



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Baldų pakavimo procesų robotizavimo galimybių studija**  
Baigiamasis magistro projektas

---

**Donatas Liaučius**  
Projekto autorius

**Doc. dr. Jurgita Domskienė**  
Vadovė

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

## **Baldų pakavimo procesų robotizavimo galimybių studija**

Baigiamasis magistro projektas  
Gamybos inžinerija (6211EX015)

---

**Donatas Liaučius**  
Projekto autorius

**Doc. dr. Jurgita Domskienė**  
Vadovė

**Doc. dr. Valdas Norvydas**  
Recenzentas

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas  
Donatas Liaučius

## **Baldų pakavimo procesų robotizavimo galimybių studija**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Donato Liaučius, baigiamasis projektas tema „Baldų pakavimo procesų robotizavimo galimybių studija“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

**Kauno technologijos universitetas**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Studijų programa Gamybos inžinerija (6211EX015)

**Magistrantūros studijų baigiamojo projekto užduotis**

Studentui(-ei) Donatui Liaučius

1. Baigiamojo projekto tema:  
Baldų pakavimo procesų robotizavimo galimybių studija  
Robotics suitability study of furniture packaging processes  
Patvirtinta 2018 m. lapkričio 29 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-11-14
2. Projekto tikslas ir uždaviniai:  
Darbo tikslas – išanalizuoti įmonės, kuri gamina korpusinius baldus, pakavimo liniją ir atlikti linijos robotizavimo galimybių studiją.  
Atlikti esamos pakavimo linijos ir jos procesų modernizavimo analizę, darbo zonų ergonominių vertinimą, rasti geriausias vietas automatizuotiems sprendimams bei parinkti įrenginius darbo vietų automatizavimui. Atlikti rizikų vertinimą ir pakavimo linijos procesų automatizavimo ekonominę analizę.
3. Pradiniai projekto duomenys:  
Įmonėje X veikiančiame korpusinių baldų pakavimo linija.
4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos:  
Darbas turi būti originalus, atliktas pagal galiojančius reikalavimus.
5. Projekto aprašomosios dalies struktūra:  
Įvadas, įmonės veiklos ir pakavimo procesų analizė, darbo ergonomikos ir pakavimo įrenginių apžvalga, darbo zonų problemų ir galimybių analizė, darbo apibendrinimas ir rekomendacijos.
6. Grafinės projekto dalies sudėtis:  
Įmonės X pakavimo linijos schema, Pakavimo palyginamosios schemos, modernizuotos pakavimo linijos schema.
7. Projekto konsultantai:  
Marius Domskis

Studentas

Donatas Liaučius

*(vardas, pavardė, parašas, data)*

Projekto vadovas

Doc. Jurgita Domskienė

*(vardas, pavardė, parašas, data)*

Krypties studijų programos vadovas

Doc. Regita Bendikienė

*(vardas, pavardė, parašas, data)*

## Turinys

<b>Įvadas .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Įmonės veiklos ir pakavimo procesų analizė .....</b>	<b>13</b>
1.1. Pakavimo linijos analizė .....	13
1.2. Darbo vietos ergonomikos analizė .....	15
1.3. Pakavimo medžiagų analizė .....	17
<b>2. Darbo ergonomikos ir pakavimo įrenginių apžvalga .....</b>	<b>21</b>
2.1. Ergonomika darbo vietoje .....	21
2.2. Gofruoto kartono dėžių lankstymo įrenginiai .....	23
2.3. Automatiniai pakavimo įrenginiai .....	25
2.3.1. Delta robotai .....	25
2.3.2. SCARA robotai .....	27
2.3.3. Šešių ašių robotai .....	28
2.3.4. Bendradarbiaujantys robotai .....	29
<b>3. Darbo zonų problemų ir galimybių analizė .....</b>	<b>30</b>
3.1. Darbo zonų analizė ir tobulinimo galimybės .....	30
3.1.1. Statistinė pakavimo linijos analizė .....	30
3.1.2. Pasikartojančių veiksmų vertinimas naudojant OCRA metodiką .....	33
3.1.3. Automatinio pakavimo įrenginio įdiegimo galimybių vertinimas .....	40
3.2. Automatizuotų įrenginių parinkimas ir pagrindimas .....	46
3.2.1. Gofruoto kartono dėžių lankstymo įrenginio parinkimas .....	46
3.2.2. Dėžių komplektavimo įrenginio parinkimas .....	47
3.3. Rizikų vertinimas .....	50
3.4. Ekonominis pagrindimas .....	54
<b>Darbo apibendrinimas ir rekomendacijos .....</b>	<b>59</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>60</b>
<b>Priedai .....</b>	<b>62</b>

## Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Pakavimo linijos principinė schema.....	13
1.2 pav. Darbo zona .....	16
1.3 pav. Darbo pozicijai tenkantis svoris.....	17
1.4 pav. FEFCO 0410 dėžė .....	18
1.5 pav. Korinis užpildas.....	19
2.1 pav. Stovima darbo poza .....	22
2.2 pav. FEFCO 0410 dėžės lankstymo schema.....	23
2.3 pav. HOMAG VKF 100 .....	23
2.4 pav. HOMAG VKF 120 .....	23
2.5 pav. Magnys FM410 .....	24
2.6 pav. Delta roboto veikimo schema .....	26
2.7 pav. Delta roboto darbo zonos schema .....	26
2.8 pav. SCARA robotas IRB910SC .....	27
2.9 pav. SCARA roboto darbo zona .....	27
2.10 pav. Šešių ašių roboto schema .....	28
2.11 pav. Šešių ašių roboto darbo zonos schema .....	28
2.12 pav. Bendradarbiaujantys robotai .....	29
3.1 pav. Vartotojų nuskundimai priklausomai nuo paros laiko .....	31
3.2 pav. Vartotojų nuskundimai priklausomai nuo pakavimo rotacijos.....	31
3.3 pav. Vartotojų nuskundimai priklausomai nuo pakavimo savaitės dienos .....	32
3.4 pav. Vartotojų nusiskundimai priklausomai nuo pakavimo pamainos .....	32
3.5 pav. Vidutinė maksimali moterų MVC priklausomybė nuo laiko.....	36
3.6 pav. Dieninės pamainos darbo grafiko schema.....	38
3.7 pav. Detalės perimetro matavimo schema .....	41
3.8 pav. H dėžės pakavimo schemos segmentas .....	43
3.9 pav. O dėžės pakavimo schemos segmentas.....	43
3.10 pav. Vieta dėžių lankstymo įrenginiui .....	46
3.11 pav. HOMAG VKF 120 principinė schema pakavimo linijoje .....	47
3.12 pav. Komplektavimo įrenginio darbo zona.....	48
3.13 pav. Bendradarbiaujantis robotas „Baxter“ .....	49
3.14 pav. Dėžių tiekimo rankiniu būdu schema.....	51
3.15 pav. Roboto „Baxter“ mobilus pagrindas .....	51
3.16 pav. Apsauginės roboto tvorelės vizualizacija.....	53

3.17 pav. 9 – 13 atnaujintų darbo zonų vizualizacija.....	53
3.18 pav. Investicijos atsiperkamumo trukmės diagrama.....	58

## Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Pagrindiniai gofro kartono dėžių lankstymo įrenginių duomenys .....	25
3.1 lentelė. OCRA indekso vertinimas [20] .....	35
3.2 lentelė. Naudojamos jėgos indekso priklausomybė nuo MVC [20] .....	37
3.3 lentelė. OCRA rodiklio rezultatai .....	38
3.4 lentelė. Kritinėse darbo pozicijose dedamų detalių informacija .....	39
3.5 lentelė. Dėžių lankstymo centro OCRA rodiklis .....	40
3.6 lentelė. Automatinio dėžių komplektavimo įrenginio pritaikymo galimybės.....	42
3.7 lentelė. Darbo zonų analizė .....	44
3.8 lentelė. Pakavimo schemų pakeitimų planas.....	45
3.9 lentelė. Roboto „Baxter“ specifikacijos .....	50
3.10 lentelė. Roboto „Baxter“ įdiegimo kaštai .....	50
3.11 lentelė. Investicijos išlaidų suvestinė .....	54
3.12 lentelė. Įrenginių užimtumo skaičiavimas .....	55
3.13 lentelė. Įrenginių elektros suvartojimo išlaidų skaičiavimas .....	56
3.14 lentelė. Sutaupomų lėšų po investicijos skaičiavimas .....	57



Liaučius Donatas. Baldų pakavimo procesų robotizavimo galimybių studija. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Jurgita Domskienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: baldai, pakavimas, procesai, OCRA, robotai, robotizavimas.

Kaunas, 2019. 61 p.

## Santrauka

Magistro baigiamojo projekto tikslas - išanalizuoti įmonės, kuri gamina korpusinius baldus, pakavimo liniją ir pateikti linijos robotizavimo galimybių studiją, įvertinant proceso lankstumą ir efektyvumą bei investicijų atsipirkimo trukmę. Šiam tikslui pasiekti analizuojami pakavimo linijos darbo organizavimo tvarka, procesai ir kokybiniai statistiniai rodikliai bei tiriama darbo vietų prie pakavimo konvejerio ergonomika, naudojant OCRA metodiką. Remiantis įmonės X pakavimo linijos analize nustatyti veiksniai, kurie kenkia darbo kokybei, bei išskirtos darbo pozicijos, kurios kenksmingos darbuotojo sveikatai. Išanalizavus pagrindinio įmonės asortimento pakavimo schemas ir identifikavus kritines darbo vietas, suformuluoti ir pagrįsti efektyvūs pasiūlymai procesų robotizavimui.

Pasiūlyti pakavimo linijos modernizavimo sprendimai yra inovatyvūs korpusinių baldų gamybos pramonėje, nes sudaro prielaidas sumažinti darbuotojų kiekį pakavimo linijoje, išsaugant linijos lankstumą. Siūlomi sprendimai šiuo metu nėra naudojami baldų gamybos srityje, tačiau plačiai taikomi kitose pramonės šakose.

Pakavimo linijos daliai robotizacijai reikalingos investicijos turėtų atsipirkti per 3,5 metų. Atsipirkimo laikas yra optimalus, jog būtų galima prognozuoti gamybinius planus.

Pasiūlyti pakavimo linijos modernizavimo sprendimai yra universalūs. Keičiantis gaminama asortimentui, automatizuoti pakavimo linijos įrenginiai bus lengvai pritaikomi. Pasiūlytas modelis gali būti pritaikytas ir kitose, panašaus pobūdžio pakavimo linijose.

Liaučius Donatas. Robotics suitability study of furniture packaging processes. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. Jurgita Domskienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: furniture, packaging, processes, OCRA, robot, robotics.

Kaunas, 2019. 61 pages.

## Summary

The aim of the master's final project is to analyze the packing line of the company which manufactures flat furniture and make robotics suitability study considering process flexibility, efficiency and the duration of the investment payback time. Organization of packing line, packing line processes, statistical quality analyzes and ergonomic research using OCRA method is made to achieve this aim. According to the analysis of the company's X packaging line, factors which is negative to the quality and work positions that are harmful to the health of the worker is founded. After analyzing the main packaging of the company production assortment and identification of critical jobs positions, there was founded effective proposals for robotics processes.

Proposed packaging line automatization solutions are innovative in the flat furniture industry, as it creates the conditions for reducing humans work on the packaging line, while maintaining line flexibility. The proposed solutions are not currently used in furniture manufacturing packing, but are widely used in other industries.

The investment needed for the partial robotization of the packaging line should give payback within 3.5 years. The payback time is optimal for predicting production future plans.

Package line modernization solutions which offered are universal. After production assortment change, automatization solution will be easily applied. The proposed automatization model can also be applied to other similar packaging lines.

## Įvadas

XVIII a. prasidėjusi didžioji pramonės revoliucija lėmė amatininkų mažėjimą ir žmonių telkimąsi į gamyklas. Žmonės tapo mažais sraigteliais didelėse gamyklose. Darbuotojai dažnai tiesiog privalėjo kartoti paprastus judesius, kurie turėjo užtikrinti sklandų ir nepertraukiamą automatizuotų įrenginių veikimą. Toks gamybos modelis leido gaminti produkciją daug greičiau ir mažesniais kaštais. Šios tendencijos išliko iki pat šių dienų. Techniškai šiandien galima automatizuoti gamybą 100 proc., tačiau sudėtinga užtikrinti veiklos lankstumą, kuris padeda patenkinti skirtingus vartotojų poreikius. Globalizacija lemia, kad panašius ar net tokius pat įrenginius gamyboje naudoja įmonės iš įvairiausių pasaulio šalių, o galutinę produkcijos kainą, didžiąja dalimi, apsprendžia žmonių darbo jėgos kaina.

Ilgą laiką Lietuva traukė užsienio šalių įmones atsidarinti padalinius Lietuvoje. Šalis buvo patraukli dėl pigios darbo jėgos. Tačiau šiuo metu Lietuvoje atlyginimai auga net 5 kartus greičiau nei Europos sąjungos vidurkis. Siekiant išlikti konkurencingiems, kylant atlyginimams darbo našumas taipogi privalo proporcingai didėti. Kitu atveju produktų ir paslaugų tiekėjai, kompensuodami pakeltus atlyginimus darbuotojams, privalo didinti produkto ar paslaugų kainą. – viso to rezultatas – didėjant infliacijai šalyje. Kainos kyla, taip piniginio vieneto perkamąją galią mažindamos. Tokiu būdu padidintas darbo atlygis praranda prasmę.

Įmonės siekdamos išlikti konkurencingos rinkoje ir padidinti pelną nuolat ieško sprendimų kaip padidinti darbo našumą. Vieni randa metodus kaip paspartinti patį procesą, kiti įdiegia technologijas, kurios padeda žmogui atlikti darbą greičiau. Egzistuoja ir dar viena alternatyva, įsigyti įrenginį, kuris nepadeda žmogui, o jį visiškai pakeičia. Tokiu būdu išvengiame ir kintančio atlygo ir turime nepailstantį „darbuotoją“. Pastarąja alternatyva domisi vis daugiau įmonių, nepaisant sąlyginai didelės pradinės investicijos, tai įmonei atneša stabilų našumą, kuris leidžia užtikrintai planuoti bei prognozuoti gamybinius procesus. Norint gauti minėtą stabilų našumą privaloma modernizavimo procesą kuo detalčiau suplanuoti ir numatyti visus veiksnius, kurie gali būti svarbūs ateityje. Galima rasti daug pavyzdžių, kuomet automatizuotas procesas pradeda nešti ne naudą, o nuostolį dėl nenumatytų aplinkybių, kurios daro įtaka proceso sklandumui.

Šiame darbe nagrinėjamos baldus gaminančios įmonės X pakavimo proceso automatizavimo galimybės. Įmonė įsikūrusi pietinėje Lietuvos dalyje, gamykla itin suinteresuota ieškoti būdų, kaip automatizuoti savo gamybines linijas. Didelis dėmesys skiriamas darniai plėtrai - naudojamos perdirbamos medžiagos, taupoma elektra bei vandens išteklių. Įmonė vykdo masinę korpusinių baldų gamybą, o produkcijos asortimentas keičiamas rečiau nei kartą per du metus. Įmonės tyrimai rodo, kad trisdešimčia procentų atvejų gamybos butelio kakliukas yra pakavimo linija. Šiuo metu pakavimo procesas tik dalinai automatizuotas ir netenkina kokybės ir stabilumo reikalavimų.

Darbo tikslas – išanalizuoti įmonės, kuri gamina korpusinius baldus, pakavimo liniją ir pateikti linijos robotizavimo galimybių studiją.

Darbo uždaviniai:

- atlikti esamos pakavimo linijos analizę,
- atlikti pakavimo linijos procesų modernizavimo techninę analizę,
- atlikti darbo zonų ergonominį vertinimą,
- nustatyti geriausias vietas automatizuotiems sprendimams,
- parinkti įrenginius darbo vietų automatizavimui,
- atlikti rizikų vertinimą,
- atlikti pakavimo linijos procesų automatizavimo ekonominę analizę,
- sudaryti naujos pakavimo linijos techninį brėžinį.

## 1. Įmonės veiklos ir pakavimo procesų analizė

Įmonė X gaminanti baldus nuolat ieško inovatyvių sprendimų atnaujinti ir tobulinti savo gamybinius procesus. Įmonės politika propaguoja naujas idėjas ir siekia žengti koja kojon su naujomis technologijomis. Idealus tikslas – 100% automatizuota gamyba, tačiau naudojant esamas technologijas ir įrenginius bei dėl itin gausaus ir ganėtinai skirtingo produkcijos asortimento tai padaryti esant šiuolaikinėms technologijoms – nėra galimybės. Toliau analizuosime mažiausiai modernų pakavimo linijos segmentą ir ieškosime būdų kaip bent vieną segmentą būtų galima automatizuoti.

### 1.1. Pakavimo linijos analizė

Pakavimo linijoje pakuojamos baldų detalės ir pakavimo medžiagos. Pakavimo linijos analizė atliekama remiantis devyniais gaminamais produktais (baldais), kuriuos reikia supakuoti į 20 skirtingų dėžių. Pakavimo linijos principinė schema pateikiama 1.1 paveiksle. Detalus pakavimo linijos brėžinys pateikiamas 1 priede.



1.1 pav. Pakavimo linijos principinė schema

Nagrinėjamos pakavimo linijos bendras ilgis siekia 50 m. Pakavimo linijos greitis priklauso nuo pakuojamo gaminio. Didžiausias linijos greitis siekia 13 m/min., esant šiam greičiui supakuojamos 6-9 dėžės per minutę. Liniją sudaro dėžių lankstymo darbo centras, dėžių komplektavimo linija, automatiniai dėžių uždarymo ir palečių komplektavimo įrenginiai.

Dėžių lankstymo centre gofro kartono išsklotinės sulankstomos į atviras dėžes, kurios dedamos ant juostinio konvejerio jų užpildymui. Šiame darbo centre vienu metu dirba 2 žmonės, taip pat dėžės privalo būti tiekiamos linijai nepertraukiamai. Tarp dėžių atstumas turi būti išlaikomas apie 10 cm, nepriklausomai nuo esamos linijos greičio.

Dėžių komplektavimo liniją sudaro iki 14 žmonių (priklauso nuo pakuojamo gaminio) kurie išsidėstę prie juostinio konvejerio. Kiekvienas dirbantis žmogus turi tikslią užduotį, kuri nurodo ką ir kaip įdėti į judančią dėžę. Kaip jau minėta, čia pakuojamos baldų detalės, baldų furnitūros dalys bei papildomi dėžės užpildai kurie skirti apsaugoti detales nuo galimų mechaninių pažeidimų, kurie gali

atsirast dėžės sandėliuojant bei transportuojant. Pakavime naudojami gofro kartono ir popieriniai koriniai užpildai, taipogi retais atvejais naudojamas apsauginis popierius tarp sluoksniu.

Sukomplektuotą dėžę sudaro iki 24 komponentų, jie visi sudedami tam tikra tvarka, vienas žmogus privalo įdėti vieną arba du atskirus komponentus, tai priklauso nuo komponento svarbos, jautrumo kokybei bei gabaritų. Taipogi, žmogus dirbantis prie pakavimo linijos privalo dedamą baldo detalę įvertinti nustatytais kokybės aspektais ir nuspręsti ar detalė pakankamai kokybiška. Kilus bent menkai dvejojant detalė atidedama kokybės specialisto apžiūrai, kuris priima galutinį sprendimą. Pamačius daugiau nekokybiškų detalių ar įvykus kitam incidentui, žmogus dirbantis prie pakavimo linijos, vieno mygtuko paspaudimu, visada gali sustabdyti liniją. Tik įvertinus ir ištaisius esamus trūkumus pakavimo linijos darbas atnaujinamas.

Dėžių uždarymui naudojami automatiniai įrenginiai, dėžė pervažiavusi visą juostinį konvejerį patenka ant ritininio konvejerio, kur mechaninių įtaisų pagalba uždaroma ir naudojant karšus klįjus bei specialius jų užpurškimo prietaisus dėžės dangtis yra priklįjuojamas. Šio įtaiso našumas siekia 15 ciklų per minutę. Įrenginys mechaniniu požiūriu yra ganėtinai paprastas, dėl to jo patikimumas yra aukštas.

Palečių komplektavimo įrenginys yra 100 proc. automatizuotas, čia patenka iš linijos jau užklįjuotos dėžės. Naudojant keturių ašių palečių komplektavimo robotą, dėžės nuo pakavimo linijos nukeliamos ant medinių arba popierinių palečių. Robotas turi vakuuminį griebtuvų kompleksą, kurio išmatavimai yra 2000x2000mm., dėl šių parametrų, griebtuvas gali vienu metu paimti keletą dėžių ir padėti jas ant paletės. Įrenginys aprūpintas sensoriais kurie nurodo komplektuojamų elementų padėtyje erdvėje – aukštį ir poziciją. Roboto maksimali keliamoji galia yra 200kg., įrenginys gali atlikti iki 10 ciklų per minutę. Šių parametrų visiškai pakanka, kad nebūtų stabdomi procesai atliekami prieš paletizavimo darbus.

Nagrinėjamoje pakavimo linijoje gofro kartono išsklotinių lankstymas bei dėžių komplektavimas yra neautomatizuoti ir paremti žmogaus darbu. Robotizuotas darbas turi aiškių privalumų lyginant su žmogumi:

- Darbas nesustojant 24/7;
- Lengvai pakeičiamas kitu robotu;
- Mažesnė darbo kaina ilgalaikėje perspektyvoje;
- Didesnė sparta;
- Pastovumas;
- Lengvai prisitaiko prie naujų darbo sąlygų ir reikalavimų.

Tuo tarpu pagrindiniai žmogaus darbo teikiami privalumai:

- Lankstumas;
- Priimami nestandartiniai sprendimai;

- Mažesni finansiniai kaštai einamuoju periodu.

Artimiausios ateities vizija įmonėje, žvelgiant pakavimo linijos perspektyva jokio detalių rūšiavimo prie pakavimo linijos, tai reiškia, kad detalės esančios prie pakavimo linijos turi būti tik atitinkančios kokybės reikalavimus. Tokiu atveju žmonėms, dirbantiems prie pakavimo linijos, nereikės atlikti vizualinės patikros, viso to rezultatas – greitesnis darbo ciklas ir mažiau vartotojų skundų dėl nekokybiškų detalių. Pirmasis žingsnis šio tikslo link – diegiamos vizualinės patikros sistemos didžiųjų detalių (detalės, kurių perimetras trumposios kraštinės atžvilgiu didesnis nei 200 mm.) gręžimo linijose. Gręžimas - paskutinioji operacija prieš detalei patenkant į pakavimo liniją. Vizualinės patikros sistema tikrins detalių sugręžimo tikslumą bei paviršių kokybę iš visų detalės pusių.

Mažosioms detalėms ši vizualinės patikros sistema įmonės pritaikoma. Šių detalių kokybei užtikrinti planuojami darbų organizavimo pakeitimai, kurie suteiks didesnę atsakomybės dalį dėl nekokybiškų detalių mažųjų gręžimo centrų operatoriams. Taip pat bus kuriami papildomi kokybės patikros centrai ir rutinos, kad būtų užtikrinta tik kokybiškų detalių tiekimas į pakavimo liniją.

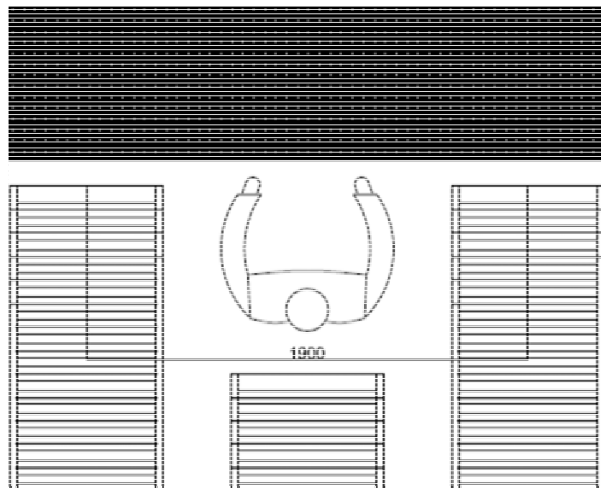
Įmonės X veiklai labai svarbu neprarasti lankstumo, kurį suteikia žmogus, kadangi pakuojami gaminiai nuolat keičiasi tarpusavyje, o ir ateities gaminių asortimentas gali keistis visu šimtu procentų. Dėžių lankstymui tai nėra labai aktualu, nes pakavimui vienokių ar kitokių matmenų dėžės, į kurią supakuojami gaminiai, visada reikės, tačiau dėžių komplektavimui tai labai svarbu, kadangi priklausomai nuo gaminio, ieškoma optimaliausiu kelių kaip gaminių supakuoti, kad jis tilptų į kuo mažesnę dėžę ir ji nebūtų per sunki klientui. Todėl žvelgiant į šiuolaikinius pakavimo automatizavimo įrenginius, neįmanoma visiškai automatizuoti taip greit kintančios pakavimo linijos, todėl bus ieškoma būdų kaip automatizuoti, bent vieną tašką su sąlyga, kad tai bus finansiškai sėkmingas sprendimas.

## **1.2. Darbo vietos ergonomikos analizė**

Dažnas darbuotojas prieš įsidarbindamas įmonėje įvertina ne tik finansinį atlygį, bet ir darbo sąlygas. Tai yra suprantama, kadangi darbo vietoje reikia praleisti didžiąją dienos dalį. Darbo sąlygas (priemonės ir aplinką) nagrinėja ergonomikos mokslas, remiantis įmonės X pakavimo linija, darbo vietos ergonomika gali būti nagrinėjama keliais pagrindiniais aspektais:

- darbo poza;
- darbo trukmė;
- naudojama jėga.

Pirmiausia aptariama darbo pozą, darbas prie pakavimo linijos vyksta visada stovint. Žmogui dirbančiam prie juostinio konvejerio, gaminiai ir žaliavos dėžės komplektavimui pateikiamos



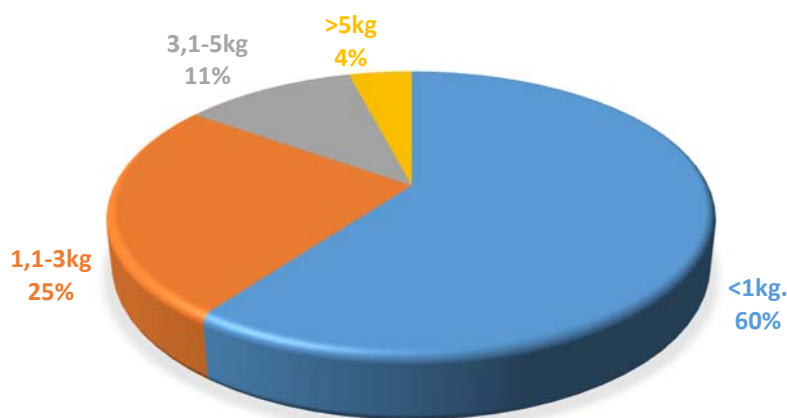
1.2 pav. Darbo zona

ritiniais konvejeriais. Šie konvejeriai turi žirklinio keltuvo funkciją, dėl to reikiamos žaliavos visada yra žmogui patogiam aukštyje. Žirklinio keltuvo aukštis gali būti keičiamas automatiškai, visada palaikant tą patį sukrautos rietuvės viršutinio sluoksnio aukštį, arba rankiniu būdu, kaip darbuotojas pats nusistato žirklinio keltuvo aukštį. Šis sprendimas padeda dirbančiam žmogui, suteikia darbo vietai ergonomiškumo, dėl to gaunamas aukštesnis darbo našumas. Darbo vietoje pusgaminiai išdėstyti žmogui iš šonų, tai matome 1.2 paveiksle. Iš šonų tiekiamos detalės, kurios komplektuojamos į dėžę, o už nugaros dedamos atrūšiuotos nekokybiškos detalės. Atstumas iki detalių yra per ištiestą žmogaus ranką, tokiu atveju reikia vienu metu dėti detales iš abiejų ritininių konvejerių rietuvių, kurias sudaro smulkios detalės, tenka žengti papildomą žingsnį, tam kad būtų galima paimti detales, esančias toliau. Darbuotojai tokiu atveju dažnai bando persikrauti detales arčiau, ar net į tą pačią pusę, dėl to esant dviem panašioms detalėms, atsiranda rizika jas sumaišyti. Todėl tai yra draudžiama, siekiama, kad darbuotojai veiksmus visada atliktu identišku ciklu. Detalių pozicionavimas dėžėse nėra preciziškas, o pakavimas numatytas taip, kad daugeliu atvejų, nereiktų dėti detalių į priešingą dėžės pusę nei stovi žmogus, dėl to pasilenkimas link dėžės nėra būtinas. Konvejerio aukštis yra lygus 1 m, o plotis - 0.65 m., taigi visa apkrova tenka viršutinei kūno daliai.

Darbas prie pakavimo linijos vyksta 24 valandas per parą, septynias dienas per savaitę, iš viso suburtos keturios pamainos, kurios dirba slankiu grafiku, pamainos trukmė – 12 valandų, per šį laiką numatytos keturios pertraukos po 10min., bei pietų pertrauka kurios trukmė - 45min.. Per pamainą vyksta trys rotacijos, kurių metu pakavime dirbantis žmogus pasislenka per vieną pozicija, tai yra, kas keturias valandas žmogus pakeičia savo darbo pozicija, tokiu būdu, jei pakuojamas tas pats gaminy ištisą pamainą, darbuotojas turi galimybę kiek pakeisti savo darbo ciklą.



Dėžių komplektavimo darbus įprastai atlieka moterys. Leistiną maksimalų svorį reglamentuoja Lietuvos Respublikos įstatymai, nustatytas maksimalus keliamas svoris – 10kg. Tačiau kai tas pats



1.3 pav. Darbo pozicijai tenkantis svoris

judės kartojamas nuolatos, šis svoris privalo būti kuo mažesnis, norint padaryti darbo vietos ergonomiškesnę. 1.3 paveiksle vaizduojama kiek tenka svorio darbo pozicijai vieno ciklo metu. Nagrinėjamoje pakavimo linijoje yra 198 skirtingos darbo pozicijos, kaip matome iš diagramos, net 60 proc. darbo pozicijų svoris neviršija 1 kg. Tai lemia didelis kiekis įvairių pakavimo medžiagų, tokių kaip anksčiau minėti koriai, gofro kartono lakštai bei apsauginiai popieriaus lakštai. Taip pat yra ir mažų matmenų pusegminių kurių svori taipogi telpa į 1 kg., ribas, matome, kad 25 proc. darbo pozicijų, kurios vieno ciklo metu turi perkelti svorį nuo 1 iki 3 kg., ir tik 4 proc., darbo pozicijų tenka svoris didesnis nei 5 kg. Verta paminėti, kad sunkiausia detalė, kuri yra pakuojama sveria 11,2 kg., tačiau šį svorį kelia du darbuotojai, todėl svoris pasiskirsto pusiau. ir maksimalus svoris kurį tenka kelti darbuotojui dirbančiam prie pakavimo linijos yra 5,6 kg.

Taigi sunkios detalės keliamos dviejų žmonių pastangomis ir taip vienas žmogus neviršija 6 kg., svorio. Darbo zona aprūpinta žirkliniais keltuvais, o darbo zona yra pakankamai erdvi žmogui. Darbas prie pakavimo linijos vyksta stovimoje pozicijoje neatliekant jokių nenatūralių veiksmų žmogui. Paimamos trukmė yra 12 h., visa tai tenkina Lietuvos Respublikos įstatymais numatytų krovinių kėlimo rankomis nuostatas.

### 1.3. Pakavimo medžiagų analizė

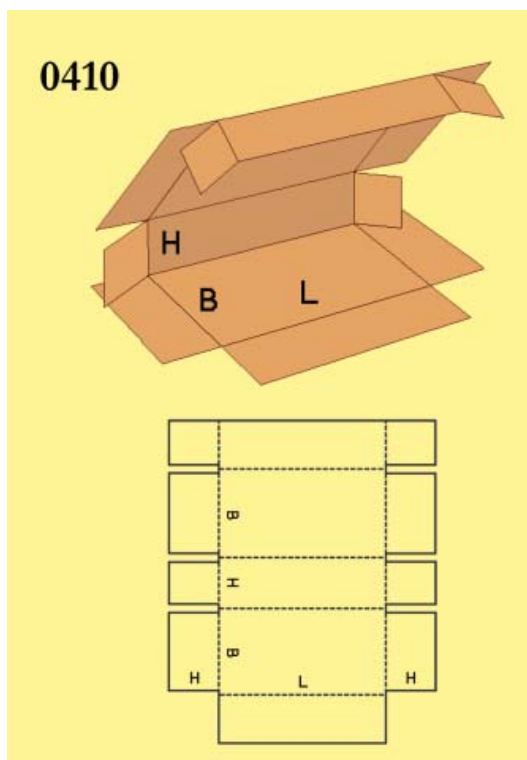
Gaminių transportavimui itin svarbu jų įpakavimas, gerai apgalvotas ir kokybiškai supakuotas gaminys išvengia mechaninių pažeidimų transportavimo metu. Įmonėje naudojama gaminiai pakuojami į gofruoto kartono dėžes taip, kad dėžės svoris neviršytų 30 kg., tam daro įtaka LR ir ES įstatymai nurodantys maksimalių svorį, kurį gali kelti vyras. Tuomet dėžės sukraunamos ant paletės,

uždedamos kartoninės apsaugos kampai bei viršutiniam paviršiui. Sukomplektuota paletė aprišama polipropilenine juosta bei apvyniojama savilipe plėvele. Analizuojamu atveju baldai pakuojami atskiromis dalimis, vienam baldui supakuoti tenka panaudoti iki 4 dėžių. Pagrindinės naudojamos pakavimo medžiagos yra gofruoto kartono dėžės, popieriniai koriniai užpildai bei gofruoto kartono lakštai.

