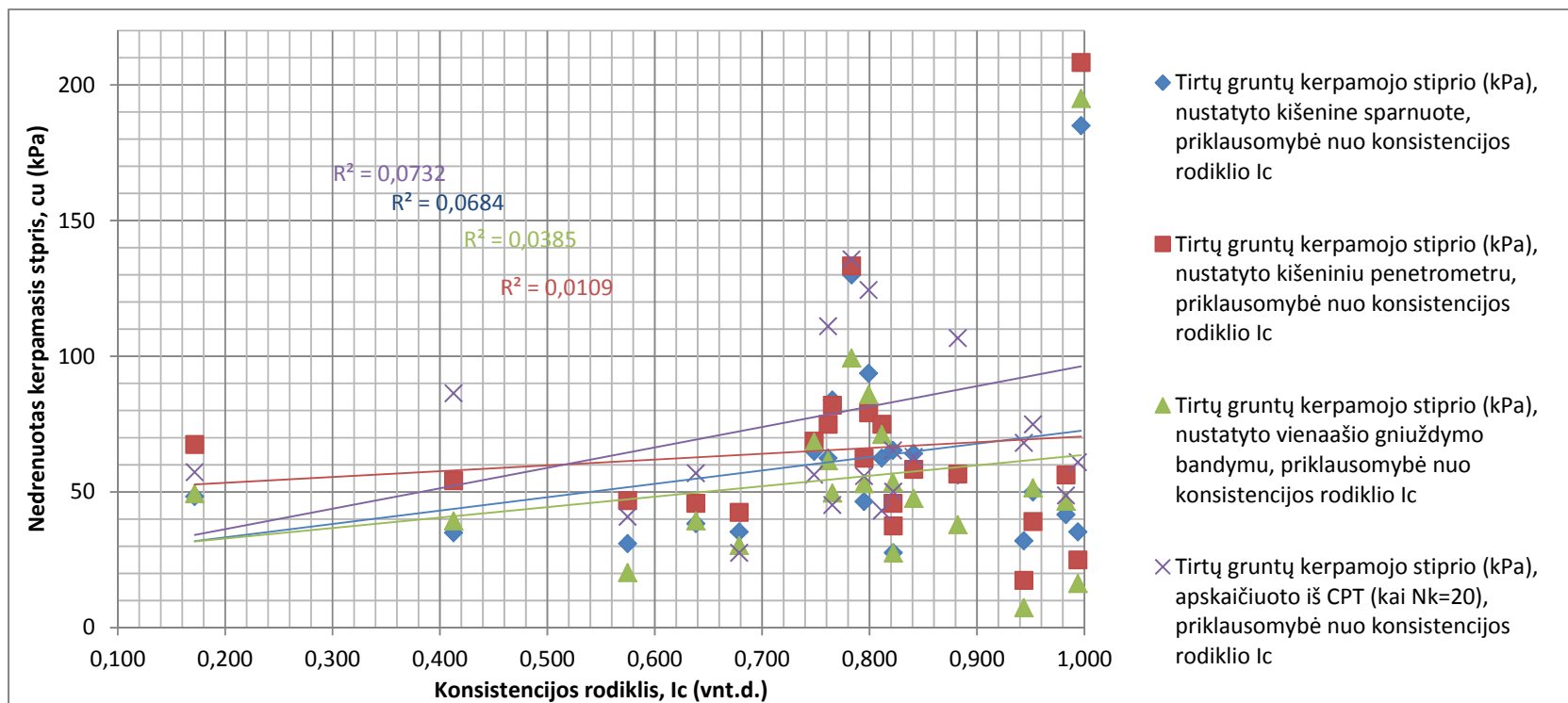
| Grežinio numeris | Gylis, m | Grunto pavadinimas pagal / Soil name accordong LST EN ISO 14688-2 | Konsistencija, pagal I _c | Gamtinis drėgnis, w (vnt. d.) | Takumo ribos drėgnis, w _L (vnt. d.) | Plastiškumo ribos drėgnis, w _P (vnt. d.) | Plastingumo rodiklis I _P (vnt. d.) | Takumo rodiklis, I _L (vnt. d.) | Konsistencijos rodiklis, I _C (vnt. d.) | Pradinis poringumo koeficientas, e ₀ (vnt.d.) | Kietų dalelių tankis, ρ _s (Mg/m ³) | Soties laipsnis, S _r (vnt. d.) | Grunto tankis, ρ (Mg/m ³) | Stiprumas gniuždant, q _u (kPa) | Nedrenuoto grunto stiprumas, nustatytas vienašio gniuždymo bandymu, c _u (kPa) |
|------------------|-------------|---|-------------------------------------|-------------------------------|--|---|---|---|---|--|---|---|---------------------------------------|---|--|
| 1 | 6,8 - 7,3 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,090 | 0,204 | 0,114 | 0,090 | -0,260 | 1,260 | 0,323 | 2,72 | 0,758 | 2,241 | 286,938 | 143,47 |
| 1 | 9,6 - 10,2 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,086 | 0,210 | 0,124 | 0,086 | -0,447 | 1,447 | 0,305 | 2,72 | 0,712 | 2,251 | 491,498 | 245,75 |
| 1 | 2,6 - 3,2 | Smėlingas dulkingas molis | Kieta | 0,159 | 0,231 | 0,125 | 0,106 | 0,321 | 0,679 | 0,477 | 2,72 | 0,904 | 2,133 | 60,518 | 30,26 |
