

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**Audrius Augustinavičius**

**PAVOJINGŲ ATLIEKŲ UTILIZAVIMO METODŲ  
KŪRIMAS IR TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

**Šiauliai, 2012**

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**PAVOJINGŲ ATLIEKŲ UTILIZAVIMO METODŲ  
KŪRIMAS IR TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

**Autorius – Audrius Augustinavičius (MM-10 gr.)**

**Vadovas – Prof. habil. dr. Algirdas Bargelis**

**Recenzentas – Doc. dr. Dalia Čikotienė**

**Katedros vedėjas – Doc. dr. Artūras Sabaliauskas**

**Šiauliai, 2012**

## Santrauka

Audrius Augustinavičius

**Pavojingų atliekų utilizavimo metodų kūrimas ir tyrimas.** Magistro darbas.

Baigiamajame darbe išnagrinėtas pavojingų atliekų deginimo procesas, nustatytos pavojingų atliekų šiluminės vertės, patikrinti šiluminio ciklo nuostoliai, nustatyti krosninio kuro suvartojimo kiekiai per bandomuosius deginimo įrenginio paleidimo periodus. Darbe pateikiama bendra informacija apie pavojingų atliekų klasifikaciją, tvarkymo būdus, jų deginimą Lietuvoje ir pasaulyje. Taip pat darbe pateikiama bendra informacija apie įmonę, naudojamą žaliavas ir chemines medžiagas, technologinių procesų analizė. Tyrimui atlikti buvo pasirinkta Lietuvos vidutinio dydžio įmonė ir joje atlikta procesų analizė.

## Summary

Audrius Augustinavičius

**Hazardous waste disposal methods and analysis.** Master's Thesis.

Thesis dealt with hazardous waste incineration, hazardous waste down the thermal value of the thermal cycle test losses, the heating oils consumption figures through the pilot incineration plant start-up periods. The paper provides general information about the hazardous waste classification, treatment methods, the burning of Lithuania and the world. Also, the work provides general information about the company used materials and chemicals, process analysis. The study was supported by Lithuanian selected medium-sized enterprise, and it performed process analysis.

## Turinys

IVADAS .....	8
1. LIETUVOJE SUSIDARANČIŲ PAVOJINGŲ ATLIEKŲ APŽVALGA.....	10
1.1. Pavojingų atliekų tvarkymas. ....	10
1.2. Surinktas pavojingų atliekų kiekis pagal atskiras jų rūšis. ....	11
2.1. Atliekų tvarkymo hierarhija.....	14
2.1.1 Išplėsta gamintojų atsakomybė.....	15
2.1.2 Principas „Teršėjas moka“ .....	15
2.2. Sąvartynai .....	15
2.3. Pramoninis deginimas .....	16
2.4. Žaliavų išgavimas .....	16
3. ATLIEKŲ DEGINIMAS .....	18
3.1. Terminai .....	18
3.2. Atliekų deginimo technologijos.....	19
3.2.1. Sluoksninio deginimo ant ardyno technologija .....	19
3.2.2. Kūryklos su stacionariaisiais ardynais.....	20
3.2.3. Kūryklos su mechaniniais ardynais .....	20
3.2.4. Verdančio sluoksnio kūryklos .....	22
3.2.5. Kuro gazifikacija .....	23
3.3. Pavojingų atliekų degimo procesas .....	25
4. PAVOJINGŲ ATLIEKŲ DEGINIMO TECHNOLOGIJA IR ĮRENGINIAI .....	28
4.1. Pagrindiniai įrenginio techniniai duomenys .....	29
4.2. Deginimo įrenginio procesai .....	29
4.2.1. Atliekų duobės.....	30
4.2.2. Atliekų smulkintuvas.....	31
4.2.3. Sukamoji krosnis su grotelėmis.....	32
4.2.4. Antrinio degimo kamera.....	33
4.2.5. Šlakų šalinimas.....	34
4.3. Dūmų apdorojimas .....	35
4.3.1. Sausoji stadija absorbavimo reaktoriuje Nr. 1 .....	36
4.3.2. Sausoji stadija absorbavimo reaktoriuje Nr. 2.....	36
4.3.3. Šlapiasis dūmų valymas .....	37
4.3.4. Azoto oksidų (Nox) nusodinimo sistema antrinėje degimo kameroje .....	38
4.4. Šiluminis ciklas .....	38
4.5. Išmetamų teršalų dūmuose matavimas.....	38
4.6. Pagrindiniai atliekų deginimo įrenginio projekto duomenys ir vidutiniai įrenginio suvartojimo kiekiai .....	39
5. ATLIEKŲ DEGINIMO PROCESO TYRIMAS.....	41
5.1. Sudegintų pavojingų atliekų analizė.....	42
5.2. Krosninio kuro suvartojimas .....	44
6. ENERGETINIŲ (ŠILUMOS) PRARADIMŲ SKAIČIAVIMAI .....	46
6.1. Reikalingas šilumos kiekis, atitinkamam garo kiekiui pagaminti esant nustatytoms jo slėgio ir temperatūrų vertėms.....	47
6.2. Sukamosios krosnies sienelių nuostoliai .....	48
6.3. Su dūmais prarandama šiluma .....	51
6.4. Šiluma pašalinama su aušinančiuoju skysčiu .....	52
6.5. Šiluma pašalinama kartu su šlaku ir pelenais .....	53
6.6. Energija prarandama, kaip nesudegęs kuras.....	54
6.7. Šiluma prarandama per katilo sienes .....	55
6.8. Skaičiavimų rezultatai .....	55

7. GREIFERINIO DAUGIAŽIAUNIO KAUSO FUNKCIONALUMO TYRIMAS .....	57
IŠVADOS.....	60
LITERATŪRA.....	61

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.2 lentelė. Surinktas pavojingų atliekų kiekis pagal atskiras jų rūšis (tonomis).....	11
2.1 lentelė. Atliekų šalinimo veiklų klasifikatorius .....	13
3.1 lentelė. Deginimo technologijų privalumai ir trūkumai .....	26
4.1 lentelė. Pagrindiniai deginimo įrenginio techniniai duomenys .....	29
4.2 lentelė. Atliekų smulkintuvo duomenys .....	31
4.3 lentelė. Sukamosios krosnies duomenys .....	33
4.4 lentelė. Antrinio degimo kameros duomenys .....	34
4.5 lentelė. Šlakų šalinimo iš sukamosios krosnies transporterių parametrai .....	35
4.6 lentelė. Dūmų valymo rankovių duomenys .....	37
4.7 lentelė. Išmetimų normos .....	39
4.8 lentelė. Projektiniai duomenys .....	39
4.9 lentelė. Vidutiniai suvartojimo kiekiai .....	40
5.1 lentelė. Sudegintų atliekų kiekiai.....	42
5.2 lentelė. Sudegintų atliekų kiekis ir vidutinis koloringumas .....	42
5.3 lentelė. Krosninio kuro suvartojimas.....	44
5.4 lentelė. Krosninio kuro suvartojimas.....	44
6.1 lentelė. Oro cirkuliacijos sąlygos .....	50
6.2 lentelė. Skaičiavimų rezultatai.....	55
6.3 lentelė. Vidutinės valandos sudegintų atliekų vertės.....	56

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<b>1.1 pav.</b> Pavojingų atliekų tvarkymas .....	10
<b>1.2 pav.</b> Surinktų pavojingų atliekų kiekio pagal atskiras jų rūšis kaita 2004-2010 m. ....	11
<b>2.1 pav.</b> Atliekų tvarkymo hierarchija .....	14
<b>3.1 pav.</b> Kūrykla su ardynu, sudarytu iš stacionarios ir judamosios pasvirusios dalies.....	21
<b>3.3 pav.</b> Bendrovės Wärtsilä užpatentuota kūrykla BioGrate su besisukančiu kūginiu ardynu (kuras paduodamas iš apačios). ....	21
<b>3.4 pav.</b> Principinė kūrykla su stacionariuoju ir cirkuliuojančiuoju verdančiu sluoksniu. 1 – kuras; 2 – pirminis oras; 3 – antrinis oras; 4 – degimo produktai; 5 – dugno pelenai .....	22
<b>3.5 pav.</b> Principinės gazifikacijos reaktorių schemas: priešsrovinė sistema (A) ir pasrovinė sistema (B).....	24
<b>3.6 pav.</b> Suomijos bendrovės Condens OY 1-10 MW galios gazifikacijos reaktorius Novel. ....	24
<b>4.1 pav.</b> Atliekų deginimo įrenginio schema .....	28
<b>4.2 pav.</b> Atliekų duobės.....	30
<b>4.3 pav.</b> Atliekų smulkintuvas.....	31
<b>4.4 pav.</b> Sukamoji krosnis .....	32
<b>4.5 pav.</b> Šlakų šalinimo transporteris .....	34
<b>4.6 pav.</b> Dūmų valymo sistema .....	35
<b>4.7 pav.</b> Filtrai .....	36
<b>4.8 pav.</b> Dūmų šlapiojo valymo bokštas .....	37
<b>5.1 pav.</b> Atliekų deginimo bandomųjų bandymų periodai .....	41
<b>5.2 pav.</b> Sudegintų atliekų pasiskirstymas pagal atliekų rūšis .....	42
<b>5.3 pav.</b> Sudegintų atliekų pasiskirstymas pagal fizinį būvį .....	43
<b>5.4 pav.</b> Deginamų atliekų kiekio priklausomybė nuo atliekų kaloringumo .....	43
<b>5.5 pav.</b> Krosninio kuro suvartojimas .....	44
<b>5.6 pav.</b> Krosninio kuro degikliai.....	45
<b>5.7 pav.</b> Krosninio kuro suvartojimas atskirais periodais .....	45
<b>6.1 pav.</b> Katilo maitinimo vandens entalpija prie faktinės katilo maitinimo vandens temperatūros.....	48
<b>6.3 pav.</b> Sukamoji krosnis .....	51
<b>6.4 pav.</b> Kaminas.....	52
<b>6.5 pav.</b> Glikolio aušintuvės.....	53
<b>6.6 pav.</b> Oro tankis prie faktinės temperatūros .....	54
<b>6.7 pav.</b> Šiluma prarandama per katilo sienes.....	55
<b>6.8 pav.</b> Šilumos pasiskirstymas .....	56
<b>7.1 pav.</b> Tiltinio tipo kranai su greiferiniais kaušais .....	57
<b>7.2 pav.</b> Atliekų mišinys 3-ioje atliekų duobėje.....	57
<b>7.3 pav.</b> Nechomogenizuotas atliekų deginimas .....	58
<b>7.4 pav.</b> Krano Nr.2 darbo režimai.....	58
<b>7.5 pav.</b> 0,23 m <sup>3</sup> greiferinis kaušas.....	59

## ĮVADAS

Pavojingų atliekų rūpesčiai tampa neišvengiamu iššūkiu kiekvienai vartotojiškai visuomenei ir reikalauja vienaip ar kitaip į jį atsakyti. Kiekviena technologinė infrastruktūra turi ir savo dalyvį, todėl aktyvus visuomenės dalyvavimas, visuomenės narių informuotumas, tinkamas elgesys garantuoja sėkmingą daugelio pavojingų atliekų tvarkymo uždavinių sprendimų įgyvendinimą. Aktyvus dalyvavimas yra ir pilietinės visuomenės kūrimas, nes atliekų tvarkymas įtraukia kiekvieną visuomenės narį, o sykiu verčia dalyvauti bendroje veikloje. Pavojingas atliekas visuomenė suvokia kaip aplinkos užterštumo ir sveikatos apsaugos problemą. Jei galvojama tik apie tai, kaip atsikratyti pavojingų atliekų, tai aplinka, o kartu ir gamta traktuojama tik kaip neribotas naudos šaltinis, tarnaujantis žmonių tikslams.

Pavojingų atliekų utilizavimo problema buvo visuomet aktuali tiek Lietuvoje, tiek pasaulyje. Tokios atliekos laikomos pavojingomis atliekomis, todėl jų tvarkymas griežtai reglamentuojamas įstatymais. Šiuo metu Lietuvoje kuriama vieninga atliekų tvarkymo sistema. Atliekų tvarkymo tikslas – surinkti ir pašalinti atliekas iš jų susidarymo vietos bei jas tvarkyti, užtikrinant kuo mažesni neigiama poveikį aplinkai, tausojant gamtos išteklius, užkertant kelia užkrečiamoms ligoms plisti. Reikalavimai pavojingų atliekų tvarkymui nuolatos didėja, nes jos kelia pavojų žmonijos sveikatai. Lietuvoje pavojingų atliekų tvarkymą reglamentuoja atliekų tvarkymo taisyklės. Vienas iš būdų utilizuoti pavojingas atliekas - jas deginti.

**Darbo aktualumas** - kuo efektyviau utilizuoti pavojingas atliekas deginimo metodu, taikant atliekų rūšiavimą pagal jų šilumingumą (šiluminę vertę). Vienas iš efektyviausių pavojingų atliekų šalinimo būdų yra saugus jų deginimas. Deginant pavojingas atliekas, užtikrinamas visiškas mikrobu, pavojingų cheminių junginių sunaikinimas. Nuolatos griežtinant pavojingų atliekų tvarkymo reikalavimus, ateityje pavojingų atliekų deginimas specialiose krosnyse gali tapti vienintelis būdas efektyviai utilizuoti tokias atliekas. Todėl svarbu išanalizuoti pavojingų atliekų fizines-chemines savybes, jų degimo ypatumus, atliekų degimo procesą, pasiūlyti inžinerinius ir vadybinius sprendimus, pagerinančius pavojingų atliekų deginimo technologinį procesą.

**Darbo tikslas** – Pavojingų atliekų utilizavimo technologijos tyrimas ir efektyvumo didinimas.

### **Darbo uždaviniai:**

1. Atlikti Lietuvoje susidarančių pavojingų atliekų apžvalgą ir jų utilizavimo metodus.
2. Atlikti esamos pavojingų atliekų deginimo įmonės analizę.



3. Nustatyti esamos atliekų deginimo įmonės deginimo metu sudegintu pavojingų atliekų kiekius ir energetinius resursus reikalingus proceso palaikymui.

4. Atlikti šilumos nuostolių skaičiavimus atliekų deginimo proceso metu.

5. Pasiūlyti techninius sprendimus, pagerinančius degimo procesą.

Šio darbo **tyrimo metodas** paremtas kokybiniais ir kiekybiniais metodais:

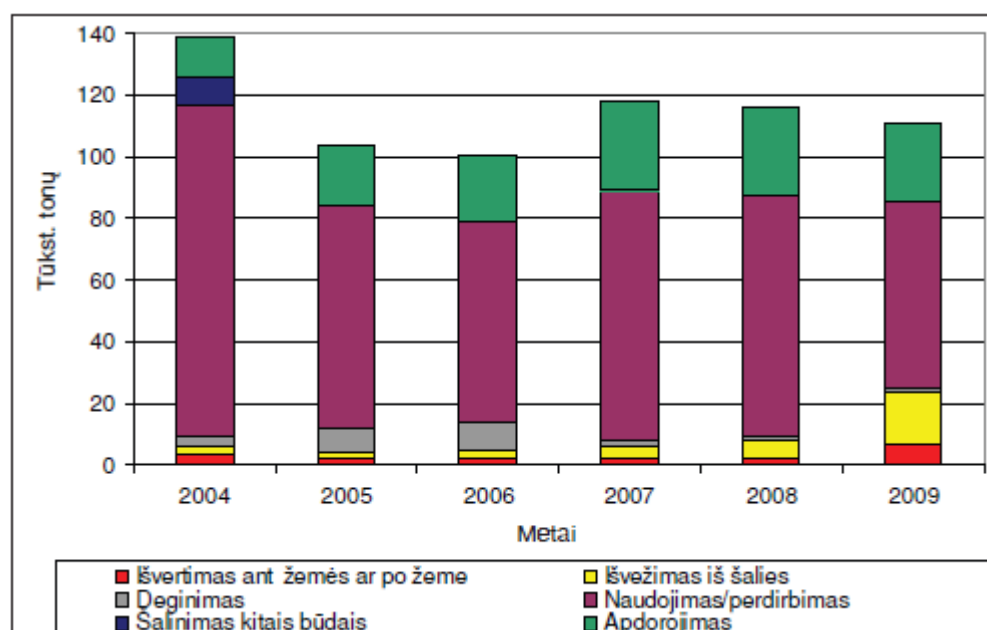
- teorinės analizės ir apibendrinimo metodas;
- dokumentų analizės metodas;
- pokalbiu su specialistais metodas;
- patikrinimu metu gautų duomenų susistemavimo ir atvaizdavimo grafiniu būdu metodas.

# 1. LIETUVOJE SUSIDARANČIŲ PAVOJINGŲ ATLIEKŲ APŽVALGA

## 1.1. Pavojingų atliekų tvarkymas.

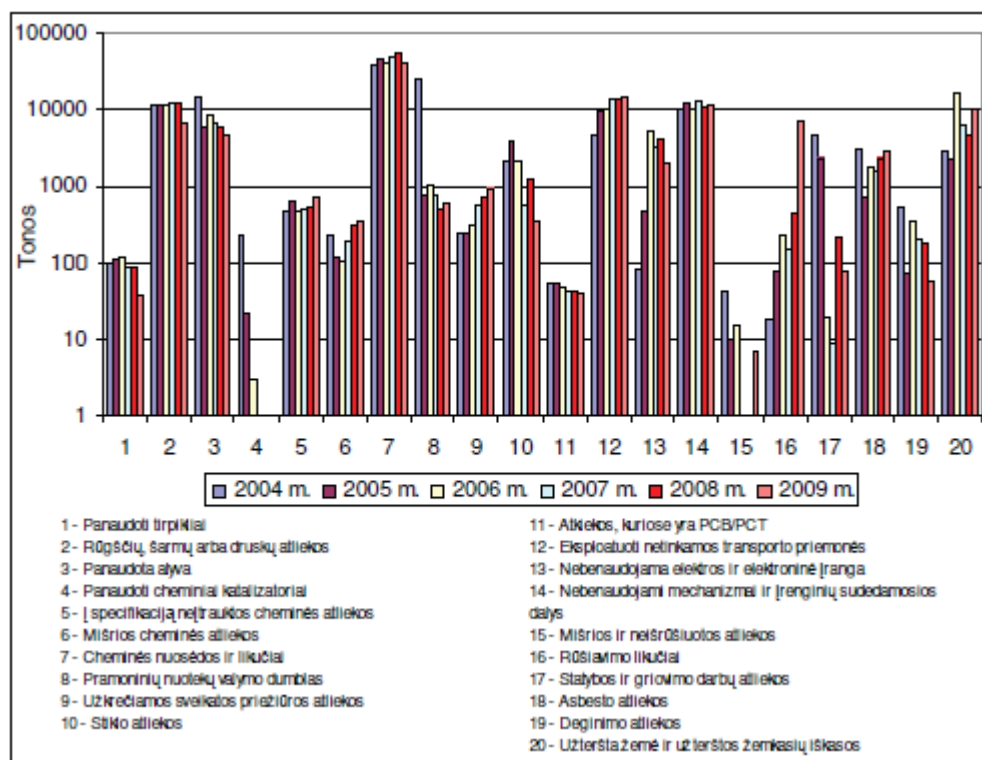
Pastaraisiais metais atliekų tvarkymui Lietuvoje skiriama daug dėmesio, sparčiai plėtojamas atliekų surinkimas, perdirbimas ir šalinimas. Atliekų tvarkymo infrastruktūros plėtrą skatino Europos Sąjungos finansinė parama, gamintojų ir importuotojų atsakomybės už atliekų tvarkymą nustatymas. Tačiau Lietuvos darnaus vystimosi prioritetai – gamtos išteklių naudojimo efektyvumo didinimas, atliekų mažinimas, racionalus tvarkymas ir pakartotinis naudojimas – vis dar svarbūs ir reikalauja didelio atsakingų institucijų dėmesio ir visuomenės supratimo. Susidarančių atliekų mažinimas, jų racionalus tvarkymas bei antrinis panaudojimas Lietuvoje – prioritetinės aplinkos apsaugos sritys, kurių svarba pabrėžta Nacionalinėje darnaus vystimosi strategijoje. Dabartiniu metu šalyje pagal patvirtintą Valstybinį strateginį atliekų tvarkymo planą bei kitus Lietuvos ir Europos Sąjungos teisės aktus yra kuriama moderni, ES reikalavimus atitinkanti atliekų tvarkymo sistema.

