



VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
HIDROGEOLOGIJOS IR INŽINERINĖS GEOLOGIJOS KATEDRA

DILATOMETRIJOS TYRIMO METODO PANAUDOJIMAS MOLINIUOSE
MORENINIUOSE GRUNTUOSE STABATIŠKIŲ PLOTE
FLAT DILATOMETER TEST IN THE TILL SOILS OF STABATIŠKĖS SITE

Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos magistro baigiamasis darbas

Studentas: A. Butavičiūtė

Darbo vadovas: doc.dr. Saulius Gadeikis

2016 m.

TURINYS

ĮVADAS	4
1. GEOTECHNINIAI TYRIMŲ METODAI IR JŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS	5
1.1 Geotechninių tyrimų metodų principas – zondavimas	5
1.2 Dilatometrijos metodo apžvalga	6
1.3 DMT prietaiso įranga ir veikimo principas	8
1.4 Dilatometro duomenų apdorojimo skaičiavimų metodai	11
2. TYRIMAI IR JŲ REZULTATAI.....	15
2.1 Vietovės apibūdinimas	15
2.2 Inžinerinės - geologinės sąlygos	16
2.3 DMT ir kitų metodų duomenų taikymas skaičiavimuose ir rezultatai	19
<i>2.3.1 Duomenys skaičiavimams</i>	19
<i>2.3.2 Grunto litologinės sudėties nustatymas</i>	21
<i>2.3.3 Gruntų fizinių ir mechaninių savybių nustatymas</i>	31
<i>2.3.4 Deformacinių savybių nustatymas moliniame grunte</i>	42
IŠVADOS	45
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	46
SANTRAUKA	48
SUMMARY	49
GRAFINIAI PRIEDAI	50

ĮVADAS

Geotechninių lauko tyrimų metu gaunami duomenys apibūdina grunto fizines ir mechanines savybes. Norint kuo detaliau ištirti gruntuos, būtina parinkti kuo modernesnius bei kuo tikslesnius geotechninius tyrimų metodus. Geotechninėms savybėms gauti daugiausia vykdomi šie lauko tyrimų metodai: statinis zondavimas (angl. *cone penetration test - CPT*), standartinis zondavimas (angl. *standart penetration - test SPT*), dinaminis zondavimas (angl. *dynamic probing - DP*) bei dilatometriniš bandymas (angl. *Marchetti dilatometer test - DMT*). Pastarasis metodas Lietuvoje nėra plačiai naudojamas, todėl pasirinkta išnagrinėti šio metodo taikymą Lietuvos moliniuose moreniniuose gruntuose.

Darbo objektas – Lietuvoje esantys moliniai moreniniai grunta. Tiriamųjų gruntų vieta – Ignalinos atominės elektrinės radioaktyvių atliekų laidojimo aikštelės teritorija, esanti Stabatiškių kaime.

Darbo tikslas – gautų dilatometro bandymo metu grunto tipo rodiklio (I_D), pertankinimo koeficiento (OCR) bei dilatometrinio deformacijų modulio (E_D) duomenų apdorojimas, patikimumo įvertinimas, sąsajos su kitais tyrimų metodais: CPT, DPSH.

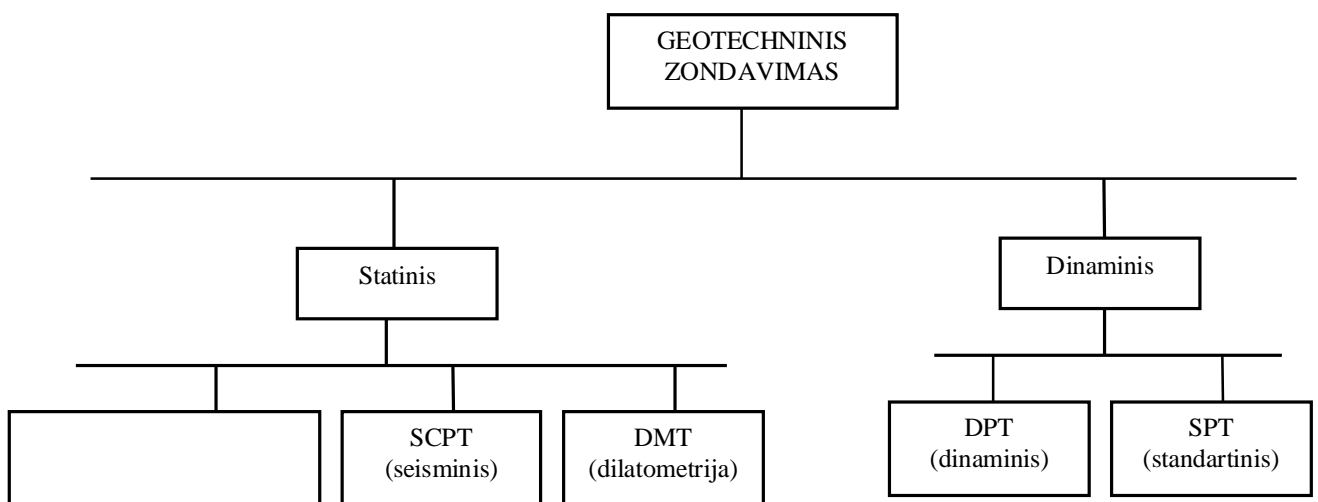
Darbo uždaviniai:

- susipažinti ir išanalizuoti dilatometrijos metodą (DMT),
- atlikti skaičiavimus su gautais tyrimų duomenimis,
- nustatyti koreliacinius ryšius Lietuvos moreniniuose moliniuose gruntuose tarp dilatometro ir statinio zondavimo metodų.
- naudojantis koreliacinėmis priklausomybėmis įvertinti geotechnines jų savybes.

1. GEOTECHNINIAI TYRIMŲ METODAI IR JŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS

1.1. Geotechninių tyrimų metodų principas - zondavimas

Zondavimas – tai specialaus zondo gilinimas į grunto masyvą (Gadeikis ir kt., 2012). Zondavimas atliekamas lauko tyrimų metu sklype, statybos aikštelėje. Skirtingai nuo laboratorinių tyrimų, lauko tyrimų metu gruntai tiriami tiesiogiai masyve. Tokiu būdu įvertinami geologiniai procesai bei būsimos statinio įtaka gruntams. Lauko tyrimų metu zondavimo metodai įvertina tokias gruntų savybes, kurios reikalingos pamatų projektavimui, tačiau reikia atkreipti dėmesį į tai, jog esant sudėtingiems statiniams paprastų tyrimų gali nepakakti (Mayne, 2000). Geotechninis zondavimas skirstomas į statinį ir dinaminį zondavimus. Statinis zondavimas leidžia tirti tokius gruntuos, kurių neįmanoma paimti gruntotraukiais ir iširti laboratoriniais metodais nesuardžius ir nepažeidus jų gamtinės sanklodos ir fizinės būsenos, (Gadeikis ir kt., 2012). Dinaminis zondavimas dažniau atliekamas inžineriniuose gruntų tyrimuose, kai reikia išskirti grunto sluoksnius didesniuose gyliuose, kurie perdengti stiprių gruntų sluoksniais (Gadeikis ir kt., 2012) (1 pav.) Geotechninių tyrimų metodai tokie kaip standartinis zondavimas (SPT), statinis zondavimas (CPT), dinaminis zondavimas (DPT) bei dilatometrinis bandymas (DMT) įvairių šalių duomenimis yra vieni patikimiausių, tiksliausių metodų, todėl sudarant geologinį pjūvį gaunamas tikslus gruntų susisluoksniavimas, nustatomos įvairios fizinės ir mechaninės jų savybės.



1 pav. Geotechniniai zondavimo metodai (Žaržojus, 2010)

1 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad statinio zondavimo (CPT, CPTu, SCPT) taikymas atliekant inžinerinius geologinius tyrimus turi platesnes galimybes, o gauti rezultatai leidžia geotechniškai įvertinti gruntą.

Dinaminis zondavimas lyginant su statiniu zondavimu, yra mažiau patikimas lauko tyrimo metodas. Standartinio zondavimo bandymo metu ir po to sekanti duomenų interpretacija geriau atspindi zonuotų gruntų fizikines ir mechanines savybes, lyginat su dinaminio zondavimo bandymo metu gautais rezultatais (Campanella ir kt., 1982; Wroth, 1984; Greig ir kt., 1988; Bell ir kt., 1990; Bowles 1997; Lunne ir kt., 1997) (1 lentelė).

1 lentelė. Įvairių tipų zondų taikymo galimybės ir rezultatų patikimumas (Lunne ir kt., 1997)

Zondo tipas	Grunto tipas	Pjūvis	Gruntų savybių rodiklis							Zonduojamas gruntas							
			u	φ	Su	I_D	M	c_v	k	G_0	σ_h	OCR	Gr	Sa	Si	Cl	O
DPT (dinaminis)	C	B	-	C	C	C	-	-	-	C	-	C	B	A	B	B	B
CPT (mechaninis)	B	A/B	-	C	C	B	C	-	-	C	C	C	C	A	A	A	A
CPT (elektrinis)	B	A	-	C	B	A	C	-	-	B	B	B	C	A	A	A	A
CPTu (piezo)	A	A	A	B	A	B	B	B	B	B	C	B	-	A	A	A	A
SCP (seisminis)	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	B	B	-	A	A	A	A
DMT (dilato metras)	B	A	C	B	B	C	B	-	-	B	B	B	-	A	A	A	A
SPT (standartinis)	A	B	-	C	C	B	-	-	-	C	-	C	B	A	A	A	A

Taikymo galimybės: A - geros; B - vidutinės; C - silpnos; - - netaikoma. u - statinis porinis slėgis (in-situ); φ - vidinės trinties kampas; su - kerpamasis stipris nedrenuotose sąlygose; I_D - santykinis tankumo rodiklis; M - standumo modulis; c_v - konsolidacijos koeficientas; k - pralaidumo (skvarbos) koeficientas; G_0 - šlyties modulis; σ_h - horizontalusis slėgis; OCR - pertankinimo slėgio koeficientas; Gr - žvyras; Sa - smėlis; Si - dulkis; Cl - molis; O - organiniai gruntai (durpė).

1.2. Dilatometrijos metodo apžvalga

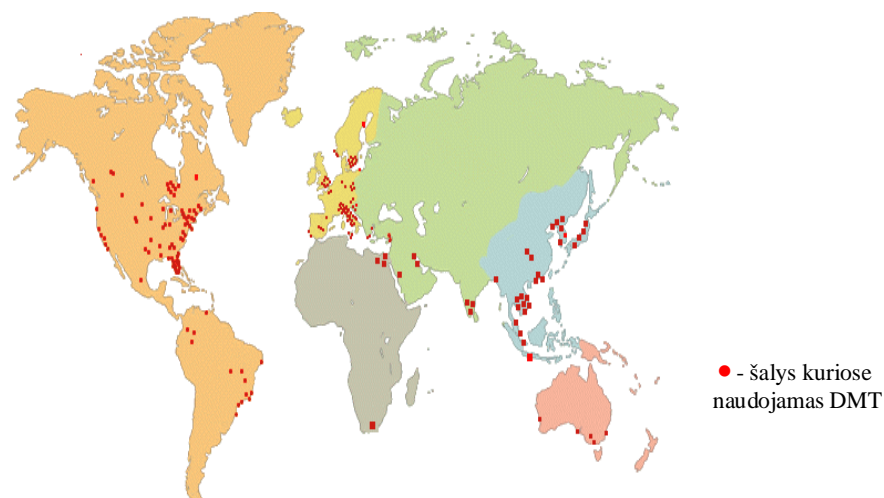
Dilatometrijos metodas (angl. *flat dilatometer test or Marchetti dilatometer - DMT*) – geotechninis lauko tyrimų metodas, kuris pagrįstas netiesioginiais gruntų fizikiniais mechaniniais matavimais. Metodo atsiradimą lėmė metalinių polių bandymai horizontaliomis apkrovomis (Schmertmann, 1983). 1974 - 1980 metais buvo pradėti pirmieji bandomieji darbai (2 pav.). 1980 metais Italijoje profesorius Silvano Marchetti savo straipsnyje aprašė visą dilatometro konstrukciją, veikimą ir sudaromas koreliacines

priklausomybes. Profesoriaus Silvano Marchetti teigimu, DMT metodas padeda lengviau ir paprasčiau nustatyti grunto tipą, atlikti geotechninius skaičiavimus molio, smėlio gruntuose, durpėse.



2 pav. Pirmieji DMT bandymai Sarapinuose (Lunne, 1985)

1980 metais moliniams gruntams tirti DMT panaudotas Švedijoje. Šio tyrimo pradininkais tapo švedų mokslininkai R. Larsson ir P. Eskilson. Šiuo metu DMT naudoja daugiau kaip 40 pasaulio šalių (3 pav.). Metodą reglamentuoja EUROCODE-7 (1997), ASTM D 6635-01 (2007) standartai - „Geotechniniai bandymai ir tyrinėjimai. Lauko bandymai 11 dalis. Bandymas plokščiuoju dilatometru (EN ISO 22476-11:2005)“.



3 pav. DMT naudojimas pasaulyje (www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/enlaces/The_flat_dilatometer.pdf)

2006 metais dilatometrijos metodas buvo panaudotas geotechniniams tyrimams projektuojant ir statant geležinkelio tunelį, kuris yra ilgiausias Europoje (56,6 km)

1.3. DMT prietaiso įranga ir veikimo principas

Plokščiasis dilatometras (angl. *flat dilatometer*) - iš nerūdijančio plieno pagaminta plokščia mentė, kurios vienoje pusėje įmontuota apvali plieninė membrana. Mentės plokštė su žemės paviršiuje esančiu matavimo prietaisu sujungta pneumatiniu-elektriniu kabeliu, kuris įstatomas į jungiamųjų štangų vidų. Pro vamzdelį tiekiamos dujos, kurių slėgis reikalingas metalinei membranai pajudinti. Atliekant tyrimus, pirmiausia dilatometro mentė įspaudžiama į gruntą. Po to membrana slėgio pagalba išstumiamama iš mentės ir 1 minutę fiksuojami du parametrai:

- (1) slėgis A, reikalingas membranai pajudinti iki grunto;
- (2) slėgis B reikalingas membranos centrinei daliai pajudinti 1,1 mm į gruntą.

Dilatometras (DMT) vėl įgilinamas į gruntą (apie 15-30 cm) ir bandymai tęsiami. Kiekvieno bandymo laikas apie 2 min (4 pav.). Pakoreguotos slėgių A ir B vertės, naudojantis kalibracijos kreivėmis, konvertuojamos į slėgius p_0 , ir p_1 , kuriuos galima paskaičiuoti pagal formules:

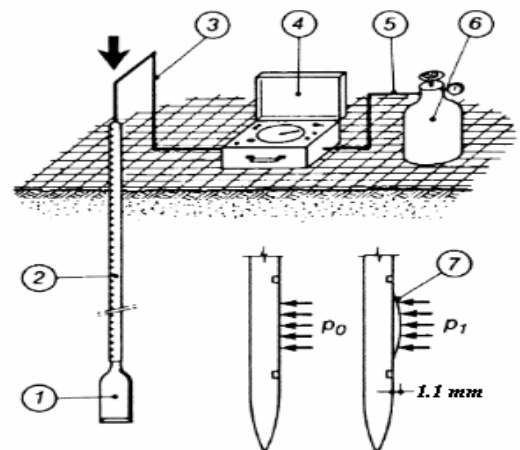
$$p_0 = 1,05 * (A - Z_M + \Delta_A) - 0,05(B - Z_M - \Delta_B) \quad (1)$$

$$p_1 = B - Z_M - \Delta_B \quad (2)$$

čia:

Δ_A, Δ_B -kalibruoti slėgiai

Z_M - užfiksuotas slėgis manometru



1-dilatometro mentė; 2-štanga; 3-pneumatinis elektrinis kabelis; 4-matavimo duomenų dėžė; 5-pneumatinis kabelis; 6-dujų balionas; 7-membranos išsiplėtimo vieta

4 pav. Dilatometro veikimo schema (Marshetti ir kt., 2001)

Matavimo prietaisas visada yra žemės paviršiuje, juo fiksuojami dilatometro rodmenys (slėgiai A ir B). Jis turi du slėgio matuoklius. Per šį prietaisą patenka dujos, kurios tekėdamos vamzdeliu sukuria slėgį mentės membranoje. Šis prietaisas pasižymi tokiais privalumais (Shmertmann, 1983):

- dilatometro mentė spraudžiama į gruntą nepertraukiamo penetracijos proceso (zondavimo) metu, todėl nereikia gręžti gręžinių (priešingai nei pavyzdžiui, atliekant įleidžiamus presiometrinius bandymus) bei duomenys apie gruntus gaunami gana nedideliais gylio intervalais(15-30 cm);
- prietaiso mentės konstrukcija (siaura plokštė aštriu antgaliu) spraudimo į gruntą metu žymiai mažiau suardo gruntą nei kūginis penetrometras, o tai leidžia gauti tikslesnius grunto; savybių parametrus;
- plokštės dydis ir forma leidžia geriau ir lengviau skverbtis į gruntą;
- nėra jokių elektroninių daviklių, o tai supaprastina prietaiso naudojimą lauko sąlygomis;
- labai mažos membranos deformacijos leidžia išmatuoti efektyviojo slėgio pokyčius nedrenuotomis sąlygomis, t.y. įgalina gauti molinių gruntų konsolidacines charakteristikas.

Dilatometro mentės plotis - 95 mm, storis - 15 mm. Užaštrinto galo dėka mentę lengva išprausti į gruntą. Plieninės membranos skersmuo - 60 mm, storis - 0,20-0,25 mm. Membraną (5 pav.), įmontuotą mentės paviršiuje, prilaiko apsauginis žiedas.



a)



b)

5 pav. a) mentės spraudimas į gruntą b) membrana, įmontuota mentės paviršiuje (www.igeotest.com)

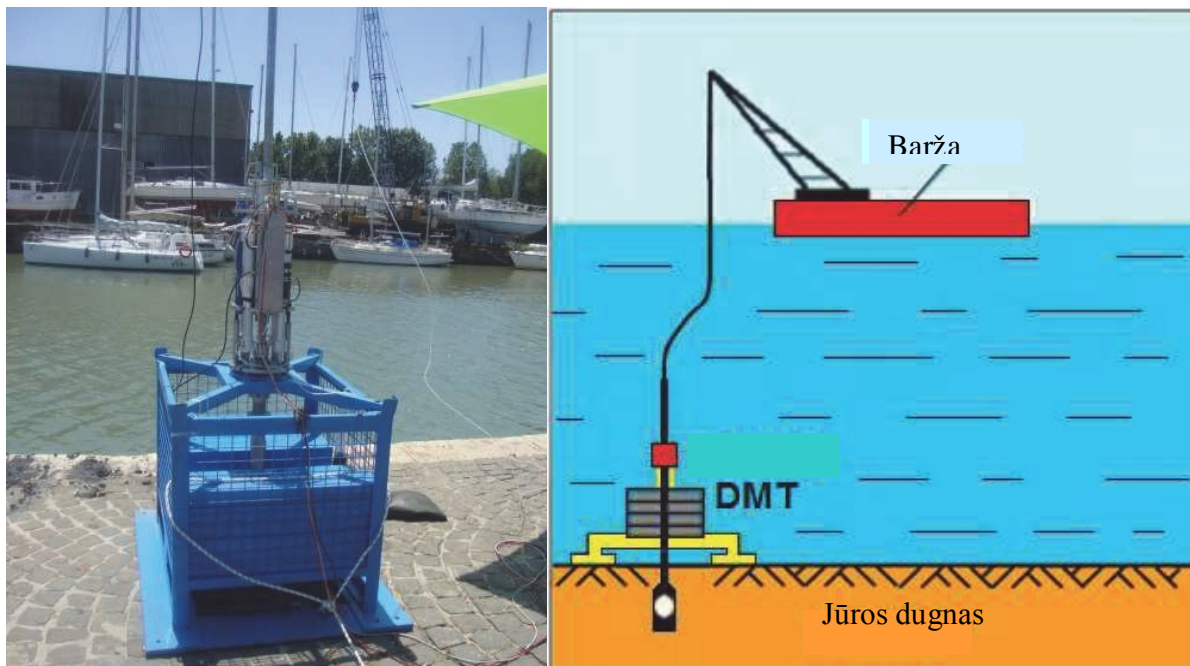
Seisminis dilatometras (SDMT) - metodas, kuris turi standartinį dilatometrą su seisminiu moduliu arba kitaip vadinamu zondų.

Pirmą kartą seisminis dilatometras buvo sukurtas 1988 metais. Jis turėjo vieną triašį imtuvą. 2007 metais toks dilatometras buvo sukurtas jau su dviem imtuvais. Šiuo metu SDMT (angl. *seismic Marchetti dilatometer test*) metodas yra naudojamas visame pasaulyje ir tampa vis populiareniu.

