

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**Monika Sadauskaitė**

**OPTIMALIAUSIO POLINIO PAMATO TIPO PARINKIMAS  
ESANT SKIRTINGIEMS GRUNTAMS, TAIKANT TOPSIS  
METODĄ**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**  
Doc. dr. Saulius Sušinskas

PANEVĖŽYS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**OPTIMALIAUSIO POLINIO PAMATO TIPO PARINKIMAS  
ESANT SKIRTINGIEMS GRUNTAMS, TAIKANT TOPSIS  
METODĄ**

Baigiamasis magistro projektas

**Statyba (621J80001)**

**Vadovas**

Doc. dr. Saulius Sušinskas

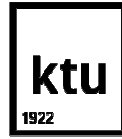
**Recenzentas**

Dr. Donatas Aviža

**Projektą atliko**

Monika Sadauskaitė

**PANEVĖŽYS, 2017**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

---

(Fakultetas)

Monika Sadauskaitė

---

(Studento vardas, pavardė)

Statyba, 621J80001

---

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

**AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA**

20 17 m. sausio 18 d.  
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Monikos Sadauskaitės**, baigiamasis projektas tema „OPTIMALIAUSIO POLINIO PAMATO TIPO PARINKIMAS ESANT SKIRTINGIEMS GRUNTAMS, TAIKANT TOPSIS METODĄ“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

## BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

**Išduota studentui:** *Monikai Sadauskaitei* Grupė *PMS-5*

---

**1. Darbo tema:**

Lietuvių kalba: *Optimaliausio polinio pamato tipo parinkimas esant skirtingiems gruntams, taikant TOPSIS metodą*

Anglų kalba: *Optimal pile foundation type selection with different soil using TOPSIS method*

---

Patvirtinta 2016 m. spalio mėn. 17 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-13-26

**2. Darbo tikslas:**

*Išanalizavus trijų skirtingų polinių tipų pamatus (gręžtinius, CFA, kaltinius) trijose skirtinguose gruntuose, parinkti kiekvienam gruntui optimalų polinio pamato tipą.*

**3. Reikalavimai**

**ir sąlygos:**

*Darbas turi būti atliktas laikantis metodinių nurodymų. Turi būti atskleistas temos aktualumas, rasti keliami darbo tikslai.*

**4. Projekto struktūra.** Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BBP pobūdį.

*Tiriamajoje dalyje pateikiama informacija, kokie polinių pamatų tipai yra tinkami skirtingiems gruntams ir koks yra optimalus polinio pamato tipas. Apžvalginė dalis susideda iš skyrių:*

- *Polinių pamatų tipų (kaltinių, gręžtinių ir CFA) medžiagiškumo ir charakteristikų apžvalga.*
- *Polinių pamatų tipų įrengimo ypatumų apžvalga.*

*Tiriamoji dalis susideda iš skyrių:*

- *Apskaičiuoti polinių pamatų skersmenys ir ilgiai.*
- *Įvertintos polių medžiagų sąnaudų, naudojamų mechanizmų, įrengimo kainos ir įrengimo laikas.*
- *Naudojant TOPSIS metodą išsiaiškinta kiekvienam gruntui tinkamiausias pamatas.*
- *Išsiaiškintas optimalus polinio pamato tipas.*
- *Išvados,*

*Darbo apimtis: 41 psl., 15 lentelių su duomenimis ir rezultatais, 12 paveikslėlių. Literatūros sąrašą sudaro 21 šaltinis.*

**5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.**

**6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**

\_\_\_\_\_

*(data)*

Užduotį gavau:

\_\_\_\_\_

*(studento vardas, pavardė, parašas)*

\_\_\_\_\_

*(data)*

Vadovas:

\_\_\_\_\_

*(pareigos, vardas, pavardė, parašas)*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*(data)*

\_\_\_\_\_

# Turinys

SANTRAUKA .....	7
SUMMARY .....	8
ĮVADAS .....	9
TEORINĖ – ANALITINĖ DALIS .....	10
2. POLINIAI PAMATAI .....	10
2.1 POLINIŲ PAMATŲ TIPAI .....	10
2.1.1. Gręžtiniai poliai .....	10
2.1.2. Ištįstinio sraigtinio gręžimo poliai (CFA) .....	11
2.1.3. Kaltiniai poliai .....	12
3. REIKALAVIMAI PAMATAMS ĮRENGTI.....	13
3.1. REIKALAVIMAI, KELIAMIS GRĘŽTINIAM POLIAM ĮRENGTI.....	13
3.1.1. Gręžtinių polių kurie įgilinami netvirtinant gręžinio sienučių reikalavimai .....	13
3.1.2. Gręžtinių polių, armavimui keliami reikalavimai .....	13
3.1.3. Gręžtinio polio betonui keliami reikalavimai .....	15
3.1.4. Gręžtinio polio betonavimui sausuoju būdu keliami reikalavimai .....	15
3.1.5. Gręžtinio polio su betontiekiu keliami reikalavimai .....	15
3.2 REIKALAVIMAI SPRAUSTINIŲ POLIŲ ĮRENGIMUI.....	22
3.3.1. Spraustinių polių įrengimui keliami reikalavimai .....	22
3.3.2. Spraustinių polių armavimui keliami reikalavimai .....	22
3.3.3. Spraustinių polių betonavimui keliami reikalavimai.....	23
3.3.4. Spraustinių polių įrengimo leistini nuokrypiai .....	23
TYRIAMOJI DALIS .....	26
4. POLINIŲ PAMATŲ SKAIČIAVIMO METODIKA.....	26
Polinių pamatų skaičiavimų rezultatai.....	28
2. TOPSIS METODO SKAIČIAVIMO METODIKA .....	29
3. GERIAUSIO POLINIO PAMATO PARINKIMAS SKIRTINGIEMS GRUNTAMS.....	31
3.1 GRUNTŲ GERIAUSIA IR BLOGIAUSIA ALTERNATYVA.....	33
IŠVADOS.....	38
LITERATŪROS SARAŠAS .....	39
PRIEDAI .....	41

Sadauskaitė, Monika. OPTIMALIAUSIO POLINIO PAMATO TIPO PARINKIMAS ESANT SKIRTINGIEMS GRUNTAMS, TAIKANT TOPSIS METODĄ. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas Prof. Dr. Saulius Sušinskas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo sritis ir kryptis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *pamatai, poliai, gruntas, kaltiniai, gręžtiniai, TOPSIS.*

Panevėžys, 2017. 40 p.

## SANTRAUKA

Pamatai – viena svarbiausių pastato konstrukcijų, nuo kurios priklauso pastato ilgaamžiškumas, bei statybos kaina. Poliniai pamatai, tai vienas seniausių ir plačiausiai naudojamų pamatų tipų, kurie skiriasi tiek savo forma (cilindriniai, stačiakampiai ir kt.), tiek medžiagiškumu (mediniai, metaliniai, gelžbetoniniai). Šio tipo pamatai gali būti įrengiami ne tik įvairių tipų pastatams, bet ir keliams, tiltams ir tt.

Šiame darbe nagrinėsiu dažniausiai naudojamus – gelžbetoninius polius. Gelžbetoniniai poliai gali būti trijų tipų – gręžtiniai (išgręžus reikiamo diametro ir gylio gręžinį įstatomas metalinis karkasas ir užpilamas betonas), kaltiniai (atvežamas jau pagamintas gelžbetoninis polius ir vietoje įkalamas į gruntą), CFA (ištisinio sraigtinio gręžimo poliai, kuomet gręžiant purškiamas betonas ir vėliau įstatomas metalinis karkasas).

Kiekvienam gruntui tinkamiausias ir optimalus polinių pamatų įrengimo tipas apskaičiuotas taikant TOPSIS metodą. Metodo skaičiavimo kriterijus parinkau savo nuožiūra, kriterijų svarbą įvertino mano apklaustieji žmonės dirbantys projektavimo srityje. Lyginsiu pamatų skersmenis, gylį, įrengimo kainą, poliui gaminti sunaudojamų medžiagų kainą, įrengimui naudojamų mechanizmų kiekį ir įrengimo greitį.

Įvertinus gautus rezultatus – pirmojo ir trečiojo tipo gruntui tinkamiausi – gręžtiniai pamatai, antrojo tipo gruntui – kaltiniai pamatai. Įvertinus pasirinktų kriterijų skaičiavimus ir susumavus rezultatus galime teigti, kad optimalus polinių pamatų įrengimo būdas – kaltiniai poliniai pamatai.

Sadauskaitė, Monika. OPTIMAL PILE FOUNDATION TYPE SELECTION WITH DIFFERENT SOIL USING TOPSIS METHOD. *Magster's thesis in / supervisor assoc. prof. dr. Saulius Sušinskas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.*

Research area and field: Construction

Key words: *foundation, piles, primer, forgings, bores, TOPSIS.*

Panevėžys, 2017. 40 p.

## SUMMARY

Foundation is one of the most important structures of a building, it regards the durability of the building and the price of construction. Pile foundation is one of the oldest and most widely used types of foundation, which differ in their form (cylindrical, rectangle and others) and materiality (wooden, metal, reinforced concrete). Foundation of this type can be installed not only in all kinds of buildings, but also in roads, bridges and etc.

In this project I will analyse the most widely used type of piles – piles of reinforced concrete. There are three types of these piles: bores (after drilling a borehole of needed depth and diameter, a metal frame is inserted and the borehole is filled with concrete), forgings (already made pile of reinforced concrete is brought and hammered in the primer), CFA (piles of continuous flight auger, when concrete is being sprayed while drilling and a metal frame is inserted afterwards).

The most optimal and suitable type of installation of pile foundation for each primer is being calculated using TOPSIS method. The calculation criterion of the method I selected by myself, the importance of the criteria was evaluated by people working at projection sphere whom I have questioned. I will compare the diameters of foundations, their depth, the price of installation, the price of materials used to produce a pile, the amount of mechanisms used for installation and the speed of installation.

After evaluating the results, for the first and the third type of primer the most suitable foundation is bored foundation, for the second type of primer – forged foundation. After evaluating the calculation of chosen criteria and summing up the results it can be stated that optimal way of installing pile foundation is forging pile foundation.



## IVADAS

Šiomis dienomis, sparčiai tobulėjant technologijoms, atrandama naujų spartesnių ir ekonomiškesnių, būdų konstrukcijoms gaminti - bei jas įrengti. Galime drąsiai teigti, jog pamatai yra bene svarbiausia pastato dalis, nuo kurių priklauso ne tik pastato ilgaamžiškumas, kokybė ar įrengimo laikas, bet ir statybų kaina. Poliniai pamatai, tai viena seniausių pamatų tipų, kurie naudojami įvairiems statiniams. Šios rūšies pamatus renkamosi norint jiems perduoti didesnes apkrovas arba sumažinti jų nuosėdžius, kuomet apkrovos perduodamos giliau slūgsantiems stipresniems grunto sluoksniams.

Šiame darbe nagrinėsiu trijų tipų – gręžtinius, CFA (ištisinio sraigtinio gręžimo) ir kaltinius pamatus. Visų tipų pamatai skaičiuojami juos pritaikant trims skirtingoms geologijoms. Pamatų įrengimo - bei reikalingų mechanizmų kaina apskaičiuojama programa „Sistela“. Naudojant TOPSIS metodą, pagal pasirinktus kriterijus ir skaičiavimų rezultatus nustatysiu optimalų pamato tipą.

Uždaviniai:

- ✓ Apskaičiuoti polinių pamatų skersmenį ir gylį trims skirtingiems gruntams.
- ✓ Taikant programą „Sistela“ nustatyti polinių pamatų įrengimo, bei naudojamų mechanizmų kainas.
- ✓ TOPSIS metodu įvertinti polinio tipo tinkamumą kiekvienam gruntui.
- ✓ Pagal pasirinktus kriterijus parinkti optimalų polinio pamato įrengimo būdą.