Bendros pavojingųjų atliekų tvarkymo apimtys 2009 m., lyginant su 2008 m., sumažėjo kiek daugiau nei 4 %. Tikėtina, kad tai susiję su ekonomine krize Lietuvoje, dėl kurios 2009 m. sumažėjo šalies ūkio apimtys. Tačiau vertinant šalies pavojingųjų atliekų tvarkymo sektoriaus situaciją pagal atskirus atliekų tvarkymo būdus, konstatuotina, kad ne visuose juose sumažėjimas buvo proporcingas bendro pavojingųjų atliekų srauto tvarkymo pokyčiams. Beveik trigubai (iki 17 tūkst. tonų) išaugo pavojingųjų atliekų išvežimo iš šalies apimtys.



1.1 pav. Pavojingų atliekų tvarkymas

## 1.2. Surinktas pavojingų atliekų kiekis pagal atskiras jų rūšis.



1.2 pav. Surinktų pavojingų atliekų kiekio pagal atskiras jų rūšis kaita 2004-2010 m.

2009 m. bendras surinktų pavojingųjų atliekų kiekis, lyginant su 2008 m., sumažėjo 11 %, tuo pačiu pakito ir surenkamų atliekų kiekis pagal atskiras jų rūšis. Daugiausia – beveik 20 kartų, padaugėjo pavojingųjų atliekų rūšiavimo likučių. Daugiau nei dvigubai išaugo surinktos užterštos žemės ir užterštų žemkasių iškasų kiekiai. Šis padidėjimas yra tiesiogiai susijęs su pastaraisiais metais intensyviai vykdomais užterštų teritorijų ir vandens telkinių valymo darbais, finansuojamais ES lėšomis. Taip pat pažymėtina, kad nuo 2004 m. nuolat daugėja surenkamų eksploatuoti netinkamų transporto priemonių atliekų – 2009 m. jų buvo surinkta 3 % daugiau nei 2008 m., arba daugiau nei 3 kartus, lyginant su 2004 m. 2009 metais rūgščių, šarmų arba druskų atliekų mažiau susidarė metalo gaminių pramonėje, o cheminių nuosėdų ir likučių atliekų mažiau surinkta iš laivų. Statybos ir griovimo atliekų kiekis padidėjo dėl geležinkelio bėgių rekonstrukcijos (pabėgių keitimo), kurios metu susidarė didelis kiekis medienos, užterštos pavojingomis medžiagomis.

1.2 lentelė. Surinktas pavojingų atliekų kiekis pagal atskiras jų rūšis (tonomis.)

Atliekų pavadinimas/Metai	2006	2007	2008	2009	2010
Panaudoti tirpikliai	99	110	118	86	91

Rūgščių, šarmų arba druskų atliekos	11365	11249	11571	12132	12182
Panaudota alyva	14257	5727	8321	6622	5743
Panaudoti cheminiai katalizatoriai	233	22	3	0	0
Į specifikaciją neįtrauktos cheminės atliekos	491	674	478	510	546
Mišrios cheminės atliekos	239	117	106	191	315
Cheminės nuosėdos ir likučiai	38628	46374	39247	49048	55333
Pramoninių nuotekų valymo dumblas	25059	798	1069	769	509
Užkrečiamos sveikatos priežiūros atliekos	244	241	325	563	759
Stiklo atliekos	2010	3849	2119	583	1190
Atliekos, kuriose yra PCB/PCT	53	56	48	44	42
Eksploatuoti netinkamos transporto priemonės	4590	9179	10255	13205	13899
Nebenaudojama elektros ir elektroninė įranga	82	495	5145	3161	3821
Nebenaudojami mechanizmai ir įrenginių sudedamosios dalys	9731	11672	10115	13009	10904
Mišrios ir neišrūšiuotos medžiagos	43	10	15	0	0
Rūšiavimo likučiai	18	77	235	156	447
Statybos ir griovimo darbų atliekos	4485	2323	19	9	223
Asbesto atliekos	3012	738	1804	1534	2390
Deginimo atliekos	549	75	364	204	179
Užteršta žemė ir užterštos žemkasių iškasos	2798	2150	16261	6340	4465
VISO	117986	95936	107618	108166	113038

## 2. PAVOJINGŲ ATLIEKŲ TVARKYMO BŪDAI

Pavojingų atliekų tvarkymo procesais yra siekiama keisti atliekų chemines bei fizines savybes taip, kad tai būtų naudinga, pirmiausiai, aplinkosauginiu požiūriu. Yra daug individualių galimybių šiam tikslui pasiekti, tačiau visos jos remiasi atskyrimo, skaidymo, koncentravimo ir tūrio mažinimo principais. Dažniausiai PA tvarkymo veikloje siekiama :

- Eliminuoti atliekų pavojingas savybes konvertuojant pavojingas sudėtines dalis į nepavojingas medžiagas. Tą galima pasiekti cheminių, elektrocheminių ar biologinių reakcijų pagalba.
- Cheminių reakcijų pagalba galima pakeisti pavojingų atliekų sudedamųjų dalių prigimtį/struktūrą. Reakcijų pasekmėje pasikeičia atliekų savybės, gali sumažėti pavojingumo laipsnis, atitinkamai sumažėja ir aplinkosauginės žalos rizika.
- Padaryti atliekas lengviau apdorojamomis kitais fiziniiais, cheminiais ar biologiniais procesais, keičiant pavojingas atliekų sudedamąsias dalis kitomis, mažiau pavojingomis.
- Pakeisti pavojingų atliekų fizinę būklę, darančią mažesnę neigiamą poveikį aplinkai.
- Taikant procesus, kurie selektyviai absorbuoja arba sulaiko atliekų pavojingąsias sudėtines dalis, užtikrinti, jog likusioje pagrindinėje atliekų masėje pavojingų elementų nebėra.
- Taikyti procesus, kurie atskiria atliekų sudėtines dalis pagal jų fizines savybes.
- Taikyti mechaninio atskyrimo procesus.
- Taikyti terminio atliekų modifikavimo procesus.
- Taikyti pavojingų atliekų stabilizavimo procesus.

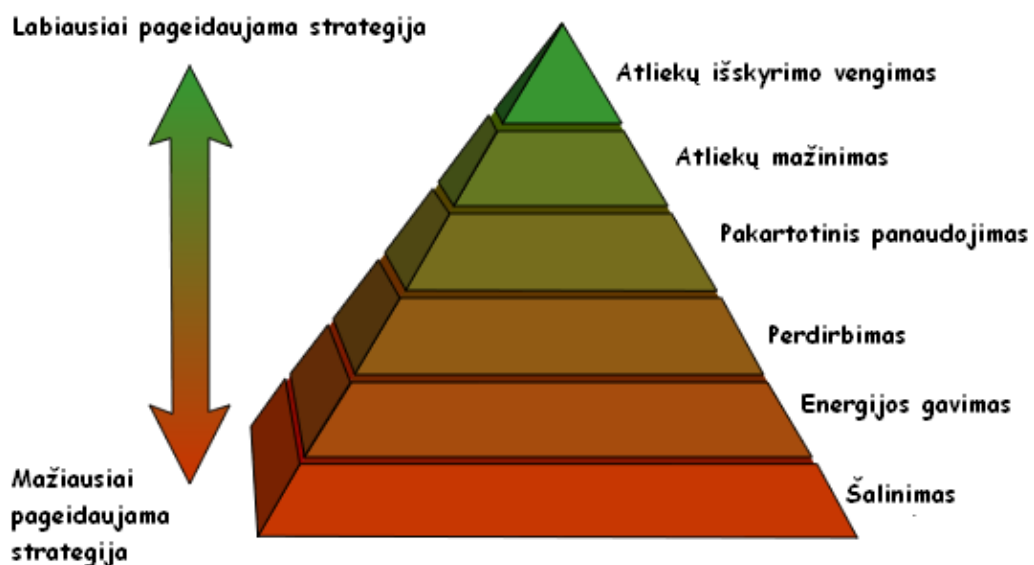
Dažnai naudojamos kelių tvarkymo procesų kombinacijos. Atliekų šalinimo veiklų klasifikavimui naudojami 1.3 lentelėje nurodyti kodai ir pavadinimai.

**2.1 lentelė.** Atliekų šalinimo veiklų klasifikatorius

Kodas	Pavadinimas	Pastabos ir pavyzdžiai
D1	Išvertimas ant žemės ar po žeme	pvz., sąvartynuose ir t. t.
D2	Apdorojimas žemėje	pvz., biologinis skystųjų ar dumblo atliekų skaidymas dirvožemyje ir t. t.
D3	Giluminis įpurškimas	pvz., pumpuojamų atliekų įpurškimas į šulinius, druskos olas ar natūraliai susidariusias ertmes ir t. t.
D4	Surinkimas į telkinius žemės paviršiuje	pvz., skystųjų ar dumblo atliekų supylimas į duobes, tvenkinius ar lagūnas ir t. t.
D5	Šalinimas specialiai įrengtuose sąvartynuose	pvz., dėjimas į atskiras sekcijas, kurios uždengiamos ir izoliuojamos viena nuo kitos ir nuo aplinkos ir t. t.
D6	Išleidimas į vandens telkinį, išskyrus jūras ir (arba) vandenynus	
D7	Išleidimas į jūras ir (arba)	

Kodas	Pavadinimas	Pastabos ir pavyzdžiai
	vandenynus, įskaitant įterpimą į jūros dugną	
D8	Šioje lentelėje nenurodytas biologinis apdorojimas, kurio metu gaunami galutiniai junginiai ar mišiniai šalinami vykdant bet kurią iš D1–D12 veiklų	
D9	Šioje lentelėje nenurodytas fizikinis-cheminis apdorojimas, kurio metu gaunami galutiniai junginiai ar mišiniai šalinami vykdant bet kurią iš D1–D12 veiklų	(pvz., garinimas, džiovinimas, kalcinavimas ir t. t.)
D10	Deginimas sausumoje	
D11	Deginimas jūroje	Ši tvarkymo veikla yra draudžiama pagal Europos Sąjungos įstatymus ir tarptautines konvencijas
D12	Nuolatinis laikymas	pvz., konteinerių laikymas šachtose ir t. t.
D13	Perskirstymas ar maišymas prieš vykdant bet kurią iš D1–D12 veiklų	Jeigu nėra kito tinkamo D kodo, šis kodas gali apimti pirmines operacijas, atliekamas prieš šalinimą, įskaitant išankstinį apdirbimą, pavyzdžiui, <i>inter alia</i> , rūšiavimą, smulkinimą, suspaudimą, granuliavimą, džiovinimą, supjaustymą, kondicionavimą ar atskyrimą, ketinant šias atliekas šalinti vykdant bet kurią iš D1–D12 veiklos rūšių
D14	Perpakavimas prieš vykdant bet kurią iš D1–D13 veiklų	
D15	D1–D14 veiklomis šalinti skirtų atliekų laikymas	Išskyrus laikinąjį atliekų laikymą atliekų susidarymo vietoje iki jų surinkimo

## 2.1 Atliekų tvarkymo hierarchija



2.1 pav. Atliekų tvarkymo hierarchija

Atliekų (tvarkymo principų) hierarchija klasifikuoja pasirenkamas atliekų tvarkymo strategijas taikant esminį atliekų minimizavimo kriterijų. Pagrindinės strategijos yra atliekų mažinimas, pakartotinis panaudojimas bei perdirbimas (angl. "3 R's": reduce, reuse, recycle). Šios hierarchijos pagrindinis tikslas yra išgauti maksimalią naudą iš produktų ir minimalų atliekų kiekį.

### **2.1.1 Išplėsta gamintojų atsakomybė**

Išplėsta gamintojų atsakomybė (angl. extended producer responsibility) yra strategija, skirta aplinkos sąnaudų, siejamų su produktų gyvavimo ciklu, integravimui į tų produktų rinkos kainą. Tokiu būdu gamintojams, importuotojams ar pardavėjams priskiriama finansinė ar fizinė atsakomybė už produkcijos galimą poveikį aplinkai po pardavimo, Lietuvoje tai vadinama - gamintojų ir importuotojų atsakomybės principu.

### **2.1.2 Principas „Teršėjas moka“**

Principas „Teršėjas moka“. Taikant šį principą, apmokestinama pramoninė ar komercinė veikla, prisidedanti prie aplinkos taršos. „Teršėjas moka“ principas taikomas ir kitose srityse, tuo tarpu atliekų tvarkyme paprastai reiškia, kad objektai, kurių veikloje išskiriamos atliekos, moka numatytus mokesčius už atliekų pašalinimą.

## **2.2 Sąvartynai**

Sąvartynai yra vienas iš tradicinių ir daugelyje šalių labiausiai naudojamų atliekų šalinimo metodų. Praeityje, sąvartynai dažnai būdavo įrengiami nebenaudojamose kasyklose, pvz., karjeruose. Gerai suorganizuotas ir prižiūrimas sąvartynas yra palyginus nebrangus ir higieniškas būdas pašalinti atliekas. Senesni, netinkamai suorganizuoti ar prižiūrimi sąvartynai turi nepageidaujamos įtakos aplinkai: vėjo pernešamos šiukšlės, kenkėjų (pelių, žiurkių) ir parazitų pritraukimas, kenksmingų cheminių medžiagų susimaišiusių su lietaus vandeniu nutekėjimas, galintis užteršti požeminį bei paviršiaus vandenį. Taip pat anaerobiniams mikroorganizmams skaidant organines atliekas, susidaro sąvartyno dujos (daugiausiai metanas bei anglies dvideginis), kurios gali sukelti nemalonų kvapą, pakenkti augalijai ir taip pat yra šiltnamio dujos. Šiuolaikiniuose sąvartynuose taikomos priemonės sulaukyti nutekėjimą, pvz., paviršius padengiamas molio ar plastikiniu sluoksniu. Atliekos paprastai suspaudžiamos, kad būtų didesnis tankumas, kas suteikia sąvartynui stabilumo, bei uždengiamos nuo kenkėjų ir vėjo. Daugeliui sąvartynų, juos uždarius, įtaisoma dujų surinkimo sistema, dujos išpumpuojamos per vamzdžius ir sudeginamos ar panaudojamos generuojant elektros energiją. Šių dujų sudeginimas laikomas priimtinesniu variantu nei tiesiog paleidimas į atmosferą, nes metanas yra stipresnės šiltnamio dujos

nei anglies dioksidas. Neretai sąvartynų įrengimui priešinasi gretimų vietovių savininkai ir gyventojai, todėl tokiose vietovėse dažnai atliekų išvežimas būna brangesnis, nes vežama tolesniu atstumu arba taikomi kiti atliekų šalinimo metodai. Dėl šios priežasties, taip pat dėl pastebimo visuomeninio vartojimo tendencijų didėjimo, ieškoma būdų sumažinti į sąvartynus patenkančių atliekų kiekį. Prie šių būdų priskiriami mokesčiai, atliekų perdirbimas, vertimas energija, mažiau medžiagos sunaudojančių produktų kūrimas, ir atsakomybės už produktų atliekų šalinimą pasidalijimas su gamintojais. Šią sritį plačiau nagrinėja industrinė ekologija.

Pasak kai kurių ateities studijų tyrinėtojų, įmanoma, kad ateityje, kai kuriems ištekliams mažėjant, dabartiniai sąvartynai taps kasyklomis.

### **2.3 Pramoninis deginimas**

Taikant šį metodą, atliekos pašalinamos deginant jas aukštoje temperatūroje. Toks ir kiti su aukšta temperatūra susiję metodai vadinami terminiu apdirbimu. Atliekos paverčiamos šiluma, dujų emisijomis bei pelenais. Kiti terminio apdorojimo metodai yra pirolizė bei dujinimas. Sąvoka "energija iš atliekų" (angl. WtE - waste-to-energy arba EfW - energy-from-waste) taikoma jėgainėms, kuriose iš atliekų deginimo gaunama energija (garai ir/arba elektra). Deginimo metodas ypač populiarus valstybėse su ribotu žemės plotu. Švedija laikoma šios praktikos lydere per paskutinius 20 metų, kiti pavyzdžiai - Japonija, Danija. Deginimas gali būti atliekamas tiek individualiu, tiek pramoniniu mastu. Laikomas praktišku metodu pašalinti tam tikras sveikatai pavojingas atliekas, pvz., biologines medicininės atliekas, nors tuo pačiu vertinamas prieštarinai kaip skatinantis taršą dujinėmis emisijomis.

### **2.4 Žaliavų išgavimas**

Tai palyginus nesena koncepcija, pagal kurią atliekos gali būti traktuojamos kaip žaliavos. Atliekos gali būti perdirbamos į antrines žaliavas, arba jų šilumos kiekis panaudojamas energijos gavybai; tam tinkamos technologijos vis dar tobulinamos ir vystomos. Tokia praktika pasaulyje vis populiarėja, ypač didmiesčių regionuose, kur nepakanka vietos sąvartynams. Kita priežastis - pripažinimas, kad vien atliekų pašalinimas nėra tvarus metodas ilgalaikės perspektyvos atžvilgiu bei daugumos pirminių žaliavų išteklių yra riboti.

#### **2.5 Perdirbimas**

Perdirbimas - tai procesai, leidžiantys pakartotinai panaudoti perdirbtas atliekas. Didžiąją jų dalį sudaro pakuočių atliekos. Žinomiausias to įgyvendinimo būdas - atliekų rūšiavimas pagal medžiagas, iš kurių jos pagamintos. Surūšiuotos atliekos surenkamos iš gyventojų (dažniausiai taikoma konteinerinė pakuočių ir pakuočių atliekų surinkimo sistema) ir įstaigų, arba pristatomos į atitinkamus centrus, ir vėliau atitinkamai apdorotos panaudojamos naujų produktų gamyboje.



Naudojama ir specialiai rūšiavimui pritaikyta įranga. Ekonomiškai išsivysčiusiose šalyse dažniausiai perdirbama: aliumininės gėrimų skardinės, plienas, maisto ir purškiamų medžiagų indai, HDPE ir PET buteliai, stikliniai buteliai ir stiklainiai, kartonas, laikraščiai, žurnalai. Perdirbami taip pat ir kiti plastikai (PVC, LDPE, PP, PS). Visi išvardinti produktai paprastai sudaryti iš vienos medžiagos, dėl ko juos santykinai lengva perdirbti. Sudėtingesnių produktų, pvz., kompiuterių, elektroninės įrangos, perdirbimas yra sunkesnis bei brangesnis, nes reikalingas jų išardymas ir t. t.

Dėl perdirbimui skirtų atliekų rūšiavimo ir surinkimo sąnaudų, šių medžiagų kaina panaši arba net didesnė nei pirminių žaliavų. Dauguma dabartinių ekonomikų nepilnai arba išvis neapskaito žalos ar naudos aplinkai, nors šiuo požiūriu perdirbtų medžiagų panaudojimas pranašesnis už pirminių žaliavų išgavimą dėl to, kad reikalauja žymiai mažiau energijos, vandens ir kitų išteklių sąnaudų. Pvz., perdirbus 1000 kg aliumininių skardinių, būtų sutaupyta apie 5000 kg iškasamo boksito bei išvengiama šiltnamio dujų emisijų, atitinkančių 15,7 tonas anglies dioksido.

### 3. ATLIEKŲ DEGINIMAS

#### 3.1 Terminai

**Bendro deginimo įrenginys** (bendro deginimo įmonė) – tai bet kuris stacionarus arba mobilus įrenginys, kurio pagrindinis tikslas yra energijos arba materialių produktų gamyba ir kuris naudoja atliekas kaip įprastinį arba kaip papildomą kurą arba kuriame atliekos yra termiškai apdorojamos tam, kad būtų pašalintos. Jei bendras atliekų deginimas vykdomas taip, kad pagrindinis įmonės tikslas yra ne energijos ar materialių produktų gamyba, o terminis atliekų apdorojimas, įrenginys laikomas deginimo įrenginiu.

Šis apibrėžimas apima visą įrenginį ir teritoriją, įskaitant visas bendro deginimo linijas, atliekų priėmimo, laikymo, pirminio apdorojimo įrenginius, atliekų, kuro ir oro padavimo sistemas, katilus, išmetamųjų dujų valymo įrenginius, vietoje esančius degimo liekanų ir nuotekų apdorojimo ar saugojimo įrenginius, kaminus, deginimo operacijų tikrinimo sistemas ir prietaisus, registruojančius deginimo sąlygas ir atliekančius jų monitoringą.

**Deginimo įrenginys (deginimo įmonė)** – tai bet koks stacionarus arba mobilus techninis vienetas su visa įranga, skirtas termiškai apdoroti atliekas panaudojant ar nepanaudojant pagamintą šilumą. Terminis apdorojimas apima deginimą oksiduojant atliekas ir kitus terminius procesus, tokius kaip pirolizė, pavertimas dujomis ar plazminiai procesai, jei tokio apdorojimo metu susidariusios medžiagos po to yra sudeginamos.

