

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS IR STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA**

Simonas Baltrimaitis

**LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMAS STATISTINĖS
KONTROLĖS METODU**

Magistro baigiamasis darbas

Šiauliai, 2015

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS IR STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMAS STATISTINĖS
KONTROLĖ METODU**

Magistro baigiamasis darbas

Autorius – Simonas Baltrimaitis (MM-13 gr.)

Vadovas - doc. dr. D. Čikotienė

Recenzentas – doc. dr. A. Sabaliauskas

Katedros vedėja - doc. dr. L. Kelpšienė

Šiauliai, 2015

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS IR STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

Simonas Baltrimaitis. LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMAS STATISTINĖS
KONTROLĖS METODU. Magistranto baigiamasis darbas / vadovas doc. dr. Dalia Čikotienė.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe atliktas lakštinio plieno detalių tyrimas statistinės proceso kontrolės metodu. Tiriamos pagrindinės priežastys, procesai, lemiantys pasikartojančius defektų kiekius, analizuojama ar anksčiau įmonėje vyko statistinė proceso kontrolė, atliekami įvairūs matavimai, kurių metu analizuojami efektyviausi gamybos procesai lakštinio plieno detalei gaminti. Magistro baigiamąjį darbą sudaro trys dalys. Pirmoje baigiamojo darbo dalyje, remiantis Lietuvos ir užsienio autoriais, teoriniu aspektu atskleistas statistinės proceso kontrolės metodas, išnagrinėti pagrindiniai metodo principai, statistinių duomenų pateikimo būdai, bei apžvelgtas kokybės kontrolės sistemos įgyvendinimas. Taip pat, teoriniu aspektu išanalizuota kokybės samprata, bei atskleisti visuotinės kokybės vadybos svarbiausi aspektai. Empirinėje darbo dalyje, naudojant įvairius statistinius metodus atlikti įvairūs matavimai, leidžiantys atlikti statistinę proceso kontrolę, išskirti problemiškesnius procesus, bei suteikiantys galimybę priimti sprendimus probleminių vietų pašalinimui. Taip pat, atskleista tinkamo žaliavos tiekėjo pasirinkimo svarba gaminio kokybei, atlikta lakštinio plieno detalės broko analizė. Trečioje, rekomendacijų dalyje suformuluotos ir pateiktos pagrindinės rekomendacijos įvertinus visus gautus matavimų bei skaičiavimų rezultatus.

Reikšminiai žodžiai: statistinė proceso kontrolė, lakštinio plieno detalė, produkcijos broko analizė.

ŠIAULIAI UNIVERSITY
FACULTY OF TECHNOLOGY AND NATURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF MECHANICAL AND CIVIL ENGINEERING

Simonas Baltrimaitis. ANALYSIS OF THE SHEET METAL PARTS USING STATISTICAL PROCESS CONTROL METHOD. Master final work / research advisor Assoc. Dr. Dalia Čikotienė.

SUMMARY

This Master's degree paper analysis sheet metal parts according to statistical control method. In this paper are analysed the main reasons, processes, which leads to the continuously defects quantities. In this paper are also analysed if in the company was statistical process control, were made different measures, during which was analysing more effective production processes for sheet metal parts production. Master's paper consists of three parts. In the first part, according to Lithuanian and foreign authors, revealed the theoretical aspect of statistical process control, an overview the main principles of method, statistical data presentation possibilities and techniques, and also revealed quality control system realization. More over, revealed the theoretical aspect of quality conception and an overview the main aspects of quality management. In the empirical part of the paper a variety of statistical methods were used to identify variety of measurements which can lead to the statistical process control, identify problematical processes and provide opportunity to accept the corrective and preventive actions to avoid defects. Also was revealed the necessity to choose highest quality incoming raw material supplier for the product quality, and were made sheet metal parts spoilage analysis. In the third part of the paper were made recommendations after all the measures and analysis are

Key words: statistical process control, sheet metal parts, products spoilage analysis.

TURINYS

ĮVADAS	9
1. STATISTINĖS PROCESO KONTROLĖS METODAS TEORINIŲ ASPEKTU	11
1.1. Produkcijos kokybė	11
1.1.1. Kokybės samprata	12
1.1.2. Visuotinė kokybės vadyba	13
1.2. Statistinė proceso kontrolė	14
1.2.1. Keturiolika Demingo kokybės vadybos principų.....	15
1.2.2. Efektyvi 6 sigma metodologija	18
1.2.3. Gamybos proceso patikrinimai	19
1.2.4. Kokybės kontrolės sistemos įgyvendinimas.....	21
2. LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMO STATISTINĖS KONTROLĖS METODOLOGIJA	23
2.1. Tiriamojo darbo metodika.....	23
2.2. Duomenų pateikimo būdai	24
3. LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMAS STATISTINĖS KONTROLĖS METODU	29
3.1. Tinkamų lakštinio plieno tiekėjų pasirinkimo svarba	29
3.2. Lakštinio plieno detalės aprašymas.....	31
3.3. Lakštinio plieno detalės broko analizė	32
3.4. Tiriamos detalės matavimo rezultatai	36
3.5. Lakštinio plieno detalės broko analizė pritaikius statistinę proceso kontrolę.....	45
REKOMENDACIJOS	49
IŠVADOS	51
LITERATŪRA	52
PRIEDAI	54
1 PRIEDAS. Tiriamosios detalės darbo brėžinys	55
2 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis 2014 m. laikotarpiu	56
3 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal procesus 2014 m.	57

4 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis 2015 m. laikotarpiu	58
5 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal procesus 2015 m.	58

PAVEIKSLAI

1.1 pav. Kokybės vadybos evoliucija	14
1.2 pav. Demingo ciklas	16
2.1 pav. Matavimų protokolas	24
2.2 pav. Kontrolės diagramos pavyzdys	25
2.3 pav. Histogramos pavyzdys	26
2.4 pav. Pareto diagramos pavyzdys	26
2.5 pav. Sklaidos diagramos pavyzdys	27
3.1 pav. Ruukki lakštinio plieno tolerancija	30
3.2 pav. Lazerių pjauto gaminio paviršių palyginimai	30
3.3 pav. Tiriamasis gaminys	32
3.4 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis 2014 m. laikotarpiu	33
3.5 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesą, 2014 m.	34
3.6 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesus 2014 m. laikotarpiu	35
3.7 pav. $\varnothing 4,5H10$ skylė po lazerio operacijos	36
3.8 pav. $\varnothing 12H11$ skylė po lazerio operacijos	37
3.9 pav. M6 skylė po lazerio operacijos	38
3.10 pav. M10 skylė po lazerio operacijos	39
3.11 pav. $\varnothing 4,5H10$ skylė po gręžimo ir plėtimo operacijos	40
3.12 pav. M6 skylė po gręžimo operacijos	41
3.13 pav. M10 skylė po gręžimo operacijos	42
3.14 pav. $90,6^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ po lenkimo operacijos su 40 griovelio	43
3.15 pav. Viršuje horizontalus ir apačioje vertikalus tiriamojo gaminio išdėliojimas lakštinio plieno lape	44
3.16 pav. $90,6^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ po lenkimo operacijos su 50 griovelio	45
3.17 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis 2015 m. laikotarpiu	46
3.18 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesą, 2015 m. sausio-balandžio mėn.	47
3.19 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesus 2015 m. sausio-balandžio mėn. laikotarpiu	48

LENTELĖS

1 lentelė. Lakštinio plieno detalės brokas pagal procesus, 2014 m.	34
2 lentelė. Lakštinio plieno detalės brokas pagal procesus, 2015 m.	47

IVADAS

Tyrimo aktualumas. Per pastaruosius 20 metų pasaulinė gamybos sistema dramatiškai ir negrįžtamai pasikeitė. Tapti ir išlikti konkurencingu gamintoju pasaulinėje gamybos sistemoje nėra lengva dėl nuolatos besikeičiančios ir modernėjančios verslo aplinkos. Maždaug iki 1970 metų daugelio šalių pramonės veikla buvo pelninga, gaminiai noriai perkami, gaminių poreikis buvo stabilus ir net kasmet didėjo. Sparčiai kuriant ir naudojant naujas technologijas, rinka užpildoma įvairiais produktais, o to pasekoje didėja konkurencija. Tuomet, siekiant pelnyti vartotojo nuolankumą pirmenybė teikiama ne produktų kiekiui, o jų kokybei. Norėdamos išlikti ir sėkmingai dirbti besikeičiančios konkurencinės rinkos sąlygomis, įmonės neišvengiamai susiduria su konkurencinio pranašumo didinimo poreikiu. Tuo tikslu yra kuriamos veiklos vystymo strategijos, įgalinančios įmones atremti naujus iššūkius ir grėsmes. Naujų technologijų diegimas, įmonės veiklos modernizavimas, nuolatinis įmonės procesų valdymo tobulinimas, produkcijos kokybės gerinimas, korekcinių ir prevencinių veiksmų ieškojimas yra sėkmingo verslo pagrindas. Įmonės siekiančios klestėti ir stiprėti nuolat besikeičiančioje, konkurencingoje verslo aplinkoje turi vadovautis kokybės vadybos filosofija, kurios pagrindinis tikslas yra kuo geriau patenkinti savo vartotojų poreikius, pradedant nuo produkcijos gamybos iki klientų aptarnavimo ir t.t. Sėkmės pagrindas yra įgyvendinta ir nuolat prižiūrima bei tobulinama kokybės vadybos sistema, kurios tikslas – gerinti įmonės veiklos rezultatyvumą ir efektyvumą įvertinant ir atsižvelgiant į visų suinteresuotų šalių poreikius.

Tyrimo naujumas. Šiame darbe nagrinėjama viena iš pačių svarbiausių kokybės vadybos sudėtinių dalių – statistinė procesų kontrolė. Statistinė proceso kontrolė – tai proceso kontrolės metodologija, leidžianti nustatyti specifines nukrypimų priežastis ir įspėjanti, kad reikalingi korekciniai ir prevenciniai veiksmai. Statistinė procesų kontrolė – ypač artima praktikai statistikos dalis. Ji plačiai paplitusi versle, o tai dar labiau didina jos aktualumą. Paprastai statistinė procesų kontrolė taikoma atvejams, kai procesai beveik identišškai kartojasi, tokie kaip kokių nors detalių gamyba.

Darbo objektas – lakštinio plieno detalės statistinė kontrolė.

Darbo tikslas – teoriniu aspektu atskleidus statistinės proceso kontrolės metodą atlikti lakštinio plieno detalių tyrimą statistinės kontrolės metodu. Pateikti rekomendacijas įmonei, siekiant užtikrinti įmonės efektyvumo didinimą, sąnaudų mažinimą.

Darbo uždaviniai:

1. Teoriniu aspektu atskleisti statistinės proceso kontrolės bei produkcijos kokybės sampratas, apžvelgti būdus, kaip gamybos procesas gali būti patikrinamas, bei aptarti galimus rezultatų pateikimo būdus.
2. Įvertinti tinkamų lakštinio plieno tiekėjų ieškojimo svarbą.
3. Įvertinti tiriamąją detalę bei jai naudojamus matavimo prietaisus.
4. Atlikti lakštinės plieno detalės broko analizę, siekiant nustatyti esminius procesus lemiančius broko kiekį.
5. Išanalizuoti lakštinio plieno detalės matavimų rezultatus.

Darbo metodai: mokslinės literatūros analizė, statistinių duomenų grupavimas, sisteminimas, palyginimas ir analizavimas, gautų rezultatų grafinis atvaizdavimas, gautų matavimų rezultatų vertinimas.

Darbo struktūra. Magistro baigiamąjį darbą sudaro trys dalys: teorinė, empirinė bei rekomendacijos. Teorinėje darbo dalyje atskleista statistinės proceso kontrolės esmė bei jos metodologiniai principai ir svarba, kokybės samprata, išnagrinėta visuotinė kokybės vadybos sistema, atsikleisti būdai, kaip kokybės kontrolės sistema gali būti įgyvendinta. Empirinėje, t.y. praktinėje darbo dalyje atskleista tinkamo tiekėjo pasirinkimo svarba, pateiktas tiriamosios detalės aprašymas, atlikta tiriamosios detalės broko analizė, atlikti tiriamosios detalės matavimai, bei pateikti gautų matavimų rezultatai bei atlikta jų analizė, atlikta tiriamosios detalės broko analizė pritaikius statistinę proceso kontrolę. Trečioje darbo dalyje, įvertinus praktinės dalies rezultatus, pateiktos rekomendacijos įmonei, padėsiančios užtikrinti efektyvesnę įmonės veiklą, mažesnes sąnaudas, bei nuolatinį statistinės proceso kontrolės vykdymą.

1. STATISTINĖS PROCESO KONTROLĖS METODAS TEORINIU ASPEKTU

1.1. Produkcijos kokybė

Vienas iš svarbiausių veiksnių, padedančių didinti prekių, paslaugų konkurencingumą, yra kokybė, jos stabilumas. Verslo klientus domina kiekvienos įmonės sugebėjimas tvarkytis ir organizuoti savo veiklą, siekiant rinkai pateikti keliamus reikalavimus atitinkantį produktą. Todėl, renkantis tiekėją ar verslo partnerį, vertinamas ne tik tiekiamas produktas, bet ir tiekėjo patikimumas kokybės srityje, kuris labai priklauso nuo taikomų kokybės vadybos metodų bei aplinkosaugos vadybos sistemų.

Norint užtikrinti tinkamą prekių bei paslaugų kokybę, įmonėse diegiami standartai, reglamentuojantys kokybės vadybą ir kokybės užtikrinimą. Tarptautinės standartizacijos organizacijos išleista serija normų, reglamentuojančių kokybės sistemų įvairiose veiklos srityse įgyvendinimo reikalavimus, vadinama ISO 9000. Su ISO 9000 standartais tiesiogiai susijęs kokybės sistemų sertifikavimas. Remiantis D. Serafinu (2011) galima daryti išvadą, kad vadybos sistemos sertifikavimas – tai nepriklausomų ekspertų organizacijos (sertifikavimo įstaigos) patvirtinimas, kad įmonėje įdiegta vadybos sistema atitinka jai keliamus reikalavimus. Tačiau reikia akcentuoti, kad ISO 9000 standartų taikymas ir įmonės kokybės sistemos sertifikavimas nėra tapatūs dalykai. Vadybos sistemų standartai nereikalauja sertifikuoti įmonėje įdiegtos sistemos, todėl pati įmonė apsisprendžia, ar verta naudotis sertifikavimo įstaigos, galinčios patvirtinti vadybos sistemos atitikimą standartų reikalavimams, paslaugomis. Labai dažnai kokybės sertifikatas tampa vienu iš pagrindiniu privalumu ar net būtina sąlyga, tiekiant produktus į ES ar kitas Vakarų šalis. Šių standartų dėka įmonė gali užtikrinti nuolatinę produktų kokybę bei įrodyti savo galimybes tai padaryti. Lietuvos standartizacijos departamentas kaupia informaciją apie tas įmones, kurios turi sertifikuotas kokybės sistemas, atitinkančias ISO 9000 serijos standartų reikalavimus.

ISO 9001:2000 standartas nustato reikalavimus kokybės vadybos sistemoms, įskaitant reikalavimus dokumentacijai, planavimui, išteklių valdymui, produkto realizavimo procesams, matavimo, analizės ir gerinimo procesams [21]. Daliai procesų reikalaujamos rašytinės procedūros. Reikalavimų pobūdis labai bendras, neorientuotas į jokią konkrečią veiklos sritį, tad gali būti pritaikytas praktiškai visų įmanomų rūšių įmonėse. Savaimė standarto keliami reikalavimai neužtikrina nei geros kokybės, nei veiklos efektyvumo, tačiau jie užtikrina, kad įmonė turi galimybę valdyti ir gerinti savo teikiamų produktų ir paslaugų kokybę.

Kadangi ISO 9000 standartas yra pripažįstamas beveik visame pasaulyje, įmonės, norinčios eksportuoti savo produkciją į užsienį, būna labai suinteresuotos jo diegimu, nes tai neretai tampa vieninteliu produkcijos (ar paslaugų) kokybės įrodymu.

Kiekvienoje įmonėje veikia vienokia ar kitokia vadybos sistema, apimanti svarbiausius tvarkomos srities (kokybės, aplinkos apsaugos ir kt.) aspektus. Kokybės vadybos sistemos įdiegimas priskiriamas strateginiams organizacijos sprendimams [1]. Tokios sistemos padeda patenkinti verslo partnerių reikalavimus ir pasiekti norimų rezultatų, mažina problemų atsiradimo riziką. Tokiu būdu įmonės siekia įrodyti savo sugebėjimą nuolat tiekti produktą ar paslaugą atitinkantį vartotojo ir atitinkamų reglamentuojančių teisės aktų reikalavimus. Rezultatyviai taikydama šią sistemą, įskaitant jos nuolatinį gerinimą bei vartotojo ir atitinkamų reglamentuojančių teisės aktų reikalavimų atitikties užtikrinimą, siekia, kad vartotojas būtų kuo daugiau patenkintas. Kokybei užtikrinti skiriamos dvi reikalavimų grupės [6]. Viena grupė apibrėžia reikalavimus produktui ar paslaugai. Kitą grupę sudaro darbo veiklos reikalavimai, kuriais įmonė turi vadovautis, norėdama užtikrinti, kad tiekiamas produktas ar paslauga atitiktų suinteresuotųjų šalių reikalavimus. Darbiniai reikalavimai sudaro kokybės vadybos sistemą ir tampa kokybės sistemos reikalavimais. Vienas iš įmonės gerovės užtikrinimo veiksnių – nuolatinis sugebėjimas tenkinti vartotojų poreikius, gaminant kokybiškus produktus ar teikiant geras paslaugas. Įdiegta vadybos sistema padeda tobulinti įmonės veiklą kokybės gerinimo srityje. Kad kokybė būtų aukšta, įmonė turi valdyti, kontroliuoti gamybos procesus. Kiekvienas gamybos procesas turi vykti pagal suderintus darbo metodus.

1.1.1. Kokybės samprata

Specialistai kokybę vertinama pagal tai, kaip užbaigtas gaminys atitinka brėžinius ir techninius reikalavimus. Vokiečių kokybės sąjunga pateikia tokį kokybės apibrėžimą: „Kokybė yra visuma gaminio savybių ir požymių arba procesų, kurie nusako jų tinkamumo laipsnį naudoti gaminį pagal paskirtį“ [14]. Neturi būti skirtumo tarp projektuojamo ir pagaminto gaminio. Tai ir yra pagrindinis kokybės užtikrinimo uždavinys.

Tarptautinio standarto ISO 9000 apibrėžimas: produkcijos kokybė - visuma produkcijos savybių, nusakančių jos gebėjimą patenkinti nustatytus poreikius.

Hėgelis teigė: „Kokybė – sąvoka, susijusi su buitimi, nes kažkas tampa niekuo, kai praranda savo kokybę.“

Iš kinų kalbos hieroglifas, reiškiantis kokybę, susideda iš dviejų elementų: pusiausvyra ir pinigai.

Šuchartas teigė: „Kokybė turi du aspektus: objektyvios fizinės charakteristikos bei subjektyvus vertinimas – kiek daiktas geras.“

Japonų teoretikas, profesorius K. Ishikawa teigė: „Kokybė – savybė, realiai patenkinanti vartotojų poreikius.“

Nulinio defekto iniciatorius aviacijos įmonėje „Martin U.S.A.“ Philip B. Crosby teigė: „Klaidinga manyti, kad kokybė yra neapčiuopiama ir todėl neišmatuojama. Faktiškai kokybė tiksliai išmatuojama seniausia ir patikimiausia matavimo priemone – grynaisiais pinigais“.

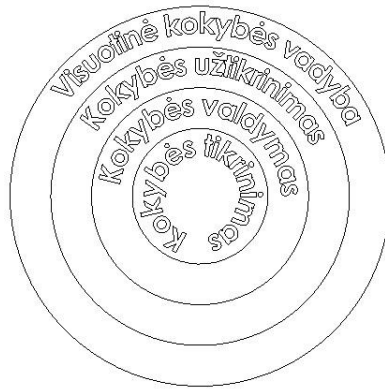
Įmonės išsilaikys sunkioje konkurencijoje ir klestės tik tuomet, kai supras jog ateitis priklauso toms įmonėms ir organizacijoms, kurios sugebės mažiausia kaina patenkinti išrankiausių klientų esamus ir numatomus geros prekių arba paslaugų kokybės poreikius [26]. Kiekviena įmonė turi savo komercinių paslapčių, todėl labai sunku nuspėti kokius verslo tobulinimo metodus pasirenka jų konkurentai, todėl siekdami verslo tobulumo, iki minimumo sumažina blogos kokybės sąnaudas. Norint užtikrinti, jog vartotojas bus patenkintas gaminiu, įmonė turi užtikrinti, kad gaminys atitiks specifikacijos reikalavimus, bus sumažinta klaidų ir neatitikimų galimybė, vartotojas gaus gaminį laiku, bus užtikrintas tinkamas garantinis ir po garantinis aptarnavimas.

