



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Kęstas Kyguolis

**GELŽBETONINIŲ KELIO PLOKŠČIŲ GAMYBOS
TECHNOLOGIJA**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

doc. Algirdas Augonis

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
Prof. dr. Vitoldas Vaitkevičius

GELŽBETONINIŲ KELIO PLOKŠČIŲ GAMYBOS
TECHNOLOGIJA

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas

doc. Algirdas Augonis

Recenzentas

Projektą atliko

Kęstas Kyguolis

KAUNAS, 2016

PARENGTO BAIGIAMOJO DARBO SAVARANKIŠKUMO PATVIRTINIMAS

Patvirtinu, kad parengtas magistrantūros baigiamasis darbas

Gelžbetoninių kelio plokščių gamybos technologija

- atliktas savarankiškai ir nebuvo kaip visuma pateiktas jokiame dėstomajame dalyke atsiskaityti šiame ar ankstesniuose semestruose;
- nebuvo pateiktas atsiskaityti kitame KTU fakultete arba kitoje Lietuvos aukštojoje mokykloje;
- turi visas į baigiamojo darbo literatūros sąrašą įtrauktą informacijos šaltinių nuorodas.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Data

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

Magistrantūros baigiamasis darbas

GELŽBETONINIŲ KELIO PLOKŠČIŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJA

Kęstas Kyguolis

ANOTACIJA

Statybos magistrantūros studijų programos baigiamojo darbo tikslas –gelžbetoninių kelio plokščių gamybos technologija, gaminat kelio plokštes, analizė. Nagrinėjamos pastato statybos reglamentavimo ir teisės aktų sąlygos. Aprašoma architektūrinė ir konstrukcinė statinio sandara. Apskaičiuojama plieninė santvara. Atliekama gelžbetoninių kelio plokščių gamybos technologinė ir organizacinė analizės. Grafinėje dalyje pateikiamos statinio konstrukcinės schemas, pagrindiniai pjūviai, sklypo planas, gamybos technologinių ir organizacinių dalių brėžiniai.

Tikslas, gelžbetoninių kelio plokščių gamybos technologija, metalinė santvara,

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE FACULTY
DEPARTMENT OF BUILDING CONSTRUCTION

Master's final work

CONCRETE FLAT-TRACK PRODUCTION TECHNOLOGY

Kęstas Kyguolis

SUMMARY

Construction Master Degree final work - reinforced concrete road slabs production technology, manufacturing its track panels, analysis. The building of the construction of the regulatory and legislative conditions. Describe the architectural and structural static structure.

Calculate the steel girder. Carried concrete track slab production technological and organizational analysis. The graphical part contains the static structural scheme, the main sections of the site plan, production of technological and organizational parts of the drawings.

Objective, concrete track slab production technology, metal truss

Turinys

ĮVADAS.....	8
1.STATINIO CHARAKTERISTIKA, STATYBOS VIETOS, STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS	9
1.1.Statinio ir statybos vietos charakteristika	9
1.2.Statinio projektavimas	9
1.3.Statybą leidžiančio dokumento išdavimo tvarka	10
1.4.Statybos darbai.....	10
1.5.Techninės priežiūros tvarka	11
1.6.Statybos baigimas	12
2.ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	13
2.1.Bendrieji duomenys apie pastatą	13
2.2.Stogo šiluminės varžos skaičiavimas.....	16
3.KONSTRUKCINĖ DALIS	18
3.1.Denginio konstrukcijų skaičiavimas	18
3.1.1.Sniego apkrovos skaičiavimas	18
3.1.2.Nuolatinės apkrovos skaičiavimas.....	19
3.2.SANTVAROS VIRŠUTINĖS JUOSTOS SKERSPJŪVIO SKAIČIAVIMAS	Error!
Bookmark not defined.	
3.3.SANTVAROS APTINĖS JUOSTOS SKERSPJŪVIO SKAIČIAVIMAS	22
3.4.SANTVAROS SPYRIŲ SKERSPJŪVIO SKAIČIAVIMAS.....	23
3.5.SANTVAROS MAZGŲ SKAIČIAVIMAS.....	26
3.5.1.Mazgas 1.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.2.Mazgas 2.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.3.Mazgas 3.....	Error! Bookmark not defined.
4.GAMYBOS TECHNOLOGIJOS DALIS	18
4.1.Techniniai reikalavimai žaliavoms.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.Betono sudėties projektavimas.....	44
4.3.Gamybinių pajėgumų skaičiavimas.....	44
4.4.Gamybos proceso technologinės linijos aprašymas	49
4.5.Technologinės linijos skaičiavimas.....	51

5.GAMYBOS ORGANIZAVIMAS	56
5.1.Ženklinimas	56
5.2.Technologinių įrengimų darbo ciklogramų sudarymas.....	56
5.3.Operacijų trukmių grafiko sudarymas	56
6.EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI	59
6.1.Darbo užmokestis	59
7.MOKSLINIS TIRIAMASIS DARBAS	60
8.DARBO SAUGA.....	Error! Bookmark not defined.
IŠVADOS	91
LITERATŪROS SARAŠAS	82
PRIEDAI.....	824

ĮVADAS

Magistro baigiamojo darbo tikslas yra suprojektuoti gelžbetoninių kelio plokščių gamybos technologinę liniją. Šis darbas yra sudarytas iš tokių dalių: statinio statybos teisinio reglamentavimo, architektūrinės, konstrukcinės, technologinės ir organizacinės dalių, ekonominės, darbo saugos bei aplinkosaugos dalių.

Statinio statybos teisinio reglamentavimo dalyje vadovaujantis Lietuvos Respublikos Statybos įstatymu bei kitais teisiniais reglamentais, aprašomi projektuojamo statinio esminiai reikalavimai, statybos leidimo išdavimo tvarka, projektavimas ir pastato pripažinimas tinkamu naudoti.

Architektūrinėje dalyje aprašomi statinio architektūriniai sprendiniai, statybai naudojamos konstrukcijos ir medžiagos bei apskaičiuojamas stogo šilumos perdavimo koeficientas.

Konstrukcinėje dalyje apskaičiuojama aplieninė santvara. Jai sudaroma skaičiuojamoji schema, apskaičiuojamos apkrovos. Parenkami elementams reikiami skerspjūviai.

Technologinėje ir organizacinėje dalyse yra aprašoma ir apskaičiuojama betono mišinio sudėtis, gamyklos našumas, suprojektuojamos sandėliavimo vietos, parenkami įrengimai ir optimaliausias gamybos būdas.

Ekonominėje dalyje sudaroma sustambinta lokalinė sąmata, kuria skaičiuojama gamyklos pastatymo kaina. Įvertinus sąmatą, apskaičiuojama kelio plokščių kaina.

1. STATINIO CHARAKTERISTIKA, STATYBOS VIETOS, STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

1.1. Statinio ir statybos vietos charakteristika

Projektuojamas pastatas pagal STR 1.01.09:2003 "Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį" priskiriamas negyvenamųjų pastatų grupei, nes pastatas yra gamybinės pramonės paskirties.

Projektuojame pastate bus gaminamos gelžbetoninės kelio plokštės. Be šio pastato sklype projektuojamos administracinės patalpos, užpildų sandėliai, automobilių stovėjimo aikštelė, želdinių plotai. Stovėjimo aikštelės ir keliai teritorijoje asfaltuojami.

1.2. Statinio projektavimas

Statinio projektavimo pradžia laikoma visų prisijungimo sąlygų ir specialiųjų reikalavimų išdavimo diena, o kai minėti dokumentai neprivalomi – projektavimo darbų rangos sutarties pasirašymo diena (kai projektavimas atliekamas rangos būdu).

Projektas rengiamas vadovaujantis statybos įstatymu ir kitais įstatymais, reglamentuojančiais statinio saugos ir paskirties reikalavimus, kitais teisės aktais, teritorijų planavimo ir normatyviniais statybos techniniais dokumentais bei normatyviniais statinio saugos ir paskirties dokumentais.[4]

Šio gamybinio pastato projektas rengiamas dviem etapais (techninis projektas ir darbo projektas).

Techninis projektas yra vientisas dokumentas, kurio pagrindu atliekama projekto ekspertizė, gaunamas statybos leidimas, parenkamas statinio statybos rangovas, rengiamas darbo projektas, parenkami statybos produktai bei įrenginiai ir pagal jame pateiktas technines specifikacijas, vadovaujantis darbo projektu, atliekami statybos darbai, taip pat vertinama statybos darbų ir pastatyto statinio kokybė. Jo sudėtis, apimtis ir detalumas turi būti pakankamas statytojo sumanymui suprasti, projekto ekspertizei atlikti, statinio statybos skaičiuojamajai kainai nustatyti, statinio statybos rangovui parinkti, statybos leidimui gauti ir darbo projektui parengti. Pastatytas pastatas pripažįstamas tinkamu naudoti, techninio projekto technines specifikacijas pažymint žyma „Taip pastatyta“.

Darbo projektas yra dokumentas, kurio pagrindu, įvertinus techninio projekto technines specifikacijas, gaminami statybinių konstrukcijų ir inžinerinių sistemų elementai, gamintojui parengus detalius gamyklinius brėžinius, standartus ar techninius liudijimus, vykdomi statybos darbai. Pastatytas statinys pripažįstamas tinkamu naudoti, darbo projekto brėžinius pažymint žyma „Taip pastatyta“.

1.3. Statybą leidžiančio dokumento išdavimo tvarka

Gelžbetonių kelio plokščių gamyklos statytojas norėdamas pradėti statinio statybą, privalo gauti leidimą [STR 1.07.01:2010] statyti statinį, savivaldybei pateikdamas prašymą ir kitus Lietuvos Respublikos statybos įstatymo nurodytus dokumentus. [3]

Leidimui (statyti naują statinį) gauti reikalingi dokumentai:

- 1) Prašymas;
- 2) Statybos projektas ir kompiuterinė laikmena su statybos projekto įrašu arba tik kompiuterinė laikmena su statybos projekto įrašu, jeigu šį projektą privalantys pasirašyti asmenys jį pasirašė elektroniniais parašais;
- 3) Statybos projekto ekspertizės aktas;
- 4) Žemės sklypo bendraturčių sutikimas, jeigu žemės sklypas jiems priklauso bendrosios nuosavybės teise;
- 5) Jeigu inžinerinius tinklus ar susisiekimo komunikacijas numatoma tiesti kitame žemės sklype (teritorijoje), taip pat jeigu kitą žemės sklypą (teritoriją) numatoma laikinai naudoti statybos metu, – sutartis su šio žemės sklypo (teritorijos) savininku, valdytoju ar naudotoju;

Pateikus visus išvardintus dokumentus, savivaldybės įgalioti padaliniai ar įstaigos privalo patikrinti projektą. Projektui patikrinti skiriama 35 darbo dienos. Statybą leidžiantis dokumentas išduodamas ne vėliau kaip per 45 darbo dienas.

1.4. Statybos darbai

Pagal [2] Statybos darbai pradedami po to, kai statytojas (užsakovas) nustatyta tvarka gavo ir perdavė rangovui, kuri įstatymų nustatyta tvarka turi teisę vykdyti ypatingų statinių statybą, šiuos dokumentus:

- statybos leidimą;
- nustatyta tvarka parengtą ir patvirtintą statinio Techninį ir Darbo projektą. Darbo projektas gali būti pateiktas kaip vientisas dokumentas arba atskirais sprendiniais skirtingu laiku pagal rangovo suderintą kalendorinį grafiką;
- statybvietės perdavimo ir priėmimo aktą;
- projektavimo sąlygų sąvadą;
- statybos darbų žurnalą;

Įmonė įsakymu ar kitu tvarkomuoju dokumentu skiria:

Statinio statybos vadovą – fizinį asmenį (specialistą, turintį statybos, architektūros ar kitą aukštąjį inžinerinį išsimokslinimą), atestuotą nustatyta tvarka, kuris, atstovaudamas rangovui, įgyvendina statinio projektą nuo statybos pradžios iki statinio pripažinimo tinkamu naudoti, kartu

yra bendrųjų statybos darbų vadovas, koordinuoja statinio statybos specialiujų darbų vykdymą bei šių darbų vadovų veiklą ir pagal kompetenciją atsako už pastatyto statinio normatyvinę kokybę.

Statinio statybos specialiujų darbų vadovą – fizinį asmenį (specialistą, turintį statybos ar kitą aukštąjį arba aukštesnįjį inžinerinį išsimokslinimą), atestuotą nustatyta tvarka, kuris, atstovaudamas rangovui ir įgyvendindamas statinio projektą nuo statybos pradžios iki statinio pripažinimo tinkamu naudoti, vadovauja tam tikriems statybos specialiesiems darbams, būdamas techniškais klausimais pavaldus statinio statybos vadovui ir pagal kompetenciją atsako už pastatyto statinio normatyvinę kokybę.

Statinys (jo dalis) turi būti suprojektuotas ir pastatytas iš tokių statybos produktų, kurių savybės per ekonomiškai pagrįstą statinio naudojimo trukmę užtikrintų esminius statinio (jo dalies) reikalavimus. Statinys (jo dalis) turi būti statomas ir pastatytas, o statybos sklypas tvarkomas taip, kad statybos metu ir naudojant pastatytą statinį trečiųjų asmenų gyvenimo ir veiklos sąlygos, kurias jie turėjo iki statybos pradžios, galėtų būti pakeistos tik pagal normatyvinių statybos techninių dokumentų ir normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų nuostatas [2].

Statybos darbų pradžia laikoma diena (įrašyta į statybos darbų žurnalą) kai rangovas po statybvietės priėmimo iš užsakovo pradėjo vykdyti bet kuriuos statybos darbus;

Statinio (jo dalies) statybos darbų pabaiga laikoma diena, (užsakovas) patvirtina nustatyta tvarka sudarytos komisijos statinio pripažinto tinkamu naudoti aktą.

1.5. Techninės priežiūros tvarka

Techninę priežiūrą organizuoja užsakovas.

Statybai privaloma bendroji (bendrųjų statybos darbų) Techninė priežiūra. Specialiosios statinio statybos techninės priežiūros organizuojamos kaip bendrosios (bendrųjų statybos darbų) Techninės priežiūros dalys arba skiriamos į savarankiškas specialiąsias statinio statybos technines priežiūras.

Statinio statybos techninis prižiūrėtojo pagrindinė veikla:

- prieš statybos pradžią nustatyta tvarka gauna statybos leidimą;
- laiku pateikia rangovams darbo projekto brėžinius;
- organizuoja geodezinių koordinačių, reperių, raudonųjų linijų žymėjimą;
- perduoda statinio statybos vadovui pagal aktą statybvietę bei joje esančių statinių, inžinerinių tinklų ir susisiekimo komunikacijų planą;

• tikrina, kad statinys būtų statomas pagal statinio projektą, laikantis įstatymų, kitų teisės aktų, normatyvinių statybos techninių dokumentų, normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų, statinio projektavimo sąlygų, statybos leidimo reikalavimų, laiku būtų atliekami reikalingi matavimai ir bandymai;

- kontroliuoja statybos darbų ir produktų normatyvinę kokybę;
- tikrina ir priima iš statinio statybos vadovo paslėptus statybos darbus ir paslėptas statinio konstrukcijas;
- tikrina, kad atliktų statybos darbų dokumentuose nurodyti darbų kiekiai atitiktų faktiškuosius[6].

1.6. Statybos baigimas

Pagal STR 1.11.01:2010 Statytojas, pastatęs naują ypatingą Padaliniui, esančiam apskrities, kurioje yra statinys, teritorijoje, pateikia prašymą išduoti Aktą.

Prašymas gali būti pateikiamas tiesiogiai, raštu arba pasinaudojant IS „Infostatyba (www.planuojustatyti.lt). [4]

Statybos užbaigimo komisijai pateikiami šie dokumentai [4]:

1. Statinio projektas su žyma „Taip pastatyta“ kiekviename jo lape, pasirašyta statinio statybos vadovo ir statinio statybos techninio prižiūrėtojo.
2. Statybą leidžiantis dokumentas.
3. Statinio (-ių) kadastro duomenų byla (-os).
4. Statinio (-ių) bendrieji rodikliai (nurodyti statinio projekte).
5. Rangovo užbaigtų statybos darbų perdavimo statytojui aktas.
6. Nustatyta tvarka užpildytas statybos darbų žurnalas su paslėptų darbų aktais ir statinio laikančių konstrukcijų išbandymų apkrovomis, statinio inžinerinių sistemų bei inžinerinių tinklų apžiūrėjimo ir išbandymo aktais (kai išbandymai privalomi pagal teisės aktų reikalavimus), taip pat papildomi statybos darbų žurnalai.
7. Sklypo, požeminių inžinerinių tinklų ir statinio laikančių konstrukcijų geodezinės nuotraukos (schemos).
8. Statybos produktų, darančių įtaką statinio atitikčiai esminiams reikalavimams, atitikties dokumentai (atitikties deklaracija ir (ar) atitikties sertifikatas).
9. Geriamojo vandens kokybės tyrimo, atlikto atestuotose ar akredituotose laboratorijose, dokumentai.
10. Statinio projekte numatytų pastato konstrukcijų šilumos laidumo, vibracijos bei patalpų apšvietimo matavimų dokumentai. Projekte numatytų pastato konstrukcijų šilumos laidumo, triukšmo, infragarso ir žemo dažnio garsų, vibracijos, apšvietos, mikroklimato ir kitų veiksmų matavimų, atliktų atestuotose ar akredituotose laboratorijose, dokumentai.
11. Pastato techninis-energetinis pasas.
12. Pažyma apie statybinių atliekų perdavimą jas tvarkančiai įmonei arba jų sutvarkymą kitu teisės aktais nustatytu būdu.

Gavęs visus privalomus pateikti dokumentus, Komisijos pirmininkas IS „Infostatyba“ arba Inspekcijos dokumentų valdymo informacinėje sistemoje (tais atvejais, kai registruoti Prašymo IS „Infostatyba“ nėra galimybės) užregistruoja Prašymą, paskelbia jį kartu su pridėtais dokumentais ir ne vėliau kaip per 5 darbo dienas nuo Prašymo užregistravimo dienos oficialiu el. paštu informuoja Reglamento 1 priede nurodytus subjektus, kurių atstovai įtraukti į Komisijos sudėtį, nuroydamas datą ir laiką, kada Komisija vykdys Procedūras.[4]

Komisija Procedūras pradeda ne vėliau kaip per 20 darbo dienų nuo Prašymo užregistravimo dienos. Komisijos nariai pagal kompetenciją vizualiai patikrina statinio atitiktį statinio projektui, išnagrinėja visus Komisijai pateiktus dokumentus (jų apimtį, sudėtį, juridinio informavimo reikalavimus), pagal tai nustato, ar įvykdyti visi statinio projekto sprendiniai, kurie lemia statinio atitiktį esminiams reikalavimams. Komisija gali atrankos būdu patikrinti statinio dalių, konstrukcijų, elementų, inžinerinių sistemų ir kt. atitiktį pateiktiems dokumentams, taip pat pareikalauti iš Statytojo atlikti reikalingus bandymus, matavimus, ardymo darbus ir kt.

Aktas ir Komisijai pateikta dokumentacija perduodama Prašymo pateikėjui, po vieną akto egzempliorių – rangovui ir Padaliniui. Padaliniui taip pat perduodamas Reglamento 28 punkte nurodytas subjekto raštas bei pridėta prie prašymo išduoti Aktą kompiuterinė laikmena su statinio projekto įrašu.

Komisijos pirmininkas per 14 kalendorinių dienų apie Akto pasirašymą informuoja Nekilnojamojo turto kadastro tvarkytoją.[4]

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1. Bendrieji duomenys apie pastatą

Bendri duomenys

Projektuojamas gamybinis vieno aukšto pastatas, kuriame bus gaminamos gelžbetoninės kelio plokštės. Projektuojamo pastato sklypas yra Alytuje ilgojoje gatvėje, kuris priklauso I vėjo ir II sniego apkrovos rajonui. Pastas projektuojamas vieno aukšto, stačiakampio formos 66,3 m ilgio ir 18,3 m pločio ir 12 m aukščio. Pastato plotas – 1188 m². Pastatas rytų pusėje jungiasi su betono mazgu, o betono mazgas yra sujungtas su armatūros ceiku. Pastato vakarinėje dalyje yra produkcijos sandėlys. Pietvakarių pusėje bus įrengiamas dviejų aukštų administracinis pastatas, kurio pirmame aukšte bus yrengiamos buitinės patalpos darbininkas.

