



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

Olegas Korkutis

BIOKURO PADAVIMO ĮRENGINIO MODERNIZAVIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Saulius Baskutis

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

BIOKURO PADAVIMO ĮRENGINIO MODERNIZAVIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Gamybos inžinerija (kodas 612H70001)

Vadovas

Doc. dr. Saulius Baskutis

Recenzentas

Doc. dr. Rimantas Dapkus

Projektą atliko

Olegas Korkutis

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas (projektas), kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, 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 darbu bei jo gynimu bakalauras 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. Darbo tema: Biokuro padavimo įrenginio modernizavimas

Patvirtinta dekanu 2016 m. gruodžio mėn. 08 d. įsakymu Nr. V25-11-20

2. Darbo tikslas: Modernizuoti kuro padavimo platformos konstrukciją įvertinus kuro trinties koeficientą ir ilgaamžiškumo parametrus.

3. Darbo struktūra Analizės skyrius: Literatūros apžvalga: biokuro ir biokuro padavimo konstrukcijų platformų sandėlių apžvalga.

Projektinis skyrius: Biokuro trinties koeficiento bandymai biokurui slystant skirtingais paviršiais. Naujos platformos projektavimas, palyginimas su sena platforma, ekvivalentinių įtempių skaičiavimai ir ilgaamžiškumo nustatymas.

Grafinė dalis: Grafikai, diagramos, vaizdiniai paveikslėliai.

4. Reikalavimai ir sąlygos: Rengiant baigiamąjį darbą laikytis Lietuvos respublikos norminių aktų, standartų bei metodologinių magistrinio darbo apiforminimo reikalavimų.

5. Darbo pateikimo terminas 2016 m. gruodžio mėn. 21 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui Olegui Korkečiui

Užduotį gavau Olegas Korkutis
(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas Doc. dr. Saulius Baskutis
(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Olegas Korkutis

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija (kodas 612H70001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„BIOKURO PDAVIMO ĮRENGINIO MODERNIZAVIMAS“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Olego Korkučio**, baigiamasis projektas tema „BIOKURO PDAVIMO ĮRENGINIO MODERNIZAVIMAS“ 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)

Korkutis, Olegas. BOKURO PADAVIMO ĮRENGINIO MODERNIZAVIMAS. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Saulius Baskutis; Kauno Technologijos Universitetas, Mechanikos Inžinerijos ir Dizaino Fakultetas.

Mokslų kryptis ir sritis: Gamybos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: biokuro trinties koeficientas, biokuro padavimo platforma, ekvivalentiniai įtempiai, ilgaamžiškumas.

Kaunas, 2017. 68 p.

SANTRAUKA

Biokuro katilinių ir jų konstrukcijų gamybos technologija turi labai didelę reikšmę atsinaujinančiai energetikai Lietuvoje bei kitose šalyse. Eksploatuojant tokio tipo gaminius, susiduriame su pasitaikančiomis problemomis, visų pirma, jų ilgaamžiškumu ir gedimais. Magistro baigiamojo darbo tikslas – išspręsti biokuro judančios platformos gedimus modernizuojant kuro padavimo platformos konstrukciją įvertinus kuro trinties koeficientą ir biokuro padavimo įrenginio ilgaamžiškumo parametrus.

Kuro trinties koeficiento nustatymo bandymai buvo atliekami AB „Axis Industries“ gamykloje Kazlų Rūdos padalinyje. Gauti eksperimentiniai rezultatai buvo panaudoti ne tik modernizuojant esamus biokuro padavimo įrenginius, bet taip pat bus panaudoti sekančiuose tyrimuose ateityje naudojant skirtingas kuro rūšis.

Nauja kuro padavimo platformos konstrukcija palyginta su senąja konstrukcija. Atlikti ilgaamžiškumo tyrimai bei apskaičiuoti ekvivalentiniai įtempiai. Nauja kuro padavimo platformos konstrukcija pasitvirtino ir pradėta eksploatuoti Savsjo miesto katilinėje Švedijoje.

Korkutis, Olegas. MODERNIZATION OF FEEDING EQUIPMENT FOR BIOMASS FUEL. Master's thesis / supervisor assoc. prof. Saulius Baskutis. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Production Engineering

Key words: biofuel friction coefficient, biofuel feed platform, equivalent stresses, durability.
Kaunas, 2017. 68 p.

SUMMARY

Renewable energy equipment and technologies support countries meet their policy goals for secure, open and reliable energy. Construction of biofuel boilers has big meaning for renewable resources in Lithuania and in the other countries.

Exploitation of such type of products is dealing with problems, in particular, of their durability and failures.

Main goal of Master's thesis is to solve the biofuel moving platform failures due to modernizing fuel platform design assessment after the evaluation of fuel friction coefficient and durability parameters of the feeding equipment.

An investigation of fuel friction coefficient was made in AB "Axis industries" company at Kazlų Rūda department.

The results will be applied in other investigations employing different kind of biofuel.

New platform of fuel feeder construction was compared with old one. Investigations of durability and estimation of equivalent stresses have been done. New fuel platform design has proven and put into operation in the city of Savsjo boiler plant in Sweden.

TURINYS

ĮVADAS	9
1. PAGRINDINĖS BIOMASĖS IŠTEKLIŲ RŪŠYS	11
1.1. Biokuro ir biomasės sąvokos.....	11
2. BIOMASĖS KURO CHARAKTERISTIKOS	14
2.1. Medienos pagrindinės charakteristikos	14
2.2. Cheminė biomasės sudėtis	16
3. ĮMONIŲ, GAMINANČIŲ BIOKURO PATAVIMO ĮRENGINIUS, APŽVALGA	18
3.1. Antžeminis kuro sandėlis ir transportavimo įranga.....	18
3.2. Kuro transportavimo ir kuro sandėlio įranga	19
3.3. Hidraulinis kuro pataavimo įrenginys su hidrauline įranga (HKPI)	20
3.4. Judančių grindų sistema	21
3.5. „Imperative energy“ pagalba judančios grindys	22
3.6. Kuro sandėlio platformos veikimo principas	23
3.7. Kuro sandėlis.....	24
4. KURO PATAAVIMAS IR PATAAVIMO SISTEMOS	25
4.1. Kuro tiekimas	25
4.2. Kuro pataavimo sistemos	25
4.2.1. Greiferinis kranas	26
4.2.2. Judančios grindys	27
4.2.3. Grandikliniai transporteriai.....	28
4.2.4. Sraigtiniai transporteriai	29
4.2.5. Hidraulinis rotorius.....	30
5. JUDANČIŲ KURO PATAAVIMO PLATFORMŲ PASITAIKANČIOS PROBLEMOS.....	31
6. EKSPERIMENTINĖ DALIS	35
6.1. Tyrimo priemonės ir medžiagos.....	35
6.2. Naudojamos medžiagos kuro trinties matavimams atlikti	35
6.3. Priemonės kuro trinties matavimams atlikti.....	36
6.4. Eksperimentinio tyrimo atlikimo eiga.....	38
6.5. Bandymai atlikti elektrine pavara	39
6.6. Bandymai atlikti traukiant rankiniu būdu.....	46
7. PLATFORMOS TYRIMO IR TOBULINIMO METODIKA.....	51
7.1. Ekvivalentinių įtempių skaičiavimas ir nekokybiškai suvirintų žertuvų ilgaamžiškumas	57

IŠVADOS.....	66
LITERATŪROS SAĶAŠAS.....	67
PRIEDAI	69

IVADAS

Visais žmonijos laikais pagrindinis energetinis šilumos šaltinis buvo mediena. Evoliucijos metu atsirasdavo vis nauji poreikiai ir technologijos, kurios vertė žmones ieškoti kitų kuro rūšių: akmens anglies, naftos, dyzelinio kuro, etanolio, tos pačios medienos (medienos atliekų, medienos skiedrų, pjuvenų), durpių, medžio ir durpių granulių, briketų, energetinių plantacijų, šiaudų, ūkio ir buities atliekų ir t. t. Dėl didelio iškastinio kuro poreikio, padidėjo ne tik oro užterštumas, bet taip pat pradėjo mažėti paties iškastinio kuro. Didėjant iškastinio kuro poreikiui, elektros ir šilumos energijos gamybai visame pasaulyje pradėta investuoti į atsinaujinančią energiją, kuri mažiau teršia aplinką ir yra nuolatinis energijos šaltinis, skirtas elektros ir šilumos gamybai.

Lietuvos pramonė yra stambi šilumos, kuro, elektros energijos naudotoja, o kadangi šalis neturi savo iškastinio kuro, jai tenka viską importuoti. Sprendžiant šią problemą, Lietuvoje pradėta aktyviai domėtis atsinaujinančiais energijos šaltiniais. Lietuva užsibrėžė tikslą iki 2020 m. pagaminti penktadalį energijos poreikių iš atsinaujinančių energijos šaltinių.

Dėl geografinės padėties Lietuva yra viena iš miškingiausių ir derlingiausias žemes turinčių šalių, todėl atsinaujinančios energijos šaltiniai yra palyginti nesunkiai realizuojami, o jų paklausa didelė.

Pastaraisiais metais Lietuva pradėjo naudoti naują kurą, vadinamą biomasę. Biomasė, kaip katilinių kuras, pradėta naudoti beveik visuose miestuose, dėl tos priežasties reikėjo modernizuoti centralizuoto šilumos tiekimo katilines ir biokuro padavimo sistemas tam, kad degimo procesas būtų kuo efektyvesnis.

Naudojant naujas katilines ir kuro padavimo sistemas, buvo susidurta su tam tikromis problemomis paduodant biokurą. Dėl šios priežasties pagrindinė darbo užduotis buvo ištirti biomasės padavimo sistemas, o būtent judančias biokuro padavimo grindis (platformas).

Darbo ataskaitą sudaro literatūros analizė, kurioje pateikia biomasės apžvalga, jos savybės, rūšys, naudojimo paskirtis. Atlikta įmonių, gaminančių judančias biokuro padavimo grindis (platformas), apžvalga. Išnagrinėti kuro padavimo įrenginiai, transportuojantys biokurą į bunkerį. Teorinėje analizėje taip pat yra pateiktos ir aptartos judančių kuro padavimo grindų pasitaikančios problemos. Eksperimentinėje dalyje atlikti biokuro trinties bandymai, suprojektuota nauja biokuro padavimo platforma, atlikti platformos ekvivalentinių įtempių bei ir ilgaamžiškumo bandymai. Gauti rezultatai pateikti lentelėse bei diagramose.

Projekto tikslas: modernizuoti kuro padavimo platformos konstrukciją įvertinus kuro trinties koeficientą ir ilgaamžiškumo parametrus.

Uždaviniai projekto tikslui pasiekti:

1. Suprojektuoti judančią platformą;
2. Pagaminti kuro dėžės maketą;
3. Ištirti biokuro drėgnumą;
4. Atlikti kuro trinties bandymus: smulkintos medienos trintį į metalą, betoną, patį kurą, bei bandymus atlikti su papildomais svoriais.
5. Apskaičiuoti kuro padavimo platformos konstrukcijos ekvivalentinius įtempius.
6. Apskaičiuoti kuro padavimo platformos konstrukcijų ilgaamžiškumą.
7. Sudaryti gautų rezultatų lenteles ir grafikus;
8. Pateikti projekto išvadas.

1. PAGRINDINĖS BIOMASĖS IŠTEKLIŲ RŪŠYS

1.1. Biokuro ir biomasės sąvokos

Biokuras – tai degūs iš biomasės pagaminti skystieji, dujiniai ir kietieji produktai, naudojami šilumos ir elektros energijai gaminti deginimo būdu.

Biomasė – didžiausias pagal naudojimą pasauliniame ūkyje atsinaujinantis energetinis resursas. Terminas „biomasė“ apima visas natūralių augalų organines medžiagas (medieną, durpes, jūros dumblius, žolę, daržovių atliekas), ūkio pramonėje (šiaudus, saulėgrąžų lukštus, lapus, riešutų kevalus, ir t. t.).

Biomasė gali būti suskirstyti į du tipus: pirminį ir antrinį. Pirminė biomasė – tai energetiniai augalai, dumbliai, saulėgrąžos, gluosniai. Antrinė biomasė – tai lauko augalai (šiaudai, šienas), pjuvenos, skiedra, žievė, šakos, gyvulininkystės atliekos, celiuliozės ir popieriaus pramonės atliekos, buitinės atliekos [1,2].

Medienos kuras klasifikuojamas pagal jų kilmę ir žaliavas [20] į tokias grupes:

- medienos ir miško kirtimo atliekas;
- energetinės plantacijas;
- durpes;
- biokurą, gautą iš žemės ūkio produkcijos;
- buitines atliekas.

Medienos ir miško kirtimo atliekos. Nuolatinį atsinaujinantį biokuro šaltinį sudaro medienos ir miško kirtimo atliekos. Malkinė mediena gaminama iš medžių stiebų, bei stambių šakų, kurie netinka medienos apdirbimo pramonei. Medienos kirtimo atliekas (1.1 pav.) taip pat sudaro kita nepanaudota medienos dalis, pavyzdžiui, medžio žievė, medžio šakos, kelmai, maži stiebai. Iš susmulkintos kirtimo medienos atliekų gaminamas biokuras, skiedra, pjuvenos, briketai bei granulės.

Pastaruoju metu paplitusi ir naudojama yra medienos biomasė, kaip viena iš energetinių šaltinių rūšių. Biomasė yra fotosintezės produktas, kai augalų ląstelės sukaupia iš atmosferos anglies dvideginyje esantį anglį. Labai svarbus, ir reikšmingas privalumas yra tas, kad bioenergijos gamyba ir naudojimas turi mažesnę neigiamą poveikį aplinkai bei klimato pokyčiui, nes deginant biokurą, anglis CO₂ pavidalu sugrįžta atgal į aplinką [2,18,20].



1.1 pav. Medienos ir miško kirtimo atliekos

Energetinės žolės – tai žemės ūkio augalai specialiai auginami biokuro gamybai, dėl didelės biomasės paklausos (1.2 pav.).



1.2 pav. Energetinės žolės

Lietuvos klimatinėmis sąlygomis galima būtų auginti šias energetines žoles: drambliažolės, sidas. Biokurui auginamos ir įprastos anksčiau Lietuvoje augintos žolės: topinambai, rūgtys ar net kanapės. Šios žolės dėl greito augimo gali sukaupti iki 25 tonų/ha biomasės, kuri gali būti panaudojama biokuro gamybai. Iš šių plantacijų gaminamas biokuras, kuris panaudojamas deginimui centralizuotose katilinėse ir namų ūkiuose.

Durpės – tai degūs mineralai, kurie suformuoti besikaupiant suirusioms samanų, pelkyno augalų liekanoms, kuriose yra daug anglies. Dėka anglies durpės turi aukštą šilumos degimo lygį. Dėl savo savybių durpės, naudojamos kaip kuras bei sodininkystėje ir gėlininkystėje. Be to, jos turi aukštą šilumos izoliacijos lygį, kurio dėka naudojamos atitinkamiems tikslams (durpių šiluminėms izoliacijos produktams, plokštėms).

Durpės turi šias savybes:

- jos savyje kaupia atmosferoje esantį anglį ir fotosintezės produktus;
- neutralizuoja daugumą kenksmingų cheminių medžiagų, kurios randasi trąšose;
- neleidžia į žemę patekti sunkiųjų metalų dalelėms.

Durpės naudojamas daugelyje sričių, įskaitant biocheminę pramonę ir mediciną. Pagrindinės pramonės šakos, kurios naudoja durpes yra žemės ūkio ir energetikos pramonė. Durpės laikomas

puikiu biokuru, tokiu pat vertingu, kaip akmens anglis, kurio sudėtyje yra didelio kiekio anglies ir mažo kiekio kenksmingų medžiagų. Žemės ūkyje jis yra naudojamas kaip trąša, kadangi jame yra medžiagų, kurios praturtina dirvožemį bei skatina žemės ūkio kultūrų augimą. Energetikos pramonėje durpės naudojamos šilumai išgauti deginimo būdu. Iš durpių yra gaminami briketai (1.3 pav.), granulės, trąšos. Jų savybių charakteristika priklauso nuo įvairių priemaišų bei drėgmės kiekio sudėtyje [2,18,20].



1.3 pav. Durpių briketai

Agro – biokuras. Labiausiai paplitusi kuro rūšis po medienos yra agro – biokuras. Šiam kurui naudojami žemės ūkio augalai ar jų dalys, kaip žemės ūkio produktų perdirbimo atliekos. Agro – kurui paprastai priskiriami šiaudai, žemės ūkio atliekos ir energetinės žolės. Šiaudai – tai antrinis žemės ūkio produktas (4 pav.). Nukūlus javus lieka šiaudai, iš kurių gali būti pagamintas biokuras (granulės ar briketai), o rekomenduojamas šiaudų drėgnumas yra 14 proc. Centralizuotose katilinėse energijos gamybai šiaudai gali būti deginami ir nepresuoti. Sudeginus šiaudus, pelenais gali būti tręšiamas dirvožemis. Nukūlus derlių, viename ha lieka apie 4 tonos šiaudų. Nustatyta, kad metinė šiaudų produkcija Lietuvoje siekia apie 4 mln. tonų. Iš jų apie 20 proc. lieka laukuose, dar tiek pat sunaudojama pašarams ir kraikui. Apie 60 proc. šiaudų derliaus kasmet galėtų būti panaudojama biokuro gamybai, bet šiam tikslui panaudojama tik apie 1 proc. šiaudų [2,20].

Žemės ūkio produktų perdirbimo atliekos – tai žemės ūkio produktų perdirbimo metu gaunami šalutiniai produktai: grikių, saulėgrąžų lukštai ir pan. Iš šių šalutinių produktų gaminamos granulės ir briketai kurui.



1.4 pav. Žemės ūkio produktų biokuras

2. BIOMASĖS KURO CHARAKTERISTIKOS

2.1. Medienos pagrindinės charakteristikos

Mediena – tai kietasis kuras, naudojamas šilumos išgavimui įvairiuose katiluose, krosnyse. Plačiai naudojamos medienos atliekos iš jau apdirbtos medienos: plokštės, medžio skiedra, drožlės, pjuvenos, žievė, ir t. t. Malkos naudojamos rečiau.

Biomasės drėgmė – kiekybinė charakteristika rodanti drėgmės kiekį biomasėje. Skiriamos dvi biomasės drėgnumo grupės absoliutinė ir santykinė.

Absoliuti drėgmė – drėgmės masės santykis su sausos medienos mase:

$$W_a = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

kur: W_a – absoliutinė drėgmė %, m – mėginio drėgna masė, g, m_0 – to pačio mėginio išdžiovinta iki sausos vertės masė, g.

Santykinė drėgmė arba nurodyta darbinė (esama) drėgmė – drėgmės masės santykis su šlapios medienos mase:

$$W_p = \frac{m - m_0}{m} \cdot 100\% \quad (2)$$

kur: W_p – santykinė arba darbinė (esama) drėgmė %.

Priklausomai nuo medienos, drėgnumas skirstomas į šlapia, drėgną, nupjautą, orausę, kambario sausumo ir visiškai sausą [23].

Šviežiai nupjautos medienos drėgnumas priklauso nuo medienos rūšių ir skiriasi $W_p = 50 \dots 100$ % ribose.

Šlapia mediena. Tokios medienos drėgnumas W_p viršija 30...50%.

Drėgna – džiovinta tam tikrą laiką mediena, kurios $W_p = 20 \dots 30$ %.

Orausė – mediena ilgą laiką džiovinta atvirame ore. Orausės medienos drėgme $W_p = 13 \dots 17$ %.

Kambario sausumo – mediena ilgą laiką džiovinama patalpoje su šildymu ir vėdinimu $W_p = 7 \dots 11$ %.

Visiškai sausa mediena $W_p = 0$ %.

Pirmoje lentelėje pateiktas kai kurių medienos rūšių drėgnumas.

2.1 lentelė. Vidutinis drėgmės kiekis šviežiai nupjautos medienos,%

Medienos rūšis	Drėgnis procentais, %
Eglė	48
Eglynas	50
Pušis	48
Gluosnis	46
Liepa	38
Drebulė	45
Alksnis	46
Tuopa	48
Beržas	44
Bukas	39
Guoba	44
Ažuolas	41
Klevas	33

Medienos drėgnumas taip pat svyruoja skirtingose medžio dalyse ir vietose (2.2 lentelė).

2.2 lentelė. Medienos drėgnumas skirtingose medžio dalyse

Medžio dalys		Kamienas	Žievė	Šakos	Viršūnė
Drėgnumas	Eglė	40-60	38-63	42-46	60
%	Pušis	45-50	36-67	52-56	60

Medienos tankis. Medžio tankis priklauso ir nuo augimo sąlygų ir vietos kamiene. Tos pačios rūšies medienos tankis gali skirtis 10÷20 %. Tankiausią medieną daugelyje rūšių sudaro kamieno apačia, o link viršūnės tankis mažėja (apie 1,5% kiekvienam aukščio metrui). Medžio kamieno tankis mažai priklauso nuo kamieno formos. Didelį stiebo nuolydį turinčių medžių, eglių, pušų, beržų vidutinis medienos tankis yra mažesnis [25].

Pagal SI sistemą medienos tankio matuojamas kg/m^3 .

Absoliučiai sausos medienos tankis nustatomas pagal formulę:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}; \quad (3)$$

čia: m_0 – absoliučiai sausos medienos masė kg ;

V_0 – absoliučiai sausos medienos tūris m^3 ;

ρ_0 – medienos tankis kg/m^3 .