Pasaulyje seisminis dilatometras naudotas tokiuose projektuose: projektuojant Venecijos apsauginį barjerą (Italija), Barcelonos (Ispanija) jūrų ir oro uostus, erdvėlaivio nusileidimo taką NASA Kenedžio oro uoste, San Andrejeso lūžio plotą Kalifornijoje (JAV), didžiausių pasaulio atominių elektrinių statybai, greitaeigių traukinių kelių ir metro statyboms.

Seisminis dilatometras plačiai naudojamas vandens telkiniuose, kai norima ištirti dugną. Tai gali būti nedidelis telkinys, ežeras ar jūra. Seisminis dilatometras turi trūkumą: dėl gylis – prie įrangos pritvirtintas kabelis neleidžia atlikti tyrimų esant giliau kaip 200 m, didėjant slėgiui duomenys tampa netikslūs. Esant giliau kaip 200 m. praktiška naudoti belaidį dilatometrą.

Seisminis dilatometras sveria maždaug 60-80 kilogramų ir yra lengvai transportuojamas bei montuojamas bet kokioje vietoje (6 pav.).



6 pav. SMDT prietaisas ir jo montavimas jūroje (Marchetti, 2008)

Poreikiui esant, galima tvirtinti papildomą balastą, kurio svoris siekia nuo 3 iki 7 tonų. Tyrimai vandenyje atliekami iki 100 metrų gylis su maksimaliu 5 tonų spaudimu.

1.4. Dilatometro duomenų apdorojimo skaičiavimų metodai

Dilatometro bandymo metu pagal išmatuotus ir koreguotus slėgius p_1 ir p_0 galima nustatyti tokius rodiklius:

- I_D (angl. *material index*) - grunto tipo rodiklis.

Šis rodiklis nėra susijęs su gruntų granulimetrine sudėtimi ar su takumo rodikliu, tai rodiklis, kuris apibūdina gruntų elgseną. Tačiau, jei grunto tipas nėra aiškus, tada šis rodiklis nėra labai tinkamas išskirti gruntų tipus. Kaip pavyzdys, yra molio ir smėlio gruntų mišiniai, kurių tipas neaiškus, todėl esant tokiai padėčiai tokį grunto tipą galima pavadinti dulkiu. Pagal I_D (Marchetti, 2001) gruntu galima sugrupuoti į šiuos tipus:

molis $0,1 < I_D < 0,6$

dulkis $0,6 < I_D < 1,8$

smėlis $1,8 < I_D < 10$

Grunto tipo rodiklio reikšmė paskaičiuojama pagal 3 formulę:

$$I_D = \frac{p_1 - p_0}{p_0 - u_0} \quad (3)$$

čia:

p_0 -koreguotas slėgis membranoje prieš ją išspaudžiant (išsiplėtimas lygus 0 mm);

p_1 - koreguotas slėgis membranoje ją išspaudžiant 1,1 mm;

u_0 -porinis vandens slėgis (in-situ prieš bandymą).

- K_D - šoninio slėgio koeficientas (angl. *horizontal stress index*). Šis koeficientas leidžia labiau suprasti gruntų susiformavimą bei gamtinę įtempimų būseną (Marchetti 1980, Jamiolkowski ir kt., 1988). Parametras skirtas įvertinti geotechnines gruntų savybes.

Šoninio slėgio koeficientą galima priskirti kaip vieną pagrindinių parametrų atliekant skaičiavimus, nes jį galima prilyginti rimties koeficientui K_0 , kuris priklauso nuo horizontalių σ'_{ho} ir vertikalų efektyviųjų įtempimų σ'_{vo}

Šoninio slėgio koeficientas randamas:

$$K_D = \frac{p_0 - u_0}{\sigma'_{vo}} \quad (4)$$

čia:

σ'_{v0} - vertikalus efektyvusis slėgis (angl. *in situ vertical effective stress*),

u_0 - porinis vandens slėgis (prieš bandymą).

- E_D - dilatometrinių deformacijų modulis (angl. *dilatometer modulus*). Tai deformacijų modulis, kurio negalima prilyginti Jungo moduliui (Marchetti, 2001). Remiantis tamprumo teorija (Gravesen, 1960), deformacijų modulis randamas iš p_1 ir p_0 skirtumo ir esant 60 mm ir 1,1 mm išspaudimo dydžiui E_D :

$$E_D = 34,7 * (p_1 - p_0) \quad (5)$$

Taigi, K_D , E_D ir I_D duomenys gali būti naudojami su koreliacinėmis priklausomybėmis. Tokiu būdu įmanoma nustatyti tam tikras gruntų savybes:

1. grunto tipą,
2. savitąjį sunkį γ (angl. *unit weight*),
3. rimties koeficientą K_0 (angl. *coeff. earth pressure in - situ*),
4. nedrenuotą kerpamąjį stiprį c_u (angl. *undrained shear strength*),
5. pertankinimo koeficientą OCR (angl. *over consolidation ratio*),
6. standumo modulį M (angl. *vertical drained constrained modulus*),
7. horizontalųjį konsolidacijos koeficientą c_h (angl. *horizontal coefficient of consolidation*).

Taip pat galima paskaičiuoti ir kitas gruntų savybes, tačiau mūsų darbe buvo tiriami moliniai gruntai, todėl buvo išskirtos tik šios gruntų savybės. Minėtiems rodikliams paskaičiuoti dar būtina įvertinti grunto gamtinį tankį (ρ), porinį slėgį (u_0) bei efektyvųjį slėgį (σ'_{v0}).

K_0 - rimties koeficientas molyje

Pagal kai kurių užsienio šalių autorius Lacasse ir Lunne (1982), Campanella ir Robertson (1983) rimties koeficiento (K_0) koreliacijos rodo, jog minkštų molinių gruntų I_D turi būtų mažesnis už 1,2 ($I_D < 1,2$). Tokios koreliacijos turi būti naudojamos minkštiems ir vidutiniškai kietiems nesucementuotiems moliniams gruntams. Powel ir Uglow (1986) šią koreliaciją pasiūlė didelio perkonsolidavimo moliams. Rimties koeficientui nustatyti buvo panaudota Marchetti (1980) pateikta formulė (6), kuri apskaičiuoja šoninio slėgio koeficientą K_D (angl. *horizontal stress index*) (7):

$$K_0 = \left(\frac{K_D}{1,5}\right)^{0,47} - 0,6 \quad (6)$$

$$K_D = \frac{P_0 - u_0}{\sigma'_v} \quad (7)$$

Būtina paminėti, jog 1988 metais Lunne ir Lacasse koreliacijoms sudaryti išrinko vertes, kurios buvo gautos tiriant molinius gruntuos Norvegijoje ir Jungtinėje Karalystėje. Tai buvo plastiški ir mažai plastiški moliai. Tais pačiais metais tiriant minkštus konsoliduotus molius bei stipriai perkonsoliduotus kietus molius buvo gautas skirtumas tarp šių molinių gruntų. Rezultatai parodė, jog egzistuoja „seni“ moliai (>60 milijonų metų) bei „jauni“ moliai (<70 tūkst. metų). Pastarųjų molinių gruntų rimties koeficiento koreliacijoms sudaryti buvo panaudota Powell ir Uglow pasiūlyta formulė (8) :

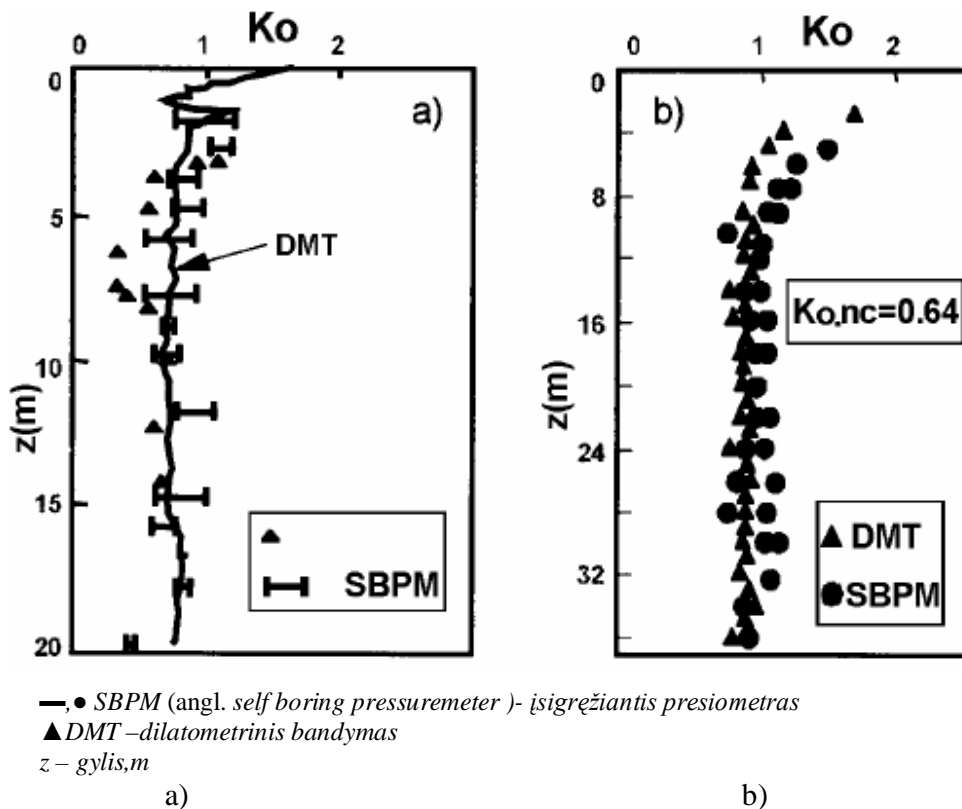
$$K_0 = 0,34 * K_D^{0,55} \quad (8)$$

Larsson ir Eskilson 1989 metais Skandinavijos šalių moliniams gruntams rimties koeficiento koreliacijoms sudaryti rekomendavo naudoti pakoreguotą formulę (9):

$$K_0 = 0,24 * K_D^{0,84} \quad (9)$$

Rimties koeficientui nustatyti buvo pasiūlyta ne viena lygtis. Pavyzdžiui, Aversa (1997), Bothkennar (1992), Fucino (1991) (7 pav.) K_0 skaičiavimams pasiūlė šią lygtį (10):

$$K_0 = \left(\frac{K_D}{1,5}\right) * 0,47 - 0,60 \quad (10)$$



7 pav. Diagramos: K_0 nustatymas pagal a) Aversa (1997), b) Bothkennar (1992), Fucino (1991)

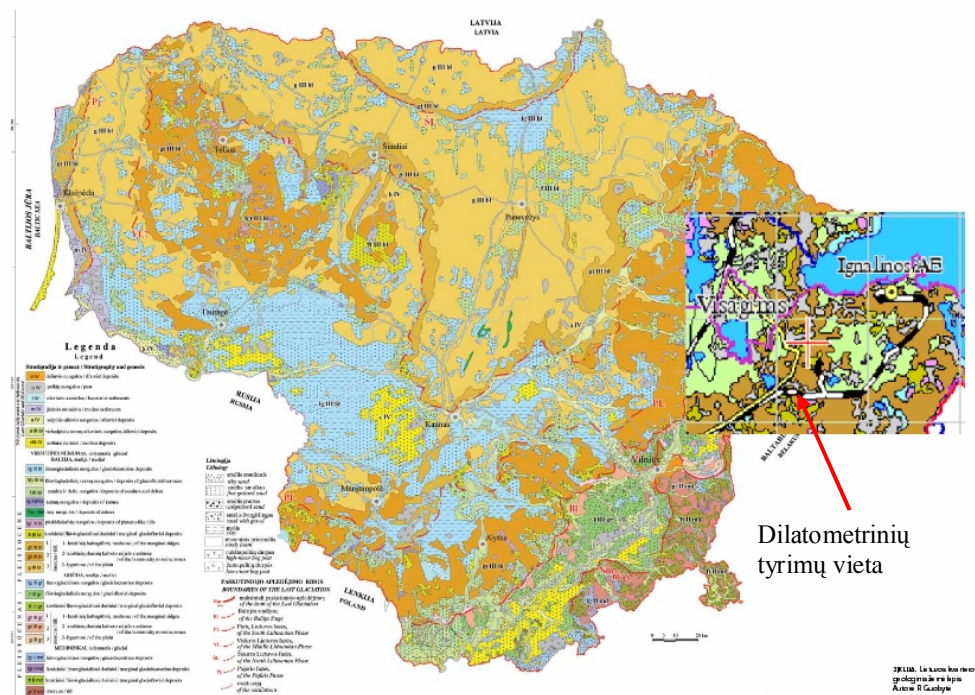
2. TYRIMAI IR JŲ REZULTATAI

2.1 Vietovės apibūdinimas

Dilatometrinių tyrimų vieta yra Stabatiškių kaime Ignalinos rajono šiaurinėje dalyje, į pietus nuo Drūkšių ežero, pietrytinėje Ignalinos atominės elektrinės pramoninės aikštelės dalyje (8 pav.).

Reljefas smulkiai ir vidutiniškai kalvotas. Absoliutiniai reljefo aukščiai kinta nuo 146,85 (šiaurės rytinė aikštelės dalis) iki 161,6 m (pietvakarinė aikštelės dalis). Šiaurinėje statybos aikštelės pusėje iš PV į ŠR tęsiasi gūbrio pavidalo kalva, kurios absoliutiniai aukščiai kinta nuo 154,0 iki 161,6 m. Šiaurinėje dalyje ji jungiasi su rytinėje pusėje esančia, trumpesne ir plokštesne kalva.

Tyrimų vietos hidrografinės ir hidrologinės sąlygos: teritorija yra Dysnos upės baseino Drisviatos upės baseine. Šiaurinėje dalyje yra trys nedideli tvenkiniai, tarpusavyje sujungti melioracijos grioviais. Jų gylis siekia 1,4 m. Tarpukalviai – užpelkėję, didžiausia pelkė yra centrinėje aikštelės dalyje. Pelkių gylis siekia 3 m ir daugiau.



8 pav. Tyrimų vieta Lietuvos kvartero žemėlapyje (www.lgt)

Atliktų tyrimų aikštelės vieta - Visagino savivaldybėje į pietus nuo saugomos IAE zonos, į rytus nuo panaudoto branduolinio kuro saugyklos (B 1) ir kietų atliekų saugyklos (B 3, 4) (10 pav.).

Atliktų tyrimų aikštelės tinkamumas statyti BEO (branduolinės energetikos objektas) yra patvirtintas pagal išankstinių žvalgybinių tyrimų rezultatus aikštelės parinkimo etapuose.



9 pav. Atliktų tyrimų vieta (Gadeikis ir kt., 2012)

2.2. Inžinerinės - geologinės sąlygos

Geologinės sąlygos. Tyrimų metu, atlikus gręžimo ir zondavimo (CPT, CPTu, DPSH) darbus, atsižvelgiant į grunto savybes, geologinis pjūvis buvo suskaidytas pagal nuogulų susiklostymo amžių bei išskirti inžineriniai geologiniai sluoksniai (IGS - inžinerinis geologinis sluoksnis). Holoceno amžiaus sluoksnius sudaro šie gruntai: piltinis gruntas (tIV), balų (biogeninės pelkių) nuogulos (bIV) ir limninės nuogulos (lIV). Ši storumė suskaidyta į penkis inžinerinius geologinius sluoksnius. Po šiais gruntais slūgso viršutinio pleistoceno viršutinio Nemuno ledynmečio Baltijos stadijos vidinio ledo limnoglacialiniai dariniai (lgtIIIb1). Vidinio ledo limnoglacialinių darinių sluoksniai suskaidyti į vienuolika inžinerinių geologinių sluoksnių.

Kitą geologinę storymę, kuri išplitusi visuose tyrimų taškuose, sudaro viršutinio pleistoceno Nemuno ledyno kraštinė morena (gtIIIbl), kur išskirti keturi inžineriniai geologiniai sluoksniai. Po ja, slūgso viršutinio pleistoceno viršutinio Nemuno ledyno Grūdų stadijos pagrindinė morena (gIIIgr). Šioje storymėje išskirti keturi inžineriniai geologiniai sluoksniai.

Atliktų tyrimų vietoje, po morena slūgso viršutinio ir vidurinio pleistoceno Grūdų stadijos ir Medininkų ledyno akvagliacialinės nuogulos (agIII-II). Ši akvagliacialinė storymė suskirstyta į dešimt inžinerinių geologinių sluoksnių. Gilesniuose gręžiniuose buvo pasiekta vidurinio pleistoceno medininkų ledyno pagrindinė morena (gIImd).

Inžinerinės geologinės sąlygos. Viršutinio Nemuno svitos Baltijos posvitės kraštinės moreninės (gt IIIbl) nuogulos išplitusios beveik visame tiriamojo objekto plote. Jų storis dažniausiai sudaro 3–4 m. Reljefo pažemėjimuose nuogulų storis sumažėja iki 0,7–1,1m, o vietomis jų išvis nėra. Po Baltijos posvitės kraštinių moreninių darinių nuogulomis slūgso Grūdų posvitės (gIIIgr) moreninės nuogulos. Jų storis siekia 8,3m. Nuogulas sudaro dažniausiai rudos ir tamsiai rudos spalvos su 3–5% žvirgždo ir gargždo priemaiša smėlingas dulkingas molis. Moreniniame grunte aptinkami įvairaus rupumo smėlio lėšiuikai.

Gilesniuose gręžiniuose buvo pasiekta vidurinio pleistoceno medininkų ledyno pagrindinė morena (gIImd). Pagal moreninio smėlingo dulkingo molio fizikinių savybių tyrimus moreninis gruntas yra standžios ir labai standžios konsistencijos, jo vidutinis poringumo koeficientas, $e_0 \sim 0,35$, natūralus gamtinis tankis $\rho \sim 2,25 \text{ Mg/m}^3$, natūralus drėgnis $W \sim 0,124$, šis gruntas yra artimas pilnam jo išotininimui vandeniui, $S_r \sim 0,96$. Pagal granulimetrinę sudėtį moreninis smėlingas dulkingas molis yra artimas optimaliems mišiniam. Daugelyje tyrimo taškų vyrauja stiprus ir labai stiprus moreninis smėlingas dulkingas molis. Viršutinio ir vidurinio pleistoceno Grūdų stadijos ir Medininkų ledyno akvagliacialinėse nuogulų storymėje vyrauja tankus ir labai tankus rupus gruntas (dulkingas, smulkus, vidutinio rupumo, žvyringas smėlis).

Hidrogeologinės sąlygos. Gruntinis (bespūdis) vanduo slūgso arčiausiai žemės paviršiaus. Jis talpinasi šiuolaikinėse nuogulose (durpėse, smėlyje, piltiniame grunte) arba paskutinio apledėjimo dariniuose (smėlinguose dulkinguose ir smėlinguose moliuose su smulkaus smėlio lėšiais). Šis vanduo ištiesai paplitęs žemesnėse reljefo vietose, likusioje teritorijos dalyje sutinkamas sporadiškai. Vandeningąjį sluoksnį maitina kritulių vanduo. Aukščiausiose reljefo vietose gruntinis vanduo yra sezoninio pobūdžio. Gruntinis vanduo filtruojasi reljefo pažemėjimų kryptimis, kur galiausiai išsikrauna į paviršinio vandens telkinius. Bendra iškrovos tendencija Drūkšių ežero link išlieka.

Antrasis vandeningas sluoksnis nuo žemės paviršiaus Grūdų – Medininkų vandeningasis sluoksnis (agIII – II gr – md) išplitęs visoje aikštelės teritorijoje ir slūgso tarp dviejų pusiau laidžių

vandeniui molingų storymių. Juos dengia Baltijos (gtIIIbl) ar Grūdų (gIIIgr) posvyčių moreninės nuogulos.

Vandeningasis sluoksnis slūgso ant Medininkų svitos (gIIImd) moreninių nuogulų arba to paties amžiaus limoglacialinių darinių (molio ar molingo dulkių) pietinėje ir rytinėje aikštelės dalyse. Vanduo talpinasi viršutinio pleistoceno Grūdų posvītės – vidurinio pleistoceno Medininkų svitos tarpmoreninėse nuogulose – įvairaus rupumo smėlyje, žvyringame smėlyje, žvyre ar dulkingame smėlyje. Bendras vandeningųjų gruntų storis svyruoja nuo 14,6m iki 29,1m.