Žymus žmonės kaip: dr. J. Jurano, dr. E. Demingo, dr. Feigenbaumo ir kt. sukūrė produkcijos kokybės valdymo ideologiją. J. Jurano teigė, kad tik 15% produkcijos kokybės trūkumų priklauso pačiai gamybai, o 85% kokybės trūkumų priklauso nuo administracijos darbo organizavimo. Šiuolaikinės įmonės plačiai naudoja 14 Demingo kokybės valdymo principų.

1.1.2. Visuotinė kokybės vadyba

Visuotinė kokybės vadyba - tai mokslas tyrinėjantis universalius metodus, užtikrinančius organizacijos išlikimą rinkoje, tenkinant bei viršijant esamus bei numanomus vartotojų poreikius. Anot A. Čereškos ir V. Paužos (2005) šis mokslas grindžiamas pastovaus tobulėjimo filosofija, kuri gali būti taikoma ne tik firmų ar įmonių darbo kultūros bei gaminių kokybės užtikrinimui, bet ir kitose gyvenimo srityse.

Koncentruotai kokybės vadybos evoliucija pavaizduota 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Kokybės vadybos evoliucija.

Šaltinis: Dikavičius, V., Stoškus, S. (2003) *Visuotinės kokybės vadyba*. Kaunas.

Remiantis V. Dikavičiumi, bei S. Stoškumi (2003) galima teigti, kad pradinis etapas kokybės palaikymo srityje buvo kokybės tikrinimas. Buvo tikrinamas jau pagamintas produktas ir neatitinkantys produkto standartui buvo atmetami. Taip pat buvo naudojamas pagamintų gaminių rūšiavimas pagal kokybės laipsnį. Antroji kokybės palaikymo sistema - kokybės valdymas buvo pranašesnė už kokybės tikrinimą tuo, kad buvo pradėta naudoti dokumentų valdymą, statistiką, kokybės planavimą, gaminio išbandymą, proceso veiksmą atspindinčius duomenis, savo paties atlikto darbo tikrinimą, kokybės vadovo kūrimą. Trečiajai kokybės vadybos evoliucijos pakopai būdingi tokie bruožai: statistinė procesų kontrolė, nesėkmių ir jų pasekmių modelio analizė, negamybinių operacijų įtraukimas, kokybės sąnaudų įtraukimas, modernūs kokybės vadovai, pažangus kokybės planavimas, sistemos auditai, trečiosios šalies pritarimas. Ketvirtoji, pati moderniausia pakopa: darbuotojų įtraukimą, grupinį darbą, visas operacijas, tiekėjus ir vartotojus, nenutraukiamą kokybės tobulinimą.

1.2. Statistinė proceso kontrolė

Statistinė proceso kontrolė – tai proceso kontrolės metodologija, leidžianti nustatyti specifines nukrypimų priežastis ir įspėjanti, kad reikalingi korekciniai veiksmai. Vienas iš svarbiausių darbo etapų – problemų identifikavimas [24]. Statistinė proceso kontrolė padeda apibrėžti ribas ir nustatyti atsiradusias problemas visos gamybos eigoje. Nustačius problemą, sudaroma galimybė sumažinti gamybos nuostolius ir maksimaliai sumažinti defektų skaičių. Norint išgauti maksimalią naudą, vadovai privalo suprasti, kad teisingas visos veiklos ir atskirų procesų organizavimas, t.y. gamybos išteklių mažinimas bei jų pastovumas, defektų valdymas – viena iš pagrindinių įmonės užduočių [4]. Kokybės vadyba turi apimti visas įmonės veiklos sritis, t.y. pradedant nuo užsakymo priėmimo, užbaigiant produkcijos supakavimu. Norint pagerinti gamybos kokybę, šio tikslo turi siekti kiekvienas darbuotojas.

Statistinė proceso kontrolė suteikia galimybę stebėti, bei valdyti gaminamos produkcijos kokybę.

Statistinė procesų kontrolė yra plačiai taikoma industrijoje. Viena svarbiausių statistinės procesų kontrolės dalių yra kontrolės schema [30]. Šioje schemoje gali būti nurodytas produkto kelias nuo gamybos pradžios iki pabaigos. Vadovaujantis kontrolės schema, galima numatyti, kur gamybos sąnaudos yra didžiausios ir kur – mažiausios, kur galima optimizuoti sąnaudas ir kur vertėtų išlaidas didinti.

Istoriškai statistinė procesų kontrolė prasidėjo nuo Walter Shewhart trečiajame 20 amžiaus dešimtmetyje, o vėliau buvo plėtojama W. Edwards Deming. Jis sėkmingai taikė statistinę procesų kontrolę Antrojo pasaulinio karo metais JAV ir pokario Japonijoje.

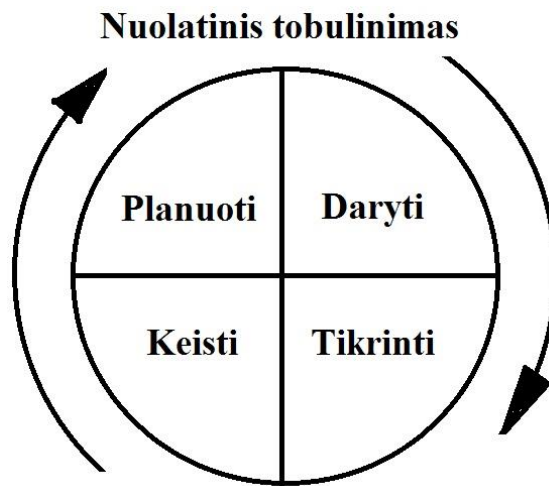
W. Edwards Deming yra laikomas vienas iš labiausiai nusipelnusių statistikos mokslui mokslininkų. Jis gimė 1900 Sioux City, Iowa, JAV, ūkininkų šeimoje. Savo doktoratą gavo Yale University iš fizikos ir matematikos. Jis karjeroje sėkmingai derino praktinę ir teorinę veiklą. Jis dirbo JAV Žemės ūkio departamente, JAV Cenzo biure, pokario Japonijoje bei kitur.

Ypač pažymėtina Deming veikla Japonijoje. Ten jis nuvyko 1947 metais. Oficiali priežastis – pasiruošimas 1951 metų cenzui. Tačiau bene svarbiausia veikla buvo Deming paskaitos Japonijos inžinieriams, vadybininkams ir mokslininkams. Pritaikę Deming idėjas praktikoje, japonai pasiekė, kad jų gaminiai taptų ypač aukštos kokybės. Už nuopelnus Japonijai Deming gavo apdovanojimą iš Japonijos premjero rankų.

Iš statistikos mokslinės pusės, Deming yra laikomas Walter Shewhart idėjų tęsėju. Pagrindinė tema – statistinė procesų kontrolė. Deming daugiau domėjosi praktine puse, bei šios kontrolės pritaikymu industriniams procesams. Deming praplėtė šią teoriją nuo taikymų produkcijos procesų kontrolei prie pačios vadybos procesų kontrolės.

1.2.1. Keturiolika Demingo kokybės vadybos principų

Procesinis valdymas yra paremtas Edwards William Deming nuodugnaus žinojimo sistema (System of Profound Knowledge) bei klasikiniu tapusiu Demingo ciklu (PDCA, Plan-Do-Check-Act - Planuoti-Daryti-Tikrinti-Keisti) [17]. Šiais metodais ir idėjomis yra paremtos visos šiuolaikinės procesų valdymo metodologijos kaip: ITIL, Six Sigma, Balanced Scorecard, TQM, CobIT, ISO-9000.



1.2 pav. Demingo ciklas

Keturiolika Demingo principų - tai svarbiausi dalykai, kuriuos turi vykdyti įmonė, norėdama padidinti savo veiklos efektyvumą, sumažinti kaštus, padidinti pelną. W. E. Demingas pateikė šiuo keturiolika vadybos principų verslui ar organizacijai [29]:

1. Tikslo pastovumas. Citata: „Nustatykite tikslą ir tvirtai jo siekite, nuolatos gerindami prekių ir paslaugų kokybę bei, paskirstant resursus, orientuokitės į ilgalaikę perspektyvą ir poreikius, o ne į pelningumą „čia ir dabar“ - taip išsaugosite įmonę bei aprūpinsite žmones darbu.“ [22]. Orientacija į ilgalaikį, tegul ir beveik nepasiekiamą tikslą apsaugo nuo laikinų sprendimų. Vienas iš blogų pavyzdžių: įmonė vystytis gali tik tuo atveju, jei kuriami nauji produktai, tačiau trumpalaikis pelno siekimas gali įmonės vadovus paskatinti atsisakyti naujų produktų kūrimo - įmonės pelningumas tada trumpam pagerėja, tačiau ilginau įmonė žlunga.

2. Nauja filosofija. Citata: „Įsisavinkite naują filosofiją. Dabar nauja ekonominė era, kuriai pradžia davė Japonija. Nebegalima taikstyti su anksčiau atrodžiusiais normaliais vėlavimų, klaidų, medžiagų defektų, darbo broko lygiais. Būtina keisti vakarietišką valdymo stilių, nes tai vienintelis kelias ekonomikos smukimui sustabdyti.“ Gamyba ir paslaugos tampa vis sudėtingesniais, todėl operatyvus gedimų taisymas - jau nėra priimtina išeitis, ypač - šiuolaikinėje, itin konkurencingoje rinkoje. Vienintelis būdas laimėti - tai vykdyti ilgalaikį kokybės gerinimą.

3. Būtina atsisakyti priklausomybės nuo masinės gamybos rezultatų kontrolės bei inspekcijų. Priklausyti nuo inspektavimo yra tas pats kaip gydyti simptomą, kai liga tave žudo. Inspekcijos poreikis kyla dėl didelės proceso rezultatų variacijos, dalis produktų ar paslaugų neatitinka kokybės, o dalis - turi perteklinę. Kontrolės atsisakymas reiškia, kad būtina suprasti procesus taip gerai, kad būtų įmanoma nusakyti rezultatų kokybę sprendžiant vien pagal įeigas ir pirmines operacijas [16]. Tam pasiekti būtina pilnai suvokti nuokrypių nuo kokybės šaltinius procesuose bei imtis priemonių tiems nuokrypiams mažinti.

4. Perkant nesivadovauti vien kaina. Siekiant sumažinti variaciją, nuokrypius nuo reikalingos kokybės, būtina pakeisti pirkimo įpročius. Vykdamas pirkimus svarbu ne tik kaina – kartu reikalingas ir perkamų žaliavų bei įrenginių atitikimo kokybės reikalavimams. Pavyzdys: nusipirkę pigų įrenginį, sutaupome kelis tūkstančius litų šiandien, tačiau per 5 jo naudojimo metus dėl gedimų galime patirti dešimtis ar net šimtus tūkstančių litų nuostolio, todėl geriau pasirinkti kokybišką, tegul ir brangesnį įrenginį.

5. Nuolatinis kiekvieno proceso tobulinimas. Būtina nuolatos tobulinti gamybos ir paslaugų teikimo sistemas, ieškoti problemų priežasčių ir siekti sumažinti nuokrypius nuo reikalaujamos kokybės [29]. Procesų tobulinimas turi vykti pagal PDCA „Plan-Do-Check-Act“ ciklą, į tai turi būti įtrauktas kiekvienas įmonės darbuotojas.

6. Vykdyti apmokymus. Vienas iš labiausiai paplitusių nuokrypių nuo norimos kokybės šaltinių yra nepakankama darbuotojų kvalifikacija, atsirandanti, keičiantis paslaugoms, priimant naujus darbuotojus į darbą ir pan. Nemažą įtaką kokybei daro ir darbo instrukcijų trūkumas. Jei nėra apmokymų arba apmokymai nekartojami, darbo tvarka užmirštama ir kokybė krenta.

7. Skatinti lyderystę. Demingas teigia, kad lyderis yra tas, kas supranta variacijos, nuokrypio nuo reikalingos kokybės, esmę bei padeda darbuotojams daryti jų darbus geriau ir su mažiau vargo. Lyderis palaiko įmonės tikslus, atkreipia dėmesį tiek į vidaus, tiek ir į išorės vartotojus bei skatina didžiavimąsi savo darbu.

8. Išgyvendinti baimę. Daugelis įmonių, bandžiusių diegti kokybės vadybos sistemas, kad ir ISO-9000 ar ITIL, susiduria su darbuotojų pasipriešinimu - dažniausiai tai kyla dėl baimės, kad pokyčiai gali atnešti kažką blogo. Neretai tokios darbuotojų baimės būna tiek gilios, kad pasipriešinimas tiesiog sužlugdo bandymus pagerinti įmonės veiklą. Bijodami pateikti tikslus duomenis apie problemas, žmonės nepateikia teisingų ataskaitų, nešneka apie tai, ką galima pagerinti, netgi nesuteikia duomenų apie paskirų darbų specifiką. Rezultatas - procesinio valdymo diegėjai nežino, kokių pertvarkymų imtis, kur yra silpniausios vietos.

9. Sunaikinti barjerus tarp skyrių. Atskiri tikslai ir užduotys skirtingiems skyriams tampa nuokrypių nuo kokybės ir vidinės konkurencijos, o ne kooperacijos priežastimi. Variacijos sumažinimas visoje organizacijoje reikalauja bendradarbiavimo ne tik skyrių ar departamentų viduje, bet ir už jų ribų. Pavyzdys: pardavėjai nori parduoti paslaugas pigiau, todėl daro skubotus projektus, numušdami kokybės reikalavimus, o gamybininkai nori padaryti kokybiškiau, todėl neįtelpa į terminus. Rezultatas: klientas gauna nekokybišką paslaugą ar prekę, kuri dar ir pavėluotai suteikiama.

10. Panaikinti šūkius, lozungus, tikslinius rodiklius darbuotojams. Plakatų ir lozungų naudojimas iškeliant užduotis ir nepasakant, kaip jas pasiekti, tik sukelia priešišką reakciją.

Žinoma, tai nereiškia, kad tikslai neturi būti keliami, o rodikliai - nereikalingi. Tai tiesiog reiškia, kad reikalinga realistišė vadyba, atsižvelgiant į tikrų žmonių poreikius ir galimybes, o ne remiantis formalia biurokratija.

11. Panaikinti planines darbuotojų gamybinės veiklos kvotas ir valdymą pagal tikslus. Gamybinės kvotos trukdo išmatuoti kokybę ir atsižvelgti į galimus jos nuokrypius, kas savo ruožtu lemia užsakymų vėlavimą, blogą darbuotojų nuotaiką, atsargų susikaupimą ir panašias problemas. Be to, kai darbuotojas pasiekia tam tikrą nustatytą normą, jis automatiškai sulėtina darbo tempą. Kai iš viršaus nuleidžiami tam tikri kiekybiniai tikslai, jų vykdymas tampa svarbesniu nei klientų norų tenkinimas. O kai užduotys viršija galimybes, jos dažniausiai vykdomos kokybės ir saugumo sąskaita. Vykdamas gamybą tiesiogiai pagal planą, beveik neįmanoma pasiekti balanso tarp kokybės ir kiekybės.

12. Panaikinti kliūtis, trukdančias darbuotojams bei vadovams dirbti savo darbu. Tokių kliūčių pavyzdžiais yra reikalavimas padaryti darbus netinkamomis priemonėmis, neaiškiai apibrėžtos patikrinimo procedūros, blogai veikiančios ar nepakankamos darbo priemonės, prastas vadovavimas. Neretai darbuotojai tiesiog negauna galimybės sužinoti, ar jie gerai atliko darbą, ar ne, todėl ilgainiui ima nekreipti į darbo kokybę jokio dėmesio.

13. Įgyvendinti aktyvią mokymosi ir tobulinimo skatinimo programą. Tam, kad būtų pasiektas pagerėjimas, mokymas ir tobulinimas nebūtinai turi būti tiesiogiai susiję su darbuotojo veikla [15]. Bet koks, netgi nesusijęs su darbuotojo veikla, švietimas padidina darbuotojo savigarbą, praplatina požiūrį į įmonės bei savo veiklą ir, atitinkamai - tikimybę, kad darbuotojas norės prisidėti prie įmonės gerinimo.

14. Visus įtraukti į transformavimo procesą. Pilnavertis įmonės optimizavimas įmanomas tik tuo atveju, kai jį palaiko ir stengiasi įgyvendinti visi be išimties darbuotojai - pradedant aukščiausiais vadovais ir baigiant žemiausiomis grandimis. Net valytojos darbas gali įtakoti įmonės rezultatus, jau nekalbant apie specialistų, todėl būtina, kad įmonės veiklą suprastų ir tobulintų visi darbuotojai.

1.2.2. Efektyvi 6 sigma metodologija

6 Sigma - tai statistiniais metodais paremta įmonės veiklos kokybės gerinimo metodologija. Metodologijos pavadinimas yra kilęs iš graikiškos Sigma raidės, matematinėje statistikoje reiškiančios nuokrypį. Šešios sigmos (six sigma) reiškia 3,4 defekto iš 1 000 000 gaminių - kitaip tariant, beveik idealų gamybinį procesą.

Six Sigma buvo sukurta XX a. 9-ojo dešimtmečio viduryje, „Motorola“ kompanijoje, siekiant išspręsti kokybės problemas. Metodologija išplito dešimtmečiu vėliau, daugiausia tarp gamybos įmonių, o po to, kai 1995 m. ji tapo oficialia „General Electric“ verslo

strategija, Six Sigma susilaukė tarptautinio pripažinimo ir tapo viena iš populiariausių gamybos valdymo metodologijų [11].

Iš daugumos kitų vadybos ir kokybės valdymo metodologijų Six Sigma išsiskiria apibendrintu, orientuotu į maksimaliai greitą ir efektyvų svarbiausių problemų sprendimą požiūriu, į šios veiklos organizavimą įtraukiant ne tik įmonės vadovybę, bet ir darbuotojus. Diegimo metu nustatomos silpniausios procesų vietos, apibrėžiami kontrolės mechanizmai, o paskui remiantis sukauptais duomenimis, gerinama įmonės veikla.

Valdant įmonės veiklą, Six Sigma remiasi cikline penkių fazių kokybės gerinimo metodika „DMAIC“ (angl. Define, Measure, Analyse, Improve, Control), labai panašia į naudojamas kitose metodologijose (pvz., Capability Maturity Model), tačiau akcentuojančia grįžtamąją ryšį (Control fazė) bei statistinius metodus:

- **Apibrėžti (Define):** Nustatomi silpniausi įmonės procesai, siektini rezultatai, bendra strategija ir t.t.
- **Matuoti (Measure):** Procesai tiksliai apibrėžiami, išskiriant matavimui tinkamus rodiklius, pradedama rinkti statistika.
- **Analizuoti (Analyse):** Gauti rezultatai analizuojami, ieškoma prastos darbo, produkcijos ar paslaugų kokybės priežasčių.
- **Patobulinti (Improve):** Procesas optimizuojamas, remiantis prieš tai gautais analizės duomenimis.
- **Valdyti (Control):** Procesas kontroliuojamas. Pastaroji fazė turi tapti nuolatine, o ją pasiekus, procesą galima kartoti nuo pirmosios fazės, gerinant kitus veiklos aspektus.

1.2.3. Gamybos proceso patikrinimai

Norint pradėti kontroliuoti sistemingai gamybos procesą, reikalinga programinė įranga, padedanti ir palengvinanti gamybos sekimą [28]. Norint gauti didžiausią efektą, būtina gerai išmanyti kontrolės organizavimo principus ir jos teikiamą naudą. Kontrolės programos parinkimas, sudėtingas kompleksinis uždavinys, apimantis ekonominius, matematinius ir organizacinius bei techninius aspektus. Visų rūšių kontrolė gali būti ištisinė arba atrankinė:

Ištisinė kontrolė apima visų gaminių tikrinimą. Ši kontrolė charakterizuojama, kai per tam tikrą gamybos laikotarpį pagaminama ir gerų, ir blogų gaminių. Atsiradus tikimybei pagaminti blogą gaminį, kuri lygi 1, tai gero gaminio pagaminimo tikimybė lygi $\omega = 1 - \omega$, kai ω defektinių gaminių pagaminimo tikimybė. Ištisinės kontrolės ypatybes nulemia šios metodikos:

- Metrologinė metodika, kai tikrinami gaminiai klasifikuojami į gerus ir blogus. Šie parametrai tikrinami įvairia specialia aparatūra, kuriai paprastai būdingo tam

tikros matavimo paklaidos – matavimo rezultato nukrypimas nuo tikrosios reikšmės [10]. Kiekvieno gaminio kokybę charakterizuoja dešimtys ir kartais netgi šimtai įvairiausių parametru.

- Parametru parinkimo metodika, kai kiekvienas gaminy – daugiaparametris, todėl sudarant kontrolės metodikas visada susiduriama su problema, kuriuos parametrus tikrinti. Kontroliuojant daugiaparametrį objektą, net jeigu ir nėra metrologinės paklaidos, yra tam tikra tikimybė suklysti.
- Parametru normavimo metodika, kai gaminių aprašantys parametrai turi savo normatyvines reikšmes. Vadovaujamosi stačiakampio taisykle (keičiantis vienam parametru, tiesiogiai proporcingai keičiasi kitas).
- Galimas žmogaus veiksnys. Priklauso nuo darbuotojo darbo krūvio, tikrinimo sąlygu, tikrinimo įrangos ir begalė kitų veiksmių.