# TEORINĖ – ANALITINĖ DALIS

## 2. POLINIAI PAMATAI

Šiuo metu galime išskirti tikrai nemažai polinių pamatų tipų, kaip pavyzdžiui mediniai, metaliniai, gelžbetoniniai ar net gruntiniai poliai. Nagrinėsiu plačiausiai naudojamus – gelžbetonius pamatus. Jeigu gniuždomo polio neveikia lenkimo momentas, skersinė jėga ir jis įrengiamas gana stipriame grunte, jį galima armuoti ne visu ilgiu. Jei pagal atliktus skaičiavimus armatūros nereikia – galima naudoti betoninius polius. Kadangi poliai įrengiami po žeme, juos veikia skirtingas drėgmės ir temperatūros režimas, o kartais ir agresyvus gruntas, turi būti naudojamas C16/20 – C40/50 klasės betonas ir ne žemesnės kaip S400, S500 klasės armatūra.

Polinių pamatų rengimo principas paprastas: visų pirma atliekami geologiniai grunto tyrimai. Geologų komanda ištiria grunto, ant kurio bus statomas pastatas savybes. Tuomet šios savybės gretinamos su architektūriniais sprendiniais bei apkrovomis, teksiančiomis pamatams. Poliniai pamatai tinka tuomet, kai vanduo esantis grunte yra netoli paviršiaus, pats gruntas iš viršaus silpnas ir jame yra organinių priemaišų. [2]

Taip pat pagal įrengimo būdą poliniai pamatai pagrinde skirstomi į dvi grupes – spraustinius ir nespraustinius. Polių skerspjūvių, atsižvelgiant į rangovo turimos įrangos, skersmuo kinta nuo 300 mm iki 1500 mm. Populiariausias skersmuo lengvų konstrukcijų statiniams yra 400 - 600 mm. [1]

Mano pasirinktų polinių pamatų įrengimo būdai – kaltiniai, pagaminti iš anksto (spraustiniai), gręžtiniai (nespraustiniai), bei CFA tipo (nespraustiniai) poliai.

### 2.1 POLINIŲ PAMATŲ TIPAI

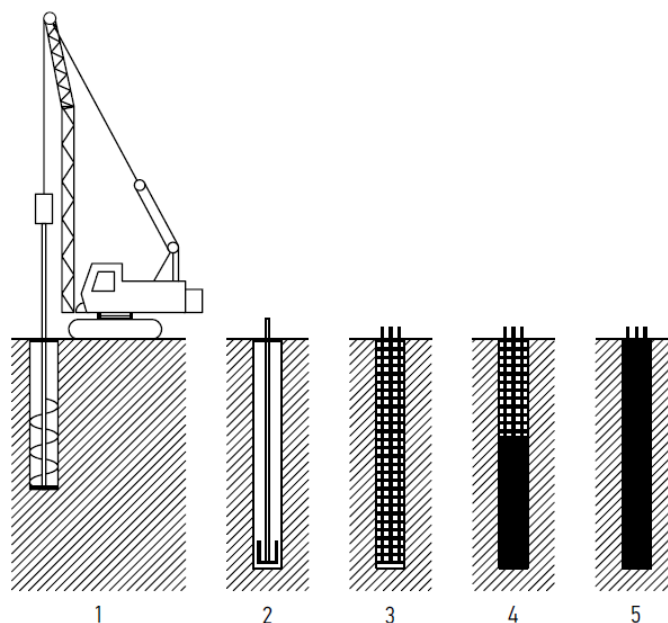
#### 2.1.1 Gręžtiniai poliai

Maksimulus gręžtinių polių skersmuo – 1,50 m. Didesnio skersmens polių padas dažniausiai išplatinamas, o kamienas būna siauresnis. Ertmė suformuojama gręžiant, gruntas iškeliamas į paviršių. Silpnuose ir vandeninguose gruntuose gręžiama su apsauginiu vamzdžiu. Norint įrengti polius stipriuose gruntuose turi būti daromas gręžinys, į kurį įstatomas jau pagamintas kamienas, o aplink polį dėl geresnio sukibimo injektuojamas skiedinys. [3]

Įrengiant gręžtinius pamatus tradiciniu būdu, sužymėtose vietose išgręžiamos ertmės, tuomet supilamas betonas ir į kiekvieną ertmę įstatomas armatūros karkasas, kurio viršutinė dalis paliekama pagal projektą išsikišusi tiek, kiek reikės rostverkui įrengti. Prieš pilant betoną duobės dugnas yra išvalomas arba sutankinamas. [4]

Pagrindinis pavojus įrengiant šiuos polius slypi vandens prisotintuose gruntuose. Nors ir naudojami apvalkalai (apsauginiai vamzdžiai), užtenka mažo vandens lygio nuosmūkio juose, kad į

jį plauktų smėlis. Taip purinamas visas aplinkos gruntas, todėl kyla visos su tuo susiję pasekmės, greta esantys namai pleišėja. Taigi įrengiant šiuos poliūs, nepaprastai svarbu, kad būtų nuolatinė saugaus apvalkalų įleidžio į gruntą kontrolė, taip pat vandens (ar palaikančiojo skiedinio lygio) kontrolė. Visada reikia žiūrėti, kad polio padas neliktų vandens prisotintame smėlyje. [6]



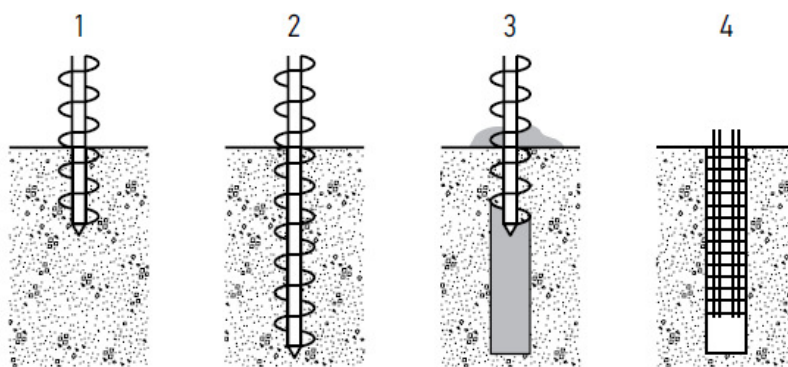
**1 pav.** Gręžtinių polių įrengimas sukamuoju gręžimu (tradicinis metodas): 1 – gręžimas iki reikiamo gylio su apsauginiu vamzdžiu arba be jo; 2 – polio pado valymas specialiu valytuvu; 3 – armatūros karkaso įleidimas; 4 – polio betonavimas ištraukiant apsauginį vamzdį (jei šis naudojamas); 5 – polis įrengtas.

#### 2.1.2. Ištisinio sraigtinio gręžimo poliai (CFA)

Ištisinio (nenutrūkstamo) sraigtinio gręžimo poliai pasaulyje plačiai žinomi kaip CFA poliai, kurių įrengimo technologija iš esmės skiriasi nuo tradicinių gręžtinių polių įrengimo technologijų. Ištisinio sraigtinio gręžimo poliai įrengiami paisant esminio technologijos skirtumo: armatūros karkasas įleidžiamas į polį pačioje pabaigoje, kai betonai būna ką tik suklotas į polio ertmę.

CFA poliams įrengti naudojamas sraigtinis grąžtas su tuščiaaviduriu kamienu, gręžimo metu ardantis gruntą ir keliantis jį aukštyn. Kamieno apatinis galas turi atidaromą dugną arba yra užkištas grunte paliekamu antgaliu. Pasiekus reikiamą gylį, per tuščiaavidurį sraigta pumpuojamas betonai. Kai operatorius ekrane pamato reikiamą slėgį (50 – 150 kPa), pradeda kelti grąžtą aukštyn, nuolat stebėdamas betono slėgį, kad jis būtų teigiamas. Kai visa ertmė užpildyta betonu, į jį panardinamas armatūros karkasas. [5]

Naudojant šį metodą gręžimo ertmės stabilumą palaiko betonas, kuris užpildo ertmę ištraukiant grąžtą. Vientiso sraigtinio gręžimo poliai neturi būti daromi pasvirę daugiau kaip  $6^\circ$  nuo vertikalės, jei nenumatytos specialios priemonės gręžimo kryptį kontroliuoti ir armatūrai įleisti. Su vientisais sraigtiniais grąžtais turi būti gręžiama kuo mažesniu apskukų skaičiumi, kad kuo mažiau būtų paveiktas šalia esantis gruntas. [3]

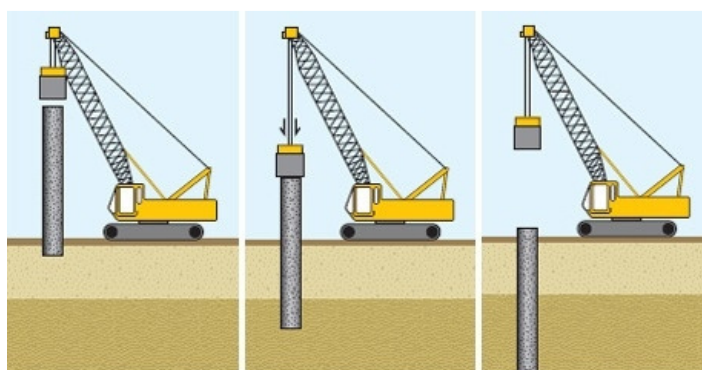


**2 pav.** Ištinio sraigtinio gręžimo polių įrengimas: 1 – ištinio sraigto įgręžimas; 2 – pasiektas reikiamas (projektinis) gylis; 3 – betono tiekimas pro vidinį sraigto vamzdį tuo pat metu ištraukiant sraigą; 4 – įspaudžiama armatūra.

### 2.1.3. Kaltiniai poliai

Tai bene seniausia polių įrengimo technologija, kuomet įrengiami poliai neiškasat arba kitokiu būdu nešalinant grunto, išskyrus tokius atvejus, kai reikia šalinti pakilusį gruntą, sumažinti vibraciją, šalinti kliūtis ar norint pagerinti smigimą. Kalti galima medinius, gelžbetoninius, metalinius ir kombinuotus polius. Plačiausiai naudojami gelžbetoniniai poliai. [7]

Polių laikomoji galia nustatoma tuo pačiu principu – grunto pasipriešinimu (kitai – atsaku). Spraustinio polio gylis priklauso nuo to, kokiame gylyje slūgso stipraus grunto sluoksnis. Kaltiniai poliai pasižymi didelę laikomąją galia. [8]



**3 pav.** Kalamas pamatas

### 3. REIKALAVIMAI PAMATAMS ĮRENGTI

#### 3.1. REIKALAVIMAI, KELIAMI GRĘŽTINIAM POLIAM ĮRENGTI

Visų pirma – polinio pamato duobės pradedamos gręžti nuo tų vietų, kuriose grunto tyrimo metu gruntas tirtas gręžiniais arba zondavimo būdu. Gręžinys turi būti apsaugotas nuo paviršinio vandens. Gręžinio dugne turi būti projekte nurodyto tipo gruntas ir į jį turi būti įgilintas ne mažiau kaip 100 mm, o jei pagrindo laikančiųjų sluoksnių paviršius yra su nuolydžiu, turi būti gręžiama giliau, kad polis būtų atremtas visu skersmens plotu.

Polinio pamato gręžinys turi būti įrengtas taip, kad gruntas nuo sienučių nebyrėtų nei iki betonavimo, nei betonuojant, tam turi būti naudojami apvalkalai, palaikantieji skiediniai arba gruntu užpildyti gražto sriegiai (CFA tipo poliai).