Vandeningojo sluoksnio mitybos sritis yra į PV nuo tiriamos aikštelės, tačiau plotų su bespūdžiu vandeniu buvimas rodo, kad mityba atmosferiniais krituliais per gruntinį vandenį vyksta ir tiriamos aikštelės teritorijoje. Tose vietose vyraujanti sluoksnio vandens iškrovos kryptis yra į ŠR, Drūkšių ežero link. Ankstesnių tyrimų metu nustatyta, kad ŠR aikštelės dalyje, kur tarp sluoksnių ir paviršinių vandenį skiria nedidelio storio moreninio smėlingo molio (priemolio) sluoksnis, dalis vandens gali išsikrauti į čia esantį tvenkinį. Medininkų – Žemaitijos (agIIImd – žm) vandeningasis sluoksnis turi lokalinį paplitimą į Š ir į PV nuo tiriamos aikštelės. Paprastai iš viršaus jis dengiamas Žemaitijos svitos limnoglacialiniu moliu ar molingu dulkiu, o vandeningasis sluoksnis slūgso ant mažai (pusiau) laidaus Žemaitijos svitos moreninio molio. Vandeningojo sluoksnio storis 0,4 – 8,8m. Vanduo talpinasi smulkiame ar dulkingame smėlyje. Vanduo spūdinis, bet jo pjezometrinis lygis ir sluoksnio filtraciniai parametrai nenumatyti. Aikštelės ribose gali būti aptiktas, bet ištisinio paplitimo neturėtų būti. Žemaitijos – Dainavos (agII žm – dn) vandeningasis sluoksnis beveik ištisai paplitęs į Š nuo tiriamos aikštelės. Viršuje dalyje suklostytas mažai laidas Žemaitijos svitos moreninis molis. Vanduo slūgso 42 – 65m gylyje. Vandeningojo sluoksnio storis 5 – 18m. Vanduo talpinasi smulkiame smėlyje, rečiau žvyre ar dulkingame smėlyje. Vanduo spūdinis, pjezometrinio lygio abs. a. 137,61 – 137,82m. Tai 4m žemiau nei Drūkšių ežero vandens lygis. Tai rodo, kad dalį mitybos minėtas sluoksnis gauna iš aukščiau slūgsančių sluoksnių, o per juos – ir iš ežero. Tiriamos aikštelės ribose šis sluoksnis turėtų būti aptiktas, išskyrus, galbūt, vakarinę dalį. Šventosios – Upninkų (D3šv – D2up) vandeningasis kompleksas yra paplitęs visame regione, išskyrus paleojrėžių zonas, kur šie dariniai išplauti, o jų vietoje sukloti kvartero dariniai. Komplexas sudarytas iš sluoksniuotos margaspalvės storymės, kur persluoksniuojama smulkus smėlis, silpnai sucementuotas smiltainis, sucementuotas dulkis (aleurolitas) ir molis. Paprastai iš viršaus juos dengia įvairaus amžiaus moreniniai dariniai ar devoniniai moliai. Smėliai ir smiltainiai pjūvyje sudaro virš 60%. Atskirų sluoksnių storis kinta nuo kelių iki 136m. vandeningo komplekso kraigas aikštelės ribose gali slūgsoti 96 – 110m gylyje, o padas – 200 – 210m gylyje. Šis vandeningasis kompleksas yra pagrindinis vandens šaltinis visiems didesniems regiono miestams.

2.3. DMT ir kitų metodų duomenų taikymas skaičiavimuose ir rezultatai

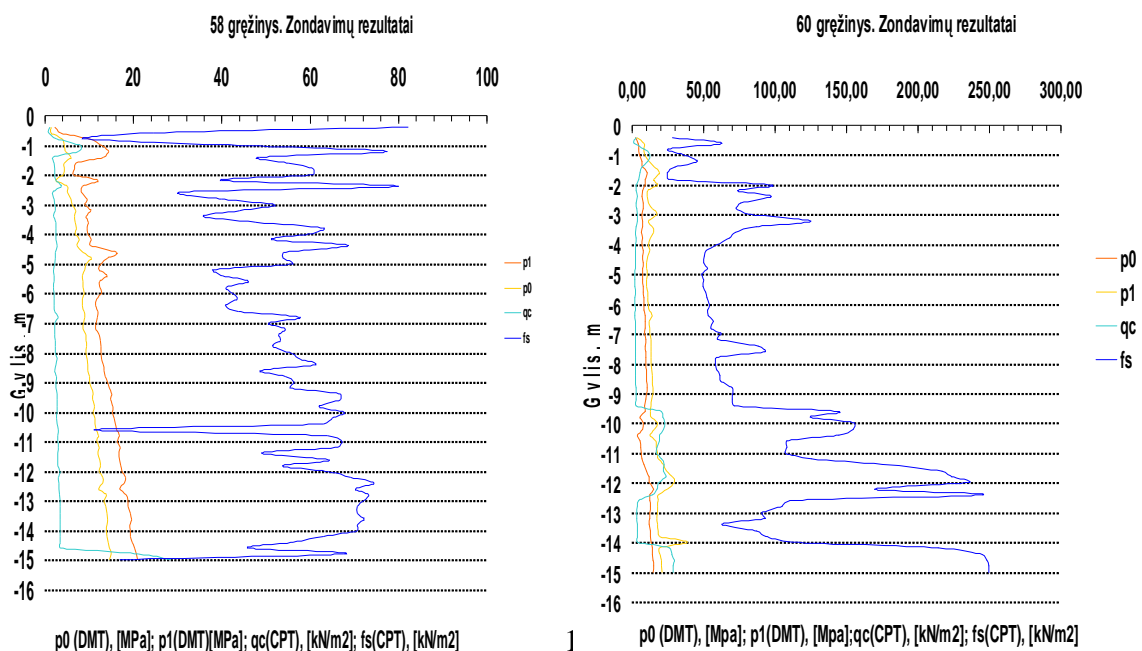
2.3.1 Duomenys skaičiavimams

Geotechninių tyrimų metu šalia gręžinių atlikti skirtingi tyrimų metodai: statinis zondavimas (angl. *cone penetration test*), bandymas plokšte (angl. *plate loading test*), dinaminis zondavimas super sunkus (angl. *dynamic probing super heavy*) bei tyriamasis metodas – dilatometrija (2 lentelė).

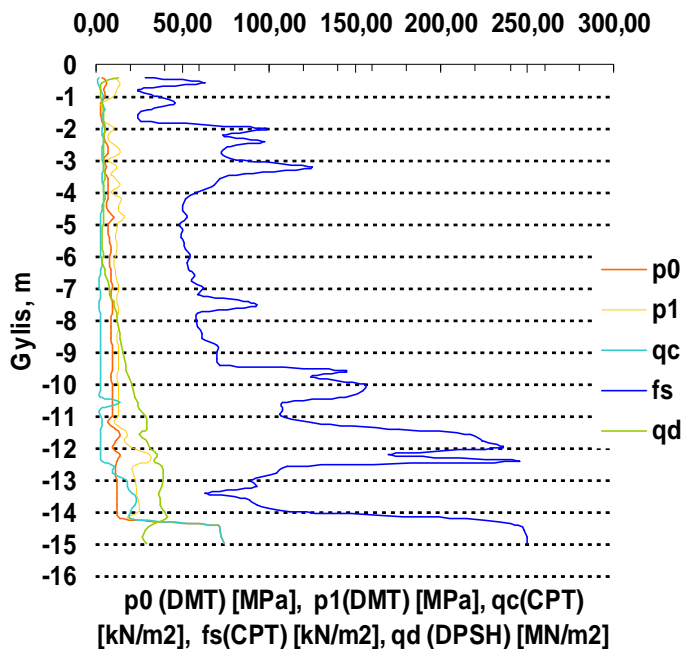
2 lentelė. Gręžiniai ir šalia jų atlikti tyrimai.

Gręžinio pavadinimas	Gręžinio gylis, m	DMT gylis, m	CPT gylis, m	DPSH gylis, m	PLT gylis, m
58	22,0	15,0	14,5		4,0
60	23,4	14,0	14,0		
62	25,2	14,0	14,3	25,5	
66	22,5	12,0	13,3	22,2	
68	24,0	10,0	14,0		4,0
76	23,4	9,6	13,4		

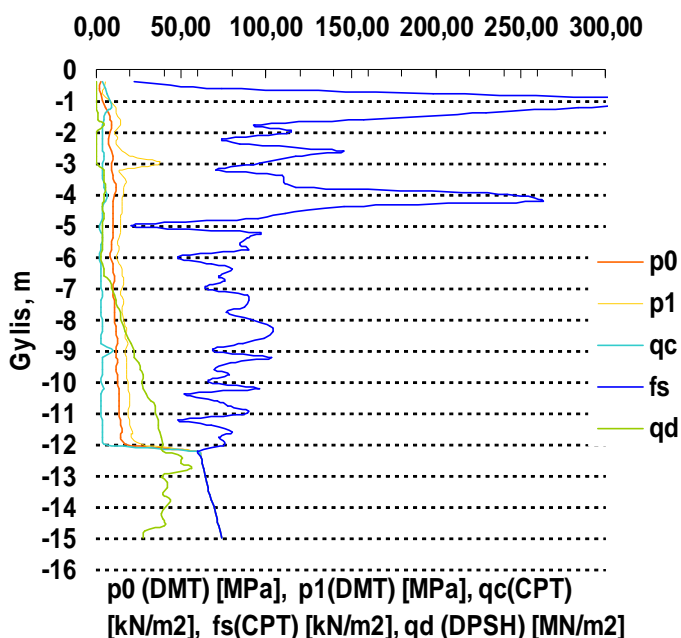
Atliktų tyrimų vietą galima pamatyti A priede pavaizduotuose teritorijos planuose (A - B). Sudarytose diagramose vaizduojamas skirtingų metodų zondų įsigilinimas į gruntą skirtingų metodų zondų įsigilinimas į gruntą (10 pav.)



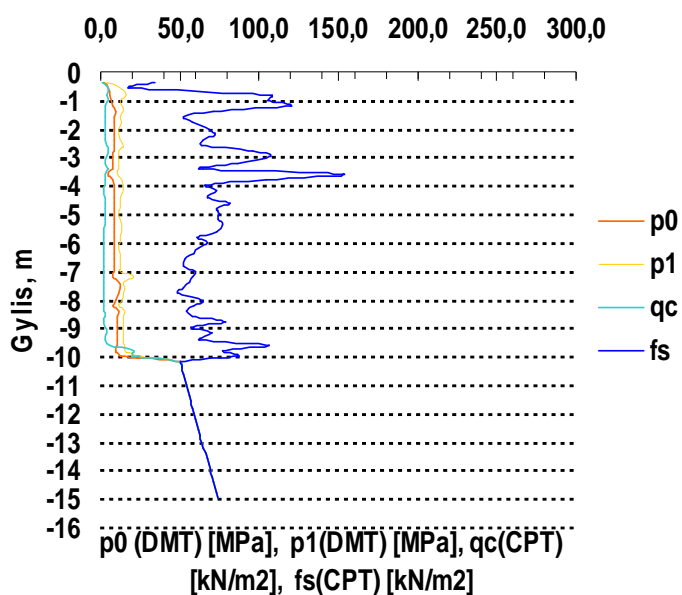
62 gręžinys. Zondavimų rezultatai



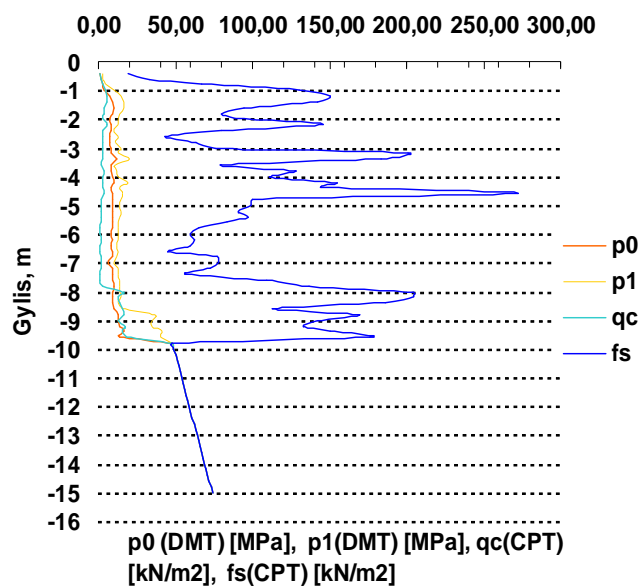
66 gręžinys. Zondavimų rezultatai



68 gręžinys. Zondavimų rezultatai



76 gręžinys. Zondavimų rezultatai



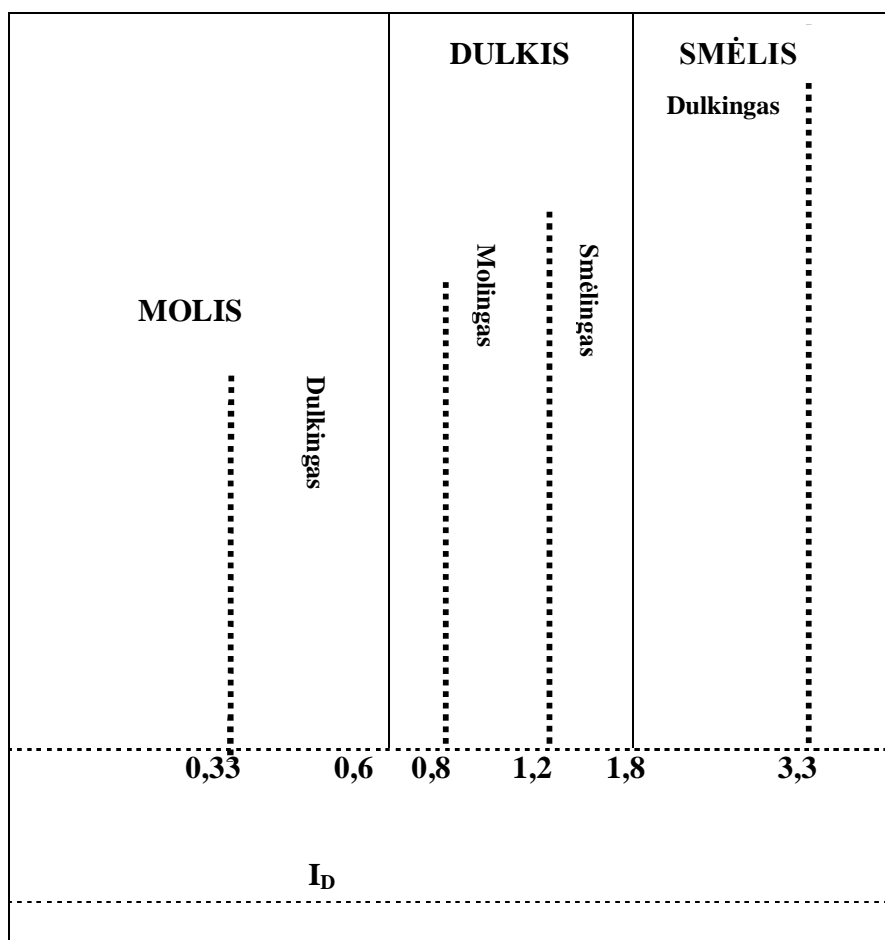
10 pav. Skirtingų metodų zondų įsigilinimas į gruntą

Visi paminėti tyrimų metodai tarpusavyje nėra susiję, tačiau atlikti skaičiavimai ir remiantis užsienio literatūros šaltiniais skirtingi metodai ir jų gauti rezultatai buvo lyginami su dilatometro gautų apdorotų duomenų rezultatais.

Gautų duomenų tyrimų metu apdorojimui panaudota „Microsoft excel“ programa. Šiuo atveju buvo nagrinėjamas kiekvienas grėžinys su skirtingu grėžimo gyliu. Atrinkus kiekvieną gruntų sluoksnį buvo skaičiuojamos vidurkinės vertės. Skaičiavimas atlikti buvo parenkamos formulės ir lygtys, kurios dažnai naudojamos pasaulinėje praktikoje.

2.3.2. Grunto litologinės sudėties nustatymas

Dilatometrijoje grunto tipą nusako I_D (grunto tipo rodiklis), šis rodiklis apibūdina grunto mechaninę grunto elgseną bet ne jo granulimetrinę sudėtį ar tankumą. Grunto tipui nustatyti buvo panaudota Marchetti (1997) siūloma klasifikavimo diagrama (11 pav.) bei sudaryta lentelė (3 lentelė).



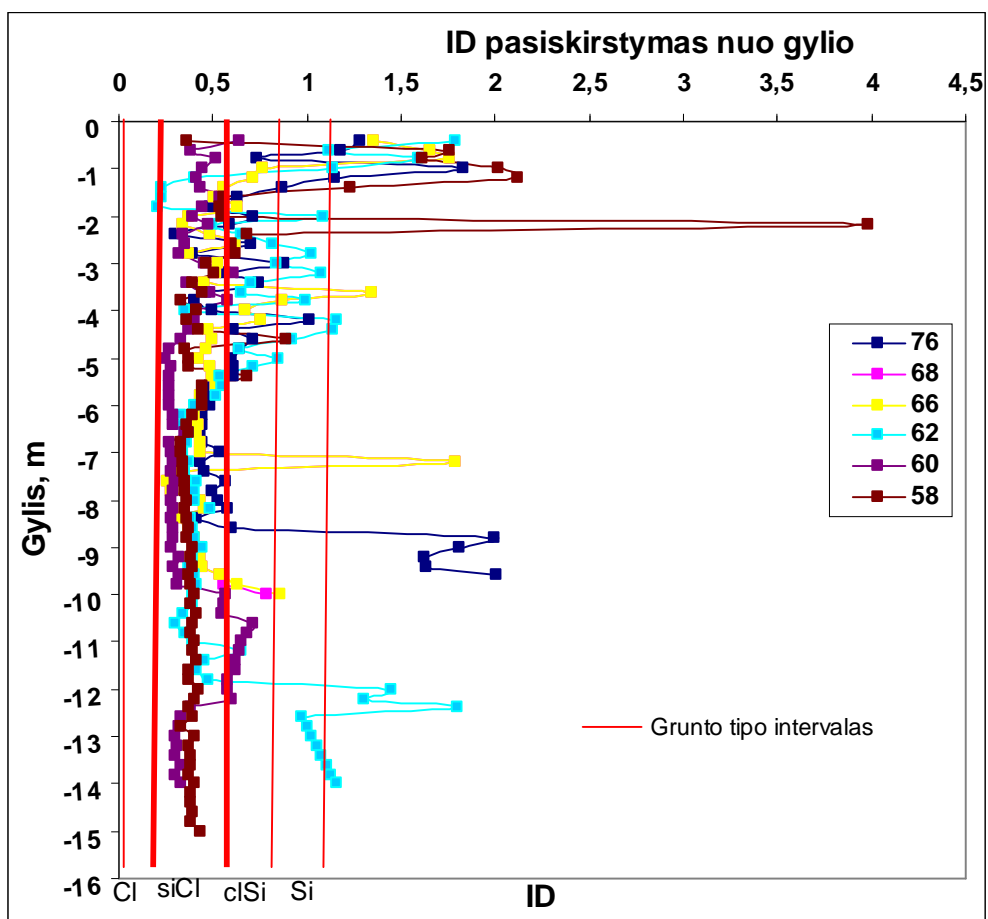
11 pav. Grunto tipo nustatymo lentelė (Marchetti, 2001)

2001 metais gruntų I_D profesorius Marchetti pasiūlė gruntuos pagal jų tipą suskirstyti į šiuos intervalus (3 lentelė):

3 lentelė. Grunto tipo nustatymas pagal I_D (Marchetti, 1997)

I_D	Grunto tipas
0,10 - 0,35	Molis
0,35 - 0,60	Dulkingas molis
0,60 - 0,90	Molingas dulkis
0,90 - 1,20	Dulkis

Gauti rezultatai buvo panaudoti gylio nuo I_D priklausomybės diagramai sudaryti. Imamas visas gręžinių gylis kas 20 cm ir visos I_D vertės (12 pav.)