Ištisinė kontrolė turi šalutinių veiksmių kaip: kartais gamyboje kontrolė ekonomiškai netikslinga arba techniškai negalima. Be to, ištisinė kontrolė negarantuoja nulinio defektingumo lygio [23].

Atrankinė kontrolė vadinama tokia kontrole, kuri tikrina ir priima sprendimą tik pagal tam tikrą gaminių partijos dalį. Matematinės statistikos ir tikimybių teorijos metodai parodė, kad neretai gaminių kokybės lygiui valdyti pakanka nagrinėti tik tam tikrą jų dalį, vadinamąją imtį. Jos esmė tokia:

- Iš N dydžio partijos, laikantis atsitiktinumo principo, atrenkama n dydžio imtis;
- Visi imties gaminiai patikrinami ir nustatomas defektinių gaminių skaičius;
- Defektinių gaminių skaičius palyginamas su normatyviniu ir priimamas sprendimas apie dydžio partijos kokybę. Jeigu defektinių gaminių skaičius imtyje neviršija normatyvinio, tai visa dydžio partija pripažįstama gera ir atiduodama vartotojui. Jeigu viršija, visa dydžio partija pripažįstama bloga ir grąžinama gamintojui pertikrinti.

Pagrindinė klasifikavimo problema – parinkti tinkamus pagrindinius kontrolės plano parametrus t.y. imties tūrį ir defektinių gaminių skaičių imtyje [9]. Atrankinės kontrolės rezultatai remiasi tam tikros partijos dalies n imties gaminių patikrinimu. Didžiausia problema jog yra tikimybė nepagrįstai priimti blogą partiją.

Technologiniai gamybos procesai yra netobuli, todėl visuomet atsiranda defektinių gaminių. Kaip teigia A. Čereška ir V. Pauža (2005) patariama patikrintos gaminių partijas išskirstyti į tris atskiras zonas:

- Normalaus technologijos proceso zona, kurioje komplektuojamos detalės, medžiagos, technologiniai įrenginiai, įrankiai, darbininkų kvalifikacija atitinka numatytus reikalavimus;
- Dėl nežinomų priežasčių nežymiai išsiderinęs technologijos procesas. Atsitiktinis defektinių gaminių skaičius partijose sumažėja savaime, be gamintojų įsikišimo;
- Nuolatos išsiderinęs technologijos procesas. Toks procesas gali būti pataisytas, tik pasitelkus tam tikras technines, organizacines ir kitas priemones.

Gamintojo tikslas – klaidų ir defektų bei kitų kokybės pažeidimų prevencija. Apžiūra ir patikrinimai priskiriami prie pasyviosios kontrolės metodų, kurių pagrindinė paskirtis – rūšiuoti gaminius į blogus ir gerus. Tikrinant gaminį, nustatoma, kad kiekviena tikrinama pozicija, pranešimas, skaičius ar paslaugos elementas gali panaikinti ar sumažinti paklaidas arba gamybos defektus, kuriuos gali pastebėti pirkėjas [25]. Apžiūros ir patikrinimai gali būti naudojami tik gamybos procesui keisti, o ne gaminio kokybei tikrinti.

Kokybės kontrolės sistemos dalį sudaro pradinių duomenų, darbo rezultato ir paties proceso matavimai. Anot A. Bargelio (2002) matavimo metodai įvairūs – nuo paprasčiausio gamybos proceso ar gaminių savybių tikrinimo iki sudėtingesnių metodų, sukeliančių pokyčius nepertraukiamoje duomenų skalėje, pavyzdžiui, gaminio masės, ilgio, skersmens, koncentracijos, laiko. Matavimai atliekami tik tada, jeigu jie gali pagerinti proceso rezultatus ar pradinius duomenis. Be matavimų neįmanoma produkcijos gamyba ir jos kokybės valdymas. Matavimų kokybė yra savybių visuma, sudaranti sąlygas gauti reikiamo tikslumo matavimo rezultatus reikiama forma ir nustatytu laiku. Tarp matavimų kokybės ir gaminių kokybės yra tiesioginis ryšys. Remiantis A. Čerešką ir V. Paužą (2005) matavimų kokybė charakterizuojama tokiais rodikliais:

- Tikslumu;
- Rezultatų teisingumu;
- Rezultatų patikimumu.

1.2.4. Kokybės kontrolės sistemos įgyvendinimas

Statistinės proceso kontrolės modulio pagalba stebimi gamybos procesai bei archyvuojama visa informacija apie gamybą dokumentuose. Norint susisteminti duomenų archyvavimą ir išvengti pasikartojančių klaidų, reikia įsivesti duomenų pildymo taisykles.

Norint įrodyti reikalavimų atitiktį ir kokybės vadybos sistemos rezultatyvų veikimą, turi būti prižiūrimi įrašai. Kaip teigia A. Dienys (2005) įrašai turi likti įskaitomi, lengvai atpažįstami ir greitai surandami. Turi būti parengta dokumentais įforminta įrašų

identifikavimo, kaupimo, apsaugos, radimo, saugojimo laiko ir sunaikinimo valdymo procedūra.

Pagrindinius kokybės sistemos duomenų įrašus pasak A. Čereškos bei V. Paužos (2005) sudaro: kokybės vadovas, kokybės planas, tvarka, kokybės registrai bei kiti:

- Kokybės vadovas - jame pateikiama kokybės kontrolės sistemos aprašymas, kuriame turi būti išdėstyta:
 1. Kokybės politika;
 2. Kokybės tikslai;
 3. Organizacijos struktūra kartu su kiekvieno atsakomybe;
 4. Kokybės sistemos aprašymas su visais elementais;
 5. Organizacijos kokybės įgyvendinimo praktika;
 6. Kokybės sistemos dokumentacijos struktūra ir jos platinimas.
- Kokybės planas - šiame dokumente turi būti aprašyta konkreti kokybės kontrolės įgyvendinimo praktika, ištekliai ir veiksmų eilė;
- Tvarka - apibrėžia, kaip ta veikla turi būti vykdoma, kontroliuojama ir registruojama. Tvarkos turi būti suderintos, žinomos personalui ir suprantamos visiems, kurie tiesiogiai priklauso su jų įgyvendinimu;
- Kokybės registrai - juose atsispindi informacija: apie kokybės tikslų įgyvendinimo laipsnį, apie užsakovo patenkinimo ir nusivylimo kokybe lygį, apie kokybės sistemos rezultatus analizei parengti bei kokybei pagerinti, apie analizę, nustatant kokybės kryptis, apie konkrečius veiksnius bei jų efektyvumą, apie atitinkamus subrangovų pasiekimus, apie personalo įgūdžius ir mokymą, apie konkurencinių lyginimų.

Siekiant patikrinti kokybės kontrolės sistemos įgyvendinimą bei efektyvumą, turi būti atliekami periodiškai vidaus kokybės auditai. Kaip teigia A. Čereška ir V. Pauža (2005) Vidaus kokybės auditai turi būti planuojami, atliekami bei užfiksuojami dokumentuose remiantis dokumentinio informavimo tvarka. Audito išvados turi būti užfiksuotos dokumentuose ir pateiktos vadovybei priimti svarbiems sprendimams. Atitikties, patikrinimų, testavimo ar specifiniai sertifikatai, sisteminami gaminių patikrinimų rezultatai, ataskaitos mažina klaidų bei defektų atsiradimo tikimybę.

2. LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMO STATISTINĖS KONTROLĖS METODOLOGIJA

Siekiant ištirti lakštinio plieno detalės statistinės proceso kontrolės metodo taikymą įmonėje atliekamas lakštinio plieno detalės tyrimas statistinės kontrolės būdu, nustatomos problematiškiausi procesai taikant broko kiekių analizę, atliekami įvairūs matavimai leidžiantys atlikti statistinę proceso kontrolę. Norint atlikti lakštinio plieno detalių statistinę proceso kontrolę vertinimui pasirinkti 2014-ieji metai, bei 2015 metų sausio-balandžio mėn. laikotarpis. Per šį pasirinktą laikotarpį atsispindi proceso kontrolės efektyvumas, kritinės proceso vietos, kiaurymių tolerancijų taikymo galimybės.

Atliekamą lakštinio plieno detalės tyrimą statistinės kontrolės būdu galima išskaidyti į kelis etapus:

- ✓ Tinkamo žaliavos tiekėjo parinkimo svarbos vertinimas.
- ✓ Tiriamos detalės vertinimas bei matavimo prietaisų parinkimas.
- ✓ Tiriamosios detalės broko analizės atlikimas, bei gautų rezultatų analizė bei vertinimas.
- ✓ Tiriamosios detalės matavimų rezultatų analizė bei vertinimas.

2.1 Tiriamojo darbo metodika

Remiantis J. Evans ir W. Lindsay (1995) siekiant įmonės aukštų kokybinių ir gamybinių rezultatų svarbu nuolatos skaičiuoti **broko procentą** ir užtikrinti korekcinis ir prevencinius veiksmus jo sumažinimui. Atliekant tiriamosios detalės analizę buvo skaičiuojamas broko procentas. Broko procentas apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktą formulę:

$$\text{Broko procentas} = \frac{\text{Dedamoji dalis} \times 100\%}{\text{Bendras kiekis}} \quad (1.1)$$

Siekiant įvertinti vidutinį broko kiekį atskiruose gamybos procesuose buvo vertinamas vidutinis broko kiekio lygis. V. Čekanavičius ir G. Murauskas (2003) nurodo, kad **vidutinis lygis** skaičiuojamas naudojant paprastojo aritmetinio vidurkio formulę:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (1.2)$$

Kiekviena tiriamojo gaminio partija yra tikrinama. Tikrinamų detalių bei jų matavimų skaičius pasirenkamas priklausomai nuo praėjusios partijos rezultatų. Esant mažesniai broko kiekiui, matavimų skaičius sumažinamas, taip nukreipiama matavimų kontrolė svarbesniems

ir daugiau dėmesio reikalaujantiems gaminiams. Kokybės kontrolierius prieš pradėdamas matavimo operaciją, užpildo matavimų protokolą (žr 2.1 pav.), įveda užsakymo numerį, brėžinio numerį, gaminio pavadinimą, partijos dydį ir pasirinktą tikrinamų detalių skaičių. Matavimų skaičių lentelę pakoreguoja pagal gaminio specifiką ir reikalaujamų matavimų atlikimą.

UAB "X"

MATAVIMŲ PROTOKOLAS Nr. X/2014

Užsakymo Nr.		Partijos dydis												
Brėžinio Nr.		Tikrintų mazgų (detalių) skaičius												
Gaminio pavadinimas														
Poz Nr.	Matmenys pagal brėžinį	Tolerancija	Matavimo metu gauti matmenys											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

Naudojami matavimo įrankiai: _____

Kontrolę atliko : kokybės kontrolierius _____

Data: _____

Parašas: _____

2.1 pav. Matavimų protokolas

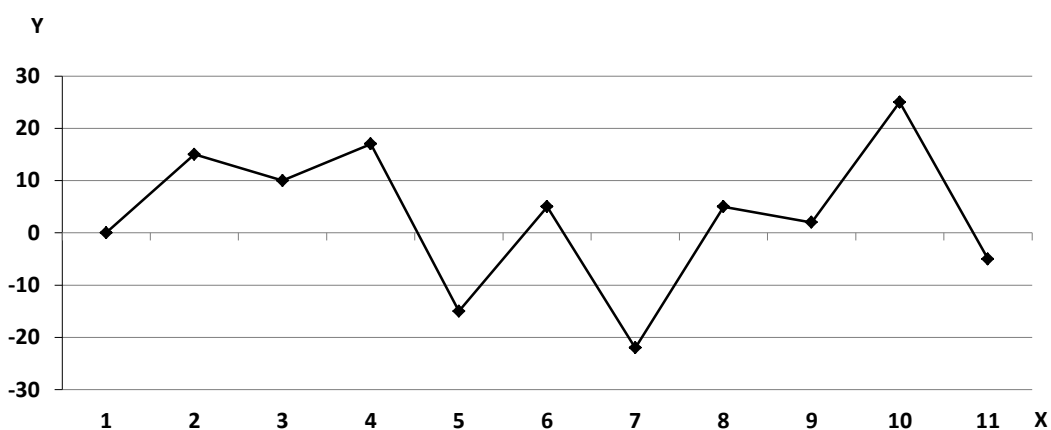
Atlikus matavimų procedūrą ir pastebėjus gamybos broką, gaminimo procesas yra stabdomas ir ieškomos viso to priežastys. Visi matavimų protokolai saugojami archyvuose du metus. Protokoliai saugojami archyve tam, kad atsiradus kliento reikalavimui pateikti dokumentus, įmonė galėtų patvirtinti partijos matavimų atlikimą ir pateikti matavimų rezultatus.

2.2 Duomenų pateikimo būdai

Atlikus dominančio proceso kokybės parametrų matavimų, kurio vertė išreikšta skaitmeniniu pavidalu, gaunama eilė skaičių, pagal kuriuos sunku suprasti kokį nors dėsningumą. Norint jį pastebėti, reikia atlikti duomenų analizę. Kaip teigia V. Dikavičius ir S. Stoškus (2003) duomenų grafikai labai aiškiai parodo ir padeda nustatyti dėsningumą, taigi pasinaudojant matematinės statistikos žinomais būdais, buvo pasiūlyti tokie duomenų pateikimo būdai:

- Kontrolės diagramos;
- Histogramos;
- Pareto diagramos;
- Tendencijų diagramos;
- Taškinės diagramos ir kt.

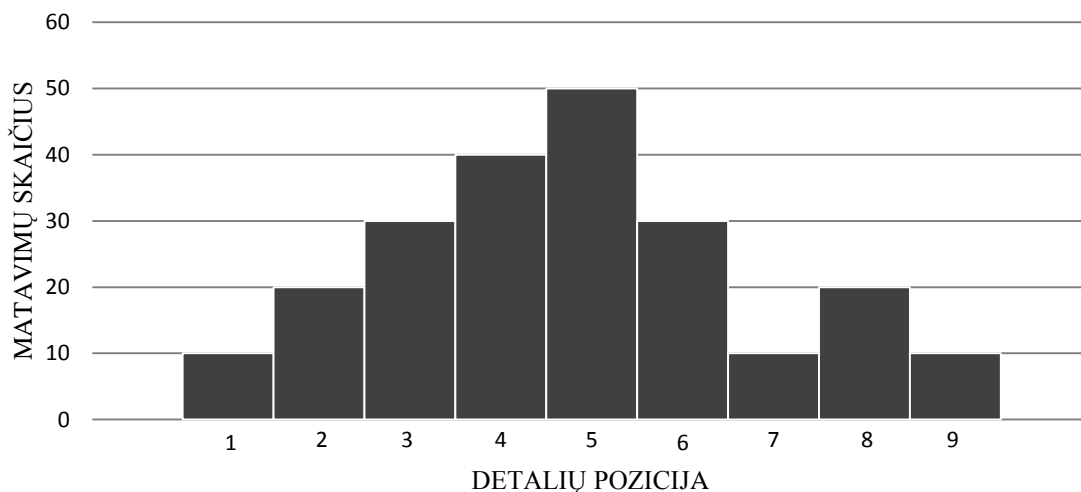
Vienas iš pagrindinių duomenų pateikimo būdų yra kontrolės diagrama, kuri naudojama gamybos procese kartu su statistinės proceso kontrolės programa [3]. X - Y tipo grafikas, kur Y ašyje yra pažymėta viršutinė kontrolės riba ir apatinė kontrolės riba (VKR ir AKR atitinkamai), o X ašis sudalinta lygiais tarpais, atitinkančiais laiko intervalus tarp matavimų ar pirminių verčių gavimo momentų eilės tvarka. X ašis sutapatinama su išmatuotų verčių vidurkio reikšme, o Y ašyje atidedamos VKR ir AKR bei tarpas tarp šių reikšmių padalinamas į 6 juostas, kur vienos juostos plotis savo skaitine verte yra lygus matuojamo parametro standartiniam nuokrypiui nuo vidurkio. Matuojamojo parametro kitimo tolerancijos ribos šiuo atveju yra lygios 6 standartiniams nuokrypiams arba taip vadinamoms 6 sigmoms. Būdingas tokios kontrolės diagramos pavyzdys parodytas 2.2 paveiksle.



2.2 pav. Kontrolės diagramos pavyzdys

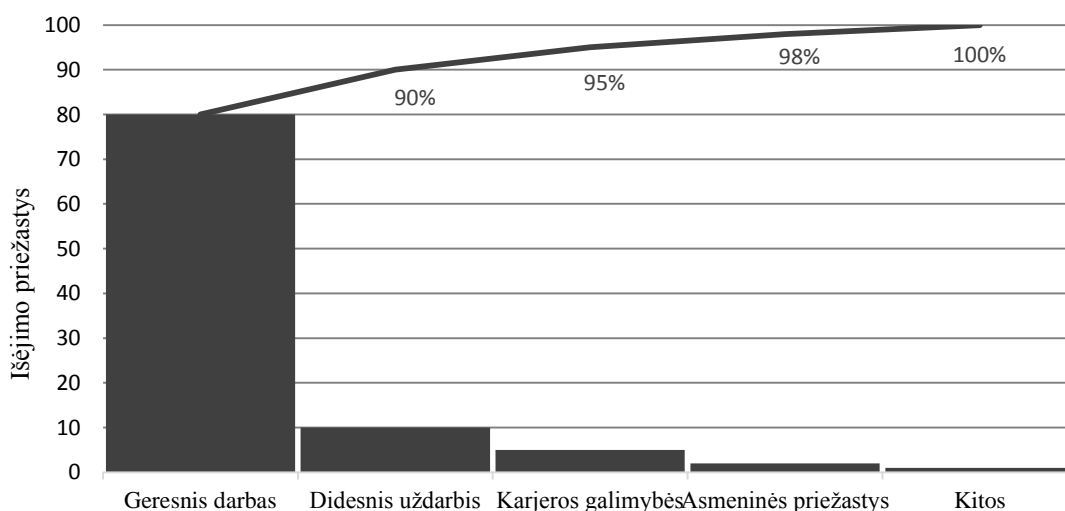
Apmokytas darbuotojas turėdamas reikiamas priemones, gali rinkti duomenis, kurio duomenis suvedęs į kompiuterį, kontroliuotų matuojamo parametro kitimo tendenciją. Parametro reikšmėms tendencingai artėjant link $VKR = 3S$ ar $AKR = -3S$, darbuotojas žinodamas parametro koregavimo būdus, gali stabilizuoti jam patikėtą proceso dalį.

Histogramos yra stulpelinės diagramos, naudojamos duomenims susumuoti ir vizualiai analizės susikūrimui [13]. Grafikas leidžia identifikuoti duomenų kitimo formą ir palengvina duomenų kategorijų palyginimą. Ši diagrama nesusieta su duomenų įvedimo nuoseklumu laiko atžvilgiu, todėl reikia būti atidiems vertinant rezultatus. Histogramos pavyzdys pateiktas 2.3 paveiksle.



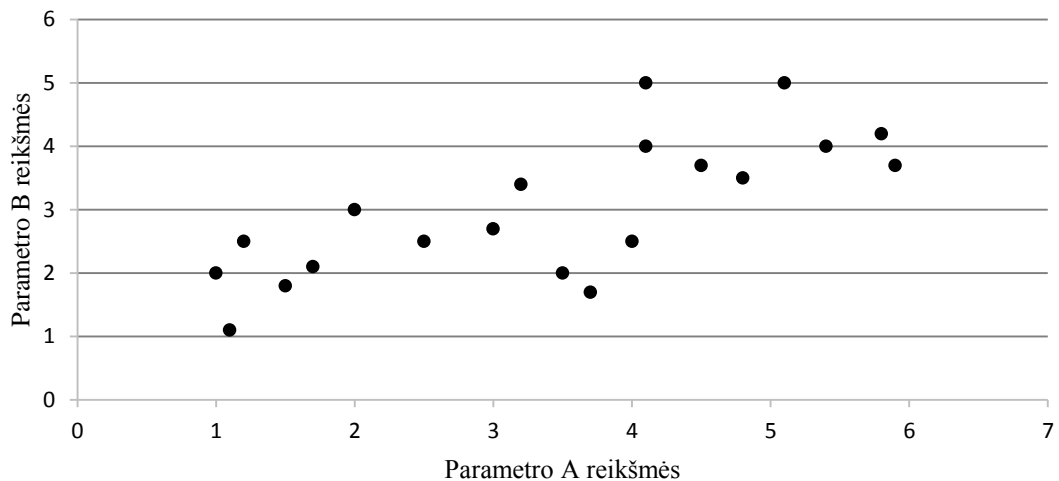
2.3 pav. Histogramos pavyzdys

Pareto diagrama - vertikalių stulpelių diagrama, pagrindinių veiksnių įtakos procesui ar problemai analizė pavaizduota 2.4 pav. Šioje diagramoje kylančių problemų priežastys išdėstytos prioritetine tvarka, o tai leidžia tik pažvelgus nustatyti, kokia yra pagrindinė ar pagrindinės problemos priežastys.