| 1 | 14,0 - 14,3 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,159 | 0,242 | 0,136 | 0,106 | 0,217 | 0,783 | 0,933 | 2,72 | 1,064 | 1,921 | 198,673 | 99,34 |
| 2 | 9,0 - 9,2 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,089 | 0,202 | 0,120 | 0,082 | -0,376 | 1,376 | 0,348 | 2,72 | 0,811 | 2,228 | 165,764 | 82,88 |
| 2 | 5,2 - 5,5 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,117 | 0,205 | 0,117 | 0,088 | 0,003 | 0,997 | 0,323 | 2,71 | 0,737 | 2,228 | 390,015 | 195,01 |
| 3 | 2,0 - 2,5 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,141 | 0,212 | 0,123 | 0,089 | 0,205 | 0,795 | 0,390 | 2,72 | 0,880 | 2,210 | 106,170 | 53,08 |
| 3 | 4,5 - 5,0 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 0,108 | 0,233 | 0,142 | 0,091 | -0,368 | 1,368 | 0,410 | 2,72 | 0,660 | 2,121 | 76,206 | 38,10 |
| 4 | 5,0 - 5,2 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,133 | 0,218 | 0,131 | 0,087 | 0,017 | 0,983 | 0,390 | 2,72 | 0,880 | 2,200 | 93,050 | 46,53 |
| 5 | 9,0 - 10,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,087 | 0,197 | 0,118 | 0,079 | -0,385 | 1,385 | 0,340 | 2,72 | 0,780 | 2,230 | 402,790 | 201,40 |
| 5 | 7,5 - 8,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,098 | 0,204 | 0,123 | 0,081 | -0,304 | 1,304 | 0,337 | 2,72 | 0,799 | 2,235 | 236,255 | 118,13 |
