

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO FAKULTETAS**

Giedrė Remeikaitė

**PRAMONINĖS SKAITMENIZACIJOS POVEIKIO
GAMYBOS PROCESO EFEKTYVUMUI VERTINIMAS**

MAGISTRO DARBAS

Darbo vadovė prof. dr. Edita Gimžauskienė

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO FAKULTETAS**

**PRAMONINĖS SKAITMENIZACIJOS POVEIKIO
GAMYBOS PROCESO EFEKTYVUMUI VERTINIMAS**

Apskaita ir auditas (621N40002)

MAGISTRO DARBAS

Studentė

Giedrė Remeikaitė, VMA-6 gr.

2018 m. gegužės 11 d.

Vadovas

Prof. dr. Edita Gimžauskienė

2018 m. gegužės d.

Recenzentas

Doc. dr. Lina Klovienė

2018 m. gegužėsd.

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Giedrė Remeikaitė

Apskaita ir auditas, 621N40002

Baigiamojo magistro darbo

„Pramonės skaitmenizacijos poveikio gamybos proceso efektyvumui vertinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2018 m. gegužės 11 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Giedrės Remeikaitės** baigiamasis magistro darbas tema „Pramonės skaitmenizacijos poveikio gamybos proceso efektyvumui vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Remeikaitė, Giedrė. Impact of Industry Digitisation on Manufacturing Process Efficiency. Masters's Final Thesis in: Accounting and Auditing / supervisor prof. dr. Edita Gimžauskienė. The School of Economics and Business, Kaunas University of Technology.

Social Sciences: 03 S Management and Administration.

Key words: efficiency, performance measurement, digitisation, industry 4.0, technologies, manufacturing
Kaunas, 2018. 68 p.

SUMMARY

Relevance of the topic. The Fourth Industrial Revolution is an inevitable phenomenon that will affect all business sectors. Nevertheless, changes in the manufacturing sector are planned to be the most significant, because existing business models, strategies and manufacturing processes are likely to change. In order to remain competitive, organizations need to be able to meet the needs of each individual user, but to achieve this while maintaining the cost of products close to the prices of mass production. In order to achieve this without sacrificing losses, it is necessary to achieve growth of efficiency. In this case, there is a need for the introduction of digitalisation technologies, the purpose of which is to modify the activities so that it become as effective as possible. There is no doubt that new innovations will fundamentally change the current production operations, affect the value chain of products, but there is a lack of clarity of the real benefits that can be measured. For this reason, there is a need to summarize and systematize information about individual technologies and the impact on the activities of manufacturing companies and to try to adapt individual technologies to the company's actual activities, thus identifying actual changes in production operations and possible financial benefits.

In order for an organization to know which activities are to be improved, because it is not sufficiently effective, they should be able to adapt individual performance evaluation methods. The current theoretical performance measurement methods are suitable for adapting to the company's activities, but whether they will be equally adequate and the introduction of digitalisation technologies is unclear.

Object of the study: UAB Polis efficiency of production processes and its evaluation.

The aim of the study: Propose a methodology for assessing the impact of industrial digitisation on the efficiency of a manufacturing plant, including process and cost management solutions.

Tasks of the study:

1. After analyzing the scientific literature, to argue the relevance of industrial digitisation for manufacturing enterprises.
2. After the analysis of digital technologies and their influence on production processes, to formulate theoretical assumptions of the research.

3. To substantiate in theory the methodology for assessing the impact of industrial digitisation on the efficiency of a manufacturing company through process and cost management solutions.
4. To conduct an empirical study using the case-study method and to check the adequacy (validity) of the methodology for assessing the impact of the proposed digitalization on the efficiency of the manufacturing plant.

The main study results. The analysis of the scientific literature and the synthesis of available information revealed that the actual application of digitalisation technologies would have a major impact on the activities of manufacturing companies. There is a need to change strategies if it is to maintain market competitiveness, the value chain is shrinking, and production processes are completely modified. After installing 3D printing technology in the activities of UAB Polis and calculating the cost-effectiveness of such an investment, it was found that according to the assumptions made, such an investment would currently not be sufficiently beneficial for the company, as it is a plant that is still expensive enough and also requires special processed raw materials, the price of which is again higher than the current raw materials used in production. By applying the activity-based costing method in the activities of UAB Polis before and after the introduction of innovations, it was found that the application of 3D printing makes different products less profitable. Having evaluated the application of theory of constraints in the activities of UAB Polis, it was found that there are far fewer possible restrictions to be distinguished in 3D printing. The application of theoretical performance evaluation methods in the context of the Fourth Revolution context is adequate, in fact even simpler, due to the reduced number of different operations, which makes it easier to collect data, to distribute costs, to evaluate other parameters.

