



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Tomas Balnis**

**DIRBTINIO PUCOLANINIO PRIEDO GAMYBA  
CEMENTUI**

Baigiamasis magistro darbas

**Vadovas**

doc. dr. Irmantas Barauskas

**Kaunas, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
SILIKATŲ TECHNOLOGIJOS KATEDRA**

TVIRTINU

Padalinio vadovas  
prof. Rimvydas Kaminskas

**DIRBTINIO PUCOLANINIO PRIEDO GAMYBA  
CEMENTUI**

Baigiamasis magistro darbas  
Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 621H81004 )

**Vadovas**

Doc.Dr. Irmantas Barauskas

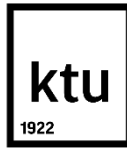
**Recenzentas**

prof. Rimvydas Kaminskas

**Darbą atliko**

Tomas Balnis

**Kaunas, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tomas, Balnis  
Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 612H81004)

Baigiamojo darbo „Pucolaninio priedo gamyba cementui“  
**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

2015\_ m. \_birželio\_ mėn. 04 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Tomas Balnis** baigiamasis darbas tema „Pucolaninio priedo gamyba cementui“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena darbo dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymu nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

---

(studento vardas ir pavardė, įrašyti ranka)

---

(parašas)

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

Tvirtinu:  
Cheminės technologijos fakulteto dekanas  
Prof. E.Valatka

Suderinta:  
prof. Rimvydas Kaminskas, katedros vedėjas  
2015 m. balandžio mėn. 16 d.

Dekano įsakymas Nr. ST17-F-02-3  
2015 m. balandžio mėn. 16 d.

Darbo tikslas ir uždaviniai:

**Darbo tikslas :** Atlikti technologinius, statybinius, ekonominius skaičiavimus, būtinus parenkant pucolaninio cemento priedo (degto kaolino) gamybai skirtus įrenginius: parinkti sukamąją krosnį, kurios našumo užtektų per metus pagaminti 30 000 t pucolaninio priedo cementui.

**Darbo uždaviniai:**

- Nustatyti kaolinitinio molio, kuris naudojamas kaip cemento pucolaninis priedas, degimo temperatūros įtaką cemento stipruminėms savybėms;
- Parinkti technologinę gamybos schemą ir visus reikiamus įrenginius;
- Parinkti kaolinitinio molio degimui skirtą sukamąją krosnį, apskaičiuoti reikiamą jos našumą bei atlikti šiluminius skaičiavimus;
- Atlikti statybinius, ekonominius skaičiavimus;
- Atlikti darbo saugos ir sveikatos bei aplinkosauginį projektuojamo objekto vertinimą;

**MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS**

Išduota studentui (-ei) **Tomas Balnis**

1. Darbo tema: Dirbtinio pucolaninio priedo gamyba cementui

3. Darbo sudėtinės dalys:

- 3.1. Įvadas
- 3.2. Literatūros apžvalga
- 3.3. Eksperimentinė dalis
- 3.4. Technologinė dalis
- 3.5. Techninis ekonominis pagrindimas
- 3.6. Darbo sauga ir sveikata
- 3.7. Statybiniai sprendimai
- 3.8. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai
- 3.9. Aplinkosauginis vertinimas
- 3.10. Bibliografinių nuorodų sąrašas.
- 3.11. Grafinė dalis:
  1. Sklypo planas
  2. Technologinė linija
  3. Rekonstruojamo pastato pjūviai

Užduoties išdavimo data 2015 m. balandžio mėn. 16 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2015 m. gegužės 19 d.

Vadovas: doc.Irmantas Barauskas  
(vardas, pavardė)

2015-04-16 \_\_\_\_\_  
(parašas, data)

Užduotį gavau: Tomas Balnis  
(studento vardas, pavardė)

2015-04-16 \_\_\_\_\_  
(parašas, data)

## TURINYS

1. ĮVADAS.....	7
2. LITERATŪROS APŽVALGA .....	9
2.1. PUCOLANINIAI PRIEDAI.....	9
2.2. TERMIŠKAI AKTYVUOTI MOLIAI IR KAOLINAI .....	10
3. EKSPERIMENTINĖ DALIS .....	13
3.1. NAUDOTOS MEDŽIAGOS IR TYRIMŲ METODIKA.....	13
3.2. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS .....	15
4. TECHNOLOGINĖ DALIS.....	19
4.1. GAMYBOS BŪDO PARINKIMAS .....	19
4.2. TECHNOLOGINĖS SCHEMOS PARINKIMAS, JOS APRAŠYMAS.....	19
4.3. ŽALIAVŲ PARINKIMAS, JŲ CHARAKTERISTIKA, REIKALAVIMAI ŽALIAVOMS, KAOLINUI .....	21
4.4. GAMYBOS APIMTYS IR MEDŽIAGŲ BALANSAS.....	21
4.5. ĮRENGINIŲ SKAIČIAVIMAS IR PARINKIMAS .....	23
4.6. SUKAMOSIOS KROSNIES ŠILUMINIAI SKAIČIAVIMAI .....	27
5. TECHNINIS EKONOMINIS PAGRINDIMAS .....	32
5.1 PRADINĖ PADĖTIS .....	32
5.2. STATYBOS RAJONO (MIESTO) CHARAKTERISTIKA BEI PAGRINDIMAS.....	32
5.3 ŽALIAVŲ ZONOS CHARAKTERISTIKA IR MATERIALINIO APRŪPINIMO PAGRINDIMAS.....	33
6. DARBO SAUGA IR SVEIKATA .....	33
6.1 PROJEKTUOJAMO OBJEKTO CHARAKTERISTIKA .....	33
6.2 PROFESINĖS RIZIKOS VERTINIMAS .....	34
6.3 SAUGI GAMYBA .....	36
6.4 DARBO HIGIENA .....	38
6.5 GAISRINĖ SAUGA .....	41
7. STATYBINIAI SPRENDIMAI.....	42
7.1. BENDRIEJI DUOMENYS .....	42
7.2. STATINIO ARCHITEKTŪRINĖ, KONSTRUKCINĖ SANDARA .....	42
8. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI.....	44
8.1. SUVESTINĖ STATYBOS KAINOS SKAIČIUOTĖ .....	44
8.2. TECHNOLOGINIŲ ĮRENGIMŲ VERTĖ .....	45
8.3. PASTATŲ STATYBOS DARBŲ VERTĖS SKAIČIAVIMAS.....	46
8.4. TRUMPALAIKIO TURTO (APYVARTINIŲ LĖŠŲ) VERTĖS SKAIČIAVIMAS.....	47
8.5. GAMYBOS IR PARDAVIMŲ APIMTYS .....	49
8.6. GAMYBOS IR VEIKLOS KAŠTŲ SKAIČIAVIMAS .....	49
8.7. FINANSINĖS IR INVESTICINĖS VEIKLOS SĄNAUDOS.....	50
8.8. GAMINIŲ KAINOS APSKAIČIAVIMAS.....	51
8.9. ĮMONĖS PAJAMŲ IR PELNO PLANAS, PELNO PASKIRSTYMAS, GRYNŲJŲ PINIGŲ SRAUTŲ SKAIČIAVIMAS.....	51
8.10. INVESTICIJŲ EFEKTYVUMO VERTINIMAS .....	53
9. APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS .....	57
10. LITERATŪRA.....	58

## **SANTRAUKA**

Šiame darbe ištirta skirtingose temperatūrose degto kaolino įtaka portlandcemenčio kietėjimo savybėms. Degant kaoliną 500 °C temperatūroje molio mineralas – kaolinitas – skyla ir persikristalizuoja į aktyviają metakaolinito formą. Nustatyta, kad bandinių stipris gniuždant didėja kaoliną degant aukštesnėse temperatūrose (nuo 500 iki 800 °C). Iš visų tirtų bandinių, didžiausiu stipriu pasižymėjo bandiniai su kaolinu degtu 700 ir 800 °C temperatūrose. Didinant visų tirtų priedų kiekį iki 25 % bandinių stipriai sumažėja. Atlikti technologiniai, statybiniai, ekonominiai skaičiavimai, būtini parenkant pucolaninio cemento priedo (degto kaolino) gamybai skirtus įrenginius: parinkta sukamoji krosnis, kurios našumas 30 000 t/metus cemento pucolaninio priedo.

## **SUMMARY**

This work analyzes the different temperatures of calcined kaolin influence the curing properties of Portland cement. Stop at 500 ° C for kaolin clay mineral - kaolinite - and breaks down into active recrystallised metakaolinito form. It was found that the greatest impact on hardening Portland cement calcined kaolin were 700 and 800 ° C (500-800 ° C range studied). Improvement in the tested additive content of 25% of samples is greatly diminished. The compressive strength of the samples increases kaolin stop at the higher temperature (500 to 800 ° C).

## 1.Įvadas

Cementas pramonė yra viena labiausiai energetikai imliausių pramonės šakų. Dalinis cemento klinkerio pakeitimas portlandcementeje kitomis medžiagomis šlaku, pucolanais, klintimi ir kt. leidžia ne tik sumažinti portlandcemenčio savikainą, bet ir aplinkos taršą.

Pucolanai yra natūrali arba dirbtinė medžiaga susidedanti iš silicio ir (arba) aliuminio aktyviųjų formų. Dirbtiniai pucolanai yra produktai, kurie turi būti chemiškai ar termiškai modifikuoti, nes pagal kilmę neturi arba turi silpnas pucolanines savybes. Dirbtiniai pucolanai gali būti molio medžiagų termiškai modifikuojant: džiovinant ar degant. Natūralūs pucolanai skiriasi savo chemine sudėtimi, fizikinėmis savybėmis: dalelių dydžiu, jų pasiskirstymu, paviršiaus plotu, kristališkumu, spalva - visa tai lemia pucolanų skirtingą aktyvumą. Medžiagos pucolaninį aktyvumą lemia pucolano prigimtis, cheminė ir mineralinė sudėtis, amorfinės fazės kiekis, savitasis paviršiaus plotas, portlandito kiekis cemento tešloje, priemaišų kiekis, medžiagų aktyvacijos proceso sąlygos.

Kaolinu vadinamas molis, kuriame vyrauja mineralas - kaolinitas. Jis yra baltos arba šviesiai pilkos spalvos, už molį mažiau plastiškas, bet iš visų molių atspariausias ugniai ir mažiausiai užterštas dažančiais oksidais [3].

Degtas molis yra puiki alternatyvi pucolaninė medžiaga kaip priedas dėl savo plataus panaudojimo ir santykinai mažos kainos. Degtas kaolinas cemento akmeniui suteikia ne tik didelį stiprumą, bet ir ilgaamžiškumą.

Todėl šiame darbe tiriama galimybė skirtingose temperatūrose degtą kaolininį molį naudoti sumažinant portlandcemenčio klinkerį cemente.

Aktyvūs mineraliniai priedai skirstomi į tris grupes :

- priedai, kurių pagrindinė sudedamoji dalis yra amorfinis  $\text{SiO}_2$  (diatomitai, trepeliai, opoka,  $\text{SiO}_2$  mikrodulkės);
- priedai, kurių pagrindinė sudedamoji dalis yra dehidratuotas molis, pelenai, šlakai;
- priedai, kurių pagrindą sudaro stikliškosios būsenos silikatai ir aliumosilikatai (vulkaniniai pelenai, tufai, pemzos).

**1 lentelė.** Pucolanų klasifikacija

	<b>Pucolanas</b>	<b>Aktyvūs komponentai</b>
Natūralūs	Vulkaniniai tufai	Stikliški aliumosilikatai, ceolitai, molio mineralai
	Diatomitai	Grūdėtas SiO <sub>2</sub> , sudarytas iš diatomų (titnagdumblių) skeletų fosilijų
	Boksitai	Aliuminio hidroksidas
	Opokos, trepeliai	Amorfinis SiO <sub>2</sub>
Dirbtiniai	Degtas molis ir skalūnai	Nestabilūs molio mineralų dehidracijos produktai
	Lakieji pelenai	Stikliški, degti silikatai ir aluminatai
	SiO <sub>2</sub> mikrodulkės	Amorfinis SiO <sub>2</sub>
	Ryžių lukštų pelenai	Amorfinis SiO <sub>2</sub>

**Darbo tikslas:** ištirti kaolino degimo temperatūros ir kiekio įtaką portlandcemenčio kietėjimo savybėms ir parengti dirbtinio pucolaninio priedo gamybos technologines rekomendacijas.

**Darbe keliami uždaviniai:**

- Ištirti 500-800 °C temperatūrose degto kaolino pucolanines savybes;
- Nustatyti portlandcemenčio su skirtingose temperatūrose degto kaolino priedu stiprius gniuždant;
- Nustatyti portlandcemenčio su skirtingose temperatūrose degto kaolino skirtingais priedo kiekiais stiprius gniuždant;
- Parinkti tinkamiausią kaolino degimo temperatūrą ir kiekį portlandcemenčiui;
- Parengti gauto dirbtinio pucolaninio priedo gamybos technologines rekomendacijas.



## 2.Literatūros apžvalga

### 2.1. Pucolaniniai priedai

Pucolanai apima visas medžiagas, kurios sudėtyje turinčios didelį kiekį aliuminio ir silicio, tokios, kaip kaolininis molis, tipinis kaolinitas, anglių pelenai, nuosėdinės kilmės medžiaga gausi silicio ir kalcio, medžiagos gausios silicio, SiO<sub>2</sub> mikrodulkės yra naudojamos kaip aktyvieji priedai. [7]

Pucolaninis aktyvumas yra gebėjimas reaguoti su portlanditu - Ca(OH)<sub>2</sub>, dalyvaujant papildomam vandens kiekiui. Tai priklauso nuo pucolanų prigimties, o ypač nuo kokybės bei aktyviosios fazės kiekio, apdirbimo būdo, Si/Al molinio santykio, kalkių /pucolanų kiekio mišinyje, vandens surišimo koeficiento, aplinkos sąlygų ir savitojo paviršiaus ploto.

Priedų mineralinė ir cheminė sudėtis pateikiama 2.1 - 2.2 lentelėse.

2.1 lentelė. Priedų mineralinė sudėtis [7]

Medžiaga	Pagrindiniai mineralai
Tipinis kaolinas	Kaolinitas
Metamax	Metakaolinitas ~85%, Kvarcas ~13%
Kaolininis molis	Kaolinitas ~ 75%, Kvarcas ~23% , Anatazas ~2%
Porcelanitas	Opalas ~50%, molio mineralai ~ 5-15% kalcitas ~25 - 45% kvarcas ~10%

2.2 lentelė. Portlandcemenčio ir priedų cheminė sudėtis [7]

Medžiaga Junginys	Portlancementis	Tipiškas kaolinas	Kaolino molis	Metamax	Kuro pelenai	Pemza	Porcelanitas	Grunto smėlis
	Sudėtis, %							
SiO <sub>2</sub>	19,38	56,17	59,34	52,18	44,28	70,55	57,91	99,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,3	41,67	37,68	43,36	32,06	12,24	2,04	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,95	0	1,86	0,25	4,91	0,89	0,8	0
TiO <sub>2</sub>	0,38	2,16	1,12	4,21	1,89	0	0,1	0
CaO	64,8	0	0	0	7,65	2,36	31,07	0
MgO	1,09	0	0	0	2,11	0,1	1,75	0
Na <sub>2</sub> O	0,19	0	0	0	0,4	3,49	1,23	0
K <sub>2</sub> O	0,25	0	0	0	0,6	4,21	0,37	0
SO <sub>3</sub> + Cl	1,92	0	0	0	3,95	0,03	2,35	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	2,38	0
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,29	2,70	2,05	2,35	9,8	48,27	

## 2.2. Termiškai aktyvuoti moliai ir kaolinai

Kai kurie degti moliai yra puiki pucolaninė medžiaga betonui dėl savo plataus paplitimo ir santykinai mažos kainos. Pagal ASTM C618 standartą, kuris apibrėžia pucolaninio aktyvumo kriterijus įvairioms mineralinėms priemonėms, reikalaujama, kad degtame molyje bendras SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ir Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kiekis būtų didesnis nei 70%, SO<sub>3</sub> mažiau nei 4%, o kaitinimo nuostoliai mažesni nei 10%. Tuo tarpu, kai kuriose šalyse (pvz. Indijoje) pažymima, kad geroje pucolaninėje medžiagoje bendras SiO<sub>2</sub> ir Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kiekis turėtų būti didesnis nei 50%, o CaO kiekis neturėtų viršyti 10% [8].

Mehti W. su bendraautoriais teigia, kad smulkiai maltų ir termiškai apdorotų molių, kurių sudėtyje gausu kvarco, didelis pucolaninis aktyvumas gali būti paaiškintas šiais dviem veiksniais:

- kvarco grūdėliai veikia kaip malimo kūnas ir tokiu būdu „prisideda“ prie kaolinito mechaninės aktyvacijos;

- smulkiai maltas kvarcas gali ištirpti šarminių metalų tirpaluose (pavyzdžiui, esant  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), o susidaręs tirpus  $\text{SiO}_2$  „pagerina“ pucolaninę reakciją.

