



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS FAKULTETAS

MECHANIKOS IR MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Mantas Vancevičius

**METALO APDIRBIMO ĮMONIŲ GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMAS IR
OPTIMIZAVIMAS**

**IMPROVEMENT AND OPTIMIZATION OF MANUFACTURING PROCESSES IN
METAL PROCESSING COMPANIES**

Baigiamasis magistro darbas

Pramonės inžinerijos ir inovacijų vadybos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX056

Vilnius, 2019

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS FAKULTETAS

MECHANIKOS IR MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Mindaugas Jurevičius
(Vardas, pavardė)

2019.05.17
(Data)

Mantas Vancevičius

**METALO APDIRBIMO ĮMONIŲ GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMAS IR
OPTIMIZAVIMAS**

**IMPROVEMENT AND OPTIMIZATION OF MANUFACTURING PROCESSES
IN METAL PROCESSING COMPANIES**

Baigiamasis magistro darbas

Pramonės inžinerijos ir inovacijų vadybos studijų programa, valstybinis kodas 6121EX056

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

dr. Rūta Banelienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

2019-05-17
(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas Lekt. dr. Robertas Stunžinas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

2019-05-07
(Data)

Vilnius, 2019

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
MECHANIKOS IR MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Pramonės inžinerijos ir inovacijų vadybos studijų programa, valstybinis kodas
6121EX056

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Mindaugas Jurevičius
(Vardas, pavardė)

(Data)
2019 04 12

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

2019 04 12 Nr. 03.....
Vilnius

Studentui

Mantas Vancevičius
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Metalų apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimas ir optimizavimas

patvirtinta 2019 m. balandžio 10 d. dekanų potvarkiu Nr.106me

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2019 m. gegužės 17 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Darbo tikslas – remiantis mokslinės literatūros analize ir empirinio tyrimo rezultatais išanalizuoti metalo apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimo ir optimizavimo galimybes bei pateikti kompleksinį metalo apdirbimo įmonių efektyvios veiklos modelį.

1. Atlikti mokslinės - metodologinės literatūros bei mokslinių metodų analizę.
2. Atlikti metalo apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimo ir optimizavimo empirinius tyrimus.
3. Remiantis mokslinės literatūros analize ir empirinio tyrimo rezultatais pateikti siūlymus bei efektyvios veiklos modelį vidutinio dydžio metalo apdirbimo įmonėms.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
.....
.....

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

(Parašas)

dr. Rūta Banelienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

(Parašas)

Mantas Vancevičius

(Vardas, pavardė)

2019-04-12

(Data)

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Mantas Vancevičius, 20134309

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Mechanikos fakultetas

(Fakultetas)

Pramonės inžinerija ir inovacijų vadyba, PIVfm-17

(Studijų programa, akademinė grupė)

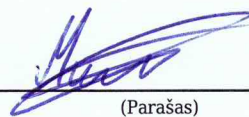
**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2019 m. gegužės 17 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Metalų apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimas ir optimizavimas“ patvirtintas 2019 m. balandžio 10 d. dekanų potvarkiu Nr. 106me, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas daktaras Rūta Banelienė.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Mantas Vancevičius
(Vardas ir pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas Mechanikos fakultetas Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra		ISBN Egz. sk. Data-.....-.....
Antrosios pakopos studijų Pramonės inžinerijos ir inovacijų vadybos programos magistro baigiamasis darbas 4		
Pavadinimas	Metalo apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimas ir optimizavimas	
Autorius	Mantas Vancevičius	
Vadovas	Rūta Banelienė	
Kalba: lietuvių		
Anotacija Šiame baigiamajame magistro darbe yra nagrinėjama gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo galimybės metalo apdirbimo pramonės įmonėse. Apžvelgiama metalo apdirbimo pramonė Lietuvoje, pagrindiniai privalumai ir trūkumai siekiant pastovaus tobulinimo ir optimizavimo. Ištirta, kaip Lietuvos metalo apdirbimo įmonės tobulina savo gamybos sistemą, koks yra gamybos sistemos tobulinimo ryšys tarp skirtingo dydžio įmonių. Darbe yra pateikiami apklaustų įmonių, susijusių su metalo apdirbimo darbais, tyrimo rezultatai. Nustatyti pagrindiniai veiksniai, turintys įtakos metalo apdirbimo įmonių gamybos proceso tobulinimui ir optimizavimui, taip pat didžiausios ir dažniausiai pasitaikančios problemos gamyboje. Remiantis tyrimo rezultatais yra pateikiamas gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje bei pateikiamos išvados ir pasiūlymai kaip tobulinti ir optimizuoti gamybos valdymą. Darbą sudaro: įvadas, metalo apdirbimo įmonių teorinių teiginių analizė, metalo apdirbimo įmonių probleminiai sričių empiriniai tyrimai, gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis, siūlymai ir išvados. Darbo apimtis – 78 p. teksto, be priedų, 66 iliustr., 1 lent., 38 bibliografiniai šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai.		
Prasminiai žodžiai: metalo apdirbimo įmonės, pramonė, konkurencija, tobulinimas, optimizavimas, „lean“, „kaizen“, 5S		

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Mechanics
Department of Mechanical and Material Engineering

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Industrial Engineering and Innovation Management** study programme Master Graduation Thesis 4

Title **Improvement and Optimization of Manufacturing Processes in Metal Processing Companies**

Author **Mantas Vancevičius**

Academic supervisor **Rūta Banelienė**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

This final master's thesis examines the possibilities of improvement and optimization of the production process in metal processing industry companies. An overview of the metalworking industry in Lithuania, the main advantages and disadvantages of constant improvement and optimization. It has been investigated how Lithuanian metal processing companies improve their production system, what is the link between the development of the production system and companies of different sizes. The paper presents the results of the survey of companies involved in metalworking work. The main factors that influence the improvement and optimization of the manufacturing process of metal processing companies as well as the biggest and most common problems in production have been identified. Based on the results of the research, a model for improvement and optimization of the production process for medium-sized companies in the metalworking sector is presented and conclusions and suggestions are provided on how to improve and optimize production management. Structure: introduction, analysis of theoretical statements of metal processing companies, problematic empirical research of metal processing companies, model of production process improvement and optimization, suggestions and conclusions. Thesis consist of: 78 p. text, without appendixes, 66 pictures, 1 table, 38 bibliographical entries. Supplements are included separately.

Keywords: metal processing companies, industry, competition, improvement, optimization, „lean“, „kaizen“, 5S

TURINYS

Paveikslų sąrašas.....	2
Lentelių sąrašas.....	4
Terminų ir santrumpų žodynas	5
ĮVADAS.....	7
1. GAMYBOS PROCESO TOBULINIMO IR OPTIMIZAVIMO TEORINIŲ TEIGINIŲ ANALIZĖ 9	
1.1. Teoriniai aspektai	9
1.2. Gamybos proceso samprata	12
1.3. Gamybos proceso tobulinimas metalo apdirbimo įmonėse taikant „lean“ sistemos principus	14
1.4. Automatizacija „lean“ įmonėse.....	20
1.5. Automatizuotos gamybos ryšis su „lean“ sistemos principais.....	22
1.6. Lietuvos visuomenės nusistatymas apie „lean“ sistemos principais	23
2. METALO APDIRBIMO ĮMONIŲ PROBLEMINEI SRIČIŲ EMPIRINIAI TYRIMAI	24
2.1. Metalo apdirbimo pramonė Lietuvoje ir užsienyje	24
2.2. Gamybos procesų tobulinimas ir optimizavimo principų diegimas metalo apdirbimo įmonėse	24
2.2. 5 būdai kaip nuolat gerinti suvirinimo sistemą	26
2.3. Tyrimo eigos paaiškinimas	32
2.4. Metalo apdirbimo įmonių tyrimo rezultatai.....	33
2.5. Vidutinių metalo apdirbimo įmonių rezultatų apibendrinimas	53
2.6. Koreliacijos analizė: vidutinio dydžio įmonių apklausos rezultatai	65
3. GAMYBOS PROCESO TOBULINIMO IR OPTIMIZAVIMO MODELIS	67
3.1. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje	67
3.2. Tiekimas	68
3.3. Prieš gamybiniai procesai	68
3.4. Operacijos	69

3.5. Po gamybiniai procesai.....	70
3.6. Vartotojas.....	71
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	73
Literatūros sąrašas.....	76
PRIEDAI	79

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Gamybos tobulinimo būdai.....	12
1.2 pav. „Lean“ gamybos procesų sumažinimo galimybės	15
1.3 pav. „Lean“ gamybos procesų padidinimo galimybės	15
1.4 pav. 5S sistema	16
1.5 pav. JIT metodika	18
1.6 pav. Nuolatinio tobulinimo sąlygos.....	19
1.7 pav. „Kaizen“ metodika	20
1.8 pav. JIT ir „lean“ sistemų įvedimo į gamybą rezultatai.....	21
2.1 pav. Produktyvus suvirinimas	27
2.2 pav. Suvirinimo režimų analizė.....	28
2.3 pav. Operatorių darbo vietos optimizavimas.....	29
2.4 pav. Išlaidos gamybos etapo tobulinimui.....	30
2.5 pav. PDCA sistema.....	31
2.6 pav. Įsipareigojimas ir atlyginimas.....	32
2.7 pav. Tyrimo eigos struktūra	33
2.8 pav. Darbuotojų skaičius įmonėse	34
2.9 pav. Metai vykdant gamybinę veiklą.....	34
2.10 pav. Įmonės apyvartos dydis	35
2.11 pav. Vidutinis darbuotojų atlyginimas	36
2.12 pav. Apskritis, kur yra vykdoma gamyba	36
2.13 pav. Užsakomų žaliavų kiekių didumas ir dažnumas	37
2.14 pav. Priežastis dėl kurios yra pasirinktas būtent toks užsakymo būdas.....	37
2.15 pav. Atstumas kuriuo yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai.....	38
2.16 pav. Žaliavų vienetų suma, gaminant produktą.....	38
2.17 pav. Gamybos apimtys.....	39

2.18 pav. Gamybos veika įmonėse	40
2.19 pav. Gamybos celės	40
2.20 pav. Produkto pagaminimo laikas	41
2.21 pav. Robotizavimas gamyboje.....	42
2.22 pav. Respondentų nuomonė ar yra suderinimas tarp robotizuotos gamybos ir „lean“ sistemos	42
2.23 pav. Gamybos tobulinimo ar optimizavimo būdai įmonėse.....	43
2.24 pav. Gamybos planavimo, tobulinimo, optimizavimo susirinkimų dažnis	43
2.25 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai.....	44
2.26 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai, kuriuos yra sunku įdiegti	44
2.27 pav. Gamybos problemų dažnumas pagal sritis ar rūšis	45
2.28 pav. Pagrindiniai susitvarkymo ir švaros reikalavimai įmonėse	45
2.29 pav. Tobulinimo disciplinų dažnumas pagal sritis ar rūšis	46
2.30 pav. Produkcijos kokybės tikrinimas	47
2.31 pav. Pagamintos brokuotos produkcijos kiekis	47
2.32 pav. Dažniausi gamybos nuostoliai	48
2.33 pav. Bendro įrengimo veiksmingumo įtaka galimiems praradimams	48
2.34 pav. Principas pagal kurį yra gaminama produkcija.....	49
2.35 pav. Parduodama produkcija	49
2.36 pav. Metai vykdant gamybinę veiklą (vidutinio dydžio įmonėse)	53
2.37 pav. Įmonės apyvartos dydis (vidutinio dydžio įmonėse).....	53
2.38 pav. Vidutinis darbuotojų atlyginimas (vidutinio dydžio įmonėse)	54
2.39 pav. Užsakomų žaliavų kiekių didumas ir dažnumas (vidutinio dydžio įmonėse)	55
2.40 pav. Atstumas kuriuo yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai (vidutinio dydžio įmonėse)	55
2.41 pav. Gamybos apimtys (vidutinio dydžio įmonėse)	56
2.42 pav. Gamybos celės (vidutinio dydžio įmonėse).....	56
2.43 pav. Robotizavimas gamyboje (vidutinio dydžio įmonėse).....	57
2.44 pav. Gamybos tobulinimo ar optimizavimo būdai (vidutinio dydžio įmonėse).....	57
2.45 pav. Gamybos planavimo, tobulinimo, optimizavimo susirinkimų dažnis (vidutinio dydžio įmonėse)	58
2.46 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai (vidutinio dydžio įmonėse)	58
2.47 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai, kuriuos yra sunku įdiegti (vidutinio dydžio įmonėse)	59
2.48 pav. Gamybos problemų dažnumas pagal sritis ar rūšis (vidutinio dydžio įmonėse)	59
2.49 pav. Pagrindiniai susitvarkymo ir švaros reikalavimai įmonėje (vidutinio dydžio įmonėse)...	60

2.50 pav. Tobulinimo disciplinų dažnumas pagal sritis ar rūšis (vidutinio dydžio įmonėse).....	61
2.51 pav. Produkcijos kokybės tikrinimas (vidutinio dydžio įmonėse)	62
2.52 pav. Pagamintos brokuotos produkcijos kiekis (vidutinio dydžio įmonėse).....	62
2.53 pav. Dažniausi gamybos nuostoliai (vidutinio dydžio įmonėse).....	63
2.54 pav. Bendro įrengimo veiksmingumo įtaka galimiems praradimams (vidutinio dydžio įmonėse)	63
2.55 pav. Principas pagal kurį gaminama produkcija (vidutinio dydžio įmonėse).....	64
2.56 pav. Parduodama produkcija (vidutinio dydžio įmonėse)	64
3.1 pav. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje	67
3.2 pav. Traukimo sistema	71

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė. Gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas metalo apdirbimo mikroįmonėse, mažose įmonėse ir vidutinėse įmonėse	50
2.2 lentelė. Koreliacijų ryšis tarp vidutinio dydžio įmonių	65

TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

5S – Vizualios darbo vietos kūrimo metodas, naudojant penkių japoniškų žodžių sąrašą: „seiri“ (surūšiuok), „seiton“ (sutvarkyk), „seiso“ (užtikrink švarą), „seiketsu“ (standartizuok) ir „shitsuke“ (palaikyk savikontrolę). Šie žingsniai nurodo, kaip tvarkyti darbo vietą, kad ji būtų efektyvi, identifikuojant ir laikant tik reikalingas darbo priemones, nuolat prižiūrint ir palaikant naują tvarką. Darbuotojai įtraukiami į savo darbo vietos standartizavimą ir tai užtikrina jų supratimą bei dalyvavimą.

BVP (angl. Gross Domestic Product – GDP) – yra vienas iš pagrindinių rodiklių, rodančių šalies ekonomikos išsivystymo lygį. Bendrasis vidaus produktas yra apibūdinamas kaip galutinė prekių ir paslaugų sukurtų šalyje rinkos vertė per tam tikrą laiko tarpą.

Ciklo laikas – laikas, reikalingas vienam vienetui pagaminti. Jis apima laiką, kai dirbama su produktu, bei kai laukiama kito proceso etapo. Ciklo laikas – tai rankinio, judėjimo ir pagalbinio laikų suma.

„FIFO“ (angl. „first in first out“) – reiškia principą, kad tas, kas pirmiau patenka į eilę, pirmiau iš jos ir išeina.

„Jidoka“ – pagrindinis „Toyota Production System“ principas, apytiksliai gali būti verčiama kaip „automatizacija padedant žmogui“. Tai reiškia, kad gamybos linijoje iškilus problemai darbuotojas gali sustabdyti procesą, kad nebūtų gaminamos prekės su defektu.

JIT – Gamybos procesų planavimo sistema, optimizuojanti medžiagų tiekimą, kad būtų tik tokių, kokių reikia, tada, kai reikia, ir tiek, kiek reikia.

„Kaizen“ – Japoniškas terminas, reiškiantis nuolatinį tobulėjimą. Sudarytas iš žodžių „kai“ (pasikeitimas) ir „zen“ (į gerą).

„Kanban“ – Japoniškas terminas, reiškiantis „signalas“. Tai yra vienas pagrindinių „Just in Time“ (JIT) gamybos sistemos įrankių. Dažniausiai naudojama kortelė, kurioje nurodyta konkreti informacija, pvz., detalės, prekės pavadinimas, aprašas, kiekis ir pan. Taip palaikomas tvarkingas ir efektyvus medžiagų srautas visame gamybos procese, nereikalaujantis papildomo skaičiavimo ir kontrolės.

„Lean“ – sistemos tikslas yra naudojant mažesnius išteklius sukurti didesnę vertę klientui ir didinti savo konkurencinį pranašumą. Tai pasiekama pašalinant arba mažinant klientui ir įmonei vertės nekuriančius procesus, sukuriant nuolatinio tobulėjimo kultūrą organizacijos viduje.

„Poka yoke“ – mechaninė apsauga nuo klaidų padarymo. Ji gali atkreipti darbuotojo dėmesį arba ištaisyti nukrypimus, bet geriausia Poka-yoke tokia, kuri tiesiog neleidžia įvykti žmogiškosios klaidoms. Iš pradžių šis metodas buvo vadinamas „baka-yoke“, tai reiškia „apsauga nuo kvailių“, vėliau pavadinimas buvo pakeistas į švelnesnį „poka-yoke“ („apsauga nuo klaidų“).

Proceso srauto grafikas – grafinis proceso pavaizdavimas, parodantis įėjis, išėjis, ir proceso žingsnius. Galima naudoti detaliam arba bendram proceso vaizdui sukurti, priklausomai nuo analizės tikslo. Dabartinės būsenos schema atspindi, kaip procesas veikia dabar. Ateities būsenos schema vaizduoja siektiną proceso būseną.

Tiekimo grandinė – sistema, susidedanti iš tiekėjų, gamintojų, prekybininkų, aptarnavimo atstovų ir pirkėjų, kurioje prekės, žaliavos ir sudėtinės dalys juda grandine link *žemyn*, pinigai *aukštyn*, o informacija abiem grandinės kryptimis.

„TOC“ (angl. Theory Of Constraints) – tai metodika, kuri reikalauja analizuoti visą sistemą, ieškant kertinių sistemos taškų. Kertiniai taškai nulemia visos sistemos našumą. Jeigu medicinos terminais, tai labiausiai atitiktų diagnostiką. Reikia surasti, kur sistemoje kažkas veikia neteisingai.

„Toyota Production System“ – integruota gamybos valdymo sistema, kurią sukūrė „Toyota“, paremta organizacijos filosofija ir praktika.

Vertės kūrimo žemėlapis – Simbolių kalba, naudojama proceso dabartinės būsenos (YRA) ir siekiamos būsenos (TURI BŪTI) pavaizdavimui. Vertės srauto schemų parengimas susideda iš tokių žingsnių:

- Esamos būsenos schemos YRA parengimo;
- Siektinos (ateities) būsenos TURI BŪTI parengimo;
- Veiksmų plano, leidžiančio pereiti iš būsenos YRA į būseną TURI BŪTI sukūrimo ir įgyvendinimo.

IVADAS

Didelį dėmesį konkurencingumui, lemia, jog įmonės privalo ieškoti naujų metodų, kurie galėtų padidinti veiklos našumą. Pagrindinis našumą lemiančių veiksnių yra gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas. Remiantis pasiektais skirtingų įmonių rezultatais šis procesas yra orientuotas į kokybę, nuolatinį tobulinimą ir išlaidų mažinimo priemones pramoninėje aplinkoje. Visgi, yra atvejų, kad net turint pažangias technologijas įmonės gamyba gali būti blogai sumodeliuota, o tai lemia mažesnę produkcijos kiekį, defektų atsiradimo tikimybę. Norint to išvengti yra naudojamas vertės kūrimo žemėlapis (VKŽ) ar proceso srauto grafikas (PSG) kaip tinkamų sprendimų įrankis, skirtas tiesiogiai valdyti investavimą, renkantis geriausią iš turimų galimybių variantą, kuris yra generuojamos simuliacijos sistema. Pirmą kartą šis metodas buvo pritaikytas Brazilijos metalo gamybos įmonėje, įmonė siekė padidinti gamybos pajėgumus. Rezultatai parodė žymų efektyvumą, kuris atsirado dėl VKŽ ir PSG priimant teisingus sprendimus. Galima buvo pamatyti viską su esamais ir būsimais įmonės gamybos scenarijais. Iš proceso duomenų galima apskaičiuoti produkciją, vieneto kainą kiekvienam gaminiui pagaminti, investicijos išlaidas, našumą (visų operatorių) ir išsidėstymus.

Taigi, ieškanti struktūruoto gamybos proceso su mažu atsargų lygiu, dideliu našumu ir trumpu pristatymo laiku yra tikras iššūkis su kuriuo susiduria verslas ir įmonės šiandieninėje visuomenėje. Pavyzdžiui, daugelis įmonių stengiasi racionalizuoti išteklių kiekį. Be kliento reikalavimų, susijusių su produktų kokybe ar paslaugomis, įmonės konkuruoja pranašumu ir lankstumu gamybos srąute. Lankstumas yra raktas pasiekti veiksmingą ir greitą atsakymą į kliento norus.

Tiriamasis objektas

Tyrimo objektas – Lietuvos metalo apdirbimo pramonės įmonės. Tyrimo metu bus kreipiamas dėmesys į gamybos nuoseklumą, gamybos proceso tobulinimą, nereikalingus švaistymus, automatikos procesus. Tyrimui yra sudaromas klausimynas, kuris yra pateikiamas metalo apdirbimo įmonėms.

Temos naujumas

Nudienos visuomenėje pastebimos tendencijos, jog ženkliai mažėja masinė ir serijinė gamyba, o daugėja smulkia serijinės ir vienetinės gamybos tipų poreikis. Tai atsitinka, nes trumpėja produktų gyvavimo laikas, vartotojai siekia būti išskirtiniai, dažniau keičia vartojamus gaminius. Esant tokioms sąlygoms gamybos įmonėms kyla poreikis ne tik patobulinti gamybos procesus, bet ir pakeisti gamybos ciklą. Įmonei vykdant tobulėjimo procesus ar naujai kuriant gamybos sistemą svarbu suvokti visus sistemos elementus ir nuosekliai juos diegti. Dažnai įmonės pradeda diegti kitose įmonėse matytas gamybos valdymo priemones ar metodus gerai nesuvokę visos įmonės gamybos sistemos, įmonės kultūros, filosofijos ir principu. Pavieniai gamybos valdymo įrankiai ir

metodai, tokie kaip 5S, „kaizen“, ir pan., nesilaikant pamatinių gamybos valdymo principų, gali duoti tik trumpalaikį efektą, o kartais net būti žalingi.

Darbo tikslas ir uždaviniai – remiantis mokslinės literatūros analize ir empirinio tyrimo rezultatais išanalizuoti metalo apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimo ir optimizavimo galimybes bei pateikti kompleksinį metalo apdirbimo įmonių efektyvios veiklos modelį.

1. Atlikti mokslinės - metodologinės literatūros bei mokslinių metodų analizę.
2. Atlikti metalo apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimo ir optimizavimo empirinius tyrimus.
3. Remiantis mokslinės literatūros analize ir empirinio tyrimo rezultatais pateikti siūlymus bei efektyvios veiklos modelį vidutinio dydžio metalo apdirbimo įmonėms.

Tyrimo metodai

1. Teorinėje dalyje, apžvelgus literatūros šaltinius apie gamybos tobulinimą ir optimizavimą bei Lietuvos ir užsienio įmonių „lean“ metodikos taikymo būdus, bus atlikta pirminė tyrimo analizė.
2. Naudojant anketinę apklausą bus nustatomi metalo apdirbimo įmonių gamybos procesų tobulinimai ir gamybos optimizacijos. Surinkti duomenys bus apdorojami „Excel programa“, tai leis nustatyti metalo apdirbimo įmonių tobulinimo ir optimizavimo procesus ir rasti pagrindines problemas diegti nuolatinį gamybos tobulinimą.
3. Remiantis teorine dalimi bei atlikto tyrimo rezultatai bus pateikiamas efektyvios veiklos modelis vidutinio dydžio metalo apdirbimo įmonėms.

Darbo mokslinė vertė

Daugelis įmonių nedidelių įmonių nenori permainų, tačiau jos yra būtinos norint konkuruoti. Didžiąją dalį produkcijos Lietuvos metalo apdirbimo įmonės eksportuoja, todėl būtina siekti nuolatinių tobulinimų, kelti BVP. Tyrimo rezultatus bus galima pateikti konkrečiomis įmonėmis. Parodyti galimą gamybos proceso tobulinimą ir kitas idėjas. Pritaikyti „lean“ gamybos metodą metalo apdirbimo įmonėms.

1. GAMYBOS PROCESO TOBULINIMO IR OPTIMIZAVIMO TEORINIŲ TEIGINIŲ ANALIZĖ

1.1. Teoriniai aspektai

„Lean“ terminą pirmą kartą panaudojo Johnas Krafcikas po apsilankymo Japonijos automobilių gamintojo „Toyota“ gamykloje, kai analizavo „Toyota“ gamybos sistemą. „Mes nustatėme, kad aplankytos „lean“ gamyklos turi ženkliai didesnę darbo našumą ir geresnę kokybę, negu gamyklos, kurios naudoja masinės gamybos principus“ (Krafcik, 1992). Womackas pabrėžia, kad „lean“ gamybos principas ir „Toyota“ gamybos sistema yra laikomas sinonimu. Pasak Maleyeffo ir kitų, „lean“ gamybos pagrindinis dėmesys buvo atliekų mažinimas, naudojant išteklius prieinamus gamybos sistemai.

Ohno pasiūlė, kad gamyboje patirtus nuostolius galima suskirstyti į septynias pagrindines grupes:

- perprodukcija;
- judėjimas;
- laukimas;
- transportavimas;
- atsargos;
- nereikalingas, perteklinis apdirbimas;
- defektai.

Womackas ir Jonesas sukūrė metodą, kuris padeda įgyvendinti „lean“ principą:

- surasti gamybos siaurąsias vietas;
- sukurti vertės kūrimo srautą;
- gamybą vykdyti traukimo principu;
- nuolat tobulėti.

Vertės kūrimo grandinė buvo naudojama sukurti bendrą gamybos pagrindą, perdirbti ir pašalinti visas atliekas: perprodukciją, laukimą, gabenimą, nereikalingus judesius, nereikalingas atsargas ir trūkumų turinčius gaminius. Be to, naudojant vertės kūrimo grandinę, galima pridėti papildomų žinių apie procesą, išreikšti patobulinimus ateičiai.

Singhas ir kt. analizavo literatūrą apie vertės kūrimo grandinę ir nustatė, kad 38% atvejų yra analizė, 32% – kaip conceptualus darbas, 24% kaip empirinis modeliavimas, ir 6% apklausos straipsniai. Moksliniai šaltiniai taip pat apibūdino vertės kūrimo grandinę kaip veiksmingą proceso atliekų identifikavimo ir mažinimo technologiją.

Turint svarbiausius VKŽ įrankius, galima procesą integruoti į kitas technologijas. Tabanlı ir Ertay'as analizavo galima naudą ir sąnaudas, integruojant VKŽ ir elektroninę „kanban“ sistemą automobilių pramonėje.

Alvarezas ir kiti ištyrė vertės kūrimo žemėlapių naudojimą, „kanban“ ir „pienovežio maršrutą“, kuomet „lean“ yra įvedamas į gamybos įmonę. Jie nustatė, kad „lean“ įrankiai turi teigiamos įtakos diegiant nuolatinį tobulinimą industrijos įmonėms.

Norit identifikuoti gamybos sistemos elementus yra naudojamas VKŽ metodas. Pirmą kartą metodą panaudojo automobilių gamybos įmonė „Toyota“, kuri siekė eliminuoti švaistymus ir užtikrinti nuolatinį produktų ir informacijos srautą visoje tiekimo grandinėje. Tipinis „Toyota“ gamybos proceso tobulinimo būdas nusako:

- identifikuoti procesus kurie kartojasi ir juos tobulinti;
- taikyti VKŽ metodą identifikuoti švaistymus dabartiniame ir būsimame procese;
- įgyvendinti pakeitimus;
- švęsti sėkmę.

Nepaisant to, kad vertės kūrimo žemėlapis yra efektyvus, norit nustatyti vertę kuriančias ir vertę nekuriančias operacijas, VKŽ negali ištirti realaus proceso. Norint nustatyti pakitimus naudojant VKŽ, reikia naudoti gamybos sistemos simuliacijas. Simuliacijos apibrėžia skaičiavimo metodo techniką, tai geriausiai atspindi tiriamą sistemą.

Hanas taikė simuliacijos priemonę, skirtą įvertinti gamybos sistemą po siūlomų patobulinimų pagrindais „lean“ gamybos principais.

Gurumurthy'as ir Kodalis sukūrė dabartinį VKŽ, kuris yra pritaikytas „lean“ gamybos sistemos principams ir sukuria efektyvesnę gamybos rezultatą. Buvo lyginami dabarties ir ateities vertės kūrimo žemėlapiai naudojant gamybos simuliacijos sistemą.

Meloukas naudojo simuliaciją optimizuoti plieno gamybos procesą, kur pagrindinis tikslas buvo sumažinti išlaidas. Eksperimentai parodė, kad sumažėjo sąnaudos, keičiant atsargų kiekį įmonėje. Simuliacija leido per trumpą laiką įvertinti įvairius variantus kaip gamyba keičiasi įdiegus skirtingus tobulinimus į gamybą.

Elektroninė „kanban“ sistema buvo pagrįsta radijo dažnio indentifikavimo technologija, kuri naudoja radijo bangas, nustatant objekto ar asmens indentifikavimo informaciją. Taigi, inventoriaus matomumas realiu laiku, leido priimti geresnius sprendimus dėl atsargų kiekio.

Kitą vertus, Gurumurthy'as ir Kodalis atrado trūkumų, kurios turi VKŽ:

- VKŽ yra statinis įrankis, rodantis gamybos kiekį konkrečią dieną. Taigi, jis kiekvieną kartą skiriasi priklausomai nuo įvairių situacijų gamyboje (techninės priežiūros, vėlavimų ir pan.);

- vertės kūrimo žemėlapių pagalba yra įgyvendinamos visos problemos, tačiau realioje gamyboje tai pavyksta ne visada;
- tikslai ir vertybės yra apskaičiuoti, tačiau ne visada tai pavyksta pasiekti;
- pakeisti VKŽ etapus užima daug laiko ir darbo.

Atitinkamai, proceso srauto grafikas (PSG) gali būti naudojamas kaip papildoma VKŽ priemonė. PSG siekė kiekybiškai įvertinti pradinį planavimą ir vertinimą etapuose, be galimybės apibrėžti reikalingus išteklius ir parodyti būsimą proceso efektyvumą. Baykasoglu ir Durmusoglu naudojo PSG, sukurta „siman“, kad būtų galima priimti sprendimus dėl poveikio lankstumo laike ir būtų galima veikti keliais būdais. Būdai turėjo keturis skirtingus lankstumo atvejus, dviejų skirtingų mašinų atrankos taisyklę ir trys siuntimo taisyklių tipus.

Greasley'as parodė, kad PSG naudojama kaip priemonė, kuri sumažina sprendimo riziką. Tai buvo įmanoma patikrinti, tiesiog reikėjo įrodymų dabartinėje gamybos sistemoje, prieš investuojant į sprendimą, kuris patobulina gamybos ciklą.

Marvelas ir Standridge analizavo proceso srauto grafiko naudojimą „lean“ gamybos projektuose. Autoriai pabrėžė „lean“ projekto trūkumus ir parodė, kaip imitacija padeda įveikti šiuos trūkumus.

Siekiant sumažinti atliekų kiekį gamybos sistemoje, Gurumurthy'as ir Kodalis nusprendė atlikti šiuos veiksmus „lean“ procese:

- subalansuoti gamybos liniją, siekiant užtikrinti nuolatinį srautą;
- pakeisti išdėstymą, norint sumažinti nereikalingų darbuotojų skaičių, judėjimą ir medžiagų transportavimą;
- įvesti valymo metodus ir standartizuoti (5S įrankį), kuris padeda išlaikyti darbo vietą organizuotą ir tvarkingą;
- sumažinti atsargų, žaliavų kiekį sandėlyje;
- nuolat tobulinti gamybos procesus, supaprastinti ir derinti operacijas, pašalinti nereikalingas operacijas.

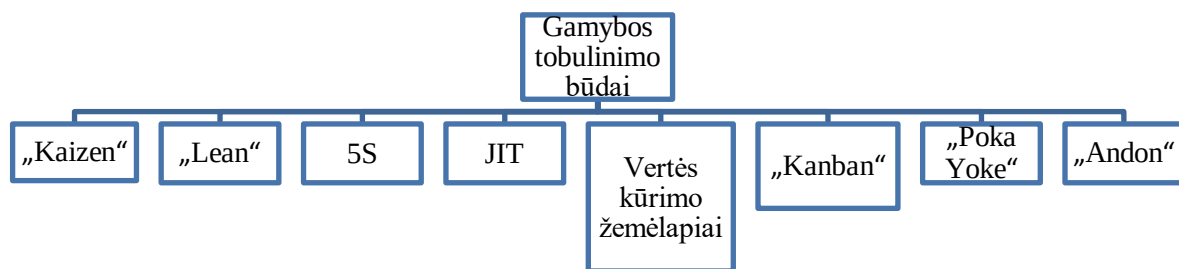
Tačiau, sėkmingas taikymas „lean“ gamybos principų yra toks pat geras kaip ir PSG susijęs su techninių aspektų integravimu ir žmogaus veiksniais. Blackas pabrėžia, kad yra ypač svarbi tinkama pusiausvyra taip žmonių ir technologijų. Yangas ir Yangas teigia, kad darbuotojai plėtodami „lean“ gamybos principus padeda išlikti Taivano gamybos įmonėms.

Taigi, naudojant VKŽ ir simuliacijos įrankį, kuriant pramoninę aplinką, buvo siekiama sukurti VKŽ plius simuliacija, kuri palaikytų vadovų sprendimą investuoti į geriausią variantą tarp skirtingų produkcijos scenarijų. Šis tyrimas buvo įgyvendintas gamybos įmonėje, kur vadovai turėtų priimti sprendimus, kaip patenkinti gamybos paklausą. Gamybinė celė pagamino 30 skirtingų produktų. Gamybos proceso laikas buvo pastovus, viso pagaminta 2,332 produktų per dieną.

Gamyboje buvo 13 operatorių, 2 pjovimo mašinos ir 9 surinkėjai, kurie dirbo po 8 val. Siekiant patenkinti paklausą, buvo pasiūlyti du scenarijai. Pirmuoju atveju proporcingai didinti išteklius, kol antrasis tobulino technologijas.

Jefrey K. Likeris (2006), nagrinėjęs „Toyota“ gamybos sistemą, nustatė, kad gamybos proceso lankstumą, greitį ir efektyvumą lemia ne modernios technologijos, o žmonės ir jų nuolatinio tobulėjimo skatinimas. Jis pabrėžia vartotojo suvokimo reikšmę sakydamas, kad „...vienintelis dalykas, kuris padidina kiekvieno proceso vertę – nesvarbu, ar tai gamybos, ar rinkodaros, ar plėtos procesas, yra fizinis arba informatyvus gaminio, paslaugos ar veiklos pavertimas į tai, ko nori klientas...“.

Remdamasis, kad Hendersonas ir Larco (2000) apibrėžė šešis pagrindinius „lean“ gamybos principus, kuriais reikia vadovautis, norit įgyvendinti gamybos tobulinimo sistemą. Pagrindiniai aspektai yra: saugu, tvarkinga švaru, JIT, 6 Sigma kokybė, strateginis tobulinimas, vizualinis valdymas ir nuolatinis tobulinimo. Jie pagrindiniai „lean“ gamybos principai.



1.1 pav. Gamybos tobulinimo būdai

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Henderson *et al.*, 2000

Taigi, „lean“ įgyvendinimo tikslas gamyboje yra trumpinti užsakymo įvykdymo laiką, mažinti kaštus, gerinti darbų saugą ir kokybę. Tai atliekama optimizuojant procesus per 7 nuostolių identifikavimą ir šalinimą. Kuriant aiškius susitvarkymo bei darbo atlikimo standartus, siekiant išlaikyti optimalius atsargų kiekius, nustatant aiškias atsakomybes ir prioritetus pirmiausia reikia išryškinti ir pašalinti nuostolius: per didelis ar per mažas atsargų kiekis, nereikalingas vaikščiojimas ir neefektyvus transportavimas, papildomi procesai, prastovos ir laukimas, broko taisymai, gamyba ne pagal poreikį. Naudojami „lean“ metodai įtraukia darbuotojus į kasdienę tobulinimo veiklą, padeda ugdyti savarankiškumą, atsakomybę, komandinį darbą.

1.2. Gamybos proceso samprata

Metalo apdirbimo įmonėse gamybos procesas yra vienas iš svarbiausių veiklos elementų. Visos metalo apdirbimo įmonės yra priskiriamos materialiai gamybai, kadangi įmonės kuria realų produktą. Didžiausios metalo apdirbimo įmonės gali pasiūlyti šiuos atliekamus darbus: kirpimas/atskyrimas; pjovimas juostiniu ar diskiniu pjūklų; CNC dujinis pjovimas; šlampavimas;

spyruoklių gamyba; tekimas; CNC tekimas; automatinis revolverinis tekimas; frezavimas; CNC frezavimas; ištekimas ir gręžimas; pratraukimas; plokščias šlifavimas; apvalusis šlifavimas; krumpliaračių gamyba; metalo lakštų lankstymas; lenkimas valcavimu; valcavimas; sriegio valcavimas; valymas šratais; šlapias dažymas; stampų ir presformų projektavimas; stampų ir presformų gamyba; grūdinimas; indukcinis grūdinimas; metalo suvirinimas el. lanku; TIG suvirinimas; taškinis suvirinimas; galandinimas; įrankių ir įrangos projektavimas; detalių ir mašinų projektavimas; įrankių ir įrangos gamyba.

Taigi, gamyba apima visus reikalingus žingsnius norint paversti medžiagas, komponentus į išbaigtus gaminius, kurie atitinka vartotojų lūkesčius ir specifikaciją. Didelėse gamybos įmonėse paprastai šis procesas apima žmogaus ir mechanizmų išsidėstymą su darbo pasidalijimu. Kadangi vartotojai nori turėti unikalų gaminį su maža kaina ir jį gauti labai greitai, šiuolaikinės įmonės gamybos procesas taip pat turėtų būti greitas, lankstus ir efektyvus. (R. Strazdas, 2012 m.)

Gamybos procesas susideda iš pagrindinių sistemos dalių: darbas, darbo priemonės ir darbo objektai. Taigi, kad vyktų gamybos procesas, turi būti naudojamos visos šios sudėtinės dalys. Įmonės turi turėti pakankamai darbo jėgos, įrengti gamybines patalpas, nupirkti reikalingus technologinius įrengimus, įsigyti žaliavų, pagrindinių ir pagalbinių medžiagų, komplektuojančių dirbinių ir kt. Nors ir turint visas šias reikalingas gamybos proceso sudedamąsias dalis – gamybos procesas gali nevykti. Tam reikalingos žinos apie našų gamybos procesų sudarymą. Gamybos proceso sudarymas – tai priemonių, racionaliai derinančių dalinius gamybos procesus su darbo priemonių ir darbo objektų naudojimu, sistema. Ji apima visus įmonės veiklos etapus ir visas veiklos sritis. Įmonės turi savus gamybos proceso sudarymo ypatumus: dėl mažų gamybos apimčių, ribotų gamybinių pajėgumų, kapitalinių įdėjimų, darbuotojų kvalifikacijos lygio ypatumų ir kt. Į tai reikia atsižvelgti optimizuojant pagrindinius, pagalbinius ir aptarnavimo procesus.

Pagrindiniai procesai – tai procesai, kurių metu keičiamos įvairios darbo objektų savybės: formos, matmenys, fizinės bei cheminės savybės ir kt. Pagrindinių procesų galutinis rezultatas – gatavi gaminiai, patarnavimai. Pagrindiniai gamybos procesai susideda iš trijų fazių: paruošimo, apdirbimo ir surinkimo.

Paruošimo fazėje iš medžiagų gaminami ruošiniai, o iš jų – detalės. Apdirbimo fazėje, gaminamos detalės, o surinkimo fazė skirta gataviems gaminiams surinkti, išbandyti, jų apdailai ir kt. Šių fazių technologiniai procesai priklauso nuo gamybos pobūdžio ir paslaugų rūšies. Mažosiose ir vidutinėse įmonėse gali ir nebūti visų šių fazių, tai priklauso nuo specializacijos lygio. Gamybos procesus reikėtų derinti tarp įmonių, tada sumažėtų gamybos išlaidos, padidėtų darbo našumas.

Sukauptas patyrimas ir mokslas reikalauja, kad gamybos procesai būtų organizuoti pagal šiuos principus: proporcingumo, nenutrūkstamumo, ritmingumo, sroviškumo, lankstumo, mechanizavimo ir automatizavimo. Nelengva šiuos principus įgyvendinti mažosiose įmonėse.

Pavyzdžiui, proporcingumo principas reikalauja, kad visi įmonės gamybiniai pajėgumai būtų suderinti, užtikrintų nepertraukiamą gamybą. Gamybos nenutrūkstamumas pasiekiamas retai, o visiškai jo išvengti – neįmanoma. Pertraukos gamybos procese yra neišvengiamos, o jų sutrumpinimas iki minimumo trumpina gamybos ciklą, mažina nebaigtos gamybos likučius. Gamybos ritmingumas pasiekiamas tada, kai bet kuriuo laikotarpiu kiekvienoje darbo vietoje, padalinyje pagaminamas vienodas arba nuolat didėjantis produkcijos kiekis. Ritmingas darbas turi įtakos gaminamos produkcijos kokybei, gerina įmonės veiklos rodiklius.

Gamybos proceso organizavimą mažose ir vidutinėse įmonėse lengvina palygintai maži gamybiniai pajėgumai (gamybiniai plotai), maža gamybos apimtis, specifinės darbo organizavimo sąlygos ir kt.

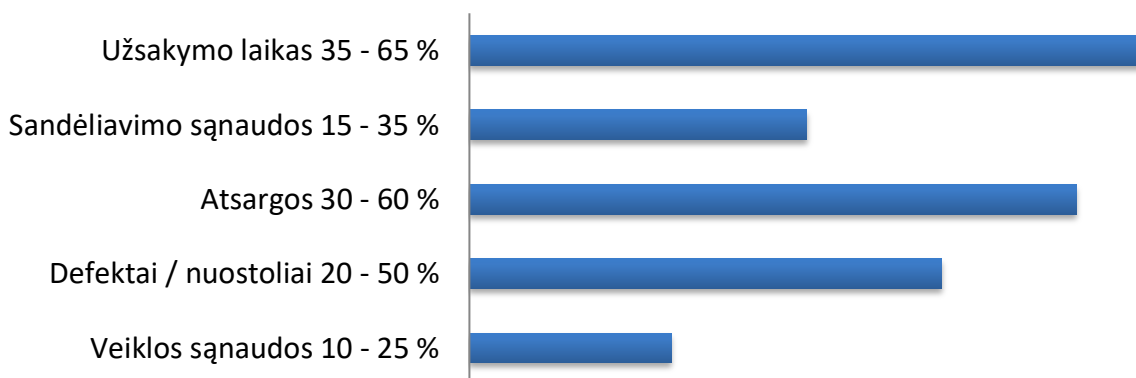
1.3. Gamybos proceso tobulinimas metalo apdirbimo įmonėse taikant „lean“ sistemos principus

Pasaulinė patirtis rodo, kad įmonės konkurencingumas didžiaja dalimi priklauso nuo tinkamo gamybos valdymo organizavimo. Takedos (2005) teigimu, „lean“ yra universali priemonių ir metodų sistema, tinkanti visoms sritims (pramonės, statybos, medicinos ir t.t.) tobulinti. Tyrimo metu nustatyta, kad visais laikais, esant ekonomikos recesijai, įmonės ieško būdų, kaip sumažinti sąnaudas, ir daugiausia dėmesio skiria efektyviam darbo jėgos panaudojimui. Tačiau siauros paskirties procesų optimizavimo priemonės nepadedą, dažnai net ir kenkia įmonės veiklai (Ohno, 2005). Radikalus sąnaudų mažinimas, pvz., darbuotojų atleidimas, turi tik trumpalaikį poveikį. Jis nekeičia darbo atlikimo būdo ir darbuotojų mąstymo. Tradicinis požiūris ir susiformavusios nuostatos iš esmės nieko nekeičia. Šiandien „lean“ sistema, kuri prieš pusę amžiaus buvo vienos kompanijos strategija, tampa daugelio įmonių išlikimo sąlyga. Visi patiria nuostolių ir įvairiais būdais bando jų išvengti. „lean“ sistemos veiksmingumą rodo vis didėjantis susidomėjimas jos principais ir jų tobulinimas.