TURINYS

Paveikslų sąrašas	7
Lentelių sąrašas	8
ĮVADAS.....	9
1. PRAMONĖS SKAITMENIZACIJOS POVEIKIO GAMYBINĖS ĮMONĖS VEIKLAI PROBLEMOS ANALIZĖ.....	11
1.1. Ketvirtoji pramonės revoliucija istoriniame kontekste.....	11
1.2. Pramonės skaitmenizavimo įtaka gamybinių įmonių veiklai	15
1.3. Gamybinių įmonių veiklos efektyvumo pokyčio adaptavus skaitmenines technologijas problemos apibrėžtis	16
2. PRAMONĖS SKAITMENIZACIJOS POVEIKIO GAMYBINĖS ĮMONĖS VEIKLOS EFEKTYVUMUI TYRIMO TEORINĖS PRIELAIDOS.....	18
2.1. Pramonės skaitmenizacijos technologijų analizė	18
2.2. Skaitmenizacijos technologijų pritaikymas gamybinių įmonių veikloje.....	21
2.3. Veiklos efektyvumo ir jo vertinimo teoriniai aspektai	28
2.3.1. Veiklos efektyvumo samprata	28
2.3.2. Veiklos efektyvumo vertinimo metodai	31
2.3.3. Pramonės skaitmenizacijos įtaka veiklos efektyvumui ir jo vertinimui	35
3. TYRIMO METODOLOGIJA	39
4. UAB POLIS GAMYBOS PROCESO EFEKTYVUMO VERTINIMO PRAKTINIAI SPRENDIMAI	43
4.1. UAB Polis charakteristika	43
4.2. UAB Polis sąnaudų analizė, atliekant prognozavimą.....	44
4.3. Investicinio projekto ekonominis efektyvumo vertinimas	49
4.4. Veiklos efektyvumo vertinimo metodų pritaikymas UAB Polis veikloje.....	52
4.4.1. Veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo pritaikymas	52
4.4.2. Tikslinių kaštų valdymo metodo pritaikymas.....	58
4.4.3. Apribojimų teorijos koncepcijos pritaikymas.....	59
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	62
LITERATŪRA.....	64
PRIEDAI.....	70

Paveikslų sąrašas

1 pav. Keturi pramonės revoliucijos etapai (Šaltinis: Chung, Kim (2016); 3 psl).....	11
2 pav. Ketvirtosios pramonės revoliucijos aplinkos komponentai (sudaryta pagal „PricewaterhouseCoopers“ kompanijos pranešimą (2015))	13
3 pav. Produkto gamybos elementai, kurių pokyčiams turės įtakos pramonės skaitmenizacija	22
4 pav. Pridėtinės ir tradicinės gamybos būdų palyginimas (sudaryta pagal Attaran (2017)).....	25
5 pav. Vertės kūrimas ir fiksavimas: ryšys tarp vartotojo pasiryžimo mokėti už produktą, vartotojo pridėtinės vertės, pajamų ir kaštų. (Sudaryta pagal Matzler ir kt. (2013)).....	36
6 pav. Tyrimo metodologijos loginė struktūra	39
7 pav. ABC metodo pritaikymo etapai (sudaryta pagal Briciu, Capusneanu (2010)).....	42
8 pav. UAB Polis egzistuojanti vertės grandinė.....	44
9 pav. UAB Polis vertės grandinė, kai gamybos procese naudojama 3D spausdinimo technologija	45