Manoma, kad molio pucolaninis aktyvumas yra sąlygojamas terminio apdoravimo metu vykstančio kaolino virsmo į metakaoliną. Šio proceso metu suardoma molio mineralų kristalinė struktūra, kuri transformuojasi į labai reakcingą amorfinę struktūrą (2.3 lent.) . Virsmo metu yra pašalinamas struktūrinis vanduo ir lieka amorfinis aliumosilikatas, pasižymintis dideliu vidiniu poringumu, kuris sąlygoja didelį pucolaninį aktyvumą [10].

Optimali molio degimo temperatūra priklauso nuo molio mineralinės sudėties ir ji turėtų būti 700–800 °C ribose, nors kai kuriais atvejais ji gali siekti 1000 °C [6]. Nors kiti mokslininkai teigia [12], kad dėl vykstančio amorfinio  $\text{SiO}_2$  rekristalizacijos proceso didėjant molio degimo temperatūrai, molio pucolaninis aktyvumas mažėja jį degant 850–900 °C temperatūrų intervale.

Degtas molis betonui suteikia ne tik didelį stiprumą, bet ir ilgaamžiškumą [12]. Pucolaniniam aktyvumui teigiamos įtakos gali turėti molio malimas, nes malimo metu suardomos dalelių sankaupos ir padidinamas reakcijos paviršius. Vejmelková E. su bendraautoriais pažymi , kad molio mineralai degti 600–900°C temperatūrų intervale ir po to sumalti iki cemento smulkumo, pasižymi ypatingai dideliu reaktyvumu.

Harbert G. ir kiti mokslininkai teigia [13], kad žemoje temperatūroje apdorotos pucolaninės medžiagos, savo sudėtyje turinčios pakankami antrinių molio mineralų ir ceolito, žymiai pagerina pucolaninio cemento savybes. Tačiau autoriai pažymi, kad vandens sąnaudos reikalingos cemento skiediniui su termiškai neapdorotu molio yra didesnės ir tai sąlygoja mažesnes tokio skiedinio pritaikymo galimybes.

**2.3 lentelė.** Degimo įtaka molio struktūrai [11]

<b>Etapas</b>	<b>Temperatūra, °C</b>	<b>Struktūros pasikeitimas</b>
I	<180	Netenka adsorbcinio vandens
II	180–500	Molio mineralų dehidratacija
III	600–800	Nutrūksta ryšiai ir suyra molio struktūra
IV	900–1000	Formuojasi nauji aukštatemperatūriai junginiai

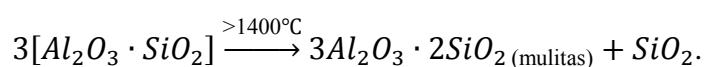
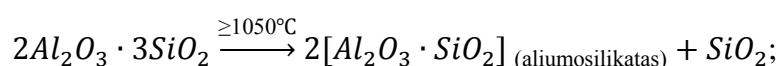
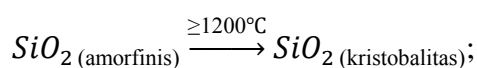
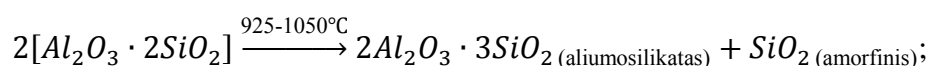
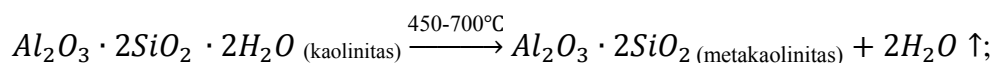
Teigiama, kad termiškai aktyvuotas kaolinitas – metakaolinitas – pasižymi labai geru pucolaniniu aktyvumu. Efektyvus mineralinis priedas gali būti gaunamas termiškai aktyvuojant kaoliną, kurio sudėtyje turėtų būti ne mažiau kaip 41,6 % kaolinito, bent 21,5 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ir mažiau nei 55 %  $\text{SiO}_2$  .

Sluoksninės struktūros medžiagose, tokiose kaip kaolinitas, intensyvaus termino apdorojimo metu vyksta daug transformacijų, kurios sąlygoja reakcingumo padidėjimą. Apytiksliai 600 °C temperatūroje kaolinito heksagoninė sluoksninė struktūra yra beveik suardoma ir jis transformuojasi į amorfinę fazę – metakaolinitą [14]. Iš esmės metakaolinitas (MK) yra bevandenis aliumosilikatas sudarytas iš silicio dioksido ir aliuminio oksido slankių sluoksnių, kurie tarpusavyje sujungti siliciu (koordinacinis skaičius 4) ir aliuminiu (koordinacinis skaičius 4, 5, 6). Dažniausiai metakaolinitą sudaro 50–55 % SiO<sub>2</sub> ir 40–45 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [41, 42]. Hidroksilo jonai yra stipriai sujungti aliumosilikatų karkaso struktūroje, todėl tik viršijus 550 °C temperatūrą šiuos jonus galima pašalinti.

Teigiama [14], kad MK aktyvumas yra sąlygojamas kaolinito dehidratacijos metu atsirandančių ryšių tinklo deformacijų (ryšių įtempimo), dėl kurių gali pasikeisti aliuminio koordinacinis skaičius iš 6 į 4 ar 5. Nors Lee S. ir kitų tyrėjų [15] teigimu MK struktūra nėra tvarkinga, tačiau pašalinant hidroksilo grupėms iš kaolinito sluoksninės struktūros, tam tikras santvarkos laipsnis turėtų išlikti.

Priklausomai nuo molio grynumo, kristališkumo bei dalelių dydžio, MK gali būti gaunamas kaolininio molio degimo metu 500 – 850 °C temperatūrų intervale. Ambroise J. ir jo kolegos teigia [15], kad MK galima gauti ir iš lateritinių žemių, degant jas 750 – 800 °C temperatūroje.

Tiriant kaolinito struktūros kitimą degimo metu nustatyta, kad metastabilus metakaolinitas susidaro 450 – 700 °C temperatūros intervale. Aukštesnėje nei 950 °C temperatūroje susidaro kubinės formos aliumosilikato (2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3SiO<sub>2</sub>) kristalai ir amorfinis SiO<sub>2</sub>, o vėliau prasideda kristobalito kristalizacija. Apytiksliai 1400 °C temperatūroje susidaro termiškai stabilus mulitas. Pažymėtina, kad aliumosilikatas (2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3SiO<sub>2</sub>) ir mulitas pasižymi mažu pucolaniniu aktyvumu. Šiuos procesus galima aprašyti šiomis cheminėmis reakcijomis [11]:



Kaolinito terminės aktyvacijos procesas gali būti žymiai sudėtingesnis, priklausomai nuo pirminių junginių nestechiometrinės sudėties, anksčiau prasidedančio hidroksilo grupių pašalinimo [9], laipsniško likusių hidroksilo grupių išnykimo ir mulito susidarymo proceso

(multitizacija) [47]. Procesas taip pat gali būti įtakojamas kaolinito struktūros suardymo laipsnio, slėgio ir dalinio vandens garų slėgio, temperatūros kėlimo greičio, bandinių mechaninio poveikio ir bandinių apdorojimo ultragarsu [16].

Tiriant įvairios sudėties kaolinus prieita prie išvados, kad 1 valandą trunkanti terminė aktyvacija 750 °C temperatūroje yra pakankama, norint gauti medžiagą pasižyminčią pageidaujamosiomis charakteristikomis ir tokiu būdu gautas mineralinis priedas – termiškai aktyvuotas kaolinas – tenkina arba viršija ASTM C618 standarto N klasės pucolaniniams priedams keliamus reikalavimus .

Vizcayno C. su bendraautorais teigia [17], kad termiškai (700 °C, 1 h) ir mechanochemiškai (1420 rpm, 15–120 min) apdorojus kaolininį molį galima gauti aktyvią pucolaninę medžiagą. Pažymima, kad pucolaninis aktyvumas priklauso nuo kaolininio molio mineralinės sudėties ir malimo trukmės. Ilgėjant malimo trukmei, intensyvėja kaolinito dehidratacijos procesas ir tuo pačiu padidinamas pucolaninis aktyvumas.

### **3.Ekspermentinė dalis**

#### **3.1. Naudotos medžiagos ir tyrimų metodika**

Cementas ( CEM I, „AB Akmenės cementas“)

Kaolinas (Lenkija, švarumas ne mažiau nei 97%)

CaO (švarumas nemažiau nei 95%)

HCl (0,05 N tirpalas, „Bauchemie“, kilmės šalis -Vokietija)

Kaolino milteliai buvo degami po 250 gramų, temperatūrose: 500, 600, 700 ir 800 °C. Nobertherm krosnelėje.

Per 1 val. keliami iki tiriamos temperatūros (500, 600, 700 ir 800 °C), šioje temperatūroje bandinys išlaikomas 1 val., aušinamas iki 300 °C ir išimamas iš krosnelės ir aušinamas eksikatoriuje iki aplinkos temperatūros.

Buvo nustatytas visų degtų bandinių pucolaninis aktyvumas. Į cilindrinį plastmasinį apie 1 l talpos indą įberiama tiksliai pasvertas maždaug 1 g sausos tiriamos medžiagos bandinys apie 40 g karoliuku ir įpilama 10 ml distiliuoto vandens. Sukamaisiais judesiais indo turinys purtomas 5 min. Po to supilama 500 ml beveik sotaus žinomos koncentracijos kalkių vandens (1,0-1,2) g CaO/l. Indai sandariai uždaromi, 1 min. kratomi, stebint, kad supilti milteliai nepriliptų prie plastmasinio indo sienelių. Po to užpildyti indai pastatomi į termostatą, kuriame palaikoma (45+-5) temperatūra. Lygiagrečiai su tiriamą medžiaga bandomas 1 kontrolinis indas be tiriamos

medžiagos. Kontrolinio indo paskirtis – nustatyti pataisą dėl stiklo karoliukų, indo sienelių bei įpilto vandens įtakos.

Indai retkarčiais iš spintelės išimami, per 1 min. gerai supurtomi ir vėl įdedami į spintelę. Pirmą kartą indai supurtomi, kai jų turinys sušyla iki 45 °C, o toliau maždaug kas 15-16 h.

Po 3 parų cilindriniai plastmasiniai indai iš šildomos spintelės išimami, supurtomi ir pastatomi ant stalo atvėsti, kad išsilygintų Ca(OH)<sub>2</sub> koncentracija ir nusėstu nuosėdos. Indai ramiai laikomi ne mažiau kaip 4 h. Po to pipete paimama 50 ml skaidraus skysčio ir titruojama 0,05 N HCl tirpalu, įlašinus 3 lašus metilo raudos indikatoriaus.

Rezultatai apskaičiuojami pagal formulę :

$$A_1 = \frac{(V - V_1) \cdot N \cdot 28 \cdot 500}{m \cdot 50} - C_1$$

Čia : V – HCl tirpalo tūris, titruojamas 50 ml Ca(OH)<sub>2</sub> tirpalą iki bandymo, ml;

V<sub>1</sub> – HCl tirpalo tūris, titruojant po bandymo, ml;

N – HCl normalingumas;

m – pasvertas bandinio kiekis, g;

500 – įpilto kalkių tirpalo tūris, ml;

50 – titravimui paimto tirpalo tūris, ml;

C<sub>1</sub> – pataisa, kuri apskaičiuojama taip:

$$C_1 = (V - V_2) \cdot N \cdot 28 \cdot 10$$

Čia : V<sub>2</sub> – sunaudoto HCl tirpalo kiekis, titruojant kontrolinio cilindro kalkių tirpalą.

Po to cilindrai supurtomi ir vėl įdedami į termostatą.

Indai laikomi 1 parą, per ta laiką bent viena kartą supurtomi. Po paros išimami, supurtomi ir padedami laboratorijoje ant stalo. Pipete paimama 50 ml atvėsinto ir skaidraus tirpalo ir titruojama 0,05 N HCl.

$$A_2 = \frac{(V_1 - V_3) \cdot N \cdot 28 \cdot 450}{m \cdot 50} - C_2$$

Čia : V<sub>1</sub> – sunaudoto 0,05 N HCl tirpalo tūris, titruojant po pirmojo bandymo, ml;

V<sub>3</sub> - taip pat, po 2-jo bandymo;

C<sub>2</sub> – pataisa 2-jam bandymui:

$$C_2 = (V_2 - V_4) \cdot 0,05 \cdot 28 \cdot 9$$

Čia : V<sub>4</sub> – 0,05 N HCl tirpalo kiekis, sunaudotas titruojant kontrolinio indo kalkių tirpalą po 2-jo bandymo.

Jeigu A<sub>2</sub> gaunamas reikšmingas skaičius, tai bandymas tęsiamas dar vieną parą. Bendras aktyvumas apskaičiuojamas:

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

Stipriui gniuždant nustatyti buvo ruošiami standartiniai bandiniai: vienai formai imta 1350 g standartinės granulimetrinės sudėties smėlio (3.1.1 lentelėje) ir 450 g rišamosios medžiagos (portlandcemenčio su priedu). Naujos rišamosios medžiagos – Portlandcemenčio su degto kaolino priedu receptūros pateiktos 3.1.2 lentelėje. Visų bandinių  $V/C = 0,5$ . Visi bandiniai suformuoti ir pirmą parą išlaikyti 100% sant. oro drėgmėje, išformuoti ir sumerkti į 20 °C temperatūros vandenį. Stipris gniuždant buvo nustatomas presu praėjus po 28 parų kietėjimo.

**3.1.1 lentelė.** Smėlio granulimetrinė sudėtis

Sieto Nr.	Masės, kg	Sudėtis, %
1,25	3,24	15
0,63	7,56	35
0,315	4,32	20
<0,315	6,48	30

**3.1.2 lentelė.** Bandinių iš portlandcemenčio su degto kaolino priedu sudėtis

Cementas, %	Degtas kaolinas, %	Cementas, g	Kaolinas, g
95	5	427,5	22,5
85	15	382,5	67,5
75	25	337,5	112,5

## 3.2. Rezultatai ir jų aptarimas

Nustatant bandinių pucolaninį aktyvumą, nutitruoti HCl kiekiai pateikti 3.2.1 lentelėje.

**3.2.1 lentelė.** Nutitruoti HCl kiekiai

Eil. Nr.	Išlaikytų parų sk.	Kontrolinis (priedo)	1 bandinys (500 °C)	2 bandinys (600 °C)	3 bandinys (700 °C)	4 bandinys (800 °C)
1.	3	25,5	24,3	22,4	20,5	18,8
2.	4	25,4	24,1	22,5	20,5	18,5
3.	5	25,2	23,5	22,6	20,4	18,6
4.	6	25,4	22,6	22,6	19,9	18,1
5.	7	25,4	21,4	21,4	20,0	18,2

Gautų bandinių pucolaniniai aktyvumai pateikti 3.2.2 lentelėje.

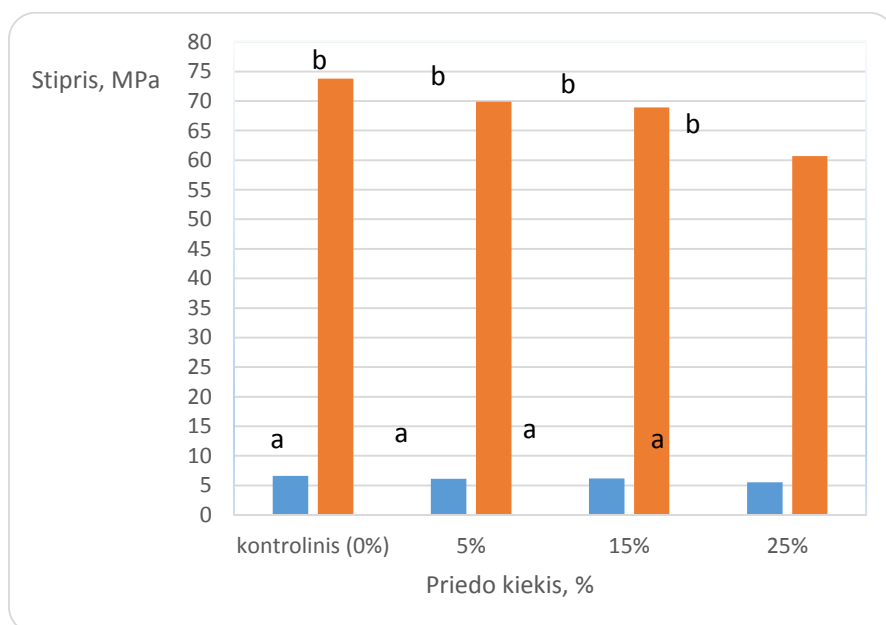
**3.2.2 lentelė.** Degto priedo aktyvumo lentelė

Degimo temperatūra, °C	Aktyvumas, CaO/g
500	101
600	105
700	118
800	123

Sekančiame tyrimų etape buvo nustatinėjami skirtingose temperatūrose degto kaolino kiekio įtaka Portlandcemenčio akmens stipriui lenkiant ir gniuždant po 28 parų kietėjimo.