Šis apibrėžimas apima visą įrenginį ir teritoriją, įskaitant visas deginimo linijas, atliekų priėmimo, laikymo, pirminio apdorojimo įrenginius, atliekų, kuro ir oro padavimo sistemas, katilus, išmetamųjų dujų valymo įrenginius, vietoje esančius degimo liekanų ir nuotekų apdorojimo ar saugojimo įrenginius, kaminus, deginimo operacijų tikrinimo sistemas ir prietaisus, registruojančius deginimo sąlygas ir atliekančius jų monitoringą;

**Emisija (išmetimas)** – tai tiesioginis ar netiesioginis medžiagų, vibracijos, šilumos ar triukšmo iš taškinių arba išsklaidytų taršos šaltinių, esančių įrenginyje, patekimas į orą, vandenį ar dirvožemį;

**Liekanos** – tai bet kokios skystos arba kietos medžiagos (įskaitant nuosėdas, šlaką, lakiuosius pelenus, katilų dulkes, dujų valymo reakcijų kietuosius produktus, nuotekų valymo dumblą, išnaudotus katalizatorius ir panaudotą aktyviają anglį), kurioms taikomas atliekų apibrėžimas, susidariusios deginimo arba bendro deginimo proceso metu, valant išmetamąsias dujas ar nuotekas, arba kitų deginimo arba bendro deginimo įrenginyje vykstančių procesų metu;

**Nominalus galingumas** – tai konstruktoriaus nurodyta ir operatoriaus patvirtinta visų deginimo įrenginio krosnių galingumų suma, nustatoma visų pirma atsižvelgiant į atliekų kalingumą, kuris išreiškiamas per valandą sudegintų atliekų kiekiu;

## 3.2 Atliekų deginimo technologijos

Deginant pavojingas atliekas reikia kiek įmanoma sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, ypač teršalų emisiją į aplinkos orą, dirvožemį, paviršinius ir gruntinius vandenius iš atliekas deginančių įrenginių, ir su tuo susijusią riziką žmonių sveikatai.

Deginimas vyksta specialiose įmonėse (mano atveju UAB "Toksika"), turinčiose reikalingą įrangą. Degimo procesas vyksta aukštoje 850–1100<sup>0</sup>C temperatūroje. Mikroorganizmai žūsta per 1-2 sekundes. Atliekų svoris sumažėja 85-95 %.

Atsižvelgiant į didelę atliekų savybių įvairovę, šių kuro rūšių deginimui gali būti taikomos įvairios skirtingos technologijos:

- Dulkinio kuro deginimas – naudojamas retai, pvz., kai tuo pačiu metu deginamos medienos šlifavimo dulkės su skystuoju kuru;
- sluoksninio deginimo ant ardynų technologijos – naudojami įvairių konstrukcijų ardynai, kuriuos galima suskirstyti į dvi grupes – stacionarieji ir judantys ardynai;
- deginimas verdančiame sluoksnyje – naudojamas verdantis arba cirkuliuojantis verdantis sluoksnis;
- kuro gazifikacija ir deginimas dujomis arba mazutu kūrenamame katile.

Kiekvienai deginimo technologijai susiformavo tam tikra katilų galingumų amplitudė, kuriai šios technologijos naudojimas yra techniškai ir ekonomiškai tikslingas. Katiluose, kurių galingumas iki 5 MW, paprastai naudojama sluoksninio deginimo ant ardynų technologija, o deginimo verdančiame sluoksnyje technologijos daugiausia taikomos stambiams katilams. Katilus galima skirstyti ir pagal jų panaudojimo sritį. Kiekvienoje srityje tikslinga naudoti tam tikros galios katilus, tinkamiausius technologinius sprendimus ir reikiamą automatizavimo lygį.

Atliekų utilizavimui reikalingi sudėtingi technologiniai sprendimai deginimui ir kuro tvarkymui, taip pat išmetamųjų dujų valymui ir aplinkosauginių reikalavimų tenkinimui. Atliekų deginimo projektai turi būti rengiami ir vykdomi bendradarbiaujant su aplinkosaugos specialistais arba jiems prižiūrint.

### 3.2.1 Sluoksninio deginimo ant ardyno technologija

Sluoksninio deginimo ant ardyno technologijos yra plačiausiai paplitusios vidutinės ir mažos galios katilinėse. Sluoksninės kūryklos su 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. Egzistuoja skirtingų rūšių ardynai, kuriuos galima būtų suskirstyti taip:

- stacionarieji;
- judamieji pasvirieji;
- grandininiai;
- specialūs ardynai specifinėmis savybėmis pasižyminčiam kurui, pvz., komunalinėms atliekoms.

### ***3.2.2 Kūryklos su stacionariaisiais ardynais***

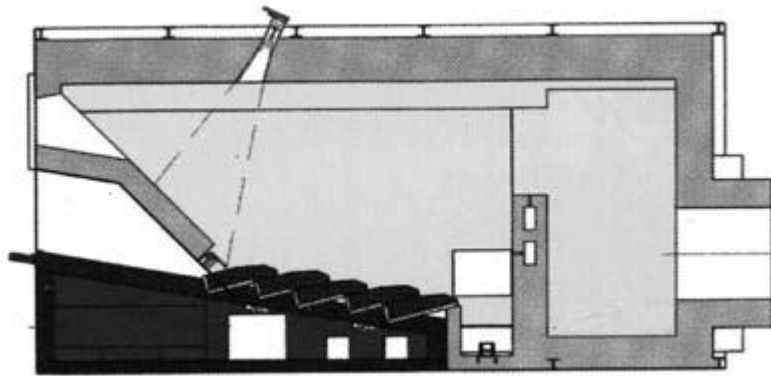
Dažniausiai stacionarus pasvirasis ardynas įtaisomas kūrykloje tam tikru kampu, kad kuras kristų veikiant sunkio jėgai iš ardyno džiovinimo zonos į anglies (kokso) degimo zoną. Stacionaraus ardyno pasvirimo kampas apytiksliai lygus kuro kritimo kampui. Priklausomai nuo kuro tipo ir ardyno elementų konstrukcijos, ardynams rekomenduojami tokie nuolydžiai.

- stacionariems pasviriesiems ardynams su strypais natūraliai išdžiovintų gabalinių durpių, pjuvenų ir drožlių deginimui – 32–36°;
- laiptuotiesiems ardynams pjuvenų deginimui – 38–40°;
- laiptuotiesiems ardynams gabalinių durpių deginimui – 30°.

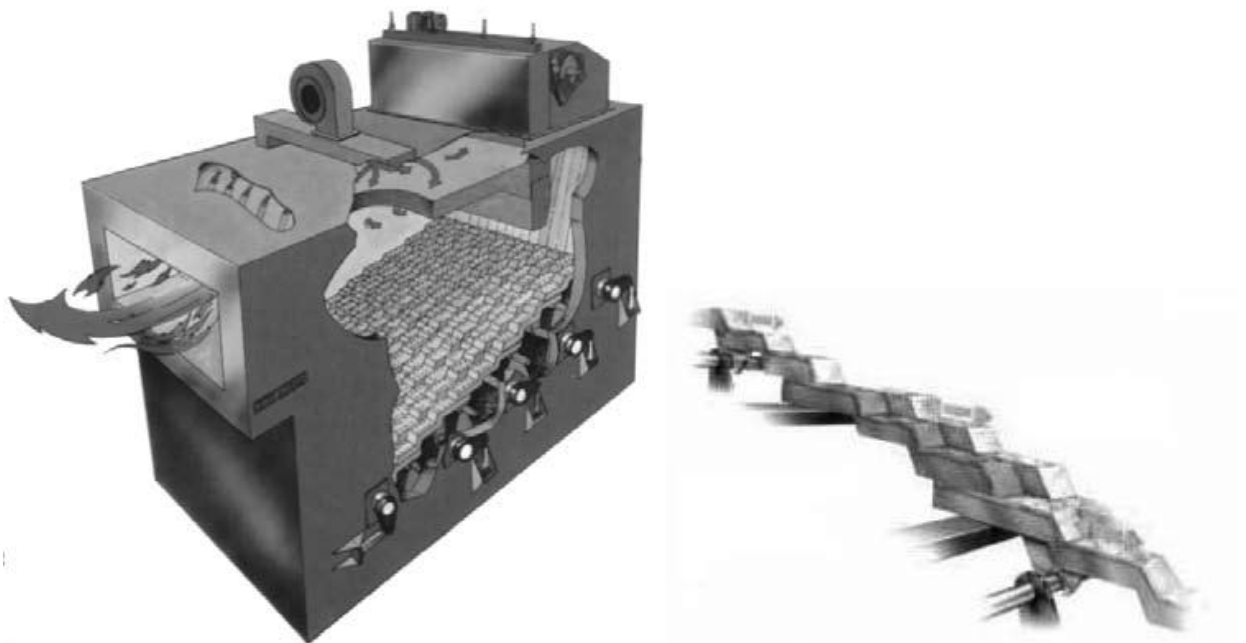
Stacionarūs pasvirieji ardynai sudaryti iš ardyno elementų ar strypų, įtaisytų kuro srauto kryptimi; laiptuotuosius ardynus sudaro pakopos, išdėstytos statmenai kuro srautui. Laiptuotieji ardynai puikiai tinka pjuvenų, atliekų ir drėgno kuro deginimui.

### ***3.2.3 Kūryklos su mechaniniais ardynais***

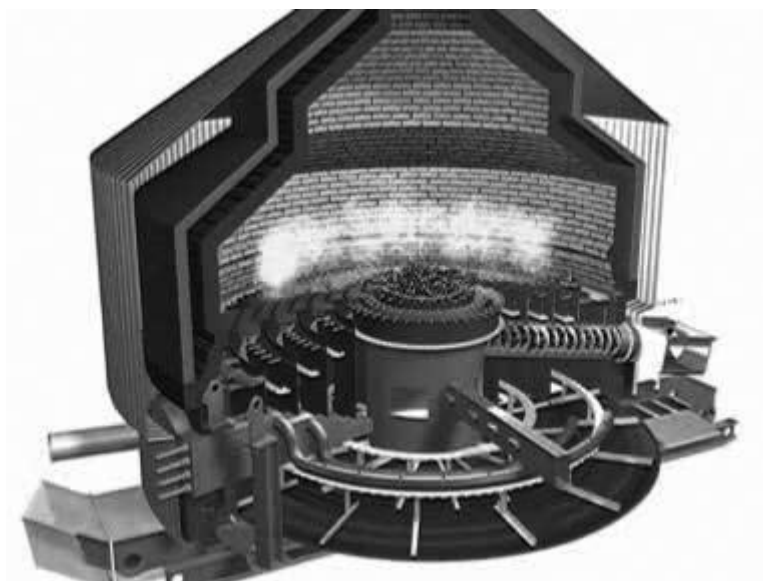
Lyginant kūryklas su stacionariaisiais ardynais, judamojo ardyno privalumas yra tas, kad dėl judančių ardyno elementų galima geriau kontroliuoti kuro sluoksnio judėjimą, kuro sluoksnis vienodžiau pasiskirsto ant ardyno, dėl to degimo procesas tampa efektyvesnis, o degimo produktuose sumažėja kenksmingų komponentų. Egzistuoja kombinuotas sprendimas – dvigubo ardyno konstrukcija su stacionaria viršutine dalimi džiovinimo ir pirolizės zonoms bei mažiau pasvirusiu judamuoju ardynu degimo zonai.



**3.1 pav.** Kūrykla su ardynu, sudarytu iš stacionarios ir judamosios pasvirusios dalies



**3.2 pav.** Švedijos bendrovės KMW ENERGI AB kūrykla TRF su šachmatine tvarka judančiais ardyno elementais

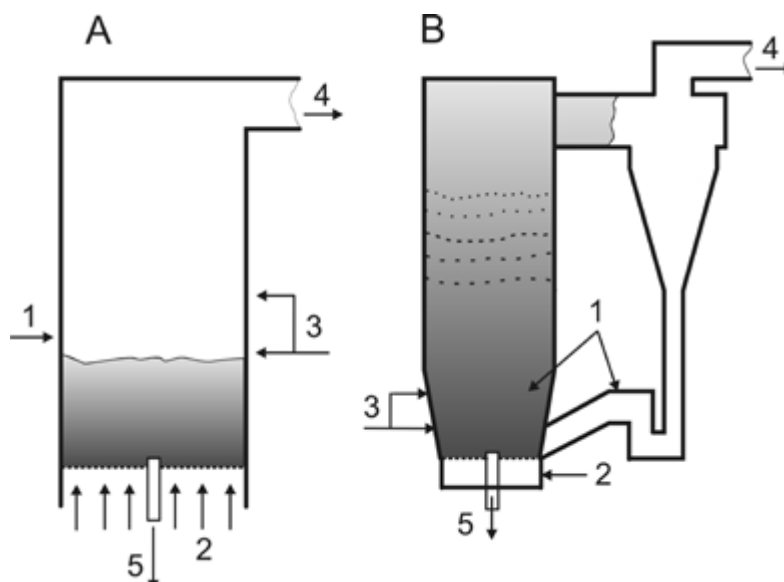


**3.3 pav.** Bendrovės Wärtsilä užpatentuota kūrykla BioGrate su besisukančiu kūginiu ardynu (kuras paduodamas iš apačios).

Siekiant aukšto deginimo efektyvumo bei minimalaus emisijų lygio, ypač svarbi yra optimalaus oro paskirstymo ir valdymo sistema, į kurią įeina orpūtės su reguliuojamu sukimosi greičiu. Be to, naudojama kontroliuojama degimo produktų recirkuliacija, leidžianti vartotojui kontroliuoti šilumos išsiskyrimą ardyne ir užtikrinanti švarų įvairių kuro rūšių deginimą su mažomis NO<sub>x</sub> ir CO emisijomis. Jeigu kūrykla sukonstruota kaip priešškūrykla, katilinėje ji turi būti sujungta su tinkamu katilu. Nemažai gamintojų konstruoja ir tiekia kūryklas bei katilus gamykloje pagamintą vientisą agregatą, ypač esant mažos galios įrenginiams. Tokiu atveju pelenų šalinimą paprasčiau atlikti iš po ardyno, iš po vertikalių dūmavamzdžių, ir iš po degimo produktų valymo įrenginių. Kai katile deginamas sausas kuras, kūryklos sienelės būtina aušinti joje įrengtais šildymo paviršiais. Nuo kūryklos vidinės dangos aušinimo sąlygų tiesiogiai priklauso tai, kokios rūšies ir kokio drėgnumo kurą galima deginti.

### 3.2.4 Verdančio sluoksnio kūryklos

Vis didėjant deginimui paduodamo oro srauto greičiui, gali būti pasiekta būseną, kai oras pakelia kuro sluoksnį ir kuro dalelės pakimba oro sraute. Atrodo, kad kuro sluoksnis pradeda virti, iš čia ir atsirado terminas „verdančio sluoksnis“. Aprašytasis verdantis sluoksnis vadinamas stacionariuoju verdančiu sluoksniu. Drėgmė, išsiskyrusios lakiosios medžiagos, pelenai ir smulkios kuro dalelės iš kuro sluoksnio išnešami. Smulkios kuro dalelės ir lakiosios medžiagos dega degimo kameroje virš verdančio sluoksnio.



**3.4 pav.** Principinė kūrykla su stacionariuoju ir cirkuliuojančiuju verdančiu sluoksniu. 1 – kuras; 2 – pirminis oras; 3 – antrinis oras; 4 – degimo produktai; 5 – dugno pelenai

Kai oro srauto greitis išauga daugiau negu reikia stacionariam verdančiam sluoksniui susidaryti, degančios kuro dalelės išnešamos kartu su oro srautu. Ciklone – separatoriuje kietosios dalelės atskiriamos nuo oro bei dujų srauto ir sugrąžinamos atgal į kūryklą. Kadangi degantis kuras cirkuliuoja tarp kūryklos ir separatoriaus, šiai deginimo technologijai apibrėžti vartojamas terminas „cirkuliuojantis verdantis sluoksnis“. 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. Vienas iš verdančio sluoksniu technologijos privalumų yra galimybė deginti skirtingų rūšių prastos kokybės kurą, kartu sumažinant pavojingų oro teršalų išmetimą. Verdančiame sluoksnyje temperatūra būna santykinai žema (apie 850°C), todėl mažai tikėtina, kad vyks pelenų lydymasis ir ardyno šlakavimasis. Esant tokiai temperatūrai sumažėja azoto junginių išmetimai, o kure su dideliu sieros kiekiu ją galima surišti su pelenais, įdėjus sorbento (kalkių). Bendrasis reikalavimas, keliamas kurui, kai deginama verdančiame sluoksnyje, – kuras turi būti granulometriškai tolygus. Deginant atliekas, biokurą ir durpes, stacionarus verdantis sluoksnis formuojamas iš inertiškos medžiagos – paprastai kvarcinio smėlio. Aktyvuojant verdantį sluoksnį, sluoksniu medžiaga dujomis arba mazutu kūrenamais degikliais pakaitinama iki 600°C. Po to į sluoksnį paduodamas pagrindinis kuras užsiliepsnoja, sluoksniu temperatūra pakyla, o degikliai, naudojami verdančio sluoksniu aktyvavimui, išjungiami.

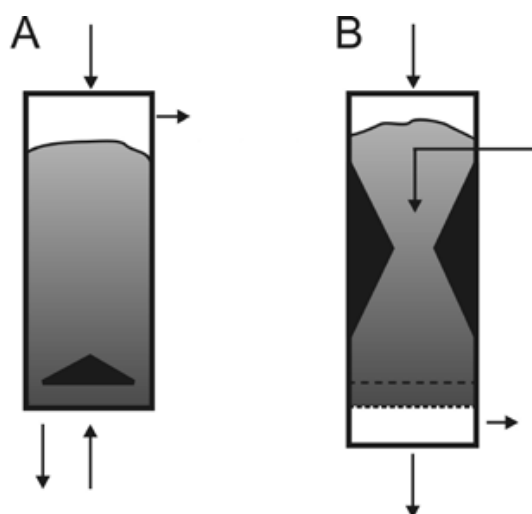
### **3.2.5 Kuro gazifikacija**

Biomasės gazifikacijos principai yra žinomi nuo XVIII a. pabaigos, tačiau iš pradžių ši technologija buvo naudojama dujų tiekimui į dujinius šviestuvus. Antrojo pasaulinio karo metu biomasės gazifikacijos įranga buvo naudota dujų gamybai, kurios turėjo pakeisti automobilių variklių skystąjį kurą. Praeito šimtmečio 8-ajame ir 9-ajame dešimtmečiuose biomasės gazifikacija buvo laikoma alternatyva pabrangusiam dyzelinui ar benzinui, be to atsirado gazifikacijos įranga energijos gamybai. Prastos kokybės mažo šilumingumo kietojo kuro gazifikacija naudojama dėl trijų priežasčių:

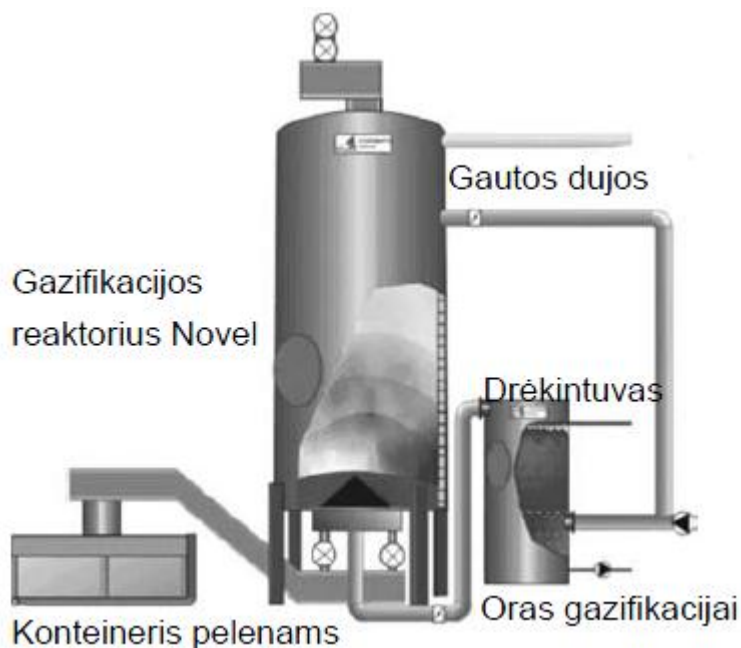
- Kad prastos kokybės kietąjį kurą būtų galima naudoti pramonėje, ypač chemijos;
- kad būtų gautas švarus kuras ypatingiesiems poreikiams;
- kad būtų galima pertvarkyti paprastą katilą probleminio kuro deginimui.