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Ketvirtosios pramonės revoliucijos sąvokos apibrėžimas	13
2 lentelė. Išmanios gamybos technologijų ir atskirų procesų priklausomybė	27
3 lentelė. UAB Polis pardavimai pagal gaminių grupes 2017 m.	43
4 lentelė. UAB Polis pardavimų pajamos ir sąnaudos 2015 - 2018 m.	45
5 lentelė. Žaliavų sąnaudų apskaičiavimas 2018 m., gamyboje pritaikius 3D spausdinimo technologiją	46
6 lentelė. 3D spausdintuvų kiekio poreikio ir kainos nustatymas	47
7 lentelė. UAB Polis investicinio projekto pinigų srautai 2018 – 2022 m.	50
8 lentelė. Grynosios esamosios vertės (NPV) pokyčiai, kintant vienam parametrui	51
9 lentelė. Grynosios esamosios vertės (NPV) pokyčiai kintant žaliavos kainai, jei ji lygi 1,95 Eur/kg	52
10 lentelė. UAB Polis tiesioginiai kaštai pagal gaminamos produkcijos grupes 2018 m.	53
11 lentelė. UAB Polis netiesioginiai kaštai paskirstyti pagal vykdomas veiklas 2018 m.	54
12 lentelė. Veiklų veiksniai, jų apimtis ir veiklos įkainio paskaičiavimas 2018 m.	54
13 lentelė. Apskaičiuotas pelningumas pagal atskiras gaminamos produkcijos grupes	56
14 lentelė. Pritaikytas ABC metodas 3D spausdinimo technologijos naudojimo gamybos procese atveju	57

IVADAS

Temos aktualumas. Ketvirtoji pramonės revoliucija yra neišvengiamas netolimos ateities reiškinys, kuris turės įtakos visiems verslo sektoriams. Visgi, gamybos sektoriuje pokyčiai numatomi ženkliausi, kadangi galimai keisis egzistuojantys verslo modeliai, strategijos, atskiros veiklos ir patys gamybiniai procesai. Organizacijos, norėdamos išlikti konkurencingos, turės gebėti patenkinti kiekvieno individualaus vartotojo poreikius, tačiau tai įgyvendinti išlaikant gaminių kainą artimą masinės gamybos produkcijos kainoms. Kad tai būtų įmanoma įgyvendinti nepatiriant nuostolių, būtina siekti veiklos efektyvumo augimo, kas gali sumažinti patiriamus kaštus. Tokiu atveju atsiranda skaitmenizacijos technologijų diegimo poreikis, kurių tikslas ir yra – modifikuoti veiklą taip, kad ji taptų kuo efektyvesnė. Neabejojama, kad naujosios inovacijos iš esmės pakeis dabar vykdomas gamybines operacijas, paveiks produktų gamybos vertės grandines, tačiau trūksta aiškumo, kokia reali galima pamatuoti nauda. Dėl šios priežasties atsiranda poreikis apibendrinti ir susisteminti informaciją apie atskiras technologijas bei potencialų poveikį gamybinių įmonių veiklai ir pabandyti pritaikyti atskiras technologijas realioje įmonės veikloje, taip išsiaiškinant realius galimus gamybinių operacijų pokyčius ir finansinę naudą.

Kad organizacija žinotų, kurias vykdomos veiklos sritis būtina tobulinti, kadangi jos nėra pakankamai efektyvios, privalo gebėti pritaikyti atskirus teorinius veiklos vertinimo metodus, juos modifikuojant pagal savo individualius poreikius. Dabartiniai teoriniai veiklos efektyvumo vertinimo metodai yra tinkami pritaikyti įmonės veikloje, tačiau ar jie bus taip pat tokie pat adekvatūs ir veikloje įdiegus skaitmenizacijos technologijas – nėra aišku. Dėl šios priežasties būtina analizuoti ne tik veiklos efektyvumo lygio galimus pokyčius, bet ir įvertinti atskirų jo vertinimo metodų pritaikomumą.

Darbo problema. Kaip įvertinti pramonės skaitmenizavimo technologijų poveikį gamybinės įmonės veiklos efektyvumui?

Darbo objektas. Pramonės skaitmenizacijos siūlomų technologijų įtaką gamybinių įmonių veiklai.

Darbo tikslas. Pasiūlyti pramonės skaitmenizavimo poveikio gamybinės įmonės efektyvumui vertinimo metodiką, leidiančią ekonomiškai argumentuoti procesų bei kaštų valdymo sprendimus.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę argumentuoti pramonės skaitmenizavimo aktualumą gamybinėms įmonėms.

2. Atlikus skaitmenizacijos technologijų bei jų įtakos gamybinės veiklos procesams analizę suformuluoti teorines tyrimo prielaidas.

3. Teoriškai argumentuoti pramonės skaitmenizavimo poveikio gamybinės įmonės efektyvumui vertinimo per proceso ir kaštų valdymo sprendimus metodiką.