Statybos sklypo reljefas lygus. Statybos aikštelę dengia augalinis 200 mm storio dirvožemio sluoksnis, kuris prieš statybos darbus sustumiamas į sankasą. Po augaliniu sluoksniu – priesmėlis. Chemiškai neagresyvaus gruntinio vandens lygis yra 2000 mm žemiau žemės paviršiaus. Sklypas yra 150 m ilgio ir 57 m pločio, sklypo plotas – 8550 m². Sklype bus projektuojama ir atviri užpildyti sandėliai. Įvažiavimas į sklypą yra iš rytinės pusės kur iš kart stovės sargo būdelė. Sklype keliai ir aikštelės projektuojamos iš asfalto dangos

Pamatai

Pamatai – gręžtiniai monolitiniai poliai ant kurių yra monolitinamos galvenos, skirtos kolonai įstatyti. Šios galvenos yra sujungiamos monolitine pamatine sija, kurios aukštis - 500 mm, o storis - 150 mm. 400 mm skersmens poliai įgilinti 4000 mm ir remiasi į priesmėlio sluoksnį.

Įstačius koloną, tarpai tarp jos pamato užpildomi smulkia grūdžiu, ne žemesnės kaip C12/15 klasės betonu.

Pamatų konstrukcija, mazgai ir kt. detalizuojami darbo projekto metu, laikantis normatyvinių aktų.

Kolonos

Kolonos – surenkamos gelžbetoninės, gaminamos iš C30/37 klasės betono, su gembėmis tiltinių kranų pokraninėms sijoms, kolonų skerspjūvis - 400x400mm. Kolonos montuojamos kas 6000mm. Fakverko kolonos montuojamos prie galinių pastato sienų.

Erdvinis pastovumas

Erdvinis pastovumas užtikrinamas vertikaliais metaliniais ryšiais tarp kolonų, santvaromis, vertikaliais ir horizontaliais metaliniais ryšiais tarp santvarų.

Išorinės sienos

Sienos yra montuojamos iš 150 mm storio daugiasluoksnių kabamų sieninių plokščių, kurios montuojamos horizontaliai. Plokščių termoizoliacinis sluoksnis yra iš standaus putų poliuretano su uždaromis poromis. Plokštės tvirtinamos prie kolonų. Plokštės iš lauko pusės yra pilkos, o iš vidaus baltos spalvos.

Stogas

Projektuojamos gamyklos stogo nuolydis yra 5°. Stogo konstrukcijos medžiagos nuo stogo viršaus: MIDA Technoelast PV S5s 5 mm, MIDA Technoelast PV S5b 5 mm [14], Paroc ROB 80 20 mm, Paroc ROS 30 160 mm, garo izoliacinė plėvelė [15], Paroc ROB 60, 20 mm [14].

Laikančioji denginio dalis – santvaros, pagamintos iš plieno S355J2H LST EN 10025-2. Plieninių santvarų ilgis 18000 mm Tinklelio elementų skerspjūviai kvadratiniai ir stačiakampiai. Santvarų pastovumas užtikrinamas horizontaliais ir vertikaliais ryšiais.

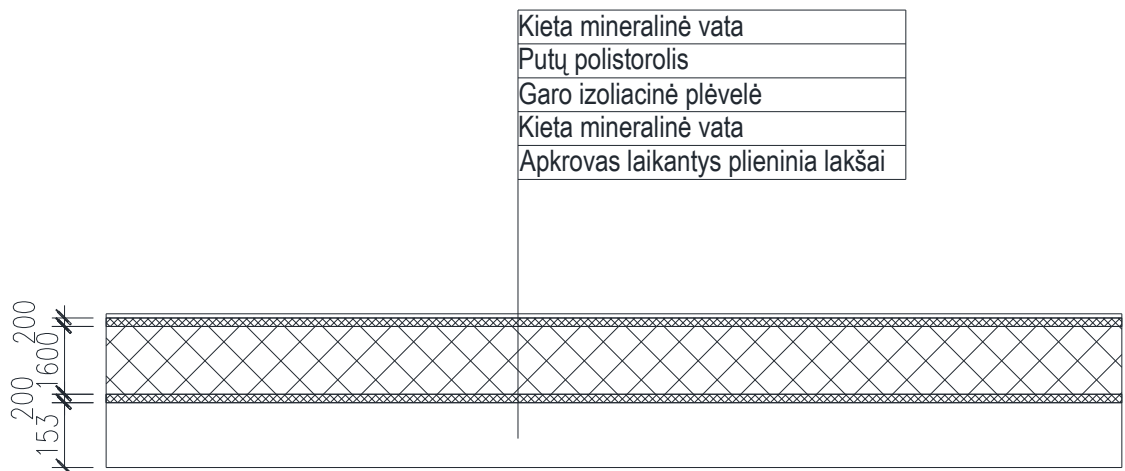
Grindys

Grindys ant sutankinto pagrindo grunto įrengiamos 250 mm skaldos-žvyro pasluoksniu, nuo natūralaus grunto jį atskiriant hidroizoliacija iš polietileno plėvelės. Aplink pamatus horizontaliai yra paguldomas 1 m pločio polistireno putplastis. Grindys yra iš armuoto metalo fibromis betono, kurio storis yra 120 mm. Jos padengiamos specialiu betono paviršiaus impregnantu.

Langai ir durys

Pastato langai - 4000x1200 mm. ir durys - 2100x1000 balti plastikiniai, garažo vartai segmentiniai aliuminai pakeliami - kurių matmenys - 3500x3000 ir - 4500x4000 mm. Vieni garažo vartai yra kartu ir sudurimis.

2.2 Stogo šiluminės varžos skaičiavimas



1 pav. Stogo detalė

1 sluoksnis – prilydoma ritininė danga MIDA Technoelast PV S5s, 5mm storio, kurios $\lambda_{dec} = 0,23 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, sluoksnio šiluminė varža:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{ds1}} = \frac{0,005}{0,23} = 0,021 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.1)$$

2 sluoksnis – prilydoma ritininė danga MIDA Technoelast PV S5s, 5mm storio, kurios $\lambda_{dec} = 0,23 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, sluoksnio šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds2}} = \frac{0,005}{0,23} = 0,021 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.2)$$

3 sluoksnis – kieta mineralinė vata PAROC ROB 80, 20mm storio, kurios $\lambda_{dec} = 0,039 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, sluoksnio šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{ds3}} = \frac{0,02}{0,039} = 0,51 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.3)$$

4 sluoksnis – putų polistirolis EPS 100, 160mm storio, kurio $\lambda_{dec} = 0,035 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, sluoksnio šiluminė varža:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{ds4}} = \frac{0,16}{0,035} = 4,57 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.4)$$

5 sluoksnis – garo izoliacinė plėvelė, kurios šiluminė varža $R_5 = 0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

6 sluoksnis – kieta mineralinė vata PAROC ROB60, 20mm storio kurios $\lambda_{dec} = 0,039 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, sluoksnio šiluminė varža:

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds6}} = \frac{0,02}{0,039} = 0,51 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.5)$$

Denginio vidinio paviršiaus šiluminė varža, kai šilumos srauto kryptis vertikali, pagal [5] 1 priedo 1.1 lentelę:

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.6)$$

Denginio išorinio paviršiaus šiluminė varža, kai šilumos srauto kryptis vertikali, pagal [5] 1 priedo 1.1 lentelę:

$$R_{se} = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (2.7)$$

Denginio suminė šiluminė varža:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se}; \quad (2.8)$$

$$R_t = 0,1 + 0,021 + 0,021 + 0,51 + 4,57 + 0,02 + 0,51 + 0,04 = 5,79 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas:

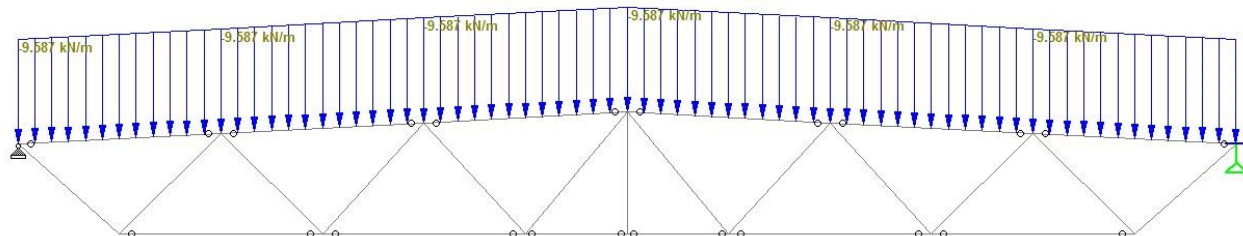
$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{5,79} = 0,17 \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (2.9)$$

Pastato stogo šilumos perdavimo koef. neviršija šilumos perdavimo koeficiento verčių.

3. KONSTRUKCINĖ DALIS

3.1. DENGINIO KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMAS

3.1.1. Sniego apkrovos skaičiavimas



2. Pav. Santvaros skaičiuojamoji schema. Sniego apkrova.

Sniego apkrovos į stogo horizontaliąją projekciją charakteristinė reikšmė:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k ;$$

čia: s_k – sniego dangos ant 1 m^2 horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakteristinė reikšmė;

μ – stogo sniego apkrovos formos koeficientas;

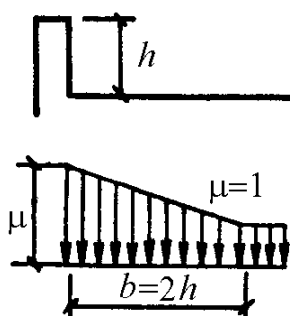
C_e – atodangos koeficientas, kurio reikšmė paprastai imama $C_t = 1,0$;

C_t – terminis koeficientas, priklausantis nuo energijos nuostolių per stogą ar kitos terminės įtakos.

Terminis koeficientas turi būti panaudojamas, kai atsižvelgiama į dėl tirpimo sumažėjusią sniego apkrovą ant stogo, turinčio didelį šiluminį laidumą ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Visais kitais atvejais $C_t = 1,0$.

Sniego antžeminės apkrovos s_k charakteristinė reikšmė:

$$s_k = 1,6 \text{ kN/m}^2 - \text{II sniego apkrovos rajonas (miestas – Alytus).}$$



3. Pav. Stogai su parapetais, skaičiuojamoji schema.

Schemą reikia taikyti, kai $h > \frac{s_k}{2}$ (kur h – m, s_k – kPa), tai $\mu = \frac{2h}{s_k}$, bet ne daugiau kaip 3.

Projektuojamo pastato parapeto aukštis numatytas $h=0,5$ m.

$h > \frac{s_k}{2} = \frac{1,2}{2} = 0,6m$; $0,5 < 0,6m$, taigi parapeto įtaka nevertinama ir sniego apkrovos

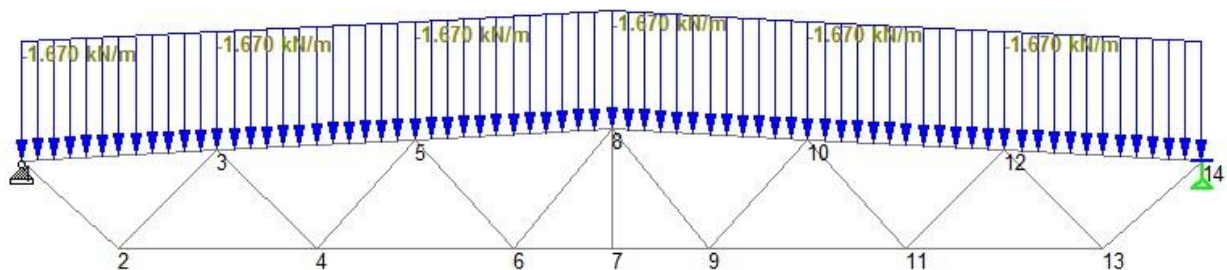
koeficientas $\mu_1 = 1$.

$$s_{k1} = \mu_1 C_e C_t s_k = 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,6 = 1,6 \text{ kN/m}^2;$$

Sniego apkrovos į stogo horizontaliąją projekciją skaičiuotinės reikšmės:

$$s_{d1} = s_{k1} \gamma_Q = 1,6 \cdot 1,3 = 2,08 \text{ kN/m}^2;$$

3.1.2. Nuolatinės apkrovos skaičiavimas



4. Pav. Santvaros skaičiuojamoji schema. Nuolatinė pakrova.

Stogo konstrukcija projektuojama iš metalinių profilių. Ant sanvaros montuojami profiliuoti plieno lakštai ant kurių įriangiamas stogo denginys. Projektuojant stogo konstrukcijas, vertinamos denginio savojo svorio ir sniego apkrovos. Skaičiuojant momentus, parenku nepalankiausią apkrovą. Stogo konstrukcijos apkrovos pateiktos žemiau esančioje lentelėje.

1. Lenetelė. Stogo konstrukcijos apkrovos

Stogo elementai	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m^2	Patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė Apkrova g_d , kN/m^2
Prilydoma ruloninė danga MIDA (2sl x 5mm)	$2x0,0052x9,81=0,1$	1,35	0,135
Kieta mineralinė vata Paroc ROB80 (20mm.)	$0,020x0,230x9,81=0,045$	1,35	0,060
Putų polistirolas EPS 100 (160mm.)	$0,16x0,021x9,81=0,032$	1,35	0,043
Garų izoliacija	0,002	1,35	0,0027
Kieta mineralinė vata Paroc ROB60 (20mm.)	$0,020x0,180x9,81=0,035$	1,35	0,047
Plieniniai lakštai T153-40L-840	$6,66x9,81=0,065$	1,35	0,0877
	$\Sigma g_{p.k} = 0,279$		$\Sigma g_{p.d} = 0,375$

Santvara numatoma projektuoti iš trijų skirtingų profilių: apatinei juostai, viršutinei juostai ir spyriams. Profilių skerspjūviai parenkami pagal didžiausią įrąžą, veikiančią tame elemente. Apatinė juosta veikia tik tempimui, viršutinė – gniuždymui ir lenkimui, o spyriai tikrinami ir tempimui ir gniuždymui. Elementus veikiančios didžiausios įrąžos:

Įrašos gautos programa STAAD. Gautus rezultatus pateikiu sekančioje lentelėje.

2. Lentelė. Santvaros elementų įrašų lentelė.

Strypas	Ašinė jėga, kN	Momentas kNm
Viršutinė juosta		
2	99.280	13.399
6	230.805	13.399
10	274.180	13.399
16	274.180	13.399
20	230.805	13.399
24	99.281	13.399
Apatinė juosta		
4	-185.530	-
8	-268.689	-
11	-276.155	-
14	-276.155	-
18	-268.689	-
22	-185.530	-
Spyriai		
1	-131.267	-
3	122.988	-
5	-62.054	-
7	58.139	-
9	-6.304	-
12	5.242	-
13	-0.460	-
15	5.242	-
17	-6.304	-
19	58.139	-
21	-62.054	-
23	122.988	-
25	-131.267	-

3.2. SANTVAROS VIRŠUTINĖS JUOSTOS SKERSPJŪVIO SKAIČIAVIMAS

Viršutinę juostą skaičiuoju kaip ekscentriškai gniuždomą elementą, pagal maksimalią ašinę jėgą. $N_{ED}=274.180 \text{ kN}$ ir momentą $M_{ED}=13.399 \text{ kNm}$

Reikiamo skerspjūvio ploto skaičiavimas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,r,d}} = \frac{N_{ed}}{\varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} \leq 1,0 \quad (3.3.)$$

$$A_d = \frac{N_{ed}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{274.180 \cdot 10^3}{0,508 \cdot 322,7 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 1,672 \cdot 10^{-3} = 16,72 \text{ cm}^2 \quad (3.4.)$$

čia: $\lambda_0 = 90$, klupumo koeficientas interpoliuojant gautas lygus $\varphi = 0.508$.

Skaičiuojamasis elemento ilgis:

$$l_{eff,y} = l_{eff,z} = 3000 \text{ mm}; \quad (3.5.)$$

Skaičiuojamas reikalingas inercijos spindulys:

$$i_{reik,y} = \frac{l_{eff}}{\lambda_0} = \frac{300}{100} = 3.0 \text{ cm}; \quad (3.6.)$$

Iš sortimento parenku kvadratinį vamzdinį profilį: 120x120x5 kurio:

$$A=22.4 \text{ cm}^2 \quad W=80.9 \text{ cm}^3$$

$$I=485 \text{ cm}^4 \quad i=4.66 \text{ cm}$$

Ekscentriškai gniuždomų ir gniuždomųjų-lenkiamųjų elementu stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{net}} \pm \frac{M_{y,Ed}}{W_y} \leq f_{y,d} \gamma_c \quad (3.7.)$$

$$\frac{274.180 \cdot 10^3}{22.4 \cdot 10^{-4}} \pm \frac{13.399 \cdot 10^3}{0.0809 \cdot 10^{-3}} \leq 322.7 \cdot 10^6 \cdot 0.9$$

$$288.024 \cdot 10^6 < 290.43 \cdot 10^6$$

Sąlyga tenkinama.

Pastovumo santvaros plokštumoje tikrinimas:

Elemento skaičiuotinis ilgis:

$$l_{eff,y,z} = l = 3.0m \quad (3.8.)$$

Čia: l – geometrinis elemento ilgis (atstumas tarp mazgų centrų)

Elemento liaunis santvaros plokštumoje:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y,z}}{i_y} = \frac{300}{4.66} = 64 \quad (3.9.)$$

Elemento sąlyginis liaunis:

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 64 \sqrt{\frac{322.72}{2.1 \cdot 10^5}} = 2.5 \quad (3.10.)$$

Ekscentricitetas:

$$e = \frac{M_{ED}}{N_{ED}} = \frac{13.399}{274.180} = 0.048m = 4.8cm \quad (3.11.)$$

Santikinis ekscentricitetas:

$$e_{rel} = \frac{eA}{w} = \frac{4.8 \cdot 22.4}{80.9} = 1.32 \quad (3.12.)$$

Skerspjūvio formos koeficientas:

$$k_{shape} = (1.90 - 0.1e_{rel}) - 0.02(6 - e_{rel})\bar{\lambda} \quad (3.13.)$$

$$k_{shape} = (1.90 - 0.1 \cdot 1.32) - 0.02(6 - 1.32)2.5 = 1.534$$

Santikinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} \cdot e_{rel} = 1.534 \cdot 1.32 = 2.024 < 20$$

Santikinis lyginamasis ekscentricitetas gautas mažiau už 20, todėl galėjome netikrinti stiprumo.(3.14.)

Klupumo koeficientas:

$$\varphi = 0.432$$

$$N_{NM,c,Rd} = 0.432 \cdot 22.4 \cdot 10^{-4} \cdot 322700 \cdot 1,0 = 312.27kN \quad (3.15.)$$

$$\frac{274.18}{312.27} = 0.89 < 1,0 \quad (3.16.)$$

Sąlyga tenkinama.

Pastovumo skaičiavimas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.17.)$$

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \varphi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c \quad (3.18.)$$

$$c = \frac{\beta}{1+\alpha \cdot e_{rel}} = \frac{1}{1+0,616 \cdot 1,32} = 0,55 \quad (3.19.)$$

$$\varphi_z = 1,0 - \left(0,073 - 5,53 \frac{f_{y,d}}{E}\right) \bar{\lambda} \sqrt{\bar{\lambda}} = 1,0 - \left(0,073 - 5,53 \frac{322,7}{210000}\right) 2,5 \sqrt{2,5} = 0,745 \quad (3.20.)$$

$$\varphi_z = 0,745$$

$$N_{NM,TF,Rd} = 0,55 \cdot 0,745 \cdot 22,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322700 \cdot 1,0 = 296,18kN$$

$$\frac{274,180}{296,186} = 0,92 < 1,0 \quad (3.21.)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas elemento liaunis:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{300,0}{4,66} = 64; \quad (3.22.)$$

Centriškai gniuždomo elemento ribinis liaunis:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,92 = 124,8; \quad (3.23.)$$

$$\lambda_{y,z} = 64 < \lambda_u = 121,8$$

3.3. SANTVAROS APATINĖS JUOSTOS SKERSPJŪVIO SKAIČIAVIMAS

Apatinė juosta skaičiuojama kaip centriškai tempiamas elementas. Skaičiavimui parenkamas didžiausią įrašą turintis strypas, priimant, kad santvara jungiama šarnyrais.