Gofruoto kartono dėžės – populiariausias pasirinkimas pakuojant įvairiausių gaminius. Tai lemia šie faktoriai:

- maža kaina;
- patikima produktų apsauga nuo išorinių veiksnių;
- atlaiko smūgines apkrovas;
- atspari gniuždymui;
- mažas svoris;
- didelis dydžių asortimentas;
- dėžės konstrukcija technologiška;
- patogus sandėliavimas;

Įmonė ne tik orientuojasi į kapitalą, bet taipogi labai didelį dėmesį skiria ekologijai. Šiuo požiūriu gofruoto kartono dėžės yra puiki priemonė gaminio pakavimui, kadangi šios dėžės yra 100% perdirbamos. Gamtoje šios dėžės suyra maždaug per 2 metus, tai taipogi labai geras rezultatas pakavimo medžiagai. [1] Įmonėje naudojamos FEFCO (The European Federation of Corrugated



1.4 pav. FEFCO 0410 dėžė [2]

Board Manufacturers) patvirtinto standarto dėžės, šios dėžės sudarytos iš trijų sluoksnių, kurie sulipdyti tarpusavyje. Pakuotės sienelės storis siekia 4,5mm. FEFCO išskiria 8 dėžių tipus, kuriuos sudaro iki 50 įvairių modifikacijų, kurios taipogi dar gali būti įvairių matmenų. Įmonėje naudojama 4 tipo, 10 modifikacijos dėžės (žr. 1.4 pav.). Tai itin populiarus pasirinkimas plokščių baldų gamintojų, šių dėžių matmenys gali būti labai įvairūs. Dažniausiai gaminama pagal išankstinį užsakymą prisitaikant prie kliento poreikių. [3]

Tokios konstrukcijos dėžės itin patogios jas pildyti, kad linijoje tai daroma rankiniu būdu, tai itin svarbu. Tai lemia dėžės dangtis, kuris yra iš vienos dalies bei gali būti visiškai atverstas, dėl to jis netrukdo dėžės komplektavimo procesui iš abiejų dėžės pusių. Įmonė naudoja įvairių matmenų dėžes, priklausomai nuo gaminio. Naudojamų dėžių matmenys:

- $L = 500 - 2100 \text{ mm.}$
- $B = 260 - 660 \text{ mm.}$
- $H = 30 - 120 \text{ mm.}$

Naudojamos dėžės turi specialius įprovimus, kurie leidžia paruošti dėžę naudojimui jos neklijuojant klijais. Užklijuojama tik dėžės viršutinė dalis, kuomet jau dėžė pilnai sukomplektuota. Šios dėžės jau išbandytos realioje gamyboje ir yra visiškai pasitvirtinusios.

Koriniai užpildai (1.5 pav.) itin populiarūs žaliava pakavimo pramonėje, jo storio matmuo (gniuždymo kryptimi) gali siekti iki 100 mm. Koriniai pagal savo stiprumines savybes skirstomi į šias kategorijas:

- silpnieji – skirti užpildyti tuščias erdves, bet negebantis atlaikyti apkrovos;
- vidutiniai – galintis atlikti prilaikančias funkcijas;
- stiprieji – galintis atlikti nešančios konstrukcijos funkciją.



1.5 pav. Korinis užpildas

Padėklai pagaminti iš pastarosios klasės ir gali atlaikyti iki 1,5 t, tačiau sveria vos 6-8 kg., būtent toks svorio ir stiprumo santykis yra šios kartono konstrukcijos pranašumas.

Įmonėje X kaip pakavimo medžiaga koriniai naudojami labai plačiai. Koriniais užpildomos visos didesnės erdvės dėžėje bei naudojami kaip smūgio sugerėjai (amortizatoriai), jie dedami dėžės galuose, paraleliai trumposios kraštinės. Išmetus dėžę iš rankų jie privalo sugerti smūgi ir apsaugoti viduje esančias detales.

Gofruoto kartono lakštai – pati elementariausia apsauginė pakavimo priemonė, jų pranašumas – galimi labai ploni lakštai. Jeigu korinio užpildo minimalus aukštis yra 10 mm, tai gofruoto kartono lakšto stori gali būti ir 1,5 mm. Ši medžiaga taipogi yra pakankamai tvirta, o jos stiprumines savybes atspindi jos storis bei gofro sluoksnių skaičius. Įmonėje šia medžiaga naudojama norint išlyginti

pakuojamos dėžės sluoksnius. Taip gali būti naudojama kaip detalių apsauga nuo mechaninių pažeidimų.

Įmonėje X visos naudojamos pakavimo medžiagos yra draugiškos gamtai ir gali būti perdirbtos, o kai kurios jau net iš perdirbto popieriaus. Tai puikiai derinasi su įmonės vizija būti kuo ekologiškesniems. Naudojamas dėžės standartas puikiai tinka plokščių baldų komplektavimui iš abiejų dėžės pusių, be to abi pakavimo linijos turi sprendimus šių dėžių automatiniam uždarymui. Todėl toliau laikysimės kad dėžės standartas nebus keičiamas ir analizuosime, kokie pakeitimai gali būti padaryti esamoje situacijoje.

## 2. Darbo ergonomikos ir pakavimo įrenginių apžvalga

### 2.1. Ergonomika darbo vietoje

Ergonomikos mokslas tyrinėja žmogaus fizinius, socialinius ir organizacinius veiksnius. Visi šie aspektai itin svarbūs darbo vietoje, kurioje žmogus praleidžia didelę dalį savo gyvenimo. Darbo pobūdis taip pat daro tiek tiesioginę, tiek netiesioginę įtaką asmeniniam žmogaus gyvenimui. Tuo tarpu asmenybės fizinė ir psichologinė būseną daro tiesioginę įtaką atliekamam darbui ir atlikto darbo kokybei, todėl darbdaviai suinteresuoti gerinti darbo sąlygas visais prieš tai minėtais aspektais, tai yra tiek fiziniais, tiek socialiniais, tiek ir organizaciniais.

Per didelis fizinis aktyvumas gali sukelti raumenų, kaulų ar sąnarių ligas, šios ligos apibendrinamos kaip raumenų skeleto sistemos ligos. Rizika susirgti viena iš daugelio šios sistemos ligų auga su asmens amžiumi. Apskritai 2017 m., profesinėmis ligomis sergančių žmonių skaičius augo 16%, net 60,6% profesinių ligų sudarė raumenų skeleto ligos, negana to, daugiausiai žmonių (26,7%), susergančių profesinėmis ligomis, dirba apdirbamojoje pramonėje. Kad išvengtume šių ligų, mažų mažiausiai derėtų laikytis pagrindinių fizinės ergonomikos taisyklių. Tai neeliminuoja rizikos visiškai, kadangi tai yra tik ergonomikos gairės, kurios turėtų būti pritaikytos specialiai pagal susidariusią situaciją [4].

Jėgos naudojimą keliant objektus aprašo ISO 11228-1 standartas, jis numato, kad vyrai negali kelti daugiau nei 25 kg, o moterys – 15 kg, su sąlyga, kad tenkinamos idealios sąlygos [5]:

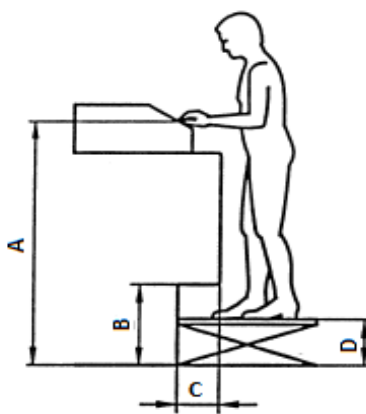
- stovėseną yra simetriška;
- kūnas nėra pasuktas;
- horizontalus atstumas iki objekto nėra didesnis nei 25 cm.;
- patogus objekto suėmimas (riešai turi būti neutralioje pozicijoje);
- maksimalaus kėlimo dažnis neturi būti didesnis nei 1 kartas per 5 minutes;
- maksimalaus kėlimo dažnis per dieną neturi viršyti vienos valandos.

Tačiau šis standartas yra labiau rekomendacinio pobūdžio nei darbo reguliavimo priemonė. Lietuvos Respublikos įsakymu dėl darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimų tvarkant krovinius numatomas maksimalus svoris kurį gali kelti vyras yra 30kg., tuo tarpu moterys – 10kg. Svorio kėlimas neidealiomis sąlygomis sumažina maksimalų svorį, tačiau tai vėlgi labai priklauso nuo esamų sąlygų ir ypač nuo darbo pozos [6].

Darbo poza - aktualus ergonominis veiksnys visiems dirbantiems, nepriklausomai nuo atliekamo darbo, tačiau darbo pozos problemos aktualios tik tuomet, kai poza yra pasikartojanti. Analizuojamu atveju taip ir yra, darbas vyksta nuolat stovimoje pozicijoje, idealiu atveju visiškai

nejudant. Šią pozą galima paanalizuoti remiantis ISO 14738 standartu. Pateikiamas 2.1 paveikslas kuriame vaizduojama rekomenduojama darbo poza, kuomet reikalingas vidutinis vizualinis darbas.

Čia matome darbo vietą kurioje yra galimybė reguliuoti darbo pozos aukštį (platformos aukštį



2.1 pav. Stovima darbo poza [6]

žymi raidė D). Reguluodamas platformos aukštį, nepaisant savo ūgio, gali patogiai jaustis prie darbo stalo ar linijos. Parametras A, žymintis darbo zonos aukštį, kuriame vyksta pagrindinis darbas. Šis aukštis turėtų būti lygus atstumui nuo žemės iki žmogaus alkūnės. Kadangi tai itin individualus parametras, rekomenduojamas darbo vietos aukštis turėtų būti nuo 960mm., iki 1225mm., tuo tarpu parametras B nurodo aukštį, kuris apibrėžia pėdoms paliktą aukštį. Standartas nurodo, kad jis turėtų būti nemažesnis nei 226mm., o parametras C, kuris nurodo rekomenduojama pėdos erdvės gylį, turėtų būti nemažesnis nei 210mm. [7]

To paties darbo kartojimas yra itin pavojingas raumenų, kaulų ir sąnarių grupėms kurios įtrauktos į šį darbą, būtų idealu jei darbuotojas galėtų dažnai keisti savo darbo pozą (sėdėti, stovėti, eiti), tačiau itin retas darbas turi tokią galimybę. Darbų pasikartojimas aktualiausias žmonėms kurie dirba gamybos srityje, kur kasdien turi atlikti tas pačias užduotis. Ypač tai akivaizdu žmonėms kuriems tenka dirbti prie konvejerių, kur tas pats veiksmų ciklas kartojasi nuolatos. Dažniausiai šiam ciklui naudojamos tik viršutinės galūnės. Kuo dažniau šis ciklas kartojamas, tuo didesnė tikimybė patirti traumą. Šiai problemai siūlomi tokie sprendimai:

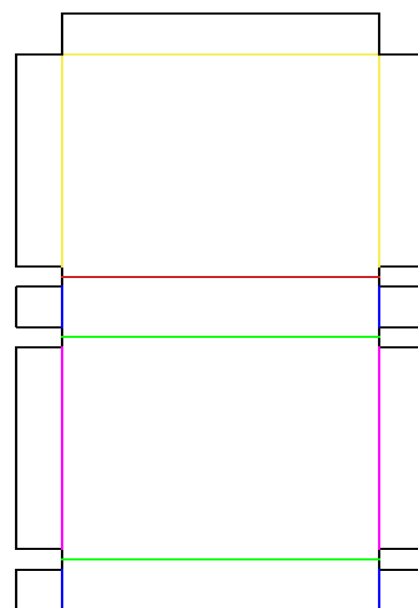
- tinkama darbo užduočių rotacija;
- tinkamas pertraukėlių grafikas;
- papildoma mankšta nedirbantiems raumenims;
- dirbtinai pailginti ciklo trukmę, taip sumažinant darbo tempą;
- parinkti automatinius sprendimus, kurie pakeistų žmogų cikliniuose darbuose.

Paskutinis punktas vis labiau plinta konvejerinėse linijose, tačiau, kaip aptarta anksčiau, šis sprendimas dažnu atveju itin apkarpo linijos lankstumą, todėl verta atkreipti dėmesį į kitus punktus.

## 2.2. Gofruoto kartono dėžių lankstymo įrenginiai

Gofruoto kartono dėžės pirmiausia įgauna išklotinės pavidalą, naudodami specialius peilius ir formas ir gofruoto kartono lakšto ši išklotinė yra iškertama. Išklotinių pavidalų jos yra transportuojamos užsakovams, kadangi tokiu pavidalu dėžė užima gerokai mažiau vietos. Galiausiai klientas išklotinę, pagal numatytą schemą, sulanksto ir paverčia ją dėže. Lankstymo procesas yra monotoniškas ir sąlyginai nesudėtingas, todėl šis procesas gali būti automatizuotas. Apžvelgsime esamus įrenginius kurie geba sulankstyti FEFCO 410 standarto dėžes.

Minėtų dėžių tipui automatinį lankstymo įrenginių veikimo principas ganėtinai paprastas, pagal pateiktą 2.2 paveiksle pateiktą schema panagrinėkime patį lankstymo procesą. Pirmiausia mechaniniais įtaisais dėžė lenkiama per žalias linijas, taip suformuojamas dėžės padas. Sekanti operacija jau kiek sudėtingesnė, turi būti pirmiausia lenkiami kraštai pažymėti mėlyna linija ir iškart prispaudžiamos kraštinės žymimos violetine linija. Pastarieji elementai suspaudžiami tarpusavyje bei suklijuojami, taip dėžė, per pora operacijų, paruošiama jos pakrovimui.



2.2 pav. FEFCO 0410 dėžės lankstymo schema

Šiuo principu veikia Vokietijos įmonės įrenginiai Homag VKF 100, šis įrenginys gali sulankstyti FEFCO 410 dėžę kurios maksimalūs vidiniai matmenys siekia 2500x1100x250 mm. Dėžė sulankstoma 3 pagrindiniais etapais: formuojama dėžė lenkiant ją per žalias briaunas, tuomet suformuojama viena violetinė briauna ir galiausiai trečiu etapu, formuojama antra violetinė briauna. Pačio įrenginio pagrindiniai gabaritai siekia 13300x7650 mm, įrenginio našumas - 10 dėžių per minutę. Žaliavos į įrenginį gali būti tiekiamos tiek rankiniu būdu (auto keltuvais), tiek automatiškai - konvejerio principu.



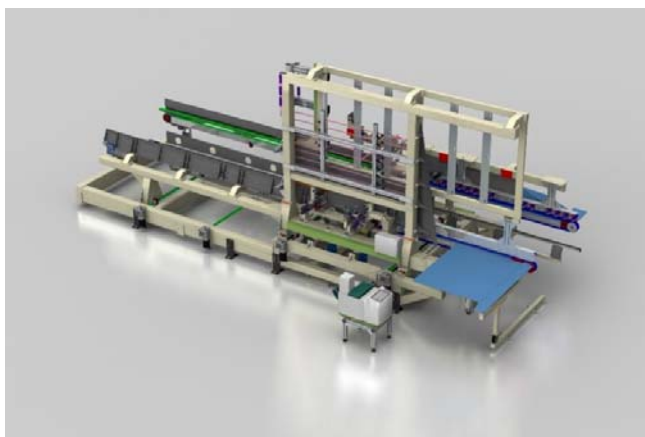
2.3 pav. HOMAG VKF 100 [7]



2.4 pav. HOMAG VKF 120 [7]

Tas pats Homag siūlo alternatyvą savo įrenginiui. Tai Homag VKF 120 [8]. Įrenginio veikimo principas skiriasi tuo, kad visi lenkimo procesai daromi praktiškai vienu metu, o sulankstyta dėžė tolimesniam jos naudojimui perduodama ne ritininiu konvejeriu, o robotizuota ranka, kuri sulankstyta dėžę gali paskuti 90 laipsniu kampu. Dėl šių priežasčių, įrenginio našumas mažesnėms dėžėms pakyla iki 15 dėž./min., tuo tarpu maksimalaus dydžio dėžėms našumas išlieka toks pat kaip ir VKF 100 modelio. Taipogi VKF 120 yra kur kas mažesnis: 7800x4700 mm. Žaliavos tiekimo variantai yra analogiški VKF 100 modeliui.

Konkuruojanti italų įmonė Magnys, siūlo savo įrenginį FM410 [9], šio įrenginio veikimo principas itin panašus į Homag VKF 100. Didžiausi galimi matmenys sulankstytai dėžei: 2500x1200x250 mm, šio dydžio dėžėms įrenginio našumas 7 dėž./min. Dirbant su mažesnėmis, iki 1400 mm., ilgio dėžėmis, įrenginys išvysto tą patį 10dėž./min. našumą. Magnys įrenginio pranašumas - galimybė automatiškai nustatyti, kokio dydžio dėžė bus lankstoma ir taip be papildomo žmogaus įsikišimo prisitaikyti prie darbo objekto. Homag įrenginiai šios funkcijos neturi. Lankstomos dėžės parametrai turi būti nustatyti rankiniu būdu.



2.5 pav. Magnys FM410 [9]

Įmonės X komplektavimo atveju būtina prieš komplektavimą dėžės dangtį atlenkti atgal, tai yra lenkti per raudoną liniją (2.2 pav.) priešinga kryptimi nei likusi dėžė. Ši operacija suteikia galimybę komplektuoti dėžę iš abiejų konvejerio pusių. Nė vienas iš apžvelgtų įrenginių pagal skelbiamą bazinę komplektaciją šios funkcijos neturi. Kadangi analizuojamoje pakavimo linijoje tai yra būtina, reikia sprendimų, kokias įtaisais tai būtų galima padaryti. Duomenų apibendrinimui pateikiama 2.1 lentelėje, joje nurodomi apžvelgtų įtaisų pagrindiniai parametrai.



2.1 lentelė. Pagrindiniai gofro kartono dėžių lankstymo įrenginių duomenys

Įrenginio pavadinimas	Gabaritiniai matmenys, mm.	Sulankstomos dėžės maksimalūs matmenys, mm.	Našumas maksimalaus dydžio dėžei, dėž./min.	Orientacinė kaina, tūkst., Eur.
HOMAG VKF100	13300x7650	2500x1100x250	10	250
HOMAG VKF120	7800x4700	2500x1100x250	10	250
MAGNYS FM410	12600x8050	2500x1200x250	7	250

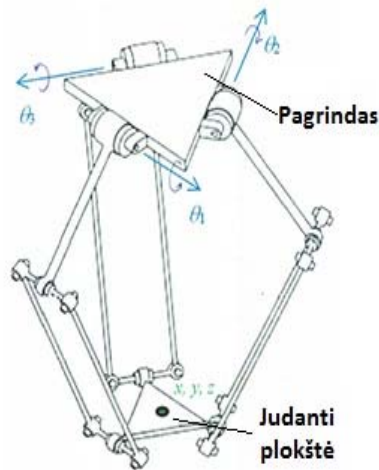
Kaip matome iš 2.1 lentelės visų 3 įrenginių kainos yra vienodos, „Magnys“ įrenginys atsilieka savo darbo našumu nuo „Homag“ įrenginių. Tuo tarpu „Homag“ įrenginiai skiriasi vienas nuo kito tik savo gabaritiniais matmenimis ir pačio įrenginio išdėstymu. Šis aspektas leidžia pasirinkti įrenginį pagal turimą erdvę prie pakavimo liniją.

### 2.3. Automatiniai pakavimo įrenginiai

Sukurtų produktų pakavimui gali būti naudojama labai įvairi įranga. Įrangos parinkimas labiausiai priklauso nuo gaminamo produkto specifikacijų bei gamybos apimties. Automatizuoti įrenginiai skirti daiktus perkelti iš vienos vietos į kitą. Tokiu būdu pakeičiami monotoniški veiksmai, kuriuos turi atlikti žmogus ir maksimaliai sumažindami žmogaus klaidos faktorių. Šiais laikais naudojami pakavimo robotai yra patikimi, nereikalauja daug priežiūros ir yra sąlyginai lengvai programuojami. Toliau bus apžvelgti dažniausiai naudojami įrenginiai, kurie pasižymi maža keliamąja galia (iki 10kg), ir tinkami naudoti masinėje gamyboje.

#### 2.3.1. Delta robotai

Delta robotai yra paralelios manipuliacijos robotai (2.6 pav.). Kaip matome roboto judesius lemia trys servo mechanizmai, kurie preciziškai kontroliuoja varikliais suteikiamus judesius. Šešių svirčių ir devynių šarnyrų mechanizmas sudaro sudėtingą kinematinę sistemą, kurioje yra trys laisvės laipsniai. Tiesa yra ir įvairesnių šio tipo roboto modifikacijų, kuomet pridedama daugiau laisvės laipsnių, pakavime dažnai pritaikomas 4 laisvės laipsnių delta robotas. Papildomas sukamas laisvės laipsnis pridedamas ties judančia plokšte, taip paimtas krovinyje gali būti apsuktas 360 laipsniu kampu. Kitos šio roboto modifikacijos yra labiau specifinės ir pritaikomos retesniais atvejais. Idealiu

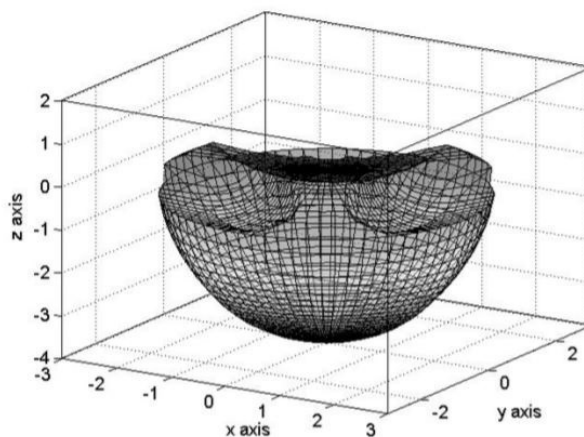


2.6 pav. Delta roboto veikimo schema [10]

atveju, judanti plokštė visada turi išlikti lygiagreti pagrindo plokštei. Tokiu būdu roboto darbo metu keliamas krovinys išlaiko pastovią padėtį, dėl to lengviau numatyti reikiamas judėjimo charakteristikas. 2.7 paveiksle matyti galima roboto judėjimo zona. Šios zonos parametrai kinta priklausomai nuo svirčių ilgio. Tačiau pati zonos charakteristika nekinta ir išlieka ganėtinai ribota. Tai vienas pagrindinių šio roboto trūkumų. [11]

Roboto svirtys sudarytos iš lengvo svorio kompozitinių medžiagų, kadangi visas svirtis jungia judanti plokštė, roboto konstrukcija tampa tvirtesnė, nedidinant įrenginio masės. Tai sumažina darbo metu atsirandančias inercines jėgas, dėl to robotas gali dirbti didesniu greičiu ir išvystyti didelį pagreitį. Šie robotai išvysto net iki 300 ciklų per minutę, tuo tarpu įprastų delta robotų didžiausia keliamoji galia yra tik 3kg. Tai rimtai riboja šių robotų pritaikymą platesnėje pramonėje.

Dėl robotų konstrukcijos robotas yra montuojamas virš jo darbo zonos, tai yra ant lubų ar papildomos aukštos konstrukcijos. Šis robotas kelia pavojų artimoje aplinkoje dirbantiems žmonėms, todėl privalu montuoti apsaugines tvoras ar rinktis papildoma įrangą kuri ribotų roboto veiksmus iškilus susidūrimo su pašaliniu objektu tikimybei.



2.7 pav. Delta roboto darbo zonos schema [11]

### 2.3.2. SCARA robotai

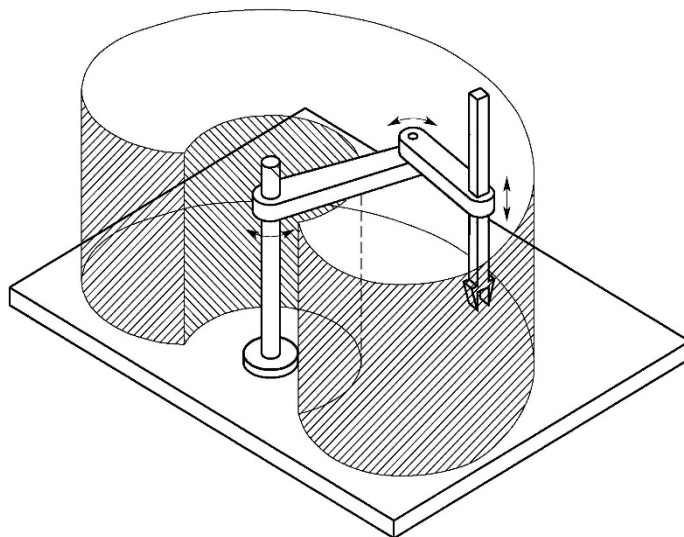
Labai dažnai pakavimo procesuose sutinkami SCARA robotai. Pavadinimo reikšmė lietuviškai verčiama taip: išrenkanti lanksti ranka robotizuotam surinkimui (*angl. Selective Compliant Assembly Robot Arm*). Roboto konstrukcija atkartoja žmogaus rankos fiziologiją, tai yra dvi svirtys sujungtos



2.8 pav. SCARA robotas IRB910SC [12]

šarnyru, tai matome 2.8 paveiksle. Konstrukcija tinkama pakavimo veiksams atlikti, šie robotai, turi 4 laisvės laipsnius (trys sukamieji ir vienas linijinis) ir yra valdomi servo mechanizmais, kurie suteikia roboto veiksams tikslumą, o šiuos mechanizmus varo elektrines, pneumatines arba hidraulines pavaras. Populiariausios yra elektrinės dėl didesnio tikslumo, patikimos, neturi pašalinių medžiagų (kaip hidraulinės pavaros) bei pasižymi mažomis eksploatacijos kainomis. [13]

SCARA robotai naudojami pakavimo ir surinkimo operacijose, kuomet detalė turi būti padėta vertikalia kryptimi. Rankos ilgis gali siekti iki 1,4 m, o judesys vertikalia kryptimi siekia 0,8 m. SCARA robotai privalumas yra didelis pakartojamumo tikslumas ir didelis judesių greitis, šių robotų keliamoji galia gali siekti iki 20kg., 2.9 paveiksle matome SCARA roboto darbo zoną. Darbo zoną riboją šarnyro



2.9 pav. SCARA roboto darbo zona [14]

esančio prie pagrindo eiga, tuo tarpu antrąjį šarnyrą riboja pirmoji svirtis, tiesa darbo zona įprastam pakavimo veiksmui, kuomet reikia vykdyti tą pačią užduotį yra pakankama. Reikia paminėti, kad yra kuriami SCARA robotai su galimybe pasukti pirmąjį šarnyrą 360 laipsniu kampu. Dauguma jų yra vystymo stadijoje ir nėra plačiai įdiegti. Pagrindinė problema iškyla programuojant, kadangi robotas

ta patį tašką gali pasiekti dviem keliais, todėl reikia kurti tarpinius taškus ir tai didina klaidos tikimybę.

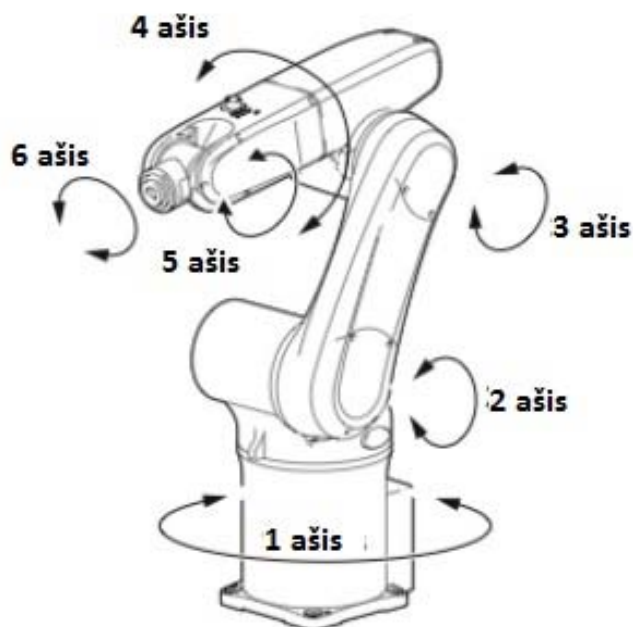
SCARA robotai gali būti tvirtinami tiek prie lubų, tiek prie grindų ar kokio nors stalo, tai suteikia didesni lankstumą jo naudojimui. Tiesa, kaip ir delta robotai, SCARA nėra bendradarbiaujantys su žmonėmis, todėl būtina jį aptverti apsauginėmis tvorelėmis ar įtaisyti papildomus įrengimus, kurie ribotu roboto veiksmus aptikus galima kliūti jo darbo zonoje.

### 2.3.3. Šešių ašių robotai

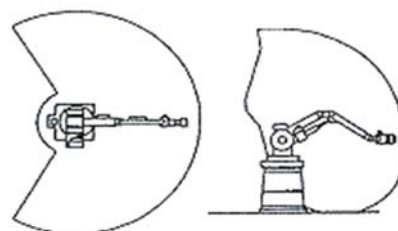
Šešių ašių robotai – robotai turintys šešis laisvės laipsnius, jis pavaizduotas 2.10 paveiksle, dėl savo ašių gausos jie tampa labai universalūs. Dažniausiai naudojami palečių komplektavime, pakavimo ir surinkimo procesuose, kadangi nėra linijinio judėjimo, šarnyrus ir ašis yra kur kas lengviau apsaugoti nuo pridulkėjimo, dėl to šie robotai gali būti naudojami itin nešvariose patalpose. [15]

Šie robotai gali būti montuojami bet kokioje padėtyje, tai suteikia galimybę robotą pritaikyti prie reikiamos darbo zonos. Roboto darbo zonos schema pateikiama 2.11 paveiksle. Be to, mažesnieji šio roboto variantai gali būti konstruojami ir su papildomu bėgeliu ties roboto tvirtinimo taškais. Tai įrenginiu suteikiama septintoji ašis, kas išplečia galima darbo zoną. [17]

Šių robotų keliamoji galia priklauso nuo jų dydžio. Didžiausieji kelia svorį iki 1000kg., tuo tarpu mažesniųjų, sveriančių iki 30kg., keliamoji galia siekia 10kg.



2.10 pav. Šešių ašių roboto schema [16]



2.11 pav. Šešių ašių roboto darbo zonos schema [17]

### 2.3.4. Bendradarbiaujantys robotai

Bendradarbiaujančių robotų klasei priskiriama robotai kurie gali saugiai dirbti šalia žmogaus jo nesužalodami, tokie robotai turi būti aprūpinti sensoriais skirtais išvengti susidūrimo su žmogumi, o įvykus kontaktui nesukelti žmogui jokių rimtų sužalojimų. Darbe apžvelgsime robotus, kurie turi



2.12 pav. Bendradarbiaujantys robotai [18]

jėgos ribojimo sistemą, 2.12 paveiksle matome keletą jų pavyzdžių. Sensoriai pajutę staiga padidėjusį krūvį sustabdo robotą, be to šie robotai būna apvalesnių linijų dizaino, kuris taip pat padeda apsaugoti žmogų. Šio tipo robotai gali saugiai dirbi be apsauginių tvorų, todėl gamybinėse patalpose galima sutaupyti nemažai vietos. [19]

Bendradarbiaujantys robotai retai naudojami pakavimo procesuose dėl kiek didesnės kainos nei konkurentai, tačiau dėl savo saugumo aspektų gali būti naudojami labai plačiai, kadangi nereikia jokių papildomų apsaugų, šio tipo robotus galima gana greitai perorganizuoti ir pakeist jų darbo vietą ir net darbo pobūdį. Šie robotai padeda įmonei išlikti lanksčiai ir būti pasiruošusiai prisitaikyti prie rinkos pokyčių.

### **3. Darbo zonų problemų ir galimybių analizė**

Apžvelgus reikalavimus darbo vietos ergonomikai bei galimybes kaip modernizuoti pakavimo liniją bus atliekama darbo zonų analizė ieškant kritinių vietų. Tam bus pasitelkta pakavimo linijos kokybinė statistinė analizė bei darbo vietų ergonomiškumo skaičiavimo metodika. Rastoms problemoms bus parinkti sprendimai joms išspręsti.

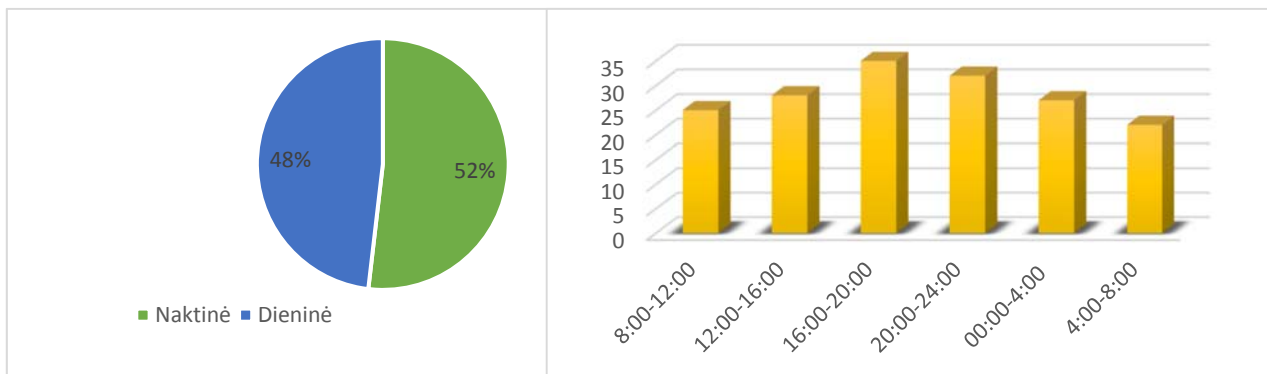
#### **3.1. Darbo zonų analizė ir tobulinimo galimybės**

Apžvelgus darbo vietos ergonomikos reikalavimus (žr. skyrių 2.1) bei išanalizavus galimus sprendimus linijoje, reikia ergonominiu požiūriu nustatyti žmogui kritines darbo pozicijas, kiekvienai pakavimo schemai, tam bus pasitelkta OCRA metodas. Taip pat bus nagrinėjamas įmonės X pakavimo linijos kokybiniai, statistiniai rodikliai ir bus ieškoma minėtų rodiklių ryšio su nekokybiškai atliktu darbu. Taipogi nustatysiu labiausiai pasikartojančias pozicijas, kurias, tikėtina, galima automatizuoti.

##### **3.1.1. Statistinė pakavimo linijos analizė**

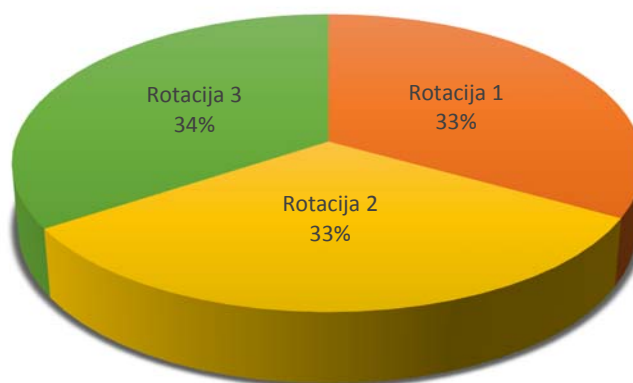
Pakavimo linijos darbuotojo tiesioginė užduotis yra komplektuoti dėžes pagal nurodytą pakavimo schemą bei identifikuoti nekokybiškas detales remiantis kokybiniu standartu. Pakavimo linijos efektyvumą apibrėžia darbo našumas, tuo tarpu pakavimo darbuotojų darbo kokybę geriausiai nusako vartotojų skundai. Verta paminėti, kad kai kurias pakavimo linijos klaidas suranda vidinės kontrolės sistemos, tačiau jos veikia atsitiktiniu modeliu, kuomet tikrinamos atsitiktinės dėžės, todėl tikrąja kontrole laikysime vartotojus. Vartotojai teikia skundus dėl trūkstamų detalių dėžėje bei kokybės. Detalių trūkumas dėžėje yra konkretus ir neginčijamas faktas, tuo tarpu kokybės vertinimas yra subjektyvus, tačiau skundo atveju, ginčas visada vertinamas palankiai vartotojui.