2.4 pav. Pareto diagramos pavyzdys

Taškinės arba sklaidos diagramos dažniausiai naudojamos, norint nustatyti koreliacinius ryšius tarp dviejų matuojamų parametru, turinčių įtakos proceso ar produkto kokybei. Ši koreliacija nesunkiai sudaromos ir vaizdžiai atrodo X-Y koordinacių sistemoje. Ši diagrama pavaizduota 2.5 pav.



2.5 pav. Sklaidos diagramos pavyzdys

Galimi ne tik duomenų rinkimo aktyvumo analizės ir atvaizdavimo būdai, yra ir kiti metodai: proceso sekos schemos, priežasties ir efektyvumo analizė. Patikrinimo lapas – tai priemonė duomenims rinkti, procesams logiškai valdyti ir atsiradusioms problemoms spręsti ir laiku imtis prevencinių priemonių. Baigus rinkti duomenis, tos žymos sudedamos įvertinimui gauti. Norint turėti galimybę atsekti priežastį, kodėl taip įvyko, šiam tikslui naudojami žurnalai bei einamieji registrai, kuriuose fiksuojama įvykių tėkmė, klaidų pobūdis ir skundai, kartu pažymint laiką. Šių lapų ar diagramų forma pritaikoma prie stebimų duomenų tipo. Proceso sekos schemos pateikia viską apimančią duomenų įvedimo seką ir tolesnį jų pasiskirstymą atliekamame procese. Kaip teigia A. Bargelis (2002) schemos skirtos padėti suprasti visas kiekvieno proceso ypatybes, kad jį galima būtų koreguoti ar gerinti.

Priežasties ir efektyvumo analizė – tai naujų idėjų generavimas įvairiose gaminio konstravimo ar gamybos stadijose [19]. Visi gauti pasiūlymai užfiksuojami, kruopščiai analizuojami. Procesas vyksta tol, kol manoma jog užfiksuotos visos įmanomos priežastys, įvertinamos visos gaminio kokybės pažeidimo priežastys.

Statistinė proceso analizė – tai nepastovumo mažinimo strategija, blogos kokybės gamybos stabilizavimas bei kontroliavimas. Kiekvienas procesas ar operacija turi būti patikimas ir pastovus. Keli proceso pokyčiai priskiriami prie atsitiktinio nepastovumo, kurio įtaka nedidelė, bet esant tik keliems atsitiktiniams pokyčiams - neįmanoma nuspėti, kiek jį lemia kuri nors atskira priežastis [12]. Šiuos pokyčius sukelia atsitiktinės priežastys. Šiais atvejais yra teigiama, kad procesas yra statiškai kontroliuojamas. Įprasti tikrinimo ar bandymo rezultatų svyravimai sukelia viso proceso nepastovumą ir gali tapti svarbiu veiksniumi. Palyginti dideli ir lengvai nustatomi pokyčiai priskiriami prie numatomų ar specialių, sisteminių priežasčių. Kai tik tokia priežastis suveikia, proceso nepastovumas

peržengia leistinas ribas ir jis tampa nekontroliuojamas, arba jo pokyčiai viršija numatomus atsitiktinius pokyčius. Kruopštus proceso išsiaiškinimas dar projektuojant leistų tiksliai tikrinti, tirti ir valdyti procesą.

Matavimų visumos standartinis nuokrypis dažniausiai naudojamas proceso nepastovumui aprašyti. Nepastovumo mažinimas, kuris yra būtinas norint suprasti pokyčių matavimo įtaką procesui, vadinamas proceso nepastovumo analize. Naudojant papildomus nepriklausomus nepastovumą sukeliančius veiksnius ir turint tiksliai užrašytus duomenis, galima nustatyti matavimo tikslumą. Pasak A. Bargelio (2002) proceso pokyčio analizė gali tapti sudėtinga ir jai atlikti reikia specialaus pasirengimo, skirtingai negu proceso sekos schemos, histogramos, Pareto bei priežasties ir efektyvumo analizė.

3. LAKŠTINIO PLIENO DETALIŲ TYRIMAS STATISTINĖS KONTROLĖS METODU

Kiekviena įmonė siekia gauti kuo didesnę pelną iš gaminamos produkcijos, todėl dažniausiai renkasi pačias mažiausias kainas siūlančius tiekėjus, taip nesuvokdami jog ženkliai krenta produkcijos kokybė. Tokiais atvejais nesutaupoma, o priešingai, padidėja produkcijos gamybos kaštai dėl daugelių priežasčių.

Ši įmonė yra įsipareigojusi gaminti produkciją ir teikti paslaugas, kurios visada atitinka savo, bei klientų reikalavimus. Nuolatinis ryšių su klientais ir partneriais stiprinimas siekiant atitikti ir viršyti poreikius bei lūkesčius, yra vienas iš pagrindinių sėkmingos veiklos garantų.

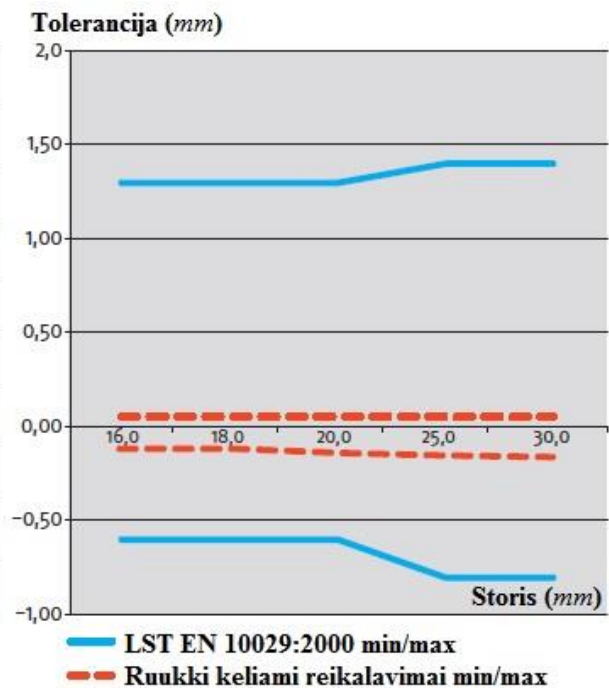
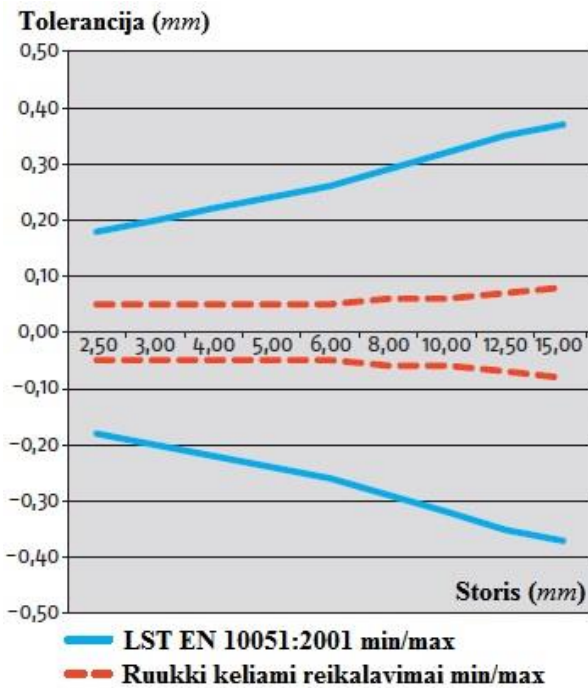
Parengta, įdiegta ir sertifikuota kokybės ir aplinkos apsaugos vadybos sistema pagal ISO 9001 ir ISO 14001 standartų reikalavimus. 2005 metų gruodžio mėnesio 12 d. tarptautinė sertifikavimo įstaiga „Det Norske Veritas“ įteikė sertifikatus, liudijančius, kad kokybės ir aplinkos apsaugos vadybos sistema atitinka tarptautinių standartų ISO 9001 ir ISO 14001 reikalavimus.

Sertifikavimo sritis - durų, langų, spintelių ir metalo gamyba, projektavimas ir paslaugos. Ši sistema leidžia sėkmingai valdyti visus veiklos procesus, kurie turi įtakos gaminamos produkcijos kokybei. Visos pretenzijos dėl produkcijos kokybės registruojamos, analizuojamos, ieškoma sprendimų, kontroliuojamas jų įgyvendinimas. Didėja gamybos našumas bei efektyvumas, taupomos medžiagos ir laikas, mažėja nuostoliai. Efektyvi valdymo struktūra leidžia greičiau spręsti iškilusias problemas.

3.1. Tinkamų lakštinio plieno tiekėjų pasirinkimo svarba

Teikėjai privalo atitikti tokius pat kokybės reikalavimus, kokius sau kelia įmonė. Ši įmonė įkurta 1994 metais. Per šį laikotarpį buvo nuolatos ieškomas tiekėjas, kuris galėjo pasiūlyti optimalų kainos ir lakštinio plieno kokybės santykį. Karštai ar šaltai valcuotas lakštinis plienas privalėjo atitikti LST EN 10051:2011 bei LST EN 10029:2000 standarto reikalavimus.

Šiuo metu pagrindinis lakštinio plieno tiekėjas RUUKKI. Šis tiekėjas užtikrina jog teikiama medžiaga atitiks standarto reikalavimus, netgi juos viršys, kad užtikrintų geriausią lakštinio plieno kokybę. 3.1 paveiksle pateikta standarto bei pačio tiekėjo nurodytos tolerancijos lakštiniam plienui pagal storį.



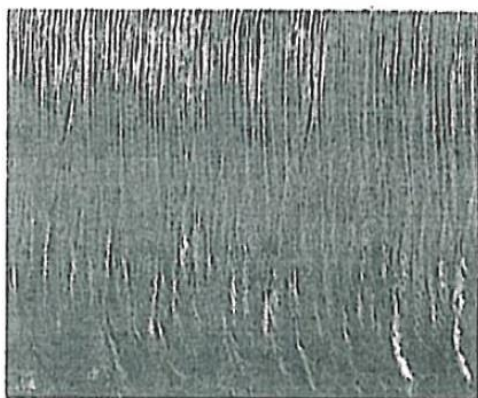
3.1 pav. Ruukki lakštinio plieno tolerancija

Šaltinis: Lakštinio plieno tiekėjo katalogas

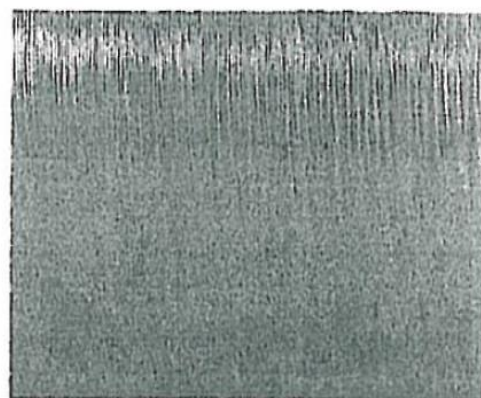
Pateiktame grafike galime matyti, kad tiekėjas išsikėlęs ypač aukštus reikalavimus.

Esant gaminyje lazerio pjovimo operacijai, kokybiškas lakštinis plienas yra pagrindinis geros produkcijos garantas. Taip yra todėl, kad didžiulę įtaką turi lakštinio plieno paviršius bei cheminė sudėtis. Žinant kokios cheminės sudėties pjaunamas lakštinis plienas, lengviau ir greičiau nustatomi optimalūs pjovimo parametrai, stabilesnis ir kokybiškesnis pjaunamos detalės paviršius, mažinamas laikas testavimui, pjovimo greitis didesnis, lyginant su nekokybišku lakštiniu plienu. Esant mažesnei tolerancijai lakštinio plieno storiui, užtikrinamas kokybiškas pjovimas, nereikalaujantis žymių pjovimų parametru korekcijų.

Kitų gamintojų lakštinis plienas



RUUKKI lakštinis plienas



3.2 pav. Lazeriu pjauto gaminio paviršių palyginimai

3.2 paveiksle pateiktas lazerio įrengimu pjauti gaminio paviršiai. Abu paviršiai pjauti su tais pačiais pjovimo parametrais, skyrėsi tik medžiaga. 3.2 pav. kairėje pusėje galima matyti kitų tiekėjų lakštinio plieno paviršių po lazerio pjovimo, dešinėje pusėje parodytas tiekėjo Ruukki lakštinio plieno paviršius po lazerio pjovimo. Taigi, pastebima, kad naudojant kitų tiekėjų žaliavą lakštinio plieno paviršius yra mažiau kokybiškas nei naudojant aukštus kokybinius reikalavimus įgyvendinančio tiekėjo lakštinį plieną. Galima teigti, kad ne visuomet pigiausia žaliava įmonei bus naudingiausia finansiškai, nes naudojant ne itin kokybišką žaliavą išauga tikimybė, kad daug daugiau gaminamų detalių bus su defektu, būtent dėl žaliavos kokybės, to pasekoje įmonė patirs daugiau nuostolių iš pigesnės žaliavos nei naudos. Todėl svarbu, kad pasirinktas žaliavos tiekėjas atitiktų aukščiausius keliamus reikalavimus.

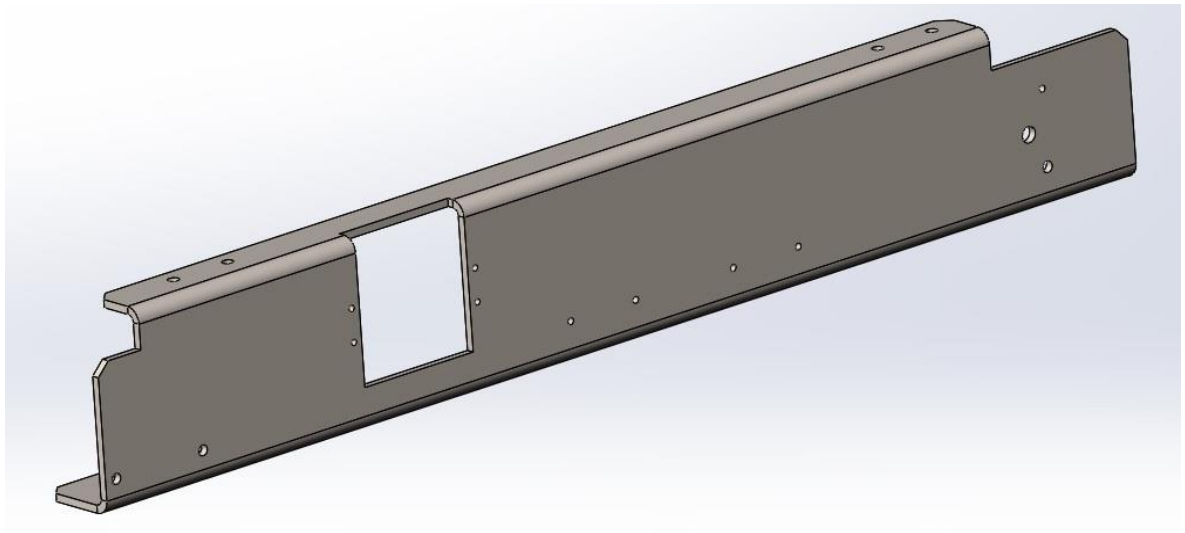
3.2. Lakštinio plieno detalės aprašymas

Tiriamoji detalė gaminama iš lakštinio plieno RUUKKI Domex 355MC. Pagal LST EN 10027-1:2005 standartą, tai yra S355JR atitikmuo [20]. Gaminio projektavimo darbai, bei brėžiniai atlikti užsakovo. Tiriamojo gaminio pagaminimas pagal užsakovo brėžinius perduotas įmonei X, kuri yra atsakinga už gaminio kokybę, bei pagal brėžinius pateiktų reikalavimų įgyvendinimą. Pirminiais duomenimis, ši detalė naudojama kaip keliamojo lifto variklio apkaba. Išsamesnės konstrukcinės informacijos nėra, nes įmonė X gamina tik keletą užsakovo dalių iš visos konstrukcinės visumos.

Atlikus pirminę gaminio analizę pagal užsakovo pateiktą brėžinį nuspręsta (žr. 1 priedą), kad šio gaminio gamybai bus naudojamas metalo pjovimo lazeriu įrenginys, gręžimo ir sriegimo staklės, lenkimo staklės.

Pasirenkant gaminį tyrimui buvo atsižvelgta į tokius aspektus kaip gamybos mastas, užsakovo keliami reikalavimai bei nepastovi proceso kontrolė šiai produkcijai. Iki šiol šio užsakovo gaminio gamybos procesui nebuvo skiriama pakankamai dėmesio, todėl svarbu iširti kebliausias gaminio gamybos proceso operacijas, bei ieškoti būdų tų operacijų stabilumo užtikrinimui, gerinimui bei optimizavimui. Tiriamasis gaminys pavaizduotas 2.3 paveiksle.

Esminis tiriamosios detalės pasirinkimo priežastis bei statistinės kontrolės metodo panaudojimas – sumažinti bendrą šio tiriamojo gaminio broką vidutiniškai iki 4% kas mėnesį, ar dar mažiau.



3.3 pav. Tiriamasis gaminys

Tiriamos detalės matavimu atlikti naudojami matavimo prietaisai:

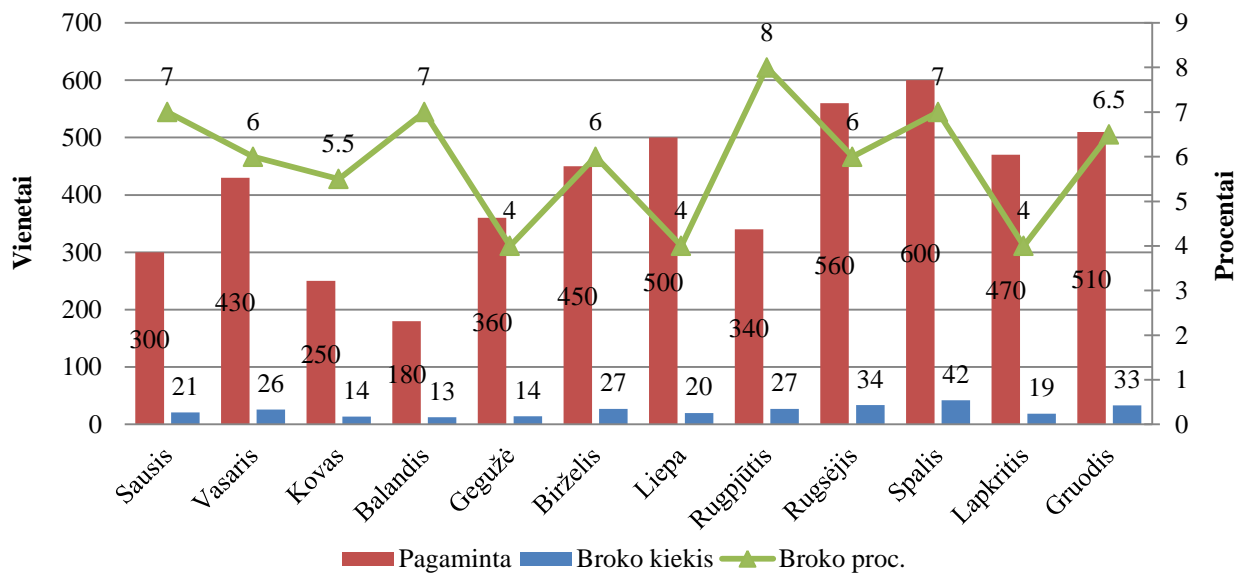
- „Planolith“ firmos matavimui ir patikrinimui skirta granitinė plokštė kurios išmatavimai yra 1500 mm ilgio, 1000 mm pločio ir 160 mm storio. Standartas LST EN ISO 1101:2005.
- Vidinėms skylėms matuoti skirtas „Mitutoyo“ mikrometras LST EN ISO 3611:2011. Matavimo skiriamoji geba 4 – 30 mm.
- Kampamatis „Marui-keiki“ LST EN ISO 17025:2005.
- Slankmatis „Horex“ LST EN ISO 3611:2011. Matavimo skiriamoji geba 0 – 1500 mm.
- Slankmatis „Mitutoyo“ LST EN ISO 3611:2011. Matavimo skiriamoji geba 0 – 1500 mm.
- Sriegio matuokliai „Martin+Tschopp“ metriniam sriegiui M6 ir M10 tikrinti LST EN ISO 4016:2002

Visi tiriamojo gaminio matavimai atlikti esant 15 °C patalpos temperatūrai.

3.3. Lakštinio plieno detalės broko analizė

Prieš atliekant bandomuosius matavimus tiriamajai detalei svarbu išanalizuoti, kokiuose procesuose užfiksuojami didžiausi broko kiekiai. Nustačius ir įvertinus, pagrindinį procesą ar procesus, kuriuose užfiksuojami didžiausi broko kiekiai bus galima tikslingai nukreipti visus įmonės gamybinius pajėgumus pagrindiniams defektams pašalinti.