Skaičiuojamas reikalingas elemento skerspjūvis:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0; \quad (3.24.)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c; \quad (3.25.)$$

$$\frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} \leq 1,0;$$

$$A_d = \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{276,155 \cdot 10^3}{322,7 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,9 \cdot 10^{-3} m^2 = 9,0 cm^2 \quad (3.27.)$$

Iš sortimento parenkamia kvadratinį vamzdinį profilį: 100x100x4 kurio:

$$A=14.9 \text{ cm}^2 \quad W=56.6 \text{ cm}^3$$

$$I=226 \text{ cm}^4 \quad i=3.25 \text{ cm}$$

Tikrinamas stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{276.155 \cdot 10^3}{1.49 \cdot 10^{-3} \cdot 322.7 \cdot 10^6 \cdot 0.95} = 0.60 \leq 1.0; \quad (3.28.)$$

Stiprumas pakankamas.

Skaičiuojamas tempiamo santvaros strypo ilgis:

$$l_{eff,y} = l_1 = 3000 \text{ mm};$$

l_1 – atstumas tarp horizontalių santvaros ryšių mazgų centrų.

Tempiamos apatinės juostos strypo liauniai:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{3000}{3.25} = 92.30 < \lambda_u = 400; \quad (3.29.)$$

Kadangi santvarą veikia tik statinės apkrovos, ribinis tempiamo strypo liaunis $\lambda_u = 400$;

Ribinis liaunis neviršytas.

Tempiamos apatinės juostos elementas parinktas tinkamai.

3.4. SANTVAROS SPYRIŲ SKERSPJŪVIO SKAIČIAVIMAS

Spyrius numatoma projektuoti iš 2 skirtingų skerspjūvio profilių. Spyriai skaičiuojami maksimaliai gniuždymo ir tempimo įrašai.

Spyriai projektuojami atsižvelgiant į apatinės ir viršutinės juostos elementų skerspjūvius.

Spyrių konstrukciniai reikalavimai:

$$b_{min} \geq 0,6B = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ mm}; \quad (3.30.)$$

$$b_{max} \leq B - 2(t_j + t_s) = 120 - 2(5 + 4) = 100 \text{ mm}; \quad (3.31.)$$

Elementai 1 ir 25 skaičiuojami tempimui. Įrašą 131.267 kN.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.32.)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{net} f_{y,d} \gamma_c \quad (3.33.)$$

$$\frac{N_{Ed}}{A_{net} f_{y,d} \gamma_c} \leq 1 \quad (3.34.)$$

$$A_d = \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \gamma_c} = \frac{131.267 \cdot 10^3}{322,7 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 4.281 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 4.281 \text{ cm}^2 \quad (3.35.)$$

Iš sortimento parenkamia kvadratinį vamzdinį profilį: 60x60x4 kurio:

$$A=8.55 \text{ cm}^2 \quad W=14.52 \text{ cm}^3$$

$$I=43.55 \text{ cm}^4 \quad i=2.26 \text{ cm}$$

Tikrinamas stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,rd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{131.267 \cdot 10^3}{8.55 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0.50 \leq 1.0 \quad (3.36.)$$

Stiprumas pakankamas. Atsarga 50%.

Skaičiuojamas tempiamo santvaros spyrio ilgis santvaros plokštumoje:

$$l_{eff,y} = 0.8l = 0.8 \cdot 2000 = 1600 \text{ mm}; \quad (3.37.)$$

Skaičiuojamas tempiamo santvaros spyrio ilgis iš santvaros plokštumos:

$$l_{eff,y} = l = 2000 = 2000 \text{ mm}; \quad (3.38.)$$

Tempiamos juostos strypo liauniai:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{2000}{2.26} = 88.49 < \lambda_u = 400 \quad (3.39.)$$

Kadangi santvarą veikia tik statinės apkrovos, ribinis tempiamo strypo liaunis $\lambda_u = 400$;

Ribinis liaunis neviršytas.

Elementai 3 ir 23 skaičiuojami gniuždymui. Įrašą 122.988 kN.

Reikiamo skerspjūvio ploto skaičiavimas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,rd}} = \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} \leq 1,0 \quad (3.40.)$$

$$A_d = \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{122.988 \cdot 10^3}{0,580 \cdot 322,7 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0.657 \cdot 10^{-3} = 6.57 \text{ cm}^2 \quad (3.41.)$$

čia: $\lambda_0 = 100$, klupumo koeficientas interpoliuojant gautas lygus $\varphi = 0.580$.

Skaičiuojamasis elemento ilgis iš santvaros plokštumos:

$$l_{eff,y} = 0.9l_{eff,z} = 0.9 \cdot 2110 = 1900 \text{ mm}. \quad (3.43.)$$

l_I - atstumas tarp mazgų nuo poslinkų iš santvaros plokštumos.

Skaičiuojamas reikalingas inercijos spindulys:

$$i_{reik,y} = \frac{l_{eff}}{\lambda_0} = \frac{1900}{100} = 1,9 \text{ cm}; \quad (3.44.)$$

Iš sortimento parenkamia kvadratinį vamzdinį profilį: 60x60x4 kurio:

$$A=8.55 \text{ cm}^2 \quad W=14.52 \text{ cm}^3$$

$$I=43.55 \text{ cm}^4 \quad i=2.26 \text{ cm}$$

Skaičiuojamas elemento liaunis:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{1900}{2.26} = 84.07; \quad (3.45.)$$

Tikrinamas stiprumas:

$$\frac{N_{ed}}{\varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{122.988 \cdot 10^3}{0,580 \cdot 8.55 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0.76 < 1,0 \quad (3.46.)$$

čia: klupumo koeficientas gautas interpoliuojant $\varphi = 0,580$

Stiprumas pakankamas. Atsarga 24%.

Centriškai gniuždomo elemento ribinis liaunis:

$$\lambda_u = 210 - 60\alpha = 210 - 60 \cdot 0.76 = 164.4; \quad (3.47.)$$

$$\lambda_{y,z} = 84.07 < \lambda_u = 164.4 \quad (3.48.)$$

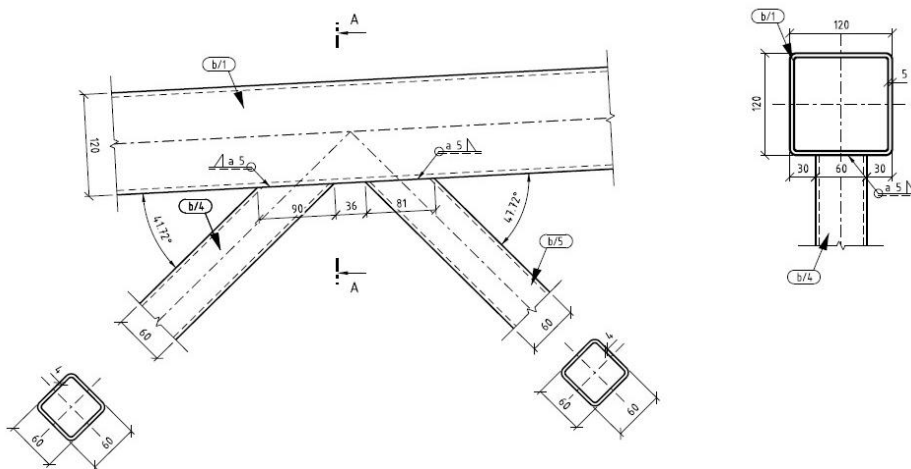
Liaunis yra pakankamas.

3. Lentelė. Santvaros elementų skerspjūviai.

Elementas	Parinktas profilis
Viršutinė juosta	CFRHS 120x120x5
Apatinė juosta	CFRHS 100x100x5
Spyriai	
1	CFRHS 60x60x4
3	CFRHS 60x60x4
5	CFRHS 60x60x4
7	CFRHS 60x60x4
9	CFRHS 60x60x4
12	CFRHS 60x60x4
13	CFRHS 60x60x4
15	CFRHS 60x60x4
17	CFRHS 60x60x4
19	CFRHS 60x60x4
21	CFRHS 60x60x4
23	CFRHS 60x60x4
25	CFRHS 60x60x4

3.5. METALINĖS SANTVAROS MAZGŲ SKAIČIAVIMAS

3.5.1. Mazgas 1



5. Pav. Mazgas 1

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Įrašos ženklų koeficientas:

$\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{122.988}{22.4 \cdot 10^{-4} \cdot 322700} = 0,17 < 0,5 \quad (3.49.)$$

santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1.0 \quad (3.50.)$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,12 - 0,06}{2} = 0,03 \quad (3.51.)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$b = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0,06}{\sin 41^\circ} = 0,09 \quad (3.52.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų

$$g = 0,036 / 2 = 0,018 \quad (3.53.)$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_1}{b_0} = \frac{0,06}{0,12} = 0,5 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{b} = \frac{0,018}{0,12} = 0,15 < 0,25 \quad (3.54.)$$

santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/c_1) a \sin \theta_1}; \quad (3.55.)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_{1(2)} = 0$;

$$122.988 \leq \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,005^2 \cdot (0,09 + 0,018 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,03})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,018 / 0,09) 0,013 \sin 41}$$

$$122.988 kN \leq 259.16 kN$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra pakankamas
Gautas praspaudimo atsparis yra pakankamas

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį $\gamma_t = 1.0$

$$\text{nes } h_0/t_0 = 120/5 = 24 < 25 \quad (3.56.)$$

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } h_0/t_0 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0.2 \cdot f_{yd} + 81.8; \quad (3.57.)$$

$$120/5 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0.2 \cdot 322,7 + 81.8;$$

$$24 < 42.80$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2\gamma_c \gamma_t k f_{y,d} t_0 h_1 / \sin^2 \theta_1, \quad (3.58.)$$

$$122.988 \leq 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 322700 \cdot 0,005 \cdot 0,06 / \sin^2 41^\circ$$

$$122.988 kN \leq 449.846 kN$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } b_1/t_1 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0.2 \cdot f_{yd} + 81.8, \quad (3.59.)$$

$$60/4 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0.2 \cdot 322,7 + 81.8,$$

$$15 < 42.80$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.60.)$$

$$M_1 = 0$$

$$122.988 \text{ kN} < \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 8.55 \cdot 10^{-4}}{1 + 0.013 \cdot \frac{0.06}{0.004}} = 230.88 \text{ kN}$$

$$122.988 \text{ kN} \leq 230.88 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris

$$f_{vw,u} = 500 \text{ MPa}.$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 470 \text{ MPa}.$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{500}{1,25} = 220 \text{ MPa}; \quad (3.61.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \text{ MPa}. \quad (3.62.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$. $d_w = 1.4-2 \text{ mm}$.

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} \quad (3.63.)$$

$$211 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa} < 211,5 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0/t_0}{\beta_{wf}k_f(2h_1/\sin\theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (3.64.)$$

$$\frac{0,122988 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,12 / 0,005)}{0,9 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,06 / \sin 41^\circ + 0,06)} < 1,0 \cdot 220$$

$$121 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Elementų darbo sąlygų koeficientas $\gamma_c = 0,95$;

Tinklelio elementas yra tempiamas, tai įrašos ženklų koeficientas $\gamma_1 = 1,2$;

Kadangi

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{62.054}{22,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322700} = 0,08 < 0,5; \quad (3.65.)$$

tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$.

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,12 - 0,06}{2} = 0,03; \quad (3.66.)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin\theta_2} = \frac{0,06}{\sin 47^\circ} = 0,082 \quad (3.67.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,036 / 2 = 0,018$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,06}{0,12} = 0,5 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_2} = \frac{0,018}{0,082} = 0,22 < 0,25, \text{ tai} \quad (3.68.)$$

santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę:

$$\left| N_1 \right| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/b) a \sin\theta_1} \quad (3.69.)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu – $M_2 = 0$;

$$62.054 \leq \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 0,98 \cdot 322700 \cdot 0,005^2 \cdot (0,082 + 0,018 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,03})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,018 / 0,082) 0,02 \sin 47}$$

$$62.054 \text{ kN} \leq 151.46 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

**Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas tempiamojo spyrio
prijungimo vietoje**

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį $\gamma_t = 1.0$

$$\text{nes } h_0/t_0 = 120/5 = 24 < 25 \quad (3.70.)$$

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1, \text{ nes } h_0/t_0 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.71.)$$

$$120/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0,2 \cdot 322,7 + 81,8;$$

$$24 < 42,80$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2\gamma_c \gamma_t k f_{y,d} t_0 h_1 / \sin^2 \theta_1; \quad (3.72.)$$

$$62.054 \leq 2 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,005 \cdot 0,06 / \sin^2 47^\circ$$

$$62.054 \text{ kN} \leq 347.05 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.73.)$$

$$60/4 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0,2 \cdot 322,7 + 81,8,$$

$$15 < 42,80$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.74.)$$

$$M_1 = 0$$

$$62.054 < \frac{0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 8,55 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,12}{0,005}} = 254.182 \text{ kN}$$

$$98,816kN \leq 254.182 kN$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris

$$f_{vw,u} = 500 MPa .$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 470 MPa .$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{500}{1,25} = 220 MPa ; \quad (3.75.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 MPa ; \quad (3.76.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$. $d_w = 1.4-2$ mm.

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} ; \quad (3.77.)$$

$$211,5 MPa < 220 MPa < 211,5 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 MPa$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

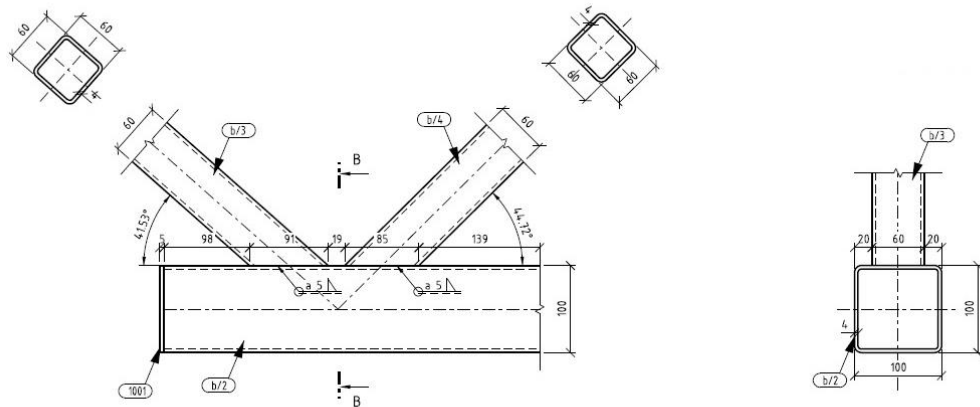
$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} ; \quad (3.78.)$$

$$\frac{0,062054 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,12 / 0,005)}{0,9 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,06 / \sin 47^\circ + 0,06)} < 0,95 \cdot 220$$

$$61.4 MPa < 209 MPa$$

Kertinių siūlių, jungiančių tempiamąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

3.6.2 Mazgas 2



6. Pav. Mazgas 2

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Įrašos ženklų koeficientas:

$\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{122.988}{14.9 \cdot 10^{-4} \cdot 322700} = 0,25 < 0,5 \quad (3.79.)$$

santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1.0 \quad (3.80.)$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,10 - 0,06}{2} = 0,02 \quad (3.81.)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$b = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0,06}{\sin 44^\circ} = 0,086 \quad (3.82.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų

$$g = 0,019 / 2 = 0,0095 \quad (3.83.)$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_1}{b_0} = \frac{0,06}{0,10} = 0,6 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{b} = \frac{0,0095}{0,086} = 0,11 < 0,25 \quad (3.84.)$$

santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/c_1) a \sin \theta_1}; \quad (3.85.)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_{1(2)} = 0$;

$$122,988 \leq \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,004^2 \cdot (0,086 + 0,0095 + \sqrt{2 \cdot 0,10 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0095 / 0,086) 0,02 \sin 44}$$

$$122,988 \text{ kN} > 98,63 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra nepakankamas, storiname apatinės juostos sienutės storį iki 5 mm.

$$122,988 \leq \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,005^2 \cdot (0,086 + 0,0095 + \sqrt{2 \cdot 0,10 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0095 / 0,086) 0,02 \sin 44}$$

$$122,988 \text{ kN} < 154,11 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra pakankamas.

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį $\gamma_t = 1,0$

$$\text{nes } h_0/t_0 = 100/5 = 20 \leq 25 \quad (3.86.)$$

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } h_0/t_0 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.87.)$$

$$100/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0,2 \cdot 322,7 + 81,8,$$

$$20 < 42,80$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2\gamma_c \gamma_t k f_{y,d} t_0 h_1 / \sin^2 \theta_1; \quad (3.88.)$$

$$122,988 \leq 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,005 \cdot 0,06 / \sin^2 44^\circ$$

$$122,988 \text{ kN} \leq 401,24 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } b_1/t_1 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0.2 \cdot f_{yd} + 81.8; \quad (3.89.)$$

$$60/4 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0.2 \cdot 322 + 81.8,$$

$$15 < 42.80$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0}; \quad (3.90.)$$

$$M_1 = 0$$

$$122,988 \text{ kN} < \frac{0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 8,55 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,06}{0,004}} = 270,25 \text{ kN}$$

$$122,988 \text{ kN} \leq 207,79 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris

$$f_{vw,u} = 500 \text{ MPa}.$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 470 \text{ MPa}.$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{500}{1,25} = 220 \text{ MPa}; \quad (3.91.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \text{ MPa}; \quad (3.92.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$. $d_w = 1,4-2 \text{ mm}$.

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}; \quad (3.93.)$$

$$211,5 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa} < 211,5 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0/t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1/\sin\theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.94.)$$

$$\frac{0,122988 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,10 / 0,005)}{0,9 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,06 / \sin 44^\circ + 0,06)} < 1,0 \cdot 220$$

$$116,8 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Elementų darbo sąlygų koeficientas $\gamma_c = 0,95$;

Tinklelio elementas yra tempiamas, tai įrašos ženklų koeficientas $\gamma_1 = 1,2$;

Kadangi

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{131,267}{18,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322700} = 0,22 < 0,5 \quad (3.95.)$$

tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$.

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,10 - 0,06}{2} = 0,02; \quad (3.96.)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin\theta_2} = \frac{0,06}{\sin 41^\circ} = 0,091; \quad (3.97.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,019 / 2 = 0,0095$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,06}{0,10} = 0,6 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_2} = \frac{0,009}{0,085} = 0,105 < 0,25, \quad (3.98.)$$

tai santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/c_1) a \sin\theta_1};$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu – $M_2 = 0$;

$$131,267 \leq \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,005^2 \cdot (0,091 + 0,0095 + \sqrt{2 \cdot 0,10 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0095 / 0,091) 0,02 \sin 41}$$

$$131.267 \text{ kN} < 195.57 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

**Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas tempiamojo spyrio
prijungimo vietoje**

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį $\gamma_t = 1,0$

$$\text{nes } h_0/t_0 = 100/5 = 20 \leq 25$$

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1, \text{ nes } h_0/t_0 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.99.)$$

$$100/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0,2 \cdot 322,7 + 81,8,$$

$$20 < 42.80$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2\gamma_c \gamma_t k f_{y,d} t_0 h_1 / \sin^2 \theta_1; \quad (3.100.)$$

$$131.267 \leq 2 \cdot 0.95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0.005 \cdot 0,06 / \sin^2 41^\circ$$

$$131.267 \text{ kN} \leq 427.354 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.101.)$$

$$60/4 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0,2 \cdot 322 + 81,8,$$

$$15 < 42,80$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0}; \quad (3.102.)$$

$$M_1 = 0$$

$$131.267 < \frac{0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 8,55 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,1}{0,005}} = 196,65 \text{ kN}$$

$$131.267 \text{ kN} \leq 196.65 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris

$$f_{vw,u} = 500 \text{ MPa} .$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 470 \text{ MPa} .$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{500}{1,25} = 220 \text{ MPa} ; \quad (3.103.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \text{ MPa} ; \quad (3.104.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$. $d_w = 1.4-2 \text{ mm}$.