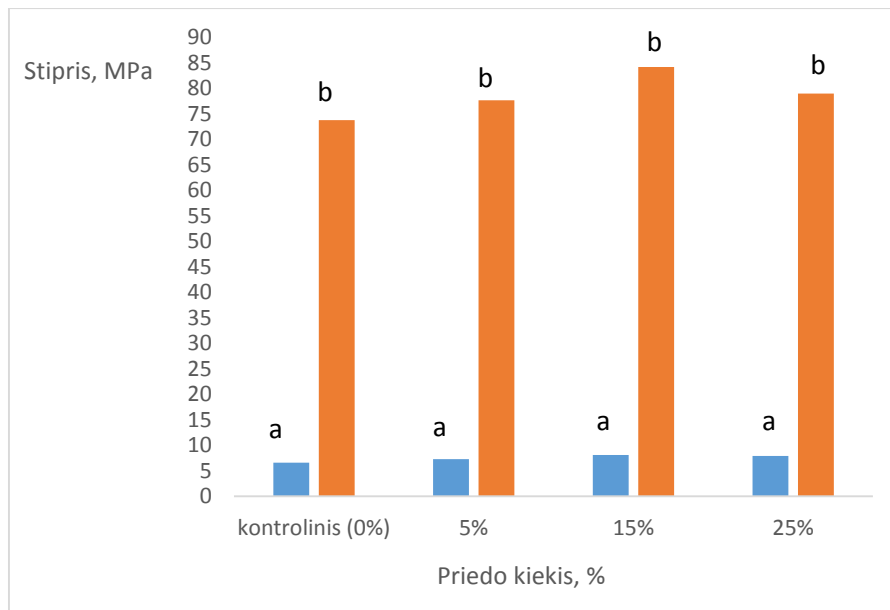
**3.2.3 lentelė.** Stiprio lenkiant ir gniuždant suvestinė lentelė

Rodikliai	Kontrolinis (be priedo)	500 °C			600 °C			700 °C			800 °C		
		5%	15%	25%	5%	15%	25%	5%	15%	25%	5%	15%	25%
Lenkiant, MPa	6.6	6.1	6.17	5.53	7.3	8.1	7.9	8.07	8.2	7.9	8	8.6	7.9
Gniuždant, MPa	74.6	71.6	68.3	61.4	77.7	84.2	79	82.7	89.3	92.7	89	90.9	93.2

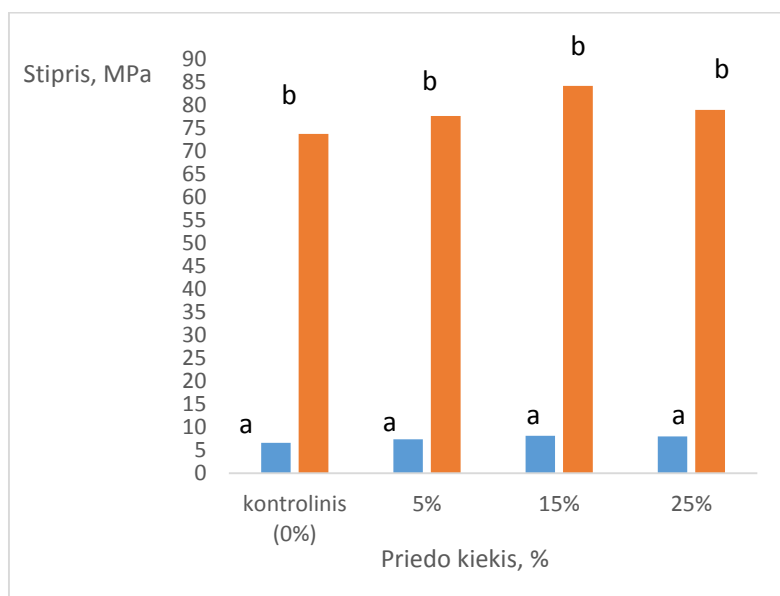


**1 pav.** Portlandcemenčio bandinių su 500 °C temperatūroje degto kaolino priedu stipriai lenkiant (*a*) ir gniuždant (*b*) po 28 parų kietėjimo.

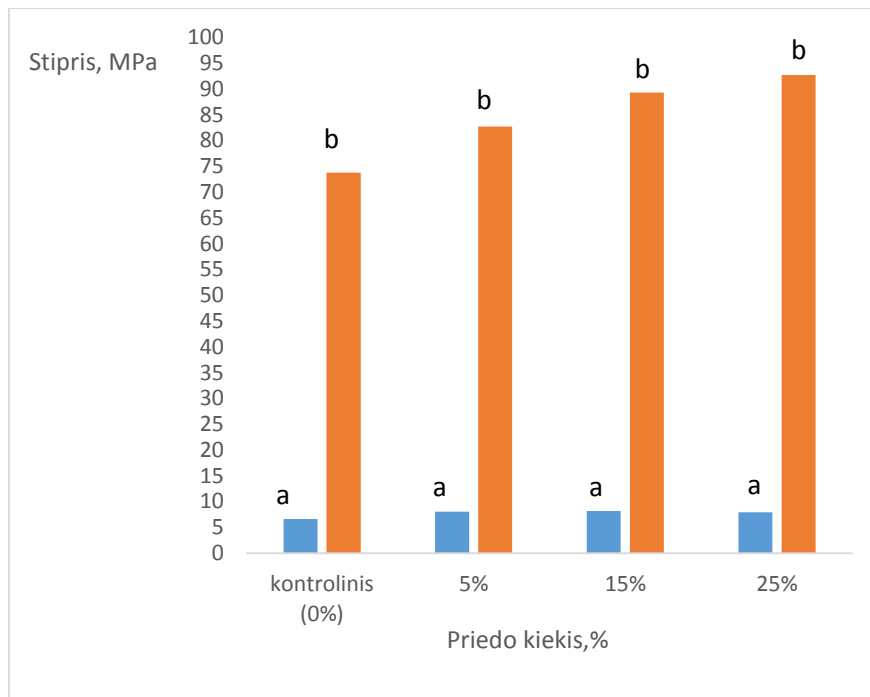




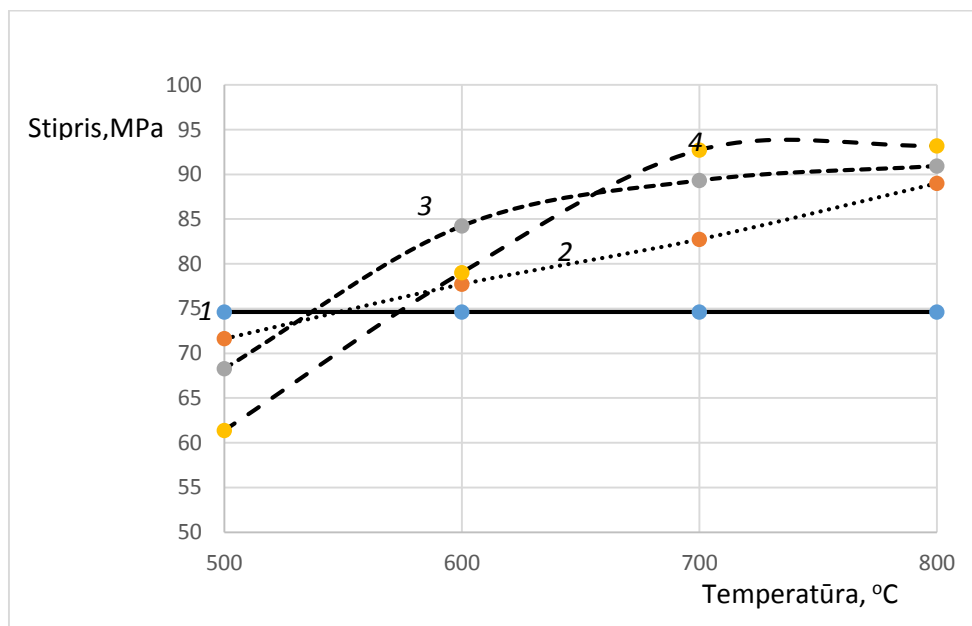
**2 pav.** Portlandcemenčio bandinių su 600 °C temperatūroje degto kaolino priedu stipriai lenkiant (*a*) ir gniuždant (*b*) po 28 parų kietėjimo.



**3 pav.** Portlandcemenčio bandinių su 700 °C temperatūroje degto kaolino priedu stipriai lenkiant (*a*) ir gniuždant (*b*) po 28 parų kietėjimo.



**4 pav.** Portlandcemenčio bandinių su 800 °C temperatūroje degto kaolino priedu stipriai lenkiant (*a*) ir gniuždant (*b*) po 28 parų kietėjimo.



**5 pav.** Portlandcemenčio bandinių stipriai gniuždant, kai skirtingose temperatūrose degto priedo kiekis, % : 1 – 0 ; 2 – 5; 3 – 15; 4 – 25 .

## Išvados

Nustatyta, kad visų tirtų portlandcemenčio bandinių su priedais stipriai gniuždant po 28 parų kietėjimo didesni už kontrolinių bandinių, kai priedas degtas aukštesnėje nei 600 °C temperatūroje.

Tačiau degant 500 °C, nepriklausomai nuo priedo kiekio, visų bandinių stipriai mažesni už kontrolinių bandinių stiprį.

Portlandcemenčio su priedu stipris gniuždant po 28 parų priklauso ne tik nuo priedo degimo temperatūros, tačiau ir nuo pridėto kiekio: iš visų tirtų bandinių stipriausiu pasižymėjo bandiniai su 25% 700 °C (90,9 MPa) ir 800 °C (93,2 MPa) temperatūrose degtu priedu.

Iš gautų tyrimo rezultatų matome, kad tikslingiausia 25% Portlandcemenčio dalį keisti priedu, kuris degamas 700 °C ir 800 °C temperatūroje. Atsižvelgus į tai kad degant 700°C ir 800°C, bandinių stiprio po 28 parų yra tik 2,5% (nuo 90,9 iki 93,2 Mpa), degimo temperatūra parenkama 700°C.

## 4. Technologinė dalis

### 4.1. Gamybos būdo parinkimas

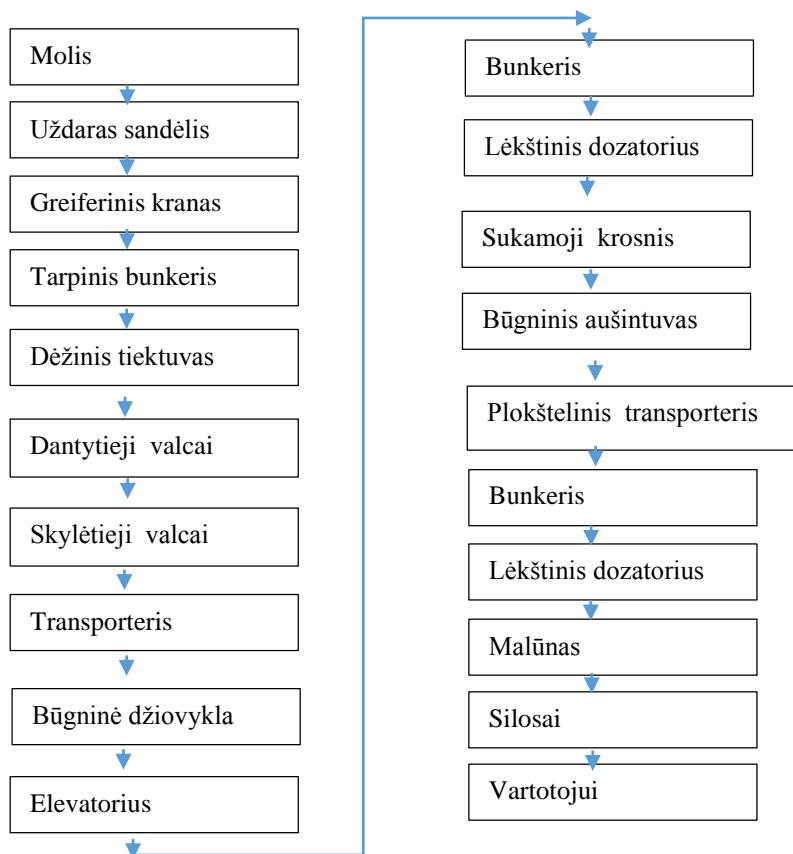
Išnagrinėjus visus galimus gamybos variantus pasirinkta pucolaninio priedo „kaolino“ gamybą. Pasirinktas variantas naudingas tuo, kad AB „Palemono keramika“ esančia jau neveikiančia linija. Iš dalies didžioji įrengimų dalis tinka gaminti degto kaolino priedą portlandcemenčiui. Šio gamybos būdo reikalavimus atitinka Palemone stovintis AB „Palemono keramika“ plastiniu būdu gaminamo keramzito cechas.

### 4.2. Technologinės schemos parinkimas, jos aprašymas

Iš platformų molis išverčiamas į uždarą sandėlį iš kurio greiferiniu kranu transportuojamas į dėžinį tiekuvą. Iš jo praeina pro dantytuosius ir skylėtuosius valcus. Susmulkintas ir granuliu formos kaolinitinis molis transportuojamas į būgninę džiovyklą, kur džiovinamos iš sukamųjų krosnių išmetamomis karštomis 230-280 °C temperatūros dujomis. Panaudotų dujų temperatūra – 50-100 °C. Džiovinimo trukmė - 30 min.

Paskui elevatoriais pakeliamos į bunkerius, iš jų lėkštiniais dozatoriais paduodamos į sukamąsias krosnis degti. Sukamųjų krosnies parametrai : našumas – 10 m<sup>3</sup>/val. Sukimosi greitis – 2,1 aps./min, polinkio kampas – 3,5.°

Išdegtas molis tiekiamas į būgninius aušintuvus, o atvėsintas patenka į bunkerius iš kurių dėžiniu dozatoriumi tiekiamas į malūną. Atskiros molio frakcijos transportuojamos pnemotransportu į jiems skirtus silosus, o iš jų parduodami vartotojui.



**6 pav.** Technologinė principinė schema

### 4.3. Žaliavų parinkimas, jų charakteristika, reikalavimai žaliavoms, kaolinui

Kaolino pagrindinė žaliava: kaolininis molis. Jį nupirksime iš įmonių, kurios užsiima plytų gamyba ar panašia veikla. Pagrindinis reikalavimas kaolinitiniame molyje, kad kaolinito nebūtų mažiau nei 95%.

### 4.4. Gamybos apimtys ir medžiagų balansas

#### Gamyklos darbo režimas :

Per metus kaolino granulių cechus dirbs visus metus. Per vieną mėnesį planuojama pagaminti 2500 m<sup>3</sup> kaolino. Per metus gaunasi 30 000 m<sup>3</sup>.

Dirbama 24 valandas per parą ir 7 dienas per savaitę.

#### 4.4 lentelė. Duomenys skaičiavimui

Bendras našumas m <sup>3</sup> /12 mėn.	30 000
Kaolino granulių sudėtis	%
Kaolinas	100
Nuostoliai atskirose gamybos stadijose	%
Kaolino granulių sandėliavimo skyriuje	0,5
Kaolino granulių degimo skyriuje	0,5
Kaolino granulių formavimo skyriuje	0,5
Žaliavų paruošimo skyriuje	0,5

#### Kaolino granulių sandėliavimo skyriaus

Realizuojama 30 000 m<sup>3</sup> kaolino granulių per metus. Sandėliuojant susidaro 0,5% nuostolių, todėl į sandėliavimo skyrių per metus patenka :

$$30\,000 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 30\,150 \text{ m}^3 / \text{metus}$$

**4.4.1 lentelė. Kaolino granulių sandėliavimo balansas**

Kaolino granulių sandėliavimo skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėn	parą	pamainą	valandą
Kaolino granulės	m <sup>3</sup>	30 150	2513	103	51,5	4,3

**Kaolino granulių degimo skyrius**

Kaolino granulių degimo skyriuje susidaro 0,5% medžiagų nuostolių. Per metus degimo skyriuje kaolino granulių reikia gauti :

$$30\,150 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 30\,301 \text{ m}^3/\text{metus}$$

**4.4.2 lentelė. Kaolino granulių degimo balansas**

Kaolino granulių degimo skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėn	parą	pamainą	valandą
Kaolino granulės	m <sup>3</sup>	30 301	2525	104	52	4,3

**Kaolino granulių formavimo skyrius**

Kaolino granulių formavimo skyriuje susidaro 0,5% medžiagų nuostolių. Per metus formavimo skyriuje kaolino granulių reikia gauti :

$$30\,301 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 30\,453 \text{ m}^3/\text{metus}$$

**4.4.3 lentelė. Kaolino granulių formavimo skyrius**

Kaolino granulių degimo skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėn	parą	pamainą	valandą
Kaolino granulės	m <sup>3</sup>	30 453	2538	104,3	52,1	4,3

### Kaolino granulių žaliavų paruošimo skyrius

Žaliavų paruošimo skyriuje susidaro 0,5% medžiagų nuostolių. Per metus paruošimo skyriuje reikia gauti :

$$30\,453 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 30\,606 \text{ m}^3/\text{metus}$$

#### 4.4.4 lentelė. Žaliavų paruošimo skyrius

Kaolino granulių degimo skyrius	Matavimo vienetai	Sąnaudos per				
		metus	mėn	parą	pamainą	valandą
Kaolino granulės	m <sup>3</sup>	30 606	2551	105	52,5	4,4

### 4.5. Įrenginių skaičiavimas ir parinkimas

**Rutulinis malūnas** (naujas įrenginys)

**Techninė charakteristika :**

*Našumas, t/h* 6,4;

*Elektros variklio galia, kW* 37;

*Būgno ilgis, m* 4,8;

*Masė, t* 4,8

Įrengimų skaičius :

$$n = \frac{2,5}{6,4 \cdot 0,8} = 0,48;$$

Priimu, kad n=1;

Įrengimo išnaudojimo koeficientas :

$$\eta = \frac{2,5}{6,4} = 0,4.$$

**Juostiniai transporteriai**

Juostiniai transporteriai naudojami birioms ir gabalinėmis medžiagoms transportuoti. Juostos judėjimo greitis priklauso nuo transportuojamos medžiagos tipo, juostos pločio.