Gazifikacijos technologijos pradėta naudoti palyginti neseniai. Dėl didelės įrangos kainos biomasės gazifikacijos įrenginiai nėra plačiai naudojami. Kai kurių ekspertų nuomone, perspektyviausia sritis gazifikacijos reaktorių naudojimui yra biokuro gazifikacija kombinuotai elektros energijos ir šilumos gamybai vidaus degimo varikliais. Į gazifikacijos reaktorių su

stacionariu sluoksniu kuras paduodamas iš viršaus, o susidariusios dujos juda arba priešinga kuro srautui kryptimi (vadinama priešsrovinė sistema), arba ta pačia kryptimi (vadinama pasrovinė sistema). Priešsrovinės sistemos atveju, į dujų sudėtį įeina suodžiai, pelenai ir pirolizės produktai, tokie kaip dervos, tačiau naudojant šį technologinį metodą galima gazifikuoti prastos kokybės kurą, t. y. didelio drėgnumo ir peleningumo kurą. Susidariusias dujas galima deginti, tačiau dujų vamzdžiai. Pasroviniuose gazifikacijos reaktoriuose gaunamos karštos dujos dervų nėra, tačiau ir šiuo atveju iš dujų reikia pašalinti suodžius ir pelenus. Be to, šiam gazifikacijos metodui reikalingas santykinai sausas ir itin mažo peleningumo kuras.



**3.5 pav.** Principinės gazifikacijos reaktorių schemas: priešsrovinė sistema (A) ir pasrovinė sistema (B)



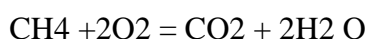
**3.6 pav.** Suomijos bendrovės Condens OY 1-10 MW galios gazifikacijos reaktorius Novel.



### 3.3 Pavojingų atliekų degimo procesas

Degimo procesas, tai egzoterminė reakcija, kurios metu vyksta degiosios medžiagos oksidacija. Degimo procesui reikalinga degi medžiaga, oksidatorius ir uždegimo šaltinis. Oksidatorius dažniausiai būna deguonis. Degimo proceso išoriniai požymiai- šilumos ir šviesos išsiskyrimas. Degimo procesai gali būti dviejų rūšių- ugnis (liepsna) ir rusenimas (beliepsnis degimas). Visos vieninių ir sudėtinių medžiagų degimo deguonyje arba ore reakcijos yra oksidacijos reakcijos.

Kai kuras yra sudėtinė medžiaga ar įvairių medžiagų mišinys, tai degdamos jos taip pat oksiduojasi, ir dažniausiai gaunami ta sudėtinę medžiagą sudarančių elementų oksidai. Sudėtinių medžiagų, vartojamu kurui, pagrindinės sudedamos dalys yra anglis ir vandenilis, todėl, visiškai joms sudegant susidaro anglies dioksidas ir vanduo.



Deginant vien tik dujinį kurą (gamtinės dujas) pelenai nesusidaro, nes dujiniame kure nėra mineralinių priemaišų, tačiau degdamos dujos kartu su pavojingom atliekom sudaro šlaką (pelenus). Pelenai- tai nedegios ir nelakios (neišgaravusios degimo metu) mineralinės medžiagos.

Deginant atliekas labai svarbu jų fizinės ir cheminės savybės. Fizinės savybės:

- Lyginamasis svoris;
- drėgnumas;
- dalelių granulimetrinė sudėtis;
- drėgmės absorbcijos rodiklis;

Atliekų **lyginamasis svoris** parodo, kiek sveria atliekų tūrio vienetas. Duomenys apie atliekų lyginamąjį svorį naudojami atliekų planuojamiems bendram mastui ir masei nustatyti. Deja, daugelyje šaltinių, charakterizuojant atliekų lyginamąjį svorį, nepažymima, kokiomis sąlygomis jis nustatomas (sutankintos atliekos ar ne). Kadangi atliekų lyginamieji svoriai labai skiriasi priklausomai nuo regiono, metu sezono, laikymo (sandėliavimo) trukmės, tai pateikti tipiniai rodikliai naudojami tik apytiksliai skaičiavimams.

Atliekų **drėgnumas** dažniausiai išreiškiamas dviem budais: drėgno svorio matavimo metodu ir sauso svorio matavimo metodu. Atlieku drėgnumas priklausomai nuo atliekų sudėties, sezono, aplinkos drėgmės ir oro sąlygų (ypač nuo lietaus) svyruoja. Atlieku drėgnumas yra labai svarbi savybė jas deginant. Kuo atliekos didesnio drėgnumo, tuo sunkiau jos dega, tuo daugiau reikalinga aukšto kalingumo atliekų.

Duomenys apie atliekų **granulimetrinę sudėtį** reikalingi projektuojant atliekų rūšiavimo procesų įrangą, ypač mechaninę (būgninius sietus) ir magnetinius separatorius. Granulimetrinė sudėtis charakterizuoja pagal atliekų komponento didžiausią išmatavimą ir galimybę praeiti pro

sieta su tam tikrais akutės išmatavimais. Granulimetrinė sudėtis taip pat įtakoja degimo procesą. Smulkios frakcijos atliekos sudega ir oksiduojasi greičiau nei stambios frakcijos atliekos.

Atliekų **drėgmės absorbuojamumo rodiklis** rodo drėgmės kiekį, kurį gali savyje sulaikyti atliekų pavyzdys, veikiamas tik gravitacijos jėgos. Absorbavimo rodiklis priklauso nuo tankinimo lygio ir atliekų įrimo laipsnio. Absorbavimo rodiklis sumaišytų nesutankintų atliekų svyruoja nuo 50% iki 60%.

#### **Cheminės atliekų savybės:**

- Elementinė sudėtis;
- lakioji atliekų dalis- tai dalis, kurios netenkama deginant uždaroje sistemoje;
- sureagavusi anglies dalis- tai liekana po lakiosios dalies išgaravimo;
- nedegi frakcija;
- šilumingumas.

**Elementinė atliekų sudėtis** labai svarbi degint pavojingas atliekas. Svarbu žinoti, kokių yra priemaišų, galinčių trukdyti procesui ar patekti į aplinką, ar atliekų sudėtyje yra labai pavojingų teršalų. Dažniausiai nustatoma anglies, vandenilio, deguonies, azoto, sieros (degiųjų elementų) bei pelenų dalis bendroje atliekų sudėtyje. Svarbu žinoti, kiek atliekos sudėtyje yra chloroorganinių junginių, todėl cheminės analizės metu nustatomi ir halogenų kiekiai atliekose.

**Šilumingumas**- tai šilumos kiekis, sukurtas kuro masės vieneto, kai jis yra visiškai sudegintas. Jis yra matuojamas džauliais kilograme( J/kg). Šilumingumas nustatomas šiais metodais:

- · Realiomis sąlygomis deginant atliekas ir utilizuojant išsiskiriančią šilumos energiją.
- · Laboratorinėmis sąlygomis kalorimetru.
- · Teoriniu apskaičiavimu.

Norint nustatyti pavojingų atliekų šilumingumą (šilumine verte), reikia nustatyti kiekvienos medžiagos šilumingumą atskirai t.y plastikų, metalų, popieriaus, stiklo, medžio, organinių medžiagų savitąją šilumą.

### **3.4 Atliekų deginimo technologijų privalumai ir trūkumai**

#### **3.1 lentelė. Deginimo technologijų privalumai ir trūkumai**

<b>TECHNOLOGIJA</b>	<b>PRIVALUMAI</b>	<b>TRŪKUMAI</b>
<b>Deginimas</b>	Sumažina atliekų tūrį iki 90%, sumažina atliekų svorį iki 80%. Lieka tik labai inertiškos liekanos (išskyrus pelenus).	Reikia didelių finansinių išteklių. Dideli darbo kaštai. Po degimo proceso likusias liekanas reikia deponuoti.
<b>Su energijos gamyba</b>	Sumažina iškasamų žaliavų vartojimą. Šilumą ir energiją galima panaudoti savo reikmėms, arba parduoti.	Reikia didelių finansinių išteklių. Dideli darbo kaštai.
<b>Masės deginimas</b>	Nereikia išankstinio atliekų	Dideli finansiniai ištekliai.

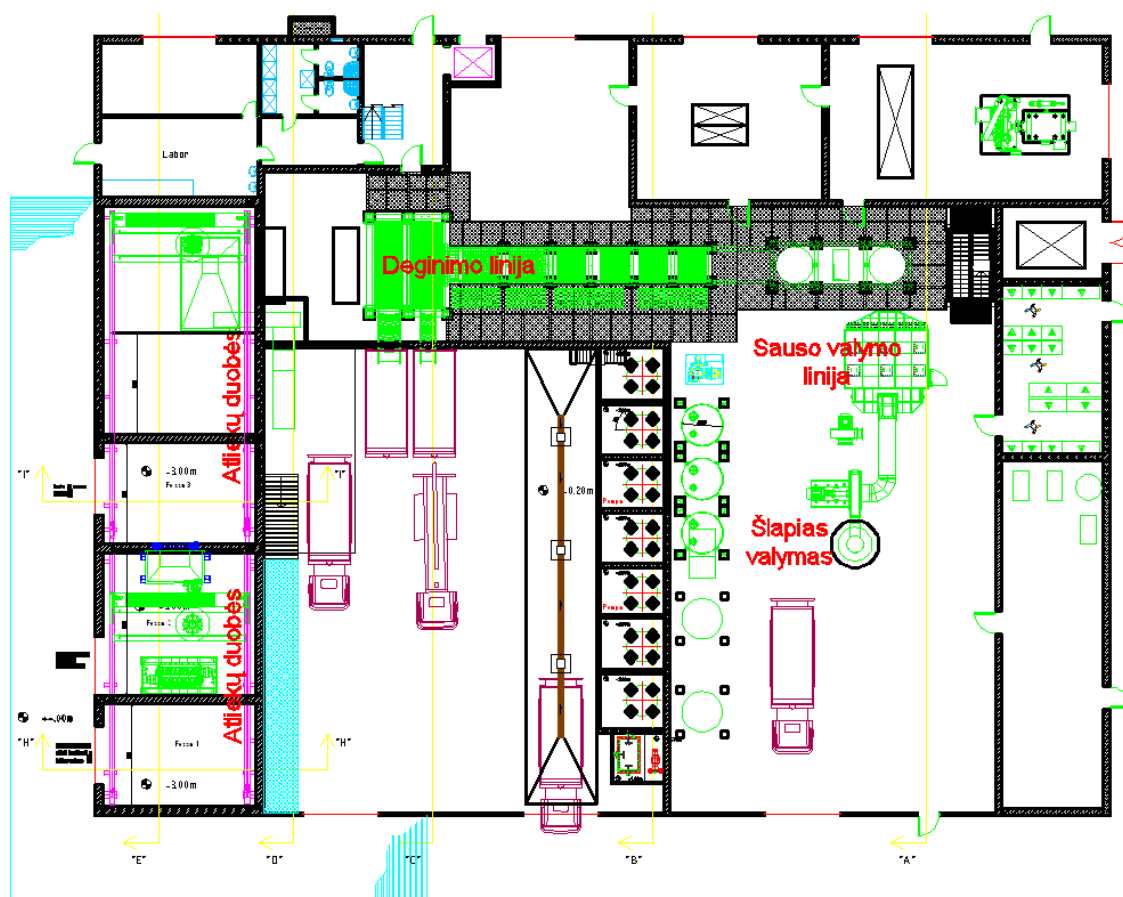
	apdoravimo.	
<b>Verdantis sluoksnis</b>	Gera oro taršos kontrolė.	Reikia pradinio atliekų apdoravimo.
<b>Iš atliekų gaunamas kuras</b>	Tokio kuro gamyba pigesnė.	Perdirbama tik dalis bendro atliekų srauto.

## 4. PAVOJINGŲ ATLIEKŲ DEGINIMO TECHNOLOGIJA IR ĮRENGINIAI

Visas techninis įrenginys, atliekų duobės, sukamosios krosnies dalys, katilas, dūmų valymo ir elektros energijos gamybos šiluminis ciklas yra specialiame pastate, kuriame įrengtos šildymo, vėdinimo, gaisro aptikimo, nuolatinio dūmų monitorinio sistemos, automatinė gaisro gesinimo stotis, avariniai elektros gamybos šaltiniai, buitinės patalpos bei laboratorija.

Deginimo įrenginį sudaro sukamoji krosnis pavojingoms atliekoms deginti, deginimo grotelės ir energijos panaudojimo įrenginys. Degimo metu susidarantys dūmai apdorojami pusiau sauso proceso valymo įrenginyje, kurį sudaro absorbavimo bokštas su kaustinės sodos tirpalo dozavimo sistema, antras absorbavimo bokštas su natrio bikarbonato ir aktyvintųjų anglių dozavimo sistema, rankovinis filtras, šlapiasis dūmų valymas ir azoto oksidų nusodinimo sistema.

Degimo metu išlaisvinta energija panaudojama šiluminiame vandens/garų cikle elektros energijai gaminti. Elektros energija, panaudojus reikalingą jos kiekį įrenginio veikimui, tiekama į išorinius elektros tinklus.



4.1 pav. Atliekų deginimo įrenginio schema

#### 4.1. Pagrindiniai įrenginio techniniai duomenys

Pagrindiniai duomenys nurodyti 1.5 lentelėje.

**4.1 lentelė.** Pagrindiniai deginimo įrenginio techniniai duomenys

Aprašymas	Kiekis	Vnt.
Pajėgumas	1 100	kg/h
Šiluminė apkrova	6,4	MW/h
Didžiausia degimo šiluma	40 000	Kj/kg
Mažiausia degimo šiluma	10 000	Kj/kg
Garų gamybos pajėgumas	5	t/h
Garų pratekėjimas degazatoriuje esant 3,5 barų slėgiui	0,3	t/h
Elektros energijos gamyba	647,65 (bruto)	kW/h
Šilumos praradimai	100	kW/h
Vakuumas kondensatoriuje	0,10-0,13	baro (absol.)
Susidarančių dūmų kiekis	15 000	Nm <sup>3</sup> /h
Antrinio degimo buvimo laikas	2	Sek.
Antrinio degimo temperatūra chloro <1% (ES direktyva 2000/76/EC)	850	°C
Antrinio degimo temperatūra chloro >1% (ES direktyva 2000/76/EC)	1 100	°C

#### 4.2. Deginimo įrenginio procesai

Įrenginį sudaro:

- Deginimo linija, sudaryta iš atliekų iškrovimo ir padavimo zonos;
- 4 atliekų duobės su 2 tiltiniais kranais;
- Atliekų smulkintuvas, skirtas mišinio paruošimui;
- Sukamoji deginimo krosnis ir antrinio degimo grotelės;
- Garo katilas, iš kurio garai paduodami į šiluminį ciklą;
- Dūmų valymo linija.

Dūmų valymo liniją sudaro, pirmiausia, pusiau sausas apdorojimas dviem absorbavimo reaktoriais ir rankoviniu filtru, po to – šlapiasis dūmų valymas ir azoto oksidų nusodinimo sistema. Išvalyti dūmai išmetami į atmosferą per 30 metrų aukščio kaminą.

Proceso metu gaunamos atliekos yra šios:

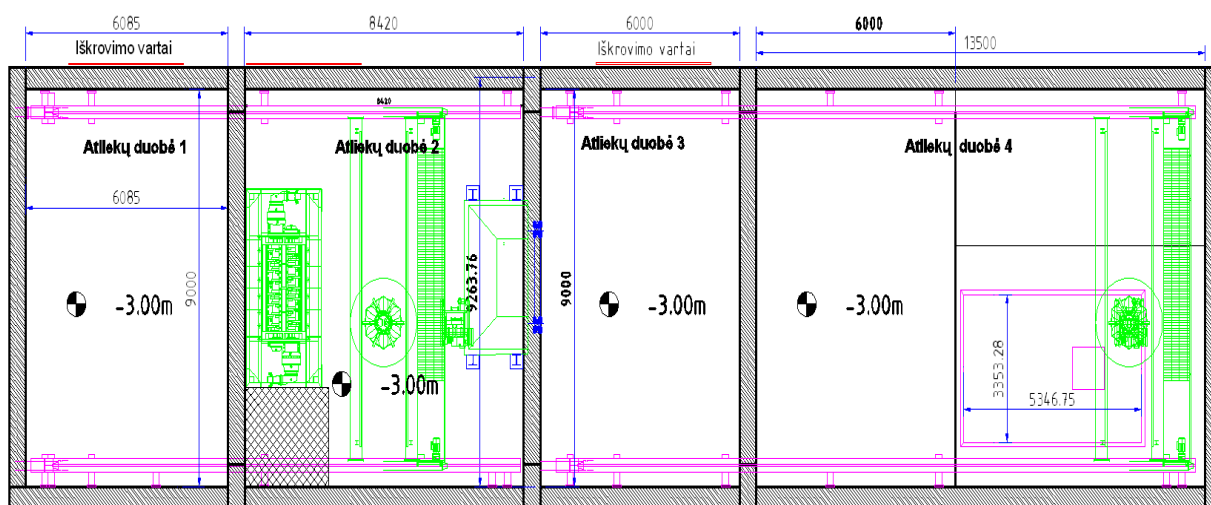
- Šlakai;
- Lakieji pelenai iš katilo;
- Atliekos nuo dūmų valymo.

Įprasto veikimo metu gamybinės nuotekos nenumatomos, nes vanduo, išmetamas iš valymo bokštų, yra recirkuliuojamas absorbavimo reaktoriuje.

Degimo metu išlaisvinama šilumos energija panaudojama garams gaminti, kurie paduodami į šiluminį ciklą elektros energijai gaminti. Tokiu būdu šilumos energija pirma paverčiama į mechaninę, po to generatoriumi - į elektros energiją. Gauta energija, panaudojus reikalingą jos kiekį paties atliekų deginimo įrenginio reikmėms, parduodama elektros tinklams.

#### 4.2.1. Atliekų duobės

Atvežtos kietos ir pastos pavidalo atliekos pasveriamos ir nukreipiamos į pristatymo zoną iškrauti pavojingas atliekas į vieną iš atliekų duobių žr. 4 pav.



4.2 pav. Atliekų duobės

Atliekos gali būti iškraunamos šiais būdais:

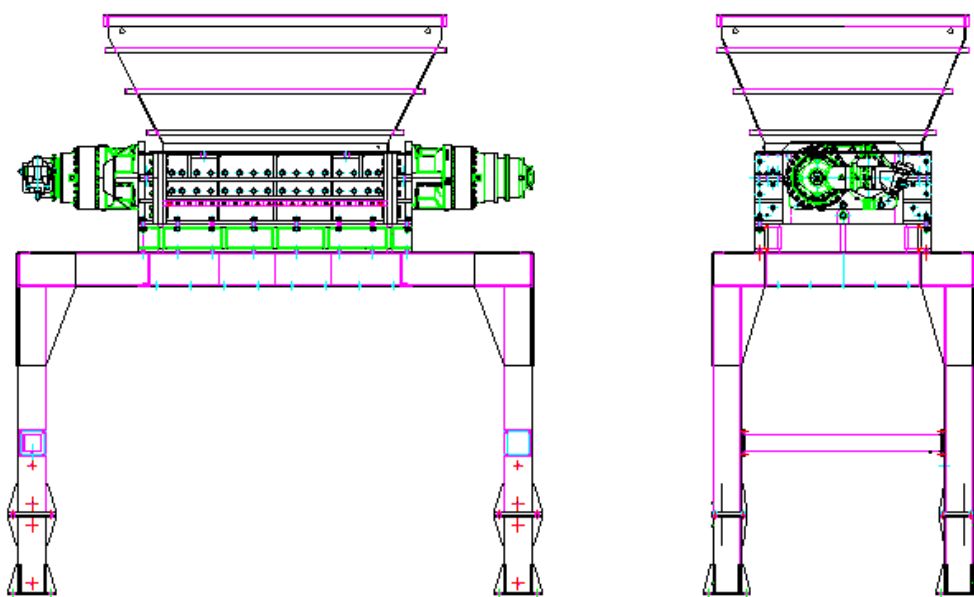
- Tiesiai į atliekų duobę Nr. 3 ir toliau kaušu paduodamos į sukamąją krosnį;
- Tiesiai į atliekų duobę Nr. 1 ir toliau kaušu paduodamos į atliekų smulkintuvą bei vėliau transportuojamos į atliekų duobę Nr. 3.

Iškrovimas į atliekų duobę galimas per 2 uždaromus vartus, kurie gali būti atidaromi krano operatoriaus. Atliekoms paskirstyti ir maišyti bei paduoti į krosnies bunkerį, atliekų duobėse numatyti du tiltinio tipo kranai su hidrauliniu būdu valdomais greiferiniais daugiažiauniais kaušais.

Siekiant išvengti nemalonaus kvapo iš atliekų duobių zonų išsiurbiamas oras, kuris panaudojamas pirminiame ir antriniame degimo procese, tuo būdu išlaikomas tam tikras slėgio kritimas. Duobėse įrengiamos priešgaisrinės sistemos su dūmų indikatoriais. Gaisras gali būti gesinamas įrenginiais "Sprinkler", veikiančiais pagal numatytas darbo zonas.