4. Atlikti empirinį tyrimą atvejo analizės metodu ir patikrinti siūlomos pramonės skaitmenizavimo poveikio gamybinės įmonės efektyvumui vertinimo metodikos adekvatumą (validumą).

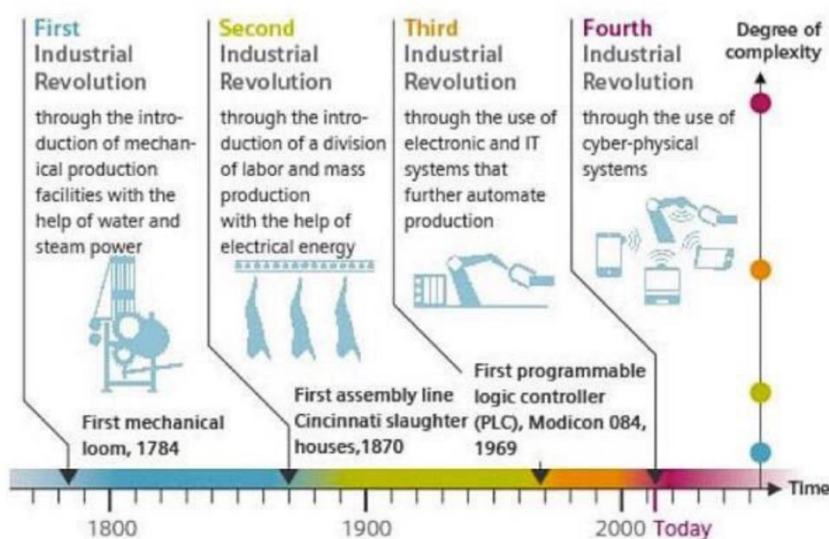
Darbo struktūra. Darbą sudaro keturios dalys. Pirmojoje darbo dalyje apžvelgiama ketvirtosios pramonės revoliucijos samprata ir galimas poveikis atskiros sritims. Pabrėžiama įtaka gamybinių įmonių veiklai ir atliekama veiklos efektyvumo ir jo vertinimo skaitmenizacijos kontekste tyrimo poreikio analizė. Antrojoje dalyje išsamiai analizuojamos atskiros skaitmenizacijos technologijos ir jų poveikis gamybiniam procesams. Taip pat nagrinėjama veiklos efektyvumo sąvoka, skirtingi jo vertinimo metodai bei galimi pokyčiai dėl skaitmenizacijos technologijų diegimo gamyboje. Trečiojoje dalyje aprašoma naudojama pramonės skaitmenizavimo poveikio gamybinės įmonės veiklos efektyvumui vertinimo metodika. Ketvirtojoje dalyje atliekamas empirinis tyrimas pasitelkiant atvejo analizės metodą, kurio metu analizuojamas vienos iš skaitmenizacijos technologijų įdiegimas realios įmonės gamybiniuose procesuose, įvertinant finansinių duomenų, veiklos efektyvumo vertinimo metodų pritaikymo bei rezultatų pokyčius. Taip pat atliekamas ir investicijos ekonominis efektyvumo vertinimas pasitelkiant diskontuotų pinigų srautų metodą. Visi gauti rezultatai ir išvalgos yra aprašomos, galiausiai pateikiant išvadas bei rekomendacijas.

1. PRAMONĖS SKAITMENIZACIJOS POVEIKIO GAMYBINĖS ĮMONĖS VEIKLAI PROBLEMOS ANALIZĖ

1.1. Ketvirtoji pramonės revoliucija istoriniame kontekste

Šių dienų ekonomika yra pagrįsta konkurencija, kai įmonės, norėdamos užimti svarią vietą rinkoje, turi prisitaikyti prie nuolat kintančių, vis augančių vartotojų poreikių. Kaip teigia Vasauskaitė, Snieška ir Drakšaitė (2011) įmonės, norėdamos išlikti konkurencingos, turi nuolatos analizuoti rinką, tobulėti, numatyti potencialias veiklos alternatyvas, priimti strateginius sprendimus. Kaip viena iš tobulėjimo galimybių yra inovacijų diegimas. Pasak Anderson, Rotočnik ir Zhou (2014) egzistuoja stiprus tiesioginis ryšys tarp inovacijų ir sėkmingos įmonės veiklos. Jei gamybinė organizacija nori, kad gaminami produktai tenkintų vartotojų poreikius, ji turi atsižvelgti į naujas technologijas. Taip gali būti sudaromos sąlygos gaminti kokybiškesnį, daugiau atskiro vartotojo poreikius tenkinantį gaminį už mažesnę kainą, jei taip pat orientuojamasi ir į lankstesnį gamybos vykdymą, efektyvesnį procesų valdymą.