Jei atstumas tarp dviejų gręžinių centrų yra mažesnis nei du polio skersmenys, antras gręžinys pradedamas gręžti, kai pirmajame gręžinyje betonas pasiekia 25% projekcinio stiprio. [10]

##### 3.1.1. Gręžtinių polių kurie įgilinami netvirtinant gręžinio sienučių reikalavimai:

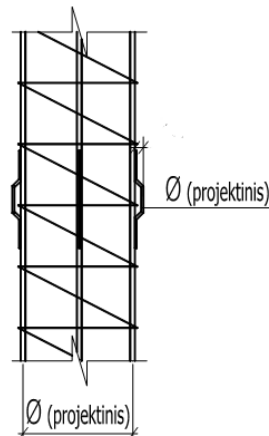
- Kai virš vandeningo smėlio sluoksnio, kurį tinka panaudoti kaip pagrindą ir negalima pažeminti gruntinio vandens lygio, slūgso molinis gruntas, tam kad į gręžinį nepatektų gruntinio vandens, rekomenduojama gręžti paliekant molinio grunto sluoksnį, kurios storis nemažesnis, kaip 0,3D (D – polio pado skersmuo, m).
- Jei polis bus betonuojamas ne tuoj pat, rekomenduojama gręžinio iki galo negręžti, o palikti grunto sluoksnį ne mažesnę kaip 1,5 m ir ne mažesnę kaip du kamieno skersmenys. Paskutinis gręžimo ciklas atliekamas prieš betonavimą.
- Gręžimą netvirtinant gręžinio sienučių galima taikyti tik esant sankabiams gruntams su pastoviomis gręžinio sienutėmis. [10]

##### 3.1.2. Gręžtinių polių, armavimui keliami reikalavimai:

- Armatūros strypynai ar standi armatūra (dvitėjai profilioočiai, vamzdžiai ir kt.) į gręžinius įleidžiami prieš arba po betonavimo jos nepažeidžiant.
- Įleidus armatūrą jos viršaus padėties nuokrypis nuo projektinės ne gali būti didesnis kaip 0,15 m. Armatūros strypynus virinant ar surišant viela reikia užtikrinti, kad jie išliktų nepakitusios formos ir standumo iki tol kol bus įleisti į gręžinį ir užbetonuoti.

- Gaminant armatūros strypynus armatūros negalima lenkti esant žemesnei kaip 5 °C, jei kitaip nenumatyta projekte.
- Jei prieš lenkimą armatūra pašildoma, tai ne daugiau kaip 100 °C.
- Mažiausias išilginės armatūros kiekis polio skerspjūvyje yra keturi 10 mm skersmens strypai, o didžiausias atstumas tarp tų strypų 400 mm.
- Tarp pavienių strypų arba jų paketų prošvaisa turi būti ne mažesnė kaip 100 mm, ją galima sumažinti iki 80 mm, kai užpildo dalelių skersmuo mažesnis kaip 20 mm.
- Mažiausias išilginės armatūros kiekis polio skerspjūvyje yra keturi 10 mm skersmens strypai, o didžiausias atstumas tarp strypų – 400 mm.
- Tarp pavienių strypų arba jų paketų prošvaisa turi būti ne mažesnė kaip 100 mm, ją galima sumažinti iki 80 mm, kai užpildo dalelių skersmuo mažesnis kaip 20 mm.
- Mažiausias skersinės armatūros skersmuo ne didesnis kaip 6 mm ir ne mažesnis kaip ketvirtadalis didžiausiojo išilginės armatūros strypo. Jei strypynai suvirinami tai mažiausias skersinės armatūros skersmuo turi būti ne mažesnis kaip 5 mm
- Visos polio armatūros apsauginis sluoksnis turi būti ne mažesnis kaip 60 mm, kai polių  $D > 0,6$  m, arba ne mažesnis kaip 50 mm, kai polių  $D < 0,6$  m.
- Norinti užtikrinti centrišką armatūros padėtį gręžinyje ir reikalingą betono apsauginį sluoksnį gali būti naudojami kreipikliai.

[10]



**4 pav.** Plieniniai kreipikliai (fiksatoriai) naudojami gręžtinio polio armatūros karkaso apsauginiam sluoksniui ir padėčiai nurodyti.

- Kreipikliai apie strypyną išdėstomi simetriškai taip, kad būtų ne mažiau kaip trys viename lygyje, atstumas tarp šių lygių ne mažesnis kaip 3,0 m ir pakankamas laisvumas iki apvaskalo ar gręžinio sienos, kad būtų galima saugiai įleisti armatūrą ir išvengti gręžinio sienų ardymo. Jei įrengiami pasvirę ar didesnio kaip 1,2 m skersmens poliai tuomet kreipiklių skaičių reikia padidinti.

### 3.1.3. Gręžtinio polio betonui keliami reikalavimai:

- Nepriklausomai nuo betonavimo būdo gręžiniams poliams naudojamo betono stiprumo klasė turėtų būti ne mažesnė kaip C20/25 ir ne didesnė kaip C30/37.
- Ruošiamame betone vandens ir cemento santykis turėtų būti ne didesnis kaip 0,6.
- Betonui ruošti naudojamų užpildų didžiausias matmuo turi būti mažesnis kaip 32 mm arba 0,25 mažiausio atstumo tarp išilginių armatūros strypų. [10]

### 3.1.4. Gręžtinio polio betonavimui sausuoju būdu keliami reikalavimai:

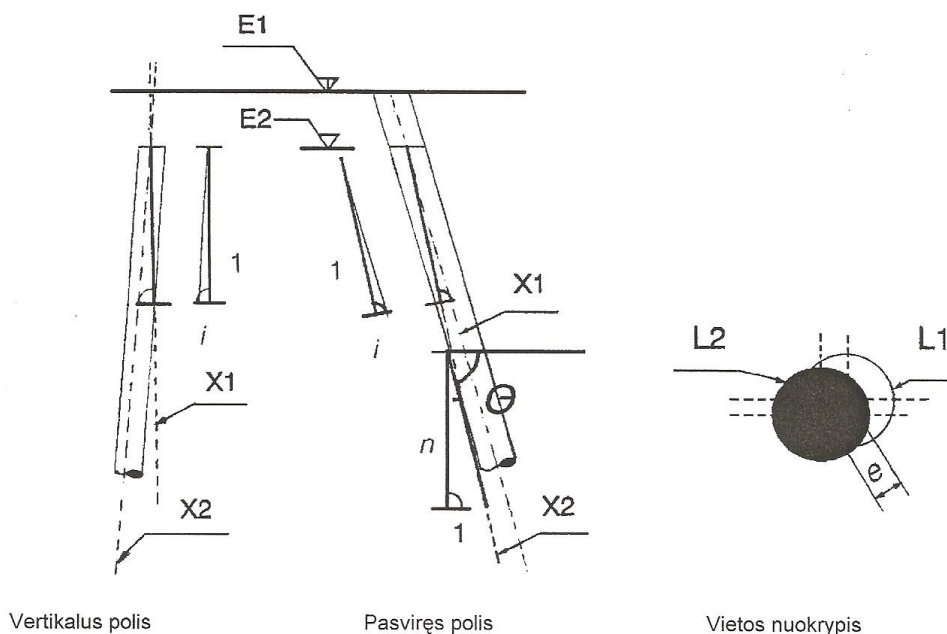
- Sausuoju būdu, be nuolatinių ar laikinųjų apsauginių vamzdžių, galima betonuoti tik esant pastovioms molio, priemolio, priesmėlio ir tankaus smėlio gruntų gręžinių sienutėms.
- Cemento kiekis betonuojant sausuoju būdu turi būti didesnis kaip  $325 \text{ kg/m}^3$ , o betono slankumas turi būti ne mažesnis kaip S3.
- Prieš betonavimą įsitikinama, ar išvalytas (moliniame grunte), ar sutankintas (smėliniame grunte) gręžinio dugnas, ar nesisunkia vanduo, ar nėra kitų nepageidaujamų efektų.
- Betonuojama iš apačios į viršų, kad būtų išvengta sluoksniavimosi, o betonas nekristų ant armatūros gręžinio sienučių.
- Betontiekių vamzdžio galas betone turėtų būti įgilintas apie 0,8-1,0 m.
- Kai gręžinio gylis mažesnis kaip 5 m, tai betonuoti galima neįleidžiant piltuvo ir vamzdžio į gręžinį. Betonuojama be pertraukų. Pertraukas galima daryti tik betonuojant polio stiebą, kai nenaudojamas apsauginis vamzdis. Jei pertrauka viršija vieną valandą, siūlės vietoje turi būti įbetonuoti ne mažiau kaip šeši armatūros strypeliai, kurių ilgis nuo 600 iki 900 mm, o skersmuo ne mažesnis kaip 12 mm. [10]

### 3.1.5. Gręžtinio polio su betontiekiu keliami reikalavimai:

- Betonuojant su betontiekiu įtaisytu grąžte, jo apačioje turi būti palaikomas pastovus, didesnis už grąžto išorėje susidariusį slėgį, kad betonas galėtų užpildyti tuštumas atsirandančias grąžtą keliant aukštyn. Betonuojama tol kol gręžinio ertmė prisipildo iki reikiamo lygio.
- Jei betonavimo metu nutrūksta betono tiekimas, arba kyla įtarimų dėl galimo gręžinio užgriuvimo, tuomet būtina pakartoti polio gręžimo ir betonavimo operacijas. [10]

## Gręžtinių polių leistinieji nuokrypiai

Gręžtinių polių elementai	Leistinieji nuokrypiai
Gręžinio skersmuo	-30 mm +50 mm
Gręžinio gylis	±100 mm
Erdvinio armatūros strypyno apsauginis armatūros sluoksnis	-5 mm
Gelžbetoninės kolonos polio viršus	-10 mm
Metalinės kolonos polio viršus	±5mm
Polio viršaus plokštumos nuolydis	<0,001 (1,0 mm viename metre)
Vertikalių ir pasvirusių polių padėties plane nuokrypiai (e) kai:	
$D \leq 1,0$ m	±100 mm
$1,0 \text{ m} < D \leq 1,5\text{m}$	$\leq 0,1 D$
$D > 1,5$ m	± 150mm
Vertikalių ir nemažiau kaip $86^\circ$ nuo horizontalės pasvirusių polių nuokrypis (i)	0,02
PASTABA: Nustatant polių įrengimo nuokrypius, polio centru laikomas išilginės armatūros centras.	
D – polio kamieno skerspjūvis.	





**5 pav.** Gręžtinių polių įrengimo leistinųjų nuokrypių schema.

$E_1$  – lygis nuo kurio įrengiamas polis;  $E_2$  – polio nukirtimo lygis;  $X_1$  – projekcinė polio ašis;  $X_2$  – įrengto polio ašis;  $i$  – polių posvyrio nuokrypis (kampas tarp projekcinės ir įrengto polio ašių tangentas);  $n$  – polio posvyris (polio posvyrio kampo tangentas);  $\Theta$  – polio posvyrio kampas;  $L_1$  – projekcinis polio kontūras;  $L_2$  – įrengto polio skerspjūvis;  $e$  – polių padėties plane nuokrypis.