2.3 lentelėje pateikiama įvairių medžių rūšių medienos tankis.

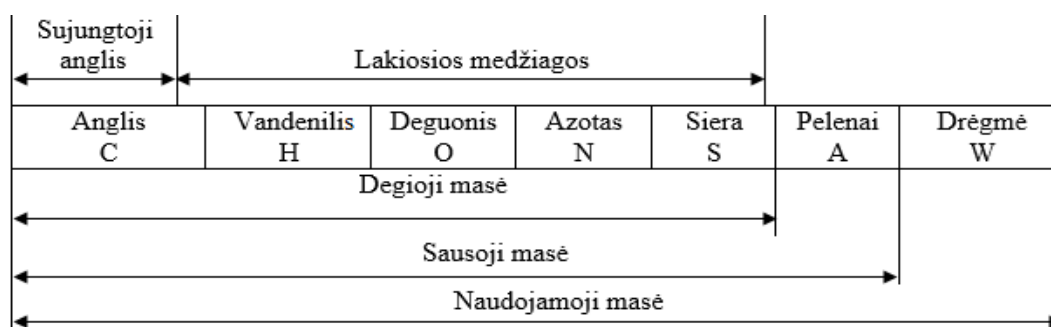
2.3 lentelė. Įvairių rūšių medienos vidutinis tankis [25].

Medžių rūšis	ρ_{12} , kg/m ³	ρ_0 , kg/m ³	ρ_b , kg/m ³
Vikmedis	800	770	650
Skroblas	795	760	640
Kriaušė	710	670	585
Ažuolas	690	655	570
Klevas	690	655	570
Uosis	680	645	560
Bukas	680	650	560
Maumedis	665	635	540
Guoba	650	635	520
Beržas	640	635	520
Riešutmedis	590	575	470
Juodalksnis	525	495	430
Pušis	505	480	415
Drebulė	495	465	410
Liepa	495	475	400
Gluosnis	455	445	360
Eglė	445	420	365

čia: ρ_{12} – 12 % drėgnumo medienos tankis; ρ_0 – absoliučiai sausos medienos tankis; ρ_b – bazinis medienos tankis

2.2. Cheminė biomasės sudėtis

Visų rūšių kietasis kuras, biokuras, medienos kuras, sudarytas iš degiosios ir nedegiosios medžiagos dalies (2.1 pav.). Dažniausiai nedegiąją dalį sudaro drėgmė ir kuro liekanos – tai yra pelenai. Sausąją kuro masę sudaro degiosios medžiagos bendrai su pelenais be esamos drėgmės.



2.1 pav. Naudojama biokuro masės sudėtis [26]

Sausoje kuro masėje vyrauja trys elementai: anglis (C), vandenilis (H) ir deguonis (O), kurie bendrai sudaro 99 proc. sausosios masės. Azoto (N) kiekis paprastai neviršija 0,2 proc., o sieros (S) — 0,05 proc. sausosios masės. Kure svarbiausia emisinė sudedamoji dalis yra laikomas sieros kiekis. Minus yra tas, kad esant didelei sieros koncentracijai, atsiranda korozijos pavojus prie žemos temperatūros degimo produktų pašalinimo kanaluose ir dūmtraukyje. Kitą medžiagą, kurios kiekį

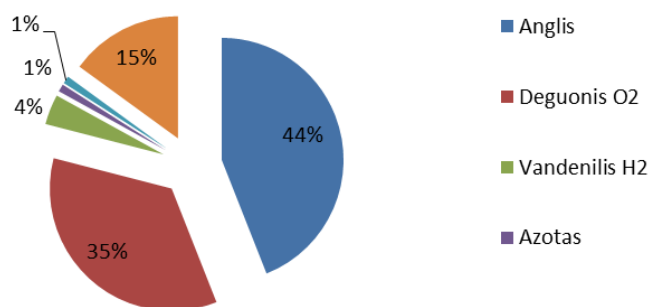
kure reikia žinoti - tai chloras (Cl), kuris irgi sukelia šilumokaičio paviršių koroziją. Daugiausiai problemų chloras sukelia deginant spygliuočių kūrą, nes spygliuočių kure chloro kiekis pakankamai aukštas [26].

Didesnis kiekis biomasėje sukaupiamas šarminių elementų: kalio, kalcio, fosforo. Chloro daugiau yra energetiniuose augaluose, šiauduose, medienos žievėje. Dėl išvadintų elementų didėja aukšta temperatūrinė korozija. Tokiu atveju ant katilo ir pakuros susidaro nuosėdos. Skirtingų malkinės medienos dalių sudėtyje gali būti randami nedideli nikelio, arseno, kadmio, chromo, vario, gyvsidabrio, švino ir cinko kiekiai [26].

2.4 lentelė. Cheminė biomasės sudėtis [26].

Kuro rūšis	C	H	O	N	S	Cl
	Sausoji masė %					
Eglė (su žieve)	49,8	6,3	43,2	0,13	0,015	0,005
Bukas (su žieve)	47,9	6,2	45,2	0,22	0,015	0,006
Gluosnis (su žieve)	47,1	6,1	44,3	0,54	0,045	0,004
Spygliuočių žievė	51,4	5,7	38,7	0,48	0,085	0,019
Rugių šiaudai	46,6	6,0	42,1	0,55	0,085	0,40
Kviečių šiaudai	45,6	5,8	42,4	0,48	0,082	0,19
Kvietrugių šiaudai	43,9	5,9	42,4	0,42	0,05	0,26
Miežių šiaudai	47,5	5,8	41,4	0,46	0,089	0,4
Rapsų šiaudai	47,1	5,9	40,0	0,84	0,27	0,47
Kviečių grūdai	43,6	6,5	44,9	2,28	0,12	0,04
Kvietrugių grūdai	43,5	6,4	46,4	1,68	0,11	0,07
Rapsų grūdai	60,5	7,2	23,8	3,94	0,10	
Daugiametė svidrė	46,1	5,6	38,1	1,34	0,14	0,6
Palyginimui						
Akmens anglis	72,5	5,6	1,1	1,3	0,94	< 0,1
Rusvoji anglis	65,9	4,9	23,0	0,7	0,39	< 0,1

Dažniausiai cheminė kuro sudėtis (2.2 pav.) yra pateikiama sausos masės. Naudojant kuro masę, ji būna įvairaus drėgnumo, todėl yra perskaičiuojama esamos dalies cheminė kuro drėgmė.

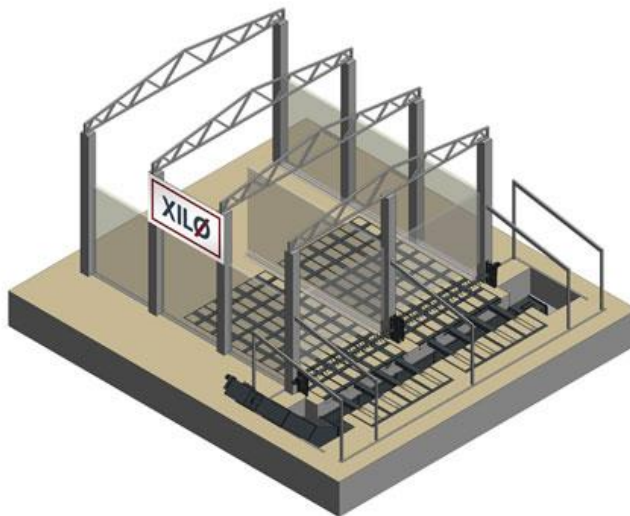


2.2 pav. Medienos cheminė sudėtis esant 15% drėgnumui [26]

3. ĮMONIŲ, GAMINANČIŲ BIOKURO PADAVIMO ĮRENGINIUS, APŽVALGA

3.1. Antžeminis kuro sandėlis ir transportavimo įranga

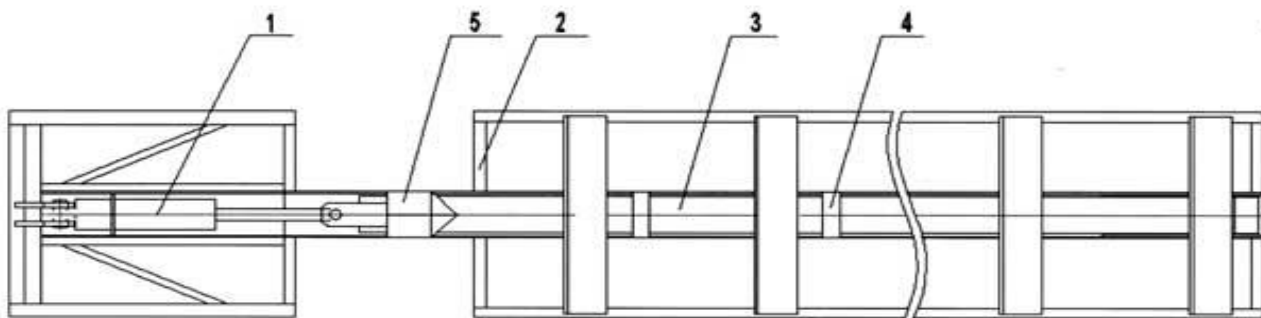
Kuro sandėliai ir transportavimo įranga projektuojama ir gaminama AB „Axis Industries“ įmonėje. Sandėlis naudojamas kuro sandėliavimui bei tolygiam kuro tiekimui į kūryklų įrenginius (3.1 pav.). Kuras paprastai yra pristatomas automobiline transportu ir iškraunamas tiesiai į sandėlį. Ant judamų kuro žertuvų kuras yra užstumiamas krautuvo su kaušu pagalba. Judantys žertuvai kurą paduoda į kuro transporterį. Kad kuras byrėtų kiek galima tolygiau, papildomai yra įrengtas kuro sluoksnio išlygintojas (trupintuvas). Taip pat ant transporterio yra įrengtos vibruojančios grotos, kad sulaikytų stambiausias priemaišas. Transporteriu kuras tiekiamas į rūšiavimo įrenginius, kur kuras atrūšiuojamas iki reikiamos frakcijos bei pašalinamos metalo priemaišos. Jei kuro frakcija yra tinkama kūrenti, rūšiavimo įrenginių gali ir nebūti. Išrūšiuotas kuras kuro transporteriais tiekiamas į pakuros arba tarpinius kuro bunkerius. Netinkamos frakcijos kuras ir metalo priemaišos nukreipiamos į tam skirtus konteinerius [3].



3.1 pav. Antžeminis kuro sandėlis su transportavimo įranga [3]

Konstrukcija

- sudėtinės kuro sandėlio platformos dalys parodytos scheme (3.2 pav.).
- kuro sandėlio platformą sudaro hidraulinis cilindras (1), platforma (2), grandiklis (3), kabė (4), kuro kreipiančioji (5).

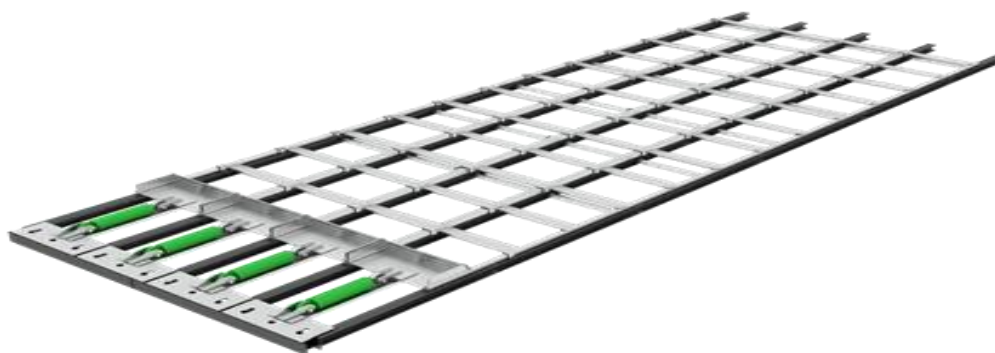


3.2 pav. Kuro sandėlio platformos schemos pavyzdys [3]

3.2. Kuro transportavimo ir kuro sandėlio įranga

UAB „Enerstena“ projektuojama ir gaminama kuro transportavimo ir kuro sandėlio įranga, kuri naudojama automatiniam ir tolygiam kuro tiekimui. Kuras paprastai yra pristatomas automobiliniu transportu ir iškraunamas tiesiai į sandėlį ant judančių grindų. Kuro padavimo platforma (3.3 pav.) kurą tiekia į kuro transporterius. Kad biokuras būtų tiekiamas tolygiai, įrengiamas kuro skleistuvas (trupintuvas), kuris ne tik paskirsto biokurą, bet ir suskaldo sušalusio kuro luitus. Taip pat ant transporterio yra įrengtos vibruojančios grotos, kad sulaikytų neleistiną kuro frakciją ir atskirtų negabaritines kuro priemaišas (akmenis, betono gabalus, metalą). Tinkamas kuras kuro transporteriais tiekiamas į pakuros maitintuvą. Maitintuvas yra su hidrauliniu kuro tiekimu į pakurą, tai užtikrina tolygų kuro paskleidimą ant ardyno ir lemia gerą sudegimą. Pagal kliento poreikius gali būti numatyta papildoma įranga kuro drėgmei matuoti, sverti.

UAB „Enerstena“ siūlo atviro tipo sandėlį, kuriame yra reikalinga papildoma kuro stumdymo įranga (savaeigis krautuvas) ir visiškai automatinį uždaro tipo sandėlį [4].



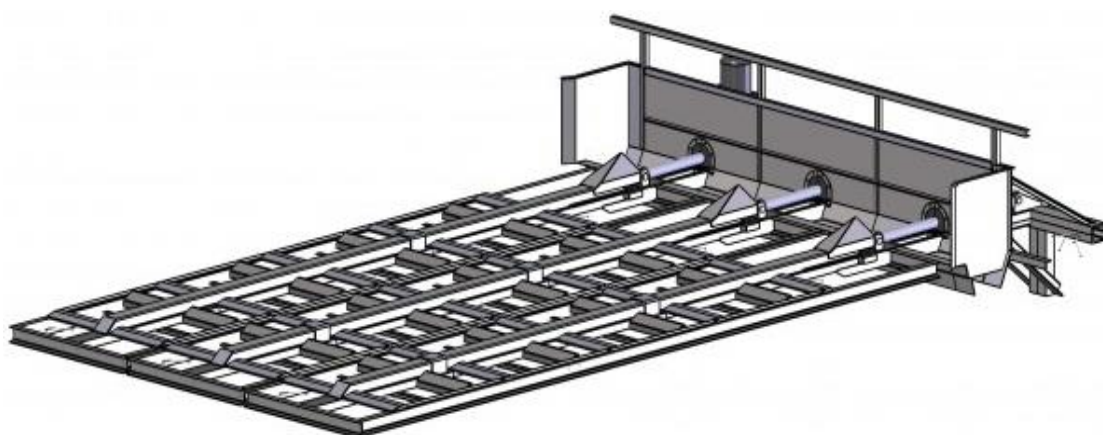
3.3 pav. Kuro padavimo platforma [4]

3.3. Hidraulinis kuro padavimo įrenginys su hidrauline įranga (HKPI)

HKPI sudaro visame kuro sandėlio grindų plote sumontuoti greiferiai stumdomi hidraulinių cilindrų pagalba.

Įrenginys skirtas medžio drožlių, pjuvenų, skiedrų, spalijų, granulių ar kito biraus kuro padavimui iš sandėlio į sraigtinį arba kitokį transporterį. Konkrečiai katilinei hidraulinis kuro padavimo įrenginys (3.4, 3.5 pav.) projektuojamas pagal esamas sąlygas ir užsakovo poreikius.

Įrenginys dėl didelių gabaritų yra tiekiamas dalimis, todėl galutinis jo surinkimas atliekamas montavimo vietoje. Įrengimas montuojamas pagal katilinės projektą ir gamintojo pateiktas rekomendacijas.



3.4 pav. Hidraulinis kuro padavimo įrenginys [5].



3.5 pav. Hidraulinis kuro padavimo įrenginys [5].

3.4. Judančių grindų sistema

Judančių grindų sistema (3.6 pav.), kurią siūlo AGRO Forst & Energietechnik GmbH, užtikrina, kad sunkus, šlapias ir įvairaus dydžio kuras būtų perslinktas (transportuotas) į katilo pakrovimo agregato sistemą. Judančių grindų dydis ir talpa priklauso nuo kliento poreikių, kuris savo ruožtu yra tiesiogiai susijęs su techniniu aptarnavimu, tam kad užpildyti sandėlį.

Rekomenduojamas judančių grindų našumas (poslinkis), turėtų aprūpinti ne mažiau 24 valandų nepertraukiamo katilo darbo (veikimo) pilna apkrova.



3.6 pav. Judančių grindų sistema [6]

Siūlomos AGRO Forst & Energietechnik GmbH judančių grindų sistemos yra masyvios ir aprūpina skirtingo kuro tiekimą. Judančių grindų valdymas ir operacijos atliekamos su galingais hidrauliniiais cilindrais, kurių galia priklauso nuo grindų talpos ir yra intervale nuo 60 iki 120 tonų vienam cilindriui.

Hidraulinių cilindų pavaros stotelė įrengta su visomis būtinomis saugos funkcijomis. Visų hidraulinių cilindų ir hidraulinės stotelės darbas yra rodomas ekrane vizualizacijos būdu. Tokiu būdu yra vykdoma kontrolė procesui, kuris vykdomas. Hidraulinių cilindų stotelė ir hidrauliniai cilindrai yra pilnai automatizuoti, bet patikros režimo metu kiekvienas aktyvus elementas (hidraulinis cilindras), gali būti perjungtas į rankinį režimą, siekiant patikrinti jo efektyvumą.

Judančių grindų metalo konstrukcija yra vizualiai paprasta, tačiau grindų konstrukcija buvo tobulinama daugelį metų, kol rezultate nebuvo sukurta modernesnė tvirtesnė konstrukcija su specialiu sklandymu, aukščiu ir kampais [6].

Judančios grindys (3.7 pav.) – tai pats didžiausias sandėlis skirtas laikyti, saugoti, tiekti, paduoti kurą. Jame galima saugoti beveik visus kietojo kuro tipus: akmens anglį, granules, grūdus, skiedrą. Jos turi didelę reikšmę saugant skiedrą. Paduodant skiedrą į transporterį, ji neužstringa ir neįsispaudžia tarp žertuvų. Judančios grindys yra surenkamos eksploatacijos vietoje. Tam reikia turėti tik plokščią betonuotą paviršių, todėl judančias grindis galima montuoti uždaruose patalpose. Dydį galima keisti dėka modulinės struktūros pagal individualius parametrus, atsižvelgiant į pastatą arba naudojamą vietą. Judančios grindys veikia hidraulinių cilindrų dėka arba pneumatinės sistemos dėka, naudojant mažos apimties sandėlius. Sandėlio valdymas yra automatizuotas mikrokompiuteriu, priklausomai nuo pakrautos platformos [7].



3.7 pav. „Carborobot“ judančios grindys [7]

3.5. „Imperative energy“ pagalba judančios grindys

Ši sistema apima lygiagrečiai stumdomas kopėčias (žertuvus), kurios juda į priekį ir atgal. Tokiu būdu palaipsniui perduoda kurą iš vieno galo kuro sandėlio į kitą. Kuras paduodamas žertuvais, kurių dėka judančios grindys dažnai montuojamos į požeminį bunkerį. Hidraulinis dangtis (3.8 pav.) pasikelia ir, tokiu būdu, atvežtas sunkvežimiais kuras yra supilamas į sandėlį.

Tokio tipo sistemos yra idealūs įrenginiai, patogūs naudoti, turintys didesnę negu 500 kW galią. Naujai projektuojamiems projektams šią sistemą galima įtraukti į požeminį bunkerį. Tokiu būdu sumažinama naudojamos teritorijos išorė [8].



3.8 pav. Judančios grindys su pakeliamu dangčiu [8]

Apžvelgus skirtingų įmonių judančių grindų padavimo sistemas galima teigti, kad pagrindinė jų paskirtis:

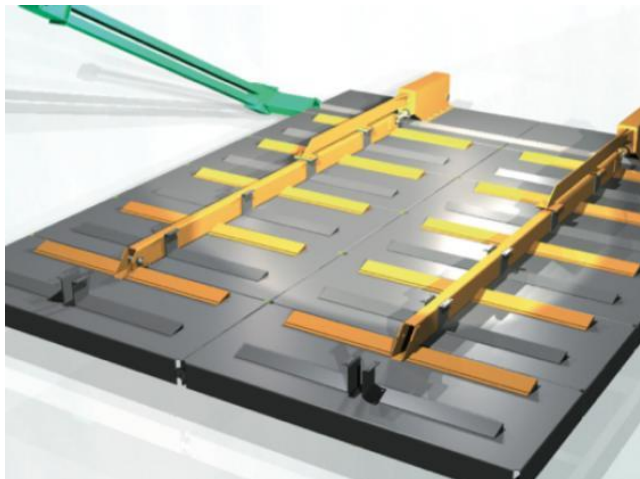
- kuro sandėlio hidraulinė platforma skirta kuro transportavimui iš pagrindinio kuro sandėlio į kitas kurą transportuojančias sistemas.
- platformomis tiekama susmulkinta mediena, medienos apdirbimo atliekos (drožlės, skiedros, atraižos), durpės ir jų mišiniai.

