



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

# **Kokybės valdymo metodų bei įrankių įtakos COPQ rodikliui tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Nerijus Urbonas**  
Projekto autorius

**Doc. Rūta Rimašauskienė**  
Vadovė

---

**Kaunas, 2023**



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

# **Kokybės valdymo metodų bei įrankių įtakos COPQ rodikliui tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas  
Gamybos inžinerija (6211EX015)

---

**Nerijus Urbonas**

Projekto autorius

**Doc. Rūta Rimašauskienė**

Vadovė

**Lekt. Laura Gegeckienė**

Recenzentė

---

**Kaunas, 2023**



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

## **Kokybės valdymo metodų bei įrankių įtakos COPQ rodikliui tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Nerijus Urbonas

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



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

## **Baigiamojo magistro projekto užduotis**

**Studentui** – Nerijui Urbonui

### **1. Projekto tema –**

Kokybės valdymo metodų bei įrankių įtakos COPQ rodikliui tyrimas

*(Lietuviškai)*

Investigation of the Influence of Quality Management Methods and Tools on the COPQ Indicator

*(Angliškai)*

### **2. Hipotezė**

Kokybės metodų bei įrankių įtaka gali būti išmatuojama

### **3. Projekto tikslas ir uždaviniai –**

Tikslas: atlikti baldus gaminančios įmonės 24 mėnesių periodo COPQ rodiklio analizę.

Uždaviniai:

1. atlikti įmonėje vyraujančių defektų ir jų poveikio galutiniam vartotojui analizę.
2. atlikti kokybės valdymo metodų, panaudotų tiriamajame 24 mėnesių laikotarpyje analizę.
3. įvertinti panaudotų kokybės valdymo metodų veiksmingumą, palyginant COPQ rodiklį analizuojamo laikotarpio pradžioje bei pabaigoje.
4. įvertinti ekonominę įgyvendintų inžinerinių sprendimų naudą bei potencialius galimus taupymus, jei tam tikri sprendimai ar metodai būtų taikyti dar defektų atsiradimo pradžioje.

### **4. Pradiniai projekto duomenys –**

Netaikoma

### **5. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –**

Palyginamųjų analizių atlikimui naudojami statistinės procesų kontrolės įrankiai: histogramos, „žuvies kaulo“ bei Pareto diagramos.

Projekto autorius	Nerijus Urbonas <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-09-25 <i>(Data)</i>
Vadovė	Rūta Rimašauskienė <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-09-25 <i>(Data)</i>
Krypties studijų programų vadovė	Regita Bendikienė <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-09-25 <i>(Data)</i>

Urbonas Nerijus. Kokybės valdymo metodų bei įrankių įtakos COPQ rodikliui tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. Rūta Rimašauskienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: kompiuterinės regos sistemos, COPQ analizė, 8D metodas, baldų gamybos pramonė, grėžimas, proceso automatizavimas, korpusiniai baldai.

Kaunas, 2023. 58 p.

### **Santrauka**

Šiame baigiamajame projekte atliktas baldus gaminančios įmonės kokybės valdymo metodų bei įrankių įtakos COPQ rodikliui tyrimas. Jo metu ištirti tam tikruose perioduose panaudoti kokybės valdymo metodai ir įrankiai, lėmę teigiamą COPQ rodiklio pokytį. Ši variacija įrodo atliekamo tyrimo aktualumą, kadangi neturint tinkamos informacijos, kokybė negali būti kontroliuojama. Tyrimas atliktas norint papildyti žinias apie kokybės valdymo metodų bei tam tikrų sprendimų teikiamą ekonominį poveikį blogos kokybės kaštams, informaciją pateikiant praktiniais pavyzdžiais.

Atlikto tyrimo metu išsiaiškinta, jog 2020 finansinių metų pradžioje, įmonėje panaudoti SPC įrankiai, kurių pagalba pastebėtos tam tikros tendencijos - 10 pagrindinių gaminių per 24 mėnesių periodą sudarė 71,2 – 75,3% visos parduodamos produkcijos, o vienodoms jų rūšims būdingi to paties tipo bei apimties defektai. Tuo tarpu, pagrindinės defektų rūšys sudarė net 56,4% visos grąžintos produkcijos. Problemų sprendimo įgudžiams patobulinti įdiegtas 8D analizės metodas, kurio prijungimas prie įmonėje sėkmingai veikiančių analitinių įrankių iš Six Sigma DMAIC metodologijos leido efektyviai išryškinti problemas, pirmuosius sprendimus įgyvendinant jau po 1 - 2 savaičių. Efektyvus problemų sprendimas padėjo sumažinti COPQ rodiklį nuo 1,77% iki 1,30%, pasiekiant 0,47% pagerėjimą lyginant pirmąją finansinių metų savaitę su paskutiniąja. COPQ rodiklio variacija išlaikyta žemiau 1,54% užsakovo nustatyto tikslo net 39 savaites.

Ekonominės analizės metu išmatuotas 8D metodo ir tam tikrų inžinerinių sprendimų taikymo efektyvumas patvirtino analizuotų tyrimų rezultatus. Remiantis jais, galima teigti, jog tyrėjų pastebėjimai patvirtino - kokybės metodų bei įrankių įtaka gali būti išmatuojama.

Urbonas Nerijus. Investigation of the Influence of Quality Management Methods and Tools on the COPQ Indicator / supervisor assoc. prof. Rūta Rimašauskienė; 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: vision systems, COPQ analysis, 8D method, furniture industry, drilling, process automation, cabinet furniture.

Kaunas, 2023. 58 p.

### **Summary**

A study for the influence of the quality management methods and tools on the COPQ indicator of a furniture manufacturing company was carried out in this final project. In it, the quality management methods and tools used during certain periods of time were investigated, which were proven to lead to a positive change in the COPQ indicator. This variation proves the relevance of the research being conducted, since quality cannot be controlled without proper information. The study was carried out in order to broaden the knowledge about the economic impact of certain solutions and quality management methods, on the costs of bad quality, while presenting the information with practical examples.

During the conducted investigation, it was noticed that at the start of the 2020 financial year, the company used SPC tools, with the help of which, certain trends were observed - 10 main products accounted for 71.2 - 75.3% of the total sold production in a 24-month period. The same types are characterized by defects of the same kind and extent. Meanwhile, the main types of defects accounted for as much as 56,4% of all returned product volume. To improve the problem-solving skills, an 8D analysis method was implemented, the connection of which to the analytical tools, such as the Six Sigma DMAIC methodology already successfully operating in the company, made it possible to highlight problems effectively. And so the first solutions were implemented after only 1-2 weeks. Effective problem solving helped reduce COPQ from 1.77% to 1.30%, achieving a 0.47% improvement rate when comparing the first week of the financial year to the last. COPQ variation has been kept below 1.54% of the client's target for 39 weeks.

The efficiency of the application of the 8D method with certain engineering solutions measured during the economic analysis, have proven the results of the study. Based on them, it can be said that the researchers' observations have been confirmed - the impact of quality methods and tools can be measured.

## Turinys

Lentelių sąrašas .....	8
Paveikslų sąrašas .....	9
Santrumpų ir terminų sąrašas .....	10
Įvadas.....	11
<b>1. Tyrimo aktualumą įrodančių literatūros šaltinių analizė.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Baldus gaminančios įmonės kokybės politika, jos valdymo metodai bei įrankiai.....</b>	<b>17</b>
2.1. Įmonės kokybės politika.....	18
2.2. Kokybės valdymo rodikliai .....	18
<b>3. COPQ analizė tiriamoje įmonėje .....</b>	<b>19</b>
3.1. FY20 ir FY21 gamintos produkcijos analizė.....	20
3.2. Defektų bei jų poveikio įmonei ir galutiniam vartotojui analizė.....	23
<b>4. Kokybės valdymo metodai, naudoti FY20 ir FY21 .....</b>	<b>26</b>
4.1. Įmonės specifikai pritaikytų 8D metodo paaiškinimas .....	28
4.1.1. Defekto „trūksta/sumaišyti komponentai“ sprendimo analizė .....	30
4.1.2. Defekto „Trūksta/netikslus gręžimas“ sprendimo analizė .....	35
4.1.3. Defekto „Mechaniniai pažeidimai“ sprendimo analizė.....	41
<b>5. Panaudotų kokybės valdymo metodų bei inžinerinių sprendimų efektyvumo rezultatai ..</b>	<b>45</b>
5.1. Įgyvendinti inžineriniai sprendimai ir jų veiksmingumas .....	45
5.2. Kokybės valdymo metodų bei įgyvendintų inžinerinių sprendimų efektyvumas .....	47
<b>6. Įgyvendintų sprendimų ekonominė nauda.....</b>	<b>49</b>
<b>Išvados .....</b>	<b>51</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>52</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>54</b>
1 Priedas. 5-i “Kodėl” analizė trūkstams/sumaišytiems komponentams .....	54
2 Priedas. 5-i “Kodėl” analizė trūkstamam/netiksliam gręžimui .....	56
3 Priedas. 5-i “Kodėl” analizė mechaniniams pažeidimams .....	58

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> TOP 10 gaminiai FY20-21 .....	20
<b>2 lentelė.</b> Gaminio A1 pagamintų detalių kainynas .....	23
<b>3 lentelė.</b> Įmonės specifikai pritaikytos 8 disciplinos .....	28
<b>4 lentelė.</b> Trūksta/sumaišyti komponentai - 2 disciplina.....	31
<b>5 lentelė.</b> Trūksta/sumaišyti komponentai - 3 disciplina.....	31
<b>6 lentelė.</b> Trūksta/sumaišyti komponentai – 5 disciplina.....	33
<b>7 lentelė.</b> Trūksta/sumaišyti komponentai - 7 disciplina.....	34
<b>8 lentelė.</b> Trūksta/sumaišyti komponentai - 8 disciplina.....	34
<b>9 lentelė.</b> Trūksta/netikslus grėžimas - 2 disciplina .....	36
<b>10 lentelė.</b> Trūksta/netikslus grėžimas - 3 disciplina .....	37
<b>11 lentelė.</b> Trūksta/netikslus grėžimas - 5 disciplina .....	39
<b>12 lentelė.</b> Trūksta/netikslus grėžimas - 7 disciplina .....	40
<b>13 lentelė.</b> Trūksta/netikslus grėžimas - 8 disciplina .....	40
<b>14 lentelė.</b> Mechaniniai pažeidimai - 2 disciplina.....	41
<b>15 lentelė.</b> Mechaniniai pažeidimai - 3 disciplina.....	42
<b>16 lentelė.</b> Mechaniniai pažeidimai - 5 disciplina.....	43
<b>17 lentelė.</b> Mechaniniai pažeidimai - 7 disciplina.....	44
<b>18 lentelė.</b> Mechaniniai pažeidimai - 8 disciplina.....	44
<b>19 lentelė.</b> Įgyvendintų sprendimų atsiperkamumas.....	50



## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> „Žuvies kaulo“ diagrama sukamosioms alkūninėms jungtims [7].....	13
<b>2 pav.</b> Kokybės kaina tam tikrose stadijose [9] .....	14
<b>3 pav.</b> Siuvimo linijos defektų rūšių procentinis pasiskirstymas prieš SPC įdiegimą [10] .....	15
<b>4 pav.</b> Siuvimo linijos defektų rūšių procentinis pasiskirstymas po SPC įdiegimo [10] .....	15
<b>5 pav.</b> FY20 ir FY21 COPQ pokytis .....	19
<b>6 pav.</b> COPQ analizė pardavimams, FY20 .....	21
<b>7 pav.</b> COPQ analizė pardavimams, FY21 .....	21
<b>8 pav.</b> Gaminių analizė pagal defektus, FY20 .....	22
<b>9 pav.</b> Gaminių analizė pagal defektus, FY21 .....	22
<b>10 pav.</b> Gražintos produkcijos defektų nuotraukos .....	24
<b>11 pav.</b> FY20 COPQ kaina.....	25
<b>12 pav.</b> FY21 COPQ kaina.....	25
<b>13 pav.</b> Faktinio ir 0,78% COPQ palyginimas EUR atžvilgiu.....	26
<b>14 pav.</b> „Žuvies kaulo“ diagrama trūkstamiems/sumaišytiems komponentams .....	32
<b>15 pav.</b> Kompiuterinės regos sistema pakavimo procesui .....	32
<b>16 pav.</b> Gręžimo procesas .....	35
<b>17 pav.</b> „Žuvies kaulo“ diagrama trūkstamam/netiksliam gręžimui .....	37
<b>18 pav.</b> Jutikliais paremta gręžimo proceso kontrolės sistema .....	38
<b>19 pav.</b> Kompiuterinės regos sistema HOM1 apdirbimo linijoje .....	39
<b>20 pav.</b> „Žuvies kaulo“ mechaniniams pažeidimams .....	42
<b>21 pav.</b> Kompiuterinės regos sistemos apdirbimo linijose koncepcija .....	45
<b>22 pav.</b> Kompiuterinės regos sistema pakavimo procesui .....	46
<b>23 pav.</b> Techniniai sprendimai mechaniniams pažeidimams .....	47
<b>24 pav.</b> Inžinerinių sprendimų veiksmingumas .....	48
<b>25 pav.</b> 8D analizės veiksmingumo palyginimas .....	49

## Santrumpų ir terminų sąrašas

### Santrumpos:

**COPQ (Cost of Poor Quality)** – blogos kokybės kaštai;

**CEPQ (Customer Experienced Product Quality)** – pirkėjo potyris vertinant produkto kokybę;

**CRPQ (Customer Returned Product Quality)** – pirkėjo atsiliepimas apie grąžintą produktą;

**BC (Buyers Claim)** – pirkėjo pretenzija;

**LEAN Six Sigma** - statistika paremta įmonės veiklos kokybės gerinimo programa (metodologija).

**DMAIC (Define, measure, analyze, improve, and control)** – problemų sprendimo metodas (LEAN Six Sigma);

**Pramonė 4.0** - konceptualizuoja greitus technologijų, pramonės šakų ir visuomenės modelių bei procesų pokyčius XXI amžiuje dėl didėjančio tarpusavio ryšio ir išmaniojo automatizavimo;

**Kokybė 4.0** - terminas, nurodantis kokybės ir organizacinio meistriškumo ateitį Pramonės 4.0 kontekste;

**SPC (Statistical Process Control)** – statistinė procesų kontrolė (statistinių metodų naudojimas procesui ar gamybos metodui kontroliuoti);

**8D analizė** - sisteminga, holistinė ir patikrinta metodika, skirta nustatyti pagrindinę problemos priežastį, suplanuoti greitą sprendimą ir įgyvendinti korekcinius bei prevencinius veiksmus, siekiant išvengti jos pasikartojimo;

**Poka Yoke** – galingas, visose pramonės šakose naudojamas įrankis, padedantis nustatyti bei eliminuoti proceso klaidas dar prieš joms įvykstant.

## Įvadas

Skaitmeninimas dideliu tempu keičia mūsų visuomenę, suteikdamas naujų iššūkių ir galimybių įmonėms, veikiančioms šioje dinamiškoje aplinkoje. Vykstanti transformacija yra visuotinė - ji apima pokyčius nuo individualių darbo užduočių iki naujų verslo modelių, santykių formų, esamos praktikos skaitmeninimo bei naujų techninių sprendimų, suteikiančių didesnę vertę galutiniam vartotojui. Turint tikslą išlikti konkurencingame versle, įmonės privalo gerinti savo veiklą, ypač kokybės požiūriu. Tam, kad sužinoti savo esamą poziciją rinkoje, turi būti tiksliai įvertinti veiklos rezultatai – tik tada galima priimti racionalius sprendimus, kurie padės ją pagerinti bei pasiekti užsibrėžtų tikslų.

Norint racionalizuoti geresnę kokybę, duomenis reikia pateikti skaitinėmis arba piniginėmis reikšmėmis. Siekiant to, yra vertinamos ir analizuojamos kokybės sąnaudos. Kad būtų galima tinkamai nuspręsti dėl optimaliausio pasirinkimo, turi būti palyginta geros kokybės kaina su prastos kokybės kaina. Šiaurinės Pakistano dalies automobilių pramonėje, buvo atliktas tyrimas, kuris padėjo nustatyti investicijų svarbą geros kokybės sąnaudoms, lyginant su nuostoliais dėl prastos kokybės. Taip pat buvo nustatyta ir keletas kitų koreliacijų tarp kokybės sąnaudų bei bendrų produkto sąnaudų. Tyrimo tikslas buvo rasti kiekybiškai įvertinamą geros ir prastos kokybės sąnaudų santykį, kad jos svarbą būtų galima paaiškinti be pastangų ir efektyviai. Rezultatai parodė, kad geros kokybės kaina gali būti net 22–50 kartų mažesnė už prastos kokybės kainą [1]. Remiantis minėtais rezultatais galima teigti, jog ankstyvame blogos kokybės etape atlikti sprendimai bei investicijos gali atnešti dešimteriopą grąžą vėlesniuose etapuose. Dėl to bus išlaikoma pozicija rinkoje, padidės įmonės pelnas bei prestižas.

Duomenų analizei yra naudojami statistiniai kokybės valdymo metodai. Statistinė procesų valdymo technologija nukreipta į kokybės kontrolės efektyvumą ir sistemingumą. Pastaraisiais metais, kaip efektyvi kokybės kontrolės technologija, statistinių procesų valdymo technologija buvo plačiai naudojama daugelyje pramonės šakų šalyje ir užsienyje. Veiksmingas statistinių procesų valdymo technologijos įdiegimas ir taikymas padeda kokybės valdymui plėstis nuo pasyvios pakartotinės patikros iki aktyvios išankstinės prevencijos procese. Tai gerokai sumažina įmonės gamybos sąnaudas tuo pačiu didinant jos konkurencingumą [2]. Statistiniai kokybės valdymo metodai leidžia pasiekti didelę įtaką proceso stabilumui, tobulinimo galimybių nustatymui bei kintamumo mažinimui.

Tikslas: atlikti baldus gaminančios įmonės 24 mėnesių periodo COPQ rodiklio analizę.

Uždaviniai:

1. atlikti kokybės valdymo metodų, panaudotų tiriamajame 24 mėnesių laikotarpyje analizę.
2. atlikti įmonėje vyraujančių defektų ir jų poveikio galutiniam vartotojui analizę.
3. įvertinti panaudotų kokybės valdymo metodų veiksmingumą, palyginant COPQ rodiklį analizuojamo laikotarpio pradžioje bei pabaigoje.
4. įvertinti ekonominę įgyvendintų inžinerinių sprendimų naudą bei potencialius galimus taupymus, jei tam tikri sprendimai ar metodai būtų taikyti dar defektų atsiradimo pradžioje.

## 1. Tyrimo aktualumą įrodančių literatūros šaltinių analizė

Skaitmenizacija toli gražu nėra futuristinė prognozė, o veikiau šiandienos kintančio įmonių kraštovaizdžio dalis [3]. Pramonei 4.0 išibėgėjant, duomenų rinkimo kiekis ir jų analizės greitis suteikia vis tikslesnę ir patikimesnę informaciją. Ši informacija suteikia žinių, reikalingų sprendimui priimti. Tai svarbu, nes produktų ir procesų kokybė per visą produkto gyvavimo ciklą yra būtina sąlyga norint pasiekti įmonės tikslus. Kokybė keičiasi dėl skaitmeninimo, todėl statistiniai kokybės valdymo metodai suteikia potencialą vertės kūrimui. Nors visa tai suteikia daug galimybių, galima paminėti tris pagrindines temas: reakcijos laikas, santykiai, prognozės [4]. Šios temos atlieka esminį vaidmenį gamybos procesuose, nes garantuoja gaminių bei paslaugų patikimumą klientų reikalavimų atžvilgiu. Visa tai, pastaruoju metu, yra plačiai nagrinėjama literatūroje, daugiausia dėmesio skiriant neatitikimų analizei, filosofijoms, tokioms kaip „Visuotinės kokybės vadyba“ ir „Lean Six Sigma“, kokybės kontrolės ir tikrinimo įrankiai bei metodikos, taip pat kokybės įtaką įmonės veiklos efektyvumui. Nuolat didėjant produktų paklausai, kokybė yra pagrindinis veiksnys, didinantis vartotojo pasitenkinimą, o tai didina verslo konkurenciją tarp įmonių. Todėl, norint išlaikyti didžiausią rinkos dalį, kokybė turi būti valdoma bei matuojama aukščiausiu lygiu.

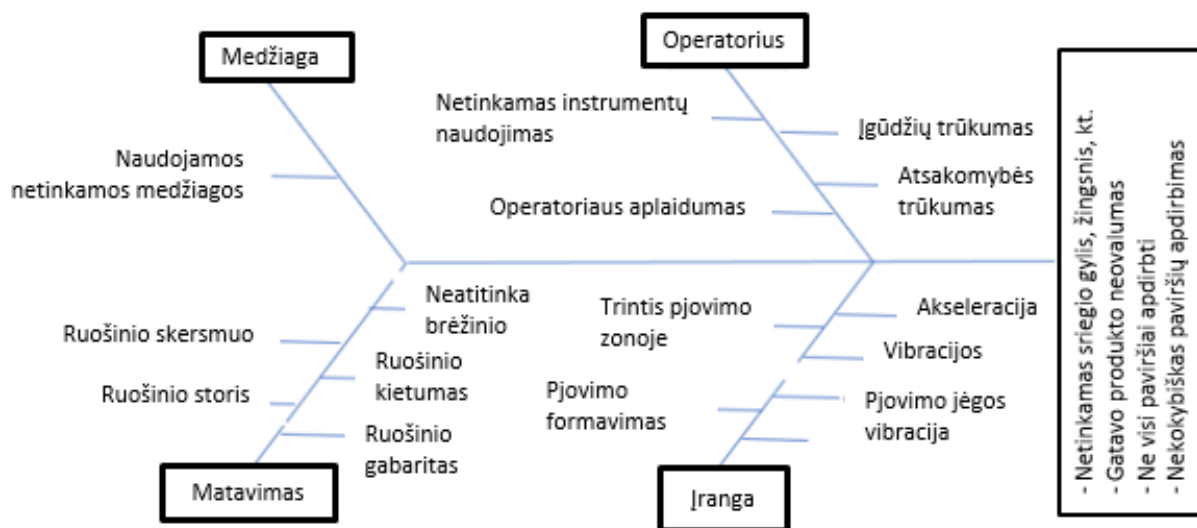
Statistinės kokybės kontrolės sistema nuo pat jos įkūrimo yra nuolat plėtojama ir šiandien yra gerai žinoma priemonė, naudojama visose pramonės šakose ir suteikianti galimybę pasiekti sėkmingų rezultatų. „Kokybei 4.0“ išibėgėjant, kokybės valdymo įrankius vis lengviau naudoti realiuoju laiku, o tai padeda užtikrinti procesų stabilumą, produkto kokybės tikslumą bei žemą savikainą. Nepaisant to, šiomis galimybėmis naudojasi palyginus nedidelė apdirbimo pramonės dalis. Veiksmingas statistinių procesų valdymo technologijos įdiegimas ir taikymas padeda kokybės valdymui vystytis nuo pasyvios pakartotinės patikros iki aktyvios išankstinės prevencijos procese, o tai labai sumažina įmonės gamybos sąnaudas ir tuo pačiu pagerina įmonės konkurencingumą. Geriausias būdas, kad galutinis rezultatas tenkintų tiek klientą, tiek ir patį gamintoją, yra kontroliuoti kiekvieną žingsnį, susijusį su galutiniu rezultatu. Toliau reikia kontroliuoti galutinio rezultato susidarymą, susijusį su kiekvieno proceso žingsnio (žmogaus, mašinos, medžiagos, metodo, aplinkos ir kt.) matavimu. Įrankis, galintis centralizuotai įkūnyti šią idėją, yra statistinis įrankis, kurį sudaro įvairios valdymo diagramos. Taikant statistines technologijas galima panaudoti gautus duomenis priimant sprendimus [2]. Pagrindinis atliekamų tyrimų tikslas yra sumažinti galutinio produkto defektų dažnį ir kintamumą, šitaip sumažinant produkcijos savikainą, padidinant proceso efektyvumą bei galutinių vartotojų pasitenkinimą.

Indijoje esanti biskvitinių sausainių gamybos įmonė atliko tyrimą, kuriame buvo atsižvelgta į kelių rūšių defektus. Iš dviejų pagrindinių kategorijų, koncentruotasi būtent į sausainių ir pakuotės defektus. Atlikus Pareto analizę, buvo rasti trys didžiausi defektų tipai, kurie kartu sudarė apie 82% visų defektų. Panaudojus statistinius proceso valdymo (SPC) įrankius bei „žuvies kaulo“ diagramą neatitikčių apimties bei atsiradimo priežasčių analizei, sujungus jas su proceso kontrolės bei proceso galimybių analizėmis, minėtas rodiklis buvo sumažintas nuo 82% iki 32,67% [5].

Indonezijos gamykloje, plieninio deformuoto strypo gaminio defekto procentas (iki 2019 m.) buvo 0,064%, kai įmonės viduje nustatyta riba buvo 0,050%. Įmonėje buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo naudojami statistiniai kokybės valdymo metodai. Panaudojus „Lean Six Sigma“ įrankius bei FMEA analizę buvo išaiškintos defektą sukeliančios priežastys bei įgyvendinti konkretūs

sprendimai. Pasiektas rezultatas parodė, jog 2020 m. kovo – birželio mėnesiais gaminių defektų procentas sumažėjo nuo 0,064% iki 0,0075% - įmonės nustatytas vidinės kokybės rodiklis buvo pagerintas net 6,6 karto [6].