**2 lentelė**

Gręžtinių polių įrengimo kokybės kontrolė

	<b>Objektas</b>	<b>Kontrolė</b>	<b>Tikslas</b>	<b>Dažnumas</b>	<b>Pastabos</b>
Nužymėjimo stebėjimas					
1.	Pagrindinės ašys	Matavimai	Polių nužymėjimas	Pradedant darbus	Pagrindinių ašių nustatymas įrengimo metu
2.	Darbinės aikštelės paviršius	Matavimai, tikrinimas apžiūrint	Altitudė, horizontalumas, dydis, pastovumas	Kiekvienoje statybos zonoje	
3.	- polio vieta - polio pasvirimas	Matavimai: - svambalu - juosta - gulsčiuku	Nuokrypų patikrinimas konstrukcijų geometrinių nuokrypų atžvilgiu	Kiekvienas polis - prieš ertmės įrengimą - po ertmės įrengimo - užbaigus	
Polių gręžimo					
4.	Įrankių, apvalkalų būklė ir matmenys	- tikrinimas apžiūrint - matavimas	Atitiktis	Prieš ir po naudojimo	
5.	Įrankių naudojimas (apskrtitai)	- kasimo eiga - efektyvumas - per gilus įgręžimas	- priežiūra - atpažinimas kintančių gruntinių sąlygų - gylio - laiko - įrankių pakeitimo	Nuolat	
6.	Panardintų įrankių naudojimas	Tai, kas nurodyta anksčiau, dar ir operacijos greitis	Stūmoklio efektui išvengti	Nuolat	
7.	Apvalkalų įrengimas	Matavimas	Apvalkalo smigimas	Nuolat	Ypač svarbu kai apvalkalai

			įrengiant ertmę		gilinami pirmiau kasimo
8.	Vandens lygis	Matavimas	Polio gręžinio stabilumas	Nuolat	
9.	Iškasta medžiaga	Tikrinimas apžiūrint	Atpažinimas - sluoksnių - gruntų kaitos	Nuolat	
10.	Polio gylis (kasimo baigimas)	Matavimai - gylis - nuolydžio (pasvirusio laikančiojo sluoksnio matavimas)	Nurodyto gylio pasiekimas	Kiekvienas polis	
11.	Paplatinimas	Matavimai (įrangos veikimo kontrolė), tikrinimas apžiūrint	- dydis - sienų nuolydis - profilis	Kiekvienas praplatinimas	
12.	Dugno valymas	- tikrinimas apžiūrint	- švarus sąlytis su atraminiu sluoksniu - polio eksploatacinės savybės	Kiekvienas polis	
13.	Vandens sankaupa apačioje	- juosta - tikrinimas apžiūrint	- betono sluoksniavimosi ir užteršimo išvengimas	Kiekvienas polis	
<b>Stabilizuojančio skiedinio stebėjimas</b>					
14.	Tiekimas ir laikymas	- tikrinimas	- tiekimo ir sunaudojimo atitikimas	Nuolat	Padavimas ir laikymas su nenumatyta nuostolių tikimyb
15.	Lygis polio gręžinyje	Tikrinimas	Gręžinio stabilumas	Nuolat	
16.	Skiedinio savybės	- tankis - šarminumas - smėlio kiekis	Atitiktis - nacionaliniams standartams	Nuolat	
<b>Armatūros stebėjimas</b>					
17.	Medžiagų pristatymas	- pristatymo dokumentai - matmenys	Atitiktis	Kiekviena siunta	

18.	Strypynų gamyba	- matmenys - išilginių strypų išdėstymas - skersinių strypų išdėstymas - pritvirtinimas - standumas	Atitiktis	Kiekvienas strypynas	Kai suvirinama, tikrinama pagal techninius armatūros plieno reikalavimus
19.	Kreipikliai	- medžiaga - dydis - kiekis - išdėstymas	- atitiktis - įrengimo nukrypimai	Kiekvienas strypynas	
20.	Strypynų įrengimas	- apžiūrėjimas - matavimas	Įrengimo nukrypimų nustatymas	Kiekvienas strypynas	
21.	Armatūra iš vamzdžių ir plieninių profilių	- apžirėjimas - matavimas	Įrengimo nukrypimų nustatymas	Kiekvienas vamzdis ir profilis	
22.	Įdėjimas - vamzdžių ultragarsiniam tyrimui - stebėjimo prietaisų	- padėtis - gylis - sujungimai su stypynu - apsauga įrengiant - apsauga klojant betoną	- atitiktis - patikimumas	Kiekvienas strypynas	
Šviežio betono stebėjimas					
23.	Nepertraukiamas tiekimas	Tikrinimas	Nepertraukiamas klojimas	Prieš klojimą	
24.	Betonas - klasė - sudėtis	Siuntų dokumentai	Atitiktis	Kiekvienas betonvežis	
25.	Konsistencija	- slankumo rodiklis - skilimo rodiklis	- atitiktis - klojumas	Nuolat	
26.	Aplinkos temperatūra	Termometras	Naujai betonuojamų polių apsauga	Kai reikia pagal LST 1330	
27.	Betono temperatūra	Termometras	- atitiktis - klojumas	Kai reikia pagal LST 1330	Kilus abejonėms dažnumas didinamas
Betono klojimo sausoje aplinkoje ir panardinus stebėjimas					

28.	Betonavimo vamzdis, betontiekio vamzdis, sąlygos	Tikrinimas apžiūrint	- švarumas - nepralaidumas vandeniui - vidaus lygumas	Kiekvienas vamzdis prieš ir po įrengimo	
29.	- vidinis skersmuo - išorinis skersmuo	Tikrinimas ir matavimas	- užpildo matmenų tinkamumas - laisvas judėjimas armatūros viduje	- kiekvienas vamzdžių komplektas - visų dydžių poliai	
30.	- sudėtis (sekcijų ilgiai)	Tikrinimas ir matavimas	Pasiruošimas ištraukti	Kiekvienas vamzdžių komplektas	
31.	- įrengimo gylis	Matavimas	Sluoksniavimosi išvengimas betono klojimo pradžioje	Kiekvienas polis	Betontiekio vamzdis turi remtis į dugną
32.	Betontiekio vamzdžio panardinimas betonuojant ir ištraukiant	Betono gylio tikrinimas betontiekio ilgo atžvilgiu	- panardinimo gylio palaikymas - sluoksniavimosi išvengimas - betono užteršimo išvengimas	Nuolat	- pakankamas panardinimas, ištraukiant betontiekio vamzdžius -bet kokio vandens kaupimosi betontiekyje stebėjimas
33.	Betonavimo lygis	Gylio matavimas	Pakankamas aukštis virš nukritimo lygio	Kiekvienas polis	
34.	Betono tūris	Sunaudojimo lyginimas su teoriniu gręžinio tūriu	Per didelių išėmų ar susiaurėjimų aptikimas	Kiekvienas polis (kur įmanoma)	Gali prireikti nuodugnaus stebėjimo, įskaitant betono slankumo apvalkalo ištraukimo metu registracijos duomenis
35.	Polio galva po užbetonavimo	Tikrinimas apžiūrint	Per didelio vandens tekėjimo atpažinimas	Kiekvienas polis (kur įmanoma)	Šiek tiek vandens visada išsiskiria iš betono dėl jo savaiminio sutankėjimo; labai didelis vandens

					išsiskyrimas gali reikšti jog yra kamiene intarpų
CFA (Ištisinio sraigtinio gręžimo polis) polių įrengimo stebėjimas)					
36.	Būklė ir matmenys - sraigto - dantų - uždarymo įtaiso	- tikrinimas apžiūrint - matavimai	Atitiktis	Prieš pradėdant gręžti	
37.	Gręžimas	Tikrinimas - sukimosi greičio - skverbimosi greičio	Riboti per gilų iškasimą	Nuolat	
38.	Gręžimo gylis / laikantysis sluoksnis	Tikrinimas - sukimosi greičio - skverbimosi - sukimosi (pasirinktinai) - medžiagos - gylis	Atitiktis	Kiekvienas polis	Kai kuri informacija gali būti sąlygiškai negalutinė
39.	Betonavimo pradžia	Betono tūkmės tikrinimas	Užkimšimo tikrinimas	Kiekvienas polis	
40.	Betonavimas	Tikrinimas -betono slėgio -betono tūkmės -sunaudojimo, atitinkančio grąžto ištraukimą	Visiškas gręžinio užpildymas betonu	Kiekvienas polis, nuolat	
Nukirtimo stebėjimas					
41.	Betono nukirtimo lygyje	Tikrinimas apžiūrint - betono kokybės - polio pjūvio - lygumo - plyšių atsiradimo - armatūros	Užtikrinti geras polio sujungimo sąlygas su aukščiau esančia konstrukcija	Kiekvienas polis	Jeigu pastebėta, kad betono ties projektiniu polio nukirtimo lygiu kokybė yra nepakankama, polį reikia nukirsti žemiau

		būklės - betono apsauginio sluoksniu			ir iš naujo išbetonuoti, įrengus technologinę sandūra
--	--	---	--	--	---

### 3.2 REIKALAVIMAI SPRAUSTINIŲ POLIŲ ĮRENGIMUI

Vibracinio ir kalamojo spraudimo derinys, kai vibratorius naudojamas pradiniam įgilinimui, o plaktas – poliui kalti iki projektinės padėties yra galimas. Vibracinio plakto išcentrinė jėga, vibracijos dažnis ir vibracinio plakto poslinkio amplitudė turi būti parenkama, atsižvelgiant į poli ir gruntines sąlygas. Jei yra pavojus pažeisti konstrukcijas, poliai turi būti spaudžiami vibratoriais. Įrengiant spraustinius polius būtina užtikrinti, kad aplink poli esantis gruntas nebūtų sutankintas tiek, kad jame nebegalima būtų įrengti kitų polių, taip pat, kad vibracija, atsiradusi įrengiant poli neveiktų kitų konstrukcijų ar šalia esančių pastatų. [11]

#### 3.3.1. Spraustinių polių įrengimui keliami reikalavimai:

- Polis standžiai tvirtinamas prie poliakalės kreiptuvo, kuris visą įgilinimo laiką turi išlikti pastovus (kreiptuvo ir polio ašys turi išlikti tapačios arba lygiagrečios), kad įrengtas polis neviršytų leistinųjų nuokrypų.
- Jei projekte nenumatyta kitaip, tai sekantį poli be nuolatinio apvalkalo galima įrengti ne mažesniu kaip šešių, prieš tai įgilinto polio, skersmenų atstumu.
- Kai poliai įspraudžiami įkalant, atsakas nustatomas apskaičiavus dešimties paskutiniųjų smūgių sukeltų nuosėdžių aritmetinį vidurkį.
- Jei pasiekus projektinį gylį atsakas viršija projektinį, jį reikia papildomai nustatyti kalant poli po pertraukos. Jei po pertraukos atsakas viršija projektinį, tuomet turi būti atliktas polio laikančiosios galios statinis bandymas arba keičiamas projektas.
- Polių įgilinimą palengvinančias priemones (paplovimą, išankstinį gręžimą ir pan.) galima naudoti tik suderinus su projekto autoriais ir jei kalamų elementų atsakas mažesnis kaip 2 mm.

[11]

