



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Lukas Kiškūnas

**JUDANČIO ARDYNO BIOKURO PAKUROS
MODERNIZAVIMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Egidijus Dragašius

Kaunas, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**JUDANČIO ARDYNO BIOKURO PAKUROS
MODERNIZAVIMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Mechatronika (kodas 621H73001)

Vadovas

Prof. dr. Egidijus Dragašius

Recenzentas

Dr. Darius Eidukynas

Projektą atliko

Lukas Kiškūnas

Kaunas, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Lukas Kiškūnas

(Studento vardas, pavardė)

Mechatronika (kodas 621H73001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„JUDANČIO ARDYNO BIOKURO PAKUROS MODERNIZAVIMAS IR TYRIMAS“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. Gegužės 25 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Luko Kiškūno**, baigiamasis projektas tema „Judančio ardyno biokuro pakuros modernizavimas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS
Studijų programa MECHATRONIKA

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis projektas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas, kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo projektu studentas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, yra įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju projektu bei jo gynimu studentas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Projekto tema: judančio ardyno biokuro pakuros modernizavimas ir tyrimas
Patvirtinta 2017 m. balandžio mėn. 21 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-8
2. Projekto tikslas: modernizuoti judančio ardyno biokuro pakurą ir ištirti modernizavimo įtaką.
3. Projekto struktūra: apžvalga, pakuros antrinio oro srauto kanalo projektavimas ir tyrimas, pakuros ardyno hidraulinės sistemos modernizavimas, pakuros kuro bunkerio modernizavimas įdiegiant drėgnomatį, katilo ir pakuros nustatytos galios palaikymo ir CO išmetimų tyrimai prieš ir po modernizavimo.
4. Reikalavimai ir sąlygos: Modernizuoti judančio ardyno biokuro pakurą pagerinant pakuros efektyvumą, išmetamų kenksmingų medžiagų rodiklius.
5. Projekto pateikimo terminas 2017m. birželio mėn. 1 d.
6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis

Studentas

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas

(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)

TURINYS

ĮVADAS	7
1. BIOKURO DEGINIMO PAKURŲ APŽVALGA	8
1.1. Verdančio sluoksnio pakuros.....	8
1.2. Vibruojančio ardyno pakuros	11
1.3. Vulkaninės pakuros	11
1.4. Cikloninės pakuros	12
1.5. Stacionaraus ardyno pakuros	12
1.6. Judančio ardyno pakuros	12
2. MODERNIZUOJAMOS VANDENS ŠILDYMO KATILINĖS VŠK2 APRAŠYMAS	16
2.1. Katilinės VŠK2 veikimo principas	16
2.2. Biokuro pakura BP1	17
2.2.1. Pakuros ardynas.....	19
2.2.2. Pakuros orų ventiliatoriai	21
2.2.3. Pakuros kuro maitintuvas	22
2.3. Vandens šildymo katilas	23
2.4. Dūmų valymo įrenginiai	25
2.5. Dūmų kondensacinis ekonomizeris	26
3. BIOKURO PAKUROS BP1 TYRIMAS IR MODERNIZAVIMAS	28
3.1. Biokuro pakuros BP1 problemų analizė	28
3.2. Pakuros antrinio oro srauto kanalo tyrimas ir projektavimas	29
3.2.1. Nmodernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimas	31
3.2.2. Modernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimas ir projektavimas	33
3.3. Kuro maitintuvo ir ardyno judinimo hidraulinių sistemų modernizavimas	37

3.4.	Pakuros maitintuvo modernizavimas įdiegiant drėgnomatį	39
3.4.1.	Drėgnomačių analizė ir parinkimas.....	41
3.4.2.	Drėgnomačio laikiklio projektavimas	43
3.5.	Pakuros modernizavimo ekonominis skaičiavimas	44
4.	KATILINĖS DARBO STABILUMO IR IŠMETAMŲ DŪMŲ PARAMETRŲ TYRIMAS PRIEŠ IR PO ATLIKTO PAKUROS MODERNIZAVIMO	47
	IŠVADOS	51
	LITERATŪRA	52
	PRIEDAI.....	53
	PRIEDAS A. Katilinės technologinė schema	53
	PRIEDAS B. Drėgnomačio laikiklio brėžinys.....	53
	PRIEDAS C. Suprojektuoto antrinio oro srauto kanalo brėžinys.....	53

IVADAS

Nors kasdieną gamtoje atrandami vis nauji naftos ir gamtinių dujų šaltiniai, o pažangesnės technologijos leidžia išteklių išgavimą padaryti efektyvesniu, pastaruoju metu vis didesnę įtaką įgyja atsinaujinantieji energijos šaltiniai. Ribotos organinio kuro atsargos, importuojamojo kuro kainų augimas, vis labiau griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai, būtinybė didinti energijos tiekimo patikimumą, yra pagrindiniai veiksniai dėl kurių atsinaujinantys energijos šaltiniai tampa vis populiariesni. Todėl tolimesnė energetikos plėtra yra vienareikšmiškai siejama su atsinaujinančiųjų energijos šaltinių naudojimu ir atsinaujinančių šaltinių technologijų gerinimu. Biokuro rinkos plėtra – strateginis Lietuvos Respublikos uždavinys, didinantis šalies energetinę nepriklausomybę.

Biokuru kūrenamos katilinės yra vienas iš paprasčiausių būdų apsaugoti gyventojus nuo centralizuotai tiekiamos šilumos energijos tarifų didėjimo. Naudojant biokurą mažinamas degimo metu susidariusių teršalų ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijai (LŠTA) priklausančios šilumos tiekimo įmonės, naudojančios biokuru kūrenamas katilines, per pastaruosius ketverius metus į atmosferą išmetamų teršalų kiekį sumažino 27 %. Aplinkosaugos teršalų balansas, nustatantis didžiausius išsiskiriančius atmosferos teršalus (CO_2 , SO_2 , NO_x), yra palankus medienos deginimui, nes šiose katilinėse išsiskiriantis CO_2 kiekis yra beveik neutralus, o SO_2 kiekis yra mažesnis, nei deginant anglį ar mazutą [2].

Šiame magistriniame darbe bus tiriama ir modernizuojama judančio ardyno biokuro pakura. Bus siekiama pagerinti pakuros efektyvumo, išmetamų kenksmingų medžiagų rodiklius.

Darbo tikslas: modernizuoti judančio ardyno biokuro pakurą ir ištirti modernizavimo įtaką.

Uždaviniai:

1. Suprojektuoti antrinio oro srauto kanalą taip, kad srautai išėjimo angose pasiskirstytų vienodai.
2. Modernizuoti pakuros maitintuvo ir ardyno judinimo hidraulines sistemas.
3. Modernizuoti pakuros maitintuvą, įdiegiant drėgnomatį.
4. Ištirti katilo momentinės galios ir CO dalelių kiekio grafikus prieš pakuros modernizavimą ir po.

1. BIOKURO DEGINIMO PAKURŲ APŽVALGA

Pasaulyje yra paplitusios įvairios biokuro deginimo technologijos. Visos jos turi savo privalumų ir trūkumų. Kiekvienai deginimo technologijai susiformavo tam tikra katilų galingumų amplitudė, kuriai šios technologijos naudojimas yra techniškai ir ekonomiškai tikslingas. Renkantis deginimo technologiją reikia atsižvelgti ne tik į būdingąją galią, ne ką mažiau svarbus aspektas yra biokuro, kuris bus deginamas, parametrai. Kai kurioms deginimo technologijoms reikalingas labai geras biokuras.

Lentelė 1.1. Deginimo technologijos ir jų būdingoji ir mažiausia galia.

Deginimo technologija	Mažiausia galia, MW	Būdingoji galia, MW
Kūrykla su stacionariu ardynu	0,01	0,05-1
Judančio ardyno pakura	0,8	2-20
Stacionaraus verdančio sluoksnio pakura	1	>5
Cirkuliuojančio verdančio sluoksnio pakura	7	>20
Cikloninė pakura	0,3	2-15

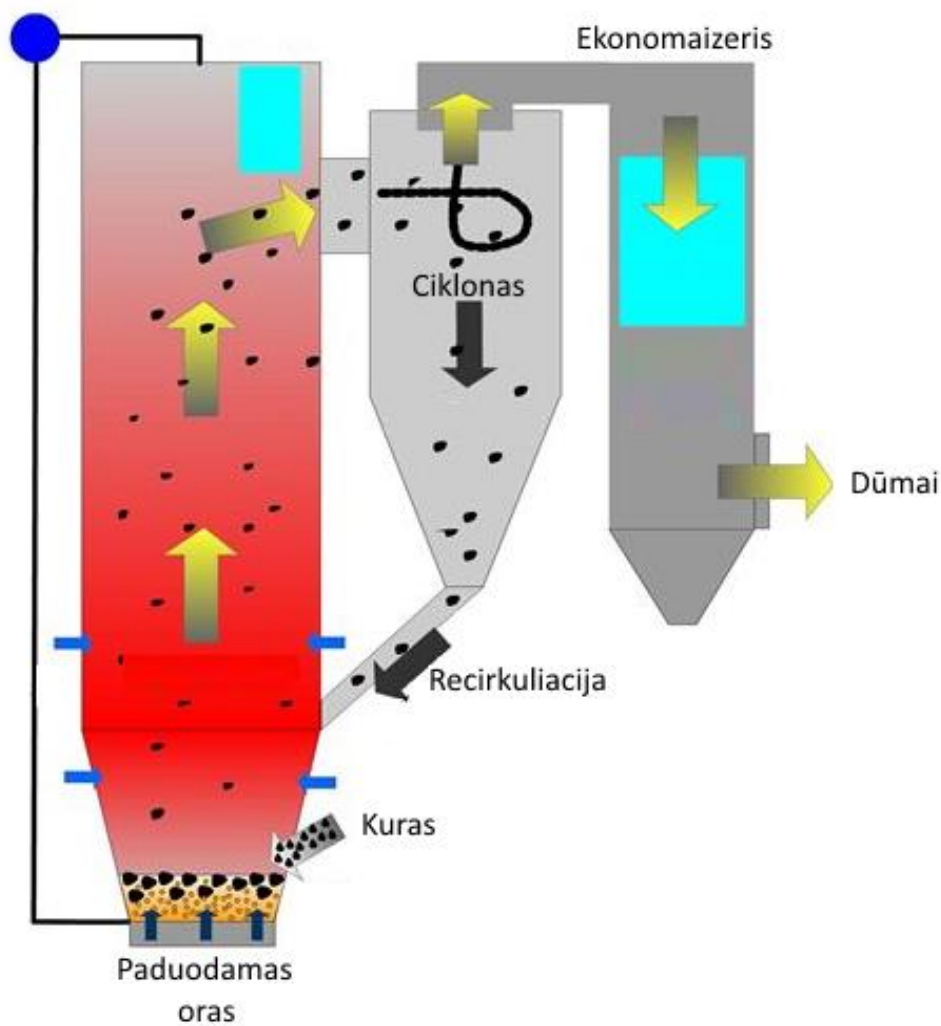
1.1. Verdančio sluoksnio pakuros

Pavadinimas „verdantis sluoksnis“ atsirado dėl to, kad pakuroje esančios kuro dalelės pradeda šokinėti ir atrodo, jog kuras verda. Taip yra dėl to, kad didinant degimui reikalingo oro srauto greitį, pasiekiami būsenai, kai oro srautas pakelia kuro sluoksnį ir kuro dalelės pakimba ore. Verdančio sluoksnio pakuros būna dviejų tipų: stacionaraus verdančio sluoksnio pakuros ir cirkuliuojančio verdančio sluoksnio pakuros.

Degimo proceso metu išsiskyrusios lakiosios medžiagos, drėgmė, pelenai ir smulkios nesudegusios kuro dalelės yra išnešamos iš kuro sluoksnio ir su dūmais keliauja į dūmų valymo įrenginius. Smulkiosios kuro dalelės ir lakiosios medžiagos dega degimo kameroje virš verdančio sluoksnio. Aprašytas verdantis sluoksnis vadinamas stacionariuoju verdančiu sluoksniu [6].

Tokiais atvejais kai oro srautas yra kur kas didesnis, naudojamas cirkuliuojantis verdantis sluoksnis. Cirkuliuojančiame verdančiame sluoksnyje degančios kuro dalelės išnešamos kartu su oro srautu patenka į cikloną ir ten jos atskiriamos nuo degimo produktų, t.y. degimo produktai keliauja toliau- į ekonomazerį, o nesudegusios dalelės grįžta atgal ant verdančio kuro sluoksnio [14].

Deginimo technologijos ir stacionariajame, ir cirkuliuojančiame verdančiame sluoksnyje puikiai tinka biokuro, durpių ir atliekų deginimui. Skalūno ir akmens anglių deginimui labiau tinka deginimas cirkuliuojančiame verdančiame sluoksnyje

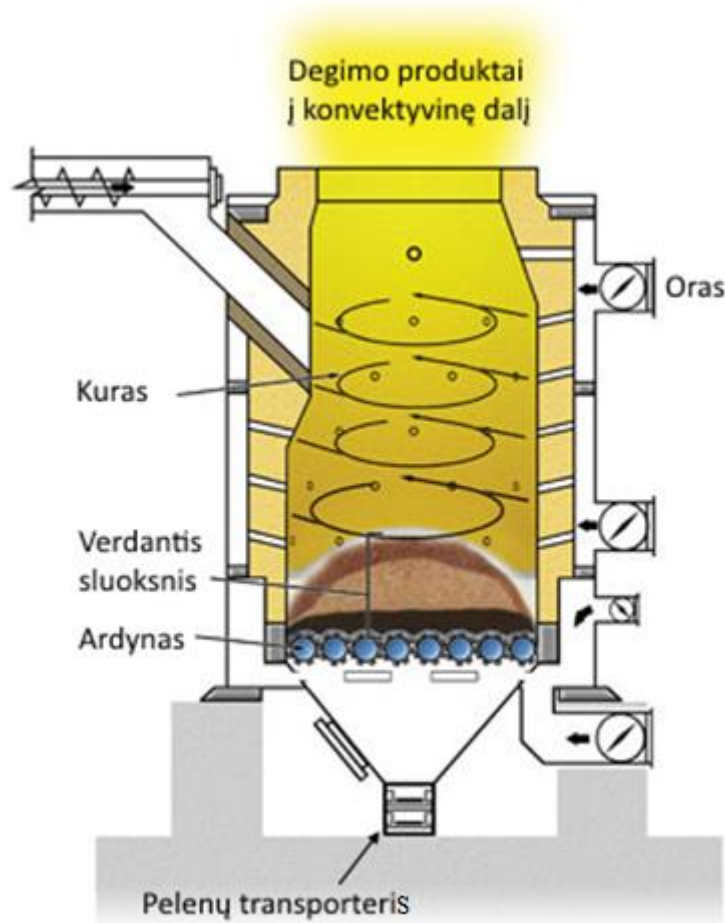


Pav. 1.1 Cirkuliuojančio verdančio sluoksnio pakuros schema [15]

Vienas iš verdančio sluoksnio technologijos privalumų yra tai, kad tokiose pakurose galima deginti skirtingų rūšių ir net prastos kokybės kurą. Taip pat, vienas iš privalumų, jog tokiose pakurose temperatūra būna santykinai žema (apie 850 °C), todėl mažėja išsiskiriančių

kenksmingų dalelių kiekis ir nevyksta pelenų lydymasis. Esant tokiai temperatūrai sumažėja azoto junginių išmetimai, o kurą su dideliu sieros kiekiu galima surišti su pelenais, įdėjus sorbento (kalkių).

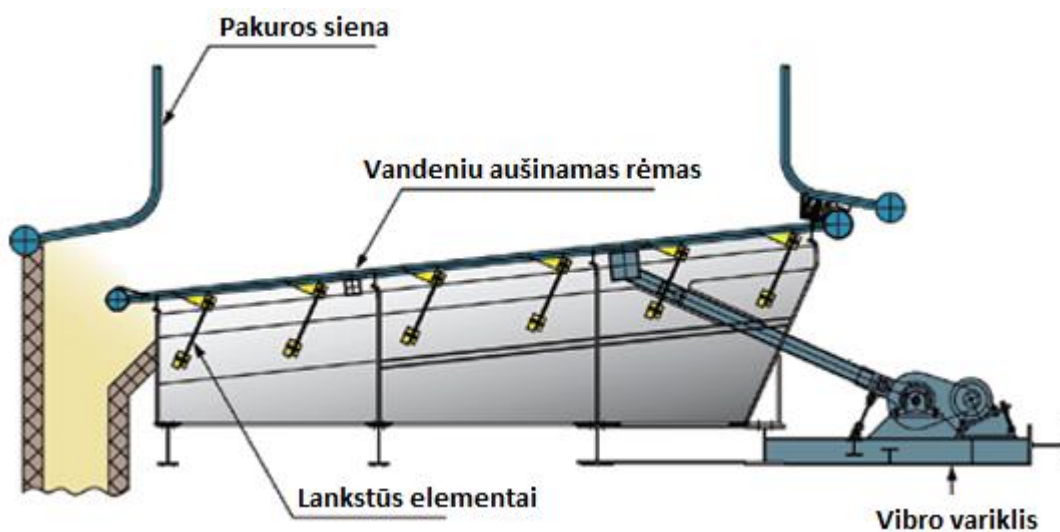
Deginant biokurą ir durpes, verdantis sluoksnis formuojamas iš inertiškos medžiagos – paprastai kvarcinio smėlio. Norint užkurti pakurą, pirmiausia reikia įkaitinti kvarcinio smėlio sluoksnį iki 600 °C. Dažniausiai tai atliekama su dujiniu arba mazuto degikliu. Kai sluoksnis pasiekia reikiamą temperatūrą, į pakurą paduodamas pagrindinis kuras ir jis užsiliepsnoja. Sluoksnio temperatūra pakyla, o degikliai, naudojami verdančio sluoksnio aktyvavimui, išjungiami.



Pav. 1.2. Stacionaraus verdančio sluoksnio pakuros schema [16]

Egzistuoja keli kuro padavimo į stacionarųjį verdantį sluoksnį būdai: kuro padavimas vertikaliu vamzdžiu ant verdančio sluoksnio, kuro padavimas į verdantį sluoksnį horizontaliu kanalu, naudojant pneumatinį arba sraigtinį transporterį. Verdančio sluoksnio pakura trumpą laiką gali dirbti be kuro, dėl smėlio sluoksnyje sukauptos šilumos.

1.2. Vibruojančio ardyno pakuros



Pav. 1.3. Vibruojančio ardyno pakuros schema [17]

Pakuros ardynas yra pritvirtintas ant lanksčių elementų, kurie leidžia ardynui šiek tiek judėti. Ardynui judesį suteikia vibro variklis. Ardynas yra pasviręs nedideliu kampu, su nuolydžiu į pelenų surinkimo kanalą. Kuras patekęs ant vibruojančio ardyno slenka pelenų kanalo link. Tokių pakurų galios reguliavimas yra gana sudėtingas, nes sunku reguliuoti kuro, slenkančio ardynu greitį ir sluoksnio storį.

Vibruojančių ardynų aušinimas būna dviejų tipų: vandeniū aušinamas arba oru aušinamas. Aukščiau esančiame paveikslėlyje (pav. 1.3.) esančios pakuros ardynas yra vandeniū aušinamas. Dažniau paplitęs ardyno aušinimas yra oru.