Sukamųjų alkūninių jungčių gamybos įmonė esanti Nigerijoje, susidūrė su vis dažnesniais klientų nusiskundimais dėl defektuotų bei specifikacijų neatitinkančių produktų. Problemoms spręsti buvo panaudoti statistiniai kokybės valdymo metodai, tokie kaip DMAIC, proceso diagramos ir kt. Atlikus analizę, buvo pastebėta, jog problema daug didesnė, nei buvo manyta – dalis defektų kartojosi net iki penkių metų, o defektų reitingas nuo 2018 iki 2020 metų siekė 26-30%. Panaudojus „žuvies kaulo“ diagramą (žr. 1 pav.), pastebėta, jog defektų priežastys buvo iš prigimties netinkamų medžiagų naudojimas, netinkami atsargų matmenys, ruošinio vibracija ir prasti operatoriaus įgūdžiai. Šios, atrodo akivaizdžios, defektus sukeliančios priežastys tapo matomos tik atlikus detalią įmonės procesų bei klientų skundų analizę. Kadangi tyrimas buvo atliktas problemų atsiradimo priežastims diagnozuoti, panaudojant DMAIC įrankį, konkretus sprendimų poveikis kokybei nebuvo paminėtas [7].

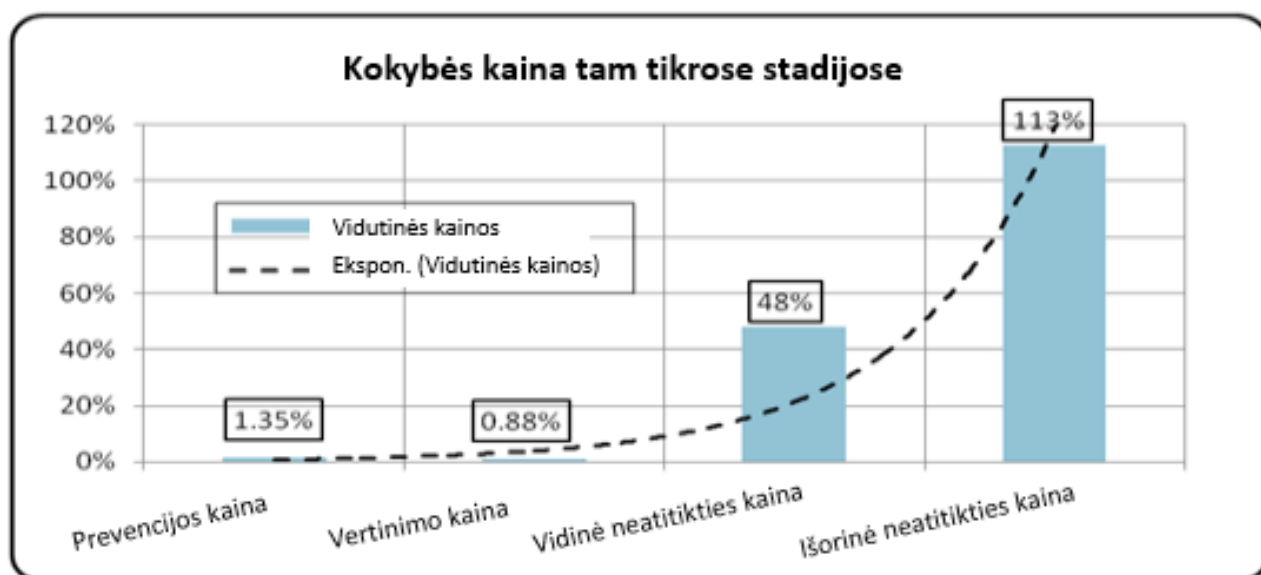


1 pav. „Žuvies kaulo“ diagrama sukamosioms alkūninėms jungtims [7]

Indijoje esantys motorolerių bei motociklų gamintojai, susidūrė su dideliu spaudimu mažinti bendras gamybos sąnaudas, kad išlaikytų savo pozicijas hiperkonkurencinėje vidaus ir pasaulinėje rinkoje. Šių transporto priemonių gamybos kainą sudaro 3 komponentų tipai, t.y. produkto dalių (metalo laužo) kaina ir eksploatacinių medžiagų bei įrankių kaina. Metalo laužo kaina – tai nekokybiškų gaminių, kurie nėra pagaminti pagal standartą ir negali būti siunčiami į rinką, kaina. Eksploatacinių medžiagų kaina – tai kaina kitoms nei pagrindinės žaliavos, naudojamos gamyboje (filtrai, užpildai, degalai, dujos, cheminės medžiagos, aušinimo skysčiai, tepalai ir t.t.). Buvo panaudotas atvejo tyrimais pagrįstas metodas. Korpusų gamybos sistema susidarė iš 3 pagrindinių procesų: mašinų dirbtuvė, karkaso gamykla ir surinkimo cechasis. Šiose srityse buvo patiriama daugiau nei 50% visų blogos kokybės kaštų. Panaudojant DMAIC metodą kartu su kokybės kontrolės įrankiais, tokiais kaip Pareto diagrama, priežasties ir pasekmės diagrama bei realaus laiko duomenų analizė buvo nustatytos potencialios tobulintinos vietos. Atliktame tyrime buvo pastebėta, kad net ir nežymiai sumažinus pertvarkymo išlaidas vienai transporto priemonei (t.y. 0,35 USD per vieneta), kasmet sutaupoma 2,2

mln. USD. Šios organizacijos iniciatyvos taupyti sąnaudas taip pat lėmė švaresnę gamybą ir tvaresni gamybos procesai. Tokie rezultatai motyvuoja kitus gamybininkus taipogi mažinti gamybos sąnaudas gerinant kokybę ir koncentruojantis net ir artrodo į mažai reikšmingas proceso variacijas [8].

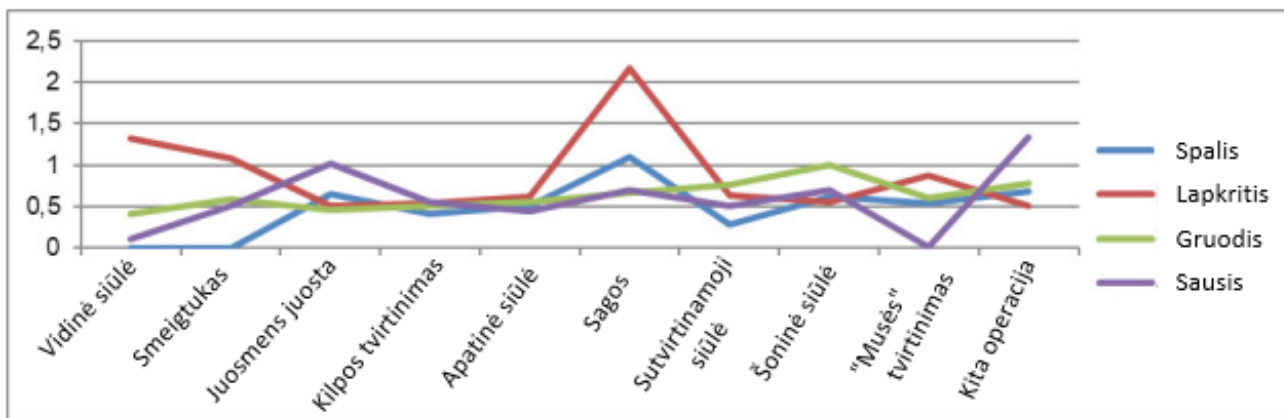
Pakistano automobilių pramonėje buvo atliktas tyrimas, kuris vertino investicijų naudą į COPQ mažinimą. Tyrime, investicijos į COGQ (geros kokybės kaina) laikytos labiau prevenciniu požiūriu su konkrečiais veiksmais bei išlaidomis, užtikrinant maksimaliai gerą kokybę. Tuo tarpu COPQ (prastos kokybės kaina) yra reaktyvusis metodas, kurį reikia sumokėti, kai defektas pastebėtas prieš arba po prekės išsiuntimo (žr. 2 pav). Pasak tyrimo autorių, COGQ yra išmintingas sprendimas, nes jis taikomas prieš pradedant gamybos procesą - šį galima planuoti. Tuo tarpu COPQ yra ne pasirinkimas, o išipareigojimas priimti rezultata, atsiradusį po visų gamybos procesų, šiuo atveju - nekokybišką galutinį produktą. COPQ bei COGQ apskaičiavimas suteikia galimybę optimizuoti gamybos kaštus, leidžia nustatyti darbų prioritetus, taip skatinant efektyvų išteklių panaudojimą ir padidinant įmonės pelną. Remiantis atliktu tyrimu, investicijos į COPQ mažinimą gali būti 22-50 kartų pigesnės, nei "susitaikymas" su esamu rodikliu priimant blogos kokybės kaštus [9].



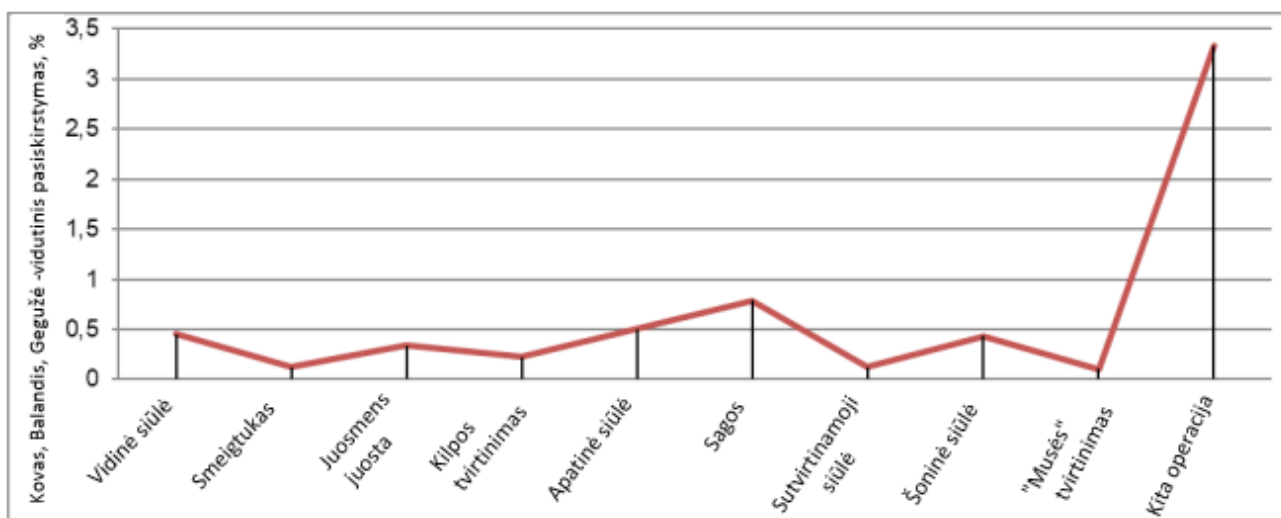
2 pav. Kokybės kaina tam tikrose stadijose [9]

Drabužių gaminių gamybos sąnaudos iš dalies priklauso nuo kokybės tikrinimo išlaidų. Konkurencingoje pasaulinėje rinkoje kiekvieną dieną didėja išlikimas prieš konkurenciją gamybos sąnaudų ir pardavimo kainos atžvilgiu. Kadangi siuvimo linijos yra daug darbo jėgos reikalaujančios sritys, dėl technologinių pokyčių yra mažai galimybių tobulėti, tačiau yra daug galimybių šias sritis tobulinti taikant įvairius mokslinius metodus. Pažymima, kad pagal taupią gamybą kokybės tikrinimas yra būtina, bet pridėtinės vertės neturinti veikla, kurią reikia mažinti. Šias gamybos procesų pridėtinės vertės neturinčias veiklas gali būti įmanoma sumažinti taikant statistines kokybės kontrolės sistemas [10]. Indijoje įsikūrusi tekstilės pramonės lyderė „Silver Spark Apparel Limited“ (SSAL), priklausanti „Raymond Group“ siekdama išlaikyti savo poziciją rinkoje, nusprendė optimizuoti procesus, įdiegiant SPC sistemą. Gamintojo asortimente yra daugybė žinomų prekės ženklų, tokių kaip Calvin Klein, Levi's, GAP ir kt., todėl kokybės kaštų optimizavimas turėtų reikšmingai padidinti pelningumą. Atlikus turimų duomenų analizę, keturių mėnesių statistika parodė, jog įmonės COPQ

yra 9,141%. Panaudojus turimus duomenis, buvo išskaidyti didžiausią įtaką kokybei turintys procesai (žr. 3 pav.), kuriems pradėti taikyti problemų sprendimo įrankiai. Po trijų mėnesių SPC sistemos ir problemų sprendimo įrankių taikymo, duomenų analizė (žr. 4 pav.) parodė, kad įmonės COPQ rodiklis sumažėjo nuo 9,141% iki 6,4% [10].



3 pav. Siuvimo linijos defektų rūšių procentinis pasiskirstymas prieš SPC įdiegimą [10]



4 pav. Siuvimo linijos defektų rūšių procentinis pasiskirstymas po SPC įdiegimo [10]

JK įsikūrusi pasaulinio lygio santechnikos įmonė, garsėjanti vonios kambario gaminiais, susidūrė su aukštu naujo produkto neatitikties procentu. Produktą sudarant dvylikai mazgu bei komponentų, kurių surinkimas vyksta penkiose surinkimo stotyse, atskiruose etapuose buvo atliekami du sandarumo testavimo procesai. Paskutiniame nuotekio testavimo etape apytiksliai 12% visos produkcijos būdavo atmetama dėl sandarumo reikalavimų neatitikimo. Kadangi pakartotinai perdirbti buvo galima tik dalį neatitiktinių produktų, įmonėje buvo patiriami dideli finansiniai nuostoliai. Buvo nuspręsta atlikti tyrimą minėtos neatitikties pašalinimui, kombinuojant 8D įrankį bei Six Sigma metodą. Tyrimo tikslas buvo ištirti minėtų sprendimo priemonių bei metodų naudą pagrindinių priežasčių analizėje, siekiant parodyti praktinį jų pritaikymą. Nutarta laikytis eksperimentinio tyrimo plano, pritaikant pozityvistinį empirinį metodą su dedukcine strategija, siekiant įvertinti kombinuoto (8D ir Six Sigma) problemų sprendimo metodo efektyvumą mažinant naujo produkto neatitikties

procentą. Tyrimo pabaigoje nustatyta, jog 8D sistemos taikymas kartu su Six Sigma bei kitomis analizės priemonėmis buvo itin veiksmingas sumažinant naujo gaminio neatitikties procentą nuo 11,84% iki 0,11%. Sėkmingai identifikavus pagrindinę priežastį, buvo imtasi nuolatinių korekcinų veiksmų, užtikrinančių stabilų surinkimo procesą ilgaklaikėje perspektyvoje. Tyrimas įmonei suteikė veiksmingą problemų sprendimo sistemą, sprendžiant sudėtingą problemą ir įgyvendinant ilgalaikius korekcinus veiksmus produktų surinkimo linijoje. Tyrime pateiktos išvados, jog ši, kombinuota sistema gali būti sėkmingai taikoma ir kitose pramonės šakose [11].

Pramonei 4.0 įgaunant pagreitį, kokybės valdymui pasiekiamas vis didesnis spektras duomenų. Jų apdorojimui įmonėje paprastai yra reikalingi papildomi resursai. Prieš atliekant turimų duomenų analizę bei kontrolę, turi būti patikrinta jų kokybė. Duomenų kokybė yra dar vienas „Kokybė 4.0“ iššūkis, kuris įmonėje turi būti išspręstas dar iki atliekant produkto gamybos proceso kokybės analizę. Kokybės ekosistemą sudaro įvairūs įrankiai, metodai, technikos, procesai ir praktikos, naudojamos produktų, paslaugų, pirkėjo patirties ir rezultatų kokybei gerinti visoje vertės grandinėje. Duomenimis pagrįsta kokybė yra procesas, kurio metu atsižvelgiama ne tik į patį produktą, bet ir į visus tiekimo grandinės aspektus – nuo žaliavų iki pakavimo iki pristatymo ir klientų aptarnavimo. Šis holistinis požiūris užtikrina, kad nė viena tiekimo grandinės dalis nebūtų pamiršta ir kad kiekvienas komponentas prisidėtų prie bendro galutinio produkto sėkmės.

Statistiniai kokybės valdymo metodai sukuria galimybę tobulinti gaminius, tenkinant klientų poreikius ir tuo pat metu didinant pelną. Jie leidžia lengviau nustatyti kokybės tendencijas ir modelius, palyginant skirtingas verslo dalis. Tai taip pat suteikia vadovams galimybę imtis veiksmų remiantis išvadomis. Pavyzdžiui, jei viena konkreči įmonės dalis ar skyrius, gaminantis produktą nuolat nukrypsta nuo kokybinių reikalavimų, tai gali reikšti, kad kažkas negerai su jo valdymu. Tuomet vadovybė gali ieškoti būdų šios problemos sprendimui, pavyzdžiui, edukuoti darbuotojus arba pakeisti organizacines struktūras.

Remiantis atlikta literatūros analize [1 - 11] pastebėta, jog kiekviename gamybos procese yra variacijų, kurios įtakoja jo nestabilumą. Kuo didesnė variacija yra procese, tuo netobulesnis ir brangesnis yra galutinis produktas. Atlikus gamybinių įmonių literatūros analizę (iki statistinių kokybės valdymo metodų įdiegimo), galima matyti akivaizdžią papildomų resursų kokybės duomenų gavimui, analizei bei kontrolei, naudą. Analizės metu pastebėta, jog pradėjus naudoti statistinius kokybės valdymo metodus, buvo pasiektas greitesnis bei kvalifikuotesnis reagavimas į klientų skundus (taigi ir į problemas), sumažinant jų kiekį arba visiškai užkertant kelią jų pasikartojimui. Aptarti akivaizdūs rezultatai motyvuoja mažinti gamybos sąnaudas, gerinant kokybę ir koncentruojantis net, artrodo, į mažai reikšmingas proceso variacijas [8].



## **2. Baldus gaminančios įmonės kokybės politika, jos valdymo metodai bei įrankiai**

Tyrimas atliktas vienoje didžiausių Lietuvoje, Kaune įsikūrusioje korpusinius baldus gaminančioje įmonėje, turinčioje kelis gamybinius padalinius. Gamybiniai padaliniai yra labai inovatyvūs, nes į juos sistemingai investuojama bei diegiami tarptautiniai gamybos ir kokybės valdymo metodai. Įmonėje įdiegtos pažangiausios technologijos, suteikiančios galimybę optimizuoti gamybos procesus, pasiekiant pasaulinio lygio veiklos efektyvumo rodiklius. Pagaminta produkcija yra tiekiamą vienam didžiausių pasaulyje baldus parduodančiam koncernui. Produkciją sudaro korpusiniai baldai - komodos, batų dėžės, spintelės, lentynos ir t. t. Pagaminta produkcija yra eksportuojama į daugiau nei 40 pasaulio šalių.

Viename padalinyje, per metus yra pagaminama iki 4 mln. gaminių, kurių kokybę turi atitikti itin aukštus, vienintelio užsakovo keliamus standartus. Kadangi 100% pagaminamos produkcijos yra parduodama minėtam užsakovui, bloga kokybė gali lemti ne tik verslo santykių tvarumą bet ir pasitikėjimą. Kokybė turi išlikti kontroliuojama nuo pirmo iki paskutinio produkcijos vieneto, todėl su užsakovo pagalba, ji yra valdoma panaudojant efektyviausius kokybės valdymo metodų bei įrankių rinkinius. Visa tai yra ypač svarbu dabartinėmis ribotų išteklių sąlygomis. Gaminių kokybės valdymas, kaip ir metodai, kuriais jis vykdomas, yra itin aktualūs ir turi didelę reikšmę visame proceso valdymo cikle.

Įmonėje sėkmingai naudojama Lean Six Sigma metodologija, kuri sujungta su vidine gamybos resursų valdymo sistema leidžia pasiekti optimaliausius rezultatus. Statistinių kokybės valdymo įrankių ir gamybos resursų apskaitos sistemos kombinacija yra ypač svarbi, turint omenyje, kad „Kokybė 4.0“ priešakyje duomenų kokybė tampa dar svarbesnė, nei proceso ar galutinio produkto kokybė [4]. Vėliau, šie duomenys gali būti vertinami kaip žaliava produktų gamybai, per informacijos gamybos procesą, naudojant SPC įrankius [10]. Neužtikrinant stabilaus gamybos proceso yra sudėtinga kas kartą pasiekti vienodą galutinio kliento pasitenkinimą, todėl variacijos sumažinimas yra vienas pagrindinių įmonės tikslų. Panaudojant statistinius kokybės metodus, yra nustatomos silpniausios proceso vietos, apibrėžiami kontrolės mechanizmai, o vėliau, remiantis sukauptais duomenimis, tobulinama įmonės veikla. Panaudojus gautus duomenis, defektai ir jų administravimui atliktas perteklinis darbas, yra paverčiami į piniginę išraišką.

Užsakovui kiekvienais finansiniais metais nustatant konkretų COPQ rodiklio tikslą, kurio nepasiekimas gali įtakoti tolimesnius užsakymus bei pasitikėjimą, jis turi tapti vienu iš pagrindinių įmonės veiklos rodiklių. Todėl, kiekvieno keturių savaičių periodo metu, atliekamos Pareto, FMEA, CTQ ir kt. analizės, kurių pagalba išgryninami kritiniai kokybei procesai, o dar svarbiau - dėl jų patiriami nuostoliai (COPQ). Turint konkrečias vyraujančių problemų atsiradimo priežastis yra grindžiami bei įgyvendinami tam tikri veiklos gerinimo sprendimai.

## 2.1. Įmonės kokybės politika

Kokybės politiką įmonėje būtų galima apibrėžti kaip bendrus veiksmus ir elgesį norint pasiekti pagrindinį tikslą – patenkintą galutinį pirkėją. Sėkmingą kokybės politiką garantuoja dvi pagrindinės kryptys:

1. Kokybės kultūra – tai visų įmonės darbuotojų siekis vadovautis bendromis vertybėmis ir tikėti bendru tikslu;
2. Metodai ir priemonės – atliekami aktyvūs veiksmai nuolat gerinant kokybę.

Šių dviejų krypčių rezultatą fiksuoja kokybiniai rodikliai. Jie atskleidžia, kaip tinkamai įmonė siekia pagrindinio tikslo – patenkinto pirkėjo. Įdiegta gamybos valdymo bei planavimo sistema, kuri leidžia procesus sekti bei kontroliuoti realiu laiku. Teisingi ir laiku gaunami duomenys suteikia galimybę vykdyti tikslią gamybos išlaidų analizę ir mažinti produkcijos savikainą, gerinant kokybę.

Prasta kokybė neigiamai įtakoja produktyvumą. Darbuotojų produktyvusis laikas yra eikvojamas, kai tenka spręsti problemas, kilusias dėl prastos kokybės. Laiką, kuris turėtų būti skiriamas įmonės veiklos efektyvinimui, tenka iššvaistyti, taisant prastos kokybės rezultatus. Baldų gamybos pramonėje dažniausiai užtenka tik vienos defektuotos detalės, kad gaminys taptų nefunkcionaliu, neestetišku ar nesurenkamu. Taigi, visas į gaminį įdėtas darbas tampa bevertis. Todėl yra ypač svarbu kuo anksčiau užkirsti kelią defektams, kol šie dar nepasiekė galutinio pirkėjo - taip minimalizuojamos prastos kokybės sąnaudos.

Kokybė daro tiesioginę įtaką įmonės reputacijai, o ši gali tapti lemiamu veiksniumi konkuruojant tikslinėse rinkose, todėl COPQ rodiklis įmonėje reiškia ne tik išlaidas blogai kokybei, bet ir verslo santykių tvarumą bei užsakovo pasitikėjimą.

## 2.2. Kokybės valdymo rodikliai

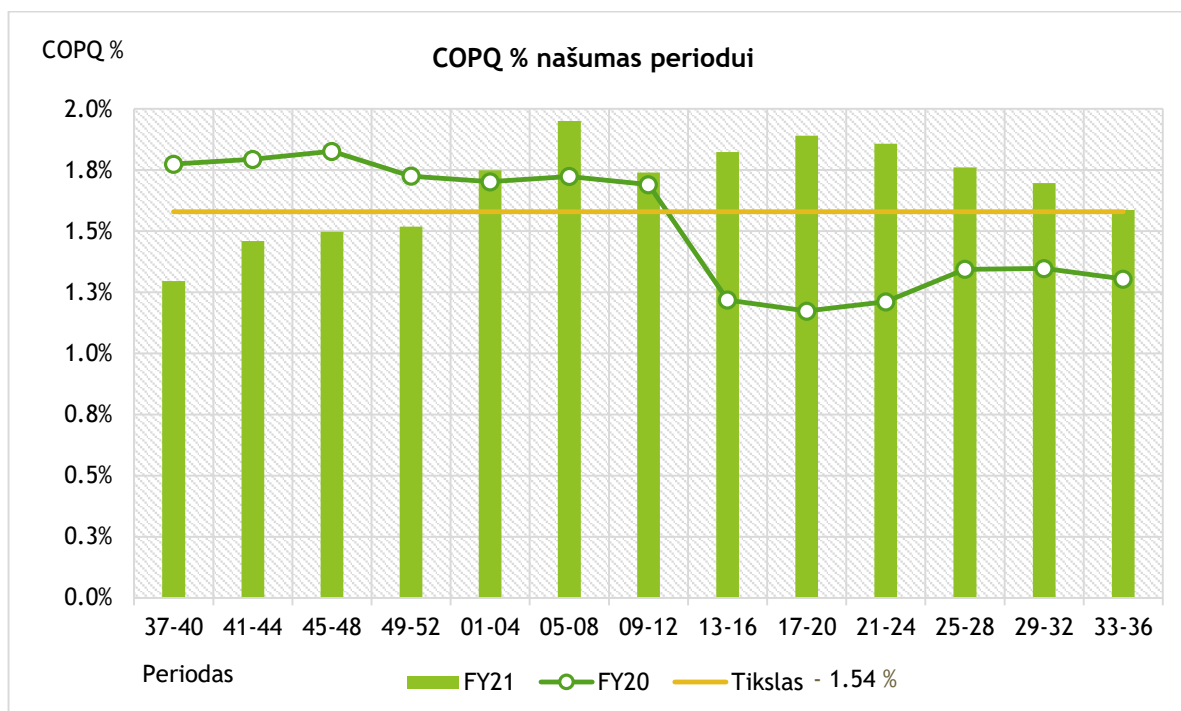
Pagrindinis rodiklis, naudojamas įmonėje yra COPQ – jis procentine išraiška atvaizduoja išlaidas, susidariusias dėl grąžintų nekokybiškų produktų. Kiekvienais finansiniais metais užsakovas nustato COPQ tikslą, kurio nepasiekimas arba viršijimas įtakoja ateities užsakymus. COPQ reikšmė yra skaičiuojama labai paprastai - nekokybiškų gaminių skaičius yra padalinamas iš visos parduotos produkcijos vertės. Trumpai tariant, šis rodiklis ne tik parodo, kaip įmonei sekasi gaminti kokybiškus produktus, bet ir kokybės tendencijas ateičiai. Blogos kokybės kaštai (COPQ) nebūtų išleisti, jei darbas būtų atliktas kokybiškai jau pirmąjį kartą.