#### 3.3.2. Spraustinių polių armavimui keliami reikalavimai:

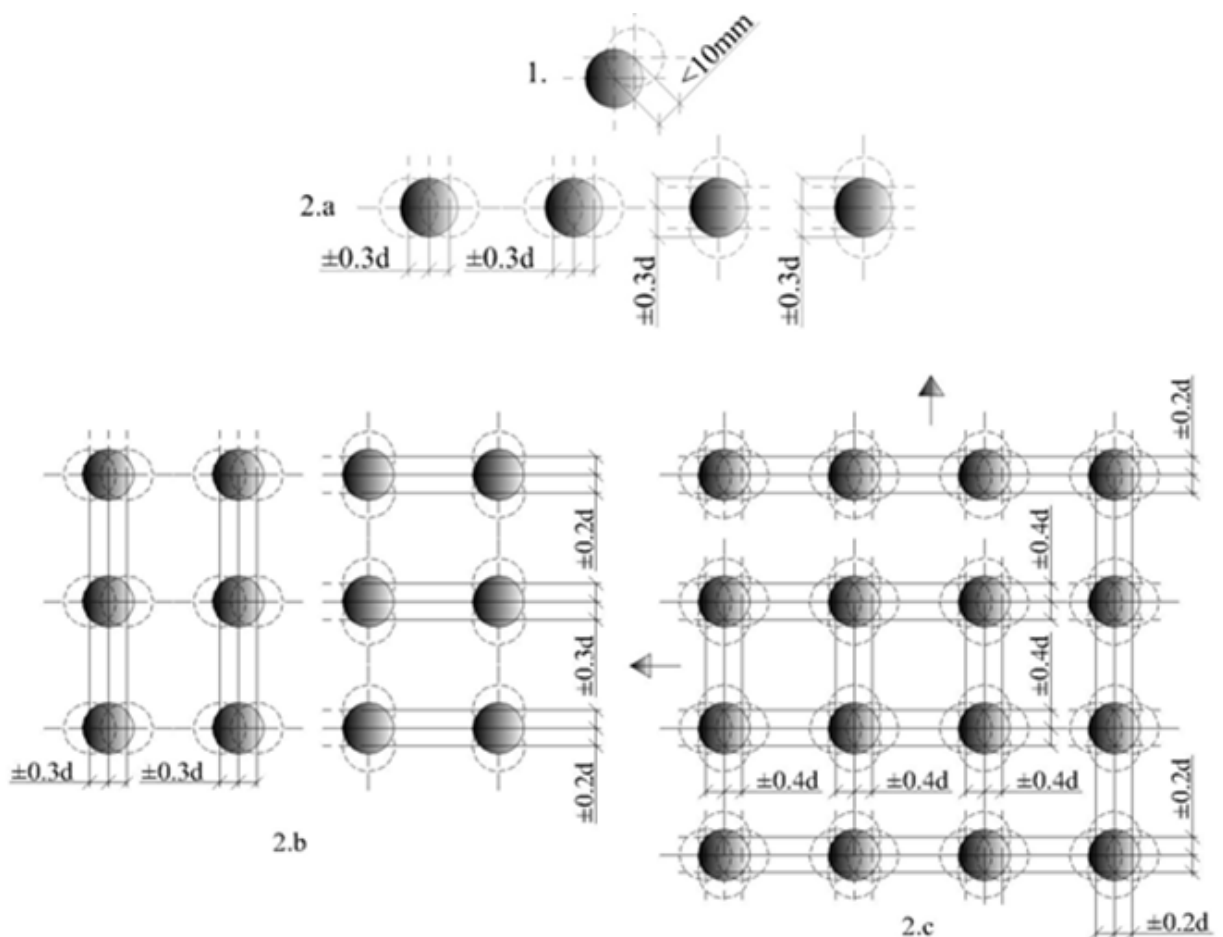
- Jei polius reikia armuoti, o projekte nenurodyta, poliai armuojami ne mažiau kaip dviem 10 mm skersmens armatūros strypais, o visas armatūros kiekis skerspjūvyje turi sudaryti ne mažiau kaip 0,5% polio skerspjūvio ploto.
- Strypynams gaminti naudojamos skersinės armatūros skerspjūvis ne mažesnis kaip 5 mm, tarpai tarp skersinėsarmatūros strypų ne mažesni kaip 200 mm.

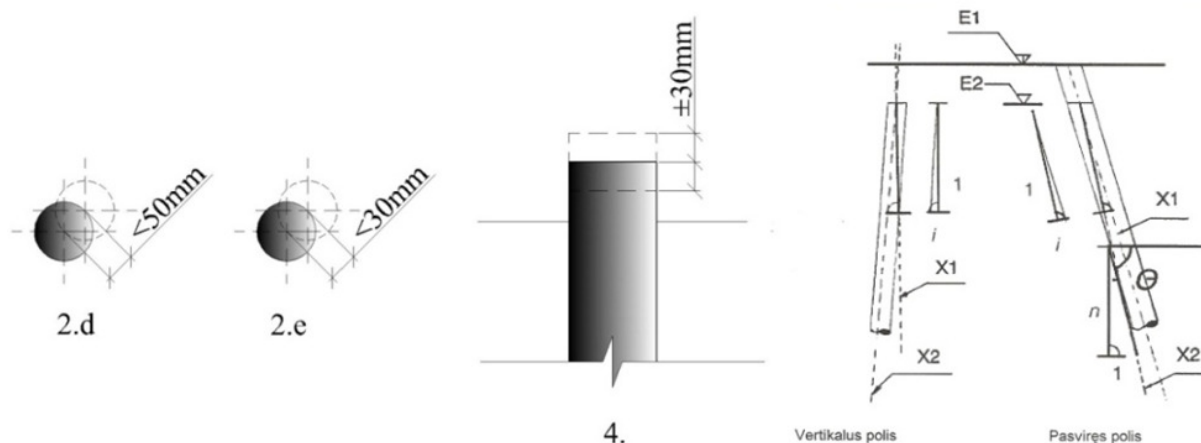
- Norint užtikrinti centrišką armatūros padėtį gręžinyje ir reikalingą betono apsauginį sluoksnį naudojami kreipikliai.
- Kreipikliai apie strypyną išdėstomi simetriškai taip, kad būtų ne mažiau kaip trys viename lygyje, atstumas tarp šių lygių ne mažesnis kaip 3,0 m ir pakankamas laisvumas iki sienos. Jei įrengiami pasvirę arba didesnio kaip 1,2 m skersmens poliai, tuomet kreipiklių skaičių reikia didinti.

### 3.3.3. Spraustinių polių betonavimui keliami reikalavimai:

- Betono stipris turi būti parenkamas pagal aplinką (geologinės sąlygos, apkrovos) ir polių projektavimo reikalavimus.
- Cemento kiekis betonuojant turi būti didesnis kaip  $325 \text{ kg/m}^3$ , o betono slankumas turi būti ne mažesnis kaip 130 mm ir ne didesnis kaip 180 mm. [11]

### 3.3.4. Spraustinių polių įrengimo leistini nuokrypiai:





**6 pav.** Spraustinių polių įrengimo leistini nuokrypiai (žiūr. su 1 lentele)

1. – polio pastatymas į kalimo vietą, kai polio diametras iki 0,5 m; 2.a – polių padėtis plane, išdėstant polius viena eile, kai skerspjūvio kraštinė iki 0,5 m; 2.b – polių padėtis plane, išdėstant polius grupėmis ir juostomis po dvi ir tris eiles, kai skerspjūvio kraštinė iki 0,5 m; 2.c – polių padėtis plane, išdėstant polius ištisiniame polių lauke, kai skerspjūvio kraštinė iki 0,5 m; 2.d – polių padėtis plane, pavieniams poliams, kai skerspjūvio kraštinė iki 0,5 m; 2.e – polių padėtis plane, poliams kolonomis, kai skerspjūvio kraštinė iki 0,5 m; 3. – polio įspraudimo gylis turi būti ne mažesnis už projektinį atsaką arba altitudę; 4. – polių galvų altitudės su monolitiniais rostverkais; 5. – vertikalių polių posvyris; 6. – pasvirusių polių posvyris.

**3 lentelė**

Spraustinių polių įrengimo leistini nuokrypiai

Spraustinių polių elementai	Leistinieji nuokrypiai
1. Polio pastatymas į kalimo vietą, kai polio diametras iki 0,5 m.	$\pm 10 \text{ mm}$
2. Kaltinių polių padėtis plane, kai skerspjūvio kraštinė iki 0,5m:	
a) išdėstant polius viena eile:	
- išilgai polių eilės	$\pm 0,3 d$ (d – kraštinės ilgis)
- skersai polių eilės	$\pm 0,2 d$
b) išdėstant polius grupėmis ir juostomis po dvi ir tris eiles:	
- kraštinių polių skersai eilės	$\pm 0,2 d$
- kitų polių ir kraštinių polių išilgai polių eilės	$\pm 0,3 d$
c) ištisinis polių laukas po statiniu:	
- kraštiniai poliai	$\pm 0,2 d$
- viduriniai poliai	$\pm 0,4 d$
d) pavieniai poliai	$\pm 50 \text{ mm}$



e) poliai kolonos	± 30 mm
3. Polio įkalimo gylis	turi būti ne mažesnis už projektinį atsaką arba altitudę
4. Polių galvų altitudės su monolitiniiais rostverkais	
5. Vertikalių polių posvyris ( <i>i</i> )	0,04 (viename ilgio metre)
6. Pasvirusių polių posvyris ( <i>i</i> )	0,04 (viename ilgio metre)

**4 lentelė**

Spraustinių polių įrengimo kokybės kontrolė

	<b>Objektas</b>	<b>Kontrolė</b>	<b>Tikslas</b>	<b>Dažnumas</b>	<b>Pastabos</b>
Polio įgilinimo stebėjimas					
1	Įrankių, polių būklė ir matmenys	Tikrinimas apžiūrint. Matavimas	Atitiktis	Prieš ir (arba) po naudojimo	
2	Įrankių naudojimas	Įgilinimo eiga, efektyvumas, per gilus įgilinimas	Peržiūra, atpažinimas kintančių gruntinių sąlygų, gylio, laiko, įrankių pakeitimo	Nuolat	
3	Polio geometrija	Matavimai: padėties plane, gylio, pasvirumo	Reikiamų (projekte užduotų) parametru ir užsiduotų leistinų nuokrypių išlaikymas	Kiekvienas polis	Būtinasis polio gylio parametras užduodamas darbo projekte su atskira pastaba.
4	Polio įgilinimas	Matuojamas įgilinimas ir/arba atsakas, priklausomai nuo darbo projekte užduotų esminių parametru	Darbo projekte užduotos laikomosios galios atitikimas, arba būtinas pasiekti gylis	Kiekvienas polis	Polio gylio ir/arba atsako matavimo parametrai užduodami technologinėje kortelėje, priklausomai nuo: - konkrečios spraudimo įrangos techninių parametru; - būtino pasiekti gylio.
5	Vandens sankaupas apačioje	Tikrinimas apžiūrint	Betono sluoksniavimosi ir užteršimo išvengimas	Kiekvienas polis	

# TIRIAMOJI DALIS

## 4. POLINIŲ PAMATŲ SKAIČIAVIMO METODIKA

Projektuojant ašine apkrova apkrautus polius pagal LST EN 1997-1:2005 reikalavimus, tikrinama ar nesusidaro ribinis būvis dėl suirimo ar didelės deformacijos (pirmasis projektavimo atvejis – DA1), taikant dalinius koeficientų grupių derinius pagal LST EN 1997-1:2005 A priedo lentelę: [12]

- 1 – asis derinys DA1.C1:A1 „+“ M1 „+“ R1;
- 2 – asis derinys DA1.C2:A2 „+“ M1 „+“ R4.

Siekiant įrodyti, kad polinis pamatas saugiai atlaikys skaičiuotines gniuždomąsias apkrovas, turi būti patenkinama nelygybė visais ribinio saugos būvio apkrovų ir jų derinių atvejais:

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} \quad (1)$$

$F_{c;d}$  – skaičiuotinė (projektinė) gniuždomo polio apkrova;

$R_{c;d}$  – skaičiuotinė (projektinė) polio laikomoji galia gniuždymui.

Skaičiuotinė (projektinė) polio pagrindo laikomoji galia gniuždymui  $R_{c;d}$  gaunama taip:

(2)

$$R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

$R_{b;k}$  – polio pado laikomosios galios charakteristinė reikšmė, kN;

$R_{s;k}$  – polio kamieno šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristinė reikšmė, kN;

$\gamma_b$  – polio pagrindo laikomosios galios koeficientas (LST EN 1997-1:2005 A priedo lentelė);

$\gamma_s$  – polio kamieno šoninio paviršiaus laikomosios galios gniuždymui koeficientas (LST EN 1997-1:2005 A priedo lentelė).

Charakteristinės  $R_{b;k}$  ir  $R_{s;k}$  vertės nustatomos taip:

(3)

$$R_{b;k} = \text{Min} \left( \frac{(R_{b,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{b,cal})_{min}}{\xi_4} \right)$$

(4)

$$R_{s;k} = \text{Min} \left( \frac{(R_{s,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{s,cal})_{min}}{\xi_4} \right)$$

Čia  $\xi$ ,  $\xi_3$ ,  $\xi_4$  yra koreliacijos koeficientai (5 lentelė), priklausantys nuo tyrimo vietų skaičiaus  $n$  ir atitinkamai naudojami:

- vidutinėms vertėms  $(R_{c;cal})_{mean} = (R_{b;cal} + R_{s;cal})_{mean} = (R_{b;cal})_{mean} + (R_{s;cal})_{mean}$
- mažiausioms vertėms  $(R_{c;cal})_{min} = (R_{b;cal} + R_{s;cal})_{min} = (R_{b;cal})_{min} + (R_{s;cal})_{min}$

## 5 lentelė

Koreliacijos koeficientai  $\xi$  charakterinėms vertėms

$\xi$ kai $n =$	1	2	3	4	5	7	10
$\xi_3$	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
$\xi_4$	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

Koreliacijos koeficientai  $\xi$  charakterinėms vertėms gauti, remiantis grunto tyrimo (CPT) rezultatais ( $n$  – ištirtų pjūvių skaičius) LST EN 1997-1:2005 A priedas.