| 5 | 5,4 - 6,0 | Smėlingas molingas dulkis | Standi | 0,125 | 0,207 | 0,121 | 0,086 | 0,048 | 0,952 | 0,415 | 2,73 | 0,834 | 2,174 | 102,994 | 51,50 |
| 5 | 16,8 - 17,1 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,090 | 0,218 | 0,116 | 0,102 | -0,255 | 1,255 | 0,319 | 2,72 | 0,805 | 2,257 | 587,514 | 293,76 |
| 5 | 13,0 - 13,2 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,073 | 0,220 | 0,117 | 0,103 | -0,434 | 1,434 | 0,330 | 2,72 | 0,770 | 2,240 | 454,280 | 227,14 |
| 5 | 1,5 - 2,0 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,163 | 0,292 | 0,162 | 0,130 | 0,006 | 0,994 | 0,410 | 2,69 | 0,850 | 2,150 | 32,540 | 16,27 |
| 6 | 4,5 - 5,0 | Dulkingas molis | Kieta | 0,281 | 0,399 | 0,215 | 0,184 | 0,362 | 0,638 | 0,927 | 2,74 | 0,836 | 1,824 | 78,753 | 39,38 |
| 7 | 8,0 - 8,8 | Molis | Kieta | 0,230 | 0,353 | 0,189 | 0,164 | 0,252 | 0,748 | 0,674 | 2,75 | 0,926 | 2,016 | 136,814 | 68,41 |
| 7 | 4,2 - 4,9 | Molis | Standi | 0,250 | 0,421 | 0,218 | 0,203 | 0,159 | 0,841 | 0,691 | 2,73 | 0,954 | 2,004 | 95,266 | 47,63 |
| 7 | 5,9 - 6,3 | Molis | Standi | 0,255 | 0,440 | 0,212 | 0,228 | 0,189 | 0,811 | 0,738 | 2,75 | 0,950 | 1,986 | 142,379 | 71,19 |
| 7 | 9,0 - 9,5 | Molis | Standi | 0,270 | 0,455 | 0,230 | 0,225 | 0,178 | 0,822 | 0,768 | 2,75 | 0,923 | 1,956 | 107,296 | 53,65 |