Didžiausia įmonės paskata – parduoti kokybiškus produktus kuo daugiau žmonių, pasiekiant kuo didesnę pirkėjo pasitenkinimą (CEPQ). Šis rodiklis yra glaudžiai susijęs su COPQ, kadangi viena tokio pasitenkinimo sąlygų – kad tik kokybiški produktai pasiektų pirkėją. Už tai yra atsakinga ne tik įmonė, bet ir visa tiekimo sistema [12].

CRPQ – yra rodiklis, atspindintis pirkėjo atsiliepimą apie grąžintą produktą. Nors tai pagalbinė priemonė CEPQ rodikliui, tačiau ji yra efektyvesnė, nes gaunama tiksli informacija tiesiai iš pirkėjo lūpų [12].

### 3. COPQ analizė tiriamoje įmonėje

Finansiniai metai įmonėje skaičiuojami nuo rugsėjo mėnesio (37 savaitė). Grafike (žr. 5 pav.) galima pastebėti, jog 2020 metų pradžioje (FY20, 12 savaitė) įvyko reikšmingas COPQ rodiklio sumažėjimas (nuo 1,8% iki 1,2%), kuris išliko stabilus net 39 savaites - tuo metu buvo viršytas užsakovo nustatytas 1,54% tikslas. Grafike (žr. 5 pav.) nurodytas akumuliuotas COPQ rodiklis (FY20 – 1,54%, FY21 – 1,68%) indikuoja, jog 2 metų periodas rodo blogos kokybės kaštų augimo tendenciją. Šios variacijos įrodo atliekamo tyrimo aktualumą, kadangi be reikiamos informacijos, kokybė negali būti kontroliuojama.



5 pav. FY20 ir FY21 COPQ pokytis

Esant tokiai variacijai, turi būti atliktas išsamus FY20 ir FY21 periode įvykusių pokyčių tyrimas. Ieškant tam tikrų tendencijų, turi būti išanalizuoti kokybės valdymo metodai bei priemonės, galėję lemti itin staigų blogos kokybės kaštų sumažėjimą FY20 ir jo padidėjimą FY21. Taip pat, turi būti ieškoma tam tikrų sprendimų įtakos kokybei bei geros praktikos pritaikomumo skirtingose gaminių bei technologijų grupėse vyraujančiose defektų rūšyse. Siekiant kontroliuoti COPQ rodiklį, sustabdant jo augimo tendenciją bei stabilizuojant variaciją, turi būti išanalizuoti visi kokybės pagerėjimą lėmę sprendimai.

Remiantis atlikta literatūros analize [1 -11], norint išmatuoti įvykusių COPQ pokyčių bei jų lėmusių kokybės valdymo metodų bei įrankių įtaką, tyrimo rezultatai turi būti pateikti skaitinėmis išraiškomis. Detaliau tyrimo atlikimui turi būti panaudoti įmonės procesų bei gamybos resursų valdymui naudojami duomenys, statistiniai kokybės valdymo metodai ir įrankiai.

### 3.1. FY20 ir FY21 gamintos produkcijos analizė

Nuolatinis kokybės vadybos sistemos tobulinimas grindžiamas korekciniais veiksmais. Prieš atliekant šiuos veiksmus, būtina nustatyti prioritetinius defektus. Tradiciniu prioritetų nustatymo metodu gali būti laikoma Pareto diagrama, kuri leidžia pirmenybę teikti didžiausią apimtį sudarantiems defektams [13]. Tačiau, defektų rizika yra kompleksinis rodiklis, kuris vienu metu atsižvelgia į jų skaičių bei efektą, todėl tyrimo metu turi būti atlikta ir defektų pagal poveikį vartotojui analizė.

FY20 ir FY21 gamintai produkcijai reikalinga atlikti Pareto defektų pasiskirstymo priklausomybės su pardavimais analizę, kuri parodys didžiausią įtaką COPQ rodikliui darančius gaminius. Kita Pareto analizė turi būti atlikta didžiausią defektų reitingą turinčiai gaminių „šeimai“ (ar konkrečiam gaminiui) [14].

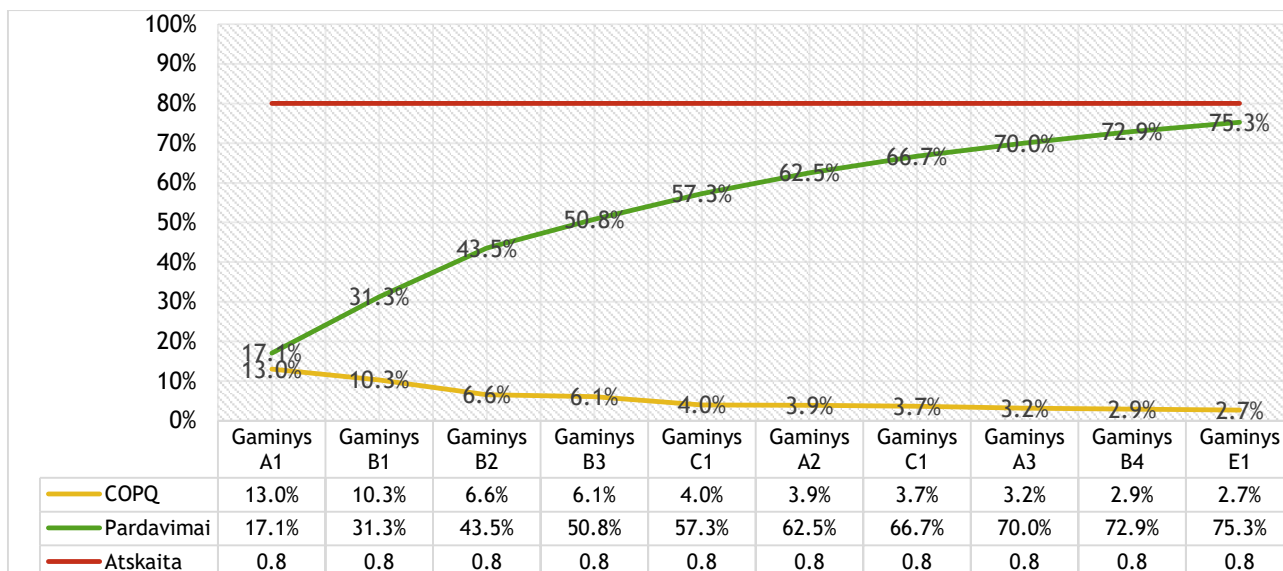
Periode, kol COPQ rodiklis laikėsi stabiliai net 39 savaites (FY20, FY21), 10 pagrindinių, pardavimus sudarančių gaminių spektras išliko toks pats (žr. 1 lentelę). FY21, tarp 37 ir 48 savaitės (žr. 5 pav.), gamybiniuose padaliniuose buvo padidinti pajėgumai – įgyvendintos technologinės investicijos į naujų ir esamų gaminių grupių apimčių didinimą, ko pasekoje TOP 10 gaminių spektras pasikeitė (žr. 1 lentelę). Remiantis COPQ pagerėjimu (FY20 W12 – FY21 W05) ir staigiu pablogėjimu (FY21 W01 – W32) daroma išvada, kad gaminių asortimento pastovumas koreliuoja su kokybės stabilumu.

1 lentelė. TOP 10 gaminiai FY20-21

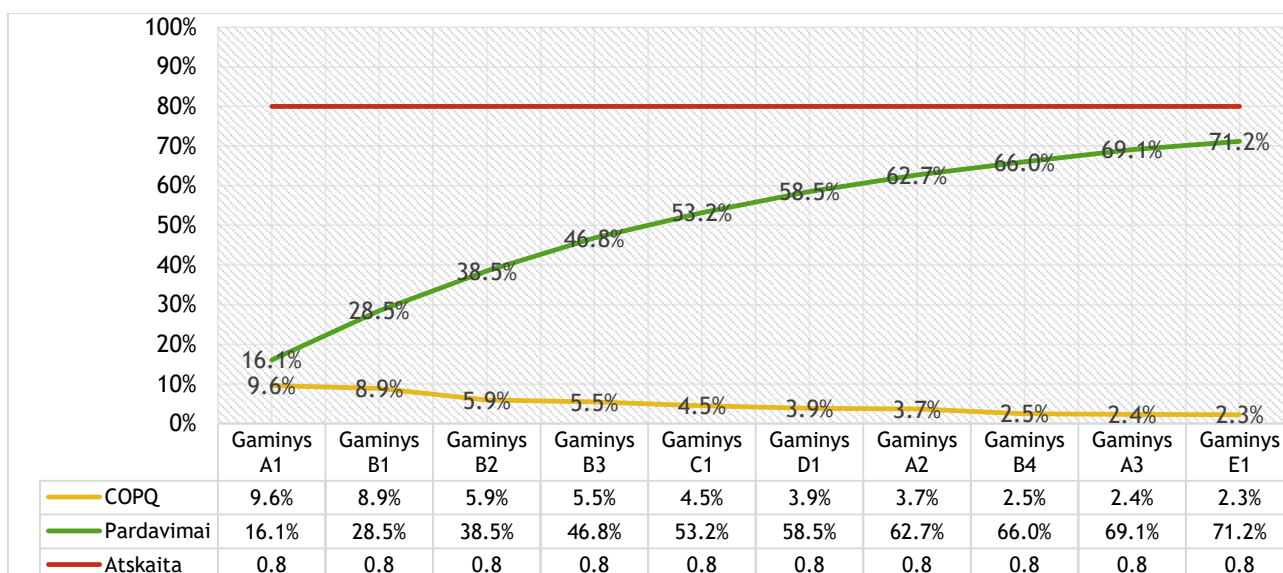
FY20 (W37 - W36)	FY21 (W37 - W48)	FY21 (W48 - W36)
Gaminiai A	Gaminiai A	Gaminiai A
A1	A1	A1
A2	A2	A2
A3	A3	A3
Gaminiai B	Gaminiai B	Gaminiai B
B1	B1	B1
B2	B2	B2
B3	B3	B3
B4	B4	B4
Gaminiai C	Gaminiai C	Gaminiai F
C1	C1	F1
Gaminiai D	Gaminiai D	F2
D1	D1	
Gaminiai E	Gaminiai E	Gaminiai G
E1	E1	G1

Atlikta COPQ pasiskirstymo analizė didžiausią dalį pardavimų sudarantiems gaminiams (žr. 6 ir 7 pav.). Analizėje matyti, jog „TOP 10“ gaminiai (A1 - A3, B1 – B4, C1, D1, E1) per FY20 ir FY21 metus sudarė 71,2 – 75,3% visos parduodamos produkcijos bei 49,2 – 56,4% metinio COPQ rodiklio. Gaminiai, turintys didžiausias pardavimų apimtis, diagramoje atitinkamai užėmė pirmąsias vietas COPQ rodiklį įtakojančia procentine dalimi. Nors FY20 (žr. 6 pav.) buvo gamintas įvairesnis produkcijos spektras (žr. 1 lentelę), analizė rodo, jog „TOP 10“ (6 ir 7 pav.) sudarė 4,1% daugiau visų pardavimų, nei FY21 (žr. 7 pav.).

Gaminių analizėje pagal defektus (8 ir 9 pav.) matyti, jog trys didžiausios defektų rūšys, esančios „TOP 10“ gaminiuose, sudarė iki 45,5% visos neatitiktinės produkcijos. Remiantis šia analize, galima galima teigti, jog FY20 buvo įgyvendinti sprendimai, lėmę reikšmingą šių defektų rūšių sumažėjimą FY21.



6 pav. COPQ analizė pardavimams, FY20



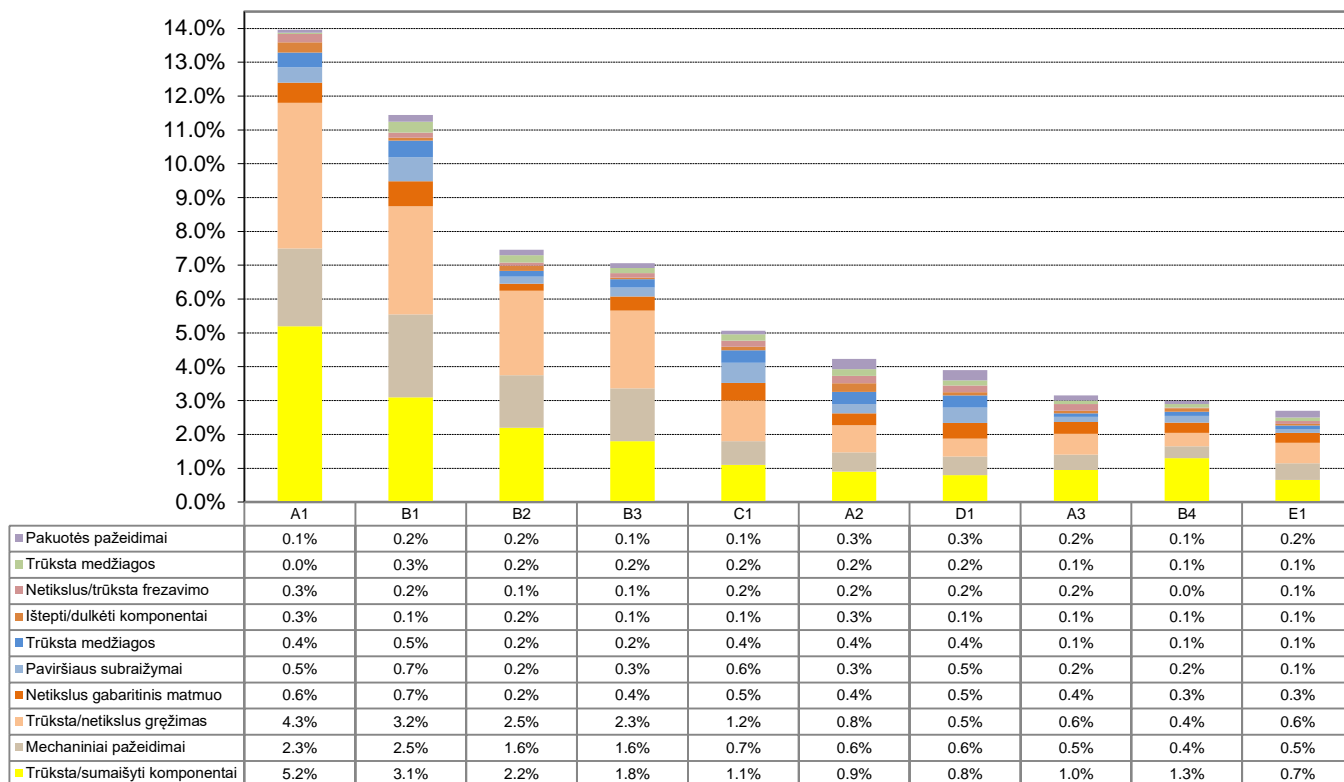
7 pav. COPQ analizė pardavimams, FY21

Pardavimų pagal COPQ rodiklį pasiskirstymo analizės rezultatai rodo, kad „TOP 10“ gaminiai (A1 - A3, B1 – B4, C1, D1, E1) sudaro iki 75,3% visų pardavimų ir iki 56,4% patiriamų blogos kokybės kaštų [14].

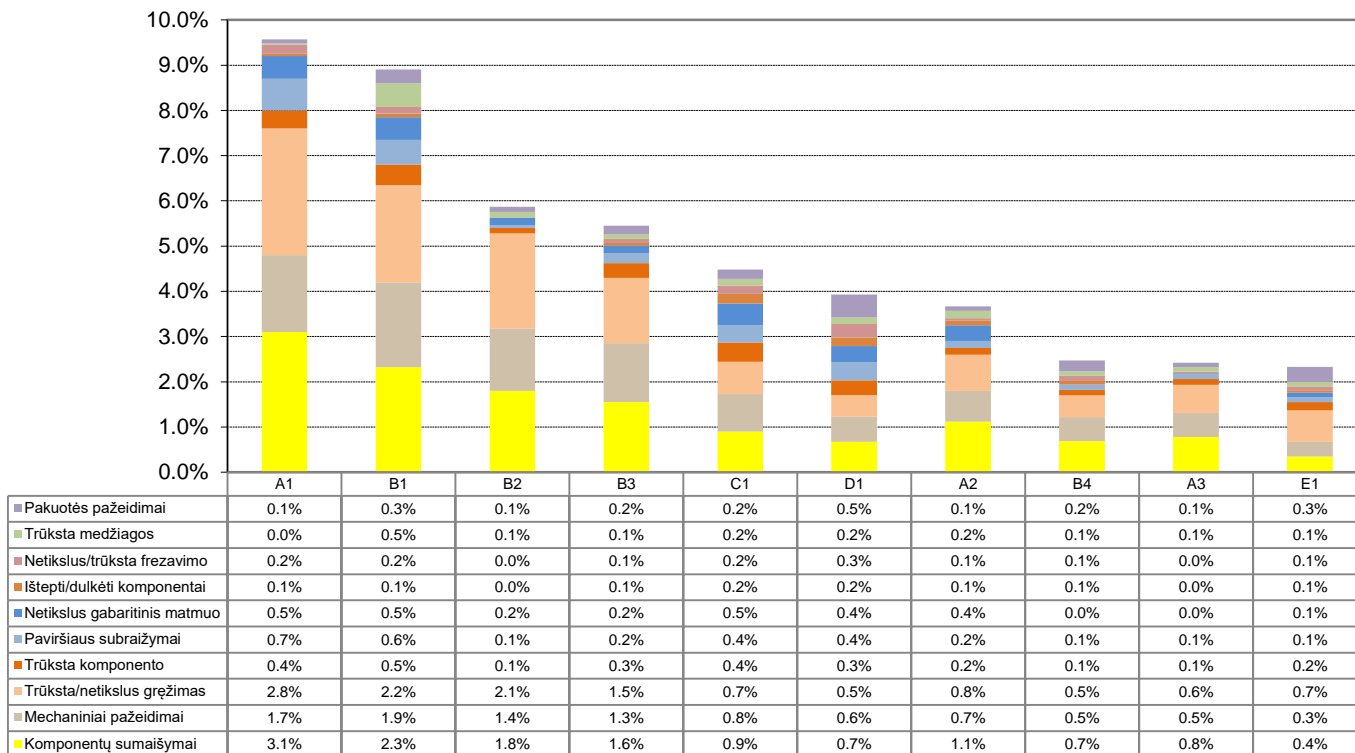
Pagal atliktos analizės rezultatus (8 ir 9 pav.) galima išvelgti tam tikras tendencijas:

- Vienodoms gaminių rūšims (Gaminiams A, B) būdingi to paties tipo bei apimties defektai;
- Trys pagrindinės defektų rūšys dominuoja visuose gaminiuose;
- Nors FY20 COPQ rodiklis žemesnis, trijų pagrindinių defektų procentas yra aukštesnis, nei FY21, kas įrodo atliktų sprendimų veiksmingumą;
- FY21 pastebima trijų pagrindinių defektų mažėjimo tendencija.

Remiantis COPQ analizės pardavimams (6 ir 7 pav.) ir gaminių analizės pagal defektus (8 ir 9 pav.) grafikais, galima pastebėti, jog FY20 atlikti sprendimai turėjo teigiamą poveikį toms pačioms defektų grupėms net ir pasikeitus gaminių asortimentui (FY21).



8 pav. Gaminių analizė pagal defektus, FY20



9 pav. Gaminių analizė pagal defektus, FY21

### 3.2. Defektų bei jų poveikio įmonei ir galutiniam vartotojui analizė

Baldų gamybos įmonėse dažniausiai yra atliekamos tik apdirbimo, tam tikrų mazgų surinkimo bei pakavimo operacijos. Tai reiškia, kad furnitūra, medienos drožlių plokštės, krašto juostos, dekoratyvinės plėvelės, klėjai, dažai bei kitos procesui reikalingos žaliavos yra perkamos iš kitų tiekėjų. Įmonėje yra atliekamas pirminis gautos žaliavos ar komponento kokybės patikrinimas, kurio metu įvertinami nukrypimai nuo etalono arba tam tikro standarto prieš perduodant juos į tolimesnį procesą. Tai apima tokias veiklas kaip vienos ar kelių gaminio charakteristikų matavimas, tyrimas, testavimas bei gautų rezultatų palyginimas su nurodytais reikalavimais [15]. Kritiniai procesui bei galutinei kokybei parametrai yra nuolat tikrinami tiek apdirbimo, tiek galutinio gaminio pakavimo proceso metu. Neatitiktis atveju, esant pradėtam gamybos procesui, šis yra sustabdomas, o žaliava grąžinama tiekėjui. Neatitiktys, kurios nepašalinamos proceso metu, gali virsti defektu, dėl kurio visas gaminy bus grąžintas į parduotuvę. Tokiu atveju, jeigu defektas yra nepataisomas, jo kaina tampa lygi viso gaminio kainai. Pavyzdžiui, grąžinus A1 gaminį į parduotuvę dėl A1-11 detalės (žr. 2 lentelę) defekto – jo kaina išaugtų 29 610%, kai sustabdyti šią neatitiktį proceso metu kainuotų tik 0,34%. Taip yra todėl, kad atsarginės detalės siunčiamos į parduotuvę tik tuomet, kai galutinė defekto taisymo (gamybos, administravimo, siutimo bei perpakavimo) kaina ne aukštesnė gaminio kainos.

**2 lentelė.** Gaminio A1 pagamintų detalių kainynas

<b>Gaminys A1</b>		
Pagaminta detalė	Kiekis gaminyje, vnt	Kaina, EUR
A1-1	1	€ 0.81
A1-2	1	€ 1.32
A1-3	1	€ 1.32
A1-4	2	€ 0.44
A1-5	3	€ 0.63
A1-6	1	€ 0.79
A1-7	1	€ 0.95
A1-8	4	€ 0.32
A1-9	6	€ 1.08
A1-10	5	€ 0.50
A1-11	2	€ 0.10
A1-12	5	€ 1.05
Perkami komponentai, pakavimo medžiagos	-	€ 20.30
	Viso:	€ 29.61

Sėkmingai įmonėje veikianti Lean Six Sigma metodologija ir SPC įrankiai gali padėti sustabdyti defektus prieš juos sukuriant bei sumažinti COPQ rodiklį, leidžiant priežiūrai pereiti prie nuspėjamojo modelio, vietoje reaktyvaus modelio [16]. Gaminų analizėje pagal defektus (8 ir 9 pav.) matyti, jog trys didžiausios defektų rūšys (trūksta/sumaišyti komponentai, mechaniniai pažeidimai, trūksta/netikslus gręžimas) sudaro iki 45,5% visos grąžintos (neparduotos) produkcijos.

Dažniausiai, viso gaminio grąžinimą arba gamintos partijos atšaukimą gali lemti tik vienos detalės defektas (žr. 10 pav.). Gaminį sudarant dešimtims komponentų bei detalių (žr. 2 lentelę), vienos trūkstamos, mechaniškai pažeistos, ar neteisingai sugręžtos detalės atsiradimas pakuotėje įtakoja, kad gaminy taps nesurenkamas, nefunkcionalus - todėl yra grąžinamas į parduotuvę. Išorinių defektų išlaidos reiškia ne tik bevertį daugelio žmonių darbą, įdėtą į likusias kokybiškas, kartu su gaminiu grąžintas detales, bet ir papildomus kaštus, tokius, kaip pretenzijos administravimas, prižasčių analizavimas, korekcinų veikslių kūrimas ir kt. [16].