Atliekant pakavimo linijos analizę buvo įtraukti tik tie nusiskundimus dėl kokybės, kurie aiškiai matomi vizualiai ir turėjo būti pastebėti pakavimo darbuotojo (stiprūs mechaniniai pažeidimai, gręžimo skylių trūkumas ir t.t.). Vertintas laikotarpis apima įmonėje X gautus skundus nuo 2017 metų pradžios iki 2018 metų vidurio. Šios statistikos surinkimo ir analizavimo tikslas surasti dėsningumus (darbo laiko, pamainos), dėl kurių atsiranda vartotojų skundai.



3.1 pav. Vartotojų nuskundimai priklausomai nuo paros laiko ir konkrečios valandos

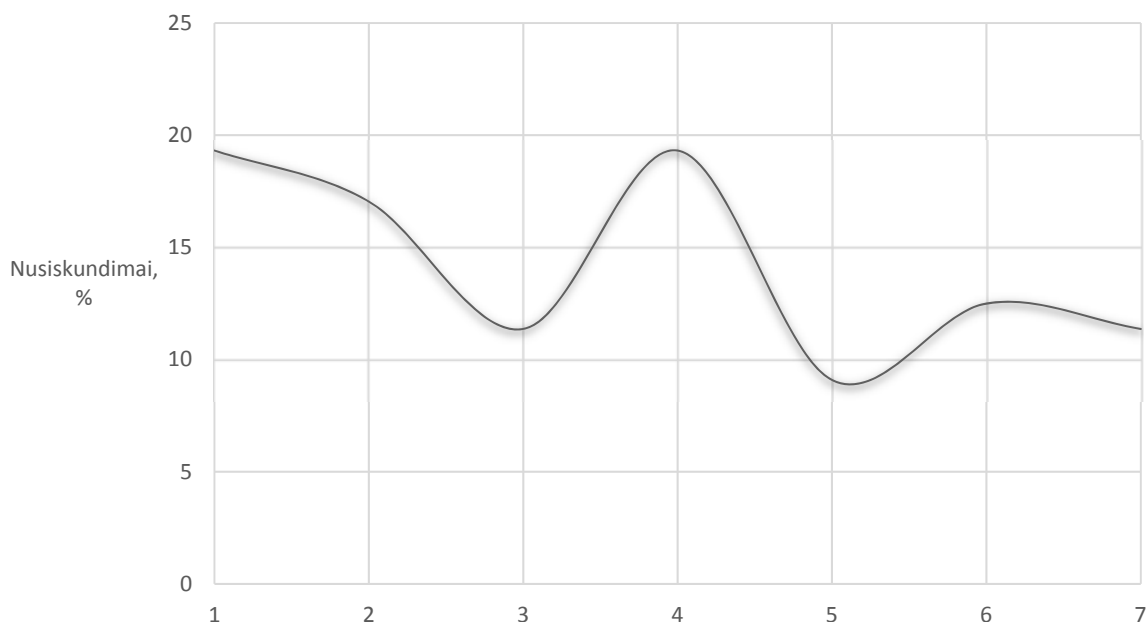
Pirmiausia patikrinta ar paros laikas turi įtakos darbo kokybei. Pateikiu 3.1 paveikslą, kuris parodo šia statistiką, kaip matome naktinės ir dieninės pamainos skirtumas itin minimalus ir jokio esminio skirtumo nesukuria. Įvertinus ryšį tarp vartotojų skundų ir pakavimo laiko, matome, kad du paskutiniai paros šeštadaliai (nuo 16 iki 24h) turi kiek daugiau nusiskundimų. Tai yra dieninės pamainos paskutiniosios 4 darbo valandos bei naktinės pamainos pirmosios 4 darbo valandos. Per šias aštuonias valandas užfiksuota 40 proc. visų gautų nusiskundimų. Tai sudaro įspūdį, kad būtent dėl pamainos keitimosi laiko, darbuotojai dirba mažiau atidžiai, bet būtent per kitą pamainos susidūrimo atkarpą, kuri būna 8 h ryte, užfiksuojamas mažiausias procentas – 28 %, todėl tai neišskiria jokio dėsningumo. Tuo labiau, kad didžiausią vertę nuo mažiausios skiria tik 7%, taip pat gerai iliustruoja 3.2 paveikslas, kuris rodo, kiek nusiskundimų gaunama iš kiekvienos rotacijos. Kaip minėta, rotacija - tai darbuotojų pakavimo pozicijos pakeitimas per vieną poziciją, kuri vyksta kas 4 valandas. Kaip matome, iš visų trijų rotacijų nusiskundimų gaunama vienodai. Atlikta analizė parodė, kad paros metas neturi jokios įtakos pakavimo kokybei ir pakavimo darbuotojų atidumui.



3.2 pav. Vartotojų nuskundimai priklausomai nuo pakavimo rotacijos

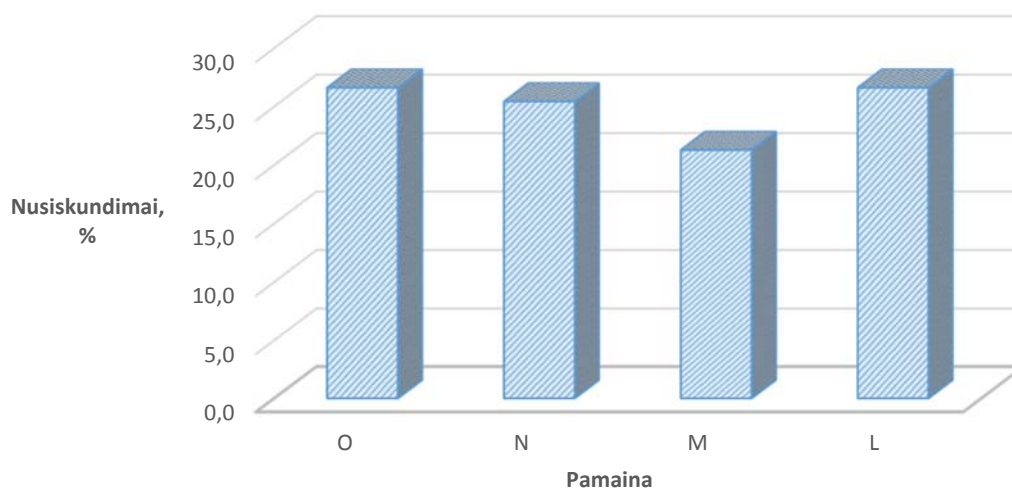
Skundų analizė buvo pakartota įvertinant savaitės dienas. Nors darbo grafikas yra slenkantis ir neturi pastovių laisvadienių, tačiau savaitgaliais darbuotojai yra mažiau kontroliuojami dėl technologų ir kokybės kontrolės vadovų laisvadienio.

Rezultatas pateikiamas 3.3 paveiksle, didžiausius nuogastavimus kėlę savaitgaliai pasirodė turintys mažiausią nusiskundimų procentą. Daugiausia nusiskundimų turi gaminiai, kurie buvo



3.3 pav. Vartotojų nusiskundimai priklausomai nuo pakavimo savaitės dienos

pakuoti pirmadienis ir trečiadienis – apie 19%. Toliau kreivė itin nepastovi, šį nestabilumą labai sunku paaiškinti, kadangi šiokiadieniu visos procedūros ir vykdomos rutinos yra identiškos. Kaip minėta, tik savaitgaliais kai kurios rutinos pakinta dėl vadovų laisvadieniu. Tačiau verta paminėti, kad gamybiniai planai dėliojami atsižvelgiant į šį faktorių ir stengiamasi savaitgaliais pakuoti kuo paprastesnius gaminius. Tai ir daro įtaką mažam nusiskundimų procentui gaminiams, kurie pakuojami



3.4 pav. Vartotojų nusiskundimai priklausomai nuo pakavimo pamainos



savaitgaliais. Kadangi jokio kito dėsningumo išvėlgti neįmanoma, galima daryti prielaidą, kad savaitės diena nedaro įtakos darbų kokybei.

Taip pat analizuota, kokį procentą nusiskundimų sudaro kiekviena pakavimo pamaina, šią statistiką pateikiu 3.4 paveiksle. Matome, kad O ir L pamainų statistika identiška, o pamainos N vos 2 procentais geresnė. Geriausiai atrodo M pamaina, kuri sukelia penktadalį visų nusiskundimų, šioje pamainoje nagrinėjamu laikotarpiu vyksta mažiausia žmonių kaita (nusiskundimų registravimo laikotarpis yra 1.5 metų). Kylanti ekonomika kuria naujas darbo vietas ir vilioja darbuotojus. Juos keičia pakavimo linijose įsidarbinantys nauji žmonės, todėl sunku įvertinti pamainos pasiekimus. Nauji žmonės turi pereiti adaptacinį laikotarpį, per kurį padaro natūralių klaidų, kurios virsta vartotojų skundais. Vykdomi įvairūs mokymai prieš pradėdant darbą, tačiau tai neišmoko darbe išlikti koncentruotam ir susidėlioti prioritetinius darbus.

Taigi, surinkta statistika nerodo jokio dėsningumo pakavimo linijoje atsižvelgiant į darbo laiką, tai reiškia, kad klaidų darymas nėra sisteminis. Klaidos yra atsitiktinės, kurioms užkardyti kelią yra praktiškai neįmanoma, tačiau, kaip minėta, klaidų padeda išvengti patirtis darbo vietoje, tam reikia išlaikyti pastovius darbuotojus, bet tai reikalauja papildomų resursų, kurie, dažnu atveju, neatitinka darbuotojų lūkesčių dėl darbo užmokesčio ir darbo rinkos tendencijų.

Atlikta vartotojų skundų ir pakavimo analizė neleidžia išskirti jokių dėsningumų, tai reiškia, kad kokybės tikrinimas pakavimo linijoje nėra 100% efektyvus, tačiau žmonių dirbančių prie pakavimo linijos klaidos yra atsitiktinės ir jų išvengti praktiškai neįmanoma. Tačiau atlikta pamainų analizė patvirtino, kad klaidų padeda išvengti darbuotojo patirtis. Siekiant efektyvios kokybės kontrolės pakavimo linijoje, reikia užtikrinti mažą darbuotojų kaitą, tačiau dažnu atveju to sunku pasiekti dėl darbo pobūdžio.

### **3.1.2. Pasikartojančių veiksmų vertinimas naudojant OCRA metodiką**

Tiriama linijinė konvejerinė pakavimo linija, kurioje žmonės komplektuoja dėžes, o pamainų trukmė 12 val., reikia įvertinti žmonių darbo vietos ergonomiką. Tam pasirinktas OCRA (angl. *occupational repetitive action*) rodiklis, šis metodas aprašomas tarptautiniame standarte ISO11228-3:2007 [20]. Metodas pasirinktas, kadangi jis apibrėžia visus standartinius faktorius, kurie veikia prie analizuojamos įmonės X pakavimo linijos dirbančius žmones.

OCRA rodiklis yra santykis tarp realių techninių veiksmų ir rekomenduojamų techninių veiksmų, jis aprašomas formule:

$$OCRA = \frac{n_{ATA}}{n_{RTA}} \quad (3.1)$$

čia:

$n_{ATA}$  – realių techninių veiksmų rodiklis;

$n_{RTA}$  – charakteristinių techninių veiksmų rodiklis.

Realūs techniniai veiksmai aprašomi formule:

$$n_{ATA} = n_{TC} \cdot \frac{60}{t_C} \cdot t \quad (3.2)$$

čia:

$n_{TC}$  – realūs techniniai veiksmai, vnt.;

$t_C$  – ciklo laikas, s;

$t$  – ciklo vykdymo trukmė, min.

Techninis judesys aiškinamas ne kaip atskiras kažkurio sąnario judėjimas, bet kaip kompleksinis viršutinės žmogaus dalies judesys. Bendrais bruožais techniniu viršutinės žmogaus dalies judesiu laikysime kai:

- viršutinių galūnių judesys dengia didesnę plotą nei 1 metras;
- siekiama objekto darbo zonos ribose;
- objektas sugriebiamas delnu;
- objektas perduodamas iš vienos rankos į kitą;
- objektas pozicionuojamas tam tikroje vietoje;
- naudojama jėga objektui įdėti, išimti arba jį suspausti;
- spaudžiamas mygtukas ar reguliuojama valdymo rankenėlė;
- nešimas, kai nešamas svoris yra didesnis nei 2kg, o nešimo distancija

viršija 1 metrą.

Skaičiuojami visi techniniai judesiai ciklo metu, netgi tie, kurie yra identiški vienas kitam, tuo tarpu paprastas ėjimas ar vizualinė kokybės patikra nėra laikoma techniniu veiksmu, kadangi nereikalauja viršutinės kūno dalies judėjimo.

Charakteristiniai techniniai veiksmai aprašomi formule:

$$n_{RTA} = k_f \cdot F_M \cdot P_M \cdot R_{eM} \cdot A_M \cdot t \cdot R_{cM} \cdot t_M \quad (3.3)$$

čia:

$k_f$  – techninių judesių dažnio konstanta, lygi 30;

$F_M$  – naudojamos jėgos indeksas;

$P_M$  – darbo pozos indeksas;

$R_{eM}$  – pasikartojančio ciklo trukmės indeksas;

$A_M$  – papildomas pavojingų, kenksmingų faktorių indeksas;

$t$  – darbo trukmė, min.;

$R_{cM}$  – pertraukų fiziniam atsistatymui indeksas;

$t_M$  – pamainos trukmės indeksas.

Kaip matyti, charakteristinių techninių veiksnių indeksą sudaro net 6 skirtingi indeksai, kuriais aprašomi rizikos faktoriai ciklo metu, todėl šis skaičiavimo metodas padės objektyviai įvertinti darbo vietos ergonomiką [20].

3.1 lentelė. OCRA indekso vertinimas [20]

OCRA indekso reikšmė	Rizika
$\leq 2,2$	Nėra rizikos
2,3 – 3,5	Žemas rizikos lygis
$\geq 3,5$	Yra rizika

OCRA rodiklio rezultatų vertinimą matome 3.1 lentelėje, šiais principais ir bus vadovaujamasi gavus rezultatus. Sprendimo ieškosime esant rezultatui didesniai nei 3,5, kuo indeksas didesnis, tuo rizika susirgti įvairiomis raumenų skeleto ligomis yra didesnė.

Darbe skaičiuojami pakavimo linijos darbo pozicijų žmonių viršutinių galūnių pasikartojančių veiksnių indeksai visų gamyboje pakuojamų dėžių atvejais. Pirmiausia išanalizuosime tik dėžių komplektavimo liniją, ją sudaro 20 skirtingų dėžių, kurioms supakuoti yra sukurtos 198 darbo pozicijos, visos pakavimo išdėstymo schemos pateikiamos 4 priede.

Pirmiausia įvertiname realių techninių veiksnių indeksą, jį sudaro trys kintamieji:

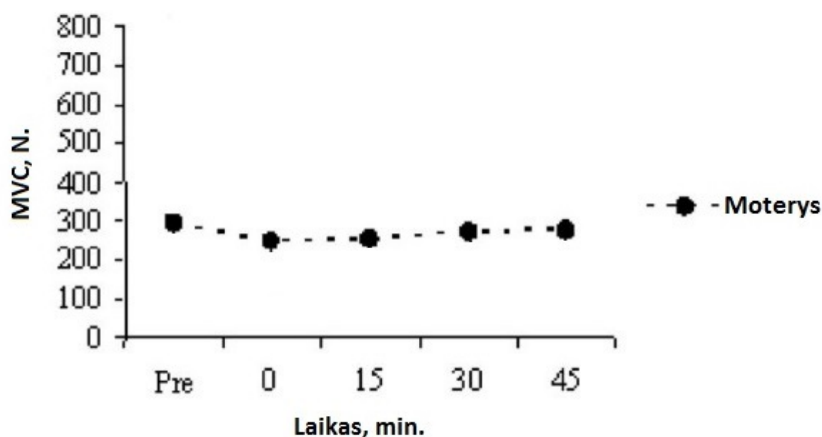
1. Realūs techniniai veiksniai – vertinami pagal metodikoje nurodytus veiksnius. Įvertinamas kiekvienas judesys, viršutinės kūno dalies ir kiekvienos rankos atskirai, atsižvelgiant į nurodytas metodikos gaires, kurios ir apibrėžia techninio judesio sąvoką. Pabrėžtina, kad vertinimas vykdytas skaičiuojant minimalų kiekį judesių veiksmui atlikti, tai generuoja geresnį galutinį rezultatą. Tačiau tenka pripažinti, kad žmonės dažnai ciklo metu atlieka daug nereikalingų judesių, kurie sukelia papildomą diskomfortą, tačiau šie judesiai tapę jų įpročiu, šie individualūs veiksniai sunkiai kontroliuojami.
2. Ciklo laikas – nustatytas pagal numatytą įmonės darbo našumo rodiklį. Korpusinius baldus gaminančios įmonės pakavimo linijos maksimalus pasiekiamas greitis leidžia sugeneruoti 7 sekundžių darbo ciklą, šis apribojimas susijęs su komplektavimo darbo centru. Dėl dėžės ilgio faktoriaus bei pakavimo schemos sudėtingumo darbo ciklas kai kurioms dėžėms pailgėja iki 12 sekundžių.

3. Ciklo vykdymo trukmė – tai pamainos laikas, kuriuo šis ciklas yra nuolatos kartojamas. Įmonė vykdo masinę gamybą, ir planuojant gamybą stengiamasi kuo rečiau keisti pakuojamą gaminį, kadangi pakavimo linijos pertvarkymas trunka iki 30 min., todėl skaičiavimuose vertinsiu, kad ta pati užduotis vykdoma visos pamainos metu. Pamainos trukmė įvertinus visas pertraukėles yra 630 min. Pamainos metu vyksta trys rotacijos, kurių metu žmogus pakeičia savo darbo poziciją, todėl darbo trukmė konkrečioje pozicijoje pamainos metu yra lygi 210 min.

Įvertinus visus šiuos rodiklius apskaičiuojamas realus techninių veiksmų indeksas.

Toliau apskaičiuoju charakteristinių techninių judesių indeksą, jį sudarys net 7 skirtingi kintamieji bei viena konstanta, kuri aprašyta metodikoje 3.1.2. skyriuje. Paaškinsiu parinktų 7 kintamųjų reikšmes.

1. Naudojamos jėgos indeksas – įvertina svorį, kurį kelia darbuotojas. Metodikoje nurodomas indeksas priklauso nuo maksimalios raumenų jėgos, kuri gali išlaikyti tam tikrą svorį, šis indeksas vadinamas MVC (*maximum voluntary contraction*) ir skaičiuojamas niutonais. Pakavimo linijoje įprastai dirba tik moterys, todėl remiantis 3.5 paveikslu matome, kad maksimalus moters MVC rodiklis yra



3.5 pav. Vidutinė maksimali moterų MVC priklausomybė nuo laiko [20]

300 N. Žmogaus linijoje naudojamos jėgos indekso priklausomybė nuo MVC matoma 3.1 lentelėje, priklausomybė nėra tiesinė. Jėga perskaičiuojama į kilogramus, ir darau prielaidą, kad maksimalus moterų MVC yra lygus 30 kg. Analizuojamu atveju šiam indeksui įvertinti buvo nustatyta kiekvienai darbo pozicijai tenkantis keliamas svoris. Svoriai yra labai įvairūs, siekiant gauti kuo tikslesnį rezultatą, naudojamos jėgos indekso vertės, kurios nurodytos 3.1 lentelėje buvo interpoliuotos, taip buvo gautos tarpinės reikšmės tarp pateiktų 6 indeksų.

3.2 lentelė. Naudojamos jėgos indekso priklausomybė nuo MVC [20]

MVC, %	5	10	20	30	40	≥50
Naudojamos jėgos indeksas, $F_M$	1	0,85	0,65	0,35	0,2	0,01

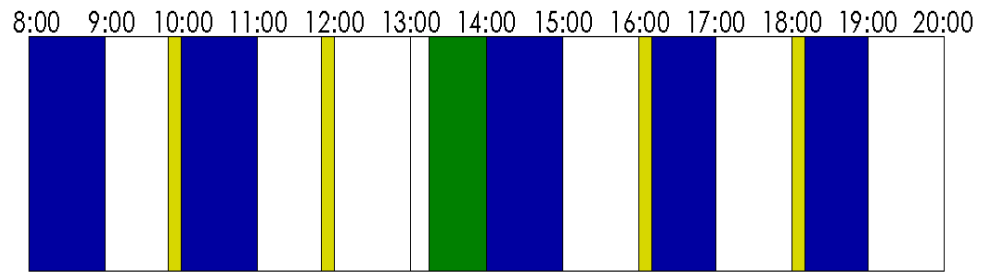
2. Darbo pozos indeksas – įvertina nenatūralių judesių dažnį ciklo metu. Analizuojamu atveju visi judesiai visose darbo pozicijose yra natūralūs žmogui, nereikia nei delnų, nei riešų ar alkūnių ekstremaliai pasukti, norint įvykdyti užduotį. Todėl tai nedaro jokios įtakos darbo vietos ergonomikai ir šis indeksas lygus 1.

3. Pasikartojančio ciklo trukmės indeksas – nustato riziką, kuomet ciklas pasikartoja labai dažnai, jei ciklas ilgesnis nei 15 s šio indekso reikšmė lygi vienetui, jei trumpesnis nei 15 s tuomet indekso reikšmė lygi 0,7. Kadangi skaičiuojamu atveju ilgiausias ciklas trunka 12 s, visų darbo pozicijų skaičiavimuose šis indeksas bus lygus 0,7.

4. Papildomas pavojingų, kenksmingų faktorių indeksas – vertina aplinkos rizikas. Baldų įmonėje dirbant prie pakavimo linijos nereikia naudotis jokiais sunkiais ar vibruojančiais įrankiais, nereikalingas absoliutus tikslumas, o patalpos temperatūra atitinka visas higienos normas. Taigi šis indeksas taipogi nedarys jokios įtakos skaičiavimui ir bus prilygintas vienetui.

5. Darbo trukmė – nustatyti, kiek laiko pamainos metu dirbamas ciklinis darbas. Mūsų atveju jis yra lygus viso darbo trukmei, neįskaitant pertraukėlių, tai yra lygu 630 min.

6. Pertraukų fiziniam atsistatymui indeksas – įvertina poilsio pertraukėlių dažnį. Pirmiausia reikia nustatyti, kiek yra darbo valandų, kurios neturi atsistatymo pertraukėlių. Atsistatymo pertrauka yra pertrauka po vienos valandos pasikartojančio darbo, kuri turi trukti ne mažiau nei 10 minučių. Pateikiamas 3.6 paveikslas, kuris iliustruoja dieninės pamainos darbo grafiką. Geltona spalva žymimos 10 min. pertraukėlės, o žalia spalva pažymėta pietų pertrauka. Taigi, gauname 5 valandas, kurios pažymėtos mėlynai, nes neturi atsistatymo pertraukėlių. Standartas nurodo, kad esant 5 valandoms, kurios neturi atsistatymo pertraukėlių, pertraukų fiziniam atsistatymui indeksas yra lygus 0,5, šis indeksas galios visoms darbo pozicijomis.



3.6 pav. Dieninės pamainos darbo grafiko schema

7. Pamainos trukmės indeksas – vertina riziką darbe, kuriame nuolatos vykdomi pasikartojantys darbai, šio indekso esmė, nepaisant tiriamuoju atveju esančių rotacijų, ir tai, kad pasikartojančių veiksmų pobūdis kiek pakinta, įvertinti kiek toks darbo pobūdis trunka. Kaip jau minėta, gryno darbo per pamainą yra 630 min., standartas nurodo, kai pamainos trukmė viršija 430 min. naudoti 0,5 indeksą.

Suskaičiavus realių techninių veiksmų indeksą ir charakteristinių veiksmų indeksą, galime apskaičiuoti OCRA rodiklį, visi skaičiavime naudoti tarpiniai duomenys pateikiami 3 priede. Gauti galutiniai rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje.

3.3 lentelė. OCRA rodiklio rezultatai

Gaminys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	2,03	2,03	3,17	3,05	2,03	3,05	3,77	2,11	3,11					
B	1,90	1,88	1,59	1,88	1,59	1,59	1,62	1,15	1,15	1,90				
C	1,90	2,10	2,10	2,22	2,22	2,10	2,10	1,90	1,98					
D	2,36	2,36	2,36	2,36	1,85	2,36	2,36	3,15	2,36	2,78	2,36	1,97	1,97	1,97
E	2,36	2,36	2,36	2,36	1,85	2,36	2,36	3,15	2,36	2,78	2,36	1,97	1,97	2,76
F	2,54	1,90	2,54	2,99	2,99	1,90	1,90	2,99	2,58	2,99				
G	1,90	2,72	1,90	2,72	2,46	1,59	2,05	2,10	2,10					
H	2,72	1,90	2,72	1,90	2,22	2,24	1,90	2,24						
I	3,81	2,67	3,81	2,67	3,14	2,67	3,14	2,67						
J	2,67	2,41	2,67	3,33	2,67	2,67	1,78	2,67	3,33	2,22				
K	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	1,52	2,29	3,87	2,69					
L	3,43	3,15	2,29	2,29	2,29	1,52	2,29	2,29	2,67	3,10	1,90	3,15		
M	2,29	2,29	2,29	2,29	1,52	2,29	2,29	2,29	3,87	3,87	1,90			
N	2,67	2,50	3,11	2,67	2,22	0,89								
O	2,22	2,22	1,90	3,03	3,03	1,27	2,06	2,06						
P	2,67	2,67	1,33	2,67	2,67	2,67	2,67	4,51	2,94					
R	2,67	2,67	1,33	2,67	2,67	2,67	2,67	4,51	3,14					
S	1,90	2,63	2,63	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	3,05	2,63	2,29	3,07	3,10	1,90
T	2,29	2,29	2,29	2,29	1,90	2,29	2,29	1,52						
U	2,29	2,29	2,29	1,52	1,52	1,52	2,67	3,87	2,67	3,87	1,90			

Kaip matome 3.2 lentelėje, žalia spalva žymimos pozicijos, kuriuose nėra jokios rizikos, tuo tarpu geltona – mažos rizikos pozicijos, raudona – rizikingos darbo pozicijos. Pastarosios sudaro vos 5% visų darbo pozicijų pakavimo linijoje. Pastarąsias prioretizuosime ir ieškosime sprendimų, kaip šias vietas galima patobulinti.

Jeigu gautą lentelę lyginsime su pakavimo schemomis 4 priede matome, kad visose kritinėse vietose dedamos fasadinės detalės, išskyrus I gaminyje. A gaminyje tai surinktos durys, jas vadinsime „Fasadas 1“. I gaminyje – spintos pertvara, kurią į dėžę įdeda du asmenys, kurie stovi 1 ir 3 pozicijoje. Šią dalį toliau vadinsime „Pertvara“. Visuose kituose gaminiuose kritinėse pozicijose dedamos stalčiaus fasadinė dalis. Ji yra universali ir ją vadinsime „Fasadu 2“, su „Fasadu 2“ šiose pozicijose taip pat kartu dedami kiti komponentai. Lentelėje 3.3 pateikiama informacija apie detales, kurios dedamos kritinėse vietose, kaip matome iš lentelės, 9 iš 10 atveju svoris neviršija 4 kg bei nei vienas matmuo nesiekia 1 m. ribos. Tik I dėžėje esanti pertvara yra sąlyginai sunki bei didelė, ją pakavimo linijoje į dėžę deda du asmenys.

3.4 lentelė. Kritinėse darbo pozicijose dedamų detalių informacija.

Dėžė	Darbo pozicija	Detalė	Matmenys, mm.	Svoris, kg.	Papildoma detalė	Matmenys, mm	Svoris, kg
A	7	Fasadas 1	342x358x18	1,95	-	-	-
I	1 ir 3	Pertvara	1806x531x16	10,4	-	-	-
K	8	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2
M	9	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2
M	10	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2
P	8	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2
R	8	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2
U	8	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2
U	10	Fasadas 2	758x222x18	2	Fasadas 2	758x222x18	2

Lentelėje pateiktų gaminių kritinius OCRA rodiklius lėmė skirtingi faktoriai. Pertvaros detalės atveju gaunamas OCRA rodiklis – 3,81. Tai yra viena iš sunkiausių detalių. Kaip minėta, ją kelia du asmenys. Verta paminėti, kad yra ir daugiau tokio pat svorio detalių, kurias kelia du asmenys, bet šių darbo pozicijų OCRA rodiklis patenka į zoną, kurioje nėra rizikos, tai lemia I dėžės ciklo laikas, jis yra net 3 s., trumpesnis nei minėtų panašių didelių detalių. Fasado 1 svoris pats mažiausias 3.3 lentelėje. Reikia pabrėžti, kad A dėžės 7 pozicijoje dedama tik viena detalė, tačiau trumpiausia ciklo trukmė – 8 s. Būtent didelis tempas lemia šios darbo pozicijos neergonomiškumą. Galiausiai – „Fasadas 2“, jie dedami du vienoje darbo pozicijoje, jų svorių suma daro didžiausią įtaką OCRA rodikliui. Kaip matome, jis dedamas įvairiuose dėžėse, bet jų rodikliai skiriasi, tai dėl dėžių pakavimo ciklo trukmių skirtumo.

Taip pat apskaičiuotas OCRA rodiklis dėžių lankstymo darbo centrui, rezultatas pateikiamas 3.4 lentelėje. Šiuo atveju visoms dėžėms realių techninių veiksmų skaičius yra identiškas ir lygus skaičiui 10. Ciklo trukmė išlieka ta pati kaip ir pirmuoju skaičiavimu ir ji yra skirtinga kiekvienai dėžei. Gofro kartono dėžių svoris svyruoja, tačiau neviršija 1 kg., todėl naudojamos jėgos indeksas visiems gaminiams yra lygus vienetui. Visi kiti indeksai išlieka tokie pat, kokie buvo naudojami dėžės komplektavimo OCRA rodiklio nustatymui. Taigi vienintelis kintamasis dėžių lankstyme yra ciklo trukmė. Kuo trukmė mažesnė, tuo OCRA rodiklis didesnis. Iš rezultatų matome, kad ši pakavimo linijos darbo pozicija, kurioje nuolatos dirba du žmonės yra itin kenksminga žmogaus raumenų skeleto sistemai. Tik 30% gaminių, kurių pakavimo ciklas ilgesnis, nepatenka į rizikos zoną, todėl būtina išspręsti šio darbo centro problemą.

3.5 lentelė. Dėžių lankstymo centro OCRA rodiklis

Gaminys	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U
Dėžių lankstymo OCRA rodiklis	5,08	3,17	3,17	3,94	3,94	3,17	3,17	3,17	4,44	4,44	3,81	3,81	3,81	4,44	3,17	4,44	4,44	3,81	3,81	3,81

Taigi išskyrėme dešimt darbo pozicijų dėžių komplektavimo stadijoje ir dvi pozicijas dėžių lankstymo stadijoje, kurios darbuotojo atžvilgių nėra ergonomiškos ir turi didesnę potencialą sukelti dirbančio žmogaus raumenų skeleto ligas. Tai neatitinka nei įmonės filosofijos, nei Lietuvos respublikos įsakymo dėl darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimų tvarkant krovinius rankomis [22], kurie teigia: „Darbdaviui atstovaujantis asmuo (toliau vadinama – įmonės vadovas) ar jo pavedimu įgaliotas asmuo, įgyvendindamas darbdavio pareigą sudaryti darbuotojams saugias ir sveikatai nekenksmingas darbo sąlygas visais su darbu susijusiais aspektais, turi imtis reikiamų organizacinių veiksmų arba naudoti tinkamas priemones, ypač mechaninius įrenginius, kad darbuotojams nereikėtų tvarkyti krovinių rankomis“, todėl bus ieškoma būdų automatizuoti šias darbo pozicijas.

### 3.1.3. Automatinio pakavimo įrenginio įdiegimo galimybių vertinimas

Apžvelgus galimus automatizavimo įrenginius pakavimo linijai, būtina nustatyti jų pritaikymo galimybę mūsų konkrečioje analizuojamoje pakavimo linijoje. Aptarti gofro karto lankstymo įrenginiai turi aiškiai numatytą savo vietą prieš komplektavimo linijos konvejerį. Taip bus užtikrintas gofro kartono dėžių tiekimas dėžių komplektavimo linijai, tuo tarpu automatiniam pakavimo įrenginiui būtina rasti kuo optimaliausią vietą. Šis įrenginys privalo būti išnaudojamas kuo maksimaliau ir nesumažinti pakavimo linijos lankstymo. Toliau apžvelgsime darbo pozicijas, kurios tinkamiausios automatizavimui.

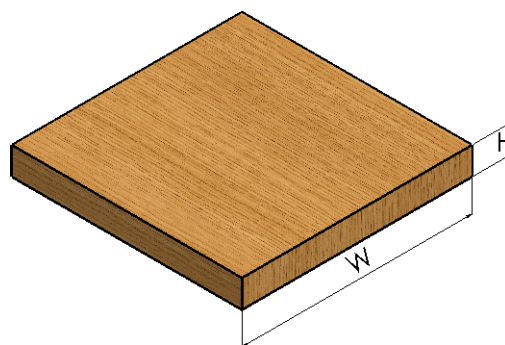


Kaip jau minėta prie pakavimo linijos viso yra 14 pozicijų darbuotojams, bus apžvelgtos visos 20 gamyboje pakuojamos dėžės ir ieškoma darbo pozicijos, kuri be jokių pakeitimų priimtinausia automatizavimui. Darbo pozicijas kurios gali būti automatizuotos laikysiu tas kurios atitiks šiuos reikalavimus:

1. Pakuojamos dalies svoris turi neviršyti 5 kg., kadangi dauguma 2.3 skyriuje apžvelgti mažesnių gabaritų robotai, kurie gali tilpti į įprastą darbo poziciją, kurios orientaciniai matmenys yra 1,8 x 1,0 m., gali pakelti iki 10 kg. Tačiau robotas dirbdamas su savo maksimaliu svoriu dirba lėtesniu režimu, dėl to neišnaudojamas roboto galimas našumas.
2. Pakuojamos dalies kokybė privalo būti užtikrinta iš anksto, kadangi apžvelgtų robotų vizualinės patikros papildoma įranga iki šiol negali užtikrinti reikalaujamos kokybės. Papildomos montuojamos kameros negali nustatyti visų minimalių paviršių pažeidimų.
3. Pakuojama dalis turi būti lengvai įdedam į dėžę. Detalės nereikia dėti į tarpą, kurio laisvumas lyginant su dedama detale nesiekia 2 mm., taip bus užtikrinta didesnė roboto paklaida.

Pirmuosius du punktus puikiai atitinka furnitūros pakuotės, kurios dažniausiai pakuojamos kartoninėse dėžutėse bei visi dėžės: koriai, gofruoto kartono lakštai, taip pat stalčių sudedamosios dalys, kurios nėra gaminamos gamykloje ir jų kokybė užtikrinama tiekėjo bei gaunamų žaliavų kontrolės procedūromis. Be to šiai kategorijai tinka pusgaminiai, kurie gaminami plačių detalių gręžimo linijoje. Kaip minėta 1.1 skyriuje, plačiomis detalėmis laikysime detales kurių perimetras pločio ir aukščio atžvilgiu viršija 200 mm., šių detalių schema galime matyti 3.7 paveiksle. Čia kintamųjų  $W$  ir  $H$  suma turi būti didesnė nei 100 mm., tai yra dėl to, kad įmonės artimiausiuose planuose numatomas šioje gamybos linijoje įdiegti vizualinės patikros sistema, kuri gebės nustatyti išgręžtų skylių kiekį bei paviršiaus dangos kokybę. Patikra vyks skaitmeniniu būdu lyginant detales su sugeneruotu etalonu. Taigi prie linijos privaloma vizualinė patikra bus tik mažosioms detalėms.