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} ; \quad (3.105.)$$

$$211,5 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa} < 211,5 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

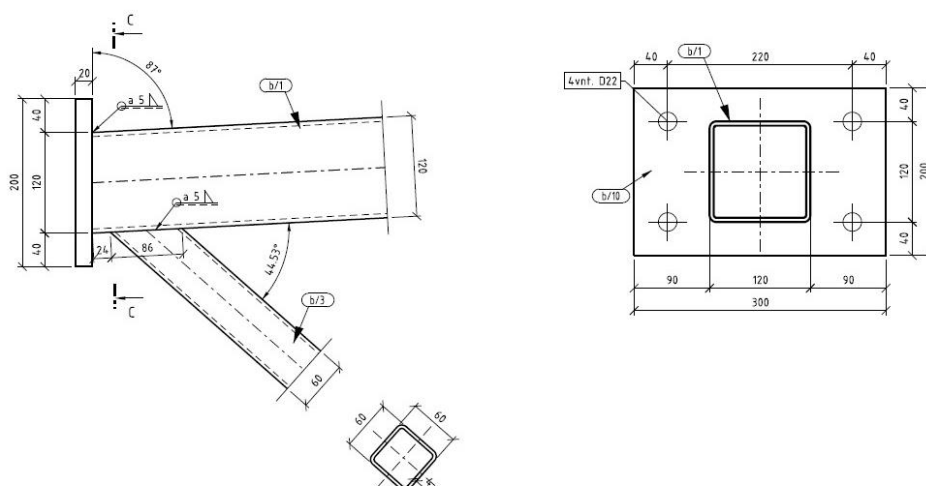
$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0/t_0}{\beta_{wf}k_f(2h_1/\sin\theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} ; \quad (3.106.)$$

$$\frac{0,131267 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,1/0,005)}{0,9 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,06/\sin 41^\circ + 0,06)} < 0,95 \cdot 220$$

$$113.761 \text{ MPa} < 209 \text{ MPa}$$

Kertinių siūlių, jungiančių tempiamąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas

3.6.3 Mazgas 3



7.Pav. Mazgas 3

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Elementų darbo sąlygų koeficientas $\gamma_c = 0,95$;

Tinklelio elementas yra tempiamas, tai įrašos ženklų koeficientas $\gamma_1 = 1,2$;

Kadangi

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{131.267}{22.4 \cdot 10^{-4} \cdot 322700} = 0,18 < 0,5 \quad (3.107.)$$

tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$.

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,12 - 0,06}{2} = 0,03 \quad (3.108.)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin \theta_2} = \frac{0,06}{\sin 44^\circ} = 0,086 \quad (3.109.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,024 / 2 = 0,012$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,06}{0,12} = 0,5 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_2} = \frac{0,012}{0,086} = 0,14 < 0,25, \text{ tai} \quad (3.110.)$$

santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_1) a \sin \theta_1} \quad (3.111.)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu – $M_2 = 0$;

$$131.267 \leq \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 322700 \cdot 0,005^2 \cdot (0,086 + 0,012 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,03})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,012 / 0,086) 0,03 \sin 44}$$

$$131.267 \text{ MPa} < 197.777 \text{ Pa}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas tempiamojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį $\gamma_t = 0.8$

$$\text{nes } h_0 / t_0 = 120 / 5 = 24 < 25 \quad (3.112.)$$

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1, \text{ nes } h_0 / t_0 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.113.)$$

$$120 / 5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,7^2 - 0,2 \cdot 322,7 + 81,8,$$

$$24 < 42,80$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2\gamma_c \gamma_t k f_{y,d} t_0 h_1 / \sin^2 \theta_1; \quad (3.114.)$$

$$131.267 \leq 2 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 322700 \cdot 0,005 \cdot 0,06 / \sin^2 44^\circ$$

$$131.267 \text{ kN} \leq 304.94 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$$k = 1,$$

$$\text{nes } b_1 / t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (3.115.)$$

$$60 / 4 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0,2 \cdot 322 + 81,8,$$

$$15 < 42,80$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0}; \quad (3.116.)$$

$$M_1 = 0$$

$$131.267 < \frac{0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322000 \cdot 8,55 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,12}{0,005}} = 199.34 \text{ kN}$$

$$131.267 \text{ kN} \geq 199.34 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris

$$f_{vw,u} = 500 \text{ MPa}.$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 470 \text{ MPa}.$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{500}{1,25} = 220 \text{ MPa}; \quad (3.117.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \text{ MPa}; \quad (3.118.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$. $d_w = 1.4-2 \text{ mm}$.

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}; \quad (3.119.)$$

$$211,5 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa} < 211,5 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01 b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.120.)$$

$$\frac{0,131267 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,12 / 0,005)}{0,9 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,06 / \sin 44^\circ + 0,06)} < 0,95 \cdot 220$$

$$124.90 \text{ MPa} < 209 \text{ MPa}$$

Kertinių siūlių, jungiančių tempiamąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

Atraminės jungties projektavimas

Atraminės briaunos storis:

$$t_s = \frac{N_{ED}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c \cdot b_s} = \frac{109.131 \cdot 10^3}{322,7 \cdot 10^6 \cdot 1,0 \cdot 0,30} = 1,12 \text{ mm}$$

b_s priemu 300mm, pagal konstrukcinius reikalavimus.

Flanšinė jungtis priimta konstrukciškai. Jos storis 20mm. Varžtai M20 10,9 kokybės klasės. Flanšo matmenys priimti tokie, kad tinkamai išsidėstytų varžtai pagal minimalius reikalavimus.

Atraminio flanšo suvirinimo siūlės statinio aukštis.

Atraminis flanšas prie santvaros privirinamas pusiau automatinio būdu (elektrodinė viela G42 (

$f_{vw,u} = 500 \text{ N/mm}^2$), $d_w = 1,3 \text{ mm}$), siūlė stačioji.

Skaičiuotiniai stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{500}{1,25} = 220 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \text{ N/mm}^2$$

Kertinės siūlės koeficientai, $\beta_{wf} = 0,9$, $\beta_{wz} = 1,05$.

Elektrodinė viela turi tenkinti sąlygą:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \cdot \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}$$

$$211,5 \text{ MPa} < 220 \text{ MPa} < 211,5 \cdot \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa}$$

Nustatomas silpnesnis pjūvis:

$$\beta_{wf} \cdot f_{vw,f,d} = 0,9 \cdot 220 = 198 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{wz} \cdot f_{vw,z,d} = 1,05 \cdot 211,5 = 222,075 \text{ N/mm}^2$$

Silpnesnis pjūvis yra per siūlės metalą, todėl skaičiavimuose naudosime:

$$\beta_{wf} \cdot f_{vw,f,d} = 0,9 \cdot 220 = 198 \text{ N/mm}^2$$

Statinio aukštis lygus:

$$k_f = \frac{V}{2 \cdot \beta_f \cdot h_w \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{109.131 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 322,7 \cdot 1,0} = 1,6 \text{ mm}$$

Priimu, kad $k_f = 5mm$

Turi tenkinti sąlygą:

$$k_f \leq 1.2 \cdot t_{\min}$$

$$5 < 1.2 \cdot 5 = 6mm$$

4. GAMYBOS TECHNOLOGIJOS DALIS

4.1 Techniniai reikalavimai žaliavoms

Medžiagos, naudojamos betono gamybai turi atitikti šių standartų reikalavimus:

- cementas - LST EN 197-1;
- užpildai - LST EN 12620;
- vanduo - LST EN 1008;
- plastikliai - LST EN 934-2;

Cementas

Cementas i gamyklą atvežamas palaidas automobiliniais cementvežiais. Cementas transportuojamas arba sandėliuojamas turi būti apsaugotas nuo kritulių ir grunto drėgmės, kad nepatirtume didelių nuostokių.

Cementui yra keliami toki reikalavimai, įvertinant jo specifinius savybes:

- 1) cementas privalo būti sandėliojamas, atskirai pagal markę ir rūšį.
- 2) į gamyklą atvežtą naują cementą būtina laikyti atskirai nuo jau naudojamo cemento tol kol bus gauti laboratorinių tyrimų duomenys.
- 3) kad nesumažėtų cemento savybės ir aktyvumas, jį reikia apsaugoti nuo grunto drėgmės ir nuo tiesioginių kritulių.

Cementas yra saugomas silosiniame sandėlyje.

Cementas, atvežtas i gamyklą automobiliniais cementovežiais iškraunamas pneumatiniu būdu.

Užpildai

Užpildai į gamyklą yra atvežami automobiliniu transportu ir iškraunami gravitaciniu būdu. Iškraunant gravitaciniu būdu užpildai iš savivarčių išbyra veikiami sunkio jėgos. Yra įrengiamas priėmimo bunkeris, iš kurio skirtingų frakcijų užpildai patekę ant juostinio transporterio keliauja į užpildų skirstymo mazgą ir skirstomi pagal frakcijas į atskirus bunkerius, vėliau dozuojami ir kitu juostiniu transporteriu gabenami į maišymo cechą. Dozavimui naudojamas juostinis transporteris, kuris yra pakabintas ant tenzometrinių matuoklių, kurie matuoja sveriamų užpildų masę.

Priedai

Plastiklis- betono mišinyje disperguojantis (išskaidantis) cemento daleles. Plastiklio pagrindas - lignosulfatas. Priedas naudojamas: betonui, kai nenaudojant papildomo kiekio vandens, reikia padidinti plastiškumą, betoniniams paviršiams, kur redukuojamas (sumažinamas) nesurištas vanduo, tankaus armavimo betonui, kur reikalingas didelis plastiškumas, bei ten, kur reikia sumažinti vandens pralaidumą. Kadangi plastiklio sudėtyje nėra chloridų, jį tinka naudoti armuotom gelžbetoninėms konstrukcijoms.

PRIVALUMAI:

Didina atsparumą gniuždymui;
Padidina betono plastiškumą, tankį;
Sumažina išsisluoksniavimą;
Žymiai sumažina vandens kiekį (iki 10%) betone;
Padidina betono ilgalaikį atsparumą (ilgaamžiškumą);
Ekonomiškas cemento sunaudojimas

Vanduo

Betono gamybai vanduo yra naudojamas švarus be jokių priemišų. Betono gamybai geriausiai tinka geriamas vanduo arba švarus upių ir ežiarų vanduo.

Vanduo turi atitikti LST EN 1008 reikalavimus

Dozavimas

Betonui dozuojamų komponentų kiekis yra toks, kad po numatytos kietėjimo trukmės jis pasiekia reikiamą stiprumą. Betonui pagaminti reikiamų komponentų kiekius apskaičiuojame pagal žiamiau pateiktas formules.

Betono mišinio komponentai dozuojami pagal masę. Cementas, vanduo ir priedai dozuojami 1 %, o užpildai 2 %. Dozavimo tikslumui kenkia kintama užpildų drėgmė, todėl ją reikia žinoti ir įvertinti.

Automatinio veikimo dozatoriais medžiagos sveriamos pagal programą nedalyvaujant operatoriui. Į pusiau automatinio veikimo dozatoriaus bunkerį medžiagos patenka ir atsveriamos automatiškai, o į tonų maišytuvą jos suberiamos gavus operatoriaus signalą iš valdymo pulto. Rankinio valdymo dozatorių bunkerį uždarius, valdo operatorius. Medžiagų masę jis mato svėrimo mechanizmo skalėje. Pagal darbo režimą dozatoriai būna ciklinio ir nuolatinio veikimo.

4.1. Betono sudėties projektavimas

Projektuojamas betonas C25/30 stiprio gniuždant klasės, CEM I 42,5R

Reikiamas kontrolinis betono stipris R_b priklauso nuo projektuojamos betono klasės, kuri yra C25/30.

$$R_b = \frac{c}{k_r(1-2,02 \cdot v)}, MPa; \quad (4.1.)$$

Čia v – stiprio variacijos koeficientas, kurį mišinio projektavimo stadijoje rekomenduojama priimti $v=0,08$;

k_r - stiprio redukcijos koeficientas, jei bandiniai nestandartiniai; kai bandiniai (100x100x100) mm, $k_r = 0,95$.

$$R_b = \frac{30}{0,95 \cdot (1-2,02 \cdot 0,08)} = 37,7 MPa; \quad (4.2.)$$

Cemento aktyvumas priklauso nuo jo stiprio klasės, kuri yra CEM = 42,5

$$R_c = \frac{CEM-2,5}{1-\lambda \cdot v}, MPa; \quad (4.3.)$$

λ – koeficientas, priklausantis nuo priimamo patikimumo ir bandytų cemento imčių skaičiaus. $n = 20$, $\lambda = 2,40$

v – stiprio variacijos koeficientas, kuris gali būti $0,03 \div 0,06$: kai CEM = 42,5, $v = 0,04$.

$$R_c = \frac{42,5 - 2,5}{1 - 2,40 \cdot 0,04} = 44,24 MPa$$

V/C santykio parinkimas

V ir C atitinkamai vandens ir cemento kiekis kg/m^3 betono mišinio;

K_k – koeficientas, įvertinantis kietėjimo sąlygas:

0,95 – aplinkos temperatūra (20 ± 2)°C, santykinė drėgmė $\geq 65\%$;

K_0 – koeficientas, įvertinantis oro sutankintame betono mišinyje įtaką, kai oro kiekis $O = 5\%$,

$K_0 = 0,9$.

K_u – koeficientas, įvertinantis užpildo atmainos įtaką.

$K_u = 1,15$

Parinkamas reikiamas vandens kiekis V l/m^3 pagal reikiamą mišinio slankumą.

Parinkamas reikiamas V/C iš grafiko.

Apskaičiuojamas reikiamas cemento kiekis C:

$$C = V/(V/C) \text{ kg/m}^3$$

$$C = 209/0,5 = 418 \text{ kg/m}^3$$

Patikriname betono mišinyje susidarantį cementinės teškos kiekį, kuris turi neviršyti $325 l/m^3$.

$$C_t = C/\rho_c + V, l/m^3 \quad (4.4.)$$

Čia ρ_c cemento dalelių tankis g/cm^3 (apie $3,1 g/cm^3$)

$$C_t = 418/3,1 + 209 = 343,83 l/m^3$$

Naudojant superplastiklį vandens kiekis įvertinamas:

$$V_{pl} = V \cdot PL^{1,5} = V \cdot \sqrt{PL^3}, l/m^3 \quad (4.5.)$$

$$V_{pl} = 209 \cdot \sqrt{0,85^3} = 163,78 l/m^3$$

Tokiu atveju $C = \frac{168,78}{0,5} = 327,56 \text{ kg/m}^3$

Patiksliname cemento tešlos kiekį C_t , kuris dabar turėtų būti mažesnis

$$C_t = \frac{327,56}{3,1} = 269,44 \text{ kg/m}^3 \quad (4.6.)$$

Stambaus užpildo apskaičiavimas:

$$T = 1 - \frac{\rho_{stp}}{\rho_{st}} T = 1 - \frac{1450}{2700} = 0,46$$

$$St = \frac{1000(1-\varphi_0)}{T \cdot K_{perp} 1000/\rho_{stp} + 1000/\rho_{st}}, kg/m^3 \quad (4.7.)$$

Čia ρ_{stp} ir ρ_{st} – atitinkamai stambaus užpildo piltinis tankis ir dalelių tankis;

φ_0 - oro dalis, sutankintame betono mišinyje;

T – laisvai supilto stambaus užpildo tuštumėtumas:

$$K_{perp} = 2,52$$

$$St = \frac{1000(1 - 0,05)}{0,46 \cdot 2,52 \cdot 1000/1450 + 1000/2700} = 812,09 \text{ kg/m}^3$$

Smulkaus užpildo kiekio apskaičiavimas:

$$S_m = \left[(1 - \varphi_0) - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{S_t}{\rho_{st}} + V \right) \right] \rho_{sm}, \text{ kg/m}^3 \quad (4.8.)$$

$$S_m = \left[(1000 - 50) - \left(\frac{327,56}{3,1} + \frac{812,09}{2,700} + 163,78 \right) \right] 2,700 = 1025,40 \text{ kg/m}^3$$

Apskaičiuojamas plastiklio kiekis:

$$P_p = \frac{327,56 \cdot 0,6}{100} = 1,96 \text{ l/m}^3 \quad (4.9.)$$

Apskaičiuota betono mišinio sudėtis:

$$C = 327,56 \text{ kg/m}^3$$

$$S_m = 1025,40 \text{ kg/m}^3$$

$$S_t = 812,09 \text{ kg/m}^3$$

$$P_p = 1,96 \text{ l/m}^3$$

$$V = 163,78 \text{ kg/m}^3$$

Cemento kiekis lieka toks pat kaip ir projektinis, tačiau smėlio kiekis yra perskaičiuojamas įvertinus jo drėgnumą.

$$S^1_m = S_m \left(1 + \frac{W_{sm}}{100} \right), \text{ kg/m}^3 \quad (4.10.)$$

$$S^1_m = 1025,4 \left(1 + \frac{4,0}{100} \right) = 1066,4 \text{ kg/m}^3$$

Stambaus užpildo kiekis įvertinus jo drėgnumą.

$$S_t^1 = S_t \left(1 + \frac{W_{st}}{100} \right), \text{ kg/m}^3 \quad (4.11.)$$

$$S_t^1 = 812,09 \left(1 + \frac{2,0}{100} \right) = 828,33 \text{ kg/m}^3$$

Vandens kiekis įvertinus užpildų drėgnį.

$$V^1 = V - \left(S^1_m - S_m \left(1 + \frac{W_{ism}}{100} \right) \right) - \left(S_t^1 - S_t \left(1 + \frac{W_{ist}}{100} \right) \right), \text{ l/m}^3 \quad (4.12.)$$

$$V^1 = 163,8 - \left(1066,44 - 1025,4 \left(1 + \frac{0,8}{100} \right) \right) - \left(828,33 - 812,09 \left(1 + \frac{0,4}{100} \right) \right) = 118,0 \text{ l/m}^3$$

Perskaičiuota betono mišinio sudėtis:

$$C = 327,56 \text{ kg/m}^3$$

$$S^1m = 1066,44 \text{ kg/m}^3$$

$$St^1 = 828,33 \text{ kg/m}^3$$

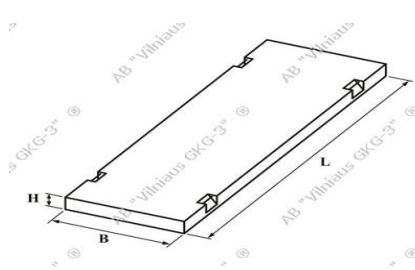
$$Pp = 1,96 \text{ l/m}^3$$

$$V=118,0 \text{ kg/}$$

4.2 GAMYBINIŲ PAJĖGUMŲ SKAIČIAVIMAS

Paroje dirbama viena pamaina, pamainos trukmė 6,4val, darbo dienų skaičius metuose 254.