Juostos plotis B apskaičiuojamas iš transporterio našumo formulės :

$$B = C \cdot (Q \cdot 1000 / K_a \cdot v \cdot \rho_t)^{0,5}, \text{ m};$$

čia: C – koeficientas, įvertinantis transporterio posvyrio kampą (kaolino granulėmis C=0,80);  $K_a$  – koeficientas, įvertinantis piltinės medžiagos byrėjimo kampą (0,32);

v – juostos judėjimo greitis, m/s (priimama v=3 m/s);  $\rho_t$  – transportuojamos medžiagos vidutinis tankis, t/m<sup>3</sup>.

$$B = 0,80 \cdot (4,968 \cdot 1000) / 0,32 \cdot 3 \cdot 1600)^{0,5} = 1,61 \text{ m};$$

Atstumas tarp ritinėlių parenkamas, atsižvelgiant į juostos plotį, tipą ir medžiagos masę bei gabalų matmenis. Atstumas tarp ritinėlių įkrovai lygus 1200 mm.

Juostinio transporterio reikalinga elektros variklio galia, kai medžiaga nubyra transporterio gale :

$$N = K \cdot (N_0 + N_L + N_n) / \eta, \text{ kW};$$

Čia :  $\eta$  – pavaros naudingumo koeficientas ( $\eta = 0,70$ ); K – koeficientas, įvertinantis transporterio ilgį (K=1,25);

Nepakrauto transporterio juostai judėti reikalinga galia :

$$N_0 = K_1 \cdot L_H \cdot w, \text{ kW};$$

Čia :  $K_1$  – koeficientas, parenkamas priklausomai nuo juostos pločio ( $K_1 = 0,018$ ); w – juostos judėjimo greitis, m/s;  $L_H$  – horizontalaus transporterio ilgis, m ( $L_H = 20\text{m}$ ).

$$N_0 = 0,018 \cdot 20 \cdot 1,5 = 0,54 \text{ kW};$$

Apskaičiuojama galia, reikalinga transportuoti reikalingam našumui horizontaliu  $L_H$  atstumu:

$$N_L = (Q \cdot L_H \cdot K_2) / 0,367, \text{ kW};$$

Čia :  $K_2$  – koeficientas, įvertinantis juostos pasipriešinimą judėjimui ( $K_2 = 0,06$ ).

$$N_L = (1,242 \cdot 20 \cdot 0,06) / 0,367 = 4 \text{ kW};$$

Apskaičiuojama galia, reikalinga žertuvo pasipriešinimui nugalėti :

$$N_n = 0,0075 \cdot Q \cdot B, \text{ kW};$$

$$N_n = 0,0075 \cdot 1,242 \cdot 1,6 = 0,015 \text{ kW};$$



$$N = 1,25 \cdot (0,54 + 4 + 0,015) / 0,70 = 8,1 \text{ kW}.$$

Paėmame indentišką transporterį tik trumpesnį

$L_H$  – horizontalaus transporterio ilgis, m ( $L_H = 10$ );

$$N_0 = 0,018 \cdot 10 \cdot 1,5 = 0,27 \text{ kW};$$

$$N_L = (1,242 \cdot 10 \cdot 0,06) \cdot 0,367 = 2 \text{ kW};$$

$$N_n = 0,0075 \cdot 1,242 \cdot 1,61 = 0,015 \text{ kW};$$

$$N = 1,25 \cdot (0,27 + 2 + 0,015) / 0,70 = 4 \text{ kW}$$

### **Bunkerių skaičiavimas**

Priimu tokius bunkerio matmenis :  $L = L_1 = L_2 = 3 \text{ m}$ ;  $h = 5 \text{ m}$ ;  $h_1 = 2 \text{ m}$ ;  $a = a_1 = a_2 = 0,75 \text{ m}$ ;

Bunkerio talpą  $V_0$  sudaro dviejų bunkerio dalių talpų suma :

$$V_0 = V_1 + V_2, \text{ m}^3 ;$$

Bunkerio talpą  $V_1$  sudaro jos ploto  $S$  ir aukščio  $h$  sandauga :

$$V_1 = L^2 \cdot h = 3^2 \cdot 5 = 45 \text{ m}^3 ;$$

Bet kokio nupjautinės piramidės formos bunkerio smaigalio tūriui  $V_2$  apskaičiuoti taikoma lygtis :

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot h_1 (S_1 + \sqrt{S_1 + S_2} + S_2), \text{ m}^3 ;$$

$$S_1 = L^2 = 3^2 = 9 \text{ m}^2 ;$$

$$S_2 = a^2 = 0,75^2 = 0,5625 \text{ m}^2 ;$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot 2 (9 + \sqrt{9 + 0,5625} + 0,5625) = 8,5 \text{ m}^3 ;$$

$$\text{Viso bunkerio talpa lygi : } V_0 = 45 + 8,5 = 53,5 \text{ m}^3 ;$$

Bunkerio užpildymo koeficientą priimu  $\eta = 0,9$  ;

$$\text{Bunkerio talpa apskaičiuojama taip : } V = V_0 \cdot \eta = 53,5 \cdot 0,9 = 48,2 \text{ m}^3 ;$$

### **Kaušinis elevatorius**

Kaušinio elevatoriaus našumas :

$$Q = 3,6 \cdot a \cdot v \cdot \psi \cdot \rho_t / (s \cdot 1000) \text{ t/h} ;$$

Čia :  $a$  - kaušo tūris  $\text{dm}^3$  ;

S – žingsnis tarp kaušų m ;

V – kaušų judėjimo greitis m/s (žaliavai – 0,4);

$\Psi$  – kaušų užpildymo koeficientas, parenkamas atsižvelgiant į transportuojamos medžiagos stambumą (žaliavai - 0,6);

$\rho_t$  – vidutinis tankis kg/m<sup>3</sup> (1800);

Apskaičiuojamas santykis a/s ;

$$a/s = Q \cdot 1000 / (3,6 \cdot v \cdot \Psi \cdot \rho_t)$$

$$a/s = 2,2 \cdot 1000 / (3,6 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2000) = 1,3 ;$$

Kaušinio elevatoriaus variklio galingumas apskaičiuojamas :

$$N = 1,2 \cdot Q \cdot H \cdot (1,15 + K_1 \cdot K_2 \cdot v) / 367 \cdot \eta \text{ kW ;}$$

Čia : H - kėlimo aukštis m ( 500 m) ;

$\eta$  – pavaros naudingumo koeficientas (0,85) ;

$K_1, K_2$  – koeficientai ;

$$N = 1,2 \cdot 2,2 \cdot 5 \cdot (1,15 + 0,8 \cdot 1,6 \cdot 0,4) / (367 \cdot 0,87) = 2$$

## **Pneumotransportas**

Skaičiuojant pneumotransportą, parenkami kaolino pneumotransporto įrenginiai ir kaolino transportui reikalingas oro kiekis ,bei vamzdžio vidinis skersmuo.Pneumo įrenginiai parenkami priklausomai nuo malūno našumo G.

Parinku kamerinį siurbį TA-28 :

*Našumas – 100 t/h;*

*Oro slėgis – 0,8 MPa;*

*Transportavimo atstumas – 500-1000 m*

*Išorinis kameros skersmuo – 1800 mm*

*Vamzdžio vidinis skersmuo – 250 mm*

Transportuojančio oro greitis  $W_0$ , m/s :

$$W_0 = \alpha \sqrt{\rho_m} + B \cdot L^2 = 12 \sqrt{1,43} + 0,0003 \cdot 500 = 21,84 \text{ m/s}$$

čia:  $\alpha$  – koeficientas, įvertinantis medžiagos dalelių dydį (kaolinui  $\alpha=12$ );

$\rho_m$  – kaolino tankis t/m<sup>3</sup>;

B – koeficientas, įvertinantis oro tankio kitimą transportavimo metu ( $3 \cdot 10^{-5}$ );

L - ekvivalentinis transportavimo atstumas, m.

Kaolinui transportuoti oro sąnaudos M, m<sup>3</sup>/s:

$$M = \frac{G}{3,6 \cdot \rho_0 \cdot \mu} = \frac{100}{3,6 \cdot 1 \cdot 45} = 0,62 \text{ m}^3/\text{s};$$

čia: G – pneumoįrenginio našumas, t/h;

$\rho_0$  - oro tankis kg/ m<sup>3</sup>;

$\mu$  – transportuojamo cemento koncentracija ore kg/kg (priimu 45)

Vamzdžio vidinis skersmuo  $d_v$ , m:

$$d_v = \sqrt{\frac{4M}{\pi \cdot W_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,31}{3,14 \cdot 21,84}} \approx 0,13 \text{ m}$$

## Būgninis aušintuvas

### Techninė charakteristika :

*Našumas, t/h 6 ;*

*n-aps/min 2,1 ;*

*elektros variklio galia, kW 12 ;*

### Gabaritiniai matmenys, m :

*Diametras m 1,85*

*Ilgis, m 22 ;*

*Masė, t 2*

$$\text{Įrengimų skaičius : } n = \frac{4,8}{6 \cdot 0,8} = 1;$$

Įrengimo išnaudojimo koeficientas :

$$\eta = \frac{4,8}{8} = 0,6$$

## 4.6.Sukamosios krosnies šiluminiai skaičiavimai

### Kuro degimo skaičiavimai

Kaolino išdegimui naudojamas kuras – gamtinės dujos.

#### 4.6.1 lentelė. Gamtinių dujų cheminė sudėtis

Suma, %	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
100	97,9	0,5	0,2	0,1	0,1	1,2

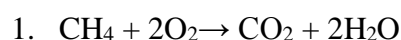
Perskaičiuojame kuro cheminę sudėtį, įvertinant jo drėgmę,  $w = 1\%$  :

$$\text{CH}_4 = \text{CH}_4 \frac{100 - \text{H}_2\text{O}}{100} = 97,9 \cdot \frac{100 - 1}{100} = 96,9 \%$$

#### 4.6.2 lentelė. Darbinio kuro sudėtis

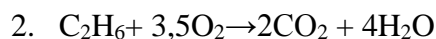
Suma, %	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
100	96,9	0,5	0,2	0,1	0,1	1,2	1

Skaičiavimai atliekami 100 nm<sup>3</sup> dujų naudojant degimo reakcijų stochiometrinius santykius :

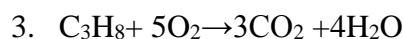


1 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> sudeginti reikia 2 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub>

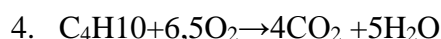
Jei CH<sub>4</sub> 97,9 m<sup>3</sup>, tai O<sub>2</sub> = 2 · 97,9 = 195,8 nm<sup>3</sup>



C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 0,5 m<sup>3</sup>, tai O<sub>2</sub> = 3,5 · 0,5 = 1,75 nm<sup>3</sup>



C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 0,2 m<sup>3</sup>, tai O<sub>2</sub> = 5 · 0,2 = 1 nm<sup>3</sup>



C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 0,1 m<sup>3</sup>, tai O<sub>2</sub> = 6,5 · 0,1 = 0,65 nm<sup>3</sup>

5. CO<sub>2</sub> ir N<sub>2</sub> lieka nepakite, tai

N<sub>2</sub> 1,2 nm<sup>3</sup>; CO<sub>2</sub> 0,1 nm<sup>3</sup>

Kai  $\alpha = 1,0$  viso O<sub>2</sub> = 195,8 + 1,75 + 1 + 0,65 = 199,2 nm<sup>3</sup>

Su 199,2 nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> pateks  $(199,2 \cdot 79) / 21 = 749,4$  nm<sup>3</sup> N<sub>2</sub>

Viso degime dalyvaus 199,2 + 749,4 = 948,6 nm<sup>3</sup> oro

1. Sudeginus CH<sub>4</sub> 97,9 nm<sup>3</sup> gausime 97,9 nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> ir 195,8 nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O garų

2. Sudeginus C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 0,5 nm<sup>3</sup> gausime 1,0 nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> ir 1,5 nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O garų

3. Sudeginus C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 0,2 nm<sup>3</sup> gausime 0,6 nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> ir 0,8 nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O garų

4. Sudeginus C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 0,1 nm<sup>3</sup> gausime 0,16 nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> ir 0,5 nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O garų

5. Sudeginus 100 nm<sup>3</sup> dujų susidaro šis N<sub>2</sub> dujų kiekis :

1,2 + 749,4 = 750,6 nm<sup>3</sup> N<sub>2</sub>

$$\text{CO}_2 = 97,9 + 1 + 0,6 + 0,16 + 0,1 = 99,76 \text{ m}^3$$

$$\text{H}_2\text{O} = 195,8 + 1,5 + 0,8 + 0,5 = 198,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Viso dujų} : 99,76 + 198,6 + 750,6 = 1048,96 \text{ m}^3$$

Kai  $\alpha = 1,2$  degime dalyvaus

$$199,2 \cdot 1,2 = 239,04 \text{ m}^3 (\text{O}_2)$$

$$749,4 \cdot 1,2 = 899,28 \text{ m}^3 (\text{N}_2)$$

$$\text{Viso} : 239,04 + 899,28 = 1138,32 \text{ m}^3 \text{ oro}$$

$$\text{O}_2 \text{ perteklius} : 239,04 - 199,2 = 39,84 \text{ m}^3$$

$$\text{N}_2 : 899,28 + 1,2 = 900,48 \text{ m}^3$$

$$\text{Viso} : 99,76 + 198,6 + 39,84 + 900,48 = 1238,68 \text{ m}^3$$

Dalyvauja degime

Cheminių medžiagų procentinės dalies sandauga su mase

$$\text{CH}_4 = 97,9 \cdot 16 = 1566,4 \text{ m}^3$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ m}^3$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 = 0,2 \cdot 44 = 8,8 \text{ m}^3$$

$$\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1 \cdot 58 = 5,8 \text{ m}^3$$

$$199,25 \cdot 32 = 6376 \text{ m}^3$$

$$749,4 \cdot 28 = 20983,2 \text{ m}^3$$

$$\text{N}_2 = 1,2 \cdot 28 = 33,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Viso} : 28988,8 \text{ m}^3$$

Degimo produktai :

$$\text{CO}_2 = 99,76 \cdot 44 = 4389,44 \text{ m}^3$$

$$\text{H}_2\text{O} = 198,6 \cdot 18 = 3574,8 \text{ m}^3$$

$$\text{N}_2 = 750,6 \cdot 28 = 21016,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Viso} : 28981,04 \text{ m}^3$$

$$28988,8 - 28981,04 = 7,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Neatitiktis} : 7,8 \text{ m}^3$$

Pagal diagram surandame  $h_{\text{bendra}} = 1280 \text{ kJ/ m}^3$

$$Q_{\text{ž}} = 35590 \text{ kJ/ m}^3$$

$$h_{\text{bendra}} = \eta \cdot Q_{\text{ž}} \quad \eta = 0,75$$

$h_{\text{bendra}}$  (duomenys iš Levcenkos knygos, 35 psl diagramos)

$$t_{\text{degimo}} = 1600 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_{\text{bendra}} = 0,75 \cdot 1280 = 960 \text{ kJ/m}^3$$

### Degimo balansas

Krosnies matmenys 2 x 20 m. Našumas sukamosios krosnies 10 m<sup>3</sup>/h  
Apskaičiuojame kuro degimo šilumą su pašildytu oru :

$$Q_{\text{deg}} = Q_n \cdot B = 35590 \text{ B kW}$$

B – kuro sunaudojimas m<sup>3</sup>/sek

Q<sub>n</sub> – kuro degimo šiluma.

$$Q_{\text{oro}} = L_{\alpha} \cdot h_{\text{oro}} \cdot B$$

$$L_{\alpha} = 1,2 \cdot L_0$$

$$L_0 = 9,64 \text{ nm}^3 / \text{nm}^3$$

$$L_{\alpha} = 1,2 \cdot 9,64 = 11,57 \text{ nm}^3 / \text{nm}^3$$

$$h_{\text{oro}} = 535,9 \text{ kJ/m}^3 \text{ [13, 320psl, lent.]}$$

$$Q_{\text{oro}} = 11,57 \cdot 535,9 = 6200 \text{ B kW}$$

Sunaudojama šiluma medžiagai šildyti :

$$Q_m = R \cdot c_k \cdot t_k - R_c \cdot c_n \cdot t_n$$

t<sub>k</sub> = 700 °C – temperatūra kaolino išeinančio iš krosnies ;

$$C_k = 1,1 \text{ kJ/kg;}$$

$$t_n = 15^{\circ}\text{C}$$

c<sub>n</sub> = 0,8 šiluma sauso kaolino kJ/kg;