Trečiasis punktas labiau individualus. Didelės detalės visais atvejais į dėžę įdedamos esant didesniam laisvumui, kadangi tai yra daug patogiau. Įspraudžiami tik kai kurie pakavimo užpildai, kurių paskirtis užtikrinti detalių stabilumą dėžėje ją transportuojant ir apsaugoti pakuotės turinį nuo smūgių, čia viskas priklauso nuo sudarytos pakavimo schemos. Tiesa esant būtinybei, ją galima pakoreguoti, tačiau pirminio tyrimo metu, kuris bus atliekamas, laikysimės esamų pakavimo schemų.



3.7 pav. Detalės perimetro matavimo schema

Taigi nustatysime visas pozicijas, kuriuose komplektuojamos detalės atitinka aukščiau išvardintus reikalavimus.

Automatiniai pakavimo įrenginiai komplektuojasi su įvairiais čiuptuvais. Žvelgiant į elementą kuris bus pakuojamas, taipogi bus nustatytas kuris čiuptuvas tam labiausiai tinkamas. Vertinsime du plačiausiai naudojamus čiuptuvus: mechaninį ir vakuuminį.

3.6 lentelė. Automatinio dėžių komplektavimo įrenginio pritaikymo galimybės

Gaminys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	White	White	Dark Green	Yellow	White	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
B	Yellow	White	Blue	White	White	Yellow	White	Yellow	Yellow	White	Grey	Grey	Grey	Grey
C	Yellow	White	Grey	White	Blue	Grey	Blue	White	Grey	White	Yellow	White	Grey	Grey
D	Yellow	White	White	White	Yellow	White	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	Yellow	Yellow	White
E	Yellow	White	White	White	Yellow	White	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	Yellow	Yellow	White
F	White	Yellow	White	Grey	White	Grey	White	Yellow	Yellow	White	White	White	Grey	Grey
G	Yellow	White	Yellow	White	Grey	White	Yellow	White	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey
H	White	Yellow	White	White	Yellow	White	Yellow	White	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
I	Grey	Yellow	Grey	White	Yellow	White	White	White	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
J	Yellow	White	Blue	White	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	Yellow	White	Grey	Grey	Grey
K	Yellow	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	Yellow	Dark Green	White	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
L	Yellow	White	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	White	White	White	White	White	Grey	Grey
M	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Dark Green	Dark Green	Yellow	White	Grey	Grey
N	Yellow	White	White	White	White	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
O	White	Grey	White	Yellow	Yellow	Yellow	White	White	White	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
P	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	White	Yellow	Dark Green	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
R	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	White	Yellow	Dark Green	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
S	Yellow	White	Yellow	White	Yellow	White	White	White	Yellow	Yellow	White	Yellow	White	Yellow
T	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
U	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Dark Green	White	Dark Green	Yellow	Grey	Grey	Grey

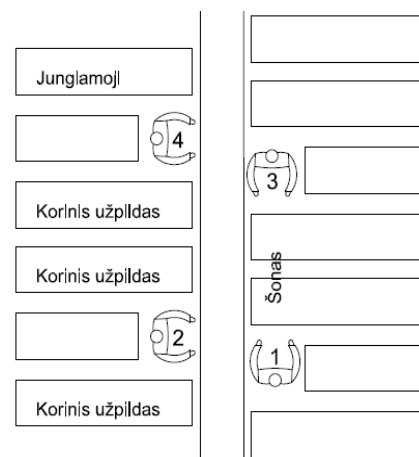
Vakuuminis čiuptuvas	Yellow
Mechaninis čiuptuvas	Green
Tinka abu čiuptuvai	Blue
OCRA rizikos zonos	Grey
Tuščios darbo zonos	Grey

Lentelėje 3.5 pateikiama informaciją apie palankias vietas automatiniam pakavimo įrenginiui kiekvienai atskirai dėžei, šiuo atveju darbo pozicijos sudėliotos ne pagal darbuotojų eiliškumą, o pagal užimamas darbo zonas. Toliau tai vadinsime darbo zona, čia raidėmis žymima atskiros dėžės, o skaičiai nurodo pakavimo darbo zoną. Lentelėje matome didžiausia galimybių koncentraciją pakavimo linijos pradžioje. Ypač išsiskiria pirmoji pozicija, joje automatizuoto pakavimo įrenginio išnaudojimas gaminių atžvilgiu siektu 80%, nedarius jokių pakeitimų pakavimo schemose. Tai yra dėl to, kad šioje vietoje dažniausiai įdedami koriniai užpildai dėžės kraštuose. Sumontavus automatinį pakavimo įrenginį būtent šioje vietoje, įgauname keletas teigiamu aspektu: pirmiausia, robotas savo darbą atlikinėtų virš vis dar tuščios dėžės, taip išvengiama galimų mechaninių pažeidimų dėl įrenginio

kontakto su gaminiais. Be to įrenginiui būtų keliami mažesni tikslumo reikalavimai, kadangi nereikia korio padėti į vietą tiksliai. Esant paklaidai ją ištaisytu žmogus tęsiantis komplektavimo darbus ir galiausiai atkreipus dėmesį į saugumo reikalavimus, jeigu komplektuojantis robotas bus šalia gofro kartono lankstymo įrenginio, jį bus lengviau apjuosti reikiamomis apsauginėmis tvorelėmis ir bus sutaupoma šiek tiek vietos.

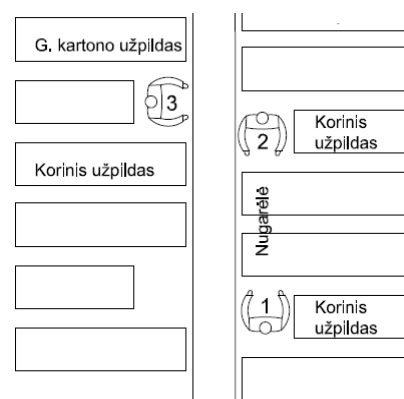
Pirmoji pozicija atrodo pati priimtinausia automatizuoto komplektavimo įrenginio įdiegimui. Tačiau kaip minėta, svarbu kad robotas būtų išnaudojamas maksimaliai, kaip matome yra keturios dėžės kuriuose pirmoji pozicija nėra priimtina šiam robotui. Tačiau pakeitus pakavimo išdėstymą tai galima ištaisyti. Apžvelgsiu kaip paprastai galime pakeisti F, H, I ir O dėžių pakavimo schemas išdėstymą, kad pirmoje pozicijoje roboto išnaudojimas siektu 100%.

Peržvelgus pakavimo schemas, matome identiškas situacijas F, H ir I dėžėse, pakavimo schemas fragmentas pateikiamas 3.8 paveiksle. Matome, kad 1 ir 3 darbo pozicijoje įdedamas šonas (F dėžėje dedama nugarėlė, I dėžėje – pertvara), kuri į dėžę deda du asmenys dėl jos gabaritų ir svorio. Tuo tarpu lygiagrečiai su jais, antroje pozicijoje esanti darbuotojas į dėžės kraštus įdeda du korinius užpildus. Šie koriniai praktiškai dedami pirmieji, tik darbuotojas stovi antroje pozicijoje. Dėžės F komplektavimas išsidėstęs per 12 darbo pozicijų, o dėžių H ir I per 8 darbo pozicijas, šių veiksmų sekoje itin lengva permodeliuoti pakavimo schemą, kadangi užtenka visus darbuotojus perstumti per vieną darbo poziciją.



3.8 pav. H dėžės pakavimo schemas

Dėžės O atveju situacija kiek kitokia, ją galime matyti 3.9 paveiksle. Čia korinius užpildus deda tie patys žmonės, kurie deda ir nugarėlę, šios nugarėlės svoris vos 1,5 kg., tačiau jos gabaritiniai matmenys 1500x800x2,5 mm. Būtent nugarėlės matmenys yra priežastis kodėl ją deda du žmonės, kadangi jos svoris mažas, išteklių sumetimais, pakavimo schema sudaryta taip, kad šiose darbo pozicijose kartu būtų dedama ir šoninis korys. Ši pakavimo schema išsidėsčiusi per 10 darbo pozicijų. Kaip ir pirmąsias tris taip ir šią, galima sumodeliuoti taip, kad pirmojoje pozicijoje galėtų stovėti automatinis komplektavimo įrenginys. Tam, kad jis neštu finansinę naudą, pirmosios ir antrosios pozicijos darbuotojai perimtu užpildus iš trečiosios pozicijos darbuotojo. Tuo tikslu 1 ir 2



3.9 pav. O dėžės pakavimo schemas

pozicijos darbuotojos perkelsiu į kitą juostinio konvejerio pusę, kadangi trečiojo darbuotojo dedamas korinis užpildas ir gofruoto kartono užpildas dedamas kairiojoje dėžės pusėje.

Taigi rasti sprendimai, kaip sumodeliuoti pakavimo schemas, kad pirmojoje pozicijoje galėtų nuolatos stovėti automatinis pakavimo įrenginys ir visiems gaminiams turėtų paskirtą dėlioti korinius užpildus. Visos keturios pakeisto pakavimo schemas pateikiamos 4 priede. Visi keturi pakeitimai paliečia tik pirmąsias tris darbo pozicijas, todėl šie pakeitimai nedarys jokios įtakos nei pakavimo zonoms, nei pakavimo procesui.

Toliau apžvelgsime galimybes automatizuoti OCRA rizikos zonas. Tam suskaičiuosime visoms dėžėms automatizuoto sprendimo įgyvendinimo galimybę remiantis 3.5 lentele bei įvertinant jau pakeistas F, H, I ir O dėžių pakavimo schemas. Tai galime matyti 3.6 lentelėje.

3.7 lentelė. Darbo zonų analizė

Darbo zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Automatizavimo galimybė, %	100	35	70	40	70	60	60	60	40	35	25	15	15	5
OCRA rizikos zonų, vnt.	0	1	1	0	0	0	1	4	1	2	0	0	0	0
Tuščios darbo zonos, %	0	0	10	5	5	10	5	5	25	45	60	65	85	85

Didžiausią OCRA rizikos koncentracija matome 8 darbo zonoje, šioje darbo zonoje automatizavimo galimybė siekia 60%. Žiūrint kiek plačiau, matome, kad 80% OCRA rizikos zonų susitelkę tarp 7 ir 10 pozicijų, tačiau jos kiek išsibarsčiusios, todėl norint automatizuoti pakavimo zona, reikia pertvarkyti pakavimo schemas taip, kad šios pavojingos žmogaus sveikatai darbo pozicijos būtų vienoje darbo zonoje. Pakavimo linijos pabaigoje matome, kad turime daug darbo zonų, kurios šiuo metu laisvos. Pasinaudosime šia vieta ir pertvarkysime pakavimo schemas. Atlikus pakavimo zonų analizę, nustatyta, kad optimalios vietos automatizavimo sprendimui yra 10 ir 12 darbo zona, taip bus galima automatizuoti ir tas dėžės, kuriuose nustatytos dvi darbo pozicijos, kurios turi pavojingą OCRA rodiklį.

Pakavimo schemų pakeitimus pateikiu 3.7 lentelėje. Lentelė yra 3.5 lentelės redaguota versija, todėl sulyginus jas, galime matyti, kaip pakeistas pakavimo pozicijų išdėstymas. Kaip jau anksčiau minėta, pirmoje zonoje numatomas automatizuotas įrenginys kurio užimtumas sieks 100%. Tuo tarpu 10 darbo zonos automatinio įrenginio užimtumas, gaminių atžvilgiu yra 85%, o 12 darbo zonos – 75%. Tik vienintelė S dėžės pakavimo schema išlieka visiškai nepakitusi. Verta pabrėžti, kad tiek 10, tiek 12 darbo zona sudėliota taip, jog komplektuojant tas dėžes, kurių metu robotas neturi savo užduoties, jo nereikia fiziškai patraukti nuo pakavimo linijos, kad atlaisvintume darbo zoną, taip bus

sutaupoma darbo jėga linijos ruošimo kitam gaminiui metu. Visas sumodeliuotas pakavimo schemas, pagal numatytą planą, galite rasti 4 priede.

3.8 lentelė. Pakavimo schemų pakeitimų planas

Gaminys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	Galimos vietos automatizuotam sprendimui													
B	OCRA rizikos zonos													
C	Tuščios darbo zonos													
D	Tuščios darbo zonos atsiradusios po pakeitimų													
E														
F														
G														
H														
I														
J														
K														
L														
M														
N														
O														
P														
R														
S														
T														
U														
Numatomas darbo zonos automatizavimas, %.	100	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	75	0	0

Dėžės I komplektavime išliko OCRA pavojingo rodiklio zonos, kadangi jos negali būti automatizuota, to priežastis – aptartos galimos svorio ribos. Be to, linijos pradžioje taikyti automatizuotą sprendimą yra gan sudėtinga, nes tai ganėtinai apriboja linijos lankstumą. Šioms darbo pozicijoms išspręsti gali būti naudojami vyrai. Pagal aptartą OCRA metodiką, vienas iš indeksu priklauso nuo žmogaus MVC, jei moterų MVC siekia 300 N, tai šis rodiklis vyrams yra dvigubai didesnis – 600 N. Tai leistu šių darbų zonų OCRA rodiklį sumažinti iki 3,3.

### 3.2. Automatizuotų įrenginių parinkimas ir pagrindimas

Apžvelgus galimus sprendimus ir išanalizavus pakavimo liniją buvo rastos tobulintinos pakavimo linijos vietos. Parinksime sprendimus išspręsti dėžių lankstymo darbo centro darbuotojų neergonominę situaciją panaudodami automatizuotą įrenginį, taip pat bus parinkti automatizuoti įrenginiai nustatytoms dėžių komplektavimo zonoms. Parinkimas ir skaičiavimai bus atliekami vienai pakavimo linijai, tačiau nebusta pažeista antrosios pakavimo linijos erdvė, taip išlaikant galimybę visus sprendimus perkelti ir antrajai linijai.

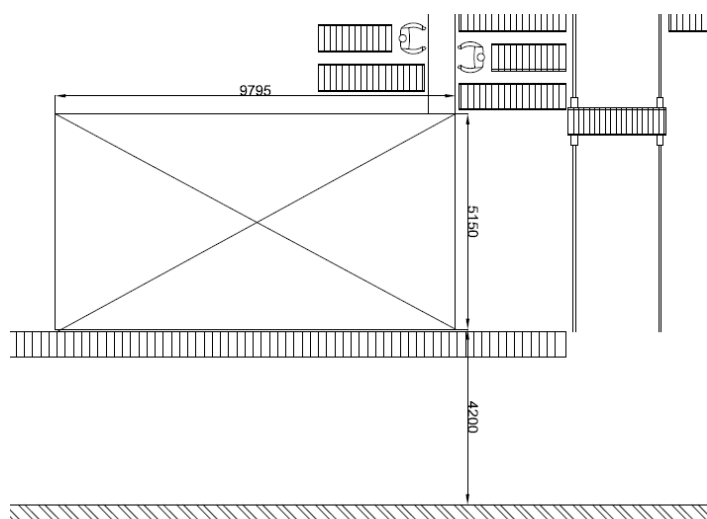
#### 3.2.1. Gofruoto kartono dėžių lankstymo įrenginio parinkimas

Gofruoto kartono dėžių lankstymas yra stabilus procesas be kurio nepasieina nė viena pakavimo schema. Galima daryti prielaidą, kad ir tolimoje ateityje šis procesas bus aktualus ir naudojamas, todėl šis prietaisas gali būti stacionarus ir nejudinamas. Pagrindiniai kriterijai kuriuos turi atitikti pakavimo įrenginys yra šie:

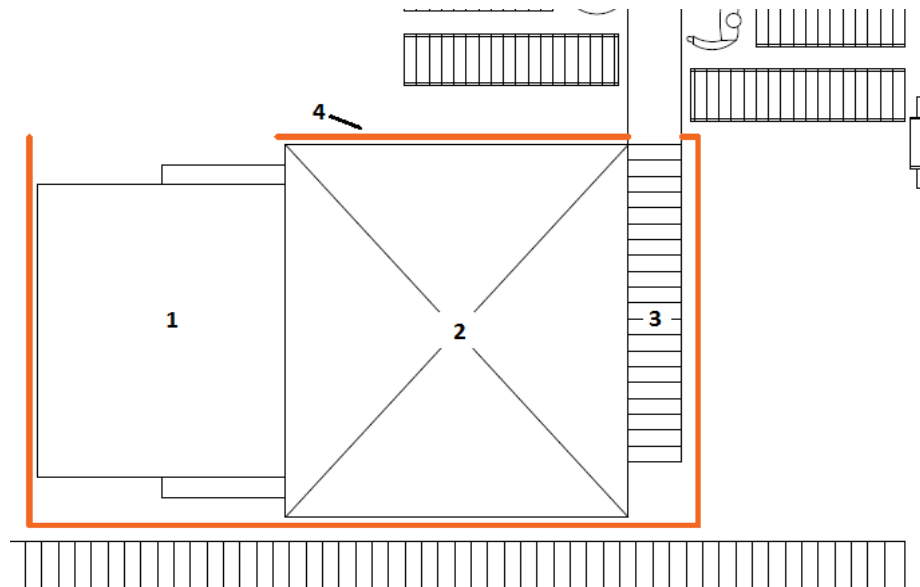
- įrenginio ciklo trukmė turi būti greitesnė nei 8 dėžės per minutę (tai greičiausias ciklas šiuo metu);
- turi gebėti lankstyti FEFCO 410 standarto dėžes;
- turi gebėti lankstyti dėžės kurių matmenys yra ne mažesni nei 2100x660x120 mm.

Įrenginio gabaritiniai matmenys turi būti apie 9795x5150 mm., kad tilptu į dabartinio pakavimo linijos išdėstymo schemą. Pateikiamas 3.10 paveikslas su erdve prieš pakavimo liniją. Kaip matome, yra dar nemažai erdvės nuo sienos iki ritininio konvejerio, šiuo metu ten yra takas pėstiesiems ir mini poilsio zona darbuotojams (išdėstytos kėdės palei sieną).

2.3.2 skyriuje buvo apžvelgti trys dėžių lankstymo įrenginiai. Visų jų kaina yra panaši, todėl pasirinkimą lemia tik įrenginių specifikacija. Tiriamuoju atveju geriausiai tinka HOMAG VKF120 dėžių lankstymo įrenginys. Prieš kitus du produktus, šis įrenginys turi aiškų pranašumą dėl savo sąlyginai mažo dydžio (7800x4700



3.10 pav. Vieta dėžių lankstymo įrenginiui



3.11 pav. HOMAG VKF 120 principinė schema pakavimo linijoje

*1 - žaliavų tiekimo platforma, 2 – lankstymo agregatai, 3 – ritininis konvejeris,  
4 – apsauginė tvora.*

mm), tai leidžia sutaupyti vietos ir nereikalaus papildomos pakavimo linijos išdėstymo keitimo. HOMAG VKF 120 schema prieš pakavimo liniją pateikiama 3.11 paveiksle, čia 1 žymima žaliavų tiekimo platforma. Žaliavos bus sudėtos ant medinės arba plastikinės paletės. Žaliavos platforma turi žirklinio keltuvo funkciją ir gali nusileisti iki grindų lygio, todėl žaliavos galės būti kraunamos ant platformos ne tik autokrautuvu bet ir rankiniu palečių keltuvu-vežimėliu. Antruoju numeriu žymima įrenginio lankstymo centras, kuris pneumatinių stūmoklių ir klijų užpurškimo sistemų pagalba gofro kartono dėžės išklotinės paverčiamos sulankstytomis dėžėmis. Numeris 3 žymi ritininį konvejerį, kuriuo sulankstytos dėžės tiekiamos į pakavimo liniją. Galiausiai, 4 numeriu pažymėta apsauginė tvora, kuri yra būtina užtikrinti aplinkinių darbuotojų saugumą.

### 3.2.2. Dėžių komplektavimo įrenginio parinkimas

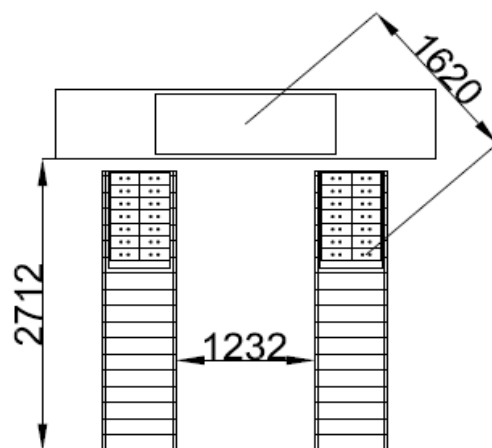
Dėžių komplektavimo įrenginiai reikalingi numatytose trijose darbo pozicijose. Automatizuotam įrenginiui keliami šie reikalavimai:

1. Įrenginys privalo spėti įdėti dvi detales per vieną ciklą. 3.12 paveiksle matome, kad teorinis tolimiausių detalių atstumas iki dėžės gali siekti iki 1,7 m.
2. Įrenginys ciklo metu turi pernešti bent 4 kg., svorį. Pagal planuojamą schemą būtent dviejų „Fasadas 2“ detalių kombinacija tiek sveria. Visais kitais atvejais svoris yra mažesnis.

3. Įrenginys turi tilpti į įprastą pakavimo zoną (2700x1232 mm.), kadangi gaminių gama gali po keleto metų pasikeisti, todėl tai neturėtų daryti įtakos pakavimo linijos išdėstymui.

4. Įrenginys turi būti lengvai išmontuojamas, kad pasikeitus gaminių gamai įrenginys galėtų pakeisti savo dislokaciją ar net pakeisti darbo tipą.

5. Įrenginys privalo nekelti pavojaus aplinkiniams žmonėms. Privalu rasti sprendimus, kaip apsaugoti darbuotojus.



3.12 pav. Komplektavimo įrenginio darbo zona

Taigi pirmiausia nustatysime kokio greičio įrenginys tai turėtų būti, tam pasitelksime A dėžę, kurios ciklas pats trumpiausias – 8 s. Eksperimentiniu būdu, lyginant du įrenginius (vienas mažos galios 6 ašių bendradarbiaujantis robotas, kitas 6 ašių paletizavimo robotas), nustatytas detalės paėmimo operacijos ir detalės padėjimo operacijos trukmė, ji trunka iki 2 s. Atsargos dėlei laikysime, kad operacijos trukmė yra lygi 2 s., taigi 4 s sugaišamos detalės paėmimui ir padėjimui. Detalei transportuoti nuo ritinio konvejerio į dėžę lieka dar 4 s. Atstumas nuo tolimiausios detalės iki dėžės gali siekti iki 1,7 m., pridėdami atstumui 20% atsargą ir turime 2 m atstumą. Tuomet reikiamas įrenginio judėjimo greitis:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2}{4} = 0.5 \text{ m/s} \quad (3.3)$$

čia:

$v$  – greitis, m/s,

$s$  – kelias, m,

$t$  – laikas, s.

Kaip matome iš 4.1 formulės vienos detalės transportavimui turime turėti įrenginį kuris detalę gali transportuoti 0.5 m/s. Analizuotais atvejais, dažniausiai dedamos dvi detalės vienoje darbo zonoje, todėl nesunku apskaičiuoti, kad ciklo trukmei esant 8 s vien detalių paėmimas ir padėjimas sunaudos visą turimą laiką. Todėl koncentruosiuosi į įrenginius kurie geba atskirai vienu metu transportuoti dvi detales.

Antrame punkte minėta, kad bendras svoris, kurį reikia pernešti ciklo metu siekia 4 kg. Kadangi priimtas sprendimas naudoti įrenginį su dviem atskirais čiuptuvais, šis reikalavimas dalinasi pusiau. Vienam čiuptuvui privalo pernešti bent 2 kg., svorį.



Taip pat privalu aprašyti 5 punktą, kadangi įrenginys stovės prie pakavimo linijos ir dirbs šaliai žmonių, privalu užtikrinti žmonių apsaugą. Įprastai pastačius robotą atlikti kokią nors užduotį, jis būna apjuostas tvoromis, tam kad užtikrinti aplinkinių saugumą. Analizuojamu atveju, robotas negali užimti daug vietos, kadangi jis turi būti įspraustas į įprastą pakavimo zoną, kuri pavaizduota 3.12 paveiksle, o tai nėra lengva užduotis. Be to jeigu pridėsime apsaugines tvoras, šis plotas dar labiau didėja, todėl robotas bus renkamas iš bendradarbiaujančių robotų srities, kurie buvo aptari 2.4.4. skyriuje.



3.13 pav. Bendradarbiaujantis robotas „Baxter“ [23]

Atsižvelgiant į iškeltus reikalavimus ir aprašytas pastabas buvo priimtas sprendimas visose trijose numatytose automatizuoti pozicijose naudoti Rethink Robotic gaminį „Baxter“. Šis robotas visiškai atitinka iškeltus reikalavimus:

1. vieno griebtuvo greitis su maksimalia apkrova – 0,6 m/s.
2. Vieno griebtuvo maksimalus keliamas svoris – 2,3 kg.
3. Papildomos komplektacijos stovo matmenys – 810x810 mm.
4. Roboto papildomos komplektacijos stovas turi ratukus, kurių pagalba gali būti nesunkiai keičiama jo dislokacija.
5. Įrenginys priklauso bendradarbiaujančių robotų šeimai. Standartinėje komplektacijoje yra jėgos sensorius, kuris sureaguoja kai kuri nors roboto ranka atsitrenkia į kitą objektą ir sustabdo robotą, taipogi įmontuotas 360° sensorius, kuris jaučia judesiu aplink save ir pajautęs grėsmę susidurti su judančiu objektu, sustabdo robotą bei kamera roboto priekyje ir dar dvi kameros roboto rankose kurios gali nustatyti artėjantį žmogų.

Kitos pagrindinės šio roboto specifikacijos pateikiamos 3.8 lentelėje.

3.9 lentelė. Roboto „Baxter“ specifikacijos [18]

Aukštis	940 mm
Aukštis su papildomu pagrindu	1780 – 1900 mm.
Svoris	75 kg
Papildomo pagrindo svoris	64 kg
Maksimalus vienos rankos keliamas svoris	2,3 kg
Maksimalus greitis be apkrovos	1 m/s
Maksimalus greitis su maksimalia apkrova	0,6 m/s
Programavimas	Programavimo arba mokymo metodu
Laisvės laipsniai	7
Galimi čiuptuvai	Mechaninis arba vakuuminis

Galiausiai lieka viena svarbiausių šios roboto specifikacijų – kaina. Be paties roboto reikės ir keleto papildomų elementų jo komplektacijai. Tai specialus stovas, kuris suteiks robotui mums reikiamą aukštį bei mobilumą. Taip pat reiks vakuuminių griebtuvų, kurie neįtraukti į pradinę komplektaciją. Be to reikės konvejerio sekimo sistemos, kad robotas gebėtų vadovautis realia situacija, o ne teoriniu ciklu, visų šių komponentų orientacinės kainos pateikiamos 3.9 lentelėje.

3.10 lentelė. Roboto „Baxter“ įdiegimo kaštai [24]

Elementas	Kaina, Eur.
Robotas „Baxter“	35000
Stovas	4500
Vakuuminio griebtuvo kompleksas, 2 vnt.	6000
Konvejerio sekimo sistema	11500
Papildoma kamera robotui konvejerio sekimui	1500

Kadangi planuojama statyti iš vis 3 „Baxter“ robotus, todėl išlaidos konvejerio sekimo sistemai bus dalinamos į tris lygias dalis. Viską susumavus pridėjama dar 10% nuo bendros kainos, tai turėtų padengti įrangos instaliavimo ir paleidimo kaštus. Taigi galutinė vieno „Baxter“ roboto su papildoma komplektacija kaina – 54000 Eur.

### 3.3. Rizikų vertinimas

Parinkus įrenginius bei sudarius teorinę pakavimo linijos schemą būtina numatyti visus galimus nesklandumus kurie gali kilti nuo diegimo iki gyvavimo fazės. Apžvelgsime labiausiai tikėtinas galimas problemas. Vertinsime „Baxter“ robotą ir „Homag VKF 120“ dėžių lankstymo įrenginį lygiagrečiai.

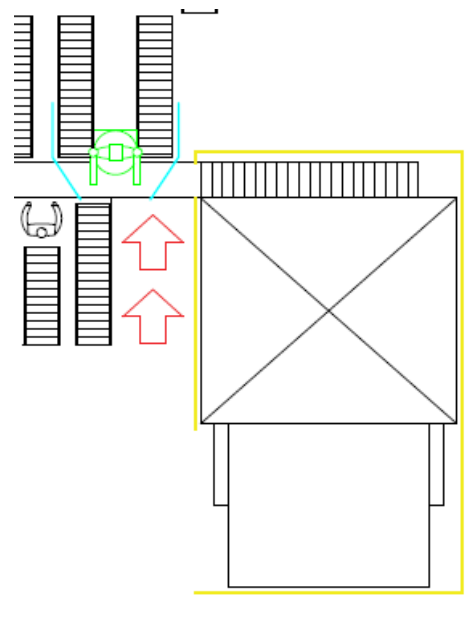
Įrenginių diegimas ir dėžių lankstymo įrenginį gaminantį Vokietijos įmonė „Homag“ yra viena iš savo srities lyderiu, medienos apdirbimui ir baldų gamybos įrenginių gamyboje. Įrenginio kainą įskaičiuota įmonės inžinierių darbas surenkant ir paleidžiant įrenginį kliento gamykloje, todėl jokių problemų diegime neturi kilti.

Roboto „Baxter“ kūrėjai įsikūrę Jungtinėse Amerikos Valstijose. Įmonė vykdo veiklą 10 metų ir taipogi garantuoja visokeriopą pagalbą savo gaminių diegimo stadijoje. Nors pasirinktas robotas pasižymi lengvu programavimu, kuomet pagrindinių judesių robotą galima išmokyti fiziškai, tačiau analizuojamu atveju reikės specialistu įsikišimo roboto darbui suderinti su konvejeriu, šie diegimo darbai bus papildomai apmokestinti. Tikslī kaina nustatoma konkrečiu atveju, tačiau diegiant daugiau nei vieną robotą, bendruoju atveju tai kainuos apie 1500 Eur., vienam robotui. Abu įrenginiai turi 24 mėnesių garantiją nuo gedimų. Tačiau gedimo atveju pakavimo linija gali sustoti. Todėl būtina numatyti veiksmus ką reikėtų daryti tokiu atveju.

Sugedus dėžių lankstymo įrenginiu reiktu numatyti vietą (stalą) šalia pakavimo linijos pradžios, kur būtų galima lankstyti išsklotines. Tiekimas į liniją taipogi turėtų būti atliekamas rankomis per atsiradusį tarpą tarp dėžių lankstymo įrenginio ir ritininio konvejerio. 3.14 paveiksle tiekimo vieta žymima raudonomis rodyklėmis. Šis būdas paveiktų linijos našumą, bet leistu linijai veikti kol įrenginys bus suremontuotas.

Sugedus dėžių komplektavimo robotui, jį bus galima lengvai patraukti nuo pakavimo linijos, kadangi jo papildome stovė sumontuoti ratukai (3.15 pav.), kurie padeda transportuoti robotą. Kadangi pilnos komplektacijos roboto svoris sieks 145 kg., šį darbą turės atlikti 3 vyrai arba 5 moterys. Patraukus robotą nuo linijos, jo vieta turės laikinai užimti žmogus. Suremontavus robotą, jis bus lengvai pastatomas į savo vietą.

Žmonių darbo sauga. Saugos reikalavimai abiem įrenginiam bus aprašyti įmonės technikų ir saugos specialistų. Tačiau darbuotojų nuovargis ir koncentracijos stoka reikalauja papildomų apsaugos priemonių, kurios fiziškai užkirstų kelią nelaimėi, tam bus panaudotos tvoros. Dėžių lankstymo įrenginys bus apjuostas standartine 2 m., aukščio tvora, kuri neleis žmonėms prisitarti



3.14 pav. Dėžių tiekimo rankiniu būdu schema



3.15 pav. Roboto „Baxter“ mobilus pagrindas [24]

prie pavojingų mechanizmų, 3.14 paveiksle ji žymima geltona spalva. Tvorą apjuos visą įrenginį išskyrus tarpą, kuriuo bus tiekiamos žaliavos. Šioje vietoje turėtų būti naudojami elektriniai davikliai, kurie pajutę judesį (žmogaus įėjimą, auto krautuvo privažiavimą) sustabdytų įrenginį tol kol pašalinis objektas nepasišalintų.

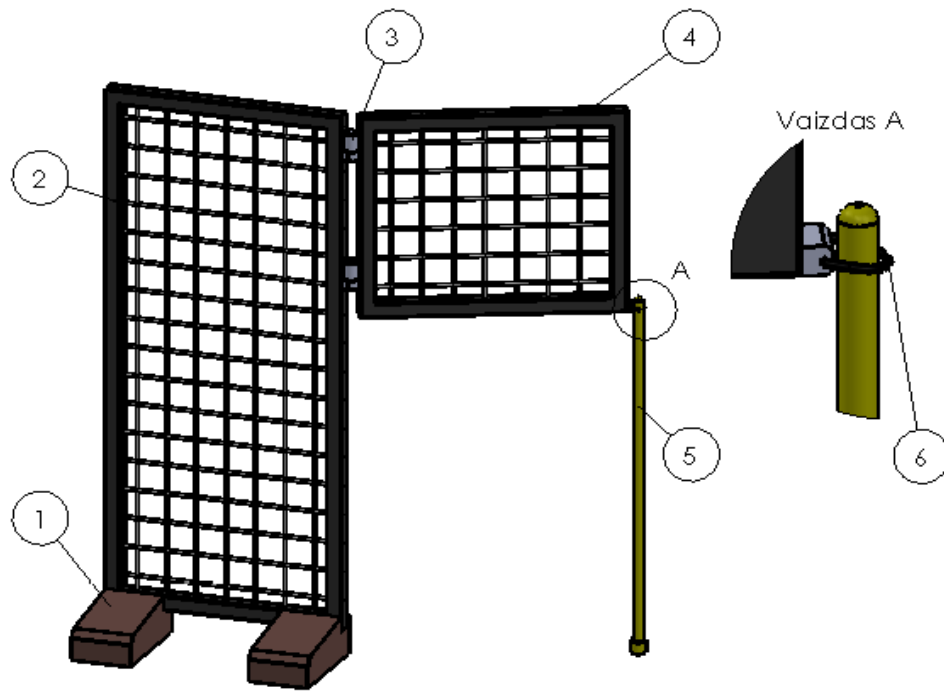
Robotas „Baxter“, kaip jau minėta anksčiau, yra bendradarbiaujantis robotas galintis dirbti šalia žmonių, kadangi turi aibę anksčiau aptartų apsaugos priemonių. Pakavimo linijoje robotas dirbs šalia žmonių, roboto ir žmogaus svorio centrus skirs tik 2 m., atstumas. Roboto žmonių daviklis, kuris nustato per arti priartėjusį žmogų, privalės nereaguoti į šį faktą ir dėl to nestabdyti roboto. Taigi žmogų dirbantį priešais saugos:

1. roboto susidūrimo daviklis, kuris stabdo roboto iškart įvykus kontaktui;
2. roboto formos, kurios neturi aštrių kampų;
3. lėtas roboto judėjimas.