4.lentelė. Gamybiniai pajėgumai

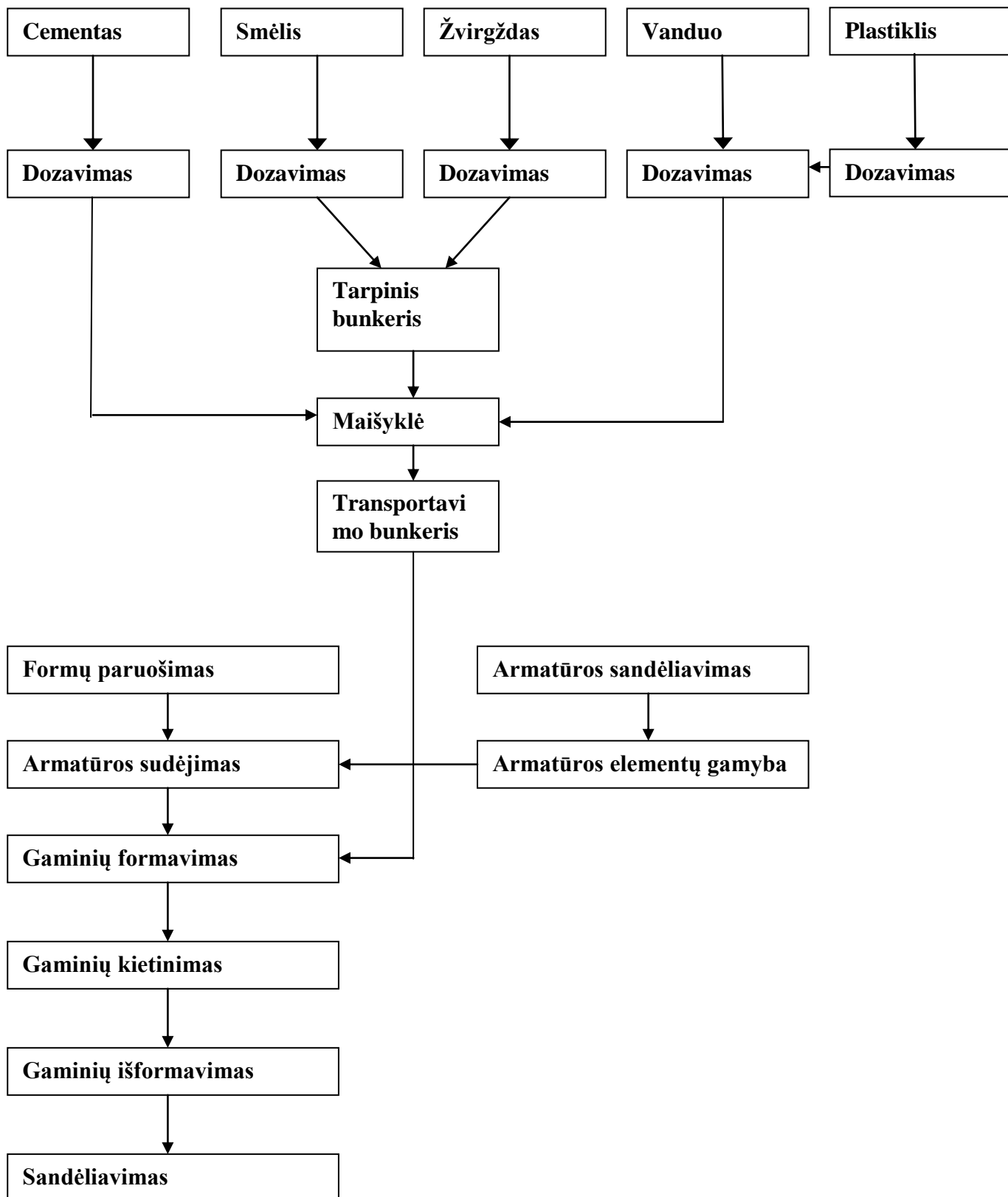
1.	Gaminys	Kelio plokštė PDN		
2.	Gamybos būdas	Stendinė gamyba		
3.	Gaminio eskizas			
4.	Gaminio charakteristika:	betono klasė	C 25/30	
		betono tūris, m ³	1,68	
		gaminio masė, t	4,2	
		armatūros masė, t	0,63	
5.	Gamybinis pajėgumas:	per metus	Q _m , m ³	10000
			Q _m , vnt	5950
		per parą	Q _p , m ³	39,37
			Q _p , vnt.	23,4
		per pamainą	Q _{pam} , m ³	39,37
			Q _{pam} , vnt	23,4
		per valandą	Q _h , m ³	6,15
			Q _h , pam	4

5.lentelė. Medžiagų sąnaudos

Medžiagos		Per valandą	Per pamainą	Per parą	Per metus
Cementas, t	be nuost.	1,7	11,0	11,0	2784,9
	su nuost.	1,75	11,18	11,18	2840,58
Žvirgždas, m ³	be nuost.	3,0	19,1	19,1	4856,8
	su nuost.	3,1	19,7	19,7	5002,5
Smėlis, m ³	be nuost.	3,6	23,0	23,0	5849,5
	su nuost.	3,7	23,7	23,7	6025,0
Vanduo, tūkst,l (kg)	Be nuost.	0,6	3,9	3,9	1003,2
	su nuost.	0,62	3,99	3,99	1013,26
Armatūra, t	be nuost.	2,5	15,1	15,1	3748,5
	su nuost.	2,6	15,7	15,7	3898,4
Betonas, m ³	be nuost.	5,7	34,3	34,3	8508,5
	su nuost.	5,8	34,6	34,6	8593,6
Plastiklis, kg	be nuost.	10,3	65,6	65,6	16663,7
	su nuost.	10,4	66,3	66,3	16830,3

Betono nuostoliai sudaro – 1%; cemento – 2%; smėlio – 3%; žvirgždo – 3%, vandens – 1%; armatūros – 4%, plastiklio – 1%.

4.2. Gamybos proceso technologinės linijos aprašymas



Betono mišinio maišymas

Betono mišinio paruošimo procesas - tai viena iš svarbiausių betoninių ir gelžbetoninių gaminių gamybos technologinių operacijų. Sumaišius komponentus, turi būti gautas ne tik homogeniškas betono mišinys, bet tarp komponentų turi prasidėti fizikinė bei cheminė sąveika. Kokybiškas betono mišinys yra toks, kai smulkiųjų ir stambiųjų užpildų dalelės padengtos vienodu cemento tešlos sluoksniu, o cemento skiedinys tolygiai paskirstytas tarp stambiųjų užpildų dalelių. Iš gerai paruošto betono mišinio skirtingų vietų paimti bandiniai turi būti vienodos sudėties. Betono mišinys ruošiamas sumaišant visus komponentus iš karto. Sumaišant visus betono mišinio komponentus iš karto, blogai išnaudojama rišamosios medžiagos cheminė potencinė energija, ir yra ilga maišymo trukmė. Betono mišinys ruošiamas ciklinio veikimo ceche. Cecho sudėtyje yra: rišamųjų medžiagų ir užpildų transportavimo iš pagrindinio sandėlio įrenginiai, šių medžiagų bunkeriai, kuriuose turi tilpti tiek, kiek suvartojama jų per 2...3 darbo valandas, dozatoriai, maišytuvai ir paruošto mišinio išdavimo įrenginiai.



8.pav. Betono maišyklė “Haarup 1500L”

Betono mišinio transportavimas

Pagamintas betono mišinys iš betono mazgo transportuojamas betono mišinio vežimėliu į tiktuvą. Vežimėlis sustoja virš tiktuvo ir betono mišinys išpilamas, tada jis grįžta atgal į betono mazgą ir prireikus vėl atgabena betoną.



9.pav. Betono mišinio padavimo vežimėlis “ELEMATIC EB 405 E”

Armatūros paruošimas

Armatūros strypynai, tinklai ir įdedamos detalės turi tenkinti standarto LST EN ISO 17660-1:2006 reikalavimus. Armatūros gaminiai ir įdėtinės detalės turi atitikti LST EN ISO 17660-1:2006 reikalavimus, o jų formos, matmenys bei padėtis plokštėje turi atitikti darbo brėžinius. Neužbetonuoti įdėtinių detalių paviršiai turi būti padengti antikorozine danga.

4.3. Technologinės linijos skaičiavimas

Metinis gamybinis pajėgumas stendinės technologinės linijos skaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$P_{mt} = \frac{V_g \cdot m_{st} \cdot T_m}{T_{0s}} \quad (4.13.)$$

P_{mt} - stendinės linijos metinis gamybinis pajėgumas m^3 ;

V_g – formuojamos plokštės tūris m^3 ;

m_{st} - formų skaičius stendinėje linijoje;

T_{0s} - stendinės linijos apyvartos trukmė (kadangi plokštės gaminamos stenduose, kuriuose kietinimas vasarą vyks normalioje temperatūroje $t=20^\circ\text{C}$, žiemą bus tiekiamas šiluminis agentas, kurio $t=30^\circ\text{C}$, tai $T_{0s} = 1$)

T_m - metinis darbo laiko fondas dienomis ($T_m=254$ paros)

Apskaičiuojamas reikalingų formų skaičius stendinėje linijoje:

$$m_{st} = \frac{P_{mt} \cdot T_{0s}}{V_g \cdot T_m} = \frac{10000 \cdot 1}{1,68 \cdot 254} = 23,4; \quad (4.14.)$$

Priimu, kad per dieną reikia pagaminti 24 gaminius. Stendinė technologinė linija bus sudaryta iš trijų stendų, kuriuose vyks visa gamyba. Jos ilgyje tilps 8 gaminiai. Visos stendinės linijos ilgis 144 m.

Cemento sandėlys

Cemento sandėlio talpa:

$$m_{c(sand)} = \frac{Q_{mt} \cdot C \cdot n \cdot k_1}{T_{sk} \cdot k_2} = \frac{10000 \cdot 0,105 \cdot 6 \cdot 1,04}{254 \cdot 0,943} = 27,09 \text{ t}; \quad (4.15.)$$

čia, Q – betono paruošimo cecho metinis gamybinis pajėgumas, m^3 ;

C – cemento sąnaudos, reikalingos paruošti vienam m^3 betono mišinio, t;

n – norminė cemento atsarga dienomis ($n = 5-7$);

k_1 – koeficientas, įvertinantis iškraunamo cemento galimus nuostolius ($k_1 = 1,04$);

T_{sk} – skaičiuojamasis darbo dienų skaičius metuose (254);

k_2 – technologinių įrenginių išnaudojimo koeficientas ($k_2 = 0,943$).

$$V_{c(sand)} = \frac{m_{c(sand)}}{\rho_c} = \frac{27,09}{1,3} = 20,83 m^3 \quad (4.16.)$$

ρ_c – cemento piltnis tankis (1000-1750) (kg/m³)

Užpildų sandėliai

Apskaičiuojama stambaus užpildo sandėlio talpa:

$$V_{st(sand)} = Q_{st,p}^n \cdot n = 19,7 \cdot 6 = 118,2 m^3; \quad (4.17.)$$

čia, $Q_{st,p}^n$ – stambaus užpildo sąnaudos per dieną ar pamainą, t ;

n – norminė užpildų atsarga sandėlyje, dienomis ($n = 5-7$);

Apskaičiuojama smulkaus užpildo (smėlio) sandėlio talpa:

$$V_{sm(sand)} = Q_{sm}^n \cdot n = 23,7 \cdot 6 = 142,2 m^3; \quad (4.18.)$$

čia, Q_{psm} – smulkaus užpildo (smėlio) sąnaudos per dieną ar pamainą, t;

n – norminė užpildų atsarga sandėlyje, dienomis ($n = 5-7$);

Armatūros sandėlys

Apskaičiuojamas reikiamas armatūrinio plieno kiekis sandėlyje:

$$Q_s = \frac{Q_{arm,metinis}}{k_{išn} \cdot T_{sk}} \cdot k_n \cdot T_s = \frac{3898}{0,8 \cdot 254} \cdot 1,02 \cdot 20 = 391 \text{ t}; \quad (4.19.)$$

čia, $Q_{arm, metinis}$ – armatūros sanaudos per metus, t;

$k_{išn}$ – metinis technologinių įrenginių išnaudojimo koeficientas ($k_{išn} = 0,8$);

k_n – koeficientas, įvertinantis armatūros nuostolius ($k_n = 1,02$);

T_{sk} – darbo dienų skaičius per metus (254)

n – darbo dienų skaičius, kuriam sandėliuojama armatūra (20...25).

Sandėlio plotas:

$$S_s = \left(\frac{Q_s}{q_r} \right) \cdot k = \left(\frac{391}{3,2} \right) \cdot 3 = 366,6 \text{ m}^2; \quad (4.20.)$$

čia, q_r – sandėliavimo normos ($q_r = 3,2 \text{ t/m}^2$);

k – koeficientas, įvertinantis sandėlio panaudojimą ($k = 3$);

Produkcijos sandėlys

Kelio plokščių produkcijos sandėlio plotas:

$$S_p = \frac{P_{pv} \cdot t_s \cdot k_1 \cdot k_2}{q_n} = \frac{24 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{0,5} = 1125 \text{ m}^2; \quad (4.21.)$$

čia, P_{pv} – plokščių atvežamų į sandėlį per parą kiekis, m^3 ;

t_s – plokščių sandėliavimo trukmė, paromis (10...14);

k_1 – koeficientas, kuriuo įvertinamas didesnis sandėlio plotas, reikalingas takams įrengti ($k_1 = 1,5$);

k_2 – koeficientas, kuriuo įvertinamas didesnis sandėlio plotas, reikalingas kranui įrengti (tiltiniam kranui $k_2 = 1,3$);

q_n – sandėlio 1 m^2 plote laikomas norminis plokščių kiekis, m^3 ($q_n = 0,5$)

Betono mišinių paruošimo cecho skaičiavimai

Maišytuvo našumas:

$$P_v = \frac{Q_{mt}^n}{T_m \cdot T} \cdot k_1 \cdot k_2 = \frac{10000}{254 \cdot 6,4} \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 7,35 \text{ m}^3/\text{h}; \quad (4.22.)$$

čia, Q_{mt}^n – cecho gamybinis pajėgumas per metus, m^3 ;

T_m – metinis darbo laiko fondas dienomis ($T_m=254$ paros);

T – darbo valandų skaičius pamainoje;

k_1 – betono mišinio pareikalavimo netolygumo koeficientas ($k_1 = 1,1$);

k_2 – našumo atsargos koeficientas ($k_2 = 1,1$).

Vieno betono maišinio ruošimo ciklo trukmė:

$$t_c = t_p + t_m + t_i = 20 + 120 + 40 = 180 \text{ s.} = 3 \text{ min;} \quad (4.23.)$$

čia, t_p – komponentų padavimo į maišytuvą trukmė, s;

t_m – komponentų sumaišymo trukmė, s;

t_i – mišinio išpylimo iš maišytuvo trukmė, s.

Maišymų skaičius per valandą:

$$n = \frac{60}{t_c} = \frac{60}{3} = 20 \quad (4.24.)$$

Vieno ciklinio betono mašytuvo našumas:

$$N = \frac{V_m \cdot n \cdot \beta}{1000} = \frac{1500 \cdot 20 \cdot 0,7}{1000} = 21 \quad m^3/h; \quad (4.25.)$$

čia, V_m – maišytuvo talpa, l;

n – maišymų skaičius per valandą;

β – betono mišinio išeigos koeficientas ($\beta = 0,7$)

Reikalingas maišytuvų skaičius:

$$m = \frac{P_v}{N} = \frac{7,35}{21} = 0,35 \quad (4.26.)$$

priimu, kad maišytuvas bus 1;

Pasirenkamas Haarup 1500 maišytuvas.

Cemento sandėlys

Į gamyklą cementą atvežamas palaidas, specialiu autotransportu. Iš jų cementas iškraunamas panaudojus pneumatinį transportavimą. Cementą sandėliuojame metaliniame cilindro formos silose. Iš siloso taip pat pneumatiniu transportu transportuojame cementą į betono mišinių paruošimo cechą. Čia cementas tiekiamas į tarpinius bunkerius, o iš jų į dozatorius.

Užpildų sandėliai

Užpildai yra laikomi atvirose asfaltuotose aikštelėse. Užpildai yra atvežami savivarčiais.

Sandėlys susideda iš dviejų aikštelių. Vienoje jų laikoma smulkų užpildą (smėlį), o kitoje stambų užpildą. Smulkaus užpildo aikštelės tūris apie 150m^3 , o stambaus užpildo aikštelių tūris apie 120m^3 .

Užpildai iš aikštelės vežami ratiniu krautuvu FOTON FL956F ir pilami į bunkerius nuo rampos, kur poto juostiniu transporteriu transportuojami į betono mazgą.

Armatūros sandėlys

Armatūra yra laikoma uždareme sandėlyje, kuris įrengiamas atskirame pastate, šalia gamybos ceko. Į gamybinį cechą armatura atvežama vežimėliu. Laikoma armatūra neturi rūdyti ar užsiteršti. Armatūros sandėlio plotas $366,6\text{m}^2$.

Produkcijos sandėlys

Pagaminta produkcija yra sandėliuojama atviraime sandėlyje. Pagaminta produkcija į atvirą sandėlį iš gamybos cecho išvežama vežimėliu. Sandėlyje perkraunama tiltiniu kranu į rietuves. Tarp gretimų rietuvių yra paliekami 20...40 cm pločio tarpai, tam, kad kraunant gaminius vieną ant kito nebūtų apgadinti. Kas dvi rietuves išilgine ir ne daugiau kas 6 m skersine kryptimi paliekami 70...100 cm pločio tarpai. Apatinėje eilėje gaminiai dedami ant $100\times 100\text{mm}$ skerspjūvio medinių tašelių, sekančios eilės yra dedamos $60\times 80\text{mm}$ skerspjūvio medinių tašelių. Produkcijos sandėlio plotas 1125m^2 .

5. GAMYBOS ORGANIZAVIMAS

5.1. Ženklinimas

Remiantis statybos techninio reglamentu STR 1.01.04:2002 „Statybos produktai. atitikties įvertinimas ir „CE“ ženklinimas“, Lietuvos Respublikoje įteisinančiu 1988. Gruodžio 21d. Europos Bendrijų Tarybos Direktyvą 89/1006/EEC „Dėl valstybių narių įstatymų, reglamentų ir kitų teisinių aktų, susijusių su statybos produktais, suvienodinimo“ (statybos produktų direktyva – CPD) ir jos papildymo nuostatas:

- Produktas - gelžbetoniniai tiesiniai konstrukcijų elementai;
- Tipas – plokštės;
- Naudojimas – transporto inžinerinėms sistemoms ir kitiems civilinės statybos darbams,
- Gaminamos – pagal tipinius darbo brėžinius arba užsakovo pateiktą projektą;
- Ženklinamos CE ženklu

5.2. Technologinių įrengimų darbo ciklogramų sudarymas

Darbo ciklogramos sudarytos atsižvelgiant į pagrindinių įrengimų atliekamų operacijų trukmes, bei į jų technologinių operacijų trukmes. Darbinis įrengimų greitis priimtas pagal technines įrenginio charakteristikas ir technologinius veiksnius. Pagrindinių įrengimų ciklogramos pateiktos grafinėje darbo dalyje.

5.3. Operacijų trukmių grafiko sudarymas

Operacijų trukmių grafike technologinis procesas suskaidytas į atskiras operacijas, nurodant jų atlikimo eiliškumą ir trukmę. Čia taip pat pateiktos elementaraus ciklo trukmės, darbininkų ir įrengimų užimtumas.

Technologinių operacijų trukmės priimtos atsižvelgiant į gamybos linijos ritmą, kuris apskaičiuojamas pagal pagaminamų masių kiekį per valandą:

$$r = \frac{60}{T} \cdot n = \frac{60}{4} \cdot 6 = 90 \text{ min ;} \quad (5.1)$$

čia: T = pagaminami gaminiai per valandą;

n – stendo ilgyje formuojamų gaminių skaičius

6. EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

6.1. Darbo užmokestis

Pagal įmonėje priimtus valandinius tarifinius atlyginimus, priklausančius nuo darbuotojų kategorijos, yra apskaičiuojamas pagrindinis darbo užmokesčio pasiskirstymas.

5. Lentelė. Darbo užmokesčio paskirstymas pagal kategorija

Darbuotojų kategorija	1	2	3	4	5	6
Darbo valandos kaina, €/h	2,7	3,1	3,6	4,1	4,4	4,98

6. Lentelė. Mėnesinis darbo užmokestis

Pareigybės	Valiuta	Mėnesio atlyginimas	Metų atlyginimas
Gamybos vadovas V	€	704,0	8448,0
Stropuotojas II		496,0	5952,0
Operatorius III		576,0	6912,0
Operatorius III		576,0	6912,0
Armatūrininkas IV		656,0	7872
Betonuotojas III		576,0	6912,0
Betonuotojas III		576,0	6912,0
Betonuotojas II		496,0	5952,0
Betonuotojas II		496,0	5952,0
Iš viso darbuotojų $D_{pagr}=9$			Iš viso $S_{darb}=$

Gaminio gamybos išlaidos:

Pagal apytiksles energijos ir medžiagų poreikio sąnaudas bei pagrindinių medžiagų sąnaudas reikalingas 1 m^3 gaminio pagaminti yra paskaičiuojama gamybos išlaidų sąmata.