Krosnies gamybos apimtis per vieną sekundę

$$R_c = \frac{100}{100-1} = 1,01 \text{ kg/s}$$

Krosnies gamybos apimtis per sekundę

$$R = 0,33 \text{ kg/sek}$$

$$Q_m = 314,6 \text{ kW}$$

$$w = R_c \cdot R \cdot (1/100-1) = 1,01 \cdot 0,33 \cdot (1/100-1) = 0,003 \text{ kg/s}$$

$$Q_{\text{išg.}} = (2500 - 4,2t_n) \cdot w = (2500 - 4,2 \cdot 15) \cdot 0,003 = 3,7 \text{ kW}$$

$$q_x = G^T_c(4,25 \cdot Al_2O_3 + 29,64 \cdot CaO + 17 \cdot MgO) = 285 \text{ kJ/kg}$$

$$G^T_c = R_c/R = 3,06 \text{ kg/kg}$$

$$q_x = 3,06(4,25 \cdot 1,55 + 29,64 \cdot 10,45 + 17 \cdot 1,45) - 285 = 758 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{ch} = q_x \cdot R = 758 \cdot 3,06 = 2320 \text{ kW}$$

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot R_c \cdot (0,4 \cdot CaO + 0,553 \cdot MgO) = 0,01 \cdot 1,01 \cdot (0,4 \cdot 10,45 + 0,553 \cdot 1,45) = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{H_2O} = 0,0124 \cdot R_c \cdot (\text{dregme} - CO_2) = 0,0124 \cdot 1,01 \cdot (1 - 0,98) = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$CO_2 = 0,786 \cdot CaO + 1,09 \cdot MgO = 0,786 \cdot 10,45 + 1,09 \cdot 1,45 = 9,8\%$$

$$G'_{isn} = R_c \cdot \frac{\alpha_{isn}}{100} \left(1 - \frac{dregme}{100}\right) \cdot \beta = 5 \text{ kg/s}$$

$$\alpha_{isn} = 10\%$$

$$\beta = 50\%$$

$$G_{isn} = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ kg/s}$$

$$Q_{isn} = G_{isn} \cdot c_{isn} \cdot t_{duju} - G'_{isn} \cdot c_{isn} \cdot t_{oro} = 5 \cdot 1,06 \cdot 185 - 4 \cdot 1,06 \cdot 50 = 768,5 \text{ kW}$$

$$Q'_{isn} = G'_{isn} \cdot (23,78 \cdot Al_2O_3 + 29,64 \cdot CaO + 17 \cdot MgO) = 371,3 \text{ kW}$$

$$Q_{isn}^{is} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot Q_{dis} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 17,9 = 0,9 \text{ kW}$$

$$Q_{isn}^{bendras} = 768,5 + 371,3 + 0,9 = 1141 \text{ kW}$$

$$Q_{dumu} = V_{dumu} \cdot i_{dumu} = 12,5 \cdot 275,5 = 3440 \text{ B kW}$$

$$Q_{nenumatyta} = 0,02 \cdot Q_n \cdot B = 0,02 \cdot 35590 \text{ B} = 712 \text{ B kW}$$

Sudarome šiluminį balansą iš kurio apskaičiuojame kuro sąnaudas

$$Q_{ieinat} = 35590 + 6200 = 41790 \text{ B kW}$$

$$Q_{iseinant} = 4 + 2320 + 1141 + 3440 \text{ B} + 710 \text{ B} = 3465 + 4150 \text{ B kW}$$

$$B = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.6.3 lentelė. Šilumos balanso lentelė

	kW	kJ/kg	%
Gaunama šiluma			
1. degimo šiluma $Q_{deg} = Q_n B$	3559	274	85
2. Oro šiluma $Q_{oro} = L_{a,oro} B$	620	48	15
Viso:	4179	322	100
Sunaudojama šiluma			

1. Sušildymas medžiagos $Q_m=R \cdot c_k \cdot t_k - R_c \cdot c_n \cdot t_n$	314,6	24,2	7,5
2. Išgarinimo šiluma $Q_{isg}$	3,7	0,3	0,1
3. $Q_{ch}$	2320	178,5	55
4. Disociacijos šiluma $Q_{dis}$	17,9	1,4	0,4
5. Išnešama šiluma $Q_{isn}$	1140	87	27
6. Išnešama šiluma su dūmais $Q_{dūmu}$	344,4	26,5	8
7. Nenumatyta šiluma $Q_{nenumatyta}$	71,2	5,5	2
Neatitikimas	-32,8	-1,4	0,4
Viso :	4179	322	100

Šilumos balanso neatitikimas sudaro 0,4 %, taigi šilumos balanso dedamoji vertė apskaičiuota teisingai leistinų paklaidų ribose.

## 5. Techninis ekonominis pagrindimas

### 5.1 Pradinė padėtis

AB „Palemono keramika“ gamina statybinės keramikos gaminius ir pucolaninį priedą – kaoliną. Gamyboje naudojamas Neveronių ir Karčiupio karjero molis. Taip pat kaip priedai reikalingi smėlis ir pjuvenos. Bus kuriama įmonė, kuri naudosis AB „Palemono keramika“ kai kuriais pastatais ir įrengimais. Įmonė dirbs visus metus kadangi nėra daugiau įmonių gaminančių kaolino granules.

**Technologinių įrengimų rekonstrukcija ir atnaujinimas** – bus perkami nauji įrengimai, dalis gamybos linijos bus kuriama nauja dalis paliekama tokia kokia yra.

**Produkcija** – bus gaminama kaolino granulės, kurios bus išskaidytos frakcijomis.

### 5.2. Statybos rajono (miesto) charakteristika bei pagrindimas

AB „Palemono keramika“ įsikūrusi Palemone Kauno miesto pietrytinėje. Įmonė turi labai gerą susisiekimą geležinkeliu, šiaurinė jos teritorijos dalis ribojasi su Palemono geležinkelio



krovinių stoties teritorija. Vietovė yra kur įmonė, yra prie automagistralės ir į vietovę atvesta geležinkelio atšaka. Tai strategiškai geroje vietoje, todėl pigus žaliavų pristatymas. Lengva įmonę pasiekti ir darbuotojams, gyvenantiems kitose Kauno dalyse.

AB „Palemono keramika“ gamyklos teritorija užima 112912 m<sup>2</sup> plotą. Užstatytas plotas užima 31379 m<sup>2</sup>. Išnaudojamas plotas sudaro tik ~ 28% nuo bendro gamyklos ploto. Taipat visi keliai išasfaltuoti cecho teritorijoje.

### **5.3 Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas**

AB „Palemono keramika“ plytų gamybos cecho rekonstrukcija vykdoma siekiant paruošti gamybos linijas kokybiškai pagaminti kaolino granules.

Taigi rekonstrukcijos metu kaolino gamybos ceche žaliavų paruošimo skyriuje montuojami įrengimai šios medžiagos laikymui, transportavimui bei klasifikavimui.

Planuojama metinė gamybinė apimtis 30 000 m<sup>3</sup> kaolino granuliu. Įmonėje naudojamas buitinis ir techninis vanduo. Techninis tiekiamas iš Kauno marių, prieš tai išvalant filtruose. Vykdoma rekonstrukcija nepareikalau naujų darbo vietų sukūrimo. Naujus įrengimus aptarnaus jau dirbantis personalas.

## **6. Darbo sauga ir sveikata**

### **6.1 Projektuojamo objekto charakteristika**

UAB „Palemono keramika“ yra esanti šiaurės rytiniame nuo Kauno dalyje. Rekonstruojame gamybiniame ceche numatoma gaminti 30 000 t/metus kaoliną. Gamyboje bus naudojama pagrindinė žaliava: kaolinitinis molis.

Įmonėje numatyta darbuotojų saugos ir sveikatos programa. Siekiant apsaugoti gyvenamąją aplinką ir žmonių sveikatą nuo taršos, įmonė vykdo sanitarinės aplinkos zonos (SAZ) nustatytas sąlygas. Išmetamos į aplinką taršos rūšis – fizikinė ir cheminė tarša. Įmonė priskiriama IV sanitarinei klasei, todėl apsaugos zona turi būti ne mažesnė kaip 100 metrų. Rekonstruojami UAB „Palemono keramika“ gamybinis cechas ir jų patalpos.

## 6.2 Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų paskirtis yra nustatyti bendrąją profesinės rizikos vertinimo tvarką įmonėse, įstaigose, organizacijose ar kitose organizacinėse struktūrose (toliau – įmonė).

Profesinės rizikos (toliau – rizika) vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemones, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta.

Rizikos vertinimas atliekamas visose darbo vietose (esančiose statinyje ar lauke, nuolatinėse, laikinose, mobiliose, laikinose kitose įmonėse) ar kitose vietose, kuriose darbuotojas gali būti atlikdamas darbą arba vykdydamas darbdavio ar jo įgaliotų asmenų pavedimus. Atliekant rizikos vertinimą, darbdavys užtikrina įprastinę darbo ar technologinio proceso eigą, darbo priemonių naudojimą jų gamintojo nurodytomis sąlygomis. Vertinant riziką, atsižvelgiama į visų asmenų, esančių ar galinčių būti įmonėje, jos padaliniuose ar mobiliuose objektuose: nuolat ir laikinai dirbančių, atliekančių praktiką, komandiruočių asmenų, rangovų, subrangovų, trečiųjų asmenų bei lankytojų, veiklą.

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas vadovaujantis Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro, Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2012 m. spalio 25 d. įsakymu Nr. A1-457/V-961. PROFESINĖS RIZIKOS VERTINIMO NUOSTATAIS.

**1 lentelė.** Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas

Rizikos veiksniai, keliantys pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
<b>Cheminiai veiksniai</b>					
Dulkės	Žaliavų paruošimo baras	3 mg/m <sup>3</sup>	IPRD – 10 mg/m <sup>3</sup>	8 valandos	Naudojami ciklonai, rankoviniai filtrai, respiratoriai

Sieros dioksidas	Degimo baras	-	IPRD – 5 mg/m <sup>3</sup>	Krosnies remonto atveju	Būtina akių, kvėpavimo takų, odos. Apsauginės pirštinės, apsauginiai akiniai bei nuo karščio atspari apranga.
<b>Fiziniai veiksniai</b>					
Judančios įrengimų dalys	Technologiniai įrengimai			8 valandos	Aptverti įrengimai, įspėjamieji ženklai.
<b>Ergonominiai veiksniai</b>					
Fizinis darbas	Visose gamybinėse patalpose	-		8 valandos	Naujų įrenginių diegimas, palengvinant fizinį darbą
<b>Fizikiniai veiksniai</b>					
Triukšmas	Žaliavų paruošimas	70 dBA	87 dBA	8 valandos	Asmeninės žmogaus apsaugos priemonės
Elektra	Elektros įrengimai	220/380 V	2 V 0,3 mA	8 valandos	Įnulinimas, įžeminimas, asmeninės apsaugos priemonės
Šiluminis poveikis	Krosnis Džiovykla	45 °C 35 °C	32 °C	Remonto atveju	Karštų paviršių šilumos laidumo sumažinimas, juos izoliuojant mažai laidžiomis medžiagomis. Asmeninės pasaugos priemonės

2 lentelėje nurodomi gaisrinio pavojingumo rodikliai bei jų kiekiai.

**2 lentelė.** Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama m <sup>3</sup> per pamainą	Pliūpsio temperatūra, °C	Sprogimo ribos, %		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			Apatinė mg/m <sup>3</sup>	Viršutinė mg/m <sup>3</sup>		

Gamtinės dujos	240	188	5	15	537	>450
----------------	-----	-----	---	----	-----	------

Įvertinę medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius, nustatome patalpų bei išorinių įrenginių kategoriją pagal sprogimo ir gaisro pavojų. Duomenys pateikti 3 lentelėje.

**3 lentelė.** Pavojingų vietų zonos nustatymas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymiai, nuliamentys kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
<b>Įrengimai</b>		
Džiovykla	Jei įrengimuose yra (laikomos, perdirbamos ar transportuojamos) karštos, įkaitusios ar išlydytos nedegios medžiagos, kurias apdorojant išspinduliuojama šiluma, išskiriamos kibirkštys ar liepsna, taip pat, degios dujos, skysčiai ir kietos medžiagos, kurios naudojamos kaip kuras arba sunaikinamos deginant.	D <sub>g</sub>
Krosnis		
<b>Patalpos</b>		
Žaliavų paruošimas.Sandėlys	Nedegios medžiagos	E <sub>g</sub>
Džiovinimas. Galimi gedimai	Jeif įrengimuose yra (laikomos, perdirbamos ar transportuojamos) karštos, įkaitusios ar išlydytos nedegios medžiagos, kurias apdorojant išspinduliuojama šiluma, išskiriamos kibirkštys ar liepsna, taip pat, degios dujos, skysčiai ir kietos medžiagos, kurios naudojamos kaip kuras arba sunaikinamos deginant.	D <sub>g</sub>
<b>Pastatai</b>		
Gamybinis cechas	Pastatas priskiriamas D <sub>g</sub> kategorijai, nes patalpų priskiriamų D <sub>g</sub> kategorijai, bendrasis plotas viršija 25 % pastato ploto.	D <sub>g</sub>

### 6.3 Saugi gamyba

Įmonėje svarbu užtikrinti saugias darbo sąlygas, todėl darbininkai privalo žinoti saugaus darbo taisykles ir jų laikytis. Įvadinį instruktavimą turi praveisti gamyklos darbo saugos specialistas, o pirminį – meistras darbo vietoje. Specialieji instruktavimai turi būti atliekami ne mažiau kaip 2 kartus per metus ir kiekvieną kartą kai pastatomas naujas įrengimas.

Apsaugos priemonės bei saugaus darbo taisyklių laikymasis sumažina nelaimingų atsitikimų darbe skaičių, profesinius susirgimus ir traumas. Todėl darbininkai privalo dėvėti tvarkingus darbo drabužius, avėti tvarkingus apavus, naudoti asmenines apsaugos priemones, naudoti tvarkingus įrankius bei naudoti suspaustą orą drabužiams, įrengimams ir detalėms valyti.

Darbuotojai privalo būti susipažinę su elementariais žymėjimais, kaip elgtis, kai įvyksta galimas elektros nutekėjimas, elektrosaugos reikalavimais, juos vykdyti, būti dėmesingiems

darbo metu ir netrukdyti kitiems. Taip pat, darbuotojams draudžiama palikti veikiančius įrenginius be priežiūros, į juos remtis, keisti jų dalis, sėdėti ant veikiančių įrenginių, remontuoti įrengimus jų nesustabdžius, vaikščioti ar stovėti po keltu ar judančiu kroviniu, lipti iš judančių transporto įrenginių, atlikti krovimo darbus transporto priemonei visiškai nesustojus.

Elektros įrenginių eksploatavimo patalpos pagal elektros srovės pavojingumą skiriamos į tris pavojingumo klases :

- labai pavojinga patalpa;
- pavojinga patalpa;
- normali (nepavojinga) patalpa.

Kadangi, patalpos yra sausos ir nėra pavojingų veiksnių, todėl gamybinis cechas priskiriamas prie normalių (nepavojingų) patalpų.

Darbus elektros įrenginiuose bei jų remontą gali vykdyti tik tie asmenys, kurie turi tinkamą kvalifikaciją ir yra apmokyti. Aukštesnė nei 2 V įtampa ir 0,3 mA srovė žmogui gali būti mirtina. Visi elektros įrenginiai, kurių įtampa yra iki 1000 V – įnulinami. Apsauginis įžeminimas taikomas visiems aukštesnės kaip 1000 V įtampos elektros įrenginiams. Prieš įjungiant tokius įrenginius, būtina patikrinti ar jie įnulinai ar įžeminti kokybiškai. Draudžiama liestis prie patalpoje ar lauke esančių neizoliuotų elektros laidų ar dalių, kuriomis teka srovė. Pastebėjus pažeistą izoliaciją būtina tuoj pat pranešti darbų vadovui.

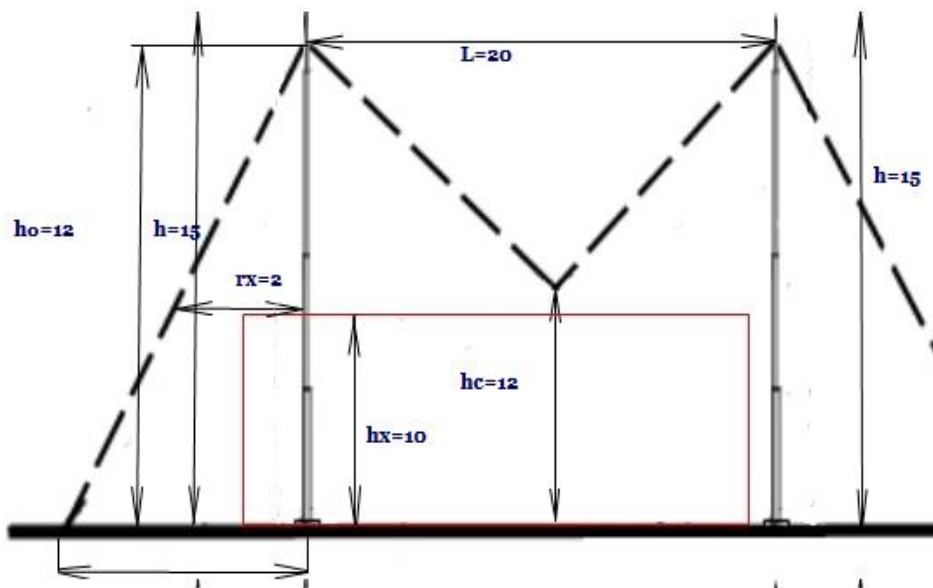
Eksploatuojamų elektros variklių korpusams įnulinai, elektros laidai bus tiesiami po grindimis vamzdžiuose. Visa naudojama elektros įranga bus tvarkinga, įtampos jungikliai bus įrengiami sausoje patalpoje, taip pat nebus remontuojami iš tinklo neišjungti elektros įrenginiai.