Pasak Anando ir Kodaliao (2010), perėjimas prie „lean“ gamybos sistemos toli gražu nėra paprastas procesas, susidedantis iš dviejų etapų. Pirmasis etapas – tai produkcijos savikainos mažinimas ir darbo našumo didinimas. Antrasis – nuolatinio tobulėjimo procesas, kurio esmė ta, kad kiekvienas darbuotojas savo darbe turi naudoti naujas technologijas ir siekti tobulumo. Sunku paneigti, kad be naujos įrangos ir technologijų neįmanoma tapti konkurencingiems pasauliniui mastui. Kita vertus, efektyvi įmonės veikla – darbo proceso organizavimas ir vien tik aukštosios technologijos negali pakelti įmonės rentabilumo. Ši sistema keičia vadovų požiūrį į gamybos procesą ir skatina mažinti produkcijos savikainą išlaikant aukštą kokybę ir aptarnavimo lygį. Optimizuojant gamybos procesą svarbu suprasti „lean“ esmę teoriniu aspektu, kaupiti žinias, ieškoti naujų tobulinimo galimybių, o ne tik akiai kartoti pirmaujančių įmonių patirtį. Dickinsono ir

Hammondo (2004) manymu, „lean“ diegimo sėkmė priklauso nuo sistemos supratimo ir jos pritaikymo konkrečioje situacijoje. Nors metalo apdirbimo įmonėse „lean“ sistemos suvokimas ir taikymas dar nėra įsigalėjęs, tačiau dėl eksporto į kitas šalis konkurencingoms Lietuvos įmonėms tampa aktualus. Taigi, nuostolių mažinimas tapo pelningu ir pridėtinę vertę turinčių įmonių būtinybe. Šiandien metalo gaminiai naudojami daugelyje pramonės šakų (technikos, automobilių, aviacijos, medicinos įrangos gamybos, statyboje). Gaminiai yra skirtingi ir kiekvieno užsakymo duomenys gali skirtis nuo prieš tai gamintų, o tai įmonėms neša didelį pelną. Paprasto metalo apdirbimo neužtenka, reikia nuolat ieškoti naujų sprendimų. Visa tai leidžia puikiai pritaikyti „lean“ gamybos sistemos principą, kuris padeda mažinti gamybos sąnaudas ir didinti produkcijos kokybę. Aptariamų sistemos tikslas – mažesnėmis sąnaudomis kurti kuo didesnę vertę ir didinti savo konkurencinį pranašumą. „Lean“ esmę geriausiai nusako du pagrindiniai principai: nuolatinis tobulėjimas ir nereikalingų veiklų atsisakymas (nuostolių pašalinimas). Tai yra klientui ir įmonei pridėtinės vertės nekuriančių procesų eliminavimas arba mažinimas sukuriant nuolatinio tobulėjimo kultūrą organizacijos viduje.

Sumažinti



1.2 pav. „Lean“ gamybos procesų sumažinimo galimybės

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis lean.lt

Padidinti

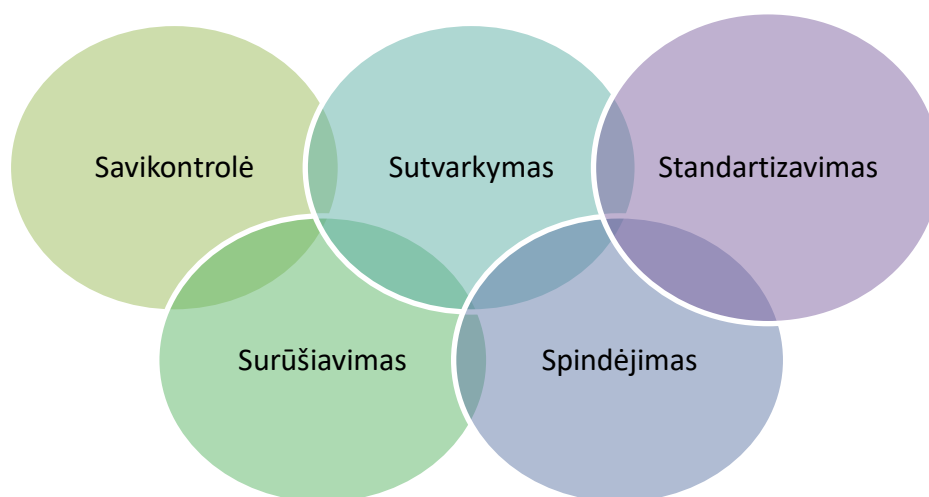


1.3 pav. „Lean“ gamybos procesų padidinimo galimybės

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis lean.lt

Apžvelgus literatūros šaltinius apie gamybos tobulinimą ir optimizavimą bei Lietuvos ir užsienio įmonių „lean“ metodikos taikymo būdus buvo atlikta pirminė tyrimo analizė. Ji parodė, kad optimizuoti metalo apdirbimo gamybos procesą pradedama nuo vartotojų poreikių ir gamybos nuostolių identifikavimo. Kiekviename gamybos etape atsiranda nuostolių dėl įrangos neeksploatavimo, jos neaptarnavimo reikiamu laiku, darbo vietų neapgalvojimo ir netinkamo gamybos ciklo organizavimo, sandėliavimo ir neapgalvotos logistikos. Vadovaudamasi „lean“ sistemos principu įmonės susipažįsta su klientu, jo poreikiais, norais ir tik tada planuoja produkto kūrimą. Šiandien Lietuvoje metalo apdirbimo įmonės, kurios tik pradeda naudoti „lean“ sistemą, dažniausiai naudoja tik vieną ar du sistemos įrankius. Plačiausiai „lean“ sistema yra paplitusi Japonijoje ir JAV. Vartotojai formuoja paklausą, o jų poreikis lemia gaminio kokybę ir pristatymo laiką, kuris nuolat auga, todėl „lean“ sistema tampa vis populiareesnė. Tai leidžia šalinti veiksnius, nesukuriančius produkcijos vertės, ir ženkliai sumažinti gamybos trukmę.

Įmonės veikla negali būti efektyvi, jeigu joje žaliavos nesurūšiuotos, įrankiai nesutvarkyti, darbo aplinka netvarkinga ir nešvari, darbo procedūros nestandartizuotos, nėra vidinės tvarkos palaikymo. Dėl išskylančių žaliavų ir įrankių problemų stoja gamyba, krinta produktyvumas. Dėl nesutvarkytos darbo aplinkos ir nestandartizuotų procedūrų galimi nelaimingi atsitikimai ir avarijos, kurie taip pat stabdo gamybą ir mažina produktyvumą. Nuostolių šalinimas prasideda nuo 5S, kuris yra daugiau negu priemonė – tai tam tikras įmonės kultūros modelis, leidžiantis nuolat gerinti darbo aplinką ir sąlygas įtraukiant visus įmonės narius. 5S žingsniai: (surūšiuojimas, savikontrolė, susitvarkymas, standartizavimas, spindėjimas) diegimo.



1.4 pav. 5S sistema

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Jančiauskas *et al.*, 2012

Darbuotojus skatina malonesnės darbo sąlygos, didesnis darbo pasitenkinimas ir galimybė daryti įtaką savo darbo kokybei. Didžiausia nauda įmonei yra aukštesnė produkto kokybė, didesnis produktyvumas, didesnis kliento pasitenkinimas ir įmonės augimas. Sutvarkyta aplinka

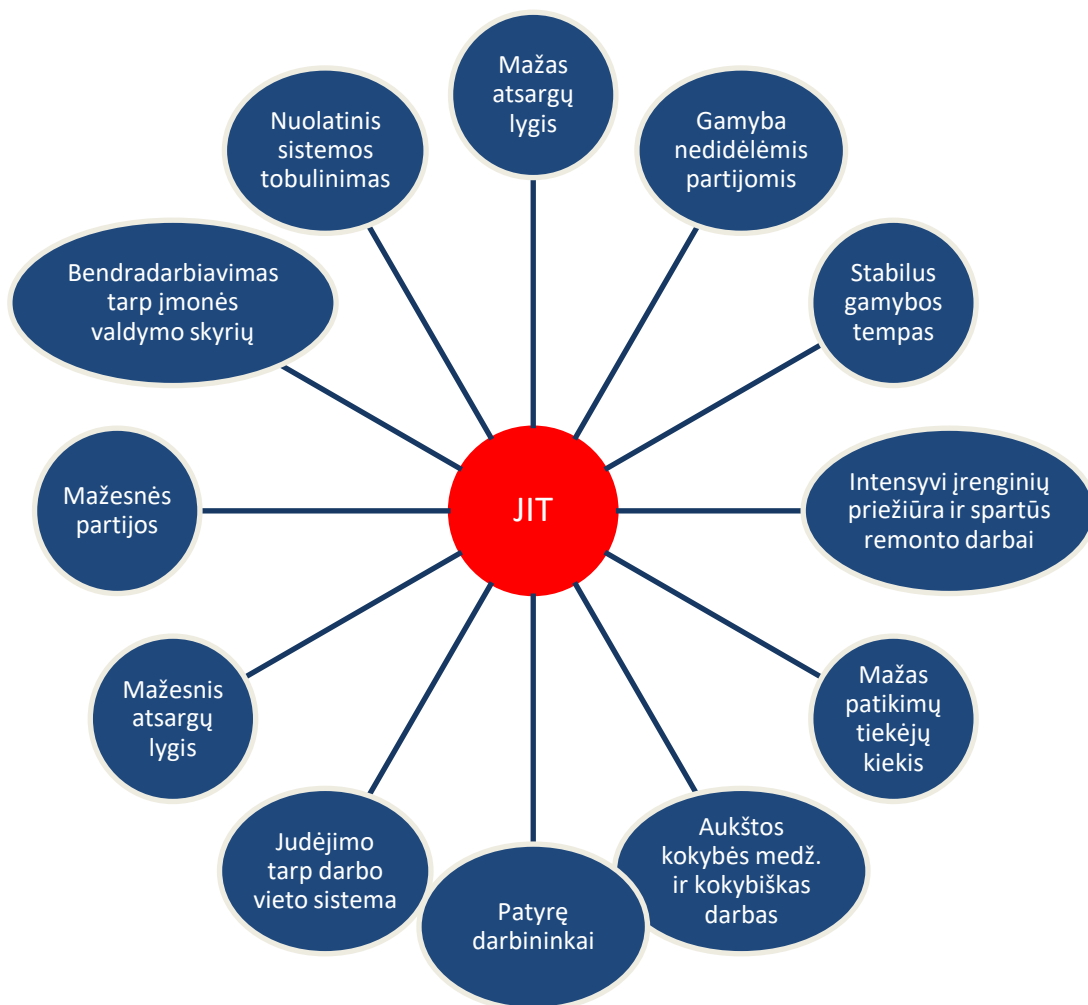
darbuotojams leidžia jaustis saugesniems, sumažėja nelaimingų atsitikimų skaičius, padidėja darbo našumas ir produktyvumas. Dėl standartizuotų procedūrų sumažėja arba visiškai išnyksta avarijų tikimybė. Gamyba vyksta nenutrūkstamai, nes nelieta žaliavų ar įrankių tiekimo nesklandumų. Vidinės tvarkos palaikymas neleidžia naujoms problemoms atsirasti arba leidžia jas pašalinti greitai ankstyvojoje fazėje. Įmonės veikla tampa efektyvi ir produktyvi.

5S žingsnis yra labai paplitęs metalo apdirbimo įmonėse ir nuo jo yra pradedamas visos sistemos kūrimas. Visgi 5S veiksmingiausiai yra pasiekiamas ten, kur vyrauja rankų darbas. Šiuolaikinės metalo apdirbimo įmonės automatizuojamos, robotizuojamos ir didžiąją dalį darbo atlieka įrenginiai, todėl neapgalvotas 5S žingsnio diegimas gali nepateisinti lūkesčių. Taigi, 5S principai jau būna realizuojami pačių mechanizmų projektavimo etape ir veiksmingiausias metodo pritaikymas tampa biure mažinant personalo darbo sąnaudas. Norint optimizuoti gamybos procesą įmonėje reikia pereiti prie atsargų mažinimo metodo „pačiu laiku“ (angl. *just-in-time*, JIT). Įvedant JIT sistemą būtina išsikelti tikslus ir uždavinius, kurie yra numatyti 2–3 metams į priekį. Pagrindiniai naujos sistemos siekiai gali būti:

- mažinti gamybos ciklą 10 kartų;
- mažinti broko ir perdirtintos produkcijos dalį nuo 1% iki 0,1%;
- darbuotojų našumą padidinti 2 kartus.

Tačiau, globalizacija ir didėjantys konkurenciniai iššūkiai skatina gamybinių ir prekybinių įmonių vadovus ieškoti modernių sprendimų, kurie padėtų kontroliuoti visus tiekimo grandinės procesus (žaliavų užsakymas, gamyba, surinkimas, sandėliavimas, atsargų apskaita, užsakymų valdymas) ir padėtų išspręsti dažniausiai pasitaikančius verslo iššūkius:

- nesuvaldytas žaliavų, produkcijos ir užsakymų srautas;
- vėluojantys arba nekokybiškai atlikti užsakymai;
- netiksli likučių informacija, neoptimalus atsargų valdymas;
- produkcijos ir žaliavų praradimai (švaistymas);
- komunikacijos tarp grandžių nesklandumai;
- žemas produktyvumas ir našumas;
- neoptimizuotas produkcijos paskirstymo procesas;
- dideli gamybos kaštai, nesuvaldytas gamybos srautas;
- prasti santykiai su tiekėjais, klientais.



1.5 pav. JIT metodika

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Fullerton *et al.*, 2001

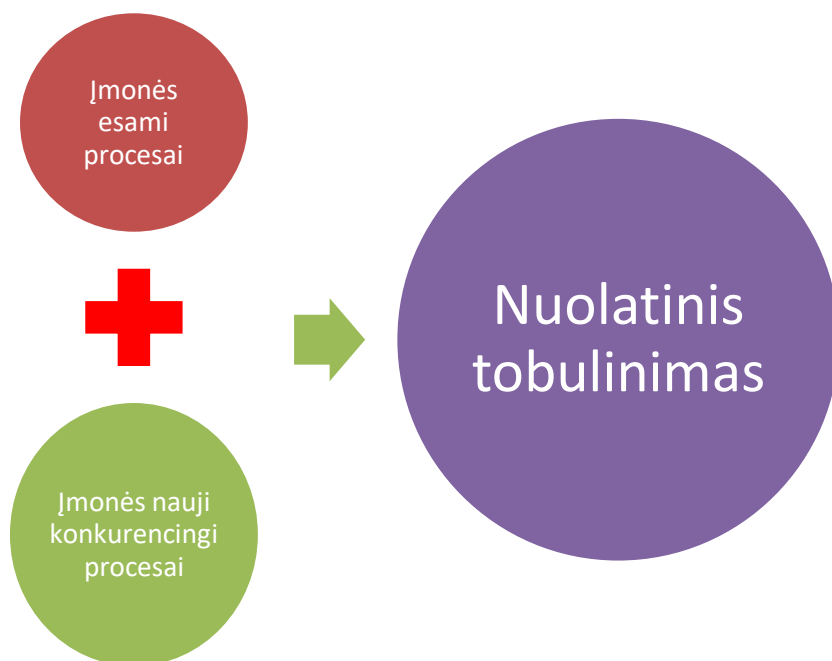
Visgi rinkoje yra nemažai nedideliais kiekiais gaminančių ar vienetinius užsakymus atliekančių įmonių, o jose gamybai skiriama nedaug laiko. Vartotojų poreikiai yra skirtingi, o kiekvieno vartotojo poreikius reikia vertinti atskirai. Yra vartotojų, kurie sutinka mokėti didesnę kainą už greitai pagamintą produkciją. Pavyzdžiui, jei vartotojo A užsakymo atlikimo terminas viršija 25 dienas, pasitenkinimas užsakymu staigiai krenta žemyn. Tai reiškia, kad jei užsakymas bus vykdomas ilgiau nei 25 dienas, tokia gamyba vartotojui neteiks vertės ir jis bus pasiryžęs nelaukti užsakymo. Vartotojas B yra lankstesnis užsakymo vykdymo trukmei ir jam 40 dienų užsakymo įvykdymo terminas yra tinkamas. Jis pasiryžęs mokėti tokią pačią pinigų sumą ir už skubų iki 10 dienų užsakymo įvykdymą. Panašūs vartotojų poreikių svyravimai gali būti ir dėl kitų gamybos charakteristikų – pagamintos produkcijos kokybės, užsakymo vykdymo patikimumo, gamybos sąnaudų, gamintojo žinomumo ir pan.

Taigi, suradus tinkamus būdus, kaip patobulinti patį gamybos procesą naudojant „lean“ sistemą, būtina tai puoselėti toliau ir nuolat tobulinti gamybą. Vienas iš nuolatinio tobulinimo būdų yra „kaizen“ metodas. Pagal šį metodą visi gamybos procesai turi būti nuolat tobulinami, kitaip net

geriausias procesas ilgainiui taps pasenęs ir neefektyvus. JAV įmonių vadovai tikėjo, kad automatizuojant gamybos procesą jis taps našesnis ir pagerins gaminių kokybę, o su mažesne savikaina bus galima sėkmingai konkuruoti rinkoje su kitomis įmonėmis. Tačiau Japonijos gamybos įmonės po truputį sugebėjo aplenkti ir stumti iš pasaulinės rinkos JAV ir Vakarų Europos įmones, o tai leido suprasti, kad radikalių inovacinių technologijų nėra pats idealus būdas problemoms spręsti. Taigi, Japonijos įmonės, be radikalių inovacijų, sugebėjo pateikti rinkai ne blogesnės kokybės, o pigesnius gaminius.

„Kaizen“ yra viena praktiškiausių rytų filosofijų, skirta įmonės sėkmei vystyti. Tai modernios „lean“ sistemos dalis, kuri padeda:

- panaudoti visą jūsų darbuotojų potencialą organizacijos tobulėjimui;
- pagerinti prekių ir paslaugų kokybę minimaliomis investicijomis;
- padidinti našumą ir taupyti resursus;
- mažinti nuostolius;
- išsiskirti iš konkurentų;
- sukurti malonią darbo atmosferą.



1.6 pav. Nuolatinio tobulinimo sąlygos

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Jančiauskas *et al.*, 2012

„Kaizen“ sistema gali naudotis ir gamybinės, ir paslaugas teikiančios įmonės. Jos tikslas – tobulinti organizacijos procesus: padaryti juos greitesnius, patogesnius, efektyvesnius ir saugesnius. „Kaizen“ sistemos principas skatina įtraukti visus įmonės darbuotojus į procesų tobulinimą. Darbuotojai dalinasi įžvalgomis, kurios gali padėti optimizuoti įmonės veiklos procesus, padidinti

darbo vietos produktyvumą, taupyti resursus, gerinti kokybę ir saugą. Darbuotojai taip pat skatinami aktyviai dalyvauti realizuojant jų idėjas.

Nepanaudotas darbuotojų kūrybiškumas – vienas iš pagrindinių nuostolių priežasčių organizacijos viduje. „Panasonic“, tarptautinė Japonijos elektros prietaisų gamintoja, vadovaudamasi „kaizen“ sistema, t. y. įtraukusi darbuotojus į įmonės procesus ir jų tobulinimą, sutaupė net 175 mln. JAV dolerių. Lietuvos organizacijų patirtis rodo, jog įgyvendinus šią sistemą organizacijose, naudingų idėjų skaičius per metus padidėja nuo kelių dešimčių iki daugiau nei tūkstančio.



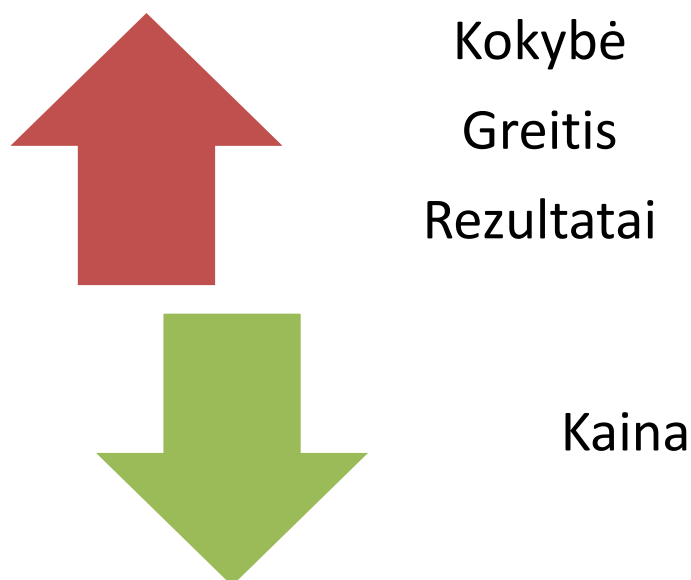
1.7 pav. „Kaizen“ metodika

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis lean.lt

„Kaizen“ metodo esmė – struktūrizuotas, aiškiai ir tiksliai paskirstytas darbas. Vykdam mažus patobulinius ir juos standartizuojant, nuosekliai optimizuojami organizacijos procesai. Taip darbuotojų pasiūlymai nebesikartoja, o įmonės veikla nuolat gerėja.

1.4. Automatizacija „lean“ įmonėse

„Lean“ gamybos principas yra dažnai susijęs su mažesniu žmogaus pastangų naudojimu gamybos vietoje, mažiau investicijų į įrankius, mažiau inžinerinių projektavimo valandų, kad būtų galima sukurti produktus per trumpesnę laiką, mažiau inventoriaus, mažiau defektų gamyboje (Womack ir kt., 1990). „Lean“ praktika pirmiausia turi du tikslus: pašalinti atliekas ir sukurti naudą galutiniams vartotojams. Tyrimai rodo, kad įvedus JIT ir „lean“ principus į gamybą, kuria didesnę bendro pelno dalį. (Fullerton and McWatters, 2001)



1.8 pav. JIT ir „lean“ sistemų įvedimo į gamybą rezultatai

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Fullerton *et al.*, 2001

Technologijos, tokios kaip automatizuota gamyba, turi įtakos konkurenciniam pranašumui, jei jis turi reikšmingą vaidmenį nustatant santykinę išlaidų padėtį arba diferenciaciją. Kadangi technologijos yra įdiegtos kiekvienoje vertybinėje aplinkoje ir kartu susijusios tarpusavyje gali turėti didelę įtaką produkcijos kainoms ir diferenciacijai. Dažnai yra įmonėse, kurios turi dideles darbo sąnaudas yra įdiegta automatizuota gamyba, tam kad galėtų konkuruoti rinkoje.

Tradiciškai aukštųjų technologijų automatizavimą naudoja įmonės, kurios nesilaiko „lean“ gamybos principų (Muffatto, 1999), o tokios kompanijos kaip „Toyota“ sukūrė vadinamąją pigią automatizavimo sistemą (McCarthy and Rich, 2004). (Womack ir kt., 1990) savo tyrime nustatė, kad daugelis Vakarų automobilių kompanijų plačiai naudoja automatizuotą gamybą, o Japonijos kompanijos, turinčios aukštą produktyvumą automatizavimo lygis yra mažas. Tačiau jie taip pat manė, kad automobilių pramonė automatizuos beveik kiekvieną gamyklų veiklą ateityje (Womack ir kt., 1990)

Kelios farmacijos pramonės įmonės siekė padaryti produkciją efektyvesnę, bandydami automatizuoti gamybą ir taikyti „lean“ gamybos principus (Dulchlnos and Massaro, 2005, p. 26):

„Automatizuota „lean“ gamyba yra metodas, kuris taiko tinkamą automatikos procesų kiekį konkrečiai užduočiai atlikti. Tai leidžia pabrėžti tvirtus, patikimus komponentus ir sumažinti pernelyg sudėtingus sprendimus“.

Vienas iš TGS sistemos principų yra „jidoka“. „Jidoka“ – pagrindinis „Toyota Production System“ principas, apytiksliai gali būti verčiama kaip „automatizacija padedant žmogui“. Tai reiškia, kad gamybos linijoje iškilus problemai darbuotojas gali sustabdyti procesą, kad nebūtų gaminamos prekės su defektu (Ohno, 1988).

Žmogaus darbo kartu su automatizuotais įrenginiais turi tikslą, kad atsiradus gamybos problemomis gamybos darbas būtų sustabdytas. „Toyota“ kompanija pastebėjo, kad nėra tokios automatikos, kuri gebėtų sustabdyti gamybą ir rasti problemą gamybos linijoje. Taigi, įmonė nusprendė, kad gamyboje privalo būti žmogus ir padėti dirbti automatikai be kokybės problemų, nes be žmogaus robotai galipradėti gaminti prokuotą produkciją. „Toyota“ gamyboje yra žmogus, kuris automatiškai prijungtas prie automatikos, kad galėtų bet kada ją susitabdyti. Tai reiškia, kad automatika yra svarbi vizualinės kontrolės sistemos dalis arba valdymas pagal regėjimą, svarbu, kad esama gamybos būklė visada būtų matoma ir problemos būtų iškart sprendžiamos, kai jos tik atsiranda (Liker ir Meier, 2006).

Taigi, šiame tyrime yra atsižvelgta į skirtingus „lean“ gamybos aspektus, kai robotų darbo vietas jau yra suplanuotos. „Lean“ filosofija kelia papildomus poreikius gamybos sistemai ir darbo vietoms, kurios yra šios sistemos dalis. Kad automatika taptų „lean“ gamybos sistemos dalimi, ji turi atitikti visą gamybos strategiją. „Lean“ automatizavimas nesumažina sistemos lankstumo ir patikimumo. Robotizuota „lean“ gamyba naudoja patikimus komponentus ir sumažina pernelyg sudėtingus sprendimus. Norit tai suderinti reikia viską atlikti praktiškai. Visų pirma, įmonėms reikia sukurti naujas robotų darbo celes, kurios suteiktų daugiau darbo galimybių. Antra, sutrumpinti gamybos laiką, išnaudoti robotus kuo efektyviau. Ir galiausiai, sugebėti aiškiai ir lengvai pertvarkyti, ir perduoti informaciją operatoriams, suteikiant jiems galutinį vizualinį vaizdą.

1.5. Automatizuotos gamybos ryšis su „lean“ sistemos principais

Šiandienos konkurencingoje rinkos aplinkoje bendrovės ieško būdų kaip didinti savo įmonės pranašumus, kad liktų versle. 2007 m. Pradžioje „Toyota“ susijungė su „General Motors“ ir tapo didžiausia automobilių gamintoja JAV. „Toyota“ gamybos sistema (TGS) buvo pripažinta kaip priemonė pasiekti konkurencinį pranašumą pramonėje (Womack ir kt., 1990). Tyrimai rodo, kad įmonės, kurios įgyvendina „lean“ gamybos principus arba JIT gamybą, dažnai pasiekia konkurencinį pranašumą prieš tas, kurios nėra pritaikiusios šių gamybos principų (White ir kt., 1999). Visgi, įmonės yra skirtingos, turinčios subtilias gamybos filosofijas, ir tobulėjimo sėkmė priklauso nuo jų pačių, kaip yra keičiama įmonės vidinė struktūra ir kultūra (Emiliani and Stec, 2005). Vis daugiau bendrovių suprato, kad jiems reikia įdiegti subalansuota „lean“ gamybos filosofiją visoje organizacijoje, kad jie galėtų būti pranašesniais rinkoje (Womack ir kt., 1990). Tai tinka iki tol, kol įmonė nenuėina pernelyg toli ir pervertina „lean“ galimybes, kaip Chen ir kt. (2010 m.) nurodo kaip „Peraugęs tobulinimo būdas“.

Taigi, kyla klausimas ar tradiciniai pramoniniai robotai ir automatizuota gamyba tinka „lean“ gamybos principams ir praktikai. Apie tris dešimtmečius buvo priimta, kad robotizuota gamyba yra

neatsiejama pramonės dalis, kuri siekia kokybės, našumo ir efektyvaus gerinimo pramonėje. Tačiau gamyboje viskas atsiremia į kainą:

- automatika ir pramoninių robotų visuma sukuria sudėtingą sistemą;
- robotizuota gamyba ir „lean“ sistema yra nesuderinama ir prieštarauja viena kitai.

Pavyzdžiai rodo, kad įmonės pradėjo šalinti automatizavimą, nes „TGS“ metodai pageidauja žmonių darbo, kuris yra suderintas su pažangiomis gamybos technologijomis. Tačiau, tai nėra tiesa, nes „Toyota“ yra technologiškai išvystyta kompanija, kuri turi viena moderniausių bei pažangiausių gamybos technologijų sistemą pasaulyje (Liker and Meier, 2006).

1.6. Lietuvos visuomenės nusistatymas apie „lean“ sistemos principais

Nors „Lean“ sistema padeda įmonėms atsikratyti nereikalingų išlaidų, efektyvinti veiklą, visgi, ji yra kritikuojama dėl darbuotojams sukeliama streso, kurį jie jaučia įmonėje įvedinėjant permainas. S. Obara teigia, kad darbuotojai streso niekada neišvengs, tačiau svarbu pasirinkti, kokį stresą jausti.

Taigi, šiai dienai žmonės bijo prarasti darbą. Iš čia atsiranda du streso tipai: pirmas – yra jaučiamas įmonei norint atsikratyti nuostolių, nepelningos veiklos. Tam reikia labai daug darbo, bet kartu jaučiamas ir stresas. Kitas streso tipas kyla tada, kai nieko nedaroma ir liekama komforto zonoje. Tuomet bijoma prarasti darbą, įmonė praranda savo produktyvumą ir anksčiau ar vėliau gresia atleidimas. Todėl geriau stresą nukreipti į darbo aplinkos ir efektyvumo gerinimą.

ISM vadybos ir ekonomikos universiteto docentas dr. Vytautas Būda teigė, kad Lietuvoje diegiant „Lean“ sistemą pagrindine kliūtimi tampa kultūrinė aplinka. Mūsų vadovai nedrįsta klausti valdinių nuomonės, valdiniai laukia nurodymų iš viršaus, vengia išsakyti nepasitenkinimą, o vadovai tobulinimo siūlymus priima kaip asmeninę kritiką. Kultūrinius skirtumus įmonėse iliustruoja darbuotojų teikiamų tobulinimo siūlyimų skaičius vienam darbuotojui. Japonijos gamyklose jis siekia 62 vienam darbuotojui, japoniškose gamyklose Amerikoje – 1,4, o amerikietiškos ir europietiškos gamyklose – 0,4 siūlymo.

Vadovai, norėdami įsidiegti „Lean“ sistemą, turėtų apsispręsti perduoti dalį savo galių, ne tik atsakomybės, žemesnėms grandims ir suvokti, kad problemas geriausiai mato tie, kurie tiesiogiai dirba gamyboje. Be to, pati sistema „Lean“ yra kilusi iš Japonijos, o ten yra kitokia kultūra. Japonijoje yra viskas nusistovėję ir priimta, nereikia vadovų įtikinėti, kad svarbu nuolatinis tobulinimas, efektyvumas, motyvacija. Taigi Lietuvoje diegti „Lean“ sistemą nėra paprasta, kadangi yra nusistovėjęs kitoks požiūris į darbą.

2. METALO APDIRBIMO ĮMONIŲ PROBLEMINIAI SRIČIŲ EMPIRINIAI TYRIMAI

2.1. Metalo apdirbimo pramonė Lietuvoje ir užsienyje

Lietuvos inžinerinės pramonės sektorius, kurio dalis yra metalo apdirbimas, pagal indėlį į šalies bendrąjį vidaus produktą (BVP) sudaro reikšmingą dalį šalies ekonomikoje. Šiam sektoriui per metus tenka 20–23 proc. sukuriama Lietuvos BVP. Lietuvos metalo apdirbimo pramonė 2018 metais sukūrė BVP už 4,3 mlrd. eurų. Daugiau nei 70 proc. inžinerinės pramonės produkcijos yra eksportuojama. Eksporto mastas 2018 m. siekė 3,2 mln., o lyginant su 2017 m išaugo 9,4 %. Didesnė dalis, 719 mln. eurų, visoje inžinerinės pramonės grupėje teko tik plastikinių, guminių ir kitų nemetalinių produktų gamybai. Metalo pramonės sektorius Lietuvoje turi senas tradicijas, o jame dirba didelis skaičius žmonių, kurie savo įgūdžiu tobulina jau ne vienerius metus, o įmonių, besispecializuojančių metalo apdirbimo technologijose, skaičius kiekvienais metais vis auga arba išlieka stabilus. Statistikos departamento duomenimis, 2018 metų III ketvirčio pabaigoje Lietuvoje veikė 842 metalo pramonės įmonės. Tai sudarė 10,28 proc. visų apdirbamosios pramonės įmonių (jų iš viso veikė 8190). Šiandien šioje šakoje dirba 13 942 darbuotojai, iš jų daugiausia 5903 asmenis dirba vidutinėse įmonėse, kuriose dirba po 50–249 darbuotojus. Tokie skaičiai rodo, kad metalo apdirbimas vis dar išlaiko geras pozicijas darbo rinkoje, o metalo gaminių pardavimai kiekvienais metais vis kyla. Didžiausias ir svarbiausias galutinis metalo apdirbimo pramonės gaminių vartotojas yra statybų sektorius, todėl jei statybų plėtra šalyje išliks aktyvi, galima tikėtis ir metalo sektoriaus tolesnės plėtros.

Metalo pramonės įmonės šiandien gali pasiūlyti platų prekių ir gaminių asortimentą, neatsiliekantį nuo Vakarų Europos įmonių. Naujausios apdirbimo technologijos į Lietuvą ateina taip pat sparčiai, kaip ir kitose Europos Sąjungos šalyse, todėl lietuviškos įmonės yra konkurencingos, gali pasiūlyti gerą kokybę ir sąlyginai žemas kainas lyginant su kitomis Europos Sąjungos šalimis, todėl jų paslaugomis naudojasi užsakovai iš rytuose ir vakaruose veikiančių įmonių. Vakarų Europos šalys jau seniai įvertino Lietuvos įmonių gaminamą produkciją, patrauklias kainas ir greitą darbų atlikimą bei pristatymą. Čia didelės įmonės gali pirkti gaminius, kurie pagaminti remiantis naujausiais ir šiuolaikiškais gamybos metodais.

2.2. Gamybos procesų tobulinimas ir optimizavimo principų diegimas metalo apdirbimo įmonėse

Metalo apdirbimo įmonės patiria įvairiausių sunkumų mėginamos gamybos tobulinimą ir optimizavimą procesą paversti nuolatiniu. Metalo apdirbimo įmonės siekia sumažinti ir pašalinti

visus trūkumus gamybos procesuose, kad visapusiškai patenkintų vartotoją. Milžiniškų gamybos sąnaudų mažinimas, inventorizacijos optimizavimas, ciklo trukmės spartinimas, kokybės didinimas ir patikimo pristatymo gerinimas yra sėkmingas tobulinimo ir optimizavimo procesų pritaikymas metalo gamybos įmonėse. Tradiciniai metodai, kurie yra taikomi kaip pagrindiniai produkcijos gamyboje:

- 1) gamyba „iš viršaus į apačią“;
- 2) įdiegti ir laikytis tikslinių kreičių visais valdymo lygiais, to reikia, kad skyrių uždaviniai būtų suderinti tarpusavyje, o žmonės atsakytų už keliamų tikslų įgyvendinimą;
- 3) pirmiausia atliekamos lengvos užduotys, tam kad būtų galima įgauti pagreitį naudojant nedidelius sėkmingus rezultatus;
- 4) interaktyvus švietimas ir atmosferos, kurioje rizika priimtina, kūrimas;
- 5) prieš pradedant plataus masto planus yra vykdomi bandomieji projektai.

Nors tai atrodo labai paprasta, tačiau nuolatinis gamybos tobulinimas ir optimizavimas yra labai sudėtingas procesas. Šios tobulinimo ir optimizavimo sistemos metalo apdirbimo įmonėse sukuria savitų sunkumų, kaip pati sistema:

- 1) Plieno dalių, kuriose yra krovinių elementų, pavyzdžiui, traukiniai, reaktyviniai varikliai, pramoniniai guoliai ir metalo formavimo mašinos, pagaminimui reikalinga atlikti daugybę procesų, tokių kaip šlifavimas ir poliravimas.
- 2) Plieno dalys iš pradžių yra formuojamas iš metalo, kuris yra gana minkštas, po to atliekamas grūdinamas esant aukštai temperatūrai ir greitai atšaldomas skystyje arba „išgarinamas“. Vėliau plieninėms detalėms reikia papildomų apdailos procesų, kad pagaminta detalė turėtų lygų trintį ir nusidėvėjimą mažinantį paviršių.
- 3) Metalų apdirbimo įmonėje naudojama įranga dažnai yra didelių gabaritų ir turi būti nuolat reguliuojama siekiant sumažinti nereikalingus žmogaus ir mašinų judesius, tačiau dažnai tai sunkiai įgyvendinama, nes kai kurie plieno gamybos procesai turi būti atliekami didelėmis partijomis.
- 4) Dėl pagaminto gaminio dydžio ciklo laikas daugeliu atvejų yra ilgesnis nei kitose gamybos įmonėse. Metalurgijos apribojimai mažina šildymo ir aušinimo ciklą pagreitį.
- 5) Sudėtingas mechanizmų įrengimas didina gamybos trukmę, pastangas, nuostolius ir gali lemti įrangos gedimą. Apsaugoti ir įvertinti žaliavų atsargas yra būtina, tam kad būtų išvengta brangios metalo produkcijos nuostolių. Tradiciniai „kanban“ arba kiti signalų valdikliai nėra tinkami, nes kai kuriose gamyklose yra daugybė maršrutų.

2.2. 5 būdai kaip nuolat gerinti suvirinimo sistemą

Įmonės gali tobulinti tik tas gamybos sritis, kurias galima stebėti ir išmatuoti, o suvirinimo srityje informacijos valdymo sistemos gali padėti palaikyti gamybos efektyvumą. Suvirinimo informacijos valdymo sistemos veikia realiu laiku ir kaupia faktinius duomenis, kurie įmonių savininkams ir valdytojams padeda greičiau nustatyti ir ištaisyti gamybos problemas ir klaidas. Suvirinimo darbų efektyvumo gerinimas iš esmės priklauso nuo žinių, ką iš tikrųjų reikia keisti tam, kad įmonė galėtų pasiekti savo keliamus tikslus.

Sunku padidinti produktyvumą, pagerinti kokybę ar sumažinti išlaidas, jei nėra tvirto pradinio taško. Taip pat sunku stebėti nuolatinių tobulinimosi iniciatyvų veiksmingumą be aiškių būdų kaip stebėti rezultatus. Suvirinimo informacijos valdymo sistemos yra puiki galimybė stebėti ir keisti suvirinimo operacijas. Aukščiausiu lygmeniu šios sistemos du pagrindinius privalumus:

- Faktiniai duomenys realiu laiku, kurie padeda savininkams ir valdytojams greitai nustatyti ir ištaisyti problemas;
- Gebėjimas įvertinti nuolatinio tobulėjimo pastangų poveikį.

Šiandien turimos suvirinimo informacijos valdymo sistemos gali būti naudojamos nuo pagrindinių iki išplėstinių ir gali būti naudojamos kaip pusiau automatinės ar robotizuotos sistemos. Šios sistemos pašalina ilgalaikį rankinį duomenų rinkimą ir analizės poreikį.

Kaip parinkti tinkamus tobulinimo įgyvendinimo būdus priklauso nuo įmonės konkrečių verslo strategijų ir tikslų. Pavyzdžiui, įmonės, kurios suvirina didelius komponentus ir jų ilga ciklo trukmė, turi skirtingą našumo matricą nei įmonės, kurios visą dieną virina su pagamina daug mažų gaminių.

Pagrindinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos yra skirtos gerinti suvirinimo kokybę ir produktyvumą, visų pirma stebint sąnaudų eikvojimą ir pridėtinio metalo užpildymo greitį. Išplėstinės sistemos atlieka tą patį, tačiau pateikia daug išsamesnių atsiliepimų. Jie taip pat suteikia įmonėms visišką visos gamybos ir suvirinimo proceso kontrolę, nuo gaminių paruošimo iki suvirinimo ir suvirintų dalių apdirbimo darbų. Naudojant bet kokios rūšies suvirinimo informacijos valdymo sistemą, labai svarbu žinoti, kaip duomenys gali būti naudojami tikriems pokyčiams valdyti. Čia pateikti penki būdai, kaip taikyti ir valdyti nuolatinį tobulinimą naudojant šią technologiją.

1) Padidinti našumą



2.1 pav. Produktyvus suvirinimas

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Krisher *et al.*, 2014

Vienas iš būdų yra supaprastinti suvirinimo operacijos informacijos valdymo sistemą. Dėl to darbuotojai gali tapti produktyvesni. Tačiau prieš tai gamintojai turi pagerinti suvirinimo produktyvumą, tačiau reikia žinoti nuo kur pradėti. Suvirinimo informacinės sistemos gali nukreipti vadovus teisinga kryptimi, atsakant į kelis klausimus:

- kurie operatoriai yra našiausi, o kuriems reikia papildomų mokymų;
- ar gamyba gali padidinti apimtys, nepridedant papildomos darbo jėgos;
- ar nauji samdomi darbuotojai siekia numatytų našumo ir kokybės tikslų
- kiek realaus laiko suvirintojas atlieka suvirinimo darbus; (jei suvirinimo operatorius per vieną darbo dieną 15 % skiria suvirinimui, kas yra būdinga pusiau automatiniam rankiniam suvirinimui, vadovai privalo sužinoti, kas vyksta per likusius 85 procentus suvirintojų dienos, tai gali žymiai padidinti įmonės našumą).

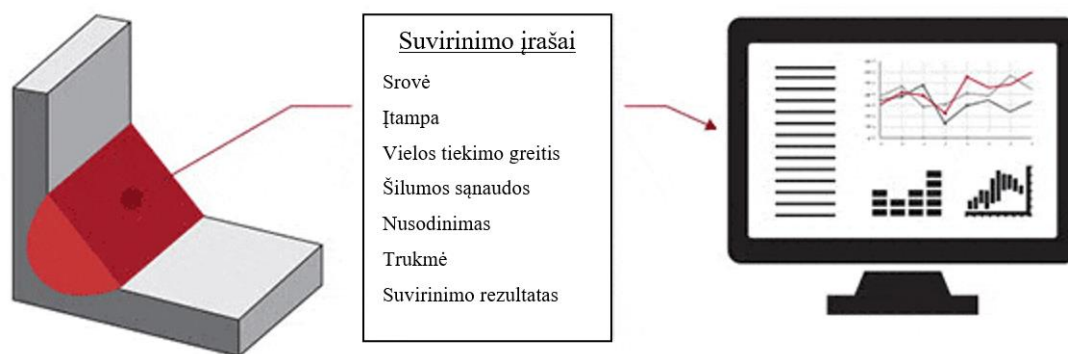
Jei patyrę suvirinimo operatoriai pasitraukia iš darbo vietos, ar likę darbuotojai ateityje sugebės išlaikyti tokį pat našumą, ar reikės samdyti papildomus naujus operatorius.

Pagrindinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos pateikia duomenis, kurie nurodo pagrindines suvirinimo savybes: suvirinimo greitis, siūlės storis ir siūlės gylis. Ši stebėjimas leidžia vadovybei įvertinti, kaip produktyviai dirba darbuotojas kas valandą, kasdien, kas savaitę ir kas mėnesį, taip galima nustatyti visus darbo jėgos neatitikimus ir juos suderinti vienodu pajėgumu.

Vertinimas atliekamas stebint, kiek laiko kiekvienas suvirinimo operatorius praleidžia atliekant suvirinimo darbus, taip pat kokį kiekį pridėtinio metalo jis užpildo. Metalų užpildo kiekis ir greitis apskaičiuojamas automatiškai, atsižvelgiant į keturis kiekvienos siūlės kintamuosius dydžius: vielos tiekimo greitį, pridėtinės vielos tankį, vielos skersmenį ir suvirinimo trukmę.

Pagrindinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos gali stebėti faktinį kiekvieno operatoriaus per tam tikrą laikotarpį pagamintų dalių skaičių, siekiant nustatyti našumo patobulinimų galimybę.

2) Suvirinimo kokybės gerinimas



2.2 pav. Suvirinimo režimų analizė

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Krisher *et al.*, 2014

Suvirinimo kokybė prasideda nuo pačios suvirinimo pradžios, tačiau tikroji kokybė yra pamatoma vėliau. Kuo anksčiau gamybos linijoje atsiranda defektai, tuo brangiau kainuoja juos ištaisyti. Visų suvirinimo operatorių tikslas turėtų būti nustatyti ir kuo anksčiau ištaisyti defektus, bei užtikrinti kokybę. Ankstyvas defektų identifikavimas padeda sumažinti perteklinį darbą, taip pat galimus garantinius klausimus ar saugos problemas, jei nekokybiška dalis ar gaminys pradės eksploatuoti. Aukštas suvirinimo kokybės užtikrinimas turi svarbią įtaką įmonės augimui, išsaugant prekės ženklo reputaciją tose rinkose, kur gamintojai nuolat konkuruoja dėl klientų lojalumo.