| 8 | 5,65 - 6,0 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 0,102 | 0,188 | 0,121 | 0,067 | -0,275 | 1,275 | 0,360 | 2,72 | 0,857 | 2,227 | 217,588 | 108,79 |
| 8 | 9,0 - 9,7 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,090 | 0,197 | 0,121 | 0,076 | -0,412 | 1,412 | 0,303 | 2,72 | 0,791 | 2,271 | 574,599 | 287,30 |
| 8 | 15,0 - 15,3 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,093 | 0,201 | 0,109 | 0,092 | -0,179 | 1,179 | 0,321 | 2,72 | 0,787 | 2,251 | 349,185 | 174,59 |
| 8 | 19,1 - 19,4 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,086 | 0,207 | 0,101 | 0,106 | -0,140 | 1,140 | 0,306 | 2,72 | 0,811 | 2,272 | 222,380 | 111,19 |
| 9 | 5,6 - 6,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,094 | 0,186 | 0,114 | 0,072 | -0,272 | 1,272 | 0,317 | 2,72 | 0,792 | 2,256 | 339,607 | 169,80 |
| 9 | 7,5 - 8,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,075 | 0,217 | 0,112 | 0,105 | -0,359 | 1,359 | 0,336 | 2,69 | 0,823 | 2,221 | 98,682 | 49,34 |
| 9 | 14,4 - 15,0 | Dulkingas molis | Standi | 0,198 | 0,301 | 0,176 | 0,125 | 0,178 | 0,822 | 0,639 | 2,72 | 0,936 | 2,024 | 55,080 | 27,54 |
| 10 | 1,0 - 1,2 | Smėlingas molingas dulkis | Labai minkšta | 0,336 | 0,364 | 0,201 | 0,163 | 0,828 | 0,172 | 0,470 | 2,70 | 0,770 | 2,090 | 98,680 | 49,34 |