1.3. Vulkaninės pakuros

Vulkaninė pakura dar kartais vadinama retortine pakura išsiskiria tuo, kad kuras į pakurą nėra beriamas iš viršaus, o sraigtiniu transporteriu paduodamas iš apačios ir kyla į viršų. Tokio tipo pakuros paprastai būna nedidelės galios. Vulkaninės pakuros paprastai būna pritaikytos medžio dulkių ar granuliu deginimui ir kiek rečiau biokuro skiedrų deginimui. Su pirmomis dvejomis kuro rūšimis ši pakura didesnių problemų neturi, tačiau deginant biokuro skiedras, neretai pasitaiko gedimų su sraigtiniu transporteriu, tiekiančiu kurą į pakurą. Dažniausias gedimas – užsikirtęs sraigtinis transporteris, dėl patekusio didesnio gabarito kuro. Norint, kad

pakura su medienos skiedromis dirbtų be problemų, reikia labai geros kokybės kuro, o kaip žinia tokio biokuro Lietuvos rinkoje pasitaiko labai retai.

1.4. Cikloninės pakuros

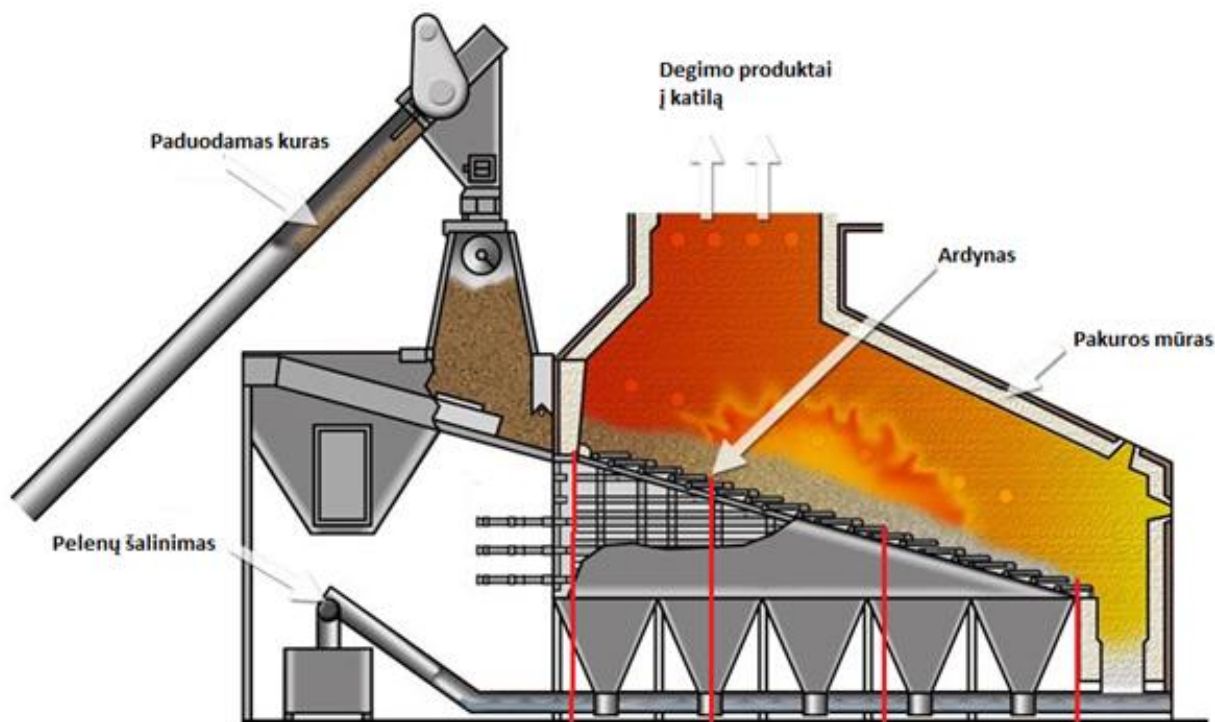
Tokiose pakurose paprastai deginamos medžio dulkės. Į pakurą išpučiamos dulkės, besisukdamos ratu, palengva leidžiasi ant pakuros ardyno, kuris dažniausiai vienokiu ar kitokiu būdu yra judinamas. Pagrindinis degimas vyksta dar kurui nenukritus ant ardyno ir tik labai nedidelė kuro dalis, nukritusi ant ardyno pabaigia sudegti. Ciklonišką kuro sukimąsi pakuroje palaiko orų ventiliatoriai. Oro srautas neleidžia dalelėms nukristi ant ardyno per greitai. Ardynas kas tam tikro laiko tarpą turi būti sujudinamas, jog būtų pašalinti degimo proceso metu susikaupę pelenai. Pelenai subyra į pelenų išnešimo transporterį, arba tiesiog į pelenų konteinerį.

1.5. Stacionaraus ardyno pakuros

Stacionaraus ardyno pakuros yra plačiausiai paplitusios vidutinės ir mažos galios katilinėse. Pakuros su stacionariais ardynais skirstomos į kūryklas su rankiniu arba mechaniniu (automatiniu) kuro padavimu. Šiuo metu katilų, kuriems kuras paduodamas rankiniu būdu liko labai mažai ir net vienai šeimai skirtuose individualiuose namuose vis plačiau naudojami katilai su automatizuotomis padavimo sistemomis. Pelenų šalinimas iš tokių kūryklų atliekamas rankiniu būdu.

1.6. Judančio ardyno pakuros

Labiausiai paplitusios tarp vidutinės ir didelės galios pakurų yra judančio ardyno pakuros. Lyginant su kitokio tipo pakuromis, judančio ardyno pakurų privalumas yra tas, kad dėl judančių ardyno elementų galima geriau kontroliuoti kuro sluoksnio judėjimą, kuro sluoksnis vienodžiau pasiskirsto ant ardyno, dėl to degimo procesas tampa efektyvesnis, o degimo produktuose sumažėja kenksmingų komponentų.



Pav. 1.4 Judančio ardyno pakuros schema [13]

Pagrindiniai pakurą sudarantys komponentai: pakuros korpusas, pakuros mūras su termoizoliacija, žertuvinis kuro maitintuvas, pakuros ardynas, pelenų pašalinimo kanalas, oro vamzdynai, pelenų pašalinimo iš po ardyno kanalai, kuro maitintuvo priešgaisrinė sistema, hidraulinės stotelės ir hidrauliniai cilindrai.

Pakuros mūras sudarytas iš dviejų sluoksnių- vienas sluoksnis iš šamotinių plytų, o kitas sluoksnis iš 100-150 mm storio izoliacinių plokščių, atsparių aukštai temperatūrai.

Ardyno rėmas susideda iš judamo ir nejudamo rėmo. Rėmai suvirinti iš lovinių sijų. Ardelės sumontuotos ant rėmo skersinių vamzdžių. Pakuros orų kanalai yra juodo plieno su reguliavimo užsklandomis. Ardyno hidraulinė sistema, kuri judina ardyną, susideda iš hidraulinių cilindrų, hidraulinės armatūros, hidraulinės stotelės. Pakuros apžiūros ir pelenų pašalinimo durelės – plieninės, suvirintos konstrukcijos.

Magistriniame darbe analizuojama ir tobulinama pakura yra su papildoma degimo kamera, kuri įrengta virš pagrindinio pakuros skliauto. Degimo produktai pakuroje keliauja atgal (link paduodamo kuro) – tai padidina temperatūrą džiovavimo zonoje ir pagerina drėgno kuro sudegimą. Prieš patekdami į katilą degimo produktai prateka pro papildomą kamerą. Tokia konstrukcija leidžia geriau sudeginti dar nesudegusius komponentus ir pasiekti gerus aplinkosauginius rodiklius.

Visas biokuro sudeginimui reikalingas oras suskirstytas į pirminį, antrinį bei tretinį oro srautus. Pirminio oro srautas paduodamas į kameras po ardynu. Oras pro ardelių plyšius patenka į degimo zoną. Pirminis oras užtikrina reikiamą oro kiekį kurui ant ardyno sudeginti bei tuo pačiu aušina ardyną, kad temperatūra neviršytų leistinų normų.

Antrinis oras paduodamas per specialias angas į degimo zoną virš ardyno. Jo paskirtis yra tinkamai sumaišyti ir sudeginti iš biokuro išsiskyrusias dujas – lakiuosius komponentus.

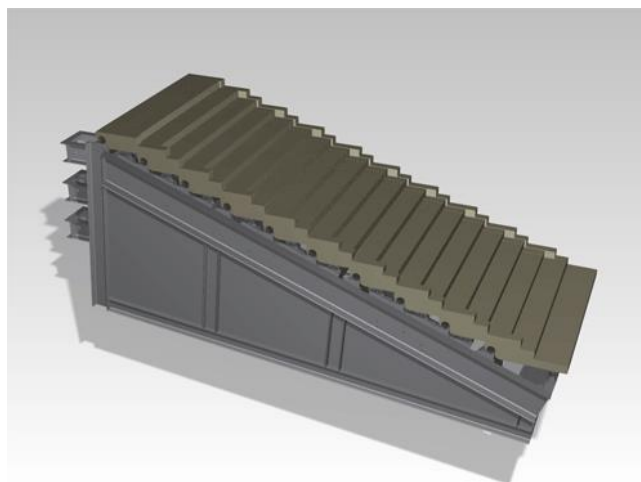
Tretinis oras įvedamas į degimo produktų srautą specialioje kameroje prieš išeinat į katilo ertmę. Tretinio oro paskirtis – pilnai sudeginti degiuosius komponentus. Prieš patenkant į pakurą oro srautai yra pašildomi. Oro pašildymas atliekamas specialiomis ertmėmis jam aptekant pakuros paviršius ir tokiu būdu juos aušinant.

Dūmų recirkuliacija įvedama į visas orų padavimo zonas – pirminę, antrinę ir tretinę. Pirminėje zonoje (po ardynu) recirkuliacija padeda stabilizuoti temperatūrą ant ardyno. Esant sausesniam kurui recirkuliacija padeda mažinti ardyno temperatūrą, o esant drėgnam kurui, recirkuliacija padeda greičiau išdžiovinti paduodamą kurą.

Recirkuliacija, įvedama į antrinę (degimo zonoje) ir tretinę (papildoma degimo kamera) zonas, padeda reguliuoti degimo produktų temperatūrą pakuroje ir prieš patenkant į katilą.

Tinkamas visų srautų suregulavimas leidžia kokybiškai sudeginti kurą išskiriant mažesnius kenksmingų dalelių kiekius. Derinimas atliekamas pakuros paleidimo metu. Degimo procesas visame apkrovimo diapazone valdomas automatiškai, pagal užduotus katilo parametrus.

Ardynas susideda iš judamų ir nejudamų ardelių eilių ir sudaro laiptuotą sistemą. Judėdamos ardelės palaipsniui stumia kurą žemyn.



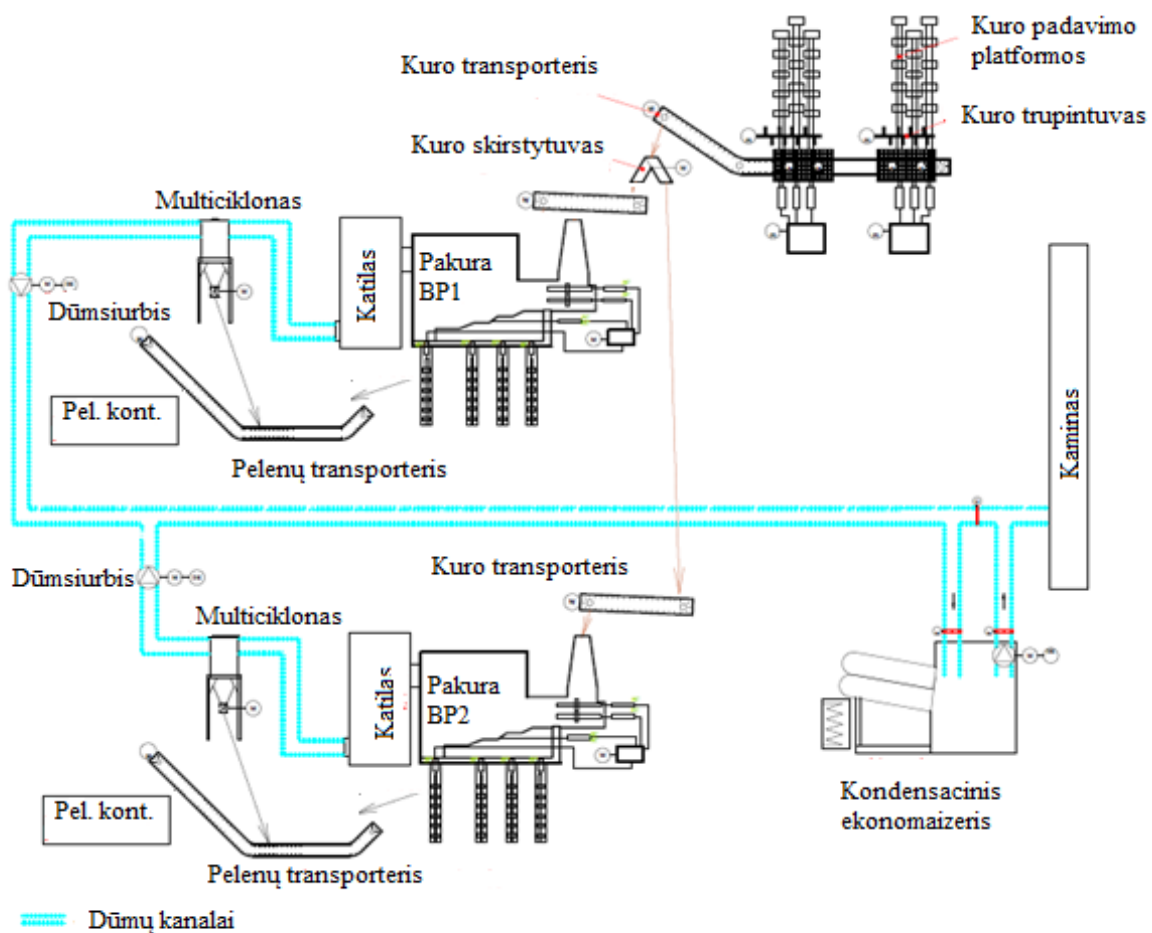
Pav. 1.5. Ardynas

Kuro padavimas, degimo palaikymas ir pelenų pašalinimas atliekami automatinio būdu. Pelenų pašalinimas tokio tipo pakurose atliekamas žertuvų pagalba. Žertuvus tam tikrais laiko tarpais sujudina hidrauliniai cilindrai ir žertuvai iš pakuros pelenus transportuoja į pelenų surinkimo sistemą (sraigtinį pelenų transporterį, hidraulinį pelenų transporterį, grandiklinį pelenų transporterį).

2. MODERNIZUOJAMOS VANDENS ŠILDYMO KATILINĖS VŠK2 APRAŠYMAS

Magistriniame darbe bus tiriama ir tobulinama judančio ardyno biokuro pakura BP1, stovinti VŠK2 katilinėje. Ten sumontuotos dvi vienodos pakuros BP1 ir BP2 ir du vienodi dūmavamzdžiai vandens šildymo katilai „Danstoker“. Kuras į pakuras tiekiamas bendra kuro tiekimo sistema, o pelenai iš pakurų šalinami atskiromis pelenų šalinimo sistemomis. Bendra katilinės galia- 20 MW.

2.1. Katilinės VŠK2 veikimo principas



Pav. 2.1 Katilinės VŠK2 principinė schema

Kuras į pakuras tiekiamas iš biokuro sandėlio vienu grandikliniu transporteriu iki katilinės patalpų. Iš čia kuras patenka ant juostinio transporterio su integruotomis jame

svarstyklėmis. Nuo svarstyklių kuro tiekimas šakojasi į du atskirus kiekvienai pakurai skirtus grandiklinius transporterius, prieš paduodant kurą į pakuras jis yra pasveriamas, kad būtų galima sekti kuro suvartojimo rodiklius ir pakurų naudingo veiksmo koeficientus.

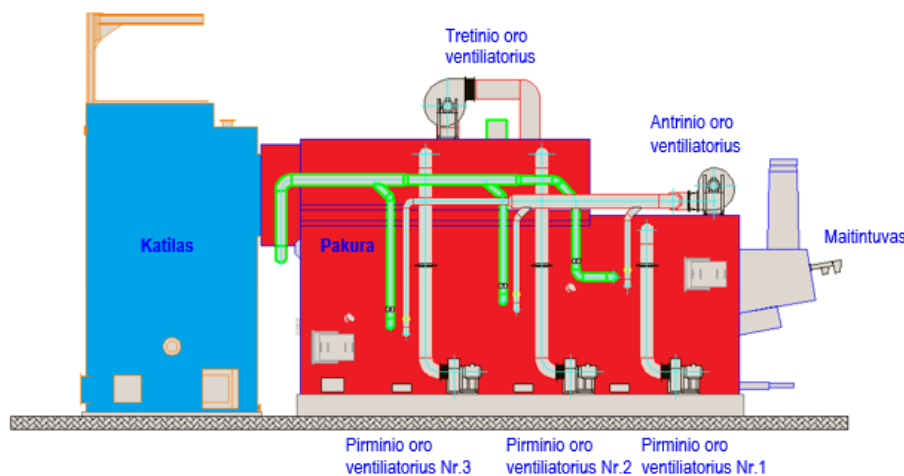
Tolygiam pakuros darbui užtikrinti kiekvienai pakurai įrengiamas po 15,5 m³ talpos kuro bunkeris arba dar kitaip vadinamas kuro maitintuvu, iš kurio kuras mechanizuotai paduodamas į pakurą.

Pelenai iš pakurų šalinami atskiru kiekvienai pakurai pelenų šalinimo grandikliniu transporteriu. Pelenų iš pakuros šalinimo būdas pasirinktinai – sausas arba šlapias. Į tuos pačius du pelenų transporterius patenka ir kietos dalelės, kurias surenka dūmų valymo įrenginiai – multiciklonai (atskirai po vieną multicikloną kiekvienam katilui).

Dūmai iš vandens šildymo katilų patenka į multiciklonus. Abiejų multiciklonų išvalymo laipsnis ne mažiau 85%, paprastai pro multiciklonus praėjusiuose dūmuose lieka <250 mg/Nm³. Degimo produktai iš pakurų, per katilus ir multiciklonus ištraukiami atskirais abiem katilams dūmsiurbiais, iš jų dūmai bendru abiem katilams dūmų kanalu keliauja į kondensacinį ekonomaizerį. Išėję iš kondensacinio ekonomaizerio dūmai per 60 m aukščio dūmtraukį išmetami į atmosferą.

Dūmų kondensacinis ekonomaizeris – bendras abiem katilams, vandens cirkuliaciją per katilus užtikrinama per miesto šilumos tinklų siurblius, vandens recirkuliaciją per kiekvieno katilo kontūrą bei reikiamos temperatūros į kiekvieną katilą palaikymą užtikrina katilo kontūro recirkuliaciniai siurbliai.

2.2. Biokuro pakura BP1



Pav. 2.2 Biokuro pakura BP1 ir katilas

BP1 yra šiuolaikinė biokuro deginimo pakura su judančiu ardynu, skirta deginti susmulkintą medieną, durpes, pjuvenas, medienos atliekas ir kt.