12. pav. Bendra visų gręžinių suvestinė diagrama. I_D priklausomybė nuo gylio

Statinio zondavimo (CPT) metu gautais duomenimis grunto tipą galima nustatyti pagal R_f . R_f - santykis tarp šoninės trinties f_s ir kūginio stiprio q_c rodiklių verčių dydžių (Gadeikis ir kt., 2012), kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$R_{f\,norm} = \frac{f_s}{q_t - \sigma} * 100 \quad (11)$$

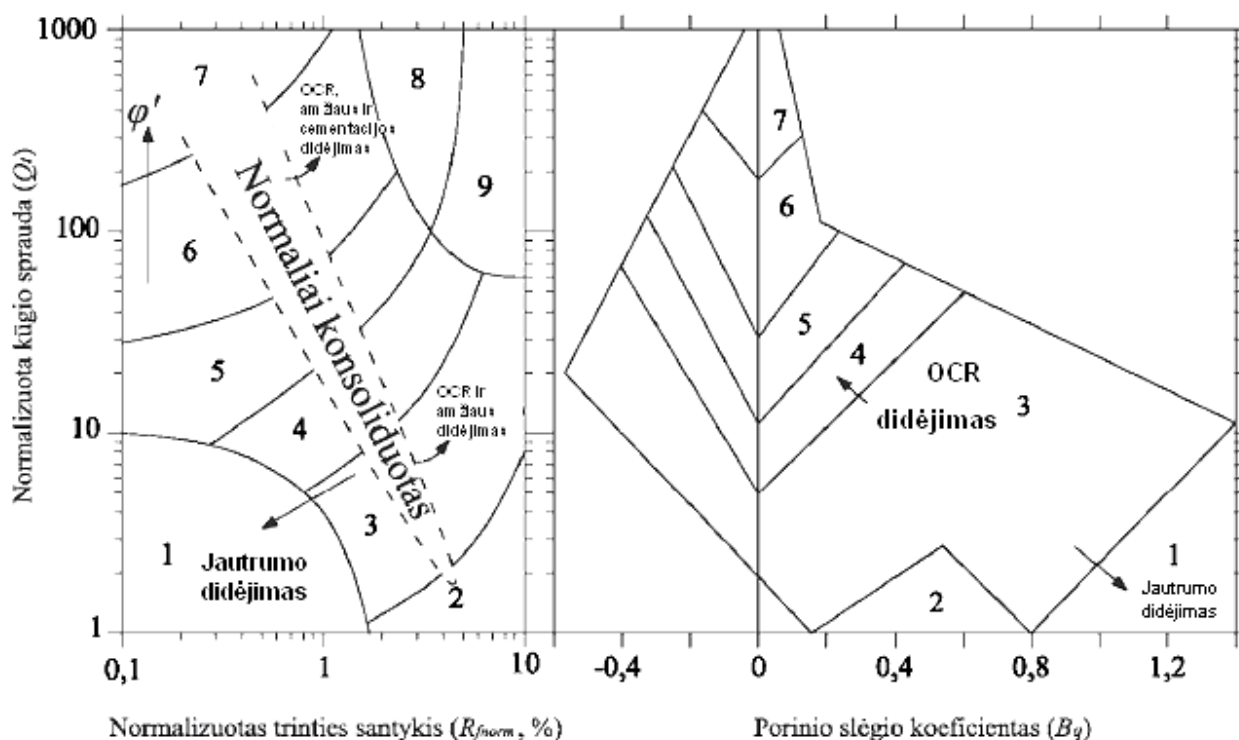
čia:

f_s - šoninės trinties stipris, kPa,

q_t – koreguotas kūginis stipris, kPa,

σ – geostatinis slėgis, kPa.

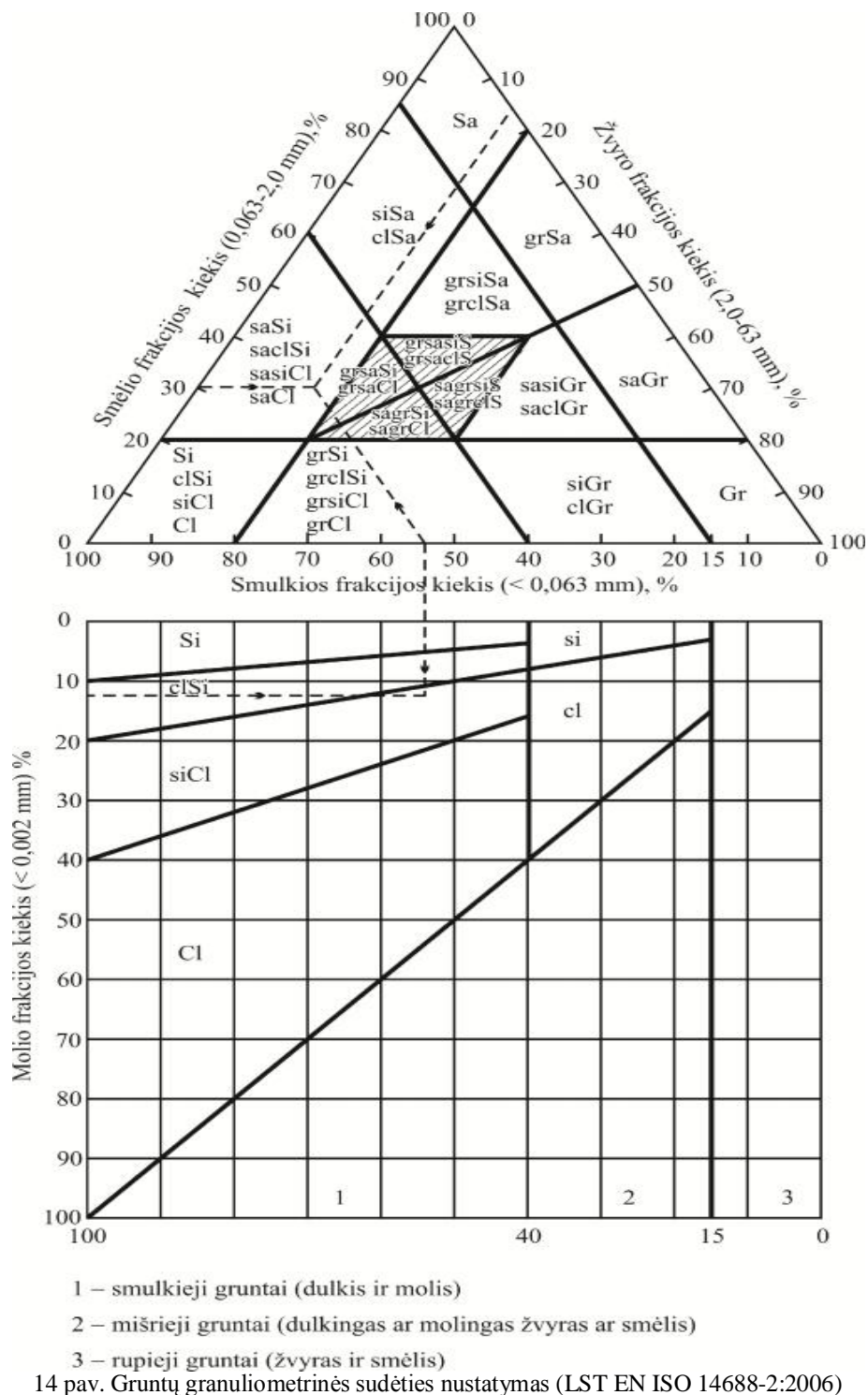
Šiuo pagal statinio zondavimo metodą, grunto tipui išskirti dažniausiai naudojama K. Robertson' o klasifikacija (13 pav.). Ši klasifikacija panaudota daugelyje programinės įrangos paketų, kurie skirti CPT ir CPTu duomenų apdorojimui (Žaržojus, 2010).



13 pav. Grunto elgsenos klasifikacija pagal zondavimo duomenis remiantis: A – P. K. Robertson ir kt., 1986; Gruntų elgsenos tipas: 1. Jautrus, smulkus gruntas; 2. Organiniai gruntai -durpė; 3. Moliai ir dulkingi moliai; 4. Dulquio mišinys; molingas dulkis; dulkingas molis; 5. Smėlio mišinys; dulkingas smėlis; smėlingas dulkis; 6. Nuo švaraus smėlio iki dulkingo smėlio; 7. Nuo žvyringo smėlio iki smėlio; 8. Nuo labai tankaus smėlio iki molingos smėlio; 9. Labai kietas smulkus gruntas (Žaržojus, 2010)

Gruntų pavadinimams nustatyti taikomas LST EN ISO 14688-2006 dokumentas reglamentuoja gruntų granuliometrinę sudėtį. Gruntų granuliometrine sudėtimi vadinama įvairių frakcijų santykinis

kiekis procentais nuo bendrosios grunto masės vadinamas jo granulimetrine sudėtimi. Birūs ir moliniai gruntai sudaryti iš įvairaus dydžio dalelių. Vienodo dydžio ir panašių savybių dalelės sudaro grupes, vadinamas frakcijomis. Konkrečioms frakcijoms nustatyti atliekama granulimetrinė analizė. Pagal granulimetrinę sudėtį yra nustatomas pagrindinis grunto pavadinimas, sprendžiama apie kai kurias gruntų fizikines savybes, struktūrą, kilmę. Kadangi nėra bendro granulimetrinės sudėties standarto, skirtingos šalys naudoja savo standartus bei klasifikacijas. Kartais to paties grunto skirtingomis metodikomis atliktos granulimetrinės analizės rezultatai labai skiriasi (Prušinskienė, 2012). Lietuvoje gruntų granulimetrinė sudėtis nustatoma pagal tokią klasifikaciją (14 pav.):



1 – žvirgždo kiekis (2–63 mm); 2 – smėlio kiekis (0,063–2 mm); 3 smulkiosios frakcijos kiekis (<0,063 mm); 4 – molio kiekis, % nuo rupiojo ir smulkiojo grunto masės (<63 mm); 5 – smulkieji gruntai (dulkis, molis); 6 – mišrieji gruntai (dulkingasis ar molingasis žvyras ir smėlis); 7 – rupieji gruntai (žvyras ir smėlis)

Pagal pateiktas klasifikacijas buvo sudaryta DMT ir CPT gruntų tipų suvestinė lentelė (5 lentelė). Duomenys palyginami su Lietuvoje gruntų pavadinimams nustatyti LST EN ISO 14688-2006 norminiame dokumente taikomu klasifikavimu.

Rezultatams gauti buvo:

1. panaudoti 19 tyrimų rezultatų;
2. parinktas sluoksnio intervalas, svyruojantis nuo 0,20 iki 0,80 cm;
3. sudarytas imties vidurkis;
4. pagal CPT duomenis paskaičiuotas gruntų kiekis procentais sluoksniuose ir R_f vertės (4 lentelė)

4 lentelė. Gruntų kiekis ir R_f vertės procentais

Gr. Nr.	Gylis, m	Grunto pavadinimas	Kiekis, %	R_f , %
58	5,5 - 5,8	Molis	19,4	2,11
		Dulkis	41,2	
		Smėlis	37,14	
		Žvyras	1,43	
58	12,40-12,60	Molis	22,6	2,33
		Dulkis	44,4	
		Smėlis	26,64	
		Žvyras	0,97	
60	4,5 - 4,8	Molis	21	2,68
		Dulkis	41	
		Smėlis	35,36	
		Žvyras	0,95	
60	6,9 - 7,2	Molis	26,4	3,0
		Dulkis	37,6	
		Smėlis	31,1	
		Žvyras	4,76	
60	8,4 - 8,6	Molis	26,6	3,2
		Dulkis	38,2	
		Smėlis	33,9	
		Žvyras	1,22	
62	2,0 - 2,3	Molis	12	2,40
		Dulkis	42,2	
		Smėlis	53,18	
		Žvyras	1,41	
62	2,3 - 2,5	Molis	16,5	2,41
		Dulkis	37,74	
		Smėlis	41,5	
		Žvyras	2,55	
62	4,0 - 4,2	Molis	15,2	3,38
		Dulkis	38,8	
		Smėlis	36,62	
		Žvyras	3,34	
62	11,5 - 12,0	Molis	16,2	1,90
		Dulkis	24	
		Smėlis	39,54	
		Žvyras	1,32	
62	12,0 - 12,2	Molis	22,9	1,80
		Dulkis	37,1	
		Smėlis	16,25	
		Žvyras	1,43	
62	13,0 - 13,2	Molis	25,4	1,80
		Dulkis	58,1	
		Smėlis	15,37	
		Žvyras	1,39	
66	5,50 - 5,80	Molis	23,9	2,90
		Dulkis	40,1	

			4 lentelės tęsinys	
		Smėlis	30,02	
		Žvyras	1,18	
66	5,80 - 6,10	Molis	21,1	2,60
		Dulkis	42,3	
		Smėlis	33,74	
		Žvyras	2,41	
		Molis	24	
66	7,70 - 8,0	Dulkis	33,9	2,80
		Smėlis	32,99	
		Žvyras	2,77	
		Molis	24	
66	10,30-10,50	Dulkis	38	1,84
		Smėlis	29,96	
		Žvyras	2,77	
		Molis	28,4	
76	3,80 - 3,95	Dulkis	41,3	4,58
		Smėlis	29,45	
		Žvyras	1,41	
		Molis	16,2	
76	6,20 - 6,40	Dulkis	42,8	4,79
		Smėlis	38,01	
		Žvyras	1,09	
		Molis	23	
76	6,85 - 7,0	Dulkis	42,8	5,61
		Smėlis	28,23	
		Žvyras	1,75	
		Molis	25,2	
76	7,00 - 7,30	Dulkis	31,6	5,73
		Smėlis	12,24	
		Žvyras	1,38	
		Molis	25,2	

5 lentelė. Grunto tipo nustatymas pagal I_D, R_f, LST EN ISO 14688-2

Gr. Nr.	Gylis, m	I _D (DMT)	Molis <0,002	Dulkis			Smėlis			Žvyras >2	Grunto tipas pagal I _D (DMT)	Grunto tipas pagal R _f (CPT)	Grunto pavadinimas, pagal LST EN ISO 14688-2
				Smulkus	Vidutinis	Rupus	Smulkus	Vidutinis	Rupus				
				0,0063-0,02	0,02-0,063	0,002-0,0063	0,063-0,2	0,2-0,63	0,63-2				
58	5,5 - 5,8	0,45	10,50	13,90	17,2	22,40	19,60	11,70	3,30	1,40	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
58	12,40-12,60	0,38	22,90	10,00	13,10	22,50	18,00	9,70	2,80	1,00	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
60	4,5 - 4,8	0,27	21,20	10,20	13,20	18,30	19,70	13,00	3,40	1,00	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
60	6,9 - 7,2	0,29	26,40	10,70	14,30	12,80	17,15	11,00	2,85	4,80	Dulkingas molis	Smėlingas molis	Smėlingas molis
60	8,4 - 8,6	0,30	26,70	11,50	11,90	15,20	19,10	11,00	3,40	1,20	Dulkingas molis	Smėlingas molis	Smėlingas molis
62	2,0 - 2,3	0,41	12,20	10,00	14,40	18,50	26,60	13,20	3,60	1,50	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
62	2,3 - 2,5	0,42	16,50	8,50	12,90	17,60	24,50	13,45	4,00	2,55	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
62	4,0 - 4,2	40	15,40	10,40	13,20	15,90	24,00	13,00	4,70	3,40	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
62	11,5 - 12,0	0,38	16,40	12,40	12,00	20,00	21,10	12,75	4,00	1,35	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
62	12,0 - 12,2	0,58	23,10	11,90	13,60	12,20	21,40	12,30	4,00	1,50	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
62	13,0 - 13,2	0,51	10,20	5,60	9,20	15,80	34,00	19,30	4,50	1,40	Dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis

5 lentelės tęsinys. Grunto tipo nustatymas pagal I_D, R_f, LST EN ISO 14688-2

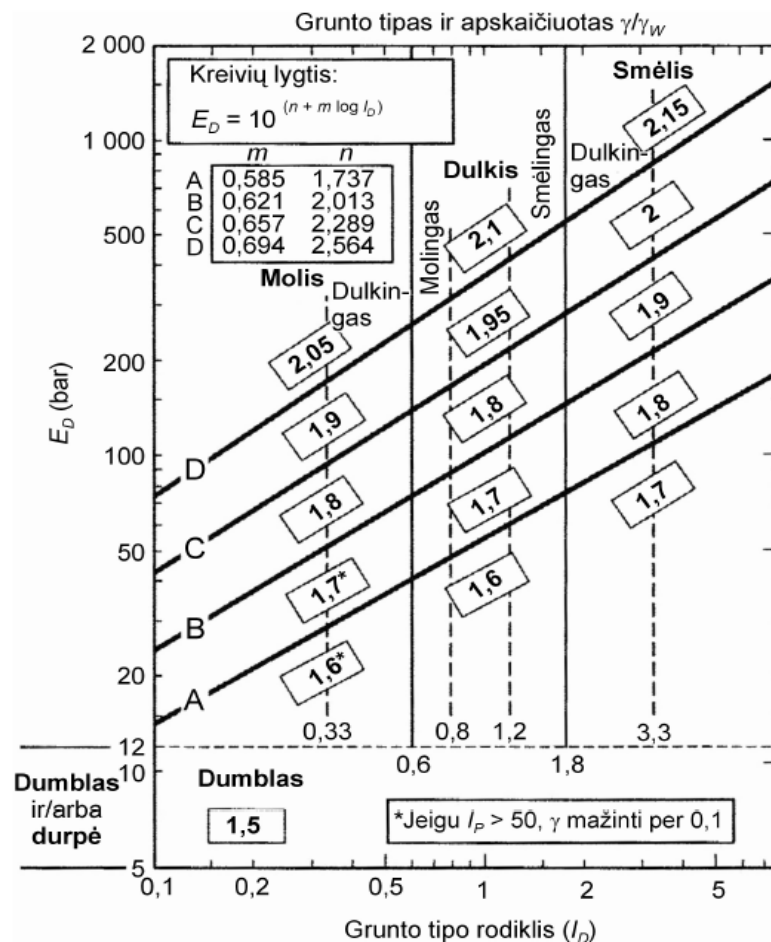
Gr. Nr.	Gillis, m	I _D (DMT)	Molis	Dulkis			Smėlis			Žvyras	Grunto tipas pagal I _D (DMT)	Grunto tipas pagal R _f (CPT)	Grunto pavadinimas, pagal LST EN ISO 14688-2
				Sulkus	Vidutinis	Rupus	Sulkus	Vidutinis.	Rupus				
				<0,002	0,0063-0,02	0,02-0,063	0,063-0,2	0,2-0,63	0,63-2				
66	5,50 - 5,80	0,28	24,00	11,40	13,70	15,40	21,30	10,00	3,00	1,20	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
66	5,80 - 6,10	0,30	21,30	10,10	14,20	18,70	18,70	11,50	3,00	2,50	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
66	7,70 - 8,0	0,32	24,30	9,80	13,40	15,50	19,80	11,00	3,43	2,80	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
66	10,30-10,50	0,32	28,60	10,50	14,50	16,90	15,60	9,40	3,10	1,40	Molis	Smėlingas molis	Smėlingas molis
76	3,80 - 3,95	0,29	15,80	7,90	12,80	15,80	26,00	15,00	4,10	2,60	Molis	Smėlingas molis	Smėlingas dulkingas molis
76	6,20 - 6,40	0,31	16,30	11,20	13,90	19,30	23,70	11,20	3,30	1,10	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
76	6,85 - 7,0	0,33	23,20	12,20	14,90	16,60	19,70	8,80	2,90	1,70	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis
76	7,00 - 7,30	0,32	25,40	10,40	15,20	16,80	18,40	9,20	3,20	1,40	Molis	Smėlingas dulkingas molis	Smėlingas dulkingas molis

Nustačius gruntų tipus, galima teigti, jog pagal LST EN ISO 14688-2 klasifikavimą 100 proc. atitinka CPT metodas, o DMT metodu nustatyti molinių gruntų pavadinimai nėra taip smulkiai išskiriami.

2.3.3. Gruntų fizinių ir mechaninių savybių nustatymas

Nustačius gruntų tipą, buvo suskaičiuotas jų savitasis sunkis γ (angl. *unit weight*). Pagal Saraiva Cruz (2008), kiekvienas geologinis sluoksnis išskiriamas pagal tam tikrą savitojo sunkio vertę (6 lentelė).

Tolimesniems skaičiavimams savitasis sunkis buvo gaunamas iš Marchetti ir Crapps (1981) pateiktos diagramos (15 pav.), todėl pagal gautą I_D buvo gautos savitojo sunkio vertės, kurios palygintos su laboratorijoje gautomis savitojo sunkio vertėmis (vertės paimtos iš tyrimų ataskaitos, Gadeikis ir kt., 2010).



15 pav. Grunto tipo ir savitojo sunkio nustatymo diagrama pagal Marchetti ir Crapps, 1981 (Gadeikis ir kt., 2010) (1bar=100kPa)

6 lentelė. Gruntų tipo nustatymas pagal savitąjį sunkį (Cruz, 2006)

Savitasis sunkis γ (kN/m^3)	Grunto tipas
Nuo 17,50 iki 18,00	Molis - molingas dulkis
18,00	Dulkingas molis – molingas dulkis
19,05	Smėlingas dulkis
19,00	Smėlingas molis

Nustačius vidutines vertes kiekviename gręžinių metre savitojo sunkio duomenys buvo palyginami su CPT ir pagal tankį (ρ) gautais savitojo sunkio rezultatais. Pastebėta, jog savitasis sunkis yra 20,5 – 21 kN/m^3 - šios vertės pažymi dulkingo molio ir molingos dulkių buvimą sluoksnyje (7 lentelė). Taip pat buvo paskaičiuotas savitasis sunkis (12):

$$\gamma = \rho * 9,8 (\text{kN} / \text{m}^3) \quad (12)$$

čia:

čia ρ – gamtinis (masės) tankis, Mg/m^3 ;

g – laisvojo kritimo pagreitis, ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

7 lentelė. Vidutinės savitojo sunkio vertės ir procentinis skirtumas.