| 10 | 1,9 - 2,3 | Molis | Minkšta | 0,324 | 0,417 | 0,193 | 0,224 | 0,587 | 0,413 | 0,927 | 2,74 | 0,836 | 1,824 | 78,753 | 39,38 |
| 11 | 6,6 - 6,8 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 0,075 | 0,183 | 0,114 | 0,069 | -0,561 | 1,561 | 0,575 | 2,72 | 0,908 | 2,059 | 152,812 | 76,41 |
| 12 | 5,2 - 5,4 | Smėlingas molingas dulkis | Labai standi | 0,069 | 0,175 | 0,108 | 0,067 | -0,596 | 1,596 | 0,574 | 2,72 | 0,907 | 2,059 | 126,969 | 63,48 |
| 13 | 8,80 - 9,20 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,134 | 0,239 | 0,128 | 0,111 | 0,056 | 0,944 | 0,496 | 2,70 | 0,753 | 2,055 | 14,715 | 7,36 |
| 14 | 7,3 - 7,7 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,099 | 0,216 | 0,126 | 0,090 | -0,297 | 1,297 | 0,332 | 2,72 | 0,806 | 2,243 | 267,053 | 133,53 |
| 14 | 5,6 - 6,0 | Smėlingas dulkingas molis | Labai standi | 0,098 | 0,225 | 0,122 | 0,103 | -0,237 | 1,237 | 0,328 | 2,72 | 0,854 | 2,259 | 126,724 | 63,36 |
| 14 | 9,9 - 10,4 | Smėlingas dulkingas molis | Standi | 0,145 | 0,240 | 0,132 | 0,108 | 0,118 | 0,882 | 0,444 | 2,71 | 0,880 | 2,147 | 75,894 | 37,95 |
| 14 | 3,6 - 4,0 | Smėlingas molingas dulkis | Kieta | 0,187 | 0,251 | 0,140 | 0,111 | 0,425 | 0,575 | 0,564 | 2,72 | 0,839 | 2,041 | 40,573 | 20,29 |