Vis dėl to robotas kels į dėžės stalčių fasadus kurie turi aštrius kampus. Žmogui padarius neatsargų judesį link roboto, keliamo detalė gali sužeisti žmogų. Nors po kontakto robotas ir iškart sustos, tai jau nepakeis susidūrimo fakto, kurio metu šalia dirbančiam žmogui gali būti nubrozdyta ar pažeista oda. Susiklosčius nepalankioms aplinkybėms, sužalojimas gali būti ir stipresnis. Be to, šaliai dirbančius žmones veikia ir psichologinis faktorius, dėl to jie gali nepasitikėti elektroniniu įrenginiu, todėl buvo nuspręsta šalia robotų sumontuoti apsaugines tvoras. 3.14 schemoje jos vaizduojamos žydros spalvos linija, jos vizualizaciją matome 3.16 paveiksle.

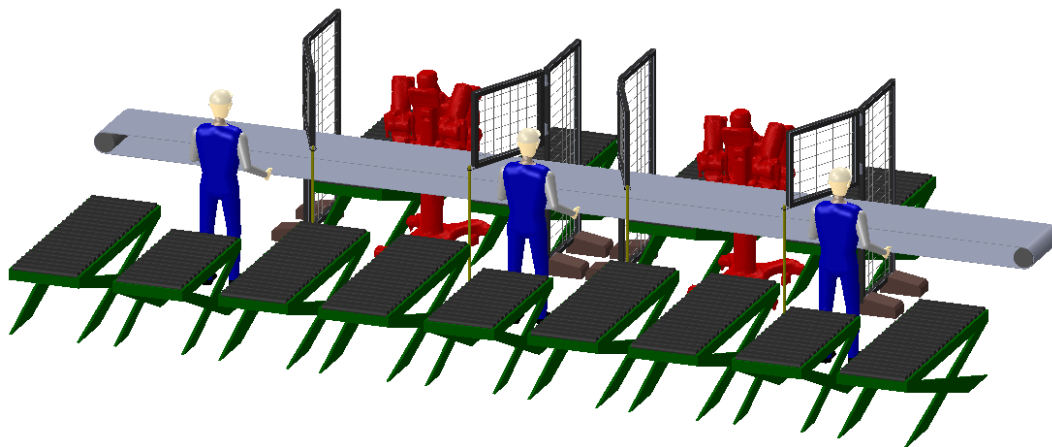
Sumodeliuota apsauginė tvorelė nepritaikyta dideliems smūgiams. Robotas atsitrenkęs į tvorelę iškart sustos, todėl svarbiausia tvorelės užduotis tik nenugrįūti po kontakto. Tam šiai tvorelei pritaikyti platūs stovai, kurie žymimi 1 numeriu.

Tvorelė turėtų būti lengva ir mobili, vyriai, pažymėti 3 numeriu, leidžia tvorelę sulankstyti bei suteikia galimybę reguliuoti mažojo tvoros segmento pasukimo kampą. Mažasis tvoros segmentas fiksuojamas kitoje juostinio konvejerio pusėje. Čia fiksatorius atliks tik fiksavimo funkciją ir nebus išnaudojamas kaip atrama. Paveiksle numeris 3.17, matome 9 – 13 darbo zonų vizualizacija. 11 darbo zonoje dirbantį supa net du robotai. Pakliūti į roboto darbo zona itin lengva, todėl šioje zonoje dirbančiam žmogui tvorelės itin aktualios.



3.16 pav. Apsauginės roboto tvorelės vizualizacija

1 – tvorelės stovas, 2 – didysis tvoros segmentas, 3 – vyris, 4 – mažasis tvoros segmentas, 5 – fiksatorio stovas, 6 – fiksatorius.



3.17 pav. 9–13 atnaujintų darbo zonų vizualizacija

Taigi sklandų diegimą užtikrins įrenginių gamintojai, taipogi numatyta, ką reikia daryti gedimo atveju, kad pakavimo linija nebūtų stabdoma. Tai svarbu įmonės veiklai finansiniu atžvilgiu, kadangi kiekvienas gamybos sustojimas kainuoja įmonei. Visi saugos klausimai bus reglamentuoti standartais bei pasatyti fiziniai barjerai, kurie užkirs kelią nelaimėms dėl neatsargumo.

### 3.4. Ekonominis pagrindimas

Kiekvienos investicijos pagrindinis klausimas – atsiperkamumo laikas, todėl bus suskaičiuota, kokia visų investicijų vertė, kiek tai leis sutaupyti ir kada tai atsipirks. Skaičiavimai bus atliekami darant prielaidą, kad gaminamas asortimentas ir jo metiniai kiekiai yra nekintami.

Pirmiausia susumuosime visą investicijos kainą, tai sudaro visos įrangos su papildoma komplektacija kaina ir apytikslė apsaugos priemonių bei diegimo darbų kaina. Diegimo kaina laikysime 10% įrenginio kainos. Visi šie punktai pateikiami 3.10 lentelėje.

3.11 lentelė. Investicijos išlaidų suvestinė

Išlaidų rūšis	Vienetai	Suma, Eur
1. Įrenginių kaina:		
1.1 Homag VKF 120	1	250000
1.2 Rethink Robotic "Baxter"	3	105000
2. Papildoma komplektacija		
2.1 Homag VKF 120	1	100
2.2 "Baxter" roboto	3	47500
3. Diegimo kaštai		
3.1 Homag VKF 120	1	0
3.2 Rethink Robotic "Baxter"	3	10500
3.3 Konvėjero sekimo sistema	3	4500
4. Fizinės apsaugos priemonės		
4.1 Homag VKF 120 apsauginė tvora		350
4.2 Rethink Robotic "Baxter" apsauginė tvorelė	6	600
5. Viso, Eur.		385550

Brangiausias komponentas – dėžių lankstymo įrenginys, jis sudaro 60% visų išlaidų, tiesa taip pat į šią kainą įeina ir įdiegimo kaštai. Fizinės apsaugos priemonės šioje sumoje sudaro 0,3% visų investicinių išlaidų. Šios išlaidos privalomos žmonių saugumui užtikrinti.

Toliau įvertinsime planuojamų įdiegti įrenginių išnaudojimą. Dėžių lankstymo įrenginio ir roboto „Baxter“, kuris bus sumontuotas pirmojoje darbo zonoje, išnaudojimas sieks 100%. Tačiau likusių dviejų įrenginių išnaudojimas bus mažesnis. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.11 lentelėje.

3.12 lentelė. Įrenginių užimtumo skaičiavimas

	Metinis pakavimo laiko užimtumas, %	Dėžių lankstymo įrenginys	"Baxter" 1-moje darbo zonoje	"Baxter" 10-oje darbo zonoje	"Baxter" 12-toje darbo zonoje
A	4,56	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
B	1,33	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
C	1,33	Dirba	Dirba		Dirba
D	4,08	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
E	1,56	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
F	18,58	Dirba	Dirba	Dirba	
G	18,58	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
H	18,58	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
I	13,27	Dirba	Dirba	Dirba	
J	2,04	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
K	2,75	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
L	2,37	Dirba	Dirba	Dirba	
M	2,37	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
N	1,10	Dirba	Dirba		Dirba
O	1,53	Dirba	Dirba	Dirba	
P	1,10	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
R	1,10	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
S	1,25	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
T	1,25	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
U	1,25	Dirba	Dirba	Dirba	Dirba
Metinė darbo laiko suma, %	100	100	100	97,57	64,24

Lentelėje 3.11 naudojami metinio pakavimo laiko užimtumo duomenys gauti panaudojus metinius gamybos kiekius ir dėžės pakavimo laiką, atsižvelgiant į naujai sumodeliuotą pakavimo liniją kuriuose dėžių pakavimo procesuose įrenginys naudojamas. Šie duomenys rodo, kad robotas „Baxter“, kuris stovės dešimtoje darbo zonoje, bus išnaudojamas 97,6 % pakavimo laiko, o robotas „Baxter“, kuris stovės dvyliktoje darbo zonoje, bus išnaudojamas tik 64,2 % laiko.

Toliau skaičiuojama įrenginių elektros suvartojimas per metus. Tam bus įvertinta kiekvieno įrenginio galia ir pakavimo linijos efektyvumas. Linijos efektyvumas – realus pakavimo linijos darbo laikas išreiškiamas procentais. Įmonės X pakavimo efektyvumas – 60 %. Skaičiavimai pateikiami 3.13 lentelėje. Dėžių lankstymo įrenginio elektros suvartojimas – 45 kW. Tokį didelį elektros suvartojimą per valandą labiausiai nulemia klijų ruošimo bakas, kuris palaiko aukšta klijų

temperatūrą. Tuo tarpu „Baxter“ robotų elektros suvartojimas siekia 1,5 kW/h tik esant maksimaliam roboto apkrovimui. Nagrinėjamoje pakavimo linijoje toks roboto apkrovimas bus retas reiškinys, tačiau skaičiavimuose naudojama maksimali reikšmė. Įvertinus visus paminėtus faktorius, nauji įrenginiai per metus suvartos 271 tūkst. kW elektros kuri įmonei kainuos 7053 Eur.

3.13 lentelė. Įrenginių elektros suvartojimo išlaidų skaičiavimas

Įrenginys	Dėžių lankstymo įrenginys	"Baxter" 1-moje darbo zonoje	"Baxter" 10-oje darbo zonoje	"Baxter" 12-toje darbo zonoje
Įrenginio išnaudojimas, %.	100	100	97,57	64,24
Suvartojamas elektros kiekis per valandą, kW.	45	1,5	1,5	1,5
Darbo laikas per metus, h.	7920			
Pakavimo linijos efektyvumas, %.	70			
Suvartojamas elektros kiekis per metus, kW	249480	8316	8113,9	5342,2
Elektros kaina, Eur * 1kW.	0,026			
Išlaidos elektrai per metus, Eur.	7053			

Darbuotojų dirbančių dėžių lankstyme ir dėžių komplektavime vidutinis atlyginimas yra toks pat. Įvertinus esančias naktines pamainas, vidutinė darbo vietos kaina yra 800 Eur., per mėnesį. Įvertiname 4 pamainas ir gauname, kad viena darbo vieta per metus kainuoja 38400 Eur.

Įrenginių techninės eksploatacijos klausimus spręs įmonės technikai bei šaltkalviai, o jų darbo efektyvumo ir kokybės klausimus spręs už pakavimą atsakingi technologai. Be to reikės atsakingo asmens (operatoriaus), kuris galės valdyti šiuos įrenginius pamainos metu. Vieno papildomo atsakingo asmens per pamainą pakaks, kadangi robotams tereikės pakeisti programą prieš keičiant pakuojamą gaminį, o dėžių lankstymo įrenginys taipogi nereikalaus daug dėmesio įsibėgėjus naujos partijos pakavimo procesui. Panašaus pobūdžio operatorių darbo vietos kaina įmonėje yra 1250 Eur per mėnesį. Vėlgį įvertinus tai, kad tokio pobūdžio operatorių reikės visose 4 pamainose, per metus šio naujo etato kaina sieks 60000 Eur.

Taip pat nustatyta, kiek įmonei kainuoja darbuotojų ligos. Daryta prielaida, kad darbuotojų, kuriuos pakeis automatizuoti įrenginiai, sergamumas yra lygus vidutinio lietuvių. Remiantis 2017 m. Lietuvos sveikatos statistika 732 darbingo amžiaus žmonių iš 1000 per metus nustatomas laikinas



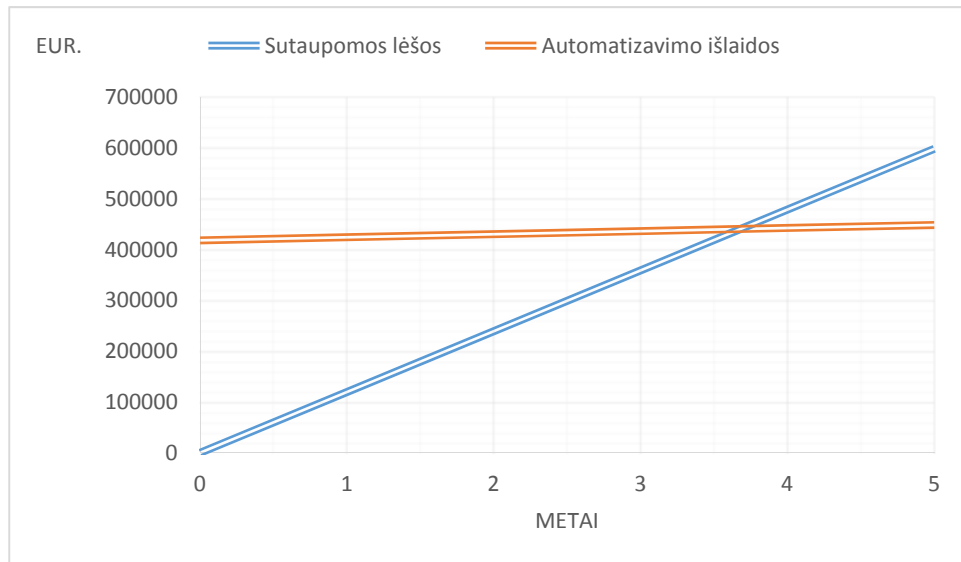
nedarbingumas. Vidutiniškai laikinas nedarbingumas tęsiasi 12,2 d., iš jų 8,8 d., sergančiajam yra apmokamos [4].

Įvertinus visus aptartus faktus, galime apskaičiuoti, kiek bus sutaupoma penkis žmones pakeitus automatizuotais įrenginiais ir pridėjus vieną naują operatorių. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.12 lentelėje, joje matome, kad robotas „Baxter“ esantis dvyliktoje darbo zonoje sutaupo mažiausiai lėšų. Nepaisant to, per metus sutaupomai daugiau nei 119 tūkst. Eurų.

3.14 lentelė. Sutaupomų lėšų po investicijos skaičiavimas

	Dėžių lankstymo darbo zona	1 dėžių komplektavimo darbo zona	10 dėžių komplektavimo darbo zona	12 dėžių komplektavimo darbo zona
Darbuotojų skaičius, vnt.	2	1	1	1
Pamainų skaičius, vnt.	4	4	4	4
Vidutinė darbo vietos kaina per mėnesį, Eur.	800	800	800	800
Prarandamos lėšos dėl darbuotojų nedarbingumo per metus, Eur.	601	300	300	300
Darbo zonos išnaudojimas, %	100	100	97,57	64,24
Sutaupomos lėšos per metus, Eur.	79203	39601	38638	25439
Naujų darbo vietų, vnt.	1			
Pamainų skaičius, vnt.	4			
Naujo operatoriaus darbo vietos kaina per metus, Eur.	1250			
Nuostoliai dėl naujo operatoriaus darbo vietos nedarbingumo per metus, Eur.	1877			
Išleidžiama lėšų, dėl naujos darbo vietos per metus, Eur.	61877			
Sutaupomos lėšos per metus, įvertinus naują operatorių, Eur.	119753			

Turėdamas visus šiuos skaičiavimus galime apskaičiuoti atsiperkamumo trukmę. Tam panaudosime investicijos kainą ir sutaupomų lėšų santykį. Atsiperkamumo trukmė pavaizduota 3.18 paveiksle. Čia oranžine linija žymimas investicijos dydis, o mėlyna linija vaizduoja kiek pinigų sutaupoma per 5 metų laikotarpį, matome, kad investicija turėtų atsipirkti per 3,7 metus.



3.18 pav. Investicijos atsiperkamumo trukmės diagrama

Įvertinus įrenginių, jų komplektacijos dalių, įdiegimo, elektros suvartojimą bei naujų darbuotojų atlyginimus, nustatyti kaštai, kurių pareikalaus investicija. Taip pat suskaičiuota, kiek investicija leis sutaupyti lėšų įvertinus, kad nauji įrengimai pakeis nuolatinius darbuotojus. Atlyginimai skaičiuoti darant prielaidą, kad per penkis metus jie nekis. Nustatyta, kad investicija pradės teikti pelną po 3,5 metų. Tai priimtinas laikotarpis, kadangi yra didelė tikimybė, kad per šį laikotarpį gaminamas gaminių asortimentas iš esmės atnaujinamas nebus. Asortimento pakeitimo atveju dėžių lankstymo įrenginys išliks naudingas, o dėžių komplektavimo įrenginiai yra labai universalūs ir galės būti pritaikyti naujų gaminių pakavimui.

## Darbo apibendrinimas ir rekomendacijos

1. Atlikta baldų pakavimo linijos procesų analizė parodė, kad dėžių lankstymo ir dėžių komplektavimo darbo centrai įmonėje X yra visiškai neautomatizuoti, kai tuo tarpu dėžių uždarymo ir paletizavimo darbo centrai yra 100% automatizuoti.
2. Statistinė kokybinė įmonės X pakavimo linijos analizė parodė, kad geriausiai kokybiniai rezultatai pasiekiami išlaikant nuolatinius darbuotojus.
3. Atliktas pakavimo linijos darbo zonų ergonominis vertinimas nustatė 12 darbo zonų, kurios yra padidintos rizikos darbuotojui susirgti raumenų skeleto ligomis.
4. Dėžių lankstymo centre numatytas visiškas automatizavimas panaudojant specializuotą „Homag VKF120“ įrenginį.
5. Atlikus pakavimo schemų pakeitimus, dėžių komplektavimo darbo centre rastos trys darbo zonos, kurios gali būti automatizuotos naudojant tris bendradarbiaujančius robotus „Baxter“.
6. Įrenginių gedimo atveju jų funkcijas laikinai galės atlikti žmonės, taip nestabdant pakavimo linijos.
7. Žmonių sauga užtikrins saugos tvoreles.
8. Įvertinus reikalingas investicijas, panaikinamų darbo vietų kainą ir automatizuotų darbo vietų netiesioginius kaštus nustatyta, kad visa investicija atsipirks per 3,5 metų.
9. Darbe parinkti pakavimo linijos modernizavimo sprendimai išlaiko pakavimo linijos lankstumą.

Remiantis atlikta įmonės X pakavimo linijos analize, rekomenduojama:

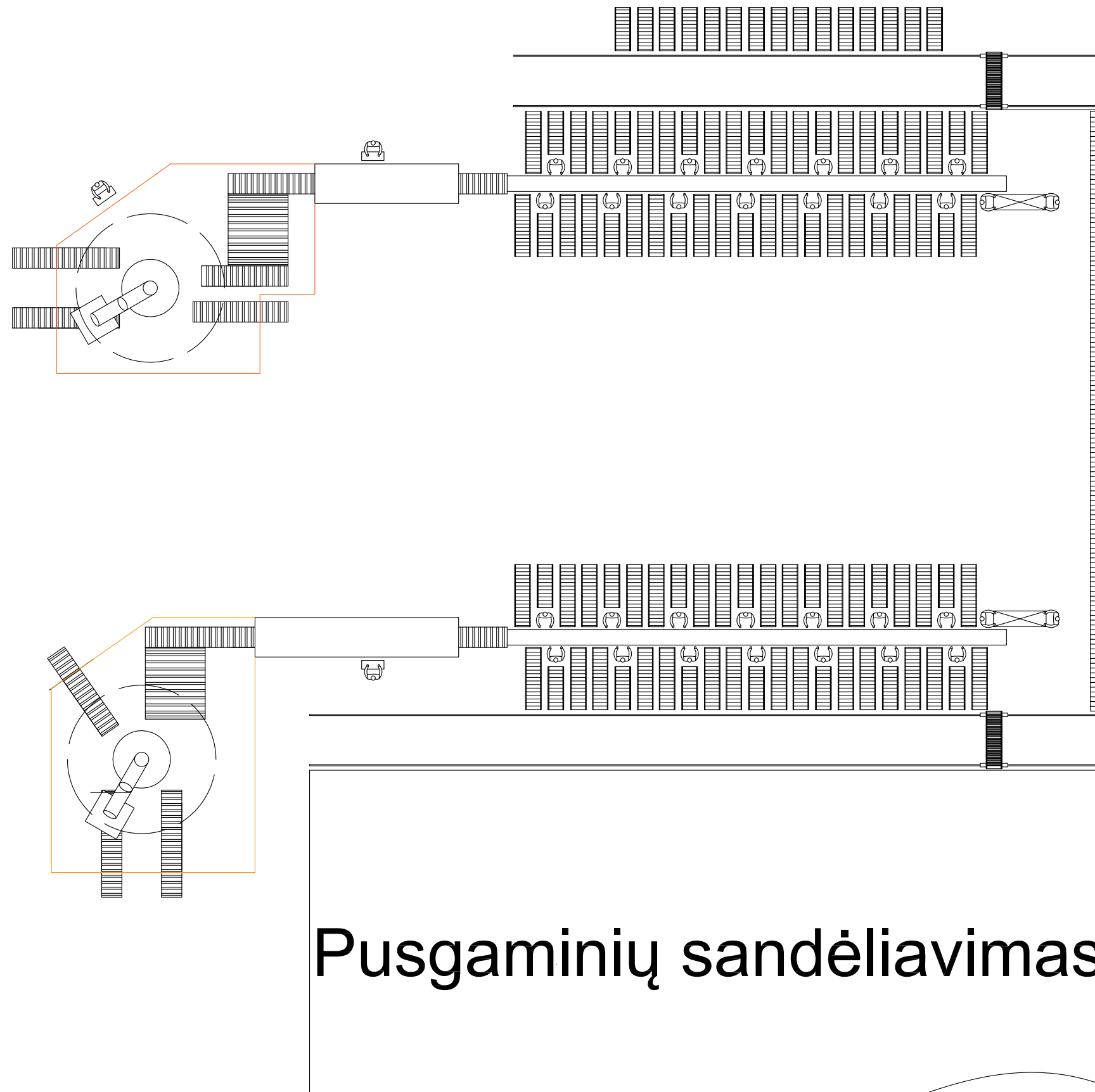
- Pakavimo linijoje dirbančių žmonių rotacijos turėtų būti vykdomos ne tiesiog keičiantis tarpusavyje per vieną darbo zoną, o atsižvelgiant į apskaičiuotą OCRA rodiklį. Linijoje dirbančiam žmogui turėtų būti sudaromos sąlygos po didesnės rizikos sveikatai darbo, pailsėti, atliekant sąlyginai lengvesnį darbą.
- Siekiant įmonėje X visiškai automatizuoti dėžių komplektavimo darbo centrą, gaminių asortimente turėtų mažėti smulkių detalių. Pats baldas turėtų susidaryti iš kuo paprastesnių detalių, o detalių dydžiai turėtų būti kuo labiau standartizuoti.

## Literatūros sąrašas


1. Gofro kartono dėžių privalumai [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <http://carttara.lt/lt/apie-mus/kartono-privalumai>
2. FEFCO 410 gofro kartono dėžė [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <http://carttara.lt/lt/fecco-kodai/fecco-kodas-04xx/fecco-0410-0413>
3. Gofro kartono dėžių standartai [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <http://www.fefco.org/>
4. Lietuvos sveikatos statistika 2017. Vilnius, 2018. Lietuvos sveikatos apsaugos ministerija higienos instituto sveikatos informacijos centras. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-12-02]. Prieiga per internetą: [http://hi.lt/uploads/pdf/leidiniai/Statistikos/LT\\_sveik\\_stat\\_health/Lietuvos\\_sveikatos\\_statistika\\_2017\\_2.pdf?fbclid=IwAR2MBO\\_TuVu5JOGscuizthWWd17nBAz-p\\_jdo3jtQJqWaea6V\\_m-N1yNnBE](http://hi.lt/uploads/pdf/leidiniai/Statistikos/LT_sveik_stat_health/Lietuvos_sveikatos_statistika_2017_2.pdf?fbclid=IwAR2MBO_TuVu5JOGscuizthWWd17nBAz-p_jdo3jtQJqWaea6V_m-N1yNnBE)
5. Ergonomic guidelines for manum handlig, (2nd edition) [interaktyvus]. [žiūrėta 2018.12.01]. Prieiga per internetą: <https://www.worksafenb.ca/docs/MANUALEdist.pdf>
6. Lietuvos Respublikos Seimas. (2005). Dėl ergonominių rizikos veiksnių tyrimo metodinių nurodymų patvirtinimo. (2005 m. liepos 15 d. Nr. V-592/A1-210). [žiūrėta 2018-12-01] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260443?jfwid=nz8qn89rm>
7. Mašinų darbo sauga. Antropometriniai darbo vietų prie mašinų projektavimo reikalavimai (ISO 1473:2002). [žiūrėta 2018-12-01] Prieiga per internetą: [https://view.elaba.lt/standartai/view?search\\_from=aleph&id=665334](https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=aleph&id=665334)
8. Homag gofro kartono dėžių lankstymo įrenginiai [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: [www.homag-automation.com](http://www.homag-automation.com)
9. Magnys gofro kartono dėžių lankstymo įrenginys [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <http://www.magnys.it/en/machines/packaging/boxes-forming-machine-mod-fm410-15.html>
10. Delta roboto veikimo schema [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: [https://lh3.googleusercontent.com/-1z25b9a7x-4/WIhHxvOmRmI/AAAAAAAAAAM/e2SAofikZFU-O0qAVoC4iOc\\_hWa8cHgZgCLcB/s1600/Delta-Robot-Diagram.jpg](https://lh3.googleusercontent.com/-1z25b9a7x-4/WIhHxvOmRmI/AAAAAAAAAAM/e2SAofikZFU-O0qAVoC4iOc_hWa8cHgZgCLcB/s1600/Delta-Robot-Diagram.jpg)
11. A. Gharahsofloo, A. Rahmani, Delta roboto veikimo kinematika. Straipsnis: An Efficient Algorithm for Workspace Generation of Delta Robot. Iš: International Journal of Robotics, Vol. 5, No .2, (2015) 48-53p. Prieiga per internetą: [http://ijr.kntu.ac.ir/article\\_12525\\_3569104c191b35f08045e7d7b31f7551.pdf](http://ijr.kntu.ac.ir/article_12525_3569104c191b35f08045e7d7b31f7551.pdf)

12. SCARA robotas IRB910SC [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <https://www.automationworld.com/article/technologies/robotics/scara-robots-make-fast-repeatable-and-precise-movements>
13. SCARA roboto veikimo principai [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <https://en.wikipedia.org/wiki/SCARA>
14. SCARA roboto darbo zona [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: [http://www.federica.eu/l/introduction\\_to\\_robotics#21](http://www.federica.eu/l/introduction_to_robotics#21)
15. Šešių ašių roboto naudojimo privalumai [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <https://www.robots.com/articles/benefits-of-six-axis-robots>
16. Šešių ašių roboto schema [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <https://blog.robotiq.com/bid/70408/How-to-Choose-the-Right-Industrial-Robot>
17. Šešių ašių roboto darbo zonos schema [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: [https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iv/otm\\_iv\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html)
18. Mathieu Bélanger-Barrette. Bendradarbiaujantys robotai. Collobaritive robot ebook, sixth edition. Paskelbta: 2015m. Spalio 15d. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: [https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/144202/mod\\_resource/content/1/Yhteisk%C3%A4ytt%C3%B6robotiikka.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/144202/mod_resource/content/1/Yhteisk%C3%A4ytt%C3%B6robotiikka.pdf)
19. Bendradarbiaujantys robotai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <https://blog.robotiq.com/what-does-collaborative-robot-mean>
20. Ergomocis – manual handling (part 2) (ISO 11228-3:2007). [žiūrėta 2018-12-01] Prieiga per internetą: [https://view.elaba.lt/standartai/view?search\\_from=aleph&id=665334](https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=aleph&id=665334)
21. MVC priklausomybė nuo laiko. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-05-20]. Prieiga per internetą: <https://dynamic-med.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-5918-5-2>
22. Lietuvos Respublikos Seimas. (2006). Dėl darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimų tvarkant krovinius rankomis. (2006 m. spalio 23 d. Nr. A1-293/V-869). [žiūrėta 2018-12-01] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.285691?jfwid=7cihrgy6v>
23. Bendradarbiaujantis robotas „Baxter“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per internetą: <https://cobotsguide.com/wp-content/uploads/2016/06/baxter2.jpg>
24. Roboto „Baxter“ mobilus stovas [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-11-17]. Prieiga per internetą: <https://www.allied-automation.com/product/mobile-pedestal/>

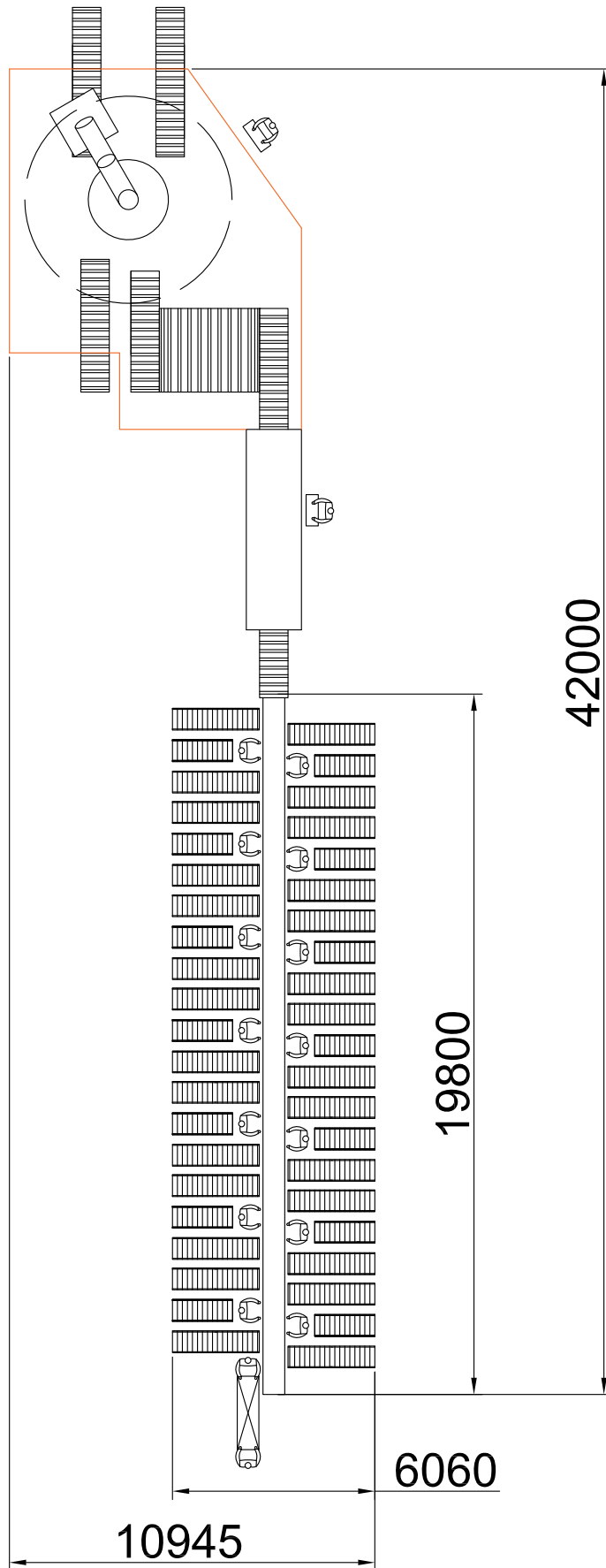
**1 PRIEDAS. Esamos pakavimo zonos schema**




# Pusgaminių sandėliavimas

Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Pakavimo zona</i>	<i>DL-00.01.001 SC</i>	
		Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>	Kalba <i>Lt.</i>
			Lapas <i>1/1</i>	

## 2 PRIEDAS. Esamos pakavimo linijos schema



Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Pakavimo linijos schema</i>	<i>DL-00.01.002 SC</i>	
			Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>
			Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>

### 3 PRIEDAS. OCRA skaičiavimo duomenys

Techninių judesių skaičius

Pakavimo zona Gaminys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<b>A</b>	4	4	6	6	4	6	6	4	6				
<b>B</b>	6	4	5	4	5	5	5	3	3	6				
<b>C</b>	6	6	6	7	7	6	6	6	5					
<b>D</b>	6	6	6	6	4	6	6	8	6	6	6	5	5	5
<b>E</b>	6	6	6	6	4	6	6	8	6	6	6	5	5	7
<b>F</b>	8	6	8	8	8	6	6	8	6	8				
<b>G</b>	6	6	6	6	6	5	5	6	6					
<b>H</b>	6	6	6	6	7	6	6	6						
<b>I</b>	6	6	6	6	6	6	6	6						
<b>J</b>	6	4	6	6	6	6	4	6	6	5				
<b>K</b>	6	6	6	6	6	4	6	8	6					
<b>L</b>	9	6	6	6	6	4	6	6	7	6	5	6		
<b>M</b>	6	6	6	6	4	6	6	6	8	8	5			
<b>N</b>	6	4	7	6	5	2								
<b>O</b>	7	7	6	9	9	4	6	6						
<b>P</b>	6	6	3	6	6	6	6	8	6					
<b>R</b>	6	6	3	6	6	6	6	8	6					
<b>S</b>	5	6	6	6	6	6	6	6	8	6	6	7	6	5
<b>T</b>	6	6	6	6	5	6	6	4						
<b>U</b>	6	6	6	4	4	4	7	8	7	8	5			

Pakavimo ciklo trukmė

<b>Dėžė</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
<b>Ciklo trukmė, s</b>	7,5	12,0	12,0	9,7	9,7	12,0	12,0	12,0	8,6	8,6
<b>Dėžė</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>
<b>Ciklo trukmė, s</b>	10,0	10,0	10,0	8,6	12,0	8,6	8,6	10,0	10,0	10,0