Pasaulis nuolat tobulėja atsirandant vis naujoms technologijoms. Manoma, kad sistema, kai gamybiniai procesai visiškai automatizuoti, priimami autonominiai sprendimai pasitelkiant skaitmenizaciją, iš esmės pakeis gamybinių įmonių veiklą. Artėjantys pokyčiai bendrai yra vadinami ketvirtąja pramonės revoliucija. Pagrindinė koncepcijos idėja yra išnaudoti visą potencialą, kurį galima išgauti iš interneto panaudojimo, techninių procesų, automatizacijos. Siekiama sukurti išmanų gamybos procesą bei dar išmanesnius gaminius (Rojko, 2017). Kol kas pramonės sektorius patyrė tris revoliucijas, kurios iš esmės pakeitė gamybinius procesus (žr. 1 pav.).



1 pav. Keturi pramonės revoliucijos etapai (Šaltinis: Chung, Kim (2016); 3 psl)

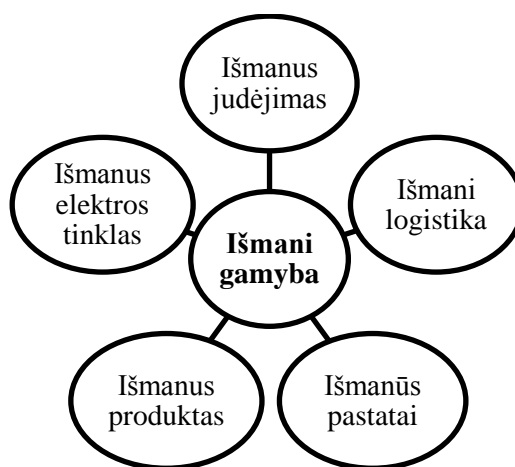
Pirmoji pramonės revoliucija įvyko XVIII amžiuje, kai gamyboje buvo pradėtas naudoti vanduo ir išgauta energija, kas lėmė mechaninių įrankių atsiradimą. Sumažėjo žmonių rankinis darbas, atskiro produkto pagaminimas tapo greitesnis. Antrosios metu buvo pradėta naudoti elektros energija, kurios dėka sukurtos gamybinės linijos. Tai davė pradžią masinei vienodų gaminių gamybai, kur vyravo darbo pasidalijimo principas, kad kiekvienas darbuotojas prie gamybinės linijos atlieka tą patį pasikartojantį veiksmą. Tuo tarpu trečiosios pramonės revoliucijos metu buvo pradėtos naudoti elektronikos ir informacinės technologijos, kad gamybos procesas taptų automatizuotas. Žmogus geba kontroliuoti operacijas, naudojant kompiuterį (Chung, Kim, 2016). Su antrąja ir trečiąja pramonės revoliucijomis jau į įmones atėjo didžiąją gamybos proceso dalį įgyvendinantys gamybiniai įrengimai bei informacinės technologijos, tačiau vis tiek gamybiniuose procesuose išlaikytas žmogiškosios darbo jėgos poreikis. Taip pat pagrindinė orientacija yra į masinę vienodų gaminių gamybą. Tikimasi, kad visus trūkumus, kurie išvelgiami dabartiniuose gamybiniuose procesuose, pavyzdžiui, lankstumo, greičio, gaminio kokybės ar galimo žemo efektyvumo, išspręs ateinanti ketvirtoji pramonės revoliucija. Pastarojoje bus išnaudotas visas interneto potencialas, suteikiant galimybę surinkti didelius kiekius informacijos, atskiriems įrengimams komunikuoti tarpusavyje, kas pastariesiems leis autonomiškai priimti sprendimus. Tai pramonės skaitmenizacija, kurioje darbo jėgos vaidmuo taps minimalus. Su kiekviena pramonės revoliucija procesai vis sudėtingėja, tampa išmanesni.