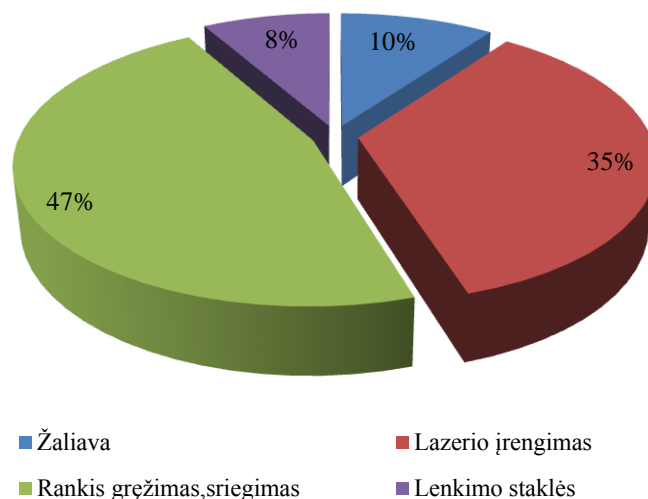
Siekiant išsiaiškinti pagrindinius procesus, kurių metu pastebima daugiausia defektų svarbu įvertinti bendrą broko procentą, nuo pagaminto kiekio atitinkamu laikotarpiu. Broko procentas nuo pagaminto kiekio 2014 m. laikotarpiu pateiktas 3.4 paveiksle.



3.4 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis 2014 m. laikotarpiu

Kaip matyti iš 2.4 paveikslo per 2014 metus tiriamosios detalės broko procentas varijuoja 4-8 proc. ribose. Pagal atliktus skaičiavimus (žr. 2 priedą) galima teigti, kad vidutiniškai per 2014 metus analizuojamos detalės broko procentas kas mėnesį sudarė 6 proc., o defektuotų detalių per mėnesį susidarydavo vidutiniškai 24 vienetai. Didžiausias broko procentas 2014 metais užfiksuotas rugpjūčio mėnesį, kuomet siekė net 8 proc., o tai yra 1,3 kartais daugiau nei vidutinis mėnesinis broko procentas. Kaip matyti iš pateikto paveikslo, be rugpjūčio mėnesio vieni iš didžiausi broko procentai užfiksuotai sausio, balandžio ir spalio mėnesiais, kuomet broko procentas siekė 7 proc., nors tais mėnesiais gamybos apimtis svyrudavo ir nebūtinai buvo aukščiausia. Galima teigti, kad gamybos mastas nėra pagrindinis veiksnys lemiantis aukštesnį broko procentą, todėl svarbu išanalizuoti procesus, kurie yra pagrindiniai veiksniai lemiantys didesnius defektuotų gaminių kiekius.

Norint išanalizuoti, kuriuose gamybos procesuose atsiranda didžiausias defektų kiekis, buvo atlikta tiriamosios detalės broko kiekio analizė pagal procesus. Gauti 2014 metų analizės rezultatai pateikti 3.5 paveiksle.



3.5 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesą, 2014 m.

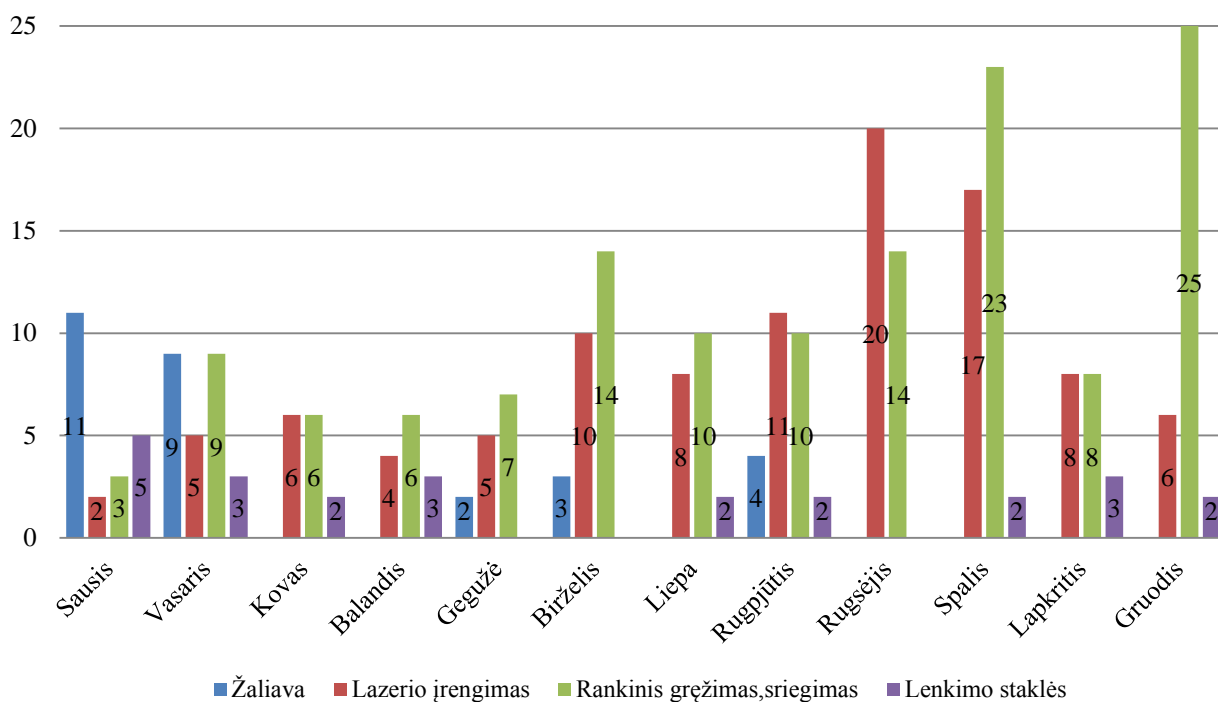
Kaip matyti iš 3.5 paveikslo pagrindiniai procesai, kurių metu susidaro didžiausi defektai gali būti laikomi rankinis gręžimas, sriegimas bei darbas su lazerio įrengimu. Pastebima, kad beveik puse brokuotų detalių buvo dėl defektų atsirandančių rankinio gręžimo, sriegimo procese, t.y. per 2014 metus brokuotų detalių skaičius dėl defektų pasitaikančių šiame gamybos procese sudarė 47 proc. visų brokuotų detalių. Taip pat aukštas broko procentas užfiksuotas ir dėl defektų atsirandančių dėl darbo su lazerio įrengimu. Per 2014 metus brokuotų detalių skaičius dėl defektų atsirandančių darbo su lazerio įrengimu metu sudarė 35 proc. visų brokuotų detalių skaičiaus.

1 lentelė. Lakštinio plieno detalės brokas pagal procesus, 2014 m.

Procesas	Broko kiekis	Broko proc.
Žaliava	29	10
Lazerio įrengimas	102	35
Rankinis gręžimas, sriegimas	135	47
Lenkimo staklės	24	8
Iš viso:	290	

Iš pateiktos 1 lentelės matyti, kad per 2014 metus iš viso užfiksuota 290 brokuotų detalių. Pagal brokuotų detalių kiekį matoma, kad daugiausia brokuotų tiriamųjų detalių buvo dėl rankinio gręžimo, sriegimo, t.y. 135 vienetai, taip pat dėl darbo su lazerio įrengimu, t.y. 102 vienetai brokuotų detalių per 2014 metus.

Siekiant detaliau išanalizuoti procesus, dėl kurių atsiranda brokuotų detalių atlikta tiriamosios detalės broko kiekio mėnesinė analizė 2014 metų laikotarpiu. Gauti rezultatai pateikti 3.6 paveiksle.



3.6 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesus 2014 m. laikotarpiu

3.6 paveiksle detaliau atsispindi jau anksčiau minėti procesai, kurių metų užfiksuoti didžiausi tiriamosios detalės broko kiekiai. Kaip matyti, visais analizuojamaisiais mėnesiais dominuojantys procesai yra rankinis gręžimas, sriegimas bei darbas su lazerio įrengimu. Išanalizavus duomenis (žr. 3 priedą), galima teigti, kad vidutiniškai per 2014 metus kas mėnesį dėl žaliavos kokybės neatitikimo užfiksuojama 2 vnt. brokuotų detalių, dėl darbo su lenkimo staklėmis procese vidutiniškai kas mėnesį taip pat užfiksuojama 2 vnt. brokuotų detalių, tuo tarpu darbo su lazerio įrengimu procese vidutiniškai kas mėnesį užfiksuojama 9 vnt. brokuotų detalių, o rankinio gręžimo ir sriegimo procese vidutiniškai kas mėnesį analizuojamaisiais metais užfiksuojama 11 vnt. brokuotų detalių. Taigi, atlikta analizė parodė, kad pagrindinis procesas lemiantis aukštą broko procentą yra rankinis gręžimas, sriegimas, kuris yra pagrindinis procesas, pagal aptinkamų defektų kiekį.

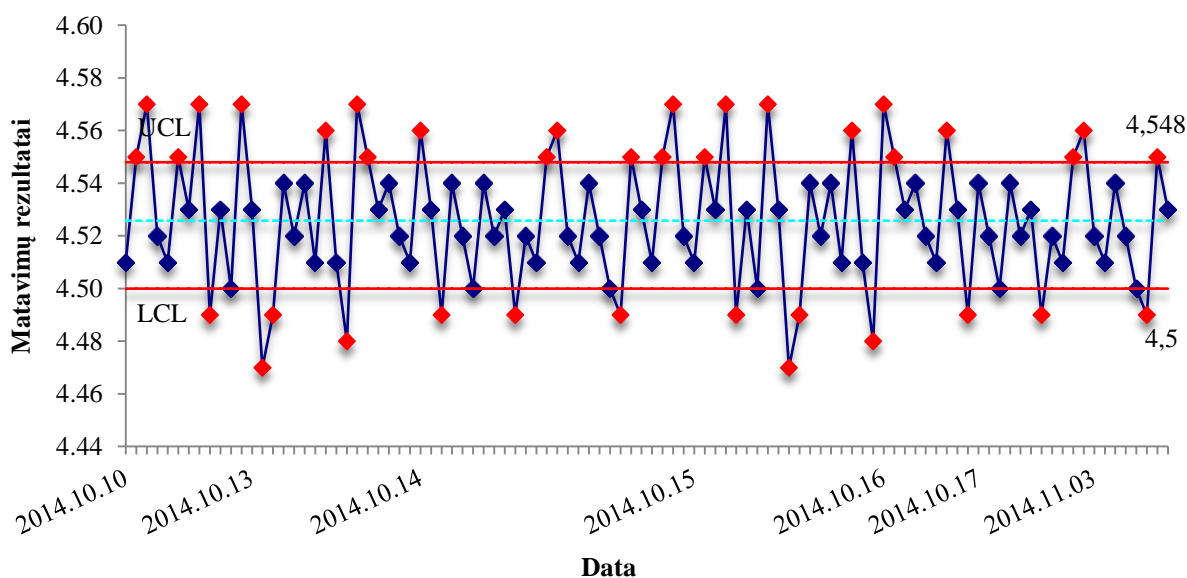
Kaip matyti metų pradžioje, t.y. sausio ir vasario mėnesiais, buvo ganėtinai aukštas broko kiekis dėl žaliavos. Sausio mėnesį dėl žaliavos užfiksuota 11 vnt. detalių su defektu, o vasario mėnesį 9 vnt. Pastebėjus žaliavos kokybines neatitiktis, nuspręsta pakeisti esamą tiekėją nauju, kuris užtikrina, kad būtų laikomasi visų ISO 9001 standarte pateiktų reikalavimų, bei užtikrina kokybiškos žaliavos tiekimą įmonei. Priėmus sprendimą dirbti tik

su vienu, patikimu tiekėju pasikartojančių defektų dėl žaliavos (lakštinio plieno) kokybės nebeužfiksuota.

3.4. Tiriamos detalės matavimo rezultatai

Kaip jau anksčiau minėta, kiekviena tiriamojo gaminio partija yra tikrinama. Tikrinamų detalių bei jų matavimų skaičius pasirenkamas priklausomai nuo praėjusios partijos rezultatų. Esant mažesniam kiekiui broko, matavimų skaičius sumažinamas, taip nukreipiama matavimų kontrolė svarbesniems ir daugiau dėmesio reikalaujantiems gaminiams.

Tiriamajam gaminiui yra numatyta lazerio pjovimo operaciją. Šiai operacijai atlikti naudojamas įrenginys „Mazak HyperGear 510“. Siekiant, nustatyti ar tiriamosios detalės kiaurymė yra statistiškai kontroliuojama buvo atlikti matavimai darbo su lazerio įrengimu procese. Tiriamasis gaminy pradėtas tirti nuo mažiausią toleranciją turinčios kiaurymės. Gauti matavimo rezultatai pateikti 3.7 pav.

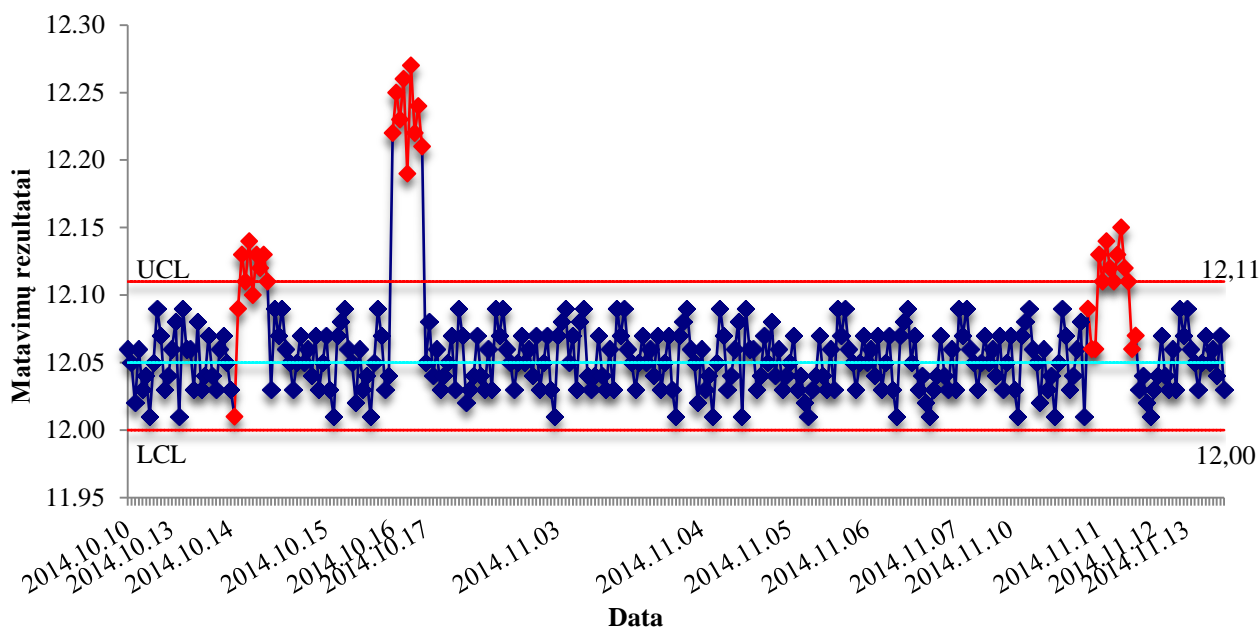


3.7 pav. $\varnothing 4,5H10$ skylė po lazerio operacijos

Atlikus 100 matavimų, 25-uose skirtinguose gaminiuose pastebėta, kad lazerio pjovimo įrenginiui šios kiaurymės nurodyta tolerancija H10 yra per aukšta. Gauti matavimo rezultatai parodo, kad procesas nėra statistiškai kontroliuojamas. Išnagrinėjus gautus rezultatus ir pasikonsultavus su Mazak pjovimo parametrų inžinieriais, galima daryti išvadą, kad lazerio pjovimo spindulys svyruoja nuo 0,3 mm iki 0,4 mm, papildomai atkreipiant dėmesį į tai, kad spindulio sugeneravimo technologija yra labai sudėtinga, nors ir programiškai įvertinus spindulio korekciją, pjovimo stabilumas nėra pastovus ir gaminama kiaurymė nėra statistiškai kontroliuojama. Įvertinta, kad norint jog kiaurymės matmuo atitiktų toleranciją įmonė turi

ieškoti alternatyvių būdų kiaurymei pagaminti. Taigi, nuspręsta, kad ši lazerio operacija bus pakeista į gręžimo bei plėtimo operaciją, norint gauti atitinkamą rezultatą.

Norint įvertinti ar kitos kiaurymės gaminimo procesas yra kontroliuojamas atlikti matavimai, siekiant įvertinti ar gaminamos detalės antroji pasirinkta vertinimui kiaurymė atitinka toleranciją. Atlikus $\varnothing 12H11$ kiaurymės tris šimtus matavimų, pastebėti keli proceso kontrolės nukrypimai.

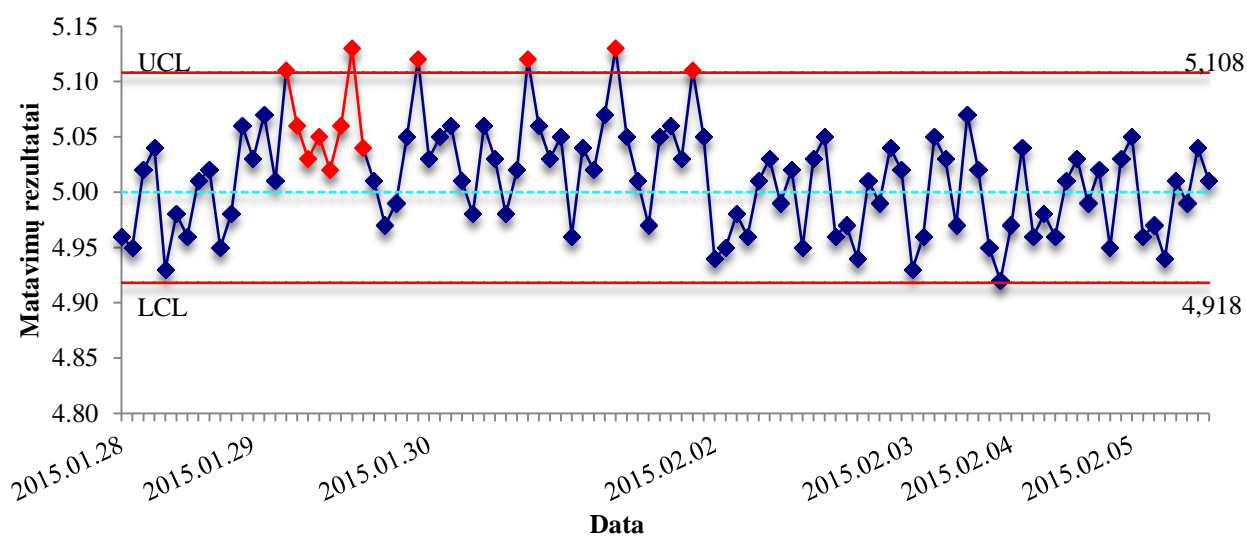


3.8 pav. $\varnothing 12H11$ skylė po lazerio operacijos

Pirmomis gaminimo dienomis įrenginys buvo sukalibruotas, nustatyti optimalūs lazerio pjovimo parametrai ir įsitikinus, kad gaminamos detalės kiaurymė atitinka nurodytai tolerancijai, ji pradėta gaminti. Šios kiaurymės viršutinė kritinė riba yra 12,11 mm, o apatinė kritinė riba yra 12,00 mm. Grafike pastebėti trys ženklūs proceso kontrolės nukrypimai nuo viršutinės kritinės ribos. Pradėjus domėtis ir ieškoti priežasčių, kodėl atsirado tokie nukrypimai, susidarė išvada tokia, kad pirmas ir paskutinis nežymus išėjimas už viršutinės kritinės ribos įvyko dėl metalo pjovimo lazerio fokusavimo linzės nusidėvėjimo ir operacijos metu atsiradusių metalo apnašų ant linzės paviršiaus. Dėl šių priežasčių įrenginio operatorius būna priverstas keisti pjovimo parametrus, tokius kaip lazerio galingumą, jo dažnį, pastūmos greitį ar aušinimo dujų slėgį, norint išgauti kuo geresnį pjaunamos kiaurymės paviršių. Atlikus menkiausias pjovimo parametrų korekcijas, privaloma tuo pačiu patikrinti ar lazerio spindulio atstumo korekcija tinka nustatytiems naujiems pjovimo parametrams. Įsitikinus, kad pjaunamos kiaurymės matmuo atitinka toleranciją, gamyba tęsiama. Taigi, laikui bėgant fokusavimo linzė susidėvi, todėl įrenginį reikia nuolatos prižiūrėti ir tikrinti jo būklę. Norint prailginti lazerio pjovimo stabilumą, fokusavimo linzę patartina nuvalyti kartą į savaitę.