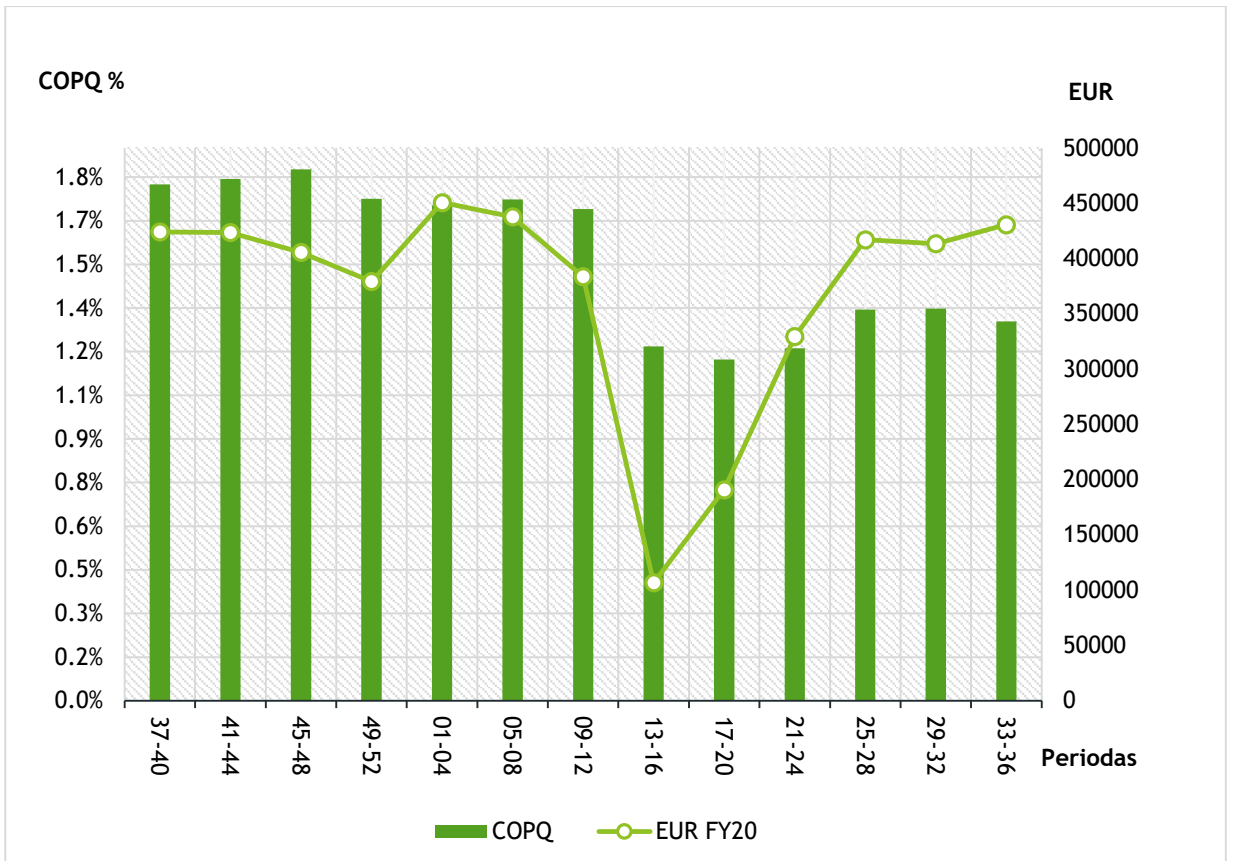


**10 pav.** Gražintos produkcijos defektų nuotraukos

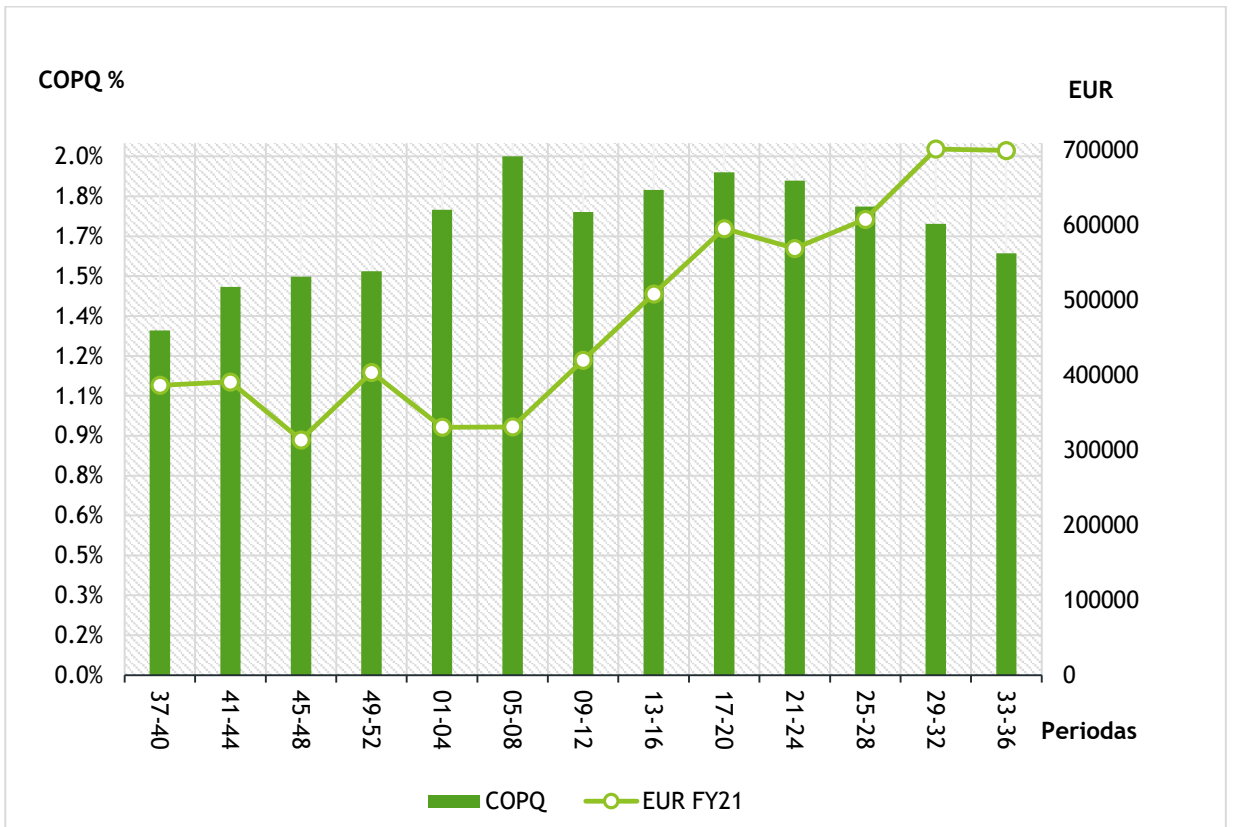
Atliktoje COPQ pagal pardavimus (7 ir 8 pav.) analizėje, apskaičiuota tam tikrų periodų dešimties didžiausių defektų rūšių kaina. Kadangi užsakovo nustatyto COPQ rodiklio tikslo pasiekimas bei viršijimas teigiamai įtakoja ne tik pasitikėjimą, bet ir užsakymų apimtį ateinantiems periodams, šios vertės gali būti panaudotos piniginiėmis išraiškomis vertinant anksčiau priimtų sprendimų efektą bei galimas kokybės gerinimo tendencijas ateičiai.

FY20 COPQ kainos grafike (žr. 11 pav.) matomas periodas (W13 – W20), kurio metu vyko pandemijos laikotarpis ir buvo sumažintos gamybos apimtys. Atitinkamai, šio periodo metu, ~300 000 EUR/mėn krito ir COPQ kaina. Įvertinus šiuos grafikus galima pastebėti, jog FY21 (žr. 12 pav.) gamybos apimtys yra daugiau nei 30% didesnės, lyginant su FY21. Lyginant minėtus grafikus pastebima, jog dėl išaugusių gamybos apimčių, FY20 W37-W40 periodo 1,77% COPQ kaina yra 8% mažesnė, nei FY21 to paties periodo 1,30% COPQ kaina. Ši analizė parodo, jog padidėjus gamybos apimtims bei produktų asortimentui – išauga ir blogos kokybės kaštai. Todėl, didinant technologinius bei gamybinius pajėgumus, atitinkamai turi būti atsižvelgta ir į COPQ rodiklio mažinimą orientuotų investicijų svarbą [4]. Investicijų į konkrečių inžinerinių sprendimų, orientuotų į COPQ rodiklio gerinimą efektyvumas apžvelgtas ekonominėje darbo dalyje.





11 pav. FY20 COPQ kaina



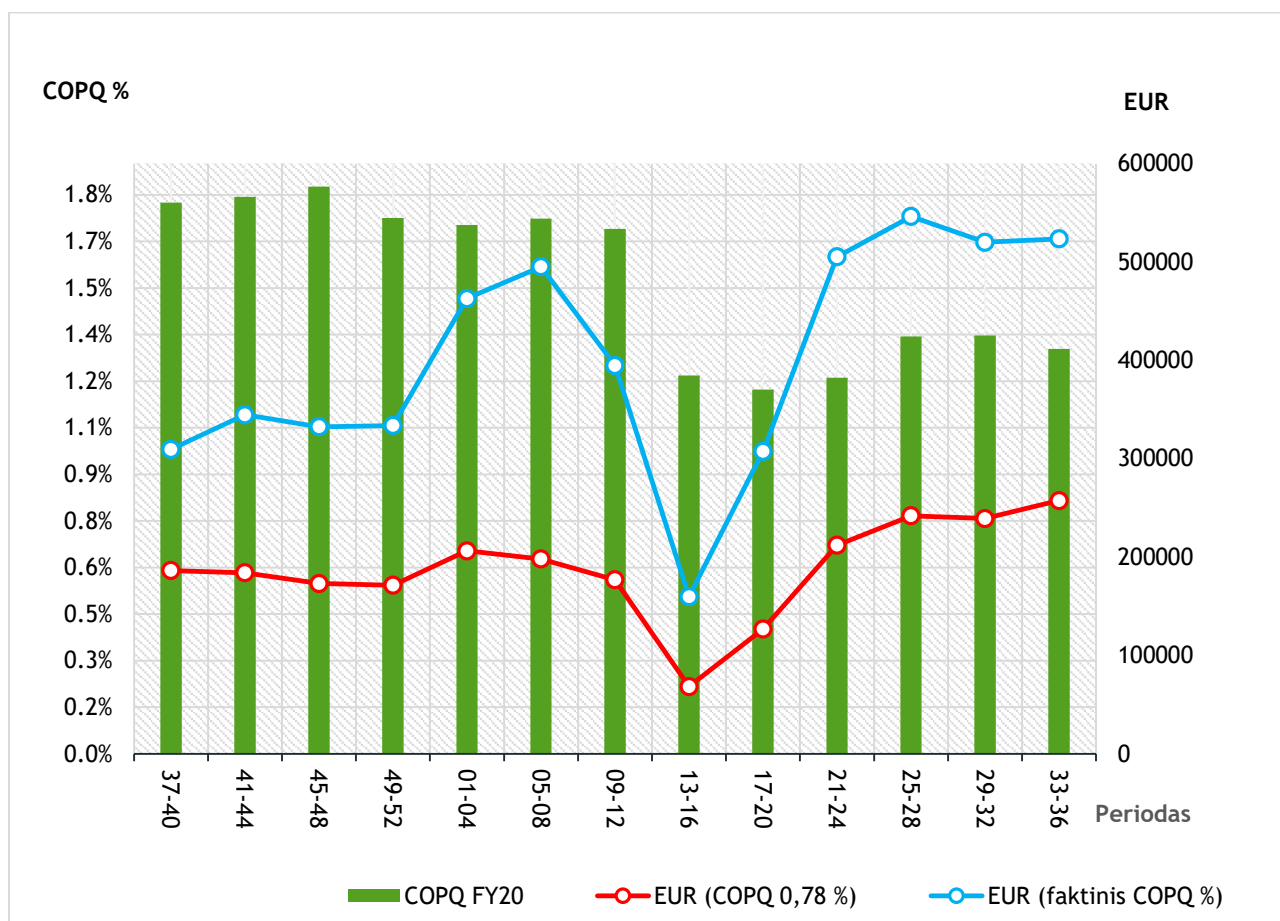
12 pav. FY21 COPQ kaina

#### 4. Kokybės valdymo metodai, naudoti FY20 ir FY21

Grafike (žr. 5 pav.), reikšmingas COPQ pokytis matomas FY20 ties 12 savaitę. Kadangi pokytis buvo teigiamas, atliekama analizė, skirta išaiškinanti jį lėmusius faktorius. Atlikus įmonės vidinių duomenų analizę (žr. 8 ir 9 pav.), pastebėta, jog gaminiai turi tiek bendrus, tiek ir specifinius defektus. Visose gaminių grupėse FY20-21 dominuoja trys pagrindiniai defektai, kurių šalinimui įmonėje skiriami didžiausi resursai:

1. Trūksta/sumaišyti komponentai: FY20 – 18%, FY21 – 13,3%
2. Trūksta/netikslus gręžimas: FY20 – 16,5%, FY21 – 12,3%
3. Mechaniniai pažeidimai: FY20 – 11%, FY21 – 9,7%

Buvo prognozuota, jog visiškai eliminavus „TOP 10“ gaminiuose dominuojančias tris defektų rūšis, sudarančias net 56,4% tuometinio 1,8% COPQ rodiklio, būtų galima pasiekti  $\frac{56,4}{100} \times 1,8 = 1,02\%$  jo sumažėjimą. COPQ variacija būtų sumažinama iki  $1,8\% - 1,02\% = 0,78\%$ . Pinigine išraiška, skirtumas tarp „EUR (COPQ 0,78 %)“ ir „EUR (faktinis COPQ %)“ FY20 metų periode galėtų būti 2,79 mln. EUR (žr. 13 pav.). Tai reikštų ženkliai sumažėjusius blogos kokybės kaštus abiem pusėms, ko pasekoje užsakovas nuosekliai didintų užsakymus dėl sumažėjusios kainos bei augančio pasitikėjimo.



13 pav. Faktinio ir 0,78% COPQ palyginimas EUR atžvilgiu

FY20 ties 37 savaite, kai COPQ rodiklis viršėjo 1,8% (esant 1,54% tikslui), įmonėje buvo atlikta išsami duomenų analizė. Blogos kokybės kaštams siekiant vidutiniškai 383 612 EUR/mėn., net 0,1% COPQ pagerėjimas reikštų -22 692 EUR/mėn. Esant kaštų taupymo potencialui, nuspręsta pasinaudoti specialisto iš išorės konsultacija. Po atliktos analizės paaiškėjo, jog įmonėje pastebimas laiko ir pastangų, reikalingų griežtai problemos diagnostikos procedūrai, trūkumas. Rastos šios problemos:

1. Visa informacija apie neatitiktį yra pildoma į 5-i "Kodėl" formą;
2. Nėra aiškios informacijos, kaip ir kada pildyti 5-i "Kodėl" formą;
3. 5-i "Kodėl" formoje privalomi tik 2 "Kodėl";
4. Neaiškūs problemų bei jų sprendimų apibūdinimai, ne visada vykdomo "follow up" susirinkimai<sup>1</sup>.

Problemų sprendimas yra visų naujų išradimų, socialinės ir kultūrinės evoliucijos šaltinis ir rinkos ekonomikos pagrindas. Tai yra nuolatinio tobulėjimo, bendradarbiavimo ir mokymosi pagrindas. Vis dėlto gerai žinoma, kad įtemptos aplinkybės gali paskatinti impulsyvų sprendimo ieškojimą neįgyjant tinkamos įžvalgos apie iškilusias problemas pobūdį. Thomas Wedell-Wedellsborg [17] atliktoje apklausoje dalyvavo 106 vadovai, iš 17 šalių, atstovaujantys 91 privataus ir viešojo sektoriaus organizaciją. Jos metu buvo nustatyta, kad 85% apklaustųjų vertino, jog jų organizacijos problemų diagnostikos įgūdžiai yra blogi, o 87% pranešė, kad negebėjimas nustatyti tikslios problemos privedė juos prie didelių nuostolių.

Kadangi vartotojai nuo galimybės įsigyti nekokybišką produkciją turi būti apsaugoti nedelsiant, buvo nuspręsta, kad 8D analizė kartu su pagrindiniais analitiniais įrankiais iš Six Sigma DMAIC metodologijos, sprendžiant vyraujančias problemas veiks optimaliausiai [11]. Žingsnis po žingsnio, subtilybių išaiškinimas, susijęs su tinkamomis jo įgyvendinimo sąlygomis, ir procedūrinės detalės yra išvardytos 3 lentelėje. 8D analizė (metodas), apima specialisto išryškintas silpnąsias vietas. Šis metodas yra efektyvi priemonė užkirsti kelią problemai, kadangi tai nuosekliais žingsniais remtas procesas, padedantis nesukelti painiavos įgyvendinant tam tikrus veiksmų planus. Dažnu atveju, šį metodą kiekvieno kliento skundo nagrinėjimui reikalauja naudoti užsakovai [18]. Mithun Sharma ir kt. [11] atliktame tyrime nustatyta, jog 8D metodo taikymas kartu su Lean Six Sigma bei kitomis analizės priemonėmis yra itin veiksmingas sprendžiant problemas. Tyrimas suteikė problemų sprendimo sistemą, kuri buvo veiksminga šalinant sudėtingas problemas ir įgyvendinant ilgalaikius korekcinis veiksmus. Pasak autoriaus, ši kombinacija gali būti sėkmingai naudojama kitose pramonės šakose. Spacialistui atlikus 3 savaitių trukmės mokymus, kurių metu visų lygių vadovai buvo supažindinti su 8D principais, nuspręsta pritaikyti šią metodiką įmonės specifikai. Buvo sukurtas problemų sprendimo įrankio šablonas, kuriame aiškiai ir suprantamai aprašyta kiekviena iš 8 disciplinų (žr. 3 lentelę).

---

<sup>1</sup> Tam tikro proceso eigos aptarimas - „follow up“

### 3 lentelė. Įmonės specifikai pritaikytos 8 disciplinos

8 DISCIPLINOS	
1-D	Komandos sukūrimas
	Sukurti komandą, kurios nariai turėtų reikiamų žinių apie produktą arba gamybos procesą. Paskirti lyderį.
2-D	Užfiksuotos problemos detalus aprašymas
	Detaliai aprašyti/apibūdinti užfiksuotą problemą (proceso vieta, problemos apimtis, vnt., nuotraukos, brėžinys, "maršrutinė" kortelė).
3-D	Laikinas prevencinis sprendimas problemai sustabdyti (kad ši neplistų)
	Numatyti ir įgyvendinti problemos poveikio sustabdymo veiksmus, kad ši nepasiektų/nepaveiktų kliento.
4-D	Problemos pagrindinės priežastys bei taikytini sprendimai
	Įvardyti visas galimas priežastis, dėl kurių galėjo atsirasti problema. Taip pat išsiaiškinti, kodėl problema nebuvo pastebėta iškart jai atsiradus. Pateiktos priežastys turi būti argumentuotos bei įrodytos.
5-D	Ilgalaiškės priemonės, korekciniai veiksmai, priežasties analizė bei užtikrinimo veiksmai (kad nepasikartotų 2D pirminė problema)
	Atlikti siūlomų sprendimų efekto problemai analizes bei reikiamus skaičiavimus. Atrinkti veiksmai 6D žingsnyje bus įgyvendinami pagal Pareto prioritetų indeksą.
6-D	Ilgalaiškių korekcinį veiksmų įvertinimas, patvirtinimas bei įgyvendinimas
	Pareto prioritetų indekso pagalba, įgyvendinti optimaliausius sprendimus, skirtus problemai sumažinti/pašalinti.
7-D	Prevenciniai veiksmai, užtikrinantys, jog problema nebesikartos
	Koreguoti vadovavimo principus, gamybos procesus, darbo tvarką ar procedūras, užkertant kelią problemoms pasikartojimui.
8-D	Komandinis ir individualus pripažinimas, nuomonės, reikalingos korekcijos
	Įvertinti komandos narius už įdėtą pastangas bei pasiektą rezultatą. Peržvelgti įgyvendintus sprendimus ir jei reikia, įgyvendinti papildomus pakeitimus.

Papildžius kokybės valdymo metodų arsenalą 8 disciplinomis, buvo pradėtos nagrinėti gaminių analizėje pagal defektus (8 ir 9 pav.) nurodytos trys labiausiai COPQ rodiklį įtakančios defektų rūšys. Kritinėms vietoms nustatyti buvo panaudoti statistinės procesų kontrolės (SPC) įrankiai (duomenų stratifikacija, histogramos, Pareto analizės, procesų chemos ir proceso valdymo diagramos). Defektų rūšims prioritetizuoti panaudotas Pareto prioritetų indeksas (PPI) -  $PPI = lėšos \times sėkmės tikimybė / projekto kaina \times įgyvendinimo laikas$  [19]. Pirmoji, prioritetu nustatyta defektų grupė "Trūksta/sumaišyti komponentai" iš pirmo žvilgsnio atrodo sudėtingiausia dėl buvimo keliuose skirtinguose procesuose, tačiau po analizės paaiškėjo, jog ji reikalavo mažiausių investicijų ir trumpiausio įgyvendinimo laiko. Antruoju prioritetu dėl aukštos "sėkmės tikimybės" nustatyta "Trūksta/netikslus gręžimas" defektų rūšis. Trečiuoju prioritetu, dėl žemesnio sėkmės reitingo bei sąlyginai aukštos taikytinų sprendimų kainos, palikta "Mechaniniai pažeidimai" defektų rūšis.

#### 4.1. Įmonės specifikai pritaikytų 8D metodo paaiškinimas

**1D.** Kuriant komandą 8D analizei atlikti, pageidautina, kad ji būtų daugiadisciplinė. Dėl įvairių žinių, įgūdžių bei patirties derinio į problemą galima pažvelgti iš skirtingų perspektyvų. Paskyrus komandai efektyvų vadovą, taip pat patartina fiksuoti komandos struktūrą, tikslus, skirtingus komandos vaidmenis, procedūras ir taisykles [18].

**2D.** Ši disciplina skirta išsiaiškinti pagrindines problemos priežastis bei suprasti, kaip ir kodėl ji atsirado. Turi būti įsitikinta, jog pati problema nebuvo supainiota su jos padariniais. Kad būtų galima kuo tiksliau apibrėžti spręstiną problemą, būtina ją apibūdinti išraiškomis "kas, kada, ką, kur, kaip ir kiek". Kad ši taptų suprantama visiems komandos nariams, svarbu naudoti jiems suprantamas apibrėžtis bei sąvokas.

**3D.** Ši disciplina skirta apsaugoti galutinį vartotoją nuo defekto poveikio bei sustabdyti neatitikties plitimą įmonėje. Pirmasis prioritetas yra bet kokia kaina apsaugoti galutinį vartotoją, o antrasis – sustabdyti defekto plitimą įmonėje. Dažnu atveju, kol dar nėra sukurtas optimaliausias problemos sprendimas, reikalinga įgyvendinti greitą koregavimo veiksmą problemai suvaldyti (pavyzdžiui, pagamintos produkcijos antrinis pertikrinimas, detalių pergaminimas ar papildomų darbuotojų paskyrimas probleminei vietai prižiūrėti). Būtina įsitikinti laikinų veikslių efektyvumu bei rezultatus įregistruoti analizės ataskaitoje

**4D.** 4-oje disciplinoje reikalinga įvardyti visas galimas priežastis, kurios galėjo įtakoti defekto atsiradimą ir išsiaiškinti, kodėl problema nebuvo pastebėta vos tik jai atsiradus. Pateiktos galimos priežastys turi būti argumentuotos bei įrodytos. Problemos kilmei išryškinti ir korekciniams veiksliams kurti įmonėje naudojamos, procesų schemas, „žuvies kaulo“ diagramos bei 5-i „Kodėl“ įrankis (kitaip, nei prieš tai, privalomi mažiausiai 3 „Kodėl“).

**5D.** Tai bene pats svarbiausias žingsnis, kuris turi lemiamą reikšmę. Šiame etape turi būti įvertinti visi 4-oje disciplinoje surinkti pasiūlymai ir sprendimai, kadangi dalis pakeitimų gali būti negrįžtamai įdiegti į gaminį ar procesą. Šios disciplinos ataskaitoje turi atsispinti kiekvieno patvirtinto sprendimo įgyvendinimo veikslių planas (atsakingas asmuo, atliekami veiksmai, įgyvendinimo terminas) bei jų veiksmingumo įvertinimo data. Komandos nariai, pagal atsakomybes bei kompetencijas turi inicijuoti veikslių įgyvendinimą.

**6D.** Šiame etape yra patvirtinami bei įgyvendinami penktoje disciplinoje (žr. 7 lentelę) įvardinti ilgalaikiai sprendimai. Turi būti išmatuotas kiekvieno sprendimo efektyvumas bei iš anksto planuojami reikiami koreciniai veiksmai numatomoms rizikoms [18]. Norint sėkmingai įgyvendinti nuolatinį pokyčius, būtinas tinkamas planavimas. Projekto planas turėtų apimti: komunikaciją, veiksmus, kuriuos reikia atlikti, sėkmės įvertinimą ir išmoktas pamokas. Parengus kiekvieno projekto įgyvendinimo planą, visa informacija turi būti perduota suinteresuotoms šalims, o sprendimų efektyvumas po įgyvendinimo turi būti išmatuotas. Rajesh'o Sethi [20] atliktos analizės išvados atskleidžia, jog kokybė yra teigiamai susijusi su informacijos integravimu komandoje. Įgyvendinto sprendimo ar naujai įdiegto gaminio kokybei neigiamai įtakoja jo inovatyvumas įmonės požiūriu, tačiau tinkamas informacijos integravimas sušvelnina šį poveikį.

**7D.** Šis etapas skirtas užtikrinti ilgalaikį sprendimų veiksmingumą. Dažnu atveju, po įgyvendintų pakeitimų, reikalinga kurti naujas arba koreguoti esamas darbo tvarkas ar procedūras. FMEA bei „žuvies kaulo“ analizės pagalba surandamos potencialios problemos, su kuriomis gali tekti susidurti. Išryškintus galimas problemas, kurioms bei įgyvendinami reikiami prevenciniai veiksmai (naujos įrangos eksploatavimo mokymai, vadovavimo stiliaus keitimas ar naujas inžinerinis sprendimas).