Gręžinio nr.	Gylis, (m)	γ (DMT) (kN/m ³)	γ (CPT) (kN/m ³)	γ pagal tankį (kN/m ³)	ρ , Mg/m ³	γ skirtumas tarp DMT ir CPT, %	γ skirtumas tarp DMT ir laboratorijos, %
58	0,40 - 1,00	21,0	15,5	26,56	2,71	26,19	26,48
58	1,00 - 2,00	20,5	15,5	26,46	2,7	24,39	29,07
58	2,00 - 15,00	21,0	22,3	26,36	2,69	6,19	25,52
60	0,40 - 10,00	20,5	22,3	26,66	2,72	8,78	30,05
60	10,00 - 12,00	21,0	22,3	26,66	2,72	6,19	26,95
60	12,00 - 15,00	20,5	19,6	26,46	2,7	4,39	29,07
62	0,40 - 14,20	20,5	22,3	26,46	2,7	8,78	29,07
66	0,40 - 12,00	20,5	22,3	26,36	2,69	8,78	28,59
68	0,40 - 10,00	20,5	19,6	26,36	2,69	4,39	28,59
76	0,40 - 8,00	20,5	15,8	26,26	2,68	22,93	28,10
76	8,00 - 9,60	21,0	19,6	26,66	2,72	6,67	26,95

Lyginant DMT su kitais metodais, šiuo atveju CPT ir laboratorija, savitojo sunkio vertės mažiausiai skiriasi tarp DMT ir CPT. Maksimalus skirtumas tarp verčių yra 26,19 %.

Moreninių gruntų pertankinimo koeficientas (OCR). Atlikus CPT skaičiavimus moreniniams gruntams (gtIIIbl, gIIIgr) pertankinimo koeficientas (OCR) buvo paskaičiuotas iš statinio zondavimo duomenų naudojantis Powell (1988) pasiūlyta lygtimi (13).

$$OCR_{CPT} = k \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} \right) = k * Q_i \quad (13)$$

čia:

k – empirinis koeficientas, kuris kinta 0,2–0,5 intervale ($k = 3$);

q_t – kūginis stipris koreguotas dėl porinio slėgio, MPa;

σ'_{vo} – suminis geostatinis slėgis, MPa;

σ_{vo} – efektyvusis geostatinis slėgis, MPa;

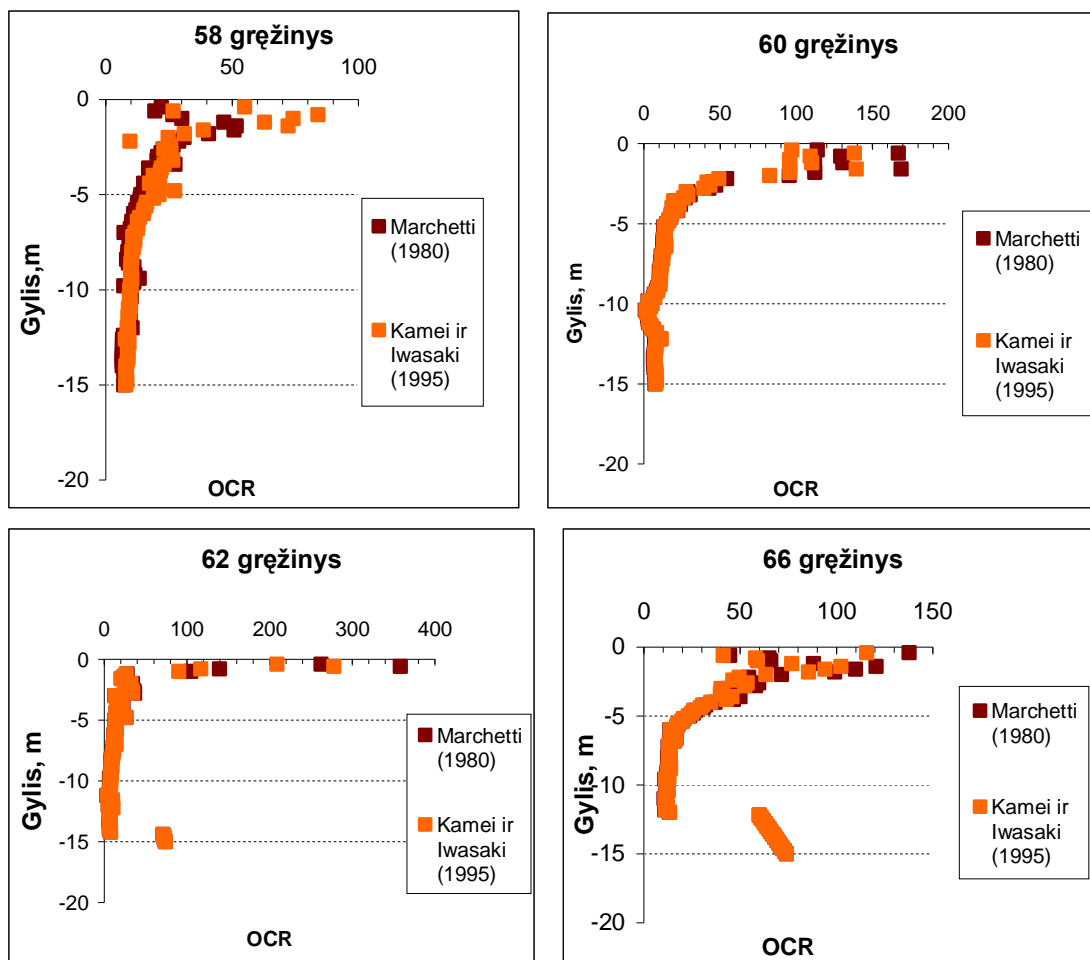
Q_t – normalizuotas kūginis stipris, vnt.d., ($Q_t = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}$)

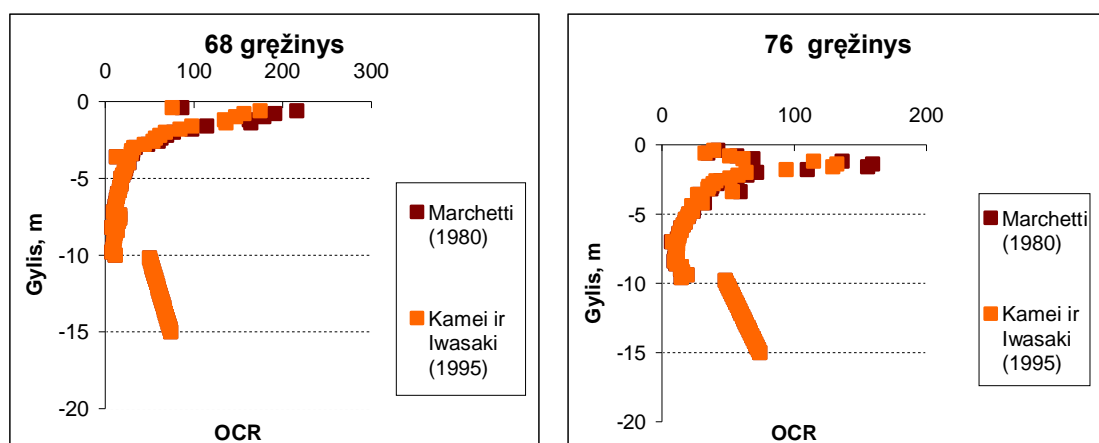
$OCR_{(DMT)}$ paskaičiuotas pagal Marchetti(14), Iwasaki ir Kamei (15) pasiūlytas lygtis (16 pav.)

Skaičiavimams panaudoti duomenys gauti iš pagrindinių gręžinių atrinkus tipinius aikštelės pjūvius (ataskaita, Gadeikis ir kt., 2010) .

$$OCR_{DMT} = (0,5 * K_D)^{1,56} \quad (14)$$

$$OCR_{DMT} = (0,47 * K_D)^{1,43} \quad (15)$$





16 pav. OCR_{DMT} pasiskirstymas gilyje pagal Marchetti, Kamei ir Iwasaki pasiūlytas lygtis.

Natūralus grunto sutankinimas įvertinamas pagal konsolidacijos rodiklio OCR (angl. *over consolidation ratio*) reikšmę, kuri rodo didžiausiojo reliktinio slėgio ir geostatinio slėgio santykį grunte. Gruntų klasifikavimas pagal konsolidacijos rodiklį (Sližytė ir kt., 2012) pateiktas 8 lentelėje.

8 lentelė. Gruntų pavadinimas pagal konsolidacijos rodiklį (Sližytė ir kt., 2012)

Papildomas grunto pavadinimas	Konsolidacijos rodiklis OCR
Normaliai pertankintas	1,0–1,5
pertankintas	1,5–10,0
Labai pertankintas	>10

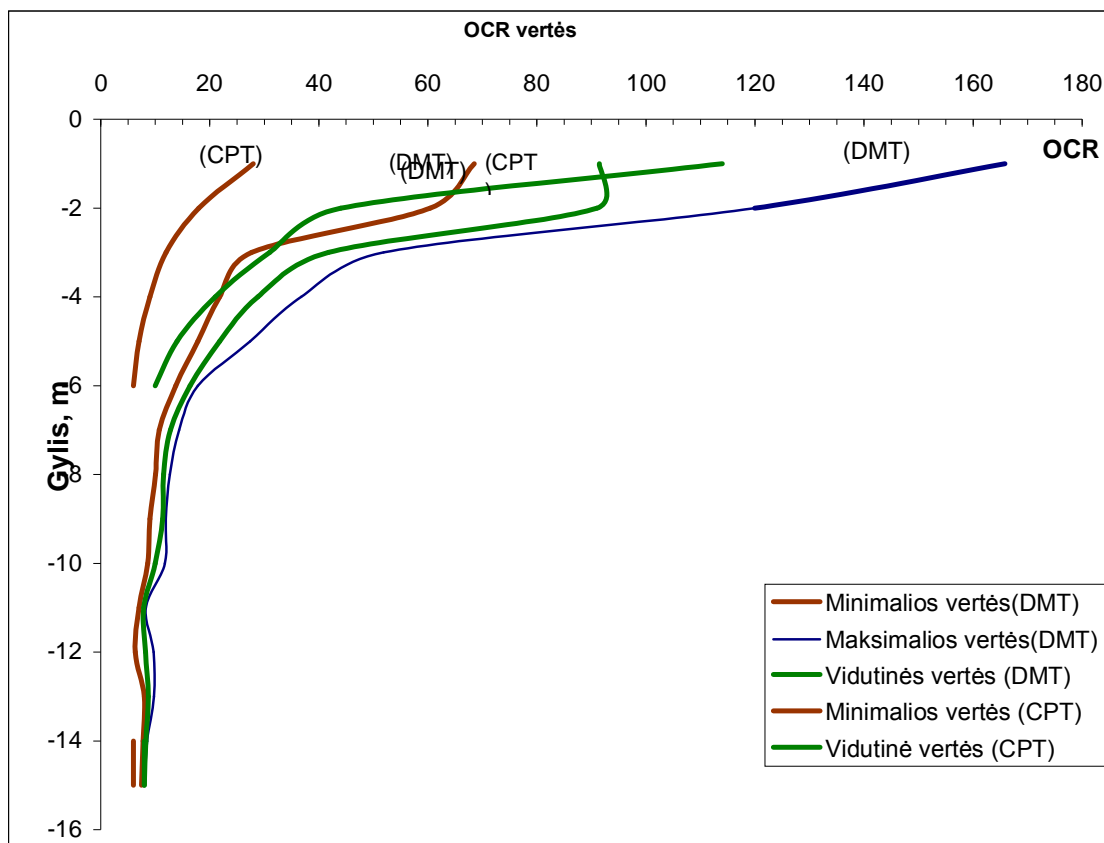
Normaliai pertankintas arba sutankėjęs būvis charakterizuojamas grunto poringumu, kuris atitinka veikiančią gamtinę slėgį. Nesukonsoliduotais vadinami gruntai, kurių poringumas, esant gamtiniam slėgiui, didesnis už poringumą esant tokiam pat slėgiui optimaliomis tankėjimo sąlygomis. Perkonsoliduotais gruntais vadinami gruntai, kurių poringumas, esant gamtiniam slėgiui, mažesnis nei poringumas, atitinkantis tokį pat slėgį optimaliomis tankėjimo sąlygomis (Sližytė ir kt., 2012). Įvertinant gruntų OCR, pirmiausia gruntai buvo suskaidyti į sluoksnius pagal gylį. Kiekviename gilyje apskaičiuotos minimalios, maksimalios ir vidutinės OCR (pagal Marchetti) vertės (9 lentelė).

9 lentelė. Moreninių gruntų OCR pasiskirstymo gylyje suvestinė lentelė (pagal CPT ir DMT duomenis)

Gylis, m	Perkonsolidavimo koeficiento OCR vertės						Perkonsolidavimo lygmuo
	Minimali		Vidutinė		Maksimali		
	CPT	DMT	CPT	DMT	CPT	DMT	
1	28	68	114	91	284	166	Labai perkonsoliduoti
2	18	60	44	91	114	120	Labai perkonsoliduoti
3	12	28	31	42	56	52	Labai perkonsoliduoti
4	9	22	21	29	42	37	Labai perkonsoliduoti
5	7	18	14	22	23	27	Labai perkonsoliduoti
6	6	14	10	16	16	18	Perkonsoliduoti
							Labai perkonsoliduoti
7	7	11	10	13	15	14	Perkonsoliduoti
							Labai perkonsoliduoti
8	6	10	9	12	14	13	Perkonsoliduoti
							Labai perkonsoliduoti
9	6	9	8	11	10	12	Perkonsoliduoti
							Labai perkonsoliduoti
10	6	9	8	10	10	12	Perkonsoliduoti
11	6	7	8	8	10	8	Perkonsoliduoti
12	6	6	8	8	9	10	Perkonsoliduoti
13	6	8	6	9	7	10	Perkonsoliduoti
14	5	8	7	8	6	9	Perkonsoliduoti
15		8		8		8	Perkonsoliduoti

Iš lentelėje pateiktos suvestinės matoma, jog vyrauja du pertankinimo lygmenys: labai pertankinti ir pertankinti moreniniai dulkingi gruntai. Pagal CPT duomenis labai pertankintas gruntas vyrauja iki 6 metrų, toliau-pertankintas. Pagal DMT labai pertankintas gruntas vyrauja iki 10 metrų.

OCR suvestinėje diagramoje (17 pav.) matyti staigus pasikeitimas ties 6 metrais (iki šio gylio dulkingi moliai turi mažą poringumą, o juos slepia gamtinis slėgis). Iš vidutinių verčių suvestinės diagramos galima spręsti, jog ryškus gruntų tipų sluoksnių pasikeitimas yra ties 4m.



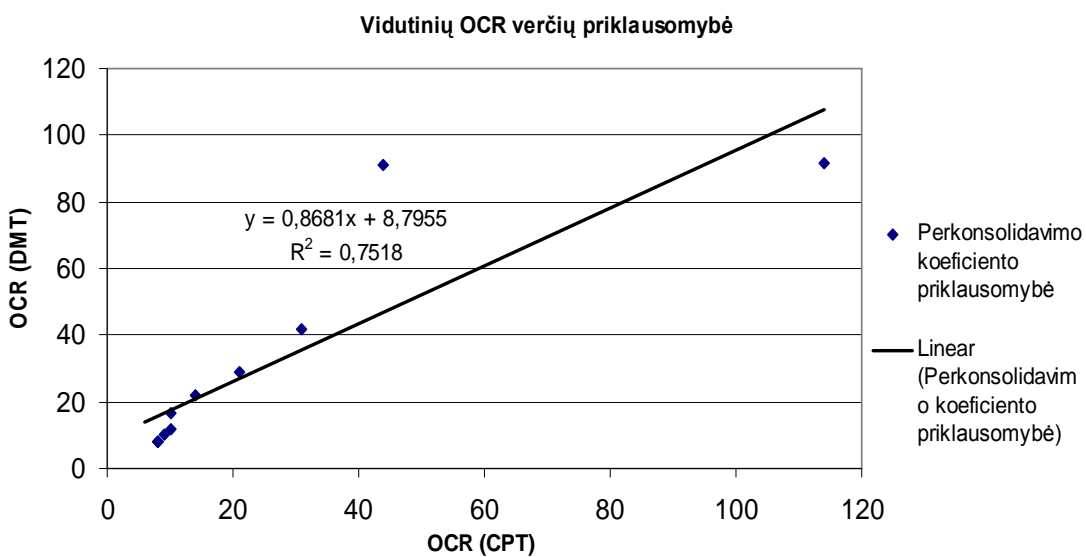
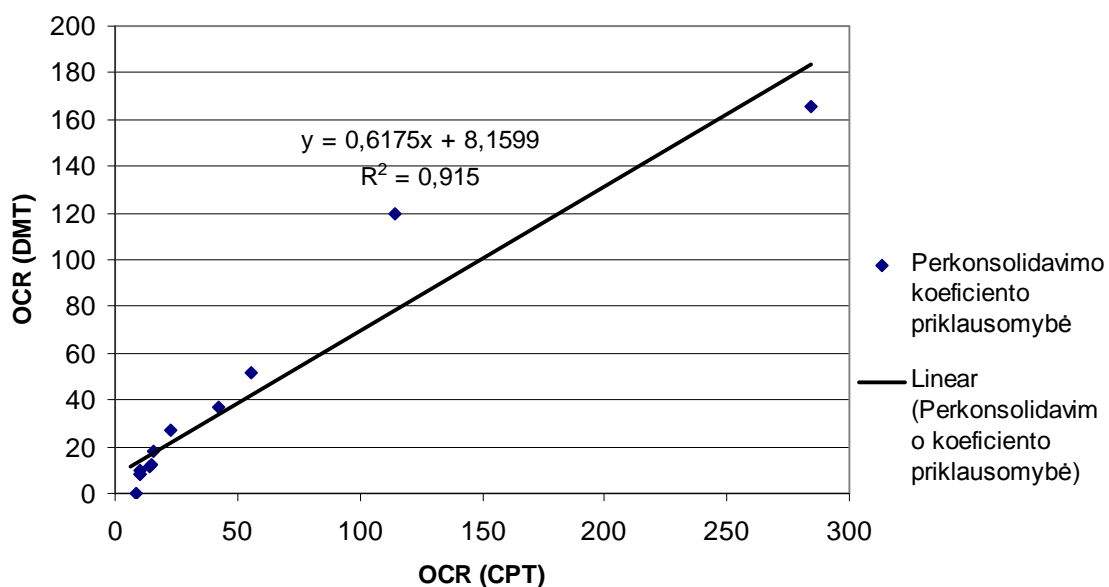
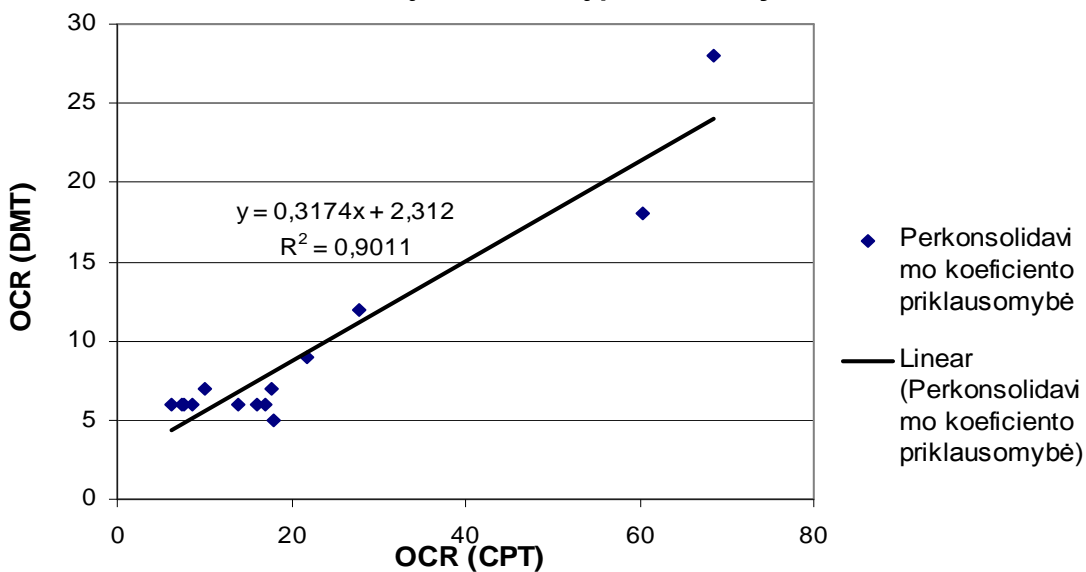
17 pav. OCR_{DMT} ir OCR_{CPT} verčių suvestinė diagrama.