#### 4.2.2 Atliekų smulkintuvas

Smulkintuvą sudaro smulkinimo kamera su dviem besisukančiais velenais ir dviem vienas prieš kitą įrengtais smaigais, kurie juda šalia nejudančių antrinių ašmenų, montuojamų šonuose ir viduryje tarp velenų. Atliekos paduodamos per padavimo bunkerį, įrengtą virš smulkinimo agregato su hidrauliniu būdu valdomu atliekų prispaudimo mechanizmu: prispaudėjas nusileidžia ant smulkintuvo ašmenų kaskart, kai suaktyvinamas šalia jų įrengtas tūrio jutiklis, pasiekęs apatinį tašką, prispaudėjas pakyla. Ašmenys smaigais užkabina atliekų mišinį ir nuneša jį centro link, kur ašmenų pagalba susmulkinamos.



4.3 pav. Atliekų smulkintuvas

4.2 lentelė. Atliekų smulkintuvo duomenys

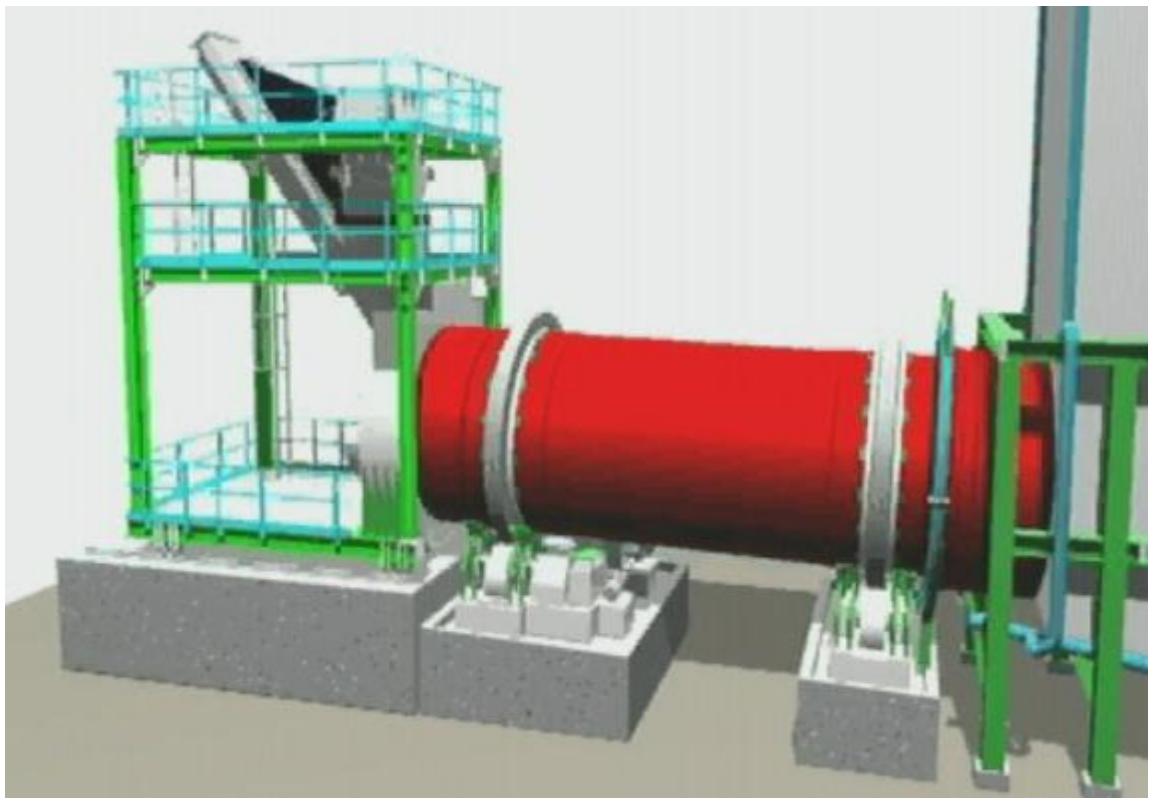
<b>Padavimo bunkeris</b>	
Aukštis	2000 mm
Plotis	2000 mm
Ilgis	2000 mm
Medžiaga	Fe 360b
<b>Smulkinimo kamera</b>	
Aukštis	600 mm
Plotis	1100 mm
Ilgis	2000 mm
Svoris	9900 kg
Vienas priešais kitą besisukantys velenai	2 vnt.
Specialaus nenusidėvinčio plieno ašmenys su gryno metalo siūlių	31 vnt.

sutvirtinimais	
Ašmenų storis	50 mm
Smaigų skaičius ant kiekvienų ašmenų	2 vnt.
Antrųjų šoninių ašmenų blokų skaičius	15 vnt.
Antrųjų vidurinių ašmenų blokų skaičius	5 vnt.
Epicikliniai reduktoriai	2 vnt.

#### 4.2.3. Sukamoji krosnis su grotelėmis

Iš pakrovimo bunkerio Atliekos pereina per 2 dvigubus vožtuvus ir patenka į nuožulnią plokštumą sukamosios krosnies priekinėje dalyje, kurioje įrengta:

- transporteris kietosioms/pastos pavidalo ir medicininėms atliekoms tiekti iš bunkerio;
- aukštos degimo šilumos skysčių purkštuvai;
- vidutinės degimo šilumos skysčių purkštuvai;
- žemos degimo šilumos skysčių purkštuvai;
- krosninio kuro degiklis.



4.4 pav. Sukamoji krosnis

Pagrindinės sukamosios krosnies savybės:

- galima deginti aukšto ir žemo kaloringumo Atliekas;



- neturi metalinių dalių, kurios liestųsi su atliekomis, todėl nekyla užsikimšimo, rūdijimo ir nusidėvėjimo problemų;
- atliekų išlaikymo degimo kameroje laikas gali būti keičiamas pagal būgno apsukų skaičių;
- sukamoji krosnis susideda iš didelio storio metalinio cilindro su vidine danga iš ugniai atsparios medžiagos, kurios sudėtyje daug aliuminio oksido, ir apsukų skaičiaus variatoriaus;
- krosnis sukasi ant keturių laikomųjų velenėlių su specialiais guoliais ir turi du postūmio reguliuojamuosius velenėlius, ribojančius būgno ašinį judėjimą.

Kadangi galima keisti krosnies sukimosi greitį, galima kontroliuoti ir atliekų buvimo degimo ertmėje laiką.

Sukamosios krosnies pasvirimo kampas - 2°. Greitis gali būti reguliuojamas atsižvelgiant į deginamas atliekas ir temperatūrą, kurią reikia palaikyti. Deginamos atliekos sukamuoju judesiu sumaišomos, sunkiausios dalys (degėsiai, šlakai ir pelenai) nusileidžia ant sienelės, o lengvesnės medžiagos, kurios dar turi degti, patenka į krosnies vidurį.

Krosnies priekinėje dalyje įrengtas krosninio kuro degiklis. Į degiklio galvutę įleidžiamas antgalis su ultragarsu, kuriuo reguliuojama temperatūra arba, norint pagerinti degimą, įpurškiamas papildomai krosninis kuras. Prie sukamosios krosnies galo įrengtos degimo grotelės (ardynas), kurios reguliuoja šlakų oksidaciją ir žymiai sumažina nesudegančių atliekų kiekį. Kilnojamąsias groteles sudaro tvirta nejudri danga, kuri nepraleidžia dulkių, kvapų ir dūmų iš degimo kameros. Anga po sukamosios krosnies galu yra apie 4 metrų pločio, o grotelės užima 2,5 m šio pločio. Šios sistemos privalumas tas, kad iš sukamosios krosnies šlakus galima iškrauti dviem būdais:

- sukimu į dešinę galima iškrauti šlakus ant grotelių ir tada ant transporterio Nr. 2, kuris transportuoja juos į vandens talpą;
- sukimu į kairę galima iškrauti šlakus tiesiai ant transporterio Nr. 1, kuriuo šlakai transportuojami į vandens talpą.

**4.3 lentelė.** Sukamosios krosnies duomenys

<b>Sukamosios krosnies parametrai</b>	
Nominali apkrova	5 000 000 kcal/h;
Instaliuotas tūris	$V_i = 70 \text{ m}^3$ .

#### **4.2.4. Antrinio degimo kamera**

Antrinio degimo kamerą sudaro kanalas iš plieninių vamzdžių, kanalo sienelės išklotos membranomis. Iš vidaus katilas-antrinio degimo kamera išklota nedegiomis silicio ir aliuminio plytomis. Degimo metu susidarę dūmai kyla į viršų ir prie katilo antrinio degimo kameros įleidimo angos sumaišomi su antrinio degimo oru. Antrinis oras įleidžiamas dideliu greičiu specialiais

purkštukais, įrengtais galiniame antrinio degimo katilo degiklyje. Šio sumaišymo reikia nesudegusių (antrinio degimo) medžiagų degimui paskatinti ir visiškai organinių junginių sudegimui užtikrinti. Paleidžiant įrenginį, krosninio kuro degikliai, įrengti priekinėje dalyje virš grotelių, prieš atliekas pakraunant į įrenginį, pirmiausia turi pakaitinti degimo kamerą ir dūmų valymo liniją, taigi – sukelti į krosnį pakrautų atliekų degimą. Ši operacija atitinka galiojančius normatyvus ir iki minimumo sumažina deginimo linijos paleidimo laiką. Galiausiai, kai degimas stabilizuojasi, įprastomis degimo ir atliekų kontroliavimo krosnyje sąlygomis, degikliai sustabdomi automatiškai. Į antrinio degimo kamerą, o tiksliau antrinio oro įpūtimo taške, į dūmų srautą įleidžiamos skystosios atliekos iš rezervuarų. Toks atliekų deginimas užtikrina, kad visiškai sudegs visi skysčiuose esantys organiniai junginiai ir pašalinama galimybė organiniams junginiams ir kvapams patekti į aplinkos orą.

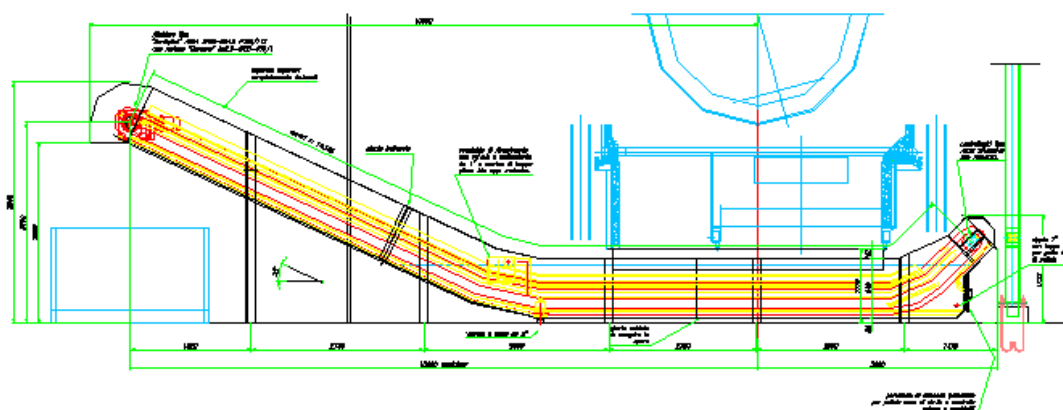
Antrinio degimo kamera suprojektuota taip, kad užtikrintų įstatymuose numatytą buvimo laiką ir sąlygas 850°C - 1100°C, min. 2 sekundės (didžiausia įmanoma temperatūra yra 1200 °C); antrinis krosninio kuro degiklis įsijungia automatiškai, temperatūrai nukritus žemiau nustatytos ribos.

#### 4.4 lentelė. Antrinio degimo kameros duomenys

Antrinio degimo kameros duomenys	
Buvimo laikas antrinio degimo kameroje	2 sek.
Antrinio degimo temperatūra (ES direktyva 2000/76/EC) chloro <1%	850 °C
Tikrasis dūmų debitas	$15\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h} \times (273^\circ\text{C} + 850^\circ\text{C}) / 273^\circ\text{C} = 61\ 703\ \text{m}^3/\text{h}$

#### 4.2.5. Šlakų šalinimas

Šlakai, t. y. degimo atliekos, iškraunami sukamosios krosnies dugne pro groteles į du transporterius, pilnus vandens, kuriuose jie yra aušinami ir transportuojami į specialų konteinerį.



4.5 pav. Šlakų šalinimo transporteris



#### 4.3.1. Sausoji stadija absorravimo reaktoriuje Nr. 1

Pirma sausojo apdorojimo dalis yra absorravimo reaktorius Nr. 1, kurį sudaro cilindro formos bokštas. Dūmai į absorravimo reaktorių Nr. 1 įleidžiami per viršutinę dalį, iš kur jie leidžiasi žemyn. Reaktoriaus viršuje garinimo būdu į dūmus įleidžiamas kaustinės sodos tirpalas ir išleidžiamasis vanduo iš valymo bokšto.

Į dūmus absorravimo bokšte įleidžiama:

- Labai smulkūs kaustinės sodos tirpalo lašeliai, skirti dujų pavidalo kenksmingoms medžiagoms HCl, HF ir SO<sub>2</sub> absorbuoti, jas koncentruojant.
- Išmetimai iš dūmų valymo bokšto išleidžiamojo vandens neutralizavimo talpos.

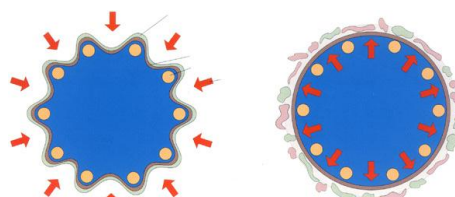
#### 4.3.2. Sausoji stadija absorravimo reaktoriuje Nr. 2

Antra sausojo apdorojimo dalis yra absorravimo reaktorius Nr. 2, kurį sudaro cilindro formos bokštas su vidinėmis sistemomis, kurios sumaišo dūmus su reagentais. Reaktoriaus viršuje į dūmus įpučiamas iki 5 mikronų susmulkintas priedas (natrio bikarbonatas) ir aktyvintosios anglis.

Į dūmus absorravimo bokšte įleidžiama:

- Natrio bikarbonato labai smulkios prieš tai susmulkintos 10 mikronų dulkės, skirtos dujų pavidalo kenksmingoms medžiagoms HCl, HF ir SO<sub>2</sub> absorbuoti, jas koncentruojant.
- Aktyvintųjų anglių milteliai, skirti sunkiesiems metalams ir dioksinams bei furanams absorbuoti, juos koncentruojant.

Po reakcijos šios medžiagos su dūmais paduodamos į rankovinį filtrą ir ant išorinės kiekvienos filtro rankovės sienelės sudaro sugeriamąjį sluoksnį. Dūmai nukreipiami į rankovinį filtrą, kurį sudaro modulinė konstrukcija iš kameros, kurioje įrengtos filtruojančios rankovės. Reagentai ir lakieji pelenai kaupiasi, kol susidaro sluoksnis ant rankovių išorinio paviršiaus. Pro šį sluoksnį praleidžiami dūmai liečiasi su dar aktyviais reagentais, kurie sulaiko rūgštis ir mikroteršalus. Kai sluoksnis ant filtravimo rankovių pasiekia tam tikrą storį, automatiškai aktyvuojamas „puls-Jet“ valymas. Į rankovės vidų įeina suslėgtas 4 barų oras impulsu, kuris trunka 2 sekundes, ir sukelia tokią jėgą, kuri atmuša susikaupusį nuosėdų sluoksnį. Gravitacijos veikiamos jos nukrenta į apačioje įrengtus bunkerius, o vėliau sraigtiniais transporteriais yra ištraukiamos ir transportuojamos į dūmų nuosėdų laikymo bokštą.



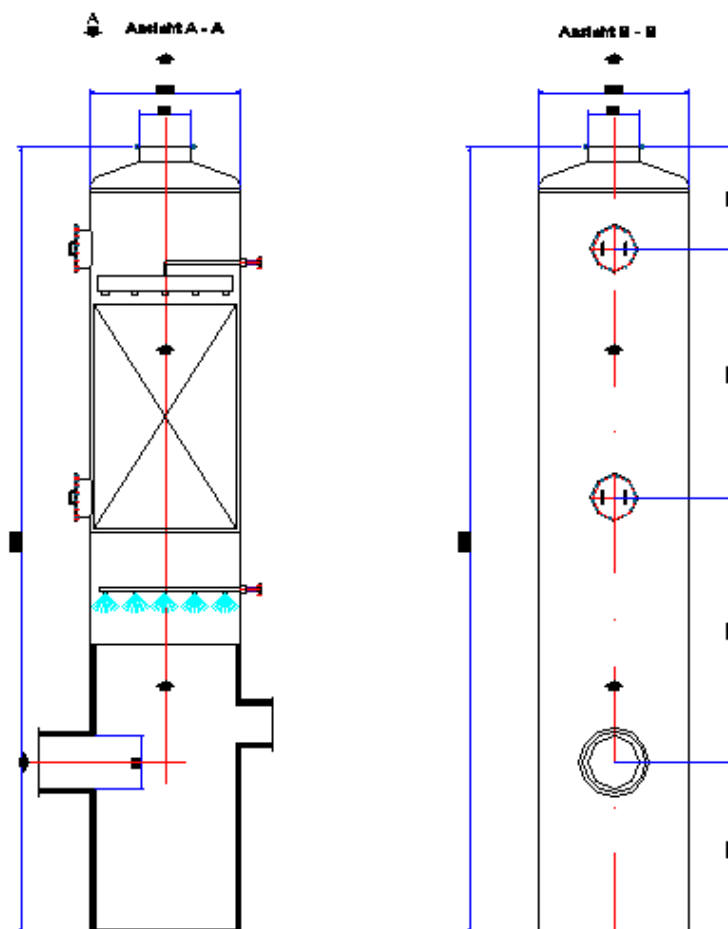
4.7 pav. Filtrai

#### 4.6 lentelė. Dūmų valymo rankovių duomenys

Rankovės	
Rankovių skaičius	200
Skersmuo	150 mm
Ilgis	6000 mm
Medžiaga	Teflonas
Pavienės rankovės filtruojamasis paviršius	2,8 m <sup>2</sup>
Bendras filtruojamasis paviršius	500 m <sup>2</sup>
Proceso dūmų debitas	15 000 Nm <sup>3</sup> /h

#### 4.3.3. Šlapiasis dūmų valymas

Šlapijojo dūmų valymo bokštas yra pagamintas iš plastiko, jame horizontaliai išdėstyti didelio liečiamojo paviršiaus korpusai. Iš viršaus specialiais purkštukais įleidžiamas vanduo, kuris teka per korpusus. Per juos perleidžiami dūmai. Jie liečiasi su vandeniu, reaguoja ir taip išsivalo. Vandens PH vertei išlaikyti į šlapijojo valymo bokštą automatiškai yra dozuojamas 30% kaustinės sodos tirpalas.



4.8 pav. Dūmų šlapijojo valymo bokštas

#### **4.3.4. Azoto oksidų (Nox) nusodinimo sistema antrinėje degimo kameroje**

Specialiais purkštukais per katilė įtaisytus antgalius įpurškiamas šlapalo tirpalas, kuris laikomas specialiame rezervuare, esančiame šiluminio ciklo sistemos pastate. Šlapalas įpurškiamas į dūmų srautą Nox kiekiui mažinti. Jis yra praleidžiamas per maišytuvą, kuris tolygiai išmaišo šlapalą su vandens tirpalu. Purkštukų funkcija yra tolygiai paskirstyti labai smulkių lašelių (rūko) pavidalo tirpalą 800°C – 1200°C karštuose dūmuose.

#### **4.4. Šiluminis ciklas**

Šiluminį ciklą sudaro standartinis vandens/garų ciklas (garų parametrai - 39 bar. absoliutaus slėgio ir 380°C) elektros energijai gaminti per turbinos-generatoriaus mazgą.

Katilė vykstant šiluminiam procesams susidaro perkaitinti garai, kurie nuvedami į turbiną, kurioje plečiasi - optimaliausiomis sąlygomis - iki 0,10 barų kondensacijos slėgio. Turbinoje pagaminta energija perduodama į generatorių, kuriame mechaninė energija paverčiama į elektros energiją. Dalis pagamintos elektros energijos panaudojama atliekų deginimo įrenginio proceso palaikymui, likusi energija generuojama į išorinius elektros tinklus.

#### **4.5. Išmetamų teršalų dūmuose matavimas**

Per kaminą išmetamų teršalų koncentracijoms dūmuose nuolat matuoti (nuolatinis išmetamų teršalų monitoringas) įrengta automatinė matavimo stotis (AMS).