**8D.** Esant užpildytai 8D ataskaitai ir įgyvendinus sutartus sprendimus, komandos darbas bendrai ir kiekvieno jos nario įsipareigojimas turi būti įvertintas vadovybės. Tai gali būti veiksminga strategija, kuri motyvuoja vykdyti reikiamas veiklas vyraujančioms problemoms aptikti [21]. Komandų sėkmės įvertinimas yra svarbus žingsnis, suteikiantis galimybę efektyviai spręsti naujas problemas. Net esant perpildytoms dienotvarkėms, šis etapas neturėtų būti pamirštas [22].

#### 4.1.1. Defekto „trūksta/sumaišyti komponentai“ sprendimo analizė

Ši defekto rūšis įgauna savo neigiamą vertę, kai į pakuotę yra įdedamas netinkamas arba išvis neįdedamas reikiamas komponentas. To pasekoje, gaminys tampa nesurenkamas arba nepilnai funkcionalus. Neatitikties sustabdymas apdirbimo bei tarpoperaciniuose procesuose gali sumažinti jos atsiradimo pakuotėje tikimybę, tačiau 100% priežasties nepašalina. Taip yra todėl, kad paskutinė operacija yra pakavimo procesas, kuriame visas pakuotės turinys sudedamas darbuotojų rankomis ir neatitikties tikimybė vėl atsinaujina dėl žmogiškojo faktoriaus. 2D analizėje išryškinti trys procesai, galėję įtakoti defekto atsiradimą:

1. HOM1, HOM2, HOM3 yra vieni brangiausių įmonės procesų. Šį procesą sudaro HOMAG gamintojo kraštų apdirbimo įrenginys, sujungtas su gręžimo mašinomis bei dalinimo agregatu. Proceso metu atliekamas tikslus medienos drožlių plokštės ruošinio kalibravimas, dekoratyvinės krašto juostos priklijavimas (suteikiant jam galutinius gabaritinius matmenis) bei gręžimo operacija. Gręžimo proceso metu, tam tikrais intervalais atliekami matavimai, kurių metu ruošinys turi būti išimamas bei gražinamas į srautą rankiniu būdu. Įdėjus ruošinį klaidinga puse, jis nukraunamas į priešingą rietuvę, ko pasekoje yra įmaišomas tarp kitos rūšies ruošinių.
2. Tarpoperacinis rankinis transportavimas yra procesas, kai žmogaus valdomu automatinio traversiniu vežimu, rietuvės yra transportuojamos iš vienos operacijos į kitą. Pakavimo procese yra 54 darbo vietos į kurias turi būti transportuojamos rietuvės su konkrečiais komponentais ar detalėmis, todėl rizika, jog automatinį vežimą valdantis darbuotojas sumaišys darbo vietas yra pakankamai didelė.
3. Pakavimo procesą sudaro tam tikra automatinių bei rankinių veiksmų seka. Juostiniam transporteriui judant iki 30m/min. greičiu, ant jo yra formuojamos bei sudedamos gofruotojo kartono dėžės, kurias vėliau sudedami reikiami komponentai. Toliau, pakuotės yra uždaromos automatinio būdu naudojant HOMAG gamintojo įrenginį bei sukraunamos į paletę ABB gamintojo pramoniniais robotais. Šiame procese turint 54 rankinio darbo vietas pakavimui (komponentų įdėjimas į pakuotę) tikimybė praleisti arba sumaišyti komponentą yra pati didžiausia.

Turint reikiamus duomenis apie defekto procesus, rūšies mastą, kainą bei įtaką vartotojui, 8D analizės pagalba surastos jos atsiradimo priežastys bei atlikti tam tikri gerinimo sprendimai.

**1D.** Konkrečios defekto rūšies atveju, komandą sudarė gamybos, mokymų, technologijų ir technikos skyrių atstovai.

**2D.** 2-oji disciplina, pagal kompetencijas užpildyta komandos narių (žr. 4 lentelę). Defekto rūšis, sudarydama 18% COPQ rodiklio, paveikė visus gaminius ir procesus.

**3D.** Su tikslu pristabdyti defekto rūšies plitimą, pakavimo proceso kritinėse kokybei vietose buvo skirti papildomi darbuotojai (žr. 5 lentelę). Tarpoperacinio ruošinių transportavimo proceso kontrolei sukurtas realiuoju metu matomas žurnalas, kuriame pažymėta kiekviena į pakavimo skyrių patekusi rietuvė.

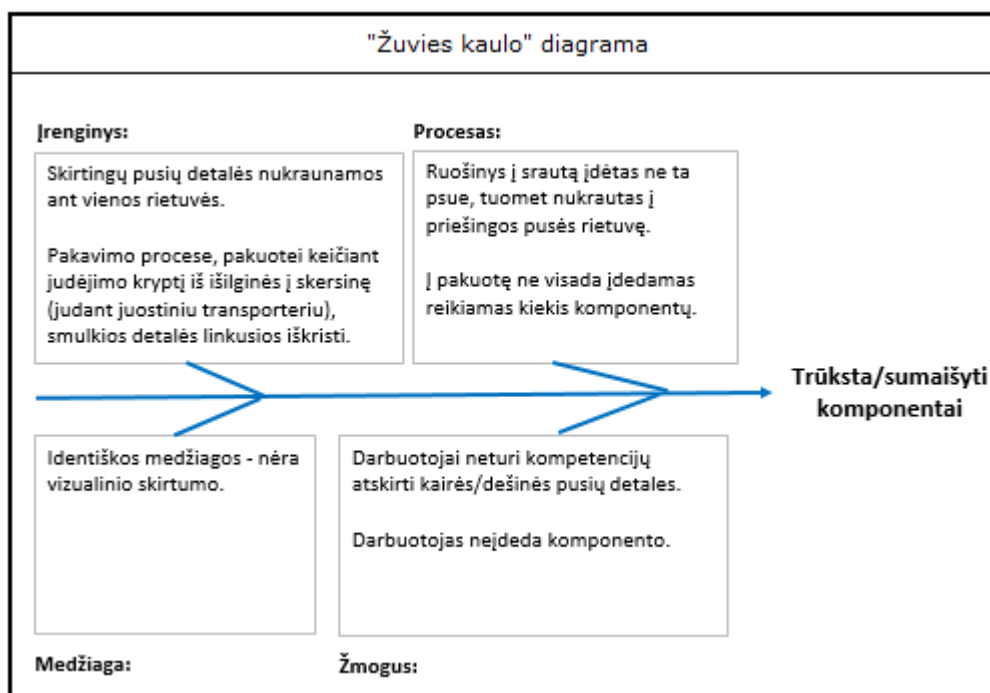
**4 lentelė.** Trūksta/sumaišyti komponentai - 2 disciplina

<b>2D. Užfiksuotos problemos detalus aprašymas</b>	
Pirminės problemos aprašymas	Pirkėjai grąžina gaminius į parduotuves dėl sumaišytų arba trūkstamų komponentų pakuose (neįmanoma surinkti).
Gaminio pavadinimas	Gaminiai (A1 - A3, B1 – B4, C1, D1, E1).
Neatitikties aprašymas	Komponentai maišomi apdirbimo bei pakavimo procesuose.
Vieta kurioje užfiksuota neatitiktis	Parduotuvė.
Procesas, kuris galėjo įtakoti neatitiktį	1. apdirbimo linijos HOM1, HOM2, HOM3 (automatinis). 2. tarpoperacinis transportavimas (rankinis/automatinis). 3. pakavimo procesas (rankinis).
Paveiktos produkcijos kiekis/padariniai	Defektai sudaro 18% COPQ rodiklio.
Ar problema buvo pastebėta anksčiau?	Taip.

**5 lentelė.** Trūksta/sumaišyti komponentai - 3 disciplina

<b>3D - 1. Apsaugoti galutinį vartotoją</b>				
Veiksmų apibūdinimas				Atsakingas asmuo, skyrius
Į parduotuves nusiųsti trūkstami komponentai, priimta sąskaita už papildomus darbus taisant grąžintą produkciją bei tikrinant paveiktos gamybos datos gaminius.				Kokybės skyrius
				Gamybos skyrius
				Technologijų skyrius
<b>3D - 2. Sustabdyti defekto plitimą įmonėje</b>				
Veiksmų apibūdinimas	Įgyvendinimo laikas	Atlikta?	Efektyvumas, %	Atsakingas asmuo, skyrius
1. Patikrinta sandėlyje esanti produkcija.	Iškart	Taip	100%	Gamybos skyrius
2. Pakavimo proceso kritinėms vietoms skirti papildomi darbuotojai.	Iškart	Taip	80%	Gamybos skyrius
3. Tarpoperaciniam tikrinimui sukurtas "gyvas" žurnalas, kurį administracija mato realiuoju laiku.	1 savaitė	Taip	60%	Technologijų skyrius

**4D.** Užpildytoje „žuvies kaulo“ diagramoje matomos komandos narių atrinktos 7 galimos neatitikties atsiradimo tam tikruose procesuose priežastys (žr. 14 pav.). Panaudojant 5-i „Kodėl“ įrankį, priežastys buvo išgrynintos iki tikrosios (šakninės) problemos (žr. 1 Priedą). Turint informaciją apie kiekvienos priežasties kilmę, prioritetizuoti veiksmų planai problemų šalinimo sprendimų įgyvendinimui.



**14 pav.** "Žuvies kaulo" diagrama trūkstamiems/sumaišytiems komponentams

**5D.** Defektų rūšiai sudarant net 18% COPQ rodiklio, nutarta įdiegti kompiuterinės regos sistemas į pakavimo (žr. 15 pav.) bei "HOM1" (žr. 19 pav.) procesus. Toks inspektavimo būdas suteikia galimybę ženkliai sutrumpinti vidutinį laiką iki gaminio kokybinių trūkumų nustatymo. Į nurodytų standartų atitikimą orientuota sistemos architektūra suteikia galimybę kontroliuoti procesą realiu laiku. Kontrolės sistemos duomenų bazė naudinga ne tik atliekant išankstinius matavimus, kurių nukrypimai apskaičiuojami remiantis kokybės tikrinimu ir gamybos sistemų veikimu, bet ir pasirenkant arba sukuriant atskirą matavimo strategiją [15].



**15 pav.** Kompiuterinės regos sistema pakavimo procesui



**6 lentelė. Trūksta/sumaišyti komponentai – 5 disciplina**

<b>5D. Ilgalaikės priemonės, korekciniai veiksmai, priežasties analizė bei užtikrinimo veiksmai (kad nepasikartotų 2D pirminė problema)</b>				
Problemos aprašymas (5-i "Kodėl")	Veiksmo apibūdinimas	Atsakingas asmuo, skyrius	Įgyvendinimo data/terminas	Numatomas veiksmingumo įvertinimas
Skirtingų pusių detalės nukraunamos ant vienos rietuvės.	1. Esamą pramoninį robotą sukeisti vietomis su 15% greitesniu kito gamintojo robotu, esančiu mažesnių greičių reikalaujantiame procese. Įdiegti koordinatas.	Techninio aptarnavimo sk.	W48 (FY20)	W06-10 (FY20)
Pakavimo linijoje, transportuojant pakuotę iš išilginio transporterio į skersinį, smulkios detalės linkusios iškristi.	2. Suderinti transporterių greičius bei užrakinti juos nuo nereikalingų korekcijų.	Techninio aptarnavimo sk.	W51 (FY20)	W05-09 (FY20)
Ruošinys į srautą įdėtas ne ta puse, tuomet nukrautas į priešingos pusės rietuvę.	3. Įdiegti kompiuterinės regos sistemą, kuri HOM1 procese tikrins grėžimo lizdų poziciją ir esant neatitikimui - sustabdys įrenginį.	Technologijų sk.	W05 (FY20)	W13-17 (FY20)
Į pakuotę ne visada įdedamas reikiamas kiekis komponentų (jei dedamas daugiau nei vienas).	4. Informaciniuose ekranuose, prie kiekvienos pozicijos nurodyti reikiamą komponento kiekį vienetais į gaminį.	Technologijų sk.	W46 (FY20)	W50-52 (FY20)
Tarpooperaciniuose procesuose sumaišomos detalės, kurios vizualiai beveik identiškos (kairės/dešinės pusės detalės).	5. Pramoniniais spausdintuvais papildomai markiruoti "kairė/dešinė" detalių kraštus, kurie surinkus gaminį, užsidengia viršutiniu skydu ar kitomis detalėmis (nėra matomi ir dizaino neįtakoja).	Technologijų sk.	W38 (FY20)	W47-53 (FY20)
Darbuotojai neturi kompetencijų atskirti kairės/dešinės pusių detales.	6. Peržiūrėti prioritetus ir perskirstyti aukštos kompetencijos darbuotojus. Išskirti daugiau darbuotojų kompetencijų kategorijų.	Gamybos sk.	W39 (FY20)	W47-53 (FY20)
	13. Ilgalaikiui veiksmui įdiegti kompiuterinės regos sistemą.	Technologijų sk.	W09 (FY20)	W17-21 (FY20)
Pakuotojas neįdeda komponento į pakuotę.	7. Įdiegti sistemą: kiekvienas darbuotojas grįžęs po pertraukos turės paspausti "patvirtinimo" mygtuką, kuris reikš, kad visos pakuotės yra su reikiamais komponentais. Tik tada konvejeris pradės judėti.	Technologijų sk.	W11 (FY20)	W23-27 (FY20)

**6D.** 5-oje disciplinoje pateiktų sprendimų veiksmingumo vertinimas pagal analizėje (žr. 6 lentelę) nurodytą numeraciją bei prioritetą (žr. 1 Priedą) atvaizduotas bendrame grafike (žr. 24 pav.) kartu su likusių dviejų defektų rūšių sprendimais. Remiantis gaminių analizės pagal defektus, FY20 ir FY21 (žr. 8 ir 9 pav.) grafikais, pastebima, jog “Trūksta/sumaišyti komponentai” defektų rūšis sumažėjo 4,7%, kartu įvertinus net COPQ padidėjimą, įvykusį po gaminių asortimento pasikeitimo (žr. poskyrį 3.1.).

**7D.** Siekiant užtikrinti, jog „2, 3, 4, 13, 7“ sprendimai (žr. 7 lentelę) būtų veiksmingi, nuspręsta jų valdymą atskirti nuo tiesioginį darbą atliekančio operatoriaus. Sprendimų „1, 5, 6“ kontrolė paskirta pamainų vadovams.

**7 lentelė.** Trūksta/sumaišyti komponentai - 7 disciplina

<b>7D. Prevenciniai veiksmai, užtikrinantys, jog problema nebepasikartos</b>			
Eil. Nr	Veiksmo aprašymas	Įdiegta	Atsakingas skyrius
1	Darbo vietoje paruošta speciali schema visiems įrenginio nukraunamiems produktams.	Taip	Techninio aptarnavimo sk.
2	Transporterių greičiai suderinti ir užrakinti.	Taip	Techninio aptarnavimo sk.
3	Sistema veikia 24/7, o jos valdymui reikiamus prisijungimus turi tik įmonėje veikiančio kokybės skyriaus atstovai.	Taip	Technologijų sk.
4	Informaciniai ekranai įsijungia automatiniu režimu kiekvienam konkrečiam gaminiui.	Taip	Technologijų sk.
5	Įdiegti papildomi patikros procesai sekančiose operacijose.	Taip	Technologijų sk.
6	Pakavimo skyriuje, esančiose darbuotojų prie konvejerio sustatymo schemose yra nurodytos reikiamos kompetencijų kategorijos.	Taip	Gamybos sk.
13	Sistema veikia 24/7, o jos valdymui reikiamus prisijungimus turi tik įmonėje veikiančio kokybės skyriaus atstovai (kaip nr. 3).	Taip	Technologijų sk.
7	Konvejeris nepradės judėti, kol kiekvienas darbuotojas savo grįžimo nepatvirtins mygtuko paspaudimu.	Taip	Technologijų sk.

**8D.** Už veiksmingų sprendimų įgyvendinimą komanda buvo įvertinta. 8 lentelėje nurodyti sprendimai, kurie turi tapti standartu diegiant naują tokio paties tipo technologinę įrangą. Sprendimai, kuriems reikalinga pastovi kontrolė įtraukti į įmonėje veikiančią kritinių kokybei procesų patikros programą.

**8 lentelė.** Trūksta/sumaišyti komponentai - 8 disciplina

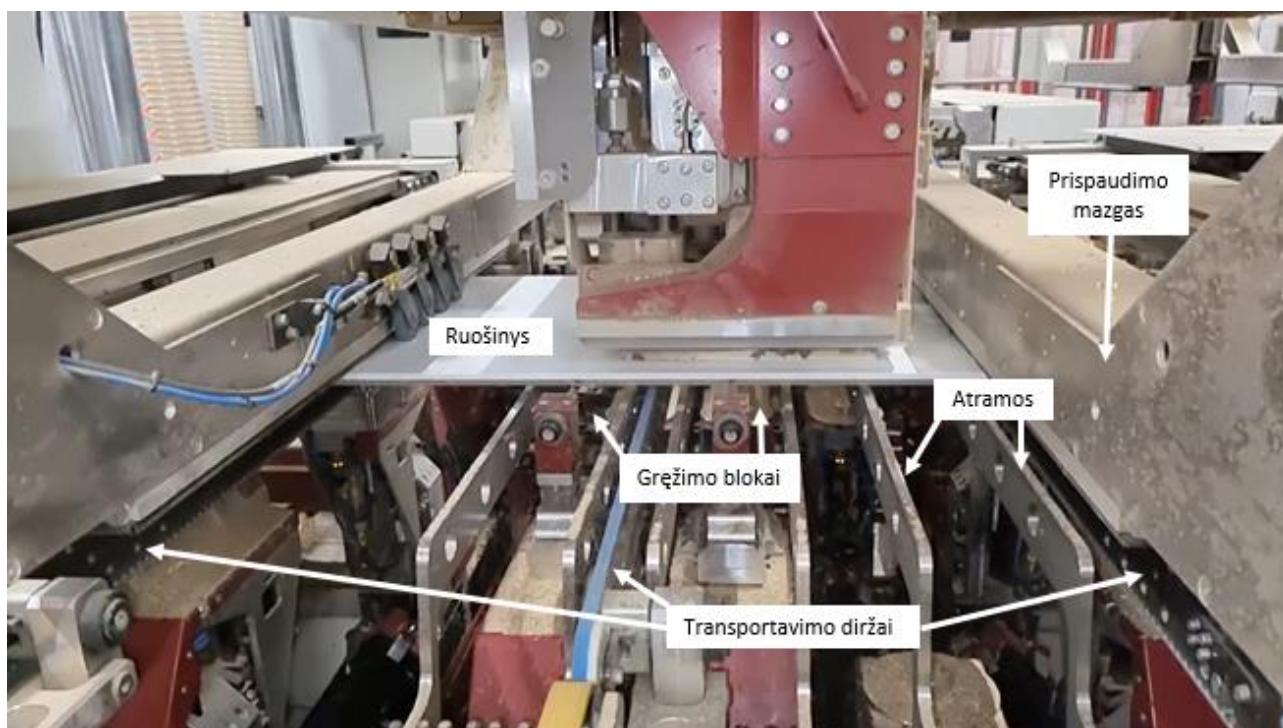
<b>8D. Komandinis bei individualus pripažinimas, sprendimai, nuomonės, reikalingos korekcijos</b>
Sprendimai 1, 3, 7 ir 13 turi tapti standartu diegiant naują, tokio paties tipo technologinę įrangą.
Sprendimai 1, 3, 4, 5, 6, 7 ir 13 turi būti įtraukti į įmonėje veikiančią kritinių kokybei procesų patikros programą.

#### 4.1.2. Defekto „Trūksta/netikslus gręžimas“ sprendimo analizė

Ši defekto rūšis kyla automatinio proceso metu, atliekamo apdirbimo linijose HOM1, HOM2 bei HOM3. Kokybiškam procesui atlikti gali įtakoti įvairūs veiksniai, pavyzdžiui, netinkamoje vietoje į procesą grąžintas ruošinys, nulūžęs grąžtas ar netinkamas matavimo įrankių naudojimas. Dažniausiai pasitaikanti problemos priežastis yra trigdžiai, kurie neigiamai paveikia procesą, arba sutrikdo jo atlikimo seką. Sėkmingam gręžimo ciklui atlikti yra būtina tam tikra smulkių procesų (žr. 16 pav.) seka:

1. Ruošinio transportavimas – 1,2 sek.;
2. Bazavimas – 0,22 sek.;
3. Horizontalus gręžimas – 0,67 sek.;
4. Vertikalus gręžimas – 0,52 sek.;
5. Ruošinio atleidimas, transportavimas – 0,32 sek.

Ši, vidutiniškai tik 2,93 sekundes trunkanti seka turi būti atlikta 20,47 kartų per minutę, todėl net nedidelis trikdys gali įtakoti neatitikties atsiradimą. Proceso metu, tarp bazavimo elementų atsiradusi medienos plokštės drožlė arba netolygiai sudilę transportavimo diržai gali įtakoti netikslų ruošinio pozicionavimą, ko pasekoje išgręžtų skylių pozicija tampa netiksli. Tokiu atveju, gaminyje gali būti surenkamas, bet nefunkcionalus, todėl iškyla nemaža tikimybė, jog jis bus grąžintas į parduotuvę. Kitas atvejis, kai įvykus dviejų ruošinių susigrūdimui, jie yra įvertinami kaip vienas, todėl antrasis lieka nesugręžtas. Daugeliu atveju, gręžimo įrenginys šio tipo trigdžių neužfiksuoja, todėl procesas nėra sustabdomas ir neatitiktinis ruošinys nepašalinamas iš proceso.



16 pav. Gręžimo procesas

Didžiajai defekto rūšies daliai kylant iš techninės bei technologinės pusės, surinkus tinkamą inžinierių komandą yra didelė sėkmės tikimybė ją visiškai eliminuoti, panaudojant „Poka Yoke“ bei 8D analizės įrankius. Šiuo, konkrečiu atveju, turės būti taikyti dviejų tipų „Poka Yoke“ grįsti, inžineriniai (žr. 2 Priedą) sprendimai:

1. Valdymo „Poka Yoke“ - įvykus klaidai, neleidžia procesui prasidėti arba tęstis. Pavyzdžiui, tam tikra mašinos dalis gali būti su integruotu pozicijos jutikliu, kuris neleis procesui tęstis, kol ruošinys nebus tinkamai pozicionuotas.
2. Įspėjamasis „Poka Yoke“ – įvykus klaidai, suteikia tam tikro tipo įspėjimą. Nors tai neapsaugo nuo klaidos atsiradimo, bet iškart sustabdo procesą, vos tik ją aptikus. Tai ypač naudinga masinės gamybos aplinkoje, kur vyrauja didelio našumo apdorojimo operacijos, kadangi šis tipas neleidžia tęstis masinei neatitiktinio ruošinio gamybai [23].

**1D.** Konkrečios defekto rūšies atveju, kai reikalingi ne tik techniniai bei technologiniai sprendimai, bet ir darbuotojų edukavimas, komandą sudarė kokybės, technologijų bei technikos skyrių atstovai.

**2D.** Atlikus analizę, komandos narių buvo užpildyta 2-oji disciplina. (žr. 9 lentelę). Defekto rūšiai vyraujant automatinio apdirbimo linijose „HOM1, HOM2 ir HOM3“ bei sudarant net 16,5% COPQ rodiklio, nuspręsta skirti visus turimus resursus jos pašalinimui.

**9 lentelė.** Trūksta/netikslus grėžimas - 2 disciplina

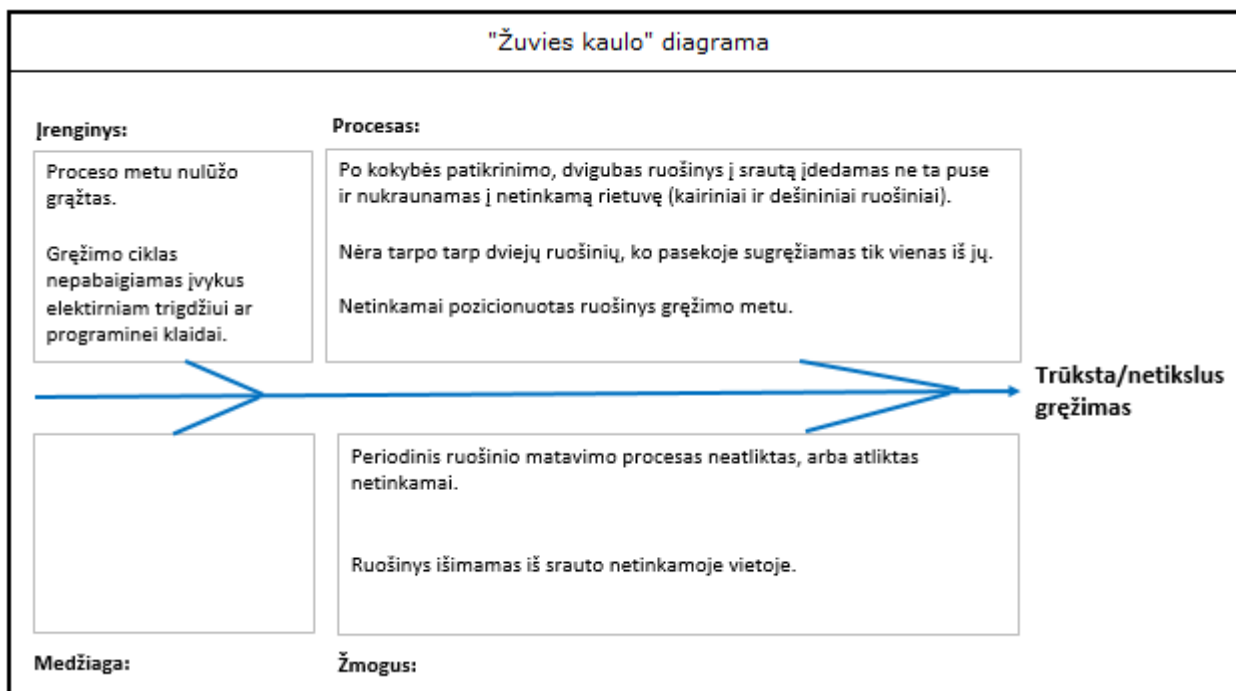
<b>2D. Užfiksuotos problemos detalus aprašymas</b>	
Pirminės problemos aprašymas	Dėl trūkstamų grėžimo lizdų yra neįmanoma surinkti funkcionalaus gaminio, todėl pirkėjai grąžina jį į parduotuves.
Gaminio pavadinimas	gaminiai (A1 - A3, B1 – B4, C1, D1, E1)
Neatitikties aprašymas	Apdirbimo linijose ne visada tinkamai suveikia grėžimo procesas.
Vieta kurioje užfiksuota neatitiktis	Parduotuvė, gamybos procesai.
Procesas, kuris galėjo įtakoti neatitiktį	1. apdirbimo linijos “HOM1, HOM2, HOM3” (automatinis).
Paveiktos produkcijos kiekis/padariniai	Defektai sudaro 16,5% COPQ rodiklio.
Ar problema buvo pastebėta anksčiau?	Taip.