Pagrindiniai pakurą sudarantys komponentai: pakuros korpusas, pakuros mūras su termoizoliacija, žertuvinis kuro maitintuvas, pakuros ardynas, pelenų pašalinimo kanalas, oro vamzdynai, pelenų pašalinimo iš po ardelių kanalai, kuro maitintuvo priešgaisrinė sistema, pelenų šalinimo sistemos, pakuros maitintuvo, ardyno judinimo hidraulinės stotelės ir hidrauliniai cilindrai.

Judančio ardyno pakuros veikimo principas:

Iš sandėlio transportuojamas kuras yra beriamas nuo transporterio į pakuros maitintuvą. Pakuros maitintuve yra kuro lygio davikliai, kurie pagal kuro kiekį maitintuve, paleidžia arba stabdo kuro transportavimo sistemą, nuo pat sandėlio platformų iki pakuros grandiklinio transporterio.

Kuras iš pakuros maitintuvo, hidraulinio žertuvo pagalba stumiamas į pakurą, patenka ant kūryklos judamo ardyno, kur vyksta degimo procesas. Kas tam tikrą laiko tarpą suveikia maitintuvo žertuvai ir taip paduodama kuro porcija į pakurą. Žertuvų suveikimo dažnis reguliuojamas automatiškai ir pagrinde priklauso nuo to, kokią momentinę galią turi palaikyti pakura. Kuo galia didesnė, tuo daugiau kuro reikia paduoti į pakurą

Ardynas sąlyginai suskirstytas į tris zonas: džiovinimo, pirolizės ir sudegimo. Kuras maitintuvu, paduodamas į pirmąją zoną, kurioje slinkdamas ardynu žemyn džiovinamas pakaitintu oru ir spinduliuojančia nuo pakuros sienų šiluma. Išdžiūvęs kuras patenka į antrąją zoną. Čia jis, veikiant aukštai temperatūrai dujofikuoja ir susidariusios dujos susimaišiusios su antriniu oru dega virš kuro sluoksnio, palaikydamos pakuroje apie 900 °C temperatūrą. Trečioje zonoje baigia degti kuro likutis ir lieka tik nesudegę komponentai – pelenai.

Ardyno pabaigoje yra įrengtas pelenų pašalinimo kanalas su pelenų žertuvu, kuris pagal užduotą režimą išstumia pelenus iš pakuros į pagrindinį (išorinį) grandiklinį pelenų transporterį, kuris transportuoja pelenus į pelenų konteinerį.

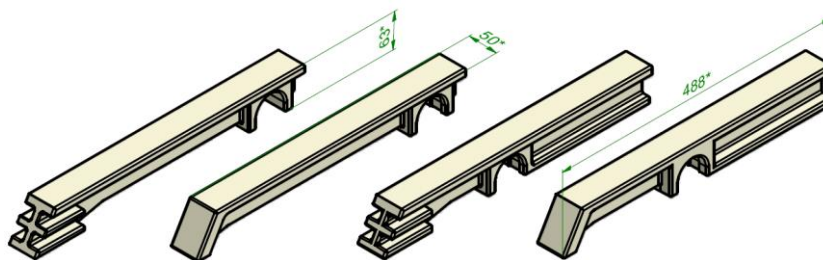
Nedidelis pelenų kiekis, kuris prabyra pro ardyno tarpelius poardyninių žertuvų pagalba yra išstumiamas iš pakuros per šonuose įrengtas angas, į pagrindinį (išorinį) grandiklinį pelenų transporterį.

Lentelė 2.1. Biokuro pakuros BP1 techniniai duomenys.

Eil. Nr.	Pavadinimas	Reikšmė
1	Pakuros tipas	Judančio ardyno pakura
2	Kuras	Smulkinta mediena, miško kirtimo atliekos, medienos perdirbimo įmonių atliekos, žievės likučiai
3	Maksimalūs biokuro skiedrų matmenys, mm	15 x 50 x 50
4	Leistinas kuro drėgnumas, %	30 ÷ 60
5	Nominali šiluminė galia, MW	12
6	Minimalus kuro žemutinis kaloringumas, kcal / kg	1 700
7	Maksimalus leistinas kuro peleningumas, %	≤ 6,0
8	Maksimali temperatūra po ardynu, °C	350 ÷ 400
9	Maksimali pakuros vidaus temperatūra, °C	1 100
10	Degimo produktų, išeinančių iš pakuros, temperatūra, °C	900 ÷ 1 100
11	Trauka pakuroje, Pa	60 ÷ 100
12	Gabaritiniai pakuros matmenys (ilgis x plotis x aukštis), mm	13 700 x 3 320 x 5 844
13	Masė, kg	90 000

2.2.1. Pakuros ardymas

Ardymas yra sudarytas iš 392 ardelių, pavaizduotų paveikslėlyje (žr. 2.3. pav.). Ardelės yra pagamintos iš metalo lydinio, kurio lydymosi temperatūra yra apie 1000 °C. Ardelės suprojektuotos taip, kad būtų optimalus aušinimo plotas. Kitu atveju, jei ardelės paviršiaus plotas būtų nepakankamas, kad jas atausintų į ardelių apatinę dalį pučiantys pirminio oro ventiliatoriai, jos išsilydytų.

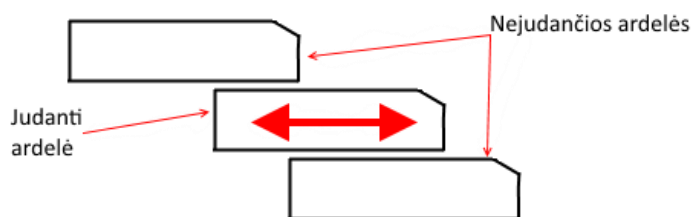


Pav. 2.3 Pakuros ardelės

Lentelė 2.2. Pakuros zonų ardelės

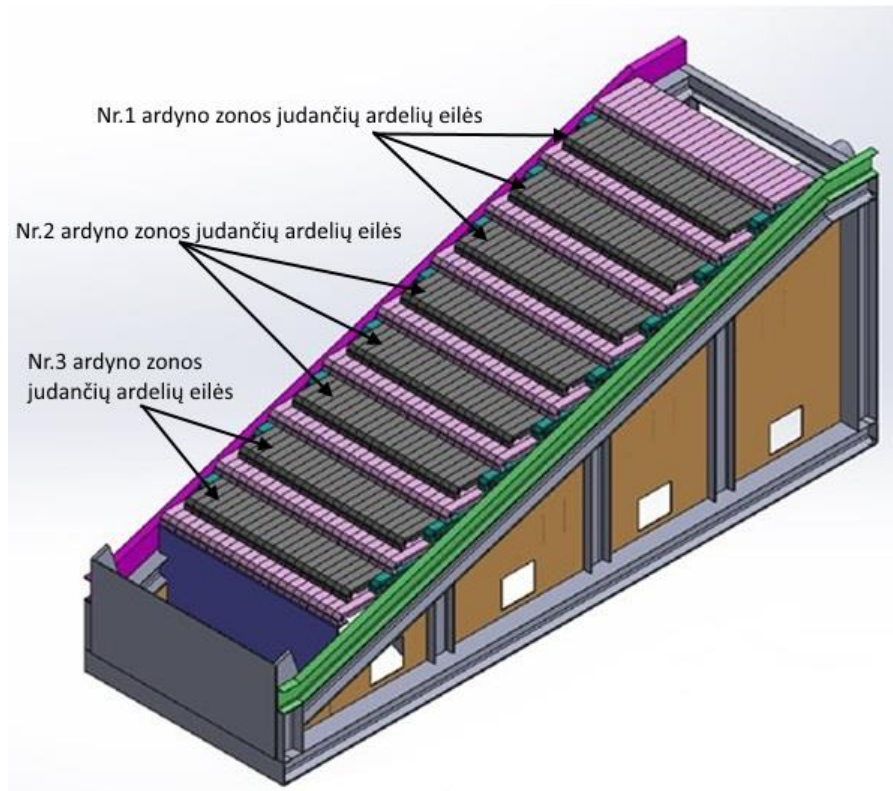
	Nejudančių ardelių skaičius	Judančių ardelių skaičius
Pirma ardyno zona	72	66
Antra ardyno zona	72	66
Trečia ardyno zona	72	44
Visas ardynas	216	176

Ardelės yra išdėstytos į nejudančias eiles ir judančias eiles, pastarosioms judesį suteikia hidrauliniai cilindrai. Ardyno judančias eiles judina trys hidrauliniai cilindrai. Pirmos ir antros zonos hidrauliniai cilindrai judesį suteikia trimis judančių ardelių eilėms, o trečios zonos– dviem judančių ardelių eilėms. Kas antra ardyno ardelių eilė yra nejudanti, o kas antra– judanti.



Pav. 2.4. Ardelių judėjimo schema

Ardynas yra laiptuotas ir judant kas antrai eilei kuras juda nuo vienos ardyno eilės ant kitos– žemyn. Nmodernizuotoje pakuroje ardyno judinimo hidrauliniai cilindrai visuomet judėdavo vienodu greičiu t.y. hidraulinis cilindras, stumdantis kurią nors ardyno zoną vieną ciklą atlikdavo per tą patį laiką. Kuro judėjimo greitis ardynu būdavo reguliuojamas pauzėmis tarp ciklų. Jei reikėdavo, jog kuras ardynu slinktų lėčiau, būdavo ilginamos pauzės tarp ardyno judinimo hidraulinių cilindrų ciklų (hidrauliniai cilindrai suveikdavo rečiau).



Pav. 2.5 Judančio ardyno sandara

Aukščiau esančiame paveikslėlyje pavaizduotas ardynas. Pilkai pažymėtos ardelių eilės yra judančios, o violetinės– nejudančios ardelių eilės.

2.2.2. Pakuros orų ventiliatoriai

Visas biokuro sudeginimui reikalingas oro srautas suskirstytas į pirminį, antrinį bei tretinį oro srautus. Pirminio oro srautas paduodamas į kameras po ardynu. Antrinis oro srautas paduodamas per specialias angas į degimo zoną virš ardyno. Antrinio oro srauto paskirtis yra tinkamai sumaišyti ir sudeginti iš biokuro išsiskyrusias dujas– lakiuosius komponentus. Tretinis oro srautas įvedamas į degimo produktų srautą specialioje kameroje prieš išeinat į katilo ertmę. Tretinio oro paskirtis– pilnai sudeginti degiuosius komponentus.

Aukštos temperatūros degimo produktai išeina iš pakuros ir patenka į katilo degimo kamerą ir toliau į konvektyvinius vamzdžių pluoštus.

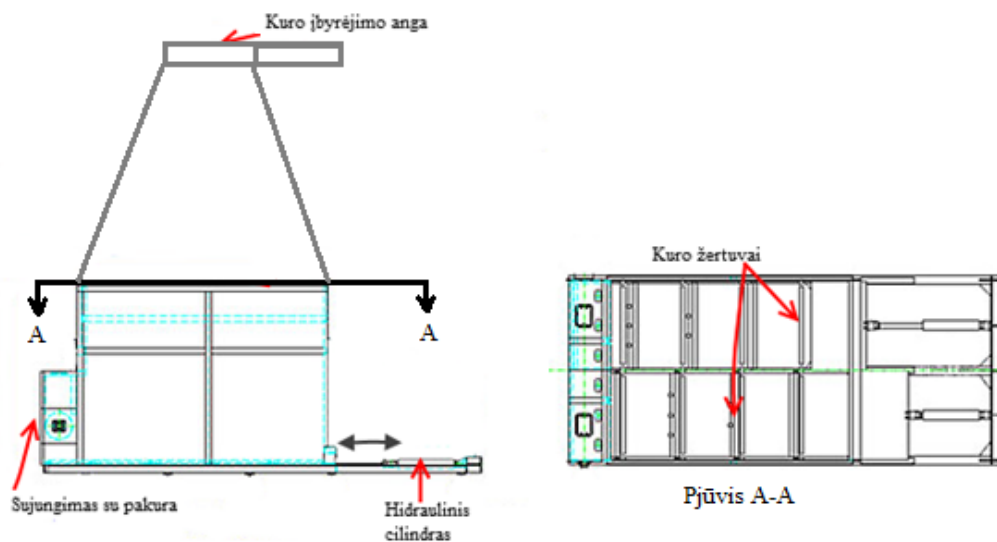
Lentelė 2.3 Pirminio, antrinio bei tretinio oro srauto ventiliatorių techniniai duomenys.

Eil. Nr.	Pavadinimas	Pirminio oro srauto ventiliatorius	Antrinio oro srauto ventiliatorius	Tretinio oro srauto ventiliatorius
1	Gamintojas	Cemer, Italija	Cemer, Italija	Cemer, Italija
2	Tipas	RM 450 / 2R LG270	RH 500 / 2R RD270	GR 560 / 2 RD90
3	Dažnio keitiklio gamintojas	Danfoss, Danija	Danfoss, Danija	Danfoss, Danija
4	Našumas, m ³ /h	4 000	9 000	9 000
5	El. variklio galia, kW	5,5	11	15
6	Darbo įtampa, V	400	400	400
7	Svoris, kg	52	93	93
8	Kiekis, vnt.	3	1	1

2.2.3. Pakuros kuro maitintuvas

Pakuros kuro maitintuvo sistemą sudaro:

- 15,5 m³ talpa;
- Du hidrauliniai cilindrai;
- Du žertuvai;
- Kuro lygio jutiklis;
- Priešgaisrinė sistema;



Pav. 2.6 Pakuros maitintuvo principinė schema

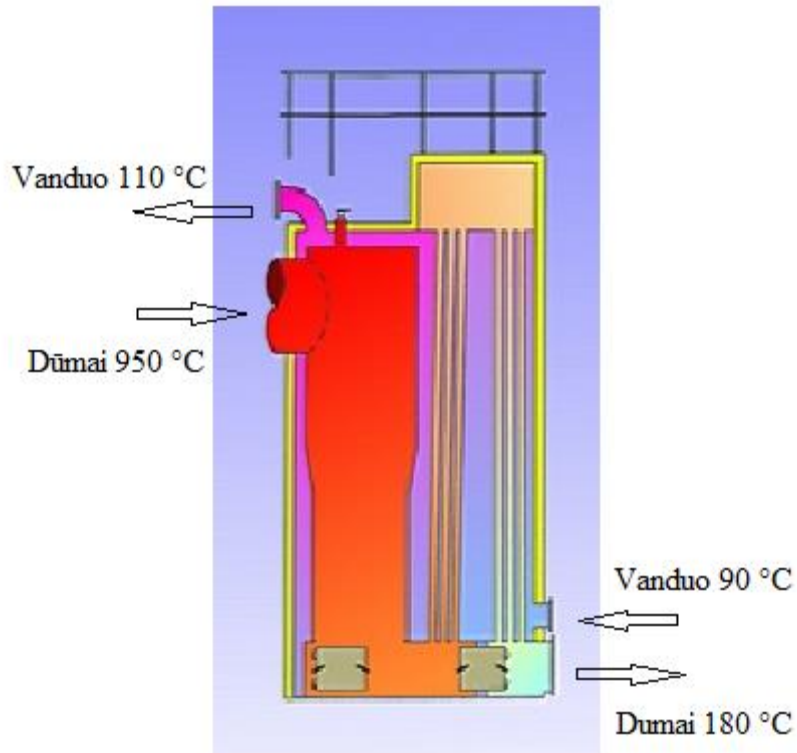
Biokuro lygis pakuros maitintuve reguliuojamas kuro lygio jutikliu. Kuro ūkio įrenginiai valdomi (įsijungia - išsijungia) automatiškai, priklausomai nuo pakurų maitintuvų lygių– kai kuro lygis bent viename kuro maitintuve tampa žemesnis nei nustatyta riba, paeiliui įsijungia kuro ūkio įrenginiai: kuro grandiklinis transporteris, svarstyklių juostinis transporteris, sandėlio grandiklinis transporteris, kuro trupintuvai, sandėlio hidraulinės stotys (kurių pagalba judesys perteikiamas sandėlio platformoms ir kuras iš sandėlio transportuojamas ant sandėlio grandiklinio transporterio).

Užpildžius pakuros maitintuvą iki užduoto lygio, tikrinama, ar netrūksta kuro kitos pakuros kuro maitintuve– jei taip, kuro paskirstymo sklendė perjungia kuro tiekimą į kitos pakuros grandiklinį transporterį, pastaruoju užpildomas kitos pakuros maitintuvas. Sklendės persijungimo metu visi už jos esantys kuro ūkio įrenginiai (transporteriai, trupintuvai, hidraulinės stotys) stabdomi. Perjungimo sklendei pasiekus galinę perjungimo padėtį, kuro ūkio įrenginiai, prieš tai aprašyta seka paleidžiami iš naujo. Sklendės perjungimo trukmė: apie 30 sek.

2.3. Vandens šildymo katilas

Katilinėje sumontuoti du vienodi 10 MW galios “Danstoker” katilai. Tai trijų eigu vandens šildymo katilai. Katilai yra dūmavamzdžiai, tai reiškia, kad katile esančiais vamzdeliais cirkuliuoja karšti dūmai, o visame katilo tūryje, aplink vamzdelius, yra vanduo. Šiluminė energija per vamzdelių sienes perduodama iš karštų degimo produktų, už juos šaltesniam vandeniui. Katilas (kaip slėginis indas) turi CE ženklimą pagal PED 97/23/EC (Europos Sąjungos slėginės įrangos direktyva).

Degimo produktai (apie 950 °C) išėję iš pakuros patenka į katilo radiacinę kamerą (į katilo pirmą eigą). Ja juda žemyn ir apačioje posūkio kameroje patenka į konvektyvinių vamzdžių pluoštą (antrą eigą), kuriais teka aukštyn. Viršutinėje dūmų vertimosi kameroje patenka į sekantį konvektyvinių vamzdžių pluoštą (trečią eigą), kuriais leidžiasi žemyn ir patenka į dūmų ištekėjimo atvamzdį. Taip dūmai tekėdami šiais kanalais atiduoda šilumą per sienes vandeniui, kuris cirkuliuoja katilo cilindriniam korpuse.



Pav. 2.7 „Danstoker“ dūmavamzdis katilas [18]

Katilą sudaro:

- Vertikalus katilo apvalkalas su galinėmis plokštėmis ir rėtine.
- Sujungimas su pakura.
- Vandeniui aušinama apatinė posūkio kamera.
- Viršutinė posūkio kamera su išvalymo durelėmis.
- Jungtys tiekiamam ir grįžtančiam vandeniui.
- 100 mm mineralinės vatos izoliacinis sluoksnis.
- Aptarnavimo platforma.
- Pneumatinė suodžių apiputimo sistema.
- Krano rėmas su rankiniu kranu viršutinių durelių atidarymui.

Katilo viršuje yra sumontuota pneumatinė suodžių valymo sistema– siekiant, atlikti pilnai automatizuotą nenutrūkstamą valymo procesą, kuris pagerina katilo veikimą ir bendrą katilinės našumą. Automatinei suodžių valymo sistemai valdyti yra skirtas valdymo blokas.

Sistema yra su tiksliai apskaičiuotu apipūtimo vožtuvų skaičiumi pakankamu palaikyti švarems dūmų vamzdžių paviršiams– be suodžių ir kitų nešvarumų susidarantių degimo proceso metu.