Naudojamos įmonėse kuro tiekimo sistemos yra panašios, netgi identiškos funkcionalumo požymiais, skiriasi tik dydžiai ir komplektuojama įranga. Pagal dydį atitinkamai skiriasi ir likusi metalo konstrukcijos dalis. Hidrauliniai cilindrai parenkami pagal konstrukcijos dydį ir kuro talpą. Norint sustiprinti konstrukciją, naudojamas storesnis, tvirtesnis metalas, arba panaudojami kiti inžineriniai spendimai. Hidraulinės sistemos yra automatizuotos, o tai palengvina ir padidina darbo efektyvumą nepertraukiamai paduodant kurą. Reikia prižiūrėti tik kurą esantį sandėlyje. Judančios grindys suprojektuotos taip, kad užtikrintų sunkaus, šlapio ir įvairaus dydžio kuro padavimą.

3.6. Kuro sandėlio platformos veikimo principas

Kuro sandėlio platformos veikimo principas priklauso nuo hidraulinių cilindų, žertuvų kampo, sraigtnių arba hidraulinių rotorių veikimo. Platforma juda hidraulinio cilindro dėka. Žertuvai paeiliui priešpriešiais judėdami vienas kitam, perstumia kurą į sraigtnio arba grandiklinio transporterio pusę. Kuras užlaikomas naudojant ant grindų papildomai pritvirtintus trikampio formos elementus, kurie stabdo kuro judėjimą atgal (3.9 pav.). Prieš kurui patenkant į transporterio uždaro kanalo angą, kurą išlygina trupintuvas, kuris susmulkina stambesnę kurą tuo pačiu metu tolygiai paskirstydamas jį. Kuro transporterio sraigtas turi dviejų tipų sriegius – paprastos vijos ir segmentinės. Pastaroji be kuro

perstūmimo dar atlieka ir sušalusio kuro gabalų smulkinimą. Tokia konstrukcija apsaugo kuro padavimo angą nuo užpresavimo pačiu kuru. Naudojama automatinio reverso funkcija. Po platforma esančios ertmės skirtos paduoti šiltą orą žemos metu, kad neužšaltų kuras. Šiltas oras paduodamas nuo katilo. Iš kuro sandėlio sraigtiniu transporteriu kuras paduodamas į kuro degiklio padavimo sistemą [9].



3.9 pav. Judančios grindys su sulaikymo sistema [8]

3.7. Kuro sandėlis

Kuro sandėlio konstrukcija ir matmenys turi būti pritaikyti kuro tipui, katilo dydžiui, degalų tiekimo sąlygoms ir katilo veikimo laikui.

Išorinio sandėlio kombinacijos su automatizuotu sandėliu atveju, kuro atsargų užtenka dirbant katilinei visą savaitę. Dažniausiai sutinkamas mažo automatizuoto sandėlio kuro padavimo sprendimas, kada kuro užtenka 48 – ioms darbo valandoms. Išorinius sandėlius aptarnauja traktoriai su frontaliu krautuvu, ar bobkatai su teleskopiniu krautuvu. Jeigu yra galimybė, kuras iš karto iškraunamas ant judančių sandėlio grindų. Toks variantas naudojamas požeminiuose sandėliuose. Tam, kad palengvinti sandėlio pakrovimą biokuru, jame nenaudojamos durys. Kuro sandėliavimo aukštis automatizuotame sandėlyje yra apribotas 3 m aukščiu ir priklauso nuo hidraulinės sistemos pajėgumo.

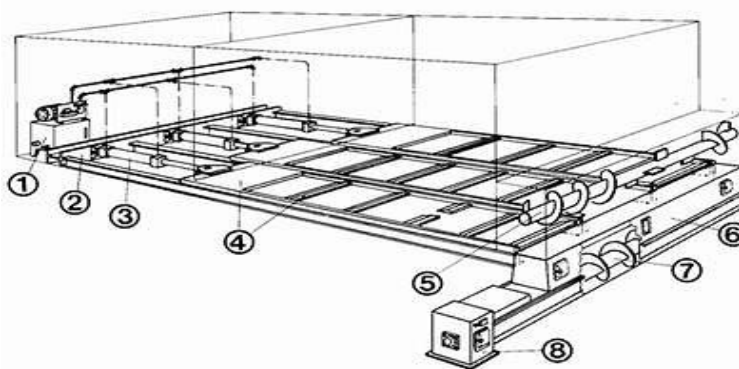
4. KURO PADAVIMAS IR PADAVIMO SISTEMOS

4.1. Kuro tiekimas

Kuro tiekimui iš automatizuoto sandėlio (4.1 pav.) naudojamos įvairios padavimo sistemos. Viena iš pagrindinių tiekimo priemonių yra sraigtiniai ir grandikliniai transporteriai. Pastaraisiais metais pirmenybė teikiama grandikliniams transporteriams, kadangi jie yra labiau patikimi ir mažiau jautrūs kuro kokybei. Be to, jie leidžia pakeisti grandiklinio transporterio kryptį, o tai sumažina perdavimų ir transmisijos skaičių.

Sandėliai, kurie aprūpinti hidrauliniiais cilindrais su žertuvais, yra geriausias sprendimas, kuris naudojamas daugeliu atvejų. Žertuvai juda į priekį ir į galą sandėlio grindimis, priklausomai nuo hidraulinės pavaros padėties. Kai žertuvas pasiekia galinį tašką, tuomet padidėja slėgis, tokiu būdu hidraulinė pavara persijungia į priešingą pusę. Kuras patenka į kuro trupintuvą, kuris įrengtas automatinio sandėlio gale. Jis labai svarbus ne tik kuro išlyginimui bet ir jo užšalusių gabalų ardymui. Kuro trupintuvas taip pat funkcionuoja kaip tolygaus kuro pakrovimo į transporterį priemonė. Transporteris kurą tiekia į tarpinį bunkerį, kuris yra įrengtas virš arba prieš krosnį. Tarpinis bunkeris atlieka pagrindines tris funkcijas [10,19]:

- teikia vienodą kuro tekėjimą ant ardymo žertuvų;
- funkcionuoja kaip „oro užraktas“, kuris neleidžia patekti ugniai atgal į tarpinį bunkerį;
- neleidžia patekti pašaliniam orui ir tinkamai kontroliuoja kuro degimo procesą.



4.1 pav. Automatinis sandėlis su hidrauliniiais cilindrais :1 – hidraulinė stotelė, 2 – atraminė cilindrų sija, 3 – hidrauliniai cilindrai, 4 – žertuvai, 5 – trupintuvas, 6 – anga, pro kurią paduodamas kuras, 7 – iškrovimo sraigtas (transporteris), 8 – transporterio pavara

4.2. Kuro padavimo sistemos

Pagrindinio sandėlio užpildymui naudojami krautuvai, kranai su paieškos detektoriais, buldozeriai, o padavimui į transporterį, sraigtiniai transporteriai, kurie paskui paduoda kurą į dozavimo bunkerį, kuriame yra reguliuojamas kuro padavimas. Krautuvai ir buldozeriai naudojami

tada, kai biokuras randasi ne sandėlyje, o šalia jo. Baigiantis kuro atsargoms, jis yra užstumiamas ant judančių grindų darbinės zonos. Kranas naudojamas, kai pagrindinis sandėlis ir laikinasis sandėlis yra tame pačiame pastate.

4.2.1. Greiferinis kranas

Greiferinis kranas (4.2 pav.). Jam keliami itin aukšti patikimumo ir tikslumo reikalavimai. Moderni kranų valdymo sistema padidina kėlimo darbų našumą ir prailgina įrangos eksploatavimo laiką. Tokie kranai naudojami įvairiose pramonės šakose. Tačiau naudojant kuro transportavimui, naudojamas greiferinis kranas su kaušu, turinčiu dantis tam, kad kaušas pilnai užsipildytų. Tokio tipo kranai naudojami tik didelėse katilinėse, nes mažuose katilinėse jie yra neefektyvūs ir per brangūs [12].

Greiferiniams kranams keliami reikalavimai:

- įrenginys turi būti kontroliuojamas ir turi užtikrinti reikiamą darbo našumą;
- iškraunamas kuras neturi užkimšti darbinės angos;
- konstrukcijos atsparumas ugniai;
- bunkeris turi būti pilnai ištuštinamas;
- kuro padavimas turi sustoti, jei įkrovimo įranga užpildyta;
- atkreipti dėmesį į medžiagų nusidėvėjimą jas pasirenkant.



4.2 pav. Greiferinis kranas [12]

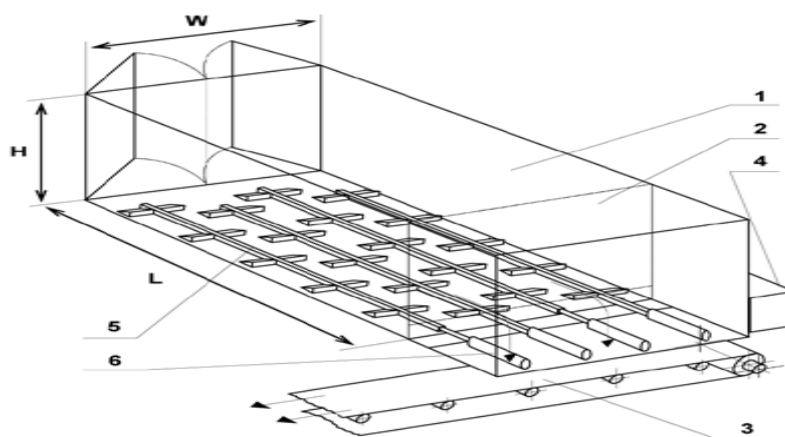
Kiti sandėlio iškrovimo įrenginiai:

- judančios grindys;
- sraigtiniai transporteriai su stacionaria ašimi;
- hidrauliniai rotorai;
- grandikliniai transporteriai;
- sukamojo (juostinio) judėjimo transporteriai.

4.2.2. Judančios grindys

Judančių grindų pagrindinės dalys yra patalpintos bunkerio dugne. Ant laikančiųjų sijų įtaisomi trikampio formos stumtuvai, judantys visu bunkerio ilgiu pakaitom pirmyn ir atgal. Trikampio formos stumtuvus ir siją stumia ir traukia hidrauliniai cilindrai. Sijų ir stumtuvų sistemos priešingas judėjimas užtikrina kryptingą biokuro padavimo judėjimą. Sumažėjus kuro sluoksniui iki minimumo, dėl mažo spaudimo ir trinties, dalis kuro juda priešpriešiais. Toks efektas yra mažinamas panaudojant specialią kuro bunkerio dugno konstrukciją. Angos dydis, per kurį iškraunamas biokuras, turi būti per visą platformos dugno plotį, o po ja esantis transporteris turi užtikrinti viso nustumto kuro iškrovimą. Šie įrenginiai naudojami stačiakampio formos bunkerio iškrovimui su plokščiu dugnu [11,19].

Kietojo kuro sandėlys su judančiom grindim ir kitomis sudedamosiomis dalimis (4.3 pav.).



4.3 pav. Kietojo kuro sandėlis su judančiom grindim [11]

Sudedamosios dalys: 1 – kuro sandėlis, 2 – priekinė sandėlio siena, 3 – juostinis transporteris, 4 – elektros energijos tiekimo stotelė; 5 – judančios grindys, 6 – hidraulinis cilindras, H – bunkerio aukštis, L – bunkerio ilgis, W – bunkerio plotis.

Sandėlio su judančiomis grindimis privalumai:

- paprasta ir patikima konstrukcija;
- žemas triukšmo lygis;
- nėra truktelėjimų, dėl didesnio kuro arba akmenų ir kelmų, o tai netrikdo eksploatuoti sandėlį;
- kuro krūvos aukštis gali siekti 10 m;
- mažos eksploatacavimo išlaidos;
- žemės lygyje įrengiamas sandėlio pagrindas;
- remonto atžvilgiu hidraulika randasi kuro saugojimo išorėje.

Sandėlio su judančiomis grindimis trūkumai:

- suvartojama santykinai daug elektros energijos;

- neįmanoma tolygiai ir pilnai ištuštinti sandėlio;
- keliami griežtesni reikalavimai pastato stabilumui ir atsparumui.

4.2.3. Grandikliniai transporteriai

Grandiklinių transporterių (4.4 pav.) schema pavaizduota (4.5 pav.). Jie daugiausiai naudojami siauresniuose sandėliuose. Grandinės tvirtinamos ant žvaigždučių ir jų judėjimas vyksta viena kryptimi. Tam, kad paduoti kurą tarp grandinių, tvirtinami plieniniai kampuočiai, grandikliai arba stačiakampiai. Grandiklių judėjimo greitis yra nedidelis (1 – 25 cm/s), todėl jie yra varomi elektrine arba hidrauline pavara. Grandinės varanti pavara randasi sandėlio iškrovimo gale, vedančioji yra grandinės viršutinė dalis. Šią sistemą galima naudoti ne tik kuro padavimui, bet ir stačiakampių sandėlių su plokščiu dugnu iškrovimui bei grūdų transportavimui [13].



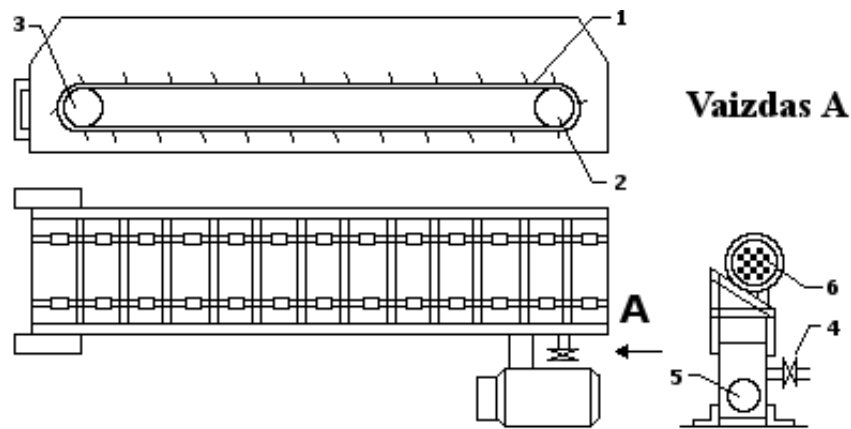
4.4 pav. Grandiklinis transporteris [13]

Šio transporterio privalumai:

- darbo našumas vyksta tolygiai;
- lengvai kontroliuojamas;
- mažesnis elektros energijos suvartojimas nei judančių grindų;
- visiškai ištuština sandėlį.

Trūkumai:

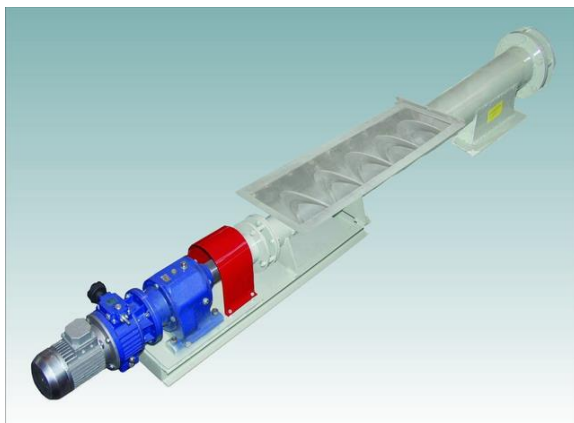
- dėl sudėtingos konstrukcijos mažesnis patikimumas lyginant su judančiomis grindimis;
- judant grandinei su grandikliais ratu, po sandėliu turi būti tuščia vieta;
- kuro sluoksnis neturi viršyti 5 m;
- ribotas sandėlio plotas.



4.5 pav. Grandiklinio transporterio schema [11]: 1 – transportinė juosta su grandikliais, 2 – vedantysis velenas, 3 – įtempimo stotis, 4 – mova, 5 – reduktorius, 5 – variklis.

4.2.4. Sraigtiniai transporteriai

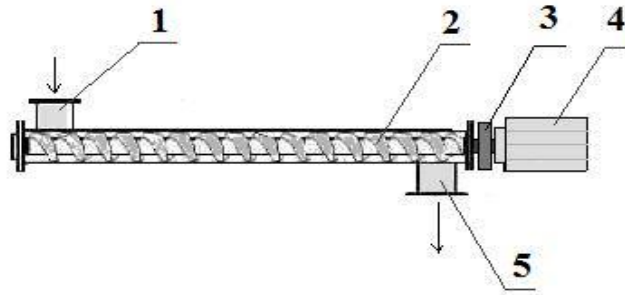
Sraigtiniai transporteriai (4.6, 4.7 pav.). Sraigtiniai transporteriai yra dviejų tipų: stacionarūs ir judantys. Judantys sraigtai yra transporterio tipo, o jų ašinis judėjimas būna sukamasis ir slenkamasis. Su ašies slenkamuju judėjimu (4.7 pav.) sraigtiniai transporteriai naudojami bunkeriuose su stačiakampiais plokščiais dugnais. Tam, kad išstumdyti kurą iš bunkerio ant kito transporterio, sraigtas juda bunkerio dugnu pirmyn ir atgal. Su besisukančia ašimi sraigtiniai transporteriai naudojami su apvaliu dugnu. Kuras iš bunkerio yra paduodamas besisukant sraigtui per angą į kitą transporterį. Sraigtiniai transporteriai yra skirti granulių ir birių medžiagų transportavimui. Jie yra paprastos konstrukcijos, aukštos kokybės ir patikimi. Naudojami įvairių sričių veiklos pramonėje susijusia su didelės apimties birių krovinių pernešimu [14]. Sraigtinio transporterio schema pavaizduota (4.8 pav.)



4.6 pav. Sraigtinis transporteris su besisukančia ašimi [14]



4.7 pav. Sraigtinio transporteris su judama ašimi [15]



4.8 pav. Sraigtinio transporterio supaprastinta schema [16]: 1 – vamzdis per kurį patenka kuras, 2 – sraigtas, 3 – reduktorius, 4 – elektros variklis, 5 – žaliavos išėjimo anga

Pagrindiniai sraigtnių transporterių privalumai [11]:

- gali būti didelio ilgio;
- tolygus našumas;
- tikslus našumo reguliavimas.

Trūkumai:

- nusidėvėjimas;
- didelis paleidimo momentas;
- jautrumas metalui, kelmams, medžių šakoms, akmenims;
- transportuojamas kuras sutraiškomas.

4.2.5. Hidraulinis rotorius

Hidraulinis rotorius (4.9 pav.). Cilindrinio bunkerio dugne su plokščiu pagrindu įrengiamas rotorius su daug mentelių. Hidrauliniai cilindrai suka rotoriaus mentes, kurie sumontuoti po bunkerio dugnu. Kuras iš bunkerio stumiamas rotoriaus mentelėmis per angą, kurios kitoje pusėje juda transporteris. Šie rotoriai naudojami iškrauti kurą iš cilindrinė bunkerė, kurių skersmuo neviršija 10 m, o aukštis – 25 m. Stambesnis kuras yra supjaunamas rotoriaus mentėmis į smulkesnį. Remiantis teorija ir praktika, skirtingos rūšies kuras pro angą praeina skirtingai [11].



4.9 pav. Hidraulinis rotorius [17]

5. JUDANČIŲ KURO PDAVIMO PLATFORMŲ PASITAIKANČIOS PROBLEMAS

Eksplloatuojant biokuro tiekimo sistemas, apžvelgiama biokuro katilinės judančių grindų platforma. Eksploatacijos metu pasitaiko įvairiausių nesklandumų, defektų arba net neatitikčių. Gaminant konstrukciją, didžioji dalis sujungimų yra suvirinti sujungimai. Tai palengvina gamybos ir surinkimo aplinkybes. Tačiau dėl netinkamo suvirinimo būdo, suvirinimo režimų parinkimo, medžiagų, nepakankamo paviršių švarumo prieš suvirinimą bei suvirinimo siūlės gylio, sumažėja naudojamos įrangos eksploatacijos laiko trukmė. Remiantis patirtimi bei skaičiavimais yra įrodyta, kad apkrovas judančias grindis, jas veikia trinties, įtempių deformacijos bei žertuvų traukimo ir stūmimo jėgos. Pažeidžiamiausios vietos yra suvirinimo siūlių vietos. Projektuojant tokio tipo konstrukcijas, yra atsižvelgiama į veikiančias apkrovas ir daromi įtempių bei deformacijų skaičiavimai. Tam, kad būtų sumažinti įtempiai ir deformacijos, konstruktoriai siūlo įvairius patobulinimus. Tai gali būti papildomi įtvirtinimo taškai, konstrukcijos formos pakeitimas, kitų medžiagų parinkimas, konstrukcijos masės didinimas. Suformuluotu uždaviniu siekiama pagerinti konstrukciją taip, kad ji būtų tvirtesnė ir nepabragtų. Tam tikslui pasitelkiami šiuolaikiniai skaičiavimo metodai. Vis plačiau yra taikomas baigtinių elementų skaičiavimo metodas. Skaitiniai ir analitiniai skaičiavimai dėl savo sudėtingumo yra rečiau naudojami.

Dažniausi pasitaikantys defektai – tai suvirinimo deformacijos, dėl kurių išsikraipo geometriniai matmenys. Suvirinant detales, metalas yra įkaitinamas, todėl reaguojant metalui į šilumos pasikeitimus, jis dėl liekamųjų suvirinimo įtempių deformuojasi ir atsiranda poslinkiai, sukeliantys paklaidas. Konstrukcija tiesinama atkaitinant liepsna (5.1 pav.).