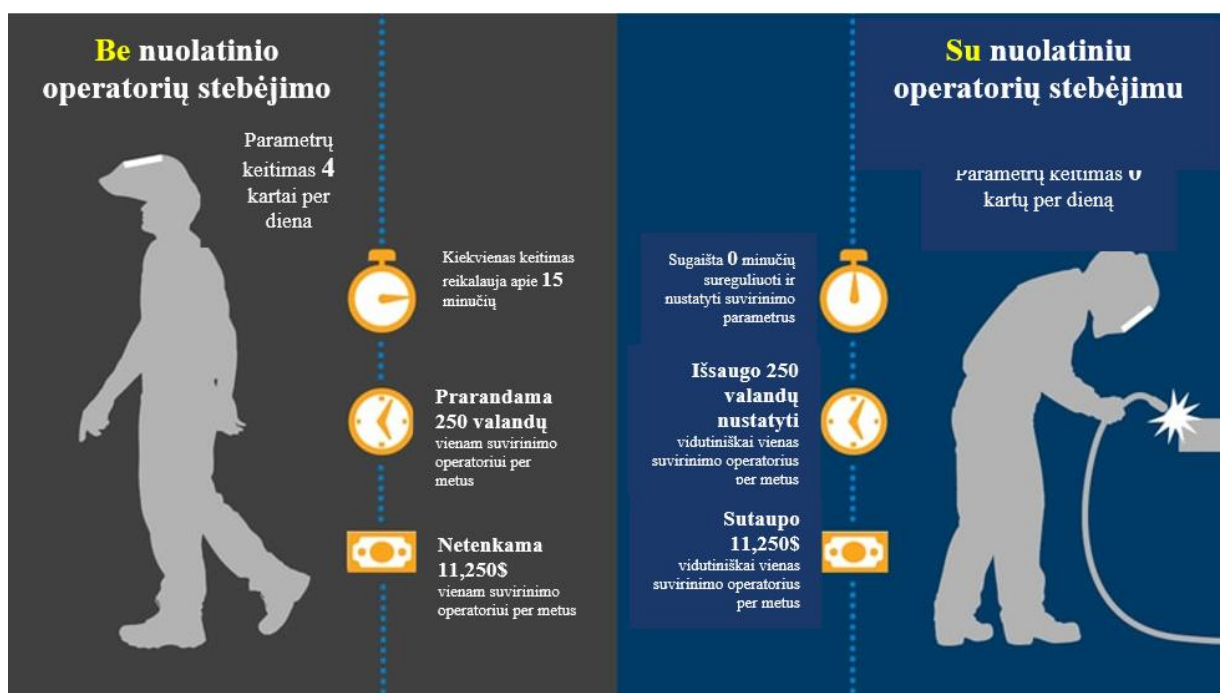
Pagrindinės suvirinimo informacinės sistemos gali nustatyti suvirinimo technologiją pagal suvirinimo būdą. Konkrečiai jos kontroliuoja srovės stiprumą, įtampą ir vielos tiekimo greitį. Ši sistema parodo kaip suvirinimo operatorius atlieka savo darbą, galima pamatyti jo darbo produktyvumą ir užtikrinti kokybės standartus. Ši sistema gali įspėti vadovus, jei operatorius pradeda atlikinėti savo darbą neteisingai, nesilaikant kokybės standartų, gali nustatyti kur yra esminė problema ir kaip galima šią problemą ištaisyti.

Išplėstinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos suderina žmogaus ir automatizuotos gamybos darbą. Tai leidžia užtikrinti, kad suvirinimas vyktų nuosekliai, kad būtų išvengta dalinių gaminio iškraipymų ar kitų kokybės problemų ir praleistų siūlių. Vadovai gali sukonfigūruoti sistemą taip, kad kiekvienas suvirinimas turėtų savo ribas skirtingiems suvirinimo parametrams, įskaitant srovę ir įtampą, vielos tiekimo greitį, dujų srautą, suvirinimo trukmę ir metalo nusėdimą.

Jei koks nors proceso aspektas yra ribotas, šios sistemos gali įspėti suvirinimo operatorių ir (arba) vadovą apie galintį atsirasti defektą. Kai kuriais atvejais sistema gali būti pristabdyta tol, kol problema nebus išspręsta, taip užkirsdama kelią netinkamai kokybei.

Visgi, sistemos gebėjimas teikti naudą priklausys nuo įmonės poreikių, gaminamų produktų ir atsakomybės, kuri yra susijusi su suvirinimo kokybe.

3) Nustatykite ir sumažinkite išlaidas



2.3 pav. Operatorių darbo vietos optimizavimas

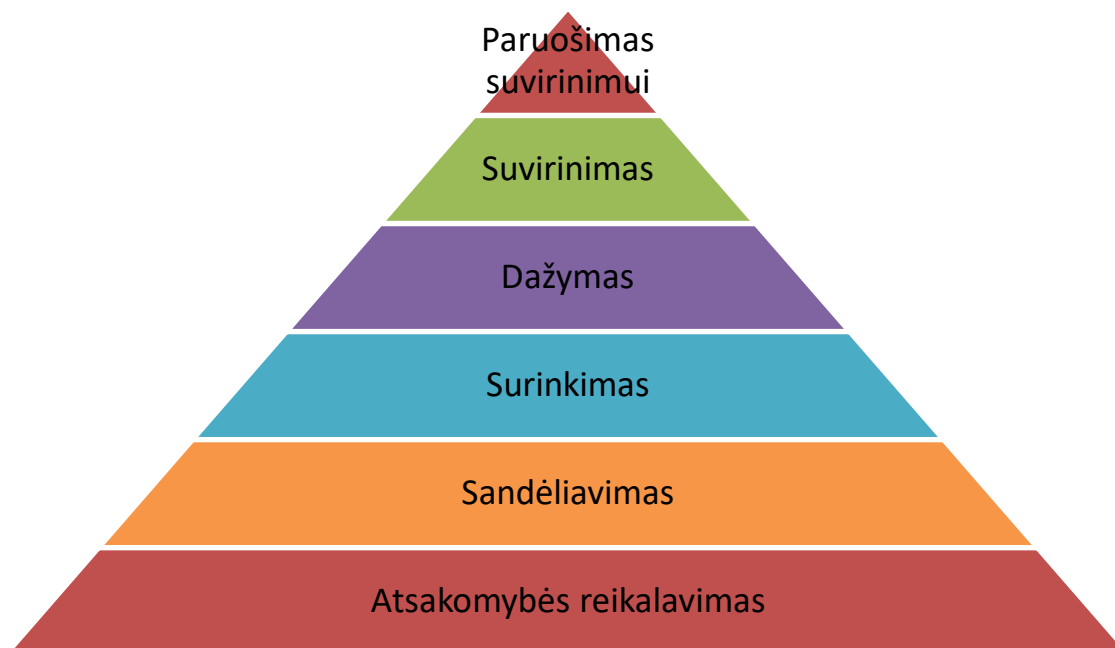
Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Krisher *et al.*, 2014

Gamybos įmonės gali geriau suvokti tikrąsias suvirinimo išlaidas renkant apie tai duomenis. Ši informacija gali padėti nustatyti darbo vietos kainą, suteikiant įmonėms tikslų įvertinimą, kiek kainuoja tam tikra dalis. Tai taip pat gali padėti nustatyti kainų tendencijas per tam tikrą laikotarpį, kad bendrovė galėtų nustatyti, kada reikia intervencijos.

Pagrindinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos gali stebėti, kiek laiko reikia, norint pagaminti konkrečią dalį, užtikrinant esamo darbo sąnaudų įvertinimą ir supratimą. Šios sistemos taip pat gali stebėti užpildų metalų naudojimą, norint nustatyti suvirinimo sąnaudas ir nustatyti įvairius suvirinimo atvejus. Naudojant per daug pridėtinio metalo, atsiranda papildomos nereikalingos išlaidos. Naudojant per mažai metalo, gali būti pažeistas suvirinimo vientisumas.

Išplėstinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos turi įmontuotas išlaidų skaičiuokles, kuriose atsižvelgiama į ciklo laiką (darbo jėgą), užpildo metalą (kainą už kilogramą), apsaugą nuo dujų naudojimo ir elektros kiekį, reikalingą gaminiui užbaigti. Taip galima stebėti kainas laikui bėgant, kad būtų galima nustatyti naujas tendencijas. Nustatydami kiekvieną suvirinimo proceso aspektą, išplėstinė sistema gali padėti įmonėms sužinoti, ar būtų naudingiau panaudoti naują suvirinimo procesą ar pakeisti vielą.

4) Treniruoti operatorius



2.4 pav. Išlaidos gamybos etapo tobulinimui

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Krisher *et al.*, 2014

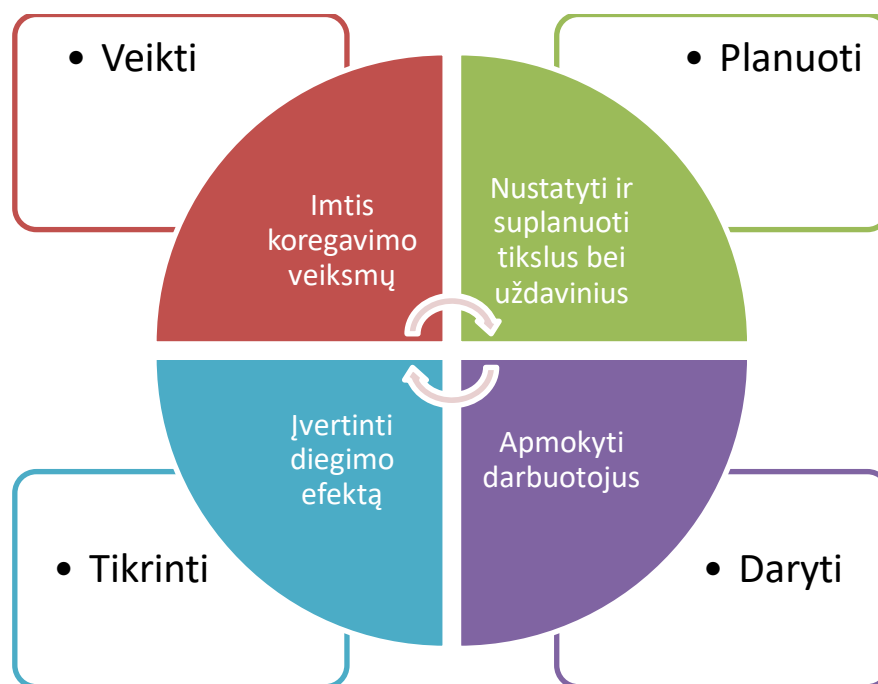
Mokymų, per suvirinimo informacinę sistemą, tikslas – išmokyti nuoseklią techniką, kuri palaiko gerą suvirinimo kokybę ir našumą bei padeda sumažinti išlaidas.

Pagrindinės suvirinimo valdymo sistemos turi ribotas galimybes mokymui. Jos gali nustatyti, kada suvirinimo operatorius pradeda virinti už nustatytų slenksčių ribų, o tai leidžia vadovams nustatyti kokie mokymai operatoriui gali būti reikalingi.

Išplėstinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos suteikia daugiau išsamių mokymosi galimybių apie suvirinimo ciklą. Naudojant operatoriaus ir automatizuotos gamybos darbą, sistemos vadovui pateikia informaciją apie suvirinimo operatorių visame gamybos ir suvirinimo procese ir taip pateikia suvirinimo instrukcijas. Įmonės gali nustatyti darbo strategiją, naudojant nuotraukas, piešinius ar vaizdo įrašus. Konkrečiau, pažangios suvirinimo informacijos valdymo sistemos gali suteikti patarimų, kaip parinkti tinkamus komponentus, parinkti tinkamą šviestuvą, įtaiso įrengimą ir pakrovimą, detalių paruošimą, suvirinimo seką, vidurio dalies judesius, ir kokybės užtikrinimo patikrinimą.

Jei per vieną iš šių veiksmų įvyks klaida, sistema gali įspėti operatorių, leidžianti jam atlikti tinkamus pataisymus arba padedamas priežiūros ar suvirinimo inspektoriaus. Galutinis rezultatas yra greitesnis mokymas, kuris galiausiai palaiko geresnę suvirinimo kokybę ir našumą.

5) Valdyti kitus darbus



2.5 pav. PDCA sistema

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Krisher *et al.*, 2014

Norint maksimaliai padidinti efektyvumą suvirinimo operacijose, reikia ne tik tobulinti suvirinimo procedūras bet ir ieškoti alternatyvų. Reikia identifikuoti butelio kakliukus kurie gali užkirsti kelią prastovoms ar defektams, kurie turi neigiamą įtaką suvirinimo ciklo efektyvumui. Daugeliu atvejų 85 procentai suvirinimo operatoriaus laiko praleidžiami su nevirinimo darbams atlikti.

Jei įmonė gali padidinti rankinio suvirinimo greitį nuo 15 proc. iki 20 proc., tai suvirinimo gaminių produkcija padidės 33 proc. (Jei visi kiti kintamieji išliks tie patys, net ir vielos tiekimo greitis). Kaip ir mokymo įgūdžiams, pagrindinės suvirinimo informacijos valdymo sistemos yra ribotos identifikuojant nevirinimo darbus. Vis dėlto galima stebėti rankinį suvirinimą, kur galima spręsti neplanuotas prastovas.

Priešingai, modernios suvirinimo informacijos valdymo sistemos padeda įmonėms dokumentuoti ir analizuoti prastovų priežastis. Pavyzdžiui, sistema gali palyginti prastovas tarp daugelio suvirinimo ciklų suvirinimo operatorių, kad nustatytų, ar problemos yra nuoseklios, pasikartojančios. Prastovų priežastys gali būti:

- suvirintojai laukia dalių pristatymo;
- netinkamos dalys buvo pristatytos;
- defektą turinčios dalys neatitinka specifikacijos;
- įrenginių priežiūrai ar remontui reikalingos prastovos;
- laikas skirtas laukti arba atlikti patikrinimą ir techninę priežiūrą;

- gamybos uždelsimas, gamyba neleidžia pradėti naujo suvirinimo.

Šis išsamus informacijos rinkimas leidžia vadovybei įvertinti nenaudojamos veiklos tendencijas, siekiant nustatyti, ar jos yra teisėtos ir kokia jų priežastis.



2.6 pav. Įsipareigojimas ir atlyginimas

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Krisher *et al.*, 2014

Suvirinimo informacijos valdymo sistemoms reikalingos išankstinės investicijos, taip pat įsipareigojimas įtraukti į šią informaciją įprastą įmonės kasdienę veiklą. Įmonės, kurios nori nuolat tobulėti, tokio pobūdžio investicijos gali turėti ilgalaikę naudą.

Svarstydami, kaip įdiegti pagrindinę ar pažangią suvirinimo informacijos valdymo sistemą, įmonės visada turėtų atsižvelgti į savo verslo strategijas, kad nustatytų, koks duomenų lygis reikalingas nuolatiniam tobulėjimui. Suvirinimo įrangos gamintojas ar patikimas suvirinimo platintojas dažnai gali pasiūlyti suvirinimo operacijos vertinimą, kad būtų galima vadovautis sprendimu.

2.3. Tyrimo eigos paaiškinimas

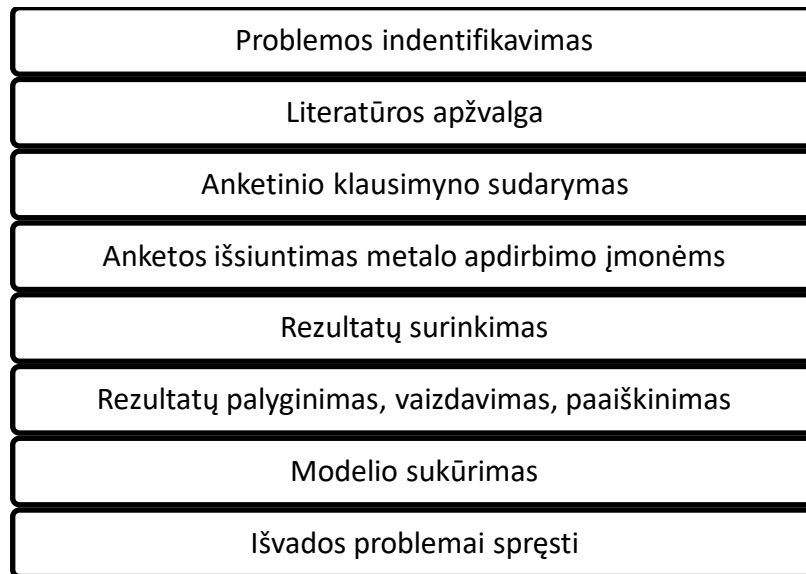
Norint nustatyti keliamas problemas, dėl įmonių gamybos, tiekimo, kokybės tobulėjimo galimybių ir sąryšio tarp automatizuotos ir „lean“ gamybos reikia atlikti tyrimą.

Šiame darbe bus atliekamas kokybinis ir kiekybinis tyrimas, kuris yra pagrįstas dviem atvejais:

- atlikta mokslinės - metodologijos analizė
- pateikta apklausa gamybos įmonėms.

Šis tyrimas bus atliktas taikant apklausą, kaip metalo apdirbimo įmonės išnaudoja automatizuotą gamybos sistemą, tobulina gamybos sistemą, gerina kokybę ir tiekimą, kelia vartotojų pasitenkinimo lūkesčius. Įprasta kiekybinė apklausa yra iš anksto apgalvota ir parengta tyrimo (anketa, kuri padeda susisteminti iš respondentų gaunamą informaciją. Neabejotina anketų privalumas yra tai, kad informacijai surinkti reikia mažiau laiko ir anketavimas yra pigesnis nei interviu, o anketos patikimumą galima įvertinti matematiniais – statistiniais metodais. Ši anketa pateikiama taip, kad respondentai patys gali atsakyti į pateiktus anketos klausimus. Šis tyrimas yra individualus, respondentas gali skirti tiek laiko, kiek nori konkrečiam klausimui atsakyti.

Šiame darbe bus laikomasi šios tyrimo eigos sekos:



2.7 pav. Tyrimo eigos struktūra

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Dikčius 2011

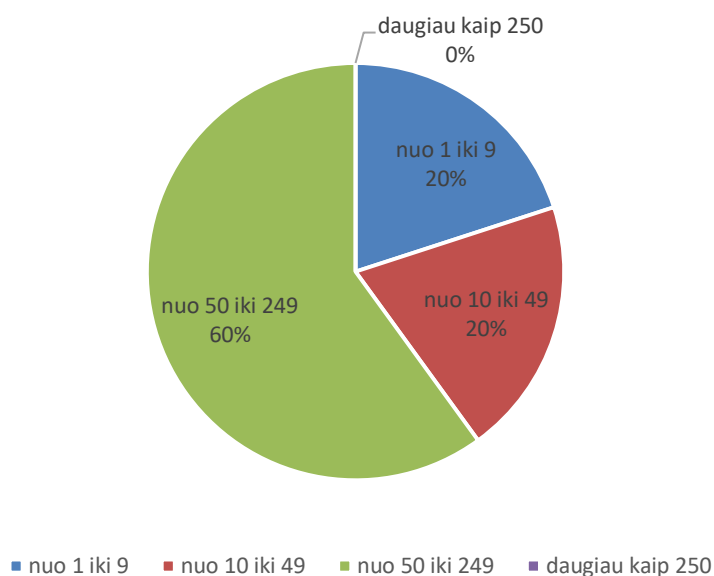
Tyrimas susideda iš anketos klausimų bus apklausiamas dominantis gamybos segmentas. Tikslas yra sudaryti bendrą gamybos vaizdą kokie procesai veikia pagal „lean“ gamybos metodus, kas yra automatizuotą. Taigi, atliekant bendrą tyrimą yra svarbu išsiaiškinti ar yra prieštaraavimas tarp pramonės robotų ir „lean“ gamybos principų. Daugelis kompanijų jaučia, kad norit įdiegti bendrą šių dviejų sistemų veiklą reikia atsakyti, kurios nors, nes efektyviai naudoti abiejų neįmanoma. Antra, kaip galima efektyviau naudoti robotizuotą gamybą, taikant „lean“ sistemą. Metalų apdirbimo įmonėms reikia stambių įrenginių, kadangi didžioji produkcija yra stambia gabarite, daugelį gamybos funkcijų negalima atlikti rankomis, todėl reikia automatizuoti gamybą.

2.4. Metalų apdirbimo įmonių tyrimo rezultatai

Tyrimo metu buvo apklausiamos metalų apdirbimo įmonės. Įmonių apklausa prasidėjo 2018 metais gruodį ir truko visą mėnesį. Apklausoje dalyvavo 15 su metalų apdirbimo darbais susijusių įmonių. Didžioji dalis įmonių yra inovatyvios ir siekia produkcijos kokybės tobulinimų ir gamybos produkto optimizavimo. Daugelis Lietuvos įmonių netiesiogiai laikosi „lean“ gamybos principų, nors nesilaiko visų sistemos taisyklių. Visgi Lietuvos metalų apdirbimo įmonės dirba pelningai, o jų pelną ir produktyvumą būtų galima padidinti, jei būtų išpildomos visos tobulinimo ir optimizavimo sąlygos.

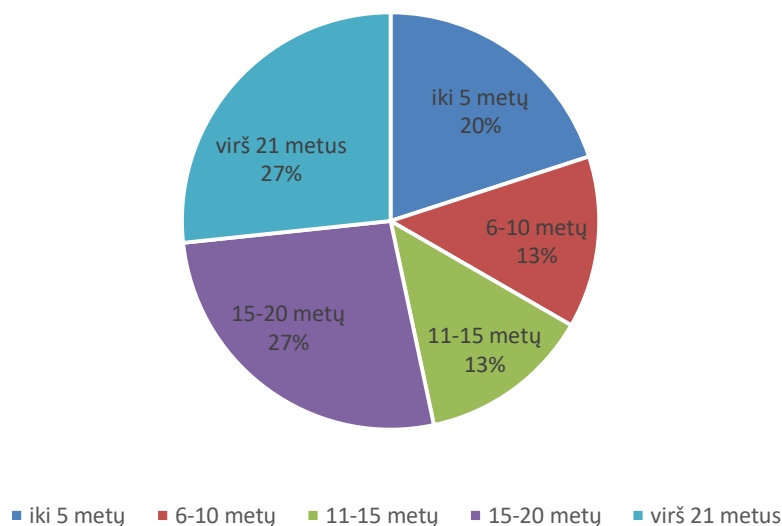
Įvertinus visų respondentų atsakymus, šie buvo atskirti pagal įmonių dydį. 2.1 lentelėje yra pateikti skirtingų dydžių įmonių atsakymų rezultatai. Daugiausiai atsakymų tyrimo metu buvo gauta iš vidutinio dydžio įmonių (9 iš 15), vienodai respondentų tyrime dalyvavo iš mikro įmonių (3 iš 15) ir mažų įmonių (3 iš 15). Į šią apklausą atsakė 15 vyrų ir tai buvo 100% respondentų. Skaičiai

rodo, kad Lietuvoje metalo apdirbimo įmonėse didžioji dalis darbuotojų yra vyrai. Visgi, tikrai negalima teigti, kad nėra moterų, tačiau į šią apklausą atsakė tik vyrai.



2.8 pav. Darbuotojų skaičius įmonėse

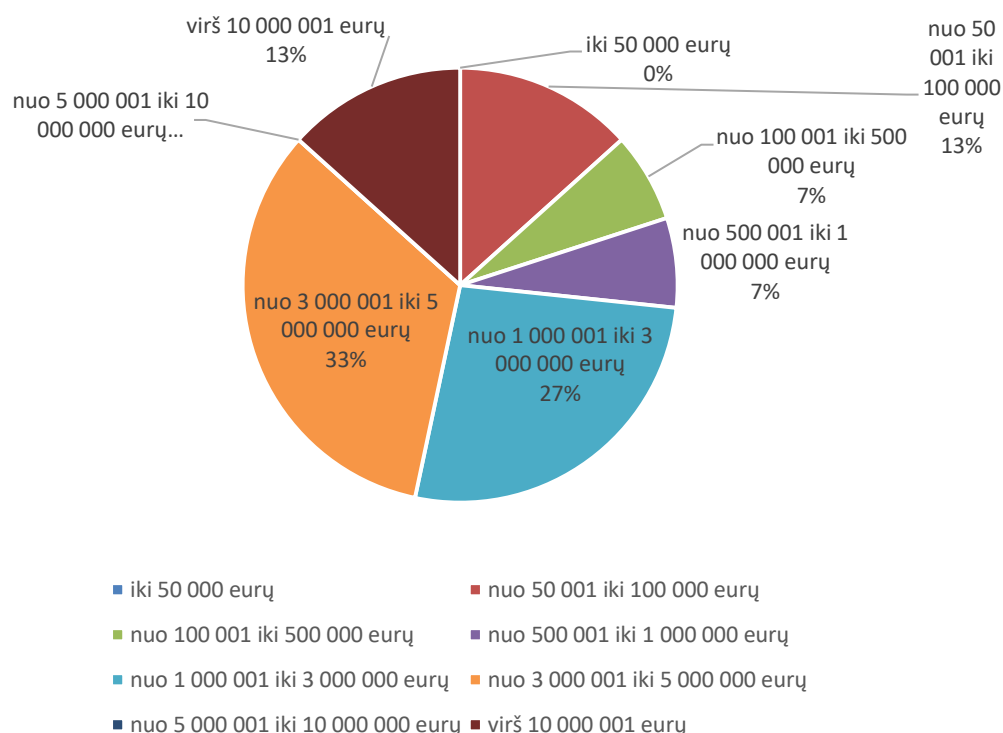
Tyrimo metu respondentai atsakė, kokio dydžio įmonėse dirba. Apklausoje didžiąja dalimi dalyvavo vidutinio dydžio įmonės, kurių bendras darbuotojų skaičius siekia nuo 50 iki 249 darbuotojų, tokių buvo apklausta apie 60 procentų. 20 procentų respondentų buvo iš mažų įmonių, kur darbuotojų skaičius siekia iki 9 darbuotojų ir taip pat 20 procentų mažų įmonių, kurių darbuotojų skaičius siekia nuo 10 iki 49. Visgi, matome, kad didelės metalo apdirbimo įmonės apklausoje nedalyvavo.



2.9 pav. Metai vykdant gamybinę veiklą

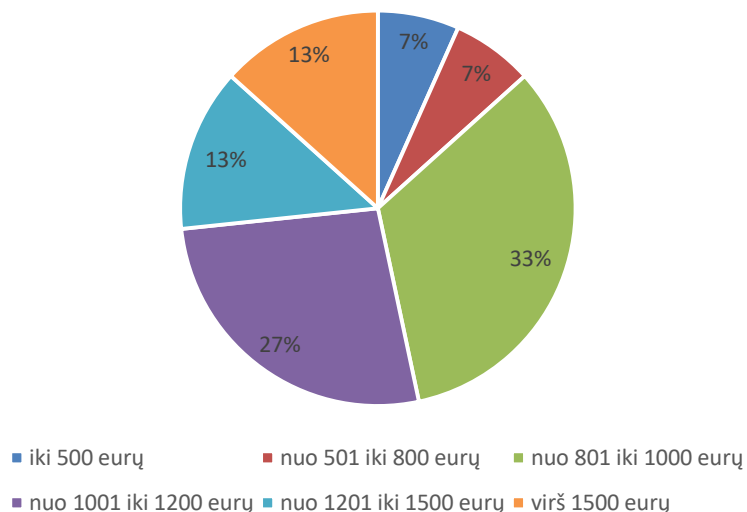
Apklausos metu respondentai nurodė, kiek metų įmonė vykdo gamybinę veiklą. Daugiau nei pusė apklaustų įmonių gamybą vykdo ilgiau nei 15 metų, tai gali rodyti, kad per tuos metus įmonės

yra išstobulinusios savo gamybos principus ir sistemą. Nemažai, net 20 procentų įmonių yra naujokės, kurios rinkoje yra mažiau nei 5 metai, iš sekančių atsakymų matome, kad jos sparčiai tobulėja, siekia įvesti naujus, nenaudotus metodus yra linkusios eksperimentuoti.



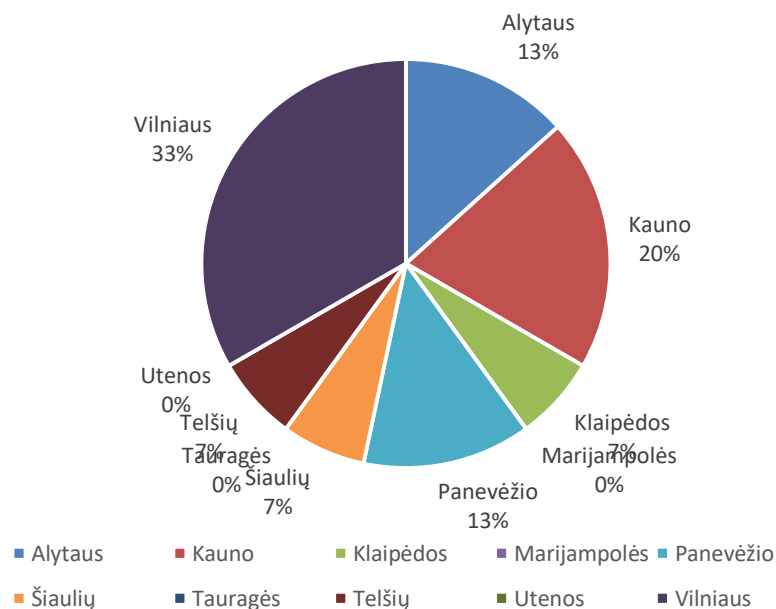
2.10 pav. Įmonės apyvartos dydis

Respondentai buvo klausiami, koks yra įmonės apyvartos dydis. 33 % apklaustųjų atsakė, kad jų įmonės apyvarta siekia iki 5 mln. eurų ir 13 % dirba įmonėje kur apyvarta siekia virš 10 mln. eurų. Tokie skaičiai rodo, kad beveik pusę apklaustų įmonių kas metus generuoja pelną, kur metalo apdirbimo įmonėms per metus tenka 21–23 proc. sukuriama Lietuvos BVP.



2.11 pav. Vidutinis darbuotojų atlyginimas

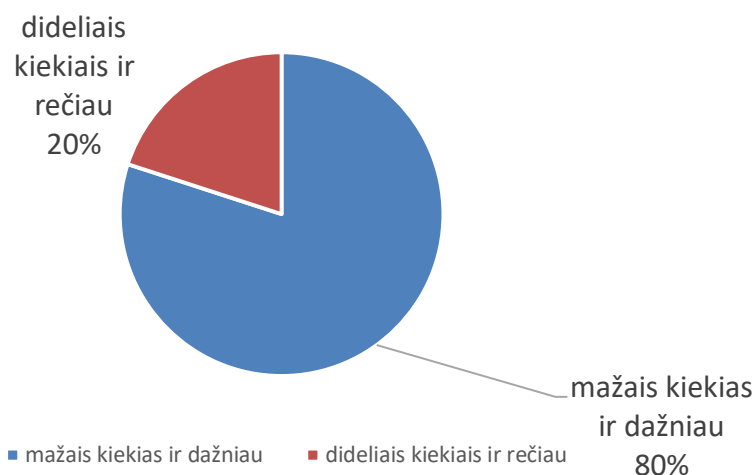
Tyrimo metu respondentai atsakė, kokis yra vidutinės darbuotojų atlyginimas įmonėje. Iš šio grafiko matome, kad metalo apdirbimo įmonės Lietuvoje darbuotojams skiria didesnę už vidutinį atlyginimą (remiantis Lietuvos Statistikos departamento duomenimis 2018 metais IV ketvirtį vidutinis mėnesinis neto darbo užmokestis šalies ūkyje sudarė 751,7 EUR). Galima teigti, kad didžioji dalis darbuotojų, kurie dirba metalo apdirbimo įmonėse atskaičius mokesčius uždirba daugiau nei 1 tūkst. eurų visų jų yra apie 53 %. Po 13 % apklaustųjų atsakė, kad jų įmonės vidutinės darbuotojų atlyginimas yra iki 1500 ir virš 1500 eurų. Visgi, vis dar yra įmonių kurios darbuotojų atlyginimams skiria tik iki 500 eurų, jų apklausoje sudalyvavo 7 %.



2.12 pav. Apskritis, kur yra vykdoma gamyba

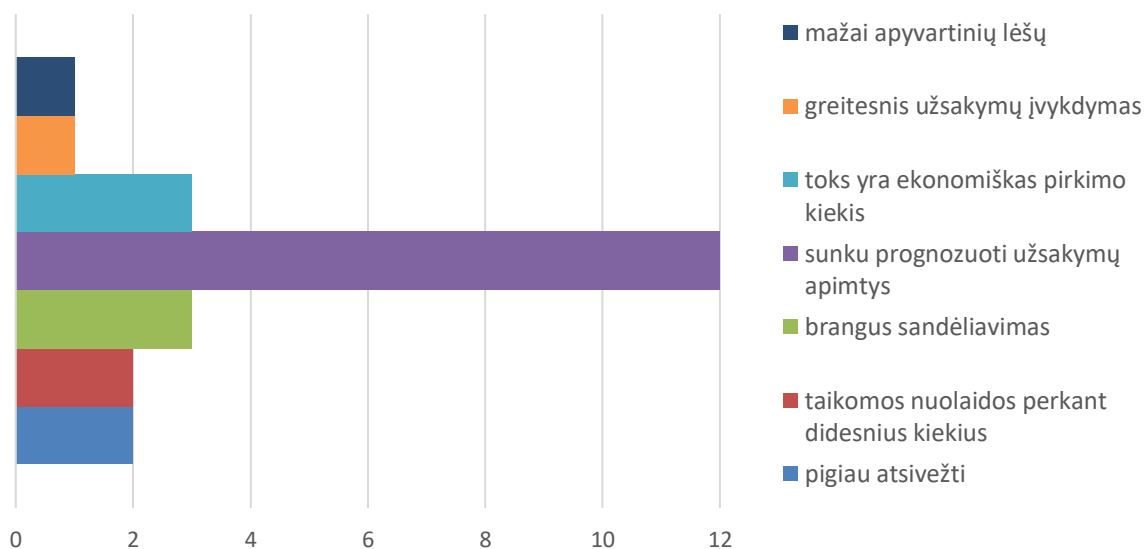
Apklaustieji pateikė atsakymus, kurioje apskrityje yra jų įmonės gamybos cechų. Daugiausiai veikiančių metalo apdirbimo įmonių šalyje yra didžiausių Lietuvos miestų apskrityse 33 % –

Vilniaus apskrityje ir 20 % – Kauno apskrityje, toliau po 13 % respondentų atsakė, kad jų gamybos cechą yra Panevėžio ir Alytaus apskrityse.



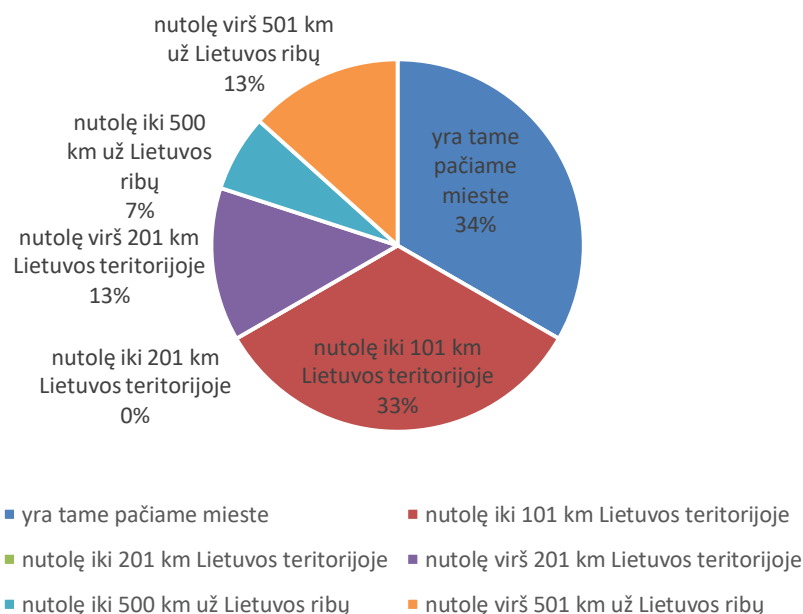
2 pav. Užsakomų žaliavų kiekių didumas ir dažnumas

Tyrimo metu respondentai atsakė, kokiais kiekiais ir kaip dažnai užsakote žaliavas. Šiame grafike rodoma, kad 80 % įmonių žaliavas užsakinėja dažniau ir mažais kiekiais, o 20 % elgiasi atvirkščiai užsakinėja didelius kiekius, tačiau rečiau.



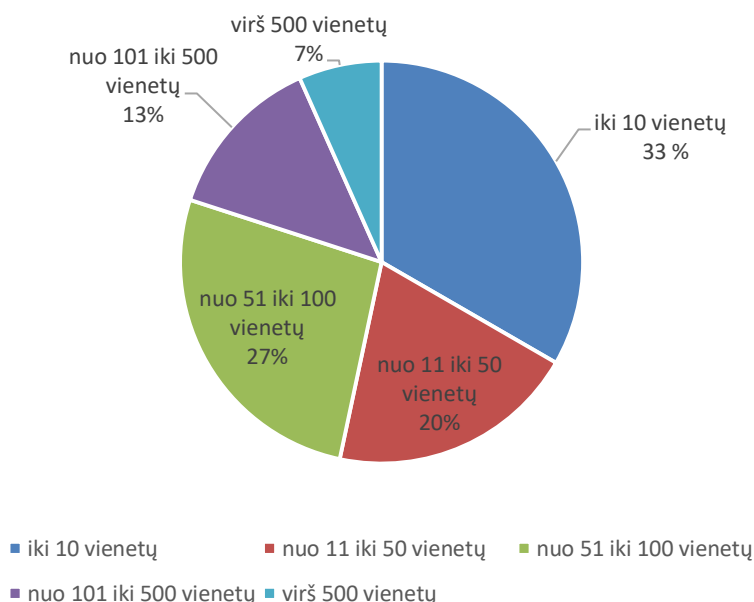
2.14 pav. Priežastis dėl kurios yra pasirinktas būtent toks užsakymo būdas

Apklaustos metu respondentai sakė, dėl kokios priežasties pasirinko tokį užsakymo būdą. Taigi, šis grafikas rodo, kad būtent tokį būdą lemia netolygūs užsakymai gamybai. Įmonės tiksliai nežino, kada klientas užsakys gaminius. Visgi, visos įmonės privalo laikytis tam tikrų taisyklių norit patenkinti klientą ir generuoti pelną, viena tokia yra minimalus žaliavų kiekis sandėlyje, kuri leidžia apsaugoti nuo gamybos prastovų dėl žaliavų trūkumo, esant žaliavos trūkumui jos yra užsakomos. Tačiau taip pat viena iš taisyklių yra ir maksimalus žaliavų kiekis sandėlyje, ji leidžia neperkausti sandėlių perteklinėmis medžiagomis ir elementais, kas didina sandėliavo kainą.



2.15 pav. Atstumas kuriuo yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai

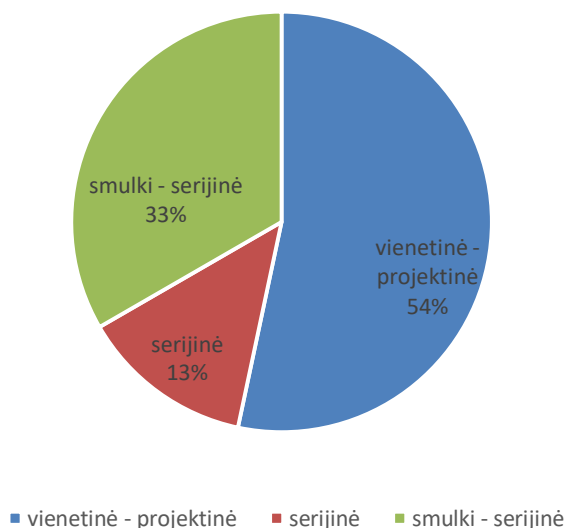
Tyrimo metu respondentai atsakė, koku atstumu nuo įmonių yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai. Didžioji dalis gamybos cechų yra tame pačiame mieste kur ir įsikūrę pagrindiniai žaliavų tiekėjai, tokių yra 34 % ir 33 % tiekėjų yra nutolę iki 100 km nuo gamybos cechų. Išvada, kad įmonės stengiasi taupyti transportavimo kaštus, kadangi žaliava pas visus tiekėjus yra panašios kainos, visgi kartais atsiranda specifinių žaliavų, kurios yra parduodamos ir toliau ar net ne Lietuvos ribose.



2.16 pav. Žaliavų vienetų suma, gaminant produktą

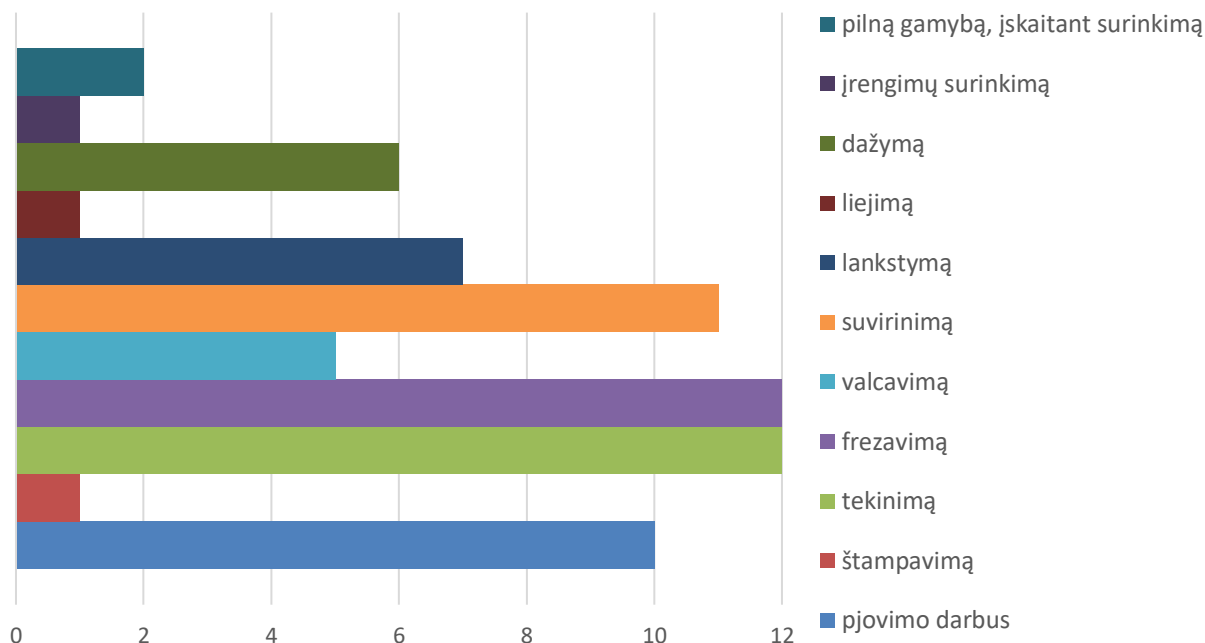
Apklausoje metu respondentai sakė, kiek skirtingų žaliavų vienetų yra naudojama pagaminti pagrindinį gaminamą produktą. Trečdalis įmonių gamina paprastus gaminius, kurių gamybai reikia iki 10 skirtingų žaliavų elementų, tokių įmonių yra apie 33 %. Iš grafiko galima teigi, kad didžioji

dalį įmonėse pagamintų produktų sudaro iki 100 vienetų skirtingų žaliavų – viso apie 80 % įmonių. Tačiau yra specialių produktų ir gamybos linijų, kurios gamyba naudoja virš 500 vienetų skirtingų žaliavų komponentų pagaminti produktą, tokios įmonės orientuojasi į specifinę rinkos dalį.



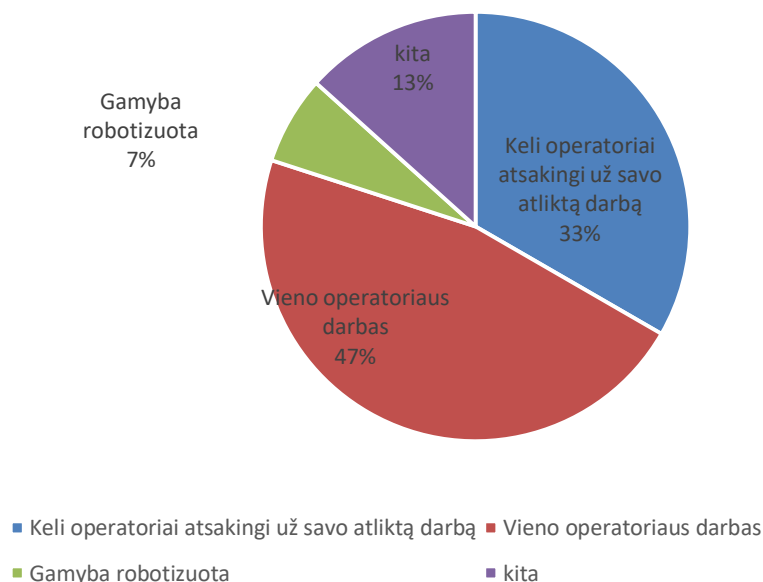
2.17 pav. Gamybos apimtys

Tyrimo metu apklaustieji atsakė, kokios gamybos apimtys yra vykdomos įmonėje. Didžioji dalis įmonių (54 %) atlieka vienetinę – projektinę gamybą. Prekių gaminimas yra itin mažais kiekiais, dažnai pagal individualius užsakymus. Toliau tarp (33 %) įmonių yra paplitusi serijinė gamyba – gaminimas yra nedideliais kiekiais (serijomis). Serijinė gamyba skirta tenkinti skirtingus vartotojų poreikius, ypač ten, kur vartotojų poreikiai sparčiai keičiasi. Ir tik 13 % įmonių vykdo serijinę (masinę) gamybą, kur yra standartizuotų prekių gamyba dideliais kiekiais. Serijinė (masinė) gamyba itin automatizuota, darbo imlumas ir gaminamo produkto savikaina paprastai būna palyginti maži.