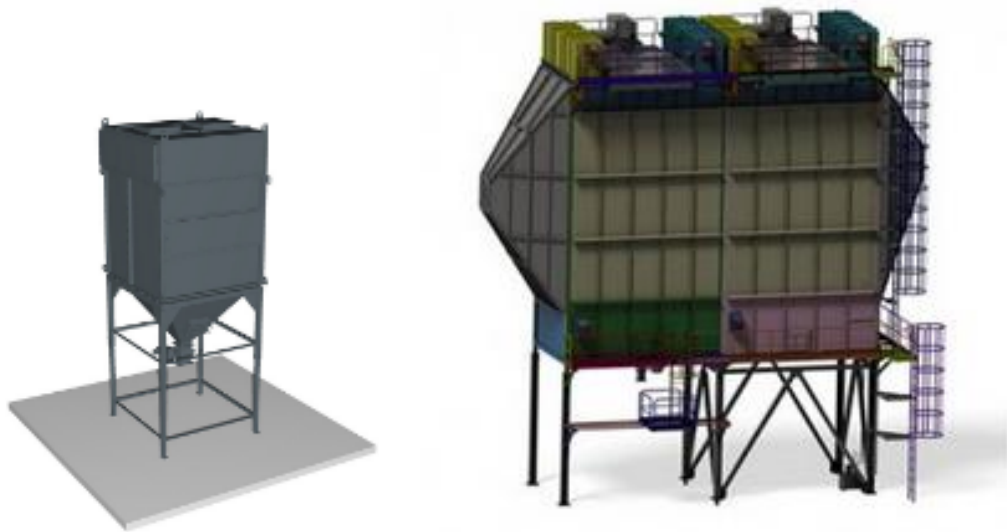
Priklausomai nuo kuro ir degimo kokybės sistemos valdymas sureguliuojamas taip, kad katilo šildomieji paviršiai būtų valomi kuo rečiau– tiek kiek būtina.

Lentelė 2.4. Vandens šildymo katilo techniniai duomenys.

Eil. Nr.	Pavadinimas	Reikšmė
1	Vandens šildymo katilo tipas	Vertikalus dūmavamzdis katilas
2	Gamintojas	„Danstoker“
3	Šiluminis našumas, MW	10,0
4	Maksimali dūmų temperatūra katilo įėjime, °C	950
5	Nominalus vandens slėgis katile, bar	16
6	Hidraulinio bandymo metu pasiektas slėgis, bar	24
7	Nominali vandens temperatūra iš katilo, °C	110
8	Maksimali leistina vandens temperatūra iš katilo, °C	150
9	Didžiausias vandens temperatūrų skirtumas išėjime ir įėjime (ΔT), °C	25
10	Dūmų temperatūra už katilo, °C	127 ÷ 180, ne daugiau 185
11	NVK, %	84,0 ÷ 88,0 ne mažiau 83
12	Katilo vandens tūris, l	36 146
13	Šiluminio našumo reguliavimo diapazonas, %	30-100
14	Hidraulinis pasipriešinimas per katilą, bar	0,2

2.4. Dūmų valymo įrenginiai

Dūmų valymas VŠK2 katilinėje atliekamas pasitelkiant du įrenginius t.y. baterinį multicikloną ir elektrostatinį filtrą. Baterinis multiciklonas skirtas pirminiam išvalymui ir išvalo dūmus iki 250 mg/Nm³. Elektrostatinis filtras dūmus nuo kietųjų dalelių išvalo iki 20 mg/Nm³.



Pav. 2.8 Multiciklonas (kairėje) ir elektrostatinis filtras (dešinėje)

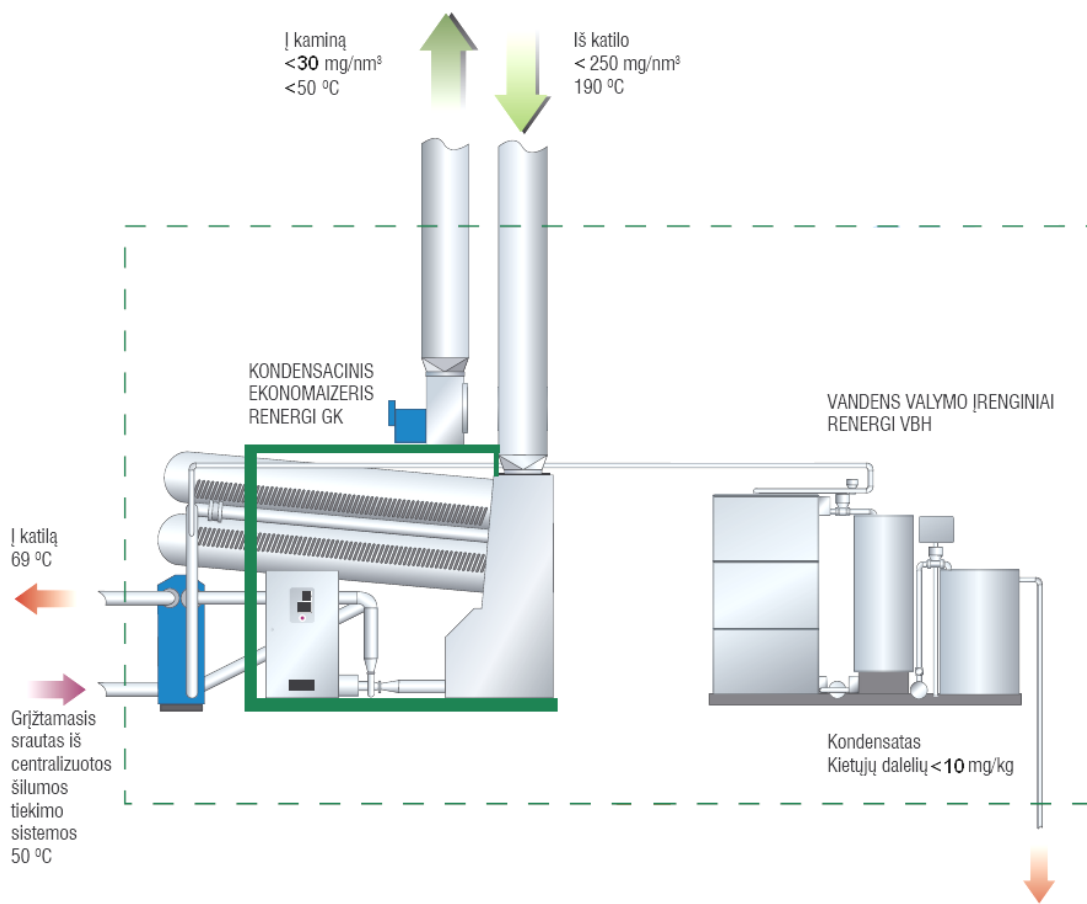
2.5. Dūmų kondensacinis ekonomizeris

Kondensacinis ekonomizeris leidžia šilumos gamintojams net trečdaliu padidinti biokuro katilinių galingumą, nedidinant sunaudojamo kuro kiekio. Tai – daug pigesnis būdas padidinti biokuro katilinės galingumą, nei statyti naują katilą ar imtis kitų daug investicijų reikalaujančių priemonių. Kondensacinio ekonomizerio galingumas, esant tam tikroms sąlygoms, gali siekti 32 proc. katilo galingumo.

Dūmų kondensacinis ekonomizeris regeneruoja energiją, kondensuodamas katilo dūmuose esančius vandens garus. Vandens garai susidaro deginant biokurą, nes biokuras paprastai būna nuo 30% iki 60% drėgmės.

Kondensacinis ekonomizeris turi daug purkštukų ir per juos išpurškia vandenį ant dūmų. Taip sudaromas labai didelis šilumos mainų plotas. Išpurkštas vanduo aušina dūmus ir tuo pačiu sugeria jų šilumą. Taip pat dūmai pasiekia rasos tašką ir juose esantys vandens garai kondensuojasi.

Dūmai patenka į nuožulnų vamzdį, kuris turi daug purkštukų. Vanduo bėga apatine vamzdžio dalimi į surinkimo indą, kuriame gali būti reguliuojama pH reikšmė. Iš šio indo vanduo yra pumpuojamas į plokštelinį šilumokaitį, kuris perduoda sugertą šilumą grįžtančiam šilumos tinklų sistemos vandens srautui. Tada kondensatas vėl grąžinamas į purkštukus ir galiausiai surenkamas tam tikroje talpykloje. Visas procesas vyksta uždaroje sistemoje, kurioje tik kondensatas yra išleidžiamas į vandens valymo įrenginius.



Pav. 2.9 Kondensacinio ekonomizerio principinė schema

Kondensacinis ekonomizeris - regeneruoja energiją kondensuodamas iš katilo išeinančiuose dūmuose esančius vandens garus, kurie susidaro deginant biokurą.
VBH vandens valymo įrenginiai – valo susidariusį kondensatą.

3. BIOKURO PAKUROS BP1 TYRIMAS IR MODERNIZAVIMAS

Magistriniame darbe buvo tiriama ir modernizuojama judančio ardyno biokuro pakura BP1, stovinti biokuro katilinėje VŠK2.

3.1. Biokuro pakuros BP1 problemų analizė

Judančio ardyno pakuros skaitomos vienos iš patikimiausių, tačiau kartais vis tiek pasitaiko gedimų. Buvo apklausti keletas biokuro katilinių eksploatuotojų, kurių katilinėse stovi tokio pat tipo pakuros kaip ir BP1. Apklaustų eksploatuotojų pakurų galia svyruoja nuo 8-14 MW. Žemiau pateiktas sąrašas dažniausiai pasitaikančių gedimų tokio tipo pakurose.

Judančio ardyno pakurose dažniausiai pasitaikančios problemos:

1. Užstrigęs ardynas.
2. Užstrigęs pelenų šalinimo skreperis.
3. Deformuojasi ardyno rėmas.
4. Išsilydžiusios ardelės.
5. Kuro bunkerio užsiliepsnojimas.
6. Per trumpas mūro ar šamotinių plytų tarnavimo laikas.
7. Nesudegęs kuras nubyra į pelenų šalinimo sistemą.

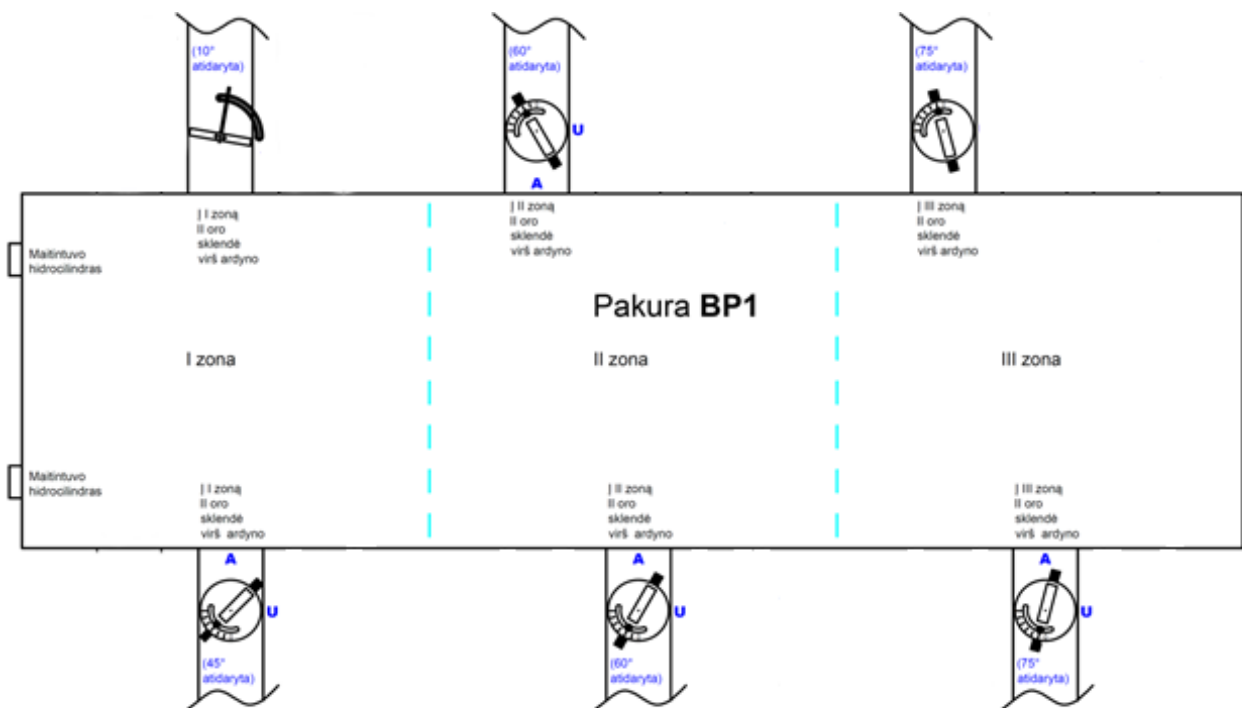
Manoma, jog dauguma aukščiau išvardintų problemų kyla dėl kelių pagrindinių priežasčių. Viena iš priežasčių yra per aukšta temperatūra – pakuroje temperatūra neturėtų viršyti aukštesnės nei 1100 °C temperatūros, esant aukštesnei temperatūrai gali išsilydyti ardelės, deformotis ardyno rėmas ar ištrupėti pakuros mūras. Pakuros temperatūra paprastai sukyla dėl blogo orų srautų suregulavimo ir dėl netolygiai paduodamo kuro.

Į pakurą paduodamas kuras būna įvairios drėgmės (gali svyruoti nuo 30% iki 60% drėgmės). Nuo kuro drėgmės labai priklauso kuro džiūvimo ir užsiliepsnojimo laikas. Katilinės operatorių tikslas yra nustatyti ardyno cilindro darbą taip, kad degimas – liepsna, būtų palaikoma antroje ardyno zonoje. Tačiau nežinant kokios drėgmės kuras yra bunkeryje, tai padaryti gana sudėtinga ir ne visuomet spėjama laiku sureaguoti į pasistūmėjusią liepsną. Jei paduodamas kuras yra sausesnis, nei prieš tai, liepsna atsiduria arčiau pakuros bunkerio angos, tuomet kyla pavojus užsiliepsnoti pakuros bunkeryje esančiam kurui. Jei kuras drėgnesnis – jis ilgiau džiūva

ir užsiliepsnoja tik trečioje ardymo zonoje. Tuomet nesudegęs kuras byra į pelenų surinkimo sistemą.

3.2. Pakuros antrinio oro srauto kanalo tyrimas ir projektavimas

Seniau antrinio oro srauto vamzdynas buvo pagamintas neatsižvelgiant į tai, kaip pasiskirsto oro srautai į visas šešias išėjimo angas. Kad srautai būtų vienodi, derintojai, katilinės derinimo metu, juos turi sureguliuoti rankinėmis sklendėmis. Šis procesas užima nemažai laiko, nes šiek tiek pakeitus vienos rankinės sklendės padėtį, orų srautai keičiasi visose šešiose atšakose. Paveikslėlyje 3.1 matyti, kaip pasuktos rankinės sklendės, kad orų srautai būtų apytiksliai vienodi 10 % ribose.



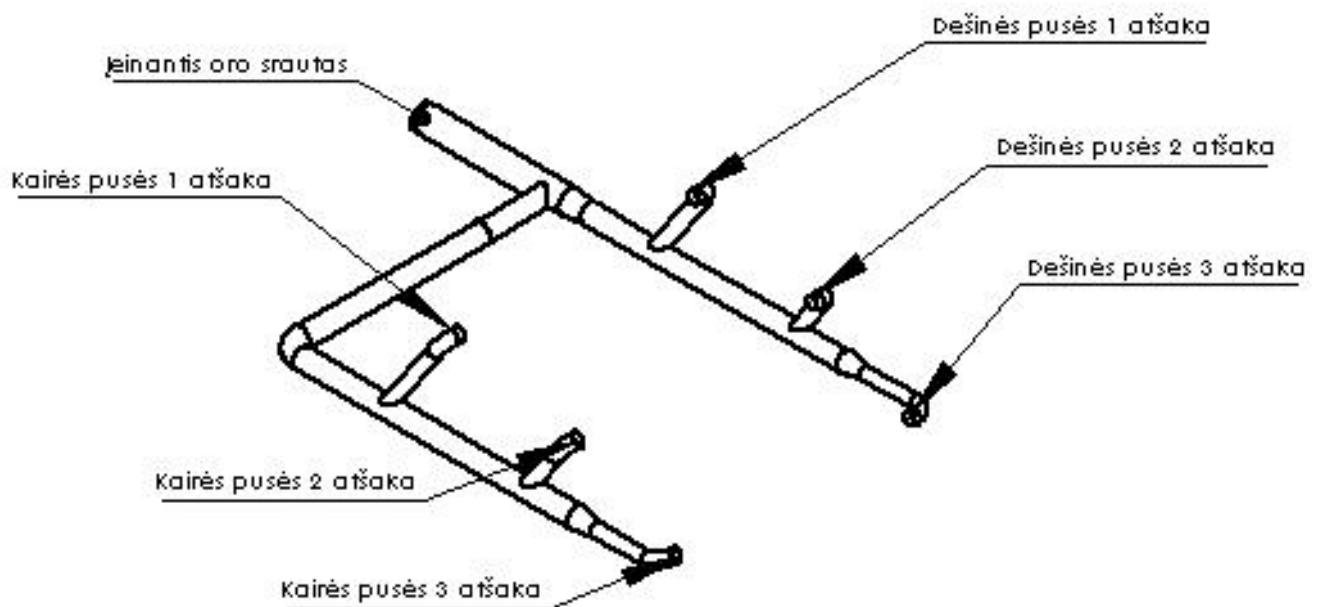
Pav. 3.1 Nmodernizuoto antrinio oro srauto kanalo rankinių sklendžių padėtys

Naujai projektuojamas orų kanalas bus suprojektuotas taip, kad visos sklendės būtų atvirose pozicijose ir jų nereiktų nustatinėti derinimo metu. Kai rankinės sklendės bus atviros bus taupoma elektros energija– neliks papildomų kliūčių tekančiam orui ir ventiliatoriai dirbs

mažesniu galingumu. Kadangi katilai beveik visą laiką dirba maksimaliu režimu, tai orų srautai bus skaičiuojami kai antrinio oro srauto ventiliatorius dirba maksimalia apkrova.

Derinant pakurą, kai oro kanalai suprojektuoti blogai, oro srautai kiekvienoje atšakoje suderinami droseliuojant kiekvieną jų su rankinėmis sklendėmis. Tai iššaukia el. energijos poreikį, nes atidaryta būna tik viena sklendė (tos kanalo atšakos, kurioje pasipriešinimas oro srautui yra didžiausias). Tuo tarpu kitos oro kanalo atšakos yra droseliuojamos. O atšaka, kurioje pasipriešinimas yra mažiausias, būna droseliuojamas palikus sklendę vos atvirą (beveik uždarytą). Tiksliai paskaičiavus oro srauto pasipriešinimą, nebereikia droseliuoti nei vienos kanalo atšakos. Tuomet oro ventiliatorius dirba tiek, kiek kiekviename režime reikia oro kiekio į pakurą– el. energija nepereikvojama.

Esant netolygiam antrinio oro pasiskirstymui, tam tikrose pakuros zonose yra oro perteklius. Kitose pakuros zonose oro srauto, reikalingo degimui trūksta. Pirmu atveju oro perteklius didina pakuros nuostolius, nes deguonis kuris nedalyvauja degime aušina kūryklą. Antru atveju, kai yra oro trūkumas, gaunasi nepilnas kuro sudegimas dėl kurio atsiranda kuro poreikio. Be to, dėl oro trūkumo išauga CO kiekis dūmuose - gamtos teršimas.