Analizuojant 3.8 pav. pastebima, kad 2014 m. spalio 16-17 dienomis įvyko žymus viršutinės kritinės ribos kirtimas. Šis kirtimas įvyko todėl, kad tiriamojo gaminio lazerio operacija buvo perkelta įmonės išigytam naujam lazerio įrenginiui “Amada FO MII – 3015NT”, to pasėkoje su gamykliniais pjovimo parametrais ir lazerio spindulio atstumo korekcija gautos per didelės kiaurymės. Atlikus pjovimo parametrų korekcijas ir atitinkamai suregulius lazerio pjovimo atstumo korekciją, gaminio kiaurymės atitiko keliamus tolerancijos reikalavimus. Galima daryti išvadą, kad kiekvieną naują įrenginį privaloma sukalibruoti pjaunant savo įprasta lakštinių plieną, tokių būtų randamos tikros spindulio atstumo korekcijos. Antra, labai svarbu naudoti identišką lakštinių plieną visai gaminio partijai, patartina nuolatos naudoti lazerio įrenginiui skirtą lakštinių plieną, taip bus paprasčiau kontroliuoti procesą, sukalibruoti įrenginį, sumažinti daugiausiai problemų sukeliančias vietas iki minimumo.

Tiriamajame gaminyje reikia padaryti M6 sriegį. Gamykloje esantis lazerio įrenginys turi papildomą opciją, galimybę išsriegti išpjautą kiaurymę su atitinkamu sriegiu. Buvo atliktas bandymas, tam kad būtų galima nustatyti gamybos laiką, kaštus bei gaminimo stabilumą ir užtikrintumą. Gauti rezultatai pateikti 3.9 paveiksle.



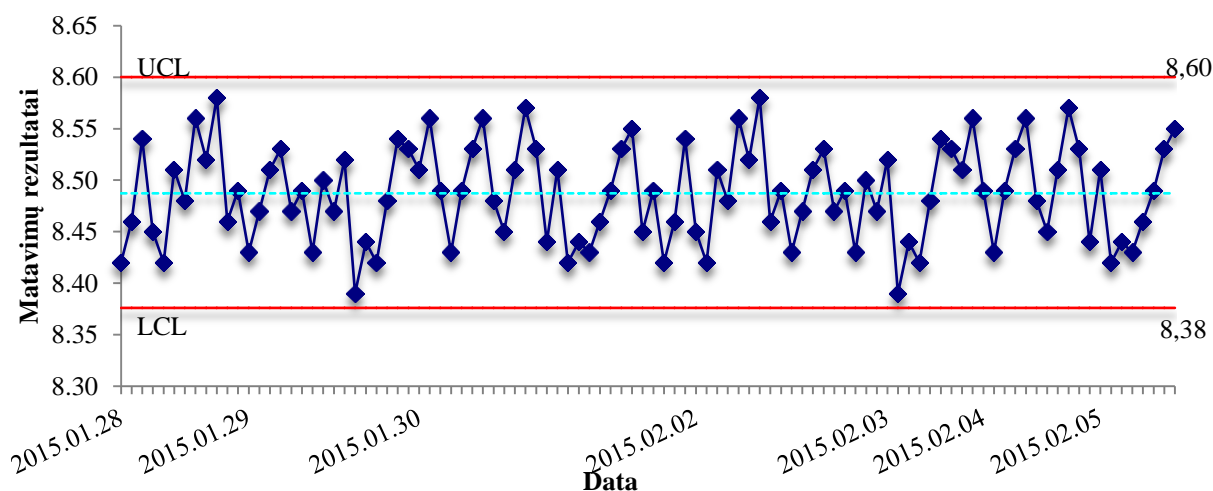
3.9 pav. M6 skylė po lazerio operacijos

Atlikus tiriamojo gaminio M6 sriegio pirminės kiaurymės diametro matavimus, suvedus gautus duomenis ir atlikus statistinę analizę, pastebėta, kad šeši taškai kirto viršutinę kritinę ribą, tačiau tai nėra žymus nuokrypis, todėl patikrinus ir atlikus lazerio spindulio atstumo korekciją, procesas stabilizavosi ir pjaunamos kiaurymės atitiko pirminės prieš sriegiavimą paruošiamos kiaurymės keliamus reikalavimus. Lazerio įrenginys naudoja specialų prietaisą, pavarų dėžę, kuri suka sriegiklį atitinkamu žingsniu per vieną apsisukimą. Ši pavarų dėžė varoma pneumatiniu principu, todėl reikalauja aukšto slėgio, apie 15 MPa. Tokį slėgį gali

tiekti tik ryšuliuose suslėgtas azotas. Deguonis bei kompresoriaus suslėgtas oras tiekia iki 10 MPa. Azotas, kaip pagalbinės dujos pjovimo metu, naudojamos retai, nes tai padidina pjovimo kainą trigubai, ko pasėkoje išauga gamybos kaštai, lyginant su deguonimi, tačiau gaunamas blizgantis, švarus pjūvis. Pjaunant azotu pjaunamas paviršius neužsidengia oksidu, to pasėkoje nereikalingas papildomas apdirbimas prieš virinant ar dažant.

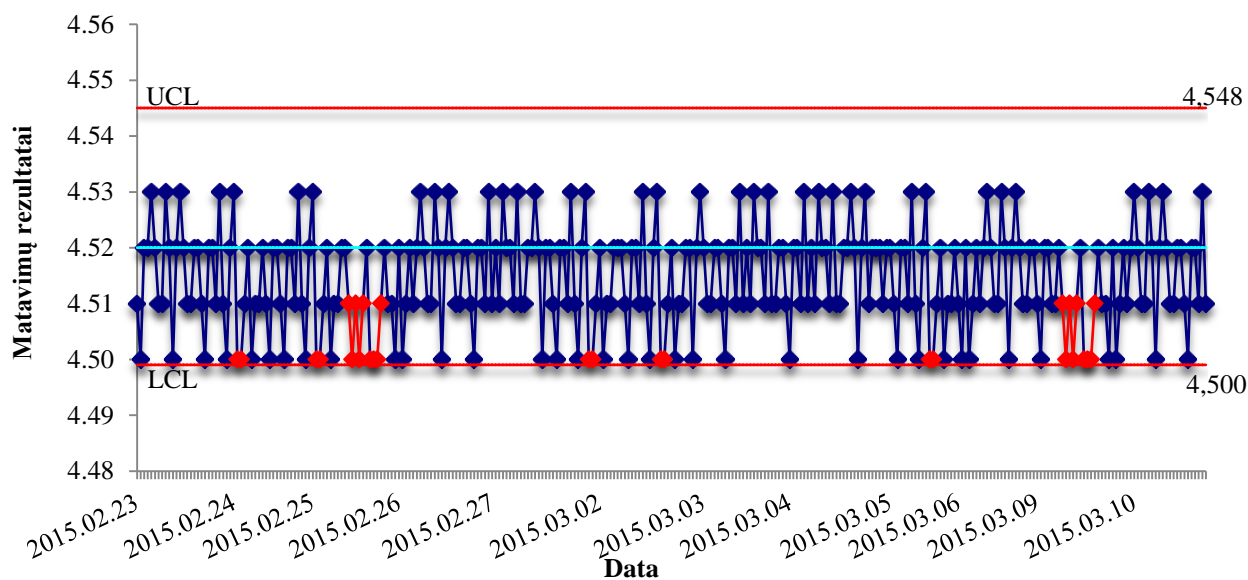
Dėl aukštos kainos, kuri prilygsta pjūviui su azoto dujomis, šios sriegimo operacijos su lazerio įrenginiu buvo atsisakyta. Nuspręsta palikti kiaurymės centro žymėjimą lazerio įrenginiu, ko pasėkoje po tokios operacijos, šaltkalvis gali iškarto gręžti skylę be papildomos centravimo operacijos, tokiu būdu sutaupomas apdirbimo laikas, o tai savo ruožtu mažina gamybos sąnaudas. Pradėjus kaupti proceso kontrolės duomenis ir pabandžius kontroliuoti ir nuolatos tikrinti lazerio įrenginį, atsirado galimybė užtikrinti kiaurymės tolerancijos atitikimą. To pasėkoje iš šaltkalviškos operacijos: gręžimas bei sriegimas, pasikeitė ir liko tik sriegimas.

Norint detaliau išanalizuoti ar tinkamai kontroliuojamas procesas lazerio operacijos metu atlikti kiaurymės matavimai prieš M10 sriegiavimo operaciją. Atlikus M10 sriegio paruošimo kiaurymės matavimus po lazerio operacijos, nustatyta kad esant tokiam 7H sriegio tikslumo laipsniui, lazerio įrenginys pilnai yra kontroliuojamas ir galima užtikrinti proceso patikimumą.



užima nemažai laiko ir prarandamas autonominis lazerio režimas, kuomet įrenginys gali dirbti savarankiškai be operatoriaus įsikišimo visą parą. Tuo pačiu, įvykus sriegiklio nulūžimui, lazerio įrenginys sustoja ir neatlieka savo pirminės funkcijos, t.y. lazerio pjovimo. Tad įvertinus galimas rizikas ir lazerio įrenginio sriegimo kaštus, nutarta atsisakyti sriegimo operacijos, palikti tik M10 paruošimo kiaurymės pjovimą, o patį sriegimą perkelti į šaltkalvišką operaciją.

Siekiant didesnio tiriamojo gaminio produktyvumo, mažinant gamybos laiką bei siekiant kuo aukštesnės gaminio kokybės, buvo nutarta panaudoti CNC valdymo gręžimo-sriegimo stakles, kurioje vienu pastatymu galima apdirbti keturis tiriamuosius gaminius. Šių staklių pagalba supaprastinimas kiaurymės $\varnothing 4,5$ įgyvendinimas, kurios tolerancija yra H10. 3.11 paveiksle pateikti $\varnothing 4,5$ H10 skylės po gręžimo ir plėtimo operacijos matavimo rezultatai.

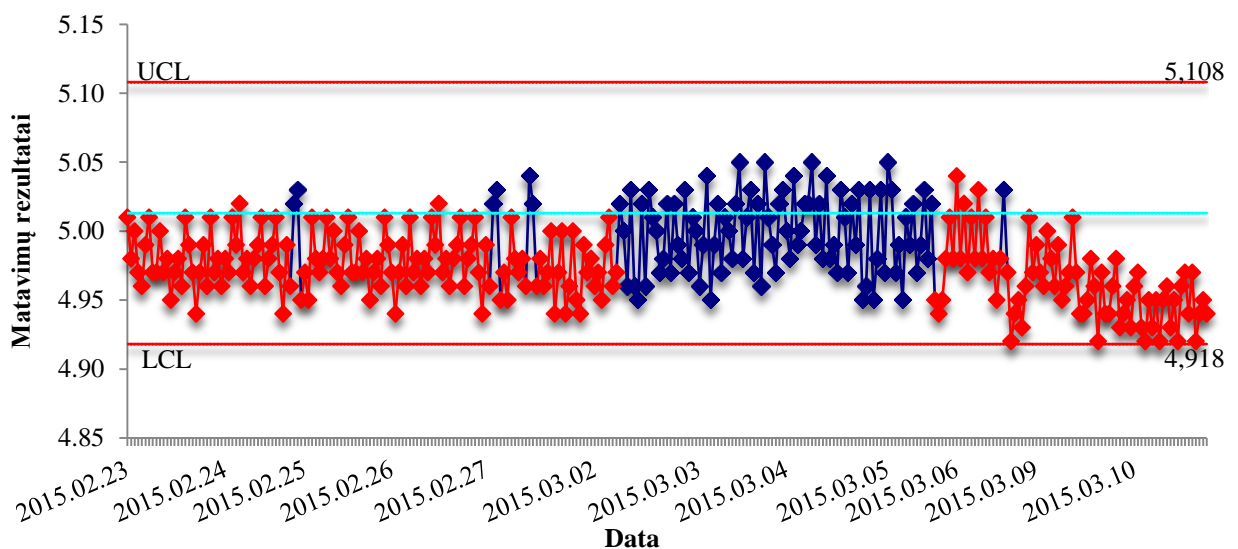


3.11 pav. $\varnothing 4,5$ H10 skylė po gręžimo ir plėtimo operacijos

Šio kiaurymės atlikimui naudojami įrankiai: centravimo grąžtas $\varnothing 5$ mm Garant solid carbide NC spotting drill, grąžtas $\varnothing 4,4$ mm Garant Jobber drill, įrankio tolerancija h8, plėstuvas $\varnothing 4,5$ mm Horex reamer, įrankio tolerancija H7. Kaip matyti 3.11 paveiksle kiaurymės tolerancijos viršutinė kritinė riba yra 4,548 mm, apatinė riba 4,5 mm. Esant tokiai tolerancijai, vien tik gręžimo operacijos nepakanka. Kaip žinia, grąžtai turi veleno toleranciją h, todėl bandant gręžti kiaurymę $\varnothing 4,5$ ji iškart neatitiks reikalaujamų tolerancijos normų. Norint siekti, kad kiaurymės statistinės kontrolės kreivė slinktų kuo arčiau tolerancijos vidurkio, po gręžimo operacijos reikalinga plėtimo operacija, kuri užtikrina, kad tiriamoji kiaurymė atitiks keliamus tolerancijos reikalavimus. Plėstuvai, priešingai nei grąžtai, turi skylės toleranciją H, todėl plėstuvai užtikrins, kad kiaurymės nuolatos bus daromos tolerancijos ribose.

Surinkus 300 kiaurymių matmenų duomenis po plėtimo operacijos ir jas suvedus į grafiką, t.y. atlikus statistinę analizę matoma, kad kiaurymės matmenys tendencingai krypsta prie žemutinės kritinės ribos. Taip nutinka todėl, kad įrankio tolerancija yra H8, kurio kritinės ribos tarp 4,5 mm ir 4,528 mm. Deja, bet proceso eigą priartinti kuo arčiau prie tolerancijos vidurkio neįmanoma, nes skylė yra apdirbama mechaniškai su įrankiu. Noriu pabrėžti tai, kad procesas vis dėl to buvo kontroliuojamas, nei viena kiaurymė nekirto kritinės ribos, dėl labai tikslių gręžimo-sriegimo staklių, tinkamo gaminio bazavimo, bei labai tikslaus plėtimo įrankio. Nusprendus šaltkalvišką operaciją pakeisti į CNC valdymo gręžimo-sriegimo, t.y. gręžti kiaurymes su CNC valdymo staklėmis, iš lazerio operacijos liko apdirbti tris kiaurymes, jos skirtos detalės bazavimui, didelio lango išpjovimas bei gaminio gabarito pjovimas. Yra galimybė pjauti visas kiaurymes su lazerio įrenginiu, tačiau taip pasielgta todėl, kad siekianti prailginti sriegiklių tarnavimo laiką, patartina vienu pastatymu išgręžti kiaurymę bei išsriegti, taip bus sumažinama tikimybė iki minimumo kad sriegiklis nulūš dėl netinkamos kiaurymės koordinatės plokštumoje. Tuo pačiu lazerio operacija ženkliai sutrumpėja, frezavimo staklių valandinis įkainis pigesnis lyginant su lazerio įrenginiu.

Atlikus tiriamojo gaminio operacijų pakeitimus, nutarta sekti M6 kiaurymę prieš sriegimo operaciją. Surinkus trijų šimtų matavimų duomenis ir suvedus juos į grafiką, pastebėtas įdomus reiškinys, kad proceso metu gaunami matmenys vienu metu pradėjo nežymiai didėti. Gauti matavimai pateikti 3.12 paveiksle.



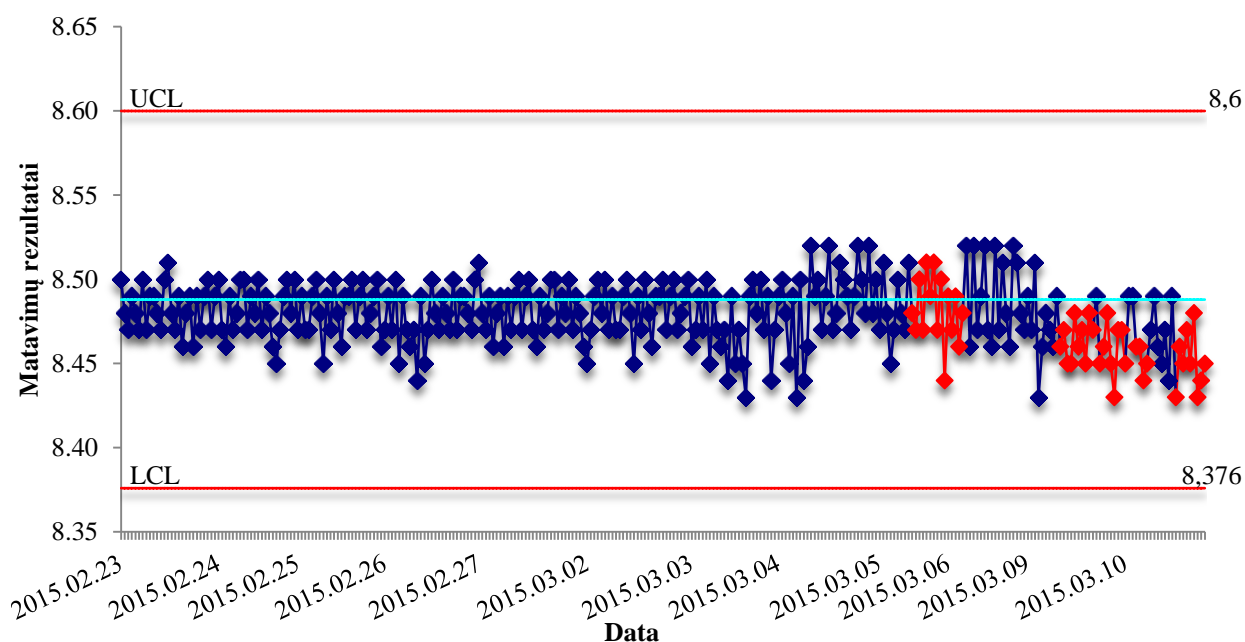
3.12 pav. M6 skylė po gręžimo operacijos

M6 paruoštos sriegti kiaurymės viršutinė kritinė riba 5,108 mm, apatinė kritinė riba 4,918 mm. Naudojami įrankiai iki sriegimo operacijos: centravimo gražtas $\varnothing 5$ mm Garant

solid carbide NC spotting drill, tolerancija h6, grąžtas $\varnothing 5 \text{ mm}$ Horex solid carbide high performance drill, įrankio tolerancija h7.

Kadangi buvo naudojamas $\varnothing 5 \text{ mm}$ grąžtas, kurio tolerancijos laukas priskiriamas velenui. Viršutinė tolerancijos riba yra 5 mm , o apatinė riba $4,95 \text{ mm}$, todėl gręžiamos kiaurymės matmuo kaip ir neturėtų kirsti reikalaujamos kiaurymės tolerancijos vidurio linijos, tačiau kaip matyti iš 3.12 paveiksle pateiktų atliktų 150 – 200 gręžimų rezultatų su tuo pačiu įrankiu, kiaurymės matmuo pradėjo didėti, bet tik trumpam laiko tarpui, apie 50 gręžimų. Toliau sekė skylės diametro mažėjimas iki kritinės apatinės kontrolės ribos, todėl norint tęsti gamybą, būtinas įrankio pakeitimas nauju. Pastebima, kad prieš galutinai nudylant įrankiui, vienu metu kiaurymės diametras pradėjo didėti. Tokį reiškinį gali iššaukti įrankio specialios dangos nusitrynimas. Skylės diametro mažėjimą prie kritinės ribos galima paaiškinti tuo, kad įrankio briaunos nudilo nusitrynus specialiai dangai. Galima daryti išvadą, kad optimalus šio gamintojo įrankio tarnavimo laikas apie 200 gręžimų. Norint didinti gręžimų skaičių, būtinas papildomas stebėjimas, tačiau pastebint didesnės užvartos susidarymą, bei atsižvelgiant į sugaištamą laiką tikrinant kiaurymes, geresnis sprendimas įrankį pakeisti nauju, nes taip bus padidinti gamybiniai pajėgumai. Kitas būdas, tiesiog pakeisti įrankio tiekėją, kuris garantuoja didesnę gręžiamų kiaurymių skaičių. Daugelis įrankių gamintojų nurodo tarnavimo laiką, tai leidžia priimti sprendimą, kurio tiekėjo įrankį įsigyti.

Kita tiriamojo gaminio sekama kiaurymė yra M10 paruošimo skylė sriegimui. Surinkus trijų šimtų skylių matmenis ir juos išanalizavus, sudarytas statistinės kontrolės grafikas (žr. 3.13 paveikslą).