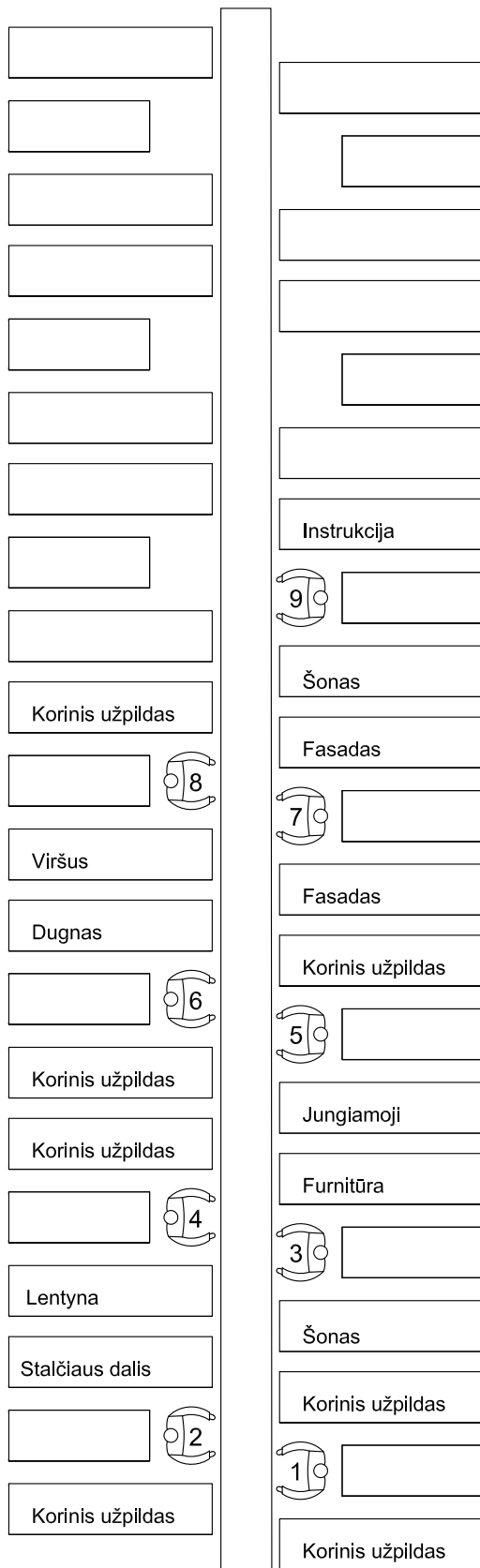


Svoris tenkantis kiekvienai darbo zonai

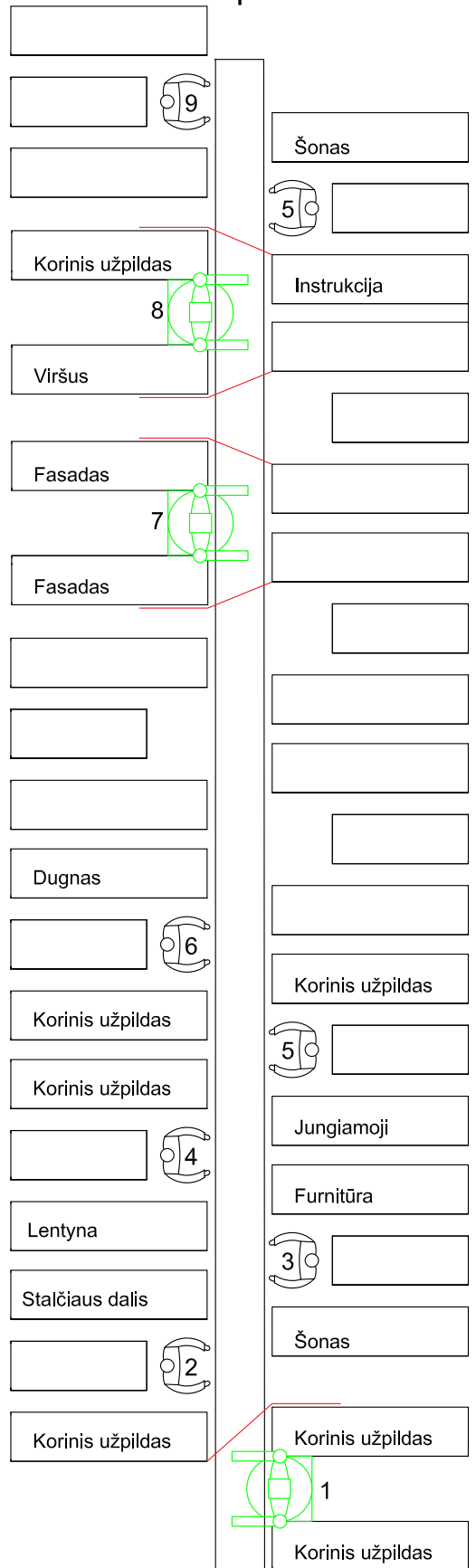
Pakavimo zona Gaminys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>A</b>	1	1	1,8	1,3	0,4	1,2	2	1,8	1,6					
<b>B</b>	1	5,6	1	5,6	1	1	1,7	3,4	3,4	1				
<b>C</b>	1	2,4	2,4	1,5	1,5	2,4	2,4	1	3,8					
<b>D</b>	1	0,4	1	0,3	3	1	1,3	0,6	0,6	3	0,4	1	1	1
<b>E</b>	1	0,4	1	0,3	3	1	1,3	0,6	0,6	3	0,4	1	1	1
<b>F</b>	1	1	1	3	3	1	1	3	4,6	3				
<b>G</b>	1	5,2	1	5,2	4,1	1	4,1	2,4	2,4					
<b>H</b>	5,2	1	5,2	0,8	1	3	1,1	3						
<b>I</b>	5,2	1	5,2	1	3	1	3	1						
<b>J</b>	1	4,6	1	3,8	1	1,3	1,1	1,3	3,8	1				
<b>K</b>	1	1	1	1	1	1	1	4	3					
<b>L</b>	1	4,9	1	1	1,3	1	0,6	0,5	0,5	4,6	1	4,9		
<b>M</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1			
<b>N</b>	1	5	0,5	0,5	0,6	1								
<b>O</b>	0,7	0,7	1	2	2	1	2,3	2,3						
<b>P</b>	1	1	1	1	1	1	1	4	2,5					
<b>R</b>	1	1	1	1	1	1	1	4	3					
<b>S</b>	1	2,9	2,9	1	1,1	0,6	1,3	1,5	1	2,9	1	2,9	4,6	1
<b>T</b>	1	1	1	1	1	1	1	1						
<b>U</b>	1	1	1	1	1	1	1,1	4	1	4	1,1			

## 4 PRIEDAS. Pakavimo schemos

### Esama pakavimo schema

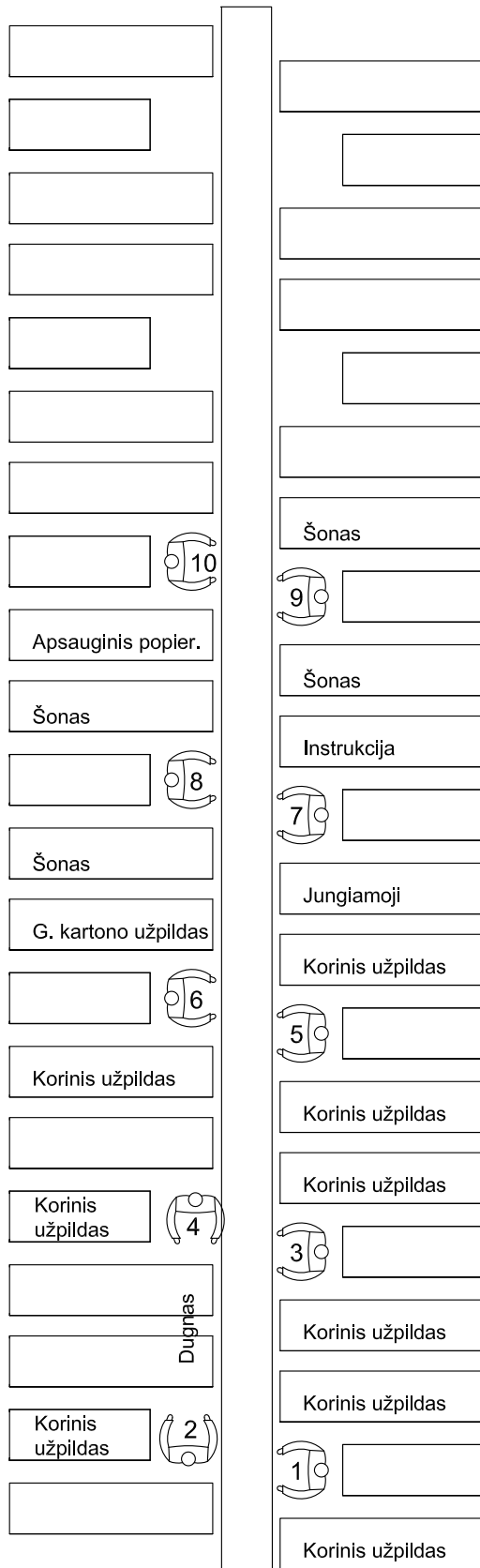


### Modernizuota pakavimo schema

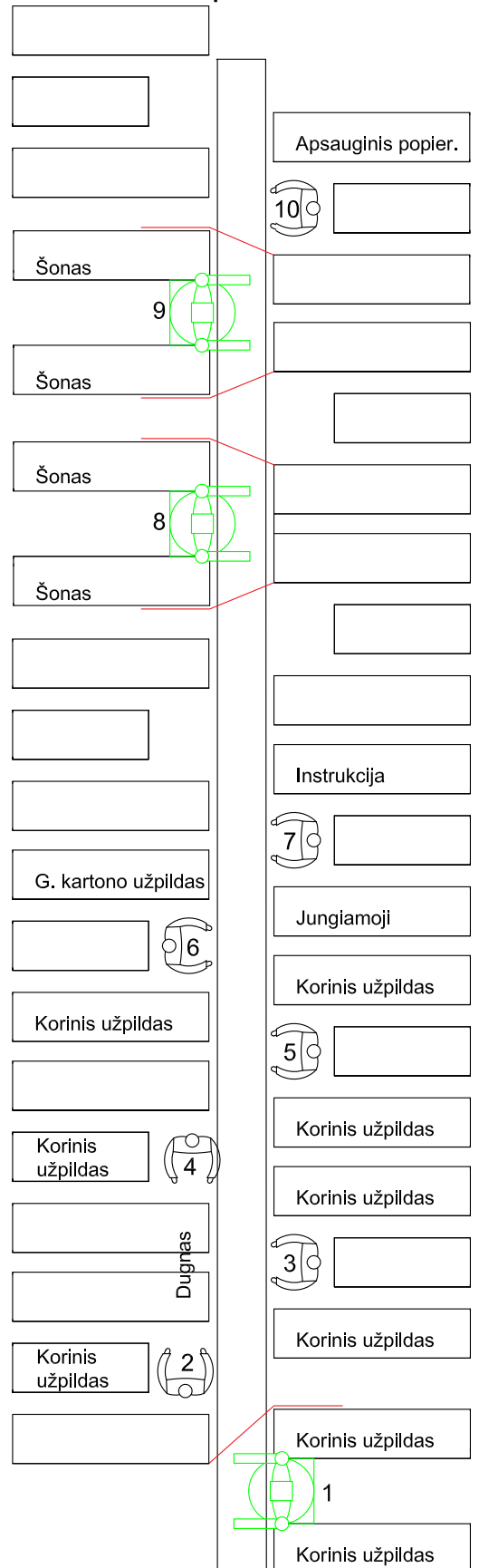


Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>								
Savininkas kauno technologijos universitetas 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės A komplektavimas</i>	DL-00.00.001 SC <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>Laida</td> <td>Data</td> <td>Kalba</td> <td>Lapas</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>20181201</td> <td>Lt.</td> <td>1/1</td> </tr> </table>	Laida	Data	Kalba	Lapas	A	20181201	Lt.	1/1
Laida	Data	Kalba	Lapas								
A	20181201	Lt.	1/1								

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės B komplektavimas

DL-00.00.002 SC

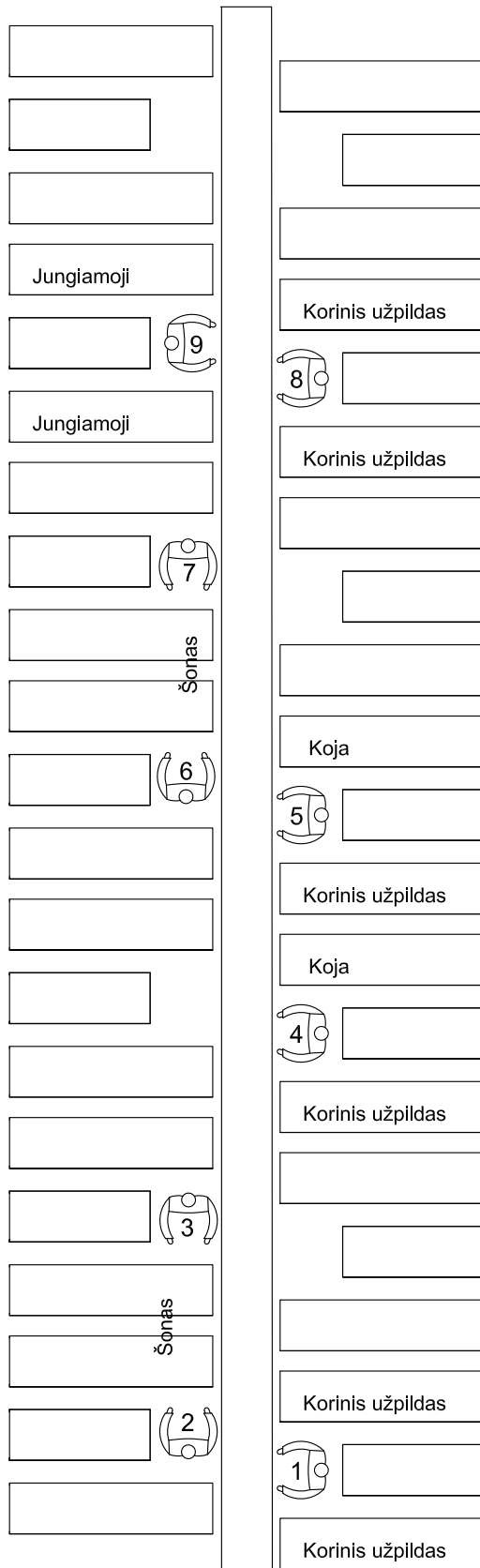
Laida  
A

Data  
20181201

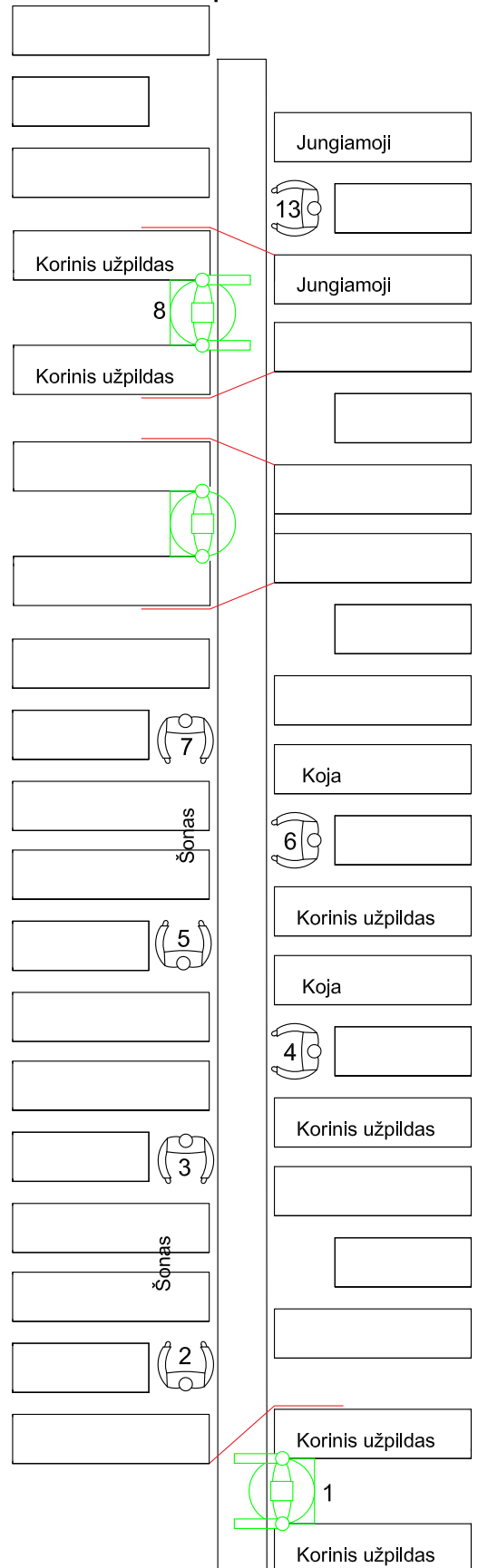
Kalba  
Lt.


Lapas  
1/1

## Esama pakavimo schema

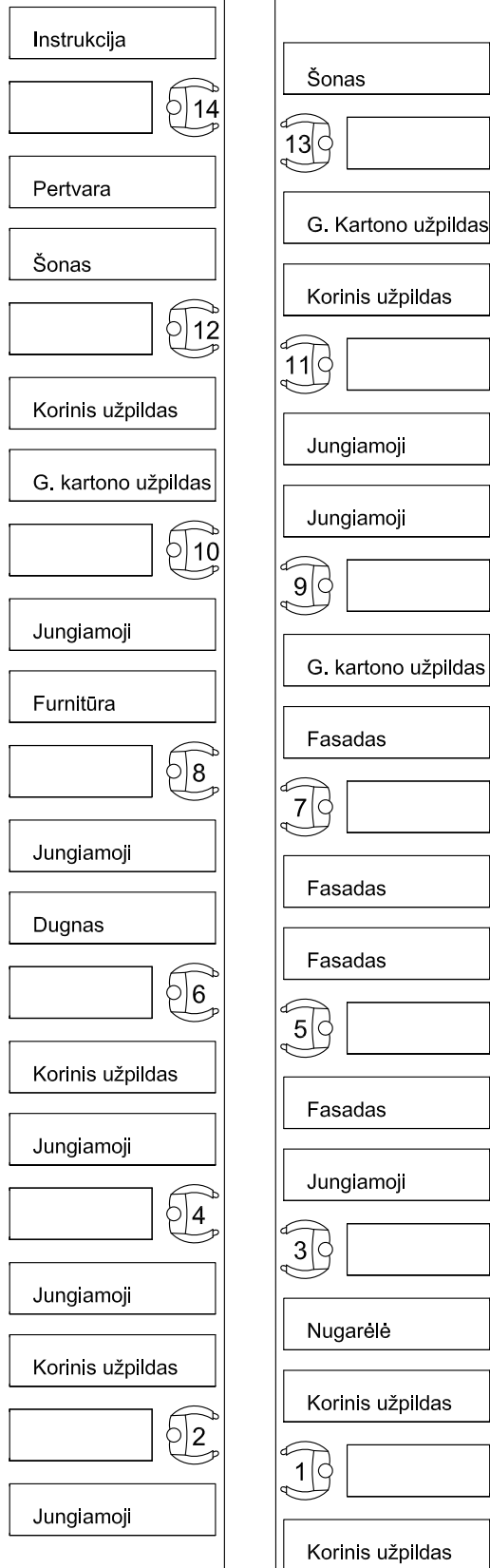


## Modernizuota pakavimo schema

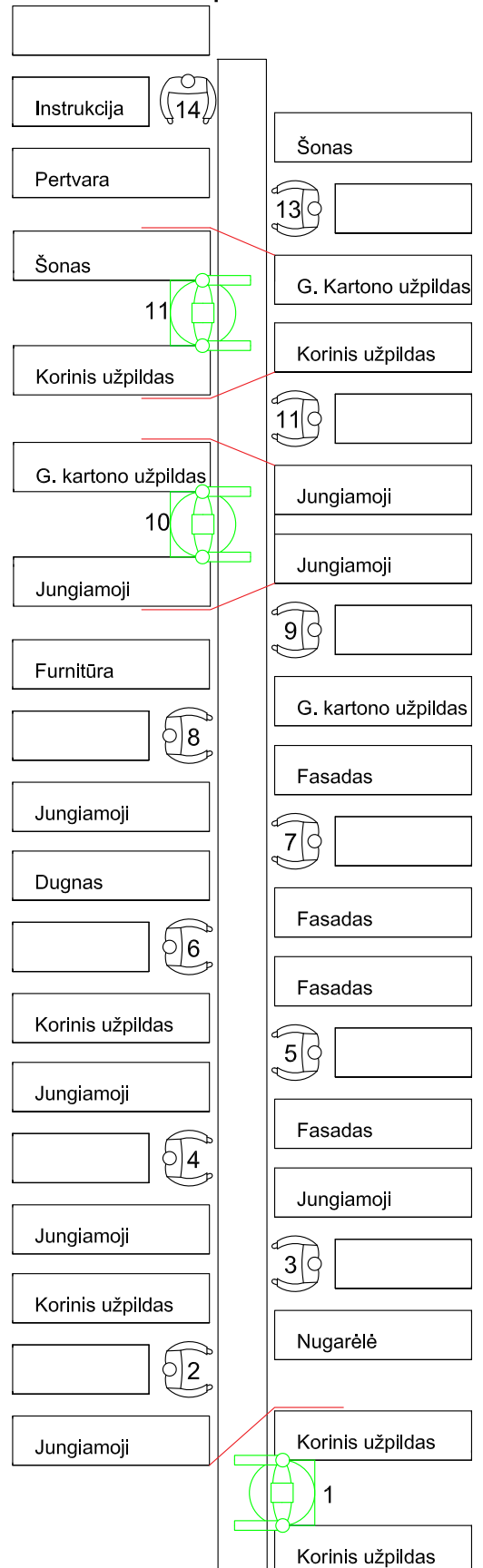



Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės C komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.003 SC</i> Laida <i>A</i> Data <i>20181201</i> Kalba <i>Lt.</i> Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema

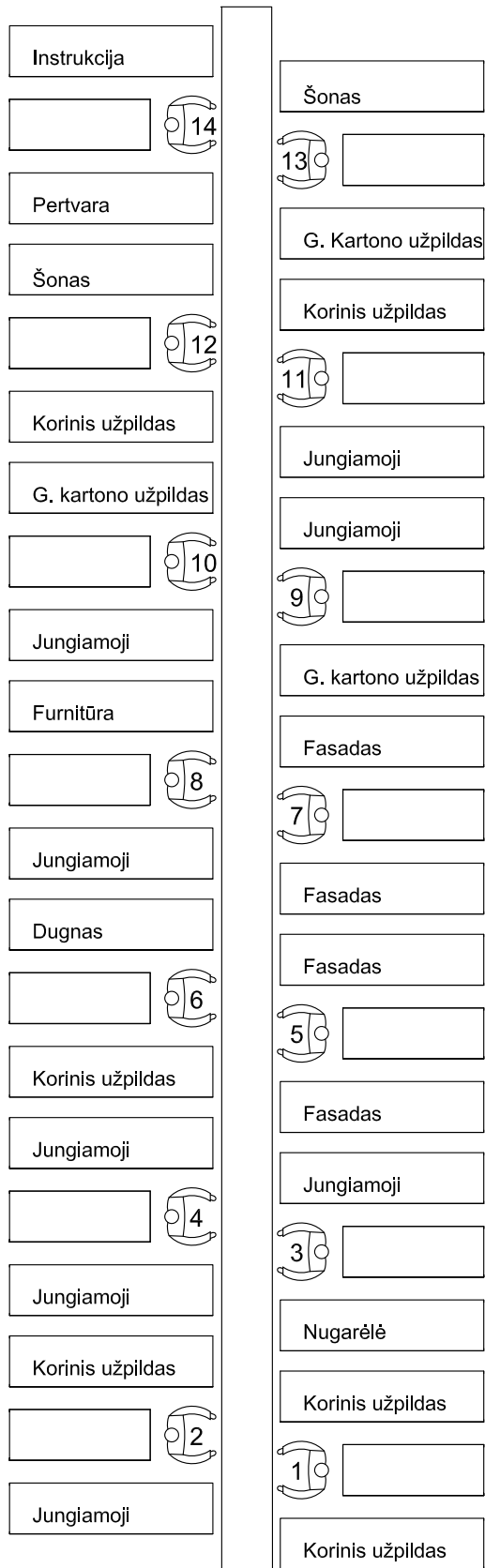


## Modernizuota pakavimo schema

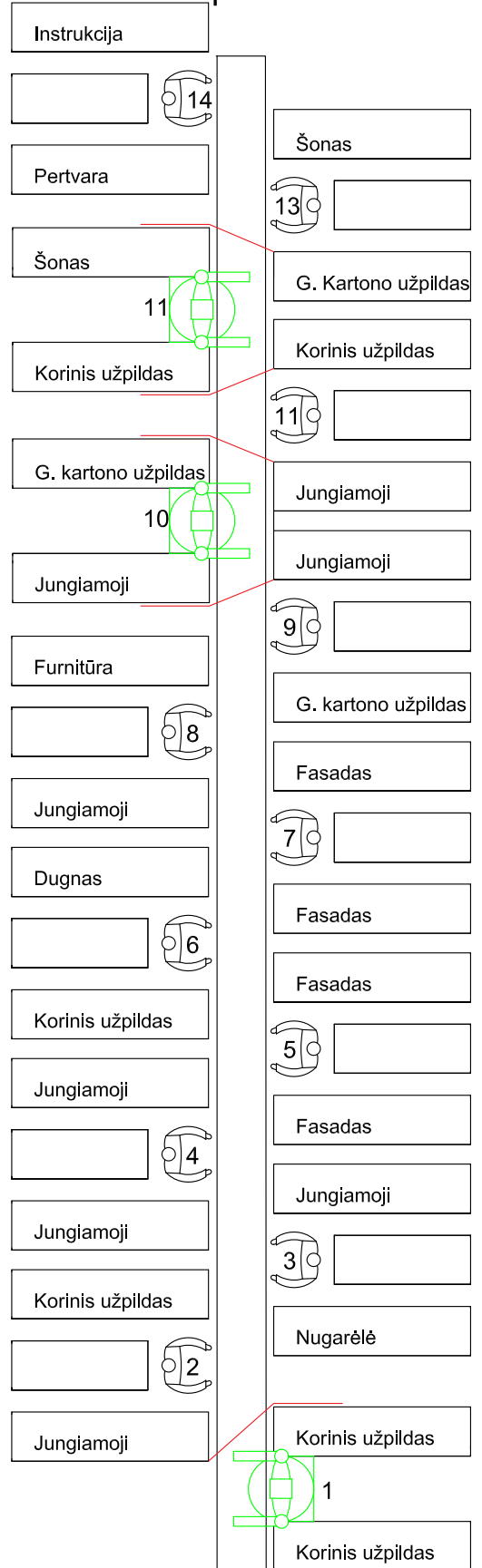


Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės D komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.004 SC</i>
		Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>
		Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės E komplektavimas

DL-00.00.005 SC

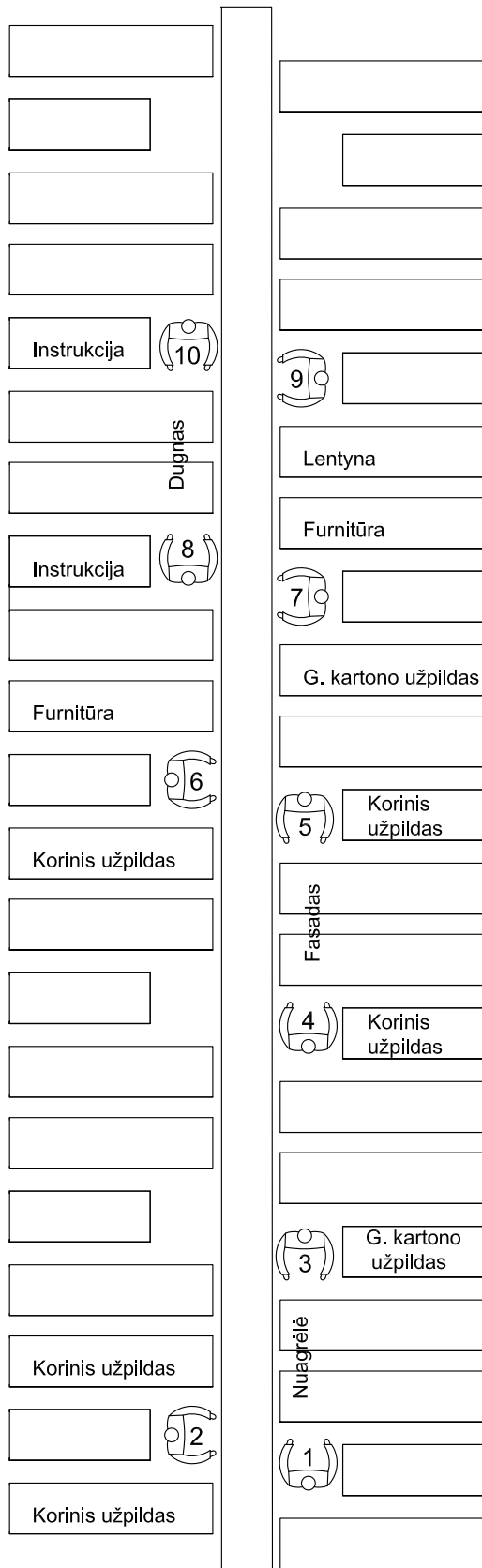
Laida  
A

Data  
20181201

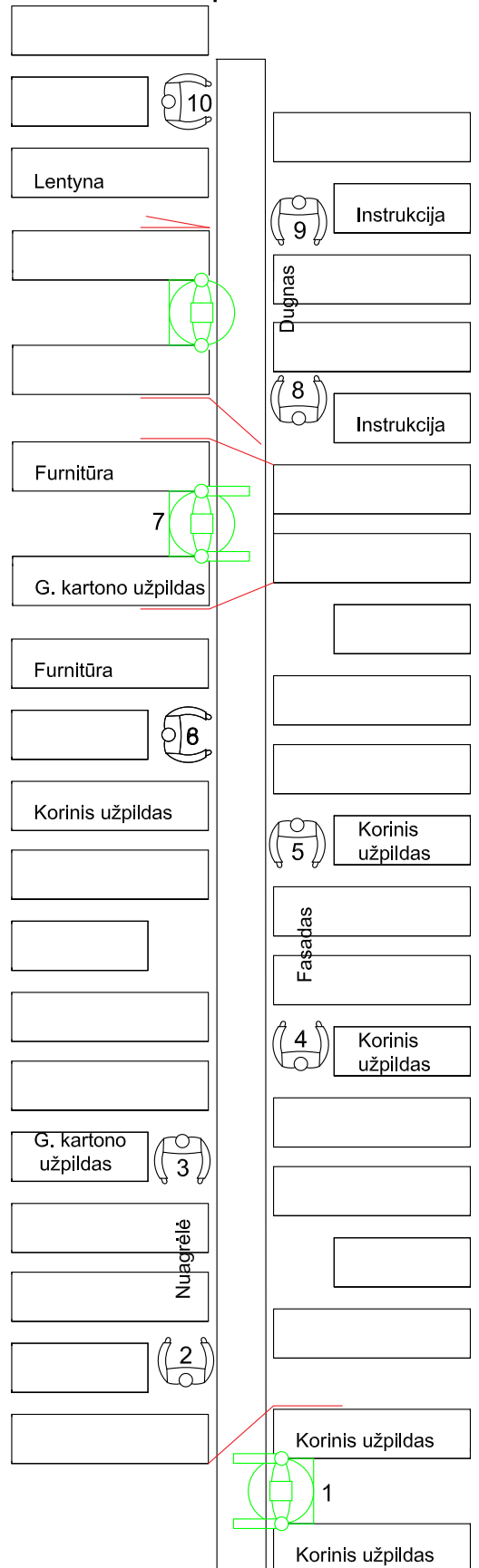
Kalba  
Lt.