Pav. 3.2 Antrinio oro srauto kanalo schema

Pagrindinės priežastys, dėl ko atliekamas antrinio oro srauto kanalo modernizavimas:

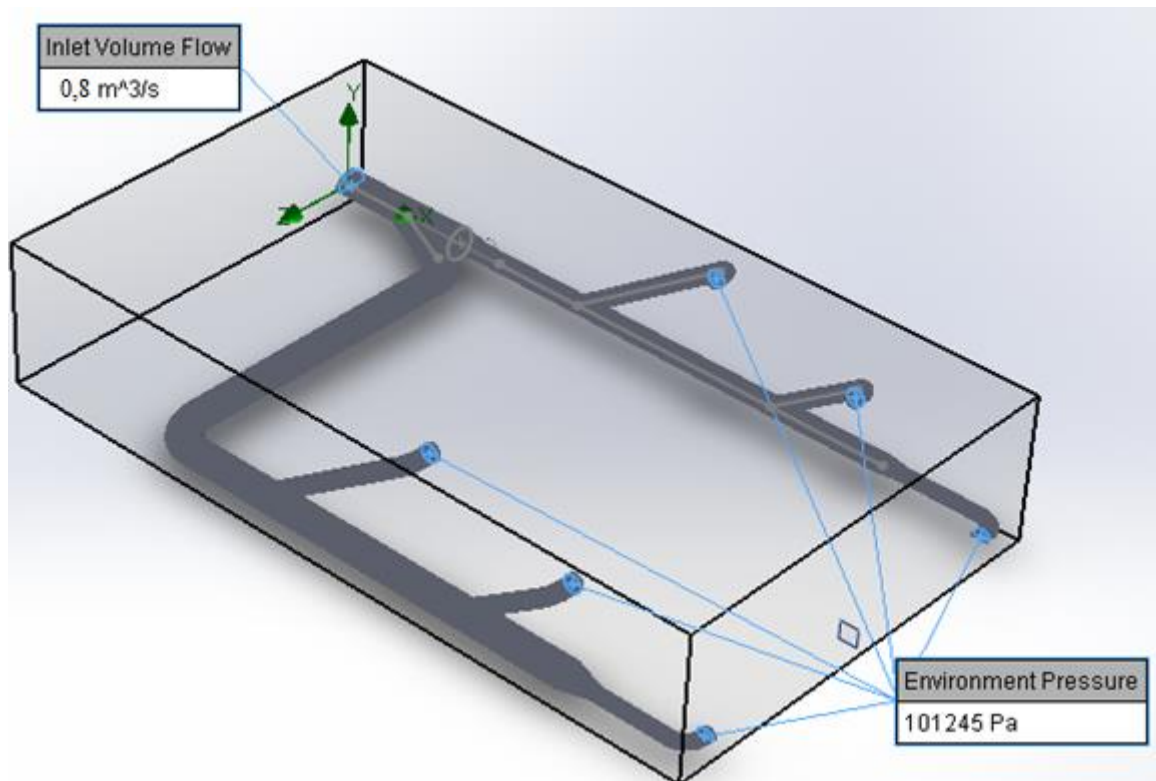
- Derintojams nereikės gaišti laiko reguliuojant (su orų sklendėmis) vienodus oro srautus visose šešiose antrinio oro srauto kanalo išėjimo angose. Modifikuotame orų kanale orų srautai visose atšakose bus lygūs (su 10% paklaida) ir derintojams nebereikės atlikinėti ilgai trunkančio ir sudėtingo orų srautų reguliavimo.
- Kai kuriose oro kanalo atšakose rankinės sklendės pasuktos net iki 80°, o tai sudaro nemažą oro srauto pasipriešinimą ir didina antrinio oro srauto ventiliatoriaus variklio sunaudojamą energiją.
- Esant netolygiam antrinio oro srauto pasiskirstymui, pakura dirba nestabiliai. Pulsuoja galia ir CO kiekis išmetamuose pro kaminą dūmuose. Taip pat didėja pakuros nuostoliai.

3.2.1. Nmodernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimas

Programa „Solidworks“ buvo nubraižytas seno tipo orų kanalas ir padarytas oro srautų pasiskirstymo tyrimas „Solidworks Flowsimulation“ programa.

Pradinės sąlygos:

- Įėjimo angoje, prie kurios prijungtas antrinio oro srauto ventiliatorius buvo nustatytas 0,8 m³/s oro debitas. Toks debitas tiekiamas į pakurą tada, kai pakura dirba maksimaliu režimu.
- Visose šešiose išėjimo angose buvo parinktas 80 Pa mažesnis nei aplinkos slėgis. Tokį slėgį palaiko dūmsiurbis, kad dūmai per mažus plyšius nesiveržtų lauk.



Pav. 3.3 Pradinės tyrimo sąlygos

Nemodernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimo rezultatai:

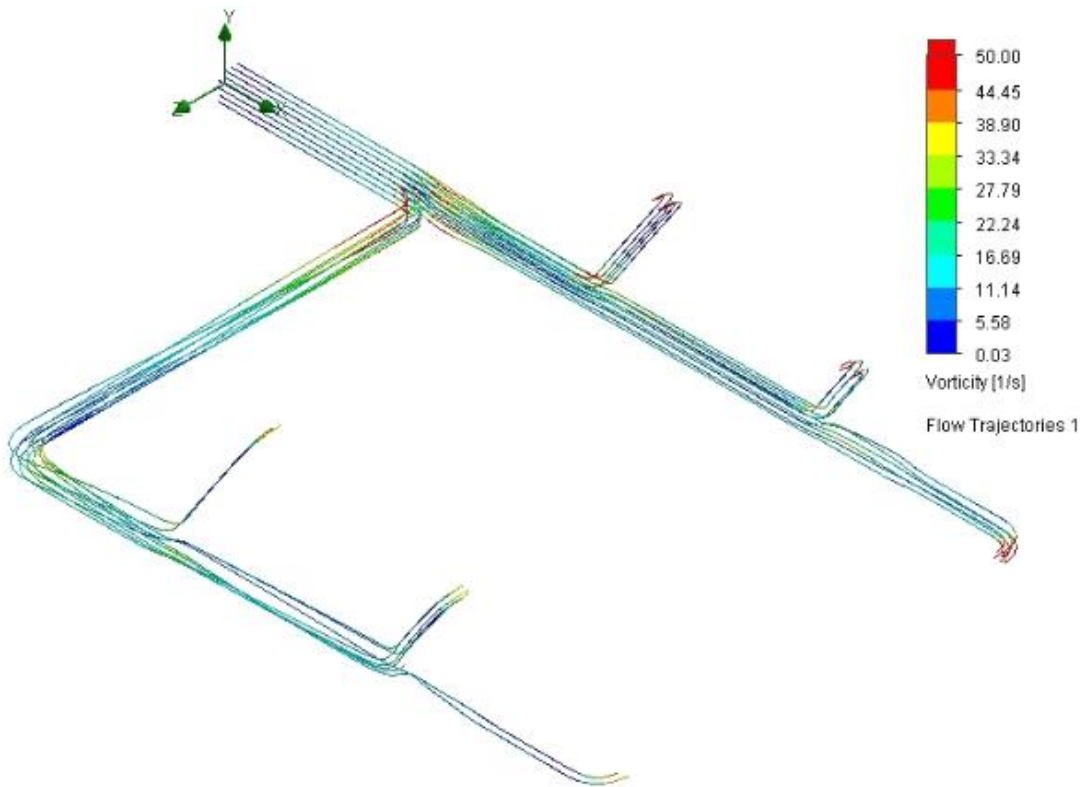
Programa „Flowsimulation“ buvo ištirta kaip pasiskirsto oro srautas nemodernizuotame antrinio oro srauto kanale. Tyrimo metu buvo nustatyta koks oro srautas yra visose šešiose antrinio oro srauto kanalo išėjimo angose.

Lentelė 3.1. Orų srautų pasiskirstymo rezultatai iš „Flowsimulation“:

Rezultato pavadinimas	Mat. vienetai	Oro debitas
Kairės pusės 3 atšaka	m ³ /s	0,112
Kairės pusės 1 atšaka	m ³ /s	0,101
Kairės pusės 2 atšaka	m ³ /s	0,105
Dešinės pusės 2 atšaka	m ³ /s	0,163
Dešinės pusės 1 atšaka	m ³ /s	0,142
Dešinės pusės 3 atšaka	m ³ /s	0,177

Iš gautų rezultatų matome, kad daugiausiai oro nuteka į dešinės pusės trečiąją atšaką (0,176 m³/s), o mažiausiai į kairės pusės antrą atšaką (0,105 m³/s). Skirtumas tarp didžiausio ir

mažiausio oro srauto gaunasi $0,075 \text{ m}^3/\text{s}$, o tai yra daugiau nei 40% skirtumas. Analizuojant gautus rezultatus matosi, kad visose dešinės pusės atšakose orų srautai yra kur kas didesni nei kairės pusės atšakose. Taip gali būti dėl to, kad pagrindinės atšakos- kairė ir dešinė (iš kurių atsišakoja po tris atšakas) yra sujungtos stačiu kampu.



Pav. 3.4 Oro srauto greičio grafikas (seno orų kanalo) prie maksimalaus oro srauto

Aukščiau esančiame paveikslėlyje pavaizduotas senojo kanalo oro srauto greičio grafikas. Linijos atvaizduoja oro srauto pasiskirstymą, o linijų spalvos– oro srauto greitį. Iš srauto pasiskirstymą atvaizduojančių linijų matome, jog didesnį dalis srauto nuteka kairiaja atšaka ir didžiausias srautas yra trečiojoje atšakoje. Taip pat matome, jog skirias ir oro srauto greičiai išėjimo angose. Projektuojant naują antrinio oro srauto kanalą reikia daryti kairės pusės atšakos susijungimą su dešiniąja mažesniu kampu.

3.2.2. Modernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimas ir projektavimas

Naujas oro srauto kanalas buvo projektuojamas padarant įėjimo ir išėjimo angų vietas tose pačiose vietose, kad nereikėtų keisti antrinio oro ventiliatoriaus pastatymo vietas arba

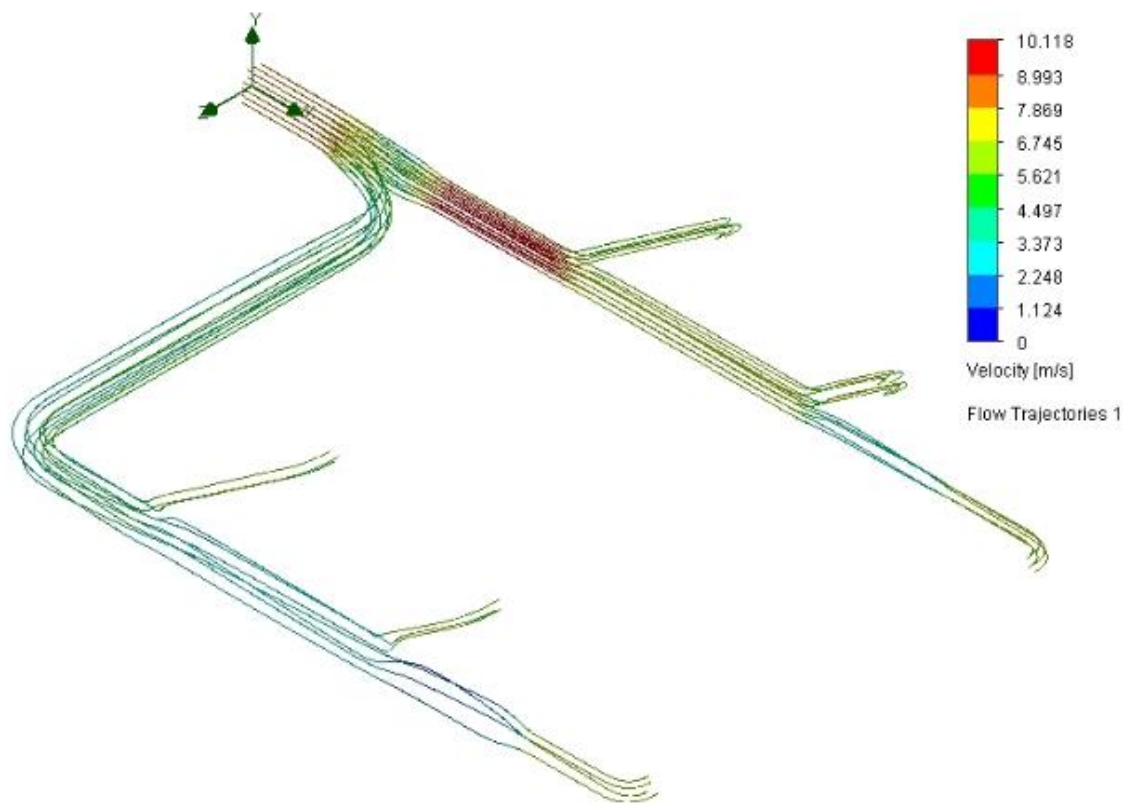
daryti naujų angų pakuroje, per kurias paduodamas antrinis oro srautas. Atsižvelgus į seno kanalo tyrimo rezultatus, buvo keičiami orų kanalo alkūnių kampai, atšakų diametrai. Atlikus nemažai antrinio oro srauto kanalo modifikavimų ir bandymų buvo pasiektas norimas rezultatas– oro srautas pasiskirstė beveik tolygiai su mažesniu nei 10% netolygumu. Orų kanalo tyrimai buvo atliekami esant tokioms pat pradinėms sąlygoms, kaip ir atliekant nemodernizuoto orų kanalo tyrimą, t.y. esant -80 Pa traukai pakuroje ir prie maksimalaus antrinio oro srauto (0,8 m³/s).

Modernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimo rezultatai esant maksimaliam oro srautui:

Lentelė 3.2. Orų srautų pasiskirstymo rezultatai iš „Flowsimulation“:

Rezultato pavadinimas	Mat. vienetai	Oro debitas
Kairės pusės 3 atšaka	m ³ /s	0,135
Kairės pusės 2 atšaka	m ³ /s	0,129
Kairės pusės 1 atšaka	m ³ /s	0,131
Dešinės pusės 1 atšaka	m ³ /s	0,128
Dešinės pusės 2 atšaka	m ³ /s	0,138
Dešinės pusės 3 atšaka	m ³ /s	0,140

Iš rezultatų lentelės matome, kad orų srautai yra gana panašūs– didžiausias oro srautas yra dešinės pusės trečiojoje atšakoje (0,140 m³/h), o mažiausias– dešinės pusės pirmojoje atšakoje (0,128 m³/h). Orų srautų skirtumas tarp didžiausio ir mažiausio yra 0,012 m³/h, o tai yra mažiau nei 9% skirtumas tarp didžiausio ir mažiausio oro srauto.



Pav. 3.5 Oro srauto greičio grafikas (suprojektuoto orų kanalo) prie maksimalaus oro srauto

Iš oro srautų pasiskirstymo grafiko, kai pakura dirba maksimaliu režimu, matome, kad oro srautą vaizduojančių linijų kiekis yra panašus visose atšakose. O iš linijų spalvų matome, jog oro srauto greitis visose šešiose išėjimo angose labai panašus.

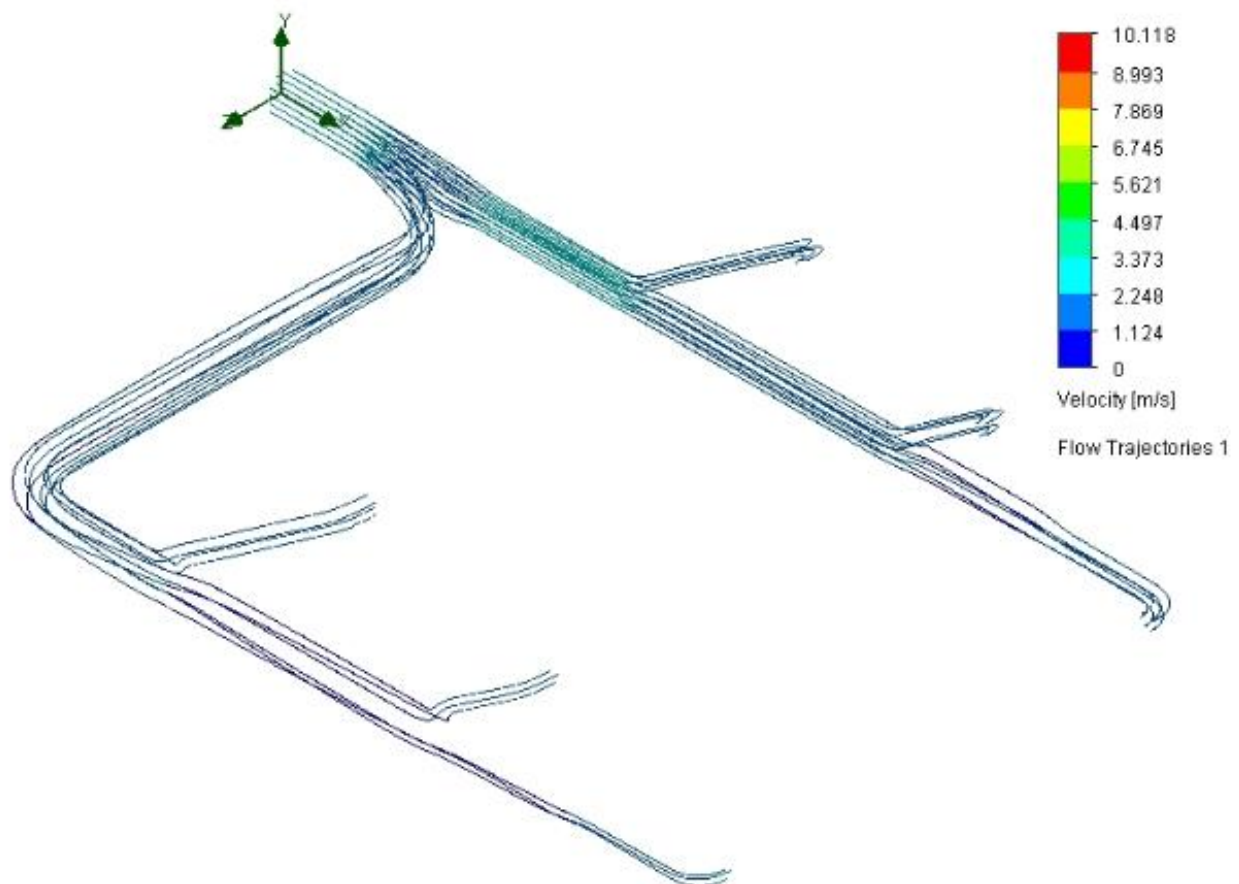
Suprojektuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimas esant minimaliam srautui:

Prieš tai buvo atliktas orų srautų pasiskirstymo tyrimas, kai pakuros apkrovimas yra maksimalus, t.y. $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Dažniausiai pakura ir dirba maksimaliu režimu, bet pasitaiko atvejų, kai pakura turi dirbti ir tarpiniais režimais, kartais net ir minimaliu režimu– 30 proc. apkrova. Dėl šios priežasties bus atliekamas naujai suprojektuoto orų kanalo srautų tyrimas, esant minimaliam pakuros režimui, o taip pat ir minimaliam orų srautui.