| 15 | 7,5 - 7,9 | Dulkingas molis | Standi | 0,212 | 0,321 | 0,178 | 0,143 | 0,239 | 0,761 | 0,619 | 2,73 | 0,963 | 2,054 | 123,025 | 61,51 |
| 15 | 15,0 - 15,4 | Dulkingas molis | Standi | 0,210 | 0,322 | 0,176 | 0,146 | 0,235 | 0,765 | 0,673 | 2,74 | 0,946 | 2,018 | 99,300 | 49,65 |
| 15 | 17,5 - 18,0 | Molis | Standi | 0,258 | 0,458 | 0,208 | 0,250 | 0,201 | 0,799 | 0,736 | 2,74 | 0,953 | 1,982 | 171,667 | 85,83 |

2 PRIEDAS

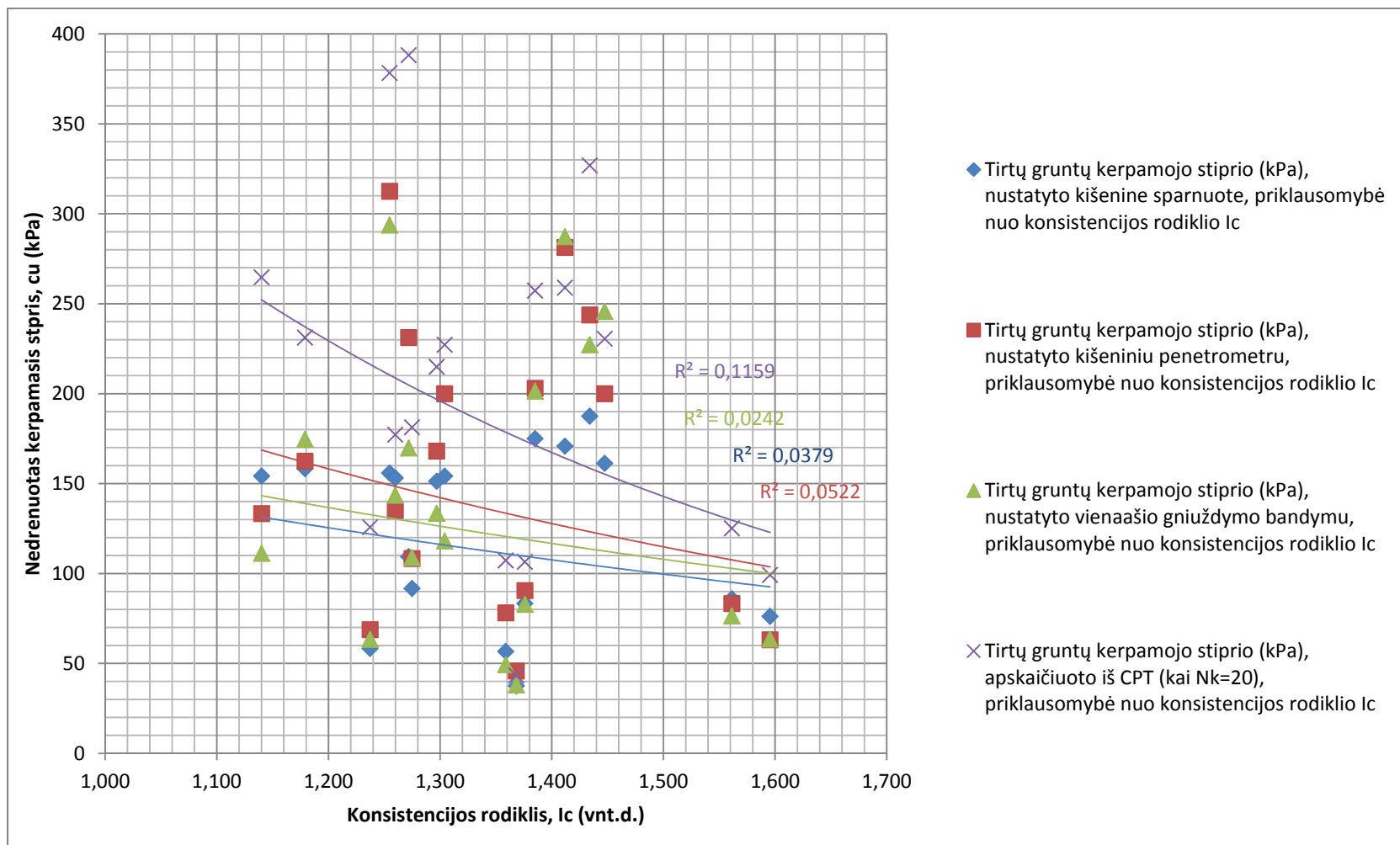
GRUNTO NEDRENUOTO KERPAMOJO STIPRIO, NUSTATYTO SKIRTINGAIS METODAIS, KORELIACINIAI GRAFIKAI NUO GRUNTO FIZINIŲ SAVYBIŲ

(6 lapai)

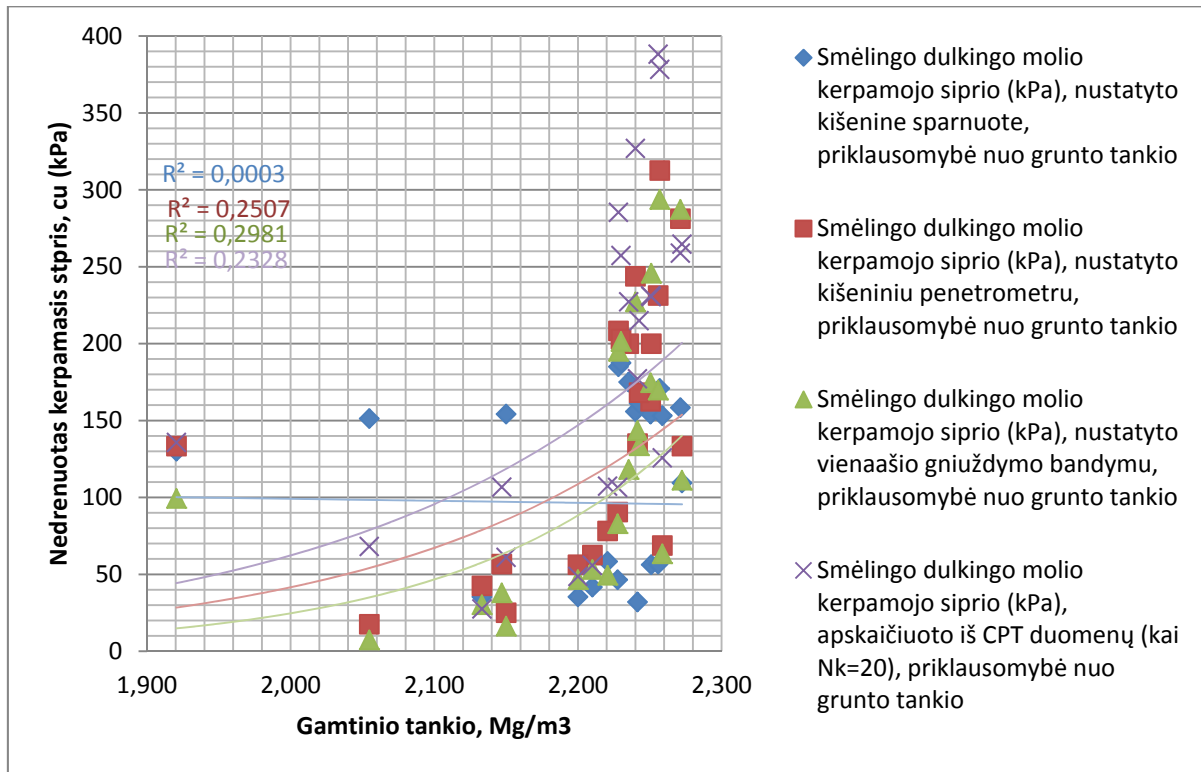
Tirtų gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulquio, dulkingo molio ir molio) nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto konsistencijos, kai analizuojami labai minkšti, minkšti, kieti ir standūs gruntai t.y. kai $I_c < 1,0$ (vnt. d.)



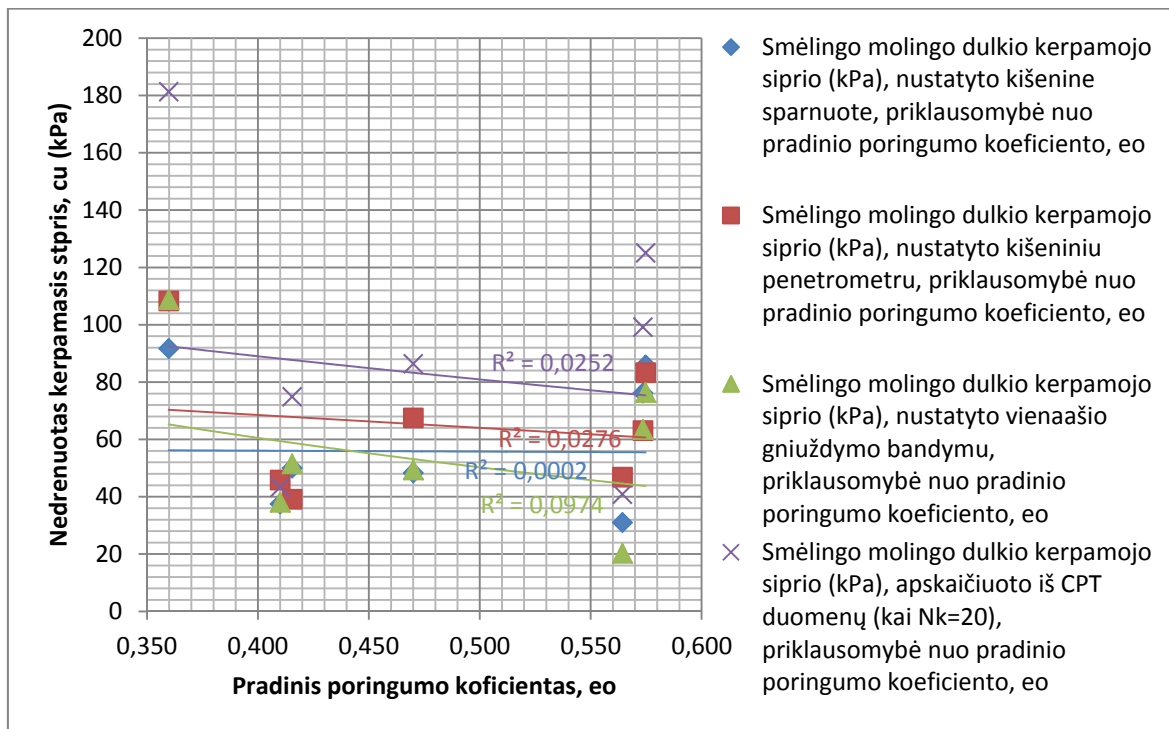
Tirtų gruntų (smėlingo dulkingo molio, smėlingo molingo dulquio, dulkingo molio ir molio) nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto konsistencijos, kai analizuojami labai standūs gruntai t.y. kai $I_c > 1,0$ (vnt. d.)



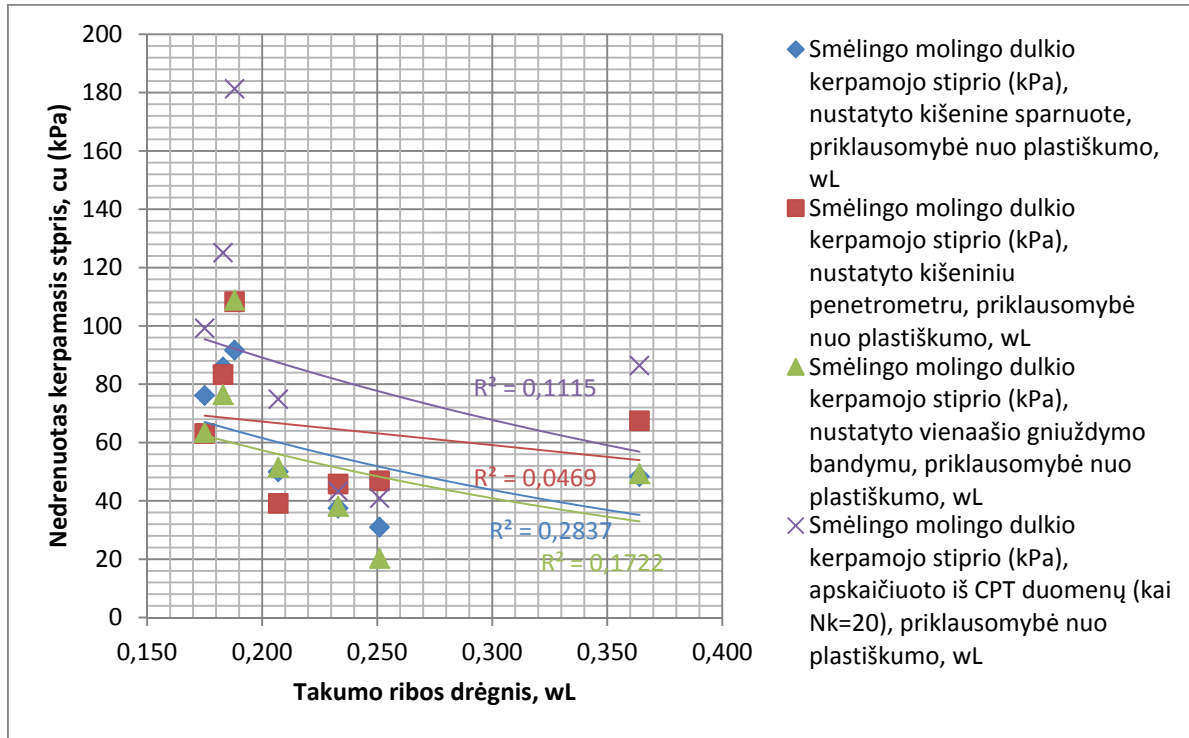
Smėlingo dulkingo molio (sasiCl) nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) koreliacinė priklausomybė nuo grunto tankio.