7. Lentelė. Energijos ir medžiagų poreikis 1 m^3 gaminio pagaminti

Energijos rūšis	Kiekis 1 m^3 gaminio pagaminti	Energijos vieneto kaina, €
Elektros energija betonui gaminti, kWh	30-35	0,1
Dujos, m^3	8-12	0,32
Vanduo, m^3		
nekanalizuojamas	0,124	0,67
kanalizuojamas	0,186	1,21
Tepalas	2-2,5	1,74

8. Lentelė. Gaminio gamybos išlaidų suvestinė

Eil. Nr	Pavadinimas	Matavim o Vnt.	Gamybos kainos (franko) per metus			1m ³ gaminio gamybos kaina	
			Kiekis	Vnt. Kaina be PVM	Suma, €	Kiekis 1m ³	Suma, €
1.	Pagr. Medžiagos						
	cementas	t	2840.58	88,55	251533,36	0.32	28,33
	smėlis (0/4mm)	m ³	6025	25.34	152673,5	1.05	26,61
	Skalda (2/8mm)	m ³	5002	41,84	209283,68	0.82	34,31
	armatūra	t	3898.4	503,44	1962610,5	0.06	30,21
	plastiklis	kg	16830	2,1	35343	1.96	4,12
2.	Iš viso:	---			648833,54		123,58
3.	Pagalbinės medžiagos	€	5% pagr.medž	-	32441,68	-	6,18
4.	Sandėlaivimo išlaidos	€	8% pagr.medž	-	51906,68	-	9,89
5.	Kuras ir energija						
	dujos	m ³	98 750.00	0,32	31600	10.00	3,2
	elektros energija	kWh	296 250.00	0,1	29625	30.00	3
	Vanduo:						
	nekanalizuojamas	m ³	1224,56	0,67	820,46	0,12	0,8
	kanalizuojamas	m ³	1836,85	1,21	2222,59	0,19	0,23
	Tepalas	kg	22219,92	1,74	38662,66	2,25	3,92
6.	Pagrindinis darbo užmokestis	€	-	-	61824	-	6,18
7.	Papildomas darbo užmokestis	€	8% pagr. Darb. Užmok.	-	4945,92	-	0,5
8.	Socialinis draudimas	€	31% viso darb. Užmok.	-	19165,44	-	1,92
9.	Įrengimų išlaikymo ir eksploatavimo išlaidos	€	20% pagr. medž	-	129766,71	-	12,98
10.	Įrengimų nusidėvėjimas	€	2% pagr.medž	-	12976,6	-	1,3
11.	1 m ³ gaminio savikaina ceche	€	-	-	1051814,68	-	105,52
12.	Bendrosios gamyklos išlaidos	€	100% pagr. Darb. Užmok.	-	61824	-	6,18
13.	Negamybinės išlaidos	€	10% 10p	-	105181,47	-	10,52
14.	1 m ³ gaminio visa savikaina	€	-	-	1218820,27	-	121,88
15.	Gaminio savikaina gamybos ceche	€	13p. Padauginus iš gam.	-	-	-	204,76

Eil. Nr.	Pavadinimas	Matavim o Vnt.	Gamybos kainos (franko) per metus			1m ³ gaminio gamybos kaina	
			Kiekis	Vnt. Kaina be PVM	Suma, €	Kiekis 1m ³	Suma, €
			tūrio				
16.	Pardavimo kaina	€	8% pelno	-	-	-	221,14
17.	Pardavimo kaina su PVM	€	15p. +21% PVM	-	-	-	247,76
18.	1 m3 gaminio pardavimo kaina su PVM	€	16p. Padalijus iš gam. Tūrio	-	-	-	147,48

Gamybinės linijos techniniai ekonominiai rodikliai:

Pagrindiniai gamybinės linijos techniniai ekonominiai rodikliai apskaičiuojami ir surašomi į lentelę.

9. Lentelė. Gamybinės linijos techniniai ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Rodiklių pavadinimai	Matavimai	Reikšmė
1	Gamybinis plotas	m2	1188
2	Metinis įmonės pajėgumas:		
	a) produkcijos apimtis	m3;	10000
	b) produkcijos apimtis	€	1474800
3	Pagrindinių dirbančiųjų skaičius	Žmonės	9
4	Išdirbis:		
	a) produkcijos apimtis	m3 žmogui	1111.0
	b) pinigine išraiška	eurai žmogui	163866,67
5	Gaminio savikaina:		
	a) vieneto	vienetas, €	247,76
	b) metinė	€	1474172
6	Pelnas:		
	a) vieneto	€	19,82
	b) metinis	€	117933,76
7	Gamybos rentabilumas	%	8
8	Gamyklos statybų kaina	€	412635
9	Gamyklos kaina su pridėtinėmis išlaidomis	€	499288,35
10	Gamyklos atsipirkimo laikotarpis	Metai	4,5

Įvertinus gamyklos pridėtinių išlaidų kainą, yra paskaičiuojamas gamyklos atsipirkimo laikas:

$$T = \frac{\text{Gamyklos kaina}}{\text{Metinis pelnas}} = \frac{499288,35}{117933,76} = 4,5 \text{ (metų)}$$

7. MOKSLINIS TIRIAMASIS DARBAS

ĮVADAS

Betonas yra naudojamas daugelyje konstrukcijų, jis yra vienas iš pagrindinių statybinių medžiagų. Jis labai paplitęs dėl gerų savo savybių, kaip stiprumas gniuždant, ilgaamžiškumas. Pastarasis dar labai priklauso nuo betoną veikiančių aplinkos sąlygų, išorinių apkrovų, betono sudėties ir kt. veiksnių.

Pagrindinės naudojamos medžiagos betonui gauti yra: rišamoji medžiaga – cementas, užpildai – smulkūs ir stambūs, vanduo. Taip pat naudojami įvairūs cheminiai priedai papildomoms betono savybėms įgauti.

Kelio dangos konstrukcija – tai daugiasluoksnė sistema, susidedanti iš dangos ir pagrindo sluoksnių, įrengtų ant sutankinto žemės sankasos paviršiaus. Šios sistemos funkcionavimas ypač priklauso nuo viršutinio konstrukcinio sluoksnio (dangos) medžiagos rūšies ir ypatybių. Automobilių kelių ir gatvių danga pagal rūšis skirstoma į tris pagrindines grupes:

- nestandžioji – vienasluoksnė arba daugiasluoksnė asfalto danga, įrengta ant surištojo ar nesurیشtojo mineralinių medžiagų pagrindo sluoksnio;
- pusiau standžioji – asfalto danga, įrengta ant standaus dangos (pagrindo) sluoksnio;
- standžioji – betono dangos sluoksnis, įrengtas ant nestandaus pagrindo sluoksnio.

LITERATŪROS ANALIZĖ

Betoninių kelio dangų rūšys

Betono mišinys yra plastiškas, pasiduoda formavimui. Iš jo galima gauti įvairių formų gaminius, t.y. suformuoti įvairias dangas. Ji yra atspari gniuždymui ir linkimui. Užtikrina gerą matomumą, tiek dienos, tirk nakties metu, nes sugeria šviesos. Betono dangos yra specialiai šiurkštinamos. Jos klojamos dažniausiai ant pagrindų, sustiprintų rišikliais. Betoninės dangos yra standžios. Jų kokybė priklauso nuo naudojamų medžiagų, betono mišinio projekto, kelio dangos projekto, kelio dangų įrengimo. Dangoms naudojami mišiniai yra mažo stambumo.

Priklausomai nuo įrengimo ir armavimo skiriami keturi pagrindiniai betono dangos tipai:

- Sujungtų betono plokščių danga – iš nearmuoto betono, kuris kietėdamas skersine kryptimi supjaustomas į 3,5÷6,0 metrų ilgio plokštes, jos sujungiamos specialiais strypais (įdėklais). Danga taisyklingos formos stačiakampiais pjaustoma siekiant išvengti neprognozuojamų plyšių atsiradimo;

- Sujungtų gelžbetonio plokščių danga – iš armuoto betono 10–15 metrų ilgio plokščių, sujungtų inkariniais strypais ir įdėklais. Šio tipo danga gali būti įrengiama iš surenkamų elementų, pagamintų gamykloje arba kelyje;

- Nepertraukiamai armuota betono danga – iš armuoto per visą ilgį betono, kurio galuose (kito tipo dangos sandūroje) arba prie kitų statinių (pastatų, tiltų, viadukų ir pan.) armatūra yra užinkaruojama. Šio tipo danga klojama objekte prieš tai surinkus armatūros tinklą. Dangoje nėra deformacinių siūlių, nes kietėjant betonui natūraliai susiformavę mikroplyšiai standžiai sujungiami armatūros tinklu;

- Dispersiškai armuota betono danga – iš metalinėmis fibromis patobulinto betono. Klojama taip, kaip ir sujungtų betono plokščių danga – kietėdama supjaustoma į plokštes, kurių sukibimą pagerina fibros. Naudojama nedidelio eismo intensyvumo keliams.

Dažniausiai klojama sujungtų betono plokščių danga, nes ją įrengti yra ekonomiškiausia ir užima mažiausiai laiko.

Norint kontroliuoti betono dangoje vykstančius susitraukimo (kietėjant betonui) ir plokščių išsiplėtimo bei susitraukimo (keičiantis aplinkos temperatūrai) įtempimus, turi būti įrengiamos deformacinės skersinės ir išilginės siūlės (2 pav.). Betonui pasiekus norminį stiprumą ir sukietėjus, deformacinės siūlės turi būti užsandarinamos bitumine mastika arba specialiu silikonu. Atstumai tarp siūlių priklauso nuo betono dangos sluoksnio storio ir pagrindo sluoksnių bei žemės sankasos stiprumo, tačiau dažniausiai atstumas būna 5 metrų.

Šiuolaikinė sujungtų betono plokščių danga įrengiama klotuvais slenkančių klojinių principu. Klojama betono danga tankinama giluminiais vibratoriais, jos tekstūra formuojama prie klotuvo galo prikabinta lyginamąja mente. Paklotą dangą būtina apsaugoti nuo per greito išdžiūvimo ir per

didelio drėgmės (lietaus) poveikio. Pradėjus betonui kietėti, ne vėliau kaip po 2 dienų nuo paklojimo dangoje turi būti išpjaunamos deformacinės siūlės. Betonui pasiekus norminį stiprį, jos užsandarinamos.[20].

Taikytina sunkiojo transporto eismui

Austrijos mokslininkas Giunteris Breyeris teigia, kad, sunkiojo transporto eismui siekiant > 8000 automobilių per parą, betono danga yra vienareikšmiškai pranašesnė už asfalto ir ją naudoti ekonomiškai naudingiau. Sunkiojo transporto eismui kintant 5000÷8000 automobilių per parą, reikia atlikti ekonominio efektyvumo skaičiavimus. Kai danga veikiama ypatingą apkrova (esant transporto priemonių stabdymui, greitėjimui, statinėms apkrovoms, lėtaeigiam ir (arba) nepertraukiamam sunkiojo transporto srautui), betono danga gali būti efektyvi ir esant mažesniems eismo srautams.

Betono danga dažniausiai naudojama įrengiant aerodromų, krantinių ir sandėliavimo aikštelių dangas. Taip pat ji įrengiama magistraliniuose keliuose ir greitojo eismo gatvėse, kur fiksuojamas didelis sunkiojo transporto eismo intensyvumas, apkrautose gatvių sankryžų zonose ir visuomeninio transporto eismo juostose.[19].

Chloridų poveikis betonui

Gelžbetonis keliams statyti naudojamas nedažnai. Vis gi svarbu žinoti, kiek jis yra atsparus žiemą barstomų reagentų poveikiui, nes kelio sąvoka yra suprantama plačiai, ji apima visus inžinerinius statinius keliuose, garažus ir pan., o čia gelžbetonio naudojama gana daug. Ilgo gelžbetonio konstrukcijų kontakto su chloro druskomis atveju šių konstrukcijų išsaugojimo klausimas tampa pakankamai aktualus, nes jeigu chloro druskų prasiskverbia pro apsauginį betono sluoksnį ir jų susikaupia arti armatūros daugiau negu 0,5% cemento masės, šarminėje aplinkoje esančiame pasyviniam pliene prasideda korozijos pažeidimai. Taigi, chloridai yra galingi plieno depasyvatoriai, jie stimuliuoja koroziją. Chloridų veikiamai armatūrai būdinga žaizdinė (filinginė) korozija, nepriklausomai nuo to, ar išliko apsauginis betono sluoksnis ar jis buvo pažeistas. Gilūs korozijos pažeidimai (net jeigu metalo masės prarandama ir labai mažai) gali būti ypač pavojingi gelžbetoninėse konstrukcijose, kai armatūra yra įtempta, kai susilpnėja statinių su plona įtempta vieline armatūra laikančioji galia.

Nuo vidinių įtempimų betone atsiranda plyšiai - armatūra tampa neapsaugota nuo aplinkoje esančios anglirūgštės poveikio. Taip atsitinka esant intensyviu automobilių eismui, kai arti dangos paviršiaus nuo išmetamųjų dujų susidaro didelė anglirūgštės koncentracija, o esant eismo intensyvumui 9000-10000 automobiliu per parą, anglirūgštės koncentracija yra 10 kartų didesnė

nei atmosferoje [21].

Betono korozija

Betono korozija – tai sukietėjusio cementinio akmens irimas dėl įvairių fizikinių ir cheminių veiksnių. Korozija gali būti cheminė (ją sukelia cheminės reakcijos tarp sukietėjusio cemento komponentų ir vandenyje ar dujose esančių junginių) ir fizikinė. Fizinės korozijos priežastis yra daugkartinis cikliškas sukietėjusio betono drėkinimas ir džiūvimas, užšalimas ir atšilimas, taip pat druskų kristalizacija sukietėjusio betono kapiliaruose.

Kristalizacija yra sudėtinga problema kuri priskiriama cementinėm medžiagom, betonui ir skiediniams. Kristalizacija priklauso nuo vandens sąveikos judėjimo betone ir vandens išdžiūvimo, ištirpusių druskų išsiskverbtino, anglies dioksido ir kitokių atmosferinių dujų. Betoną ar skiedinius tokie veikiantys veiksniai, sukelia nepageidaujama išvaizdą ir retai turi įtakos mechaninėms savybėms ir patvarumui.

Cheminė korozija skirstoma į penkis tipus:

- korozija, kai išplaunamos tirpios medžiagos;
- rūgštinė korozija;
- karbonatinė korozija;
- sulfatinė korozija;
- magnezinė korozija.

Betono atsparumas korozijai priklauso nuo cemento akmens atsparumo korozijai, nes užpildų atsparumas korozijai, palyginus su portlandcemento atsparumu korozijai, yra žymiai didesnis. Eksploatacijos metu betonas gali irti, kai jį veikia gėlas ar mineralinis vanduo arba vienu metu vanduo ir šaltis, kai betonas pakaitomis sudrėksta ir išdžiūsta. Vadinasi, betonas turi būti atsparus vandeniui, šalčiui ir atmosferiniams veiksniams. Dėl vandens gali vykti trijų tipų portlandcemento korozija.

Pirmo tipo korozija. Cemento akmuo irsta, kai jo sudėtinės dalis tirpina ir išplauna vanduo. Lengviausiai tirpsta kalcio hidroksidas Ca(OH)_2 , kuris susidaro, kietėjant alitui. Pratekantis minkštas vanduo palaipsniui vis daugiau ir daugiau ištirpina ir išplauna Ca(OH)_2 . Sumažėjus Ca(OH)_2 koncentracijai, skyla ir kalcio hidrosilikatai bei hidroaliuminatai, nes jie vandens aplinkoje išsilaiko tik tada, kai vandenyje yra tam tikra kalkių koncentracija. Tuomet susidaro nauji Ca(OH)_2 kiekiai, kurie taip pat ištirpinami.

Antro tipo korozijos pagrindinė priežastis yra ta, kad tarp vandenyje ištirpusių cheminių medžiagų ir cemento akmenį sudarančių medžiagų vyksta mainų reakcijos, kurių produktai lengvai tirpsta vandenyje ir yra išplaunami arba išsiskiria amorfine, rišimo savybių neturinčia mase. Dėl tokių pakitimų padidėja cemento akmens akytumas ir sumažėja jo stiprumas. Šiuo atžvilgiu ypač

žalingi vandenyje ištirpę įvairūs sulfatai ir chloridai, kurie reaguoja su kalkėmis. $Mg(OH)_2$ yra amorfinė nekieta medžiaga, per kurią lengvai filtruojasi vanduo, o $CaCl_2$ lengvai tirpsta vandenyje. Susidaręs gipsas taip pat tirpsta vandenyje.

Betono koroziją gali sukelti ir vandenyje ištirpęs CO_2 . Jeigu CO_2 koncentracija vandenyje nedidelė, tai jis vaidina teigiamą vaidmenį, nes, reaguodamas su $Ca(OH)_2$, sudaro sunkiai tirpų $CaCO_3$. Tačiau, esant didesniam CO_2 kiekiui, susidaro $Ca(HCO_3)_2$, kuris lengvai tirpsta vandenyje. Kartu palaiptisniui tirpsta ir kiti cemento akmens junginiai.

Trečio tipo korozija vyksta tada, kai cemento akmenis ir betono porose išsikristalina mažai tirpios druskos, esančios vandenyje. Porose kartais kristalinasi šių druskų ir cemento akmens medžiagų sąveikos produktai. Šiuo atžvilgiu ypač žalingas sulfatinis vanduo. Vandenyje ištirpęs gipsas reaguoja su trikalciu hidroaliuminatu. Čia susidaro sunkiai tirpus kalcio hidrosulfoaliuminatas, kuris, besikristalindamas porose, suriša daug vandens ir labai plečiasi (tūris padidėja 2,5 karto). Augantys kristalai sukelia įtempimus ir suardo cemento akmenį (ir betoną).

Korozijos, kai išplaunamos tirpios medžiagos pagrindinė priežastis yra ta, kad vandenyje tirpsta kalcio hidroksidas, kuris sukietėjusiam cemento akmenyje susidaro dėl kalcio silikatų hidrolizės.

7.1. lentelė - cheminė sudėtis ir išsikristalinimo mineralinis šaltinis[22].

$Ca(OH)_2$	Filtratas iš betono ir skiedinio.
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Šarminiai sulfatai reaguoja su kalkių; SO_2 reaguoja su oru H_2SO_3 .
$CaCl_2 \cdot nH_2O$	Jei naudojamas kaip neužšalantis agentas betono ar skiedinio.
$MgSO_4 \cdot nH_2O$	Jei jūros vanduo naudojamas kaip maišymo vanduo.
$MgCl_2 \cdot nH_2O$	Jei jūros vanduo naudojamas kaip maišymo vanduo.
$CaCO_3$	$Ca(OH)_2$ reaguoja su atmosferos CO_2 .
KCl, NaCl	Nuo apledėjimo saugančios druskos.
$Ca(NO_3)_2 \cdot nH_2O$	Jei N-kurių sudėtyje yra organinės medžiagos skyla ir toliau reaguoja su Ca^{+2}

Fibros

Metalinės vielos plaušas (fibra) yra naudojamos betono konstrukcijose pakeičiant įprastą armavimą metalo tinklu (arba jį papildant). Betonui su fibra, dar vadinamam „fibrobetonu“, būdingas didelis atsparumas statinėms bei dinaminėms apkrovoms, įtrūkimui ir pleišėjimui, ilgaamžiškumas, greitas bei paprastas naudojimas ir ekonomiškumas finansinių sąnaudų požiūriu. Eksploatacinės betono charakteristikos priklauso nuo fibros ypatybių (atsparumo tempimui, ilgio, skersmens, formos) ir jos kiekio betono mišinyje (kg/m^3).

Atsparumą pleišėjimui padidina papildomas dispersiškas armavimas metaliniu arba sintetiniu pluoštu (fibromis). Toks armavimas su mažesnėmis darbo ir medžiagų sąnaudomis leidžia gauti

geresnę betono kokybę. Jos atsparios korozijai ir oksidacijai. Metalo fibrų į betono mišinį galima pridėti statybvietėje palengva jas pilant į besisukantį automobilinio betono maišytuvo būgną. Supylus fibras mišinys dar maišomas apie penkias minutes.

Betono priedai

Pagrindiniai reikalavimai, keliami betonui, yra stiprumas gniuždymui bei plastiškumas, tačiau pasiekti abu tikslus galima tik naudojant cheminius priedus.

Beveik kiekvienas betono priedas turi ir savo šalutinį poveikį. Pavyzdžiui, betono plastiklis gali lėtinti betono rišimosi pradžią, o superplastiklis ją pagreitinti.

Orą įtraukiantis priedas

Tačiau būna nemažai atvejų, kai betonui keliami papildomi reikalavimai. Tarkime, betonas turi būti atsparus temperatūrų pokyčiui bei tirpstančioms druskoms. Čia mes neišsiversime be orą įtraukiančio priedo. Šį priedą puikiai žino tiltų betono gamintojai.

Orą įtraukiantis priedas turėtų būti visuose betonuose, kurie skirti lauko aikštelių, tiltų, nuotėkų elementų, vandens talpyklų, kanalų, šliuzų, hidroelektrinių bei kitų lauke eksploatuojamų konstrukcijų gamyboje.

Šis priedas turi ir keletą šalutinių poveikių: leidžia sumažinti vandens kiekį ir pakeičia trūkstamos smulkios medžiagos dalį. Neigiamas šalutinis poveikis - papildomai įvestas oras sumažina betono stiprumą. Turint betone 5-6 % oro, galime tikėtis, kad betonas bus atsparus šalčiams bei tirpstančioms druskoms.

Betonas su orą įtraukiančiu priedu turi būti ruošiamas betono gamykloje, nes tik išmaišius pramoninėje maišyklėje gauname kokybiškas ir stabilias oro poras.

Plastiklis

Plastikliai sulėtina betono kietėjimą, jis yra labiausiai naudojamas šiltuoju metų laiku. Plastikliai nenaudojami kur yra gaminamos atsakingos betono konstrukcijos. Plastiklis yra dozuojamas 0.2-0.5% nuo nudojamo cemento kiekio.