Ketvirtosios pramonės revoliucijos, neretai vadinamos „industry 4.0“, terminas pirmą kartą buvo pavartotas 2011 metais Vokietijoje Fraunhofer draugijos instituto ir Vokietijos federalinės vyriausybės, apibrėžiant, kad tai yra plati sąvoka, apimanti įvairios informacijos keitimąsi, automatizaciją bei gamybos technologijas (Chung, Kim, 2016). Plačiau apie ketvirtąją pramonės revoliuciją buvo pradėta kalbėti, kai Vokietijos mokslo ir inžinerijos departamentas išleido leidinį, kuriame apibūdinama šio reiškinio koncepcija, pritaikymas ar potenciali nauda. Tuomet buvo pradėta pasauliniu lygiu plačiau analizuoti šią temą.

Remiantis Vokietijos mokslo ir inžinerijos departamento leidiniu (2013), galima teigti, kad ketvirtoji pramonės revoliucija apima kibernetinių – fizinių sistemų integraciją gamyboje bei logistikoje, taip pat daiktų ir paslaugų interneto naudojimą industriniuose procesuose. Daiktų interneto dėka galima identifikuoti, sekti ar kontroliuoti atskirus daiktus, kurie tarpusavyje sujungti gali savarankiškai priimti sprendimus, kad būtų įgyvendinti žmogaus nustatyti tikslai (Guoping, Yun, Aizhi, 2017). Tuo tarpu ketvirtosios pramonės revoliucijos kontekste minint paslaugų internetą numatoma, kad ateityje žmonės turės dar daugiau galimybių su išmaniaisiais prietaisais, atsiras daugiau paslaugų, suteikiamų internetu, plačiau išpopuliarės dalinimosi ekonomika, kai nuosavybės teisė keičiama bendrojo naudojimo prieiga. Analizuojant skirtingus šaltinius, galima pastebėti, kad neretai apibrėžiant ketvirtąją pramonės revoliuciją yra minimas terminas kibernetinės fizinės sistemos (žr. 1 lentelę), kai sujungiami fizinio ir virtualaus pasaulių procesai (Schuh ir kt., 2014).

Metai	Autorius	Apibrėžimas
2013	Germany's national academy of science and engineering	Tai apima kibernetinių – fizinių sistemų techninę integraciją gamyboje bei logistikoje, taip pat daiktų ir paslaugų interneto naudojimą industriniuose procesuose. Tai turės poveikį vertės kūrimui, verslo modeliams, ateities būsimoms paslaugoms bei darbo organizavimui.
2014	Schuh G., Potente, T. Wesch-Potente, C., Weber, R. A., Prote, J. P.	Fizinio ir virtualaus pasaulių procesų sujungimas.
2016	Prause M., Weigand J.	Kibernetinių – fizinių sistemų sujungimas su pramoninėmis automatikos sistemomis.
2016	Magruk A.	Gamybos skaitmenizacija, pagrįsta kibernetinėmis – fizinėmis sistemomis veikiančiomis daiktų interneto aplinkoje.
2017	Guoping L., Yun H., Aizhi W.	Tai reiškiny, pagrįstas skaitmeninių, fizinių ir biologinių technologijų vystymūsi.

Analizuojant skirtingus informacinius šaltinius, galima pastebėti, kad neretai ketvirtosios pramonės revoliucijos terminas yra asocijuojamas su pramonės sektoriaus veikla (žr. 1 lentelę). Prause, Weigand (2016) bei Magruk (2016) ketvirtąją pramonės revoliuciją sieja su gamybos proceso tobulėjimu, kurioje vyrauja kibernetinės fizinės sistemos, kai atskiri objektai laikomi išmaniais, kadangi programinės įrangos dėka geba rinkti informaciją, kuria remiantis gali autonomiškai, be žmogaus įsikišimo, priimti sprendimus, atlikti atskirus veiksmus. Visgi, reikėtų atkreipti dėmesį, kad iš tiesų ši sąvoka yra kur kas platesnė. Guoping ir kt. (2017) ketvirtąją pramonės revoliuciją apibūdina kaip reiškinį, pagrįstą skaitmeninių, fizinių ir biologinių technologijų vystymūsi, kurios pasireišk ne tik gamybinėje veikloje, bet ir skirtinguose visuomenės aspektuose, tokiuose kaip vartojimas, verslo valdymas ar žmogaus gyvenimo kokybė. Žemiau pateiktoje scheme (žr. 2 pav.) yra nurodyti skirtingi ketvirtosios pramonės revoliucijos komponentai, kurie atskleidžia būsimą naują ateities aplinką.