Matuojami šie parametrai:

- Dūmų debitas;
- Dūmų temperatūra ir slėgis;
- O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO;
- HCl, HF, SO<sub>2</sub>;
- NO<sub>x</sub>;
- BOA;
- Dulkės;
- Dioksinai (išmetamam dioksinų kiekiui matuoti numatytas mėginių ėmimas iš kamino, surinkti mėginiai nuolat analizuojami išorinėje laboratorijoje).

Matavimai registruojami kompiuteryje ir matomi matavimo kabinoje esančiame kompiuteryje bei valdymo salėje, o duomenys saugomi kompiuterinėje laikmenoje.

**4.7 lentelė. Išmetimų normos**

<b>Išmetimai (ES normos)</b>	
Dūmų debitas	15 000 Nm <sup>3</sup> /h
Temperatūra	54° C
CO	50 mg/Nm <sup>3</sup> /h
HCL	10 mg/Nm <sup>3</sup> /h
NO <sub>x</sub>	200 mg/Nm <sup>3</sup> /h
SO <sub>2</sub>	50 mg/Nm <sup>3</sup> /h
BOA	10 mg/Nm <sup>3</sup> /h
HF	1,0 mg/m <sup>3</sup>
Dulkės	10 mg/Nm <sup>3</sup> /h
Kadmio ir jo junginiai (Cd)	0,04 mg/m <sup>3</sup>
Talis ir jo junginiai (Ti)	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Gyvsidabris ir jo junginiai (Hg)	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Stibis ir jo junginiai (Sb)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Arsenas ir jo junginiai (As)	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Švinas ir jo junginiai (Pb)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Chromas ir jo junginiai (Cr)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Kobaltas ir jo junginiai (Co)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Varis ir jo junginiai (Cu)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Manganas ir jo junginiai (Mn)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Nikelis ir jo junginiai (Ni)	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Vanadis ir jo junginiai (V)	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Dioksinai	0,1 ng/m <sup>3</sup>
Furanai	0,1 ng/m <sup>3</sup>

**4.6. Pagrindiniai atliekų deginimo įrenginio projekto duomenys ir vidutiniai įrenginio suvartojimo kiekiai**

**4.8 lentelė. Projektiniai duomenys**

<b>Pagrindiniai atliekų deginimo įrenginio projekto duomenys</b>	
Pajėgumas	1 100 kg/h
Garų gamybos pajėgumas	5 t/h
Elektros energijos gamyba	647,65 Kw/h
Pagaminamų dūmų kiekis	15 000 Nm <sup>3</sup> /h
Antrinio degimo buvimo laikas	2 sek.
Antrinio degimo temperatūra (ES direktyva 2000/76/EC) chloro <1%	850°C

Antrinio degimo temperatūra (ES direktyva 2000/76/EC) chloro >1%	1100°C
Maksimalus sudeginimo kiekis per dieną	26 400 kg/diena
Maksimalus sudeginimo kiekis per metus	8 000 000 kg/m
Atliekų duobės Nr. 1 talpa	137 m <sup>3</sup>
Atliekų duobės Nr. 2 talpa	191 m <sup>3</sup>
Atliekų duobės Nr. 3 talpa	137 m <sup>3</sup>
Atliekų duobės Nr. 4 talpa	247 m <sup>3</sup>
Skystųjų atliekų laikymas įrenginyje	6 rezervuarai 150 m <sup>3</sup>
Galimas įrenginio veikimo laikas deginant kietąsias atliekas	27 dienos
Galimas įrenginio veikimo laikas deginant skystąsias atliekas	11 dienų
Dūmų nusodinimo atliekų laikymas bokšte	34 m <sup>3</sup>

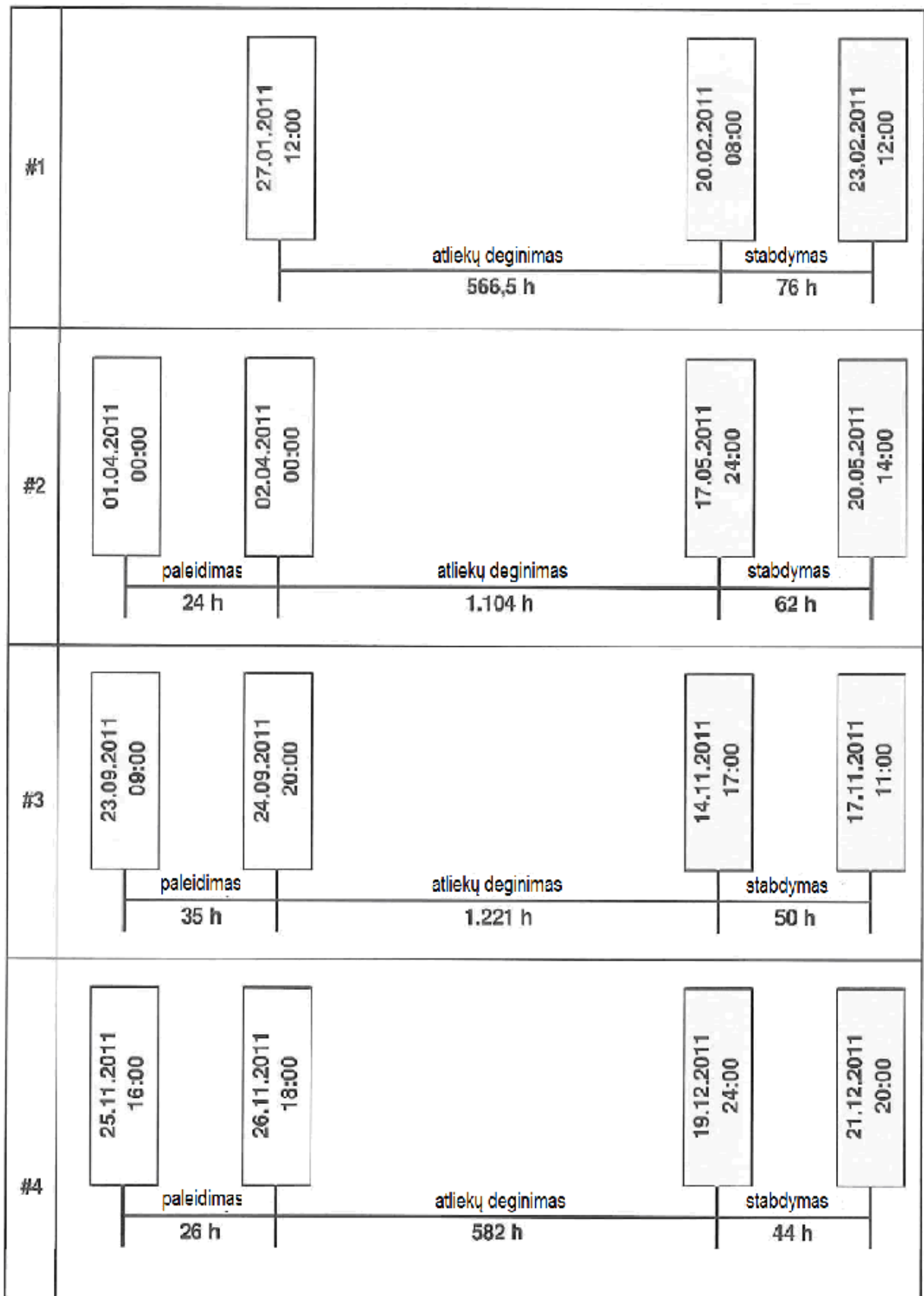
#### 4.7. Vidutiniai įrenginio suvartojimo kiekiai

##### 4.9 lentelė. Vidutiniai suvartojimo kiekiai

Vidutiniai įrenginio suvartojimo kiekiai	kg/h - l/h	Kg-l/7.300 h
Natrio bikarbonatas	40 kg/h	292 000
Aktyvintosios anglis	4 kg/h	29 200
Priedas Nalco BT 28 katilui	0,5 l/h	3 650
Šlapalas 30% skystas	11 l/h	80 300
Kaustinė soda regeneracijai (Demineralizatorius)	0,5 kg/h	3650
Druskos regeneracijai (Demineralizatorius)	0,5 kg/h	3650
Kaustinė soda reaktoriui Nr. 1 + valymo bokštas	20 kg/h	146 000
Sausas suslėgtas oras	600 Nm <sup>3</sup> /h	4 380 000
Geriamasis vanduo (demi + kt.)	3100 l/h	22 630 000
Krosninis kuras paleidimui	2400 l/h	



## 5. ATLIEKŲ DEGINIMO PROCESO TYRIMAS



5.1 pav. Atliekų deginimo bandomųjų bandymų periodai

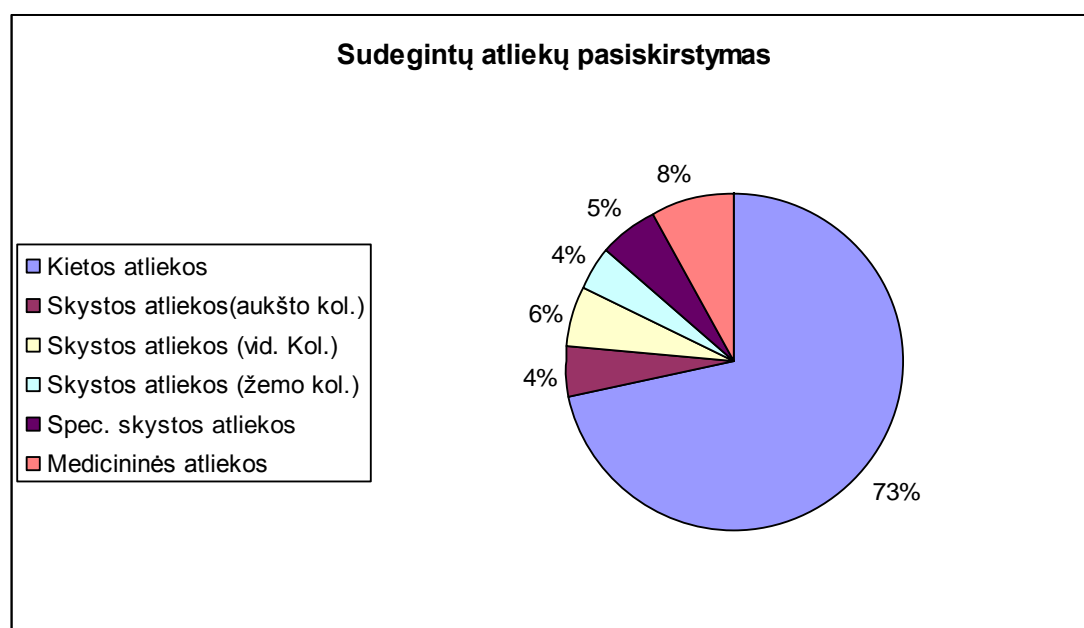
## 5.1 Sudegintų pavoingų atliekų analizė

5.1 lentelė. Sudegintų atliekų kiekiai

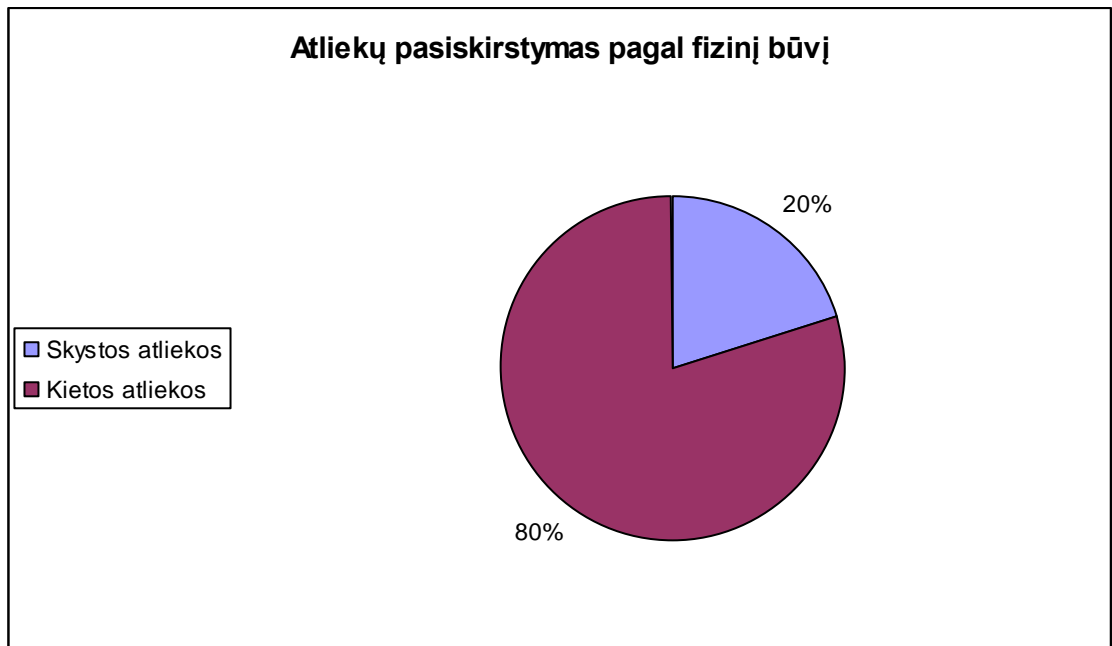
Periodai	Kietos atliekos	Skystos atliekos (aukšto kol.)	Skystos atliekos (vid. Kol.)	Skystos atliekos (žemo kol.)	Spec. skystos atliekos	Medicininės atliekos	Viso skystų atliekų	Viso	Deginta valandų	Degintas kiekis
	(t.)	(t.)	(t.)	(t.)	(t.)	(t.)	(t.)	(t.)	(h.)	(t./h)
1.	359,74	3,8	110,9	4,2	30,28	50,14	199,32	559,06	566,5	0,99
2.	893,35	88,7	128,6	48,4	0	216,54	482,24	1375,59	1104	1,25
3.	1055,31	75,5	6,4	74,1	116,81	33,28	306,09	1361,4	1221	1,11
4.	617,64	14,1	1,6	41,9	76,67	27,72	161,99	779,63	558	1,4
<b>Viso:</b>	<b>2926,04</b>	<b>182,1</b>	<b>247,5</b>	<b>168,6</b>	<b>223,76</b>	<b>327,68</b>	<b>1149,64</b>	<b>4075,68</b>	<b>3449,5</b>	<b>1,18</b>
<b>proc.</b>	<b>71,79</b>	<b>4,47</b>	<b>6,07</b>	<b>4,14</b>	<b>5,49</b>	<b>8,04</b>				

5.2 lentelė. Sudegintų atliekų kiekis ir vidutinis koringumas

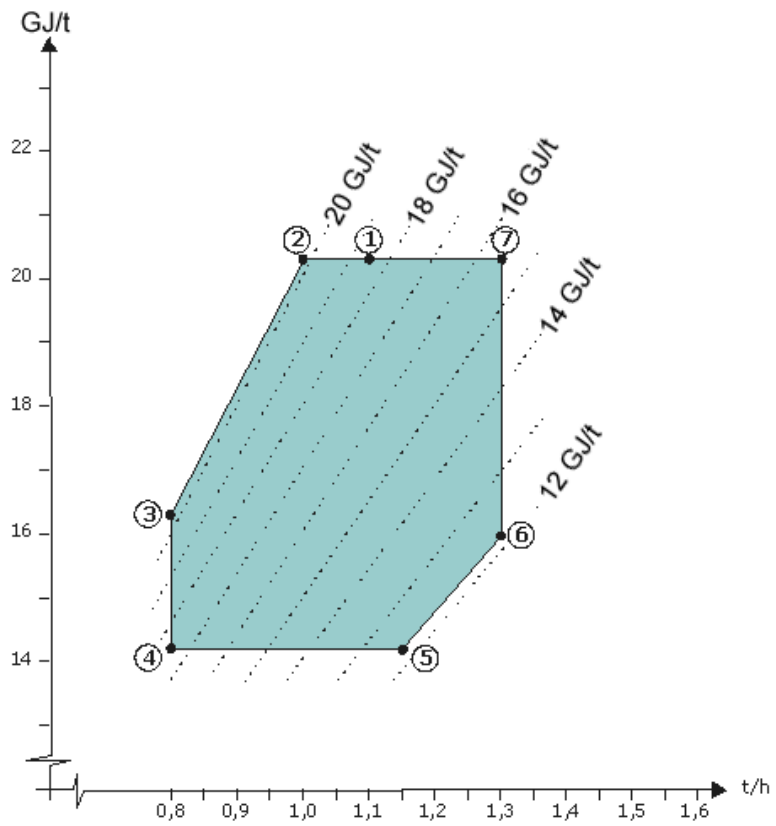
Periodai	Sudeginta atliekų	Pagaminta garo	Vidutinis atliekų koringumas
	(t./h)	(kg./h)	(MJ/kg)
1.	0,99	5353,6	19,03
2.	1,25	4972	13,86
3.	1,11	4680,29	14,55
4.	1,4	5206,83	12,95
<b>Viso</b>	<b>1,18</b>	<b>4972,05</b>	<b>14,64</b>



5.2 pav. Sudegintų atliekų pasiskirstymas pagal atliekų rūšis



5.3 pav. Sudegintų atliekų pasiskirstymas pagal fizinį būvį

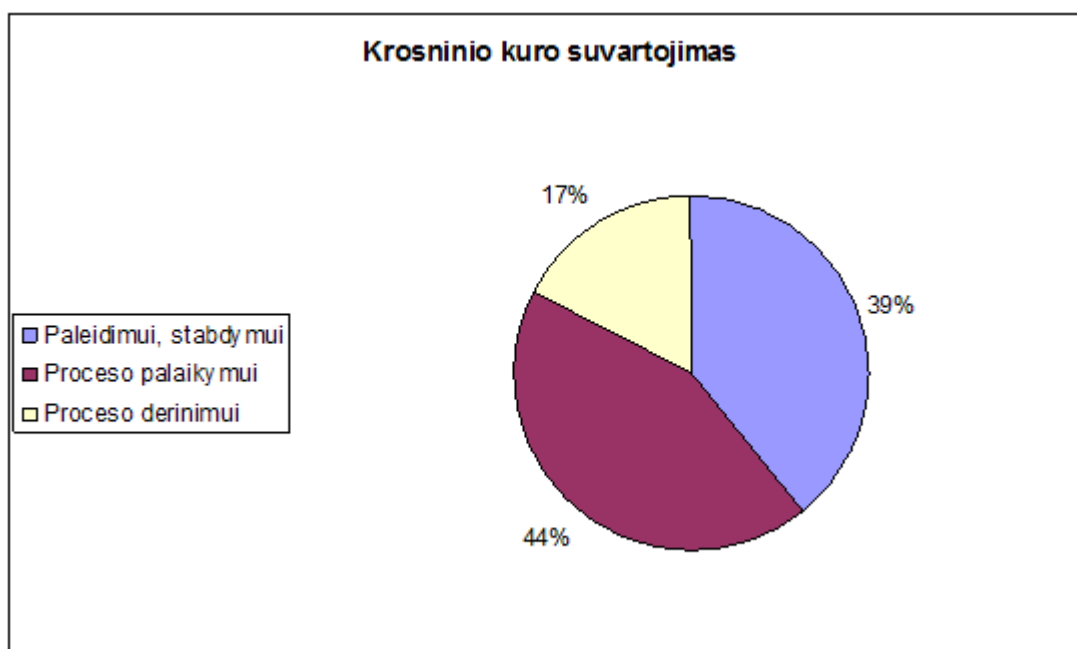


5.4 pav. Deginamų atliekų kiekio priklausomybė nuo atliekų kaloringumo

## 5.2 Krosninio kuro suvartojimas

5.3 lentelė. Krosninio kuro suvartojimas

Periodai	Skystas krosninis kuras							
	Viso sunaudota		Paleidimui, stabdymui		Proceso palaikymui		Proceso derinimui	
	(Litrai)	(kg.)	(Litrai)	(kg.)	(Litrai)	(kg.)	(Litrai)	(kg.)
1.	1900	1586,5	0	0	300	250,5	1600	1336
2.	15400	12859	5800	4843	6800	5678	2800	2338
3.	15900	13276,5	6400	5344	6900	5761,5	2600	2171
4.	9900	8266,5	4700	3924,5	4700	3924,5	500	417,5
<b>Viso:</b>	43100	35988,5	16900	14111,5	18700	15614,5	7500	6262,5
<b>Proc.</b>	<b>100</b>		<b>39,12</b>		<b>43,29</b>		<b>17,36</b>	



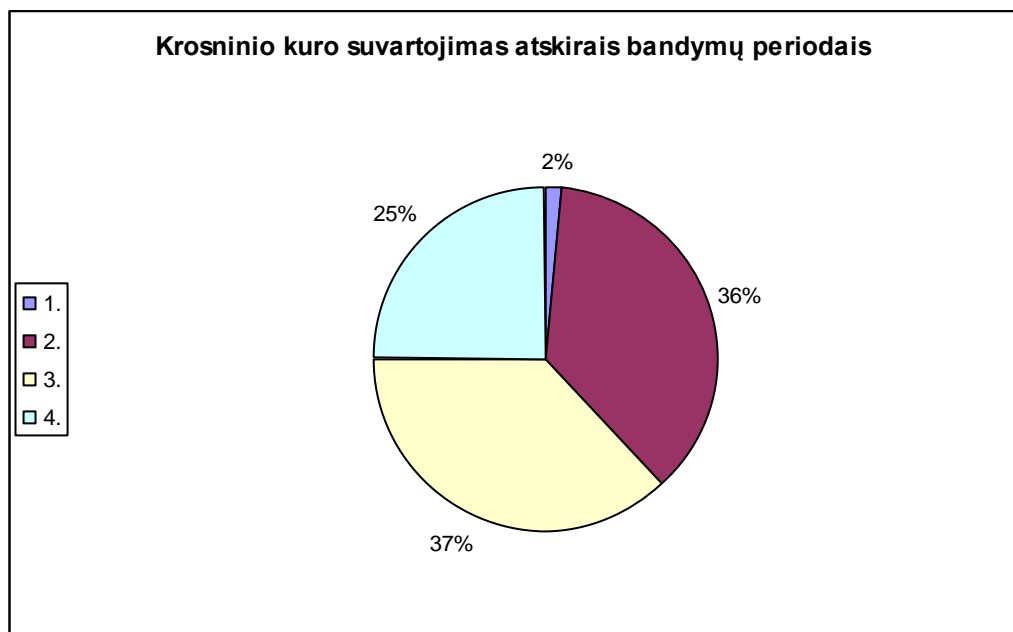
5.5 pav. Krosninio kuro suvartojimas

5.4 lentelė. Krosninio kuro suvartojimas

Periodai	Sudeginta atliekų	Sunaudota krosninio kuro	Suvartojimas 1 t.
	(t.)	(kg.)	(kg./t)
1.	559,06	250,5	0,448
2.	1375,59	5678	4,128
3.	1361,4	5761,5	4,232
4.	779,63	3924,5	5,034
<b>Viso</b>	4075,68	15614,5	3,831



5.6 pav. Krosninio kuro degikliai



5.7 pav. Krosninio kuro suvartojimas atskirais periodais

## 6. ENERGETINIŲ (ŠILUMOS) PRARADIMŲ SKAIČIAVIMAI

Garų katilėse garų gamybai, o vandens katilėse vandens šildymui išnaudojama ne visa kurui degant išsiskyrusi šiluma. Nemažai jos prarandama pačioje kūrinyje degimo metu bei kituose katilo elementuose, o ypač daug šilumos išneša iš katilo išsinantieji dūmai. Nustatant eksploatuojamo arba projektuojamo katilo ekonomiškumą, reikia žinoti ne tik naudingai išnaudojamos šilumos kieki, bet ir įvairių nuostolių dydį.