5.1 pav. Žertuvo tiesinimas liepsna

Eksploatacijos metu išryškėjo konstrukcijos platformų netobulumai su dviem cilindrais. Praktika parodė, kad reikalinga labai tiksli platformų gamyba ir tiksliai surūšiuoti cilindrai. Priešingu atveju, judant žertuvui, galiniuose taškuose vyksta ciklinė deformacija (lanksto žertuvą į šonus) ir po to jis lūžta. Nuotraukoje (5.2 pav.) matosi, kad vamzdžio viršaus metalas trūkęs abiejose suvirinimo vietose. Pati platforma yra išlenkta horizontalia kryptimi, dėl to platforma įsiveržia ir, matyt, pasislenka vertikalia kryptimi, dėl ko trūksta sujungimų siūlės (5.3 pav.).



5.2 pav. Vamzdžio išorės metalas įtrūkęs per abi siūles



5.3 pav. Siūlės įtrūkimas ir žertuvo platformos sulinkimo vieta

Žertuvų tiesinimo etapai pateikti nuotraukose (5.4 pav. 1–8 nuotraukos). Įstačius hidraulinių cilindrus „šablonus“ nesutapimas siekia 2...8 mm. Po žertuvo „ausies“ padėties koregavimo liepsna, nesutapimas pašalintas, įstatomi hidrauliniai cilindrai. Patikrinimas platformos veikimas. Žertuvų koregavimo veiksmų tikslas pasiektas, šoniniai judesiai pašalinti. Šį žertuvų koregavimo būdą siūloma taikyti visose katilinėse, kuriose dirba platformos su dviem hidrauliniiais cilindrais. 5.1 lentelėje pateikti pirmųjų 3 – jų platformų išmatuotų cilindrus eigos.

5.1 lentelė. Pirmųjų 3-jų platformų išmatuotų cilindų eigos

Pirmųjų 3-jų platformų išmatuotų cilindų eigos, mm						
Cilindrų numeriai	Pirma platforma		Antra platforma		Trečia platforma	
	Nr.1	Nr.2	Nr.3	Nr.4	Nr.5	Nr.6
Suspaustas cilindras, mm	1149,1	1149,3	1151,4	1150,8	1149,8	1149,6
Išstumtas cilindras, mm	1650,1	1649,1	1650,1	1651,2	1650,2	1649,6
Eiga, mm	501	499,8	498,7	500,4	500,4	500
Eigų skirtumas, mm	1,2		1,7		0,4	
Žertuvo paklaida, mm	2		6		8	



1. Išėmus hidraulinius cilindrus, dedami cilindų šablonai, fiksuojama padėtis



2. Žertuvo tiesinimas liepsna



3. Patikrinamas žertuvo tiesumas



4. Patikrinamas žertuvo tiesumas



5. Po tiesinimo ir antro „šablono“ kaiščio skylė sutampa



6. Kaiščiai įdedami ir išimami su minimaliomis pastangomis



7. Kaiščiai įdedami ir išimami su minimaliomis pastangomis



8. Žertuvas yra viduryje tarp apkabų, jų neliečia

5.4 pav. Žertuvų tiesinimo etapai

Esant konstrukcijos platformos netobulumui su dviem cilindrais, reikalinga labai tiksli platformų gamyba ir tiksliai surūšiuoti cilindrai. Priešingu atveju, judant žertuvui, galiniuose taškuose vyksta ciklinė deformacija (lanksto žertuvą į šonus) ir po to jis lūžta. Todėl naujuose objektuose bus atsisakoma tokios platformos konstrukcijos.

Dar viena pasitaikanti problema – tai platformos prišalimas pavasario metu. Dėl susidariusių temperatūrų skirtumo, išalęs pagrindas gauna drėgmės nuo kuro. Šlapias kuras pradeda šalti ir prišąla prie sandėlio sienos ir grindų. Tokiu atveju kuras papuola po platforma ir prišąla. Taip žertuvai deformuojasi. Ši problema yra išspręsta sekančiai. Nuo katilo buvo praveisti šilto oro padavimo vamzdžiai, kurie pašildo kuro sandėlio padavimo grindis taip pašalinant susiformavusį atodrėkio metu ledą.

Buvo nustatyti defektai, kai platformos deformuodavosi arba užsirdavo platformos žertuvai (5.5 pav.). Priežastys buvo įvairios – nuo mechaninio pažeidimo, t.y. traktoriaus mechaninio užkabinimo, žertuvo „užlipimo“ ant užšalusio kuro arba susidariusio ledo po platforma, iki nutrūkusios laikančios „ausies“ ir pan.

Eksploatuojant požeminį sandėlį, buvo pastebėta, kad blogai apskaičiuota ir įvertinta hidraulinė sistema, kuri buvo per silpna. Platformos masė buvo per didelė.



5.5 pav. Žertuvų užsiritimas

6. EKSPERIMENTINĖ DALIS

6.1. Tyrimo priemonės ir medžiagos

Atliekant eksperimentinius tyrimus, buvo panaudotos šios priemonės ir medžiagos:

- Elektroninės svarstyklės kurui sverti;
- Dinamometras traukimo jėgai matuoti;
- Matavimo ruletė;
- Smulkinta mediena;
- Biokuro dėžės ir traukimo takelis;
- Metalo lakštas (plieno markė S355);
- Betono dangą;
- Lyninis keltuvas „GEDA Star 200“;
- 3D CAD Design Software | SOLIDWORKS programa;
- Smulkintos medienos kuro dangą;
- Papildomas svoris;
- Kamera su „Slow motion“ funkcija.

Kuro drėgnumo bandymai buvo atlikti sertifikuotoje AB „Axis Industries“ biokuro tyrimų laboratorijoje.

6.2. Naudojamos medžiagos kuro trinties matavimams atlikti

Tam, kad atlikti trinties bandymus buvo suprojektuota ir pagaminta biokuro dėžė (6.1 pav.), į kurią buvo patalpintas kuras, ir traukimo takelis. Biokuro dėžės ir takelio gamybai (6.2 pav.) buvo panaudotos statybinės lentos (10 x 180 x 2500 mm). Pagamintos biokuro dėžės vidiniai matmenys 500 x 500 x 500 mm.



6.1 pav. Biokuro dėžė

Traukimo takelyje buvo priberta kuro, ant kurio buvo pastatyta biokuro dėžė ir, tokiu būdu, buvo atlikti kuras su kuru trinties bandymai.



6.2 pav. Traukimo takelis

Judančiai platformai pagaminti buvo panaudotas mažaanglio plieno S355 lakštas, pasižymintis geromis suvirinamumo charakteristikomis.

Tam, kad nustatyti betonas – biokuras trinties koeficiento reikšmę, buvo išlieta cementinė danga CEM I 42,5R (EXTRA), kuri dažniausiai sutinkama biokuro sandėliuose ir pasižymi geromis ilgaamžiškumo nusidėvėjimui savybėmis tiek šiltuoju, tiek šaltuoju metų laiku.

Biokuru buvo pasirinkta pušies medžio skiedra.

6.3. Priemonės kuro trinties matavimams atlikti

Trinties bandymams buvo panaudotas lyninis keltuvas (gervė) „GEDA Star 200“ (6.3 pav.). Buvo panaudota pavara su varikliu. Lyninio keltuvo pagalba buvo traukiama biokuro dėžė pripildyta kuro. Trinties koeficientas priklauso nuo besiliečiančių medžiagų rūšies, lietimosi paviršių parametru, bet nepriklauso nuo kūnų masės. Tokiu būdu, naudojant lyninį keltuvą galėjome matuoti trinties koeficientą.

Lyninio keltuvo techninės charakteristikos:

Variklio galia – 220 V; 1000 W

Variklis fiksuojamas viršuje.

Keliama masė – 200 kg.

Kėlimo greitis – 22 m/min.

Kėlimo aukštis – 51 m.

Keltuvo masė – 71 kg.



6.3 pav. Lyninis keltuvas (gervė) „GEDA Star 200“

Kurui pasverti buvo panaudotos elektroninės svarstyklės (modelis 38 – 1H) iki 200 kg (6.4 pav.).



6.4 pav. Elektroninės svarstyklės 38 – 1H

Traukimo jėgai nustatyti buvo panaudotas rankinis dinamometras, galintis išmatuoti iki 1000 N jėgą. Prietaiso padalos vertė – 5 N (6.5 pav.).



6.5 pav. Rankinis dinamometras

Bandymo metu buvo panaudota kamera, kurios pagalba galėjome užfiksuoti traukimo metu rodomą jėgą, kadangi kamera turi sulėtinto vaizdo funkciją „Slow motion“. Tokiu būdu, kiekvieno bandymo metu buvo nustatyta traukimo jėga.

Teorinis tyrimo pagrindimas. Trinties koeficientas lygus trinties jėgos ir atramos reakcijos jėgos modulių santykiui:

$$\mu = \frac{F_{tr}}{N}; \quad (8)$$

Trinties jėga mažesnė už atramos reakcijos jėgą, todėl trinties koeficiento skaitinės vertės ribos:

$$0 < \mu < 1$$

Trinties jėga apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_{tr} = \mu N; \quad (9)$$

čia: μ - trinties koeficientas,

N – atramos reakcijos jėga (veikianti statmenai paviršiui), N,

F_{tr} - trinties jėga, N.

Trinties koeficientas priklauso nuo medžiagų, iš kurių pagaminti susiliečiantys kūnai ir jų paviršių kokybės. Trinties koeficientas nepriklauso nuo kūnų masės.

6.4. Eksperimentinio tyrimo atlikimo eiga

Eksperimentas buvo atliktas sekančiu eiliškumu.

1. Pasverta traukiamo kūno masė;
2. Pasvertas biokuras;
3. Atlikti biokuro traukimo bandymai skirtingais paviršiais:
 - a) betono paviršiumi;
 - b) metalo paviršiumi;
 - c) smulkintos medienos paviršiumi;
 - d) su papildomu svoriu pakartotinai visais trimis atvejais;
4. Dinamometru išmatuota traukimo jėga;
5. Pagal 8 formulę apskaičiuoti trinties koeficientai, o matavimo rezultatai surašyti į 6 lentelę;
6. Pagal gautus duomenis nubraižyti grafikai, išanalizuoti gauti rezultatai bei suformuluotos išvados.

Tyrimo metu buvo paruošta vieta bandymams atlikti. Siekiant išvengti papildomų judesių eksperimento metu, lyninis keltuvas buvo pritvirtintas horizontaliai prie masyvaus metalinio padėklo. Prieš sveriant kurą, kuro dėžę ir papildomą svorį, buvo sukalibruotos svarstyklės. Tam, kad gauti tikslesnius rezultatus, kiekvienas tyrimas atliktas po penkis kartus. Viso tyrimo metu buvo atlikta 80 bandymų, iš kurių 40 bandymų atlikta traukiant lyniniu keltuvu ir 40 traukiant platformą rankiniu būdu. Tokiu būdu palyginta, kaip kuro trinties koeficientas priklauso nuo traukimo greičio. Dėžės apačia buvo be dugno. Papildomai buvo pratraukta dėžė skirtingais paviršiais ir išmatuoti trinties koeficientai. Taip galėjome apskaičiuoti realia kuro trintį atėmus dėžės trintį.

Atlikti šie kuro trinties koeficiento nustatymo bandymai:

Betonas – dėžė;	Metalas – dėžė – kuras;
Betonas – dėžė – kuras;	Metalas – dėžė – kuras – svoris;
Betonas – dėžė – kuras – svoris;	Kuras – dėžė;
Metalas – dėžė;	Kuras – dėžė – kuras.

6.5. Bandymai atlikti elektrine pavara

6.1 lentelėje pateikti bandymų rezultatai su skirtingais besiliečiančiais paviršiais traukimo metu.

Skaičiavimai buvo atlikti SI sistemoje.

6.1 lentelė. Bandymų rezultatai

Band. Nr.	Sąlyga	Jėga, N	Papildomo svorio masė, kg	Kuro masė, kg	Kuro tūris, m ³	Dėžės masė, kg
1	B-D	190	-	-	-	11,5
2	B-D	200				11,5
3	B-D	220				11,5
4	B-D	190				11,5
5	B-D	190				11,5
6	B-D-K	570	-	38,66	0,1	11,5
7	B-D-K	610		38,66	0,1	11,5
8	B-D-K	605		38,66	0,1	11,5
9	B-D-K	630		38,66	0,1	11,5
10	B-D-K	630		38,66	0,1	11,5
11	B-D-K-S	800	31,5	38,66	0,1	11,5
12	B-D-K-S	860	31,5	38,66	0,1	11,5
13	B-D-K-S	820	31,5	38,66	0,1	11,5
14	B-D-K-S	825	31,5	38,66	0,1	11,5
15	B-D-K-S	870	31,5	38,66	0,1	11,5
16	M-D	150	-	-	-	11,5
17	M-D	150				11,5
18	M-D	170				11,5
19	M-D	190				11,5
20	M-D	170				11,5
21	M-D-K	480	-	42,98	0,1	11,5
22	M-D-K	545		42,98	0,1	11,5
23	M-D-K	615		42,98	0,1	11,5
24	M-D-K	570		42,98	0,1	11,5
25	M-D-K	550		42,98	0,1	11,5
26	M-D-K-S	740	31,5	42,98	0,1	11,5
27	M-D-K-S	800	31,5	42,98	0,1	11,5
28	M-D-K-S	875	31,5	42,98	0,1	11,5
29	M-D-K-S	810	31,5	42,98	0,1	11,5
30	M-D-K-S	880	31,5	42,98	0,1	11,5
31	K-D	200	-	-	-	11,5
32	K-D	190				11,5
33	K-D	170				11,5
34	K-D	210				11,5
35	K-D	250				11,5

6.1 lentelės tęsinys. Bandymų rezultatai

36	K–D–K	530	–	44,64	0,1	11,5
37	K–D–K	570				11,5
38	K–D–K	500				11,5
39	K–D–K	590				11,5
40	K–D–K	550				11,5

B–betonas, D–dėžė, K–kuras, S–svoris, M–metalas.

Iš 6.1 lentelės pateiktų duomenų apskaičiuota vidutinė biokuro dėžės traukimo jėga, vidutinis kuro tankis ir trinties koeficientas. Duomenys pateikti 6.2 lentelėje.

Dėžės vidutinė traukimo jėga paviršiais (betonas – dėžė) naudojant elektrinę pavarą, apskaičiuota pagal formulę

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{F_{1-5}}{5}; \quad (11)$$

čia: $F_{\text{vid.d.}}$ – vidutinė dėžės traukimo jėga

F_{1-5} – bandymo eilės numeris

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{190 + 200 + 220 + 190 + 190}{5} = 198 \text{ N}$$

Kuro tankis buvo apskaičiuotas pagal formulę

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad (12)$$

čia: ρ – yra objekto tankis, kg/m^3

m – objekto masė, kg

V – objekto tūris, m^3

Vidutinis kuro tankis bandymo metu naudojant elektrinę pavarą nustatomas pagal šią formulę

$$\rho_{\text{vid}} = \frac{\left(\frac{38,66 + 42,98 + 44,64}{3}\right)}{0,1025} = 410,67 \text{ kg/m}^3$$

Trinties jėga apskaičiuojama

$$F_{\text{tr}} = \mu \cdot N; \quad (13)$$

čia: μ – trinties koeficientas;

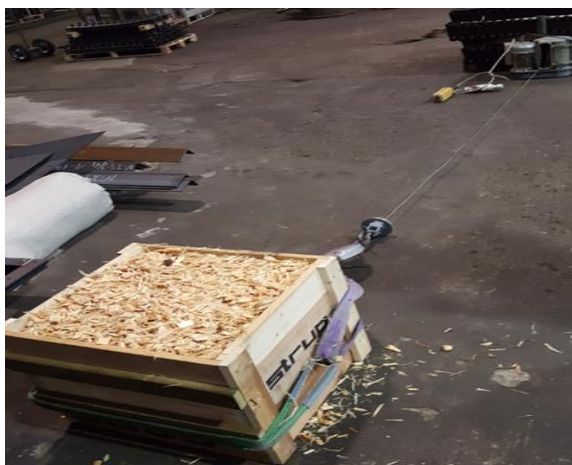
N – normalinė jėga, atsirandanti tarp paviršių (kuro masė);

F_{tr} – trinties jėga arba didžiausia galima trinties jėga (tempimo bandymo jėga).

Iš 13 formulės trinties koeficientas lygus

$$\mu = \frac{F_{tr}}{N}; \quad (14)$$

Trinties koeficientas (betonas – kuras)



6.6 pav. Besiliečiantys paviršiai (betonas – kuras)

$$\mu = \frac{F_{tr} - F_{vid.d.}}{N}; \quad (15)$$

čia: μ – trinties koeficientas besiliečiant skirtingiems paviršiams

Kuro svoris lygus

$$38,66 \cdot 10 = 386,6 \text{ N}$$

$$\mu = \frac{570 - 198}{386,6} = 0,962$$

Pagal 15 formulę analogiškai apskaičiuoti kiti trinties koeficientai, kurie pateikti 6.2 lentelėje.

6.2 lentelė. Trinties koeficientas B–K

Dėžės vidutinė traukimo jėga, 198 N	Bandymai 6 – 10	μ	Bandymai 11– 15	μ
Trinties koef. Bandymai 6 – 15	6	9,622	11	8,580
	7	10,657	12	9,436
	8	10,528	13	8,865
	9	11,174	14	8,937
	10	11,174	15	9,578
Vidutinis kuro tankis, kg/m ³				
410,67				

Dėžės vidutinė traukimo jėga (metalas – dėžė) naudojant elektrinę pavarą, apskaičiuota pagal 16 formulę

$$F_{vid.d.} = \frac{F_{16-20}}{5}; \quad (16)$$

čia: $F_{vid.d.}$ – vidutinė dėžės jėga

F_{16-20} – bandymo eilės numeris

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{150 + 150 + 170 + 190 + 170}{5} = 166 \text{ N}$$

Trinties koeficientas (metalas - kuras) apskaičiuotas pagal 15 formulę



6.7 pav. Besiliečiantys paviršiai (metalas – kuras)

Kuro svoris lygus $42,98 \cdot 10 = 429,8 \text{ N}$

$$\mu = \frac{480 - 166}{429,8} = 0,731$$

Pagal 15 formulę analogiškai apskaičiuoti kiti trinties koeficientai, kurie pateikti 6.3 lentelėje.

6.3 lentelė. Trinties koeficientas M–K

Dėžės vidutinė traukos jėga, 166 N	Bandymai 21 – 25	μ	Bandymai 26 – 30	μ
Trinties koef. Bandymai 21 – 30	21	0,731	26	0,771
	22	0,882	27	0,851
	23	1,045	28	0,952
	24	0,940	29	0,865
	25	0,893	30	0,959

Dėžės vidutinė traukimo jėga (kuras – dėžė) naudojant elektrinę pavarą, apskaičiuota pagal 17 formulę

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{F_{31-35}}{5}; \quad (17)$$

čia: $F_{\text{vid.d.}}$ – vidutinė dėžės jėga

F_{31-35} – bandymo eilės numeris

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{200 + 190 + 170 + 210 + 250}{5} = 204 \text{ N}$$

Trinties koeficientas (kuras – kuras) apskaičiuotas pagal 15 formulę



6.8 pav. Besiliečiantys paviršiai (kuras – kuras)

Kuro svoris lygus $44,64 \cdot 10 = 446,4 \text{ N}$

$$\mu = \frac{530 - 204}{446,4} = 0,730$$

Pagal 15 formulę analogiškai apskaičiuoti kiti trinties koeficientai, kurie pateikti 10 lentelėje.

Vidutinis trinties koeficientas (betonas – kuras), pavara – elektrinė

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{\mu_{6-15}}{10}; \quad (18)$$

čia: $\mu_{\text{vid.}}$ – vidutinis trinties koeficientas

μ_{6-15} – bandymų eilės numeris

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{0,962 + 1,066 + 1,053 + 1,117 + 1,117 + 0,858 + 0,944 + 0,887 + 0,894 + 0,958}{10} = 0,986$$

Vidutinis trinties koeficientas (metalas – kuras), pavara – elektrinė

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{\mu_{21-30}}{10}; \quad (19)$$

čia: $\mu_{\text{vid.}}$ – vidutinis trinties koeficientas

μ_{21-30} – bandymų eilės numeris

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{0,731 + 0,882 + 1,045 + 0,940 + 0,893 + 0,771 + 0,851 + 0,952 + 0,865 + 0,959}{10} = 0,889$$

Vidutinis trinties koeficientas (kuras - kuras), pavara – elektrinė

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{\mu_{36-40}}{5}; \quad (20)$$

čia: $\mu_{\text{vid.}}$ – vidutinis trinties koeficientas

μ_{36-40} – bandymų eilės numeris

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{0,730 + 0,820 + 0,663 + 0,865 + 0,775}{5} = 0,771$$

Nustatome vidutinę kvadratinę nuokrypą, t.y. dydį, nusakantį atsitiktinio dydžio įgyjamų reikšmių sklaidą apie vidurkį. Taigi galime teigti, kad σ yra tarsi tikslumo matas.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{n}}; \quad (21)$$

čia: x yra išmatuotieji dydžiai (pvz., trinties koeficientas, masė, ilgis ir pan.);

μ – yra visų reikšmių vidurkis;

n – matavimų skaičius.