Lentelė 3.3. Orų srautų pasiskirstymo rezultatai iš „Flowsimulation“

Rezultato pavadinimas	Mat. vienetai	Oro debitas
Kairės pusės 3 atšaka	m ³ /s	0.0411
Kairės pusės 2 atšaka	m ³ /s	0.0394
Kairės pusės 1 atšaka	m ³ /s	0.0398
Dešinės pusės 1 atšaka	m ³ /s	0.0381
Dešinės pusės 2 atšaka	m ³ /s	0.0408
Dešinės pusės 3 atšaka	m ³ /s	0.0407

Atlikus oro srautų tyrimą esant minimaliam pakuros apkrovimui, paaiškėjo, kad srautai į visas šešias atšakas pasiskirsto taip pat ganėtinai tolygiai. Didžiausias oro srautas yra kairės pusės trečioje atšakoje (0,0411 m³/s), o mažiausias– dešinės pusės pirmoje atšakoje. Skirtumas tarp didžiausio oro srauto ir mažiausio yra apie 8%, o tai tenkina išsikeltą tikslą.

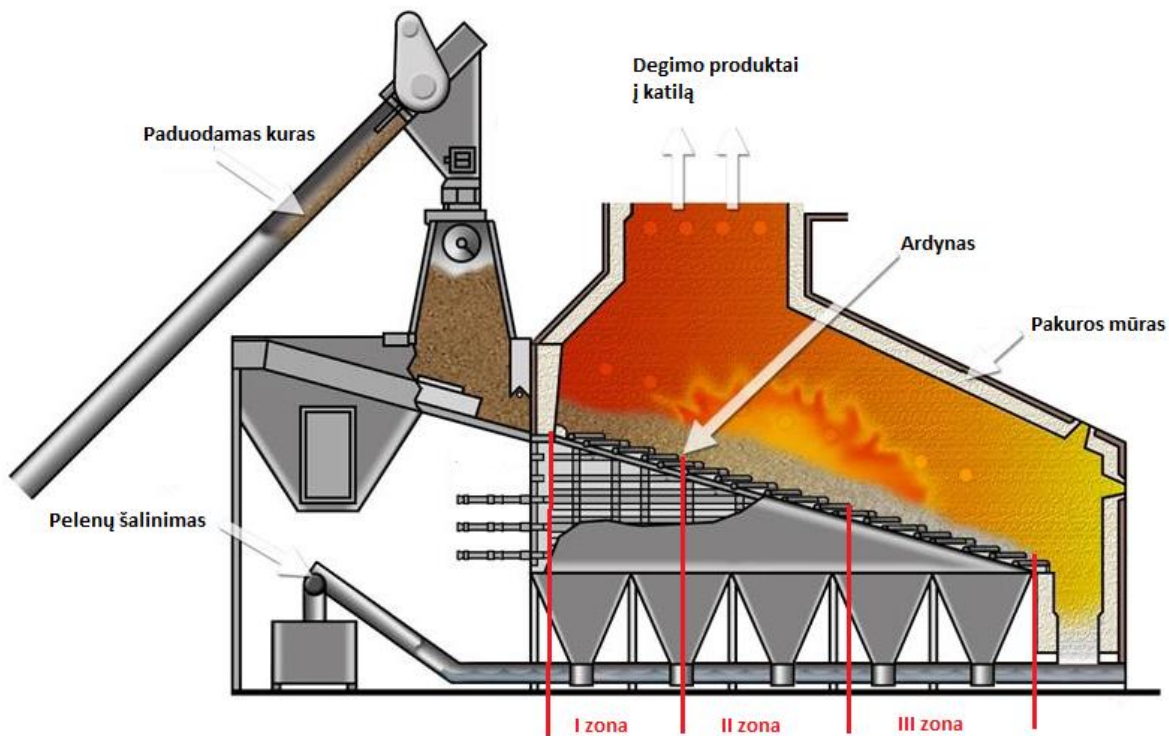


Pav. 3.6 Oro srauto greičio grafikas (suprojektuoto orų kanalo) prie minimalaus oro srauto

Orų srautų pasiskirstymo grafiko linijos atvaizduoja, kaip pasiskirsto oro srautas orų kanalo atšakose. Linijų spalvos nusako oro srauto greitį kanale. Grafike puikiai matyti, jog oro srauto debitas ir greitis pasiskirsto tolygiai.

3.3. Kuro maitintuvo ir ardyno judinimo hidraulinių sistemų modernizavimas

Maitintuvo hidraulinė sistema yra sudaryta iš hidraulinės stotelės su skirstytuvu ir hidraulinių cilindrų. Hidraulinės stotelės skirstytuvą reikiama tvarka sujungtas su maitintuvo hidrauliniiais cilindrais. Skirstytuve atidarius reikiamą vožtuvą sukeliama slėgis hidrauliniame cilindre ir taip pastarasis pradeda judėti. Ardyno visoms trimis zonomis judesys suteikiamas tokiu pat principu kaip ir pakuros maitintuvo žertuvams (hidraulinė stotelė sukelia slėgį ardyno hidrauliniuose cilindruose).



Pav. 3.7 Pakuros ardyno suskirstymas zonomis

Kai hidrauliniai cilindrai stumdo ardyno zonas, kuras pamažu slenka ardynu žemyn, link pelenų surinkimo vietos. Kol pakura buvo dar nemodernizuota, pakuros maitintuvų ir ardyno judinimo hidraulinės stotelės dirbo be dažnio keitiklių. O tai reiškia, kad hidraulinės stotelės visuomet sukeldavo tokį pat slėgį hidrauliniuose cilindruose ir jie judėdavo beveik tokiu pat greičiu (greitis šiek tiek kisdavo priklausomai nuo apkrovos). Vienintelis būdas reguliuoti kuro

slinkimo greitį ardynu būdavo reguliuojant hidraulinių cilindrų pauzių laikus tarp ciklų (hidraulinio cilindro ciklas- hidraulinio cilindro nuvažiavimas iki galo ir grįžimas į pradinę padėtį). Norint, jog kuras pakuros ardynu žemyn slinktų lėčiau, būdavo ilginamos pauzės tarp hidraulinių cilindrų ciklų. Kai ardyno hidrauliniai cilindrai dirbdavo su ilgomis pauzėmis, dažniausiai ant ardyno susidarydavo storas kuro sluoksnis, o tai nėra gerai, nes storas kuro sluoksnis išdžiūva ir sudega kur kas lėčiau ir degimas pakuroje iš antros ardyno zonos pasislenka link trečios ardyno zonos. Taip atsiranda galimybė nesudegusiam kurui patekti į pelenų šalinimo kanalą.

Dažniausiai tokie atvejai pasitaikydavo, kai pakuroje būdavo deginamas drėgnesnis kuras (apie 50 % drėgmės), tuomet ardyno pirmos zonos hidraulinis cilindras dirbdavo su ilgomis pauzėmis ir maitintuvas sustumdavo didelę kuro krūvą pirmoje ardyno zonoje.

Norint pašalinti minėtas problemas, buvo pasiūlyta pakuros maitintuvo cilindrų hidraulines stoteles valdyti dažnio keitikliais ir taip reguliuoti hidraulinio cilindro vieno ciklo laiką (hidraulinio cilindro judėjimo greitį). Tuomet atsiranda galimybė tiksliai reguliuoti kiekvienos ardyno zonos, o tuo pačiu ir kuro slenkančio ardynu judėjimo greičius. Taip pat atsiranda galimybė pakuroje palaikyti reikiamą kuro sluoksnio storį.

Lentelė 3.4. Pakuros maitintuvo ir pakuros ardyno judinimo hidraulinių stotelių (HS) specifikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas	Maitintuvo HS	Ardyno judinimo HS
1	Hidraulinės stoties gamintojas	„Pramoniniai įrenginiai“ Lietuva	„Pramoniniai įrenginiai“ Lietuva
2	Hidraulinės alyvos bako talpa, l	235	190
3	Rekomenduojama hidraulinė alyva vasarą (pagal ISO)	VG 46	VG 46
4	Rekomenduojama hidraulinė alyva žiemą pagal ISO	VG 20	VG 20
5	Maksimalus darbo slėgis, bar	100	100
6	El. variklio galia, KW	7,5	6
7	Darbo įtampa, V	380	380
8	Hidraulinės stoties svoris, kg	200	175

Pagal turimus maitintuvo ir ardyno judinimo hidraulinių stotelių duomenis buvo parinkti dažnio keitikliai.

Lentelė 3.5. Parinktų dažnio keitiklių duomenų lentelė

Eil. Nr.	Pavadinimas	Maitintuvo HS dažnio keitiklis	Ardyno judinimo HS dažnio keitiklis
1	Gamintojas ir modelis	<i>Danfoss FC102</i>	<i>Danfoss FC102</i>
2	Galia	7,5 kW	7,5 kW
3	Fazių skaičius	3	3
4	Įėjimo parametrai	380–500 V, trifazis; 50–60 Hz ±5%	380–500 V, trifazis; 50–60 Hz ±5%
5	Max. srovė	15 A	15 A
6	Reguliavimo diapazonas	1,1–7,5 kW	1,1–7,5 kW
7	Apsaugos klasė	IP55	IP55
8	Matmenys	242x200x420	242x200x420
9	Svoris	14,2 kg	14,2 kg
10	Kaina	780 Eur	780 Eur



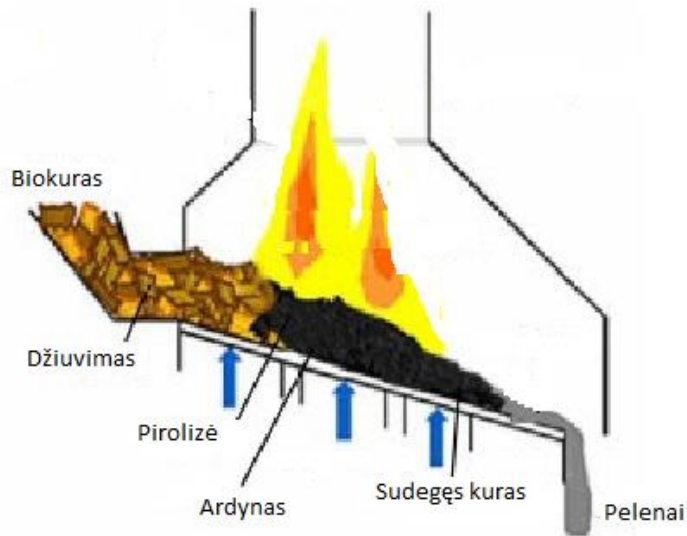
Pav. 3.8 Dažnio keitiklis *Danfoss FC102*

3.4. Pakuros maitintuvo modernizavimas įdiegiant drėgnomatį

Į pakuros maitintuvą, iš kurio paduodamas kuras ant pakuros ardyno, bus įdiegtas drėgnomatis, kuris nuolatos matuos biokuro, esančio pakuros maitintuve drėgmę.

Biokuras (medienos skiedros) katilinėms tiekiamas iš įvairių tiekėjų, todėl jis būna labai skirtingos kokybės ir drėgmės. Kuro, gaunamo iš biokuro tiekėjų, drėgmė dažniausiai svyruoja

nuo 30 - 60 %. O tai yra gana plačios drėgmės ribos, sukeliančios nemenką iššūkį, išgauti efektyvų pakuros darbą [1].



Pav. 3.8 Kuro degimo procesas pakuroje

Kuras patekęs ant pakuros ardyno nepradedą iš karto degti. Pirmiausia kuras turi išdžiūti ir pasiekti pirrolizės temperatūrą, kuri yra apie 260 °C [3]. Taigi, kuo kuras drėgnesnis, tuo vėliau jis užsidega, o tai reiškia, kad tuo toliau jis nuslenka ardynu nesudegęs. Jei į pakurą pateks didelės drėgmės kuras – visas kuro degimo procesas pasislinks toliau nuo pakuros maitintuvo ir tuomet į pelenų kanalą nubirs nesudegęs kuras. O jei kuras per sausas – liepsna atsидurs arčiau kuro maitintuvo ir pastarajam atsiras pavojus užsiliepsnoti. Be to, pasislinkus degimo zonai į kitą vietą, nebeatitinka pirminio ir antrinio oro srauto kiekis, kad toje vietoje būtų optimalus kuro – oro santykis, reikalingas geram kuro sudeginimui. Toks iškreiptas kuro oro santykis, didina oro pertekliaus koeficientą, tuomet be reikalo aušinama pakura oro srautu, kuris nedalyvauja degimo procese. Taip pat gali išaugti CO kiekis pakuroje ir tuomet labai sunku sureguliuoti mažą CO kiekį dūmuose išmetamuose į atmosferą. Siekiant išvengti minėtų problemų ir palaikyti liepsną reikiamoje vietoje, bus įdiegtas drėgnomatis. Pagal jį bus reguliuojami pirminio oro srauto ventiliatoriai ir ardyno zonų judėjimo greičiai.

Kaip jau buvo minėta anksčiau, ardynas yra suskirstytas į tris zonas (I, II ir III zonos). Į visas tris zonas atskirais pirminio oro srauto ventiliatoriais paduodamas oro srautas. Oro srautai paduodami iš po ardyno apačios.

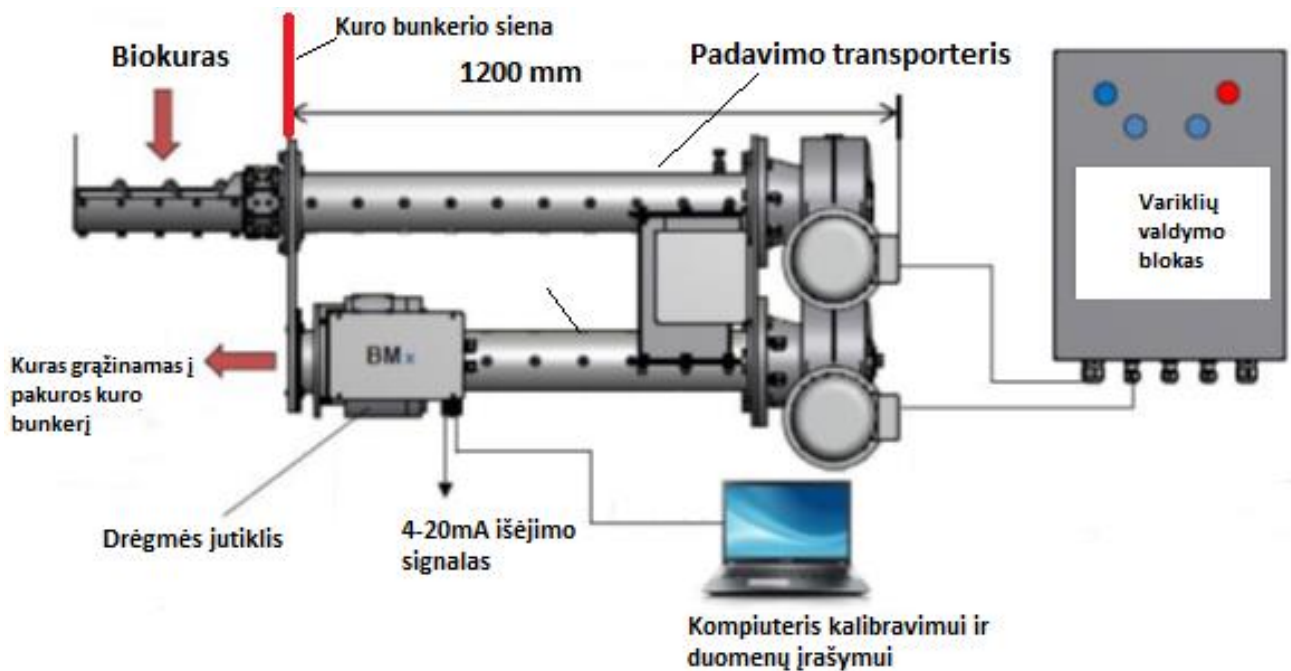
Kai drėgnomatis nustatys didelės drėgmės kurą, pirmos zonos pirminio oro ventiliatorius pradės dirbti didesniu pajėgumu ir oro debitas, džiovinantis kurą, bus didesnis [4].

Tuomet vieta, kurioje užsidega kuras pasislinks arčiau ardyno pradžios ir pelenų kanale nebus nesudegusio kuro. O jei kuras sausesnis– pirmoje ardyno zonoje oro debitas bus paduodamas mažesnis, kad kuras neužsidegtų per anksti (per arti kuro bunkerio). Tokiu principu– žinant kuro drėgmę ir reguliuojant pirminių orų ventiliatorius, bus galima palaikyti degimą II pakuros zonoje.

3.4.1. Drėgnomačių analizė ir parinkimas

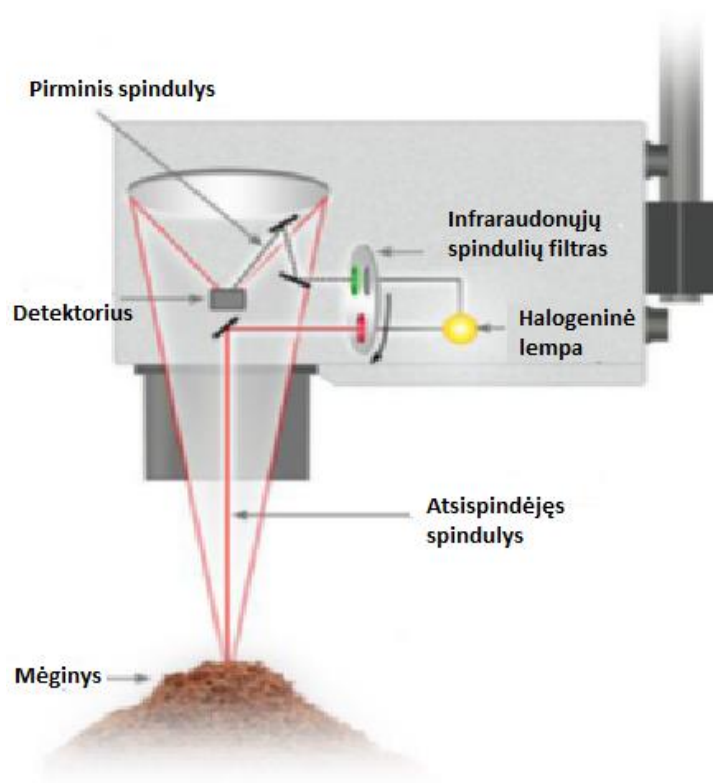
Pagrinde buvo renkama iš dviejų skirtingų gamintojų drėgnomačių. Abiem drėgnomačiams nereikia žmogaus priežiūros ir įsikišimo matuojant kuro drėgmę.

Pirmasis drėgnomatis „Senifit BMA desktop” (Pav. 3.10.). Šis drėgnomatis turi du sraigtinius transporterius. Vienas transporteris paima kurą iš pakuros kuro maitintuvo, tada kuras iš paėmimo transporterio byra į grąžinimo transporterį, kuriame yra įmontuotas drėgmės jutiklis, nustatantis kuro drėgmę.



Pav. 3.10 Drėgnomatis Senifit BMA desktop

Antrasis drėgnomatis- „Process sensors MT56X”. Šis drėgnomatis kuro drėgmę gali išmatuoti nuotoliniu būdu– nereikia kontakto su kuru. Spindulys turi būti nukreiptas į kurą.