Deginamų atliekų kaloringumas nustatomas netiesioginiu būdu - perskaičiuojamas pagal įrenginio energetinius parametrus, todėl yra labai svarbu turėti kaip galima tikslesnius eksploatacinius duomenis.

Su kuru patenkantis energijos kiekis atliekų deginimo įrenginyje pasiskirsto kaip nurodyta esančioje formulėje:

$$Q = Q_{katilo} + Q_{krosnies} + Q_{dumu} + Q_{glycol} + Q_{slakas} + Q_{n.kuras} + Q_{k.atitvaros}, [kW]; \quad (6.1)$$

čia:

$Q_{katilo}$  – reikalingas šilumos kiekis, atitinkamam garų kiekiui pagaminti esant nustatytoms jo slėgio ir temperatūrų vertėms;

$Q_{krosnies}$  – sukamosios krosnies sienelių nuostoliai;

$Q_{dumu}$  – su dūmais prarandama šiluma;

$Q_{glycol}$  – šiluma pašalinama su aušinančiuoju skysčiu;

$Q_{slakas}$  – šiluma pašalinama kartu su šlaku ir pelenais;

$Q_{n.kuras}$  – energija prarandama, kaip nesudegęs kuras.

Įrenginio naudingumo koeficientas apskaičiuojamas pagal:

Skaičiavimais nustatius įrenginio NVK, galima paskaičiuoti deginimo įrenginyje deginamo kuro kaloringumą. Žemiau pateikiama atliekų kaloringumo nustatymo metodika:

- 1 Pagal garų gamybos duomenis (kg/h) nustatomas garų katilo kartu su ekonomizeriu apkrovimas (galia). Skaičiavimai atliekami pagal nominalių katilo parametrų paskaičiavimo formules [ $Q_{katilo}$ ], MW/h;
- 2 Nustatome koks turėtų būti kuro padavimas (energija patenkanti su kuru), kad būtų pasiekta  $Q_{kaatilo}$  galia.  $K=Q_{katilo}/\eta$ . (6.2)

- 3 Nustatyta 2 punktu energija patenkanti su kuru yra iš krosnių kuro ir atliekų. Kadangi yra žinomas krosnių kuro ir atliekų suvartojamas kiekis, galima nustatyti koks turi būti su atliekomis patenkantis energijos kiekis, kad būtų pagamintas reikalingas šilumos kiekis garo gamybai:

$$K = K_{kk} + K_{Atliekos} \text{ arba } K_{Atliekos} = K - K_{kk}, \text{ MW/h}; \quad (6.3)$$

čia:

$K_{kk}$  - energijos kiekis patenkantis su krosnių kuru, MW/h ;

Krosninis kuras: kaloringumas  $q_{kk} = 11,7194 \text{ MWh/t}$ , tankis  $0,8325 \text{ t/m}^3$ , vieno litro kaloringumas **0,00976 MWh**.

$K_{Atliekos}$  - energijos kiekis patenkantis su atliekomis, MW/h.

- 4 Nustatytą reikalingą atliekų  $K_{Atliekos}$  energijos kiekį daliname iš patiekiamo atliekų kiekio į įrenginį tonomis gauname atliekų kaloringumą  $q_{Atliekos}$ , MWh/t. Gautą kaloringumo dydį daliname iš 3,6 ir gauname kaloringumą, išreikšta GJ/t dimensija.

### 6.1 Reikalingas šilumos kiekis, atitinkamam garo kiekiui pagaminti esant nustatytoms jo slėgio ir temperatūrų vertėms

Garų gamyboje pagrindiniai energetiniai įrenginiai yra: garo katilas su ekonomazeriu ir pagalbiniais įrenginiais - dearatorius, katilo maitinimo vandens siurbliai bei kiti įrenginiai. Iš dearatoriaus termiškai apdorotas vanduo  $102^{\circ}\text{C}$  -  $104^{\circ}\text{C}$  temperatūros ir 1,1 bar slėgio, maitinimo vandens siurblio pagalba suslegiamas iki maždaug 40 bar. Suslėgtas vanduo  $102^{\circ}\text{C}$  -  $104^{\circ}\text{C}$  temperatūros patenka į garo katilo ekonomazerį, kur katilo maitinimo vandens temperatūra pakeliamą išeinančių iš katilo degimo produktų dujų temperatūra iki maždaug  $160\text{-}180^{\circ}\text{C}$ . Toliau pakaitintas vanduo patenka į garo katilo viršutinį būgną. Degimo produktai iš atliekų degimo sukamosios krosnies ir antrinės degimo kameros  $1100\text{ - }1200^{\circ}\text{C}$  temperatūros, atidavę šilumą garo katilo kaitinimo paviršiams, paduotą maitinimo vandenį paverčia aukšto 39 bar. slėgio ir  $380^{\circ}\text{C}$  perkaitintais garais. Tokiu būdu, projektiniam garo kiekiui pagaminti reikia tam tikro kiekio šilumos energijos. Ši energija gaunama deginant atliekas ir krosninį kurą.

Garų katilo galią galima suskaičiuoti sumuojant ekonomazerio galią  $[Q_{eco}]$  kartu su garo gamybai  $[Q_{garo}]$  reikalinga galia:

$$Q_{katilo} = Q_{sco} + Q_{garo} = M_{garo} \cdot ((h_2 - h_1) + (h_3 - h_2)) \cdot k = M_{garo} \cdot (h_3 - h_1) \cdot k, [kW]; \quad (6.4)$$

čia:

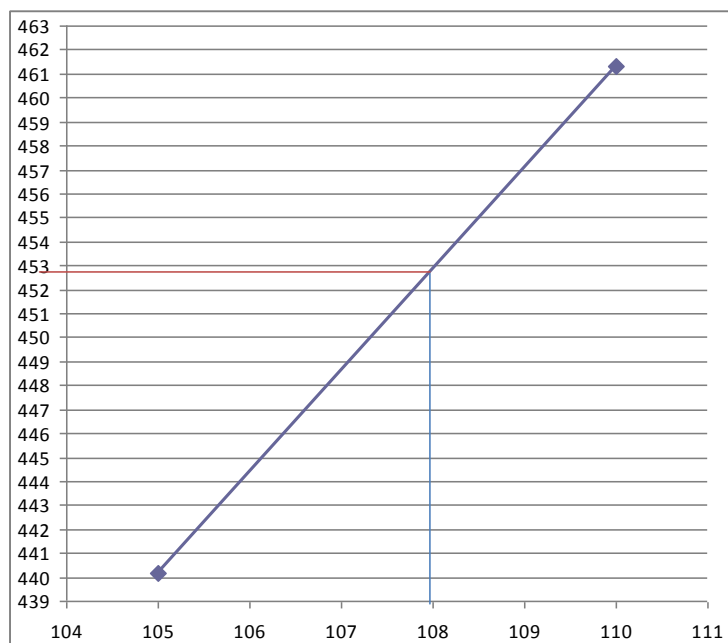
$M_{garo}$  – gaminamo garo kiekis, kg

$h_1$  – katilo maitinimo vandens entalpija iš dearatoriaus, kcal/kg. Dydis skiriasi priklausomai nuo vandens temperatūros  $[t_{pad}]$  ir slėgio.

$h_2$  – katilo maitinimo vandens entalpija už ekonomaizerio esant 40 bar slėgiui ir 170°C temperatūrai. 756,831<sup>1</sup> kcal/kg

$h_3$  – garo entalpija, prie matuojamo garo slėgio  $[p_{garo}]$  ir temperatūros  $[t_{garo}]$ , kcal/kg.

$k$  – matų konvertavimo koeficientas, 859,845 kcal/kW.



**6.1 pav.** Katilo maitinimo vandens entalpija prie faktinės katilo maitinimo vandens temperatūros.

## 6.2 Sukamosios krosnies sienelių nuostoliai

Atliekų deginimo sukamąją krosnį galima prilyginti cilindriui. Šilumos nuostoliai per cilindro sienelę apskaičiuojame pagal formulę:

$$Q_{krosnies} = \frac{t_i - t_o}{R_{krosnies}} \cdot \frac{l_{krosnies}}{1000}, kW; \quad (6.5)$$



$$Q_{krosnies} = 220 \text{ kW};$$

čia:

$t_i$  - vidutinė krosnies vidaus temperatūra, °C

$t_o$  - vidutinės patalpos, kurioje yra sukamoji krosnis temperatūra, °C;

$R_{krosnies}$  - krosnies atstojamoji terminė varža, mK/W;

$l_{krosnies}$  - krosnies ilgis, m

Žemiau pateikiamas sukamosios krosnies skerspjūvis. Krosnies sienelės atstojamoji terminė varža apskaičiuojama pagal:

$$R_{krosnies} = R_{iz1} + R_{iz2} + R_{iz3} + R_{iz4}, \text{ mK/W}; \quad (6.6)$$

čia:

$R_{iz1}$  - ugniai atsparaus izoliacijos sluoksnio (šamotinių plytų) terminė varža;

$R_{iz2}$  - izoliacijos sluoksnio terminė varža;

$R_{iz3}$  - izoliacijos apsauginio sluoksnio terminė varža;

$R_{iz4}$  - izoliacijos apsauginio sluoksnio paviršiaus terminė varža.

$$R_{iz1} = 1/(2\pi \cdot (\lambda_{iz1}) \cdot \ln((2\delta_{iz1} + D_i)/D_i)); \quad (6.7)$$

$$R_{iz2} = 1/(2\pi \cdot (\lambda_{iz1}) \cdot \ln((2\delta_{iz1} + 2\delta_{iz2} + D_i)/(2\delta_{iz1} + D_i))); \quad (6.8)$$

$$R_{iz3} = 1/(2\pi \cdot (\lambda_{iz1}) \cdot \ln((2\delta_{iz1} + 2\delta_{iz2} + 2\delta_{iz3} + D_i)/(2\delta_{iz1} + 2\delta_{iz2} + D_i))); \quad (6.9)$$

$$R_{iz4} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_k \cdot \left( \frac{2\delta_{iz1} + 2\delta_{iz2} + 2\delta_{iz3} + D_i}{1000} \right)}; \quad (6.10)$$

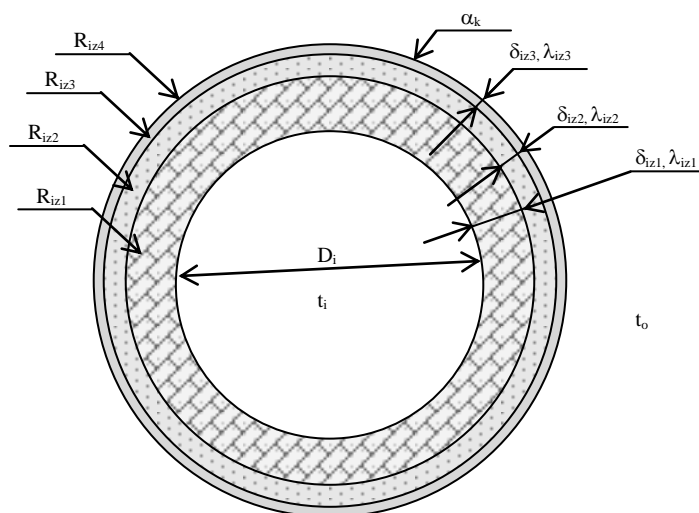
čia:

$\delta_{iz}$  - nagrinėjamų sluoksnių storis, mm

$\lambda_{iz}$  - nagrinėjamų sluoksnių šilumos laidumo koeficientai, W/m·K

$\alpha_k$  - šilumos atidavimo koeficientas nuo šilumos izoliacijos apsauginio sluoksnio į aplinką, W/m<sup>2</sup>·K

$D_i$  - vidinis krosnies diametras.



**6.2 pav.** Sukamosios krosnies skerspjūvis

Bandymų metu nustatyta, kad krosnies paviršiaus vidutinė temperatūra yra  $t_{krosnies} = 200^{\circ}\text{C}$ , o vidutinė metinė patalpos temperatūra, kurioje sumontuota krosnis bus lygi  $t_o = 30^{\circ}\text{C}$ . Tokiu būdu oro vidutinė temperatūra prie krosnies paviršiaus lygi:

$$t_f = (t_{krosnies} + t_o) / 2 = (200 + 30) / 2 = 115^{\circ}\text{C}. \quad (6.11)$$

Darome prielaidą, kad oro cirkuliacija skersai krosnies yra  $w_{\infty} = 3 \text{ m/s}$ . Prie nurodytų sąlygų  $[t_f]$ , oro savybės yra sekančios:

**6.1 lentelė.** Oro cirkuliacijos sąlygos

Dydis	Žymėjimas	Vienetai	Vertė
Oro šiluminis laidumas	$\lambda_{oro}$	W/m·K	0,0325
Kinematinis klampumas	$\nu_{oro}$	$\times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	2,47
Prandtlio koeficientas prie krosnies paviršiaus	Pr	-	0,701
Prandtlio koeficientas patalpos orui	Pr <sub>f</sub>	-	0,712
Prandtlio koeficientas ant krosnies sienelės	Pr <sub>w</sub>	-	0,685

Reinoldso skaičius esant krosnies diametru  $D_o = 3,5$  m:

$$Re_{D_o} = (w_1 \cdot D_o) / \nu_{oro} = (3 \cdot 3,5) / (2,47 \cdot 10^{-5}) = 425.101 \quad (6.12)$$

Pritaikome Churchill lygtį:

$$Nu_{D_o} = 0,3 + \frac{0,62 \cdot Re_{D_o}^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{1}{4}}} \cdot \left[1 + \left(\frac{Re_{D_o}}{282.000}\right)^{\frac{4}{5}}\right]^{\frac{4}{5}} \quad (6.13)$$

$$\alpha_k = Nu_{D_o} \cdot \nu_{oro} / D_o = 5,68 \text{ , } W/m^2 K \quad (6.14)$$



6.3 pav. Sukamoji krosnis

### 6.3 Su dūmais prarandama šiluma

Išmetamų į atmosferą dūmų temperatūra yra aukštesnė nei paduodamo oro. Tokiu būdu dūmai perneša dalį sudegusio kuro energijos, kuri išsklaidoma atmosferoje. Todėl nuostoliai atsirandantys dėl dūmų šalinimo apskaičiuojami kaip skirtumas tarp išmestų dūmų į aplinką ir paduodamo oro entalpijų skirtumas:

$$Q_{dumu} = \frac{(V_{dumu} \cdot \rho_{dumu} \cdot c_{p_{dumu}} \cdot t_{dumu} - \alpha_{dumu} \cdot V_{oro} \cdot \rho_{oro} \cdot c_{p_{oro}} \cdot t_{oro})}{3600}, \text{ kW (6.15)}$$

čia:

$V_{dumu}$ ,  $V_{oro}$  - dūmų debitas už katilo prieš dūmų valymo įrenginius ir paduodamo oro debitas į degimo kameras,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\rho_{dumu}$ ,  $\rho_{oro}$  - dūmų tankis prie nustatytos dūmų temperatūros ir paduodamo į degimo kameras oro tankis,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$c_{p_{dumu}}$ ,  $c_{p_{oro}}$  - dūmų (1,026) ir paduodamo oro (1,005) specifinė šiluma prie nustatytų temperatūrų,  $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ;

$t_{dumu}$  - dūmų temperatūra už katilo prieš dūmų valymo įrenginius,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{oro}$  - paduodamo į degimo kameras oro temperatūra,  $^{\circ}\text{C}$ .

$\alpha_{dumu}$  - oro pertekliaus prieš katilą koeficientas;



**6.4 pav. Kaminas**

#### **6.4 Šiluma pašalinama su aušinančiuoju skysčiu**

Įrenginyje dalis liekamosios šilumos energijos yra nuvedama per jo aušinimo sistemą, kurioje cirkuliuoja 30% etilen-glikolio tirpalas. Nuostoliai dėl aušinimo sistemos darbo apskaičiuojami pagal formulę:

$$Q_{glycol} = \frac{V_{glycol} \cdot \rho_{glycol} \cdot c_{p_{glycol}} \cdot (t_{2, glycol} - t_{1, glycol})}{3600}, \text{ kW}; \quad (6.16)$$

čia:

$V_{glycol}$  - glikolio aušinimo sistemos debitas, m<sup>3</sup>/h;

$\rho_{glycol}$  - glikolio 30% tirpalo tankis 1036 kg/m<sup>3</sup>;

$c_{p_{glycol}}$  - glikolio 30% tirpalo specifinė šiluma 3,873 kJ/kg·K esant 70°C temperatūrai

$t_{1, glycol}$ ,  $t_{2, glycol}$  - ateinančio ir išeinančio iš įrenginio glikolio 30% tirpalo temperatūros.

$$Q_{gliukolio} = 175 \text{ kW};$$



6.5 pav. Glikolio aušintuvės

### 6.5 Šiluma pašalinama kartu su šlaku ir pelenais

Apskaičiuojame šilumos kiekį pašalinama kartu su šlaku:

$$Q_{slakas} = \frac{M_{slako} \cdot c_{p_{slako}} \cdot t_{slako} - M_{atlieku} \cdot c_{p_{atlieku}} \cdot t_{atlieku}}{3600}; \quad (6.17)$$

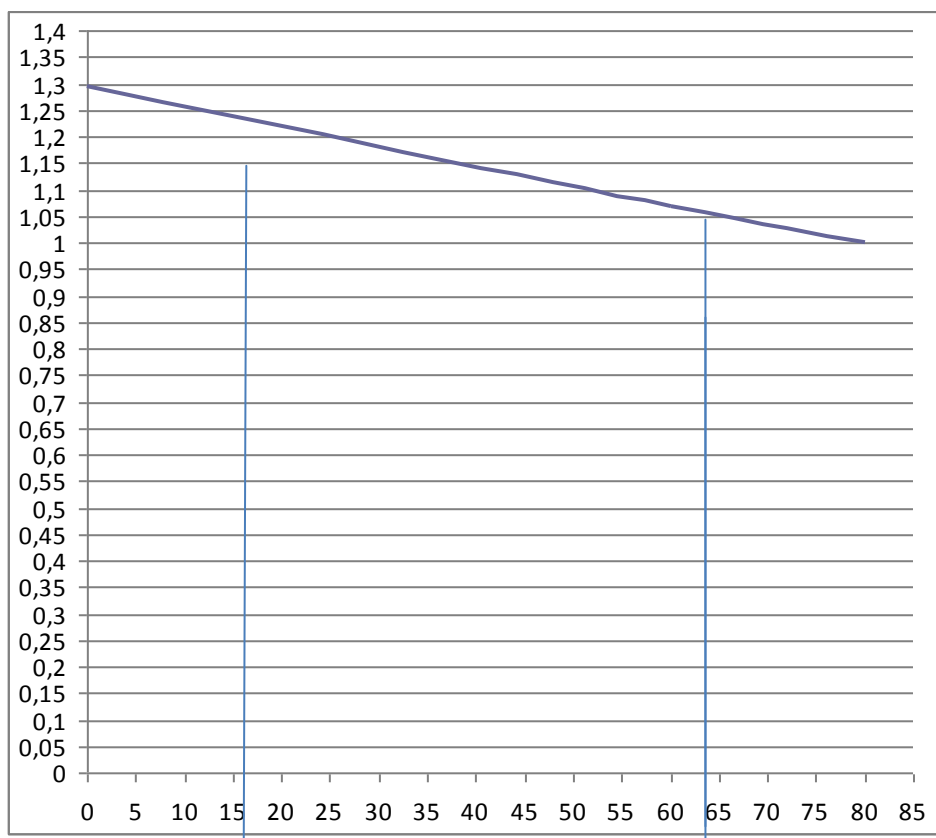
$$Q_{slakas} = 80 \text{ kW};$$

čia:

$M_{slako}$ ,  $M_{atlieku}$  - šlako ir atliekų masė, kg;

$c_{p_{slako}}$ ,  $c_{p_{atlieku}}$  - šlako ir atliekų specifinė šiluma, kJ/kg·K;

$t_{slako}$ ,  $t_{atlieku}$  - slako ir atlieku temperatūra, °C.