Apskaičiuojame vidutinę kvadratinę nuokrypą σ bandymui (betonas – kuras), pavara – elektrinė

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum(0,962 - 0,986)^2 + (1,066 - 0,986)^2 + (1,053 - 0,986)^2 + (1,117 - 0,986)^2 + (1,117 - 0,986)^2 + (0,858 - 0,986)^2 + (0,944 - 0,986)^2 + (0,887 - 0,986)^2 + (0,894 - 0,986)^2 + (0,958 - 0,986)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum(-0,024)^2 + (0,08)^2 + (0,067)^2 + (0,131)^2 + (0,131)^2 + (-0,128)^2 + (-0,042)^2 + (-0,1)^2 + (-0,092)^2 + (-0,028)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00058 + 0,0063 + 0,0045 + 0,017 + 0,017 + 0,0164 + 0,0017 + 0,01 + 0,0085 + 0,0008}{10}} = \sqrt{\frac{0,083}{10}} = 0,091 \end{aligned}$$

Apskaičiuojame vidutinę kvadratinę nuokrypą σ bandymui (metalas - kuras), pavara – elektrinė

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum(0,73 - 0,889)^2 + (0,882 - 0,889)^2 + (1,045 - 0,889)^2 + (0,94 - 0,889)^2 + (0,893 - 0,889)^2 + (0,771 - 0,889)^2 + (0,851 - 0,889)^2 + (0,952 - 0,889)^2 + (0,865 - 0,889)^2 + (0,958 - 0,889)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum(-0,159)^2 + (-0,007)^2 + (0,156)^2 + (0,051)^2 + (0,004)^2 + (-0,118)^2 + (-0,038)^2 + (0,063)^2 + (-0,024)^2 + (-0,069)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0253 + 0,00005 + 0,024 + 0,0026 + 0,000016 + 0,0139 + 0,0014 + 0,0039 + 0,00057 + 0,0047}{10}} = \sqrt{\frac{0,077}{10}} = 0,088 \end{aligned}$$

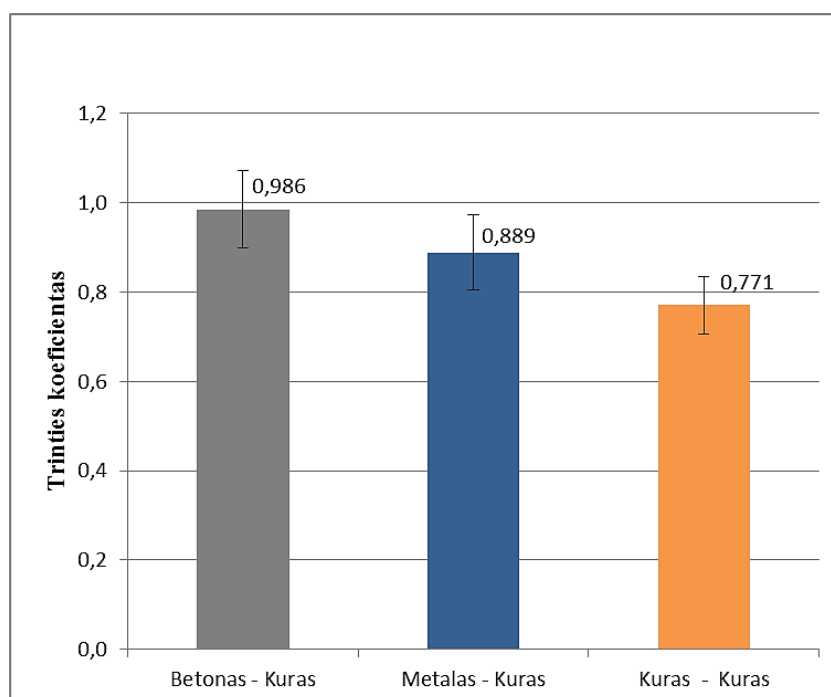
Apskaičiuojame vidutinę kvadratinę nuokrypą σ bandymui (kuras - kuras), pavara – elektrinė

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum(0,73 - 0,771)^2 + (0,82 - 0,771)^2 + (0,663 - 0,771)^2 + (0,865 - 0,771)^2 + (0,775 - 0,771)^2}{5}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum(-0,041)^2 + (0,049)^2 + (-0,108)^2 + (0,094)^2 + (0,004)^2}{5}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00168 + 0,0024 + 0,0116 + 0,0088 + 0,000016}{5}} = \sqrt{\frac{0,0245}{5}} = 0,069 \end{aligned}$$

Kuo σ reikšmė mažesnė, tuo tikslumas yra didesnis. 6.4 lentelėje pateikti kuro trinties, vidutinės trinties ir standartinio nuokrypio σ skaičiavimo rezultatai.

6.4 lentelė. Trinties koeficientas (K–K), vidutinė trintis ir vidutinė kvadratinė nuokrypa

Dėžės vidutinė traukimo jėga, 204 N			Bandymai 36 – 40	μ
Trinties koef. Bandymai 36 – 40			36	0,730
Traukimo sąlyga	Vid.trint. koef.	σ	37	0,820
Betonas – Kuras	0,986	0,091	38	0,663
Metalas – Kuras	0,889	0,088	39	0,865
Kuras – Kuras	0,771	0,069	40	0,775



6.9 pav. Trinties koeficientų reikšmių diagrama, pavara – elektrinė

Skyriaus išvados: Elektrinės pavaros judėjimo greitis didelis. Nustatytas kuro trinties koeficientas su betonu apibrėžiamas nuo 0,9 iki 1,07. Nustatytas kuro trinties koeficientas su metalu apibrėžiamas nuo 0,81 iki 0,97. Nustatytas kuro trinties koeficientas su pačiu kuru apibrėžiamas nuo 0,707 iki 0,84. Nustatytas vidutinis kuro tankis bandymo metu 410.67 kg/m³.

Iš grafikų (6.9 pav.) matome, kad trinties koeficientas priklauso nuo susiliečiančių medžiagų ir paviršių kokybės. Mažiausi trinties koeficientai gaunami kurui slystant per kurą ($\mu = 0,771$), didžiausias – kurui su betono danga ($\mu = 0,986$). Tai rodo, kad biokuras turi didelį sukibimą su betono danga.

6.6. Bandymai atlikti traukiant rankiniu būdu

Analogiškai atlikti bandymai traukiant biokuru užpildytą dėžę rankiniu būdu. Taip pat buvo atlikta 40 bandymų (bandymų eilės numeris nuo 41 iki 80). Rankiniu būdu traukiamos dėžės su biokuru greitis buvo 6 m/min.

Visi skaičiavimai atliekami pagal anksčiau naudotas formules. Gauti rezultatai surašyti 6.5 lentelėje.

6.5 lentelė. Bandymų rezultatai

Band. Nr.	Sąlyga	Jėga, N	Papildomo svorio masė, kg	Kuro masė, kg	Kuro tūris, m ³	Dėžės masė, kg
41	B-D	85	-	-	-	11,5
42	B-D	85				11,5
43	B-D	80				11,5
44	B-D	90				11,5
45	B-D	80				11,5
46	B-D-K	310	-	43,98	0,1	11,5
47	B-D-K	330		43,98	0,1	11,5
48	B-D-K	320		43,98	0,1	11,5
49	B-D-K	310		43,98	0,1	11,5
50	B-D-K	320		43,98	0,1	11,5
51	B-D-K-S	470	31,5	43,98	0,1	11,5
52	B-D-K-S	480	31,5	43,98	0,1	11,5
53	B-D-K-S	500	31,5	43,98	0,1	11,5
54	B-D-K-S	490	31,5	43,98	0,1	11,5
55	B-D-K-S	500	31,5	43,98	0,1	11,5
56	M-D	65	-	-	-	11,5
57	M-D	60				11,5
58	M-D	60				11,5
59	M-D	60				11,5
60	M-D	65				11,5
61	M-D-K	290	-	43,98	0,1	11,5
62	M-D-K	300		43,98	0,1	11,5
63	M-D-K	300		43,98	0,1	11,5
64	M-D-K	295		43,98	0,1	11,5
65	M-D-K	310		43,98	0,1	11,5
66	M-D-K-S	445	31,5	43,98	0,1	11,5
67	M-D-K-S	420	31,5	43,98	0,1	11,5
68	M-D-K-S	430	31,5	43,98	0,1	11,5
69	M-D-K-S	445	31,5	43,98	0,1	11,5
70	M-D-K-S	440	31,5	43,98	0,1	11,5
71	K-D	140	-	-	-	11,5
72	K-D	160				11,5
73	K-D	160				11,5
74	K-D	140				11,5
75	K-D	150				11,5

6.5 lentelė. Bandymų rezultatai

76	K–D–K	440		44,64	0,1	11,5
77	K–D–K	520		44,64	0,1	11,5
78	K–D–K	500		44,64	0,1	11,5
79	K–D–K	430		44,64	0,1	11,5
80	K–D–K	520		44,64	0,1	11,5

Iš 6.5 lentelės pateiktų duomenų apskaičiuota vidutinė dėžės traukos jėga, vidutinis kuro tankis ir trinties koeficientas. Duomenys pateikti 6.6 lentelėje.

Dėžės vidutinė traukimo jėga (betonas - dėžė) naudojant rankinę pavarą, apskaičiuota pagal 22 formulę

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{F_{41-45}}{5}; \quad (22)$$

čia: $F_{\text{vid.d.}}$ – vidutinė dėžės jėga

F_{41-45} – bandymo eilės numeris

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{85 + 85 + 80 + 90 + 80}{5} = 84 \text{ N}$$

Vidutinis kuro tankis bandymo metu atliekant tankiniu būdu apskaičiuojamas pagal 12 formulę

$$\rho_{\text{vid}} = \frac{\left(\frac{43,98 + 43,98 + 44,64}{3}\right)}{0,1025} = 431,22 \text{ kg/m}^3$$

Trinties koeficientas (betonas + kuras) apskaičiuojamas pagal 15 formulę

Kuro svoris lygus $43,98 \cdot 10 = 439,8 \text{ N}$

$$\mu = \frac{310-84}{439,8} = 0,514$$

Pagal 15 formulę analogiškai apskaičiuoti kiti trinties koeficientai, kurie pateikti 6.6 lentelėje.

6.6 Lentelė. Trinties koeficientas B–K

Dežės vidutinė traukos jėga, 84 N	Bandymai 46 – 50	μ	Bandymai 51 – 55	μ
Trinties koef. Bandymai 46 – 55	46	0,514	51	0,511
	47	0,559	52	0,525
	48	0,537	53	0,551
	49	0,514	54	0,538
	50	0,537	55	0,551
Vidutinis kuro tankis, kg/m ³				
4312,20				

Dėžės vidutinė traukimo jėga (metalas – dėžė) naudojant rankinę pavarą, apskaičiuota pagal 23 formulę

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{F_{56-60}}{5}; \quad (23)$$

čia: $F_{\text{vid.d.}}$ – vidutinė dėžės jėga

F_{56-60} – bandymo eilės numeris

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{65 + 60 + 60 + 60 + 65}{5} = 62 \text{ N}$$

Trinties koeficientas (metalas - kuras) apskaičiuotas pagal 15 formulę

Kuro svoris lygus $43,98 \cdot 10 = 439,8 \text{ N}$

$$\mu = \frac{290-62}{439,8} = 0,518$$

Pagal 15 formulę analogiškai apskaičiuoti kiti trinties koeficientai, kurie pateikti 6.7 lentelėje.

6.7 lentelė. Trinties koeficientas M–K

Dėžės vidutinė traukimo jėga, 62 N	Bandymai 61 – 65	μ	Bandymai 66 – 70	μ
Trinties koef. Bandymai 61 – 70	61	0,518	66	0,507
	62	0,541	67	0,474
	63	0,541	68	0,488
	64	0,530	69	0,507
	65	0,564	70	0,501

Dėžės vidutinė traukimo jėga (kuras – dėžė) naudojant rankinę pavara, apskaičiuota pagal 24 formulę

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{F_{71-37}}{5}; \quad (24)$$

čia: $F_{\text{vid.d.}}$ – vidutinė dėžės traukimo jėga, N

F_{71-75} – bandymo eilės numeris

$$F_{\text{vid.d.}} = \frac{140 + 160 + 160 + 140 + 150}{5} = 150 \text{ N}$$

Trinties koeficientas (kuras – kuras) apskaičiuotas pagal 15 formulę

Kuro svoris lygus $44,64 \cdot 10 = 446,4 \text{ N}$

$$\mu = \frac{440-150}{446,4} = 0,65$$

Pagal 15 formulę analogiškai apskaičiuoti kiti trinties koeficientai, kurie pateikti 6.8 lentelėje.

Vidutinis trinties koeficientas (betonas – kuras), pavara – rankinė

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{\mu_{61-70}}{10};$$

čia: $\mu_{\text{vid.}}$ – vidutinis trinties koeficientas

μ_{61-70} – bandymų eilės numeris

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{0,514 + 0,559 + 0,537 + 0,514 + 0,537 + 0,511 + 0,525 + 0,551 + 0,538 + 0,551}{10} = 0,534$$

Vidutinis trinties koeficientas (metalas – kuras), pavara – rankinė

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{\mu_{61-70}}{10};$$

čia: $\mu_{\text{vid.}}$ – vidutinis trinties koeficientas

μ_{61-70} – bandymų eilės numeris

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{0,518 + 0,541 + 0,541 + 0,530 + 0,564 + 0,507 + 0,474 + 0,488 + 0,507 + 0,501}{10} = 0,517$$

Vidutinis trinties koeficientas (kuras – kuras), pavara – rankinė

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{\mu_{76-80}}{5};$$

čia: $\mu_{\text{vid.}}$ – vidutinis trinties koeficientas

μ_{76-80} – bandymų eilės numeris

$$\mu_{\text{vid.}} = \frac{0,65 + 0,829 + 0,784 + 0,627 + 0,829}{5} = 0,744$$

Standartinis nuokrypis apskaičiuojamas pagal 21 formulę

(betonas – kuras), pavara – rankinė

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (0,514 - 0,534)^2 + (0,559 - 0,534)^2 + (0,537 - 0,534)^2 + (0,514 - 0,534)^2 + (0,537 - 0,534)^2 + (0,511 - 0,534)^2 + (0,525 - 0,534)^2 + (0,551 - 0,534)^2 + (0,538 - 0,534)^2 + (0,551 - 0,534)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum (-0,02)^2 + (0,025)^2 + (0,003)^2 + (-0,02)^2 + (0,003)^2 + (-0,022)^2 + (-0,009)^2 + (0,017)^2 + (0,004)^2 + (0,017)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0004 + 0,0067 + 0,000009 + 0,0004 + 0,000009 + 0,00048 + 0,000081 + 0,00029 + 0,000016 + 0,00029}{10}} = \sqrt{\frac{0,0086}{10}} = 0,029 \end{aligned}$$

(metalas – kuras), pavara – rankinė

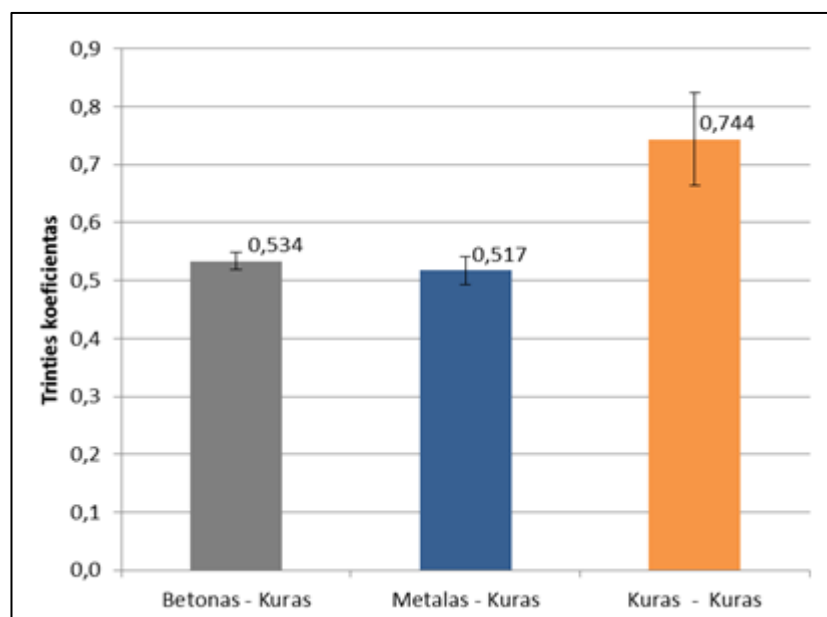
$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (0,518 - 0,517)^2 + (0,541 - 0,517)^2 + (0,541 - 0,517)^2 + (0,530 - 0,517)^2 + (0,564 - 0,517)^2 + (0,507 - 0,517)^2 + (0,474 - 0,517)^2 + (0,488 - 0,517)^2 + (0,507 - 0,517)^2 + (0,501 - 0,517)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum (0,001)^2 + (0,024)^2 + (0,024)^2 + (0,013)^2 + (0,047)^2 + (-0,010)^2 + (-0,043)^2 + (-0,030)^2 + (-0,010)^2 + (-0,016)^2}{10}} \\ &= \sqrt{\frac{0,000001 + 0,00057 + 0,00057 + 0,00017 + 0,00221 + 0,0001 + 0,00185 + 0,0009 + 0,0001 + 0,000256}{10}} = \sqrt{\frac{0,0067}{10}} = 0,026 \end{aligned}$$

(kuras – kuras), pavara – rankinė

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (0,650 - 0,744)^2 + (0,829 - 0,744)^2 + (0,784 - 0,744)^2 + (0,627 - 0,744)^2 + (0,829 - 0,744)^2}{5}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum (-0,094)^2 + (0,085)^2 + (0,040)^2 + (-0,116)^2 + (0,085)^2}{5}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00884 + 0,0072 + 0,0016 + 0,0135 + 0,0072}{5}} = \sqrt{\frac{0,0384}{5}} = 0,087 \end{aligned}$$

6.8 lentelė. Trinties koeficientas (K–K) vidutinė trintis ir standartinis nuokrypis

Dėžės vidutinė traukimo jėga, 150 N			Bandymai 76 – 80	μ
Trinties koef. Bandymai 76 – 80			76	0,650
Sąlyga	Vid.trint. koef.	σ	77	0,829
Betonas – Kuras	0,534	0,029	78	0,784
Metalas – Kuras	0,517	0,026	79	0,627
Kuras – Kuras	0,744	0,087	80	0,829



6.10 pav. Trinties koeficientų reikšmių diagrama, traukiant rankiniu būdu

Skyriaus išvados: Traukiant rankiniu būdu atlikti tyrimai tikslesni, jų sklaida mažesnė. Rezultatų tikslumą apibrėžia judėjimo greitis. Dar tikslesnius rezultatus galima gauti parinkus lėtesnę pavarą. Nustatytas kuro trinties koeficientas su betonu apibrėžiamas nuo 0,51 iki 0,56. Nustatytas kuro trinties koeficientas su metalu apibrėžiamas nuo 0,49 iki 0,54. Nustatytas kuro trinties koeficientas su pačiu kuru apibrėžiamas nuo 0,66 iki 0,83. Nustatytas vidutinis kuro tankis bandymo metu 431.22 kg/m^3 .

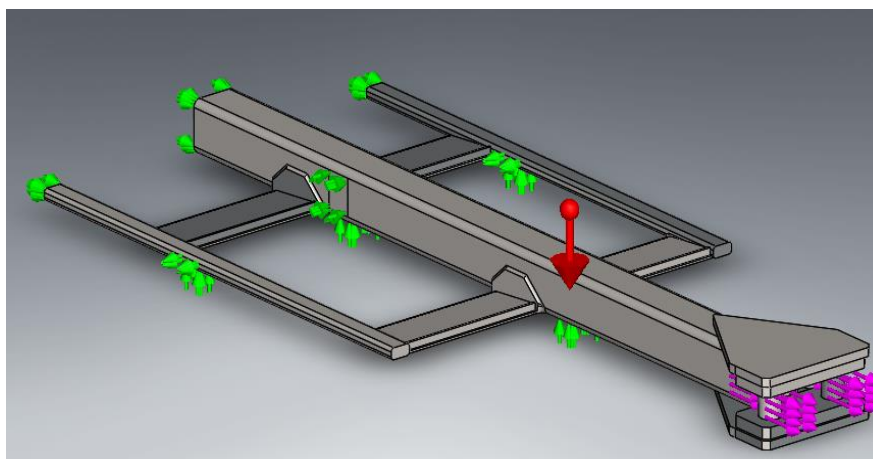
Mažiausi trinties koeficientai gaunami kurui slystant plieno lakštu ($\mu = 0,517$), didžiausi kurui su kuru ($\mu = 0,744$). Kuro su kuru trinties koeficientas gavosi didesnis dėl to, kad biokuro dėžė traukiant smigo į kurą.

Naudojamas bandymams biokuras ištirtas įmonės AB „Axis Industries“ biokuro tyrimų laboratorijoje Vilniuje. Iš tyrimų laboratorijos gautame protokole nurodyta kuro drėgmė yra 54,1 %. Tyrimų protokolas ir biokuro mėginys pateiktas priede Nr.1.