**3D.** Šioje disciplinoje inicijuota papildoma grėžimo proceso patikra, paskiriant papildomą darbuotoją prie skyriaus limito (žr. 10 lentelę). Konkrečiam laiko tarpui, iki įgyvendinant ilgalaikius, 4D analizėje pateiktus sprendimus, papildomas darbuotojas paskirtas atsakingu už padidintą proceso patikrą bei trumpalaikių sprendimų efektyvumą. Sukurtas “gyvas” žurnalas, kuriame skirtingų apdirbimo linijų (HOM1, HOM2 ir HOM3) operatoriai tam tikru laiko periodu, naudodami matavimo priemonės, patikrina vienas kito gaminamus ruošinius. Tokiu būdu patobulinta matavimo proceso patikra praplečia darbuotojų atsakomybes. 4D analizės (žr. 2 Priedą) metu, inicijuoti greito įgyvendinimo technologiniai sprendimai, turėsiantys aukštą veiksmingumo reitingą.

**10 lentelė.** Trūksta/netikslus gręžimas - 3 disciplina

<b>3D - 1. Apsaugoti galutinį vartotoją</b>				
Veiksmų apibūdinimas				Atsakingas asmuo, skyrius
Į parduotuves nusiųsti trūkstami komponentai, priimta sąskaita už papildomus darbus taisant gražintą produkciją bei tikrinant paveiktos gamybos datas gaminius.				Kokybės skyrius
				Gamybos skyrius
				Technologijų skyrius
<b>3D - 2. Sustabdyti defekto plitimą įmonėje</b>				
Veiksmų apibūdinimas	Įgyvendinimo laikas	Atlikta?	Efektyvumas, %	Atsakingas asmuo, skyrius
1. Patikrinta gamyboje esanti produkcija.	Iškart	Taip	100%	Gamybos skyrius
2. Gręžimo procesui prižiūrėti skirtas papildomas darbuotojas.	1 savaitė	Taip	60%	Gamybos skyrius
3. Sukurtas "gyvas" žurnalas įmonėje praktikuojamai operatorių tarpusavio tikrinimosi veiklai.	1 savaitė	Taip	60%	Technologijų skyrius

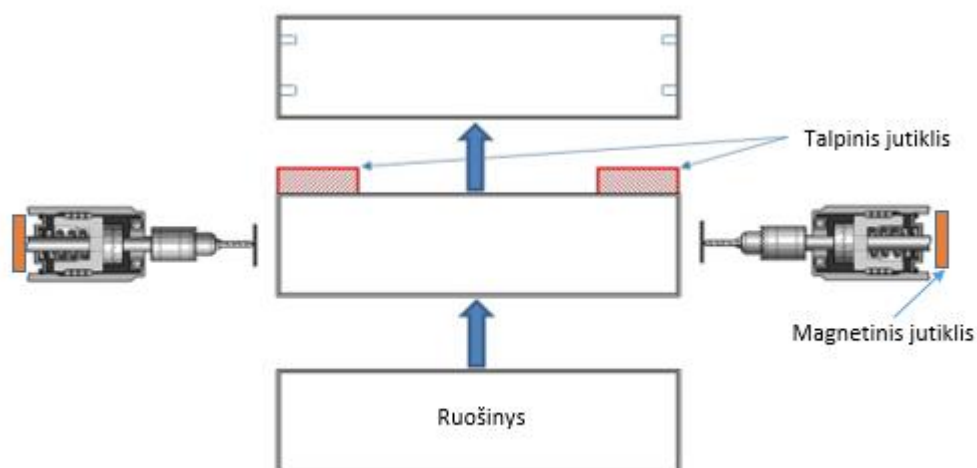
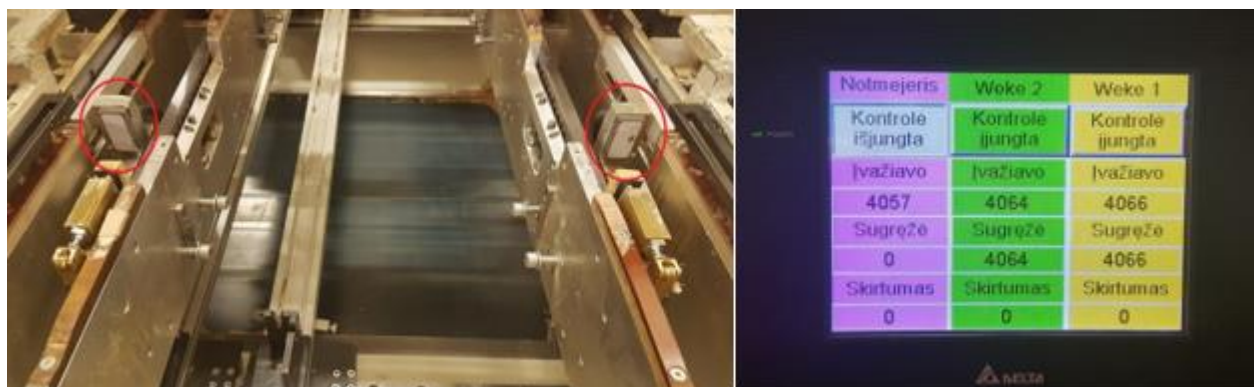
**4D.** Komandai užpildžius „žuvies kaulo“ diagramą (žr. 17 pav.) paaiškėjo, kad defektų rūšį įtakoja žmogus, procesas bei įrenginys. Defekto rūšį įtakojant žmogiškai darbuotojo klaidai bei įrenginio techninei būklei, medžiagos šiuo atveju įtakos neturėjo, todėl nebuvo vertinamos.



**17 pav.** „Žuvies kaulo“ diagrama trūkstamam/netiksliam gręžimui

Išgryninus kiekvieną priežastį (žr. 2 Priedą), pastebėta, kad joms visoms galima taikyti vieną ilgalaikį sprendimą. Kaip trumpalaikį veiksma, nuspręsta atlikti modifikaciją, kurios įgyvendinimas truktų tik 2-3 savaites, o veiksmingumas siektų net 70%, lyginant su ilgalaikiu sprendimu. Mithum‘o Sharma‘os ir kt. [11] atliktas tyrimas parodė, jog laikinųjų veiksmų tobulinimas padėjo sumažinti

pakartotinio darbo laiką ir neatitiktinių gaminių kainą. Kadangi ilgalaikių prevencinių veiksų kūrimas gali užtrukti, tyrime patariama tobulinti arba toliau plėtoti laikinus problemų izoliavimo veiksmus, kad būtų sumažintas jų poveikis. Trumpalaikius veiksmus (žr. 23 pav.), dėl žemos jų kainos bei aukštos sėkmės tikimybės pagal Pareto prioritetų indeksą [19], nuspręsta įdiegti visuose įmonėje esančiuose gręžimo įrenginiuose. Tuo tarpu, kompiuterinės regos sistemoms (15 ir 19 pav.) esant labiau bandomojoje stadijoje, priimtas sprendimas jas įdiegti tik į dvi iš trijų pagrindinių apdirbimo linijų.

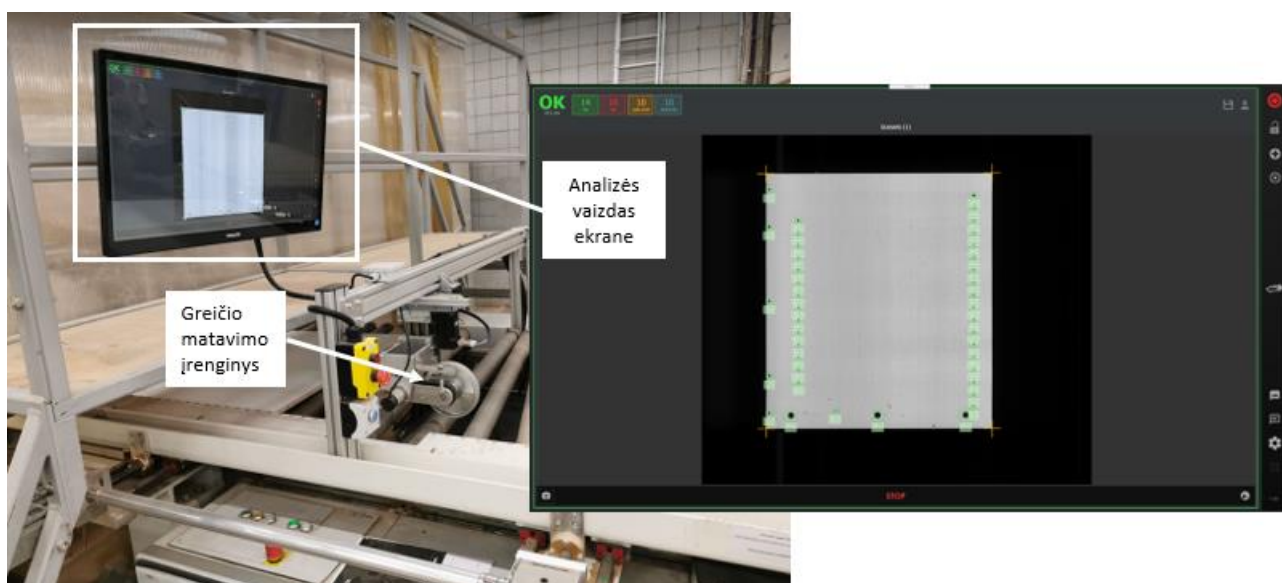


18 pav. Jutikliais paremta gręžimo proceso kontrolės sistema

**5D.** Šiuo atveju, 4-oje disciplinoje buvo pateikti du (trumpalaikis bei ilgalaikis) sprendimai, kurie išspręstų visas septynias “žuvies kaulo” diagramoje įvardintas problemas. Užpildžius 5D ataskaitą, sukurtas veiksų planas sprendimų įgyvendinimui. Trumpalaikiam sprendimui pasiūlyta į visas įmonėje esančias gręžimo mašinas įdiegti jutikliais paremtą gręžimo proceso kontrolės sistemą (žr. 18 pav.). Jutikliams suteikiant grįžtamąjį ryšį apie ruošinio bei gręžimo procesą atliekančių pavaru ir kitų elementų poziciją, užtikrina, jog reikiamų veiksų seka atliekama tinkamai. Klaidingai įvykusio gręžimo ciklo atveju, grįžtamąjo ryšio deka, procesas yra sustabdomas, o duomenys apie neatitiktį išsaugomi vidiniame įmonės serveryje. Serveryje pateiktų duomenų administravimui įgaliotas įmonėje veikiantis kokybės skyrius, kuris panaudodamas gaunamą informaciją valdo neatitiktinių ruošinių apskaitą.

11 lentelė. Trūksta/netikslus grėžimas - 5 disciplina

5D. Ilgalaikės priemonės, korekciniai veiksmai, priežasties analizė bei užtikrinimo veiksmai (kad nepasikartotų 2D pirminė problema)				
Problemos aprašymas (5-i "Kodėl")	Veiksmo apibūdinimas	Atsakingas asmuo, skyrius	Įgyvendinimo data/terminas	Numatomas veiksmingumo įvertinimas
Proceso metu nulūžo grąžtas.	<p><i>Trumpalaikis veiksmas (papildomas):</i></p> <p>8. Visuose grėžimo mazguose įdiegti jutkliais paremtas kontrolės sistemas, kurios tikrins ruošinio bei grėžimo procesą atliekančių pavarų ir kitų elementų poziciją, užtikrindamos, jog reikiamų veiksmų seka atliekama tinkamai.</p> <p><i>Ilgalaikis veiksmas:</i></p> <p>9. 2D atasaitoje nurodytoje apdirbimo linijoje (HOM2) įdiegti kompiuterinės regos sistemą, kuri sraute tikrins grėžimo lizdų poziciją ir esant neatitikimui - sustabdys įrenginį (15 pav.).</p>	Technologijų skyrius.	W01-W04 (FY20)	W13-17 (FY20)
Grėžimo ciklas nepabaigiamas įvykus elektriniam trigdžiui ar programinei klaidai.				
Nėra tarpo tarp dviejų ruošinių, ko pasekoje sugrėžiamas tik vienas iš jų.				
Netinkamai pozicionuotas ruošinys grėžimo metu.				
Periodinis ruošinio matavimo procesas neatliktas, arba atliktas netinkamai.				
Po kokybės patikrinimo, dvigubas ruošinys į srautą įdedamas ne ta puse ir nukraunamas į netinkamą rietuvę (kairiniai ir dešiniai ruošiniai).				
Ruošinys išimamas iš srauto netinkamoje vietoje.				



19 pav. Kompiuterinės regos sistema HOM1 apdirbimo linijoje

**6D.** 5-oje disciplinoje pateiktų sprendimų veiksmingumo vertinimas pagal analizėje (žr. 11 lentelę) nurodytą numeraciją bei prioritetą (žr. 2 Priedą) atvaizduotas bendrame grafike (žr. 24 pav.) kartu su likusių dviejų defektų rūšių sprendimais. Remiantis gaminių analizės pagal defektus, FY20 ir FY21 (4 - 5 pav.) grafikais, pastebėta, jog “Trūksta/netikslus gręžimas” defektų rūšis sumažėjo 4,2%, kartu įvertinus net COPQ padidėjimą, įvykusį po gaminių asortimento pasikeitimo (žr. poskyrį 3.1.). Dviemis sprendimais (trumpalaikiu bei ilgalaikiu) pašalinti visi šeši defekto atsiradimo priežastį įtakojantys veiksniai (žr. 2 Priedą).

**7D.** Siekiant užtikrinti įdiegtų sprendimų veiksmingumą, atlikta FMEA analizė. Įvertinus galimas rizikas, nuspręsta kompiuterinės regos sistemos valdymą perduoti įmonėje veikiančiam kokybės skyriui, o gręžimo proceso kontrolei užtikrinti, investuota į WEB sistemą, kuri realiuoju laiku teiks atgalinį ryšį iš gręžimo mazguose sumontuotų jutiklių. Gaunamų duomenų pagalba pastebėta, jog iš penkių gręžimo ciklą sudarančių smulkių procesų, ruošinio transportavimas buvo nepastoviausias klaidą įtakojantis veiksnys, todėl nuspręsta periodiškai atlikti transportavimo diržų profilaktinę priežiūrą.

**12 lentelė.** Trūksta/netikslus gręžimas - 7 disciplina

<b>7D. Prevenciniai veiksmai, užtikrinantys, jog problema nebepasikartos</b>			
Eil. Nr.	Veiksmo aprašymas	Įdiegta	Atsakingas skyrius
1	Įdiegta WEB sistema, kuri gauna atgalinį ryšį iš jutiklių, esančių gręžimo mazguose. Įvykus klaidai, atsakingi asmenys gali pasinaudoti darbo vietoje esančiomis vaizdo kameromis ir įsitikinti, jog klaidos metu, ruošinys buvo pašalintas iš srauto.	Taip	Informacinių technologijų skyrius
2	Sistema veikia 24/7, o jos valdymui reikiamus prisijungimus turi tik įmonėje veikiančio kokybės skyriaus atstovai.	Taip	Technologijų sk.

**8D.** Už veiksmingų sprendimų įgyvendinimą komanda buvo įvertinta. Trumpalaikių veiksmų plėtojimas [11] taipogi davė teigiamus rezultatus, kai po įgyvendinimo defektų rūšis sumažėjo iki 70%. Didžiausią efektą problemos sprendimui davė kompiuterinės regos sistemos įdiegimas, kuris 100% eliminavo defektų patekimo į tolimesnius procesus galimybę. Remiantis pasiektais rezultatais, nuspręsta kompiuterinės regos sistemas įdiegti į likusias apdirbimo linijas (žr. 13 lentelę) bei laikyti jas standartu ne tik diegiant naują technologinę įrangą, bet ir ir esamuose gręžimo procesuose.

**13 lentelė.** Trūksta/netikslus gręžimas - 8 disciplina

<b>8D. Komandinis bei individualus pripažinimas, sprendimai, nuomonės, reikalingos korekcijos</b>
Sprendimai 1, 2 turi tapti standartu diegiant naują, tokio paties tipo technologinę įrangą.
Sprendimas 1 įtrauktas į įmonėje veikiančią kritinių kokybei procesų patikros programą.
Sprendimui 2 kontroliuoti naudojama speciali programa, sekanti visų gręžimo mazgų darbą realiu laiku. Jos administravimui įpareigotas kokybės skyrius.



### 4.1.3. Defekto „Mechaniniai pažeidimai“ sprendimo analizė

Ruošiniai mechaniškai pažeidžiami jų kontakto tarpusavyje arba su kitais, apdirbime nedalyvaujančiais elementais, metu. Ruošiniai mechaniškai pažeidžiami rankiniu krovos arba transportavimo metu:

1. Rankinis ruošinių krovimas vyksta neautomatizuotose procesuose, kur jie turi būti kraunami tam tikru periodu (pagal įrenginio darbo ciklą);
2. Ruošinių transportavimo automatiniais ritiniais konvejeriais metu, kai rietuvė laiku nesustojusi atsitrenkia į priešais esančią;
3. Transportuojant ruošinius automatinio traversiniu vežimu, rietuvei susiduriant su kelyje esančiomis kliūtėmis.

Defektų rūšiai vyraujant daugelyje tarpoperacinių (transportavimo) bei žmogaus rankinio darbo reikalaujančių procesų, jos sprendimų būdai tampa itin brangūs bei sudėtingi, lyginant su 4.1.1. ir 4.1.2. skyreliuose aptartomis defektų rūšimis. Sunkiai automatizuojamose darbo vietose sudėtinga pritaikyti „Poka Yoke“ grįstus sprendimus, todėl, atliekant 8D analizę, koncentruotasi į mechaninių pažeidimų atsiradimo dėl žmogaus kaltės, priežastis.

**1D.** Konkrečios defekto rūšies atveju, komandą sudarė gamybos, mokymų, technologijų ir technikos skyrių atstovai.

**2D.** Atlikus analizę, komandos narių buvo užpildyta 2-oji disciplina (žr. 14 lentelę). Aprašant procesus, kurie įtakoja neatitiktį, buvo paminėti transportavimo, pakavimo bei ruošinių rankinio krovimo procesai.

**14 lentelė.** Mechaniniai pažeidimai - 2 disciplina

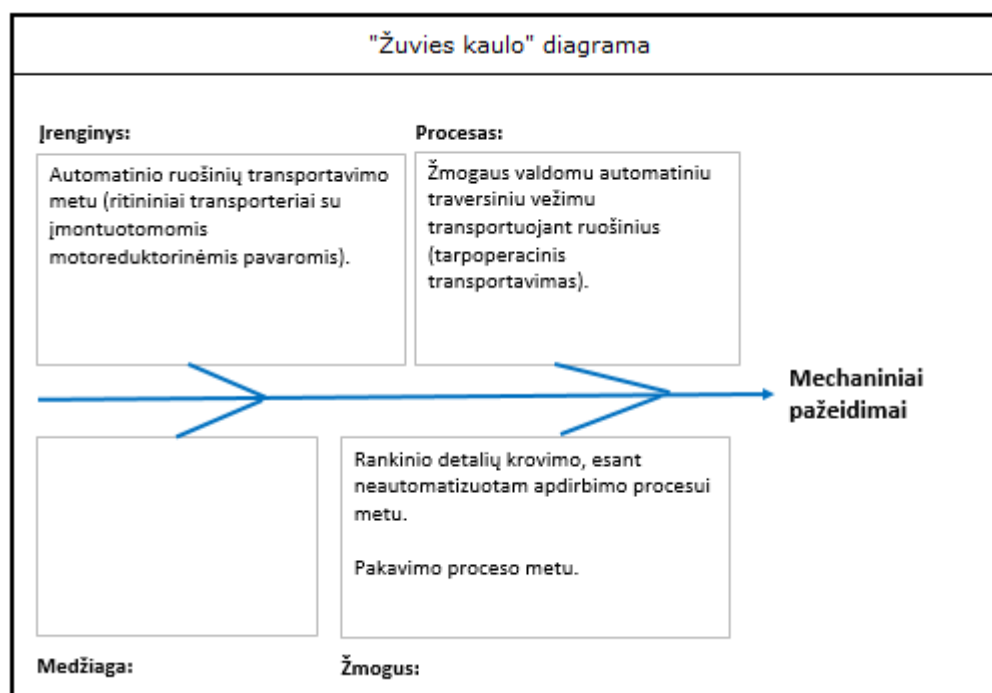
<b>2D. Užfiksuotos problemos detalus aprašymas</b>	
Pirminės problemos aprašymas	Dėl mechaninių pažeidimų nukenčia gaminio išvaizda bei funkcionalumas, todėl pirkėjai jį grąžina į parduotuves.
Gaminio pavadinimas	gaminiai (A1 - A3, B1 – B4, C1, D1, E1)
Neatitikties aprašymas	Komponentai mechaniškai pažeidžiami tarpoperacinių (transportavimo) bei žmogaus rankinio darbo reikalaujančių procesų metu.
Vieta kurioje užfiksuota neatitiktis	Parduotuvė, gamybos procesai
Procesas, kuris galėjo įtakoti neatitiktį	1. tarpoperacinis transportavimas (rankinis/automatinis) 2. pakavimo procesas (rankinis) 3. rankinis krovimas (neautomatizuotas procesas).
Paveiktos produkcijos kiekis/padariniai	Defektai sudaro 11% COPQ rodiklio.
Ar problema buvo pastebėta anksčiau?	Taip.

**3D.** Šioje disciplinoje, su tikslu bent dalinai pristabdyti defekto plitimą įmonėje, buvo panaudoti žemo efektyvumo bei didelių kaštų reikalaujantys sprendimai (žr. 15 lentelę). Pakavimo skyriuje, kritinėms vietoms skiriant papildomus darbuotojus iš kito procesos yra rizikuojama padidinti defektų

atsiradimo riziką kitoje darbo vietoje. Sumažinus kraunamų ruošinių skaičių ant padėklo yra didinamas už transportavimą atsakingo žmogaus apkrovimas, todėl rizikuojama papildomo etato procesui išskyrimu. Neradus geresnių sprendimų, nuspręsta prisiimti minėtas rizikas.

**15 lentelė.** Mechaniniai pažeidimai - 3 disciplina

<b>3D - 1. Apsaugoti galutinį vartotoją</b>				
Veiksmų apibūdinimas				Atsakingas asmuo, skyrius
Į parduotuves nusiųsti trūkstami komponentai, priimta sąskaita už papildomus darbus taisant grąžintą produkciją bei tikrinant paveiktos gamybos datos gaminius.				Kokybės skyrius
				Gamybos skyrius
				Technologijų skyrius
<b>3D - 2. Sustabdyti defekto plitimą įmonėje</b>				
Veiksmų apibūdinimas	Įgyvendinimo laikas	Atlikta?	Efektyvumas, %	Atsakingas asmuo, skyrius
1. Pakavimo skyriuje, išskirtos kritinės kokybei vietos bei skirti papildomi darbuotojai.	Iškart	Taip	70%	Gamybos skyrius
2. Ruošiniams, kurie išsikiša iš apsauginio padėklo zonos, sumažintas kraunamų eilių skaičius (iš ilgio, pločio).	Iškart	Taip	40%	Gamybos skyrius
3. Automatizuoti rankinio krovimo vietose esantys hidrauliniai krautuvai. Jutiklių pagalba pakyla patys, ko pasekoje darbuotojui lieka daugiau laiko tinkamai krauti ruošinius.	3 savaitės	Taip	40%	Techninio aptarnavimo sk.



**20 pav.** "Žuvies kaulo" mechaniniams pažeidimams

**4D.** Komandos užpildyta „žuvies kaulo“ diagrama parodė, kad trys iš keturių problemos priežasčių yra automatizacijos trūkumas. Procesų automatizacija padeda gerinti kokybę, procesų saugą, įrenginių našumą, valdyti gaminių asortimentą, efektyviai panaudoti išteklius bei sumažinti emisijas. Todėl, sparčiai besivystančiose šalyse, masinė gamyba yra viena pagrindinių motyvacijų taikyti procesų automatizavimą [24]. Atlikus 5-i „Kodėl“ analizę (žr. 3 Priedą), priimtas sprendimas užtikrinti maksimalią detalių kokybę dar iki pakavimo proceso. Jo metu, darbuotojas turi tik 3,5 sekundes laiko įdėti komponentą į pakuotę, todėl papildomas kokybės tikrinimas tiesiogiai paveiktų gamybos planą. Kituose procesuose išryškintų problemų sumažinimui pasiūlyti du greitai įgyvendinami techniniai sprendimai bei vienas technologinis projektas, skirtas darbo vietos automatizavimui.