2 pav. Ketvirtosios pramonės revoliucijos aplinkos komponentai (adaptuota pagal „PricewaterhouseCoopers“ kompanijos pranešimą (2015))

Vienas iš ketvirtosios pramonės revoliucijos aplinkos komponentų yra išmanusis judėjimas. Numatoma, kad ateityje vis plėsis dalinimosi ekonomika, kai, pavyzdžiui, vienu automobiliu ar dviračiu naudojasi daug skirtingų asmenų, užsisakydami transporto priemonę pasitelkiant išmaniąsias mobiliąsias programas (Chung ir kt., 2016). Kaip teigia Lom, Pribyl, Svitek (2016) greičiausio maršruto planavimas taps itin tikslus, kadangi bus galimybė realiu laiku stebėti eismo sąlygas skirtingose vietose. Tolimesnėje ateityje numatoma, kad automobiliams, viešojo transporto priemonėms nebereikės vairuotojo, jos pačios autonomiškai galės save valdyti, kas turėtų ženkliai sumažinti eismo įvykių skaičių. Galimybė realiu laiku stebėti eismą bei autonominiai sunkvežimiai turėtų taip pat prisidėti prie logistikos sektoriaus tobulinimo. Be to, kiekvienam gabenamam daiktui suteikiamas atskiras žymėjimas, kurio dėka veikia jutikliai bei sekimo technologija. Galima realiu laiku matyti, kurioje tiksliai vietoje yra kroviny, kokiomis sąlygomis, ar aplinka nepažeidžia jo savybių (Hofmann, Rusch, 2017). Tai sumažina produkto sugadinimo tikimybę bei užtikrina, kad daiktas nebus prarastas.

Taip pat išskiriami ir išmanieji pastatai. Naujos technologijos leidžia pastatui autonomiškai, pagal nustatytus parametrus, valdyti skirtingas operacijas, tokias kaip šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas, apšvietimas ar apsauga. Atskiri jutikliai, mikroschemos turėtų pagerinti turto patikimumą bei ekonomiškumą, mažinant energijos suvartojimą, išlaikymo kaštus ar neigiamą poveikį aplinkai (Lom ir kt., 2016).

Išmanusis tinklas apima visuotinę elektros energijos tiekimą. Kai tik atsiranda sutrikimai, sistema iš karto juos aptinka ir sustabdo visas galimas neigiamas pasekmes. Naujos technologijos užtikrina, kad būtų iš karto reaguojama į susidariusius trikdžius ir elektros energija būtų greitai atnaujinta (Lom ir kt., 2016).

Dar vienas komponentas yra išmanūs produktai. Gamybinės įmonės turėtų siekti gaminti kuo išmanesnius gaminius, kas leistų gauti aiškų grįžtamąjį ryšį iš vartotojų. Šiuose produktuose integruoti jutikliai, procesoriai, kurie perteikia detalią informaciją vartotojui apie produkto naudojimą bei perduoda atsiliepimus iš vartotojo pusės produkto gamintojui. Produktą pagaminusi įmonė realiu laiku matytų produkto būklę, būvimo vietą. Tai leistų analizuoti produktų panaudojimą, lengviau identifikuoti vartotojų poreikius, tiksliai įvertinti parduoto gaminio išlaikomą kokybę (Qin, Liu, Grosvenor, 2016).

Galiausiai, kaip pats svarbiausias ketvirtosios pramonės revoliucijos elementas yra išskiriama išmani gamyba. Qin ir kt. (2016) teigia, kad gamybinė įmonė taps pakankamai sąmoninga, kad galėtų pati paleisti įrengimus, numatyti galimus gedimus, kontroliuoti gamybos procesą ir bendrai valdyti visą gamybos sistemą. Daugelis procesų, tokių kaip produkto dizaino kūrimas, gamybos planavimas, žaliavų surinkimas, bei atskiros gamybos operacijos tarpusavyje dalinasi informacija, užtikrinant, kad viskas vyktų sklandžiai. Išmaniojoje gamyboje gali būti taikomos skirtingos technologijos, tokios kaip

daiktų internetas, autonominiai robotai, jutikliai, kurie yra naudojami kartu, ar 3D spausdinimas. Technologijų galimas pritaikymas gamybos procesuose bendrai gali būti vadinamas pramonės skaitmenizacija.