Išorinė statinių apsauga nuo žaibo yra privaloma, todėl yra įrengiami žaibolaidžiai. Žaibolaidis – įrenginys, kurį sudaro žaibo ėmiklis, įžeminimo laidininkas, įžemintuvas, kurio pagrindinė dalis yra įžemiklis, skirti statinio apsaugai nuo tiesioginio žaibo poveikio. [25] Žaibolaidžio apsaugos zona – erdvė aplink žaibolaidį, kurioje yra maža tiesioginio žaibo poveikio tikimybė ir užtikrinamas pasirinktas apsaugos patikimumas. Yra parenkamas strypinis žaibolaidis, kurio įžeminimo įrenginio varža ne didesnė kaip 10 – 40 Ω. Strypinio žaibolaidžio apsaugos zona yra maždaug kūgio, kurio viršūnės kampas 45°, formos.

**6.3 lentelė.** Žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimo duomenys, kai žaibolaidis 15 m aukštyje.

Apsaugos patikimumas	Žaibolaidžio aukštis, h,m	Kūgio aukštis ho, m	Kūgio spindulys ro, m
----------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------

0,97	15	12	12
------	----	----	----



Čia :  $r_x$  – apsaugos patikimumo žaibolaidžio zonos spindulys, m ;  $r_0$  – kūgio spindulys ties žemės lygiu, m ;  $h_0$  – kūgio aukštis, m ;  $h_x$  – apsaugos patikimumo zonos aukštis, m.

$$r_x = \frac{12 \times (12 - 10)}{12} = 2m;$$

## 6.4 Darbo higiena

Didžiausias dėmesys skiriamas apsaugai nuo triukšmo, kadangi tai yra pagrindinis kenksmingas gamybinis veiksnys. Triukšmą sukelia įmonėje veikiantys įrenginiai, todėl jis priskiriamas prie mechaninio pobūdžio triukšmo. Triukšmo poveikis žmogaus organizmui pasireiškia po ilgesnio laiko tarpo.

Triukšmas yra priskiriamas fizikinei taršai. Jis gali pakenkti tiek fiziniam, tiek protiniam žmogaus darbui ir sukelti laikiną arba pastovų kurtumą. Vertinant įrenginių keliamą triukšmą reikia vadovautis *Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais*, kuriuose nurodomos kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio ( $L_{EX,8h}$ ) tokios norminės vertės:

- ribinė ekspozicijos vertė  $L_{EX,8h} = 87$  dBA;
- viršutinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti  $L_{EX,8h} = 85$  dBA;
- apatinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti  $L_{EX,8h} = 80$  dBA.

Įmonėje didžiausią triukšmą kelia vakuumpresas. Saugos instrukcijoje būtina numatyti, kad įrenginys neviršytų leistinos triukšmo normos darbo vietoje, t. y. 85 dBA:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq} + 10 \lg \frac{T_x}{T_p}; \quad (6.1)$$

čia:  $L_{Aeq}$  – ekvivalentinio garso lygio vertė per laikotarpį  $T_x$ , dBA;  $T_x$  – pamainos laikas, kai dirbama tokio lygio triukšme, min;  $T_p$  – bendroji darbo pamainos trukmė, min ( $T_p = 8$  val.).

$$L_{EX,sh} = 70 + 10 \lg \frac{480}{480} = 70 \text{ dBA};$$

Lietuvos higienos norma HN 98:2014 sena higienos norma "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Nustato natūralaus ir dirbtinio apšvietimo apšvietos mažiausias ribines vertes darbo vietose bei bendruosius apšvietos matavimo reikalavimus, nustatytus siekiant apsaugoti darbuotojų sveikatą ir užtikrinti saugą.

Darbo patalpų šiluminės aplinkos parametrai yra tokie: oro temperatūra, oro santykinis drėgnumas, oro judėjimo greitis ir šiluminio spinduliavimo intensyvumas. Šiluminio komforto aplinkos parametrai nustatomi visai darbo zonai. Šiluminės aplinkos parametrų matavimai turi būti atliekami vieną dieną darbo pamainos pradžioje, viduryje ir pabaigoje šaltuoju ir (arba) šiltuoju metų laikotarpiu.

Oro temperatūra, oro santykinis drėgnumas ir oro judėjimo greitis matuojami: darbuotojui sėdint 1,1 m, stovint 1,7 m aukštyje nuo grindų ar darbo aikštelės.

Nustatant oro temperatūros ir oro judėjimo greičio skirtumus pagal darbo zonos aukštį, matavimai turi būti atlikti 0,1 m, 1,1 m ir 1,7 m aukštyje nuo grindų ar darbo aikštelės.

Šiluminės spinduliuotės intensyvumo matavimai turi būti atliekami nuolatinėse ir nenuolatinėse darbo vietose nuo kiekvieno šiluminės spinduliuotės šaltinio didžiausio spinduliavimo kryptimi 0,5 m, 1,1 m ir 1,7 m aukštyje nuo grindų ar darbo aikštelės.

Jeigu darbo aplinkoje yra lokalinių šilumos, šalčio ir/arba drėgmės išsiskyrimo šaltinių (karštį arba šaltį skleidžiantys įrenginiai, išorinių atitvarų angos – langai, vartai, durys, neuždengtos technologinės vonios ir kt.), šiluminės aplinkos parametrai turi būti matuojami visose darbo vietose, esančiose arčiausiai ir toliausiai nuo šilumos, šalčio bei drėgmės poveikio.

Patalpose, kuriose yra daug darbo vietų (be vietinių šilumos, šalčio ar drėgmės šaltinių), šiluminės aplinkos parametrų matavimo taškai vienodais atstumais išdėstomi po visą patalpą.

Mūsų patalpos plotas daugiau kaip 400 m<sup>2</sup> – matavimo taškų skaičius nustatomas pagal atstumą tarp jų, tačiau neturi būti didesnis kaip 10 m.

Regos darbų tikslumas – apibūdinamas mažiausio matomo objekto dydžiu. Išskiriamos 8 regos darbų kategorijos: I – VIII kategorijos. Gamybinės patalpos priskiriamos IV kategorijai – kai

atliekami vidutiniškai tikslūs regos darbai (mažiausio matomo objekto dydis yra nuo 0,5 mm iki 1,00 mm).

Patalpose, kuriose atliekami vidutiniškai tikslūs regos darbai apšvietos ribinės vertės yra 300 – 500 – 750 lx, todėl parenkama norminė apšvieta  $E = 300 \text{ lx}$ .

Vadovaujantis higienos norma HN 69:2003 „ŠILUMINIS KOMFORTAS IR PAKANKAMA ŠILUMINĖ APLINKA DARBO PATALPOSE. PARAMETRŲ NORMINĖS VERTĖS IR MATAVIMO REIKALAVIMAI“ yra reglamentuojamos darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės .

**5 lentelė.** Šiluminio komforto norminės vertės

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s
Šaltasis	Vidutinio sunkumo – IIb	17 - 19	40 - 60	0,2
Šiltasis	Vidutinio sunkumo – IIb	20 - 22	40 - 60	0,3

**6 lentelė.** Pakankamos šiluminės aplinkos norminės vertės

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s
Šaltasis	Vidutinio sunkumo – IIb	15 – 21 °C (nuolatinėse darbo vietose); 13 - 23 °C (nenuolatinėse darbo vietose)	75	0,4
Šiltasis	Vidutinio sunkumo – IIb	16 – 27 °C (nuolatinėse darbo vietose); 15 – 29 °C (nenuolatinėse darbo vietose)	65	0,2 – 0,5

Gamybinėse patalpose nerūkantieji turi būti apsaugoti nuo tabako dūmų . Prie įėjimo į gamybinės patalpas turi būti pakabinti ženklai „Rūkyti draudžiam“, o rūkyti galima tik tam skirtoje rūkymo patalpoje. Taip pat, gamybinėse patalpose turi būti vaistinė, kad įvykus nelaimingam atsitikimui būtų galima suteikti pirmąją pagalbą. Vidinėje vaistinėje durelių pusėje bus medikamentų sąrašas ir nurodymai, kokie vaistai kokiais tarumais yra skirti. Vaistinėje turi būti sterili vata, 3 % jodo tirpalas, 2 % boro rūgšties tirpalas, 2 % acto rūgšties tirpalas, amoniakas, 3 % sodos tirpalas, timpa. Darbuotojai dirbantys padidinto triukšmo zonoje, privalės naudoti



asmenines apsaugos priemonės nuo triukšmo. Ausinių dėvėjimas keli kartus sumažina įrenginių keliamą triukšmą, taip pat darbuotojai kartą per mėnesį privalo pasitikrinti sveikatos būklę.

## 6.5 Gaisrinė sauga

Pagal naujausius gaisrinės saugos reikalavimus turi atitikti įmonės pastatų konstrukcijos atitinka II atsparumo ugniai laipsnį.

Gaisras gali kilti dėl priešgaisrinės apsaugos taisyklių pažeidimo bei netinkamo elektros įrenginių eksplotavimo. Aplink įmonę yra patogus privažiavimas gaisrinėms mašinoms. Pastato durys atsidaro į lauką. Ventiliacijos sistema palengvina ugnies išplitimą, todėl yra įrengta papildoma apsauginė sistema, kuri gaisro metu išjungia ventiliaciją ir uždaro ortakius.

Iš kiekvieno pastato aukšto turi būti ne mažiau kaip du evakuaciniai išėjimai. Koridoriuose, laiptinėse ir ant evakuacijos keliuose esančių durų turi būti evakuacijos kryptį nurodantys ženklai, kurių bent vienas turi būti gerai matomas iš bet kurio evakuacijos kelio taško. Evakuacijos keliai ir išėjimai turi būti neužkrauti, parengti žmonėms evakuoti. [21].

Kiekviename įmonės ceche ir sandėlyje bus paruoštos objektų ir cechų priešgaisrinės instrukcijos, taip pat bendros objekto priešgaisrinės instrukcijos, kuriose numatytos priešgaisrinės apsaugos priemonės visai įmonei. Bus atliekami dveji priešgaisriniai instruktavimai: įvadiniai ir darbo vietoje. Padalinio vadovas privalės instrukuoti darbininkus ir tvarkyti apskaitą.

Įmonėje turi būti užtikrinta, kad gaisros gesinimo priemonės būtų tvarkingos ir parengtos naudoti. Įmonėje gali kilti „A“ ir „C“ klasės gaisrai. Jų metu dega įprastos medžiagos: mediena, popierius, guma, plastmasė, tekstilė ir degančios gamtinės dujos. Dažniausiai „A“ klasės gaisrai gesinami ABC tipo miltelių, rečiau vandens, putų gesintuvais. „C“ klasės gaisrams gesinti naudojama ABC ir BC tipo miltelių gesintuvai. Todėl įmonėje parenkame ABC tipo gesintuvus.

Atsižvelgiant į galimo gaisro klasę, gesinimo medžiagos tinkamumą gaisrui gesinti, maksimalų gesinimo plotą, patalpų pavojingumo gaisrui ir sprogimui kategoriją, jose naudojamų ir laikomų medžiagų fizikines ir chemines savybes nustatomas gesintuvų skaičius ir tipas. Eg kategorijos patalpose, 800 m<sup>2</sup> plotui yra reikalingi 2 gesintuvais sveriantys po 4 kg. Cechas užima apie 1100 m<sup>2</sup> plotą, todėl reikalingi 28 gesintuvai. Gesintuvai laikomi lengvai pasiekiamose vietose. Taip pat, įmonėje turi būti įrengti specialūs skydai pirminėms gaisro gesinimo priemonėms laikyti, kuriose laikomi 2 gesintuvai, 2 kibirai, 2 laužtuvai, 2 kobiniai, 2 kirviai, smėlio dėžė, kastuvai, nedegus audeklas. Kilnojamos gaisro gesinimo priemonės tai įvairių tipų gesintuvai, vidiniai gaisriniai vandens čiaupai su gaisrinėmis rankovėmis, statinės su vandeniu, dėžės su smėliu, nedegūs audiniai. Visos šios priemonės skirtoms darbininkams gaisrui likviduoti. Vienas gaisro gesinimo priemonių skydas statomas 150 m<sup>2</sup> plotui. Priešgaisrinis vandentiekis skirstomas į vidinį ir išorinį. Tam tikslui pastatų viduje reikia įrengti gaisrinius

čiaupus, o išorėje – hidrantus. Taip pat, įmonėje yra įrengta gaisrinė signalizacija, automatinė garso ir šviesos signalizacija tose patalpose, kur nuolat būna žmonių. Visos gaisro gesinimo priemonės yra tinkamai pažymėtos ir yra aiškiai matomos. Informaciniai ženklai, susiję su gaisro gesinimo priemonėmis, yra raudonos spalvos, jais pažymėta kur yra ugnies gesintuvai, gaisrinis čiaupas.

Siekiant išvengti gaisrų, įmonėje būtina:

- Palaikyti švarą įmonės teritorijoje ir darbo vietoje;
- Nenaudoti netvarkingų elektros įrenginių;
- Laiku šalinti gamybos atliekas, tuščias taras iš darbo vietų;
- Vilkėti švarius specialius rūbus;
- Nerūkyti tam neskirtose vietose.

Įmonėje privalo būti paruoštas „Darbuotojų veiksmų kilus gaisrui planas“ suderintas su valstybine priešgaisrinės priežiūros organizacija ir patvirtintas įmonės vadovo.

Įmonės darbuotojai bus supažindinti su gaisrinės saugos instrukcijomis ir privalės jų laikytis.

## **7. STATYBINIAI SPRENDIMAI**

### **7.1. Bendrieji duomenys**

Renuovuojamas gamybos cechas yra Kauno mieste, Palemone. Pastato fasadas yra orientuotas į rytus. Pastato ilgis  $L=30$  m, plotis  $B=24$  m, aukštis  $H=8$  m. Pastato statybai bus naudojamos gelžbetoninės konstrukcijos : kraštinės kolonos, perdangos ir denginio plokštės, kolonų pamatai rygeliai, pamatų sijos ir kt. Pastato kolonų tinklelio išmatavimai yra  $6 \times 9$  m. Pastato išorinėms sienoms statyti naudojamos keraminės plytos, blokelių mūras. Pagrindinė apšildinimo medžiaga – Paroc akmens vata. Pastato vidaus temperatūra lygi  $18^{\circ}\text{C}$ . Pastate yra keletas išėjimų. Naudojami langai – vienkameriniai stiklo paketo plastikiniai langai su vokišku “schuco” profiliu. Langai viename tarpatramyje sublokuoti po tris. Pastato šildymui naudojamas dujinis ir skysto kuro katilas “Ecoflame”, kuris šilumą atiduoda radiatoriams. Šildymui trūkstama šiluma suteikiama kaloriferiu. Kaloriferį gamina firma “Remak” .Visi šildymo prietaisai išdėstyti pirmo aukšto ventiliacijos kameroje.

### **7.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara**

**7.2 lentelė.** Konstrukcinė sandara

Gaminio pavadinimas	Gaminio markė	Kiekis	Išmatavimai			Vieno gaminio		Visų gaminių	
			L	B	H	Tūris, m <sup>3</sup>	Masė, m <sup>3</sup>	Tūris, m <sup>3</sup>	Masė, m <sup>3</sup>
Kraštinė kolona	K31a-1-3	20	400	400	5975	1,02	2,5	16,32	40
Kolona	K75-3	20	400	400	1790	0,28	0,7	7	17,50
Tuštuminė denginio plokštė	PK60,15-4AtVT-a	96	5980	1490	220	1,4	2,85	137,2	279,3
G/b perdangos plokštės	PT116,30-6AtVT	28	11650	2980	400	4,59	11,96	128,52	334,88
Denginio sijos	1BST6-26AIIIT	20	5960	200	590	0,45	1,2	9,9	26,4
Kolonų pamatai	FA6-1	20	2400	2100	1500	2,97	7,3	74,25	182,5
Šoninis rygelis	B41-1	8	5480	800	650	1,53	3,8	12,24	30,4
Vidurinis rygelis	IB3-4	12	5480	800	465	1,76	4,4	24,64	61,6
Pamatų sija	FB6-45	20	5950	300	300	0,41	1	8,2	20
Pamatų blokai	FBS9,4,6-T	137	880	450	450	500	0,244	0,59	80,83
Laiptakiai	LMP57,11 18-5	4	5650	1800	1800	1175	0,95	2,4	9,6

**7.2.1 lentelė.**Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
----------	-------------	---------------	--------

Sklypas			
I	Sklypo plotas	m <sup>2</sup>	113010
	Statinio užimtas žemės plotas	m <sup>2</sup>	31400
	Žalioji plotas	m <sup>2</sup>	3908
	Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt	20
	Sanitarinės zonos plotis	m	100
Pastatas			
II	Paskirties rodikliai		Žaliavų paruošime dirba 4 žmonės
	Bendras plotas	m <sup>2</sup>	540
	Pastato tūris	m <sup>3</sup>	6480
	Aukščių skaičius	vnt	2
	Pastato aukštis	m	12
	Pastato atsparumas ugniai	m	I II III

## 8.FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

Projekto investicijų skaičiavimas pradedamas nuo kaštų, reikalingų ilgalaikiam turtui įsigyti, skaičiavimo. Antras kaštų elementas – trumpalaikio – apyvartinio kapitalo įsigijimo kaštai. Projekto kaštuose taip pat reikia numatyti statybos ir montavimo darbų, personalo apmokymo ir kitus kaštus.