Superplastikliai

Superplastiklių paskirtis yra sumažinti vandenį betono mišinyje. Superplastiklis priešingai nei plastiklis pagerina betono stiprumą ir plastiškumą. Superplastikliai yra naudojami betono konstrukcijų gamyboje, kur yra reikalinga aukštaspradinis stiprumas. Superplastikliai yra dozuojami nuo cemento kiekio 1-2%.

Naudojimas

Priedas gali būti beriamas betono gamykloje maišant betoną arba objekte į automaišyklę. Taip pat gali būti mišrus variantas, kai dalis reikalingo priedo įmaišoma gamykloje, o kita dalis objekte. Tradiciniai superplastikliai turėjo vieną trūkumą - net ir būrus maksimalų jų kiekį, betonas neilgai išsaugo plastiškumą. Ši priežastis, taip pat poreikis sumažinti betono tankinimo metu keliamą triukšmą vertė specialistus ieškoti naujų medžiagų.

Sutankėjantis betonas

Japonijoje pirma kartą buvo susintetintas priedas, kuris leido pagaminti savaime sutankėjantį betoną, vadinamąjį SCC betoną (iš anglų kalbos Self Compacted Concrete).

Jo privalumai yra akivaizdūs - ypač stiprus plastifikavimas su labai mažu priedo kiekiu, nežymus konsistencijos pakitimas per ilgesnį apdorojimo laikotarpį, išskirtinai geras dispergavimas, žymiai padidėjęs pradinis bei galutinis stiprumas, daugiau nei vidutiniškai sumažintas vandens kiekis, tačiau betonas būna daug plastiškesnis už iki šiol žinomus plastiškus betonus.

Jo vienintelis "trūkumas" - dėl ypač stipraus dispergavimo reikia, kad betono mišinyje būtų pakankamai smulkių dalių papildų. Priešingu atveju prasideda mišinio išsisluoksniavimas. Europoje smulkių dalių papildu naudojami akmens anglių pelenai arba kalkinio akmens miltai. Kadangi mūsų rinkoje šių medžiagų nėra, naujos kartos priedus galime naudoti tik aukštomis betono markėms su dideliu cemento kiekiu. Deja, dažnai manoma, kad, norint pagaminti kokybišką betoną, reikia būtinai naudoti pačius moderniausius priedus.

Tačiau išsisluoksniavęs betono mišinys sumažins galutinį betono stiprumą, gausime nekokybišką paviršių. Nukentės ir finansinė pusė, nes šie priedai yra patys brangiausi iš superplastiklių grupės.

Parinkimas

Polikarboksileterio plastikliai skirti gaminti ypač aukšto stiprumo ir tankumo betonams, atspariems agresyvių medžiagų poveikiui, bei savaime sutankėjantiems betonams.

Be pirmųjų dviejų cheminių priedų grupių - plastiklių ir superplastiklių, šiandieninė betono pramonė negali pagaminti betono, atitinkančio naujas LST EN 934 - 2 normas.

Lėtiklis

Jisai sulėtina betono kietėjimą, kur labai reikalinga vasara karštomis dienomis

Prieššaltinis

Jisai labia populiarius naudoti tampa kai lauke būna minusinė temperatūra. Šitas priedas neleidžia betone esančiam vandeniui užšalti, ir leidžia statybos darbus vykdyti neigiamoje temperatūroje. Šį priedą taip pat sėkmingai galima naudoti mūrijimo darbams esant šaltam orui su sąlyga, kad mūrijamas paviršius nėra apšalęs.

Priedas injektuojamiems betonams ir skiediniams

Visiškai išdžiūvęs betonas ar skiedinys dėl išgarintos drėgmės praranda šiek tiek savo tūrio, t. y. - "susitraukia". Kai reikia betonuoti siauras angas, siūles, vamzdžius, šis "susitraukimas" tampa sąlyginai didelis, todėl jo būtina išvengti.

Tokiu atveju naudojami plečiantys priedai, kurie kompensuoja prarandama tūrį.

Stabilizatorius

Kaip sako jo pavadinimas, jis stabilizuoja betono mišinį, užtikrina įtraukto oro kiekio stabilumą, neleidžia betono mišiniui išsisluoksniuoti. Atliekant betonavimą po vandeniu, šis priedas neleidžia išplauti cemento iš betono.

Mikrosilika

Priedas pagamintas iš amorfinės silicio dioksido rūgštis, kurios dalelės yra 100 kartų mažesnės nei cemento dalelės. Dėl smulkumo ir savo pucolaninių savybių jis sumažina betono akytumą. Labai pagerėja cemento ir inertinių medžiagų sukibimas. Šis priedas leidžia pagaminti stiprius betonus, pasižyminčius mažesniu vandens pralaidumu, su ypač geromis mechaninėmis savybėmis, optimaliu atsparumu šalčiui ir tirpstančioms druskoms, maksimaliu atsparumu cheminiam poveikiui ir dideliu atsparumu korozijai.[24].

EKSPERIMENTINĖ DALIS

Tyrimams naudotos medžiagos

Cementas

Tyrimams naudotas Akmenės portlandcementis (CEM II/A-LL 42,5N) stiprumo klasės.

Užpildai

Naudotas smėlis 0/2, ir stambus užpildas 4/16 frakcijos.

Cheminiai priedai

2. Orą įtraukiantis priedas Centrement Air 205

Centrement Air 205 yra skaidrus skystis sintetinių tensidų pagrindu. Papildas Centrement Air 205 betone sukuria didelį smulkių porų kiekį. Jos, betonui šalant, veikia kaip daug atskirų "išsiplėtimo indų", taip padidindamos jo atsparumą šalčiui kietame būvyje. Papildas daro betoną lengvai apdirbamą ir plastišką. Papildas Centrement Air 205 vartojamas, kad padidintų betono atsparumą šalčiui konstrukcijose, kurios sušąla ir atšyla. Papildą Centrement Air 205 vartoja taip pat ir tam, kad padidintų betono masės stabilumą transportuojant ir suteiktų geresnes apdorojimo savybes, pavyzdžiui, mažinant vandens atsiskyrimą ir separaciją. Techninės charakteristikos pateiktos.

Tiriamąo darbo tikslas

- Sumaišyti betono skiedinius su orą įtraukiančiu priedu ir be jo, suformuoti po du kubelius 100x100x100mm ir suformuoti po keturis kubelius 75x75x75mm su orą įtraukiančiu priedu ir be jo.

Tyrimo tikslas:

- Atlikti bandinių stiprumą
- Atlikti vandens įgiarimumo bandymą
- Nustatyti kokiamia tirpale labiausia suyra betonas

Betono mišinio paruošimas

Betono sudėtis

Norint atlikti tyrimą reikalingos įvairios medžiagos ir priedai. Betono sudėtis ir sudedamosios dalys turi būti parinktos taip, kad atitiktų mišinio konsistencijos, betono tankio, stiprio, ilgalaikiškumo, betonavimo darbų atlikimo būdo reikalavimus.

Tyrimo metu betono gamybai naudotos medžiagos:

Smėlis 0/2

Skalda 4/16

Cementas (Akmenes cementas CEM II/A-LL 42,5N)

Ora įtraukiantis priedas (Sika Aer-s)

Tyrimo metu buvo maišomi du betoniniai skiediniai su orą įtraukiančiu priedu ir bejo.

Betono skiedinio maišome pagal turimus formų tūrius, reikalingi 2 bandyniai 100x100x100mm ir 8 bandiniai 75x75x75mm su orą įtraukiančiu priedu ir tiek pat bandinių be orą įtraukiančio priedo.

Priimu, kad dviem maišymams reikia sumaišyti 14 litrų betono.

Pirmam mišiniui pagaminti naudoju 6,65 kg smėlio 0/2; 6,58 kg stambaus užpildo 4/16; 1,204 kg cemento CEM II/A-LL 42,5N; 1,204 l vandens; 9,1 g orą įtraukiančio priedo Centrement Air 205. Antram maišymui naudosisu tiek pat medžiagų, tik kad nenaudosisu g orą įtraukiančio priedo Centrement Air 205.

Mišinio maišymas

Betono mišinys maišomas maišytuvu šiais etapais:

- 1) Supilami užpildai smėlis ir skalda, įpilame 2/3 vandens ir maišome 1 minutes.
- 2) Po mintės išjungiame maišytuvą ir supilame likusį vandens kiekį, ir mašome dar minutę.

Sumaišytas mišinys pilamas į formas ir suformuojami 2kūbeliai 100x100x100mm ir 8 kubeliai 75x75x75mm. Suformuotus kūbelius po 24 valandų išformavome ir išnešėme kietėti lauko sąlygomis, o kubeliai kietinti 28 paras.

Betono stiprio nustatymas gniuždant

Tikslas: Nustatyti skirtingų sudėčių betono stiprį gniuždant, vizualiai įvertinti betono įrimo pobūdį nuo betono sudėties, gautus rezultatus palyginti.

Bandymo metu buvo gniuždomi keturi kubeliai, po du iš kiekvienos sudėties. Kubeliai gniuždomi hidrauliniu. Bandymas buvo atliktas vadovaujantis LST EN 12390-3:2009, LST EN 12390-3:2009/AC:2011 „Sukietėjusio betono bandymai. Bandinių gniuždymo stipris“ standartu.

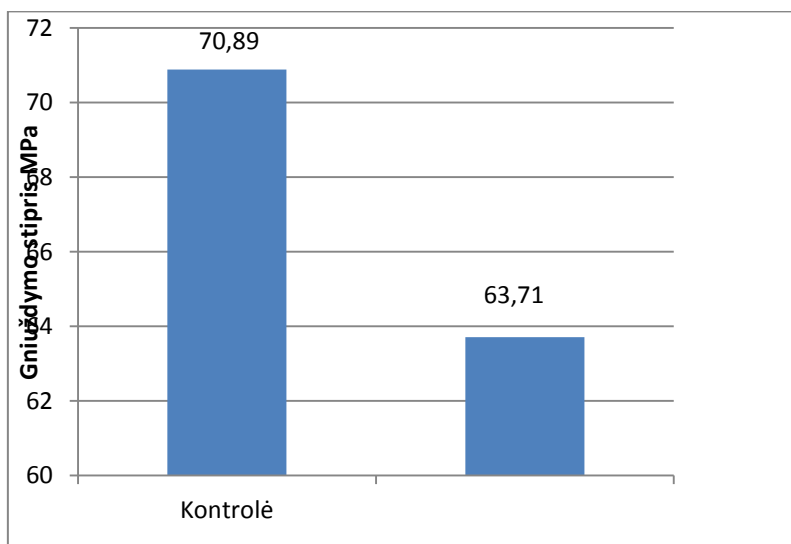
Buvo gniuždomi du kūbeliai 100x100x100mm su orą įtraukiančiu priedu Centrement Air 205 ir du kūbeliai kontroliniai be orą įtraukiančio priedo.



10.pav gniuždymo presas

10.lentelė gniuždymo rezultatai

Eil.Nr	Bandinio pavadinimas	Stipris,MPa
1	Be orą įtraukiančio priedo	70,89
2	Su orą įtraukiančiu priedu	63,71



11.pav gniuždymo rezultatai

Iš gautų rezultatų matome, kad gniuždant kūbelius kontrolinius ir su orą įtraukiančiu priedu yra stipresni kontroliniai kūbeliai. Kontrolinių kūbelio vidutinis stipris gniuždant yra 70,89 MPa, o su orą įtraukiančiu priedu yra 63,71 MPa.

Betono įgeriamumo nustatymas

Betono parametrai nustatomi matuojant vandens įgėrio kinetiką pagal ГOCT 12730.4-78. Naudojama įranga: svarstyklės, kurių svėrimo tikslumas 0,01g, vandens indas, laikmatis, skudurėlis.

Tyrimui naudojami du betono bandiniai, kubeliu formos 75×75×75 mm, su skirtingais priedais. Geriausia naudoti atskeltus apie 50 mm kraštinės panašios į kubą formos bandinius, todėl bandiniai yra padalinami į keturias dalis, atliekant betono gniuždymo stiprį tempiant skėlimu. Perskeltų kubelių išmatuojamas vandens įgeris betone.

Pagal šią metodiką nustatomas atvirasis (kapiliarinis) poringumas, bendrasis poringumas ir uždarasis poringumas (įtrauktas oras betone). Taip pat nustatomi porų dydį apibūdinantys santykiniai rodikliai, tai: λ – vidutinio porų dydžio rodiklis ir α – porų vienodumo rodiklis (ГOCT 12730.4-78). nustačius vandens įgeriamumo kinetiką apskaičiuojamas betono bendras, atviras ir uždaras poringumai.

10.lentelė vandens įgėris

Žymėjimas	Masė saus.	Masė 15 min	Masė 1h	Masė 24h	Masė 48h	Masė vand.
O-1	476,45	488,2	494,38	499,88	500,15	289,3
O-2	211,54	217,98	221,09	222,57	222,66	128,9
O-3	214,79	221,2	224,29	226,17	226,33	129,9
K-1	418,06	429,09	434,83	438,99	439,16	253,94
K-2	254,84	261,69	265,32	267,62	267,71	155,26
K-6	212	219,03	222,44	224,2	224,4	129,29

Betoninių bandinių tankis skaičiuojamas pagal lygtį:

$$\rho = m_b - \frac{\rho_v}{m_{bd} - m_{bv}}; \quad kg/m^3 (1)$$

čia m_b – cementinio akmens masė (sauso), kg;

m_{bd} – drėgno (sudrėkinto iki pastovios masės) cementinio akmens masė, kg;

m_{bv} – drėgno masė vandenyje, kg;

ρ_v – vandens tankis, kg/m³ (priimama, kad vandens tankis lygus 1000 kg/m³).

Bendras betono poringumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_b = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \right), \%$$

(2)

čia: P_b – bendras betono poringumas, %;

b – betono tankis, kg/m^3 ;

s – betono savitasis tankis, kg/m^3 .

Betono atviras (kapiliarinis) poringumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_a = W_p \cdot \frac{\rho_b}{1000}, \% \quad (3)$$

čia: P_a – atviras betono poringumas, %; p

W – pilnutinis betono bandiniu vandens įgeriamumas, %.

Betono uždaras (oras, esantis betone) poringumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_u = P_b - P_a, \% \quad (4)$$

čia: P_u – uždaras betono poringumas,

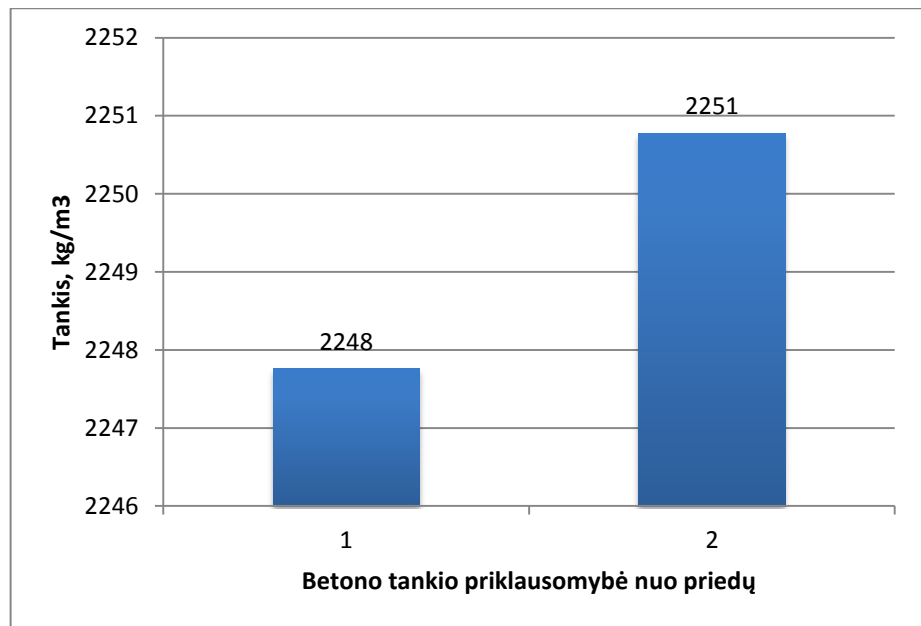
Iš standarte GOST 12730.4-78 pateiktos nomogramos tirtam betonui parenkami porų dydį apibūdinantys santykiniai rodikliai: λ – vidutinio poru dydžio rodiklis ir α – poru vienodumo rodiklis.

Žinant betono poringumo parametrus ir remiantis A. E. Šeikino metodologija galima prognozuoti betono atsparumą šalčiui pagal atsparumo šalčiui kriterijų:

$$K_s = \frac{P_u}{0,09 \cdot P_a}, \quad (5)$$

Žinant betono atsparumo šalčiui kriterijų K_s , galima prognozuoti užšaldymo ir atšildymo ciklų skaičių, kurį atlaikys betonas pagal empirinę priklausomybę.

Betono mišiniu tankio kitimas, priklausomai nuomišinio sudėtyje naudotų betono priedų, nes tik tai jų panaudojimas galėjo pakeisti rezultatus. Visi bandiniai sumaišyti su vienodais užpildais, v/c santykiu tik skirtingais priedais. Gauti betono tankių rezultatai pavaizduoti.



12.pav. Betono tankio priklausomybė nuo naudojamų skirtingų betono priedų

Iš šio grafiko matyti, kad sukietėjusio betono tankis yra labai panašus, tik 3 yra didesnis kontrolinio bandymo.

Pagal tyrimo metu gautus duomenis pateikiamas grafinis gautų bandinių vaizdavimas.

Bendras poringumas, atviras poringumas, uždaras poringumas ir atsparumas šalčiui.

11.lentelė. Betoninių kubelių rezultatai atlikus vandens įgerio kinetiką

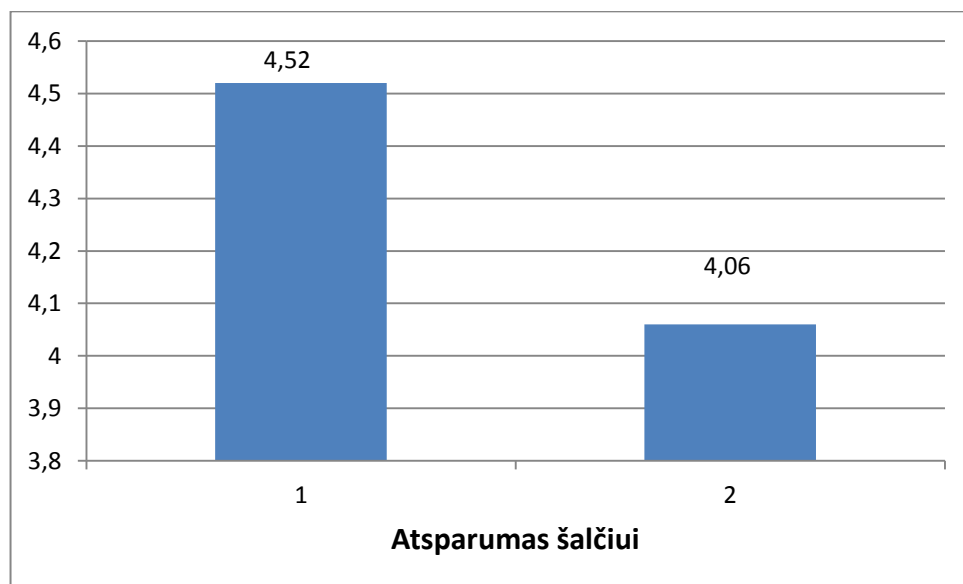
Bandinio Nr., priedai	Tankis, kg/m ³	Bendras poringumas, %	Atviras poringumas, %	Uždaras poringumas, %	α	λ
1 Bandinys (oro įtraukiantis)	2247,76	16,44	11,69	4,75	0,1	380,91
2 Bandinys (kontrolinis)	2250,78	16,33	11,96	4,37	0,1	208,15

13.pav. Betono kubelių su skirtingais priedais poringumo diagrama

Pagal gautą grafiką matyti, kad bendras visų sukietėjusių bandinių bendras poringumas svyruoja labai mažai tik per kelias dešimtasias.

12.lentelė. Betono kubelių atsparumo šalčiui kriterijai

Bandinio Nr.	Atsparumo šalčiui kriterijus, Kš	Prognozuojamas atsparumas šalčiui, ciklais
1	4,52	≈ F700...720
2	4,06	≈ F680...700



14.pav. Betono kubelių su skirtingais priedais atsparumo kriterijus šalčiui

Pagal turimą grafiką matyti, kad atsparumas šalčiui kriterijus yra didesnis su orą įtraukiančiu priedu.