Pav. 3.11 Drėgnomatis Process sensors MT56X

Lentelė 3.6. Drėgnomačių palyginimas

Parametrai	Senifit BMA desktop	Process sensors MT56X
Drėgmės matavimo ribos	0–70 %	0–80 %
Matavimo tikslumas	± 1%	± 0,5 %
Kalibravimo dažnumas	1 kalibravimas per metus	1 kalibravimas per metus
Temperatūros ribos	0–50 C	0–50 C
Atstumas iki tiriamo objekto	0 mm	150–360 mm
Įrenginio išmatavimai	600–600–630 mm	260–195–165 mm
Svoris	60 kg	8,2 kg
Išėjimo signalas	4–20 mA	4–20 mA; 0–10 V
Drėgnomačio apytiksli kaina	17700 Eur	9800 Eur

„Process sensors“ gamintojo drėgnomatis turi didelį pranašumą– norint išmatuoti drėgmę, drėgnomačiui nereikia kontakto su kuru. Kuro bunkeryje yra įrengti apžiūros stiklai, per juos „Process sensors MT56X“ drėgnomatis gali nuotoliniu būdu matuoti kuro drėgmę. „Senifit BMA desktop“ drėgnomačio įdiegimas būtų kur kas problemiškesnis, nes reiktų perdarinėti pakuros maitintuvą, kad paėmimo sraigtas įlįstų į vidų, o grąžinimo sraigtas grąžintų

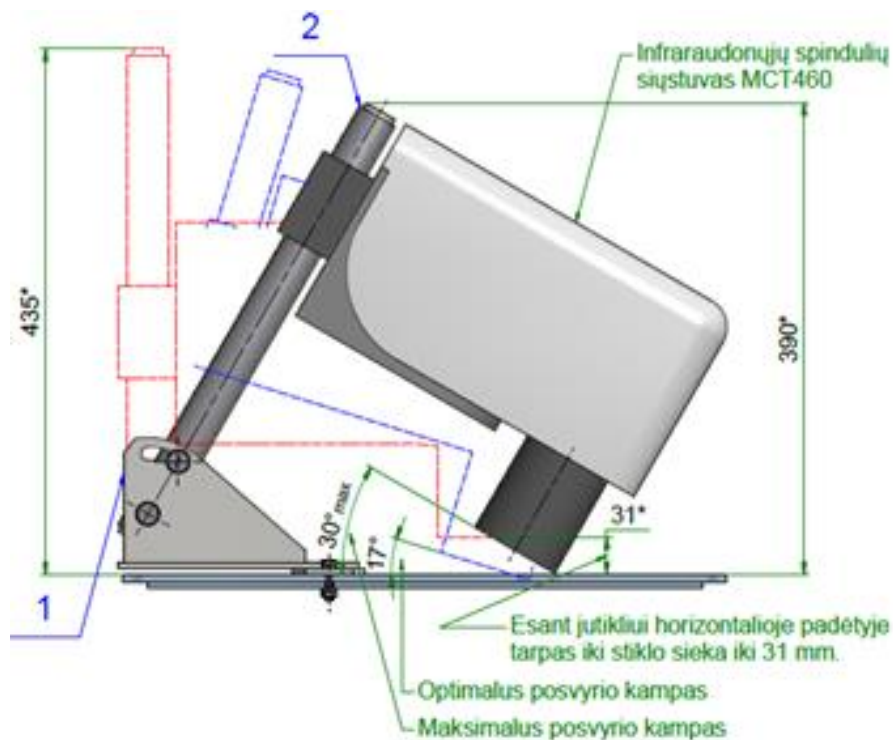
kurą atgal į pakuros maitintuvą. Taip pat lyginant kainas, „Process sensors MT56X“ drėgnomatis yra beveik dvigubai pigesnis nei „Senifit BMA desktop“. Dėl šių dviejų pagrindinių privalumų pasirenkamas „Process flow MT56X“ drėgnomatis.

3.4.2. Drėgnomačio laikiklio projektavimas

„Process flow MT56X“ drėgnomatis bus montuojamas ant rėmo, kuris bus prisuktas prie pakuros kuro bunkerio taip, kad drėgnomačio spindulys per apžiūros stiklą būtų nukreiptas į kuro bunkeryje esantį kurą.

Gamintojo reikalavimai drėgnomačio montavimui:

- Jei tarp drėgnomačio ir kuro yra stiklas, drėgnomatis į stiklą turi būti nukreiptas 17° kampu.
- Atstumas tarp drėgnomačio ir tiriamo objekto turi būti 150- 360 mm ribose.



Pav. 3.12 Drėgnomatis ir laikiklis

- 1- Kronšteinas. Detalė bus sumontuota ant maitintuvo.
- 2- Ašėlė. Ant jos bus montuojamas drėgnomatis. Ašėlės padėtis reguliuojama, drėgnomačio kampas su apžiūros stiklu galės būti $0 - 30^\circ$ ribose.

Drėgnomačio aukštis gali būti keičiamas nuo 31 mm iki 300 mm. Aukštis keičiamas atsukant du varžtus, fiksuojančius drėgnomatį ant ašelės. Detalūs suprojektuoto laikiklio drėgnomačiui brėžiniai pateikti darbo pabaigoje, prieduose.



Pav. 3.13 Drėgnomatis sumontuotas katilinėje

Aukščiau esančiame paveikslėlyje (pav. 3.13) matomas sumontuotas drėgnomatis su ekranėliu, rodančiu kuro drėgmę. Drėgnomatis buvo sumontuotas ant suprojektuoto laikiklio.

3.5. Pakuros modernizavimo ekonominis skaičiavimas

Buvo apytiksliai apskaičiuota, kiek kainuos pakuros patobulinimai– antrinio oro srauto kanalo perdarymas, drėgnomačio įdiegimas ir dažnio keitiklių hidraulinėms stotelėms įdiegimas.

Lentelė 3.7. Antrinio oro srauto kanalo modernizavimo kaina.

Pavadinimas	Kaina
Medžiagos (180 kg)	400 Eur
Orų kanalų gamyba	350 Eur
Transportavimo kaštai	50 Eur
Sumontavimo kaštai	210 Eur
Bendra kaina	1010 Eur

Į medžiagų kainą įskaičiuotas orų kanalo metalas, apie 180 kg ir orų kanalo apšiltinimo medžiagos (apšiltinimo vata ir apskardinimas). Jau pagamintus ir atvežtus orų kanalus sumontavo ir apšiltino du darbininkai per dvi darbo dienas.

Lentelė 3.8. Ardyno judinimo sistemos ir maitintuvo modernizavimo kaina

Pavadinimas	Kaina
Dažnio keitiklis „Danfoss FC102“ (2 vnt.)	1560 Eur
Papildomos medžiagos	470 Eur
Suderinimas, montavimas	320 Eur
Bendra kaina	2350 Eur

Papildomas medžiagas sudaro kabeliai, laidų antgaliai ir kitos smulkmenos, reikalingos dažnio keitiklio pajungimui į sistemą. Laidų paklojimas ir sujungimas vienam darbininkui truko vieną darbo dieną, po to, kai viskas buvo sujungta, derintojas dvi dienas dirbo prie modernizuotos ardyno judinimo sistemos suderinimo.

Lentelė 3.9. Pakuros bunkerio modernizavimo kaina

Pavadinimas	Kaina
Drėgnomatis “ Process sensors MT56X“	9800 Eur
Drėgnomačio laikiklis	80 Eur
Montavimo medžiagos	50 Eur
Sumontavimo kaštai, paleidimas derinimas	420 Eur
Bendra kaina	10 345 Eur

Montavimo medžiagas pagrindė sudaro kabeliai. Laikiklio sumontavimas ant kuro bunkerio ir kabelių sujungimas vienam darbininkui truko 1 darbo dieną. Po to, derintojas užtruko 3 darbo dienas koreguojant pakuros parametrus ir įvedant drėgnomačio rodmenis į pakuros valdymo sistemą.

4. KATILINĖS DARBO STABILUMO IR IŠMETAMŲ DŪMŲ PARAMETRŲ TYRIMAS PRIEŠ IR PO ATLIKTO PAKUROS MODERNIZAVIMO

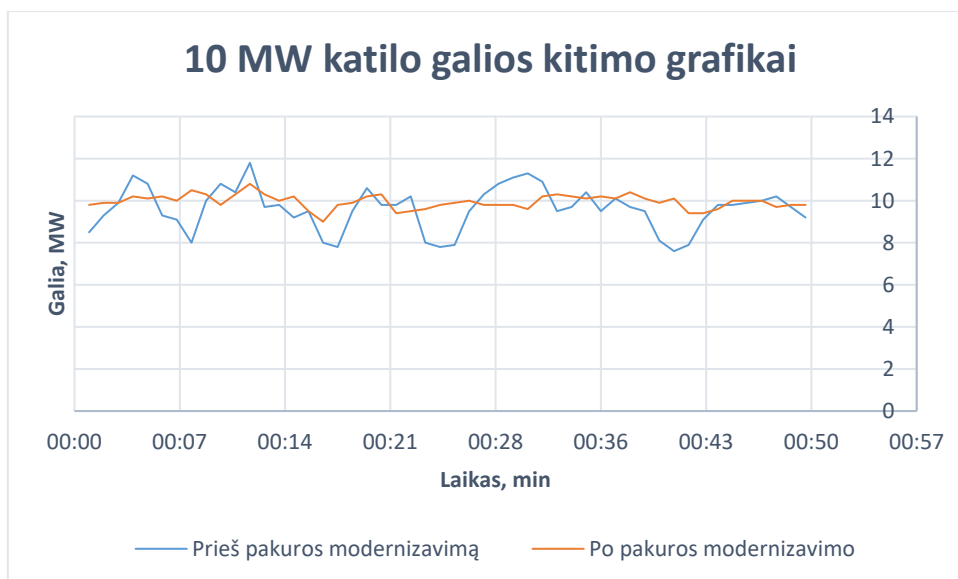
Katilinėje, kurioje buvo modifikuojama pakura, atliktas tyrimas– padarytas katilo momentinės galios kitimo grafikas ir CO dalelių kitimo grafikas. Katilo galios grafikas buvo gautas naudojant šilumos skaitiklį „Axis Industries SKS-3“. Skaitiklio komplektą sudaro pratekančio vandens srauto per katilą matuoklis, du temperatūros jutikliai ir skaitiklio procesorius, apdorojantis iš jutiklių gautus duomenis. Temperatūros jutikliai matuoja į katilą paduodamo ir išeinančio vandens srauto temperatūras.



Pav. 4.1 Šilumos skaitiklis *Axis Industries SKS-3*

Katilui iš valdiklio buvo nustatyta palaikyti 10 MW momentinę galią, t.y., kad per valandą katilas pagamintų 10 MWh energijos. Tačiau kaip matome iš grafiko (žr. pav. 4.2), pakuros momentinė galia stipriai svyruoja ir katilo pagaminamos energijos vidurkis matavimo metu, t.y. 50 minučių laikotarpyje buvo 9,6 MWh, nors ir nustatyta pagaminti 10 MWh.

Galios tyrimas buvo atliktas ir po pakuros modernizavimo. Katilui taip pat iš valdiklio buvo nustatyta palaikyti 10 MW momentinę galią (per valandą pagaminti 10 MWh energijos). Abiejų bandymų rezultatai pateikti žemiau esančiame grafike.



Pav. 4.2 10 MW katilo galios grafikai prieš ir po pakuros modernizavimo

Iš grafiko matome, kad po pakuros modernizavimo momentinė galia kur kas mažiau svyruoja ir daug mažiau nukrypsta nuo nustatytos palaikyti momentinės galios. Prieš pakuros modernizavimą, bandymo metu, nustačius gaminti 10 MWh energijos kiekį, dėl galios svyravimų buvo pagaminta šiek tiek mažiau energijos – 9,60 MWh. Po pakuros modernizavimo, bandymo metu, nustačius gaminti tokį pat energijos kiekį, buvo pagaminta 9,95 MWh. Bandymas parodė, kad atlikus pakuros modernizavimą, katilo pagaminamos energijos kiekis yra labai artimas nustatytam gaminti energijos kiekiui.

Lentelė 4.1. Katilo momentinės galios tyrimo rezultatų lentelė.

	Nustatyta momentinė galia*	Maks. momentinė galia**	Min. momentinė galia***	Pagaminta energija
Prieš pakuros modernizavimą (2016-11-24)	10,0 MW	11,8 MW	7,6 MW	9,60 MWh
Po pakuros modernizavimo (2017-01-20)	10,0 MW	10,5 MW	9,0 MW	9,95 MWh

*Bandymo metu katilui nustatyta palaikyti momentinė galia.

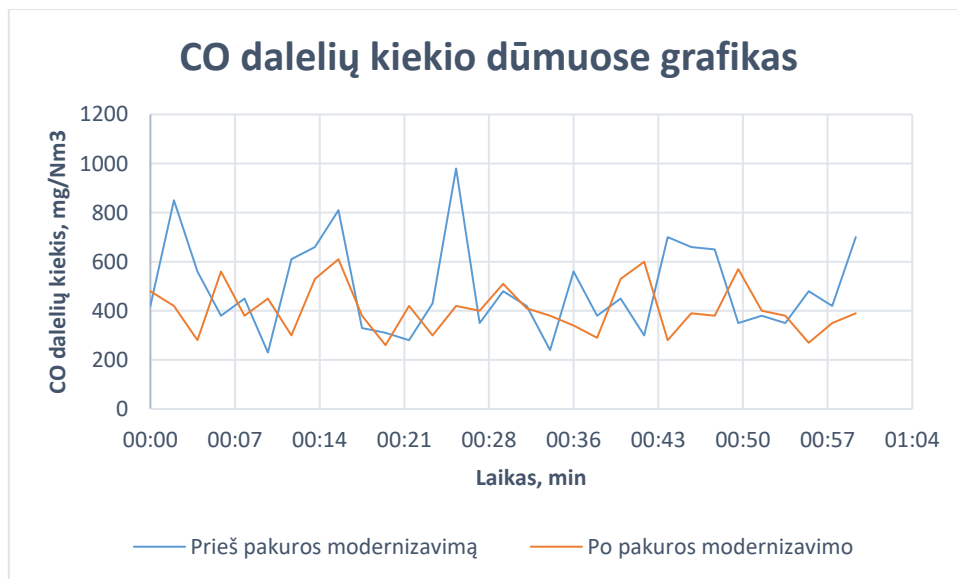
**Bandymo metu užfiksuota maksimali katilo momentinė galia.

***Bandymo metu užfiksuota minimali katilo momentinė galia.

Buvo padarytas dar vienas pakuros darbą atspindintis tyrimas– CO dalelių kiekio dūmuose matavimas. CO dalelės yra pavojingos žmogaus sveikatai, jos privalo būti griežtai kontroliuojamas ir negali viršyti tam tikrų nustatytų ribų. CO dalelių kiekio matavimas buvo atliktas su katilinėje esančiu dūmų analizatoriumi „Sensonic CGM“. Matavimo prietaisas stovi dūmų kanale išeinančiame iš katilo (t.y. dūmų kanale, kuris jungia katilą ir multicikloną).



Pav. 4.3 Dūmų analizatorius *Sensonic CGM*



Pav. 4.4 CO dalelių kiekio dūmuose grafikas

Iš žemiau esančio grafiko matome, kad CO dalelių kiekis stipriai svyruoja. Manoma, kad taip yra dėl netolygaus ardymo judėjimo ir blogo degimui reikalingo oro srauto pasiskirstymo. Kaip matome prieš pakuros modernizavimą atliktame bandyme CO dalelių kiekis dūmuose svyruoja kur kas stipriau, nei bandymuose, kai pakura jau buvo modernizuota.

Prieš modernizavimą atliktame bandyme CO dalelių kiekis buvo pakilęs net iki 980 mg/Nm³, o po modernizavimo maksimali reikšmė bandymo metu siekė 610 mg/Nm³.

Lentelė 4.2. CO dalelių kiekio dūmuose tyrimo rezultatų lentelė

	Maks. reikšmė*	Min. reikšmė**	Vidurkis***
Prieš pakuros modernizavimą (2016-11-24)	980 mg/Nm ³	230 mg/Nm ³	505 mg/Nm ³
Po pakuros modernizavimo (2017-01-20)	610 mg/Nm ³	260 mg/Nm ³	422 mg/Nm ³

*Maksimali bandymo metu užfiksuota reikšmė.

**Minimali bandymo metu užfiksuota reikšmė.

***Bandymo metu užfiksuotų reikšmių vidurkis.

IŠVADOS

1. Atliktas nemodernizuoto antrinio oro srauto kanalo tyrimas parodė, jog oro srautas visose šešiose išėjimo angose pasiskirsto netolygiai, todėl reikalinga antrinio oro srauto kanalo modernizacija.
2. Suprojektuotas antrinio oro srauto kanalas padarant oro kanalo angas (sujungimus su pakura) tose pačiose vietose, jog nereikėtų daryti naujų angų pakuroje.
3. Suprojektuoto kanalo tyrimas parodė, jog oro srautai visose šešiose išėjimo angose pasiskirsto gana tolygiai, netolygumas mažiau nei 10 %.
4. Įdiegus dažnio keitiklius pakuros ardyno judinimo hidraulinės stotelės ir pakuros maitintuvo hidraulinės stotelės varikliams, atsirado galimybė reguliuoti variklių apsisukimus, o tuo pačiu ir kuro, slenkančio pakuros ardynu, greitį ir kuro sluoksnį at ardyno.
5. Įdiegus dažnio keitiklius minėtoms hidraulinėms stotelėms, hidrauliniams cilindrams ir hidraulinių cilindrų atraminėms konstrukcijoms tenka mažesnės apkrovos. Taip pailginamas įrangos tarnavimo laikas.
6. Pakuros maitintuvui įdiegus drėgnomatį, katilinės personalui nebereikia nuolatos stebėti kurioje pakuros vietoje vyksta degimas, atsirado galimybė išlaikyti kuro degimą reikiamoje ardyno zonoje.
7. Katilo momentinės galios tyrimas ir dūmuose esančių CO dalelių tyrimai parodė skirtumus tarp modernizuotos ir nemodernizuotos pakuros. Modernizavus pakurą tyrimo rezultatai ženkliai geresni– katilo momentinė galia svyruoja kur kas mažiau nuo užduotos vertės. Taip pat mažesnė CO koncentracija dūmuose.