2.18 pav. Gamybos veika įmonėse

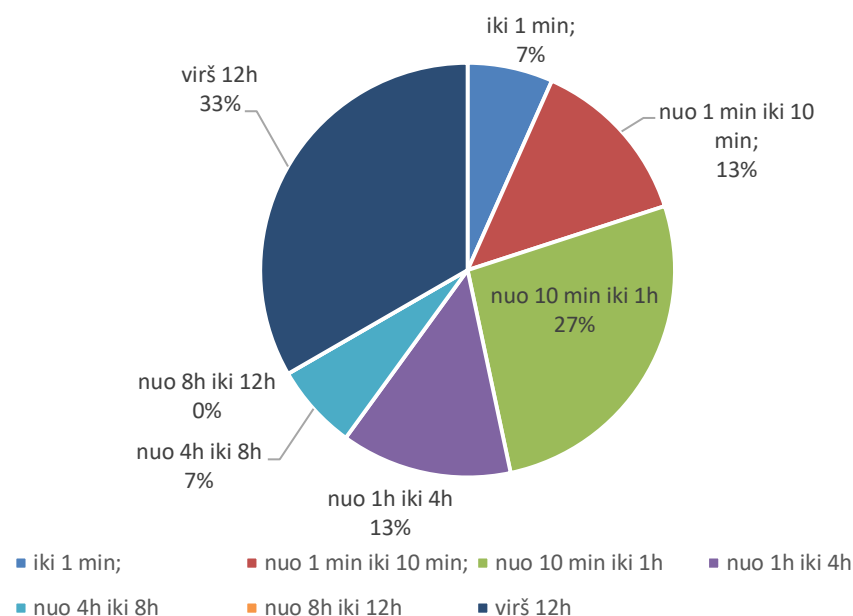
Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kokią veiklą plėtoja įmonėje. Populiariausi darbai yra metalo frezavimas ir tekinimas, tokią veiklą užsiima 12 apklaustų įmonių iš 15, toliau įmonės atlieka suvirinimo darbus, pjovimo darbus, lankstymą dažymą ir kitus darbus. Tai rodo, kad įmonės atlieka daug skirtingų gamybos operacijų, tačiau kiekvieną iš jų galima optimizuoti ar patobulinti, taip sukuriant pridėtinę vertę tiek įmonei, tiek pagaminto produkto vartotojui.



2.19 pav. Gamybos celės

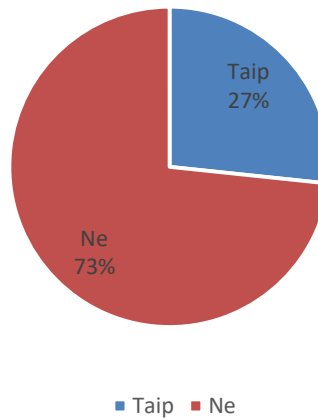
Tyrimo metu respondentai pateikė atsakymus, kokia gamybos celė yra taikoma įmonėje. Metalų apdirbimo įmonėse yra populiarus vieno operatoriaus darbas, tokių yra 47 %, toliau keli

operatoriai yra atsakingi už gamybos eilės liniją, tokių darbuotojų įmonėse yra apie 33 % ir tik 7 % apklaustų įmonių gamybos celei naudoja robotizuota gamybos liniją.



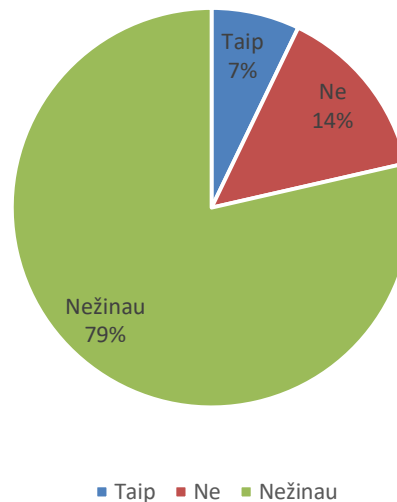
2.20 pav. Produkto pagaminimo laikas

Tyrimo metu respondentai pateikė atsakymus, produkto pagaminimo laiką. Šiame grafike yra pateikta dažniausiai gaminamo produkto gaminimo trukmė (ciklo laikas). Lietuvos metalo apdirbimo įmonės gamina iš ties daug ir skirtingų gaminių, tai galima matyti grafike, kur kai kuriems produktams pagaminti reikia iki 1 min (7 %), o kitus įmonės gamina virš 12h (33 % įmonių). Visgi, yra ir daug kitų ciklo laikų, kur gaminys pagaminamas nuo 1 iki 10 min (13 %), nuo 10 min iki 1 h (27 %), nuo 1 iki 4h (13 %) ir nuo 4h iki 8h (7 % įmonių). Taigi, galima teigti, kad įmonėm taikant vienetinę projektinę gamybą gaminio ciklo laikas priklauso nuo užsakymo sudėtingumo.



2.21 pav. Robotizavimas gamyboje

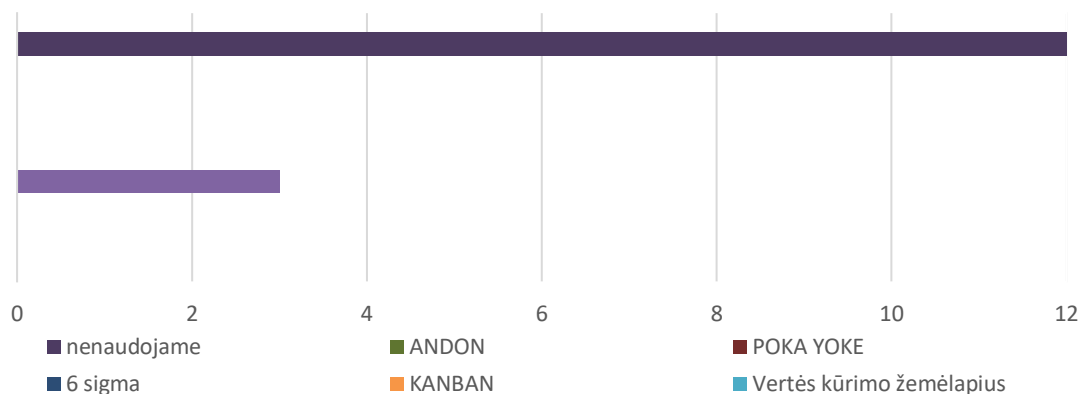
Tyrimo metu respondentai atsakė, ar įmonės taiko robotizuotą gamybą. 27 % apklaustų įmonių savo gamybos linijoje ar gamybos dalyje naudoja robotizuota gamybą, įmonės efektyvią gamybą, ją tobulina, tačiau tokiai gamybai reikalingi kvalifikuoti darbuotojai, kurie išmąnytų robotų darbą ir jų programavimą. Visgi, net 73 % įmonių nenaudoja jokios robotų pagalbos gamyboje, visą darbą atlieką operatorius ir jo valdomos mašinos. Tai rodo, kad dauguma įmonių dar nežengia į ketvirtos pramonės revoliucijos lygį.



2.22 pav. Respondentų nuomonė ar yra suderinimas tarp robotizuotos gamybos ir „lean“ sistemos

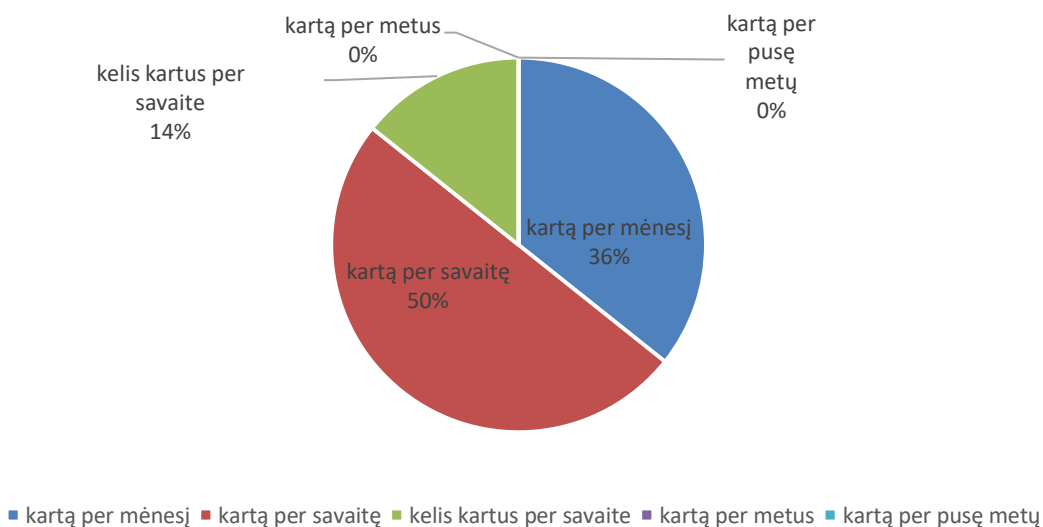
Apklauskos metu respondentai atsakė į klausimą, ar yra nesuderinimas tarp robotizuotos gamybos ir „lean“ sistemos principų. Atsakymai rodo, kad respondentai kurie nenaudoja robotizuotos gamybos tai nežino ar galima ją derinti su „lean“ sistemos principais, kiti atsakiusieji 7 % mano, kad yra nesuderinimas ir 14 % mano, jog „lean“ sistema ir robotizuota gamyba gali dirbti našiai. Visgi, yra pavyzdžių kai pramonės įmonės pradeda šalinti robotizuotą gamybą su tikslu, kad „lean“ sistema pageidauja žmonių darbo su inovatyvioms technologijoms.

Lietuvos metalo apdirbimo įmonės nėra detalios susipažinę su robotizuota gamyba ar „lean“ sistemos principais. Net 11 apklaustųjų nežino kaip galima efektyviai naudoti „lean“ kartu su robotizuota gamyba. Kitos įmonės visai nenaudoja robotų gamyboje, o kiti dar tik svarsto apie tai, tačiau turi per mažą produkcijos apimtį, kad tai galima būtų išnaudoti efektyviai.



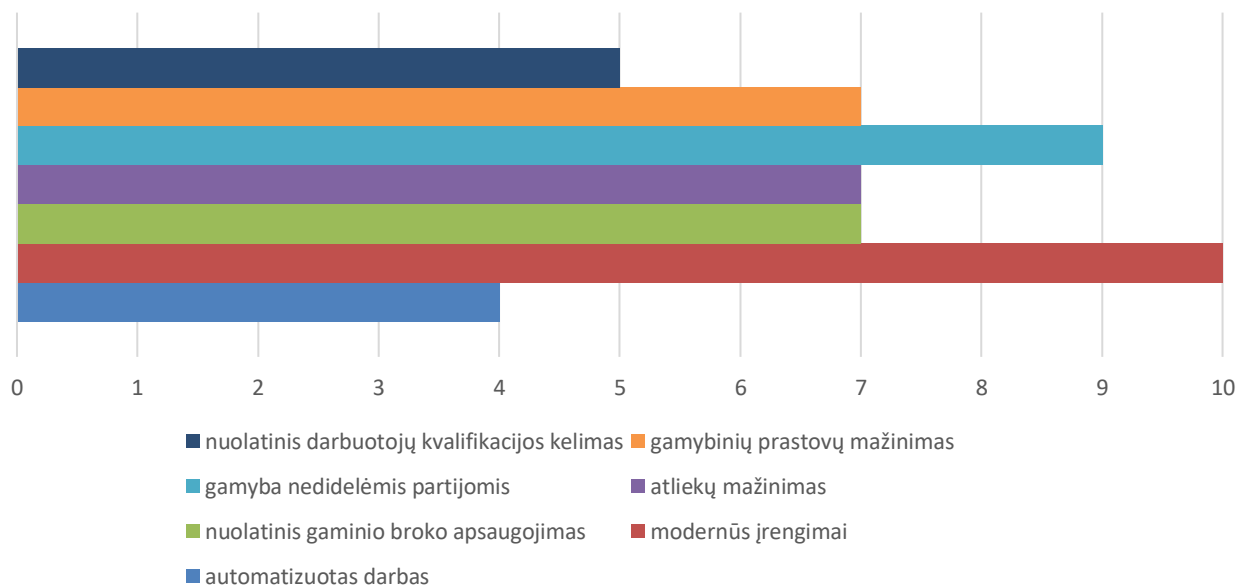
2.23 pav. Gamybos tobulinimo ar optimizavimo būdai įmonėse

Tyrimo metu respondentai atsakė, kokius gamybos tobulinimo ir optimizavimo būdus naudoja įmonėje. Net 12 įmonių nenaudoja jokių „TOYOTA“ gamybos sistemos tobulinimo būdų, o tik 3 įmonės savo gamyboje nauja JIT metodą, kuris padeda efektyviai valdyti žaliavų paskirstymą gamyboje.



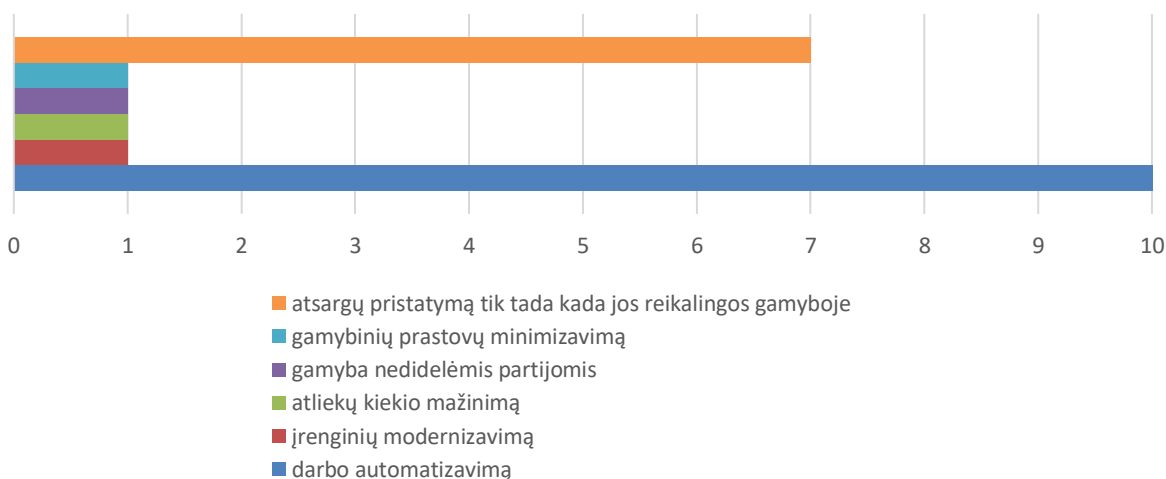
2.24 pav. Gamybos planavimo, tobulinimo, optimizavimo susirinkimų dažnis

Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kaip dažnai įmonėje vyksta susirinkimai dėl gamybos planavimo, optimizavimo ir organizavimo. Visgi, įmonės gan dažnai vykdo susirinkimus dėl gamybos planavimo, optimizavimo ar organizavimo. 17 % įmonių darbuotojai vykdo susirinkimus kelis kartus per savaitę, 58 % įmonių savo darbuotojus surenka bent jau kartą į savaitę ir 25 % įmonių susirinkimus vykdo bent kartą per mėnesį. Taigi, įmonės siekia tobulinti, optimizuoti savo gamybą, rasti ir spręsti visus „butelio kakliukus“ esančius gamybos linijoje.



2.25 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai

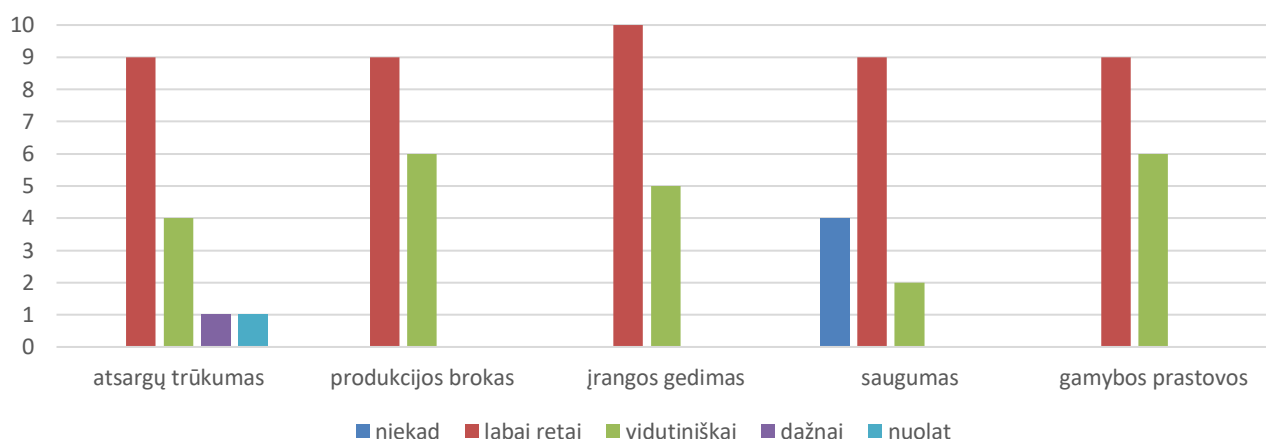
Apklausoje metu respondentai atsakė į klausimą, kokie gamybos tobulinimo elementai dabar yra būdingi įmonėje. Grafikas rodo, kad įmonės laikosi gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo principų savo įmonėse. 10 apklaustų įmonių turi modernius įrengimus, 9 – vykdo gamybą nedidelėmis partijomis, 7 – mažina gamybines prastovas, atliekas, stengiasi saugoti gaminius nuo galimo broko, 5 – kelia darbuotojų kvalifikaciją, ir 4 įmonės automatizuoja gamybos linijos darbą. Didžioji dalis įmonių neinvestuoja į savo darbuotojus, nekelia jų kvalifikacijos, o tai gali turėti įtakos kitų tobulinimo elementų efektyvumui.



2.26 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai, kuriuos yra sunku įdiegti

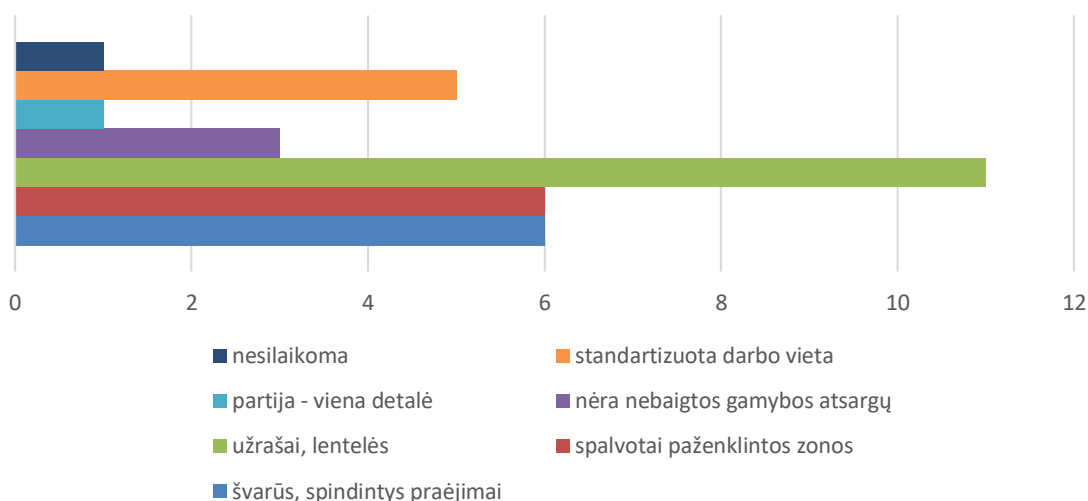
Tyrimo metu respondentai atsakė, kuriuos gamybos tobulinimus būtų sunku įdiegti įmonėje. Kaip ir robotizuota gamyba taip ir darbo automatizavimas yra sunkiausiai įgyvendinami gamybos tobulinimo būdai metalo apdirbimo įmonėse. 10 respondentų atsakė, kad darbo automatizavimą būtų sunku įdiegti jų įmonėje. 7 respondentai teigia, kad būtų sunku pristatyti žaliavas į gamybą

tada kada jos reikalingos, tačiau šis skaičius galėtų būti mažesnis, jei įmonės įsidiegtų JIT metodą, nes šiuo metu tik 3 įmonės naudoja šį metodą.



2.27 pav. Gamybos problemų dažnumas pagal sritis ar rūšis

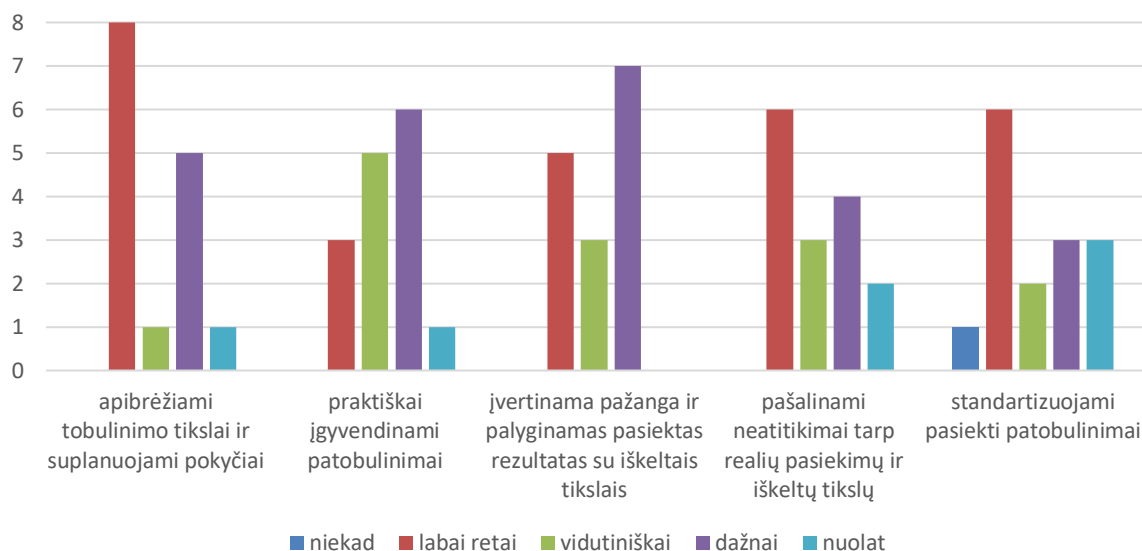
Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, koku dažnumu gamyba susiduria su įvairiomis problemomis. Metalų apdirbimo įmonės dažniausiai labai retai susiduria su atsargų trūkumu, tačiau yra būna atveju, kai dėl atsargų trūkumo stoja gamybos procesas. Taip pat nėra išvengiamas gaminio brokas, kartais jo pasitaiko daugiau, kartais mažiau, tai lemia užsakomo gaminio sudėtingumo lygis. Įranga gamyboje genda labai retai, kadangi yra visiems įrenginiams yra taikoma planinio remonto strategija. Kiekvienoje įmonėje darbuotojų saugumas yra pagrindinė ir svarbiausia užduotis darbdaviui, tai rodo grafikas, kad įmonės su saugumu problemomis nesusiduria niekada. Atsargų trūkumas didina gamybos prastovas, o planinis įrangos remontas jį mažina, norint turėti gamybą be prastovų reikia gamybą žaliavomis aprūpinti tada kada jai jų reikia.



2.28 pav. Pagrindiniai susitvarkymo ir švaros reikalavimai įmonėse

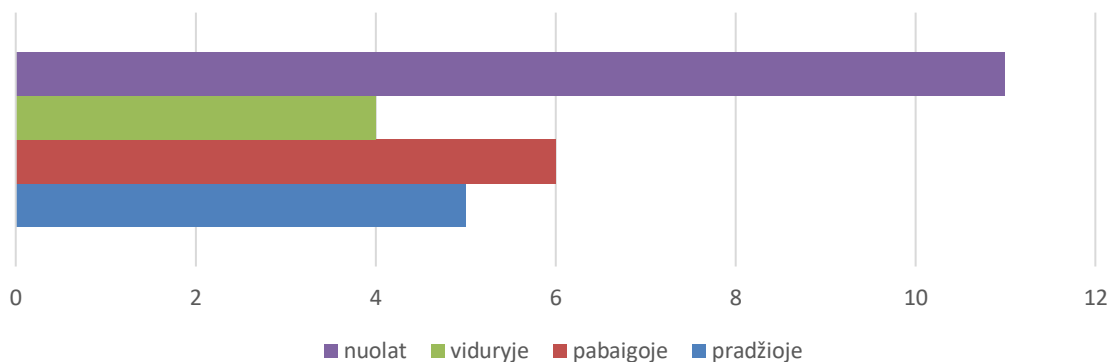
Tyrimo metu respondentai atsakė, ar įmonėje yra laikomasi kokybės susitvarkymo ir švaros reikalavimų. Metalų apdirbimo įmonės šalyje naudoja specialius įrankius savo gamybai tobulinti ir ją efektyvinti. 11 respondentų savo įmonėje turi užrašus ar lenteles, kur mato naujas užduotis,

įvairias pastabas. 6 apklaustieji pažymėjo, kad jų gamyboje visi parėjimai yra švarūs ir spindintys, visi praėjimai yra paženklinėti zonomis. Penkios įmonės turi standartizuotą darbo vietą, kur kiekvienas įrankis turi tik jam skirtą vietą. Trejos įmonės baigdami gamybą darbo vietą pilnai sutvarko ir nepalieka nebaigtų gamybos atsargų.



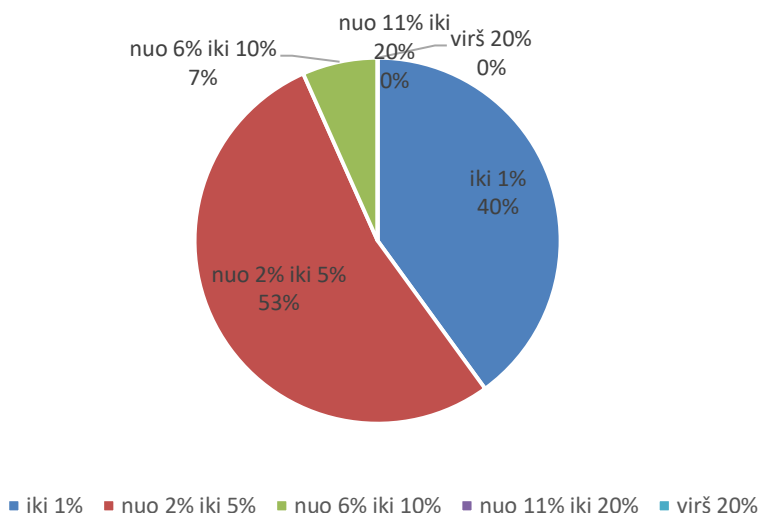
2.29 pav. Tobulinimo disciplinų dažnumas pagal sritis ar rūšis

Apklauskos metu respondentai atsakė į klausimą, kaip dažnai įmonėje yra laikomasi įvairių disciplinų. Stulpelinėje diagramoje yra pateikti duomenis apie įmonių pokyčių dažnumą. Aštuoniuose metalo apdirbimo įmonėse labai retai būna apibrėžti tobulinimo tikslai ir planuojami pokyčiai, tačiau net 5 įmonėse šitie pokyčiai yra apibrėžiami dažnai. Dažniausiai ar vidutiniškai dažnai visi tobulinimai būna įgyvendinami ir praktiškai, tai rodo, kad įmonės sukurdamos naujas idėjas ar tikslus stengiasi jas perduoti gamybos procesui. Dažnai įmonėse darbuotojai gauna premijas ar motyvacinį priedą už pasiektus rezultatus su užkeltais tikslais, įmonės skatina darbuotojus, kurdamos vertę tiek sau, tiek darbuotojui. Visgi, yra nemažai įmonių šalyje, kurios neskiria jokio dėmesio ar motyvacijos darbuotojui už jo pasiektus ar kuriamus rezultatus įmonei, dėl to, daugelis darbuotojų tiesiog praranda motyvaciją kažką keisti ir mano, kad jų darbe jau nebėra ką tobulinti. Metalo apdirbimo įmonės yra beveik tolygiai pasiskirsčiusios dėl pašalinamų neatitikimų tarp realių pasiekimų ir iškeltų tikslų dažnumo. Neatitikimai dažnai priklauso nuo keliamo tikslo sudėtingumo lygio ir jo realaus įgyvendinimo galimybių. O jei įmonės ir pasiekia naują gamybos tobulinimo būdą, dažniausiai jis nėra standartizuojamas, aišku yra įmonių kurios kiekvienam tobulinimui įveda savo standartą, bet jau po 3 įmones šalyje labai dažnai arba nuolat standartizuoja naujus patobulinimus.



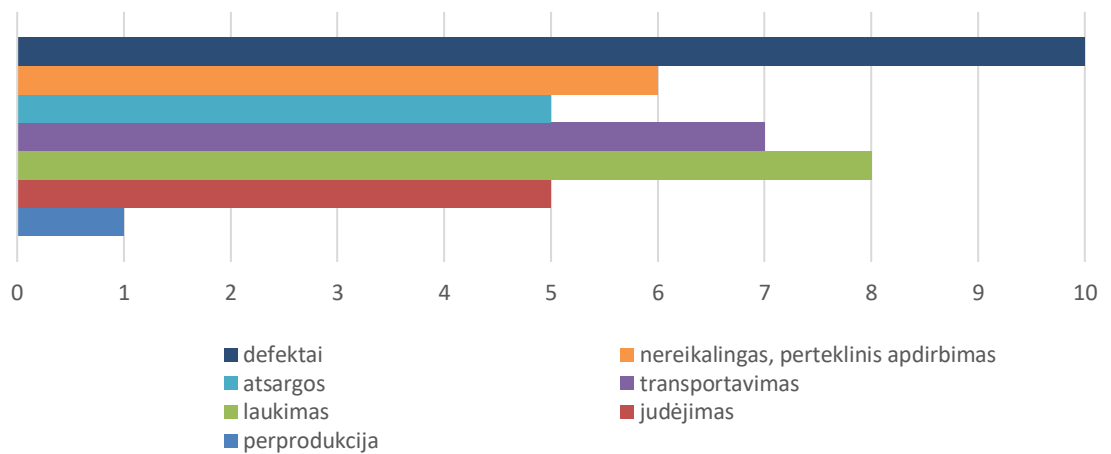
2.30 pav. Produkcijos kokybės tikrinimas

Tyrimo metu respondentai atsakė, kada yra tikrinama produkcijos kokybė. Net 11 įmonių iš 15 apklaustų produkcijos kokybę gamyboje tikrina nuolat, tai rodo, kad geriau investuoja laiką ir pinigus į nuolatinį kokybės tikrinimą nei galutinio gaminio taisymą. Šešios įmonės kokybę tikrina gamybos pabaigoje, dėl to gali atsirasti papildomi darbai, tačiau jei yra masinė gamyba, dažniausiai įmonės kokybę tikrina tik pabaigoje. 5 įmonės kuria specifinius produktus, kur produkto kokybė yra tikrinama pradžioje, visgi, tarp šių įmonių gali atsirasti ir įmonės kurios gamybos broką tikrina nuolat.



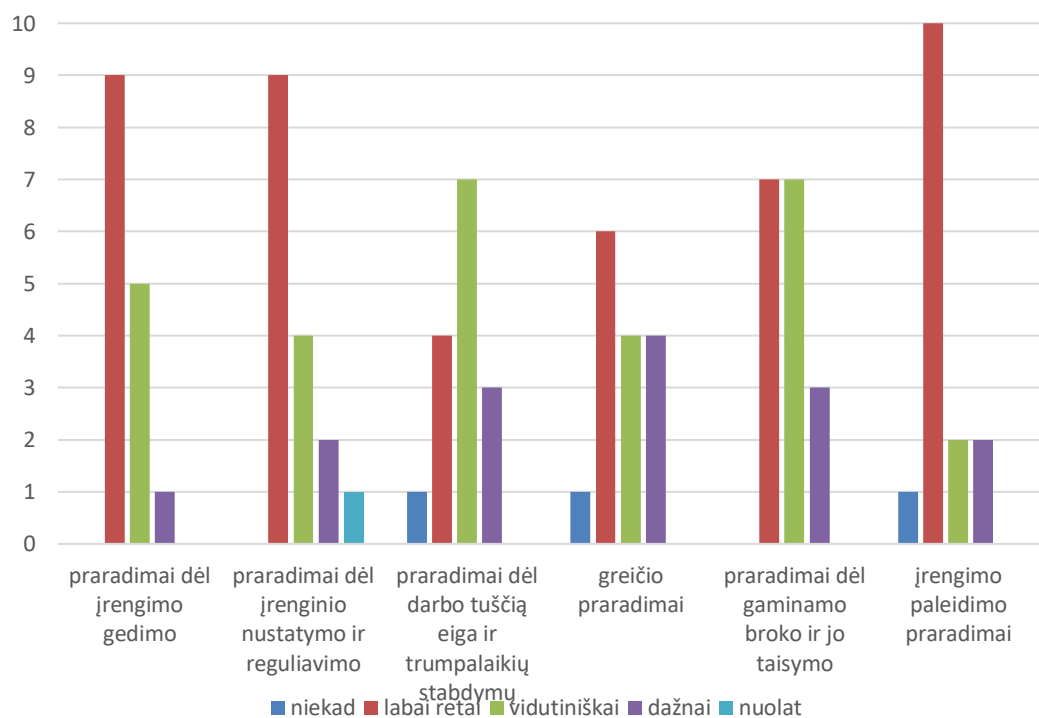
2.31 pav. Pagamintos brokuotos produkcijos kiekis

Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kiek pagaminamos produkcijos būna brokuotos. Esant dažnam kokybės tikrinimui sumažėja ir tikimybė brokuotai produkcijai 40 % įmonių pagamina iki 1 % nekokybiškų gaminių. 53 % įmonių savo gamyboje turi nuo 2 % iki 5 % brokuotų produktų ir 7 % įmonių pagamina net iki 10 % brokuotos produkcijos. Šie skaičiai privalo būti mažesni, nes įmonės labai dažnai tikrina kokybę, tačiau brokuotos produkcijos neišvengia. Produkcijos kokybei gerinti yra naudojama „kanban“ sistema.



2.32 pav. Dažniausi gamybos nuostoliai

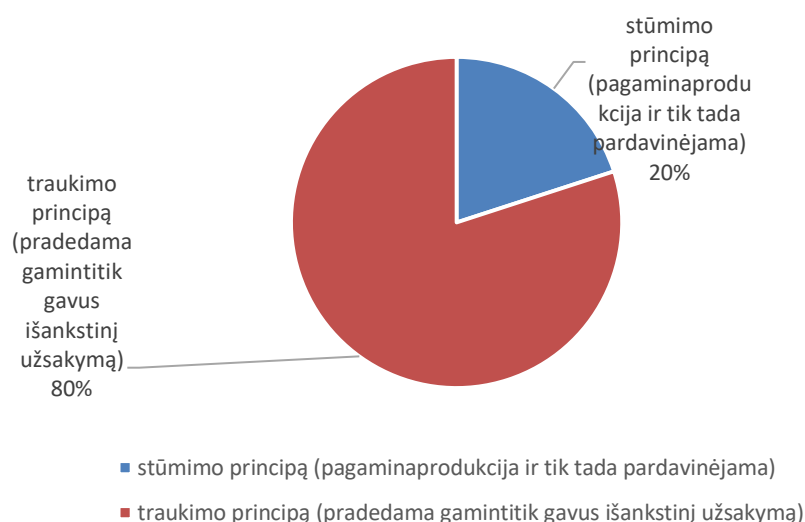
Tyrimo metu respondentai atsakė, kokie dažniausi gamybos nuostoliai pasitaiko įmonėje. Nors produkcijos kokybė yra tikrinama nuolat, 10 įmonių dažniausiai gamybos nuostolius praranda dėl defektų, 8 – laukia įrangos taisymų, produkcijos taisymų, 7 – dėl perteklinio transportavimo, 6 – dėl nereikalingo ar perteklinio produkto apdirbimo, po 5 – dėl atsargų trūkumo ar nereikalingo judėjimo ir tik viena įmonė gamybos nuostolius praranda dėl perprodukcijos.



2.33 pav. Bendro įrengimo veiksmingumo įtaka galimiems praradimams

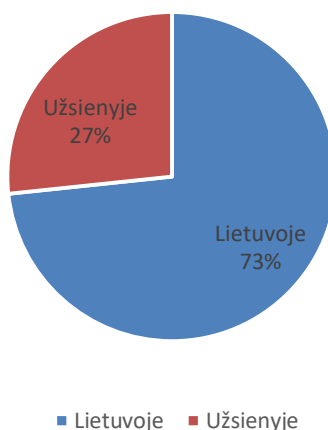
Apklausoje metu respondentai atsakė į klausimą, kaip dažnai ir kokie praradimai pasitaiko įmonėje, kurie įtakoja bendrą įrengimų veiksmingumą. Šis grafikas vaizduoja bendrą apklausoje dalyvavusių metalo apdirbimo įmonių įrengimų efektyvumą, kuris priklauso nuo įvairių praradimų dažnumo. Taigi, dažniausiai įrenginių veiksmingumą įtakoja greičio praradimai, kur net keturioms įmonėms tai nutinka dažnai, toliau įmonės susiduria su praradimais dėl gaminio broko ir jo taisymo,

sekantis praradimas pagal dažnumą yra dėl darbo tuščia eiga ar trumpalaikių stabdymų, o rečiausiai įmonės susiduria su praradimais dėl įrenginio nustatymo ir reguliavimo, įrenginio gedimo ir paleidimo. Šis grafikas patvirtinta, kad įmonės naudoja modernius įrenginius, jie retai genda ir jų reguliavimas užtrunka trumpą laiką, visgi, dažniausi įrenginių praradimai yra dėl gamybos trikdžių, sustojimų ar stabdymų. Visi 15 respondentų atsakė, kad įmonėje nelaimingų atsitikimų niekada nėra įvykę darbo vietoje. Įmonės darbuotojai privalo laikytis darbų saugos reikalavimų, dėvėti specialius drabužius, apsaugos priemones, atlikti savo darbą saugiai bei užtikrinti saugią vietą savo kolegoms.



2.34 pav. Principas pagal kurį yra gaminama produkcija

Apklausoje metu respondentai atsakė į klausimą, pagal kokį principą yra gaminama produkcija. Didžioji dalis produkcijos yra gaminama pagal traukimo principą (pradedama gaminti tik gavus išankstinį užsakymą), tokia gamyba užsiima 80 % metalo apdirbimo įmonių, o 20 % dirba pagal stūmimo principą (pagamina produkcija ir tik tada pardavinėjama).



2.35 pav. Parduodama produkcija

Tyrimo metu respondentai atsakė, kur yra parduodama didžioji dalis pagamintos produkcijos. 73% pagamintos produkcijos yra parduodami Lietuvos rinkai. Tai rodo, kad Lietuvos metalo apdirbimo įmonės didžiąją dalį užsakymų gauna iš Lietuvos užsakovų. Visgi, 27% produkcijos yra eksportuojama į užsienį, tai yra arti trečdalis visos pagaminamos produkcijos.

Įvertinus visų respondentų atsakymus, šie buvo atskirti pagal įmonių dydį. Lentelėje yra pateikiamas apklausos rezultatų apibendrinimas pagal įmonių dydį.

2.1 lentelė. Gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas metalo apdirbimo mikro įmonėse, mažose įmonėse ir vidutinėse įmonėse

Mikro įmonės	Mažos įmonės	Vidutinės įmonės
Metai atliekant gamybinę veiklą		
iki 5 metų - 100%	6-10 metų - 33% 11-15 metų - 33% 15-20 metų - 33%	6-10 metų - 11% 11-15 metų - 11% 15-20 metų - 33% virš 21 metų - 45%
Apyvartos dydis		
nuo 50 001 iki 100 000 eurų - 67% nuo 100 001 iki 500 000 eurų - 33%	nuo 500 001 iki 1 000 000 eurų - 33% nuo 1 000 001 iki 3 000 000 eurų - 67%	nuo 1 000 001 iki 3 000 000 eurų - 22% nuo 3 000 001 iki 5 000 000 eurų - 56% virš 10 000 000 eurų - 22%
Vidutinis darbuotojų atlyginimas		
iki 500 eurų - 33% nuo 501 iki 800 eurų - 33% nuo 801 iki 1000 eurų - 33%	nuo 1001 iki 1200 eurų - 67% virš 1500 eurų - 33%	nuo 801 iki 1000 eurų - 45% nuo 1001 iki 1200 eurų - 22% nuo 1201 iki 1500 eurų - 22% virš 1500 eurų - 11%
Žaliavų užsakymo kiekis ir dažnumas		
mažais kiekiais ir dažniau - 100%	dideliais kiekiais ir rečiau - 67% mažais kiekiais ir dažniau - 33%	dideliais kiekiais ir rečiau - 22% mažais kiekiais ir dažniau - 78%
Atstumas kuriuo yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai		
yra tame pačiame mieste - 67% nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje - 33%	yra tame pačiame mieste - 33% nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje - 33% nutolę virš 201 km Lietuvos teritorijoje - 33%	yra tame pačiame mieste - 22% nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje - 34% nutolę virš 201 km Lietuvos teritorijoje - 11% nutolę iki 500 km už Lietuvos ribų - 11% nutolę virš 501 km už Lietuvos ribų - 22%
Gamybos apimtys		
vienetinė - projektinė - 67% smulki - serijinė - 33%	vienetinė - projektinė - 100%	vienetinė - projektinė - 33% smulki - serijinė - 45% serijinė - 22%
Gamybos celės		

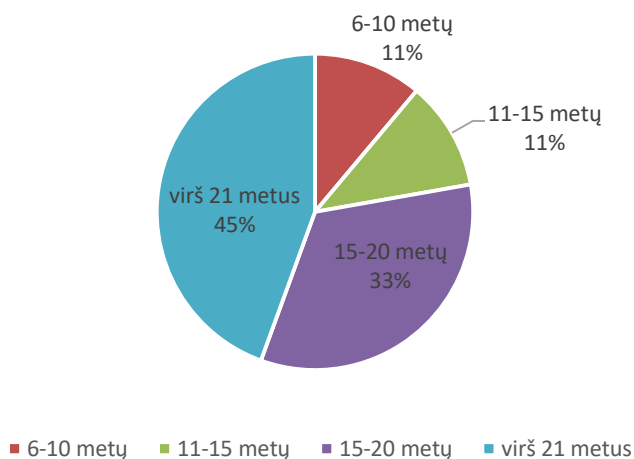
vieno operatoriaus darbas - 67% keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą - 33%	vieno operatoriaus darbas - 67% keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą - 33%	vieno operatoriaus darbas - 33% keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą - 34% kita - 22% gamyba robotizuota - 11%
Robotizavimas gamyboje		
yra - 33% nėra - 67%	nėra - 100%	yra - 33% nėra - 67%
Gamybos tobulinimo ar optimizavimo būdai		
nenaudoja - 100%	nenaudoja - 33% JIT - 67%	nenaudoja - 11% JIT - 89%
Gamybos planavimo, tobulinimo, optimizavimo susirinkimų dažnis		
kartą per mėnesį - 100%	kartą per savaitę - 67% kartą per mėnesį - 33%	kartą per savaitę - 63% kelis kartus per savaitę - 25% kartą per mėnesį - 12%
Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai		
gamyba nedidelėmis partijomis - 100% modernūs įrengimai - 33% atliekų kiekio mažinimas - 33% gamybinių prastovų mažinimas - 33%	automatizuotas darbas - 33% nuolatinis gaminio broko apsaugojimas - 33% atliekų kiekio mažinimas - 33% gamybinių prastovų mažinimas - 33% modernūs įrengimai - 33% gamyba nedidelėmis partijomis - 67%	modernūs įrengimai - 89% nuolatinis gaminio broko apsaugojimas - 67% atliekų kiekio mažinimas - 56% gamyba nedidelėmis partijomis - 33% gamybinių prastovų mažinimas - 56% nuolatinis darbuotojų kvalifikacijos kėlimas - 44% automatizuotas darbas - 33%
Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai, kuriuos yra sunku įdiegti		
įrenginių modernizavimą - 33% gamybos prastovų minimizavimą - 33% atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje - 33% darbo automatizavimą - 33%	darbo automatizavimą - 67% atliekų kiekio mažinimą - 33%	darbo automatizavimą - 78% atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje - 67% gamyba nedidelėmis partijomis - 11%
Produkcijos kokybės tikrinimas		
pradžioje - 33% pabaigoje - 33% nuolat - 67%	pabaigoje - 33% viduryje - 33% nuolat - 67%	pradžioje - 22% pabaigoje - 33% viduryje - 22% nuolat - 67%
Pagaminta brokuota produkcija		
iki 1% - 33% nuo 2% iki 5% - 67%	iki 1% - 67% nuo 6% iki 10% - 33%	iki 1% - 33% nuo 2% iki 5% - 67%
Dažniausi gamybos nuostoliai		
defektai - 67% judėjimas - 33% laukimas - 33% transportavimas - 33%	defektai - 100% atsargos - 67% nereikalingas, perteklinis apdirbimas - 67% transportavimas - 33% judėjimas - 33%	laukimas - 67% transportavimas - 56% defektai - 56% nereikalingas, perteklinis apdirbimas - 44% atsargos - 44%

	laukimas - 33%	judėjimas - 33% perprodukcija - 11%
Principas pagal kurį gaminama produkcija		
traukimo principą - 100%	traukimo principą - 100%	stūmimo principą - 33% traukimo principą - 67%
Parduodama produkcija		
Lietuvoje - 100%	Lietuvoje - 100%	Lietuvoje - 56% užsienyje - 44%

Atskirus respondentų atsakymus pagal įmonių dydį yra matomi pagrindiniai skirtumai. Metai atliekant gamybinę veiklą skiriasi pagal įmonių dydį, kuo įmonė didesnė tuo daugiau metų ji vykdo gamybinę veiklą, galima daryti išvada, kad daugelis įmonių gamybą pradeda būdamos mikro įmonėmis pagal darbuotojų skaičių ir einant metams jos plečia savo dydį. Taip pat kuo įmonės didesnė, tuo ji generuoja didesnę apyvartą dydį. Didesnis darbuotojų skaičius, pagamina daugiau produkcijos, o tai lemia didesnę apyvartą. Tiek mikro ir makro įmonės žaliavas užsako iš tiekėjų, kurie yra nutolę iki 100 km nuo gamybos cecho, o vidutinėse įmonėse net pusę žaliavų tiekėjų yra nutolę virš 200 km nuo įmonės. Tai gali lemti, kad įmonės iš anksto žino užsakymų apimtys ir gali ieškoti pigesnių ar labiau kokybiškesnių tiekėjų. Vidutinėse įmonėse net du trečdalius sudaro serijinė gamyba, o mikro ir mažos įmonės yra orientuotos į projektinę – vienetinę gamybą. Apklausoje dalyvavusios metalo apdirbimo įmonės stengiasi produkciją gaminti pagal traukimo principą, visgi, vidutinėse įmonėse pasitaiko ir gamybą pagal stūmimo principą. Daugiausiai parduodamos produkcijos yra Lietuvoje, tačiau vidutinės metalo apdirbimo įmonės beveik pusę savo pagamintos produkcijos eksportuoja.