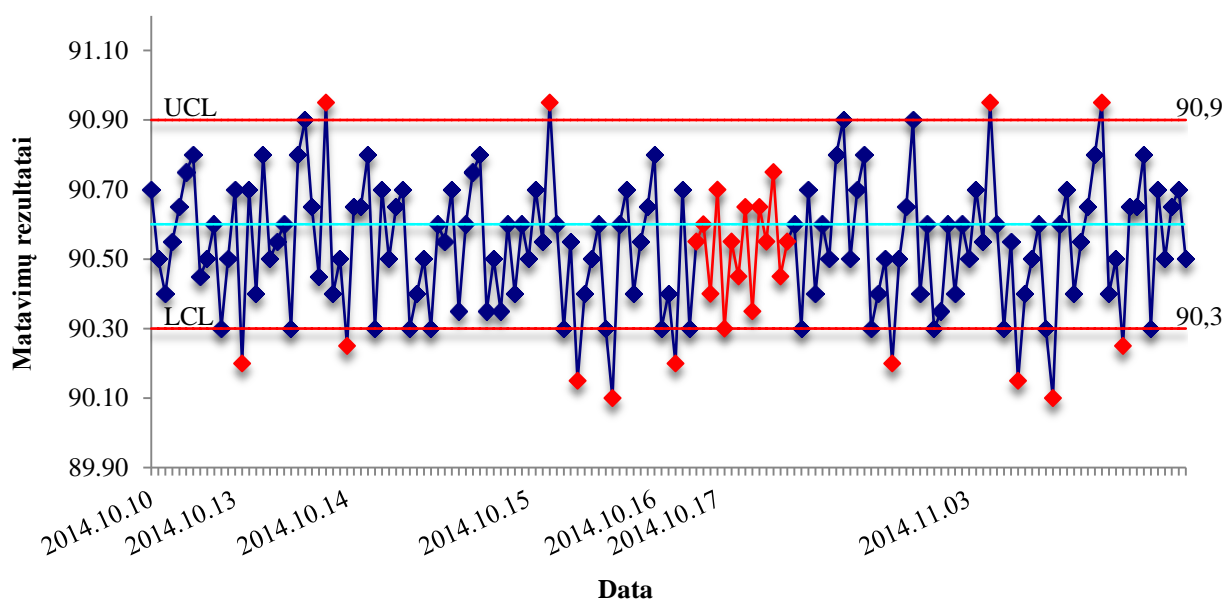


3.13 pav. M10 skylė po gręžimo operacijos

Skylės pagaminimui iki sriegimo naudojami įrankiai: centravimo grąžtas $\varnothing 8 \text{ mm}$ Garant solid carbide NC spotting drill, tolerancija h6, grąžtas $\varnothing 8,5 \text{ mm}$ Horex solid carbide high performance drill, įrankio tolerancija h7. M10 kiaurymės tolerancijos viršutinė kritinė riba pagal sriegio tikslumo kвалitetą $8,6 \text{ mm}$, apatinė kritinė riba $8,376 \text{ mm}$.

Pastebima, kad pasireiškia panašus reiškinys kaip ir praėjusiame 3.12 grafike, kur M6 sriegiavimui paruošiamos skylės diametras didėja, prieš galutinai nudylant įrankiui. Šiuo atveju diametro didėjimas yra nežymus, kita vertus pačios tolerancijos laukas lyginant su praėjusia kiauryme yra mažesnis. Verta atkreipti dėmesį į tai, kad įrankio tarnavimo laikas yra didesnis už grąžtą $\varnothing 5 \text{ mm}$ Horex solid carbide high performance drill. Ilgesniam įrankio tarnavimo laikotarpiui įtakos gali turėti didesnis įrankio diametras, lėtesnis įrankio specialios dangos nusitrynimasis.

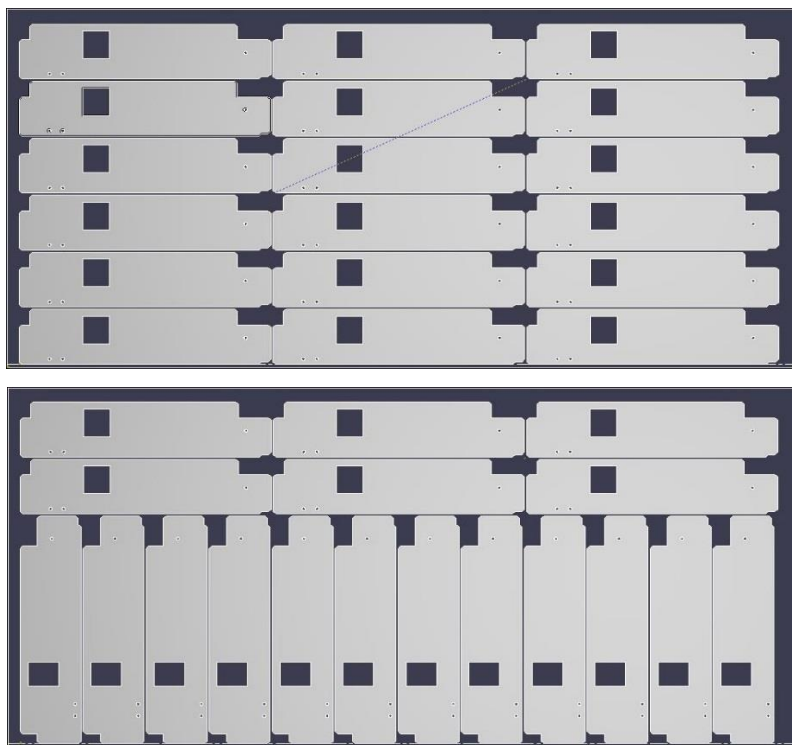
Kita tiriamosios detalės pagaminimui reikalinga operacija – lenkimas. Šiai operacijai atlikti naudojamas įrenginys Amada HD1703LNT. Gamybos metu pastebėta, kad sunku atitikti sulenkimo kampui keliamiems reikalavimams. Pirminiai užsakovo reikalavimai: vidinis išlinkimo spindulys būtų R6, sulenkimo kampai lygūs $90,6^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ laipsnių. Norint nustatyti ar procesas yra kontroliuojamas, pradėti kaupti matavimo duomenys. Išanalizavus duomenis, sudarytas statistinės kontrolės grafikas (žr. 3.14 paveikslą).



3.14 pav. $90,6^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ po lenkimo operacijos su 40 grioveliumi

Naudojami įrankiai šiai operacijai atlikti: Rolleritools firmos PROMECAM-AMADA tipo matricos padas MPG65, PROMECAM-AMADA tipo matrica M60-85-40, kurio griovelio plotis 40 mm , tai garantuos R6 lenkimo vietoje spindulį, PROMECAM-AMADA tipo lenkimo peilis P.120-88-R06.

Kaip matyti pagal 3.14 grafiką, gaminio lenkimas nėra kontroliuojamas. Didelę įtaką sulenkimo kampo stabilumui turi lakštinis plienas, kokia kryptimi tiriamoji detalė buvo išdėliota lakštiniame pliene lazerio operacijoje, ar horizontaliai lakštinio plieno valcavimo kryptčiai, ar vertikalčiai valcavimo kryptčiai (žiūrėti 3.15 pav.). Nustatyta praktiniu metodu, kad pasiekiamas didesnis stabilumas lenkimo metu, kuomet gaminys lazerio operacijos metu būna išdėliotas horizontaliai valcavimo kryptčiai. Tai sumažino neatitikimų skaičių gaminimo metu, tačiau procesas vis tik išliko nekontroliuojamas.



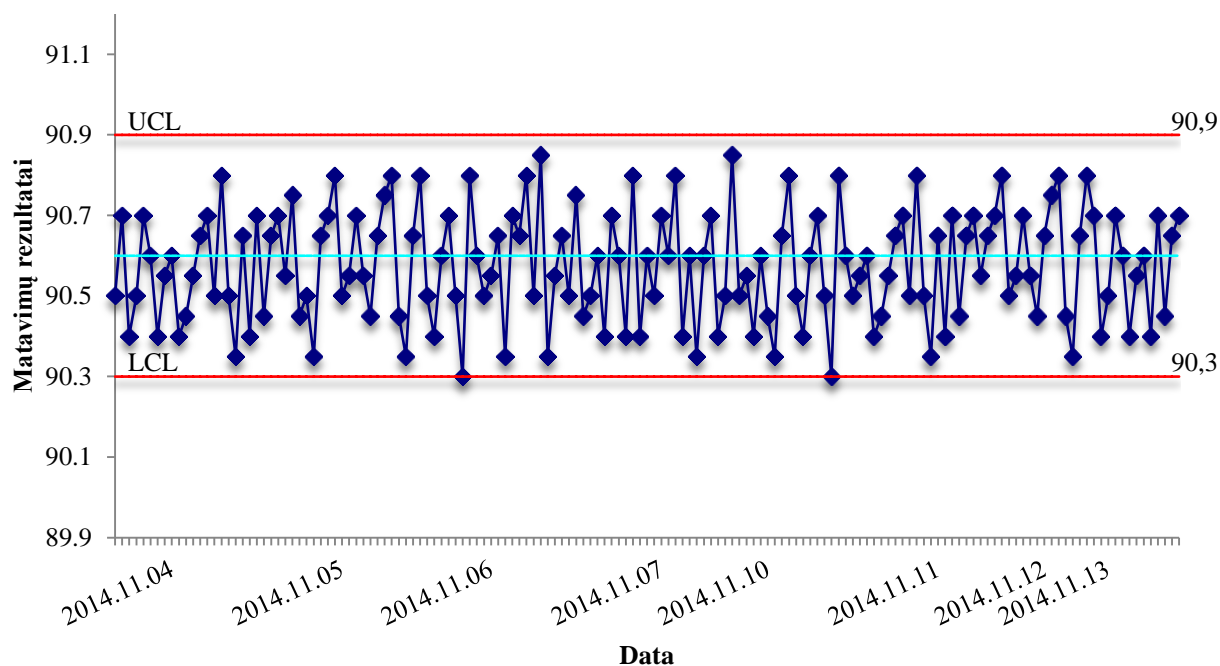
3.15 pav. Viršuje horizontalus ir apačioje vertikalus tiriamojo gaminio išdėliojimas lakštinio plieno lape

Norint kontroliuoti ir nekirsti tolerancijos kritines ribas, būtini operacijos pokyčiai. Susitarus su gaminio užsakovu, buvo įvesti gaminio pakeitimai. Pakeistas lenkimo linijos spindulys iš R6 į R8, tai suteiks galimybę naudoti platesnę matricą, bei didesnio spindulio lenkimo įrankį. Lenkimo metu bus naudojamas mažesnis tonažas, lyginant su praėjusia lenkimo operacija, staklės bus mažiau apkrautos, o dėl platesnės matricos padidės stabilumas.

Įvedus pakeitimą, operacijai reikalingi kiti įrankiai. Dėl padidėjusios lenkimo linijos R8 bus pakeista matrica į PROMECAM-AMADA tipo M60-85-50, kurio griovelio plotis 50 mm, tai garantuos R8 lenkimo vietoje spindulį, bei PROMECAM-AMADA tipo lenkimo peilis P.135-88-R08.

Operacijai atlikti naudojamas tas pats įrenginys Amada HD1703LNT. Norint nustatyti ar procesas po įvestų gaminio pakeitimų, bei įrankių pakeitimų tapo kontroliuojamas, pradėti

kaupiti matavimo duomenys. Išanalizavus duomenis, sudarytas statistinės kontrolės grafikas (žr. 3.16 paveikslą).



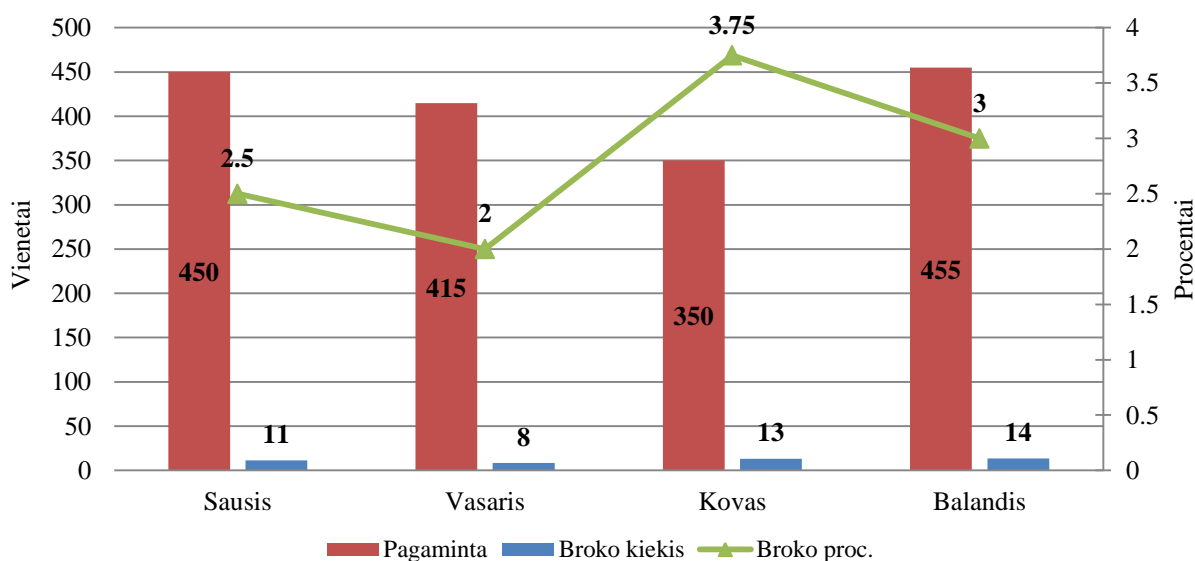
3.16 pav. $90,6^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ po lenkimo operacijos su 50 grioveliu

Išanalizavus grafiką, pastebimi keli priartėjimai prie apatinės kritinės ribos, tačiau jos nekerta. Lenkimo kampo vidurkis išlieka $90,6^{\circ}$. Dėl įvestų tiriamojo gaminio pakeitimų atsirado galimybė naudoti didesnio pločio matricą, o tai leidžia naudojant mažesnę įrenginio tonažą sulenkti gaminį. Kaip matyti pagal 3.16 grafiką, gaminio operacija tapo kontroliuojama. Susidaro išvada tokia, kad lenkiamam gaminiui patartina naudoti pagal gaminio lakštinio plieno storį rekomenduojamas matricų pločius. Tačiau teigti, kad kuo platesnė matrica užtikrins didesnę stabilumą negalime. Matricos pasirinkimui sudaro daug kriterijų: gaminio lenkimo linijos atstumas nuo krašto, gaminio plieno storis, koks plienas naudojamas gaminiui, kokį lenkimo linijoje norima gauti spindulį ir t.t. Tad norit sužinoti ar teorinės rekomendacijos atitiks realybę, lieka tik praktiniai bandymai ir viso to proceso kontrolė.

3.5. Lakštinio plieno detalės broko analizė pritaikius statistinę proceso kontrolę

Atlikus tiriamosios detalės analizę, nustatyta, kad rankinio gręžimo, sriegimo operacijoje aptinkami didžiausi broko kiekiai, todėl rekomenduojama šią rankinę operaciją eliminuoti iš tiriamosios detalės gamybos proceso, pakeičiant ją gręžimo-sriegimo operacija naudojant CNC valdymo stakles. Siekiant įvertinti ar pašalinus rankinio gręžimo-sriegimo operaciją ir įvedus gręžimo-sriegimo operaciją naudojant CNC valdymo stakles iš tiesų

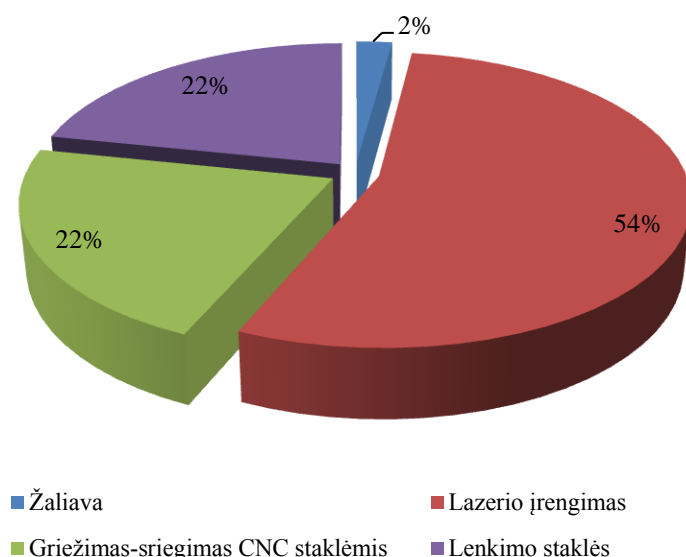
gaunami mažesni broko kiekiai todėl buvo atlikta broko analizė po operacijų pakeitimo. Gauti rezultatai pateikti 3.17 paveiksle.



3.17 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis 2015 m. laikotarpiu

Kaip matyti iš 3.17 paveikslo per 2015 metus tiriamosios detalės broko kiekis varijuoja 2-4 proc. ribose. Pagal atliktus skaičiavimus (žr. 4 priedą) galima teigti, kad vidutiniškai per 2015 metus tiriamosios detalės broko procentas kas mėnesį sudarė 3 proc., o brokuotų detalių kiekis per šiuos mėnesius susidarė vidutiniškai 12 vienetų kas mėnesį. Didžiausias broko procentas užfiksuotas kovo mėnesį, kuomet siekė 3,75 proc. Kaip matyti iš pateikto paveikslo, per analizuojamus mėnesius broko procentas nei karto neviršijo 4 proc. Taip pat, pastebima, kad įtraukus CNC valdymo stakles gręžimo-sriegimo operacijai broko procentas vidutiniškai sumažėjo 2 kartais (arba 3 proc. punktais), kadangi atlikus 2014 metų analizę vidutiniškai kas mėnesį broko procentas buvo gautas 6 proc., o analizuojant 2015 metus pastebima, kad vidutiniškai kas mėnesį šio procento reikšmė siekė 3 proc. Taigi, galima daryti išvadą, kad rankinio gręžimo-sriegimo operacijos pakeitimas į gręžimo-sriegimo operaciją naudojant CNC valdymo stakles pasitvirtino, nes buvo pasiektas tikslas apibrėžtas 2.2 skyriuje, sumažinti gaminio broką vidutiniškai iki 4% kas mėnesį ar dar mažiau.

Siekiant detaliau išanalizuoti rankinio gręžimo-sriegimo operacijos pakeitimo į gręžimo-sriegimo operaciją naudojant CNC valdymo stakles naudą, buvo atlikta tiriamosios detalės broko kiekio analizė pagal procesus. Gauti 2015 metų sausio-balandžio mėnesių rezultatai atvaizduoti 3.18 paveiksle.



3.18 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesą, 2015 m. sausio-balandžio mėn.

Kaip matyti iš 3.18 paveikslėlio pagrindiniu procesu, kurio metu susidaro didžiausi defektai gali būti laikomas procesas, kurio metu naudojamas lazerio įrengimas. Prieš taikant grėžimo-sriegimo operaciją naudojant CNC valdymo stakles rankinio grėžimo-sriegimo procese buvo daugiausiai (47 proc.) išbrokuojamų detalių (žr. 2.3 skyrių). Taigi, tai tik dar kartą patvirtinta, kad įmonė tikslingai perėjo prie grėžimo-sriegimo operacijos naudojant CNC valdymo stakles, taip sumažindama grėžimo-sriegimo procese atsirandančius defektus.

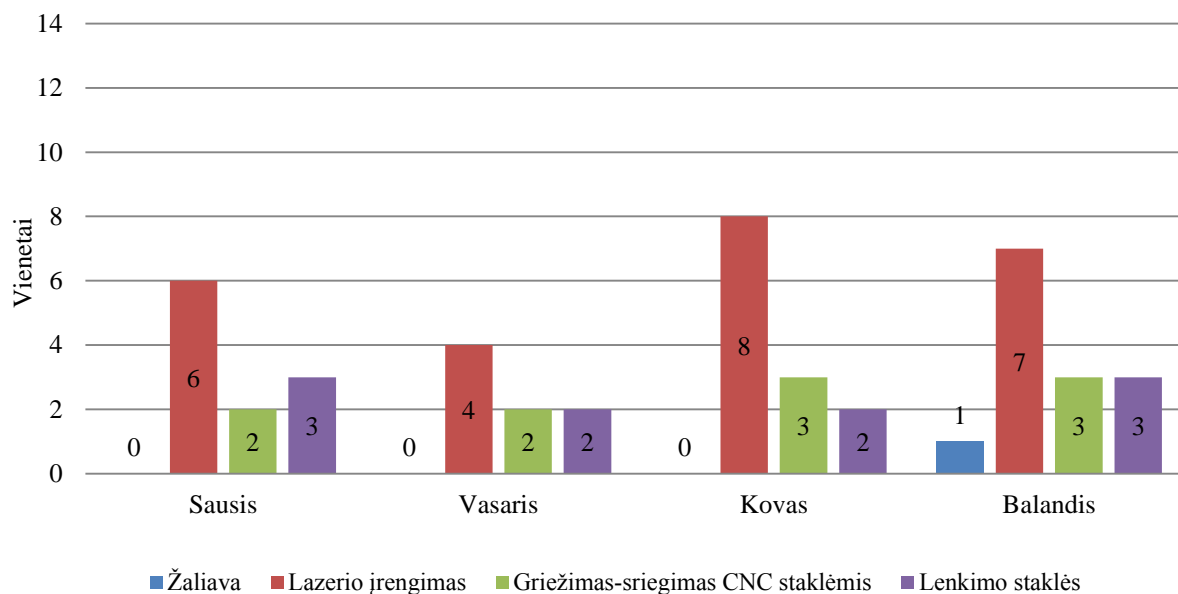
2 lentelė. Lakštinio plieno detalės brokas pagal procesus, 2015 m.