6.6 pav. Oro tankis prie faktinės temperatūros

## 6.6 Energija prarandama, kaip nesudegęs kuras

Nesudegęs kuras skirstomas į nuostolius dėl cheminio ir mechaninio nesudegimo. Gerai sureguliuotame degimo procese chemiškai kuras sudega 99,5%, taigi nuostoliai gali sudaryti tik apie  $q_{n.k.ch.} = 0,5\%$  ir priešingu atveju, šie nuostoliai gali būti kelis kartus didesni. Nuostoliai dėl mechaninio kuro nesudegimo sudaro apie 1-5%. Jie didesni kieto kuro katiluose. Darome prielaidą, kad mechaniškai nesudegusio kuro nuostoliai yra  $q_{n.k.m}=3\%$ . Nuostoliai dėl nesudegusio kuro apskaičiuojami sekančiai:

$$Q_{n.kuras} = \frac{Q_{katilo} + Q_{krosnies} + Q_{dumu} + Q_{glycol} + Q_{slakas}}{(1 - q_{n.k.ch} - q_{n.k.m} - q_{k.atitvaros})} \cdot (q_{n.k.ch} + q_{n.k.m}); \quad (6.18)$$

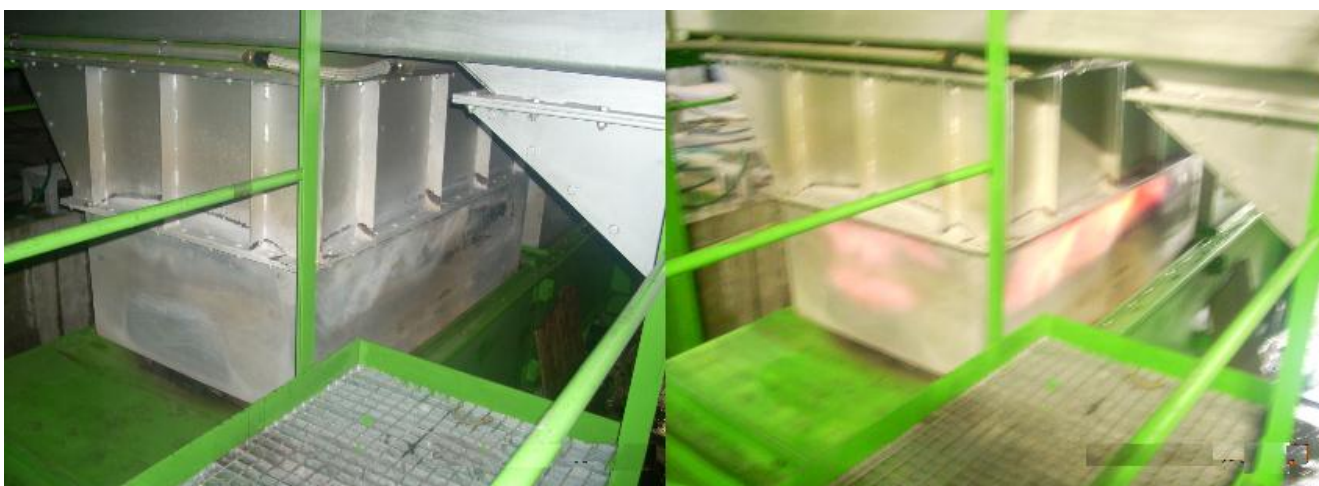
$$Q_{n.kuras} = 300 \text{ kW};$$

## 6.7 Šiluma prarandama per katilo sienes

Paprastai katilo atskirų paviršių temperatūra yra aukštesnė už aplinkos, kurioje jis stovi temperatūrą. Tokiu būdu patiriami nuostoliai, kurie gali siekti nuo 0,5 iki 2%.  $q_{k.atitvaros}=2\%$  siekia garo katilui, kuris gamina maždaug 10 t/h garo ir priimame tokius pat ir nagrinėjamam įrenginiui. Šilumos nuostolius per katilo sienes apskaičiuojame sekančiai:

$$Q_{k.atitvaros} = \frac{Q_{katilo} + Q_{krosnies} + Q_{dumu} + Q_{glycol} + Q_{slakas} + Q_{n.kuras}}{(1 - q_{k.atitvaros})} \cdot (q_{k.atitvaros}); \quad (6.19)$$

$$Q_{k.atitvaros} = 150 \text{ kW};$$

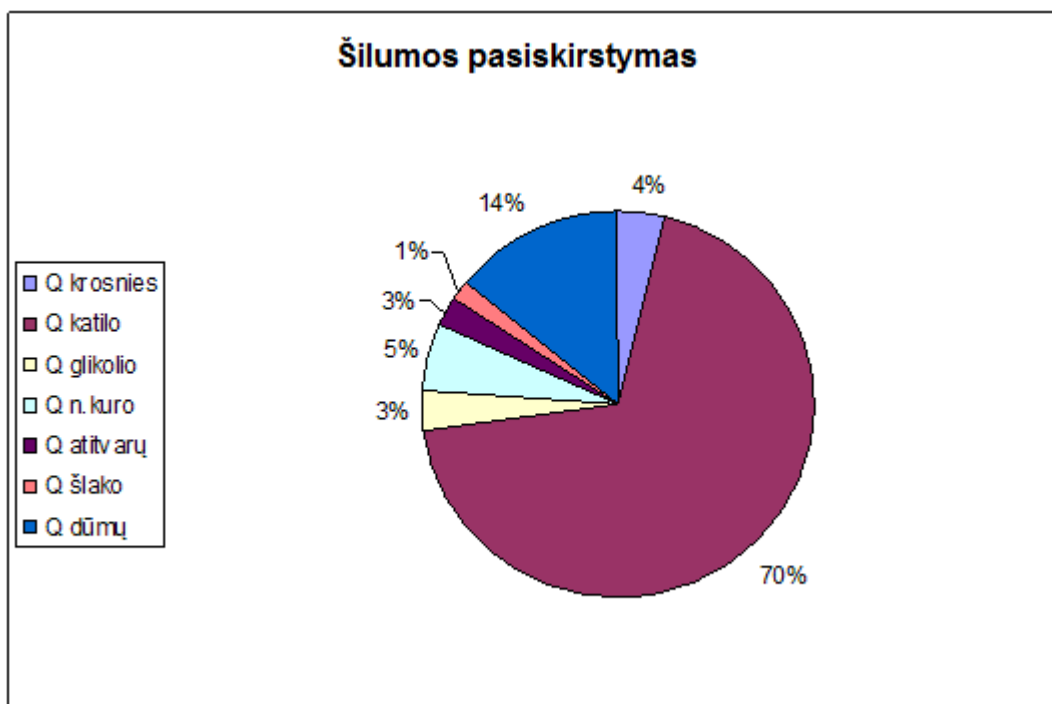


6.7 pav. Šiluma prarandama per katilo sienes

## 6.8 Skaičiavimų rezultatai

6.2 lentelė. Skaičiavimų rezultatai

Šilumos praradimai	Žymėjimas	Vertė, kW
Sukamojoje krosnyje	Q krosnies	220
Katile	Q katilo	3776
Aušinantis skystis	Q glikolio	175
Nesudegęs kuras	Q n.kuro	300
Katilo atitvaros	Q atitvarų	150
Šlakas	Q šlako	80
Per kaminą	Q dūmų	781



**6.8 pav.** Šilumos pasiskirstymas

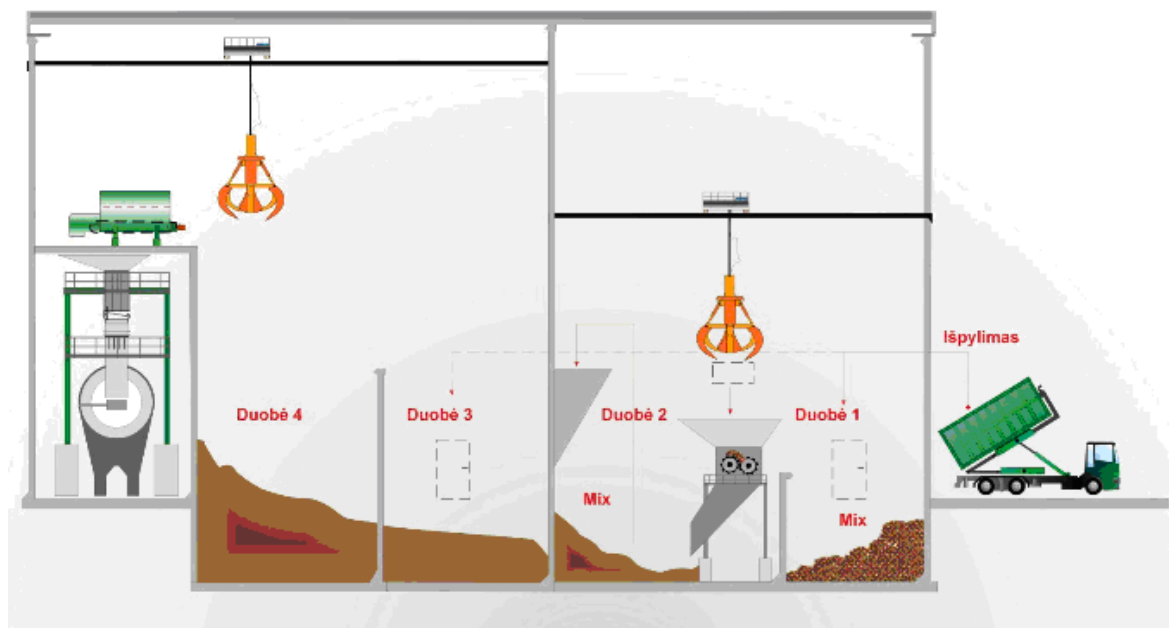
**6.3 lentelė.** Vidutinės valandos sudegintų atliekų vertės

Periodai	Sudeginta atliekų	Pagaminta garo	Vidutinis atliekų koringumas
	(t./h)	(kg./h)	(MJ/kg)
1.	0,99	5353,6	19,03
2.	1,25	4972	13,86
3.	1,11	4680,29	14,55
4.	1,4	5206,83	12,95
<b>Viso</b>	<b>1,18</b>	<b>4972,05</b>	<b>14,64</b>



## 7. GREIFERINIO DAUGIAŽIAUNIO KAUŠO FUNKCIONALUMO TYRIMAS

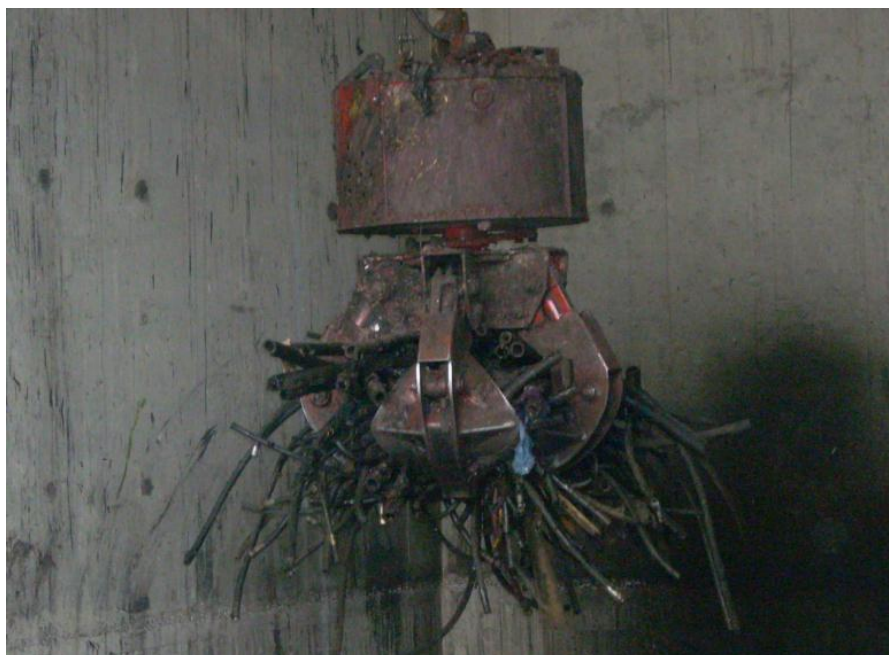
Pagal technologinį aprašymą kranas Nr.2 turi aptarnauti 3 ir 4 atliekų duobes. Trečia atliekų duobė skirta homogeniškam atliekų mišiniui paruošti, bet šiuo metu to padaryti trečioje atliekų duobėje neįmanoma, kadangi sumontuotų tiltinių kranų su greiferiniais kaušais visas darbo laikas išnaudojamas degintinų kietų atliekų perkrovimui ant dozavimo transporterio. Homogeniškam susmulkintų atliekų mišinio paruošimui nebelieka laiko.



7.1 pav. Tiltinio tipo kranai su greiferiniais kaušais



7.2 pav. Atliekų mišinys 3-ioje atliekų duobėje



**7.3 pav.** Nechomogenizuotas atliekų deginimas

Kranas Nr.2	
Įvykdytą darbo ciklą:	Nulinti 30982
Perneštas bendras svoris:	Nulinti 2329,70
Įrenginio bendras darbo laikas:	Nulinti 2510
Kėlimo pavaros darbo laikas:	Nulinti 1504
Vežimėlio pavaros darbo laikas:	Nulinti 701
Krano pavaros darbo laikas:	Nulinti 305

**7.4 pav.** Krano Nr.2 darbo režimai

Iš krano Nr. 2 užfiksuotų darbo režimų matosi (1 pav.), kad kranas pernešė 2329700 kg. svorį per 30982 ciklus (vieno ciklo laikas apie 4 min.).

$2329700 \text{ kg.} : 30982 \text{ ciklų sk.} = \mathbf{75,2 \text{ kg.}}$  per vieną ciklą.

Įrenginys suprojektuotas deginti 1100 kg. atliekų per vieną valandą.

$1100 \text{ kg.} : 75,2 \text{ kg.} = 14,6 \text{ ciklai per 1h.} \times 4 \text{ min.} = \mathbf{58,4 \text{ min.}}$  (kranu Nr.2 darbo laikas pernešant atliekas iš 3-ios atliekų duobės ant atliekų padavimo tarnsporterio.)



**7.5 pav.**  $0,23 \text{ m}^3$  greiferinis kaušas

Pakeitus tiltinio kranu Nr.2 greiferinį kaušą į didesnį t.y. į  $0,5 \text{ m}^3$ .

Greiferinis kaušas  $0,23 \text{ m}^3$  vieno ciklo metu vidutiniškai perneša  $75,2 \text{ kg.}$  atliekų, todėl galime daryti prielaidą, kad  $0,5 \text{ m}^3$  greiferinis kaušas vieno ciklo metu perneš:

$$X = 0,5 \times 75,2 : 0,23 = \mathbf{163,4 \text{ kg. per vieną ciklą.}}$$

$1100 \text{ kg.} : 163,4 \text{ kg.} = 6,7 \text{ ciklai per 1h.} \times 4 \text{ min.} = \mathbf{26,8 \text{ min.}}$  (kranu Nr.2 darbo laikas pernešant atliekas iš 3-ios atliekų duobės ant atliekų padavimo tarnsporterio).

Likęs vienos valandos kranu Nr.2 darbo laikas **t.y. apie 33,2 min.** gali būti panaudotas degintinų atliekų homogeniško mišinio paruošimui ir deginimui paruošto atliekų mišinio sandėliavimui ketvirtoje atliekų duobėje.

## IŠVADOS

1. Vienas atliekų šalinimo būdų iki šiol yra atliekų deginimas, todėl šiandien pavojingos atliekos turi būti deginamos ne tik siekiant sumažinti jų tūrį, bet ir energijai gauti, t. y. naudoti atliekas kaip atsinaujinantį energijos šaltinį.
2. Didelį dėmesį reikia skirti susidarančių atliekų kiekio mažinimui, keisti gyvenimo, gamybos bei vartojimo būdą ir tradicijas. Svarbu atliekas rūšiuoti. Atliekų vengimas, antrinis panaudojimas ar perdirbimas padeda saugoti gamtos išteklius, palaikyti švarią ir sveiką aplinką.
3. Atliekų deginimo procesas gali būti optimizuotas deginant žinomo, aukštesnio kaloringumo paruoštą homogenišką atliekų mišinį, taip sutaupant didelius eksploatacinius kaštus. Deginant optimalų mišinį ekonominė nauda bus krosninio kuro mažesnis sunaudojimas.
4. Deginimo proceso metu susidariusi atliekama šilumos energija gali būti panaudojama atliekų ruošimui (skystų atliekų šildymui, kietų atliekų džiovimui), gamybinių patalpų šildymui.
5. Atliekas būtina maišyti ir iš anksto apdoroti, siekiant pagerinti jų homogeniškumą, degimo charakteristikas ir sudegimą. Kietosioms atliekoms naudoti padavimo suvienodinimo sistemą siekiant pagerinti paduodamų atliekų degimo charakteristikas bei išmetamųjų dujų sudėties stabilumą.

## LITERATŪRA

1. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas 2011 m. gegužės 03 d. Nr. D1-368 „Atliekų tvarkymo taisyklės“.
2. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas 2002 m. gruodžio 31 d. Nr. 699 „Atliekų deginimo aplinkosauginiai reikalavimai“.
3. Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymas 1998 m. birželio 16d. Nr. VIII-787, Valstybės žinios 61-1726.
4. Aplinkos apsaugos agentūra. Atliekų apskaitos informacinė sistema. [interaktyvus] 2011. Prieiga per internetą: < <http://gamta.lt/cms/> >
5. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas, Valstybės žinios 5-75.
6. RIMKEVIČIUS, A. Infekuotų medicininių atliekų tvarkymo problemos ir galimi sprendimo būdai. 2002.
7. JOHNKE, J. Emissions from Waste incineration. 2002.
8. CERBE, J.; HOFFMAN, B. Einfuhrung in die Thermodynamic. 2005.
9. DROBAVIČIUS, Alfonsas, *et al.* Bendroji šiluminė technika. Vilnius, 1974.
10. BARGELIS, Algirdas. Integruotos gamybos pagrindai. Kaunas, KTU. 1998
11. HAFNER Srl. Pavojingų atliekų deginimo įrenginio techninio projekto technologinės dalies aprašas, I tomas. 2008.
12. Тепловой расчет котельных агрегатов, нормативный метод. М.: Энергия, 1973
13. EMMANUEL, J. Non-incineration Medical waste Treatment Technologies. 2001. 10-20 p.
14. DENARAS, G.; RAVALDAS, V. Experimentation of waste Incineration in lithuania and singularities of Air Pollutants Formation. Kaunas, 2003. 4-9 p.
15. KLIPOVA, I.; STANIŠKIS, Kazimieras. Application of waste Energy Utilization Technigues in Lithuania Industry. 2006.