Betono stipris pamerkto į skirtingus tirpalus

Betono kūbeliai yra pamerkami į keturis skirtingus tirpalus:

- Vandenyje (H_2O)
- Natrio chlorido 3% tirpale ($NaCl$)
- Magnio sulfato 5% tirpale ($MgSO_4$)
- Natrio sulfato 4% ir magnio sulfato 1% tirpaluose ($Na_2SO_4+MgSO_4$)

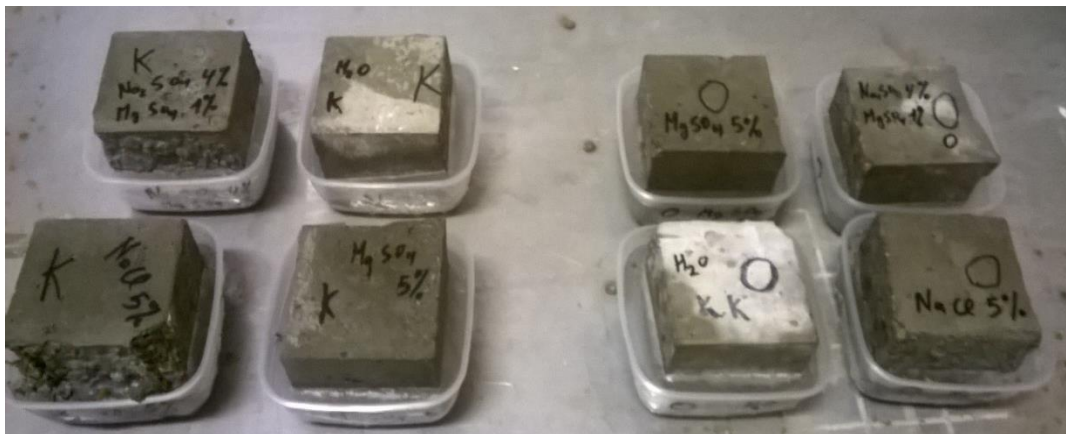
Išviso yra pamerkiama šiašiolika kūbelių 75x75x75mm iš kurių aštuoni yra su orą įtraukiančiu priedu Centrement Air 205 ir aštuoni kūbeliai kontroliniai, be orą įtraukiančio priedo. Į kiekvieną tirpalą yra pamerkiama po du vienos ruošies betono kūbelius. Pusė pamerktų betono kūbelių buvo sudėta į šaldytuvą, o kita pusė į krosnį.

Šaldytuve buvo sudėta į keturis skirtingus tirpalus aštuoni kūbeliai iš kurių keturi kontroliniai bandiniai ir keturi su orą įtraukiančiu priedu.

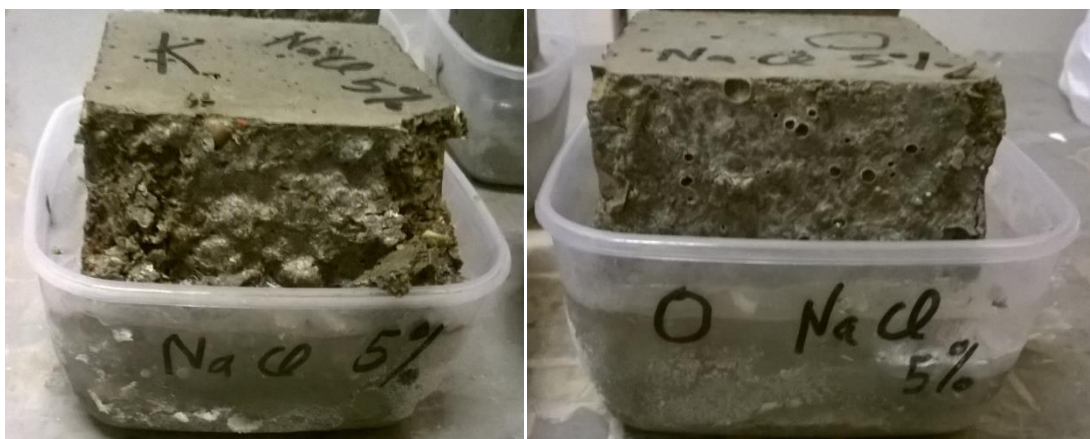


15.pav kūbeliai prieš sudedant į šaldytuvą

Šaldytuvą per parą atlieka vieną užšaldymo ir atšildymo ciklą. Pirmieji irimo požymiai pasirodė po 16 parų, pradėjo irti natrio chlorido tirpale, matosi 2,7 ir 2,8 pav.



16.pav kūbeliai po 16 parų.



A)

B)

17.pav kŪbeliai po 16 parų NaCl tirpale; A) Be orą įtraukiančio priedo; B) Su orą įtraukiančiu priedu;

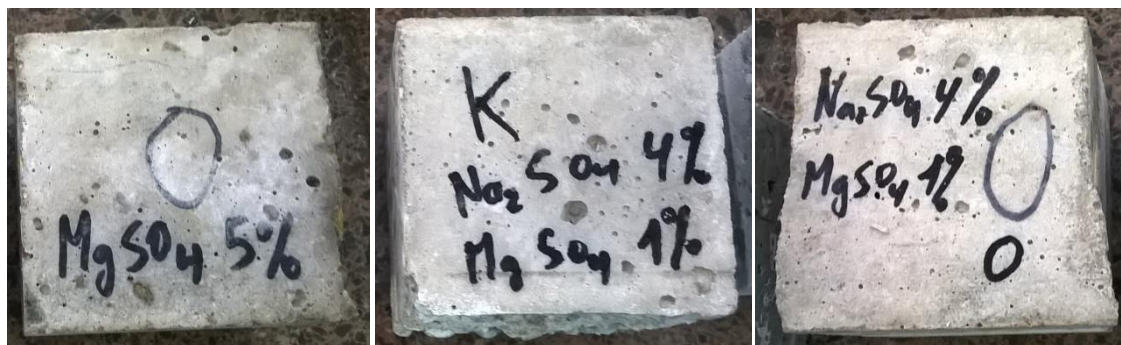
Bandinius šaldytuve laikėme 31 parą. Bandiniai turėjo 31 užšaldymo ir atšildymo ciklą. Bandinių rezultatai matosi 2,9 pav.



A)

B)

C)



D)

E)

F)



G)

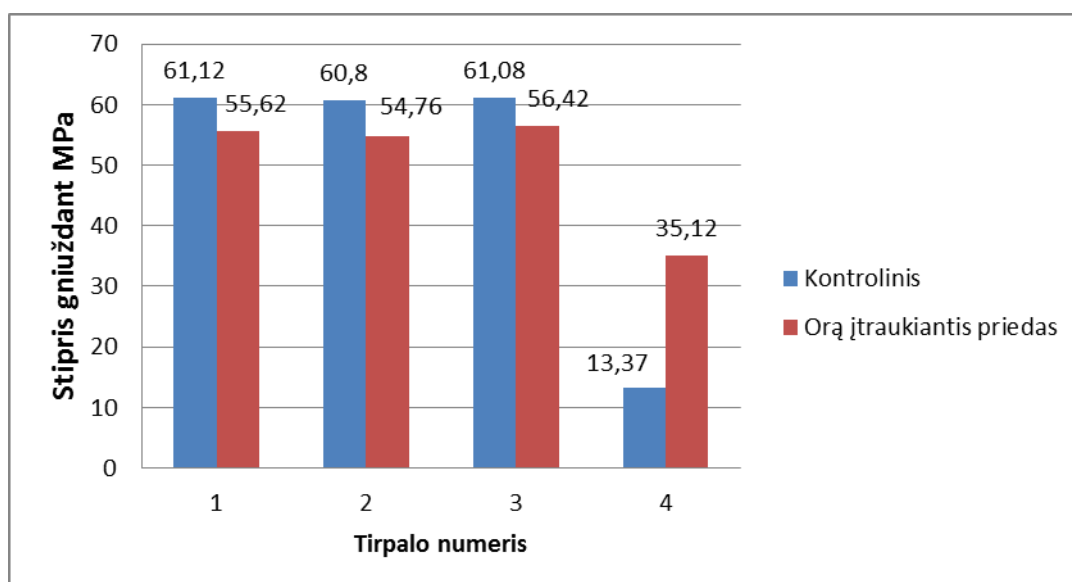
H)

18. pav kŪbeliai po 31 paros; A) Be orą įtraukiančio priedo laikytas vandenyje; B) Su orą įtraukiančiu priedu laikytas vandenyje; C) Be orą įtraukiančio priedo laikytas magnio sulfato 5% tirpale; D) Su orą įtraukiančiu priedu magnio sulfato 5% tirpale; E) Be orą įtraukiančio priedo laikytas natrio sulfato 4% ir magnio sulfato 1% tirpaluose; F) Su orą įtraukiančiu priedu laikytas

natrio sulfato 4% ir magnio sulfato 1% tirpaluose; G) Be orą įtraukiančio priedo laikytas druskos tirpale; H) Su orą įtraukiančiu priedu laikytas druskos tirpale;

13.lentelė betono kubelių gniuždymas atlikus šaldymo ciklus

Eil.Nr.	Tirpalas	Stipris, MPa	
		Be orą įtraukiančio priedo	Su orą įtraukiančiu priedu
1.	H ₂ O	61,12	55,62
2.	Na ₂ SO ₄ +MgSO ₄	60,8	54,76
3.	MgSO ₄	61,08	56,42
4.	NaCl	13,37	35,12



19.pav betono gniuždymo diagrama

Vizualiai apžiūrėjus bandinius matyti, kad labiausiai suiro be orą įtraukiančio priedo bandinys natrio chlorido tirpale, kiek mažiau suiro su orą įtraukiančiu priedu. Kituose tirpaluose bandiniai labai jau mazai pakito. Pagal gniuždymo rezultatus, mažiausiai yra atsparus be orą įtraukiančio priedo bandinys natrio chlorido tirpale, jo stipris yra 13,37 MPa, su orą įtraukiančiu priedu stipris yra 35,12 Mpa. Kituose tirpaluose stipris labai panašus, tik minimaliai skiriasi. Natrio chlorido tirpale be orą įtraukiančio priedo bandinys yra silpnesnis už su orą įtraukiančiu priedu, o kituose tirpaluose be orą įtraukiančio priedo bandiniai yra stipresni nei su orą įtraukiančiu priedu.

Šilumos atsparumas

Krosnyje buvo sudėta į keturis skirtingus tirpalus aštuoni kubeliai iš kurių keturi kontroliniai bandiniai ir keturi su orą įtraukiančiu priedu.



20. pav. bandiniai prieš sudedant į krosnį.

Sudėtiems bandiniams krosnyje nustačiau tokią ciklinę programą:

- Pakelia temperatūrą iki 37⁰C per 10 min
- Išlaiko 37⁰C temperatūrą 25 min
- Nuleidžia temperatūrą iki 22⁰C per 10 min
- Išlaiko 22⁰temperatūrą 15 min

Per parą įvyksta 24 temperatūros pakėlimo ir nukritimo ciklai. Bandinius krosnyje laikiau 31 parą. Išimti bandiniai matosi 2.11 pav.



A)



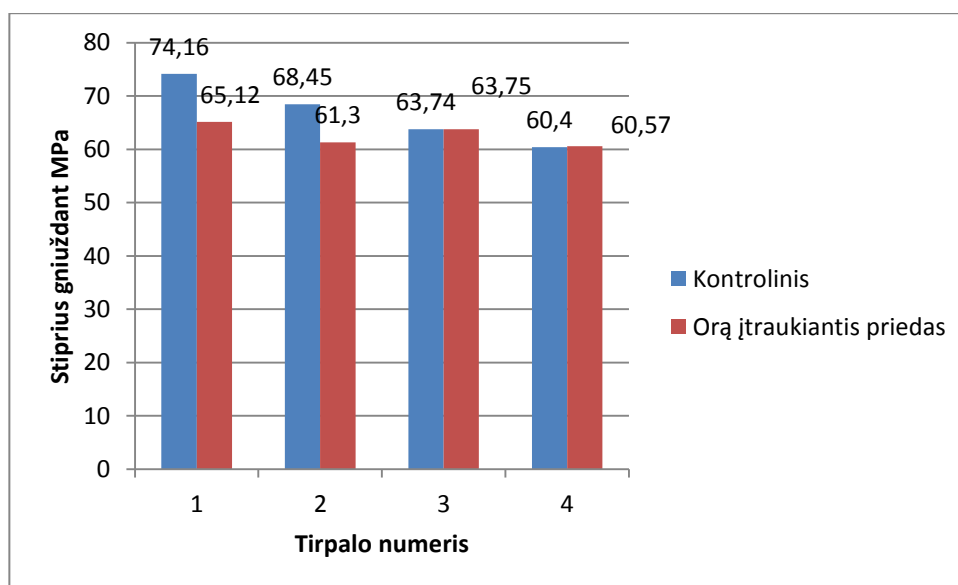
B)

C)

21.pav. Bandiniai išimti iš krosnies; A) Su orą įtraukiančiu priedu ir be orą įtraukiančio priedo mirkyti druskos tirpale; B) Su orą įtraukiančiu priedu magnio sulfato 5% tirpale; C) Be orą įtraukiančio priedo mirkyti magnio sulfato 5% tirpale.

14.lentelėbetono kūbelių gniuždymas atlikus šildymo ciklus

Eil.Nr.	Tirpalas	Stipris, MPa	
		Be orą įtraukiančio priedo	Su orą įtraukiančiu priedu
1.	H ₂ O	74,16	65,12
2.	Na ₂ SO ₄ +MgSO ₄	68,45	61,3
3.	MgSO ₄	63,74	63,75
4.	NaCl	60,4	60,57



22.pav betono gniuždymo diagrama

Vizuliai matosi, kad bandiniai labai minimaliai buvo pažeisti, tik ant jų išsiskyrė druskos. Gniuždymui stipriausias be orą įtraukiančio priedo bandinys kuris mirkytas vandenyje jo stipris yra 74,16 MPa. Silpniausi bandiniai yra mirkyti natrio chlorido tirpale, be orą įtraukiančio priedo bandinio stipris yra 60,4, o su oru įtraukiančiu priedu stipris yra 60,57 MPa.

IŠVADOS

Sukietėjusio betono tankis naudojant orą įtraukiantį priedą ir jo nenaudojant yra labai panašus, skiriasi tik 3 kg/m³.

Pagal gautus grafikus iš betono poringumo matome, kad sukietėjusių bandinių bendras poringumas svyruoja labai mažai, tik per kelias dešimtasias.

Atsparumui šalčiui yra atsparesnis betonas su orą įtraukiančiu priedu jis yra 4,52, o be orą įtraukiančio priedo betono atsparumas 4,06.

Atlikus bandnių užšaldymo bandymą skirtinguose tirpaluose ir vizualiai apžiūrėjus juos matyti, kad labiausiai suiro kontrolinis bandinys natrio chlorido tirpale, kiek mažiau suiro su orą įtraukiančiu priedu. Kituose tirpaluose bandiniai labai jau mazai pakito. Pagal gniuždymo rezultatus, mažiausiai yra atsparus be orą įtraukiančio priedo natrio chlorido tirpale, jo stipris yra 13,37 MPa, su orą įtraukiančiu priedu stipris yra 35,12 Mpa. Kituose tirpaluose stipris labai panašus, tik minimaliai skiriasi. Natrio chlorido tirpale be orą įtraukiančio priedo bandinys yra silpnesnis už su orą įtraukiančiu priedu, o kituose tirpaluose be orą įtraukiančio priedo bandiniai yra stipresni nei su orą įtraukiančiu priedu.

Atlikus bandinių šildymo ciklą skirtinguose tirpaluose bandymą ir vizualiai juos apžiūrėjus matosi, kad bandiniai labai minimaliai buvo pažeisti, tik ant jų išsiskyrė druskos. Gniuždymui stipriausias be orą įtraukiančio priedo ir mirkytas vandenyje jo stipris yra 74,16 MPa. Silpniausi bandiniai yra mirkyti natrio chlorido tirpale, be orą įtraukiančio priedo bandinio stipris yra 60,4, o su oru įtraukiančiu priedu stipris yra 60,57 MPa.

IŠVADOS

1. Apskaičiuotas stogo šilumos laidumo koeficientas $U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, kuris neviršijo pramoninės paskirties pastatų stogų norminio šilumos perdavimo koeficiento $U_N = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
2. Apskaičiuota 18 metrų ilgio metalinė santvara. Parinkti skerspjūviai: viršutinei juostai $120 \times 120 \times 5$, apatinei: $100 \times 100 \times 4$, spyriams: $60 \times 60 \times 4$.
3. Suprojektuota gelžbetoninių kelio plokščių stendinė gamybinė linija, kurios metinis pajėgumas 10000 m^3 .
4. Moksliniame tiriamajame darbe atlikus užšaldymo bandymą skirtinguose tirpaluose, pamatėme, kad labiausiai suiro bandinys natrio chlorido tirpale, kuriam betonas buvo be orą įtraukiančio priedo.

LITERATŪROS SARAŠAS

1. Lietuvos respublikos statybos įstatymas. Valstybės žinios, 2001, Nr. 101-3597. [žiūrėta 2015-12-12]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=267240
2. STR 1.08.02:2002. Statybos darbai. Valstybės žinios, 2002, Nr. 54-2150. [žiūrėta 2015-12-12]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=167645
3. STR 1.07.01:2010. Statybą leidžiantys dokumentai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 116-5944. [žiūrėta 2015-12-13]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=382319
4. STR 1.11.01:2010. Statybos užbaigimas. Valstybės žinios, 2010, Nr. 116-5947. [žiūrėta 2014-12-15]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=382324
5. STR 1.09.04:2007. Statinio projekto vykdymo priežiūra. Valstybės žinios, 2007, Nr. 112-4588. [žiūrėta 2015-12-18]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=307605
6. STR 1.09.05:2002. Statinio statybos techninė priežiūra. Valstybės žinios, 2002, Nr. 43-1638. [žiūrėta 2015-12-18]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=165062
7. STR 1.06.03:2002. Statinio projekto ekspertizė ir statinio ekspertizė. Valstybės žinios, 2002, Nr. 55-2200. [žiūrėta 2015-12-18]. Prieiga per internetą:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=167935>
8. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos. Valstybės žinios, 2003, Nr. 59-2683. [žiūrėta 2015-12-18]. Prieiga per internetą:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=213447&Condition2=>
9. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos. Valstybės žinios, 2005, Nr. 28-895. [žiūrėta 2015-12-19]. Prieiga per internetą:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=250900&Condition2=>
10. STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai. Valstybės žinios, 2008, Nr. 130-4997. [žiūrėta 2015-12-19]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=330693&p_query=&p_tr2=
11. STR 1.01.06:2002 „Ypatingi statiniai“.
12. UAB „Kingspan“. Daugiasluoksnės plokštės sienoms ir stogams. [žiūrėta 2015-12-19]. Prieiga per internetą: <http://www.kingspan.lt/>

13. Mineralinė vata. – [žiūrėta 2015-12-20]. Prieiga per internetą:<http://www.paroc.lt>
14. „Mida“. Ritininės stogų dangos.[žiūrėta 2015-12-20]. Prieiga per internetą:
<http://www.mida.lt>
15. Garo izoliacija – [žiūrėta 2015-12-20]. Prieiga per internetą: www.lemora.lt
16. Profiliuotas plieno lakštas. – [žiūrėta 2015-12-20]. Prieiga per internetą:
<http://www.ruukkihome.com>
17. Putų polistirolis – [žiūrėta 2015-12-20]. Prieiga per internetą: www.kaunosilas.lt
18. Algimantas Naujokaitis, „Statybinės medžiagos. Betonai“, mokomoji knyga, Vilnius, 2007.
19. <http://www.peikko.lt/product-lt/product-pdf-lt/p=PSB+armavimo+sistema>
20. <http://sa.lt/betono-danga-keliuose-beda-ar-alternatyva/>
21. Druskų tyrimai ir rekomendacijų pateikimas: Mokslo darbo ataskaita. Sutartis Nr. 137 / Temos vadovas A. Laurinavičius, VGTU, Vilnius. 1999. 18 p.
22. Henning, O. and Knöfel, D. Baustoffchemie. Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997.
23. A. Naujokaitis. 2007. Satybinės medžiagos . Betonų struktūra. Mokomoji knyga. Vilnius
24. <http://archyvas.vz.lt/news.php?id=114153>
25. „Statyk“ 2008 m. Nr.5) VGTU Statybos fakulteto Statybinių medžiagų katedros docentė Ramūnė Žurauskienė
26. A. Naujokaitis. 2007. Satybinės medžiagos . Įmaišos ir cheminiai priedai. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika

PRIEDAI