Procesas	Broko kiekis	Broko proc.
Žaliava	1	2
Lazerio įrengimas	25	54
Grėžimas-sriegimas CNC staklėmis	10	22
Lenkimo staklės	10	22
Iš viso:	46	

Iš pateiktos 2 lentelės matyti, kad per 2015 metų Sausio-Balandžio mėnesius iš viso užfiksuota 46 vnt. brokuotų detalių, tuo tarpu per 2014 metų sausio-balandžio mėnesius brokuotų detalių kiekis siekė 73 vnt. Pagal brokuotų detalių kiekį 2015 metų analizuojamame laikotarpyje matoma, kad daugiausia brokuotų tiriamųjų detalių yra dėl lazerio įrengimo. Dėl darbo su lazerio įrengimų per analizuojamus mėnesius susidarė 25 vnt. brokuotų detalių. Tai

galima paaiškinti tuo, kad darbas su lazerio įrengimu yra mažiau stabilus, nei kiti procesai reikalingi šiai detaliai pagaminti.

Siekiant detaliau išanalizuoti pakeitimus procesuose eliminavus rankinio gręžimo-sriegimo operaciją atlikta tiriamosios detalės broko kiekio analizė 2015 metų sausio-balandžio mėn. laikotarpiu. Gauti rezultatai atvaizduoti 3.19 paveiksle.



3.19 pav. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal gamybos procesus 2015 m. sausio-balandžio mėn. laikotarpiu

3.19 paveiksle detaliau atsispindi jau anksčiau minėti procesai, kurių metų užfiksuoti didžiausi tiriamosios detalės broko kiekiai. Kaip matyti, analizuojamaisiais mėnesiais dominuojantis procesas yra darbas su lazerio įrengimu. Išanalizavus duomenis (žr. 4 priedą), galima teigti, kad vidutiniškai per 2015 metus kas mėnesį darbo su lenkimo staklėmis procese vidutiniškai kas mėnesį taip pat užfiksuojama 3 vnt. brokuotų detalių, tuo tarpu darbo su lazerio įrengimu procese vidutiniškai kas mėnesį užfiksuojama 6 vnt. brokuotų detalių, gręžimo-sriegimo procese naudojant CNC valdymo stakles vidutiniškai kas mėnesį buvo užfiksuota 3 vnt. brokuotų detalių, kai tuo tarpu 2014 metais dėl rankinio gręžimo-sriegimo vidutiniškai kas mėnesį buvo užfiksuojama 11 vnt. brokuotų detalių (žr. 3.3 skyrių). Taigi, matyti, kad gręžimo-sriegimo operacijoje brokuotų detalių vidutiniškai kas mėnesį sumažėjo 8 vnt. Taigi, atlikta analizė parodė, kad pagrindinis procesas lėmęs didžiausius broko kiekius buvo pašalintas pakeitus jį į gręžimą-sriegimą CNC valdymo staklėmis. Apibendrinant galima teigti, kad sprendimas pakeisti šias operacijas buvo teisingas, kadangi broko procentus pavyko sumažinti beveik dvigubai, bei pasiekti užsibrėžtą tikslą.

REKOMENDACIJOS

Atlikus lakštinio plieno detalių tyrimą statistinės kontrolės metodu, galima išskirti kelias rekomendacijas, padėsiančias užtikrinti įmonės gamybinio efektyvumo didinimą, nuostolių mažinimą bei gamybos proceso stabilumą.

Šio darbo tikslas buvo teoriniu aspektu atskleidus statistinės proceso kontrolės metodą atlikti lakštinio plieno detalių tyrimą statistinės kontrolės metodu. Atlikus tyrimą pastebėtos kelios probleminės vietos, kurias pašalinus įmonei pavyktų išvengti didesnių nuostolių ir užtikrinti kokybinių sąnaudų valdymą, ko pasekoje atsirastų galimybė gauti didesnę pelną.

Siekiant užtikrinti kiek įmanoma mažesnes gaminamos produkcijos nuostolių sumas, užtikrinti tinkamą kokybės sąnaudų valdymą bei įdiegti tinkamą statistinės proceso kontrolės metodo taikymą įmonėje siūloma:

1. *Tinkamas žaliavos tiekėjo pasirinkimas.* Įmonei svarbu pasirinkti tinkamą žaliavos tiekėją, apibrėžti reikalavimus žaliavos kokybei, pristatymo terminams, bei kokių koregavimo-prevencinių veiksnių turi būti imtasi tiek iš įmonės, tiek iš tiekėjo pusės aptikus nekokybišką tiekėjo žaliavą. Atlikus tyrimą, nustatyta, kad labai svarbus kokybiškos žaliavos pasirinkimas. Pasirinkus naudoti vieno patikimo ir užtikrinančio visas pateiktas sąlygas tiekėjo žaliavą, įmonė galės išvengti kokybinių sąnaudų dėl žaliavos naudojamos gaminio gamyboje.
2. *Darbo procesų automatizavimas.* Kadangi įmonė turi galimybę įsigyti įrangos, siūloma kiek įmanoma automatizuoti gamybinius procesus, t.y. keisti rankinį darbą, kuriam neretai daro didelę įtaką žmogiškasis faktorius į automatizuotus įrengimus. Atlikus tyrimą, įvertinta, kad pakeitus rankinio gręžimo-sriegimo procesą į gręžimo-sriegimo procesą naudojant CNC valdymo stakles įmonė vidutiniškai 2 kartais (3 proc. punktais) sumažina broko procentą. Taigi, jei įmonė maksimaliai sumažintų rankinio darbo procesus ir išvengtų žmogiškojo faktoriaus klaidų, tai padėtų užtikrinti efektyvesnę gamybą, kas savo ruožtu užtikrintų didesnę pelną.
3. *Įrengimų nusidėvėjimo stebėjimas.* Atlikus tyrimą, išsiaiškinta, kad labai svarbus įrengimo nusidėvėjimo stebėjimas. Siūloma įmonei naudoti įrengimo stebėjimo registrą, kuriame būtų įtrauktas pagamintų detalių, gaminių skaičius su konkrečiu įrankiu, įrengimu. Kiekvienas įrankis atlikęs atitinkamus operacijų kiekius su laiku nusidėvi, ir toliau naudoti netikslinga, dėl išaugusios broko tikimybės. Todėl siūloma periodiškai tikrinti įrankių nusidėvėjimą ir aptikus neatitikimus įrankį esant galimybei sutvarkyti o jei tokios galimybės nėra - pakeisti nauju. Laiku aptikus įrankių ar įrengimų neatitikimus įmonė galės išvengti didesnių nuostolių dėl įrankių ar įrenginių amortizacijos.

4. *Statistinės proceso kontrolės taikymas.* Siūloma įmonėje paskirti atsakingą asmenį arba grupę atsakingų asmenų už statistinės proceso kontrolės taikymą ir įgyvendinimą įmonėje, nuolatos taikyti statistinės proceso kontrolės metodus, atlikti matavimus, testavimus, skaičiavimus, analizes, taikyti gautų rezultatų grafinį atvaizdavimą, pildyti įvairias suvestines, leidžiančias nustatyti ir atitinkamai įvertinti gaminamos produkcijos sąnaudas, efektyvumą, gamybinio proceso pastovumą, bei padėtų išvengti sisteminių, pasikartojančių klaidų ir leistų priimti tinkamus koregavimo ir prevencinius veiksmus.
5. *Informacijos pasikeitimas tarp pamainų.* Rekomenduojama įmonėje prie kiekvieno įrankio, įrengimo naudoti registrus, į kuriuos pamainos darbuotojai galėtų įrašyti gamybos proceso metus taikytas korekcijas, pakeitimus susijusius su renginio gedimu ir pačio gaminio gamybos procesu. Svarbu užtikrinti tinkamą informacijos pasikeitimą tarp pamainos darbuotojų, norint užtikrinti nepertraukiamą gamybos procesą.

IŠVADOS

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, kad vienas iš pagrindinių veiksnių, padedančių didinti prekių bei paslaugų konkurencingumą yra kokybė bei jos stabilumas.

2. Atliekant tyrimą įvertinta, kad labai svarbus yra tinkamo žaliavos tiekėjo pasirinkimas. Nustatyta, kad tinkamai pasirinktas lakštinio plieno tiekėjas leidžia įmonei sumažinti sąnaudas dėl nekokybiškos žaliavos patekimo į gamybą.

3. Pagal atliktos pirminės gaminio analizės rezultatus, nuspręsta, kad lakštinio plieno detalei gaminti bus naudojami tokie įrengimai, kaip lazerio pjovimo įrenginys, gręžimo ir sriegimo staklės, lenkimo staklės.

4. Atlikus pirminę tiriamosios detalės broko kiekio analizę nustatyta, kad broko procentas varijuoja 4 – 8 proc. Pagrindinis procesas, kuriame užfiksuojami didžiausi broko kiekiai yra rankinio gręžimo ir sriegimo bei lazerio procesai.

5. Išanalizavus lakštinio plieno detalės matavimo rezultatus, pastebėta kad lazerio įrenginys negali užtikrinti pjaunamos kiaurymės diametro tolerancijos atitikimą, kai tolerancija mažesnė negu H11. Atliktos kiaurymės su CNC valdomomis sriegimo-gręžimo staklėmis atitiko keliamiems tolerancijos reikalavimams, tačiau grafikuose pastebimi kiaurymių diametrų priartėjimai prie statistiškai kritinės kontrolės ribos, dėl įrankio nusidėvėjimo po tam tikro kiekio operacijų atlikimo. Lankstymo operacijoje pastebimi nežymūs kritinės ribos kirtimo atvejai, todėl susitarius su gaminio užsakovu, bei įvedus gaminio pakeitimus, t.y. leista pakeisti lenkimo spindulį iš R6 į R8, atsirado galimybė naudoti platesnę lenkimo matricą.

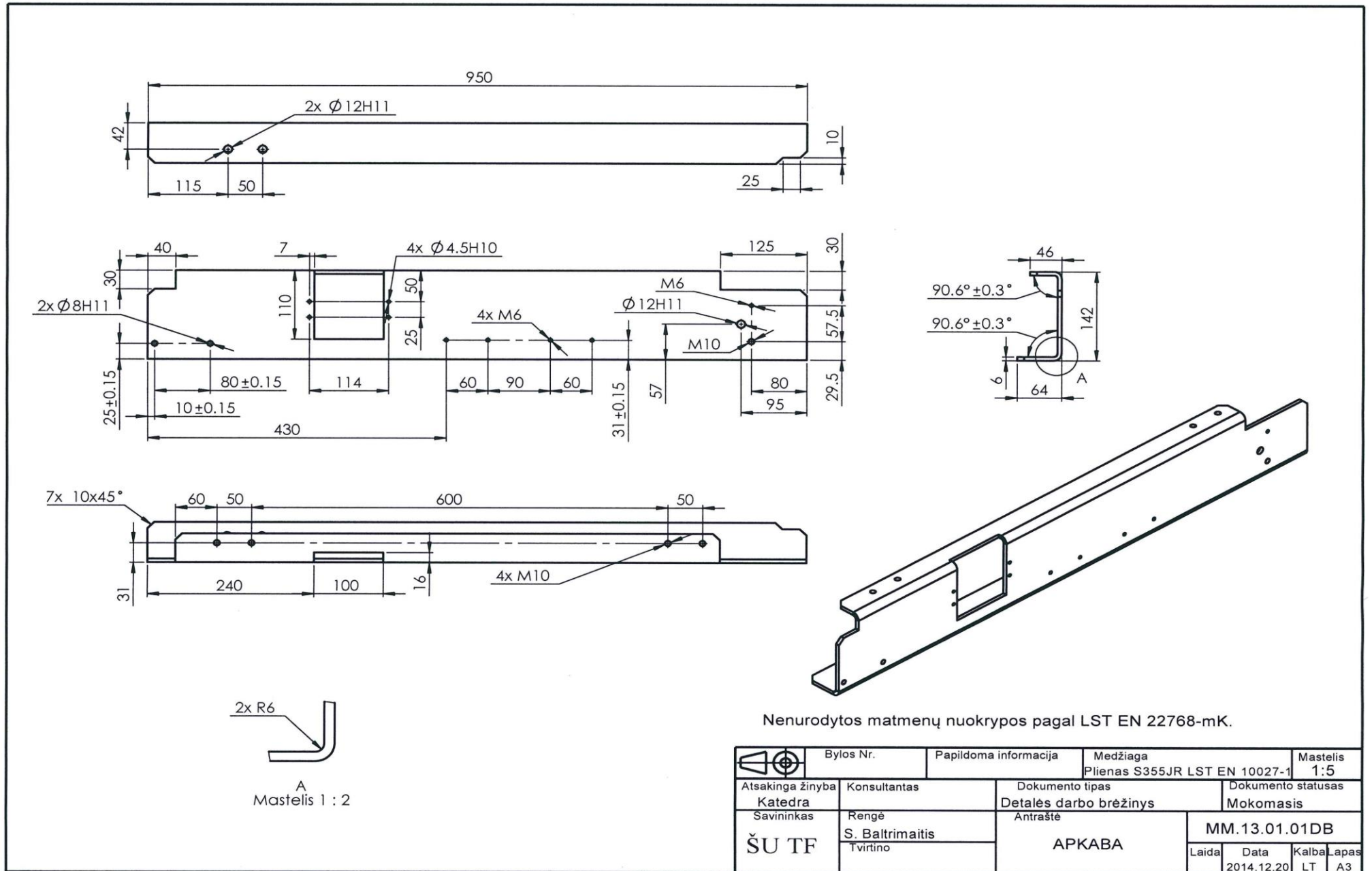
LITERATŪRA

1. ADOMĖNAS, V. (2000) *Statistiniai kokybės valdymo metodai*. Kaunas.
2. BARGELIS, A. (2002), *Gamybos plėtros strategija*. Kaunas
3. BERSIMIS, S., PASARAKIS, S. (2007). Multivariate statistical process control charts: an overview. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(5), 517-543.
4. CASTILLO, E., (2002). *Statistical process adjustment for quality control*. New York: Wiley.
5. ČEKANAČIUS, V., MURAUSKAS, G. (2003). *Statistika ir jos taikymai*. Vilnius: TEV.
6. ČEREŠKA, A., PAUŽA, V. (2005). *Kokybės analizė ir valdymas*. Vilnius.
7. DAUNORIENĖ, A., BAGDONIENĖ, D. (2008). Verslo procesų valdymo ypatumai organizacijoje kuriant kokybės vadybos sistemą. *Economics and Management*, p. 161-162.
8. DIENYS, A. (2005). *Kokybės duomenų valdymo įrašai*. Vilnius.
9. DIKAVIČIUS, V., STOŠKUS, S. (2003) *Visuotinės kokybės vadyba*. Kaunas.
10. DOOLEY, K., YAUN, G. (1992). Identification of change structure in statistical process control. *International Journal of Production Research*, 30(7), p. 1655-1669.
11. DRAGŪNAS, R., PILKAUSKAS, K., STASIŪNAS, A., STASIŪNAS, R. (1988). *Inžinieriaus mechaniko žinynas*. Vilnius.
12. Efektyvi 6 Sigma metodologija. [žiūrėtas 2014-11-14]. Prieiga per internetą: <<http://www.kvalitetas.lt/index.php?id=722>>.
13. EVANS, J., LINDSAY, W. (1995). *The Management and Control of Quality*. West Publishing Company.
14. FUCHS, C., BENJAMINI, Y. (2012). Multivariate profile charts for statistical process control. *Technometrics*, 36(2), p. 182-195.
15. HARRINGTON, H. J., MATHERS, D. D. (1996). *ISO 9000 and Beyond From Compliance Improvement*. New York.
16. JAKUBAVIČIUS, J., STRAZDAS, R., GEČAS, K. (2003). *Inovacijos: procesai, valdymo modeliai, galimybės*. Vilnius: Lietuvos inovacijų centras.
17. JANČIAUSKAS, B., MACEIKA, A., STRAZDAS, R., TOLOČKA, E., ZABIELAVIČIENĖ, I. (2012). *Pramonės įmonė valdymas: planavimas, organizavimas, vadovavimas*. Vilnius.
18. KENNY, J., LEON, J. (1998). *Statistical process control integration systems and methods for monitoring manufacturing processes*.

19. Konstrukcinio plieno smūginio tūsumo ir santykinio pailgėjimo reikšmės. [žiūrėta 2015-01-14]. Prieiga per internetą: <<http://www.e-plans.eu/files/Main/old/STR2-05-08-2005Pr05.pdf>>.
20. Lietuvos ekonominės plėtros agentūra. (2005) *Gamybos proceso kokybės kontrolė*. Vilnius.
21. Lietuvos standartas LS EN10027-1. (2005). *Plienu žymėjimo sistemos. 1 dalis. Plieno markės*. Vilnius.
22. Lietuvos standartas LST EN ISO 9001 (1995) *Kokybės sistemos. Kokybės užtikrinimo projektuojant, tobulinant, gaminant, įrengiant ir prižiūrint modelis*. Vilnius.
23. LIUČVAITIENĖ, A., PELECKIS, K. (2011). Šiuolaikinio verslo konkurencingumo formavimo ir vertinimo teoriniai modeliai ir jų taikymo galimybės. *Contemporary issues in business, Management and Education*, (15), p. 195-210.
24. MACGREGOR, J.F, KOURTI, T. (1995) Statistical process control of multivariate processes. *Control Engineering Practice*, 3(3), p. 403-414.
25. MASON, B., ANTONY, J. (2000). Statistical process control: an essential ingredient for improving service and manufacturing quality. *Journal of service theory and practice*, 10(4), p. 233-238.
26. OAKLAND, J. (2008). *Statistical process control: sixth edition*. United Kingdom: Oxford.
27. RADOSEVIC, M., PASULA, M. (2013). Reengineering of Supply Chain Process in Production System. *Engineering Economics*, 24(1), p. 71-80.
28. SERAFINAS, D. (2011). *Kokybės vadybos teorijos praktinis taikymas*. Vilnius.
29. STOUMBOS, G. REYNOLDS, M. R. (2000). The state of Statistical Process Control as we proceed into the 21st Century. *Journal of the American Statistical Association*, 95(45), p. 992-998.
30. The fourteen point for the transformation of management.[žiūrėta 2014-11-06]. Prieiga per internetą: <<https://www.deming.org/theman/theories/fourteenpoints>>.
31. WETHERILL, G.B., BROWN, D.W. (1991). *Statistical process control: theory and practice*. London: Chapman and Hall.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Tiriamosios detalės darbo brėžinys



	Bylos Nr.	Papildoma informacija	Medžiaga Plienas S355JR LST EN 10027-1	Mastelis 1:5
	Atsakinga žinyba Katedra	Konsultantas	Dokumento tipas Detalės darbo brėžinys	Dokumento statusas Mokomasis
Savininkas	Rengė S. Baltrimaitis	Antraštė	APKABA	MM.13.01.01DB
ŠU TF	Tvirtino	Laida	Data 2014.12.20	Kalba LT
			Lapas A3	

2 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis 2014 m. laikotarpiu

2014	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Iš viso:
Pagaminta iš viso:	300	430	250	180	360	450	500	340	560	600	470	510	4950
Broko kiekis iš viso:	21	26	14	13	14	27	20	27	34	42	19	33	289
Broko proc.	7	6	5,5	7	4	6	4	8	6	7	4	6,5	
Vidutiniškai broko kiekis	24												
Vidutiniškai broko proc.	6												

3 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal procesus 2014 m.

2014	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Iš viso:
Broko kiekis iš viso:	21	26	14	13	14	27	20	27	34	42	19	33	290
Žaliava	11	9	0	0	2	3	0	4	0	0	0	0	29
Lazerio įrengimas	2	5	6	4	5	10	8	11	20	17	8	6	102
Rankis gręžimas, sriegimas	3	9	6	6	7	14	10	10	14	23	8	25	135
Lenkimo staklės	5	3	2	3	0	0	2	2	0	2	3	2	24
Vidut. broko kiekis dėl žaliavos, vnt.	2												
Vidut. broko kiekis dėl lazerio įrengimo, vnt.	9												
Vidut. broko kiekis dėl rankinio gręžimo, sriegimo, vnt.	11												
Vidut. broko kiekis dėl lenkimo staklių, vnt.	2												

4 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis 2015 m. laikotarpiu

2015	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Iš viso:
Pagaminta iš viso:	450	415	350	455	1670
Broko kiekis iš viso:	11	8	13	14	46
Broko proc.	2.5	2	3.75	3	
Vidutiniškai broko kiekis	12				
Vidutiniškai broko proc.	3				

5 PRIEDAS. Tiriamosios detalės broko kiekis pagal procesus 2015 m.

2015	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Iš viso:
Broko kiekis iš viso:	11	8	13	14	46
Žaliava	0	0	0	1	1
Lazerio įrengimas	6	4	8	7	25
Griežimas-sriegimas CNC staklėmis	2	2	3	3	10
Lenkimo staklės	3	2	2	3	10
Vidut. broko kiekis dėl žaliavos, vnt.	0				
Vidut. broko kiekis dėl lazerio įrengimo, vnt.	6				
Vidut. broko kiekis dėl gręžimo,sriegimo CNC valdymo staklėmis, vnt.	3				
Vidut. broko kiekis dėl lenkimo staklių, vnt.	3				