Finansavimo šaltiniai paprastai yra: nuosavos įmonės lėšos ir bankų ar kitų investuotojų paskolos.

### 8.1.Suvestinė statybos kainos skaičiuotė

Naujai statybai, išplėtimui ar rekonstrukcijai/reorganizacijai, techniniam pertvarkymui reikalingos investicijos nustatomos, atliekant skaičiavimus. Skaičiuojama apytiksliai, remiantis analogiškų ar panašių objektų apytikrais sąmatinės vertės rodikliais.

**8.1 lentelė. Suvestinė statybos kainos sąmata**

Lokalinės samatos pavadinimas	Statybos kaina, eur		
	Statybos ir montavimo darbų vertė	Įrengimų, baldų, inventoriaus vertė	Iš viso
Pastatų statybos vertė	472101		472101
Įrengimų lokalinė samata:			
įrengimai ir jų montavimas:			
technologiniai	3105	31052	34157
kelimo	233	2330	
kontrolės matavimo	147	1466	1613
kiti	797	7974	8772
Iš viso:	4282	42822	44541
Inventorius		6000	6000
Viso:	476383	48822	522642

Įrenginių montavimo darbams priimame 10 % nuo įrenginių vertės. Projektavimas, inžinerinės paslaugos ir techninė priežiūra sudaro 7 % nuo įrenginių statymo ir montavimo kainos. Finansavimui, draudimui ir personalo apmokymo išlaidoms skiriame 2 % nuo statybos darbų sąmatos ir techninės priežiūros sumos. Rezervas pabrangimui, nenumatytiems darbams ir išlaidoms sudaro 10 % nuo suskaičiuotos sumos.

**8.2. Technologinių įrengimų vertė****8.2.1 lentelė. Technologinių įrengimų vertė**

Įrengimų pavadinimas	Kaina, eur	Kiekis, vnt	Vertė, eur
Bunkeris	579	3	1738
Lėkštinis dozatorius	637	3	1911
Būgninė džiovykla	5792	1	5792
Sukamoji krosnis	6951	1	6951
Valcai	2607	2	5213
Rutulinis malūnas	2317	1	2317
	Viso:	11	23923
Priedai už garantijas (komplektavimo, pristatymo išlaidos) (iki 10% nuo vertės)			2392
PVM (pvz 18%)			4737
Iš viso su PVM			31052
Montavimo darbai (10% nuo viso su PVM)			3105
Juostinis transporteris	290	20	5792
Dėžinis tiektuvas	290	1	290

Plokštelinis transporteris	434	4	1738
	viso:	25	7820
Priedai			782
PVM (pvz 18%)			1548
Iš viso su PVM			2330
Montavimo darbai (10% nuo viso su PVM)			233

### 8.2.2 lentelė. Kontrolės, matavimo ir kiti įrengimai

Žaliavų dozatorius	261	3	782
Temperatūros matuokliai	29	12	348
	Viso:	15	1130
Priedai			113
PVM (pvz 18%)			224
Iš viso su PVM			1466
Montavimo darbai (10% nuo viso su PVM)			147

Pakavimo įrenginys	1593	1	1593
Produkcijos vežimėliai	434	5	2172
	viso:	6	3765
Priedai			377
PVM (pvz 18%)			68
Iš viso su PVM			7974
Montavimo darbai (10% nuo viso su PVM)			797

## 8.3. Pastatų statybos darbų vertės skaičiavimas

### 8.3.1 lentelė. Gamybinio ploto skaičiavimas

Patalpų/įrengimų pavadinimas	Įrengimų skaičius	Įrengimo matmenys			Ploto skaičiavimo empirinis koeficientas	Patalpų plotas, m <sup>2</sup> (perskaičiuotas)
		Ilgis	Plotis	Plotas		
Gamybinis cechas						
	1	30	25	750		1875
	1	3	5	15	2.5	37.5
	1	2.2	1.6	3.52		8.8
Viso:	3	35.2	31.6	768.52		797.4

Buitinės patalpos						46
Cecho administracija						30
Kiti pastatai						207
					Σ	1096.1

### 8.3.2 lentelė. Pastatų statybos vertė

Statybos objektai ir darbai	Patalpų plotas, m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> statybos ir montavimo darbų kaina (eur/m <sup>2</sup> )	Statybos ir montavimo darbų vertė (eur)
Gamybos cechas	A	350	383635
Buitinės patalpos	B	380	17366
Cecho administracija	C	300	9000
Kiti	D	300	62100
Viso :			472101

Pasirinktame Palemone komercinės paskirties žemės sklypo vertė 300 eur/m<sup>2</sup>, taigi sklypo vertė 1096,1 × 300 = 328830 Eur. Statybinės aikštelės paruošimas kainuos: 238830 Eur.

### 8.3.3 lentelė. Ilgalaikio turto vertė, pagrindinis kapitalas

Pradiniai fondai	Vertė, tūkst.eur		
	Statybos montavimo darbai	Įrengimai	Kiti darbai
Pastatai, statiniai	698431.71		
Įrengimai		53704.58	
Kita įranga			1274455.26
Viso:			2026591.55

## 8.4. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Apyvartinio kapitalo/lėšų poreikį pirmaisiais projekto gyvavimo metais galima nustatyti apytiksliai, remiantis formule:

$$AL_{1m} = \frac{B_{pard}}{360} \times n_{ap}, \text{ kur} \quad (2)$$

$n_{ap}$  - apyvartos trukmė dienomis;

$B_{pardj}$  – produkcijos pardavimo apimtis (realizacinės pajamos) arba gamybos kaštai, tūkst.Lt.

Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą, keičiantis gamybos apimčiai antraisiais ir vėlesniais metais, apskaičiuojamos praėjusių metų apyvartinį kapitalą pakoreguojant pagal gamybos apimtį prieaugio koeficientą, kuris nustatomas pagal formulę:

$$k = B_{pardj} / B_{pardj-1}, \text{ kur:} \quad (3)$$

$B_{\text{pardj}}$  - pardavimų apimtis einamaisiais metais,

$B_{\text{pardj}}$  – pardavimų apimtis prieš tai ėjusiais metais.

Apyvartinių lėšų metinis poreikis ( $AL_i$ ) antraisiais, trečiaisiais ir i-tais metais nustatoma pagal formulę:

$$AL_i = AL_1 \times k \quad (4)$$

Apyvartinio kapitalo/lėšų poreikio prieaugis sekančiais metais nustatomas pagal formulę:

$$\Delta AL_i = AL_i - AL_{i-1} \quad (5)$$

\* Apyvartinis kapitalas formuojamas jau nuliniiais (investicijų) metais: tam skiriama nuo 20 iki 60 proc. apyvartinių lėšų sumos, reikalingos pirmaisiais projekto gyvavimo metais.

#### 8.4.1 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Apyvartiniai metai					
	0	1	2	3	4	5
Apyvartinių lėšų suma sunaudojama per metus		832500	924000	1036875	1168500	1245000
Produkcijos pardavimo prieaugio koeficientas		1	1.11	1.12	1.13	1.07
Apyvartinio kapitalo papildomas poreikis dėl produkcijos apimtys pasikeitimo		832500	91500	112875	131625	76500
Apyvartinio kapitalo dalis atsargoms sudarytas nuliniiais metais	333000	499500				
Apyvartinių lėšų poreikis	333000	499500	91500	112875	131625	76500

Nuliniiais metais suma 40 % nuo AL.

#### 8.4.2 lentelė. Projekto investicijų paskirstymas ir jų finansavimo šaltiniai

Kapitalo struktūra	0		2014		2015		2016		2017		2018	
	(IS), tūkst. Eur	FS)	IS	FS	IS	FS	IS	FS	IS	FS	IS	FS
Pagrindinis kapitalas	2026591.5	Akcinis kapitalas	-	Skolintas kapitalas	-	SK		SK		SK		



Apyvartinis kapitalas	333000	Akcinis kapitalas	499500	Skolintas kapitalas	91500	SK	112875	SK	131625	SK		
Viso:	2359591.55		499500		91500		112875		131625			

## 8.5 Gamybos ir pardavimų apimtys

Pardavimų apimtis yra sudaroma, įvertinus technologinio projekto gyvavimo ciklo struktūrą. Sąlyginai projekcinį gamybinį pajėgumą ir maksimalią gamybos bei pardavimų apimtį galima sutapatinti. Gamybos programa ir produkcijos pardavimų apimtis projektuojama brandos stadijoje. Ji patikslinta technologinėje projekto dalyje. Laikoma, kad brandos stadijoje gamybinio pajėgumo įsisavinimo koeficientas lygus 1. Atitinkamai gamybos įsisavinimo, augimo ir senėjimo stadijose jis svyruoja nuo 0,6 iki 0,9. Šiuos koeficientus reikia parinkti, įvertinus konkrečią situaciją.

Pardavimo apimtis apskaičiuojama:

$$B_{pard} = B_{pn} \cdot C, \text{ vnt.} \quad (6)$$

čia:  $B_{pn}$  – parduodamų gaminių skaičius;  $C$  – gaminių pardavimo kaina.

### 8.5. lentelė. Gamybos ir pardavimų apimtys

Gaminio gyvavimo ciklo stuktūra metais	Gamybinio pajėgumo panaudojimo koeficientas	Gamybos apimtis t/metus	Gamybinio vieneto kaina (eur/t)	Pardavimų (gamybos) apimtis, .eur
2014	0.8	22500	74	1665000
2015	0.85	24000	77	1848000
2016	0.9	26250	79	2073750
2017	0.95	28500	82	2337000
2018	1	30000	83	2490000

## 8.6. Gamybos ir veiklos kaštų skaičiavimas

Numatytų gaminių gamybos ir pardavimų procesas susijęs su tam tikromis pinigėmis išlaidomis, kurios ir bus apskaičiuojamos šioje darbo dalyje. Šios pinigines išlaidas vadinamos kaštais (išlaidomis) ir yra visų vertybių ir patarnavimų, reikalingų produkcijos gamybai ir pardavimui, pinigine vertė.

Kaštai gali būti klasifikuojami pagal įvairius požymius. Pagal kaštų susidarymo vietą jie skirstomi į gamybos kaštus (gamybinę savikainą) ir veiklos kaštus. Gamybos kaštų apskaičiavimui sudarome gamybos kaštų sąmatą (planą), o įmonės valdymo, išlaikymo ir produkcijos realizavimo išlaidas apskaičiuojame veiklos sąnaudų sąmatoje.

Toks kaštų skirstymas svarbus, skaičiuojant gamybos kaštus ir savikainą. Tiesioginiams kaštams priskiriami pagrindinių žaliavų ir medžiagų kaštai, tiesioginio darbo užmokesčio ir atskaitymų socialiniam ir sveikatos draudimui kaštai ir kaštai technologinių procesų energijai). Tai - kaštai, kurie gali būti tiesiogiai priskirti atitinkamai produkcijos.

Netiesioginiai kaštai yra tokios bendros išlaidos, kurios apskaičiuojamos bendra suma ir kurių negalime tiesiogiai priskirti konkrečiam gaminiui.

Į veiklos sąnaudas įtraukiamos produkcijos pardavimo išlaidos bei bendrosios ir administracinės sąnaudos, kurias sudaro bendros įmonės išlaikymo ir valdymo išlaidos.

## 8.7. Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudoms priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Rekomenduotina ieškoti pigesnių investicijų padengimo šaltinių, todėl siekiant sumažinti kapitalo kainą, tikslinga imti ilgalaikę paskolą.

Metinės palūkanos, esant paprastiems procentams, apskaičiuojamos pagal formulę:

$$P = \frac{K}{N} \times 100, \quad (12)$$

Čia: P - metinės palūkanos, tūkst. Lt;

K- banko paskolos dydis, tūkst. Lt.

N- palūkanų norma, proc.

### Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

8.7lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

	2014	2015	2016	2017	2018
Paskolos suma, tūkst.Lt	499500	399600	299700	199800	99900
Metinė palūkanų norma, %	10	10	10	10	10
Palūkanos, tūkst.Lt	49950	39960	29970	19980	9990
Paskolos padengimas, tūkst.Lt	99900	99900	99900	99900	99900

Už įmonei suteiktą paskolą metinė palūkanų norma – 10,0 % . Paskola gražinama per 5 metus, tai visa paskolos suma išdėstoma kiekvienais metais.

## 8.8. Gaminių kainos apskaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatome gaminių kainas. Kad būtų galima planuoti realizacines pajamas, reikia nustatyti gaminių kainas. Gaminių kainas apskaičiuosime remdamiesi jų gamybos pilnomis išlaidomis ir planuojama pelno norma (rentabilumu), kuri neturi būti mažesnė, negu 5 proc.

## 8.9. Įmonės pajamų ir pelno planas, pelno paskirstymas, grynujų pinigų srautų skaičiavimas

Šioje dalyje bus pateiktos pelno (nuostolio) ataskaita, pelno paskirstymo ataskaita ir apskaičiuoti grynieji pinigų srautai. Neigiami pinigų srautai rašomi skliausteliuose.

### 8.9.1. lentelė. Prognozuojamo pelno (nuostolio) ataskaita, tūkst. Eur

	2014	2015	2016	2017	2018
Pardavimų apimtis	1665000	1848000	2073750	2337000	2490000
Parduotų prekių savikaina	481732	521027	564117	628192	674087
BP	1183268	1326973.368	1509633.352	1708807.6	1912300.717
Veiklos sąnaudos	144519.7017	156307.9897	169234.9943	188457.71	220145.581
Financinė ir investicinė veikla:					
- pajamos	-	-	-	-	-
- išlaidos	49950	39960	29970	19980	9990
Ataskaitinių metų pelnas prieš mokesčius	988797.9592	1130705.378	1310428.358	1500369.9	1730691.125
Pelno mokestis	197759.5918	226141.0756	262085.6716	300073.98	340139.89
Grynasis ataskaitinių metų pelnas	791038.3674	904564.3024	1048342.686	1200295.9	1369800.651

## Įmonės pelno (nuostolio) paskirstymo ataskaita, Lt

### 8.9.2 lentelė. Prognozuojamo pelno (nuostolio) pasiskirstymo ataskaita

Rodiklis	2014	2015	2016	2017	2018
Nepaskirstytas rezultatas - pelnas (nuostolis)	0	596213.76	1292330.34	2114971	3071332.33
Grynasis ataskaitinio laikotarpio rezultatas - pelnas (nuostolis)	791038.36	904564.30	1048342.68	1200295	1369800.65 1
Paskirstytinas pelnas	791038.36	1500778.0	2340673.03	3315267	2827570.03
Pelno paskirstymas					
į įstatymo numatytą rezervo fondą (5%)	39551.91	45228.21	52417.13	60014.79	72198.23
dividendai (7%)	55372.68572	63319.50	73383.98	84020.71	93063.96
Paskolos padengimas	99900	99900	99900	99900	99900
Premijos darbuotojams	0	0	0	0	0
Nepaskirstytas pelnas (nuostolis)	596213.7633	1292330.34	2114971.91	3071332	2756921

Paskirstytinas pelnas yra lygus 1-jo ir 2-jo rodiklių sumai. Jei ši suma neigiama, tai šio rodiklio vietoje įrašomas nulis, o apskaičiuotoji neigiama suma perkeliama į 5-tą eilutę.

Dividendai yra akcininkams paskirta pelno dalis. Dividendai nėra mokami, jei įmonė neturi pelno. Likusi nepaskirstyta pelno dalis gali būti panaudota kitoms įmonės reikmėms, įskaitant ir ilgalaikės paskolos padengimą. Nepaskirstytas rezultatas – pelnas (nuostolis) ataskaitinio laikotarpio pabaigoje gaunamas iš 3-jo rodiklio atėmus 4-jį.

### Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Pinigų srautų ataskaitoje parodomi per ataskaitinį laikotarpį gauti ir išleisti pinigai. Prognozuojant pinigų srautus atskirai nustatomi pinigų srautai iš įmonės veiklos, pinigų srautai iš investicinės veiklos, pinigų srautai iš finansinės veiklos.