Kalibruotosios vertės  $R_{b;cal}$  ir  $R_{s;cal}$  vertės apskaičiuojamos pagal formules:

(5)

$$R_{b;cal} = A_b \cdot p_b = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_d$$

(6)

$$R_{s;cal} = \sum_i A_{s;i} \cdot p_{s;i} = \pi \cdot d \cdot \sum_i (L_{s;i} \cdot p_{s;i})$$

$A_b$  – polio pado plotas, m<sup>2</sup>;

$d$  – polio diametras (preliminariai parenkamas prieš skaičiavimą), m;

$p_b$  – pagrindo stipris po polio padu (imamas LST EN 1997-2:2007; D6);

$A_{s;i}$  –  $i$ -tojo sluoksnio polio kamieno šoninio paviršiaus plotas, m<sup>2</sup>;

$L_{s;i}$  –  $i$ -tojo sluoksnio polio kamieno ilgis, m;

$p_{s;i}$  –  $i$ -tojo polio sluoksnio šoninio paviršiaus stipris (imamas LST EN 1997-2:2007; D6), MPa.

## Polinių pamatų skaičiavimų rezultatai

Rodiklis	I gruntas			II gruntas			III gruntas		
	1 pjūvis		2 pjūvis	1 pjūvis		2 pjūvis	1 pjūvis		2 pjūvis
	CFA	Gręžtinis	Kaltinis	CFA	Gręžtinis	Kaltinis	CFA	Gręžtinis	Kaltinis
Charakteristinė nuolatinė vertikali jėga $G_k$ , kN	325,00								
Charakteristinė kintama vertikali jėga $Q_k$ , kN	175,00								
Stipraus grunto gylio pradžia, m	9,3		3,3	1,6		1,3	2,8		2,4
Vidutinis kūginis stipris $q_c$ , MPa	11		25	24,61		27,54	9,2		7,2
Pagrindo po poliaus padu stipris $p_b$ , MPa	2,2		4	3,96		4,25	1,84		1,44
Poliaus kamieno ir šoninio paviršiaus stipris $p_s$ , MPa	0,088		0,2	0,20		0,22	0,074		0,058
Polio diametras $d$ , m	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
Polio pado plotas $A_b$ , m	0,385	0,385	0,385	0,196	0,196	0,196	0,385	0,385	0,385
Kalibruotoji vertė $R_{b,cal}$ , kN	846,23		1538,60	777,15		834,06	707,76		553,90
Vid. kalibruotoji vertė $R_{b,cal}$ , kN	1192,42			805,61			630,83		
Kalibruotoji vertė $R_{s,cal}$ , kN	193,42		439,60	314,00		345,40	162,65		127,48
Vid. kalibruotoji vertė $R_{s,cal}$ , kN	316,51			329,70			145,07		
Charakteristinė vertė $R_{b,k}$ , kN	666,32			596,75			436,14		
Charakteristinė vertė $R_{s,k}$ , kN	152,30			244,22			100,38		
Apkrovos derinys DA1.C1 $F_{c,d}$ , kN	701,25			701,25			701,25		
Apkrovos derinys DA1.C2 $F_{c,d}$ , kN	552,50			552,50			552,50		
Polio ilgis stipriausiam grunto sluoksnyje, m	0,794	1,161	0,341	0,750	0,956	0,498	3,26	3,625	2,81
Visas poliaus ilgis $L$ , m	10,94	10,461	9,641	2,350	2,556	2,098	6,06	6,43	5,61

## 2. TOPSIS METODO SKAIČIAVIMO METODIKA

Mokslininkai Yoon ir Hwang sukūrė variantų prioretiškumo nustatymo metodiką, pagrįsta koncepcija, kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo „neigiamai idealaus“ sprendimo. Šis metodas vadinamas TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – racionaliausių sprendimų eiliškumo nustatymas arčiausiai idealaus varianto. Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat didėja arba mažėja. Tada galima nustatyti „idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių, ir „neigiamai idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių. Norint taikyti artumo idealiam taškui TOPSIS metodą, būtina sudaryti sprendimų matricą  $P$ , kurioje eilutės žymi nagrinėjamas alternatyvas ( $m$  – alternatyvų skaičius), stulpeliai – efektyvumo rodiklius ( $n$  – efektyvumo rodiklių skaičius), pagal kuriuos vertinamos alternatyvos: [13]

$$P = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; \quad (7)$$

Sprendimų matrica  $P$  normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Čia:  $x_{ij}$  –  $i$ -osios alternatyvos,  $j$ -ojo efektyvumo rodiklio reikšmė.

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad (9)$$

Tarkime, kad žinomos rodiklių integruoto reikšmingumo reikšmės ( $q$ ), tada

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [q]; \quad (10)$$

Taikant formulę (10), sudaroma svartinė normalizuota matrica  $\bar{P}^*$ . „Idealiai geriausias“ variantas (alternatyva) nustatomas pagal formulę:

$$a^+ = \left\{ \left[ \left( \max_i \bar{x}_{ij} | j \in J \right), \left( \min_i \bar{x}_{ij} | j \in J' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\}; \quad (11)$$

Čia:  $J$  – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė,  $J'$  – rodiklių, kurių mažesnės yra geresnės, indeksų aibė. „Neigiamai idealus“ variantas nustatomas pagal formulę:

$$a^- = \left\{ \left[ \left( \min_i \bar{x}_{ij} | j \in J \right), \left( \max_i \bar{x}_{ij} | j \in J' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\}; \quad (12)$$

Atstumas tarp lyginamojo  $i$ -tojo ir „idealiai geriausio“  $a^+$  varianto nustatomas skaičiuojant atstumą  $n$ -matėje Euklido erdvėje, pagal formulę:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^+)^2}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (13)$$

O tarp  $i$ -tojo ir „neigiamai idealaus“  $a^-$  pagal formulę:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^-)^2}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (14)$$

Galutiniu TOPSIS metodo žingsniu nustatomas kiekvieno  $i$ -tojo varianto santykis atstumas iki „idealiai geriausio“ varianto:

$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (15)$$

Kuo  $K_i$  reikšmė artimesnė vienetui, tuo  $i$ -tasis variantas  $a^+$  t.y. racionalus variantas bus tas, kurio  $K_i$  reikšmė yra didžiausia. [13]

### 3. GERIAUSIO POLINIO PAMATO PARINKIMAS SKIRTINGIEMS GRUNTAMS

Polinių pamatų diametras ir gylis apskaičiuojamas pagal anksčiau minėta - LST EN 1997-1:2005 literatūros metodiką. Pagal gautą pamato tūrį programos „Sistela“ pagalba sudaroma sąmata ir įvertinamos polio sąnaudų kaina, įrengimui naudojamų mechanizmų kiekis, polio įrengimo kaina, polio įrengimo trukmė. Gauti rezultatai pateikiami 7 lentelėje.

**7 lentelė**

Varianto Nr.	Gruntas	Pamato tipas	Vertinimo rodikliai					
			Polio skersmuo d, m	Polio gylis l, m	Polio sąnaudų kaina, €	Polio įrengimui naudojamų mech. kiekis, vnt	Polio įrengimo kaina, €	Polio įrengimo greitis h/vnt.
Rodiklių reikšmingumas - q			0,083	0,102	0,458	0,078	0,200	0,080
1	Nr.1	Kaltinis	0,7	9,64	4026,35	3	403,84	10,22
2		Gręžtinis	0,7	10,46	1038,78	3	460,66	12,7
3		CFA	0,7	10,94	1066,6	4	720,47	5,74
Rodiklių reikšmingumas - q			0,083	0,102	0,458	0,078	0,200	0,080
4	Nr.2	Kaltinis	0,5	2,09	623,53	3	62,64	1,59
5		Gręžtinis	0,5	2,55	144,4	3	80,21	1,25
6		CFA	0,5	2,35	131,6	4	115,7	0,94
Rodiklių reikšmingumas - q			0,083	0,102	0,458	0,078	0,200	0,080
7	Nr.3	Kaltinis	0,7	5,61	239,13	3	205,01	5,89
8		Gręžtinis	0,7	6,43	625,14	3	293,18	7,46
9		CFA	0,7	6,06	575,75	4	399,09	3,18

**Pastaba:** Vertinimo kriterijų balai parinkti apklausus 6 apklausos dalyvius. Apklausos rezultatai pateikti 8 lentelėje.

**8 lentelė**

Apklaustieji	Polio skersmuo d, m	Polio gylis l, m	Polio sąnaudų kaina, €	Polio įrengimui naudojamų mechanizmų kiekis, vnt	Polio įrengimo kaina, €	Polio įrengimo greitis h/vnt.
1	0,05	0,05	0,45	0,1	0,25	0,1
2	0,05	0,01	0,4	0,1	0,4	0,04
3	0,1	0,05	0,5	0,1	0,15	0,1

4	0,05	0,1	0,4	0,02	0,3	0,14
5	0,1	0,25	0,5	0,05	0,05	0,05
6	0,15	0,15	0,5	0,1	0,05	0,05
Vidurkis	0,083	0,102	0,458	0,078	0,2	0,08

Sprendimų matrica P normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją taikant formulę (8), duomenys pateikiami 9 lentelėje.

**9 lentelė**

Gruntas	Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6
Nr.1	1	0,344	0,525	0,946	0,327	0,489	0,527
	2	0,344	0,570	0,244	0,314	0,530	0,699
	3	0,344	0,596	0,253	0,462	0,932	0,321
Nr.2	4	0,245	0,114	0,147	0,327	0,076	0,082
	5	0,245	0,139	0,034	0,327	0,097	0,064
	6	0,245	0,128	0,031	0,436	0,140	0,048
Nr.3	7	0,344	0,306	0,056	0,327	0,248	0,304
	8	0,344	0,350	0,147	0,327	0,355	0,385
	9	0,344	0,330	0,135	0,436	0,483	0,164

Atlikus matricos normalizavimą (P), bei žinant rodiklių (q) reikšmingumus (q – rodiklių reikšmingumas buvo nustatytas apklausiant 6 apklausos dalyvius, kurie savo mano išrinktus vertinimo rodiklius įvertino balais nuo 0 iki 1), taikant formulę (10), sudaroma svartinė normalizuota matrica  $\bar{P}^*$ , duomenys pateikiami 10 lentelėje.

**10 lentelė**

Gruntas	Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6
Nr.1	1	0,0285	0,0536	0,4333	0,0255	0,0977	0,0422
	2	0,0285	0,0581	0,1120	0,0245	0,1059	0,0559
	3	0,0285	0,0608	0,1161	0,0360	0,1865	0,0257
Nr.2	4	0,0204	0,0116	0,0671	0,0255	0,0152	0,0066
	5	0,0204	0,0142	0,0155	0,0255	0,0194	0,0052
	6	0,0204	0,0131	0,0142	0,0340	0,0280	0,0039
Nr.3	7	0,0285	0,0312	0,0257	0,0255	0,0496	0,0243
	8	0,0285	0,0357	0,0673	0,0255	0,0709	0,0308
	9	0,0285	0,0337	0,0620	0,0340	0,0966	0,0131



Sudarius svertinę normalizuotą matricą  $\bar{P}^*$ , nustatoma idealiai geriausia ir blogiausia alternatyva pagal formules – geriausia (11), blogiausia (12), skaičių duomenys pateikiami 11, 12 ir 13 lentelėse.