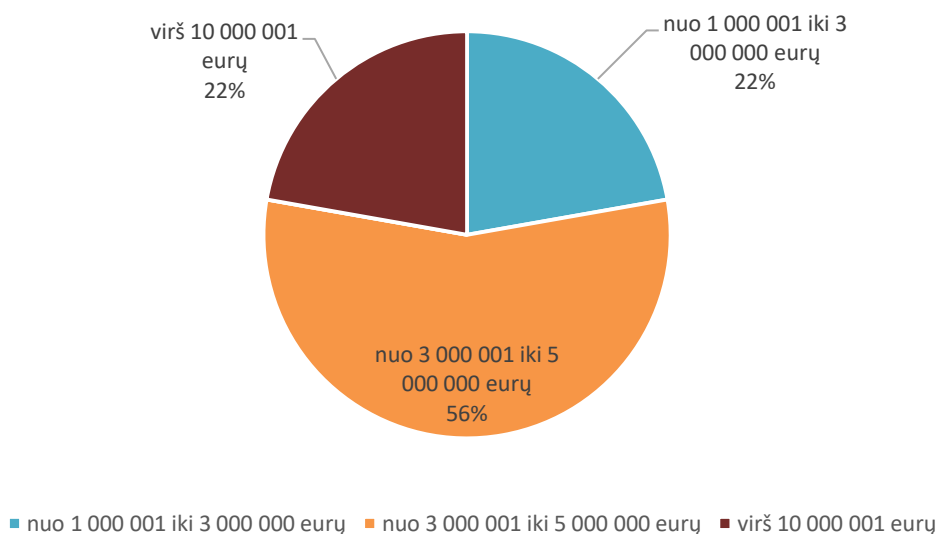
2.5. Vidutinių metalo apdirbimo įmonių rezultatų apibendrinimas

Viso tyrimo metu analizuota penkiolika skirtingo dydžio įmonių, iš jų devynios buvo vidutinės, t. y. darbuotojų skaičius nuo 50 iki 249. Apklausoje jos dalyvavo efektyviausiai, todėl iš jų yra gauti ir tikslesni rezultatai.



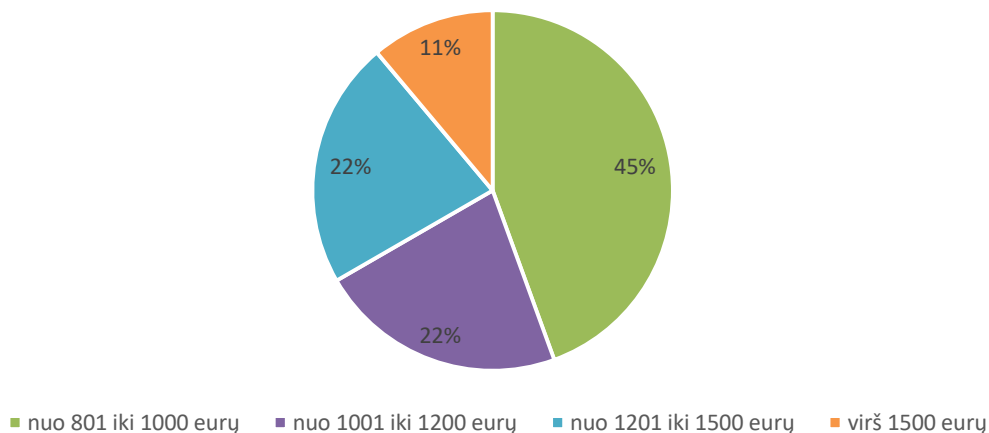
2.36 pav. Metai vykdant gamybinę veiklą (vidutinio dydžio įmonėse)

Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kiek metų įmonė vykdo gamybinę veiklą. Tyrimui atrinktų vidutinių metalo apdirbimo įmonių Lietuvoje gamybinę veiklą vykdo 15 metų ir daugiau. Tokių įmonių apklausoje buvo 78 % visų vidutinių įmonių. Tai rodo, kad įmonės per penkiolika ir daugiau gamybos metų padidino savo darbuotojų skaičių. Darbuotojų skaičiaus augimą lėmė inovatyvūs sprendimai, gaminiai, technologijos – tam reikėjo papildomos darbo jėgos. Atsirado naujų užsakovų, tai vertė didinti gamybos apimtį.



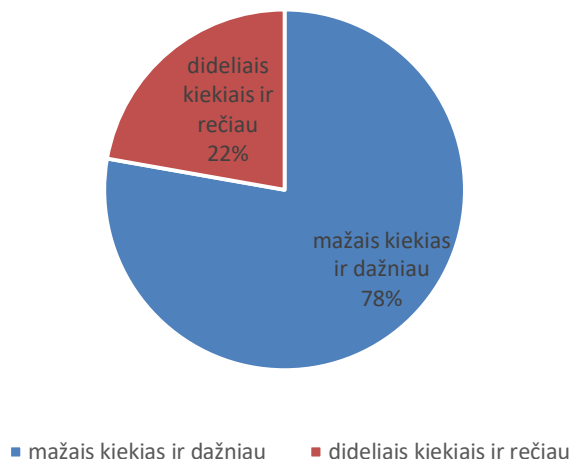
2.37 pav. Įmonės apyvartos dydis (vidutinio dydžio įmonėse)

Respondentai buvo klausiami, koks yra įmonės apyvartos dydis. Vidutinės įmonės, turinčios didesnį darbuotojų skaičių, apyvarta yra didesnė. Daugiau nei pusė įmonių deklaruoja, kad jų apyvarta yra nuo 3 000 001 iki 5 000 000 eurų.



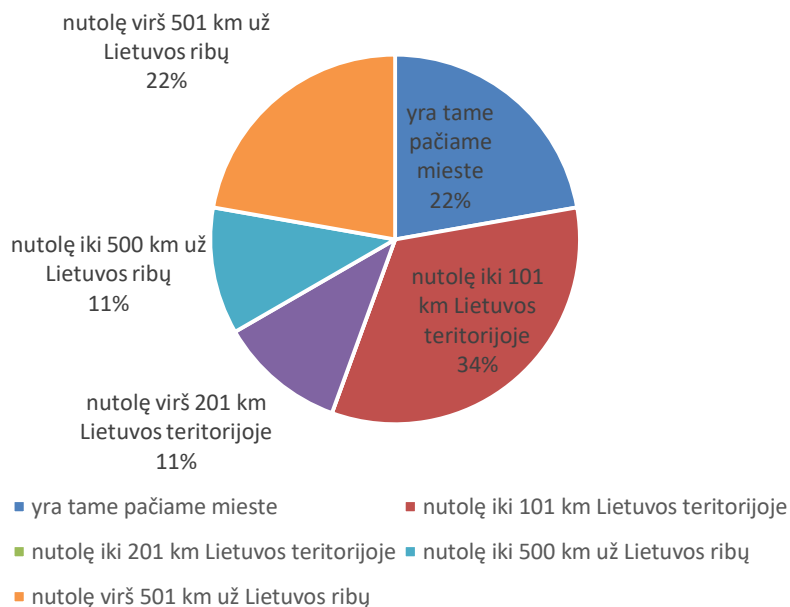
2.38 pav. Vidutinis darbuotojų atlyginimas (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu respondentai atsakė, kokis yra vidutinis darbuotojų atlyginimas įmonėje. Galima teigti, kad vidutinėse įmonėse yra nemažai darbuotojų, kurie dirba nuo įmonės įsteigimo pradžios. Tai rodo ir vidutinis darbuotojų atlyginimas, kuris, lyginant su labai mažomis ir mažomis įmonėmis, yra didesnis. Einant metams ir augant įmonei darbuotojai kelia kvalifikaciją, dalyvauja mokymuose, seminaruose, įgauna darbo patirties, o tai lemia ir jų atlyginimų kilimą. 2.1 lentelė rodo, kad 11 % apklaustų vidutinių įmonių moka savo darbuotojams daugiau nei 1500 eurų. Tai yra dvigubai didesnis atlyginimas už Lietuvos vidutinį atlyginimą (remiantis Lietuvos Statistikos departamento duomenimis 2018 metais IV ketvirtį vidutinis mėnesinis neto darbo užmokestis šalies ūkyje sudarė 751,7 EUR). 22 % apklaustų įmonių teigė, kad jų darbuotojai uždirba iki 1500 eurų, o kitų 22 % įmonių vidutinis atlygimas siekia iki 1200 eurų. Visgi nors daugiau nei pusė įmonių savo darbuotojams moka daugiau nei 1000 eurų per mėnesį, net 45 % apklaustų įmonių darbuotojams sugeba mokėti nuo 801 iki 1000 eurų per mėnesį. Bet kuriuo atveju metalo apdirbimo pramonėje vidutinis darbuotojų atlygimas yra didesnis už vidutinį Lietuvos darbo užmokestį.



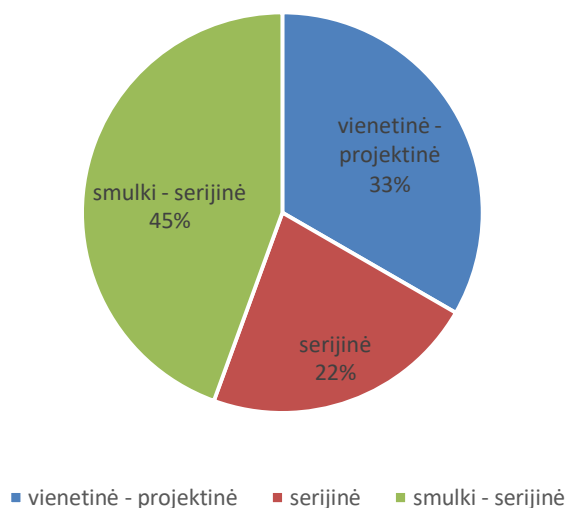
2.39 pav. Užsakomų žaliavų kiekių didumas ir dažnumas (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu įmonės buvo apklausiamos koku būdu ir kaip dažnai užsako žaliavas gamybai. Atlikto tyrimo grafikas rodo užsakomų žaliavų kiekių didumą ir dažnumą. Net 78 % įmonių stengiasi medžiagas ir žaliavas užsakyti mažais kiekiais ir dažniau. Įmonės propaguoja JIT (angl. *just-in-time*) metodą, t. y. užsako žaliavas tada, kada jų reikia gamybai. Tai leidžia išvengti papildomų sandėliavimo išlaidų, medžiagų nusidėvėjimo ir kitų galimų išlaidų.



2.40 pav. Atstumas kuriuo yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai (vidutinio dydžio įmonėse)

Apklausoje metu respondentai atsakė į klausimą, dėl kokios priežasties pasirinko tokį užsakymo būdą. Tokių užsakymo būdą gali lemti ir transportavimo išlaidos. Daugiau nei pusės įmonių pagrindiniai žaliavų tiekėjai yra įsikūrę iki 100 km nuo gamybos cecho arba yra tame pačiame mieste. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės laikosi strategijos, kad geriau žaliavas užsakyti dažniau, nes tiekėjai yra šalia ir transportavimo išlaidos yra mažesnės nei sandėliavimo ar žaliavų priežiūros išlaidos.



2.41 pav. Gamybos apimtys (vidutinio dydžio įmonėse)

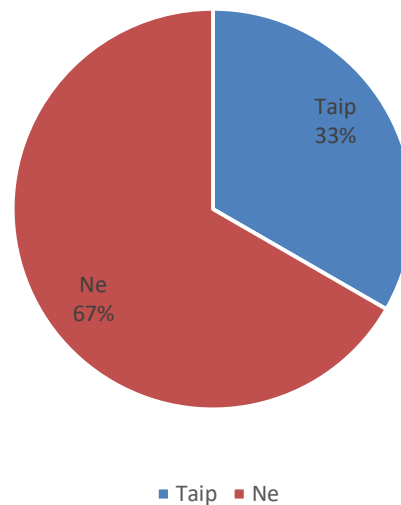
Tyrimo metu respondentai buvo apklausiami kokias gamybos apimtis vykdo įmonėse. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės orientuojasi į serijinę gamybą, nes 22 % įmonių visu pajėgumu vykdo tik serijinę gamybą ir 45 % smulkia ir serijinę gamybą. 33 % apklaustų įmonių vykdo vienetinę ir projektinę gamybą. Taigi, du trečdaliai apklaustųjų vykdo serijinę gamybą, o tai rodo, kad vidutinės įmonės turi nuolatinius pagrindinius produkcijos užsakovus, kurie užsako gamybą serijomis.



2.42 pav. Gamybos celės (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu respondentai pateikė atsakymus, kokia gamybos celė yra taikoma įmonėje. Nors didžioji Lietuvos metalo apdirbimo įmonių dalis vykdo serijinę gamybą, robotizuotą gamybą vykdo tik 11% apklaustų įmonių. Gamybos darbus atlieka operatoriai, kurie yra tolygiai pasiskirstę už

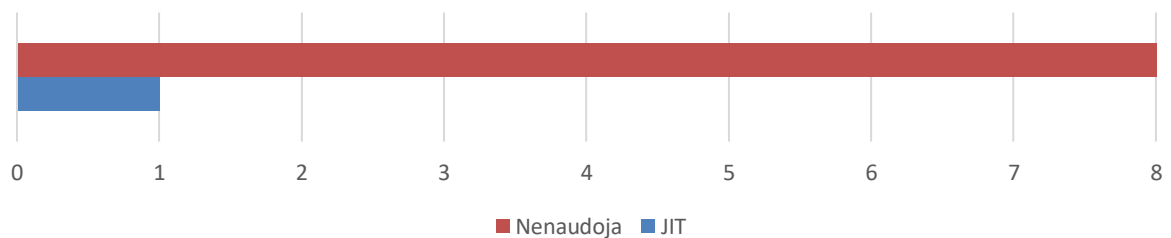
vieno operatoriaus darbą 33 % ir kelių operatorių darbas, kur už savo atliktą darbą yra atsakingi keli darbuotojai, tokių įmonių tyrime dalyvavo 34 %.



2.43 pav. Robotizavimas gamyboje (vidutinio dydžio įmonėse)

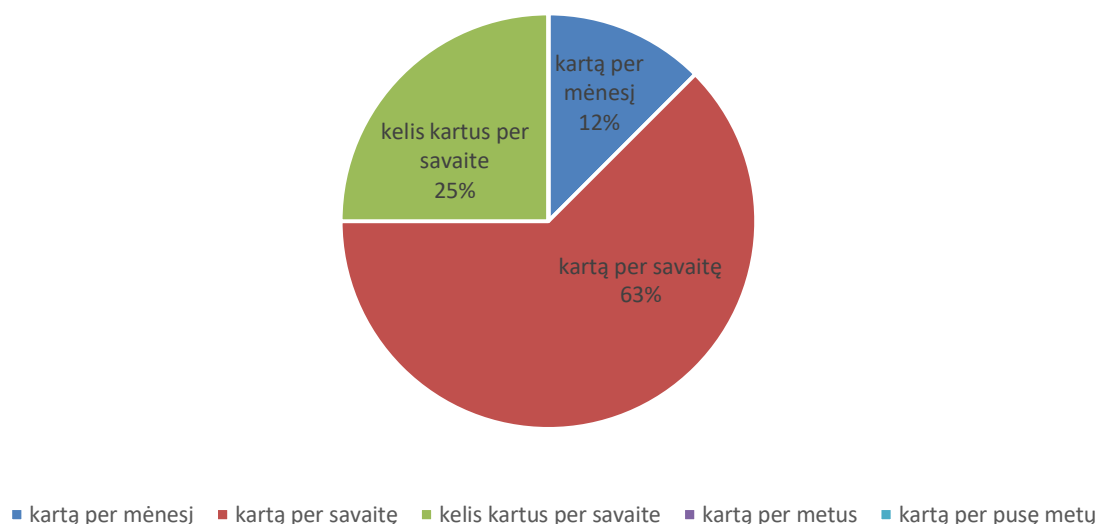
Tyrimo metu respondentai atsakė, ar įmonės taiko robotizuotą gamybą. Kadangi, įmonės nevykdo robotizuotos gamybos, didžioji dalis įmonių neturi ir robotų, kurie palengvintų operatorių darbą. 33 % apklaustų įmonių savo gamyboje naudoja robotus, kurie yra skirti:

- didinti našumą;
- gerinti nuolatinę produkcijos kokybę;
- sumažinti gamybos kaštus;
- užtikrinti nepertraukiamą gamybą.



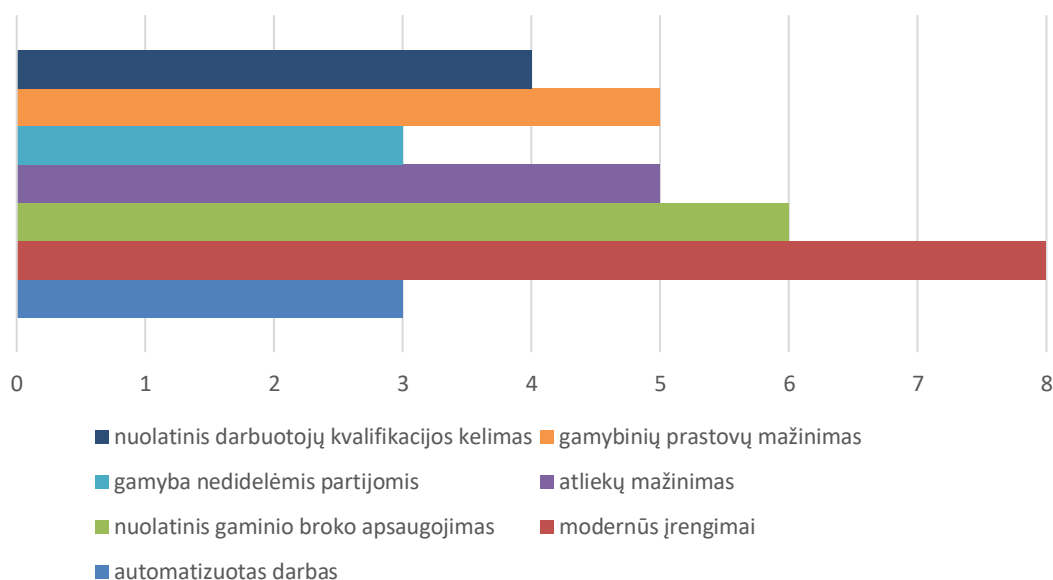
2.44 pav. Gamybos tobulinimo ar optimizavimo būdai (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu respondentai atsakė, kokius gamybos tobulinimo ir optimizavimo būdus naudoja įmonėje. Rezultatai rodo, kad tik 1 iš 9 įmonių naudoja JIT tobulinimo metodą, o likusios jokių tobulinimų nenaudoja. Visgi, šis grafikas gali būti ne visai teisingas, nes likusios įmonės naudoja tobulinimo būdus, tačiau jiems nėra priskirtas pavadinimas arba nepilnai laikosi visų gamybos tobulinimo ir optimizavimo sistemos taisyklių.



2.45 pav. Gamybos planavimo, tobulinimo, optimizavimo susirinkimų dažnis (vidutinio dydžio įmonėse)

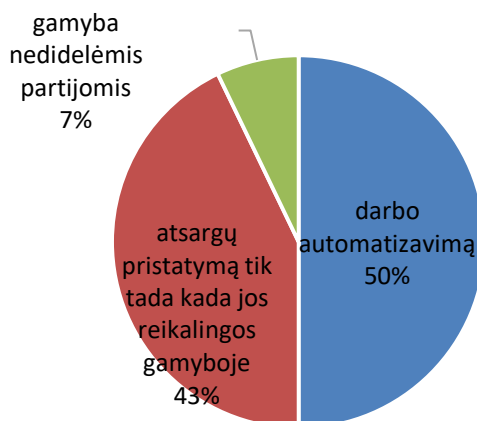
Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kaip dažnai įmonėje vyksta susirinkimai dėl gamybos planavimo, optimizavimo ir organizavimo. Didžioji dalis įmonių 63 % įmonių daro susirinkimus kartą per savaitę dėl gamybos planavimo, optimizavimo ir planavimo. Tai yra prieš gamybiniai procesai, kurie yra reikalingi, norit vykdyti gamybą efektyviai. O 25 % įmonių susirinkimus vykdo net kelis kartus per savaitę, tai leidžia dar detaliau pamatyti gamybos trūkumus ar privalumus.



2.46 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai (vidutinio dydžio įmonėse)

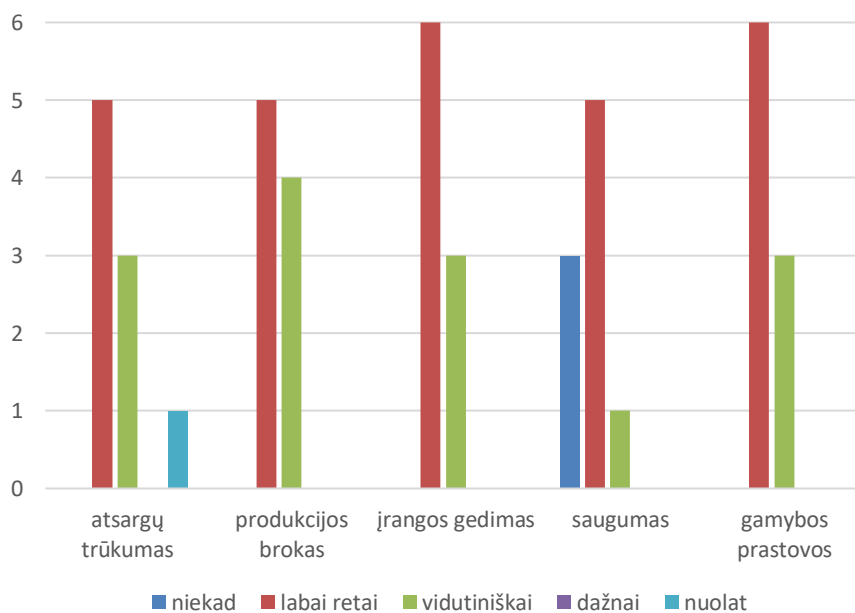
Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kokie gamybos tobulinimo elementai dabar yra būdingi įmonėje. Grafikas rodo, kad vidutinės metalo apdirbimo įmonės gamyboje naudoja modernius įrenginius, nuolat stengiasi apsaugoti gaminį nuo galimo broko, stengiasi mažinti gamybos prastovas, mažina atliekas, kelia darbuotojų kvalifikaciją, mažesnę dalis įmonių vykdo

gamybą nedidelėmis partijomis ir vykdo automatizuotą darbą. Vidutinės įmonės išsiskiria nuo mikro ir mažų tuo, kad jos stengiasi nuolat tobulinti darbuotojų kvalifikaciją, tokių įmonių tyrime dalyvavo 4 iš 9. Visos šios operacijos yra gamybos tobulinimo ar optimizavimo elementai, įmonės stengiasi naudoti šias operacijas, nes jos leidžia sutaupyti, didinti produkcijos kiekybę ir kokybę.



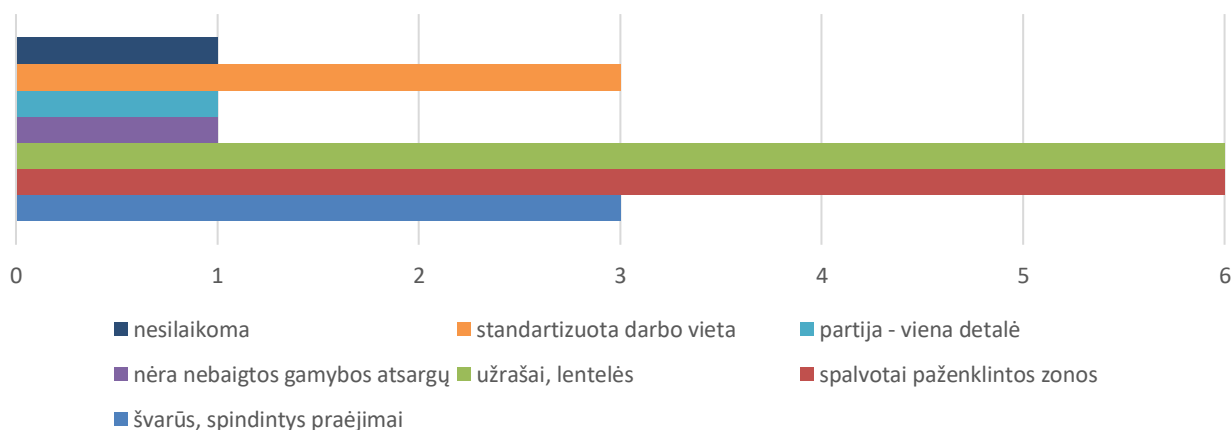
2.47 pav. Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai, kuriuos yra sunku įdiegti (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu respondentai atsakė, kuriuos gamybos tobulinimus būtų sunku įdiegti įmonėje. Visgi, yra įmonių, kurioms yra sunku diegti šiuos gamybos tobulinimo ar optimizavimo procesus. Didžiajai daliai – 50 % apklaustų įmonių yra sunku įdiegti darbo automatizavimą, 43 % reikiamą atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje ir 7 % įmonių sunku būtų įdiegti gamybą nedidelėmis partijomis. Tokių įmonių mažai, tačiau šios įmonės greičiausiai vykdo masinę – serijinę gamybą.



2.48 pav. Gamybos problemų dažnumas pagal sritis ar rūšis (vidutinio dydžio įmonėse)

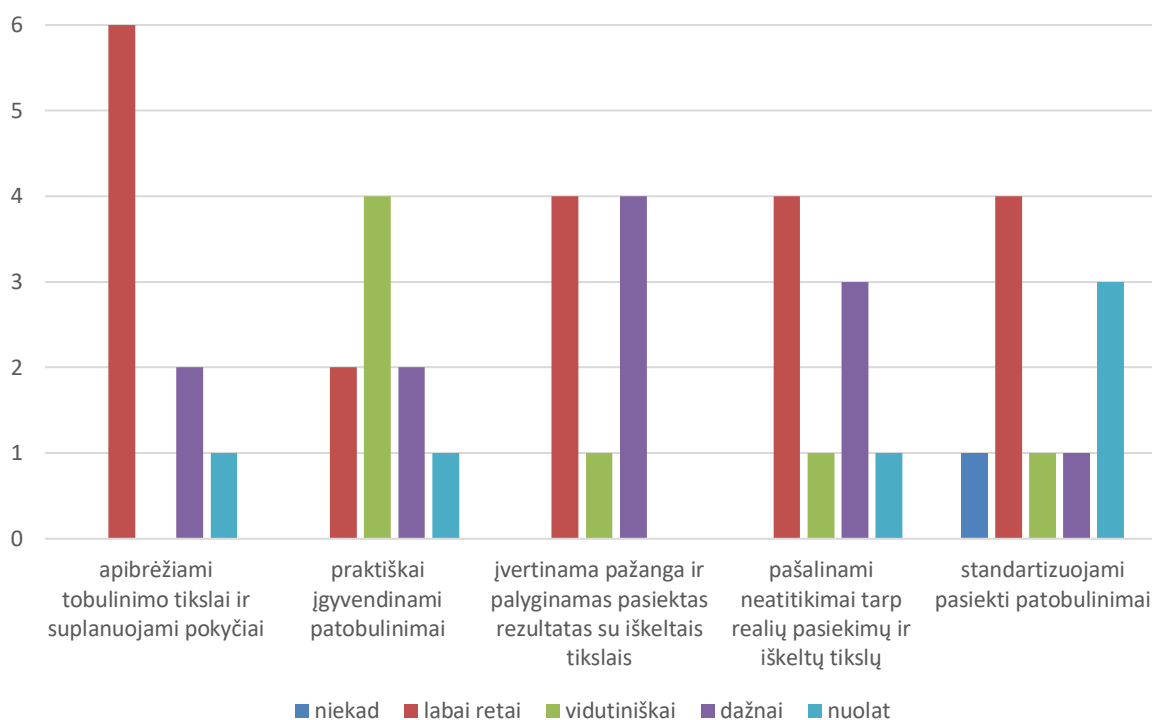
Apklausos metu respondentai atsakė į klausimą, koku dažnumu gamyba susiduria su įvairiomis problemomis. Nors 43% įmonių turi problemų su reikiamu atsargų pristatymu, kad medžiagos būtų gamyboje tada, kada jų reikia, tačiau šis grafikas rodo, kad didžioji dalis įmonių labai retai susiduria su atsargų trūkumo problema. Taigi, galima daryti išvadą, kad atsargų trūksta labai retai, tačiau jos yra pristatomos ir sandėliuojamos, o vykstant gamybos procesui įmonės nepajėgia pilnai užtikrinti atsargų papildymo. Tęsiant, įmonės susiduria su produkcijos broko problemomis arba labai retai, arba vidutiniškai, tai rodo, kad broko įmonės neišvengia. Nemaža dalis įmonių su produkcijos broku susiduria vidutiniškai dažnai, tai ilgina gaminio pagaminimo laiką, nes reikalauja papildomų operacijų. Toliau, įmonės labai retai turi problemų su įrangos gedimu, tai rodo, kad dalis produkcijos broko gali būti susijusi su įrangos gedimu, tačiau didžioji dalis nuo įrangos gedimų nepriklauso. Tęsiant saugumo klausimu, įmonės arba niekada, arba labai retai susiduria su nelaimingais atsitikimais. Ir galiausiai, iš respondentų atsakymų galima teigti, kad vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse gamybos prastovos atsiranda dėl įrangos gedimų. Atsakymai rodo, kad jei įmonės susiduria su įrangos gedimu labai retai, tai ir gamybos prastovos būna labai retai, o jei įranga genda vidutiniškai dažnai, tai atitinkamai ir gamybos ciklas sustoja vidutiniškai dažnai.



2.49 pav. Pagrindiniai susitvarkymo ir švaros reikalavimai įmonėje (vidutinio dydžio įmonėse)

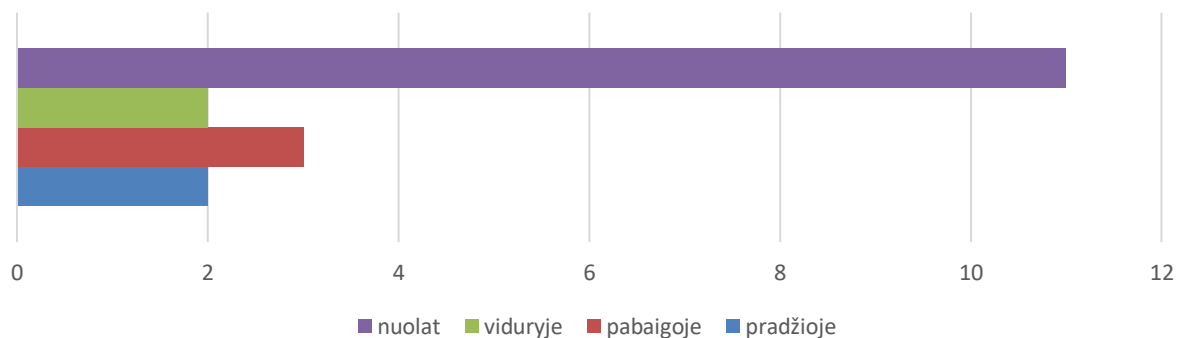
Tyrimo metu respondentai atsakė, ar įmonėje yra laikomasi kokybės susitvarkymo ir švaros reikalavimų. Grafike yra pateikti pagrindiniai kokybės ir švaros aspektai vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse. Didžioji dalis įmonių (6 iš 9) naudoja užrašus, lenteles, kad galėtų realiai sekti gamybos eigą ar nustatyti galimą produkcijos broko šaltinį. Taip pat įmonėse (6 iš 9) yra spalvotai paženklintos zonos, jos padeda lengviau orientuotis gamyboje. Mažesnė dalis įmonių (3 iš 9) turi standartizuotą darbo vietą savo operatoriams, kur kiekvienas darbo įrankis turi tik jam skirtą vietą. Taip pat įmonėse yra švarūs, spindintys praėjimai, dažniausiai tvarkinga darbo vieta efektyvina darbą ir mažina brokuotos produkcijos galimybę. Ir mažiausiai įmonių (1 iš 9) nepalieka nebaigtos

gamybos atsargų, pas juos partija yra viena detalė bei yra tokių įmonių kur nesilaiko jokių kokybės ir švaros taisyklių.



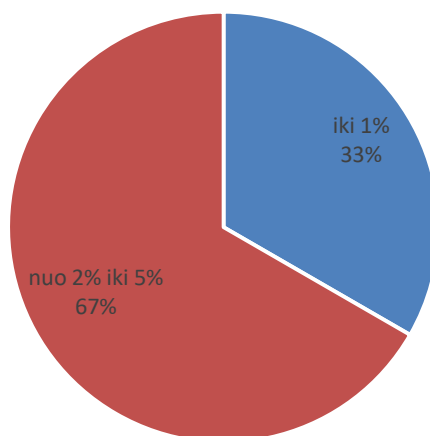
2.50 pav. Tobulinimo disciplinų dažnumas pagal sritis ar rūšis (vidutinio dydžio įmonėse)

Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kaip dažnai įmonėje yra laikomasi įvairių disciplinų. Įmonėse darbuotojams yra labai retai (6 iš 9) apibrėžiami tobulinimo tikslai, planuojami pokyčiai, dažniausiai (2 iš 9) darbuotojai naujus pakeitimus sužino tada, kada juose reikia dalyvauti ir rodyti įmonės pasikeitimo rezultatus. Visgi, vidutiniškai dažnai (4 iš 9) įvairūs patobulinimai yra praktiškai įgyvendinami. Įmonės (4 iš 9), kurios sugalvoję naujus patobulinimus, bent pusę jų įgyvendina, toks dažnumas rodo, kad įmonės Lietuvoje yra inovatyvios siekia naujovių ir nuolatinio augimo, tobulinimo, gamybos efektyvumo. Įgyvendinus patobulinimus pusė įmonių (4 iš 9) labai retai, o kita pusė (4 iš 9) dažnai įvertina savo darbuotojus už pastangas ir palygina pasiektus rezultatus su iškeltais tikslais, pašalina neatitikimus tarp realių pasiekimų ir iškeltų tikslų. Taigi, pusei Lietuvos metalo apdirbimo įmonių (4 iš 9) yra svarbus darbuotojų darbas, jų gebėjimas augti kartu su įmone, o kitai pusei (5 iš 9) yra svarbesni įmonės rezultatai. Pasiekus patobulinimą įmonės ar darbuotojų darbui, daugiausiai respondentų atsakė, kad jų įmonėse (4 iš 9) šie pasiekti patobulinimai yra standartizuojami labai retai, tačiau nedaug atsilieka įmonės (3 iš 9), kurios nuolat tokius pasiekimus standartizuoja savo įmonėje.



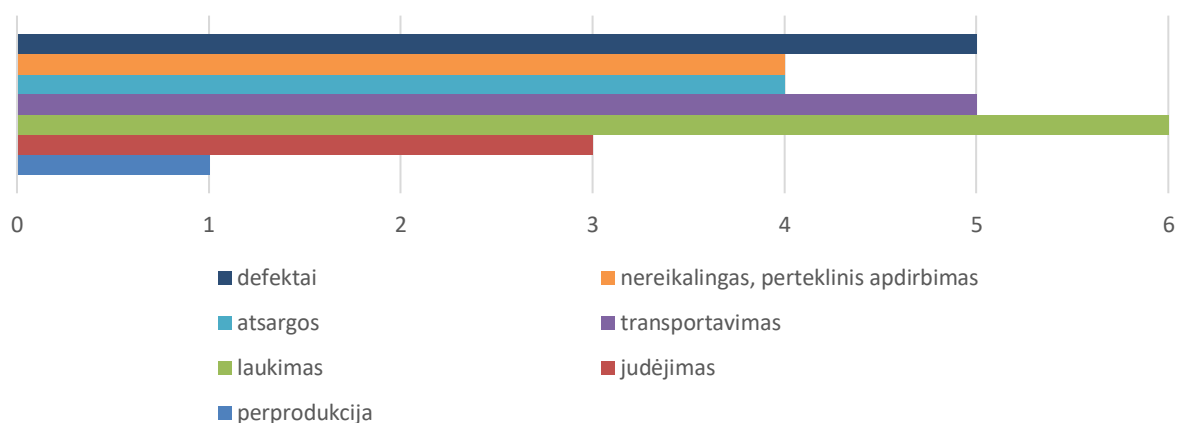
2.51 pav. Produkcijos kokybės tikrinimas (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu respondentai atsakė, kada yra tikrinama produkcijos kokybė. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės stengiasi kokybę tikrinti nuolat, tai leidžia sumažinti broko atsiradimo tikimybę. Tokį produkcijos tikrinimą galima pavadinti ištisine kontrole, tai praktiškai visų detalių partijos kiekvienos detalės gaminio kontrolė. Ši kontrolės forma taip pat tinkama tada, kai yra nepastovi gamybos technologija, po operacijų, kurios turi lemiamos įtakos tolesnei apdirbimo kokybei, dažnai sąlygoja broką ir pan.



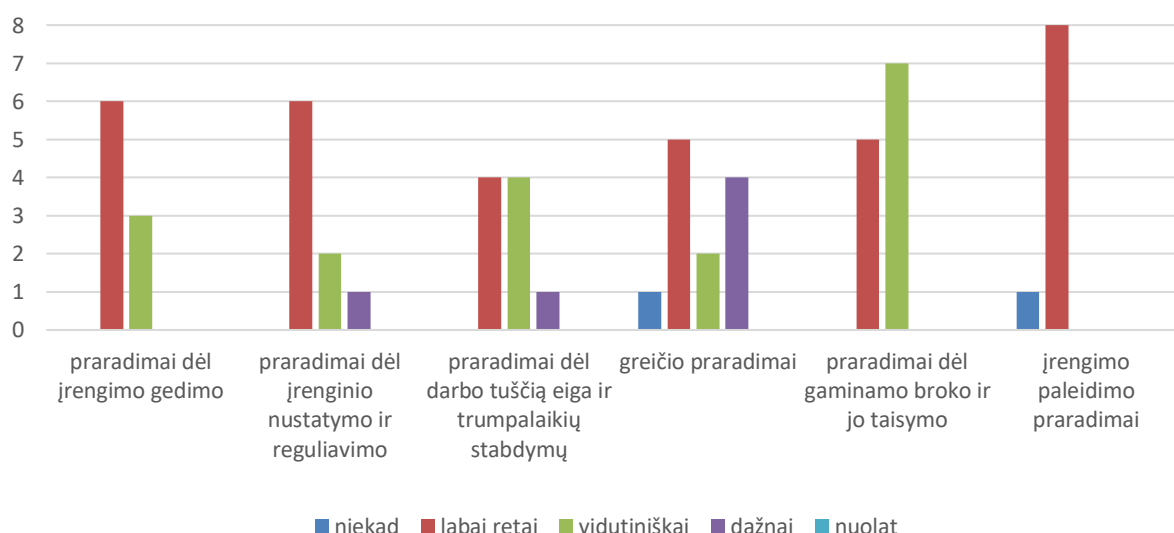
2.52 pav. Pagamintos brokuotos produkcijos kiekis (vidutinio dydžio įmonėse)

Apklausoje metu respondentai atsakė į klausimą, kiek pagaminamos produkcijos būna brokuotos. Įmonės pagamina ir brokuotos produkcijos (3 iš 9), jų skaičius nėra didelis, tačiau, didžioji dalis respondentų (6 iš 9) pateikė, kad jų įmonėje brokuotos produkcijos kiekis yra nuo 2 % iki 5 %. Kuo didesnis brokuotos produkcijos kiekis, tuo įmonei gamyba tampa brangesnė, nes brokas kainuoja pinigus. Įmonės išlaidos yra skirstomos į vidines (gamybinės) ir išorines (vartotojui). Visada išlaidos bus didesnės, jei brokuotas gaminy pasieks vartotoją, siekiant to išvengti, įmonės vykdo nuolatinę kokybės kontrolę. O tam, kad sumažinti broko kiekį įmonės turėtų papildomai mokytį darbuotojus, paskirti visiems darbuotojams tikslus nurodymus, pilnai aptarnauti įrangą, kad būtų išvengta įrangos gedimų ar gamybos prastovų.



2.53 pav. Dažniausi gamybos nuostoliai (vidutinio dydžio įmonėse)

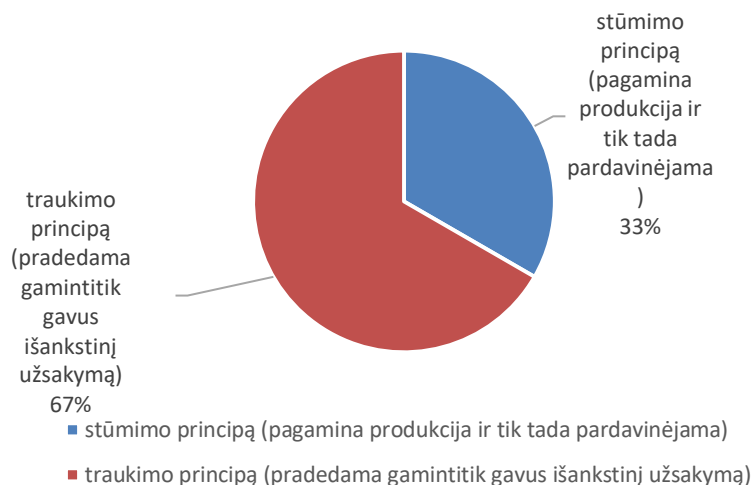
Šis grafikas vaizduoja dažniausius gamybos nuostolius, kurie pasitaiko vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse. Daugiausiai įmonių (6 iš 9) turi problemų laukimu gamyboje, tai mažina gamybos efektyvumą, gamyba trunka ilgesnį laiką, o tai yra nereikalingos išlaidos. Toliau įmonėse dažni gamybos nuostoliai yra transportavimas ir defektai. Dar mažiau įmonių susiduria su nereikalingu, pertekliniu apdirbimu ir atsargų trūkumu gamyboje. Mažiausiai įmonių dėl nereikalingo judėjimo ir perprodukcijos patiria gamybos nuostolius. Vidutinės įmonės išsiskiria nuo mikro ir mažų tuo, kad jose pasitaiko perprodukcijos (1 iš 9 tyrime dalyvavusių įmonių). Visi šie nuostoliai trukdo gamybai efektyviai ir sklandžiai dirbti, jų pašalinimas arba bent jau sumažinimas ženkliai patobulintų ar optimizuotų gamybos veiklą ir rezultatą. Dažniausiai pasitaikančios klaidos gamyboje: neteisingas užsakymų valdymas; netikslus gamybos planavimas; netikslūs pardavimo planai, kuriais remiantis vykdomas planavimas; gamybos darbų organizavimo įrankių neturėjimas.



2.54 pav. Bendro įrengimo veiksmingumo įtaka galimiems praradimams (vidutinio dydžio įmonėse)

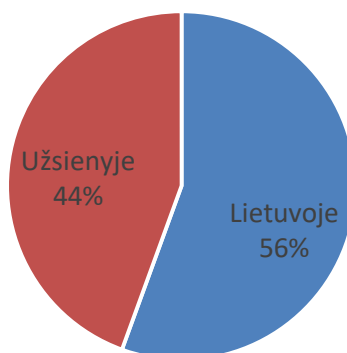
Apklaustos metu respondentai atsakė į klausimą, kaip dažnai ir kokie praradimai pasitaiko įmonėje, kurie įtakoja bendrą įrengimų veiksmingumą. Šis grafikas vaizduoja bendrą įrengimų veiksmingumą, kuris priklauso nuo įvairių praradimų dažnumo. Taigi, dažniausiai įrenginių

veiksmingumą įtakoja greičio praradimai, kur net 4 iš 9 įmonių tai nutinka dažnai. Toliau įmonės susiduria su praradimais dėl darbo tuščia eiga ar trumpalaikių stabdymų, sekantis praradimas pagal dažnumą yra dėl gaminio broko ir jo taisymo, o rečiausiai pasitaikantis praradimas yra dėl įrenginio nustatymo ir reguliavimo, įrenginio gedimo ir paleidimo. Šis grafikas patvirtinta, kad įmonės naudoja modernius įrenginius, jie retai genda ir jų reguliavimas užtrunka trumpą laiką, visgi, dažniausi įrenginių praradimai yra dėl gamybos trikdžių, sustojimų ar stabdymų.