Lapas  
1/1

## Esama pakavimo schema

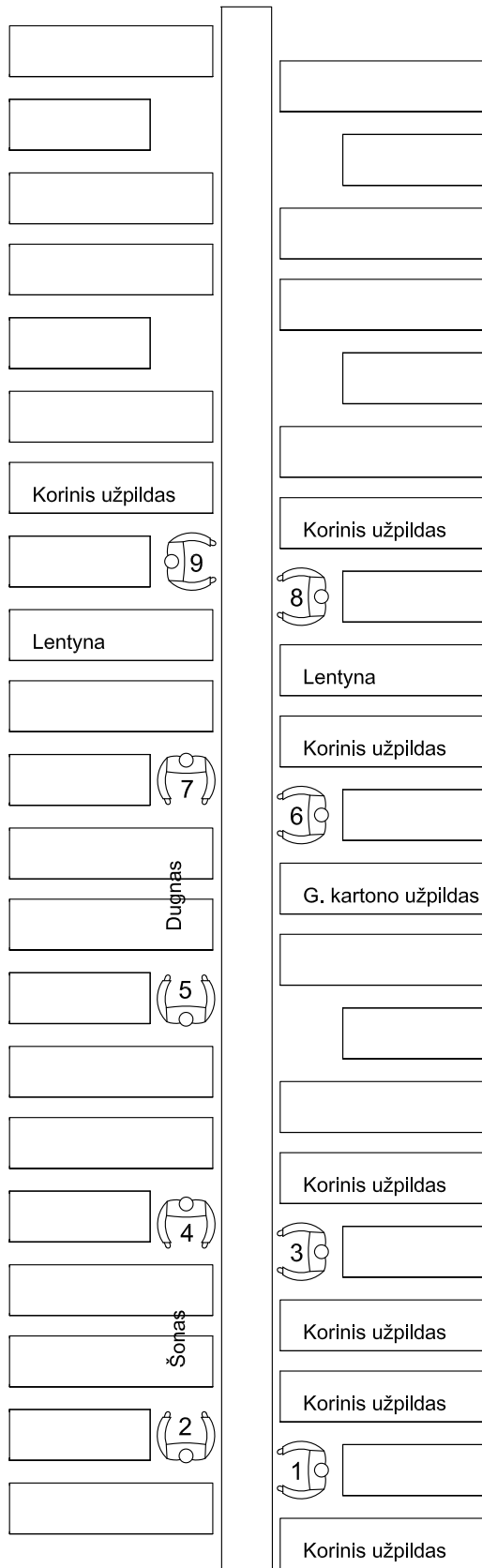


## Modernizuota pakavimo schema

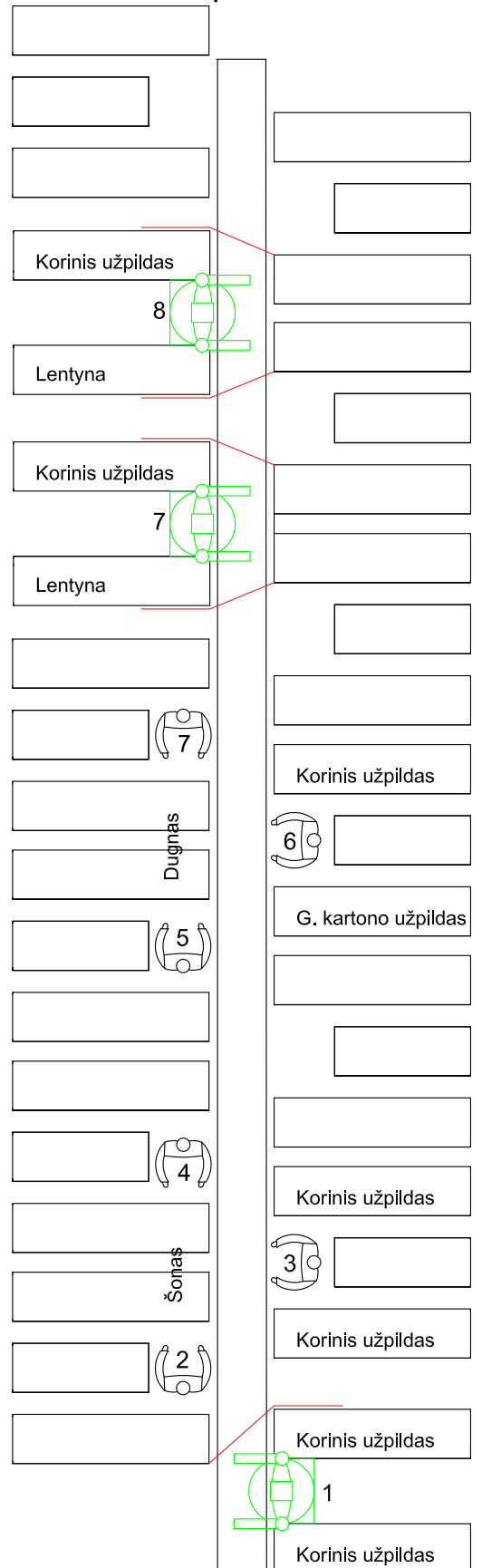



Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės F komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.006 SC</i>
		Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>
		Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema



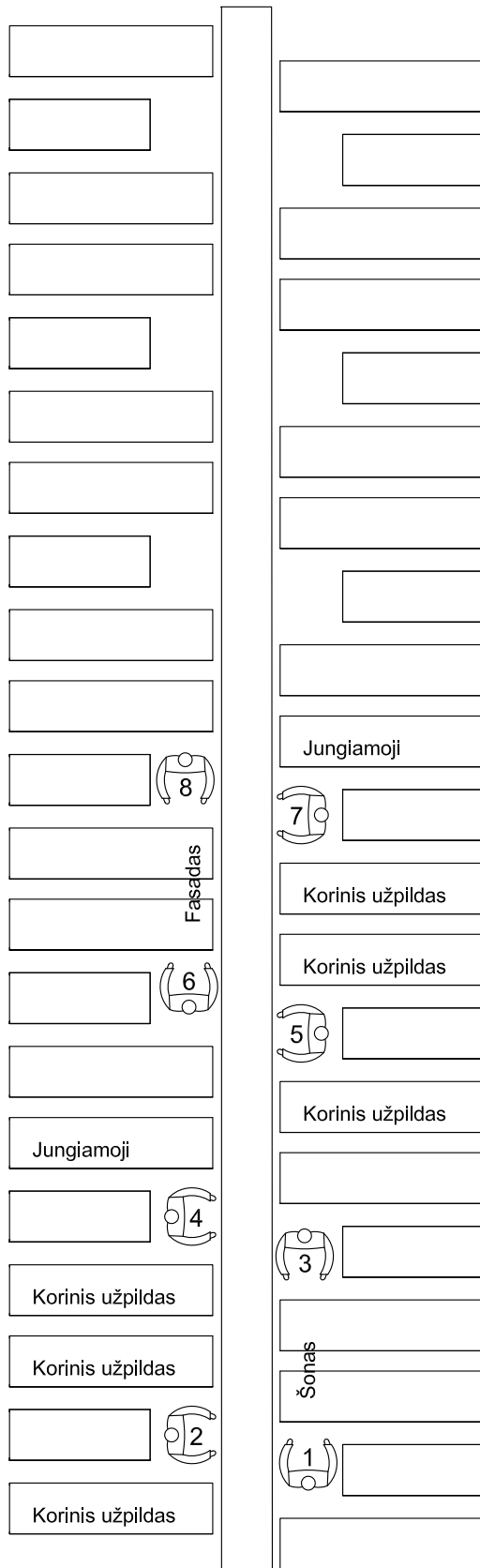
## Modernizuota pakavimo schema



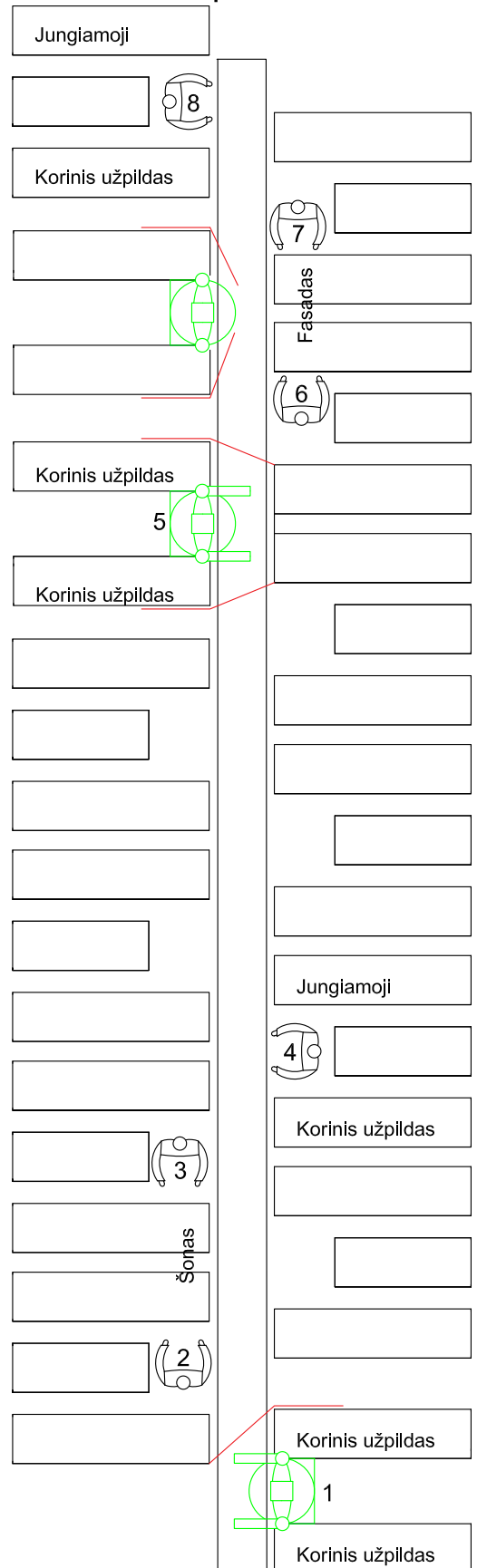
Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės G komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.007 SC</i>
		Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>
		Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>




## Esama pakavimo schema

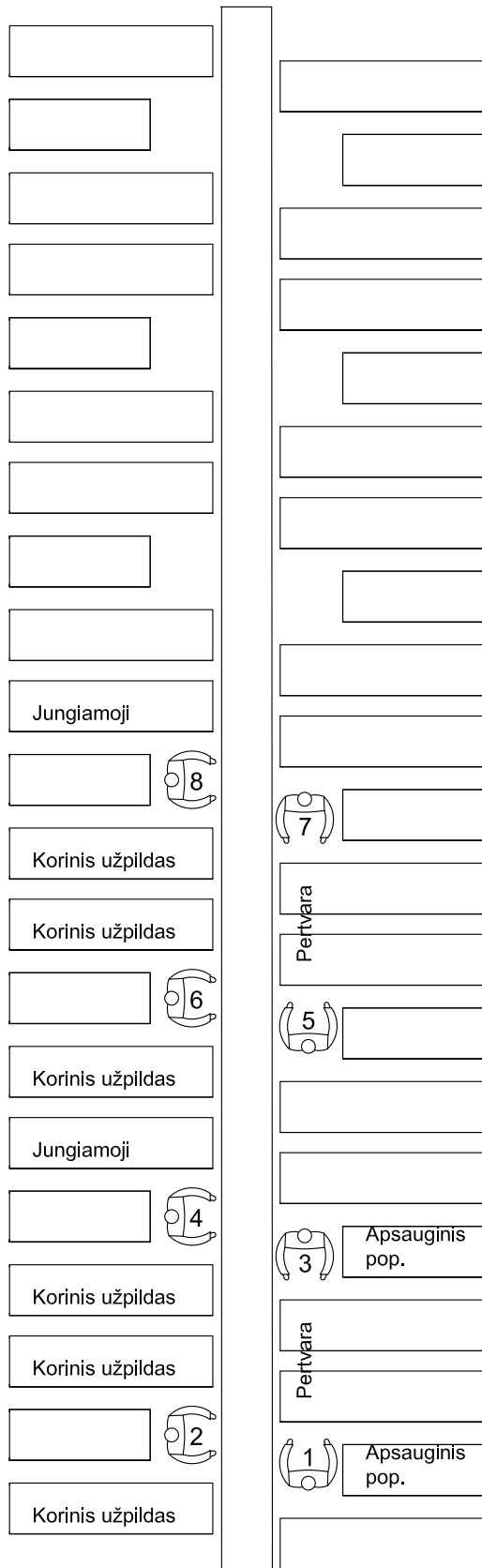


## Modernizuota pakavimo schema

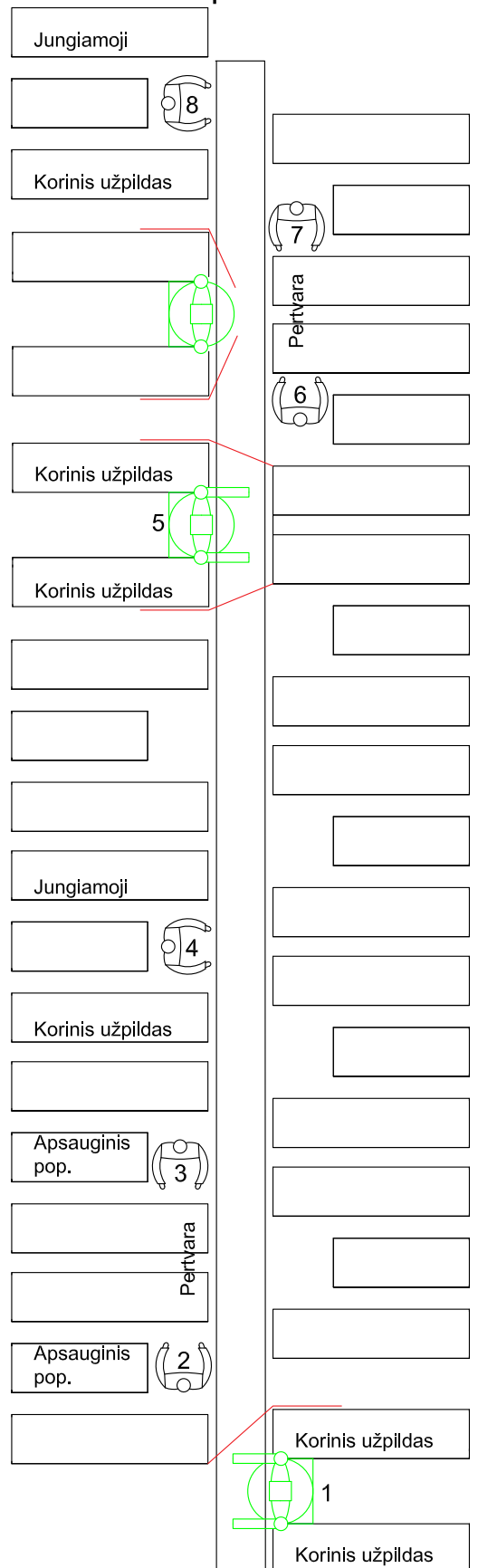



Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>		
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės H komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.008 SC</i>		
			Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>	Kalba <i>Lt.</i>
					Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema

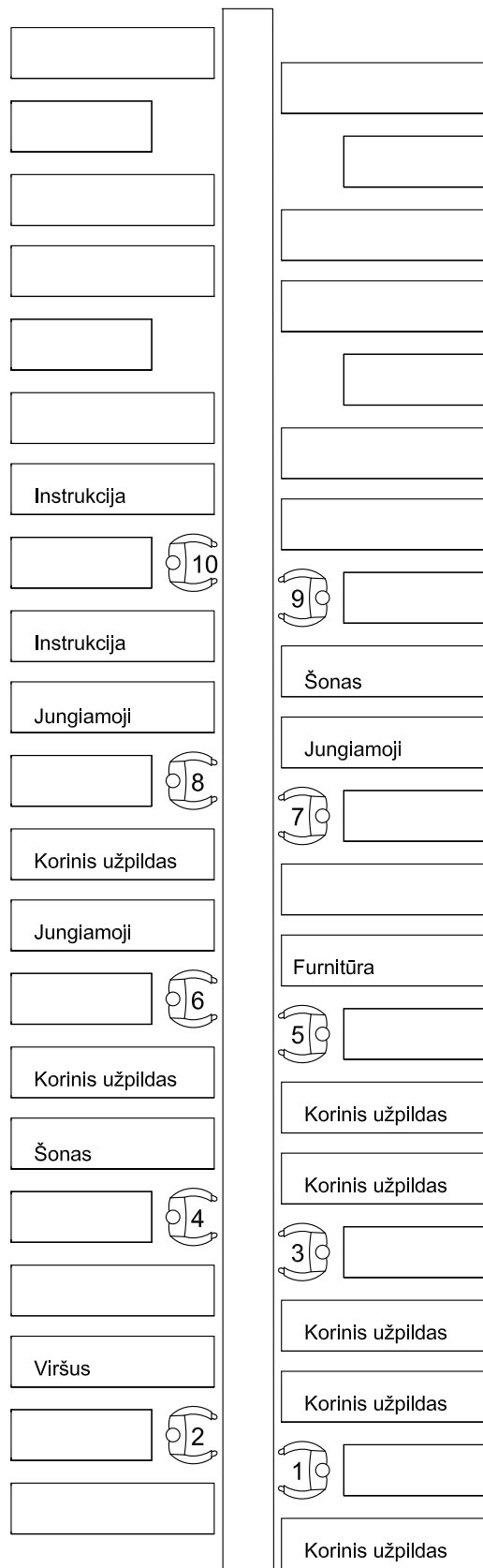


## Modernizuota pakavimo schema

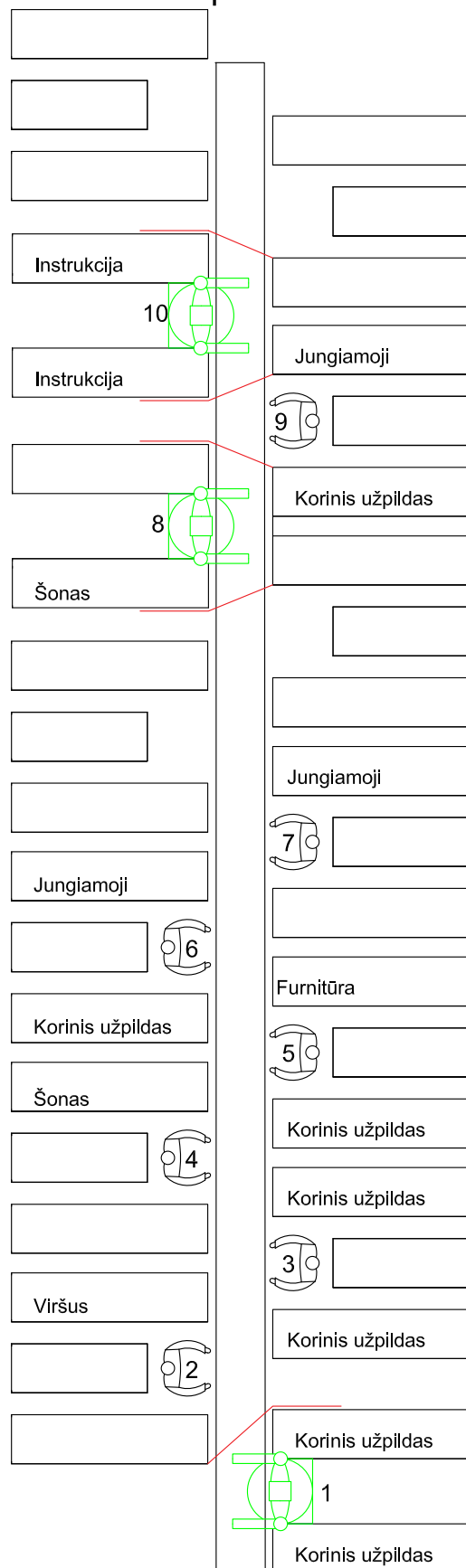


Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės I komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.009 SC</i> Laida <i>A</i> Data <i>20181201</i> Kalba <i>Lt.</i> Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



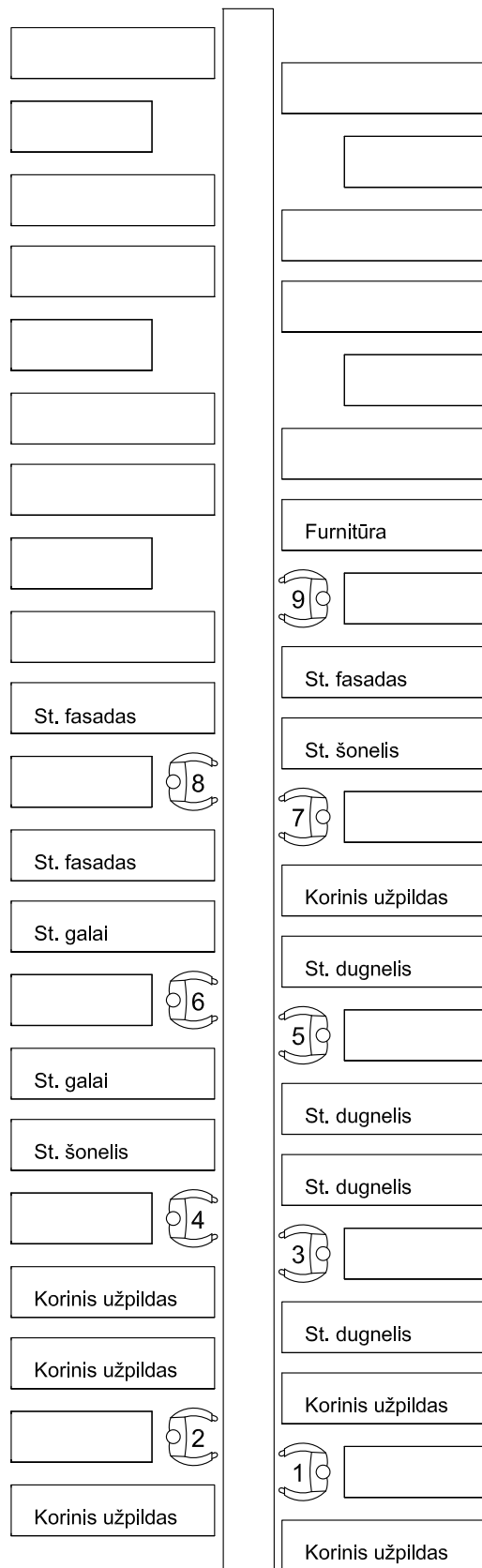
Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės J komplektavimas

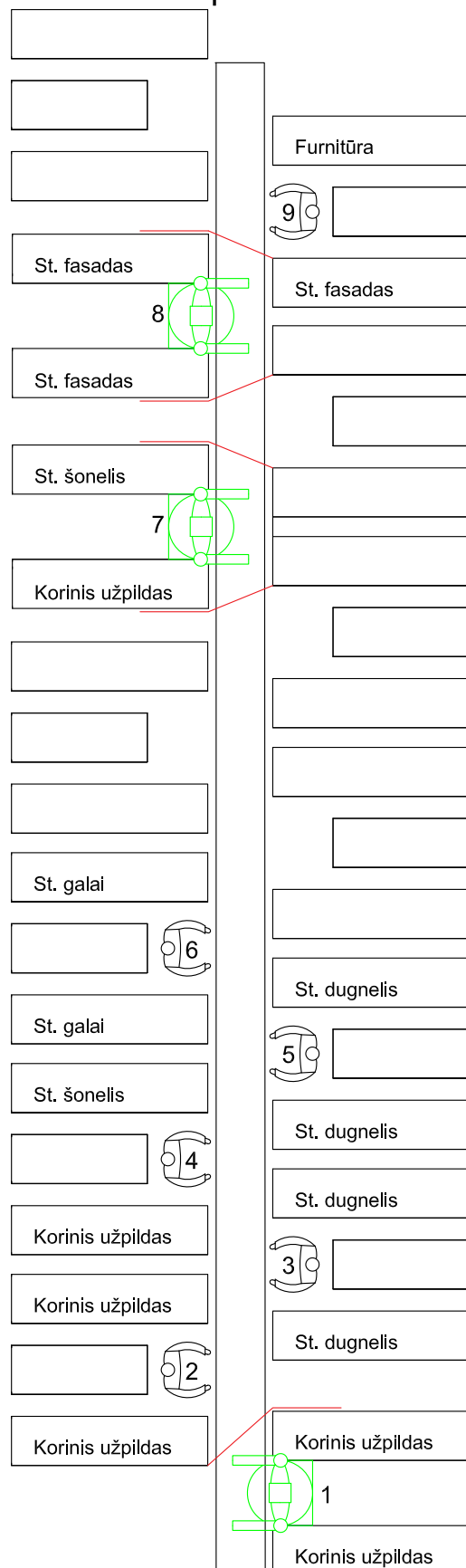
DL-00.00.010 SC

Laida	Data	Kalba	Lapas
A	20181201	Lt.	1/1

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



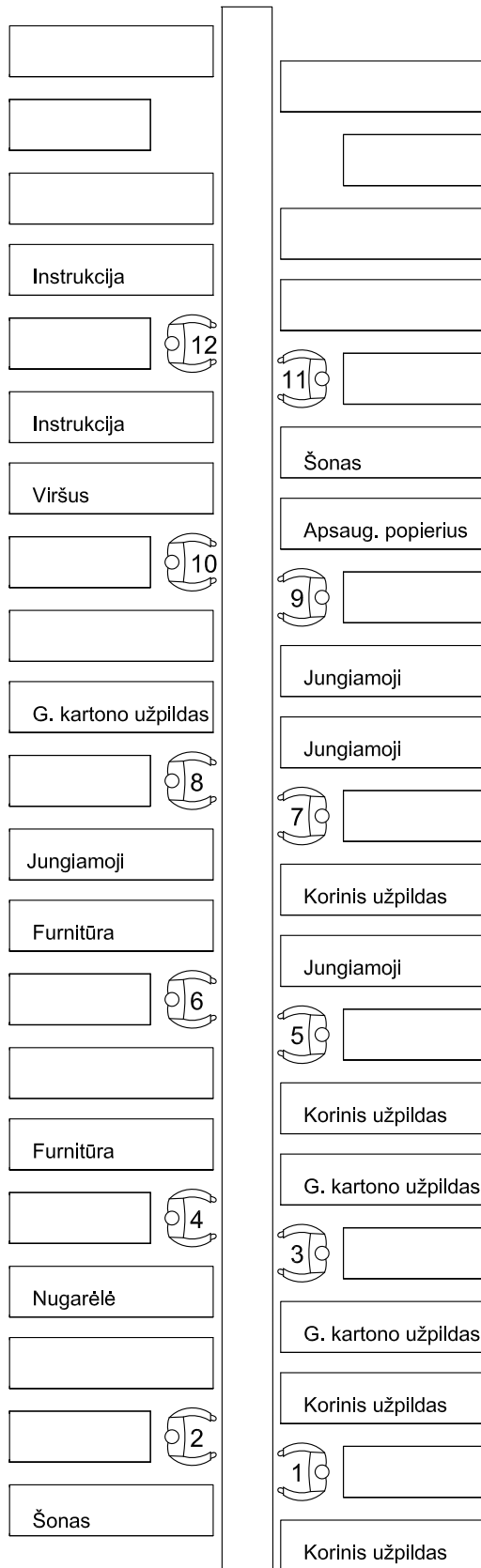
Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės K komplektavimas

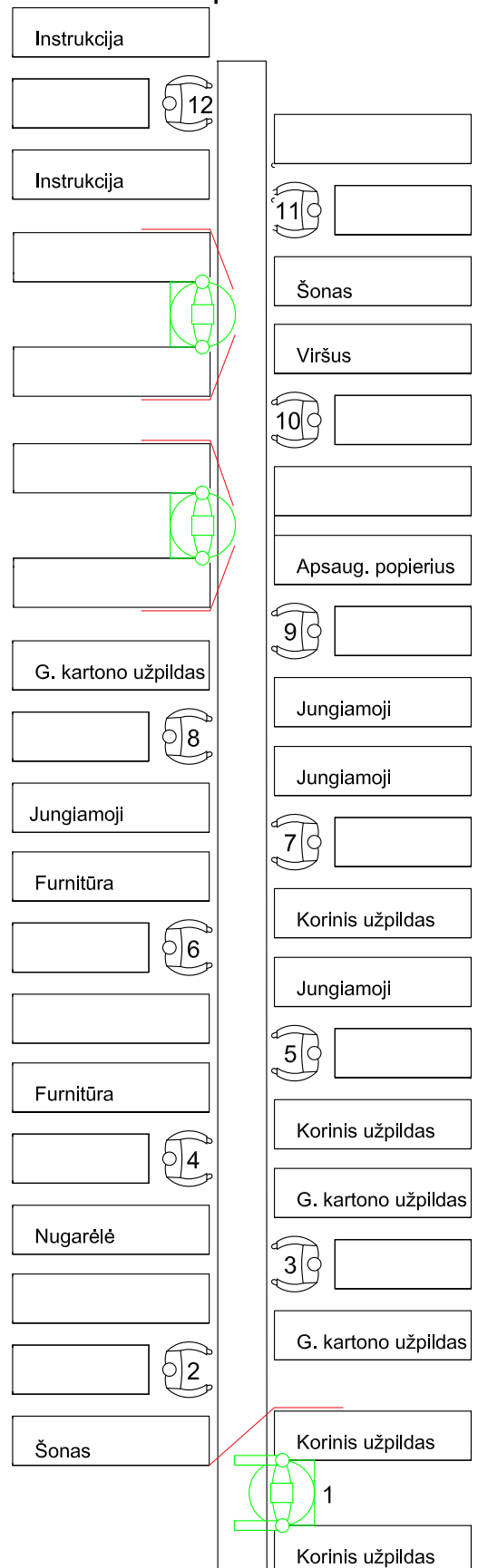
DL-00.00.011 SC


Laida	Data	Kalba	Lapas
A	20181201	Lt.	1/1

## Esama pakavimo schema

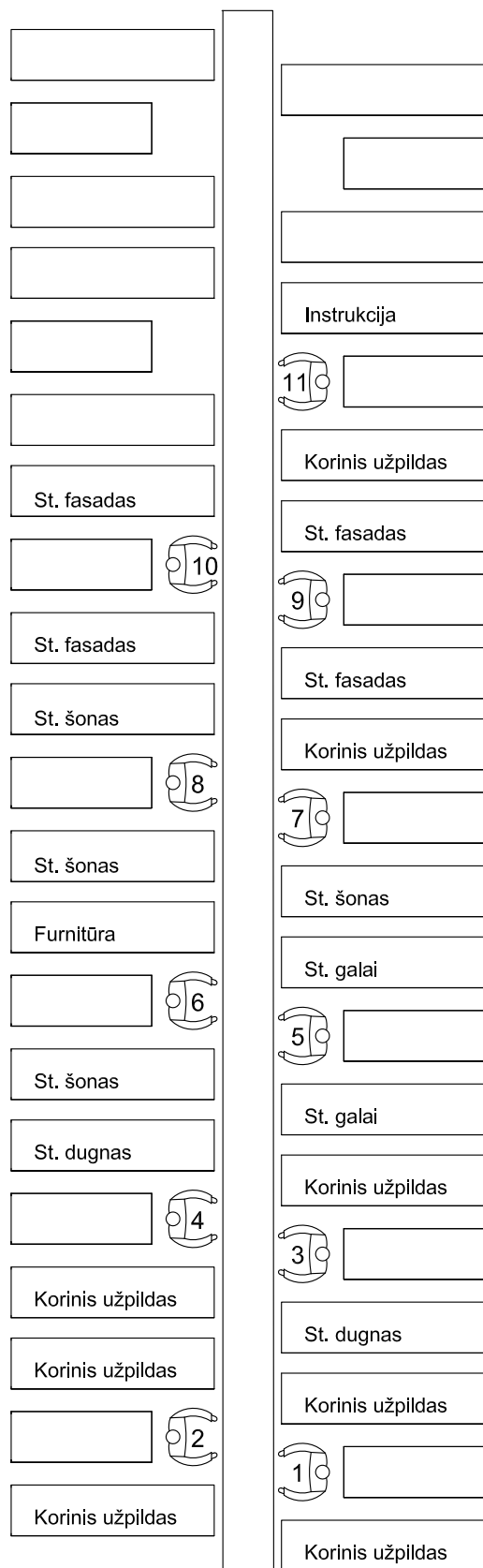


## Modernizuota pakavimo schema

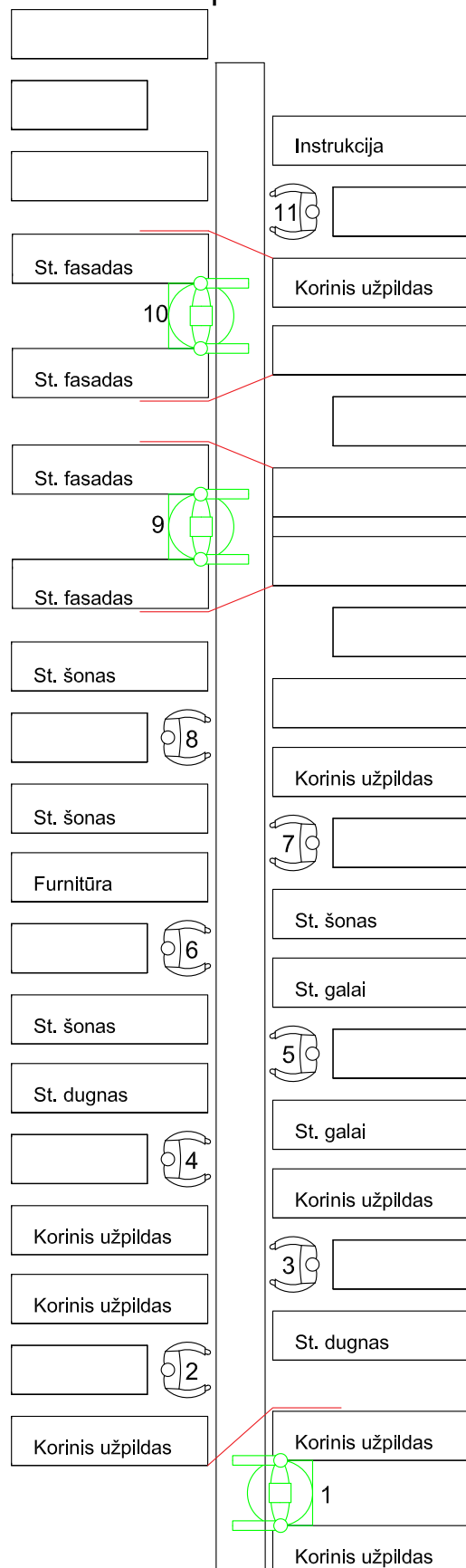


Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>			
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės L komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.012 SC</i>			
			Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>	Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



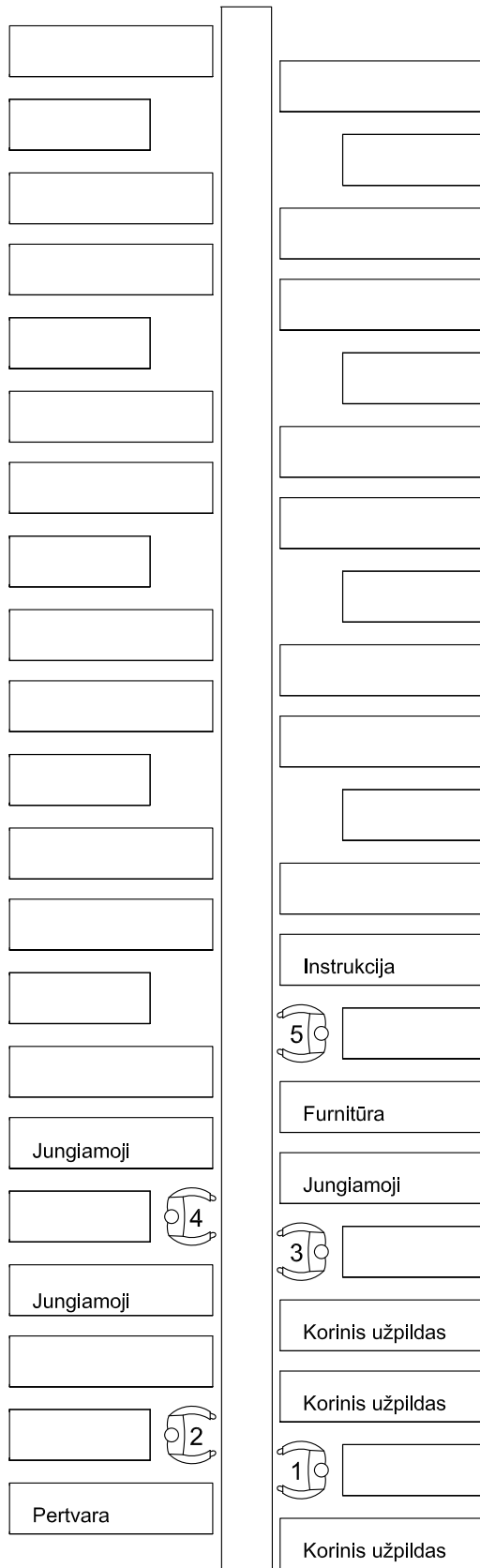
Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės M komplektavimas