Pagal pateiktas tiesinės priklausomybės lygtis (18 pav.) gautas koreliacinis ryšys tarp OCR_{DMT} ir OCR_{CPT} yra stiprus arba labai stiprus:

- Minimalių vidutinių verčių priklausomybė OCR_{DMT} nuo OCR_{CPT} – $R^2=0,90$;
- Maksimalių vidutinių verčių priklausomybė OCR_{DMT} nuo OCR_{CPT} – $R^2=0,92$;
- Vidutinių verčių priklausomybė OCR_{DMT} nuo OCR_{CPT} – $R^2=0,75$

Buvo paskaičiuotas procentinis OCR verčių skirtumas tarp DMT ir CPT (10 lentelė)



Minimalių OCR verčių priklausomybė



18 pav. Tiesinės priklausomybės OCR_{DMT} nuo OCR_{CPT}

10 lentelė. OCR verčių skirtumas tarp DMT ir CPT

Perkonsolidavimo koeficiento OCR vertės									
Gylis, m	Minimali			Vidutinė			Maksimali		
	CPT	DMT	Skirtumas, %	CPT	DMT	Skirtumas, %	CPT	DMT	Skirtumas, %
1	28	68	58,82	114	91	25,27	284	166	71,08
2	18	60	70,00	44	91	51,65	114	120	5
3	12	28	57,14	31	42	26,19	56	52	7,69
4	9	22	59,09	21	29	27,59	42	37	13,51
5	7	18	61,11	14	22	36,36	23	27	14,81
6	6	14	57,14	10	16	37,50	16	18	11,11
7	7	11	36,36	10	13	23,08	15	14	7,14
8	6	10	40,00	9	12	25,00	14	13	7,69
9	6	9	33,33	8	11	27,27	10	12	16,67
10	6	9	33,33	8	10	20,00	10	12	16,67
11	6	7	14,29	8	8	0,00	10	8	25,0
12	6	6	0	8	8	0,00	9	10	10,0
13	6	8	25,0	6	9	33,33	7	10	30,0
14	5	8	37,50	7	8	12,50	6	9	33,33
15		8	100		8	100		8	100

 Didžiausias skirtumas
 Mažiausias skirtumas

Didžiausias OCR verčių skirtumas tarp DMT ir CPT yra nuo 1 iki 2 metrų. 11-12 metrų gylyje OCR vertės yra vienodos.

Molinių gruntų stipruminės savybės buvo nustatytos:

- triašio gniuždymo bandymu - nustatomas nedrenuotas grunto atsparumas šlyčiai (c_u);
- grunto kompresiniu bandymu - pakopinis bandymas odometru – grunto spūdumo įvertinimas.

Norint gauti nedrenuoto grunto atsparumas šlyčiai (c_u) taikant dilatometrinius duomenis buvo naudojamos šios Marchetti (1980) lygtys (16):

$$c_u = 0,22 * \sigma'_v * (0,5 * K_D)^{1,25}; \quad (16)$$

- $c_u = 0,35 * \sigma'_v * (0,47 * K_D)^{1,14}$ (Marchetti, vėlesnių tyrimų metu). (17)

c_u pagal CPT duomenis buvo paskaičiuotas pagal formulę (Lunne ir kt., 1997) (13):

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_{kt}}, \quad (18)$$

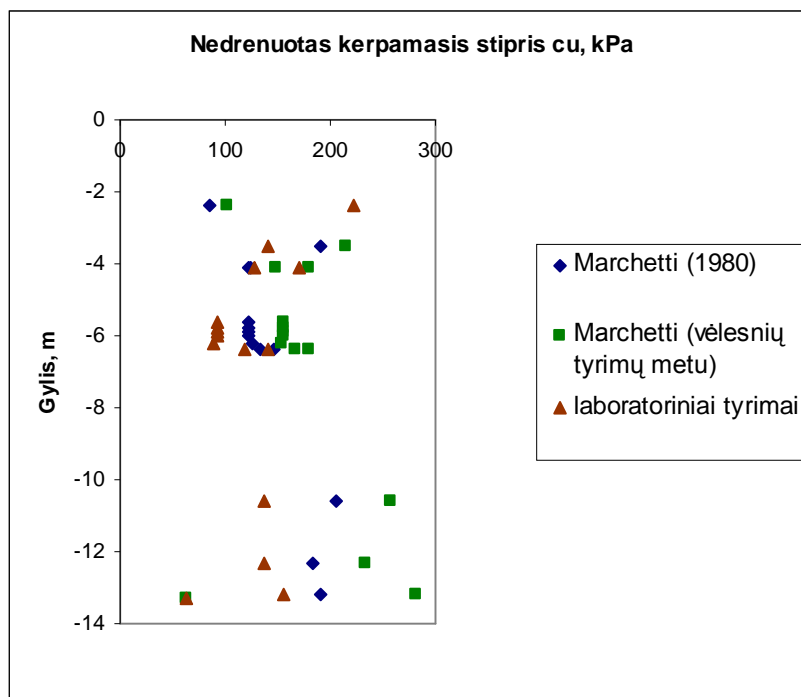
čia:

q_t – koreguotas kūginis stipris;

σ_{ov} – geostatinis slėgis, MPa;

N_{kt} – empirinis kūgio koeficientas (N_{kt} moliniams gruntams lygus 20)

Gautos skaičiavimo vertės pateiktos lentelėje (16 lentelė) ir c_u priklausomybės nuo gylio diagramoje (19 pav.). Gylis parinktas pagal gautas vertes atliekant bandymus stabilometru laboratorijoje. Lyginant kiekvieno metodo gautus rezultatus vertės skiriasi nuo 0,53% iki 1,39%. Toks rezultatas parodo patikimą skaičiavimų lygmenį. O verčių išsidėstymas diagramoje rodo neaiškią priklausomybę nuo gylio, nes koreliacinis ryšys labai silpnas, tačiau nežiūrint į tai, galima teigti, jog turint didesnę duomenų kiekį priklausomybės vertė pakistų.



19 pav. Nedrenuoto kerpamojo stiprio pasiskirstymas gilyje.

11 lentelėje pateikti rezultatai, kurie rodo procentinį skirtumą tarp metodų. Mažiausią rezultatų skirtumą turi c_u (CPT) ir c_u (DMT pagal Marchetti, 1980). Antras pagal mažiausią procentinį


skirtumą yra c_u (triacis bandymas) ir c_u (DMT pagal Marchetti, 1980). Galima teigti, jog skaičiuojant nedrenuoto kerpamjo stiprio vertes (c_u DMT) patartina naudoti 1980 metų Marchetti pateiktą lygtį:

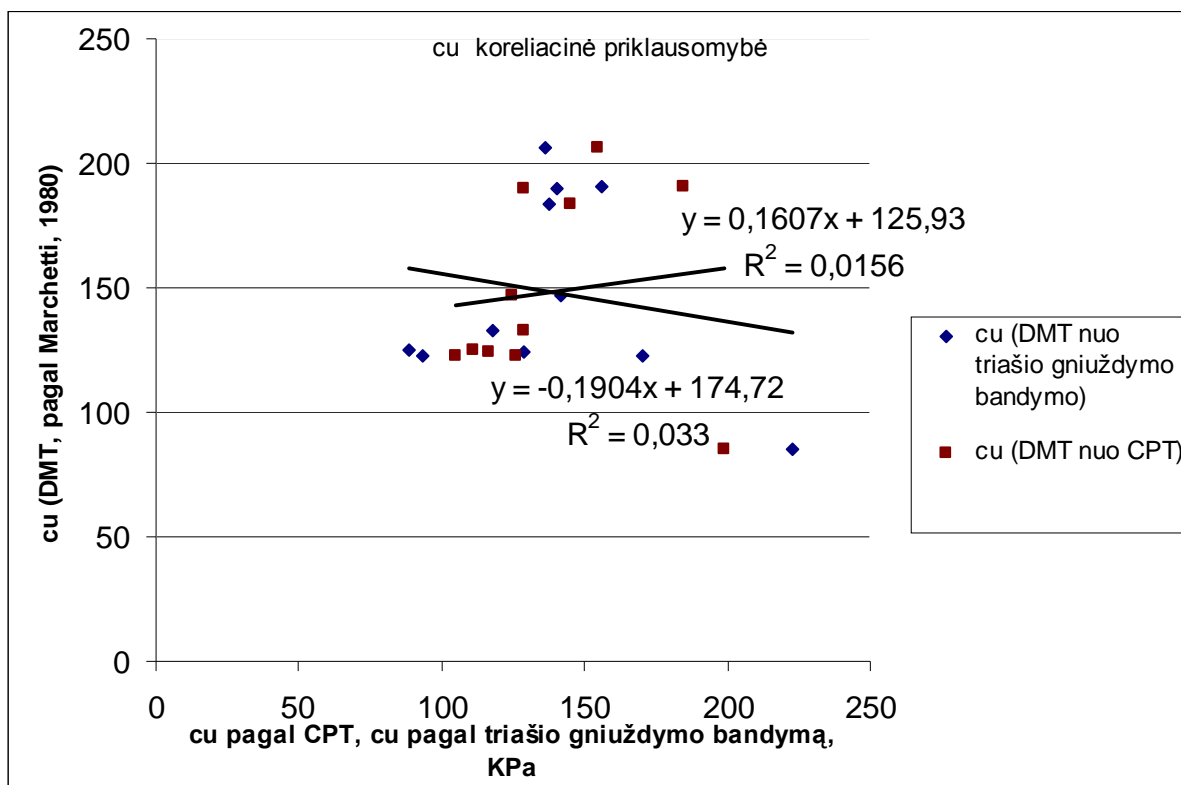
$$c_u = 0,22 * \sigma'_v * (0,5 * K_D)^{1,25}$$

11 lentelė. c_u rezultatai pagal atliktus skaičiavimus.

Grežinio nr.	Gylis, m	c_u , kPa (DMT Marchetti, 1980)	c_u , kPa (Marchetti, velesnių tyrimų metu)	c_u , kPa (Triacis gniuždymo bandymas)	c_u , kPa CPT	% Vid. skirtumas tarp c_u (CPT) ir DMT (veles ni tyrimai)	% Vid. skirtumas tarp c_u (CPT) ir DMT (1980)	% Vid. skirtumas tarp c_u (UU*) ir DMT (1980)	% Vid. skirtumas tarp DMT (velesni tyrimai)
58	4,00- 4,20	122,5	180,34	170	125,9	30,19	2,70	27,94	6,08
58	13,00- 13,30	191	280,99	156,07	184,3	34,41	3,64	22,38	80,04
60	4,00- 4,20	124	148,75	128,52	116,8	21,48	6,16	3,52	15,74
60	5,80- 6,20	123	155,92	93,45	104,9	32,72	17,25	31,62	66,85
60	6,20- 6,60	125	153,84	88,67	111,2	27,72	12,41	40,97	73,50
62	2,30- 2,50	85,5	101,40	222,60	198,7	95,96	56,97	61,59	54,45
62	12,20- 12,40	183,5	233,38	137,43	145,4	37,70	26,20	33,52	69,82
66	6,10- 6,40	147	180,34	141,52	124,6	30,91	17,98	3,87	27,43
66	10,50- 10,70	206	257	136,41	154,3 4	39,95	33,47	51,02	88,40
76	3,40- 3,60	190	215,60	140,47	128,6	40,35	47,74	35,26	53,48
76	6,55- 6,70	132,5	166,60	117,97	128,6	22,81	8,27	8,27	41,22

*UU - triacis gniuždymo bandymas

 - Mažiausias procentinis skirtumas



20 pav. c_u priklausomybė ir koreliacinis ryšys

Sudarytoje priklausomybės diagramoje (20 pav.) dilatometrinio kerpamojo stiprio priklausomybė nuo statinio zondavimo bei triašio gniuždymo bandymo kerpamojo stiprio gaunamas silpnas koreliacinis ryšys tarp metodų c_u verčių:

- c_u (DMT nuo triašio gniuždymo) – $R^2=0,0156$;
- c_u (DMT nuo CPT) – $R^2=0,033$

2.3.4. Deformacinių savybių nustatymas moliniame grunte

Gauti rezultatai buvo palyginami su nustatytais moreninio grunto deformacinių savybių rezultatais atliekant bandymą plokšte. Statinis štampos bandymas buvo atliktas prie Nr. 58, 65, 68, 71, 74, 77, 80 gręžinių. Iš bandymo rezultatų paskaičiuoto (pagal GOST 20276–99) deformacijų modulio (E) vidutinė vertė yra ~ 9,8 MPa (12 lentelė) (Gadeikis ir kt., 2010).

Šalia gręžinių atlikto DMT tyrimo vidutinės deformacijų modulio vertės yra 15 - 16 MPa (12 lentelė). Lyginant su statinio štampo metu gautais rezultatais E_{DMT} vertės yra minimaliai didesnės už E_{PLT} . Būtina paminėti, jog deformacijų modulis ir Jungo modulis – nėra tas pats. Deformacijų modulis turi būti naudojamas kartu su grunto tipo nustatymo rodikliais I_D bei K_D . Deformacinėms savybėms nustatyti buvo išrinkti gyliai su didesnėmis q_c (CPT) vertėmis. Deformacijų modulio nustatymui naudota grunto kompresinio (odometrinio) spūdumo bandymai (LST CEN ISO/TS 17892-5:2005.). Vėliau atlikus deformacijų modulio skaičiavimus pastarieji palyginti su odometro bei pagal GOST rekomendacijas atliktais skaičiavimais. Skirtingų metodų skaičiavimais rezultatai skiriasi nuo 1% iki 73% (13 lentelė).

12 lentelė. Tyrimų statiniu štampu rezultatai (Gadeikis ir kt., 2010)

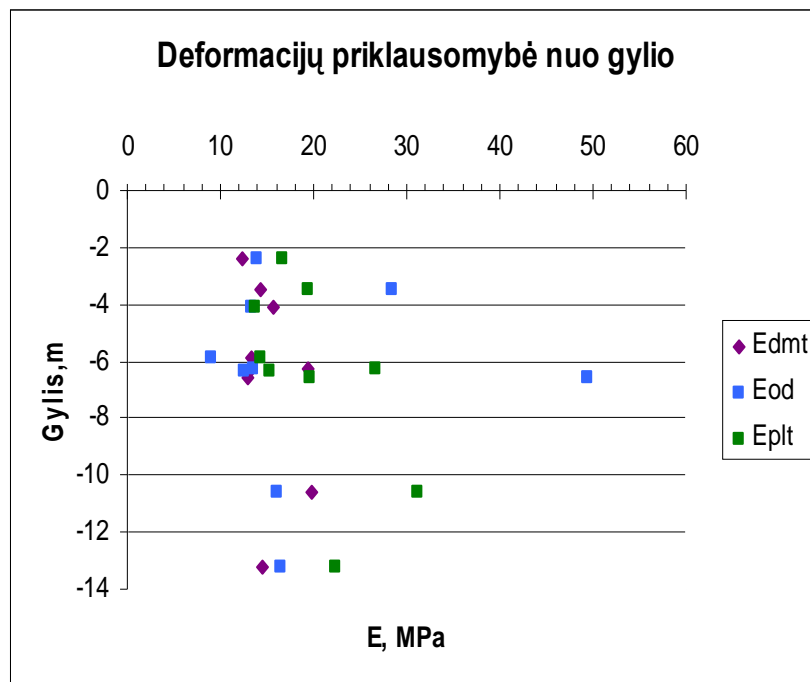
Gręžinio Nr.	Grunto pavadinimas	Geologinis indeksas	Deformacijų modulis E_{PLT} , (MPa)	Deformacijų modulis E_{DMT} , (MPa)
58	sasiCl	gIIIgr	11,60	15
68	sasiCl	gIIIgr	11,60	16

13 lentelė. Deformacijų modulio rezultatų suvestinė.

Gręž. nr.	Gylis, m	E_{OD}				E_{DMT}	$E_{(PLT)}$
		0,1–0,2	0,2–0,4	0,4–0,8	0,1–0,8		
58	4,00						
58	5,5 - 5,8	8,26	15,68	24,17	14,6	13,30	13,76
58	12,4 - 12,6	9,71	14,44	17,24	13,8	16,43	22,45
60	4,00						
60	4,5 - 4,8	7,87	13,33	25,24	15,48	9,00	14,35
60	6,9 - 7,2	7,17	13,11	21,11	13,8	12,5	15,36
60	8,4 - 8,6	7,78	12,38	21,86	14,01	14,00	16,6
62	4,00						
62	2,0 - 2,3	12,66	19,42	32,13	21,4	13,5	26,76
62	4,2 - 4,4	14,29	19,8	30,08	21,39	16,00	31,15
62	11,8 - 12,0	9,17	14,23	23,39	15,6	28,5	19,39
62	12,0 - 12,2	7,97	12,94	22,54	14,48	49,5	19,56
66	4,00						
66	5,5 - 5,8	14,81	11,66	22,04	16,17	12,65	19,88
66	5,8 - 6,1	8,37	12,82	22,1	14,43	12,56	17,62
66	7,7 - 8,0	11,11	14,65	24,1	16,62	14,5	20,9
66	10,3 - 10,5	7,41	10,31	18,06	11,93	20,3	54,7

Visi metodai tam tikrame gylyje rodo skirtingas deformacijų vertes, kurios skiriasi nuo 23 iki 34 %

Atlikus skaičiavimus su skirtingų metodų duomenimis, suvestinės vertės pavaizduotos koreliacijos diagramoje (21 pav.)



21 pav. Deformacijų modulio verčių pasiskirstymas gylyje pagal skirtingus metodus E_{DMT} , E_{OD} , E_{PLT}

IŠVADOS

1. Dilatometrijos metodas – modernus geotechninių tyrimų metodas, plačiai naudojamas pasaulyje. Lietuvoje iki šiol metodo naudojimo galimybės nėra pakankamai ištirtos, tačiau surinkta ir pateikta laboratorinių ir geotechninių lauko tyrimo metodų apžvalga leido išsamiai susipažinti šiuo metu pasaulio tyrimų praktikoje naudojamais būdais, skirtais įvertinti gruntų fizines ir mechanines savybes..
2. Visame tyrimų plote, po morena slūgso viršutinio ir vidurinio pleistoceno Grūdės stadijos ir Medininkų ledyno akvagliacialinės nuogulos (agIII-II). Hidrogeologiniu požiūriu gruntinis vanduo vyrauja arčiausi žemės paviršiaus. Antrasis vandeningas sluoksnis slūgso ant Medininkų svitos (gIIId) moreninių nuogulų arba to paties amžiaus limogliacialinių darinių (molio ar molingo dulkio) .
3. Pagal DMT nustatytas gruntų pavadinimas yra molis arba dulkingas molis. Pagal CPT ir LST EN ISO 14688-2 klasifikaciją gruntų tipas: smėlingas dulkingas molis arba smėlingas molis. Nustačius gruntų tipus galima teigti, jog pagal LST EN ISO 14688-2 klasifikavimą 100 proc. atitinka CPT metodas, o DMT metodu nustatyti molinių gruntų pavadinimai nėra taip smulkiai išskiriami.
4. Lyginant DMT su CPT ir laboratoriniais tyrimais, savitojo sunkio vertės mažiausiai skiriasi tarp DMT ir CPT. Maksimalus skirtumas tarp verčių yra 26,19 %.
5. Pagal OCR vyrauja du pertankinimo lygmenys: labai pertankinti ir pertankinti moreniniai dulkingi gruntai. Pagal CPT duomenis labai pertankintas gruntas vyrauja iki 6 metrų, toliau pertankintas. Pagal DMT labai pertankintas gruntas vyrauja iki 10 metrų.
6. Skaičiuojant nedrenuoto kerpamojo stiprio vertes pagal DMT patartina naudoti 1980 m. Marchetti pateiktą lygtį. Koreliacinės priklausomybės lygtis ir koreliacinis ryšys R^2 rodo silpną ryšį tarp dilatometrinio kerpamojo stiprio c_u ir statinio zondavimo bei triašio gniuždymo bandymo kerpamojo stiprio
7. Lyginant deformacijų modulio E rezultatus tarp DMT, odometro ir įsukamos plokštės atliktais tyrimais galima teigti, jog nėra didelis rezultatų skirtumas.
8. DMT pakankamai patikimas ir ekonomišką metodą lyginant su kitais nagrinėtais geotechniniais metodais. Šis modernus metodas siūlomas panaudoti ir smėlinių gruntų tyrimuose

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Failmezger, A. ir Bullock, P. J. 2008. *Which in-situ test should I use?*.
2. Failmezger, R. 2006. „*Redesign of Shallow Foundations using Dilatometer Tests—more Case*”.
3. Gadeikis, S. 2007. „*Inžinerinės geologijos lauko tyrimų metodai*”. Vilnius.
4. Gadeikis, S. ir kt. 2012. Ataskaita „*Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapinynas Stabatiškių k., Visagino sav.*“.
5. Godlewski, T. 2007. „*Practical Use of the Dilatometer Tests*”. Some Case Studies from Poland.
6. Marchetti, S.; Monaco, P.; Totani, G. and Calibrese, M. 2001. The flat dilatometer (DMT) in soil investigations. Indonesia. 95-131.
7. Marchetti, S. 1980. “*In situ tests by flat dilatometer*”. Journal of the Geotechnical Engineering. Pages 299-321.
8. Marchetti. 2001. Some 2015 Updates to the TC16 DMT Report 2001.
9. Marchetti ir kt. 2008. „*In Situ Tests by Seismic Dilatometer*“.
10. Nuno Bravo de Faria Cruz. „*Modelling geomechanics of residual soils with DMT tests*”.
11. Paul, W. Mayne. 2006. „*Interrelationships of DMT and CPT readings in soft clays*”.
12. Robertson, P. 2010. CPT-DMT Correlations .
13. Schmertmann, J. H. 1986. “*Dilatometer to compute foundation settlement*”.
14. Sližytė D. ir kt. 2012. Pamatai ir pagrindai. Vadovėlis. Vilnius: Technika. 248 p.
15. Zalesky ir Bühler, Ch. 2007. Dilatometer tests in deep boreholes in investigation for Brenner base tunnel.
16. Žaržojus G. 2010. „*Dinaminio zondavimo rezultatų ir juo įtakančių veiksnių analizės bei sąsajos su statiniu zondavimu Lietuvos gruntuose*“, Daktaro disertacija, Vilniaus universitetas. Vilnius.
17. Conference paper. June 2015. „*Analysis of Dilatometer Test in Clay*“.
18. LST EN ISO 14688-1:2004. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis. Atpažintis ir aprašymas (ISO 14688-1:2002).
19. STR 1.04.02:2004. 2003. Inžineriniai geologiniai (geotechniniai) tyrimai. Vilnius.