**5D.** Kadangi darbo vietos automatizavimas pagal Pareto prioritetų indeksą pasirodė imliausias resursams, buvo paliktas paskutinėje vietoje. Tuo tarpu, pirmieji du techniniai sprendimai paskirti prioritetu ir įgyvendinti nedelsiant (žr. 23 pav.). Užpildžius 5D ataskaitą, sukurtas veiksmų planas sprendimų įgyvendinimui bei pažymėtos preliminarios jų efekto COPQ rodiklyje datos. Pakavimo proceso metu, turint tik 3 – 4 sekundes įdėti komponentui į pakuotę, priimtas sprendimas darbuotojų skaičiaus kokybės tikrinimui nebedidinti, vietoje to, skiriant šiuos resursus apdirbimo bei transportavimo procesų gerinimui ir automatizacijos plėtrai (žr. 16 lentelę).

**16 lentelė.** Mechaniniai pažeidimai - 5 disciplina

<b>5D. Ilgalaikės priemonės, korekciniai veiksmai, priežasties analizė bei užtikrinimo veiksmai (kad nepasikartotų 2D pirminė problema)</b>				
Problemos aprašymas (5-i "Kodėl")	Veiksmo apibūdinimas	Atsakingas asmuo, skyrius	Įgyvendinimo data/terminas	Numatomas veiksmingumo įvertinimas
Pažeidimai atsiranda automatinio ruošinių transportavimo metu (ritiniai transporteriai su įmontuotais motoreduktoriais).	10. Sumontuoti papildomus motoreduktorius, kad rietuvės būtų transportuojamos lėtesniu greičiu.	Techninio aptarnavimo sk.	W41 (FY20)	W46-51 (FY20)
Žmogaus valdomu automatinio traversiniu vežimu, transportuojant ruošinius, šie nubyra. Kai kuriais atvejais išvirsta visa rietuvė.	11. Sumažinti vežimo greitį 30%. Sumontuoti vaizdo kamerą ir monitorių, kad būtų galima matyti vaizdą priekyje.	Techninio aptarnavimo sk.	W40 (FY20)	W46-51 (FY20)
Rankinio detalių krovimo, esant neautomatizuotam apdirbimo procesui metu jos yra mechaniškai pažeidžiamos.	12. Automatizuoti procesą.	Technologijų skyrius.	W09 (FY20)	W17-21 (FY20)
Pakavimo proceso metu į pakuotę įdedamos defektuotos detalės.	14. Tobulinti prieš tai esančius procesus, kad pakavimo skyriuje neatsidurtų defektuotos detalės.	Technologijų skyrius.	-	-

**6D.** 5-oje disciplinoje pateiktų sprendimų veiksmingumo vertinimas pagal analizėje (žr. 16 lentelę) nurodytą numeraciją bei prioritetą (žr. 3 Priedą) atvaizduotas bendrame grafike (žr. 24 pav.) kartu su likusių dviejų defektų rūšių sprendimais. Remiantis gaminių analizės pagal defektus, FY20 ir FY21 (4 - 5 pav.) grafikais, pastebima, jog “Mechaniniai pažeidimai” defektų rūšis sumažėjo 1,3%, kartu įvertinus net COPQ padidėjimą, įvykusį po gaminių asortimento pasikeitimo (žr. poskyrį 3.1.).

**7D.** Sprendimų veiksmingumui užtikrinti, atlikta FMEA analizė, kurios metu įvertintos rizikos, galinčios kilti įdiegtų techninių sprendimų eksploatacijoje metu. „10, 11 bei 12“ sprendimai (žr. 17 lentelę) techniniai, todėl jie įtraukti į planinės techninės profilaktikos grafiką. 13-ajam sprendimui, įmonėje veikiantis darbuotojų mokymo skyrius panaudojo vardinius lipdukus, kuriuos, kaip tinkamos kokybės patvirtinimą automatinio vežimų operatoriai turi užklijuoti ant kiekvienos rietuvės identifikacinės kortelės.

**17 lentelė.** Mechaniniai pažeidimai - 7 disciplina

<b>7D. Prevenciniai veiksmai, užtikrinantys, jog problema nebepasikartos</b>			
Eil. Nr.	Veiksmo aprašymas	Įdiegta	Atsakingas skyrius
1	Sumontavus papildomus motoreduktorius, nustatytas jų planinio aptarnavimo periodas.	Taip	Techninio aptarnavimo sk.
2	Variklio greitis sumažintas dažnio keitikliu, kuris reguliuojamas tik programiniu būdu. Vaizdo kamera bei monitorius įrašyti į atsarginių dalių palaikomąjį sąrašą.	Taip	Techninio aptarnavimo sk.
3	Atlikta ruošinių užkrovimo proceso automatizacija. Įdiegtas portalinio tipo pramoninis robotas. Sukurtas dažniausiai susidėvėusių dalių sąrašas bei rekomenduojamas jų keitimo periodas.	Taip	Technologijų sk.
4	Tarpoperacinių transportavimo procesų vežimų operatoriai prisiima tiesioginę atsakomybę už detalių, pristatomų į pakavimo skyrių, kokybę. Vardiniai lipdukai klijuojami ant kiekvienos rietuvės identifikacinės kortelės.	Taip	Gamybos/Mokymų skyriai

**8D.** Už veiksmingų sprendimų įgyvendinimą komanda buvo įvertinta. „1“ bei „2“ sprendimai (žr. 18 lentelę) įtraukti į naujų technologinių procesų kūrimo procedūras. „3“ sprendimas (žr. 17 lentelę) yra kasdienis įmonės procesas, kadangi technologijų plėtra padeda išlaikyti esamus konkurencinius pranašumus bei kurti naujus kitose srityse, taip didinant verslo bei darbuotojų gerovę [24]. „4“ sprendimas (žr. 18 lentelę) įmonėje veikiančio darbuotojų mokymo skyriaus įtrauktas į visus procesus, kaip privaloma procedūra.

**18 lentelė.** Mechaniniai pažeidimai - 8 disciplina

<b>8D. Komandinis bei individualus pripažinimas, sprendimai, nuomonės, reikalingos korekcijos</b>
Sprendimas 1 - nustatytas optimalus atstumas tarp motoreduktorių, kuris bus laikomas standartu naujai įrangai.
Sprendimas 2 - svarstomas vaizdo kamerų įdiegimas likusiems įmonės automatiniam vežimams.
Sprendimas 4 įdiegtas visuose procesuose. Rietuvė be kokybės patvirtinimo lipduko nepriimama į sekančią operaciją.

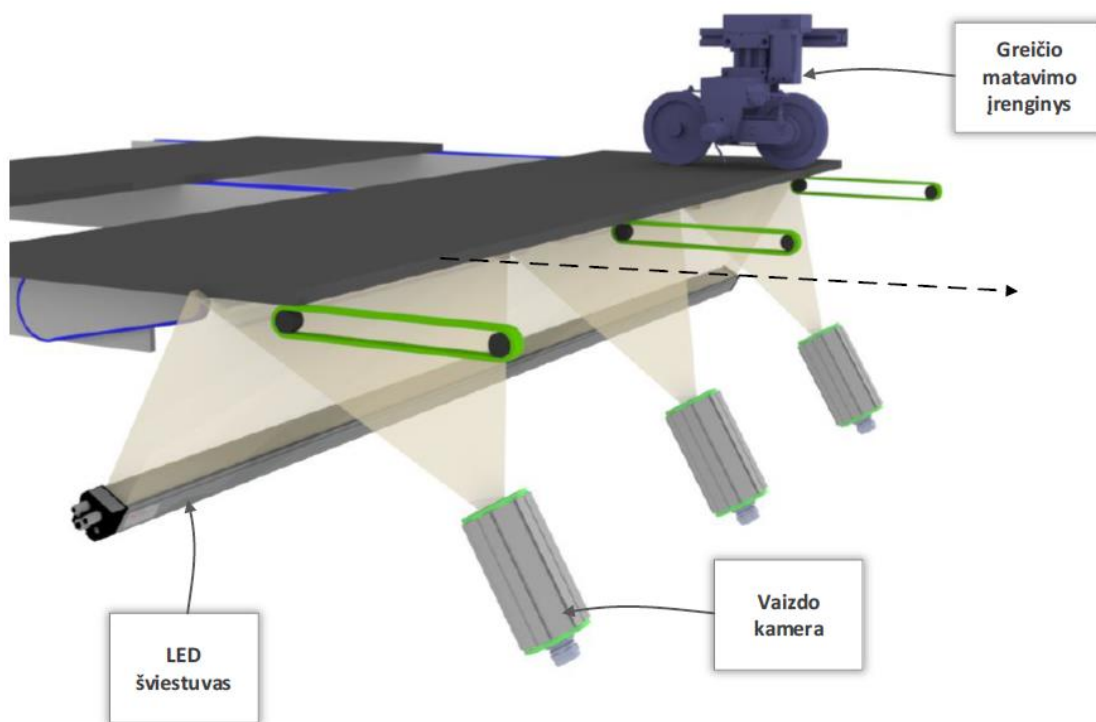
## 5. Panaudotų kokybės valdymo metodų bei inžinerinių sprendimų efektyvumo rezultatai

COPQ apskaičiavimas suteikia galimybę atliktus sprendimus paversti pinigais, nustatant darbų prioritetus bei skatinant efektyvų išteklių naudojimą [1]. Proceso metu, turi būti išmatuojami visi su galutinio rezultato susidarymu susiję žingsniai. Proceso duomenų analizei naudojamas statistinis įrankis, kurį sudaro įvairios valdymo diagramos – SPC. Kontrolės diagramos yra mokslinio gamybos proceso valdymo pagrindas ir vienas iš svarbiausių metodų, leidžiančių iš anksto nustatyti proceso variacijas bei įspėti apie COPQ augimo tendencijas [2]. Kryptingai panaudojant statistinius kokybės valdymo metodus, galima išmatuoti konkrečių įmonėje įgyvendintų sprendimų veiksmingumą.

### 5.1. Įgyvendinti inžineriniai sprendimai ir jų veiksmingumas

Remiantis inžinerinių sprendimų veiksmingumo analize (žr. 21 pav.), didžiausią poveikį COPQ rodikliui turėjo 8D analizės metu pasiūlytų išpėjamojo “Poka-Yoke” tipo veiksmų (3, 8, 9, 12 ir 13) įgyvendinimas, padėjęs sumažinti COPQ rodiklį net 0,52%. Likusieji sprendimai (žr. 23 pav.) nebuvo imlūs resursams, bet atitinkamai turėjo kur kas mažesnę įtaką COPQ rodikliui (tik 0,16%).

Kompiuterinės regos sistemų įdiegimo HOM1 ir HOM2 procesuose sprendimai (žr. 18 pav.) padėjo visiškai eliminuoti defektuoto ruošinio judėjimą tolimesniuose procesuose. Ši sistema skirta tikrinti gaminio išgręžtų skylių kokybę, poziciją, bei kiekį. Tikrinimui naudojama viena linijinė vaizdo kamera, greičio matavimo įrenginys bei LED šviestuvai (žr. 21 pav.). Greičio matavimo įrenginys naudojamas sinchronizuoti vaizdo kamerą su judančiu gaminiu. Matavimui naudojami du mechaniškai surišti ratai ir enkoderis, kurie detalės judėjimo metu amortizuoja pakildami į viršų. Visa konstrukcija sumontuota ant vertikalios pavaros, kurią stumdo variklis. Darbo metu, užfiksuota detalė yra analizuojama, o rezultatas pateikiamas į lietimui jautrų ekraną. Neatitiktinių ruošinių duomenys kaupiami vidiniame įmonės serveryje, panaudojant juos analizei.



21 pav. Kompiuterinės regos sistemos apdirbimo linijose koncepcija

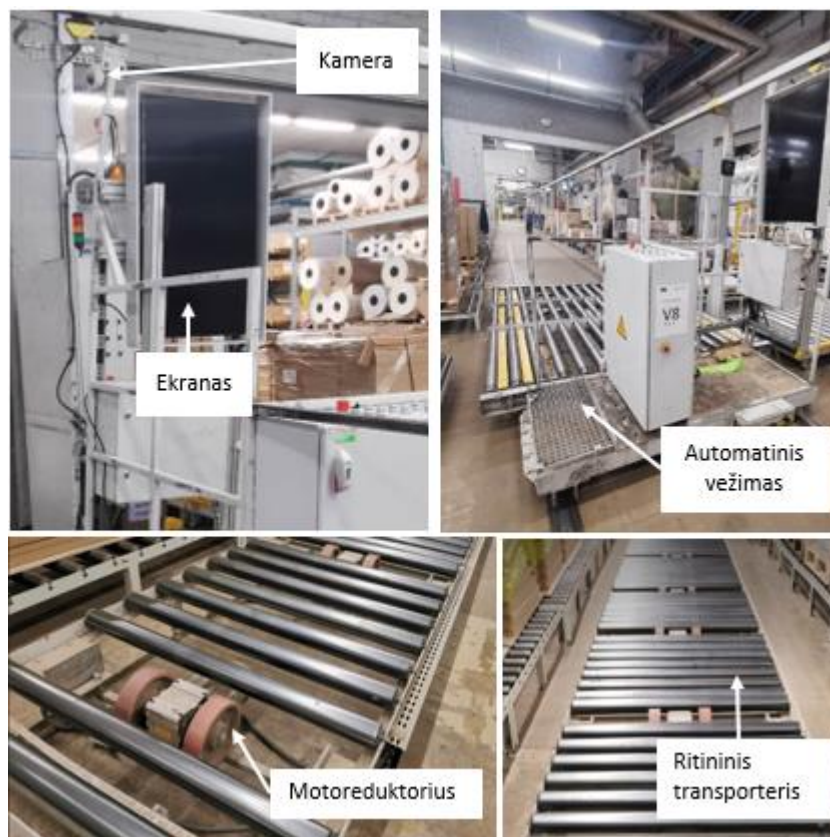
Įdiegus kompiuterinės regos sistemą į pakavimo procesą (žr. 15 pav.) pavyko eliminuoti 4.1.1. skyrelyje analizuotos defektų rūšies patekimo pas pirkėją tikimybę. Vaizdo sistemos veikimo principas taipogi remiasi vaizdo analize. Naudojant didelės rezoliucijos kamerą fiksuojamos judančios pakuotės (kamera ir LED apšvietimas sumontuoti virš konvejerio). Pakuočių aptikimui naudojamas optinis jutiklis, kuriam suveikus sistema pradeda vaizdo fiksavimą ir analizę. Gręžimo skylių aptikimas yra esminis visos sistemos uždavinys. Skylių išsidėstymo patikrai naudojamas algoritmas, kuris paremtas dirbtiniu intelektu ir gali nustatyti ar nuskenuotos detalės skylių pozicijų šablonas atitinka etaloną, kartu įvertinant galimą detalės pasisukimo kampą. Naudojant šią technologiją nereikia tikslios detalės pozicijos ar regiono nustatymo. Skylės aptinkamos analizuojant bendrą pakuotės turinio vaizdą ir mažai priklauso nuo išorinių veiksnių - šviesos pokyčio, pašalinių objektų ir pan. (žr. 22 pav.).



**22 pav.** Kompiuterinės regos sistema pakavimo procesui

Nesudėtingi bei greitai įgyvendinami techniniai sprendimai (žr. 23 pav.) padėjo pagerinti COPQ rodiklį 0,13% sumažinant mechaninių pažeidimų atsiradimo tikimybę. Automatinio vežimo valdymo vietoje sumontuota vaizdo kamera bei ekranas, kurių pagalba darbuotojas, veždamas aukštas rietuves gali aiškiai matyti, ar kelyje nėra kliūčių. Apribojus minėto automatinio vežimo judėjimo greitį, dėl sutrumpėjusio jo stabdymo laiko ne tik sumažinta avarijos su kliūtimis, esančiomis kelyje tikimybė. Įdiegti sprendimai paveikė ne tik mechaninių pažeidimų atsiradimo tikimybę bet ir pagerino darbų saugą.

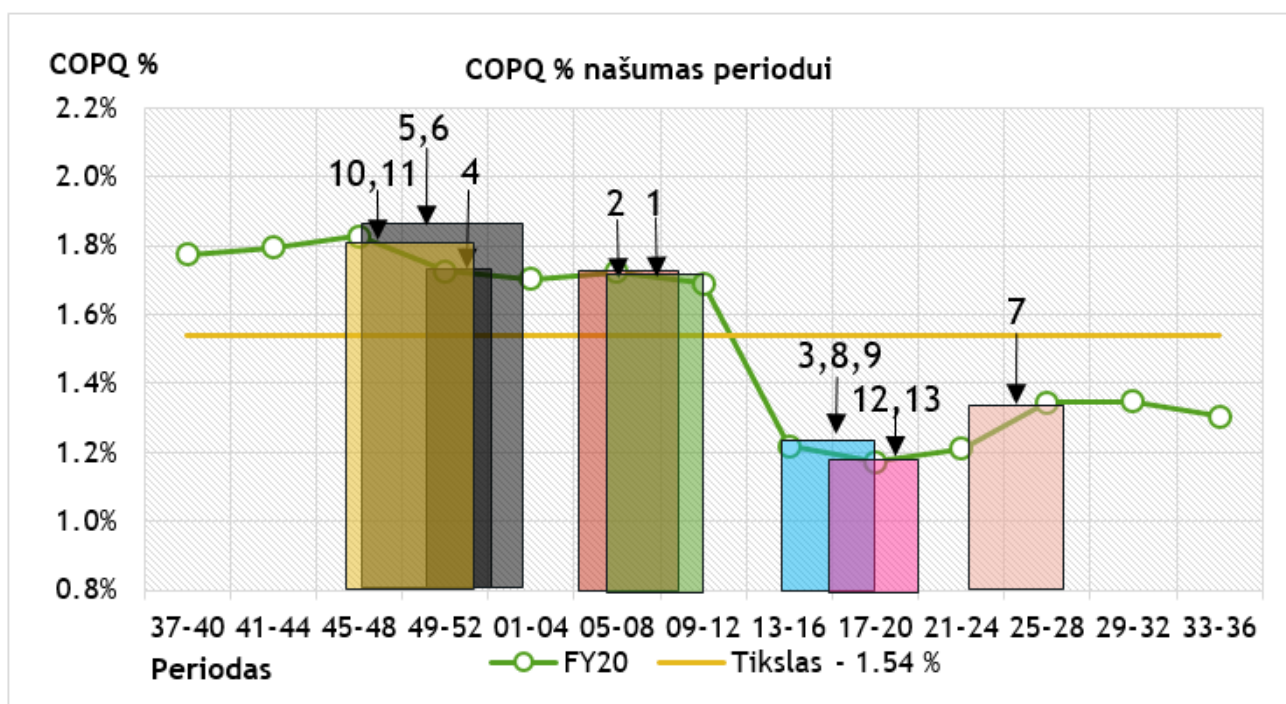
Papildomų motoreduktorių sumontavimas į automatinius ritininius transporterius (žr. 23 pav.), skirtus rietuvių transportavimui padėjo stabilizuoti jų judėjimo greitį. Greičio stabilizavimas eliminavo rietuvių susidūrimo tarpusavyje, automatinio transportavimo metu tikimybę. Apskaičiavus vidutinį rietuvės svorį, nustatytas optimalus atstumas tarp motoreduktorių, kuris tolimesniuose automatizacijos projektuose bus laikomas standartu.



23 pav. Techniniai sprendimai mechaniniams pažeidimams

## 5.2. Kokybės valdymo metodų bei įgyvendintų inžinerinių sprendimų efektyvumas

FY20 (37 savaitę) pastebėta COPQ variacija (žr. 5 pav.) įmonės mastu – palaipsniui kryptama nuo užsakovo nustatyto tikslo. To pasekoje nuspręsta sukurti veiksmų planą COPQ stabilizavimui – užsakovo nustatyto 1,54% COPQ rodiklio siekimui. SPC metodų pagalba, išsamiai duomenų analizei atlikti prireikė 1 dienos. Pasinaudojus specialisto iš išorės konsultacija, po atliktos analizės paaiškėjo, jog įmonėje pastebimas laiko ir pastangų, reikalingų griežtai problemos diagnostikos procedūrai, trūkumas. Nuspręsta, jog 8D analizė, kartu su pagrindiniais analitiniais įrankiais iš Six Sigma DMAIC metodologijos bus optimaliausia kombinacija problemų sprendimui [24]. 8D analizės įdiegimas leido efektyviai išryškinti problemas, o pirmuosius sprendimus įgyvendinti jau po 1 - 2 savaičių (žr. 7, 13 ir 19 lenteles). Efektyvus problemų sprendimas teigiamai paveikė COPQ rodiklį. Grafike (žr. 24 pav.) matyti, jog 8D analizės įdiegimas FY20 (38 savaitę) padėjo sumažinti COPQ rodiklį nuo 1,77% iki 1,30% (0,47% gerėjimas) lyginant pirmąją finansinių metų savaitę su paskutiniąja. Variacija išlaikyta žemiau 1,54% užsakovo nustatyto tikslo net 39 savaites (žr. 5 pav.) iki technologinių pajėgumų bei produkcijos asortimento išplėtimo (žr. poskyrį 3.1.).



24 pav. Inžinerinių sprendimų veiksmingumas

Grafike (žr. 24 pav.) matyti, jog iki COPQ kritimo buvo įgyvendinti vienuolika iš dvylikos sprendimų, kurių poveikis rodikliui matomas po 5 - 10 savaičių, kai pagamintai produkcijai pasiekus parduotuves užsakovas pateikia paskutinio periodo ataskaitą. Nors koncentruotasi tik į „TOP 10“ gaminių defektus – sprendimai buvo universalūs, todėl COPQ rodiklis buvo paveiktas labiau nei tikėtasi. 8D analizės pagalba buvo pasiektas greitesnis ir kvalifikuotesnis reagavimas į problemas, užkertant kelią jų pasikartojimui. Taipogi, suteikta galimybė išmatuoti atliktų sprendimų veiksmingumą [25]:

- Pagal Pareto prioritetų indeksą parinkti bei įgyvendinti mažiausiai resursų reikalaujantys sprendimai (10, 11, 5, 6 ir 4) padėjo pasiekti 0,13% COPQ kritimą (nuo 1,83% iki 1,70%).
- Sprendimai „1, 2“ buvo techniškai nesudėtingi, bet imlesni laiko resursams, todėl įgyvendinti vienu periodu (4 savaitėmis) vėliau. Išmatuotas jų poveikis 0,03% (nuo 1,72% iki 1,69%)
- Sprendimai „3, 8, 9, 12 ir 13“ buvo imliausi resursams (kompiuterinės regos sistemų diegimas bei proceso automatizavimas). Atliktiems sprendimams esant „Poka-Yoke“ tipo, buvo eliminuota klaidos atsiradimo procese tikimybė, todėl pasiektas net 0,52% pagerėjimas (nuo 1,69% iki 1,17%).
- Sprendimo „7“ veiksmingumas nebuvo reikšmingas (mažesnis už procesų variaciją), todėl jo įtakos COPQ rodikliui išmatuoti nepavyko.

Grafike (žr. 16 pav.) matyti, jog „Poka-Yoke“ grįšti sprendimai [23] labiausiai paveikė COPQ rodiklį. Siekiant išlaikyti COPQ variaciją 1,17% - 1,54% lygyje, sėkmingai išmatavus kompiuterinių regos sistemų naudą, nuspręsta jas įdiegti į likusius procesus, šitaip visiškai eliminuojant „Trūksta/netikslus gręžimas“ bei „Trūksta/sumaišyti komponentai“ defektų rūšis (8 – 9 pav.), kartu sudarančias 34,5% (FY20) ir 25,6 % (FY21) rodiklio.



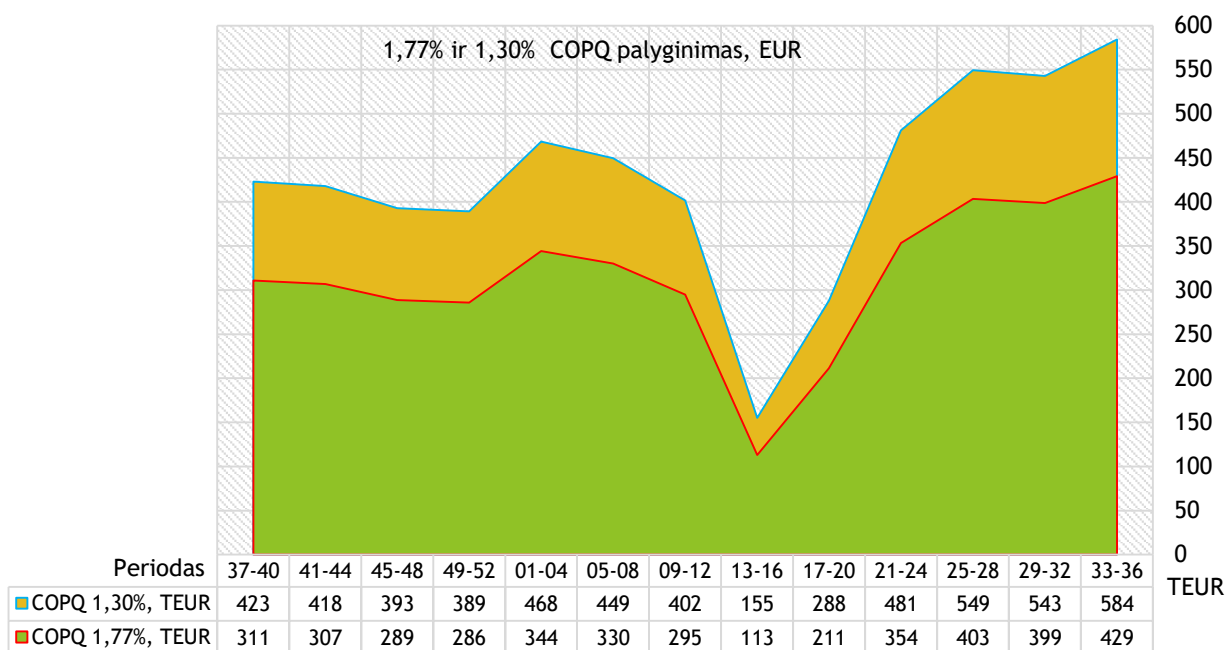
## 6. Įgyvendintų sprendimų ekonominė nauda

Blogos kokybės kaštai kaip ir investicijos yra dalinami tarp gamintojo ir užsakovo, todėl nustatyto COPQ rodiklio viršijimas reikštų ne tik abipusius nuostolius, bet ir užsakymų apimčių sumažėjimą sekantiems finansiniams metams. Investicijos į kokybę yra vienas iš įmonės prioritetų ne tik dėl nuolat augančio rinkos konkurencingumo, bet ir užsakovo bei vartotojų pasitikėjimo. Verslo pasaulyje kokybė ir produktyvumas yra raktas į įmonės gamybos sistemos sėkmę, nes kokybė yra pagrindinis veiksnys vartotojams renkantis produktus [26].