2.55 pav. Principas pagal kurį gaminama produkcija (vidutinio dydžio įmonėse)

Apklausos metu respondentai atsakė į klausimą, pagal kokį principą yra gaminama produkcija. Didžioji dalis vidutinių metalo apdirbimo įmonių savo produkciją gamina pagal traukimo principą, tokių įmonių apklausoje dalyvavo 67 %, o likusi dalis 33 % įmonių gamina pagal stūmimo principą. Visgi, tais 33 % vidutinės įmonės išsiskiria nuo mažų ar mikro įmonių, nes jos pilnai gamina pagal traukimo principą. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės turėdamos didesnę gamybos patirtį jau sugeba pačios gaminti gaminius be išankstinių užsakymų ir juos pardavinėti.



2.56 pav. Parduodama produkcija (vidutinio dydžio įmonėse)

Tyrimo metu respondentai atsakė, kur yra parduodama didžioji dalis pagamintos produkcijos. Didžioji dalis vidutinių metalo apdribimo įmonių savo produkciją gamina pagal traukimo principą, tokių įmonių apklausoje dalyvavo 67 %, o likusi dalis 33 % įmonių gamina pagal stūmimo principą.

2.6. Koreliacijos analizė: vidutinio dydžio įmonių apklausos rezultatai

Toliau tyrime yra atliktas vidutinio dydžio įmonių respondentų atsakymų koreliacijos analizė (žr. 1 priedą). Tai dviejų reiškinių tarpusavio priklausomybė. Koreliacinėje analizėje yra nustatomas statistinio ryšio stiprumas tarp stebėtų kintamųjų, ir jis yra išreiškiamas koeficientu. Koreliacija parodo ryšio kryptį – vieno kintamojo reikšmei didėjant, kito kintamojo reikšmė gali didėti arba mažėti. Todėl Koreliacijos koeficientai gali įgyti reikšmes nuo -1 iki 1 . Teigiamas koreliacijos koeficientas rodo, kad vienam kintamajam didėjant, didėja ir kitas kintamasis. Neigiamas koreliacijos koeficientas rodo, kad vienam didėjant, kitas kintamasis mažėja. Kuo reikšmė arčiau -1 arba 1 , tuo priklausomybė tarp kintamųjų yra stipresnė (žr. 1 priedą).

Atlikus koreliacijos analizę buvo gauti koreliacijos koeficientai. Kur koeficientas siekė nuo $0,8$ iki $0,85$ (nuo $-0,8$ iki $-0,85$), koreliacija yra vidutinė, kur koeficientas siekė nuo $0,85$ iki $0,9$ (nuo $-0,85$ iki $-0,9$) – vidutiniškai stipri, ir galiausiai jei koeficientas siekė nuo $0,9$ iki $1,0$ (nuo $-0,9$ iki $-1,0$), koreliacijos ryšys yra labai stiprus. Taigi, net keturiais atvejais koreliacijos ryšys yra labai stiprus, penkiais atvejais šis ryšys yra vidutiniškai stiprus ir devyniais atvejais – ryšys vidutiniškas.

2.2 lentelė. Koreliacijų ryšys tarp vidutinio dydžio įmonių

Labai stiprus koreliacijų ryšys		
1.		Kokiu atstumu nuo Jūsų yra nutolę pagrindiniai tiekėjai iš kurių įsigyjate žaliavas?
	Kur yra parduodama didžioji dalis pagamintos produkcijos?	0,921512
2.		Kiek laiko gamyba gamina produktą?
	Pagal kokį principą yra gaminama produkcija?	-0,94734
3.		Kaip dažnai įmonėje laikomasi šios disciplinos? [standartizuojami pasiekti patobulinimai]
	Kaip dažnai įmonėje laikomasi šios disciplinos? [apibrėžiami tobulinimo tikslai ir suplanuojami pokyčiai]	0,913171
4.		Pagal kokį principą yra gaminama produkcija?
	Kaip dažnai ir kokie praradimai pasitaiko Jūsų įmonėje, kurie įtakoja bendrą įrengimų veiksmingumą? [praradimai dėl darbo tuščią eiga ir trumpalaikių stabdymų]	-0,94491

Pirma, atliktas tyrimas rodo, kad beveik pusę vidutinio dydžio įmonių pagrindinius žaliavų tiekėjus turi užsienyje ir taip pat beveik pusę įmonių pagamintą produkciją eksportuoja. Čia egzistuoja stiprus koreliacijos ryšis, nes įmonės, kurios užsako žaliavas iš užsienio, dažniausiai ten pat ir parduoda pagamintą produkciją. Tai gali lemti, kad vartotojas užsakydamas produkciją pabrėžia, kad gamyba turi vykti tik iš kokybiškų žaliavų, kurias įmonės perka užsienyje.

Antra, tarp apklausoje dalyvavusių įmonių yra suderinamumas tarp principo, pagal kurį yra gaminama produkcija, ir tarp laiko, kuri užtrunka įmonės pagaminti produktą. Jei didžioji dalis įmonių gamina gaminius pagal traukimo principą, tai taip didžioji dalis įmonių produkto pagaminimui sugaištą panašų laiką kaip ir kitos įmonės.

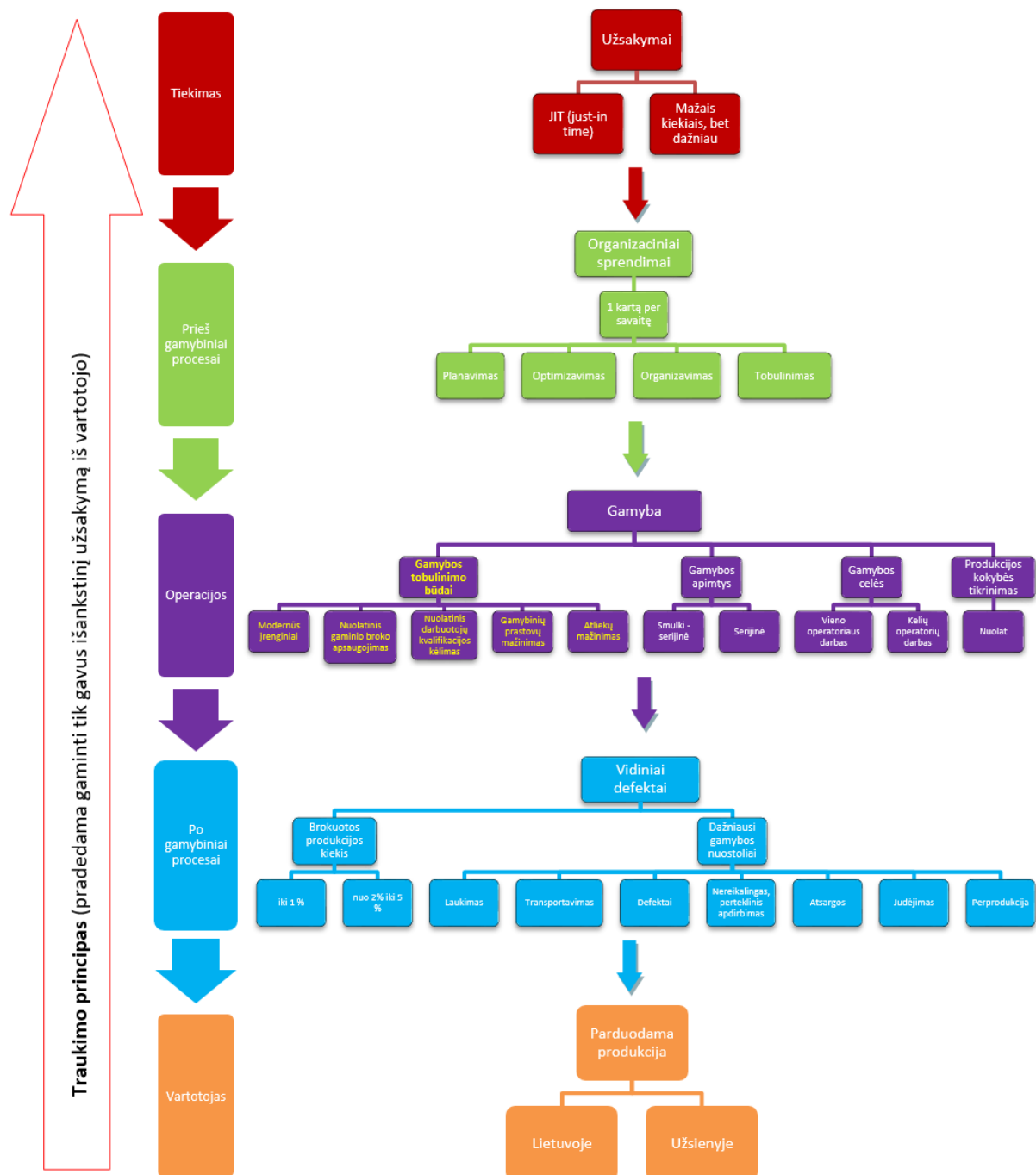
Trečia, jei įmonėse yra pasiektas patobulinimas jis dažniausiai yra standartizuojamas ir tuo pačiu yra apibrėžiami tobulinimo tikslai ir suplanuojami pokyčiai. Darbuotojus tai skatina, atsiranda malonesnės darbo sąlygos, didesnis darbo pasitenkinimas ir galimybė daryti įtaką savo darbo kokybei. Didžiausia nauda įmonei yra darbuotojų kvalifikacijos kėlimas, didesnis produktyvumas, didesnis kliento pasitenkinimas ir įmonės augimas.

Ketvirta, jei produkcija yra gaminama pagal traukimo principą, tai įmonėse įrengimai dirba efektyviai. Darbo tuščia eiga ar trumpalaikių stabdymų dažnumas yra labai mažas, jei nėra įrengimų gedimų, nes perprodukcijos tikimybė yra labai maža. Naudojant traukimo sistemą, įmonės viduje sumažėja atliekų, nes nėra perprodukcijos.

3. GAMYBOS PROCESO TOBULINIMO IR OPTIMIZAVIMO MODELIS

3.1. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje

Remiantis respondentų atsakymais, kurie dalyvavo tyrime, apžvelgus literatūros šaltinius apie gamybos tobulinimą ir optimizavimą bei Lietuvos ir užsienio įmonių „lean“ metodikos taikymo būdus yra sudaromas modelis, kuris yra skirtas vidutinėms metalo apdirbimo įmonėms.



3.1 pav. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje

Šis gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis susideda iš 5 skirtingų etapų. Modelis yra sudarytas pagal tiekimo grandinę ir tyrimo rezultatus. Visų pirma, modelis prasideda nuo tiekimo, koks efektyvus užsakymo būdai, kaip yra pristatomos medžiagos. Antra, prieš gamybiniai procesai, tai yra planavimas, derinimas, organizavimas ir t.t. Trečia, operacijos, jose yra pateikta visos gamybos metu susijusios operacijos, tobulinimui ir optimizavimui. Ketvirta, po gamybiniai procesai, tai procesai, kurie vyksta atlikus gamybą, bet prieš pasiekiant vartotoją. Ir galiausiai, vartotojas, kur yra parduodama produkcija, kas yra pagrindiniai užsakovai. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis veikia pagal traukimo principą, kai gamyba yra pradedama tik gavus užsakymą.

3.2.Tiekimas

Įmonės turi vadovautis strategija, kad būtų padidintas darbo efektyvumas, sumažintos nereikalingos žaliavos, ir tuo pačiu sumažinamos inventorizacijos išlaidos. Organizuotas tiekimas reikalauja itin didelio kruopštumo, nes viską reikia planuoti itin tiksliai bei atitikti paklausą. Žaliavos ir užsakomi pusgaminiai turi būti planuojami, turi būti sudarytas užsakymų grafikas. Įmonės turi numatyti pristatymo laiką bei laiką, per kurį subrangovas ar tiekėjas pristatys žaliavas. Svarbu, kad vidutinės metalo apdirbimo įmonės tinkamai apskaičiuotų žaliavų poreikį ir, įvertintų apribojimą – užsakymų dažnumą, sudarytų sandėlio papildymo planą (taikant įvairius apribojimus gali padėti įvairūs „TOC“, apribojimų teorijos). Gamintojo prekės gali judėti iš vienos rūšies produkto į kitą labai lengvai. Beje, šis užsakymo būdas sumažina išlaidas, panaikina sandėliavimo išlaidas. Įmonės perka tik tokį žaliavų kiekį, kiek joms reikia ir ne daugiau, todėl yra sutaupomi įmonės pinigai. Jei įmonės pradės vykdyti tiekimą siūlomu modeliu, tai lems keletą privalumų. Įmonės turės geresnę kokybę, pagamins mažiau brokuotos produkcijos, sumažins žaliavų atsargas, sumažins nebaigtos produkcijos kiekį, tai lems mažesnę apyvartinio kapitalo, padidins darbą grupėmis, atsiras didesnė motyvacija darbuotojams, padidins operatorių ir įrengimų efektyvumą, sumažins plotą, tai lems mažesnes atsargas sandėlyje ir galiausiai padidins našumą.

3.3.Prieš gamybiniai procesai

Įvykdžius užsakymą įmonės prieš pradedant gamybos procesus privalo aptarti organizacinius reikalus, kuriuos derėtų atlikti bent 1 kartą per savaitę. Juose yra iškeliami įmonės tikslai ir siekiai, kur yra nusprendžiami ir parenkami nauji gamybos patobulinimai ir optimizavimo būdai, aptariamas darbų organizavimas, nustatomi atsakingi asmenys už kiekvieną gamybos etapą bei atliekamas planavimas. Gamybos planavimas yra sunkus ir daug laiko reikalaujantis procesas, nuo kurio efektyvumo priklauso išlaidų ir pridėtinės vertės dydis.

Įmonės turi vengti perprodukcijos naudoti planavimo metodus, kurie tiksliai įvertina pardavimus ir atitinkamai koreguoja gamybos lygį. Idealiu atveju įmonės pradeda gaminti produkciją tada kada jos reikia užsakovui. Tokiam planavimui reikalingas greitas pardavimų duomenų atnaujinimas ir lankstus gamybos grafikas. Naudojant šį metodą, įmonės turi platinti savo pardavimo prognozes ir pardavimo ataskaitas tiesiogiai už gamybos planavimą atsakingiems darbuotojams, kad šie galėtų atlikti reikiamus pakeitimus. Sekantis, organizacinis elementas yra mažas klaidų lygis. Kadangi gamybos tempas yra didelis, svarbu, kad kiekvienas užbaigtas gaminys atitiktų reikiamą kokybės lygį. Mažo klaidų lygio planavimas yra atsakingas už tinkamą kiekvieno gamybos proceso etapo užbaigimą darbuotojams darbo lygmeniu. Tai leidžia manyti, kad darbus atliekantys darbuotojai geriausiai žino, kas gali suklysti ir kaip išvengti klaidų. Gamyboje įmonės turi nustatyti kompetentingus ir atsakingus darbuotojus ir įsitikinti, kad jie gali izoliuoti ir sumažinti gamybos klaidas. Gamybos linija tampa efektyvesnė, kai metalo apdirbimo įmonės taiko planavimo metodus. Įmonių vadovai analizuoja savo operacijas ir nustato laukimo laiką, laiką, praleistą judėjime, ir gamybos procese praleistą laiką. Kiekvienai veiklai, ypač praleistai judėjime, įmonės turi išsiaiškinti, kaip darbuotojai gali sumažinti šį laiką. Operatoriai dažnai gali visiškai pašalinti daugybę laukimo laikų ir gali sumažinti judėjimo kiekį. Paprastai įmonės gali sutaupyti laiko, skirto kai kuriems gamybos etapams, tačiau metodas daugiausiai dėmesio skiria judančiai medžiagai ir laukimui, nes ši veikla nėra produktyvi. Kai įmonės turi veiksmingą gamybos liniją su produkcija, kuri atitinka pardavimus, nėra prasmės laikyti daug atsargų. „Lean“ gamyba naudoja tik JIT, kad žaliavų atsargos būtų minimalios. Planavimas turi pasiekti ir tiekėjus, kad jie žinotų apie gamybos planavimą ir galėtų tiekti reikiamus medžiagų ir komponentų kiekius. Naudojant JIT metodą galima sumažinti saugyklai reikalingą erdvę ir atsargų kiekį. Pagrindiniai organizacinių sprendinių veiksniai darbai: gamybos planų sudarymo metodika. „lean“ sistemos įrankiai (takto skaičiavimas, vieno vieneto srautas, traukimo principas, „FIFO“); „TOC“ metodika (plano sudarymas, pagal „butelio kakliuką“); „bulino logika“, remiantis gamybos vadovų ar planuotojų „stuburo smegenimis“ ir patirtimi atsižvelgiant į resursų panaudojimą ar apribojimus. Matematiniai algoritmai išpildantys optimizavimo sąlygas.

3.4. Operacijos

Atlikus visus organizacinius sprendimus yra pereinama prie gamybos. Visų pirma gamyba prasideda nuo inovatyvių idėjų, gamybos tobulinimų. Vienas iš našios gamybos sprendinių yra modernūs įrenginiai, kurie lengvina operatorių darbą, mažina defektų ir įrenginių gedimų atsiradimo tikimybę. Kitas efektyvios gamybos būdas yra nuolatinis gaminio apsaugojimas nuo galimo broko. Šiame procese stengiamasi kuo dažniau tikrinti produkciją ir eliminuoti galimus defektus. Siekiant, kad įmonė vykdytų darbus efektyviai ir be nuostolių reikalingi patyrę ir savo

darbą išmanantys darbuotojai. Investicija į darbuotoją, jo apmokymus kuria pridėtinę vertę įmonei. Sekantis svarbus įmonės veiksnys yra gamybos prastovų mažinimas, kuo ilgiau produkcija gaminama, tuo ji tampa brangesnė įmonei ir tuo yra mažesnis galutinis pelnas. Pelno didinimui įmonės taip pat minimizuoja atliekų kiekį. Pagaminus produkciją ir sunaudojus visas žaliavas bei nepalikus atliekų produkcija įmonei yra pigesnė. Tęsiant, iš tyrimo gautų rezultatų ir sudaryto modelio, vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse efektyviausia yra vykdyti gamybą serijomis arba smulkiosiomis serijinėmis partijomis. Vidutinėse įmonėse gamybos linija dažniausiai priklauso nuo vieno operatoriaus darbo, kuris yra atsakingas už pilną produkto pagaminimo ciklą (įmonėse, kur gamyba vykdoma smulkiosiomis serijomis), arba nuo kelių operatorių darbo, kurie tolygiai pasiskirsto darbus (įmonėse, kur gamyba vykdoma serijomis). Visgi, vykdant gamybos partiją, tyrimo metu sudarytas modelis rodo, kad įmonės produkcijos kokybę tikrina nuolat. Tai padeda įmonėms sumažinti galimų produkcijos defektų, leidžia nustatyti būsimus gamybos sustojimus.

Gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas leidžia įmonėms sumažinti:

- užsakymo laiką nuo 35 iki 65 %;
- sandėliavimo išlaidas nuo 15 iki 35 %;
- atsargas nuo 30 iki 60 %;
- defektus ir nuostolius nuo 20 iki 50 %;
- veiklos sąnaudas nuo 10 iki 25 %.

Padidinti:

1. procesų efektyvumą nuo 20 iki 50 %;
2. produktyvumą nuo 25 iki 55 %.

3.5.Po gamybiniai procesai

Nors vidutinės metalo apdirbimo įmonės gamybą tikrina nuolat, tačiau brokuotos produkcijos neišvengia. Iki 1 % defektyvių gaminių dažniausiai pagamina įmonės, kurios vykdo masinę gamybą ir jau žino savo galimus trūkumus, o nuo 2 % iki 5 % brokuotos produkcijos kiekis yra įmonėse, kurios vykdo smulkią serijinę gamybą, kur dažnai pradedama gaminti naujus, dar nebandytus produktus. Nekokybiška produkcija dažnai ir priklauso nuo gamybos nuostolių, kurie gali būti kaip: laukimas, transportavimas, įvairūs įrenginių defektai, nereikalingas perteklinis apdirbimas, atsargų trūkumas, nereikalingas judėjimas ir perprodukcija. Visi defektai, brokai ir gamybos nuostoliai yra po gamybiniai procesai, kurie analizuojami ir sprendžiami baigus gamybą, kad kuo rečiau pasikartotų. Tačiau, norit sumažinti produkcijos defektų kiekį įmonėms reiktų naudoti „poka-yoke“ metodą. Kai yra naudojami sensoriai ar kitos priemonės tam, kad nustatyti ar/ir pašalinti klaidas, kurie buvo nepastebėti operatoriais.

Galimi kokybės kontrolės užtikrinimo būdai:

1. Kontrolė

- Sustabdyti procesą, kai yra nustatyta klaida.
- Pašalinti broką iš gamybos proceso.

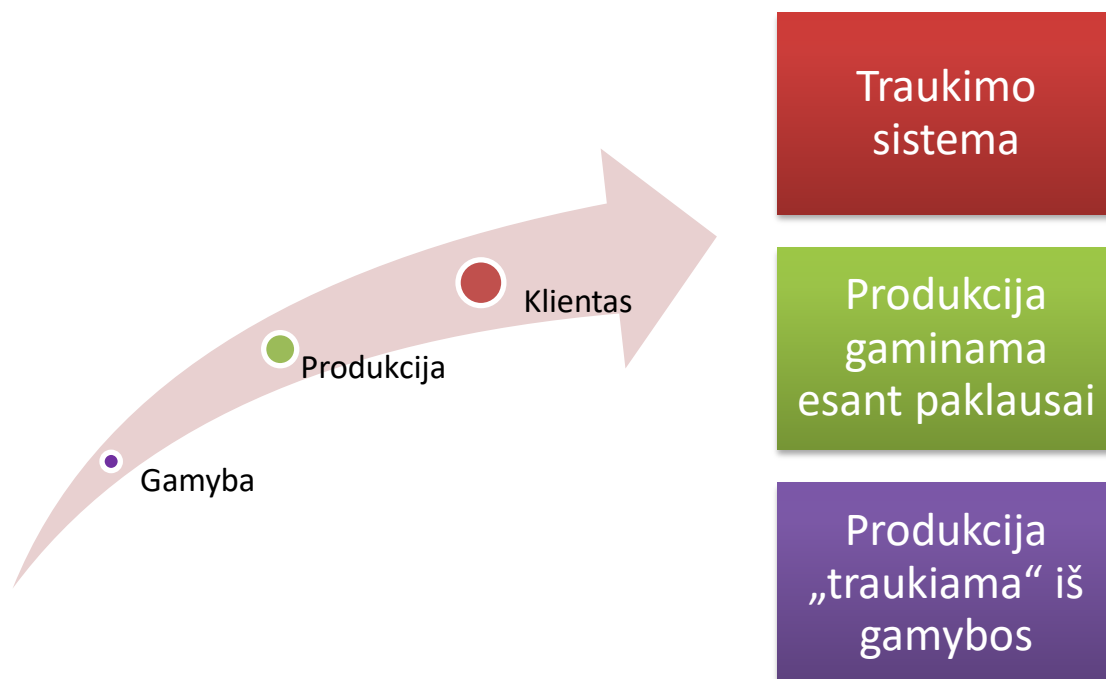
2. Įspėjimas

- Signalas operatoriui sustabdyti procesą ir pašalinti klaidą.

„Poka-yoke“ yra mechaninė apsauga nuo klaidų padarymo. Ji gali atkreipti darbuotojo dėmesį arba ištaisyti nukrypimus, bet geriausia „poka-yoke“ tokia, kuri tiesiog neleidžia įvykti žmogiškosioms klaidoms.

3.6.Vartotojas

Taigi, toliau pagal gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelį seka vartotojas. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės pagaminta produkciją parduoda tiek Lietuvoje, tiek užsienyje. Traukimo principu veikianti sistema leidžia optimizuoti gamybinių operacijų sekas bei gamybai reikalingų medžiagų tiekimą reikiamais kiekiais ir laiku.



3.2 pav. Traukimo sistema

Šaltinis: parengta autoriaus remiantis Fuentes *et al.*, 2012

Naudojant traukimo sistemą, įmonės viduje sumažėja atliekų, nes nėra perprodukcijos. Tai taip pat atlaisvina darbo vietą ir sumažina atsargų saugojimo išlaidas. Įmonės, kurios naudoja traukos sistemos patirtimi, padidina klientų pasitenkinimą, nes produktai gaminami specialiai jų prašymams įvykdyti. Kadangi produktai gaminami nedideliais kiekiais, kokybės klausimai bus nustatyti greičiau nei naudojant stūmimo sistemą, o jei bus nustatyta klaida, mažiau defektų

turintiems produktams būtų reikalingas šalinimas. Traukimo sistema leidžia gamykloms sutaupyti laiko, kuris būtų išleistas planuojant būsimą paklausą ir gaminant prekes, kurios niekada nebus parduodamos. Jie taip pat patiria didesnę lankstumą, nes jie gali greitai reaguoti į paklausos pokyčius. Kiekvienas iš šių naudojamasi traukimo sistema privalumais sumažina tiesiogines ar netiesiogines bendrąsias verslo išlaidas, o tai padidina pelną.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Apžvelgus mokslinę literatūrą apie gamybos tobulinimą ir optimizavimą bei Lietuvos ir užsienio įmonių „lean“ metodikos taikymo būdus buvo atlikta pirminė tyrimo analizė. Ji parodė, kad optimizuoti metalo apdirbimo gamybos procesą pradedama nuo vartotojų poreikių ir gamybos nuostolių identifikavimo. Kiekviename gamybos etape atsiranda nuostolių dėl įrangos neeksploatavimo, jos neaptarnavimo reikiamu laiku, darbo vietų neapgalvojimo ir netinkamo gamybos ciklo organizavimo, sandėliavimo ir neapgalvotos logistikos. Vadovaudamasi „lean“ sistemos principu įmonės susipažįsta su klientu, jo poreikiais, norais ir tik tada planuoja produkto kūrimą. Šiandien Lietuvoje metalo apdirbimo įmonės, kurios tik pradeda naudoti „lean“ sistemą, dažniausiai naudoja tik vieną ar du sistemos įrankius. Perėjimas prie „lean“ gamybos sistemos nėra paprastas procesas, jis susideda iš dviejų etapų. Pirmasis etapas – tai produkcijos savikainos mažinimas ir darbo našumo didinimas. Antrasis – nuolatinio tobulėjimo procesas, kurio esmė ta, kad kiekvienas darbuotojas savo darbe turi naudoti naujas technologijas ir siekti tobulumo. Sunku paneigti, kad be naujos įrangos ir technologijų neįmanoma tapti konkurencingiems pasauliniu mastu. Kita vertus, efektyvi įmonės veikla – darbo proceso organizavimas ir vien tik aukštosios technologijos negali pakelti įmonės rentabilumo. Ši sistema keičia vadovų požiūrį į gamybos procesą ir skatina mažinti produkcijos savikainą išlaikant aukštą kokybę ir aptarnavimo lygį. Optimizuojant gamybos procesą svarbu suprasti „lean“ esmę teoriniu aspektu, kaupti žinias, ieškoti naujų tobulinimo galimybių, o ne tik akiai kartoti pirmaujančių įmonių patirtį. Remiantis mokslinės – metodologinės literatūros bei mokslinių metodų analize, norit įgyvendinti gamybos tobulinimo sistemą, reikia vadovautis šešiais pagrindiniais „lean“ gamybos principais. Pagrindiniai aspektai yra: saugumas, tvarka, švarumas, JIT, 6 Sigma kokybė, strateginis tobulinimas, vizualinis valdymas ir nuolatinis tobulinimas. Taigi, tobulinimo ir optimizacijos įgyvendinimo tikslas gamyboje yra trumpinti užsakymo įvykdymo laiką, mažinti kaštus, gerinti darbų saugą ir kokybę. Tai atliekama optimizuojant procesus per 7 nuostolių identifikavimą ir šalinimą, kuriant aiškius susitvarkymo bei darbo atlikimo standartus, siekiant išlaikyti optimalių atsargų kiekį, nustatant aiškias atsakomybes ir prioritetus. Pirmiausia reikia išryškinti ir pašalinti nuostolius: per didelis ar per mažas atsargų kiekis, nereikalingas vaikščiojimas ir neefektyvus transportavimas, papildomi produkto apdirbimo procesai, prastovos ir laukimas, broko taisymai, gamyba ne pagal poreikį. Naudojami „lean“ metodai įtraukia darbuotojus į kasdienę tobulinimo veiklą, padeda ugdyti savarankiškumą, atsakomybę, komandinį darbą. Atlikus mokslinės - metodologinės literatūros bei mokslinių metodų analizę buvo nustatyta, kad siekiant tobulinti ir optimizuoti gamybos procesą, reikia atlikti pakitimus gamybos procese. Pirmiausia įmonės turi subalansuoti gamybos

liniją, siekti užtikrinti nuolatinį gamybos srautą, kad būtų išvengta laukimo ir perprodukcijos. Įmonėms siekiant sumažinti nereikalingų darbuotojų skaičių, judėjimą ir medžiagų transportavimą, reikia pakeisti įrengimų išsidėstymą ir optimizuoti gamybos celes. Įmonėms, verta įvesti valymo metodus ir standartizuoti 5S metodą, kuris padeda išlaikyti darbo vietą organizuotą ir tvarkingą. Taip pat, įmonėms yra svarbu sumažinti atsargų ir žaliavų kiekį sandėlyje, nes tai leidžia optimizuoti sandėliavimo kaštus bei padidinti apyvartinį kapitalą. Ir galiausiai, įmonės turi nuolat tobulinti gamybos procesus, supaprastinti ir derinti operacijas, pašalinti nereikalingas operacijas. Įdiegus visus šiuos tobulinimo ir optimizavimo principus įmonės galėtų sumažinti: užsakymo laiką nuo 35 iki 65 %; sandėliavimo išlaidas nuo 15 iki 35 %; atsargas nuo 30 iki 60 %; defektus ir nuostolius nuo 20 iki 50 %; veiklos sąnaudas nuo 10 iki 25 %. O taip pat įmonės galėtų padidinti: procesų efektyvumą nuo 20 iki 50 %; produktyvumą nuo 25 iki 55 %.

2. Empirinio tyrimo metu buvo nustatyta, kad Lietuvos metalo apdirbimo įmonės gamina kokybišką produkciją, jos paklausa yra Lietuvoje bei užsienio šalyse. Didžioji dalis užsakovų yra kitos gamybos pramonės įmonės, statybos sektorius ar medicina. Visgi gamyba galėtų būti našesnė, jei įmonėms pavyktų daugiau užsakymų gauti iš užsienio užsakovų, nes tik 3 iš 15 (visos vidutinio dydžio) tyrime dalyvavusių įmonių produkciją parduoda užsienio rinkai. Šalyje įmonės stengiasi ir nori tobulinti gamybą, tačiau pagal tyrimo rezultatus galima teigti, kad įmonių vadovai dažnai pilnai neišnaudoja gamybos tobulinimo ir optimizavimo potencialo. Metalo apdirbimo įmonės patiria įvairiausių sunkumų mėgindamos gamybos tobulinimą ir optimizavimą procesą paversti nuolatiniu. Metalo apdirbimo įmonės siekia sumažinti ir pašalinti visus trūkumus gamybos procesuose, kad visapusiškai patenkintų vartotojo poreikius. Milžiniškų gamybos sąnaudų mažinimas, inventORIZACIJOS optimizavimas, ciklo trukmės spartinimas, kokybės didinimas ir patikimo pristatymo gerinimas yra sėkmingas tobulinimo ir optimizavimo procesų pritaikymas metalo gamybos įmonėse. Pirmiausia, įmonėms turi būti svarbu nustatyti gamybos vertę vartotojo požiūriu. Įmonės, prieš nustatydamos produkto kainą, turi išsiaiškinti, ar nauda, kurią teikia produktas, prilygsta naudai, kurią nori gauti vartotojas. Antra, įmonės turi susidėlioti savo vertės kūrimo žemėlapi, kuriame turi būti analizuojamas visas vertės kūrimo procesas nuo užsakymo pateikimo, žaliavų gavimo iki galutinio produkto išsiuntimo vartotojui (panaikinamas švaistymas). Trečia, gamybą vykdyti pagal traukimo principą, gaminti ne į sandėlį, o tik tada kai reikia vartotojui, tai leidžia išvengti perprodukcijos ir išlaikyti tinkamą kiekį žaliavų sandėlyje. Galiausiai, nuolatinis tobulinimas, kai siekiama tobulinimo ne tik produkto kokybės srityje, bet visai įmonei. Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad įmonėms norint efektyvinti savo gamybos darbus, plėstis rinkoje ar kurti didesnę apyvartą reikia laikytis šių tobulinimo ir optimizavimo principų.

3. Pagal siūlomą gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelį, vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriui, galima stebėti veiksnius, turinčius įtaką metalo pramonei ir pagal juos optimizuoti gamybos liniją bei jos kaštus. Tai padėtų sumažinti produkcijos savikainą ir padėtų tapti konkurencingesniems tiek Lietuvoje, tiek už jos ribų. Įmonės turėtų vadovautis šio modelio strategija, kad būtų padidintas darbo efektyvumas, sumažintas nereikalingų žaliavų kiekis, ir tuo pačiu sumažinamos inventorizacijos išlaidos. Organizuotas tiekimas reikalauja itin didelio kruopštumo, nes viską reikia planuoti itin tiksliai bei atitikti paklausą. Žaliavos ir užsakomi pusgaminiai turėtų būti planuojami, galėtų būti sudarytas užsakymų grafikas. Metalo apdirbimo įmonės galėtų numatyti ir tinkamai apskaičiuoti žaliavų poreikį, įvertinti apribojimą – užsakymų dažnumą, sudaryti sandėlio papildymo planą. Įmonės turi vengti perprodukcijos naudoti planavimo metodus, kurie tiksliai įvertina pardavimus ir atitinkamai koreguoja gamybos lygį. Idealiu atveju įmonės pradeda gaminti produkciją tada kada jos reikia užsakovui. Mažo klaidų lygio planavimas yra atsakingas už tinkamą kiekvieno gamybos proceso etapo užbaigimą darbuotojams darbo lygmeniu. Tai leidžia manyti, kad darbus atliekantys darbuotojai geriausiai žino, kas gali suklysti ir kaip išvengti klaidų. Gamyboje įmonės turi paskirti kompetentingus ir atsakingus darbuotojus ir įsitikinti, kad jie gali izoliuoti ir sumažinti gamybos klaidas. Gamybos linija tampa efektyvesnė, kai metalo apdirbimo įmonės taiko planavimo metodus. Įmonių vadovai turi analizuoti savo operacijas ir nustatyti laukimo laiką, laiką, praleistą judėjime, ir gamybos procese praleistą laiką. Kiekvienai veiklai, ypač praleistai judėjime, įmonės turi išsiaiškinti, kaip darbuotojai gali sumažinti šį laiką. Operatoriai dažnai gali visiškai pašalinti daugybę laukimo laikų ir gali sumažinti judėjimo kiekį. Gamyba įmonėse turi prasidėti nuo inovatyvių idėjų, gamybos tobulinimų. Įmonėms reikėtų turėti modernius įrenginius, kurie lengvina operatorių darbą, mažina defektų ir įrenginių gedimų atsiradimo tikimybę. Efektyvios gamybos būdas yra nuolatinis gaminio apsaugojimas nuo galimo broko. Šiame procese įmonės turi stengtis kuo dažniau tikrinti produkciją ir eliminuoti galimus defektus. Siekiant, kad įmonė vykdytų darbus efektyviai ir be nuostolių reikalingi patyrę ir savo darbą išmanantys darbuotojai. Investicija į darbuotoją, jo apmokymus kuria pridėtinę vertę įmonei. Galiausiai, vidutinės metalo apdirbimo įmonės pagaminta produkciją parduoda tiek Lietuvoje, tiek užsienyje. Traukimo principu veikianti sistema leidžia optimizuoti gamybinių operacijų sekas bei gamybai reikalingų medžiagų tiekimą reikiamais kiekiais ir laiku. Visgi, šis efektyvios darbo veiklos modelis yra lankstus, jis aiškiai vaizduoja kiekvieną atskirą gamybos etapą, nuo žaliavų užsakymo iki vartotojo. Todėl darbo autoriaus sukurtas modelis leidžia įmonėms tobulinti ir optimizuoti ne tik visus gamybos įmonės procesus, bet ir matyti silpnąsias įmonės vietas, kurios gali būti tobulinamos.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Abdelmalek, F., Rajgopal, J., Needy, K., (2006). *A classification model for the process industry to guide the implementation of lean*, *Engineering Management Journal*. vol. 18, no. 1, pp. 15–25.
2. Alvarez R, Calva R, Pena MM, Domingues R. (2009). *Redesigning and assembly line through lean manufacturing tools*. *Int J Adv Manuf Technol* 43:949–958
3. Ambrasas, G. (2009). *Magistro baigiamojo darbo rengimo metodiniai nurodymai*. Vilnius: Technika. 69 p.
4. Anand G., Kodali R. (2010). *Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems*. *International Journal of Management Practice*, Number 1, p. 95-116
5. Åstrand E (2015). *A new innovative toolbox for lean welding of fatigue loaded structures*. *Int J Adv Manuf Technol*.
6. Bicheno, J. Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox*. Buckingham, England 290 p.
7. Chen, H., Lindeke, R. and Wyrick, D. (2010). *Lean automated manufacturing: avoiding the pitfalls to embrace the opportunities*, *Assembly Automation*, Vol. 30 No. 2, pp. 117-23.
8. Čereška, A. Pauža, V. (2005). *Kokybės analizė ir valdymas*. Vilnius: Technika. 134 p.
9. Dickinson V., Hammond C. (2004). *Findings and recommendations on LEAN production and environmental management systems in the shipbuilding and ship repair sector. Report of Ross & Associates Environmental Consulting*. Washington.
10. Dulchlnos, J. and Massaro, P. (2005). *The time is right for labs to embrace the principles of industrial automation*, *Drug World Discovery*, Winter, pp. 25-8.
11. Emiliani, M.L. and Stec, D.J. (2005). *Leaders lost in transformation*, *Leadership & Organization Development Journal*, Vol. 26 No. 5, pp. 370-87.
12. Fuentes JM, Diaz SM (2012). *Learning on lean: a review of thinking and research*. *Int J Oper Prod Manag* 32(5):551–582
13. Fullerton, R.R., and McWatters, C.S., (2001). *The production performance benefits from JIT implementation*, *Journal of Operations Management*, vol. 19, no. 1, pp. 81-96.
14. Hammersberg P, Olsson H (2010). *Statistical evaluation of welding quality in production* *Int J Adv Manuf Technol* 56:273–289
15. Helleno A. L. Pimentel C. Ferro A. R. Santos P. F. Oliveira M. C. Simon A. T.. (2015). *Integrating value stream mapping and discrete events simulation as decision making tools in operation management* 1059-1066.
16. Henderson, B. A., Larco, L. (2000). *Lean Transformation: How to change your business into a lean enterprise*. The Oaklea Press. Richmond, Virginia.

17. Imai, G., (1997). *Gemba Kaizen* McGraw-Hill, New York, NY
18. Jančiauskas, B. Maceika, A. Strazdas, R. Toločka, E. Zabelavičienė, I. (2012). *Pramonės įmonių valdymas: planavimas, organizavimas, vadovavimas*. Vilnius: Technika. 311 p.
19. James P. Womack, Daniel T. Jones (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Revised and Updated
20. Joseph OA, Sridharan R (2011). *Evaluation of routing flexibility of a flexible manufacturing system using simulation modeling and analysis*. Int J Adv Manuf Technol 56:273–289
21. Koenig P. C., Narita H., Baba K. (2009). *Lean Production in the Japanese Shipbuilding Industry*. Journal of Ship Production, Nr. 3, p. 167-174.
22. Lean [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. kovo 19 d.] Prieiga per internetą: < <https://www.lean.lt/>>
23. Lean Manufacturing tools [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. birželio 17d.] Prieiga per internetą: < <http://leanmanufacturingtools.org/>>
24. Liker J. and Meier, D. (2006). *The Toyota Way*, Field Book, McGraw-Hill, New York, NY.
25. Liker J. K., Lamb T., Arbor A. (2000). *Lean manufacturing principles guide. Develop and implement a 'World Class' manufacturing model for U.S.* Michigan: University of Michigan.
26. Liu Z., Chua D., Yeoh K. (2011). *Aggregate production planning for shipbuilding with variation- inventory trade-offs*. International Journal of Production Research, Volume 49, Issue 1, p. 33-57.
27. McCarthy, D. and Rich, N. (2004). *Lean TPM – A Blueprint for Change*, Elsevier, Oxford.
28. Muffatto, M. (1999). *Evolution of production paradigms: the Toyota and Volvo cases*, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 10 No. 1, pp. 15-25.
29. Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Press, New York
30. Ohno T. (2005). *Toyotos gamybos sistema. Tolyn nuo masinės gamybos*. Vilnius: Rgrupė.
31. *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd Edition. 2005. 159 p.
32. Qingliang Y., Zegiang Z., Lin S. (2010). *An Improvement Study on Assembly Line Balancing Based on Lean Production*. Industrial Engineering Journal, Volume 49, Issue 2, p. 585-610.
33. Spear S. (2009). *Chasing The Rabbit. How market leaders outdistance the competition and how great companies can catch up and win*. Columbus: McGraw-Hill.
34. Takeda H. (2005). *Sinchroninė gamybos sistema „pačiu laiku“ – būdas visai įmonei*. Vilnius: Rgrupė.
35. Team quality services [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. kovo 10 d.] Prieiga per internetą: <<https://teamqualityservices.com/lean-manufacturing-in-steel-companies/>>

36. The Fabricator [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. lapkričio 17d.]
<https://www.thefabricator.com/article/arcwelding/managing-welding-information-more-efficiently>
37. Tohidi, H. (2012). *Six sigma methodology and its relationship with lean manufacturing system*. Adv Environ Biol 6:895–906
38. Vinodh S., Aravindraj S. (2012). *Axiomatic modeling of lean manufacturing system*. J Eng Des Technol 10:199216
39. Webster, M. Sudgen, D. (2003). *Implementation of virtual manufacturing by a technology licensing Company*. Int J Oper Prod Manag 23:448469
40. White, R., Pearson, N. and Wilson, J. (1999). *JIT manufacturing: a survey of implementations in small and large US manufacturers*, Management Science, Vol. 45 No. 1, pp. 1-15.
41. Womack, JP. Jones DT, Roos D. (1990). *The machine that changed the world*. Rawson Associates, New York
42. Womack JP, Jones DT (1996). *Lean Thinking*, Simon Schuster, New York

PRIEDAI

1 PRIEDAS

Koreliacijos koeficientas	
	Vidutinė - nuo 0,8 iki 0,85 (nuo -0,8 iki -0,85)
	Vidutiniškai stipri - nuo 0,85 iki 0,9 (nuo -0,85 iki -0,9)
	Labai stipri - nuo 0,9 iki 1,0 (nuo -0,9 iki -1,0)

	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11	Column 12	Column 13	Column 14	Column 15	Column 16	Column 17	Column 18	Column 19	Column 20	Column 21	Column 22	Column 23	Column 24	Column 25	Column 26	Column 27	Column 28	Column 29	Column 30	Column 31	Column 32	
1																															
0.136931	0																														
-0.14199	1																														
-0.50195	-0.23907	0.48164	1																												
0.039528	0.866025	-0.35921	-0.36478	1																											
0.151532	0.46691	-0.36412	0.106115	0.516047	1																										
0.219265	-0.36029	0.024907	0.019141	-0.38136	0.378261	1																									
-0.62363	0.369274	-0.01915	0.34472	0.533002	0.557966	0.028566	1																								
-0.0125	0.410792	-0.52936	-0.58613	0.395285	0.151532	-0.07674	-0.01685	1																							
0.637788	-0.33916	-0.16178	-0.63168	-0.25456	0.43018	0.054309	-0.71806	-0.08669	1																						
0.8	-0.27386	-0.11359	-0.48013	-0.39528	0.04663	0.770088	-0.74162	0.125	0.643991	1																					
0.478091	0	-0.67884	-0.65584	0.188982	0.473666	0.576557	-0.08058	0.478091	0.384658	0.597614	1																				
-0.03953	0.359211	0.364784	-1	-0.51605	0.381356	-0.533	-0.39528	0.25456	0.395285	-0.18898	1																				
0.070711	0.120099	-0.76306	-0.46736	0.447214	0.626411	0.334122	0.381385	0.494975	-0.03503	0.141421	0.345154	0.44721	1																		
0.4159	-0.14237	-0.59054	-0.57053	0.164399	-0.18785	-0.21658	-0.38555	0.064984	0.508631	0.285931	0.310685	-0.1644	0.394086	1																	
-0.15811	0	-0.71842	-0.31549	0.39773	-0.0873	0.316228	-0.36135	-0.4166	0.16855	-0.325	-0.02477	-0.35	-0.47809	-0.31623	0.285931	1															
-0.02193	-0.29019	-0.02459	-0.28995	0.069353	-0.47027	-0.30769	-0.02952	-0.4166	0.532232	-0.17541	-0.19483	0.06934	-0.06202	0.524355	0.613343	0.158114	1														
-0.12	-0.27386	-0.11359	-0.48013	-0.39528	0.04663	0.770088	-0.74162	0.125	0.643991	1																					
-0.4029	0.427121	0.685902	0.715159	0.164399	0.084838	-0.42175	0.433075	-0.28593	-0.70922	-0.64984	-0.80778	-0.1644	-0.58817	-0.58108	0.285931	0.1	-0.29637	0.181956	1												
0.027116	0.594089	0.723348	0.359452	0.300123	0.240218	-0.04757	0.336536	-0.33895	-0.41942	-0.27116	-0.45574	-0.30012	-0.38348	-0.52159	0.460977	-0.02875	-0.16648	0.272163	0.735147	0.747145	1										
0.090685	0.59604	0.103011	0.445578	0.687508	0.53668	-0.32779	0.471436	-0.1829	-0.47778	-0.45813	-0.40347	-0.60999	-0.2387	-0.35099	0.409906	-0.1525	-0.14803	0.024112	0.23578	0.771689	0.388242	1									
-0.2681	0.255377	0.529827	0.459349	0.184302	0.315217	0.102233	0.628695	-0.47791	-0.30026	-0.46625	-0.27864	-0.1843	-0.16485	-0.6787	0.163188	-0.07372	0.081786	0.046625	0.451447	0.521145	0.695367	0.618329	0.422819	1							
0.478091	0.327327	0.543075	0.014905	0.188982	0.02786	-0.13104	-0.08058	-0.59761	0.251638	0.059761	-0.28571	-0.18898	-0.42258	0.031068	0.597614	-0.18898	0.3669	0.478091	0.46291	0.310685	0.713024	0.634029	0.433555	0.475686	1						
-0.15811	0	-0.71842	-0.31549	0.39773	-0.0873	0.316228	-0.36135	-0.4166	0.16855	-0.325	-0.02477	-0.35	-0.47809	-0.31623	0.285931	1	0.5547	-0.15811	-0.20412	-0.411	-0.42875	-0.1525	-0.05735	-0.07372	-0.18898	1					
0.23578	-0.59604	-0.47385	-0.01809	-0.22942	0.109933	0.302235	-0.12228	-0.41715	0.078326	-0.31623	0.377964	-0.5	0.67082	0.575396	0.158114	0.573539	0.415885	0.072548	-0.14049	-0.54688	-0.51148	-0.45481	-0.17105	-0.04336	0.573539	1					
0.316228	-0.43301	0.157155	-0.34507	-0.4375	0.844779	-0.24268	-0.77285	-0.21741	0.695144	0.395285	-0.18898	0.4375	-0.44721	0.575396	0.395285	-0.125	0.5547	0.671984	-0.45928	-0.34935	-0.30012	-0.43843	-0.48751	-0.51605	0.236228	-0.125	0.229416	1			
0.51387	-0.28868	-0.0898	-0.33521	-0.125	-0.25802	-0.06934	-0.4264	-0.43481	0.891586	0.316228	0.188982	0.125	-0.1118	0.410997	0.079057	0.25	0.693375	0.158114	-0.30619	-0.4521	-0.21437	-0.19062	-0.11471	0.073721	0.472456	0.25	0.458831	0.5			
-0.1	0.273861	-0.11359	-0.0873	0.316228	0.36135	-0.81126	-0.13484	0.125	-0.13623	-0.35	-0.47809	-0.31623	-0.28284	0.519875	0.55	0.158114	0.219265	0.35	0.193649	0.285931	0.02712	0.192897	0.3578	-0.46625	0.059761	0.158114	-0.07255	0.395285	-0.15811		
-0.39528	0	-0.0449	-0.4338	0.125	0.68192	-0.5547	-0.0533	0.316228	0.25456	-0.31623	-0.18898	-0.125	-0.1118	0.205499	0.395285	0.25	0.5547	-0.16237	-0.1544	-0.30012	-0.26687	-0.48751	-0.1843	-0.18898	0.25	-0.28677	0.4375	0.125			
-0.59761	0.327327	0.23795	0.484428	0.188982	0.346239	0.104828	0.644658	0.209165	0.839734	-0.47809	-0.28571	-0.18898	0.844515	-0.52816	0.059761	-0.18898	-0.57056	-0.05976	0.46291	0.590301	0.421332	0.374654	0.238455	0.222911	-0.28571	-0.18898	-0.43355	-0.61419	#DIV/0!		
-0.15811	0.288575	-0.44801	0.216889	0.5	0.975954	0.27735	0.746203	0.079057	-0.50912	-0.31623	0.377964	-0.5	0.67082	-0.1644	-0.31623	0.5	-0.27735	-0.63246	0.405248	0.082199	0.085749	0.304997	0.458831	0.36605	-0.18898	0.5	0.229416	-0.875	-0.25		

Gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas metalo apdirbimo įmonėse

Laba diena, esu Mantas Vancevičius, studijuojantis Vilniaus Gedimino technikos universitete, atlieku magistrinio darbo tyrimą apie gamybos proceso tobulinimą ir optimizavimą metalo apdirbimo įmonėse. Man aktualūs Jūsų tikslūs atsakymai apie įmonę kurioje dirbate. Atsakydami šią anketą užtruksite apie 10 min, jei norite gauti apdorotų rezultatų formą, anketos pabaigoje nurodykite savo elektroninį paštą (tai nėra privaloma).