Nuoroda į internetą:

1. www.lgt.lt;
2. www.ejpau.media.pl/volume9/issue4/art-45.html;
3. <http://www.igeotest.com>;
4. <http://www.g-i.co.nz/dmtdmt-library.html>;
5. www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/enlaces/The_flat_dilatometer.pdf.

AGNĖS BUTAVIČIŪTĖS

Dilatometrijos tyrimo metodo panaudojimas moliniuose moreniniuose gruntuose Stabatiškių plote (Vilnius)

SANTRAUKA

Didžiąją dalį Lietuvos teritorijos dengia moreniniai gruntai. Norint kuo detaliau ištirti gruntuos, būtina parinkti kuo modernesnius bei kuo tikslesnius geotechninius tyrimų metodus. Geotechninėms savybėms gauti vykdomi lauko tyrimų metodai. Vienas iš pasaulyje plačiai naudojamų metodų - dilatometrinis bandymas Pastarasis metodas Lietuvoje nėra plačiai naudojamas, todėl pasirinkta išnagrinėti šio metodo taikymą Lietuvos moliniuose moreniniuose gruntuose.

Darbo objektas – Lietuvoje esantys moliniai moreniniai gruntai. Tiriamųjų gruntų vieta – Ignalinos atominės elektrinės radioaktyvių atliekų laidojimo aikštelės teritorija, esanti Stabatiškių kaime.

Darbo tikslas – gautų dilatometro bandymo metu grunto tipo rodiklio (I_D), pertankinimo koeficiento (OCR) bei dilatometrinio deformacijų modulio (E_D) duomenų apdorojimas, patikimumo įvertinimas, sąsajos su kitais tyrimų metodais CPT, DPSH.

Darbo uždaviniai:

- susipažinti ir išanalizuoti dilatometrijos metodą (DMT),
- atlikti skaičiavimus su gautais tyrimų duomenimis,
- nustatyti koreliacinius ryšius Lietuvos moreniniuose moliniuose gruntuose tarp dilatometro ir statinio zondavimo metodų.
- naudojantis koreliacinėmis priklausomybėmis įvertinti geotechnines jų savybes.

Išanalizavus dilatometro veikimo principus ir panaudojimo galimybes, „Microsoft excel“ programos pagalba suskaičiuotos geotechninės molinių gruntų savybės, metodas palygintas su statinio zondavimo metodu, laboratorija bei dinaminio zondavimo metodu. Pastarasis metodas neturi jokio ryšio su dilatometrijos metodu, todėl nėra pateikti skaičiavimai. Gauti rezultatai rodo, jog DMT metodas yra tinkamas naudoti tiriant Lietuvos gruntuos, todėl siūloma įvertinti ir smėlinių gruntų geotechnines savybes.

AGNĖS BUTAVIČIŪTĖS

Flat dilatometer test in the till soils of Stabatiškės site

(Vilnius)

SUMMARY

The biggest part of territory of Lithuania is covered of till. For the most detailed researches of soil there it is necessary to pick-up mostly modern and exact geotechnical research methods. The outside research methods are used to get the geotechnical characteristics. One of the most popular research methods in the world is dilatometer test. This one is not the most useful in Lithuania, so that was the reason and decision to analyze the usage of dilatometers test for till soils in Lithuania.

The work object – till soils in the territory of Lithuania. Testing soils place – Ignalina nuclear power plant radioactive waste within the territory of Stabatiškės site.

The aim of paper – the date processing of material index (I_D), overconsolidation ratio (OCR) and dilatometer modulus (E_D), reliability evaluations, the correlations with other test methods (CPT, DPSH).

The work tasks are -

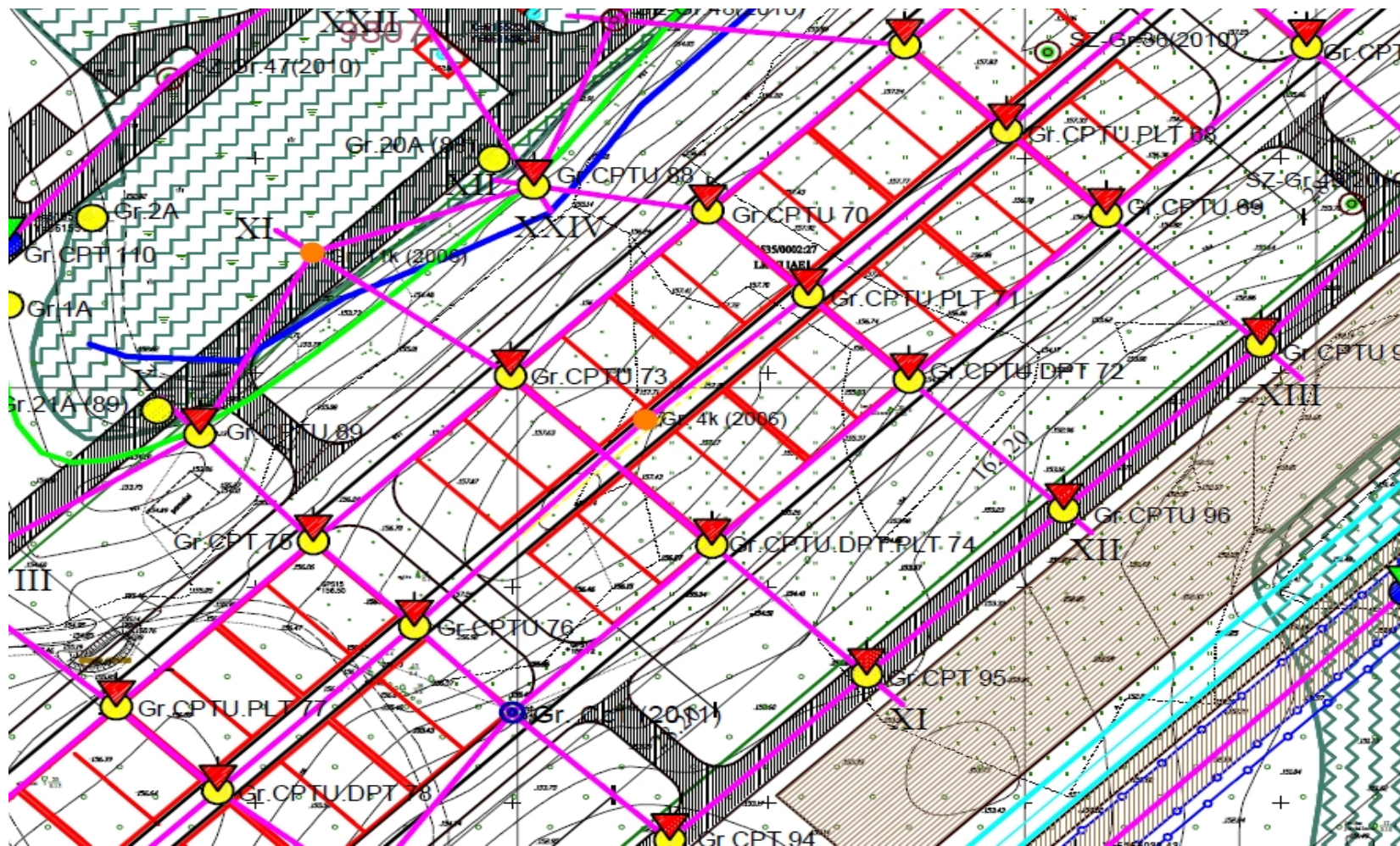
- to check and introduce the method of dilatometer test (DMT);
- to make an accountings of research data;
- to identify the correlation relation in till soils in Lithuania between dilatometer test and cone penetration test;
- to estimate the geotechnical characteristics then using correlation dependencies.

After analyzing the operating principles and the usage opportunities of dilatometer test, counted clay soil geotechnical characteristics using *MS Microsoft excel*, dilatometers test was compared with cone penetration test, laboratories and also dynamic penetration test. The last one does not has any relation with dilatometer test, so the counting's not given. The results shows, that DMT method can be fully used for soil tests in Lithuania's territory to get geotechnical characteristics not only of till soils, but also of sand soils.

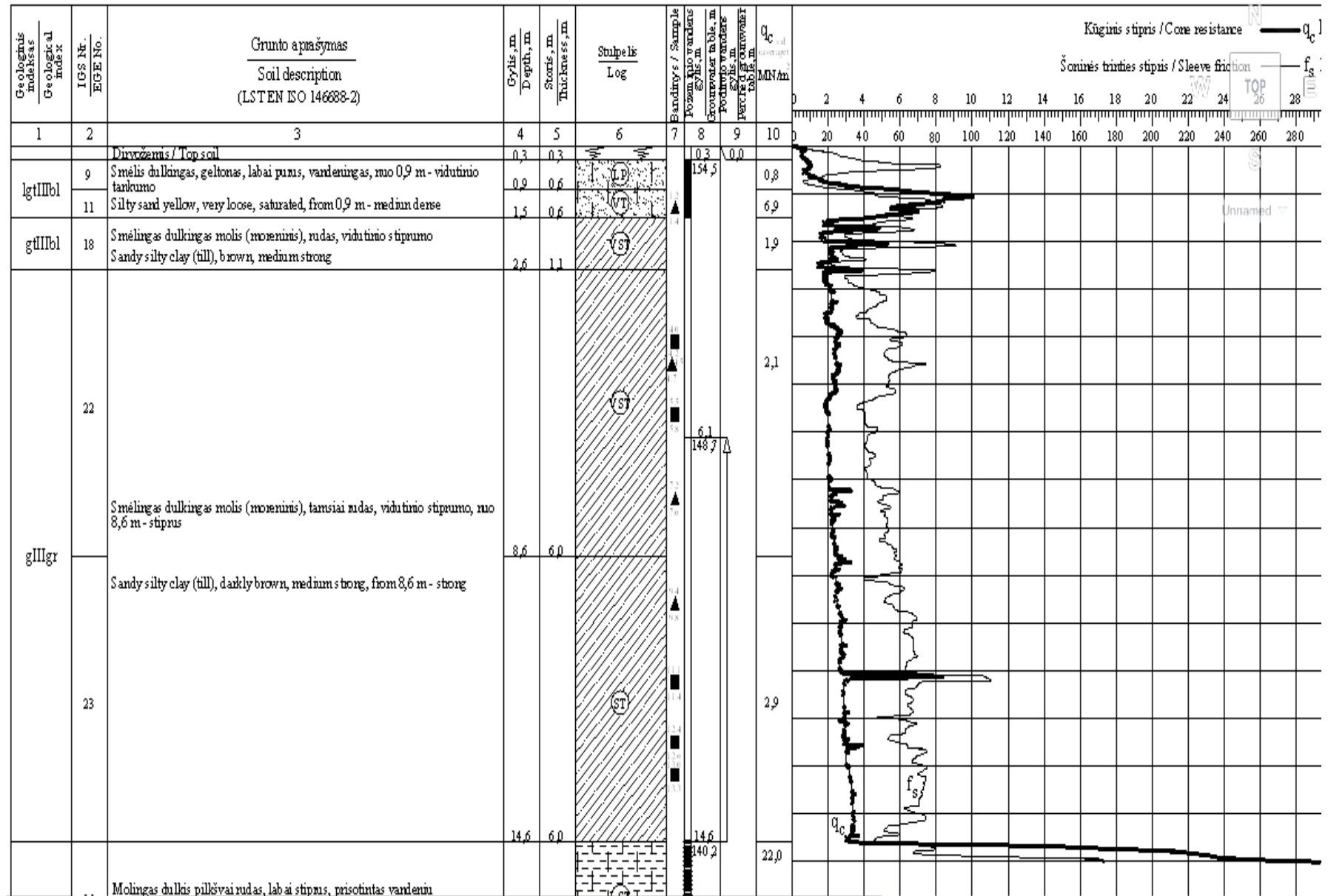
GRAFINIAI PRIEDAI

- A. Atliktų tyrimų teritorijoje planas (1-2)
- B. Grėžiniai su statiniu zondavimu (58 – 76 grėžiniai)
- C. Bandymas išukama plokšte GOST-20276-99 (58, 68 grėžiniai)
- D. Pjūviai (58 – 76 grėžiniai)

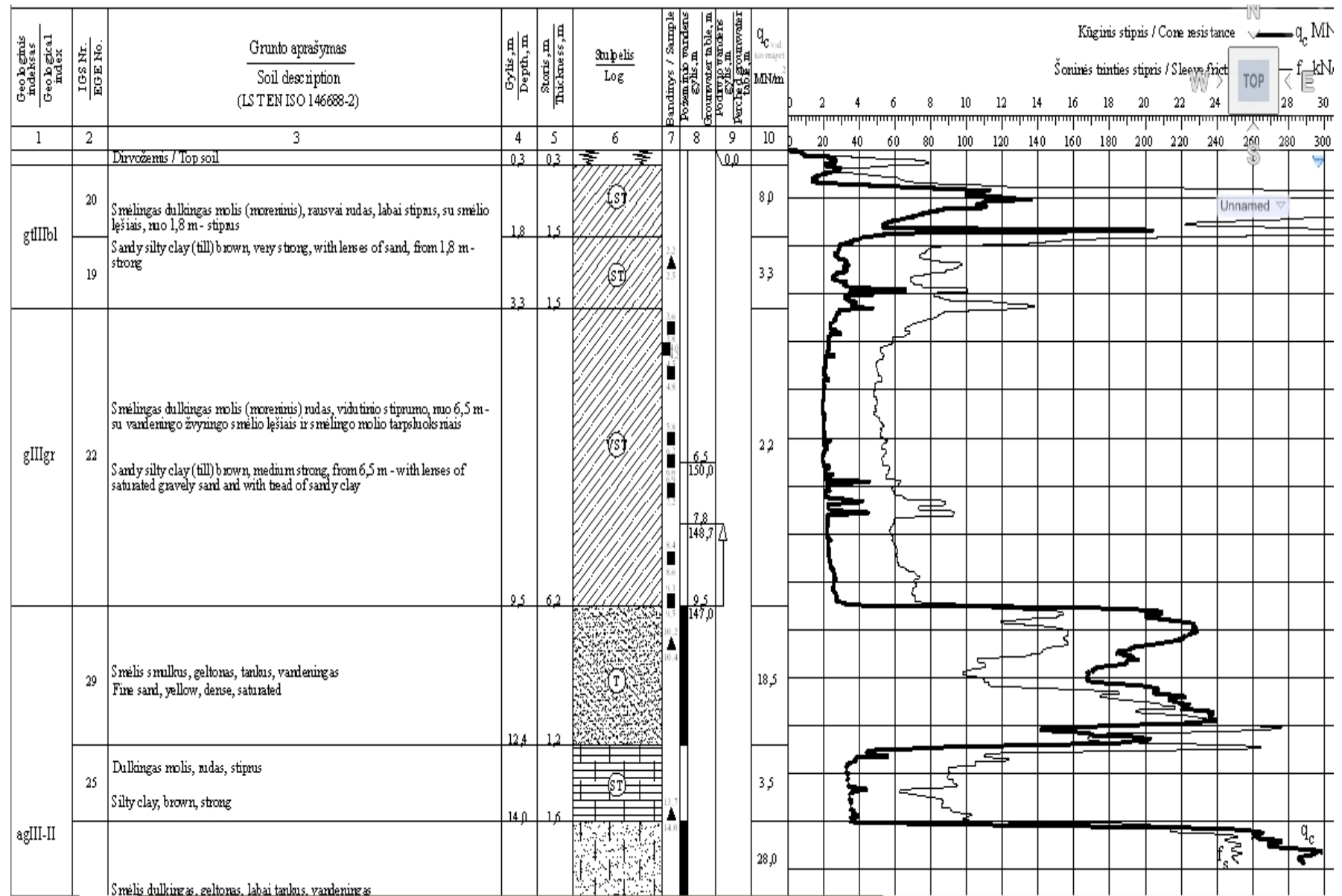
A priedas. ATLIKTŲ TYRIMŲ TERITORIJOJE PLANAS (1)