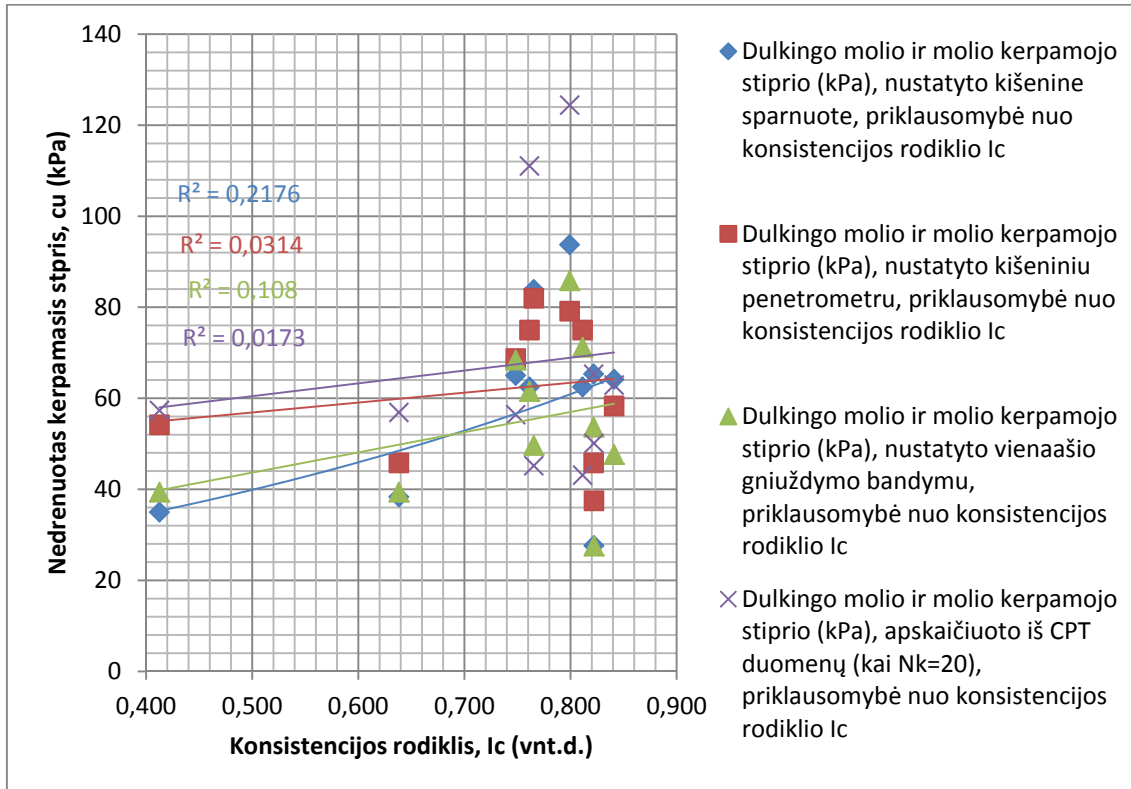
Smėlingo molingo dulgio (saciSi) nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto poringumo (e_o).



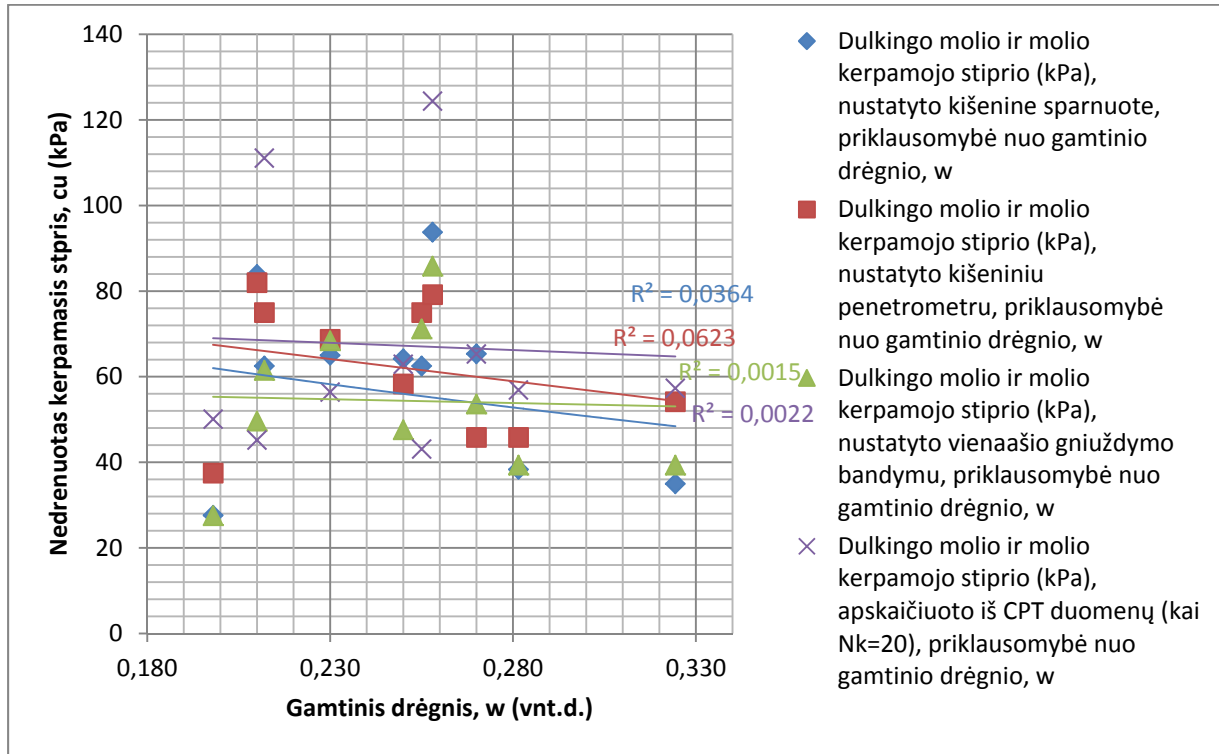
Smėlingo molingo dulquio (sacI Si) nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto plastiškumo (W_L).