***Privaloma**

1. Jūsų lytis:

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ Vyras
☐ Moteris

2. Koks yra įmonės darbuotojų skaičius? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ nuo 1 iki 9 (mikroįmonė)
☐ nuo 10 iki 49 (maža įmonė)
☐ nuo 50 iki 249 (vidutinė įmonė)
☐ daugiau kaip 250 (didelė įmonė)

3. Kiek metų Jūsų įmonė teikia gamybinę veiklą? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ iki 5 metų
☐ 6-10 metų
☐ 11-15 metų
☐ 15-20 metų
☐ virš 21 metų

4. Koks yra įmonės apyvartos dydis be PVM? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ iki 50 000 eurų
☐ nuo 50 001 iki 100 000 eurų
☐ nuo 100 001 iki 500 000 eurų
☐ nuo 500 001 iki 1 000 000 eurų
☐ nuo 1 000 001 iki 3 000 000 eurų
☐ nuo 3 000 001 iki 5 000 000 eurų
☐ nuo 5 000 001 iki 10 000 000 eurų
☐ virš 10 000 000 eurų

5. Koks yra vidutinis darbuotojų atlyginimas įmonėje? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ iki 500 eurų
- ☐ nuo 501 iki 800 eurų
- ☐ nuo 801 iki 1000 eurų
- ☐ nuo 1001 iki 1200 eurų
- ☐ nuo 1201 iki 1500 eurų
- ☐ virš 1500 eurų

6. Kurioje apskrityje yra įmonės gamybos cechasis? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ Alytaus
- ☐ Kauno
- ☐ Klaipėdos
- ☐ Marijampolės
- ☐ Panevėžio
- ☐ Šiaulių
- ☐ Tauragės
- ☐ Telšių
- ☐ Utenos
- ☐ Vilniaus
- ☐ Kita: _____

7. Kokiais kiekiais ir kaip dažnai užsakote žaliavas? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ mažais kiekiais ir dažniau
- ☐ dideliais kiekiais ir rečiau

8. Dėl kokios priežasties pasirinkote tokį užsakymo būdą? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ pigiau atsivežti
- ☐ taikomos nuolaidos perkant didesnius kiekius
- ☐ brangus sandėliavimas
- ☐ sunku prognozuoti užsakymų apimtį
- ☐ toks yra ekonomiškiausias pirkimo kiekis
- ☐ Kita: _____

9. Kokiu atstumu nuo Jūsų yra nutolę pagrindiniai tiekėjai iš kurių įsigyjate žaliavas? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ yra tame pačiame mieste
- ☐ nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje
- ☐ nutolę iki 200 km Lietuvos teritorijoje
- ☐ nutolę virš 201 km Lietuvos teritorijoje
- ☐ nutolę iki 200 km už Lietuvos ribų
- ☐ nutolę iki 500 km už Lietuvos ribų
- ☐ nutolę virš 501 km už Lietuvos ribų

10. Kiek skirtingų žaliavų vienetų yra naudojate pagaminti pagrindinį gaminama produktą? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ iki 10 vienetų
- ☐ nuo 11 iki 50 vienetų
- ☐ nuo 51 iki 100 vienetų
- ☐ nuo 101 iki 500 vienetų
- ☐ virš 500 vienetų

11. Kokios gamybos apimtys įvykdomos Jūsų įmonėje? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ vienetinė - projektinė
- ☐ smulki - serijinė
- ☐ serijinė
- ☐ masinė

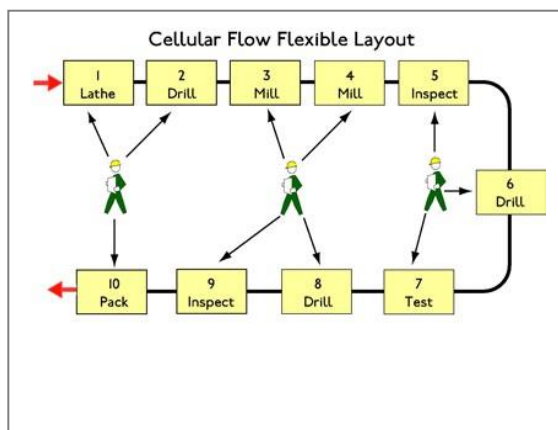
12. Kokią veiklą plėtoja Jūsų įmonė? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ pjovimo darbus
- ☐ štapavimą
- ☐ tekimą
- ☐ frezavimą
- ☐ valcavimą
- ☐ suvirinimą
- ☐ krumpliaračių gamybą
- ☐ lankstymą
- ☐ liejimą
- ☐ dažymą
- ☐ Kita: _____

13. Kokia gamybos celė yra taikoma Jūsų įmonėje? *

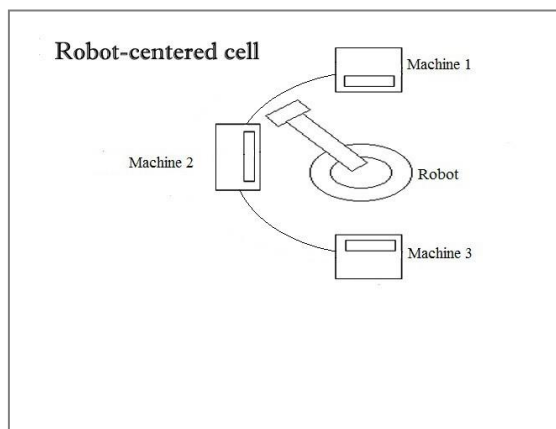
Pažymėkite tik vieną ovalą.



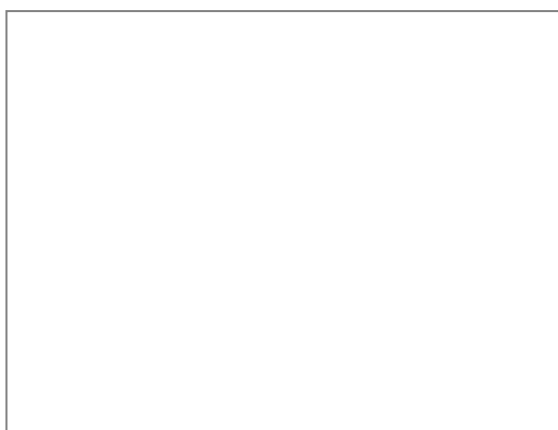
☐ Keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą



☐ Vieno operatoriaus darbas



☐ Gamyba robotizuota



☐ kita

14. Kiek laiko gamyba gamina produktą? (Ciklo laikas. Prašau Jūsų pasirinkti dažniausiai gaminamo produkto gaminimo trukmę.) *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ iki 1 min;
- ☐ nuo 1 min iki 10 min;
- ☐ nuo 10 min iki 1h
- ☐ nuo 1h iki 4h
- ☐ nuo 4h iki 8h
- ☐ nuo 8h iki 12h
- ☐ virš 12h
- ☐ Kita: _____

15. Ar taikote robotizuotą gamybą? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ taip
- ☐ ne

16. Kaip manote ar yra nesuderinimas tarp robotizuotos gamybos ir Lean sistemos principų? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ taip
- ☐ ne
- ☐ nežinau

17. Kaip galima efektyviai naudoti robotizuotą gamybą taikant Lean sistemos principus? *

18. Ar naudojate gamybos tobulinimo, optimizavimo būdus? Jei taip, kokius? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ KAIZEN
- ☐ Lean
- ☐ 5S
- ☐ JIT (just-in-time)
- ☐ vertės kūrimo žemėlapis
- ☐ KANBAN
- ☐ 6 sigma
- ☐ POKA YOKE
- ☐ ANDON
- ☐ nenaudojame
- ☐ Kita: _____

19. Kaip dažnai įmonėje vyksta susirinkimai dėl gamybos planavimo, optimizavimo, organizavimo?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ kartą per metus
☐ kartą per pusę metų
☐ kartą per mėnesį
☐ kartą per savaitę
☐ kelis kartus per savaitę

20. Kokie gamybos tobulinimo elementai dabar yra būdingi Jūsų įmonėje? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ automatizuotas darbas
☐ modernūs įrengimai
☐ nuolatinis gaminio broko apsaugojimas
☐ atliekų kiekio mažinimas
☐ gamyba nedidelėmis partijomis
☐ gamybinių prastovų mažinimas
☐ yra darbuotojų, kurie išmano Lean sistemos principus
☐ Kita: _____

21. Kuriuos gamybos tobulinimus būtų sunku įdiegti Jūsų įmonėje? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ darbo automatizavimą
☐ įrenginių modernizavimą
☐ gamybinio broko nuolatinis apsaugojimą
☐ atliekų kiekio mažinimą
☐ gamybos prastovų minimizavimą
☐ gamyba nedidelėmis partijomis
☐ darbuotojų kvalifikacijos tobulinimą
☐ atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje
☐ Kita: _____

22. Kokių dažnumu Jūsų gamyba susiduria su šiomis problemomis? *

Kiekvienoje eilutėje pažymėkite tik vieną ovalą.

	niekas	labai retai	vidutiniškai	dažnai	nuolat
atsargų trūkumas	☐	☐	☐	☐	☐
produkcijos brokas	☐	☐	☐	☐	☐
įrangos gedimas	☐	☐	☐	☐	☐
saugumas	☐	☐	☐	☐	☐
gamybos prastovos	☐	☐	☐	☐	☐

23. Ar įmonėje laikomasi kokybės susitvarkymo ir švaros reikalavimų? Kokie susitvarkymo aspektai yra jūsų įmonėje? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ švarūs, spindintys praėjimai
- ☐ spalvotai paženklintos zonos
- ☐ užrašai, lentelės
- ☐ nėra nebaigtos gamybos atsargų
- ☐ partija - viena detalė
- ☐ standartizuota darbo vieta
- ☐ nesilaikoma
- ☐ Kita: _____

24. Kaip dažnai įmonėje laikomasi šios disciplinos? *

Kiekvienoje eilutėje pažymėkite tik vieną ovalą.

	niekada	labai retai	vidutiniškai	dažnai	nuolat
apibrėžiami tobulinimo tikslai ir suplanuojami pokyčiai	☐	☐	☐	☐	☐
praktiškai įgyvendinami patobulinimai	☐	☐	☐	☐	☐
įvertinama pažanga ir palyginamas pasiektas rezultatas su iškeltais tikslais	☐	☐	☐	☐	☐
pašalinami neatitikimai tarp realių pasiekimų ir iškeltų tikslų	☐	☐	☐	☐	☐
standartizuojami pasiekti patobulinimai	☐	☐	☐	☐	☐

25. Kada tikrinama produkcijos kokybė? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ pradžioje
- ☐ pabaigoje
- ☐ viduryje
- ☐ nuolat

26. Kiek pagaminamos produkcijos būna brokuotos? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ iki 1%
- ☐ nuo 2% iki 5%
- ☐ nuo 6% iki 10%
- ☐ nuo 11% iki 20%
- ☐ virš 20%

27. Kokie dažniausi gamybos nuostoliai pasitaiko Jūsų įmonėje? *

Pažymėkite viską, kas tinka.

- ☐ perprodukcija
- ☐ judėjimas
- ☐ laukimas
- ☐ transportavimas
- ☐ atsargos
- ☐ nereikalingas, perteklinis apdirbimas
- ☐ defektai
- ☐ Kita: _____

28. Kaip dažnai ir kokie praradimai pasitaiko Jūsų įmonėje, kurie įtakoja bendrą įrengimų veiksmingumą? *

Kiekvienoje eilutėje pažymėkite tik vieną ovalą.

	niekada	labai retai	vidutiniškai	dažnai	nuolat
praradimai dėl įrengimo gedimo	☐	☐	☐	☐	☐
praradimai dėl įrenginio nustatymo ir reguliavimo	☐	☐	☐	☐	☐
praradimai dėl darbo tuščią eiga ir trumpalaikių stabdymų	☐	☐	☐	☐	☐
greičio praradimai	☐	☐	☐	☐	☐
praradimai dėl gaminamo broko ir jo taisymo	☐	☐	☐	☐	☐
įrengimo paleidimo praradimai	☐	☐	☐	☐	☐

29. Kaip dažnai įvyksta darbuotojų nelaimingi atsitikimai darbo vietoje? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

	1	2	3	4	5	
retai	☐	☐	☐	☐	☐	dažnai

30. Pagal kokį principą yra gaminama produkcija? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ stūmimo principą (pagamina produkcija ir tik tada pardavinėjama)
- ☐ traukimo principą (pradedama gaminti tik gavus išankstinį užsakymą)

31. Kur yra parduodama didžioji dalis pagamintos produkcijos? *

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- ☐ Lietuvoje
- ☐ Užsienyje

32. Jūsų el. paštas



METALO APDIRBIMO ĮMONIŲ GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMAS IR OPTIMIZAVIMAS

Mantas Vancevičius¹

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
El. paštas: ¹mantas.vancevicius@stud.vgtu.lt

Santrauka. Šiame straipsnyje yra nagrinėjama gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo galimybės metalo apdirbimo pramonės įmonėse. Apžvelgiama metalo apdirbimo pramonė Lietuvoje, pagrindiniai privalumai ir trūkumai siekiant pastovaus tobulinimo ir optimizavimo. Ištirta kaip Lietuvos metalo apdirbimo įmonės tobulina savo įmonės gamybos sistemą, koks yra tobulinimo ryšys tarp visų įmonių šalyje. Darbe yra pateikiami apklaustų įmonių, susijusių su metalo apdirbimo darbais tyrimo rezultatai. Nustatyti pagrindiniai veiksniai turintys įtakos metalo apdirbimo įmonių gamybos proceso tobulinimui ir optimizavimui, taip pat didžiausios ir dažniausiai pasitaikančios problemos gamyboje. Remiantis tyrimo rezultatais yra pateikiamas gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje bei pateikiamos išvados ir pasiūlymai kaip tobulinti ir optimizuoti gamybos valdymą.

Reikšminiai žodžiai: Metalo apdirbimo įmonės, pramonė, konkurencija, tobulinimas, optimizavimas, „Lean“, „Kaizen“, 5S.

Įvadas

Didelį dėmesį konkurencingumui, lemia, jog įmonės privalo ieškoti naujų metodų, kurie galėtų padidinti veiklos našumą. Pagrindinis našumą lemiančių veiksnių yra gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas. Procesas yra orientuotas į kokybę, produktyvumo patobulimus ir išlaidų mažinimo priemones pramoninėje aplinkoje, remiantis pasiektais rezultatais iš skirtingų kompanijų. Visgi, yra atveju, kad net turint pažangias technologijas įmonės gamyba gali būti blogai sumodeliuota, o tai lemia mažesnę produkcijos kiekį, defektų atsiradimo tikimybę. Norint to išvengti yra naudojamas vertės kūrimo žemėlapis (VKŽ) ar proceso srauto grafikas (PSG) kaip tinkamų sprendimų įrankis, skirtas tiesiogiai valdyti investavimą, renkantis geriausią iš turimų galimybių variantą, kuris yra generuojamos simuliacijos sistema. Pirmą kartą šis metodas buvo pritaikytas Brazilijos metalo gamybos įmonėje, įmonė siekė padidinti gamybos pajėgumus. Rezultatai parodė žymų efektyvumą, kuris atsirado dėl VKŽ ir PSG priimančias teisingas sprendimus. Galima buvo pamatyti viską su esamais ir būsimais įmonės gamybos scenarijais. Iš proceso duomenų galima apskaičiuoti produkciją, vieneto kainą kiekvienam gaminiui pagaminti, investicijos išlaidas, našumą (visų operatorių) ir išsidėstymus.

Taigi, ieškanti struktūruoto gamybos proceso su mažu atsargų lygiu, dideliu našumu ir trumpu pristatymo laiku yra tikras iššūkis su kuriuo susiduria verslas ir įmonės šiandieninėje visuomenėje. Pavyzdžiui, daugelis įmonių stengiasi racionalizuoti išteklių kiekį. Be kliento reikalavimų, susijusių su produktų kokybe ar paslaugomis, įmonės konkuruoja pranašumu ir lankstumu gamybos sraute. Lankstumas yra raktas pasiekti veiksmingą ir greitą atsakymą į kliento norus. Straipsnyje yra analizuojama Lietuvos metalo apdirbimo įmonių tobulinimo ir optimizavimo galimybės rinkoje. Atliko tyrimo rezultatais yra pateiktas gamybos proceso

tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje

Metalų apdirbimo pramonė Lietuvoje

Nudienos visuomenėje pastebimos tendencijos, jog ženkliai mažėja masinė ir serijinė gamyba, o daugėja smulkiaserijinės ir vienetinės gamybos tipų poreikis. Tai atsitinka, nes trumpėja produktų gyvavimo laikas, vartotojai siekia būti išskirtiniai, dažniau keičia vartojamus gaminius. Esant tokioms sąlygoms gamybos įmonėms kyla poreikis ne tik patobulinti gamybos procesus, bet ir pakeisti gamybos ciklą. Įmonei tobulėjant ar naujai kuriant gamybos sistemą svarbu suvokti visus sistemos elementus ir nuosekliai juos diegti. Dažnai įmonės pradeda diegti kitose įmonėse matytas gamybos valdymo priemones ar metodus gerai nesuvokę visos įmonės gamybos sistemos, įmonės kultūros, filosofijos ir principu. Pavieniai gamybos valdymo įrankiai ir metodai, tokie kaip 5S, „Kaizen“, ir pan., nesilaikant pamatinių gamybos valdymo principų, gali duoti tik trumpalaikį efektą, o kartais net būti žalingi.

Lietuvos inžinerijos pramonės sektorius, kurio dalis yra metalo apdirbimas, pagal indėlį į šalies bendrąjį vidaus produktą (BVP) sudaro reikšmingą dalį šalies ekonomikoje. Šiam sektoriui per metus tenka 21–23 proc. sukuriama Lietuvos BVP. Lietuvos metalo apdirbimo pramonė 2017 metais sukūrė BVP už 678 mln. eurų. Daugiau nei 70 proc. inžinerinės pramonės produkcijos yra eksportuojama. Eksporto mastas 2017 m. siekė 475 mln., o lyginant su 2016 m. išaugo 9,4 %. Didėsni dalis, 719 mln. eurų, visoje inžinerinės pramonės grupėje teko tik plastikinių, guminių ir kitų nemetalinių produktų gamybai. Metalų pramonės sektorius Lietuvoje turi senas tradicijas, o jame dirba didelis skaičius žmonių, kurie savo įgūdžiu tobulina jau ne vienerius metus, o įmonių, besispecializuojančių metalo apdirbimo technologijose, skaičius kiekvienais metais vis auga arba išlieka stabilus. Statistikos departamento duomenimis, 2017 metų III ketvirčio pabaigoje Lietuvoje veikė 838 metalo pramonės

įmonės. Tai sudarė 10,31 proc. visų apdirbamosios pramonės įmonių (jų iš viso veikė 8124). Šiandien šioje šakoje dirba 13 824 darbuotojai, iš jų daugiausia 5857 asmenis dirba vidutinėse įmonėse, kuriose dirba po 50–249 darbuotojus. Tokie skaičiai rodo, kad metalo apdirbimas vis dar išlaiko geras pozicijas darbo rinkoje, o metalo gaminių pardavimai kiekvienais metais vis kyla. Didžiausias ir svarbiausias galutinis metalo apdirbimo pramonės gaminių vartotojas yra statybų sektorius, todėl jei statybų plėtra šalyje išliks aktyvi, galima tikėtis ir metalo sektoriaus tolesnės plėtros.

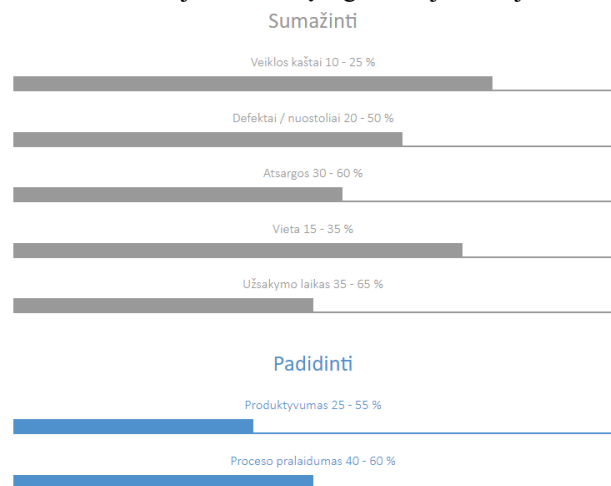
Metalo pramonės įmonės šiandien gali pasiūlyti platų prekių ir gaminių asortimentą, neatsiliekantį nuo Vakarų Europos įmonių. Naujausios apdirbimo technologijos į Lietuvą ateina taip pat sparčiai, kaip ir kitose Europos sąjungos šalyse, todėl lietuviškos įmonės yra konkurencingos, gali pasiūlyti gerą kokybę ir sąlyginai žemas kainas lyginant su kitomis Europos sąjungos šalimis, todėl jų paslaugomis naudojasi užsakovai iš rytuose ir vakaruose veikiančių įmonių. Vakarų Europos šalys jau seniai įvertino Lietuvos įmonių gaminamą produkciją, patrauklias kainas ir greitą darbų atlikimą bei pristatymą. Čia didelės įmonės gali pirkti gaminius, kurie pagaminti remiantis naujausiais ir šiuolaikiškais gamybos metodais.

Gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas metalo apdirbimo įmonėse

Pasaulinė patirtis rodo, kad įmonės konkurencingumas didžiąja dalimi priklauso nuo tinkamo gamybos valdymo organizavimo. Takedos (2005) teigimu, „Lean“ yra universali priemonių ir metodų sistema, tinkanti visoms sritims (pramonės, statybos, medicinos ir t.t.) tobulinti. Tyrimo metu nustatyta, kad visais laikais, esant ekonomikos recesijai, įmonės ieško būdų, kaip sumažinti sąnaudas, ir daugiausia dėmesio skiria efektyviam darbo jėgos panaudojimui. Tačiau siauros paskirties procesų optimizavimo priemonės nepadaeda, dažnai net ir kenkia įmonės veiklai (Ohno, 2005). Radikalus sąnaudų mažinimas, pvz., darbuotojų atleidimas, turi tik trumpalaikį poveikį. Jis nekeičia darbo atlikimo būdo ir darbuotojų mąstymo. Tradicinis požiūris ir susiformavusios nuostatos iš esmės nieko nekeičia. Šiandien „Lean“ sistema, kuri prieš pusę amžiaus buvo vienos kompanijos strategija, tampa daugelio įmonių išlikimo sąlyga. Visi patiria nuostolių ir įvairiais būdais bando jų išvengti. „Lean“ sistemos veiksmingumą rodo vis didėjantis susidomėjimas jos principais ir jų tobulinimas.

Pasak Anando ir Kodaliao (2010), perėjimas prie „Lean“ gamybos sistemos toli gražu nėra paprastas procesas, susidedantis iš dviejų etapų. Pirmasis etapas – tai produkcijos savikainos mažinimas ir darbo našumo didinimas. Antrasis – nuolatinio tobulėjimo procesas, kurio esmė ta, kad kiekvienas darbuotojas savo darbe turi naudoti naujas technologijas ir siekti tobulumo. Sunku paneigti, kad be naujos įrangos ir technologijų neįmanoma tapti konkurencingiems pasauliniu mastu. Kita vertus, efektyvi įmonės veikla – darbo proceso

organizavimas ir vien tik aukštosios technologijos negali pakelti įmonės rentabilumo. Ši sistema keičia vadovų požiūrį į gamybos procesą ir skatina mažinti produkcijos savikainą išlaikant aukštą kokybę ir aptarnavimo lygį. Optimizuojant gamybos procesą svarbu suprasti „Lean“ esmę teoriniu aspektu, kaupti žinias, ieškoti naujų tobulinimo galimybių, o ne tik akiai kartoti pirmaujančių įmonių patirtį. Dickinsono ir Hammondo (2004) manymu, „Lean“ diegimo sėkmė priklauso nuo sistemos supratimo ir jos pritaikymo konkrečioje situacijoje. Nors metalo apdirbimo įmonėse „Lean“ sistemos suvokimas ir taikymas dar nėra išsigejęs, tačiau dėl eksporto į kitas šalis konkurencingoms Lietuvos įmonėms tampa aktualus. Taigi, nuostolių mažinimas tapo pelningų ir pridėtinę vertę turinčių įmonių būtinybe. Šiandien metalo gaminiai naudojami daugelyje pramonės šakų (technikos, automobilių, aviacijos, medicinos įrangos gamybos, statyboje). Gaminiai yra skirtingi ir kiekvieno užsakymo duomenys gali skirtis nuo prieš tai gamintų, o tai įmonėms neša didelį pelną. Paprasto metalo apdirbimo neužtenka, reikia nuolat ieškoti naujų sprendimų. Visa tai leidžia puikiai pritaikyti „Lean“ gamybos sistemos principą, kuris padeda mažinti gamybos sąnaudas ir didinti produkcijos kokybę. Aptariamasis sistemos tikslas – mažesnėmis sąnaudomis kurti kuo didesnę vertę ir didinti savo konkurencinį pranašumą. „Lean“ esmę geriausiai nusako du pagrindiniai principai: nuolatinis tobulėjimas ir nereikalingų veiklų atsisakymas (nuostolių pašalinimas). Tai yra klientui ir įmonei pridėtinės vertės nekuriančių procesų eliminavimas arba mažinimas sukuriant nuolatinio tobulėjimo kultūrą organizacijos viduje.

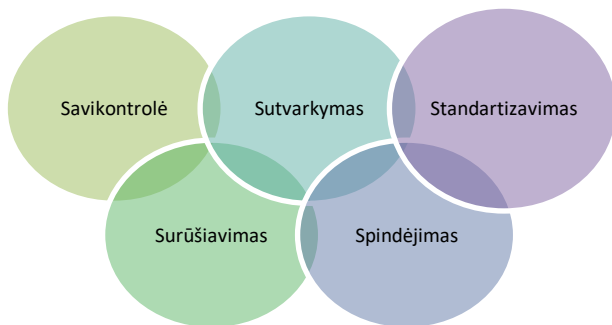


1 pav. Lean gamybos sistemos principo nauda

Apžvelgus literatūros šaltinius apie gamybos tobulinimą ir optimizavimą bei Lietuvos ir užsienio įmonių „Lean“ metodikos taikymo būdus buvo atlikta pirminė tyrimo analizė. Ji parodė, kad optimizuoti metalo apdirbimo gamybos procesą pradama nuo vartotojų poreikių ir gamybos nuostolių identifikavimo. Kiekviename gamybos etape atsiranda nuostolių dėl įrangos neeksploatavimo, jos neaptarnavimo reikiamu laiku, darbo vietų neapgalvojimo ir netinkamo gamybos ciklo organizavimo, sandėliavimo ir neapgalvotos logistikos. Vadovaudamasi „Lean“ sistemos principu įmonės

susipažįsta su klientu, jo poreikiais, norais ir tik tada planuoja produkto kūrimą. Šiandien Lietuvoje metalo apdirbimo įmonės, kurios tik pradeda naudoti „Lean“ sistemą, dažniausiai naudoja tik vieną ar du sistemos įrankius. Plačiausiai „Lean“ sistema yra paplitusi Japonijoje ir JAV. Vartotojai formuoja paklausą, o jų poreikis lemia gaminio kokybę ir pristatymo laiką, kuris nuolat auga, todėl „Lean“ sistema tampa vis populiareesnė. Tai leidžia šalinti veiksnus, nesukuriančius produkcijos vertės, ir ženkliai sumažinti gamybos trukmę.

Įmonės veikla negali būti efektyvi, jeigu joje žaliavos nesurūšiuotos, įrankiai nesutvarkyti, darbo aplinka netvarkinga ir nešvari, darbo procedūros nestandartizuotos, nėra vidinės tvarkos palaikymo. Dėl išskylančių žaliavų ir įrankių problemų stoja gamyba, krinta produktyvumas. Dėl nesutvarkytos darbo aplinkos ir nestandartizuotų procedūrų galimi nelaimingi atsitikimai ir avarijos, kurie taip pat stabdo gamybą ir mažina produktyvumą. Nuostolių šalinimas prasideda nuo 5S, kuris yra daugiau negu priemonė – tai tam tikras įmonės kultūros modelis, leidžiantis nuolat gerinti darbo aplinką ir sąlygas įtraukiant visus įmonės narius. 5S žingsniai: (surūšiuojimas, savikontrolė, susitvarkymas, standartizavimas, spindėjimas) diegimo.



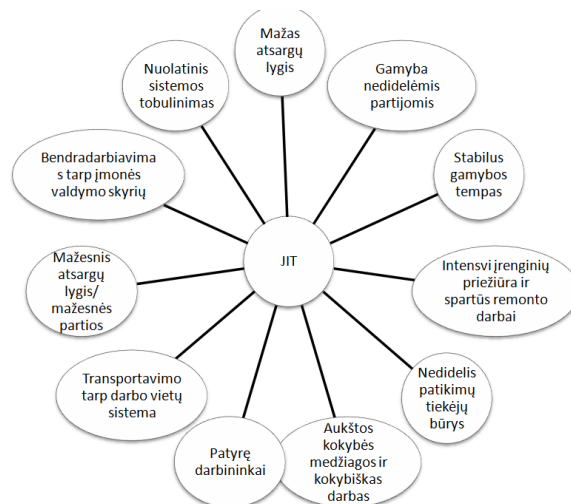
2 pav. 5S žingsniai

Darbuotojus skatina malonesnės darbo sąlygos, didesnis darbo pasitenkinimas ir galimybė daryti įtaką savo darbo kokybei. Didžiausia nauda įmonei yra aukštesnė produkto kokybė, didesnis produktyvumas, didesnis kliento pasitenkinimas ir įmonės augimas. Sutvarkyta aplinka darbuotojams leidžia jaustis saugesniems, sumažėja nelaimingų atsitikimų skaičius, padidėja darbo našumas ir produktyvumas. Dėl standartizuotų procedūrų sumažėja arba visiškai išnyksta avarių tikimybė. Gamyba vyksta nenutrūkstamai, nes nelieta žaliavų ar įrankių tiekimo nesklandumų. Vidinės tvarkos palaikymas neleidžia naujoms problemoms atsirasti arba leidžia jas pašalinti greitai ankstyvojoje fazėje. Įmonės veikla tampa efektyvi ir produktyvi.

5S žingsnis yra labai paplitęs metalo apdirbimo įmonėse ir nuo jo yra pradamas visos sistemos kūrimas. Visgi 5S veiksmingiausiai yra pasiekiamas ten, kur vyrauja rankų darbas. Šiuolaikinės metalo apdirbimo įmonės automatizuojamos, robotizuojamos ir didžiąją dalį darbo atlieka įrenginiai, todėl neapgalvotas 5S žingsnio diegimas gali nepateisinti lūkesčių. Taigi, 5S principai jau

būna realizuojami pačių mechanizmų projektavimo etape ir veiksmingiausias metodo pritaikymas tampa biure mažinant personalo darbo sąnaudas. Norint optimizuoti gamybos procesą įmonėje reikia pereiti prie atsargų mažinimo metodo „pačiu laiku“ (angl. *just-in-time*, JIT). Įvedant JIT sistemą būtina išsikelti tikslus ir uždavinius, kurie yra numatyti 2–3 metams į priekį. Pagrindiniai naujos sistemos siekiai gali būti:

- mažinti gamybos ciklą 10 kartų;
- mažinti broko ir perdirbtinos produkcijos dalį nuo 1% iki 0,1%;
- darbuotojų našumą padidinti 2 kartus.



3 pav. JIT sistemos principai

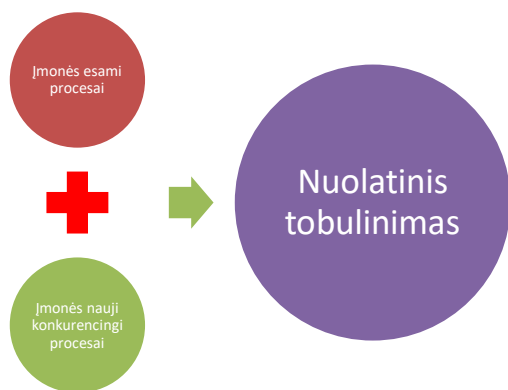
Visgi rinkoje yra nemažai nedideliais kiekiais gaminančių ar vienetinius užsakymus atliekančių įmonių, o jose gamybai skiriama nedaug laiko. Vartotojų poreikiai yra skirtingi, o kiekvieno vartotojo poreikius reikia vertinti atskirai. Yra vartotojų, kurie sutinka mokėti didesnę kainą už greitai pagamintą produkciją. Pavyzdžiui, jei vartotojo A užsakymo atlikimo terminas viršija 25 dienas, pasitenkinimas užsakymu staigiai krenta žemyn. Tai reiškia, kad jei užsakymas bus vykdomas ilgiau nei 25 dienas, tokia gamyba vartotojui neteiks vertės ir jis bus pasiryžęs nelaukti užsakymo. Vartotojas B yra lankstesnis užsakymo vykdymo trukmei ir jam 40 dienų užsakymo įvykdymo terminas yra tinkamas. Jis pasiryžęs mokėti tokią pačią pinigų sumą ir už skubų iki 10 dienų užsakymo įvykdymą. Panašūs vartotojų poreikių svyravimai gali būti ir dėl kitų gamybos charakteristikų – pagamintos produkcijos kokybės, užsakymo vykdymo patikimumo, gamybos sąnaudų, gamintojo žinomumo ir pan.

Taigi suradus tinkamus būdus, kaip patobulinti patį gamybos procesą naudojant „Lean“ sistemą, būtina tai puoselėti toliau ir nuolat tobulinti gamybą. Vienas iš nuolatinio tobulinimo būdų yra „Kaizen“ metodas. Pagal šį metodą visi gamybos procesai turi būti nuolat tobulinami, kitaip net geriausias procesas ilgainiui taps pasenęs ir neefektyvus. JAV įmonių vadovai tikėjo, kad automatizuojant gamybos procesą jis taps našesnis ir pagerins gaminių kokybę, o su mažesne savikaina bus galima sėkmingai konkuruoti rinkoje su kitomis

įmonėmis. Tačiau Japonijos gamybos įmonės po truputį sugebėjo aplenkti ir stumti iš pasaulinės rinkos JAV ir Vakarų Europos įmones, o tai leido suprasti, kad radikalios inovacinės technologijos nėra pats idealus būdas problemoms spręsti. Taigi, Japonijos įmonės, be radikalių inovacijų, sugebėjo pateikti rinkai ne blogesnės kokybės, o pigesnius gaminius.

„Kaizen“ yra viena praktiškiausių rytų filosofijų, skirta įmonės sėkmei vystyti. Tai modernios „Lean“ sistemos dalis, kuri padeda:

- panaudoti visą jūsų darbuotojų potencialą organizacijos tobulėjimui;
- pagerinti prekių ir paslaugų kokybę minimaliomis investicijomis;
- padidinti našumą ir taupyti resursus;
- mažinti nuostolius;
- išsiskirti iš konkurentų;
- sukurti malonią darbo atmosferą.



4 pav. Nuolatinis įmonės tobulinimas visose situacijose

„Kaizen“ sistema gali naudotis ir gamybinės, ir paslaugas teikiančios įmonės. Jos tikslas – tobulinti organizacijos procesus: padaryti juos greitesnius, patogesnius, efektyvesnius ir saugesnius. „Kaizen“ sistemos principas skatina įtraukti visus įmonės darbuotojus į procesų tobulinimą. Darbuotojai dalinasi įžvalgomis, kurios gali padėti optimizuoti įmonės veiklos procesus, padidinti darbo vietos produktyvumą, taupyti resursus, gerinti kokybę ir saugą. Darbuotojai taip pat skatinami aktyviai dalyvauti realizuojant jų idėjas.

Nepanaudotas darbuotojų kūrybiškumas – vienas iš pagrindinių nuostolių priežasčių organizacijos viduje. „Panasonic“, tarptautinė Japonijos elektros prietaisų gamintoja, vadovaudamasi „Kaizen“ sistema, t. y. įtraukusi darbuotojus į įmonės procesus ir jų tobulinimą, sutaupė net 175 mln. JAV dolerių. Lietuvos organizacijų patirtis rodo, jog įgyvendinus šią sistemą organizacijose, naudingų idėjų skaičius per metus padidėja nuo kelių dešimčių iki daugiau nei tūkstančio.



5 pav. „Kaizen“ metodika

„Kaizen“ metodo esmė – struktūrizuotas, aiškiai ir tiksliai paskirstytas darbas. Vykdant mažus patobulimus ir juos

standartizuojant, nuosekliai optimizuojami organizacijos procesai. Taip darbuotojų pasiūlymai nebesikartoja, o įmonės veikla nuolat gerėja.

Gamybos procesų tobulinimas ir optimizavimo principų diegimas metalo apdirbimo įmonėse

Metalo apdirbimo įmonės patiria įvairiausių sunkumų mėginamos gamybos tobulinimą ir optimizavimą procesą paversti nuolatinium. Metalų apdirbimo įmonės siekia sumažinti ir pašalinti visus trūkumus gamybos procesuose, kad visapusiškai patenkintų vartotoją. Milžiniškų gamybos sąnaudų mažinimas, inventurizacijos optimizavimas, ciklo trukmės spartinimas, kokybės didinimas ir patikimo pristatymo gerinimas yra sėkmingas tobulinimo ir optimizavimo procesų pritaikymas metalo gamybos įmonėse. Tradiciniai metodai, kurie yra taikomi kaip pagrindiniai produkcijos gamyboje:

- 1) gamyba „iš viršaus į apačią“;
 - 2) įdiegti ir laikytis tikslinių kreičių visais valdymo lygiais, to reikia, kad skyrių uždaviniai būtų suderinti tarpusavyje, o žmonės atsakytų už keliamų tikslų įgyvendinimą;
 - 3) pirmiausia atliekamos lengvos užduotys, tam kad būtų galima įgauti pagreitį naudojant nedidelius sėkmingus rezultatus;
 - 4) interaktyvus švietimas ir atmosferos, kurioje rizika priimtina, kūrimas;
 - 5) prieš pradedant plataus masto planus yra vykdomi bandomieji projektai. Nors tai atrodo labai paprasta, tačiau nuolatinis gamybos tobulinimas ir optimizavimas yra labai sudėtingas procesas. Šios tobulinimo ir optimizavimo sistemos metalo apdirbimo įmonėse sukuria savitų sunkumų, kaip pati sistema:
- 1) Plieno dalių, kuriose yra krovinių elementų, pavyzdžiui, traukiniai, reaktiviniai varikliai, pramoniniai guoliai ir metalo formavimo mašinos, pagaminimui reikalinga atlikti daugybę procesų, tokių kaip šlifavimas ir poliravimas.
 - 2) Plieno dalys iš pradžių yra formuojamos iš metalo, kuris yra gana minkštas, po to atliekamas grūdinamas esant aukštai temperatūrai ir greitai atšaldomas skystyje arba „išgarinamas“. Vėliau plieninėms detalėms reikia papildomų apdailos procesų, kad pagaminta detalė turėtų lygų trintį ir nusidėvėjimą mažinantį paviršių.
 - 3) Metalų apdirbimo įmonėje naudojama įranga dažnai yra didelių gabaritų ir turi būti nuolat reguliuojama siekiant sumažinti nereikalingus žmogaus ir mašinų judesius, tačiau dažnai tai sunkiai įgyvendinama, nes kai kurie plieno gamybos procesai turi būti atliekami didelėmis partijomis.
 - 4) Dėl pagaminto gaminio dydžio ciklo laikas daugeliu atvejų yra ilgesnis nei kitose gamybos įmonėse. Metalurgijos apribojimai mažina šildymo ir aušinimo ciklą pagreitį.
 - 5) Sudėtingas mechanizmų įrengimas didina gamybos trukmę, pastangas, nuostolius ir gali lemti įrangos gedimą. Apsaugoti ir įvertinti žaliavų atsargas yra būtina,

tam kad būtų išvengta brangios metalo produkcijos nuostolių.

Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo tyrimas metalo apdirbimo įmonėse

Tyrimo metu buvo apklausiamos metalo apdirbimo įmonės. Įmonių apklausa prasidėjo 2018 metais gruodį ir truko visą mėnesį. Didžioji dalis įmonių yra inovatyvios ir siekia produkcijos kokybės tobulinimą ir gamybos produkto optimizavimo. Daugelis Lietuvos įmonių netiesiogiai laikosi „Lean“ gamybos principų, nors nesilaiko visų sistemos taisyklių. Visgi Lietuvos metalo apdirbimo įmonės dirba pelningai, o jų pelną ir produktyvumą būtų galima padidinti, jei būtų išpildomos visos tobulinimo ir optimizavimo sąlygos.

Įvertinus visų respondentų atsakymus, šie buvo atskirti pagal įmonių dydį. Lentelėje yra pateikti skirtingų dydžių įmonių atsakymų rezultatai. Daugiausiai atsakymų tyrimo metu buvo gauta iš vidutinio dydžio įmonių (9 iš 15), vienodai respondentų tyrime dalyvavo iš mikroįmonių (3 iš 15) ir mažų įmonių (3 iš 15).

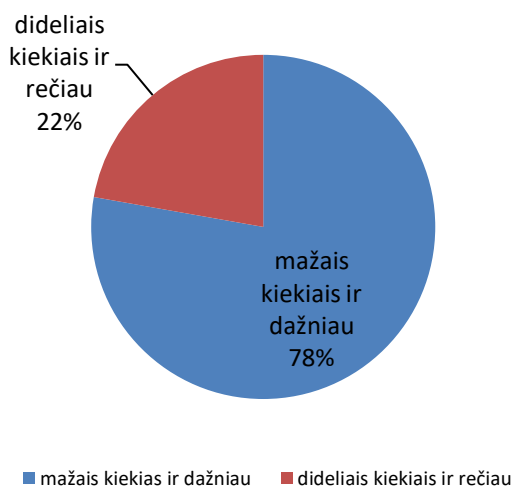
1 lentelė. Gamybos proceso tobulinimas ir optimizavimas metalo apdirbimo mikro, mažose ir vidutinėse įmonėse

Mikroįmonės	Mažos įmonės	Vidutinės įmonės
Metai atliekant gamybinę veiklą		
iki 5 metų - 100%	6-10 metų - 33% 11-15 metų - 33% 15-20 metų - 33%	6-10 metų - 11% 11-15 metų - 11% 15-20 metų - 33% virš 21 metų - 45%
Apyvartos dydis		
nuo 50 001 iki 100 000 eurų - 67% nuo 100 001 iki 500 000 eurų - 33%	nuo 500 001 iki 1 000 000 eurų - 33% nuo 1 000 001 iki 3 000 000 eurų - 67%	nuo 1 000 001 iki 3 000 000 eurų - 22% nuo 3 000 001 iki 5 000 000 eurų - 56% virš 10 000 000 eurų - 22%
Vidutinis darbuotojų atlyginimas		
iki 500 eurų - 33% nuo 501 iki 800 eurų - 33% nuo 801 iki 1000 eurų - 33%	nuo 1001 iki 1200 eurų - 67% virš 1500 eurų - 33%	nuo 801 iki 1000 eurų - 45% nuo 1001 iki 1200 eurų - 22% nuo 1201 iki 1500 eurų - 22% virš 1500 eurų - 11%
Žaliavų užsakymo kiekis ir dažnumas		
mažais kiekiais ir dažniau - 100%	dideliais kiekiais ir rečiau - 67% mažais kiekiais ir dažniau - 33%	dideliais kiekiais ir rečiau - 22% mažais kiekiais ir dažniau - 78%
Atstumas kuriuo yra nutolę pagrindiniai žaliavų tiekėjai		
yra tame pačiame mieste - 67% nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje - 33%	yra tame pačiame mieste - 33% nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje - 33% nutolę virš 201 km Lietuvos teritorijoje - 33%	yra tame pačiame mieste - 22% nutolę iki 100 km Lietuvos teritorijoje - 34% nutolę virš 201 km Lietuvos teritorijoje - 11% nutolę iki 500 km už Lietuvos ribų - 11% nutolę virš 501 km už Lietuvos ribų - 22%
Gamybos apimtys		
vienetinė - projektinė - 67% smulki - serijinė -	vienetinė - projektinė - 100%	vienetinė - projektinė - 33% smulki - serijinė - 45%

33%		serijinė - 22%
Gamybos celės		
vieno operatoriaus darbas - 67% keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą - 33%	vieno operatoriaus darbas - 67% keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą - 33%	vieno operatoriaus darbas - 33% keli operatoriai atsakingi už savo atliktą darbą - 34% kita - 22% gamyba robotizuota - 11%
Robotizavimas gamyboje		
yra - 33% nėra - 67%	nėra - 100%	yra - 33% nėra - 67%
Gamybos tobulinimo ar optimizavimo būdai		
nenaudoja - 100%	nenaudoja - 33% JIT (just-in-time) - 67%	nenaudoja - 11% JIT (just-in-time) - 89%
Gamybos planavimo, tobulinimo, optimizavimo susirinkimų dažnis		
kartą per mėnesį - 100%	kartą per savaitę - 67% kartą per mėnesį - 33%	kartą per savaitę - 63% kelis kartus per savaitę - 25% kartą per mėnesį - 12%
Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai		
gamyba nedidelėmis partijomis - 100% modernūs įrengimai - 33% atliekų kiekio mažinimas - 33% gamybinių prastovų mažinimas - 33%	automatizuotas darbas - 33% nuolatinis gaminio broko apsaugojimas - 33% atliekų kiekio mažinimas - 33% gamybinių prastovų mažinimas - 33% modernūs įrengimai - 33% gamyba nedidelėmis partijomis - 67%	modernūs įrengimai - 89% nuolatinis gaminio broko apsaugojimas - 67% atliekų kiekio mažinimas - 56% gamyba nedidelėmis partijomis - 33% gamybinių prastovų mažinimas - 56% nuolatinis darbuotojų kvalifikacijos kėlimas - 44% automatizuotas darbas - 33%
Pagrindiniai gamybos tobulinimo būdai, kuriuos yra sunku įdiegti		
įrenginių modernizavimą - 33% gamybos prastovų minimizavimą - 33% atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje - 33% darbo automatizavimą - 33%	darbo automatizavimą - 67% atliekų kiekio mažinimą - 33%	darbo automatizavimą - 78% atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje - 67% gamyba nedidelėmis partijomis - 11%
Produkcijos kokybės tikrinimas		
pradžioje - 33% pabaigoje - 33% nuolat - 67%	pabaigoje - 33% viduryje - 33% nuolat - 67%	pradžioje - 22% pabaigoje - 33% viduryje - 22% nuolat - 67%
Pagaminta brokuota produkcija		
iki 1% - 33% nuo 2% iki 5% - 67%	iki 1% - 67% nuo 6% iki 10% - 33%	iki 1% - 33% nuo 2% iki 5% - 67%
Dažniausi gamybos nuostoliai		
defektai - 67% judėjimas - 33% laukimas - 33% transportavimas - 33%	defektai - 100% atsargos - 67% nereikalingas perteklinis apdirbimas - 67% transportavimas - 33% judėjimas - 33% laukimas - 33%	laukimas - 67% transportavimas - 56% defektai - 56% nereikalingas perteklinis apdirbimas - 44% atsargos - 44% judėjimas - 33% perprodukcija - 11%

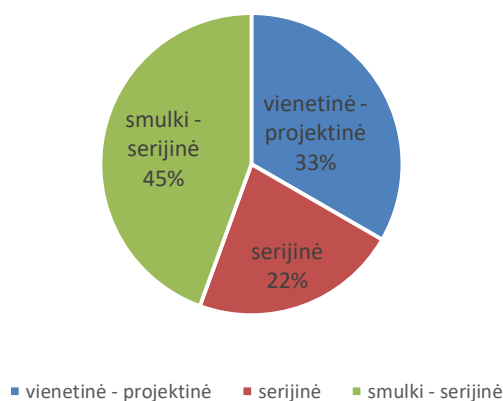
Principas pagal kurį gaminama produkcija		
traukimo principą - 100%	traukimo principą - 100%	stūmimo principą - 33% traukimo principą - 67%
Parduodama produkcija		
Lietuvoje - 100%	Lietuvoje - 100%	Lietuvoje - 56% užsienyje - 44%

Viso tyrimo metu analizuota penkiolika skirtingo dydžio įmonių, iš jų devynios buvo vidutinės, t. y. darbuotojų skaičius nuo 50 iki 249. Dėl didžiausios gamybos apimtys šių įmonių rezultatai buvo atrinkti tyrimui. Tyrimui atrinktų vidutinių metalo apdirbimo įmonių Lietuvoje gamybinę veiklą vykdo 15 metų ir daugiau. Tokių įmonių apklausoje buvo 78 % visų vidutinių įmonių. Tai rodo, kad įmonės per penkiolika ir daugiau gamybos metų padidino savo darbuotojų skaičių. Darbuotojų skaičiaus augimą lėmė inovatyvūs sprendimai, gaminiai, technologijos – tam reikėjo papildomos darbo jėgos. Atsirado naujų užsakovų, tai vertė didinti gamybos apimtį. Vidutinės įmonės, turinčios didesnį darbuotojų skaičių, apyvarta yra didesnė. Daugiau nei pusė įmonių deklaruoja, kad jų apyvarta yra nuo 3 000 001 iki 5 000 000 eurų. Taip pat galima teigti, kad vidutinėse įmonėse yra nemažai darbuotojų, kurie dirba nuo įmonės įsteigimo pradžios. Tai rodo ir vidutinis darbuotojų atlyginimas, kuris, lyginant su labai mažomis ir mažomis įmonėmis, yra didesnis. Einant metams ir augant įmonei darbuotojai kelia kvalifikaciją, dalyvauja mokymuose, seminaruose, įgauna darbo patirties, o tai lemia ir jų atlyginimų kilimą. 1 lentelė rodo, kad 11 % apklaustų vidutinių įmonių moka savo darbuotojams daugiau nei 1500 eurų. Tai yra dvigubai didesnis atlyginimas už Lietuvos vidutinį atlyginimą. 22 % apklaustų įmonių teigė, kad jų darbuotojai uždirba iki 1500 eurų, o kitų 22 % įmonių vidutinis atlygimas siekia iki 1200 eurų. Visgi nors daugiau nei pusė įmonių savo darbuotojams moka daugiau nei 1000 eurų per mėnesį, net 45 % apklaustų įmonių darbuotojams sugeba mokėti nuo 801 iki 1000 eurų per mėnesį. Bet kuriuo atveju metalo apdirbimo pramonėje vidutinis darbuotojų atlygimas yra didesnis už vidutinį Lietuvos darbo užmokestį.



6 pav. Užsakomų žaliavų kiekių didumas ir dažnumas

Tyrimo metu įmonės buvo apklausiamos koku būdu ir kaip dažnai užsakymo žaliavas gamybai. Atlikto tyrimo grafikas rodo užsakomų žaliavų kiekių didumą ir dažnumą. Net 78 % įmonių stengiasi medžiagas ir žaliavas užsakyti mažais kiekiais ir dažniau. Įmonės propaguoja JIT (angl. just-in-time) metodą, t. y. užsako žaliavas tada, kada jų reikia gamybai. Tai leidžia išvengti papildomų sandėliavimo išlaidų, medžiagų nusidėvėjimo ir kitų galimų išlaidų. Tokį užsakymo būdą gali lemti ir transportavimo išlaidos. Daugiau nei pusės įmonių pagrindiniai žaliavų tiekėjai yra įsikūrę iki 100 km nuo gamybos cecho arba yra tame pačiame mieste. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės laikosi strategijos, kad geriau žaliavas užsakyti dažniau, nes tiekėjai yra šalia ir transportavimo išlaidos yra mažesnės nei sandėliavimo ar žaliavų priežiūros išlaidos.



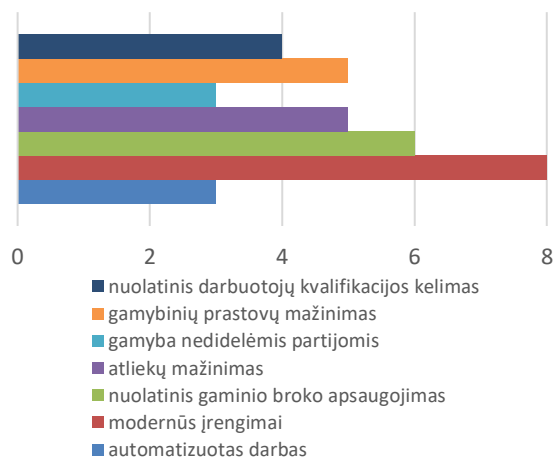
7 pav. Gamybos apimtys įmonėse

Tyrimo metu respondentai buvo apklausiami kokias gamybos apimtis vykdo įmonėse. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės orientuojasi į serijinę gamybą, nes 22 % įmonių visu pajėgumu vykdo tik serijinę gamybą ir 45 % smulkią ir serijinę gamybą. 33 % apklaustų įmonių vykdo vienetinę ir projektinę gamybą. Taigi, du trečdaliai apklaustųjų vykdo serijinę gamybą, o tai rodo, kad vidutinės įmonės turi nuolatinius pagrindinius produkcijos užsakovus, kurie užsako gamybą serijomis. Nors didžioji Lietuvos metalo apdirbimo įmonių dalis vykdo serijinę gamybą, robotizuotą gamybą vykdo tik 11% apklaustų įmonių. Gamybos darbus atlieka operatoriai, kurie yra tolygiai pasiskirstę už vieno operatoriaus darbą 33 % ir kelių operatorių darbą, kur už savo atliktą darbą yra atsakingi keli darbuotojai, tokių įmonių tyrime dalyvavo 34 %. Kadangi, įmonės nevykdo robotizuotos gamybos, didžioji dalis įmonių neturi ir robotų, kurie palengvintų operatorių darbą. 33 % apklaustų įmonių savo gamyboje naudoja robotus, kurie yra skirti:

- didinti našumą;
- gerinti nuolatinę produkcijos kokybę;
- sumažinti gamybos kaštus;
- užtikrinti nepertraukiamą gamybą.

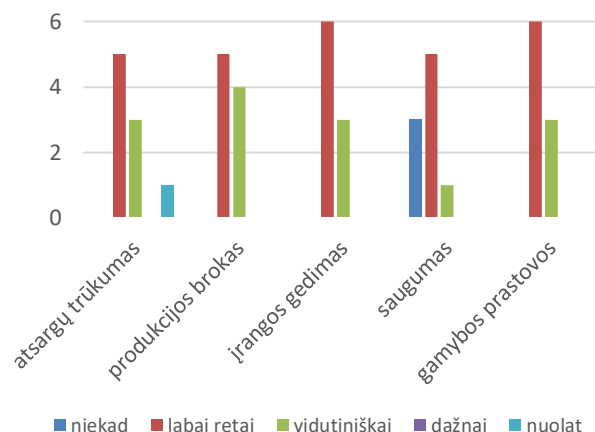
Tyrimo rezultatai rodo, kad tik 1 iš 15 įmonių naudoja JIT tobulinimo metodą, o likusios jokių tobulinimų nenaudoja. Visgi, šis grafikas gali būti ne visai teisingas,

nes likusios įmonės naudoja tobulinimo būdus, tačiau jiems nėra priskirtas pavadinimas arba nepilnai laikosi visų gamybos tobulinimo ir optimizavimo sistemos taisyklių. Didžioji dalis įmonių 63 % įmonių daro susirinkimus kartą per savaitę dėl gamybos planavimo, optimizavimo ir planavimo. Tai yra prieš gamybiniai procesai, kurie yra reikalingi, norit vykdyti gamybą efektyviai. O 25 % įmonių susirinkimus vykdo net kelis kartus per savaitę, tai leidžia dar detaliau pamatyti gamybos trūkumus ar privalumus.



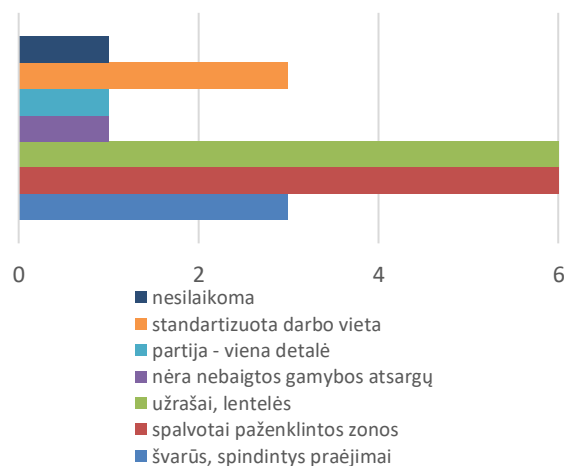
8 pav. Gamybos tobulinimo būdai

Grafikas rodo, kad vidutinės metalo apdirbimo įmonės gamyboje naudoja modernius įrenginius, nuolat stengiasi apsaugoti gaminių nuo galimo broko, stengiasi mažinti gamybos prastovas, mažina atliekas, kelia darbuotojų kvalifikaciją, mažesnė dalis įmonių vykdo gamybą nedidelėmis partijomis ir vykdo automatizuotą darbą. Vidutinės įmonės išsiskiria nuo mikro ir mažų tuo, kad jos stengiasi nuolat tobulinti darbuotojų kvalifikaciją, tokių įmonių tyrime dalyvavo 4 iš 9. Visos šios operacijos yra gamybos tobulinimo ar optimizavimo elementai, įmonės stengiasi naudoti šias operacijas, nes jos leidžia sutaupyti, didinti produkcijos kiekybę ir kokybę. Visgi, yra įmonių, kurioms yra sunku diegti šiuos gamybos tobulinimo ar optimizavimo procesus. Didžiajai daliai - 50 % apklaustų įmonių yra sunku įdiegti darbo automatizavimą, 43 % reikiamą atsargų pristatymą tik tada kada jos reikalingos gamyboje ir 7 % įmonių sunku būtų įdiegti gamybą nedidelėmis partijomis. Tokių įmonių mažai, tačiau šios įmonės greičiausiai vykdo masinę – serijinę gamybą.



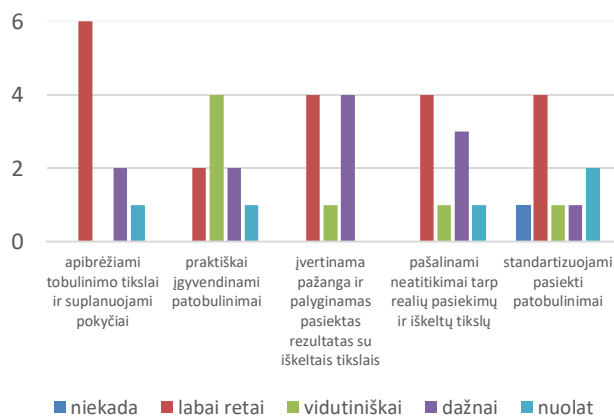
4 pav. Dažniausiai pasitaikančios problemos gamyboje

Nors 43% įmonių turi problemų su reikiama atsargų pristatymu, kad medžiagos būtų gamyboje tada, kada jų reikia, tačiau šis grafikas rodo, kad didžioji dalis įmonių labai retai susiduria su atsargų trūkumo problema. Taigi, galima daryti išvadą, kad atsargų trūksta labai retai, tačiau jos yra pristatomos ir sandėliuojamos, o vykstant gamybos procesui įmonės nepajėgia pilnai užtikrinti atsargų papildymo. Tęsiant, įmonės susiduria su produkcijos broko problemomis arba labai retai, arba vidutiniškai, tai rodo, kad broko įmonės neišvengia. Nemaža dalis įmonių su produkcijos broku susiduria vidutiniškai dažnai, tai ilgina gaminių pagaminimo laiką, nes reikalauja papildomų operacijų. Toliau, įmonės labai retai turi problemų su įrangos gedimu, tai rodo, kad dalis produkcijos broko gali būti susijusi su įrangos gedimu, tačiau didžioji dalis nuo įrangos gedimų nepriklauso. Tęsiant saugumo klausimu, įmonės arba niekada, arba labai retai susiduria su nelaimingais atsitikimais. Ir galiausiai, iš respondentų atsakymų galima teigti, kad vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse gamybos prastovos atsiranda dėl įrangos gedimų. Atsakymai rodo, kad jei įmonės susiduria su įrangos gedimu labai retai, tai ir gamybos prastovos būna labai retai, o jei įranga genda vidutiniškai dažnai, tai atitinkamai ir gamybos ciklas sustoja vidutiniškai dažnai.



10 pav. Pagrindiniai kokybės ir švaros aspektai vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse

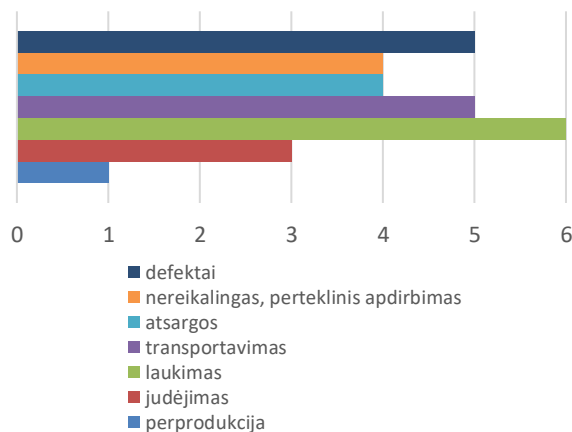
Grafike yra pateikti pagrindiniai kokybės ir švaros aspektai vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse. Didžioji dalis įmonių (6 iš 9) naudoja užrašus, lenteles, kad galėtų realiai sekti gamybos eigą ar nustatyti galimą produkcijos broko šaltinį. Taip pat įmonėse (6 iš 9) yra spalvotai paženklintos zonos, jos padeda lengviau orientuotis gamyboje. Mažesnė dalis įmonių (3 iš 9) turi standartizuotą darbo vietą savo operatoriams, kur kiekvienas darbo įrankis turi tik jam skirtą vietą. Taip pat įmonėse yra švarūs, spindintys praėjimai, dažniausiai tvarkinga darbo vieta efektyvina darbą ir mažina brokuotos produkcijos galimybę. Ir mažiausiai įmonių (1 iš 9) nepalieka nebaigtos gamybos atsargų, pas juos partija yra viena detalė bei yra tokių įmonių kur nesilaiko jokių kokybės ir švaros taisyklių.



11 pav. Pagrindinių disciplinų laikymasis įmonėse

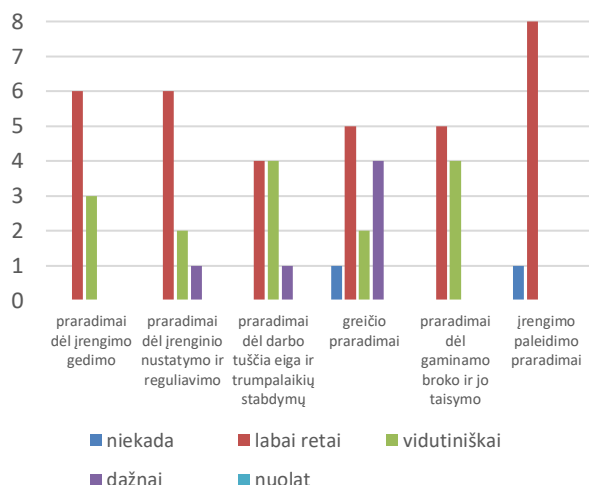
Šiame grafike yra pateiktas vidutinių metalo apdirbimo įmonių įvairių disciplinų dažnumas. Įmonėse darbuotojams yra labai retai (6 iš 9) apibrėžiami tobulinimo tikslai, planuojami pokyčiai, dažniausiai (2 iš 9) darbuotojai naujus pakeitimus sužino tada, kada juose reikia dalyvauti ir rodyti įmonės pasikeitimo rezultatus. Visgi, vidutiniškai dažnai (4 iš 9) įvairūs patobulinimai yra praktiškai įgyvendinami. Įmonės (4 iš 9), kurios sugalvoję naujus patobulinius, bent pusę jų įgyvendina, toks dažnumas rodo, kad įmonės Lietuvoje yra inovatyvios siekia naujovių ir nuolatinio augimo, tobulinimo, gamybos efektyvumo. Įgyvendinus patobulinius pusė įmonių (4 iš 9) labai retai, o kita pusė (4 iš 9) dažnai įvertina savo darbuotojus už pastangas ir palygina pasiektus rezultatus su išskeltais tikslais, pašalina neatitiktis tarp realių pasiekimų ir išskeltų tikslų. Taigi, pusei Lietuvos metalo apdirbimo įmonių (4 iš 9) yra svarbus darbuotojų darbas, jų gebėjimas augti kartu su įmone, o kitai pusei (5 iš 9) yra svarbesni įmonės rezultatai. Pasiekus patobulinių įmonės ar darbuotojų darbui, daugiausiai respondentų atsakė, kad jų įmonėse (4 iš 9) šie pasiekti patobulinimai yra standartizuojami labai retai, tačiau nedaug atsilieka įmonės (3 iš 9), kurios nuolat tokius pasiekimus standartizuoja savo įmonėje. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės stengiasi kokybę tikrinti nuolat, tai leidžia sumažinti broko atsiradimo tikimybę. Tokį produkcijos tikrinimą galima pavadinti

ištisine kontrole, tai praktiškai visų detalių partijos kiekvienos detalės gaminio kontrolė. Ši kontrolės forma taip pat tinkama tada, kai yra nepastovi gamybos technologija, po operacijų, kurios turi lemiamos įtakos tolesnei apdirbimo kokybei, dažnai sąlygoja broką ir pan. Tęsiant, įmonės pagamina ir brokuotos produkcijos (3 iš 9), jų skaičius nėra didelis, tačiau, didžioji dalis respondentų (6 iš 9) pateikė, kad jų įmonėje brokuotos produkcijos kiekis yra nuo 2 % iki 5 %. Kuo didesnis brokuotos produkcijos kiekis, tuo įmonei gamyba tampa brangesnė, nes brokas kainuoja pinigais. Įmonės išlaidos yra skirstomos į vidines (gamybinės) ir išorines (vartotojui). Visada išlaidos bus didesnės, jei brokuotas gaminys pasieks vartotoją, siekiant to išvengti, įmonės vykdo nuolatinę kokybės kontrolę. O tam, kad sumažinti broko kiekį įmonės turėtų papildomai mokėti darbuotojus, paskirti visiems darbuotojams tikslus nurodymus, pilnai aptarnauti įrangą, kad būtų išvengta įrangos gedimų ar gamybos prastovų.



12 pav. Dažniausiai pasitaikantys nuostoliai gamyboje

Šis grafikas vaizduoja dažniausius gamybos nuostolius, kurie pasitaiko vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse. Daugiausiai įmonių (6 iš 9) turi problemų laukimu gamyboje, tai mažina gamybos efektyvumą, gamyba trunka ilgesnį laiką, o tai yra nereikalingos išlaidos. Toliau įmonėse dažni gamybos nuostoliai yra transportavimas ir defektai. Dar mažiau įmonių susiduria su nereikalingu, pertekliniu apdirbimu ir atsargų trūkumu gamyboje. Mažiausiai įmonių dėl nereikalingo judėjimo ir perprodukcijos patiria gamybos nuostolius. Vidutinės įmonės išsiskiria nuo mikro ir mažų tuo, kad jose pasitaiko perprodukcijos (1 iš 9 tyrime dalyvavusių įmonių). Visi šie nuostoliai trukdo gamybai efektyviai ir sklandžiai dirbti, jų pašalinimas arba bent jau sumažinimas ženkliai patobulintų ar optimizuotų gamybos veiklą ir rezultatą. Dažniausiai pasitaikančios klaidos gamyboje: neteisingas užsakymų valdymas; netikslus gamybos planavimas; netikslūs pardavimo planai, kuriais remiantis vykdomas planavimas; gamybos darbų organizavimo įrankių neturėjimas.



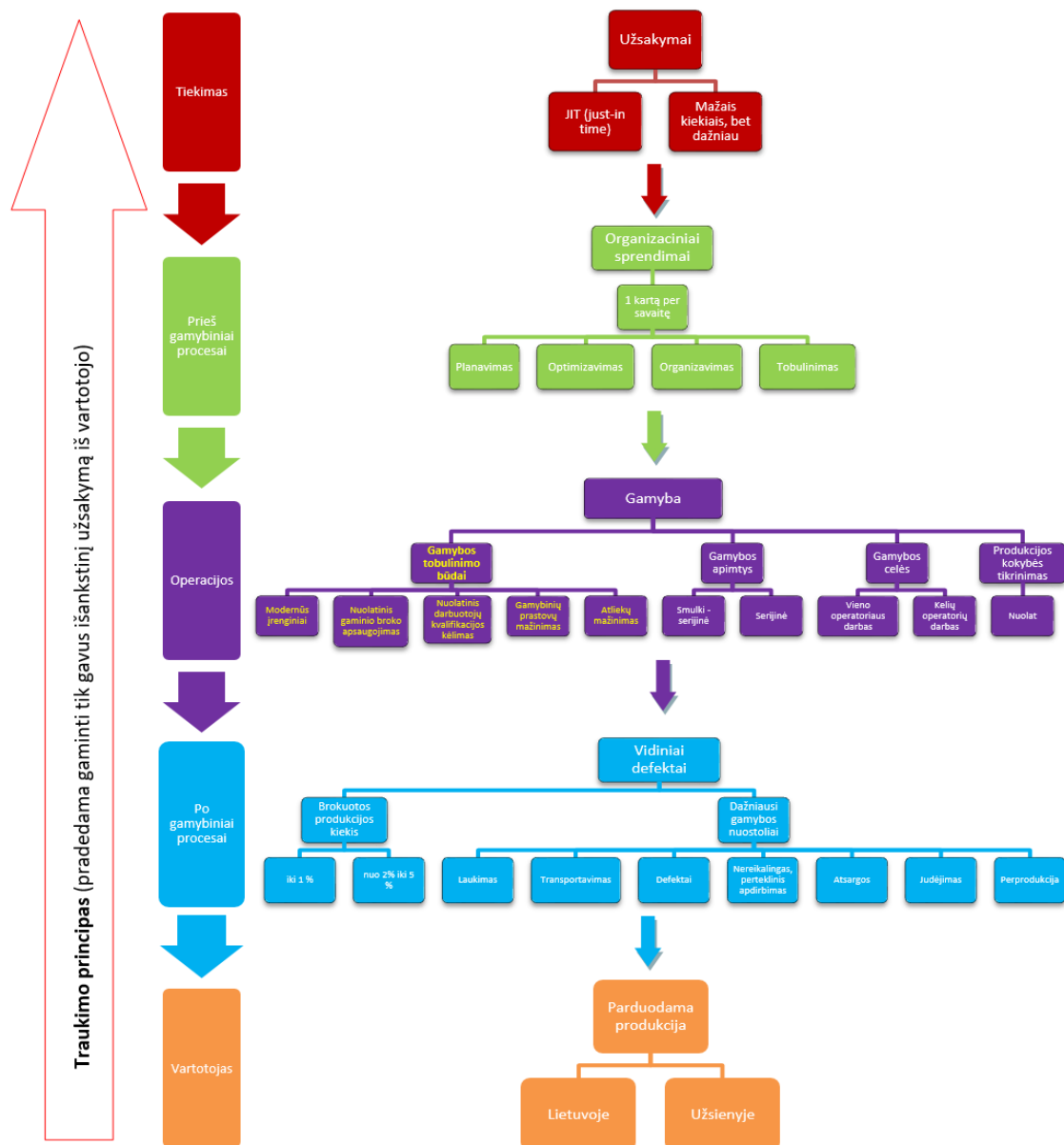
13 pav. Bendro įrengimo veiksmingumo įtaka galimiems praradimams

Šis grafikas vaizduoja bendrą įrengimų veiksmingumą, kuris priklauso nuo įvairių praradimų dažnumo. Taigi, dažniausiai įrenginių veiksmingumą įtakoja greičio praradimai, kur net 4 iš 9 įmonių tai nutinka dažnai. Toliau įmonės susiduria su praradimais dėl darbo tuščia eiga ar trumpalaikių stabdymų, sekantis praradimas pagal dažnumą yra dėl gaminio broko ir jo taisymo, o rečiausiai pasitaikantis praradimas yra dėl įrenginio nustatymo ir reguliavimo, įrenginio gedimo ir paleidimo. Šis grafikas patvirtinta, kad įmonės naudoja modernius įrenginius, jie retai genda ir jų reguliavimas užtrunka trumpą laiką, visgi, dažniausi įrenginių praradimai yra dėl gamybos trikdžių, sustojimų ar stabdymų. Didžioji dalis vidutinių metalo apdirbimo įmonių savo produkciją gamina pagal

traukimo principą, tokių įmonių apklausoje dalyvavo 67 %, o likusi dalis 33 % įmonių gamina pagal stūmimo principą. Visgi, tais 33 % vidutinės įmonės išsiskiria nuo mažų ar mikroįmonių, nes jos pilnai gamina pagal traukimo principą. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės turėdamos didesnę gamybos patirtį jau sugeba pačios gaminti gaminius be išankstinių užsakymų ir juos pardavinėti.

Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis

Paveikslėlyje yra pateikiamas gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis, kuris yra skirtas vidutinėms metalo apdirbimo įmonėms. Remiantis tyrimo rezultatais, norint turėti efektyvią gamybą, diegti įvairius nuolatinius tobulinimus, inovacijas, reikia vadovautis šiuo modeliu. Modelis yra sudarytas pagal tiekimo grandinę ir tyrimo rezultatus. Visų pirma, modelis prasideda nuo tiekimo, koks efektyvus užsakymo būdai, kaip yra pristatomos medžiagos. Antra, prieš gamybiniai procesai, tai yra planavimas, derinimas, organizavimas ir t.t. Trečia, operacijos, jose yra pateikta visos gamybos metu susijusios operacijos, tobulinimui ir optimizavimui. Ketvirta, po gamybiniai procesai, tai procesai, kurie vyksta atlikus gamybą, bet prieš pasiekiant vartotoją. Ir galiausiai, vartotojas, kur yra parduodama produkcija, kas yra pagrindiniai užsakovai. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis veikia pagal traukimo principą, kai gamyba yra pradedama tik gavus užsakymą.



14 pav. Gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriuje.

Šis gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelis susideda ir 5 skirtingu etapų. Pradžioje vidutinėms įmonėms Lietuvoje yra efektyvu užsakyti gamybos žaliavas iš tiekėjų kurie nėra toli nuo įmonės gamybos cecho, tai leidžia įmonėms gauti atsargas kada jų reikia gamybai. Be to, įmonės stengiasi žaliavas užsakinėti mažais kiekiais ir dažniau, šis metodas padeda sutaupyti sandėliavimo kaštus bei neužpildo sandėlio nebereikalingomis ar perteklinėmis atsargomis. Įvykdžius užsakymą įmonės prieš pradedant gamybos procesus privalo aptarti organizacinius reikalus, kuriuos derėtų atlikti bent 1 kartą per savaitę. Juose yra iškelti įmonės tikslai ir siekiai, kur yra nusprendžiami ir parenkami nauji gamybos patobulinimai ir optimizavimo būdai, aptariamas darbų organizavimas, nustatomi atsakingi asmenys už kiekvieną gamybos etapą bei atliekamas planavimas. Gamybos planavimas yra sunkus ir daug laiko reikalaujantis procesas, nuo kurio efektyvumo priklauso išlaidų ir pridėtinės vertės dydis. Atlikus visus

organizacinius sprendimus yra pereinama prie gamybos. Visų pirma gamyba prasideda nuo inovatyvių idėjų, gamybos tobulinimų. Vienas iš našios gamybos sprendinių yra modernūs įrenginiai, kurie lengvina operatorių darbą, mažina defektų ir įrenginių gedimų atsiradimo tikimybę. Kitas efektyvios gamybos būdas yra nuolatinis gaminių apsaugojimas nuo galimo broko. Šiame procese stengiamasi kuo dažniau tikrinti produkciją ir eliminuoti galimus defektus. Siekiant, kad įmonė vykdytų darbus efektyviai ir be nuostolių reikalingi patyrę ir savo darbą išmanantys darbuotojai. Investicija į darbuotoją, jo apmokymus kuria pridėtinę vertę įmonei. Sekantis svarbus įmonės veiksnys yra gamybos prastovų mažinimas, kuo ilgiau produkcija gaminama, tuo ji tampa brangesnė įmonei ir tuo yra mažesnis galutinis pelnas. Pelną didinimui įmonės taip pat minimizuoja atliekų kiekį. Pagaminus produkciją ir sunaudojus visas žaliavas bei nepalikus atliekų produkcija įmonei yra pigesnė. Tęsiant, iš tyrimo gautų

rezultatų ir sudaryto modelio, vidutinėse metalo apdirbimo įmonėse efektyviausia yra vykdyti gamybą serijomis arba smulkiomis serijinėmis partijomis. Vidutinėse įmonėse gamybos linija dažniausiai priklauso nuo vieno operatoriaus darbo, kuris yra atsakingas už pilną produkto pagaminimo ciklą (įmonėse, kur gamyba vykdoma smulkiomis serijomis), arba nuo kelių operatorių darbo, kurie tolygiai pasiskirsto darbus (įmonėse, kur gamyba vykdoma serijomis). Visgi, vykdant gamybos partiją iš tyrimo rezultatų sudarytas modelis rodo, kad įmonės produkcijos kokybę tikrina nuolat. Tai padeda įmonėms sumažinti galimų produkcijos defektų, leidžia nustatyti būsimus gamybos sustojimus. Nors vidutinės metalo apdirbimo įmonės gamybą tikrina nuolat, tačiau brokuotos produkcijos neišvengia. Iki 1 % defektinių gaminių dažniausiai pagamina įmonės, kurios vykdo masinę gamybą ir jau žino savo galimus trukumus, o nuo 2 % iki 5 % brokuotos produkcijos kiekis yra įmonėse, kurios vykdo smulkią serijinę gamybą, kur dažnai pradedama gaminti naujus, dar nebandytus produktus. Nekokybiška produkcija dažnai ir priklauso nuo gamybos nuostolių, kurie gali būti kaip: laukimas, transportavimas, įvairūs įrenginių defektai, nereikalingas perteklinis apdirbimas, atsargų trūkumas, nereikalingas judėjimas ir perprodukcija. Visi defektai, brokai ir gamybos nuostoliai yra po gamybiniai procesai, kurie analizuojami ir sprendžiami baigus gamybą, kad kuo rečiau pasikartotų. Taigi, toliau pagal gamybos proceso tobulinimo ir optimizavimo modelį seka vartotojas. Vidutinės metalo apdirbimo įmonės pagaminta produkciją parduoda tiek Lietuvoje, tiek užsienyje.

Išvados ir pasiūlymai

Lietuvos metalo apdirbimo įmonės gamina kokybišką produkciją, jos paklausa yra Lietuvoje bei užsienio šalyse. Didžioji dalis užsakovų yra kitos gamybos pramonės įmonės, statybos sektorius ar medicina. Visgi gamyba galėtų būti našesnė, jei pavyktų įmonėms daugiau užsakymų gauti iš užsienio užsakovų, nes tik 3 iš 15 (visos vidutinio dydžio) tyrime dalyvavusių įmonių produkciją parduvinėja užsienio rinkai. Šalyje įmonės stengiasi ir nori tobulinti gamybą, tačiau pagal tyrimo rezultatus galima teigti, kad įmonių vadovai dažnai pilnai neišpildo galimų gamybos tobulinimo ir optimizavimo resursų. Pirmiausia, įmonėms turi būti svarbu nustatyti gamybos vertę vartotojo požiūriu. Įmonės, prieš nustatydamos produkto kainą, turi išsiaiškinti, ar nauda, kurią teikia produktas, prilygsta naudai, kurią nori gauti vartotojas. Antra, įmonės turi susidėlioti savo vertės kūrimo žemėlapi, kuriame turi būti analizuojamas visas vertės kūrimo procesas nuo užsakymo pateikimo, žaliavų gavimo iki galutinio produkto išsiuntimo vartotojui (panaikinamas švaistymas). Trečia, gamybą vykdyti pagal traukimo principą, gaminti ne į sandėlį, o tik tada kai reikia vartotojui, leidžia išvengti perprodukcijos. Galiausia, nuolatinis tobulinimas, kai siekiama tobulinimo ne tik produkto kokybės srityje, bet visai įmonei. Pagal siūlomą gamybos proceso tobulinimo ir

optimizavimo modelį, vidutinio dydžio įmonėms metalo apdirbimo sektoriui, galima stebėti veiksmus, turinčius įtaką metalo pramonei ir pagal juos optimizuoti gamybos liniją bei jos kaštus. Tai padėtų sumažinti produkcijos savikainą ir padėtų tapti konkurencingesniems tiek Lietuvoje, tiek už jos ribų.

Literatūra

- Jančiauskas, B. Maceika, A. Strazdas, R. Toločka, E. Zabieliavičienė, I. 2012. *Pramonės įmonių valdymas: planavimas, organizavimas, vadovavimas*. Vilnius: Technika. 311 p.
- Bicheno, J. Holweg, M. 2009. *The Lean Toolbox*. Buckingham, England 290 p.
- Ambrasas, G. 2009. *Magistro baigiamojo darbo rengimo metodiniai nurodymai*. Vilnius: Technika. 69 p.
- Oslo Manual: *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition*. 2005. 159 p.
- Dikčius, V. 2011. *Anketos sudarymo principai*. Vilniaus Universitetas: Ekonomikos fakultetas. 83 p.
- A. L. Helleno C. A. Pimentel R. Ferro P. F. Santos M. C. Oliveira A. T. Simon. 2015. *Integrating value stream mapping and discrete events simulation as decision making tools in operation management* 1059-1066.
- Anand G., Kodali R. 2010. *Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems*. International Journal of Management Practice, Number 1, p. 95-116.
- Team quality services [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. kovo 10 d.] Prieiga per internetą: <<https://teamqualityservices.com/lean-manufacturing-in-steel-companies/>>
- Tohidi, H. 2012. *Six sigma methodology and its relationship with lean manufacturing system*. Adv Environ Biol 6:895-906
- Webster, M. Sudgen, D. 2003. *Implementation of virtual manufacturing by a technology licensing Company*. Int J Oper Prod Manag 23:448469
- Ohno, T. 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Press, New York
- Womack, JP. Jones DT, Roos D. 1990. *The machine that changed the world*. Rawson Associates, New York
- Vinodh S., Aravindraj S. 2012. *Axiomatic modeling of lean manufacturing system*. J Eng Des Technol 10:199216
- Alvarez R, Calva R, Pena MM, Domingues R. 2009. *Redesigning and assembly line through lean manufacturing tools*. Int J Adv Manuf Technol 43:949-958
- Henderson, B. A., Larco, L. 2000. *Lean Transformation: How to change your business into a lean enterprise*. The Oaklea Press. Richmond, Virginia.
- Womack JP, Jones DT 1996. *Lean Thinking*, Simon Schuster, New York
- Lean Manufacturing tools [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. birželio 17d.] Prieiga per internetą: <<http://leanmanufacturingtools.org/>>
- White, R., Pearson, N. and Wilson, J. 1999. *JIT manufacturing: a survey of implementations in small and large US manufacturers*, Management Science, Vol. 45 No. 1, pp. 1-15.
- Emiliani, M.L. and Stec, D.J. 2005. *Leaders lost in transformation*, Leadership & Organization Development Journal, Vol. 26 No. 5, pp. 370-87.
- Chen, H., Lindeke, R. and Wyrick, D. 2010. *Lean automated manufacturing: avoiding the pitfalls to embrace the opportunities*, Assembly Automation, Vol. 30 No. 2, pp. 117-23
- Liker, J. and Meier, D. 2006. *The Toyota Way*, Field Book, McGraw-Hill, New York, NY.

Dulchlnos, J. and Massaro, P. 2005. *“The time is right for labs to embrace the principles of industrial automation”*, Drug World Discovery, Winter, pp. 25-8.

Muffatto, M. 1999. *“Evolution of production paradigms: the Toyota and Volvo cases”*, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 10 No. 1, pp. 15-25.

McCarthy, D. and Rich, N. 2004. *Lean TPM – A Blueprint for Change*, Elsevier, Oxford.

Fullerton, R. and McWatters, C. 2001. *“The production performance benefits from JIT implementation”*, Journal of Operations Management, Vol. 19, pp. 81-96.

The Fabricator [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. lapkričio 17d.] Prieiga per internetą: <
<https://www.thefabricator.com/article/arcwelding/managing-welding-information-more-efficiently/>>

Čereška, A. Pauža, V. 2005. *Kokybės analizė ir valdymas*. Vilnius: Technika. 134 p.

Iprocess [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. lapkričio 17d.] Prieiga per internetą: <
<http://www.iprocess.lt/gamybos-planavimas/4594255762/>>

Improvement and Optimization of Manufacturing Processes in Metal Processing Companies

M. Vancevičius

Abstract

This article explores the possibilities of improving and optimizing the production process in metalworking industries. An overview of the metalworking industry in Lithuania, the main advantages and disadvantages of constant improvement and optimization. Investigated how Lithuanian metal processing companies improve their company production system, what is the link between improvement of all companies in the country. The results of the surveyed companies related to metal working are presented in the thesis. The main factors that influence the improvement and optimization of the manufacturing process of metal processing companies as well as the biggest and most common problems in production have been identified. Based on the results of the research, a model for improvement and optimization of the production process for medium-sized companies in the metalworking sector is presented and conclusions and suggestions are provided on how to improve and optimize production management.

Keywords: Metal processing companies, industry, competition, improvement, optimization, Lean, Kaizen, 5S.