7. PLATFORMOS TYRIMO IR TOBULINIMO METODIKA

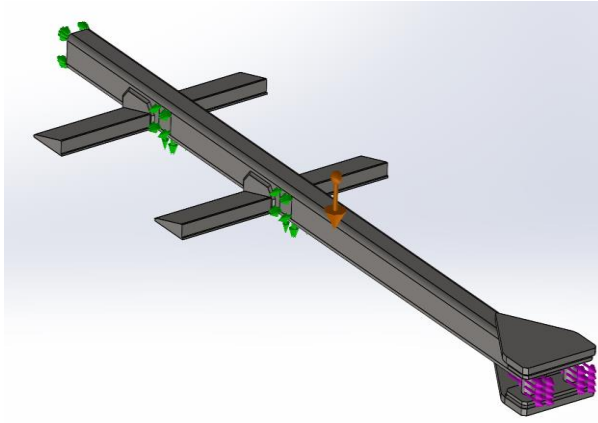
Esant įmonės poreikiui, reikėjo sukonstruoti naują arba patobulinti seną kuro padavimo platformą, todėl šiame projekte buvo nuspėsta tai įgyvendinti. Patobulinta konstrukcija yra pranašesnė standumo, kokybės bei nuovargio požiūriu. Naudojantis senais biokuro platformų brėžiniais, projekte suprojektuota ir pagaminta nauja platforma. Projektavimo darbams panaudota SolidWorks – 3D CAD projektavimo sistema. Biokuro platformos gamybai buvo panaudotas S355 markės mažo anglis plienas (standartas LST CEN ISO/TR 15608). Plieno lakšto storis 8 mm, o konstrukcijai panaudoto vamzdžio parametrai 10 x 150 x 150 mm. Konstrukcija buvo virinama MAG metodu pagal LST EN ISO 4063. Paviršiai busimos siūlės zonoje ir nuo jos 20...25mm atstumu buvo nuvalomi iki metalinio blizgesio mechaniniu būdu, pašalinant galimus teršalai ir riebalus. Virinant buvo naudojamas aktyviųjų dujų mišinys – argonas su anglies dioksidu. Viela į virinimo zoną buvo paduodama padavimo mechanizmu. Po suvirinimo operacijos suvirinimo siūlė buvo pašlifiluota šlifavimo mašinėle ir nuvalyti pūslai. Suvirinimo procedūros trumpas aprašas yra pateiktas priede Nr.2.

Naujai sukonstruota biokuro padavimo platforma.

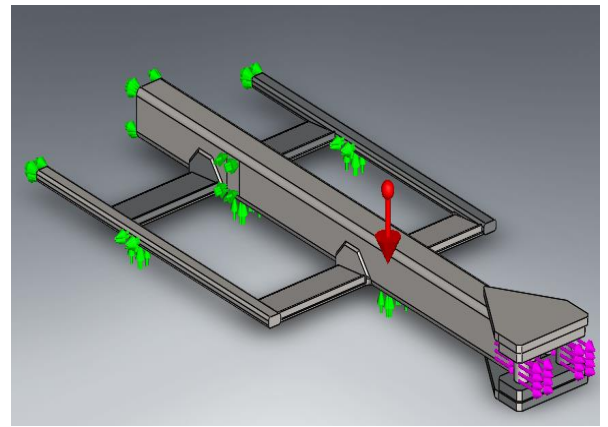


7.1 pav. Nauja biokuro padavimo platforma

Nauja platformos konstrukcija buvo palyginta su esama naudojama biokuro padavimo platforma. Atliekant palyginimą, buvo atsižvelgta kaip platformų darbo ciklų skaičius priklauso nuo slėgio paduodamo į hidraulinę stotelę, o iš jų į cilindrus. Slėgis reikalingas tam, kad sukeltų platformų judėjimą.



7.2 pav. Esama biokuro padavimo platforma



7.3 pav. Nauja biokuro padavimo platforma

Su SolidWorks programa atlikti platformos ilgaamžiškumo skaičiavimai (angl. Life cycle assessment, LCA). Gauti ilgaamžiškumo skaičiavimo rezultatai pateikti 7.1 ir 7.2 lentelėse.

Skaičiavimai buvo atlikti esant 180 bar slėgiui.

7.1 lentelė. Platformos ilgaamžiškumo bandymas 1. Esama platforma

Apkrovos koeficientas R	0.53	Suvirinimo siūlės 40 tipas
Platformos ilgaamžiškumo bandymas 1. Esama platforma		
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.
40	153000	4000000
50	191000	4000000
60	229000	4000000
70	267000	4000000
80	305000	4000000
90	344000	3597653
100	382000	2639442
110	420000	1993449
120	458179	1540403
130	496357	1214612
140	534536	974228
150	572714	793301
160	610893	654540
170	649071	546333
180	687250	460737
190	725429	392100
200	763607	336457
210	801786	290863

7.2 lentelė. Platformos ilgaamžiškumo bandymas 2. Esama platforma

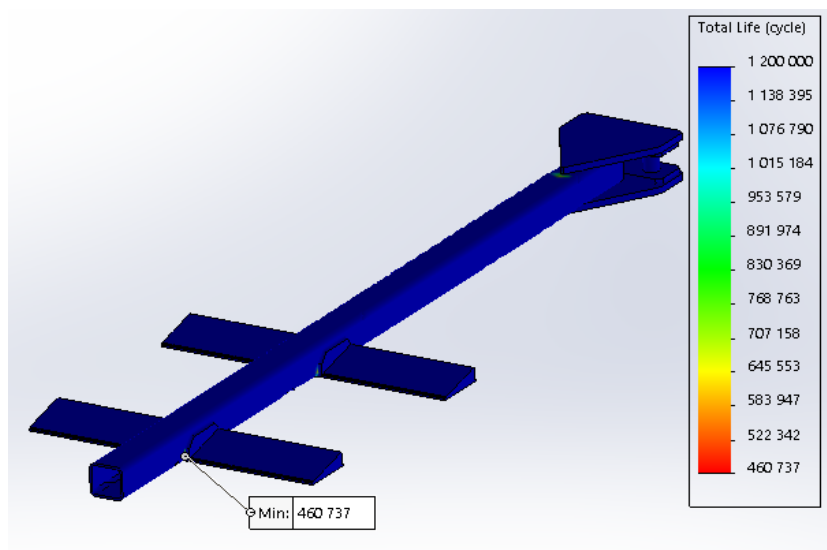
Apkrovos koeficientas R	0.53	Suvirinimo siūlės 63 tipas
Platformos ilgaamžiškumas bandymas 2. Esama platforma		
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.
40	153000	4000000
50	191000	4000000
60	229000	4000000
70	267000	4000000
80	305000	4000000
90	344000	4000000
100	382000	4000000
110	420000	4000000
120	458179	4000000
130	496357	4000000
140	534536	4000000
150	572714	3423021
160	610893	2826299
170	649071	2360603
180	687250	1991836
190	725429	1695996
200	763607	1456005
210	801786	1259199

7.3 lentelėje pateikti esamos ir naujos platformos darbo ciklų skaičiai per metus. Jie suskaičiuoti SolidWorks programa. Gautas didžiausias ciklų skaičius esant 40 bar slėgiui buvo padalintas iš 10 metų tam, kad sužinoti kaip nuo skirtingo slėgio ciklai įtakos platformos ilgaamžiškumą.

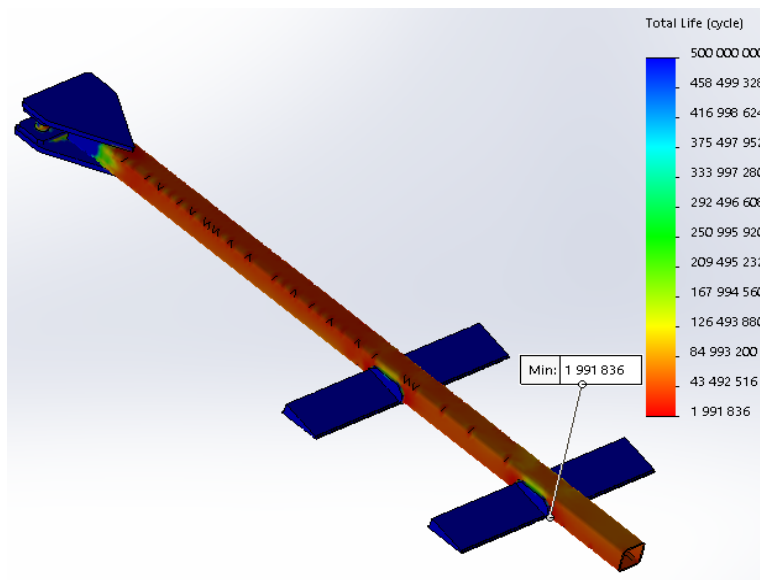
7.3 lentelė. Ciklai per metus

Ciklai per metus		
Metai	Senos platformos ciklai	Naujos platformos ciklai
1	400000	240000
2	800000	480000
3	1200000	720000
4	1600000	960000
5	2000000	1200000
6	2400000	1440000
7	2800000	1680000
8	3200000	1920000
9	3600000	2160000
10	4000000	2400000

Skaičiavimai atlikti esant 180 bar slėgiui.

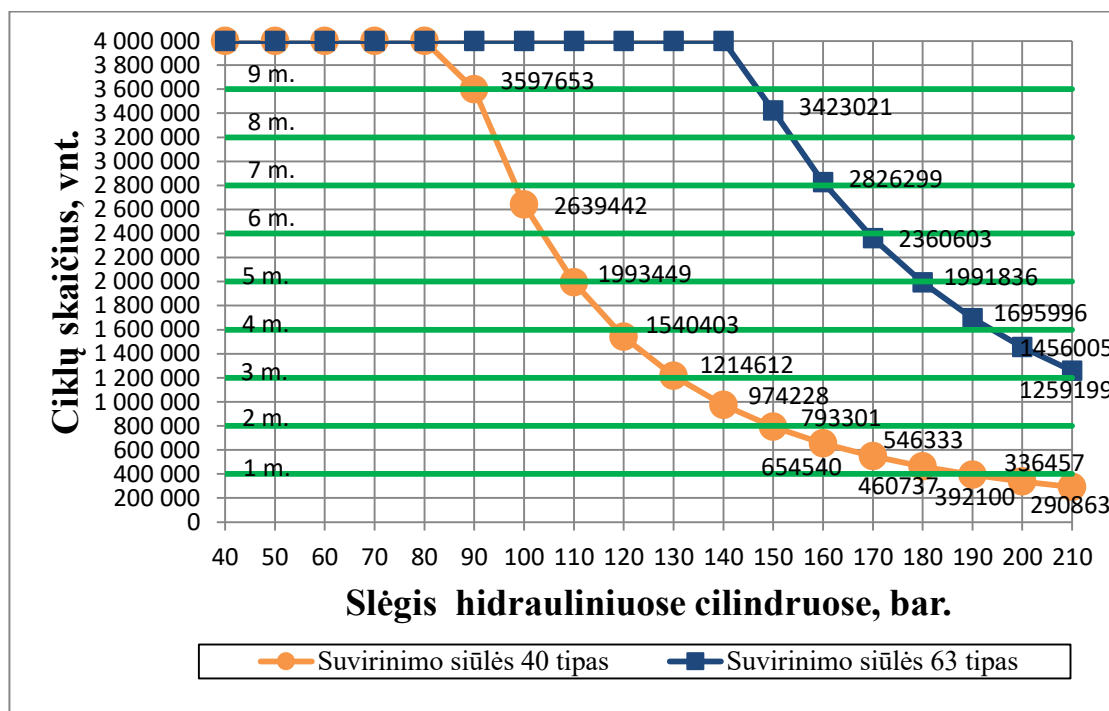


7.4 pav. Esamos platformos ilgaamžiškumas ciklais esant 180 bar. slėgiui. Suvirinimo siūlės 40 tipas



7.5 pav. Esamos platformos ilgaamžiškumas ciklais esant 180 bar. slėgiui. Suvirinimo siūlės 63 tipas

Pateiktuose 7.4 ir 7.5 paveikslėliuose matome minimalius bendrus platformos ilgaamžiškumo ciklų skaičius eksploatuojant platformas. Tyrimas parodė, kad suvirinimo siūlės 40 tipu suvirinta platforma tarnaus ilgiau, o jos minimalus ilgaamžiškumo ciklų skaičius lygus 1991836, tačiau tai įtakoja didesnę kainą. Minimalus platformos ilgaamžiškumo ciklų skaičius naudojant suvirinimo siūlės 40 tipą yra 460737 ciklai.



7.6 pav. Senos platformos ciklų skaičiaus priklausomybė nuo slėgio

Iš diagramos matome, kad naudojant skirtingus suvirinimo tipus, ciklų vienetų skaičius skiriasi, esant skirtingiems slėgiams hidrauliniuose cilindruose. Tokiu atveju, naudojant suvirinimo siūlės 40 tipą ir parenkant mažesnę slėgį, galima prailginti platformos darbo ciklų skaičių nebranginant platformos.

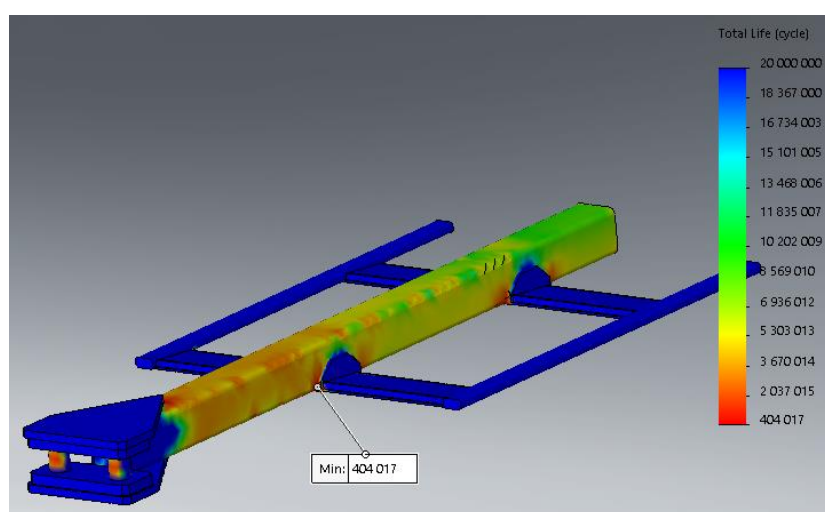
Taip pat atlikti naujos platformos ilgaamžiškumo įvertinimo skaičiavimai. Skaičiavimai atlikti esant 180 bar slėgiui. Gauti rezultatai pateikti 7.4 ir 7.5 lentelėse.

7.4 lentelė. Platformos ilgaamžiškumo bandymas 1. Nauja platforma

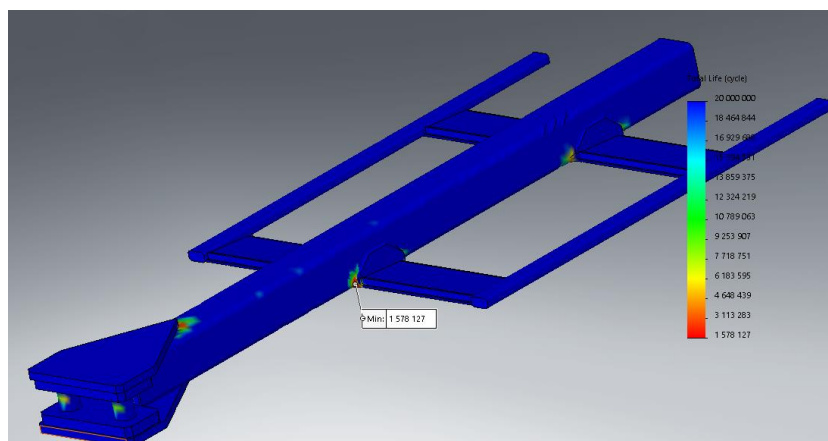
Apkrovos koeficientas R	0.53	Suvirinimo siūlės 40 tipas
Platformos ilgaamžiškumo bandymas 1. Nauja platforma		
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.
40	188496	2400000
50	235619	2400000
60	282743	2400000
70	329867	2400000
80	376991	2400000
90	424115	2400000
100	471239	2400000
110	518363	1827891
120	565487	1398295
130	612611	1093581
140	659734	871222
150	706858	705259
160	753982	578912
170	801106	481027
180	848230	404017
190	895354	342605
200	942478	293035
210	989602	252585

7.5 lentelė. Platformos ilgaamžiškumo bandymas 2. Nauja platforma

Apkrovos koeficientas R	0.53	Suvirinimo siūlės 63 tipas
Platformos ilgaamžiškumo bandymas 2. Nauja platforma		
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.
40	188496	2400000
50	235619	2400000
60	282743	2400000
70	329867	2400000
80	376991	2400000
90	424115	2400000
100	471239	2400000
110	518363	2400000
120	565487	2400000
130	612611	2400000
140	659734	2400000
150	706858	2400000
160	753982	2261402
170	801106	1878990
180	848230	1578127
190	895354	1338211
200	942478	1144560
210	989602	986542

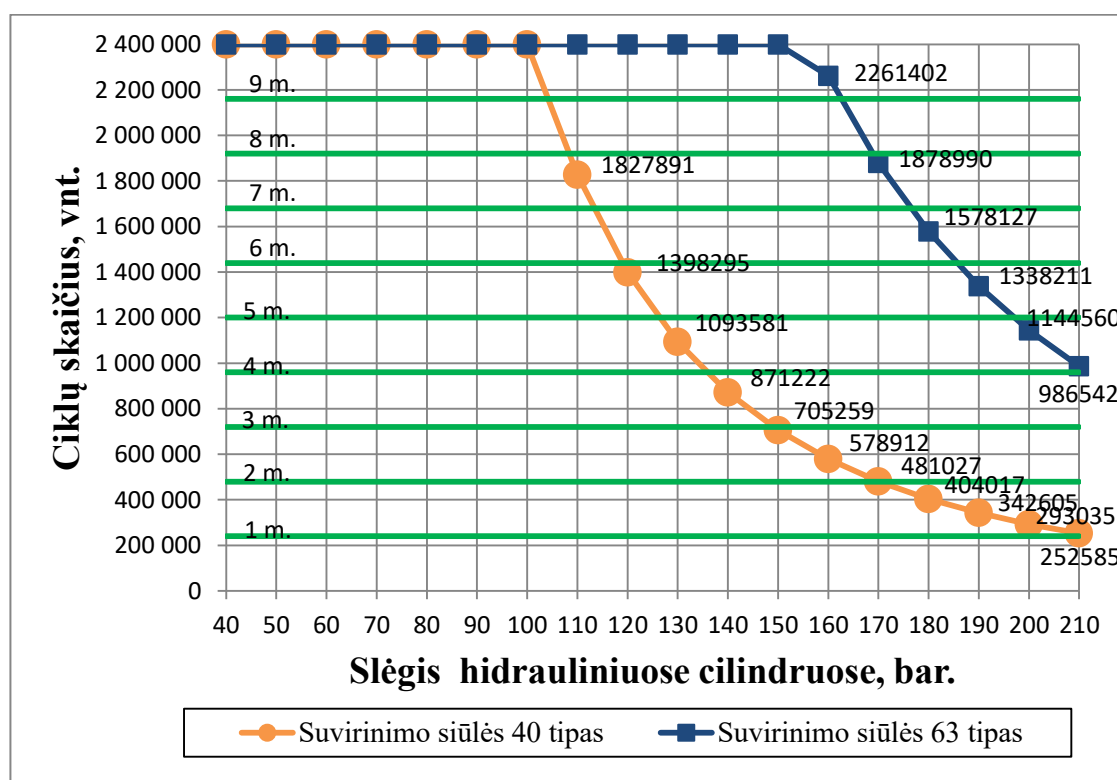


7.7 pav. Naujos platformos ilgaamžiškumo ciklų skaičius esant 180 bar. slėgiui. Suvirinimo siūlės 40 tipas



7.8 pav. Naujos platformos ilgaamžiškumo ciklų skaičius esant 180 bar. slėgiui. Suvirinimo siūlės 63 tipas

Pateiktuose 7.7 ir 7.8 paveikslėliuose matome minimalius bendrus platformos ilgaamžiškumo ciklų skaičius eksploatuojant platformas. Minimalus ilgaamžiškumo ciklų skaičius naudojant suvirinimo siūlės 40 tipą yra 404017 ciklų, o minimalus platformos ilgaamžiškumo ciklo skaičius naudojant suvirinimo siūlės 63 tipą yra 1578127 ciklai. Tyrimas parodė, kad geresnio suvirinimo grupė suvirinta platforma tarnaus ilgiau, tačiau tai įtakoja didesnę kainą.



7.9 pav. Naujos platformos ciklų skaičiaus priklausomybė nuo slėgio

Iš diagramos matome, kad ir naujos platformos, naudojant skirtingus suvirinimo tipus ilgaamžiškumo ciklų vienetų skaičius skiriasi, esant skirtingiems slėgiams hidrauliniuose cilindruose. Tokiu atveju naudojant suvirinimo siūlės 40 tipą ir parenkant mažesnę slėgį, galima prailginti platformos darbo ciklų skaičių nebranginant platformos. Esant 100 bar slėgiui platformos nuovargio ciklų skaičius toks pat esant skirtingiems suvirinimo tipams. Tačiau esant 150 bar slėgiui rezultatai

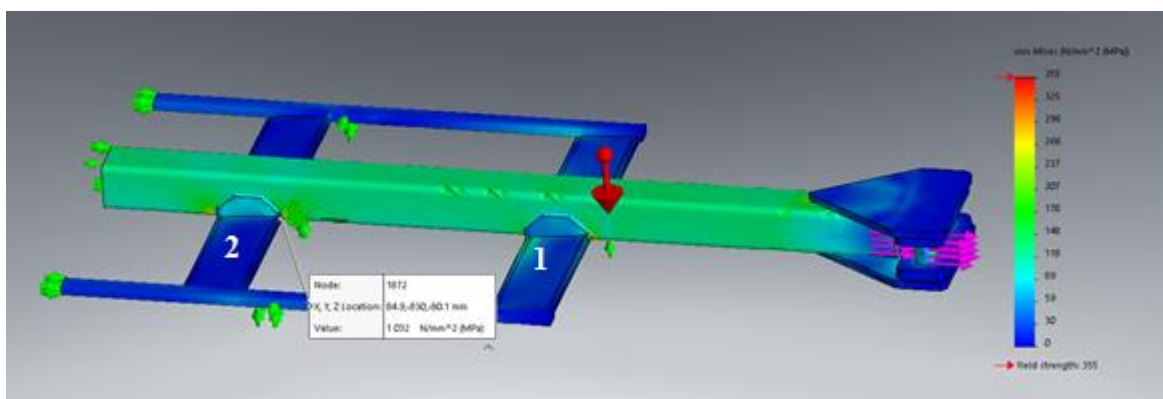
skiriasi. 63 siūlės tipu suvirintos platformos ilgaamžiškumas esant 150 bar slėgiui sieks 10 metų, o 40 siūlės tipu suvirintos platformos ilgaamžiškumas esant 150 bar slėgiui tebus 3metai.