### 3.1 GRUNTŲ GERIAUSIA IR BLOGIAUSIA ALTERNATYVA

1 Gruntas **11 lentelė**

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6
a+	0,0285	0,0536	0,1120	0,0245	0,0977	0,0257
a-	0,0285	0,0608	0,4333	0,0360	0,1865	0,0559

2 Gruntas **12 lentelė**

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6
a+	0,0204	0,0116	0,0142	0,0255	0,0152	0,0039
a-	0,0204	0,0142	0,0671	0,0340	0,0280	0,0066

3 Gruntas **13 lentelė**

Varianto Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	x6
a+	0,0285	0,0312	0,0257	0,0255	0,0496	0,0131
a-	0,0285	0,0357	0,0673	0,0340	0,0966	0,0308

Atlikus idealiai geriausios ir blogiausios alternatyvos nustatymą taip pat nustatomi atstumai tarp lyginamųjų ir idealia geriausių, bei blogiausių alternatyvų pagal formules (13) geriausi ir (14) blogiausi, skaičių duomenys pateikti 14 lentelėje.

**14 lentelė**

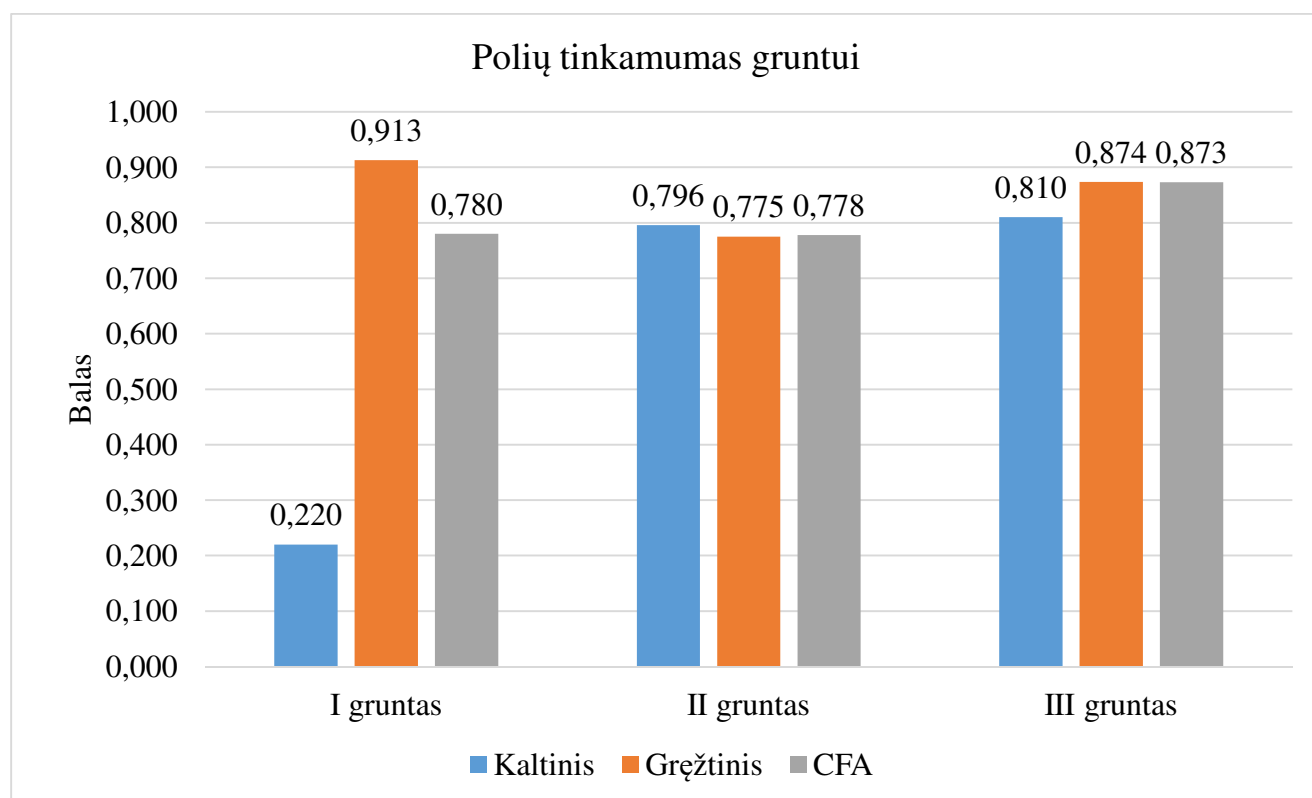
Gruntas	Teigiamas atstumas		Neigiamas atstumas	
Nr.1	L1+	0,3217749	0,090696	L1-
	L2+	0,0316595	0,331497	L2-
	L3+	0,0898659	0,318717	L3-
Nr.2	L4+	0,1049876	0,410479	L4-
	L5+	0,1321856	0,455388	L5-
	L6+	0,1292351	0,453725	L6-
Nr.3	L7+	0,1012781	0,432258	L7-
	L8+	0,0553226	0,385625	L8-
	L9+	0,0560926	0,385437	L9-

Suskaičiavus alternatyvius atstumus tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių, bei blogiausių, galutiniu TOPSIS metodo žingsniu reikia nustatyti kiekvieno i-tojo varianto santykinius atstumus iki „idealiai geriausio“ varianto pagal (15) formulę, skaičiavimo duomenys pateikti 15 lentelėje.

15 lentelė

Gruntas	Eilės Nr.	Balas	Vieta	Pamato tipas
Nr.1	k1	0,219884	3	Kaltinis
	k2	0,9128213	1	Gręžtinis
	k3	0,7800548	2	CFA
Nr.2	k4	0,7963252	1	Kaltinis
	k5	0,7750316	3	Gręžtinis
	k6	0,7783121	2	CFA
Nr.3	k7	0,8101759	3	Kaltinis
	k8	0,8745369	1	Gręžtinis
	k9	0,8729586	2	CFA

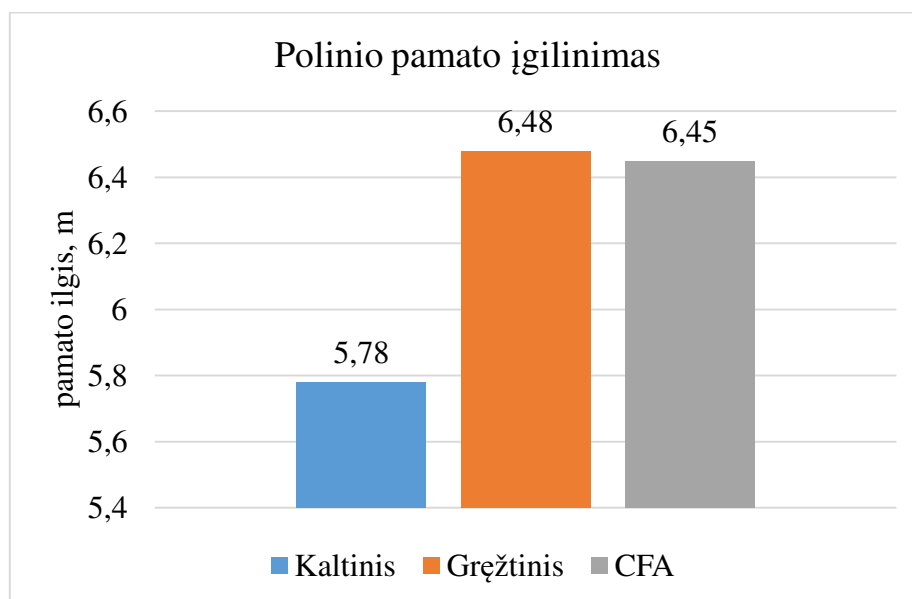
Pagal gautus rezultatus galime teigti, jog I – ojo tipo gruntui tinkamiausi pamatai – gręžtiniai, II – ojo tipo gruntui – kaltiniai pamatai, III – ojo tipo gruntui – gręžtiniai pamatai.



7 pav. Polių tinkamumas gruntui.

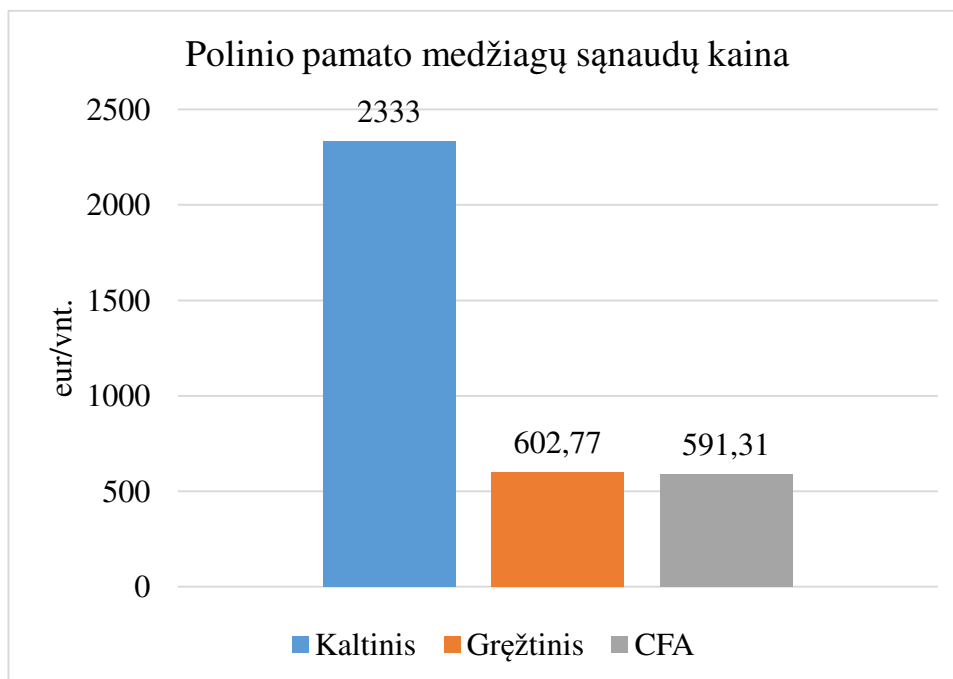
Įvertinus 7 lentelės rezultatus ir apskaičiavus kiekvieno grunto vertinimo rodiklio vidutinės reikšmės galime teigti, kad:

- Mažiausiai įgilinti reikia kaltinius pamatus, o daugiausiai - gręžtinius.



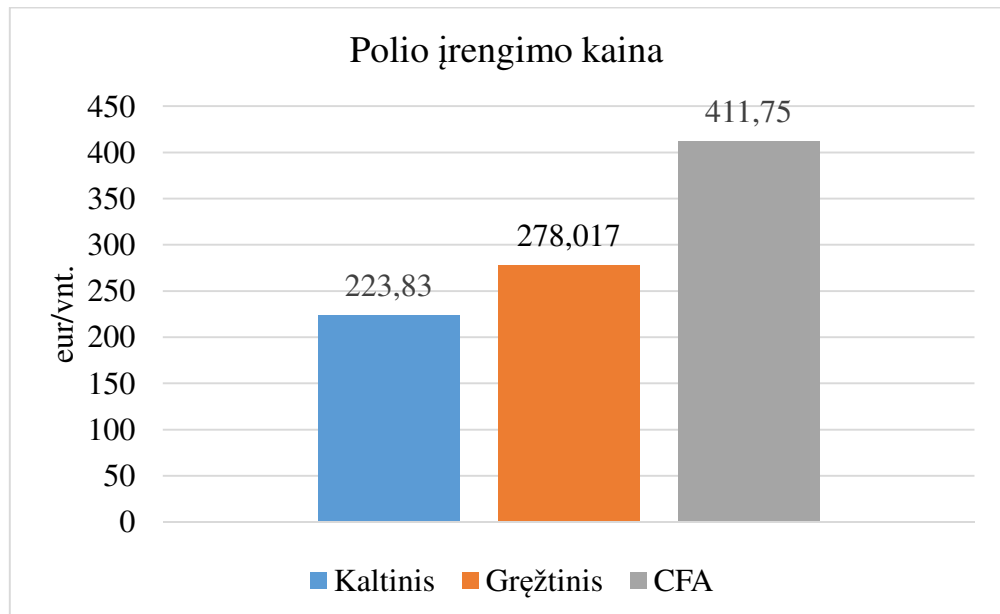
**8 pav.** Polinio pamato įgilinimas.