B priedas. 58 GREŽINYS, CPT

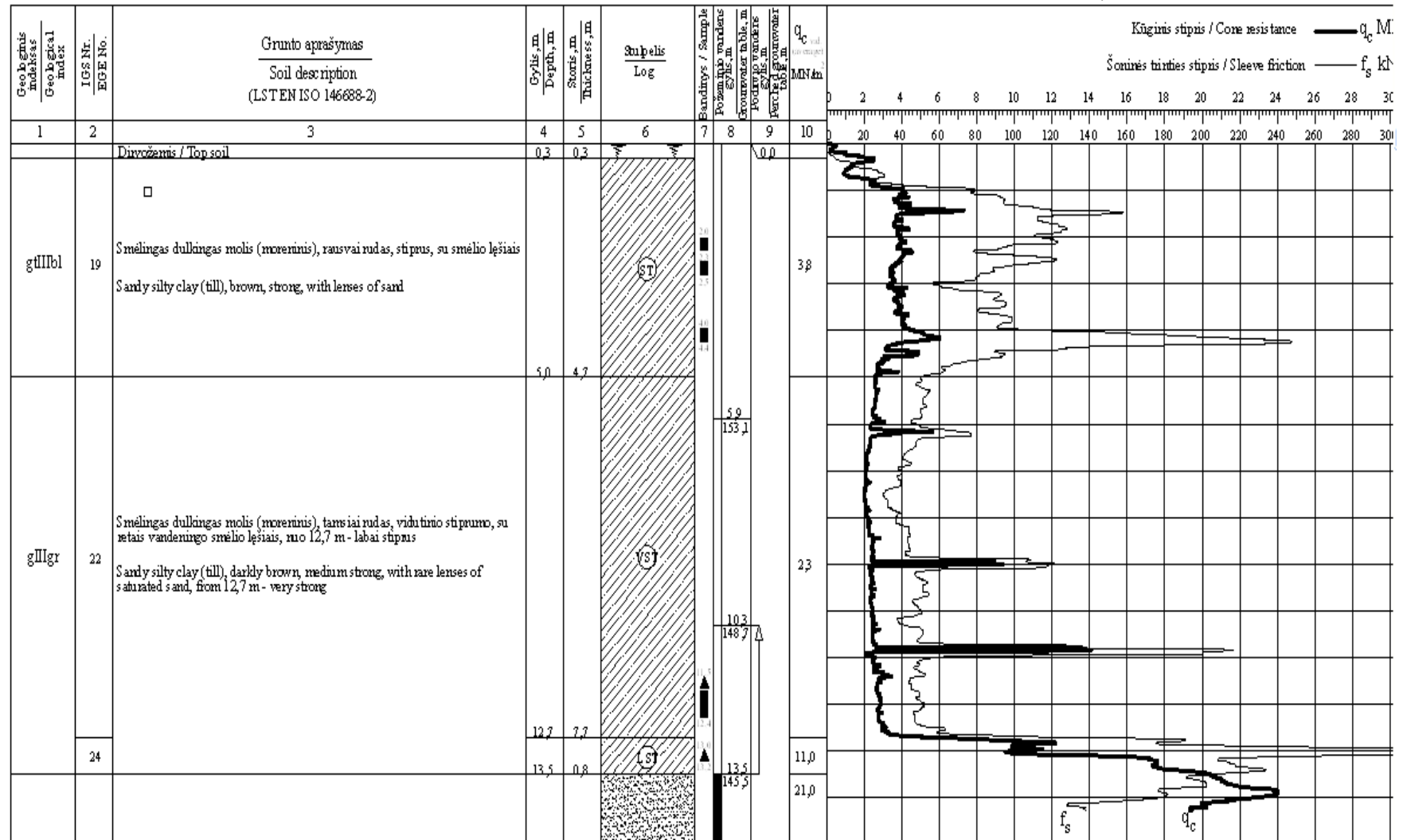


B priedas. 60 GREŽINYS, CPT

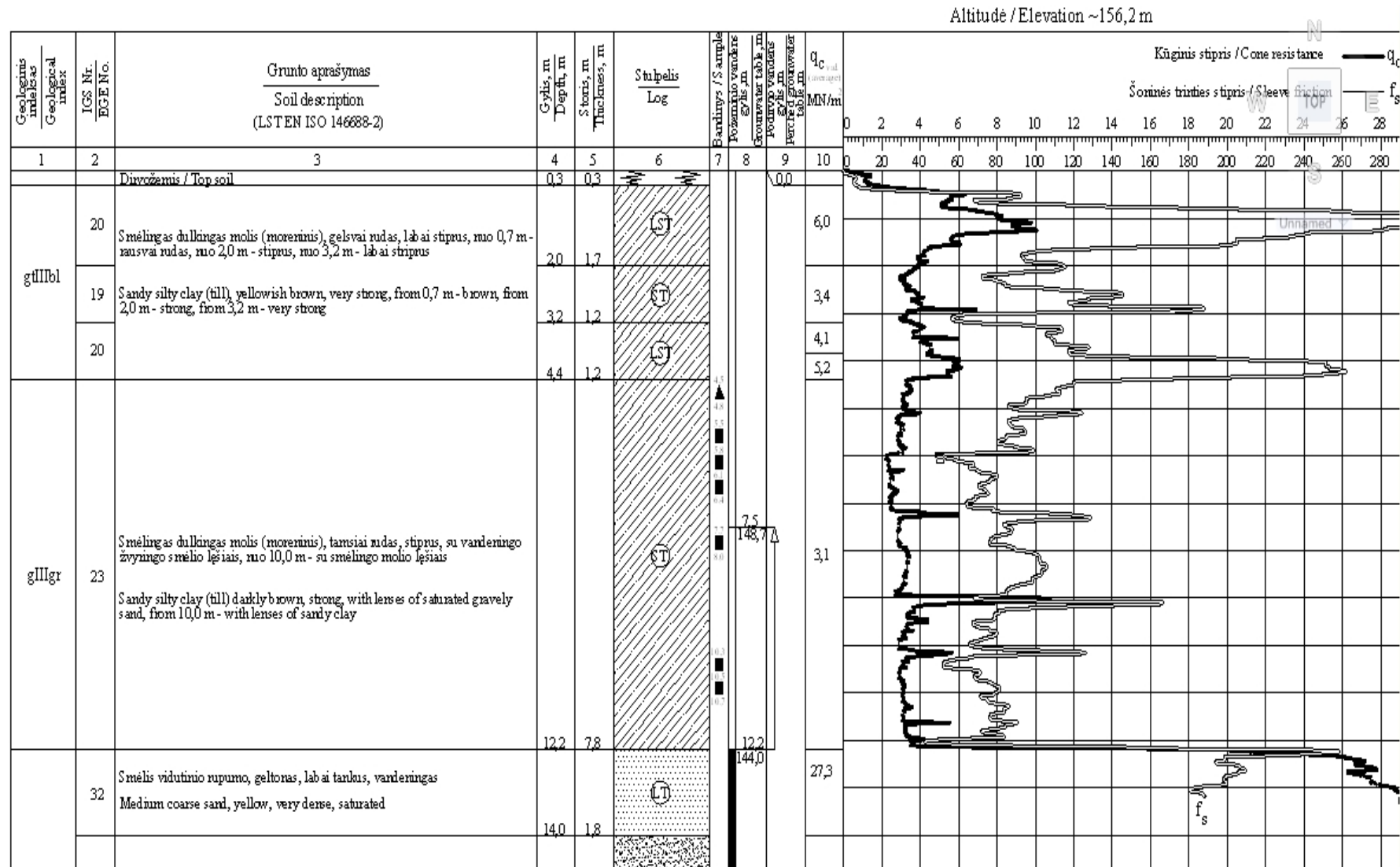


B priedas. 62 GREŽINYS, CPT

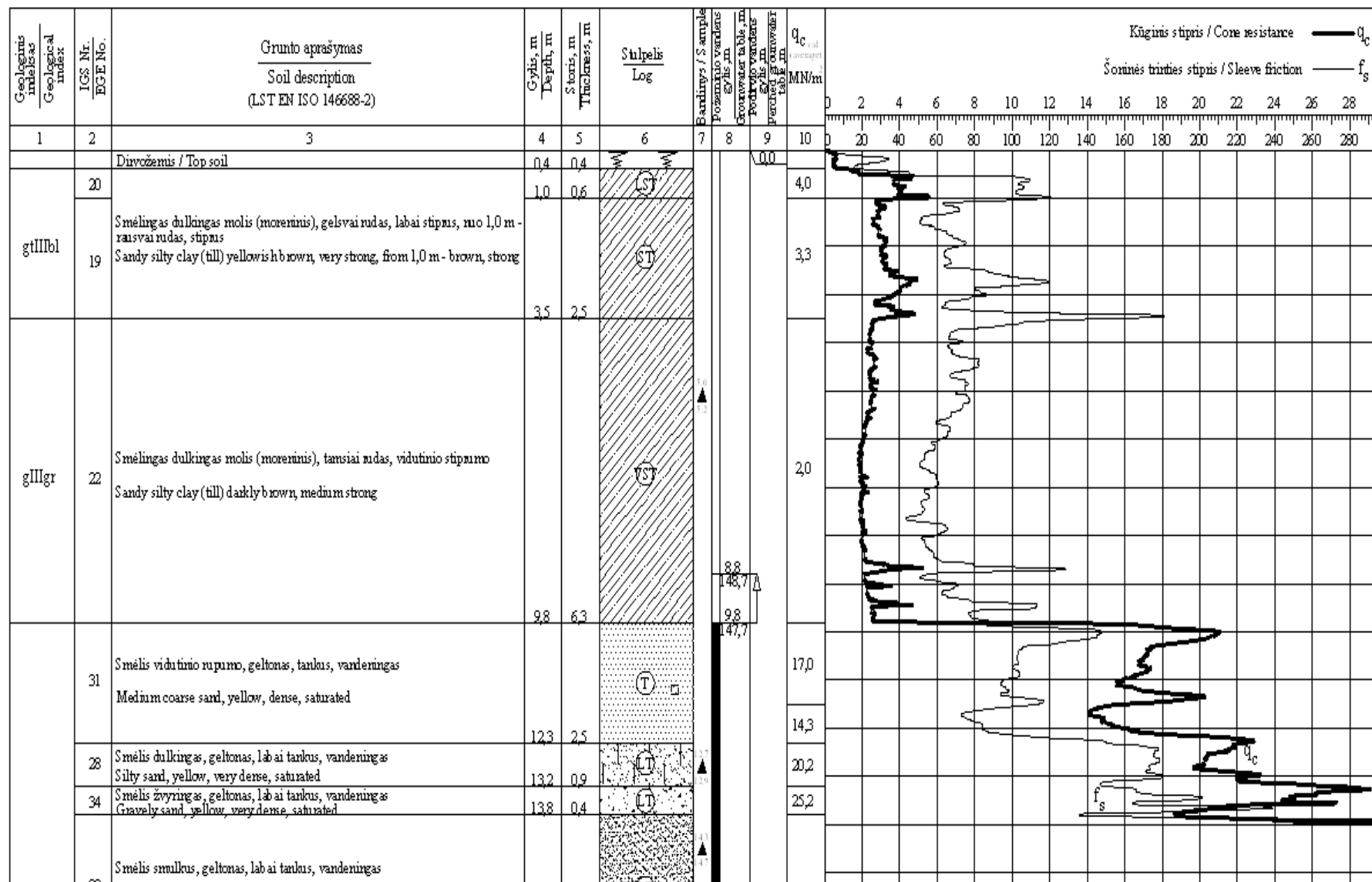
Altitudė / Elevation ~159,0 m



B priedas. 66 GREŽINYS, CPT



B priedas. 68 GRĒŽINYS, CPT



B priedas. 76 GREŽINYS, CPT

C PRIEDAS. 58 grėžinys.

Bandymas įsukama plokšte GOST-20276-99

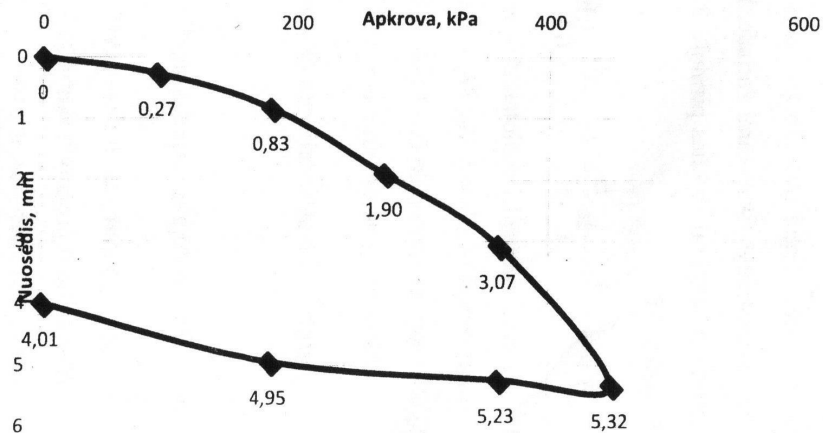
Objektas	Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapinynas
Grėžinio Nr.	58
Bandomo grunto gylis	4,0
Bandymo data	2012.05.22
Gruntas	Smėlingas dulkingas molis
Plokštės diametras	27,7 cm
Plokštės plotas	600 cm ²

	Apkrova kPa	Įlinkomačių parodymai			Vidurkis mm
		I	II	III	
0	0				0
1	90	0,11	0,26	0,43	0,27
2	180	0,49	0,89	1,11	0,83
3	270	1,37	1,98	2,35	1,90
4	360	2,45	3,11	3,65	3,07
5	450	4,62	5,28	6,07	5,32
6	360	4,54	5,21	5,95	5,23
7	180	4,21	4,94	5,69	4,95
8	0	3,62	3,94	4,47	4,01

$$E = (1 - \nu^2) \cdot K_p \cdot K_1 \cdot D \cdot (\Delta P / \Delta S)$$

ν	Puasono koeficientas
K_p	koeficientas priklausantis nuo štampo įgilinimo į gruntą ir štampo diametro
K_1	koeficientas priklausantis nuo štampo tipo
D	štampo diametras (cm)
ΔP	apkrovų skirtumas (kPa)
ΔS	nuosėdžio skirtumas (cm)

Deformacijų modulis	
E_{4-2}	11581,2 kPa
E_{4-2}	11,6 MPa



Bandymas įsukama plokšte GOST-20276-99

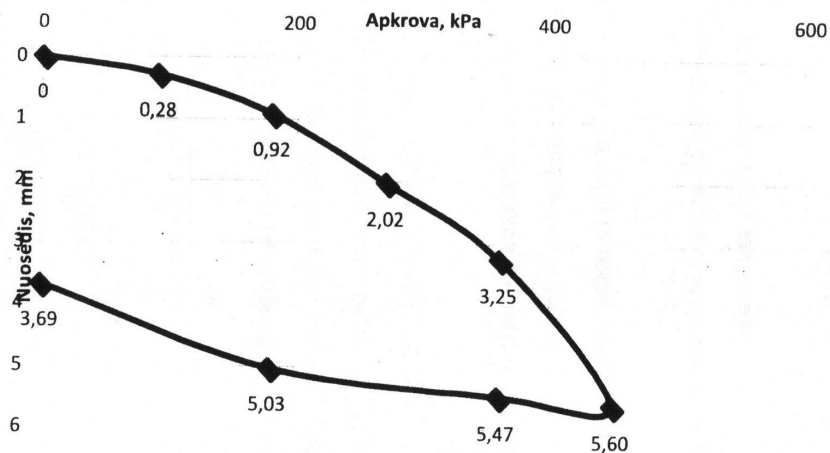
Objektas	Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapinynas
Gręžinio Nr.	68
Bandomo grunto gylis	4,0
Bandymo data	2012.04.10
Gruntas	Smėlingas dulkingas molis
Plokštės diametras	27,7 cm
Plokštės plotas	600 cm ²

	Apkrova kPa	Įlinkomačių parodymai			Vidurkis mm
		mm			
	0	I	II	III	0
1	90	0,17	0,30	0,38	0,28
2	180	0,58	0,97	1,20	0,92
3	270	1,45	2,14	2,47	2,02
4	360	2,68	3,25	3,81	3,25
5	450	4,82	5,56	6,41	5,60
6	360	4,67	5,42	6,32	5,47
7	180	4,21	5,08	5,79	5,03
8	0	2,87	3,74	4,47	3,69

$$E = (1 - \nu^2) \cdot K_p \cdot K_1 \cdot D \cdot (\Delta P / \Delta S)$$

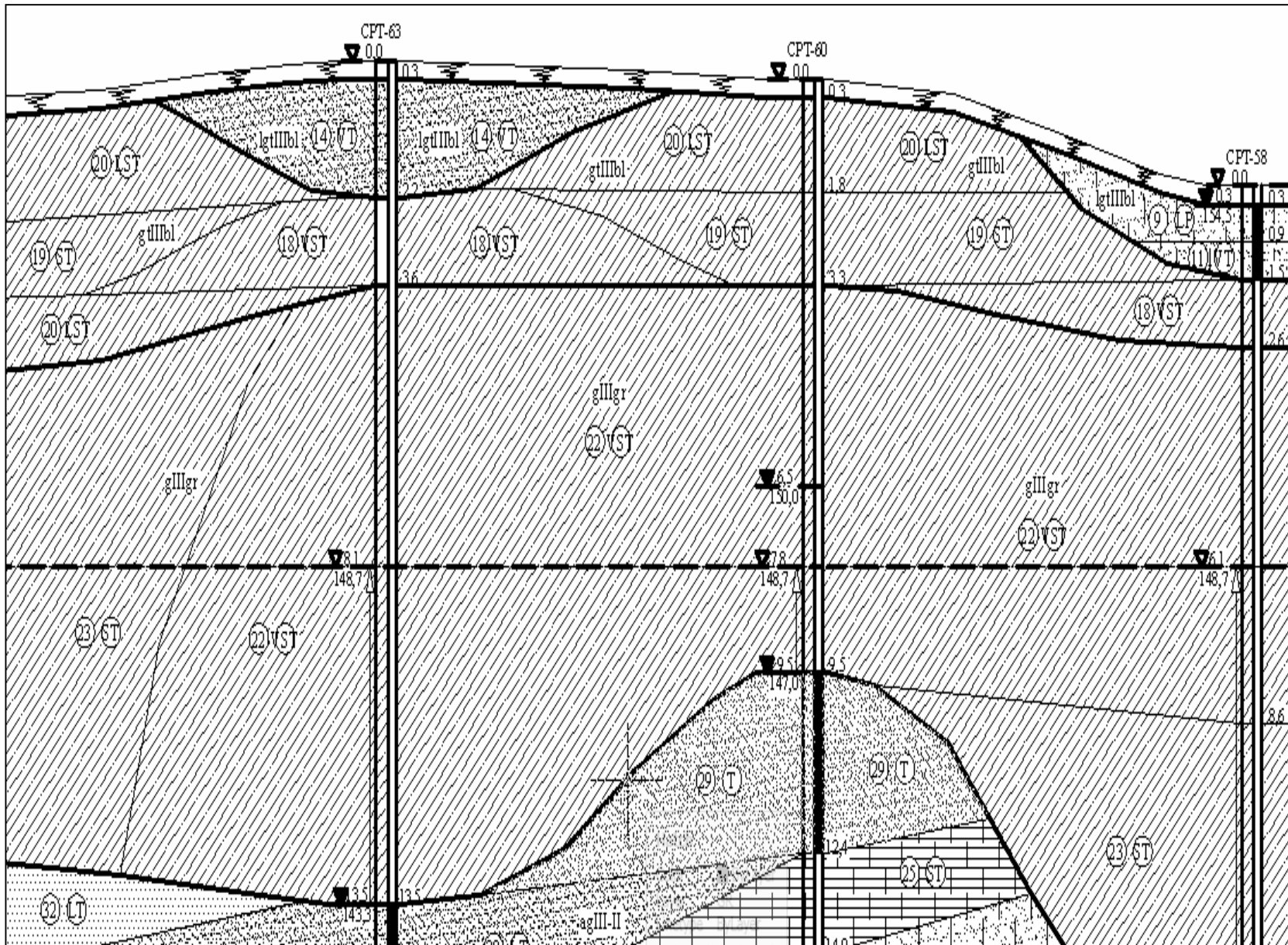
ν	Puasono koeficientas
K_p	koeficientas priklausantis nuo štampo įgilinimo į gruntą ir štampo diametro
K_1	koeficientas priklausantis nuo štampo tipo
D	štampo diametras (cm)
ΔP	apkrovų skirtumas (kPa)
ΔS	nuosėdžio skirtumas (cm)

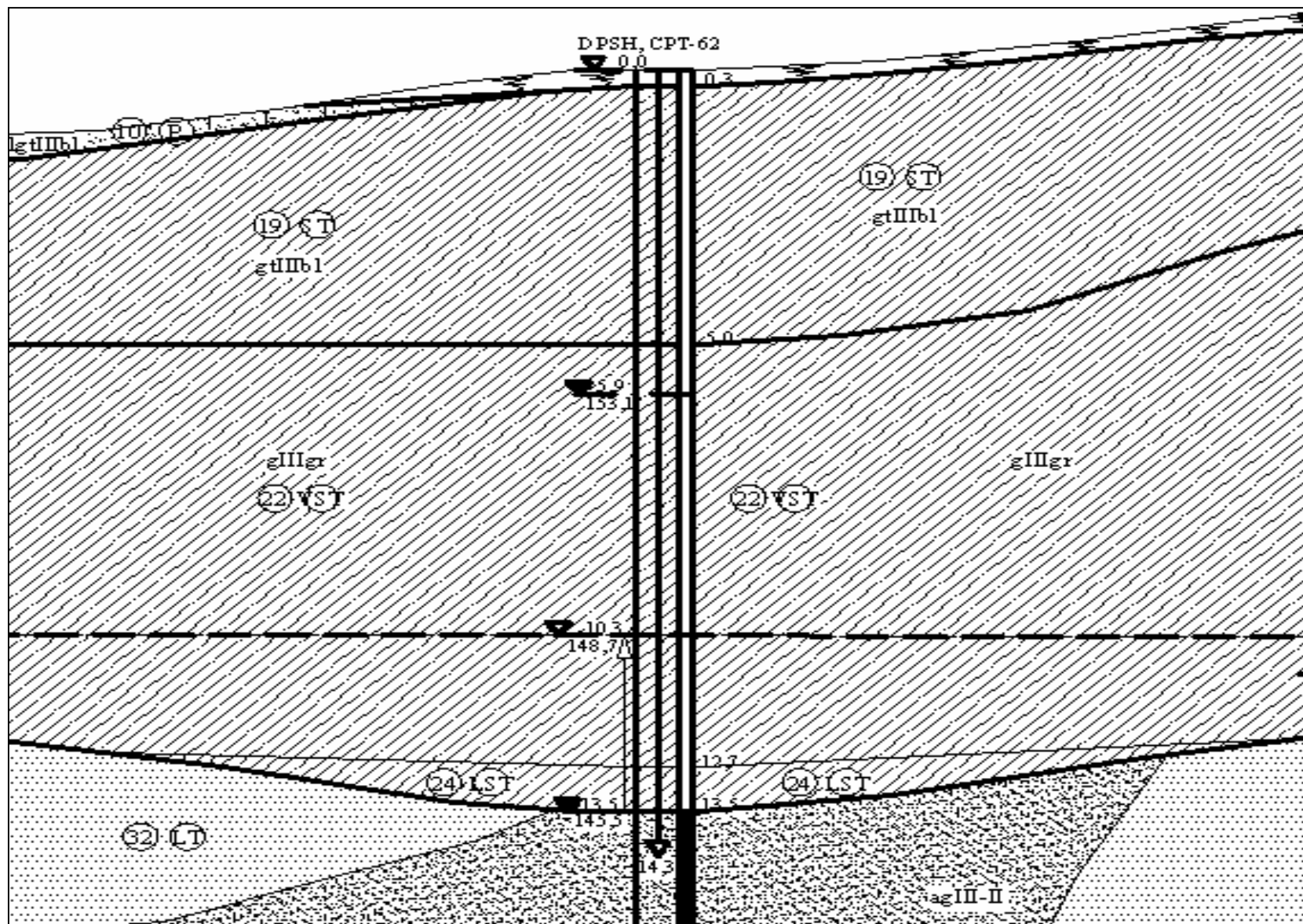
Deformacijų modulis	
E_{4-2}	11133,8 kPa
E_{4-2}	11,1 MPa



Atliko: V. Paškevičius

D PRIEDAS.Pjūvis (58-60)





D PRIEDAS.Pjūvis (66)