Toliau projekte atlikti naujos platformos ilgaamžiškumo bandymai, kai platformos žertuvas nepilnai privirintas ir pilnai privirintas. SolidWorks programa atlikti platformos ekvivalentinių (*Von Mises*) įtempių skaičiavimai.

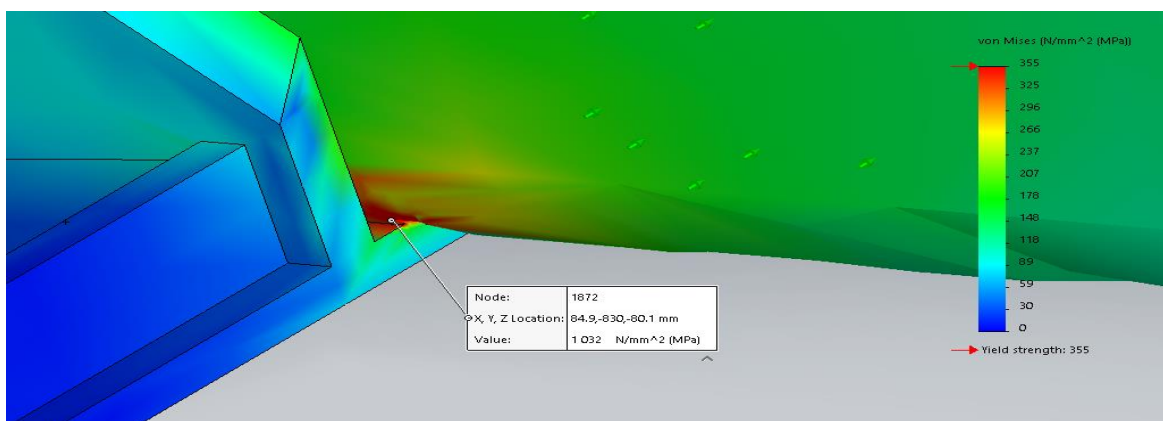
Žemiau pateikti paveikslai, gauti esant 180 bar slėgiui. Įprastai biokuro platformos eksploatacijos metu cilindruose yra 90 bar slėgis.

7.1. Ekvivalentinių įtempių skaičiavimas ir nekokybiškai suvirintų žertuvų ilgaamžiškumas

Atliekame skaičiavimus, kai 2 žertuvas nepilnai privirintas, o 1 žertuvas pilnai privirintas.



7.10 pav. Ekvivalentinių įtempių pasiskirstymas: 2 žertuvas nepilnai privirintas, 1 žertuvas pilnai privirintas



7.11 pav. Ekvivalentinių įtempių pasiskirstymas: nepilnai privirinta žertuvo 2 dalis

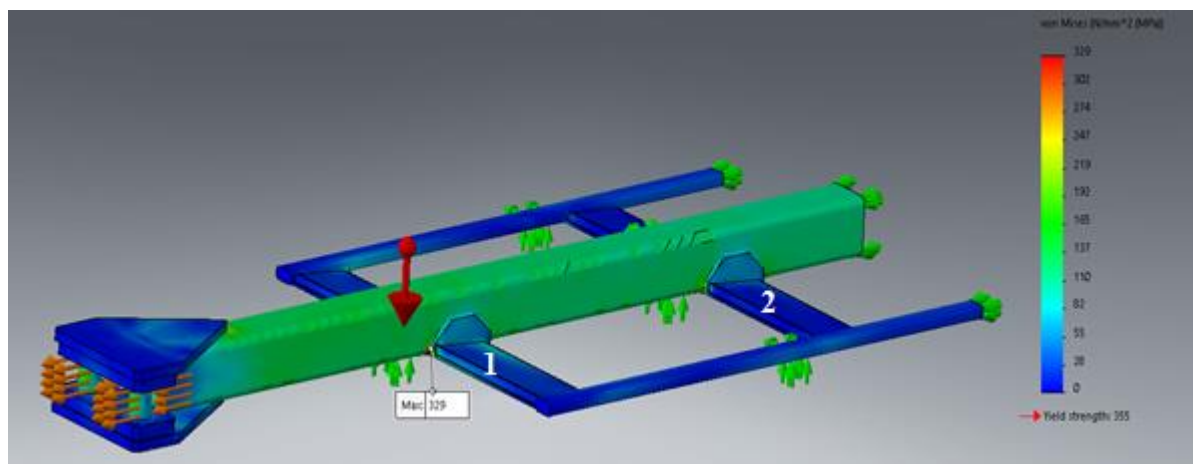
Esant nepilnam privirintam 2 žertuvui ir pilnai privirintam 1 žertuvui, nepilnai privirintoje žertuvo vietoje didžiausi ekvivalentiniai įtempiai yra lygūs 1032 MPa.

7.6 lentelėje pateikti skirtingi slėgiai, jėgos, darbo ciklai ir metai eksploatuojant platformą.

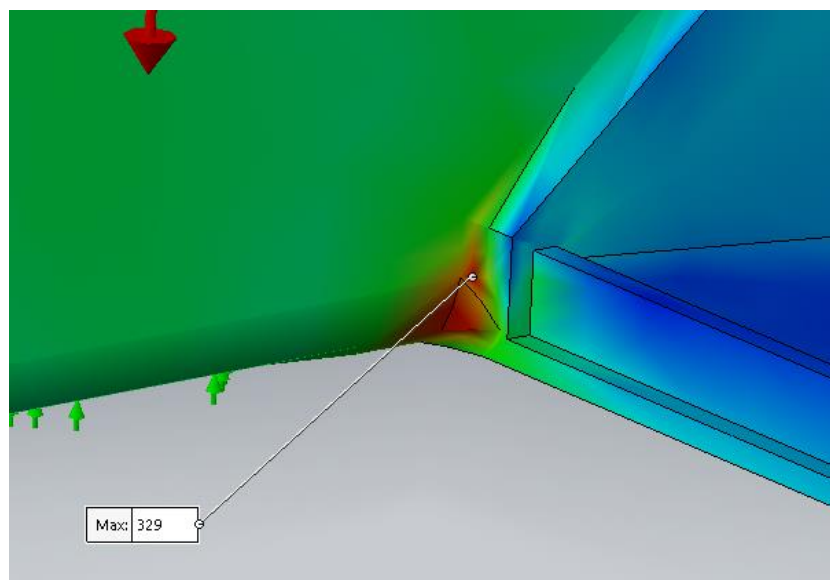
7.6 lentelė. Biokuro platformos ilgaamžiškumas

Apkrovos koeficientas R	0.53		2 žertuvas nepilnai privirintas, 1 žertuvas pilnai privirintas				
Platformos ilgaamžiškumas							
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.	5 metai	4 metai	3 metai	2 metai	1 metai
40	188496	715032	1200000	960000	720000	480000	240000
50	235619	367448	1200000	960000	720000	480000	240000
60	282743	212923	1200000	960000	720000	480000	240000
70	329867	134319	1200000	960000	720000	480000	240000
80	376991	90103	1200000	960000	720000	480000	240000
90	424115	63217	1200000	960000	720000	480000	240000
100	471239	46217	1200000	960000	720000	480000	240000
110	518363	34747	1200000	960000	720000	480000	240000
120	565487	26745	1200000	960000	720000	480000	240000
130	612611	21045	1200000	960000	720000	480000	240000
140	659734	16857	1200000	960000	720000	480000	240000
150	706858	13710	1200000	960000	720000	480000	240000
160	753982	11300	1200000	960000	720000	480000	240000
170	801106	12734	1200000	960000	720000	480000	240000
180	848230	7941	1200000	960000	720000	480000	240000
190	895354	6753	1200000	960000	720000	480000	240000
200	942478	5791	1200000	960000	720000	480000	240000
210	989602	5004	1200000	960000	720000	480000	240000

Atliekame skaičiavimus, kai yra pilnai privirinti 1 ir 2 žertuvai.



7.12 pav. Ekvivalentinių įtėpių pasiskirstymas: 1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti



7.13 pav. Ekvivalentiniai įtempiai: pilnai privirinta žertuvo 1 dalis

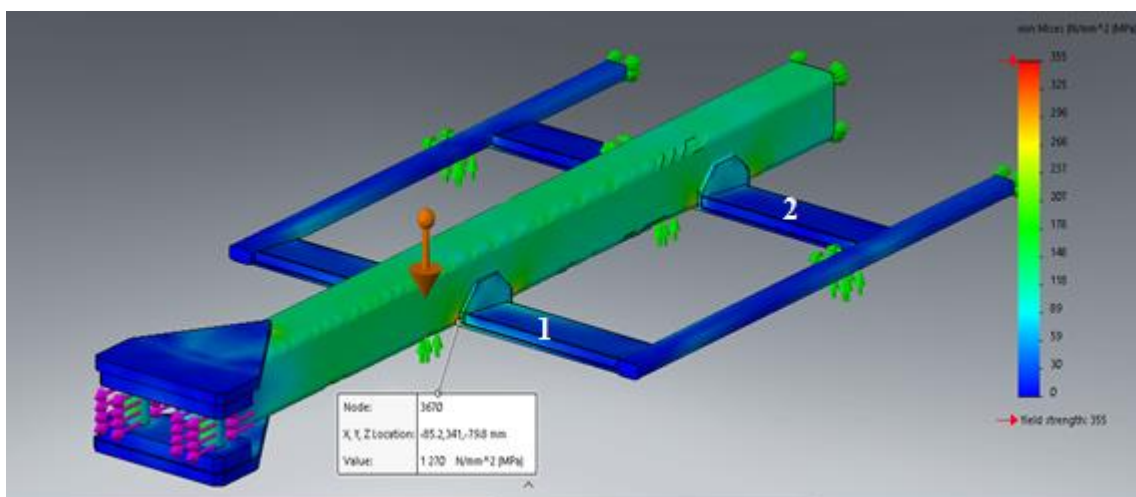
Nagrinėjamas atvejis, kai 1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti. Privirintoje žertuvo vietoje didžiausi ekvivalentiniai įtempiai gavosi 329 MPa.

Pateiktoje 7.7 lentelėje pateikti skirtingi slėgiai, jėgos, darbo ciklai ir metai eksploatuojant biokuro platformą.

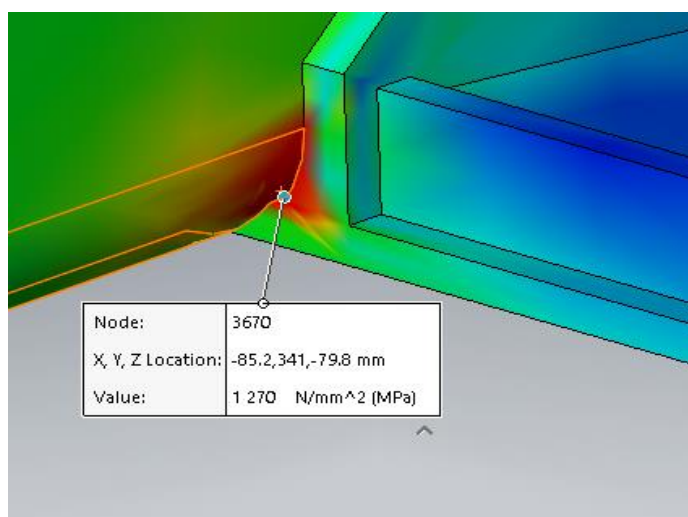
7.7 lentelė. Biokuro platformos ilgaamžiškumas

Apkrovos koeficientas R	0.53		1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti				
Platformos ilgaamžiškumas							
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.	5 metai	4 metai	3 metai	2 metai	1 metai
40	188496	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
50	235619	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
60	282743	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
70	329867	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
80	376991	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
90	424115	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
100	471239	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
110	518363	975380	1200000	960000	720000	480000	240000
120	565487	747813	1200000	960000	720000	480000	240000
130	612611	585830	1200000	960000	720000	480000	240000
140	659734	467444	1200000	960000	720000	480000	240000
150	706858	378923	1200000	960000	720000	480000	240000
160	753982	311403	1200000	960000	720000	480000	240000
170	801106	259021	1200000	960000	720000	480000	240000
180	848230	217762	1200000	960000	720000	480000	240000
190	895354	184816	1200000	960000	720000	480000	240000
200	942478	158198	1200000	960000	720000	480000	240000
210	989602	136458	1200000	960000	720000	480000	240000

Atliekame skaičiavimus esant nepilnai privirintiems 1 ir 2 žertuvams.



7.14 pav. Ekvivalentinių įtempių pasiskirstymas: 1 ir 2 žertuvai nepilnai privirinti



7.15 pav. Ekvivalentinių įtempių pasiskirstymas: nepilnai neprivirinta žertuvo 1 dalis

Nagrinėjamas atvejis, kai 1 ir 2 žertuvai nepilnai privirinti. Neprivirintoje žertuvo vietoje didžiausi ekvivalentiniai įtempiai gavo 1270 MPa. Palyginus su 7.11 pav. matome, kad padidėjo įtempiai. Galima teigti, kad padidėjo rizika konstrukcijai toje vietoje sulūžti.

7.8 lentelėje pateikti skirtingi slėgiai, jėgos, ciklai ir metai eksploatuojant platformą.

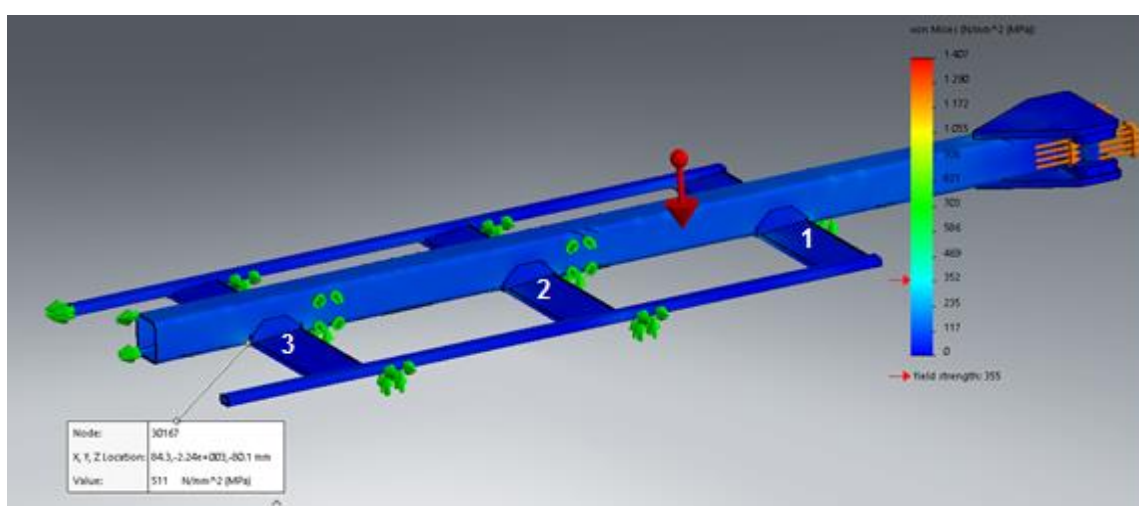
7.8 lentelė. Platformos ilgaamžiškumas

Apkrovos koeficientas R	0.53		1 ir 2 žertuvai nepilnai privirinti				
Platformos ilgaamžiškumas							
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.	5 metai	4 metai	3 metai	2 metai	1 metai
40	188496	496070	1200000	960000	720000	480000	240000
50	235619	236525	1200000	960000	720000	480000	240000
60	282743	130653	1200000	960000	720000	480000	240000
70	329867	79619	1200000	960000	720000	480000	240000

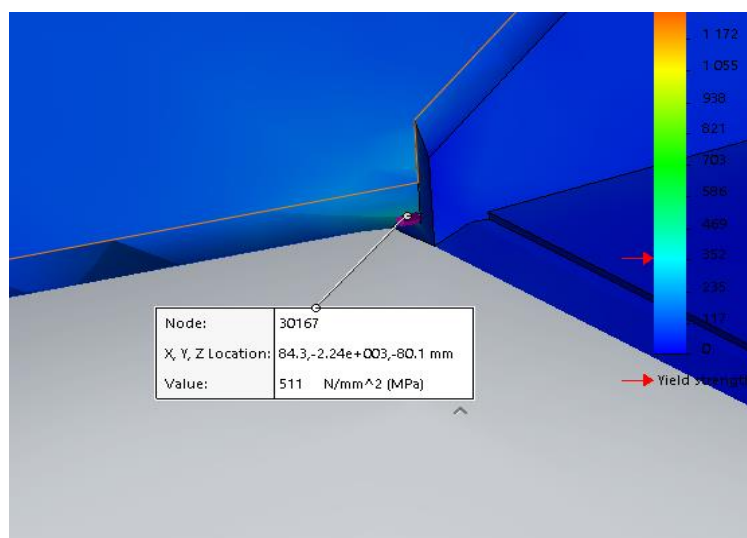
7.8 lentelė tęsinys. Platformos ilgaamžiškumas

80	376991	52052	1200000	960000	720000	480000	240000
90	424115	35875	1200000	960000	720000	480000	240000
100	471239	25763	1200000	960000	720000	480000	240000
110	518363	19121	1200000	960000	720000	480000	240000
120	565487	14580	1200000	960000	720000	480000	240000
130	612611	11370	1200000	960000	720000	480000	240000
140	659734	9037	1200000	960000	720000	480000	240000
150	706858	7301	1200000	960000	720000	480000	240000
160	753982	5983	1200000	960000	720000	480000	240000
170	801106	4964	1200000	960000	720000	480000	240000
180	848230	4164	1200000	960000	720000	480000	240000
190	895354	3527	1200000	960000	720000	480000	240000
200	942478	3013	1200000	960000	720000	480000	240000
210	989602	2595	1200000	960000	720000	480000	240000

Atliekame skaičiavimus esant nepilnai privirintam 3 žertuvui ir pilnai privirintiems 1 ir 2 žertuvams.



7.16 pav. Ekvivalentinių įtempių pasiskirstymas: 3 žertuvas nepilnai privirintas, 1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti



7.17 pav. Ekvivalentiniai įtempiai, nepilnai privirinta žertuvo 3 dalis

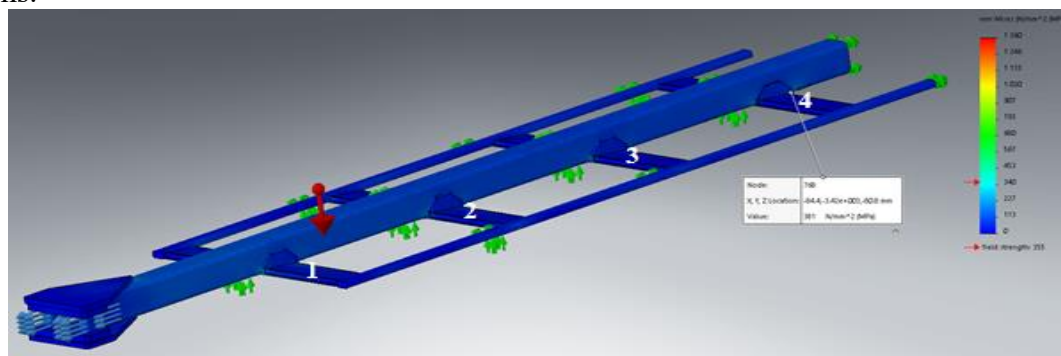
Toliau nagrinėjamas atvejis, kai 3 žertuvas nepilnai privirintas, 1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti. Nepilnai privirintoje žertuvo vietoje didžiausi ekvivalentiniai įtempiai gavosi 511 MPa. Palyginus su 7.11 pav. matome, kad pailgėjus konstrukcijos ilgiui, įtempiai sumažėjo trečioje nepilnai privirintoje dalyje. Taigi, galima teigti, kad bus mažesnė rizika konstrukcijai toje vietoje sulūžti.

Pateiktoje 7.9 lentelėje pateikti skirtingi slėgiai, jėgos, ciklai ir metai eksploatuojant platformą.