- Brangiausi poliniai pamatai (medžiagų sąnaudų atžvilgiu) – kaltiniai pamatai, pigiausi – CFA tipo poliniai pamatai.



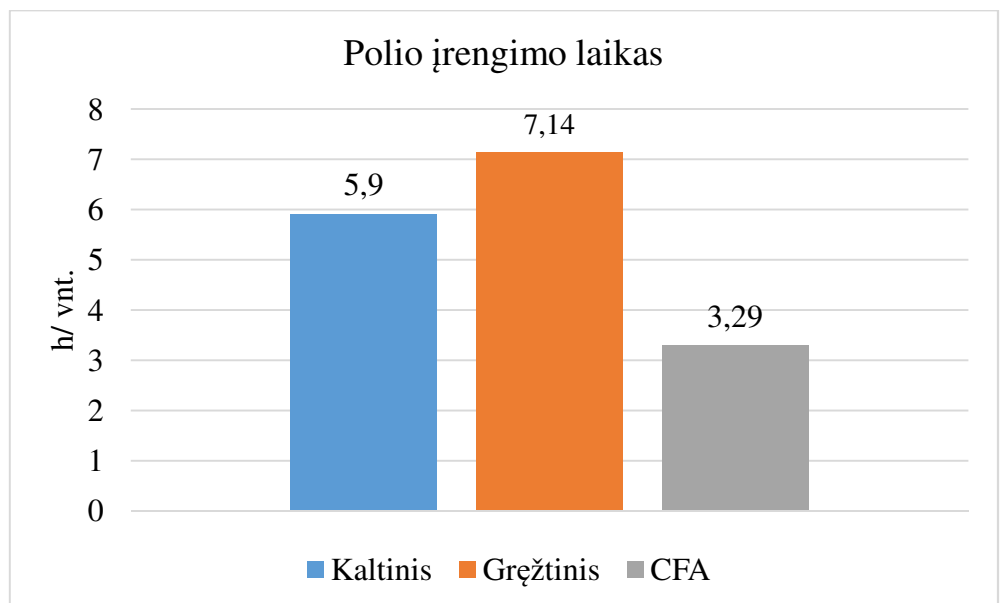
**9 pav.** Polinio pamato medžiagų sąnaudų kaina.

- Brangiausi poliniai pamatai (pamato įrengimo kainos atžvilgiu) – CFA tipo poliniai pamatai, pigiausi – kaltiniai poliniai pamatai.



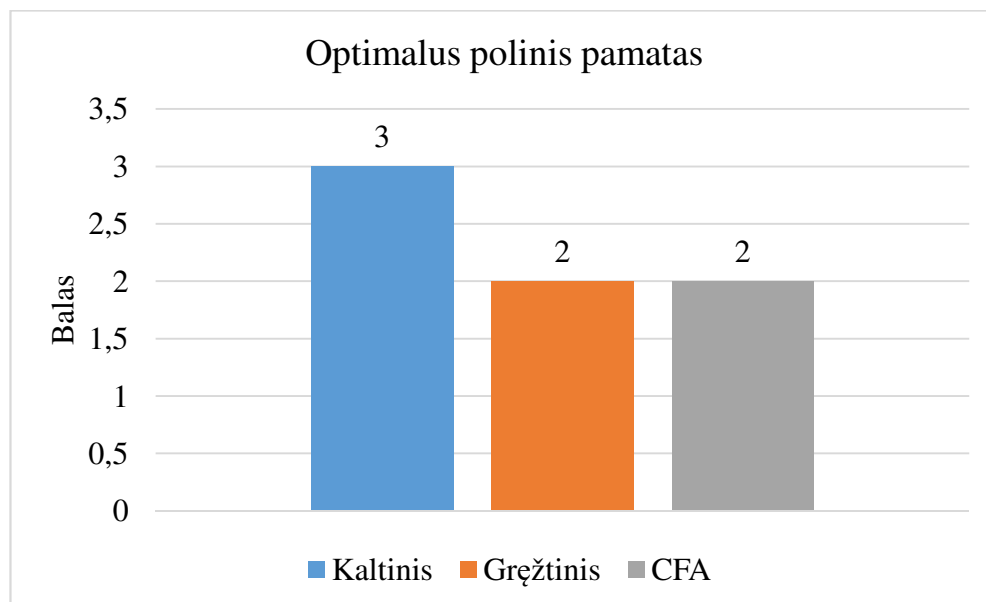
**10 pav.** Polio įrengimo kaina.

- Greičiausiai įrengiami poliniai pamatai – CFA tipo poliniai pamatai, ilgiausiai įrengiami – gręžtiniai poliniai pamatai.



**11 pav.** Polio įrengimo laikas.

Susumavus visų grafikų gautus rezultatus (pagal tai kiek kartų poliaus rezultatai buvo geriausi grafikuose), pirmąją vietą užima kaltinio tipo poliniai pamatai ir juos galime vadinti optimaliais. Tačiau nereikėtų pamiršti, jog būtent kaltinių pamatų įrengimą apsunkina tankiai apstatytos ar apgyvendintos vietovės.



**12 pav.** Optimalus polinis pamatas.

## IŠVADOS

Pamatai skaičiuojami trims skirtingiems gruntams, kiekviename iš jų atlikti du gręžiniai. Poliai apskaičiuoti pagal LST EN 1997-1:2005 metodiką. Polių diametrai parinkti optimalūs kiekvienam grunto tipui, I-ajam – 0,7m, II-ajam – 0,5m, III-ajam – 0,7m. Pagal gautus skaičiavimus kiekviename grunte mažiausiai reikia įgilinti kaltinius pamatus, daugiausiai – gręžtinius.

TOPSIS metodu pagal pasirinktus kriterijus apskaičiavus optimalų pamatą kiekvienam grunto tipui. Vertinant polinius pamatus skalėje nuo 0 iki 1, I-ajam gruntui tinkamiausias gręžtinis pamatas – 0,913, prasčiausias kaltinis – 0,220, II-ajame grunte skirtumai tarp pamatų labai maži, geriausias kaltinis – 0,796, prasčiausias gręžtinis – 0,775, III-ajam gruntui tinkamiausi gręžtiniai – 0,874, tačiau tik 0,001 dalimi atsilieka CFA tipo poliai, prasčiausi kaltiniai – 0,810.

Žinant kiekvieno poliaus kubatūra ir pagal pasirinktus kriterijus apskaičiavus kainas sąmatine programa Sistela išsiaiškinau, kad: didžiausia poliaus sąnaudų kaina būtų kaltinių pamatų – 2333 eur, mažiausia – CFA – 591,31 eur., brangiausi poliniai pamatai įrengimo atžvilgiu CFA – 411,75 eur, pigiausi – kaltiniai – 223,87 eur, įrengimo atžvilgiu didelis skirtumas matomas tarp greičiausiai rengiamų CFA poliu – 3,29 vnt./h ir ilgiausiai įrengiamų gręžtinių polių – 7,14 vnt/h

Susumavus visus gautus rezultatus, išsiaiškinau, jog gręžtiniai ir CFA tipo poliniai pamatai surinko vienodą balų skaičių - po 2 balus, o optimaliais pamatais galime vadinti kaltinius pamatus surinkusius 3 balus.

## LITERATŪROS SARAŠAS

1. Poliniai pamatai. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 3 d.] Prieiga per internetą: <[http://www.ekspertai.lt/pamatai/straipsniai/tinkamo\\_pamatu\\_tipo\\_pasirinkimas](http://www.ekspertai.lt/pamatai/straipsniai/tinkamo_pamatu_tipo_pasirinkimas)>.
2. Poliniai pamatai. Gręžtiniai poliniai pamatai. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 3 d.] Prieiga per internetą: <<http://poliniaipamatai.lt/greztiniai-poliniai-pamatai/>>.
3. D. Šližytė, J. Medzveckas, R. Mackeičius *Pamatai ir pagrindai* Vilnius „Technika“ 2012 ISBN 978-609-457-176-3.
4. Poliniai pamatai. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 3 d.] Prieiga per internetą: <<http://www.manonamai.lt/praktiniai-patarimai/namui-butui/ka-butina-zinoti-irengiant-polinius-pamatus.d?id=61859159>>
5. D. Aviža, S. Sušinskas, R. Baltušnikienė, T. Jukna *Metodiniai nurodymai ištisinio sraigtinio gręžimo polių (CFA) įrengimo technologijai ir projektavimui rupiuose gruntuose*. KTU Panevėžio technologijų ir verslo fakulteto Technologijų katedra, 2014 ISBN-978-609-95612-2-6.
6. Lietuvos statybos inžinierių sąjunga. *Statybos inžinieriaus žinynas*. Vilnius: Technika, 2004.
7. Spraustiniai poliai. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 10 d.] Prieiga per internetą: <[http://www.rentinys.lt/spraustiniai\\_poliai](http://www.rentinys.lt/spraustiniai_poliai)>.
8. Pamatai. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 10 d.] Prieiga per internetą: <[http://www.supernamai.lt/pamatu\\_konstrukcija\\_koki\\_tipa\\_issirinkti/](http://www.supernamai.lt/pamatu_konstrukcija_koki_tipa_issirinkti/)>.
9. Poliniai pamatai. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 10 d.] Prieiga per internetą: <<http://www.manonamai.lt/daraupats/statybos/pamatai/poliniai-pamatai-kas-tai-ir-kada-juos-rinktis.d?id=67442744>>.
10. POŽEMINIŲ KONSTRUKCIJŲ ĮRENGIMO DARBAI Gręžtinių polių įrengimas ST 121895674.100.01.01:2012. [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Spalio 20 d.] Prieiga per internetą: <<http://wwwstatybostaisykles.lt/node/2030>>.
11. POŽEMINIŲ KONSTRUKCIJŲ ĮRENGIMO DARBAI Spraustiniai polių įrengimas I dalis. Kaltiniai, vibraciniai, įstumiami poliai ST 121895674.102.01:2014.
12. LST EN 1997-1:2004/A1:2003 Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas 1 dalis. Pagrindinės taisyklės.
13. Hwang, C. L., Lin M. J. Group decision making under multiple criteria: Methods and Applications. Berlin: Springer-Verlag 1987.
14. E. K. Zavadskas, Multiple criteria selection of pile-column construction technology. Journal of civil engineering and management, 2012 Volume 18(6): 834-842.

15. S. Susinskas, Multiple criteria assessment of pile-columns alternatives. The baltic journal of road and bridge engineering, 2011 6(3): 145-152.
16. Zeleny, M. 1982. Multiple Criteria Decision Making. New York: McGraw-Hill. 563 p.
17. M. Sadauskaitė, Polinio pamato įrengimo parinkimas esant skirtingiems gruntams, taikant TOPSIS metodą. Technologijų ir verslo aktualijos : studentų mokslinių darbų konferencijos pranešimų medžiaga, Lietuva, Panevėžys, 2016 balandžio 15 d. Kaunas : Kauno technologijos universitetas, 2016. p. 140-144.
18. Fiodorovas A. A++ energy efficiency class buildings roof insulation decisions determination with TOPSIS method. Intelligent technologies in logistics and mechatronics systems, ITELMS'2015. May 21-22, 2015.- 128-132 p.
19. B. Černius *Pamatų projektavimo pagal 7 Eurokodą vadovas*. Technologija, 2014.
20. American Association of State Highway and Transportation Officials *AAS HTO LRFD Bridge design specifications* 2012m. ISBN 978-1-56051-523-4.
21. K. Fleming, A. Weltmat, M. Randolph, K. Elson. *Piling Engineering*. ISBN 0-203-93-64-3.



# **PRIEDAI**