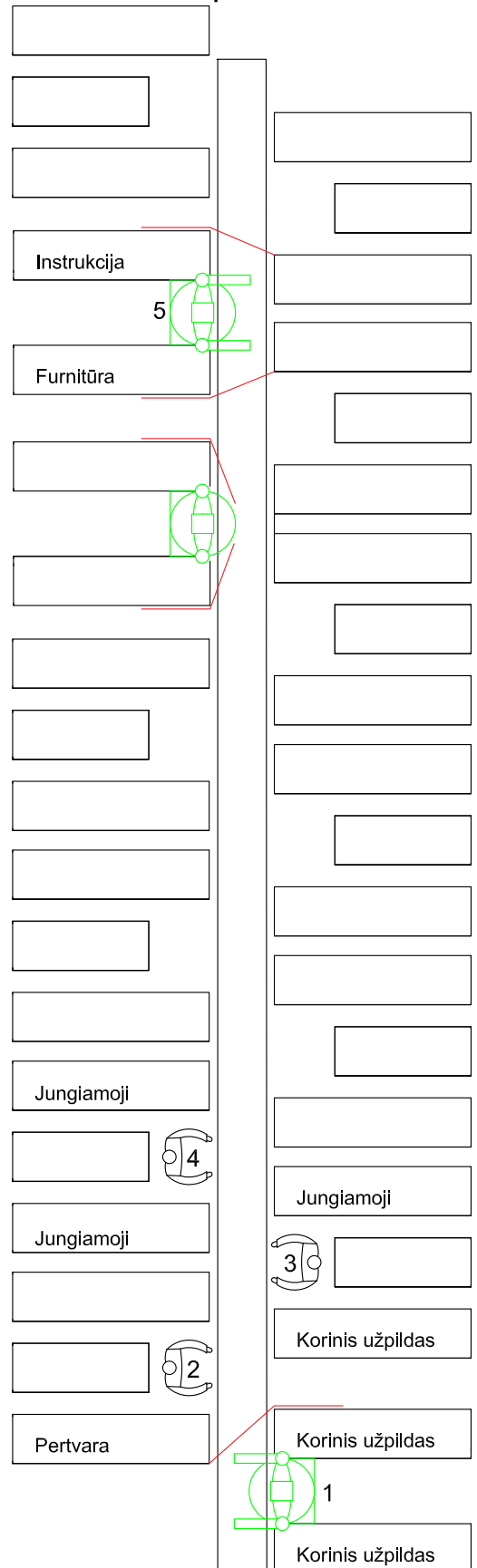
DL-00.00.013 SC


Laida	Data	Kalba	Lapas
A	20181201	Lt.	1/1

## Esama pakavimo schema

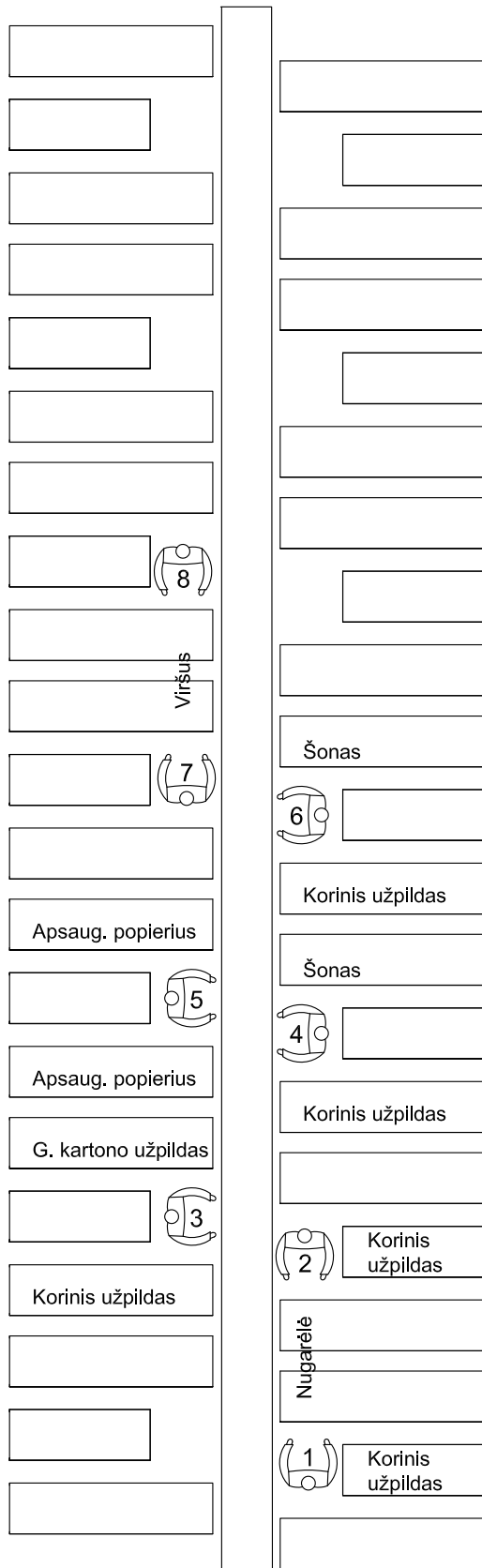


## Modernizuota pakavimo schema

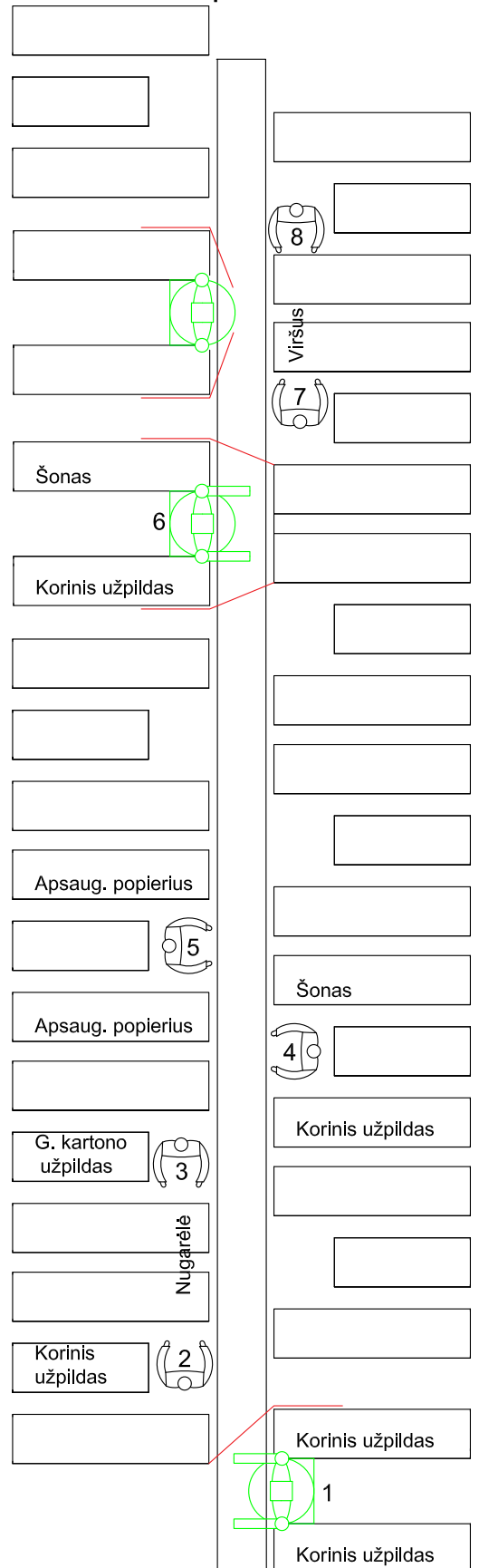



Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės N komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.014 SC</i> Laida <i>A</i> Data <i>20181201</i> Kalba <i>Lt.</i> Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema



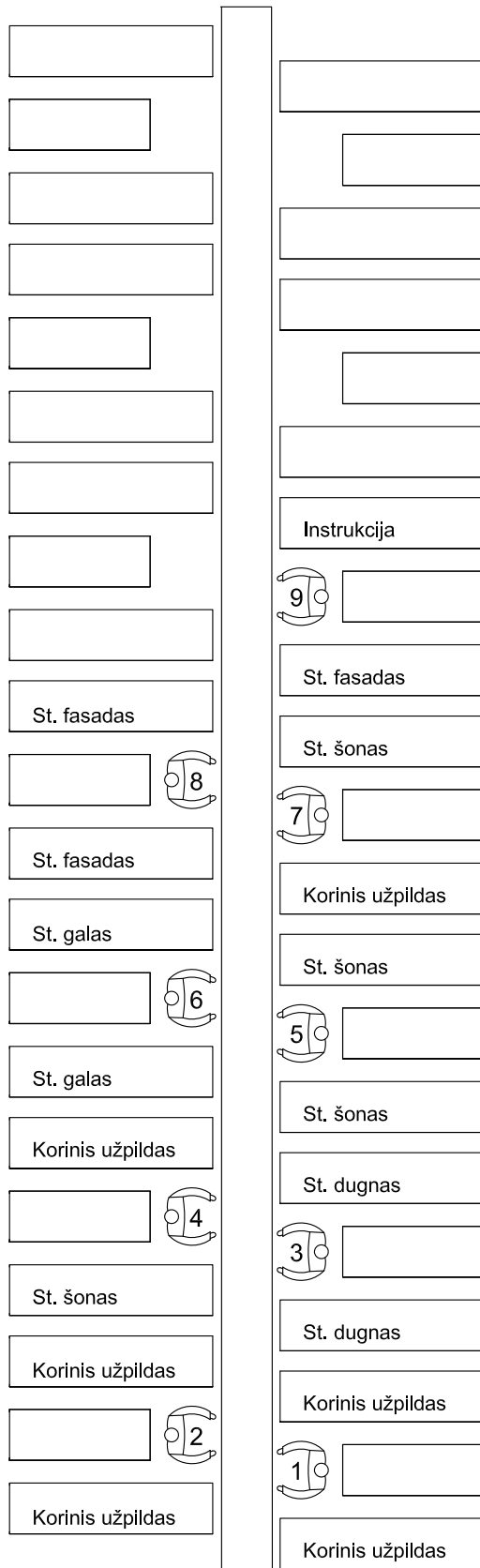
## Modernizuota pakavimo schema



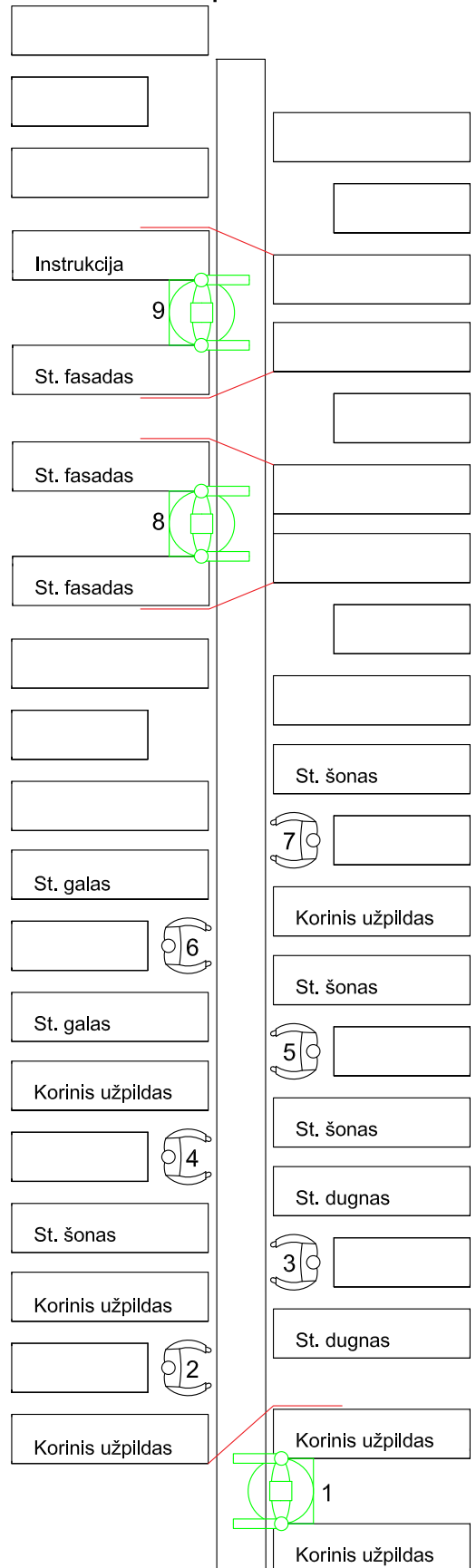
Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>		
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės O komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.015 SC</i>		
		Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>	Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>



## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės P komplektavimas

DL-00.00.016 SC

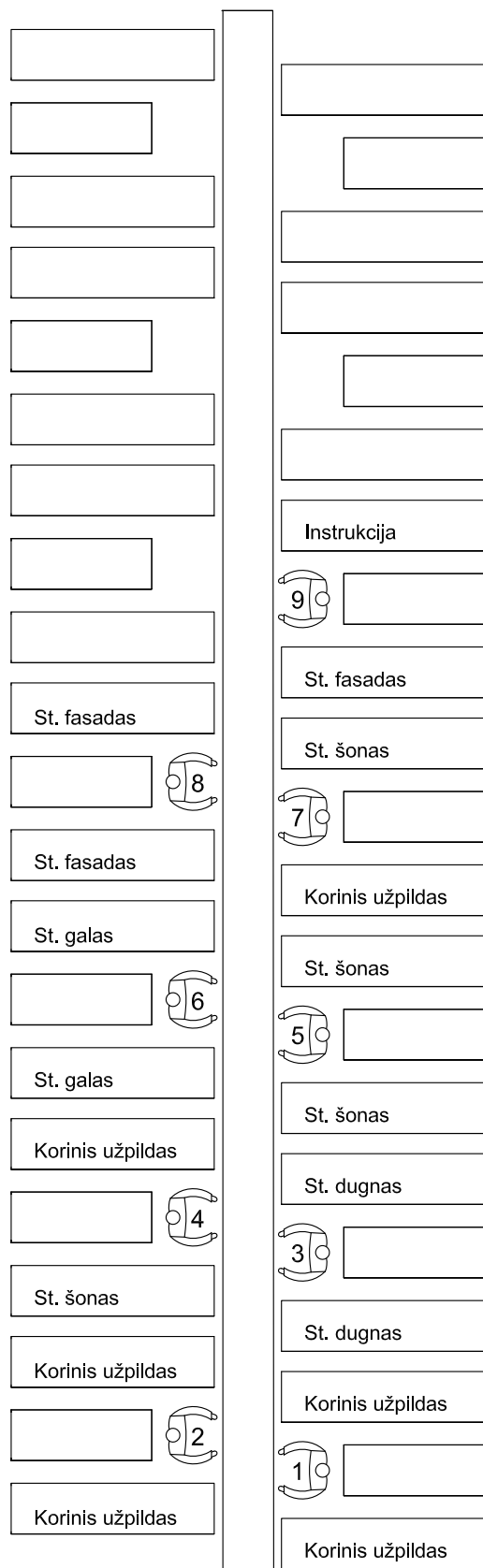
Laida  
A

Data  
20181201

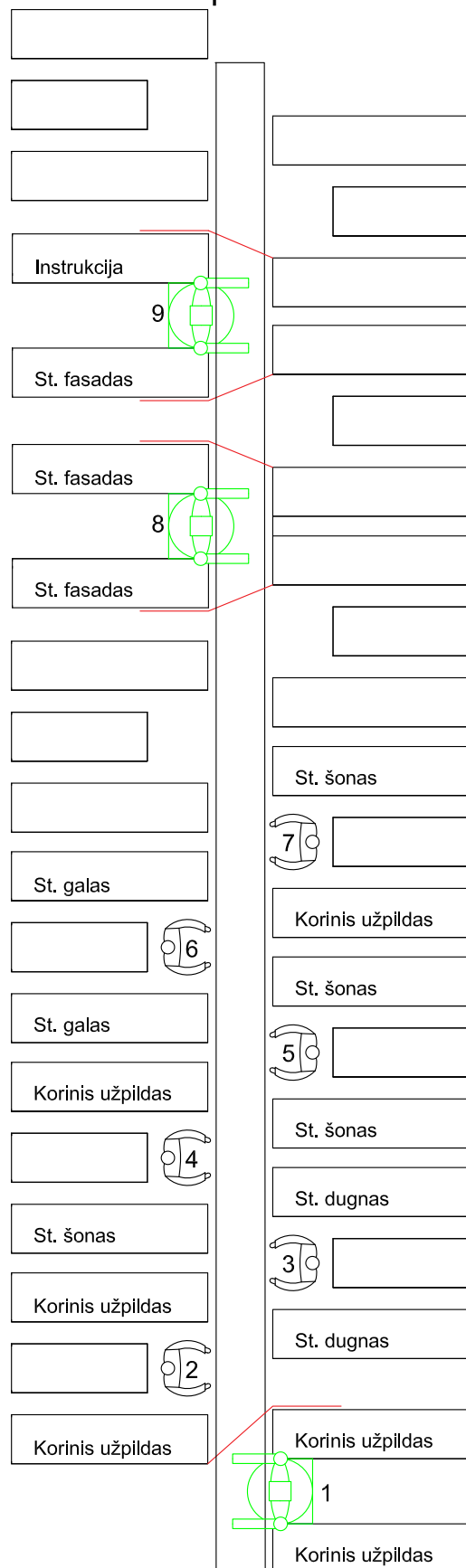
Kalba  
Lt.

Lapas  
1/1

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



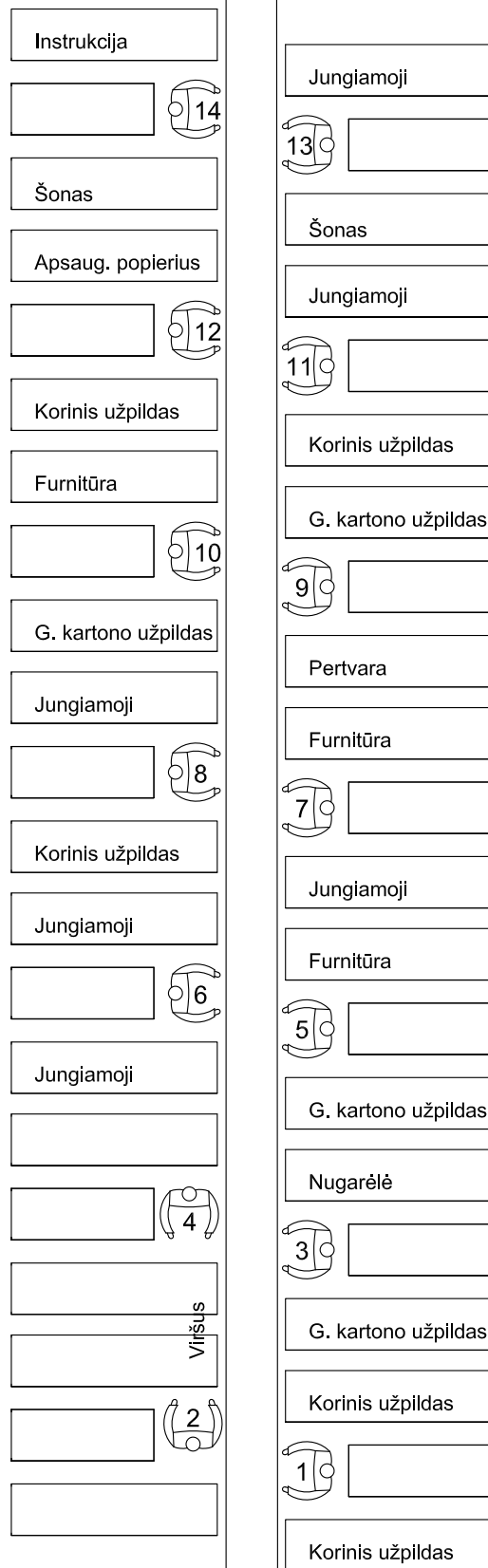
Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės R komplektavimas

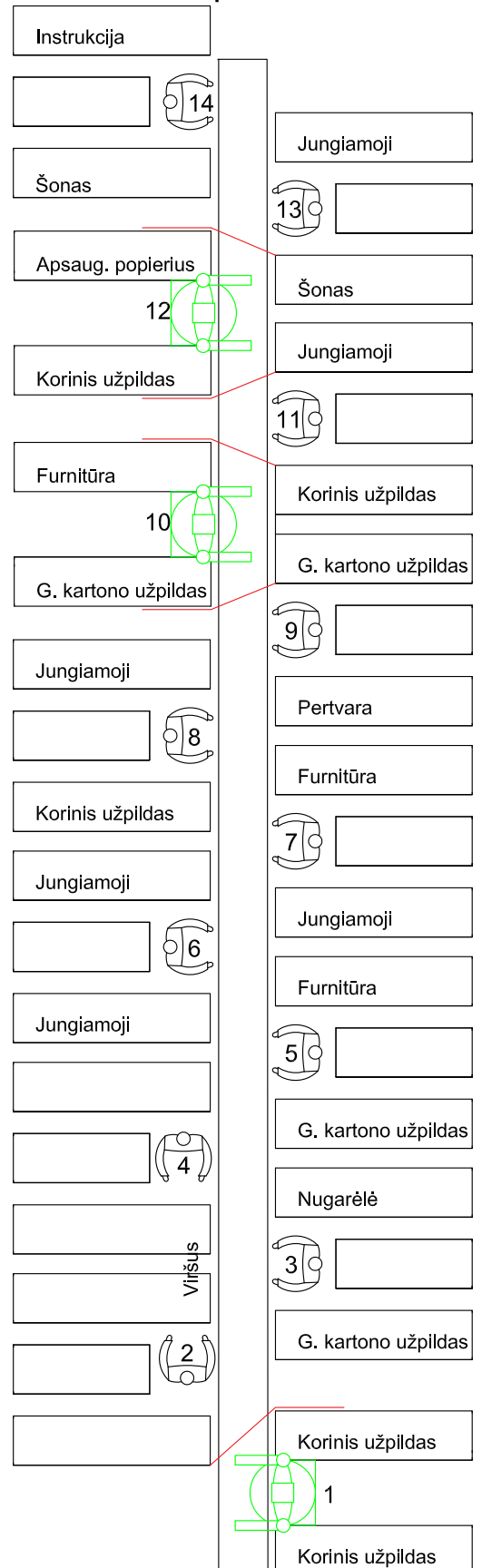
DL-00.00.017 SC


Laida	Data	Kalba	Lapas
A	20181201	Lt.	1/1

## Esama pakavimo schema

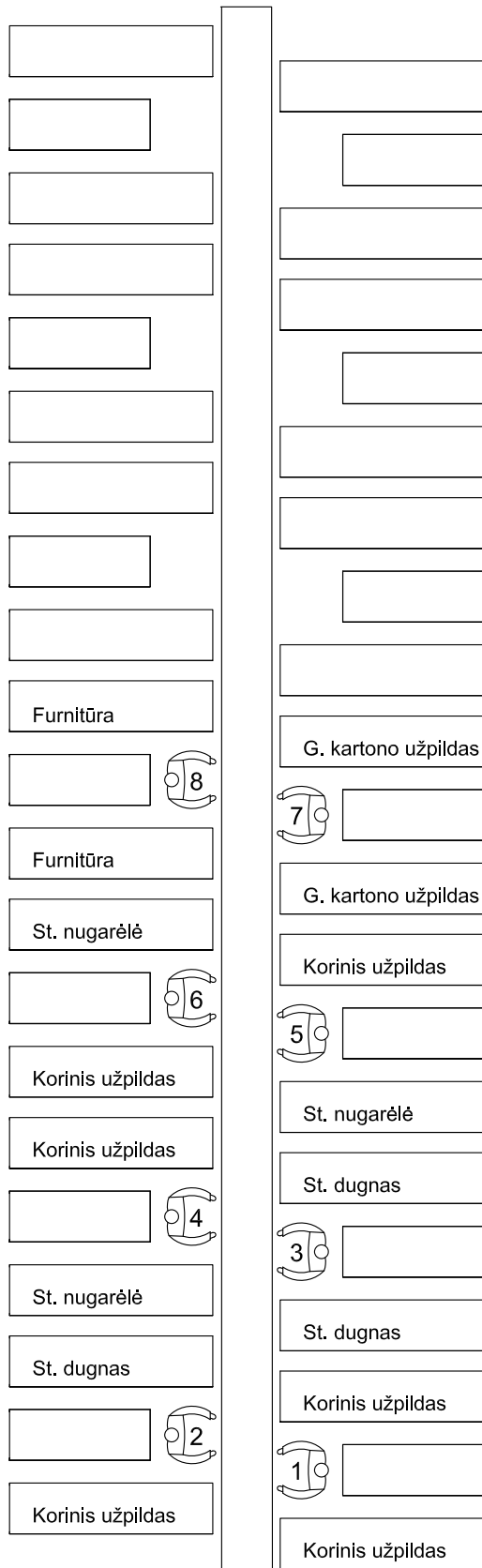


## Modernizuota pakavimo schema

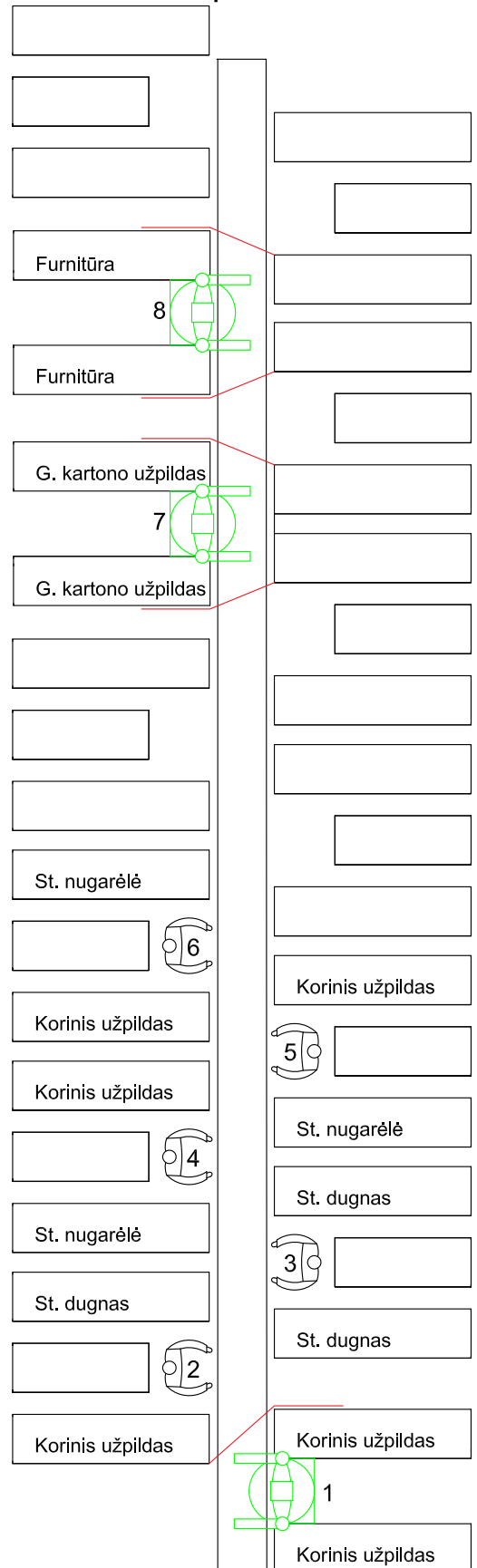


Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės S komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.018 SC</i>
		Laida <i>A</i>	Data <i>20181201</i>
		Kalba <i>Lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>

## Esama pakavimo schema



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba  
MIDF

Konsultantas  
M. Domskis

Dokumento tipas  
Pakavimo schema

Dokumento statusas  
Mokomasis

Savininkas



Rengė  
D. Liaučius  
Tvirtino  
J. Domskienė

Antraštė  
Dežės T komplektavimas

DL-00.00.019 SC

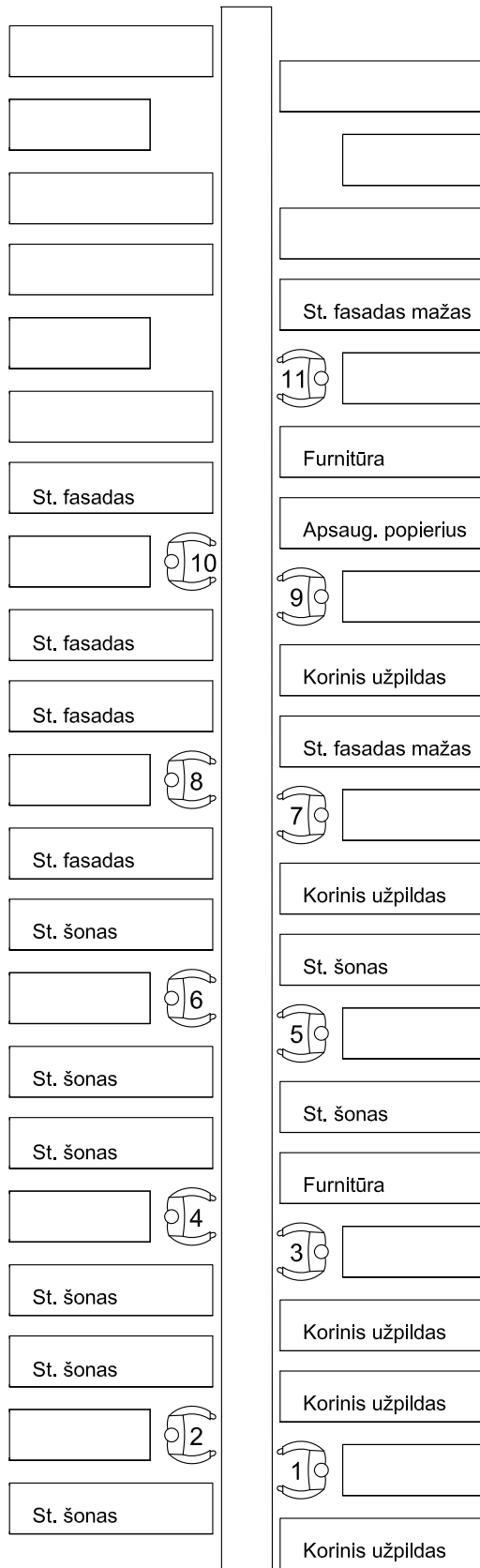
Laida  
A

Data  
20181201

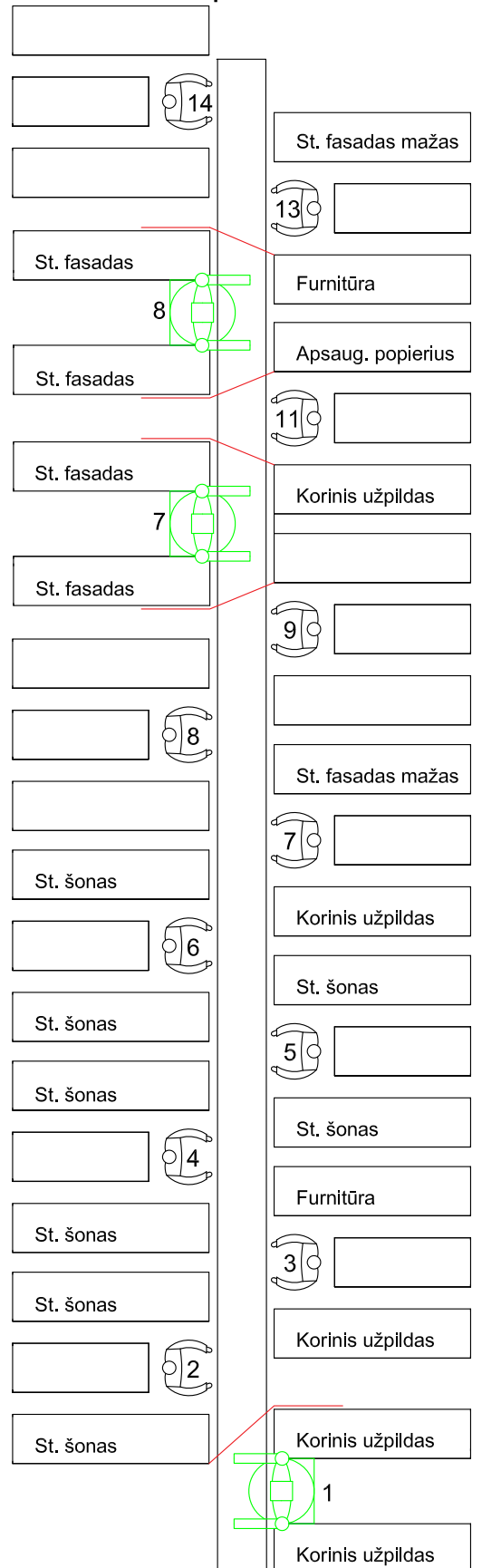
Kalba  
Lt.


Lapas  
1/1

## Esama pakavimo schema

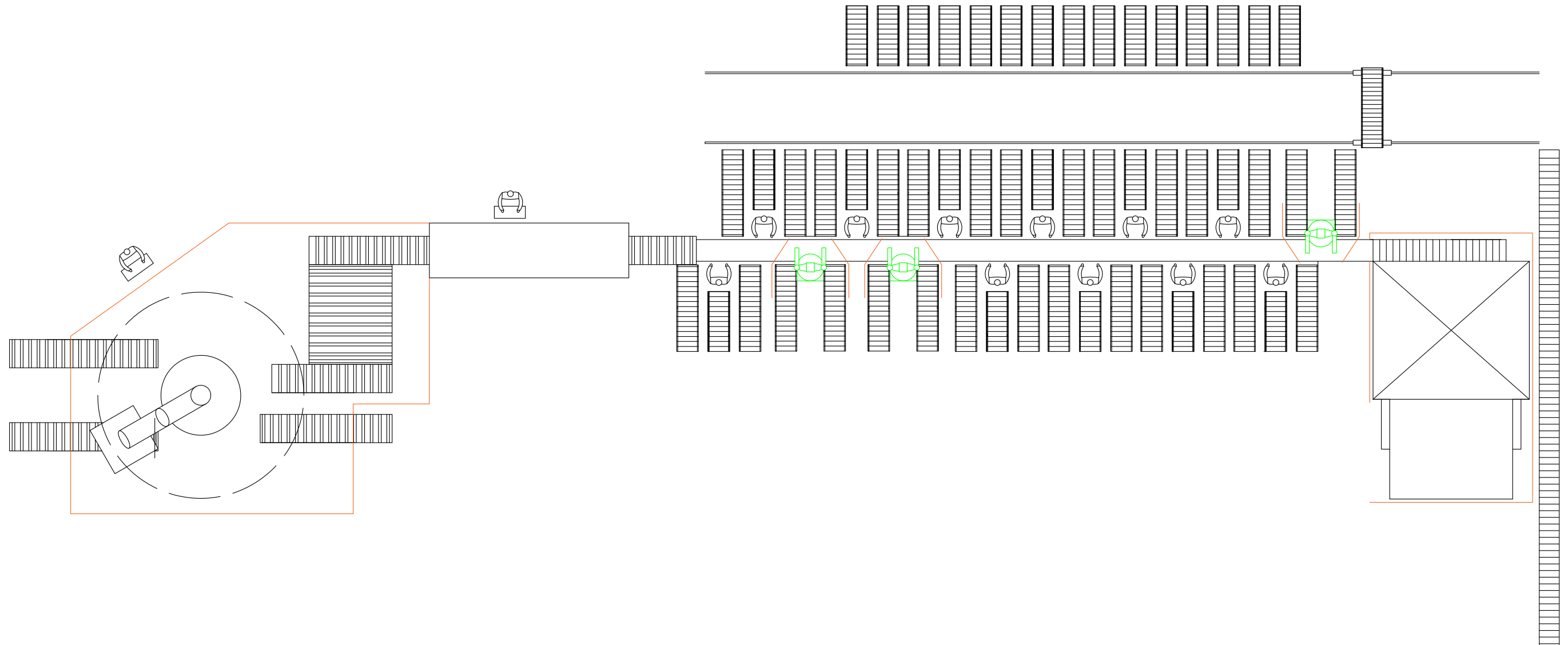



## Modernizuota pakavimo schema



Atsakinga žinyba <i>MIDF</i>	Konsultantas <i>M. Domskis</i>	Dokumento tipas <i>Pakavimo schema</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>
Savininkas  <b>kauno technologijos universitetas</b> 1922	Rengė <i>D. Liaučius</i> Tvirtino <i>J. Domskienė</i>	Antraštė <i>Dežės U komplektavimas</i>	<i>DL-00.00.020 SC</i> Laida <i>A</i> Data <i>20181201</i> Kalba <i>Lt.</i> Lapas <i>1/1</i>

5 PRIEDAS. Modernizuota pakavimo linija



Atsakinga žinyba MIDF	Konsultantas M. Domskis	Dokumento tipas Schema	Dokumento statusas Mokomasis			
Savininkas  kauno technologijos universitetas	Rengė D. Liaučius Tvirtino J. Domskienė	Antraštė Modernizuota pakavimo linija	DL-00.01.003 SC			
			Laida A	Data 20181201	Kalba Lt.	Lapas 1/1