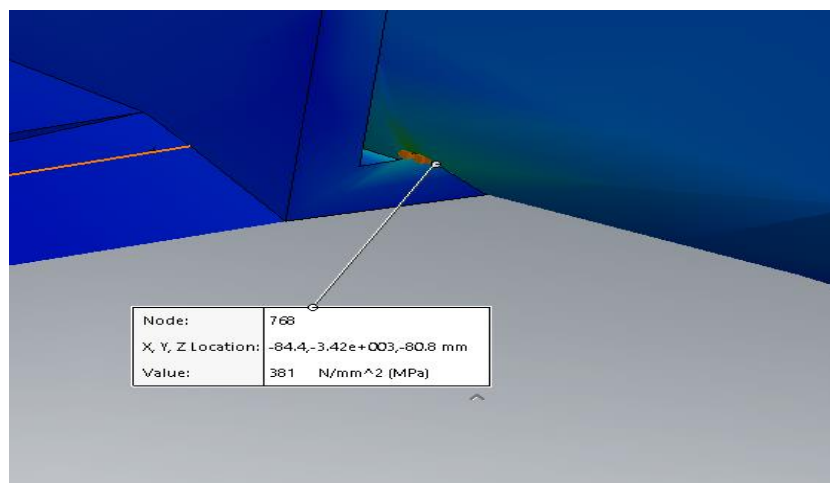
7.9 lentelė. Platformos ilgaamžiškumas

Apkrovos koeficientas R	0.53		3 žertuvas nepilnai privirintas, 1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti				
Platformos ilgaamžiškumas							
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.	5 metai	4 metai	3 metai	2 metai	1 metai
40	188496	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
50	235619	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
60	282743	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
70	329867	967871	1200000	960000	720000	480000	240000
80	376991	648675	1200000	960000	720000	480000	240000
90	424115	455733	1200000	960000	720000	480000	240000
100	471239	332307	1200000	960000	720000	480000	240000
110	518363	249714	1200000	960000	720000	480000	240000
120	565487	192374	1200000	960000	720000	480000	240000
130	612611	151330	1200000	960000	720000	480000	240000
140	659734	121180	1200000	960000	720000	480000	240000
150	706858	98535	1200000	960000	720000	480000	240000
160	753982	81197	1200000	960000	720000	480000	240000
170	801106	67700	1200000	960000	720000	480000	240000
180	848230	57036	1200000	960000	720000	480000	240000
190	895354	48499	1200000	960000	720000	480000	240000
200	942478	41583	1200000	960000	720000	480000	240000
210	989602	35923	1200000	960000	720000	480000	240000

Atliekame skaičiavimus esant nepilnai neprivirintam 4 žertuvui ir pilnai privirintiems 1,2 ir 3 žertuvams.



7.18 pav. Ekvivalentinių įtempių pasiskirstymas: 4 žertuvas nepilnai privirintas, 1,2 ir 3 pilnai privirinti žertuvai



7.19 pav. Ekvivalentiniai įtempiai: nepilnai privirinta žertuvo 1 dalis

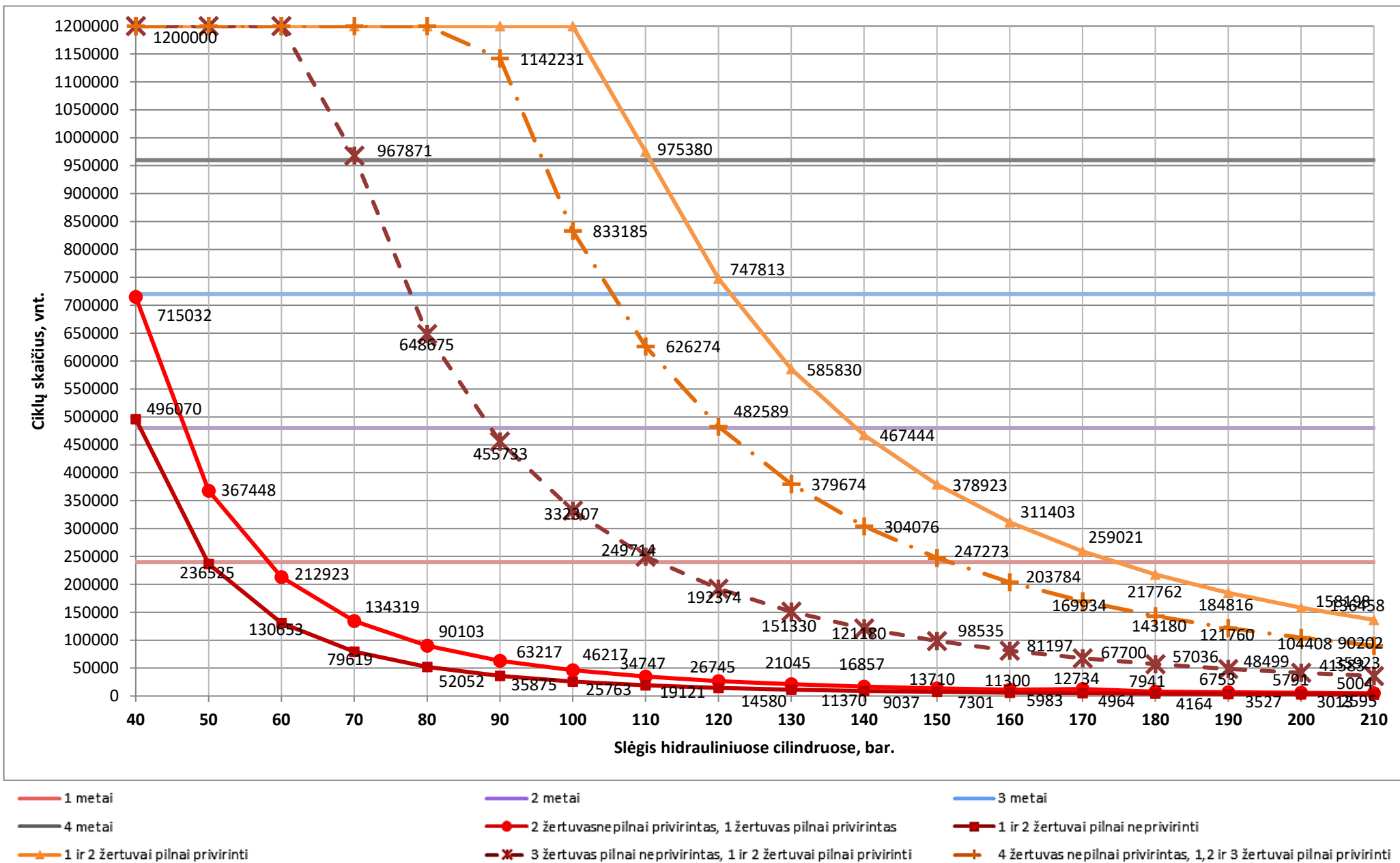
Nagrinėjamas atvejis, kai 4 žertuvas nepilnai privirintas, 1,2 ir 3 pilnai privirinti žertuvai. Nepilnai privirintoje žertuvo vietoje didžiausi ekvivalentiniai įtempiai gavosi 381 MPa. Palyginus su 7.17 pav. matome, kad pailgėjus konstrukcijos ilgiui, įtempiai sumažėjo ketvirtoje dalyje. Taigi, galima teigti, kad bus mažesnė rizika konstrukcijai toje vietoje sulūžti.

7.10 lentelėje pateikti skirtingi slėgiai, jėgos, ciklai ir metai eksploatuojant platformą.

7.10 lentelė. Platformos ilgaamžiškumas

Apkrovos koeficientas R	0.53		4 žertuvas nepilnai privirintas, 1,2 ir 3 žertuvai pilnai privirinti				
Platformos ilgaamžiškumas							
Slėgis, bar	Jėga, N	Ciklai, vnt.	5 metai	4 metai	3 metai	2 metai	1 metai
40	188496	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
50	235619	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
60	282743	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
70	329867	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
80	376991	1200000	1200000	960000	720000	480000	240000
90	424115	1142231	1200000	960000	720000	480000	240000
100	471239	833185	1200000	960000	720000	480000	240000
110	518363	626274	1200000	960000	720000	480000	240000
120	565487	482589	1200000	960000	720000	480000	240000
130	612611	379674	1200000	960000	720000	480000	240000
140	659734	304076	1200000	960000	720000	480000	240000
150	706858	247273	1200000	960000	720000	480000	240000
160	753982	203784	1200000	960000	720000	480000	240000
170	801106	169934	1200000	960000	720000	480000	240000
180	848230	143180	1200000	960000	720000	480000	240000
190	895354	121760	1200000	960000	720000	480000	240000
200	942478	104408	1200000	960000	720000	480000	240000
210	989602	90202	1200000	960000	720000	480000	240000

7.20 pav. pateikta visų naujų biokuro platformų ilgaamžiškumo priklausomybės nuo slėgio bendra diagrama. Didžiausias ilgaamžiškumas esant 90 bar slėgiui nustatytas, kai 1 ir 2 žertuvai pilnai privirinti, ciklą skaičius 1200000, mažiausias ilgaamžiškumas esant 90 bar slėgiui nustatytas, kai 1 ir 2 žertuvai nepilnai privirinti, ciklą skaičius 52052.



7.20 pav. Visų naujų biokuro platformų ilgaamžiškumo priklausomybės nuo slėgio bendra diagrama

IŠVADOS

1. Literatūros analizė parodė, kad judančių biokuro padavimo platformų eksploatacijos laiką įtakoja jų konstrukcija, platformos judėjimo greitis, slėgis paduodamas į hidraulinę padavimo platformos stotelę.
2. Atlikus kuro trinties koeficientų įvertinimo bandymus ir apskaičiavus standartinius nuokrypius nustatyta, kad elektrinės pavaros judėjimo greitis buvo per didelis (22 m/min). Nustatyti kuro trinties koeficientai su betono paviršiumi (koeficientas intervale nuo 0,9 iki 1,07), su metalo paviršiumi (nuo 0,81 iki 0,97), su pačiu kuru (nuo 0,707 iki 0,84).
3. Atlikus kuro trinties koeficientų įvertinimo bandymus ir apskaičiavus standartinius nuokrypius nustatyta, kad traukiant biokuru užpildytą dėžę rankiniu būdu, traukimo greitis buvo mažesnis (6 m/min), kas įtakojo tikslesnius tyrimo rezultatus ir mažesnę jų sklaidą. Nustatyti kuro trinties koeficientai su betono paviršiumi (koeficientas intervale nuo 0,51 iki 0,56), su metalo paviršiumi (nuo 0,49 iki 0,540), su pačiu kuru (nuo 0,66 iki 0,83). Tai parodo, kad platformos judėjimo greitis įtakoja trinties pasipriešinimo koeficientą.
4. Skaičiavimai parodė, kad senos konstrukcijos biokuro platformos ciklų skaičius prie 90 bar slėgio yra lygus 3597653 ciklai, o naujos platformos – 2400000 ciklų, todėl galima teigti, kad nauja biokuro padavimo platformos konstrukcija yra efektyvesnė ir ilgaamžiškesnė.
5. Atlikus biokuro padavimo platformos ekvivalentinių įtempių skaičiavimus galima teigti, kad mažiausius ekvivalentinius įtempius (329 MPa) turėjo konstrukcija, kurioje abu žertuvai buvo pilnai privirinti, o didžiausius ekvivalentinius įtempius turėjo konstrukcija, kai abu žertuvai buvo nepilnai privirinti (1270 MPa). Leistinieji plieno S355 įtempiai yra $\sigma_{ult} = 470 - 630$ MPa.
6. Įvertinus gautus rezultatus galima konstatuoti, kad platformos konstrukcija įtakoja jos ilgaamžiškumą, nes didžiausias platformos darbo ciklų skaičius gaunamas esant pilnai suvirintai konstrukcijai (1200000 darbo ciklų), o mažiausias esant nepilnai suvirintai konstrukcijai (496070 darbo ciklų).
7. Pagal atliktų eksperimentinių tyrimų ir skaičiavimų rezultatus buvo suprojektuota ir pagaminta nauja kuro padavimo platforma, kuri neseniai pradėta eksploatuoti Švedijoje Savsjo miesto biokuro katilinėje.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. I. Knief. Gasification of biomass & waste-practical experience / I. Knief // Proc. of III International Slovak Biomass Forum, 3–4 February, 2003. p. 41 – 44.
2. Справочник: Технологии и оборудование для сжигания древесных отходов и других видов экологически чистого топлива. 2006. Санкт-Петербург .
3. Antžeminis kuro sandėlis su transportavimo įranga <http://www.axis.lt/>. Žiūrėta 2016 -04-16
4. Kuro transportavimo ir kuro sandėlio įranga <http://www.enerstena.lt/>. Žiūrėta 2016 -04-16
5. Hidraulinis kuro padavimo įrenginys su hidrauline įranga (HKPI) <http://www.kalvis.lt/>. Žiūrėta 2016 -04-20
6. Judančių grindų sistema <http://www.agro-ft.ru/ru/sistema-podvizhnyh-polov/>. Žiūrėta 2016 -04-20
7. „Carborobot“ judančios grindys <http://www.carborobot.hu/RU/Ekletra%20RU.htm>. Žiūrėta 2016 -04-25
8. „Imperative energy“ judančios grindys <http://www.imperativeenergy.com/>. Žiūrėta 2016 -04-25
9. Kuro sandėlio platformos veikimo principas <http://newheat.lt/>. Žiūrėta 2016 -04-27
10. Статьи журнала ЛесПромИнформ №8 (48)'2007 Рубрика. Тема номера: котельные на биотопливе • Статья по теме: Котельные на древесном топливе, Получение энергии из древесных отходов.
11. Справочник потребителя биотоплива. Таллиннский технический университет, В. Варес, Ю. Касък, П. Муйсте, Т. Пиху, С. Соосаар, Таллинн, 2005.
12. Greiferinis kranas <http://www.coillte.ie/>. Žiūrėta 2016 -05-06
13. Grandiklinis transporteris <http://www.agvasa.lt/>. Žiūrėta 2016 -05-06
14. Sraigtinis transporteris su besisukančia ašimi <http://ruskonveer.ru/>. Žiūrėta 2016 -05-08
15. Sraigtinis transporteris su judama ašimi <http://coralz.ru/>. Žiūrėta 2016 -05-08
16. Sraigtinis transporterio primityvi schema <http://businessforwomen.ru/>. Žiūrėta 2016 -05-08
17. Hidraulinis rotorius <http://www.saxlund.co.uk/products/hydraulic-rotor.htm>. Žiūrėta 2016 -05-09
18. ООО «ЭНЕРГОТЕХНИКА» biokuras <http://kotel-kotel.com/biotoplivo/>. Žiūrėta 2016 -05-13
19. T.M. Maker. Wood-Chip Heating Systems - A Guide For Institutional and Commercial Biomass Installations. Originally prepared for The Coalition of North-eastern Governors Policy Research Center Washington, D.C. 2004, 93 p.
20. Berndes G, Hoogwijk M and van den Broek R. The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies, Biomass and Bioenergy, 2003, 25(1), pp. 1-28.

21. Alakangas, E., Heikkinen, A., Lensu, T. & Vesterinen, P. Biomass fuel trade in Europe – Summary report. VTT-R-03508-07, EUBIONET II- project, Jyväskylä 2007. 55 p.
22. EUBIONET II – factsheets (www.eubionet.net)
23. Характеристики древесной биомассы применяемой в топливных целях <http://www.unikc.ru/wood.htm>. Žiūrėta 2016 -06-03
24. Hakkila P. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999 – 2003. 2004, Helsinki, 99 p.
25. Č. Jakimavičius. Medienotyra / vadovėlis / KTU, „Technologija“, 2008. 271 p.
26. Kietojo kuro tyrimai / mokomoji knyga / E. Puida, K. Buinevičius, G. Miliauskas, A. Sudintas, KTU, „Technologija“, 2012, 36 p.
27. Šilumos vartotojo vadovas / J. Gudzinskas, V. Lukoševičius, V. Martinaitis, E. Tuomas. Vilnius, Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija, UAB „Standartų spaustuė“, 2011, 155 p.
28. EUROPEAN PATENT APPLICATION EP 1783424A2. A biomass transport system and a bio fuel firing plant. H.S. Jensen, J-O. A. Jensen. 09.05.2007, Bulletin 2007/19.

PRIEDAI

Priedas Nr.1. Tyrimų protokolas ir biokuro mėginys

TYRIMŲ PROTOKOLAS Nr. 141846

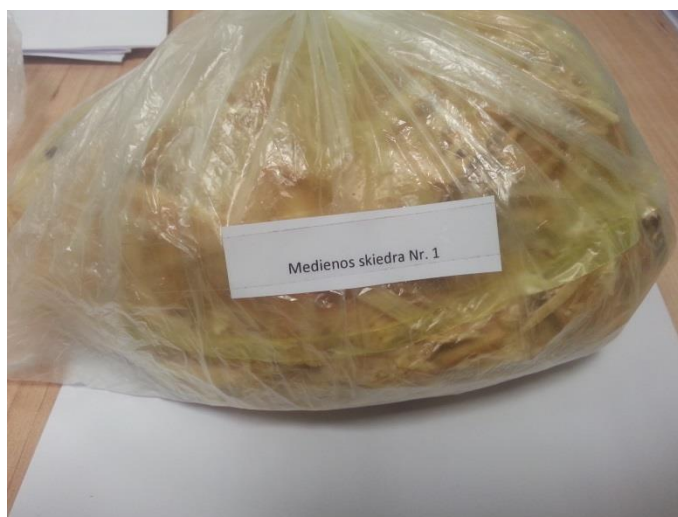
Tyrimo protokolo išdavimo data 2016.12.12
Užsakovas (pavadinimas, adresas)

Tyrimo objektas: Kietasis biokuras- medienos skiedra
Tyrimo metodika: Pagrindinių kokybinių rodiklių nustatymas pagal standartus LST EN ISO 18134-2,3:2016, LST EN ISO 18122:2016; LST EN 14918:2010 (išskyrus punktus 8.3;8.4;8.6;9.7.2;10.3.3;10.3.4 ir priedus A;B;D3;D4)

Tyrimų rezultatai:

Eminio Nr.	Tyrimo pradžia	Tyrimo pabaiga	Visuminė drėgmė Mar, %	Sausojo kuro apatinis izochorinis šilumingumas, qv.net,d, MJ/kg	Sausojo kuro viršutinis izochorinis šilumingumas, qv.gr,d, MJ/kg	Pelenų kiekis sausajai būsenai Ad, %
Medienos skiedraNr.1	16-12-08 15:44	16-12-12 15:22	54,1	18,938	20,190	0,4
				Drėgno kuro apatinis izochorinis šilumingumas, qv.net,m, MJ/kg	Drėgno kuro viršutinis izochorinis šilumingumas, qv.gr,m, MJ/kg	
				7,443	-	

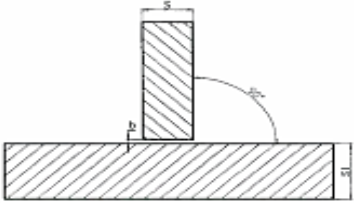
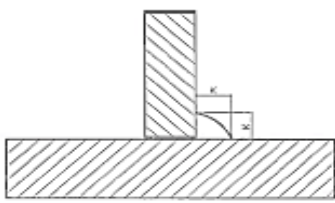
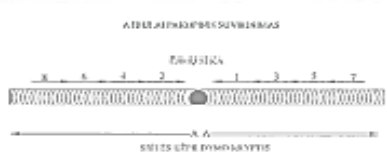
Biokuro pakuotė siunčiant tyrimui į akredituotą laboratoriją.



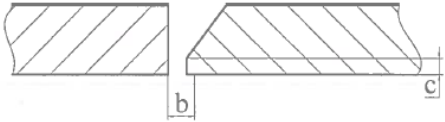
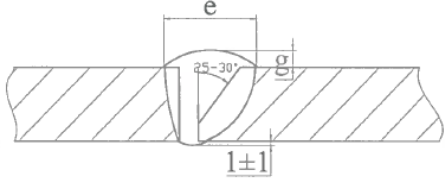
Medienos skiedra (pušis) pateikta tyrimų laboratorijai

Priedas Nr.2

Suvirinimo procedūros trupas aprašas.

Jungties konstrukcija			Suvirinimo eiliškumas						
									
S	S1	b	K						
2...8mm	2...8mm	0,5...1mm	(2...8)+1mm (statinio K aukštis atitinka ponesnės detalės storį)						
Suvirinimo eiga									
<ol style="list-style-type: none"> Sukabinti 1m ilgio / min 4 vietose. Sukabinimo ilgis 15...20 mm, aukštis 2...3 mm. Prieš virinimą sukabinimus pašlifuoti. Lanką uždegti ant briaunos arba ant prilydyto metalo. Draudžiama uždegti lanką ant pagrindinio metalo. Ėjimų pradžia ir pabaiga turi persidengti 10...15 mm. Rumbelės pradžia ir pabaiga pasišlifuoti šlifavimo mašinėle, nuvalyti pusrus. Kai virinamų detalių ilgis didesnis nei 1m, suvirinimą atlikti atbulai pakopiniu būdu. Pakopos ilgis 150-300 mm. 									
Suvirinimo medžiagų paruošimas			Nuvalyti teršalus ir nuriebalinti vielą		Aplinkos temperatūra				
					> +5 °C				
Ėjimas	Procesas	Pridėtinio metalo markė (EN 440 G3 Si1)	Pridėtinio metalo matmenys, mm	Srovė, A	Įtampa, V	Srovės rūšis/ poliarizavimas	Vielos padavimo greitis	Suvirinimo greitis*	Šilumos įvedimas*
1-n	135	OK Aristorod 12.50	1,0	120-160	18-22	DC / +	-	-	-
Apsauginės dujos			M21		Dujų sąnaudos		7-12, l/min		
Pakaitinimo temperatūra			- , °C		Temperatūra tarp ėjimų		≤ 250 °C		
Pakaitinimas po suvirinimo									

Suvirinimo procedūros trupas aprašas. Suvirinimo siūlės 40 tipas

Jungties konstrukcija		Suvirinimo eiliškumas		
				
S	b	c	e	g
3...11 mm	1±1mm	1±1mm	(6...14) ±2 mm	1±1 mm
12...22 mm	2±1mm	2±1mm	(14...26) ±3 mm	2±1 mm

Suvirinimo jungties konstrukcija ir suvirinimo eiliškumas. Suvirinimo siūlės 63 tipas