Nors sėkmingai įmonėje veikianči Lean Six Sigma metodologija kartu su SPC įrankiais gali padėti sustabdyti defektus prieš juos sukuriant, leisdama priežiūrai pereiti prie nuspėjamojo modelio, vietoje reaktyvaus modelio [16], buvo pastebėtas laiko ir pastangų, reikalingų griežtai problemos diagnostikos procedūrai, trūkumas, įtakojas sprendimų priėmimo kokybę bei jų įgyvenimo laiką. To pasekoje, pradėtas taikyti 8D analizės metodas, kuris kartu su prieš tai minėtais įrankiais padėjo sumažinti COPQ rodiklį nuo 1,77% iki 1,30%, pasiekiant 0,47% gerėjimą, lyginant pirmąją finansinių metų savaitę su paskutiniąja (žr. 24 pav.). Remiantis FY20 pagamintos produkcijos kiekiais bei kainomis, toks COPQ pagerėjimas reikštų vidutiniškai 122 673 EUR/mėn. Pateiktame grafike (žr. 25 pav.) matomas 1,77% ir 1,30% COPQ rodiklio skirtumas pinigine išraiška, atvaizduojantis du scenarijus:

1. 8D metodas pradėtas taikyti FY19, o jo efektas COPQ rodikliui matomas nuo FY20, W37 (COPQ 1,30%);
2. 8D metodas niekada nepradėtas taikyti (COPQ 1,77%);

Remiantis FY20 pagamintos produkcijos kiekiais bei kainomis, W37 - W36 periodo skirtumas tarp šių dviejų rodiklių (žr. 25 pav.) būtų 1 472 077 EUR.



25 pav. 8D analizės veiksmingumo palyginimas

Įgyvendinti inžineriniai sprendimai paveikė ne tik “TOP 10” gaminių, į kuriuos buvo koncentruotasi, bet ir likusio asortimento kokybę. Todėl teigiamas sprendimų efektas COPQ rodikliui buvo didesnis, nei tikėtasi. 19 lentelėje pateiktas kiekvienos sprendimų grupės veiksmingumas COPQ rodikliui procentinėmis bei piniginėmis išraiškomis.

**19 lentelė.** Įgyvendintų sprendimų atsiperkamumas

Sprendimo numeris pagal 5-D	Sprendimas	Investicijos kaina, EUR	COPQ pagerėjimas, %	*Efektas, EUR/mėn.	**Atsiperkamumas, mėn.
4.	Papildomos informacijos pateikimas į informacinius ekranus.	- €	0,13%	23 372 €	14
5.	Pramoniniai spausdintuvai 2 vnt.	9 200 €			
6.	Papildomų darbuotojų kompetencijų kategorijų išskyrimas.	- €			
10.	Papildomų motoreduktorių montavimas.	31 000 €			
11.	Monitoriaus bei vaizdo kameros montavimas į automatinį vežimą.	1 520 €			
1.	Pramoninių robotų sukeitimas vietomis.	1 700 €	0,03%	680 €	2,5
2.	Transporterių greičių derinimas.	- €			
3.	Kompiuterinės regos sistemos diegimas HOM1 procese.	62 150 €	0,52%	113 913 €	24
8.	Jutikliais paremtos gręžimo proceso patikros sistemos diegimas.	28 200 €			
9.	Kompiuterinės regos sistemos diegimas HOM2 procese.	63 200 €			
12.	Rankinio proceso automatizavimas.	92 500 €			
13.	Kompiuterinės regos sistemos diegimas pakavimo procese.	35 000 €			

\*Efektas skaičiuojamas nuo FY20 akumuliuotos COPQ kainos (0,1% - 22 692 EUR/mėn.).

\*\*Atsiperkamumas skaičiuojamas 10% nuo FY20 akumuliuotos COPQ kainos (0,1% - 2 692 EUR/mėn.).

Kadangi didžiąją dalį (iki 90%) blogos kokybės kaštų prisiima užsakovas, sprendimų atsiperkamumas vertinamas 10% nuo akumuliuotos FY20 COPQ kainos (0,1% - 2 269 EUR/mėn.). Kiekvienos sprendimų grupės atsiperkamumas (žr. 19 lentelė) apskaičiuotas pagal grafike (žr. 24 pav.) pateiktą jų veiksmingumą FY20 akumuliuotam COPQ rodikliui. Inžinerinių sprendimų veiksmingumo grafike (žr. 24 pav.) matyti, jog didžiausia įtaka COPQ rodikliui (iki 113 913 EUR/mėn.) pasiekta taikant “Poka-Yoke” tipo sprendimus (kompiuterinės regos sistemas bei rankinio proceso automatizavimą).

## Išvados

1. Iki FY20, įmonėje naudota Lean Six Sigma statistika paremta įmonės veiklos kokybės gerinimo programa (metodologija), kuri sujungta su vidine gamybos resursų valdymo sistema bei SPC įrankiais suteikė galimybę atlikti išsamią COPQ rodiklio analizę, kurios metu pastebėta blogos kokybės kaštų augimo tendencija. Analizės metu pastebėta, jog „TOP 10“ gaminiai sudaro iki 75,3% visų pardavimų ir iki 56,4% patiriamų blogos kokybės kaštų. Nuo FY20 W38 pradėtas naudoti 8D problemų sprendimo metodas, suteikęs galimybę iki finansinių metų vidurio viršyti užsakovo nustatytą 1,54% COPQ tikslą, išlaikant jį stabilų net 39 savaites.
2. Įmonėje vyraujant 10 pagrindinių defektų rūšių, gaminių analizėje pagal defektus pastebėta, jog trys didžiausios defektų rūšys (trūksta/sumaišyti komponentai, mechaniniai pažeidimai, trūksta/netikslus gręžimas) sudaro iki 45,5% visos grąžintos (neparduotos) produkcijos. Gaminį sudarant dešimtims komponentų bei detalių, bent vienos iš trijų defektų rūšių atsiradimas pakuotėje reikštų, kad šis taps nesurenkamas, nefunkcionalus, todėl bus grąžintas į parduotuvę.
3. 8D analizės prijungimas prie įmonėje sėkmingai veikiančių analitinių įrankių iš Six Sigma DMAIC metodologijos, leido efektyviai išryškinti problemas, o pirmuosius sprendimus įgyvendinti jau po 1 - 2 savaičių. Efektyvus problemų sprendimas teigiamai paveikė COPQ rodiklį. Inžinerinių sprendimų veiksmingumo grafike matyti, jog 8D analizės įdiegimas FY20 (38 savaitę) padėjo sumažinti COPQ rodiklį nuo 1,77% iki 1,30% (0,47% gerėjimas) lyginant pirmąją finansinių metų savaitę su paskutiniąja. Variacija išlaikyta žemiau 1,54% užsakovo nustatyto tikslo net 39 savaites.
4. Remiantis FY20 pagamintos produkcijos kiekiais bei kainomis, dėl 8D metodo taikymo pasiektas 0,47% COPQ pagerėjimas, kuris lyginant pirmąją finansinių metų savaitę su paskutiniąja reikštų vidutiniškai 122 673 EUR/mėn. Jei 8D metodas būtų taikytas dar FY19, remiantis FY20 pagamintos produkcijos kiekiais bei kainomis, W37 - W36 periode būtų galima sutaupyti 1 472 077 EUR. Inžinerinių sprendimų veiksmingumo grafike matyti, jog didžiausias efektas COPQ rodikliui (iki 113 913 EUR/mėn.) pasiektas panaudojus „Poka-Yoke“ tipo sprendimus – kompiuterinės regos sistemas bei rankinio proceso automatizavimą. Nors nesudėtingų techninių bei technologinių sprendimų efektas siekė tik 23 372 EUR/mėn. – juos įgyvendinus 3 mėnesiais anksčiau, buvo pasiektas ~ 61% veiksmingumas, lyginant su ilgalaikiais, „Poka-Yoke“ tipo inžineriniais sprendimais.

## Literatūros sąrašas

1. NADEEM Abbas Syed, Javed AHMED, Muhammad SALMAN, Syed Rehan Ashraf. *Compare Cost of Good Quality & Cost of Poor Quality And Have a Wise Decision A study from Automobile Industry of Pakistan*. IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM) e-ISSN: 2278-487X, p-ISSN: 2319-7668. Volume 17, Issue 9. Ver. II (Sep. 2015), PP 19-28.
2. LI Jinmeng. *Application of Statistical Process Control in Engineering Quality Management* (2021). IOP Conference Series Earth and Environmental Science 831(1):012073. DOI: 10.1088/1755-1315/831/1/012073.
3. FORD, M. *The Rise of the Robots: Technology and the Threat of Mass Unemployment*. 2015. London: Oneworld Publications.
4. SALIMBENI Sergio (2020). *Industry 4.0, Quality 4.0 & New Product Development*. DOI: 10.13140/RG.2.2.19560.42243.
5. YASH N. Jaiswal, Vikram R. KHANZODE. *Defect Rate Reduction in Biscuit Production Industry using SPC Technique*. VOLUME 09, ISSUE 11 (NOVEMBER 2020). DOI:10.17577/IJERTV9IS110254.
6. PURBA Humiras Hardi. *Quality Control of Steel Deformed Bar Product using Statistical Quality Control (SQC) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. 2020. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. DOI:10.1088/1757-899X/1007/1/012119.
7. REX Amadi, Rex Kemkom Chima AMADI, Stanley Aleruchi WALI, Orokor ALLWELL (2022). *Quality Control of Defective Rotary Shouldered Connections Using Statistical Quality Control: A Case Study*. GSJ: Volume 10, Issue 3, March 2022 ISSN 2320-9186.
8. V. Shivajee, Singh R.K. & Rastogi, S. (2019). *Manufacturing conversion cost reduction using quality control tools and digitisation of real-time data*. Journal of Cleaner Production.
9. ABBAS Syed Nadeem, Javed AHMED, Muhammad SALMAN, Syed Rehan ASHRAF (2015). *Compare Cost of Good Quality & Cost of Poor Quality And Have a Wise Decision A study from Automobile Industry of Pakistan*. DOI: 10.9790/487X-17921928.
10. ABTEW Mulat Alubel, Subhalakshmi KROPI, Yan HONG, Linzi PU. (2018). *Implementation of Statistical Process Control (SPC) in the Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement*. DOI: <https://doi.org/10.1515/aut-2017-0034>.
11. SHARMA Mithun, Shilpi SHARMA, Sanjeev P. SAHNI. May 2020. *Structured Problem Solving: combined approach using 8D and Six Sigma case study*. Engineering Management in Production and Services 12(1):57-69.
12. VŨ Trang. *Giải thích về chỉ số KPI*. Prieiga per: [https://www.academia.edu/25808684/Gi%E1%BA%A3i\\_thich\\_v%E1%BB%81\\_ch%E1%BB%89\\_s%E1%BB%91\\_KPI](https://www.academia.edu/25808684/Gi%E1%BA%A3i_thich_v%E1%BB%81_ch%E1%BB%89_s%E1%BB%91_KPI).
13. HAIEVSKYI Volodymyr (2020). *Study Of Possibilities Of Joint Application Of Pareto Analysis And Risk Analysis During Corrective Actions*. Technology Transfer fundamental principles and innovative technical solutions. DOI: 10.21303/2585-6847.2020.001536.
14. AL-BALDAWI Zainab. *Integration Pareto Distribution and Pareto Analysis to Analyse and Diagnose Defects and the Root of Causes for the Air Cooling Motor*. (February 2020). Diyala Journal of Engineering Sciences 13. DOI:10.24237/djes.2020.13105.

15. AZAMFIREI Victor, Anna GRANLUND, Yvonne LAGROSEN. *Multi-Layer Quality Inspection System Framework for Industry 4.0*. September 2021. International Journal of Automation Technology 15(5):641-650. DOI: 10.20965/ijat.2021.p0641.
16. TELI S. N., Amar MURUMKAR, Sandhya JADAV, Sagar DHARMADHIKARI. *Integrated Approach of Cost of Quality and SixSigma*. Conference: Global Meet on Advances in Design, Materials & Thermal Engineering. 2018. Navi, Mumbai.
17. WEDELL-WEDELLESBORG Thomas. (2017). *Are you solving the right problems*. Prieiga per: <https://hbr.org/2017/01/are-you-solving-the-right-problems>.
18. MANE Ganraj. *STUDY OF PROBLEM SOLVING METHODS IN MANUFACTURING INDUSTRY BY USING 8D –ANALYSIS*. January 2022. ISSN: 2249-894X.
19. PYZDEK Thomas. *The Six Sigma Handbook : A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers At All Levels*. 2003. DOI: 10.1036/0071415963.
20. SETHI Rajesh. “New Product Quality and Product Development Teams.” *Journal of Marketing* 64, no. 2 (2000): 1–14. <http://www.jstor.org/stable/3203439>.
21. PRASETYO Yogi Tri, Alaisa Marie A. CAGUBCOB, Satria Fadil PERSADA, Anak Agung Ngurah Perwira REDI. April 2021. *Application of 8D Methodology for Minimizing Test Mixing Event in Semiconductor Test Manufacturing*. DOI: 10.1109/ICIEA52957.2021.9436692.
22. DIVANOĞLU Sevilay Uslu, Ülge TAŞ. *Application of 8D Methodology: An Approach to Reduce Failures in Automotive Industry*. April 2022. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.106019.
23. SINGH Yuvika. July 2019. *Process Improvement by Poka-Yoke : A Tool for Zero Defects*. E-ISSN: 0976 0458.
24. LIISA Sirkka, Jämsä JOUNELA. *Future trends in process automation*. August 2007. Annual Reviews in Control. Volume 31, Issue 2, 2007, Pages 211-220.
25. SOUSA Sergio Dinis, Carlos RIESENBERGER. *The 8D Methodology: An Effective Way to Reduce Recurrence of Customer Complaints?*. June 2010. Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol III. ISBN: 978-988-18210-8-9.
26. ISHAK Aulia, Khawarita SIREGAR, Rosnani GINTING, Afrianti MANIK. *Implementation Statistical Quality Control (SQC) and Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): A Systematic Review*. (2020). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1003. DOI 10.1088/1757-899X/1003/1/012098.

## Priedai

### 1 Priedas. 5-i "Kodėl" analizė trūkstamiems/sumaišytiems komponentams

Priežasties aprašymas	5-i "Kodėl"			4-Kodėl?	5-Kodėl?	Sprendimas	Prioritetas 1-5
	1-Kodėl?	2-Kodėl?	3-Kodėl?				
Skirtingų pusių detalės nukraunamos ant vienos rietuvės.	Įrenginys neturi galimybės nukrauti kairinių/dešinių detalių atskirai.	Nėra programos (koordinacijų).	Norint įdiegti tokią programą (koordinates), reikalingas greitesnis robotas.			Esamą robotą sukeisti vietomis su 15% greitesniu kito gamintojo robotu, esančiu mažesnių greičių reikalaujančiame procese. Įdiegti koordinates.	2
Pakavimo linijoje, transportuojant pakuotę iš išilginio transporterio į skersinį, smulkios detalės linkusios iškristi.	Dėl skirtingų transporterių greičių.	Kiekvienas operatorius turi galimybę reguliuoti greičius ir tai daro savo nuožiūra.	Nesuderinti transporterių greičiai.			Suderinti transporterių greičius bei užrakinti juos nuo nereikalingų korekcijų.	4
Ruošinys į srautą įdėtas ne ta puse, tuomet nukrautas į priešingos pusės rietuvę.	Ruošinį pagal procesą reikia išimti matavimui tam tikru periodu. Vėliau šis gali būti įdėtas atgal ne ta puse.	Ruošinį matavimui iš srauto išima bei įdeda žmogus.	Darbo zonoje nėra galimybės šio proceso (teisingo detalės išėmimo ir įdėjimo) automatizuoti.			Įdiegti kompiuterinės regos sistemą, kuri "HOM1" procese tikrins grėžimo lizdų poziciją ir esant neatitikimui - sustabdys įrenginį (14 pav.).	5
Į pakuotę ne visada įdedamas reikiamas kiekis komponentų (jei dedamas daugiau nei vienas).	Pakavimo linijos darbuotojas kartais pamiršta, kokį kiekį komponentų turi įdėti.	Darbo vietoje nėra nurodyto konkretaus pakuojamų komponentų kiekio.	Iki šiol problema nebuvo iškomunikuota.			Informaciniuose ekranuose, prie kiekvienos pozicijos nurodyti reikiama komponento kiekį vienetais į gaminį.	3
Tarpooperaciniuose procesuose sumaišomos detalės, kurios vizualiai beveik identiškos (kairės/dešinės pusės detalės).	Identiškos medžiagos - nėra vizualinio skirtumo.	Negalima naudoti vizualiai skirtingų medžiagų tos pačios rūšies detalei.	Nėra leidimo iš užsakovo dėl įtakos dizainui.			Pramoniniais spausdintuvais papildomai markiruoti "kairė/dešinė" ant detalių kraštų, kurie surinkus gaminį, užsidengia viršutiniu skydu ar kitomis detalėmis (nėra matomi ir dizaino neįtakoja).	3

Darbuotojai neturi kompetencijų atskirti kairės/dešinės pusių detales.	Darbuotojai neapmokyti vizualiai atskirti konkrečias detales.	Sunku 100% užtikrinti aukštos kompetencijos darbuotojus šioje vietoje.	Aukštos kompetencijos darbuotojai reikalingi kitose, taipogi svarbiose vietose.			Peržiūrėti prioritetus ir perskirstyti aukštos kompetencijos darbuotojus. Išskirti daugiau darbuotojų kompetencijų kategorijų.	4
						Ilgalaikiui veiksmui įdiegti kompiuterinės regos sistemą (11 pav.).	5
Pakuotojas neįdeda komponento į pakuotę.	Pertraukų metu konvejeris stovi su pusiau pilnomis pakuotėmis, o grįžę darbuotojai ne viską patikrina.	Palikti konvejerio tuščio prieš pertrauką nėra galimybės.	Prarandama daug gamybos laiko (nukenčia OEE rodiklis).			Įdiegti sistemą: kiekvienas darbuotojas grįžęs po pertraukos turės paspausti "patvirtinimo" mygtuką, kuris reikš, kad visos pakuotės yra su reikiamais komponentais. Tik tada konvejeris pradės judėti.	5

## 2 Priedas. 5-i "Kodėl" analizė trūkstamam/netiksliam gręžimui

5-i "Kodėl"				4-Kodėl ?	5-Kodėl ?	Sprendimas	Prioritetas 1-5
Priežasties aprašymas	1-Kodėl?	2-Kodėl?	3-Kodėl?				
Proceso metu nulūžo gražtas.	Dėl per gražto didelės pastūmos (mm/sek).	Dėl našesnio įrangos išnaudojimo padidinta pastūma (gražto RPM maksimumus).	Ekonomiškai grįstas sprendimas.			<p><i>Ilgalaikis veiksmas:</i></p> <p>Įdiegti kompiuterinės regos sistemą (HOM2 apdirbimo linijoje), kuri sraute tikrins gręžimo lizdų poziciją ir esant neatitikimui - sustabdys įrenginį.</p>	5
Gręžimo ciklas nepabaigiamas įvykus elektriniam trigdžiui ar programinei klaidai.	Mašina suprogramuota a nedelsiant sustabdyti ciklą klaidos atveju.	Mašinos gamintojas laikosi Europos Sąjungos (ES) sveikatos ir saugos reikalavimų.	Įranga turi atitikti Europos Sąjungos (ES) sveikatos ir saugos reikalavimus.				
Nėra tarpo tarp dviejų ruošinių, ko pasekoje sugręžiamas tik vienas iš jų.	Esamas tarpas tarp ruošinių labai nedidelis, todėl kai kuriais atvejais jie susiglaudžia.	Dėl diržinių transporterių neįmanoma užtikrinti idealių transportavimo sąlygų 100% ruošinių.	Kitoks sprendimas reikalautų sudėtingos modifikacijos ir 10-15% sumažintų proceso našumą.				
Netinkamai pozicionuotas ruošinys gręžimo metu.	Dėl netolygaus transportavimo.	Įrenginyje naudojami diržiniai transporteriai ilgiems ir siauriems ruošiniams neužtikrina tolygaus transportavimo.	Kitoks sprendimas reikalautų sudėtingos modifikacijos ir 10-15% sumažintų proceso našumą.				
Periodinis ruošinio matavimo procesas neatliktas, arba atliktas netinkamai.	Dėl darbuotojo "nusikalibravimo" atliekant tą patį procesą iki 30 kartų per pamainą.	Pamainos trukmė 12val., todėl esant nuovargiui gali sumažėti budrumas.	Toks pamainų grafikas optimaliausias išnaudojant turimą įrangą gamybos plano įvykdymui.				
Po kokybės patikrinimo, dvigubas ruošinys į srautą įdedamas ne ta puse ir nukraunamas į netinkamą rietuvę (kairiniai ir dešiniai ruošiniai).	Ruošinys įdedamas rankiniu būdu - atsiranda žmogiškasis faktorius.	Darbo zonoje nėra galimybės šio proceso (teisingo detalės išėmimo ir įdėjimo) automatizuoti.	Darbo zonoje nėra vietos šio proceso automatizavimui.				
						<p><i>Trumpalaikis veiksmas:</i></p> <p>Įdiegti jutikliais paremtą kontrolės sistemą, kuri tikrins ruošinio bei gręžimo procesą atliekančių pavarų bei kitų elementų poziciją, užtikrindama, jog reikiamų veiksmų seka atliktą tinkamai.</p>	



Ruošinys išimamas iš srauto netinkamoje vietoje.	Kai neįvyksta gręžimo ciklas, reikalinga išimti ruošinį iš įrenginio rankiniu būdu.	Ruošinys turi būti išimtas ir perdėtas į kitą poziciją, kad ciklas būtų atliktas iš naujo.	Pagal įrenginio saugos reikalavimus, įvykus sustojimui, ruošinys turi būti pašalintas iš darbo zonos.				
--	---	--	---	--	--	--	--

### 3 Priedas. 5-i "Kodėl" analizė mechaniniams pažeidimams

Priežasties aprašymas	5-i "Kodėl"			4-Kodėl?	5-Kodėl?	Sprendimas	Prioritetas 1-5
	1-Kodėl?	2-Kodėl?	3-Kodėl?				
Pažeidimai atsiranda automatinio ruošinių transportavimo metu (ritininiai transporteriai su įmontuotais motoreduktoriais).	Padėklai trenkiasi vieni į kitus prieš sustodami.	Padėklas turi būti nustumamas dideliu greičiu, kad būtų nutransportuojama didesnę kelio atkarpą.	Dėl per reto motoreduktorių išdėstymo.			Sumontuoti papildomus motoreduktorius, kad rietuvės būtų transportuojamos lėtesniu greičiu.	4
Žmogaus valdomu automatinio traversiniu vežimu, transportuojant ruošinius, šie nubyra. Kai kuriais atvejais išvirsta visa rietuvė.	Dalis padėklo užkliūna už kolonos arba kitu vežimu transportuojamos rietuvės.	Darbuotojas nespėja sustoti prieš kliūtį arba jos nemato.	Vežimas juda per greitai, o rietuvės aukštis riboja matomumą priekyje.			Sumažinti vežimo greitį 30%. Sumontuoti vaizdo kamerą ir monitorių, kad būtų galima matyti vaizdą priekyje.	5
Rankinio detalių krovimo, esant neautomatizuotam apdirbimo procesui metu jos yra mechaniškai pažeidžiamos.	Dėl skubėjimo krauti ruošinius užduotu greičiu pagal įrenginio darbinį ciklą.	Įrenginys turi būti 100% apkraunamas.	Išsaugus produkto kainą.			Automatizuoti procesą.	3
Pakavimo proceso metu į pakuotę įdedamos defektuotos detalės.	Detalei nuo rietuvės į pakuotę įdėti skiriamos ~3,5 sekundės.	Pakavimo linija turi būti 100% apkraunama.	Įmonei dirbant 24/7 nesupakuota produkcija reiškia neparduotą produkciją.			Tobulinti prieš tai esančius procesus, kad pakavimo skyriuje neatsidurtų defektuotos detalės.	5