### 8.9.3.lentelė. Prognozuojamų finansinės būklės pakitimų ataskaita

Rodiklis	0	2014	2015	2016	2017	2018
----------	---	------	------	------	------	------

I Grynujų pinigų srautas gamyboje						
I Grynasis pelnas	0	791038.36	904564.30	1048342.7	1200295.93	1369800.651
2						
Amortizaciniai atskaitymai	0	99.19	86.79	99.10	86.73	99.100
Viso:	0	791137.4682	904651.0332	1048441.8	1200382.666	1369701,551
II Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	-333000	-499500	-91500	-112875	-131625	-76500
III Pinigų srautai iš įmonės veiklos	-333000	291637.4682	813151.033	935566.79	1068757.666	1446201,551
IV Financinės veiklos pelno (nuostolio) eliminavimas		49950	39960	29970	19980	9990
V Investicijos į pagrindinį kapitalą	-2026591.55	-	-	-	-	96.93
VI Projekto GPS	-2359591.55	341587.46	853111.03	965536.79	1088737.66	1436114,621

## 8.10. Investicijų efektyvumo vertinimas

Efektyvumo rodikliai praktikoje naudojami kaip absoliutaus ir lyginamojo efektyvumo kriterijai lyginant investicinius projektus:

- skirstant juos į dvi grupes: efektyvius ir neefektyvius projektus. Antroji grupė atmetama, o pirmoji tampa tolimesnio vertinimo objektu;
- efektyvių projektų grupės tolimesnei analizei, siekiant priimti sprendimą, kuris iš jų yra efektyviausias.

Efektyvūs projektai tarpusavyje konkuruoja dviem atvejais:

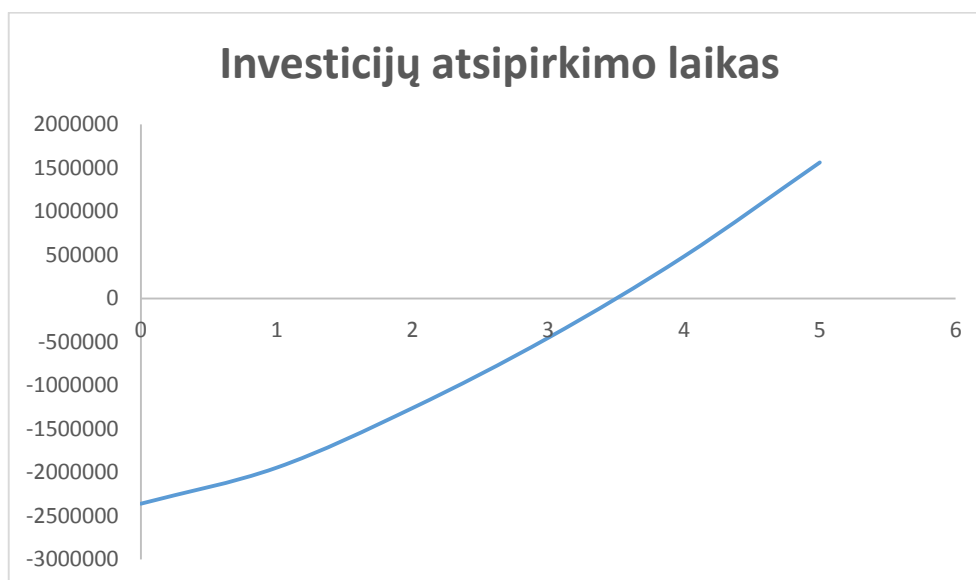
- jeigu keletas projektų leidžia pasiekti identišką rezultatą (kai projektai yra skirtingi), kiekvienu atveju esant nevienodoms sąnaudoms;
- kai keletas projektų yra nukreipta tam, kad pasiektume skirtingų rezultatų, ir kai konkurencija tarp jų iškyla dėl finansinių lėšų stokos.

### 8.10.1 lentelė. Investicijų atsipirkimo laiko skaičiavimas

Metai	Metiniai GPS	Bendri GPS
0	-2359591.55	-2359591.55
2014	341587.4682	-2018004.08
2015	853111.0332	-1164893.05

2016	965536.7873	-199356.26
2017	1088737.666	889381.40
2018	1436114,621	579305.14

$$T = 3 + \left| \frac{-199356.26 - 1088737,66}{1088737,66} \right| = 3,3 \text{ metai}$$



8.1 pav. Investicijų atsipirkimo laikas

### Diskontuotas atsipirkimo laikas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodas T- tai laikas per kurį ekonominė nauda padengia investicines išlaidas. Apskaičiuojamas, kaupiant grynuosius GPS ir stebint, kada jų suma taps lygi nuliui.

Investicijos efektyvios, jei  $T < 5$  metai.

Diskontuotas atsipirkimo laikas gaunamas sumuojant diskontuotas GPS iki jų suma viršys 0.

$$GPS = \frac{GPS_i}{(1 + KK)^i} \quad (14)$$

Čia: KK- kapitalo kaina/diskonto norma. Apskaičiavus gauname, kad  $KK = 7,41 \% = 0,074$

Paskolos kaina, %	Akcinio kapitalo kaina, %	Kapitalo kaina KK
11,85	10	0,074

8.10.2lentelė. Diskontuoto atsipirkimo laiko skaičiavimas

Metai	Diskontuoti GPS	Bendri GPS
0	-2359591.55	-2359591.55
2014	318051.64	-2041539.91
2015	739600.15	-1301939.75
2016	779392.06	-522547.67
2017	818287.88	295740.20
2018	216993.69	787460.51

GEV – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais.



8.2 pav. Diskontuotas atsipirkimo laikas

$$T = 3 + \left| \frac{-522547,67 - 818287,88}{818287,88} \right| = 3,65 \text{ metai}$$

### Pelningumo indeksas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas - tai pelno ir išlaidų santykis:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{GPS_i}{(1 + KK)^i} \cdot \frac{1}{GPS_0}, \quad (15)$$

čia:  $\frac{GPS_i}{(1 + KK)^i}$  – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais;

$GPS_0$  - nulinių metų GPS.

$$PI = 1,32$$

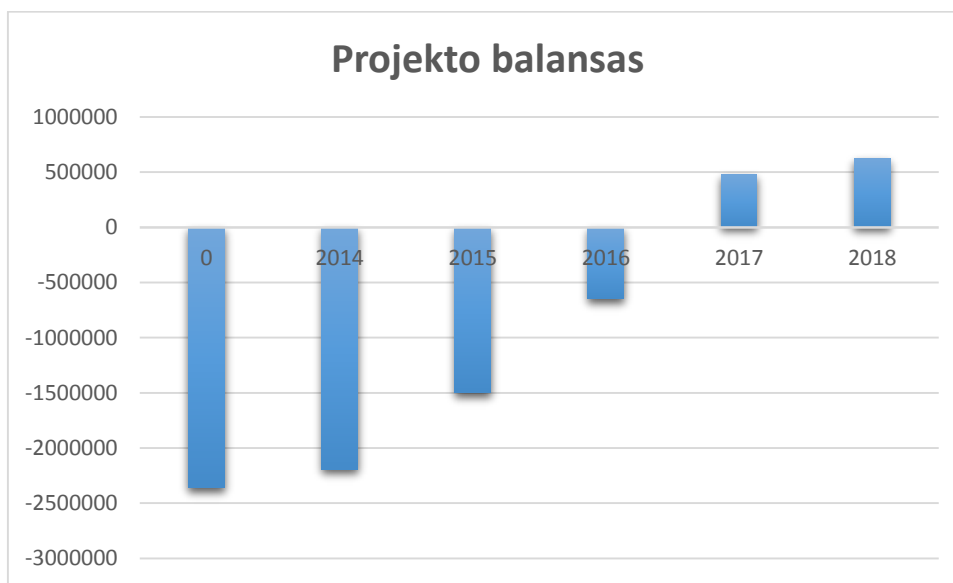
Jis parodo santykinę projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią dabartinių išlaidų vienam piniginiam vienetui. Projektas yra priimtinas, jei PI yra didesnis už vienetą; kuo jis didesnis, tuo projektas priimtinesnis.

## Projekto balanso sudarymas

Projekto balanso diagrama parodo, koks grynujų pinigų kiekis yra susietas duotu investiciniu projektu kiekvienu laiko momentu per projekto gyvavimo trukmę. Projekto balanso diagramoje atsispindi keturios svarbiausios investicijos charakteristikos: būsimoji investicijų vertė, diskontuotas atsipirkimo laikas, nuostolių rizika bei potencialus planas.

**8.10.3 lentelė.** Projekto balanso sudarymas

Projekto gyvavimo metai	0	2014	2015	2016	2017	2018
0	-2359591.5	-2534201.33	-2721732.2	-2923140.41	-3139452.8	-3371772
2014		341587.4	366864.9	394012.94	423169.90	454484.
2015			853111	916241.24	984043.10	1056862
2016				965536.7	1036986.5	1113723
2017					1169304.2	1088737
2018						1436114
Būsimieji pinigų srautai	-2359591	-2192613.8	-1501756	-647349.4	474050.9	61959.3



**8.3 pav.** Projekto balansas

**Išvados:** Sprendžiant pagal pagrindinius rodiklius: investicijų atsipirkimo laiką ( $T = 4,2$  metai), diskontuotą atsipirkimo laiką ( $T = 4,65$  metai), pelningumo indeksą ( $PI = 1,05$ ), vidinę pelno normą, bei projekto balansą, galime teigti, kad mūsų projektas pelningas.



## 9.APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS

Aplinkosauginio vertinimo tikslas, nustatyti gaminio poveikį aplinkai per visą jo būvio ciklą. Įmonėje bus gaminama 30 000 t/metus. Pagrindinė žaliava : kaolinitinis molis. Nors ši žaliava nėra toksiška, tačiau reikia įvertinti jos poveikį aplinkai.

Vertinimas prasideda nuo žaliavų ir produktų balanso.

### 9.1 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavas

Žaliavos pavadinimas	Kiekis naudojant objektą t/metus	Cheminės medžiagos klasifikavimas ir ženklavimas		
		Kategorijos pavadinimas	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės, saugumo frazės
Kaolinitinis molis	30 606	1302-78-9	-	-

### 9.2 lentelė. Konkrečios sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša.

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Gamybos įrengimai	38	Iki 65 dBA	Ausinės
Fizikinės bei biologinės taršos veiksniai	sukamoji krosnis, greiferinis kranas	5	Dulkėtumas iki 0,9 mg/m <sup>3</sup>	Respiratoriai
Kiti fizikinės bei biologinės taršos veiksniai	Sukamoji krosnis, būgninė džiovykla	2	Temperatūra iki 60 °C	Krosnies skliautas papildomai izoliuojamas

Kadangi IPRD, TPRD normos nėra viršijamos, todėl papildomos priemonės nebus numatomos, tačiau darbuotojai turi naudoti apsaugines priemones.

### 9.3 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas.

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Didžiausias paros nuotekų kiekis m <sup>3</sup> /d	Vidutinis metinis nuotekų kiekis, m <sup>3</sup> /m	Teršalo pavadinimas	Teršalo kiekis, t/m
Buitinės patalpos	135	2500	Muiluose, šampūnuose, valymo priemonėse	3,8
Lietaus kanalizacijos	18	350	Molingosios dalelės	5,12

### 9.4 lentelė. Tarša į aplinkos orą.

Proceso pavadinimas	Teršalo pavadinimas	Išmetamųjų dujų temperatūra, °C	Išmetamųjų dujų tūrio debitas Nm <sup>3</sup> /s	Teršalų išmetimo trukmė, val./m
Degimo procesas	Anglies monoksidas Azoto oksidai Sieros oksidai	80	15 4 0,04	7920

### Aplinkosauginio skyriaus išvados

Kaolino gamybos proceso metu neišsiskiria daug teršalų.

Pirmiausia, nesusidaro gamybinės atliekos, kurios reikalautų papildomo utilizavimo. Taip pat minimalus pavojus, kad gali atsitikti ekologinės nelaimės, nes nėra laikoma cheminių medžiagų, kurios ypač pavojingos aplinkai.

Didžiausia tarša aplinkai susidaro degimo metu, kai per kaminą išmetami degimo produktai. Todėl būtina sekti degimo procesą, bei degimui tiekiamas naudoti biokurą – medienos pjuvenas. Kaip prevencinę priemonę galima įrengti išmetamų dūmų valymo sistemą.

## 10.LITERATŪRA

1. Šiaučiūnas, R. Keraminių medžiagų cheminė technologija : mokomoji knyga. - Kaunas: Technologija, 2001;
2. Clay drying process.  
[http://www.bigceramicstore.com/info/ceramics/tips/tip31\\_clay\\_drying\\_firing.html](http://www.bigceramicstore.com/info/ceramics/tips/tip31_clay_drying_firing.html)
3. Clay properties.  
<http://studiopotter.org/articles/art0019.htm>
4. Profesinės rizikos vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr.126-6350
5. HN 98:2000. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai.
6. П.В.Левченко “Расчеты печей и сушил силикатной промышленности”
7. Østnor, T. “Alternative pozzolans” as Supplementary Cementitious Materials in Concrete, 2007 P. 1-20.
8. Chakchouk, A.; Samet, B.; Mnif, T. Study on the Potential Use of Tunisian Clays as Pozzolanic Material. Applied Clay Science. ISSN: 0169-1317. 2006, vol. 33, no. 2.. p. 79–88.

9. Mechti, W.; Mnif, T.; Samet, B.; Rouis, M.J. Effects of the Secondary Minerals on the Pozzolanic Activity of Calcined Clay: Case of Quartz. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. ISSN 2076-734X. 2012, vol. 12, no. 1. p. 61–71.
10. Go, S.S.; Chung, C.W.; Struble, L.J.; Lee, H.C. Pozzolanic Activity of Hwangtoh Clay. *Construction and Building Materials*. ISSN 0950-0618. 2010, vol. 24, no. 12. p. 2638–2645
11. Østnor, T. “Alternative pozzolans” as Supplementary Cementitious Materials in Concrete. *Advanced Cementing Materials*. ISBN 978-82-536-0993-5. 2007. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-04-22] Prieiga per internetą: <http://ebookbrowse.net/star-1-in-1-4-f-%E2%80%9Calternative-pozzolans%E2%80%9D-as-supplementary-cementitious-materials-in-concrete-pdf-d76103964>.
12. Kurugöl, S. Correlation of Ultrasound Pulse Velocity with Pozzolanic Activity and Mechanical Properties in Lime-Calcined Clay Mortars. *Gazi University Journal of Science*. ISSN 1303-9709. 2012, vol. 25, no. 1. p. 219–233.
13. Habert, G.; Choupay, N.; Montel, J.M.; Guillaume, D.; Escadeillas, G. Effects of the Secondary Minerals of the Natural Pozzolans on Their Pozzolanic Activity. *Cement and Concrete Research*. ISSN 0008-8846. 2008, vol. 38, no. 7. p. 963–975.
14. Palomo, A.; Blanco-Varela, M.T.; Granizo, M.L.; Puertas, F.; Vazquez, T.; Grutzeck, M.W. Chemical Stability of Cementitious Materials Based on Metakaolin. *Cement and Concrete Research*. ISSN 0008-8846. 1999, vol. 29, no. 7. p. 997–1004.
15. Li, C.; Sun, H.; Li, L. A Review: The Comparison Between Alkali-Activated Slag (Si+Ca) and Metakaolin (Si+Al) Cements. *Cement and Concrete Research*. ISSN 0008-8846/1978. 2010, vol. 40, no. 12. p. 1341–1349.
16. Ptáček, P.; Šoukal, F.; Opravil, T.; Havlica, J.; Brandštr J. The Kinetic Analysis of the Thermal Decomposition of Kaolinite by DTG Technique. *Powder Technology*. ISSN 0032-5910. 2011, vol. 208, no. 1. p. 20-25.
17. Vizcayno, C.; Gutiérrez, R.M.; Castello, R.; Rodriguez, E.; Guerrero, C.E. Pozzolan Obtained by Mechanochemical and Thermal Treatments of Kaolin. *Applied Clay Science*. ISSN 0169-1317. 2010, vol. 49, no. 4. p. 405-413.
18. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. *Valstybės žinios*, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: *Valstybės žinios*, 2011, Nr. 46 -2201).
19. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. Москва: Химия, 1990. I и II т.
20. E. Zalieckienė. *Degimo procesai*. Vilnius: Technika, 2009, 315 p.
21. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. *Valstybės žinios*, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: *Valstybės žinios*, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
22. Darbuotojų, dirbančių potencialiai sprogioje aplinkoje, saugos nuostatai. *Valstybės žinios*, 2005, Nr. 118-4277.
23. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. *Valstybės žinios*, 2010, Nr. 39-1878 (Aktuali redakcija: *Valstybės žinios*, 2012, Nr.: 124 -6254).

24. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816 .  
V. Barkauskienė, J. Bartuška. Trifazio asinchroninio elektros variklio įnulinimo skaičiavimas kompiuteriu. Kaunas: KPI, 1989, 17 p.
25. LST EN 62305-3:2011 Apsauga nuo žaibo. 3 dalis. Fizinė žala statiniams ir pavojus gyvybei. 157 p.
26. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12-02. Valstybės žinios, 2002, Nr. 115-5165.  
HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametru norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
27. HN 98:2000. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2000, Nr. 44-1278.
28. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
29. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
30. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai. Valstybės žinios, 2001, Nr. 65-2396; (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2005, Nr. 55-1907).
31. Saugos ir sveikatos apsaugos ženklų naudojimo darbovietėse nuostatai. Valstybės žinios, 1999, Nr. 104-3014.
32. HN 33:2011. „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. Valstybės žinios, 2011, Nr. 75-3638.
33. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr. 53-1804.
34. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 41-1350.
35. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr. 118-5970, Nr. 124).
36. Stacionariųjų gaisrų gesinimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės. Valstybės žinios, 2009, Nr. 63-2538.