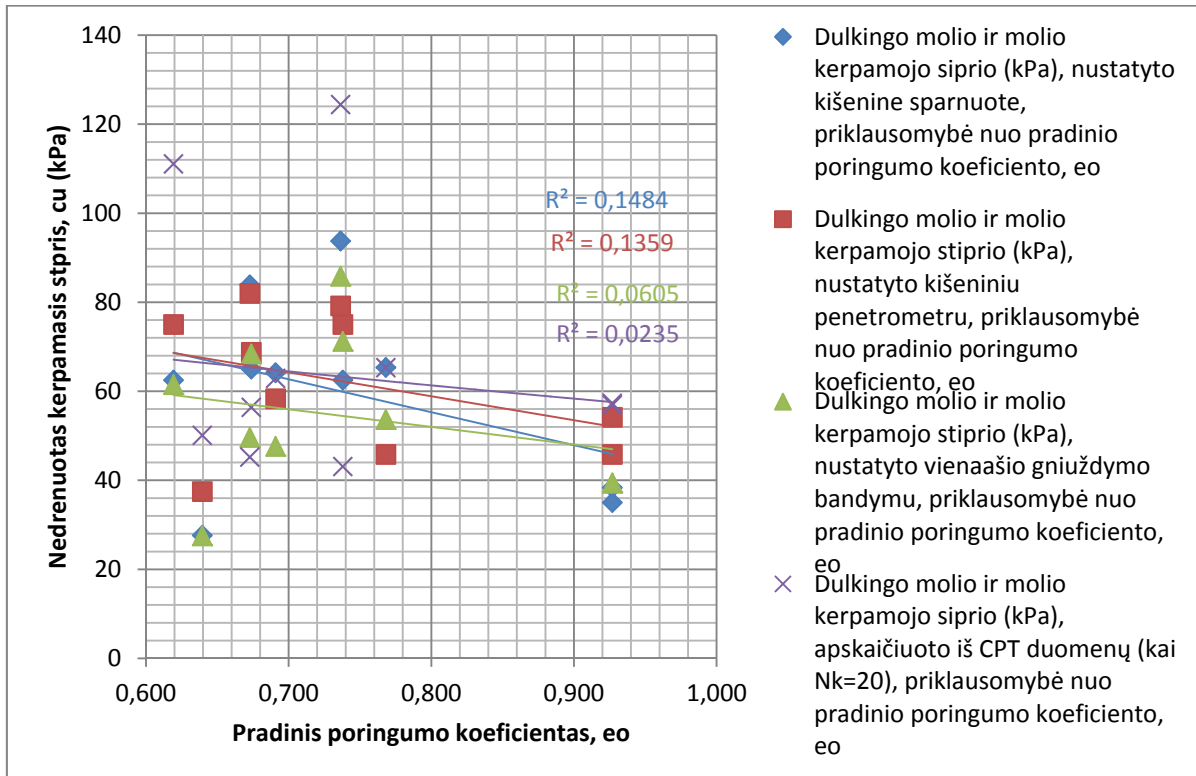
Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo konsistencijos rodiklio (I_C).



Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto gamtinio drėgnio (w).



Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo poringumo (e_o)



Dulkingo molio ir molio nedrenuoto kerpamojo stiprio (c_u) priklausomybė nuo grunto plastiškumo (W_L)