LITERATŪRA

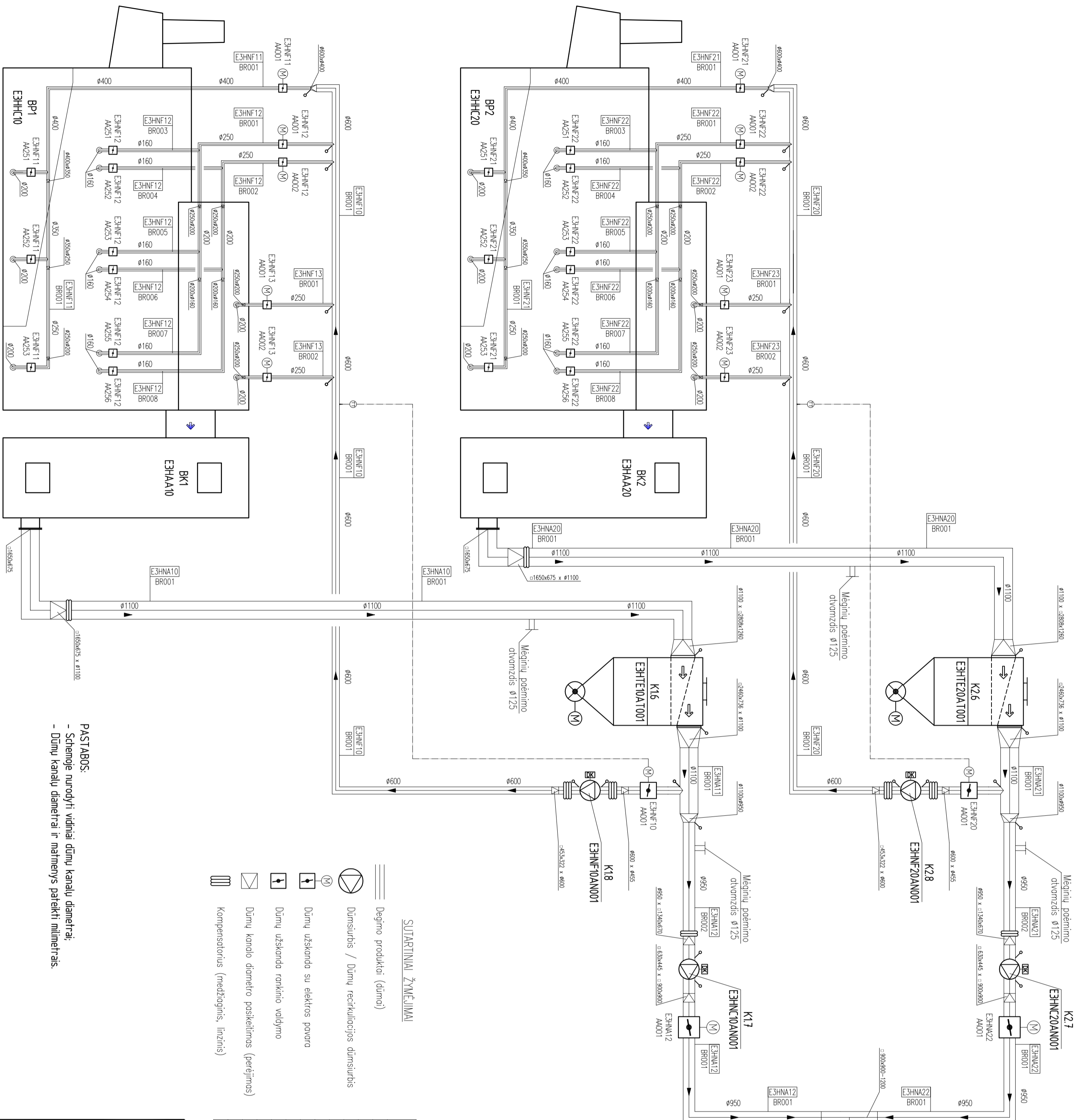
1. V. Vares, Ü. Kask, P. Muiste, T. Pihu, S. Soosaar „*Biokuro vartotojo žinynas*“ Vilnius, Žara, 2007. 168 p.
2. V. Liubarskis „Biokuras kūrykloms“ Raudondvaris, Milga, 2006. 44 p.
3. A. Sudintas „Kuro energetika“ Kaunas, Technologija, 2009. 172 p.
4. „Moisture meter technology“. <https://www.wagnermeters.com/moisture-problems/> (Tikrinta 2017-05-16)
5. Walt Boyes „Instrumentation Reference Book“ 2009. 905 p.
6. Simeon Oka „Fluidized bed combustion“ 2007. 572 p.
7. Dawei Han „Concise hydraulics“ 2010. 182 p.
8. E. Ower, R. C. Pankhursts „The Measurement of Air Flow“ 2014. 370 p.
9. George A. Antaki „Piping and pipeline engineering“ 2003. 564 p.
10. Manor Kumar Gupta „Power plant engineering“ 2012. 348 p.
11. „Senifit“ prekių katalogas. <http://www.processsensors.com/ProductsCat.asp> (Tikrinta 2017-05-16)
12. „Danfoss“ prekių katalogas. <http://drives.danfoss.com/products/#/> (Tikrinta 2017-05-16)
13. „Reciprocating grate“. <http://www.wellonsfei.ca/en/reciprocating-grate.aspx> (Tikrinta 2017-05-16)
14. „Fluidized bed boiler“. <http://www.brighthubengineering.com/power-plants/26547-how-does-a-circulating-fluidized-bed-boiler-work/> (Tikrinta 2017-05-16)
15. „Circulating fluidized bed boiler“ http://img.bhs4.com/43/C/43C7DF4741C0A047C9F993BD535ED4E62DE206B5_large.jpg (Tikrinta 2017-05-16)
16. „Biomass cogeneration facility and heating plants“ <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1488139/000095012310063629/b79273a5exv10w16.htm> (Tikrinta 2017-05-16)
17. „Combustion grates“ http://www.volund.dk/Multi_fuel_energy/Technologies/Combustion_grates (Tikrinta 2017-05-16)
18. „Danstoker boilers“. <http://www.danstoker.com/default.asp?PageNumber=31462> (Tikrinta 2017-05-16)

PRIEDAI

PRIEDAS A. Katilinės dūmų ir orų kanalų schema

PRIEDAS B. Drėgnomačio laikiklio brėžinys

PRIEDAS C. Suprojektuoto antrinio oro srauto kanalo brėžinys

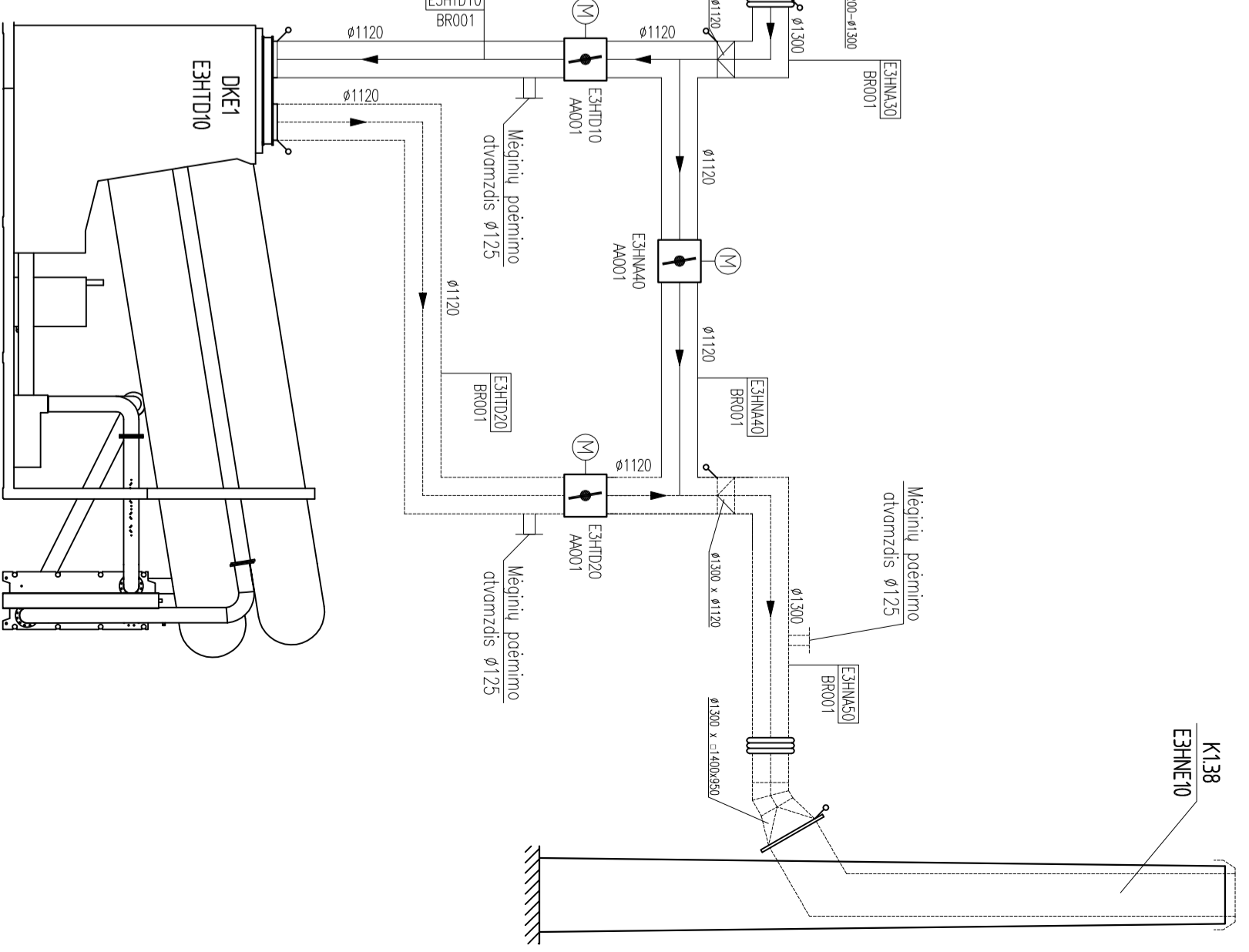


PASTABOS:
 - Schemoje nurodyti vidiniai dūmų kanalų diametrai;
 - Dūmų kanalų diametrai ir matmenys pateikti milimetrtais.

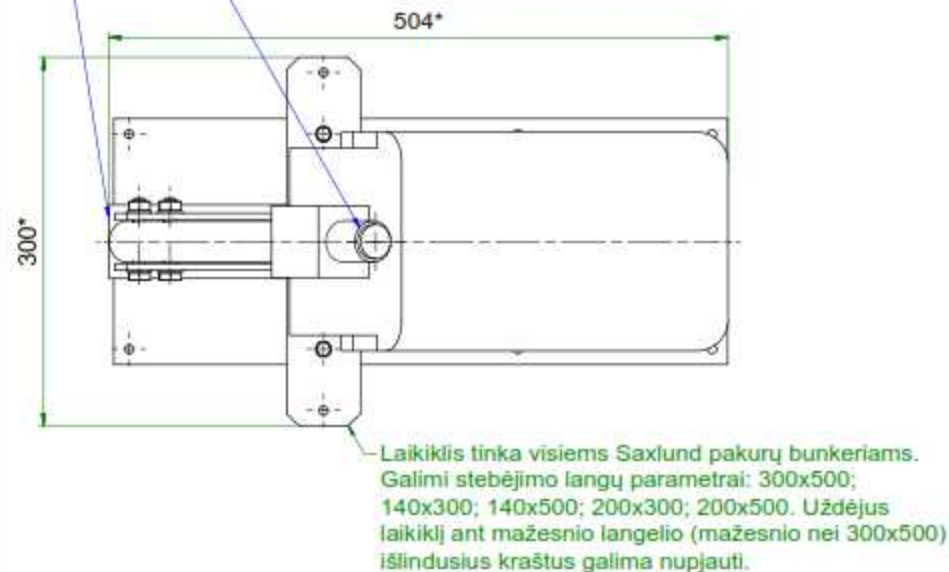
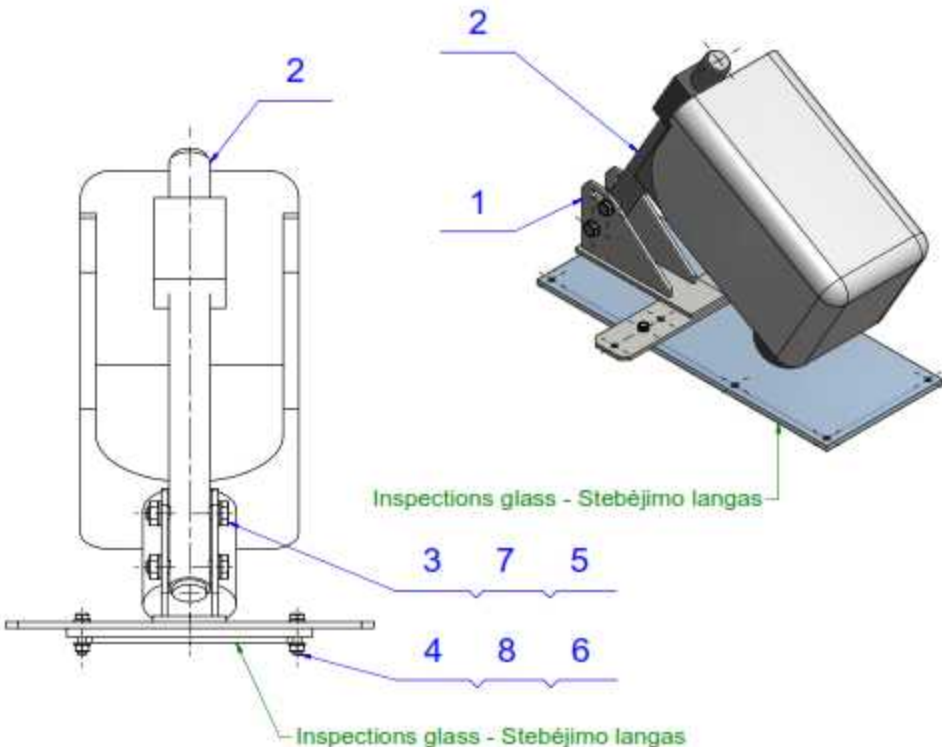
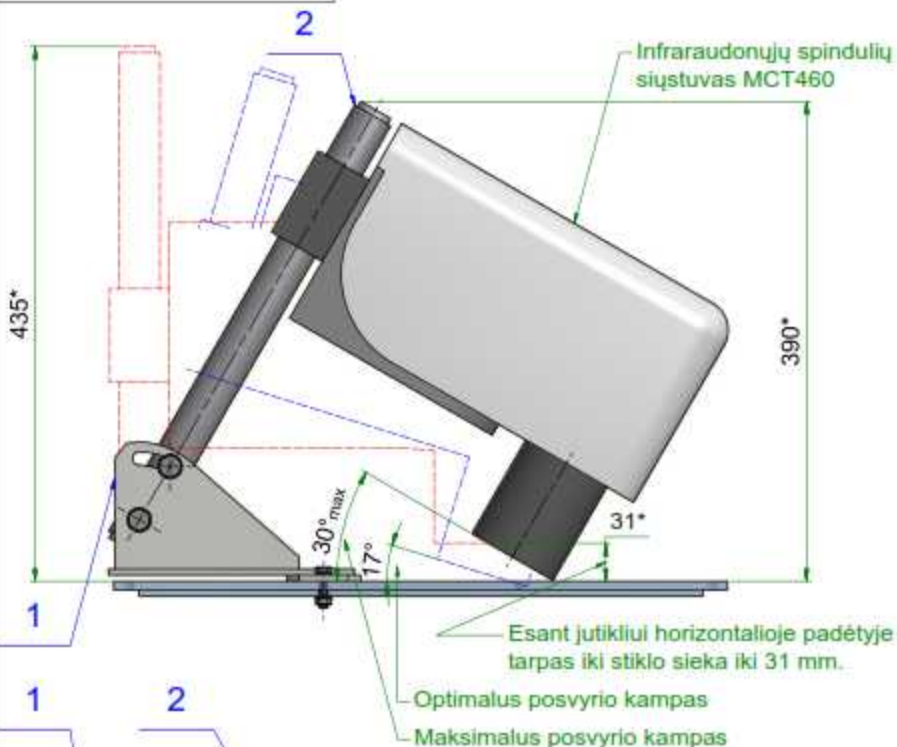
- Degimo produktai (dūmų)
- Dūmsūkuris / Dūmų recirkuliacijos dūmsūkuris
- Dūmų užskanda su elektros pavara
- Dūmų užskanda ronkino valdymo
- Dūmų kanalo diametro posikeitimas (perėjimas)
- Kompensatorius (medžiaginis, linzinis)

SUTARTINIAI ŽYMĖJIMAI

Posicija Eil. Nr.	KKS	Pavadinimas ir techninės charakteristikos	Mato vnt.	Kiekis
BP1	E3HC10	Katilo biokuro pakuara, Q=10MW katilui.	kompl.	1
BP2	E3HC20	Katilo biokuro pakuara, Q=10MW katilui.	kompl.	1
BK1	E3HA10	Vandens šildymo katilais, Q=10MW, p _{me} =16bar, t _{max} =150°C	kompl.	1
BK2	E3HA20	Vandens šildymo katilais, Q=10MW, p _{me} =16bar, t _{max} =150°C	kompl.	1
DK1	E3HTD10	Kondensacinis ekonomizatorius, dienas po 10MW katilams, N=30kW	kompl.	1
K1.6	E3HTE10AT001	Baterinis ciklonas, 8x10=80 baterijų, N=0,25kW	kompl.	1
K2.6	E3HTE20AT001	Baterinis ciklonas, 8x10=80 baterijų, N=0,25kW	kompl.	1
K1.7	E3HNC10AN001	Dūmsūkuris, V=4417m³/h, p=6200Pa, N=132kW	kompl.	1
K2.7	E3HNC20AN001	Dūmsūkuris, V=4417m³/h, p=6200Pa, N=132kW	kompl.	1
K1.8	E3HNF10AN001	Dūmų recirkuliacijos dūmsūkuris, V=19000m³/h, p=4600Pa, N=37kW	kompl.	1
K2.8	E3HNF20AN001	Dūmų recirkuliacijos dūmsūkuris, V=19000m³/h, p=4600Pa, N=37kW	kompl.	1
K1.39	E3HNE10	Kaminas, Ø _{ad} =1300mm, H=60m	vnt.	1



Atestato Nr.		Kaitinų pavadinimas (prezastis)	
3077	UAB "Energetikos Inžinys"		
17489	PV L.BALUČKAS	2014-04	KITOS PASKIRTIES STATINIO PRAMONĖS G. 10. ŠIAULIJOSE, REKONSTRAVIMO PROJEKTAS
19803	PDV L.BALUČKAS	2014-04	
	ATLIKO G.PETKEVIČIUS	2014-04	
Etapas		DŪMŲ KANALŲ SCHEMA	
DP	STATYTOJAS: UAB "ŠIAULIŲ ENERGIJA" UŠKOVAS: UAB "AXIS TECHNOLOGIES"	13609-01-DP-TŠ-B-DK-1	Lapas Lapų
		1	1



1. * Informaciniai matmenys.

2. Laikiklis tinka visiems Saxlund pakurų bunkeriams. Galimi stebėjimo langų parametrai: 300x500; 140x300; 140x500; 200x300; 200x500. Uždėjus laikiklį ant mažesnio langelio (mažesnio nei 300x500) išlindusius kraštus galima nupjauti.

Specifikacija							
For	Lai	Poz	Žymėjimas	Pavadinimas	Kieki	Masė	Pastaba
A3	1		NST 2015.01 SB	Kronšteinas	1	1,94 kg	
A4	2		NST 2015.02 SB	Ašelė	1	0,95 kg	
			3	Varžtas DIN 933 - M10 x 60	2	0,05 kg	
			4	Varžtas DIN 933 - M7 x 28	2	0,01 kg	
			5	Veržlė DIN 934 - M10	2	0,01 kg	
			6	Veržlė DIN 934 - M7	2	0 kg	
			7	Poveržlė DIN 125 - A 10,5	4	0 kg	
			8	Spruoklinė poveržlė DIN 127 - A 7	4	0 kg	
Byla			Masė	Mėdžiaga	3,06 kg		Mastelis
						1:4	
Ašakinga žymčia		Rengė		Surinkimo brėžinys		Tolerancija Išmatavimai EN 22768-mK EN ISO 13920-BF	
Axis technologies UAB AXIS TECHNOLOGIES Inžineriniai SA LT-4718, Paštas Tel. +370 20 42 42 14 Faksas +370 20 42 42 18		Tvirtino		Dregmės jutiklio laikiklis		NST 2015 SB	
		Tvirtino		Laido		Data	
						Lapas / lapų	
						1 / 1	