Ketvirtoji pramonės revoliucija atrodo daug žadanti pramonei, ekonomikai bei žmonių gyvenimo kokybei. Visgi, gali būti keliami ir tam tikri klausimai dėl duomenų apsaugos užtikrinimo ir žmonių privatumo garantavimo. Gali susidaryti įspūdis, kad išmanūs produktai, kurie renka informaciją jau būdami pas vartotoją, pažeidžia kliento privatumą. Taip pat, panašu, kad naujų technologijų diegimas įmonių veikloje pareikalaus didelių finansinių investicijų. Ne visos įmonės gali ryžtis tokiems pokyčiams. Na ir galiausiai, kyla klausimas dėl specialistų, kurie gebės kurti, įgyvendinti ir prižiūrėti atskirų technologijų diegimą skirtinguose komponentuose. Reikalingi aukštos kvalifikacijos darbuotojai, iš ko kyla ir socialinė problema dėl neaiškumo, kokia darbuotojų, šiuo metu gamybos procese atliekančių fizinius veiksmus ar pasikartojančias operacijas prie gamybinių įrengimų, ateitis darbo rinkoje.

Apibendrinant galima teigti, kad kiekviena pramonės revoliucija turėjo didelės įtakos įmonių veiklai. Vykdomos gamybinės operacijos vis tobulėja, mažinant darbo jėgos dalyvavimą procesuose, kas didina gaminių kokybę, atliekamų užduočių greitį. Taip pat galima pastebėti, kad ketvirtoji pramonės revoliucija neapsiriboja tik ties gamybiniais procesais, manoma, kad ji apims ir žmonių gyvenimo kokybę.

1.2. Pramonės skaitmenizavimo įtaka gamybinių įmonių veiklai

Neretai skaitmenizacijos pritaikymas gamybinėje veikloje yra apibrėžiamas teigiamomis savybėmis. Kaip teigia Kolberg, Zuhlke (2015), naujosios technologijos sutrumpins produkto vertės kūrimo grandinę dėl realaus laiko informacijos bei atskirų objektų sujungimo ir komunikavimo tarpusavyje. Autoriai numato, kad neišvengiami ir pokyčiai verslo modeliuose, kadangi įmonėms, kurios užsiima masinių vienodų gaminių gamyba, reikės persiorientuoti į masinę produktų individualizaciją, kai būtina reaguoti į kiekvieno kliento asmeninius pageidavimus, dažnus produkto išvaizdos ar savybių pakeitimus. Tai ypač aktualu įmonėms, kurių gaminama produkcija gali pritraukti pirkėjus dėl gaminio įvaizdžio, tam tikrų detalių, pavyzdžiui, transporto priemonių, aprangos ar avalynės gamintojams. Įmonės tikslas bus gebėti greitai modifikuoti produktą, kas turėtų būti pasiekama su kuo mažesniais papildomais kaštais. Teigiama, kad pramonės sektoriaus rinkoje atsiras dar didesnė konkurencija. Rubmann ir kt. (2015) taip pat pabrėžia skaitmenizacijos technologijų diegimo gamyboje naudą, teigiant, kad vertės grandinė patobulės, galimai sutrumpės. Tai taps įmanoma dėl tarpusavyje sujungtų ir bendradarbiaujančių sistemų, kurios geba nustatyti galimus sutrikimus procesuose, persikonfigūruoti ir prisitaikyti prie reikalingų pokyčių. Skaitmenizacija

gamyboje leis vykdyti efektyvesnius, lankstesnius procesus, gaminant aukštesnės kokybės gaminius mažesniais kaštais.

Vis dėlto, reikia pripažinti, kad tam tikrų naujų technologijų įtaka gamybinių įmonių veiklai, produktyvumui, gaminių kokybei, gamybos proceso efektyvumui ar kaštams yra labiau teorinė. Egzistuoja nemažai neaiškumų (Magruk, 2016). Dauguma mokslinių straipsnių orientuojasi į galimus sąvokų apibrėžimus, modeliavimą, panaudojimo planavimą, bet ne realizavimą (Kang ir kt., 2016). Straipsniuose daug kalbama apie potencialią naudą, rezultatus, tačiau konkrečiai, kaip tai bus pasiekta, pateikiant argumentus ir konkrečius skaičiavimus, informacijos mažai. Galima priėti išvados, kad vis dar nėra aišku, kaip skaitmenizacijos technologijų diegimas realiai gali paveikti gamybinės organizacijos veiklos rezultatus. Nėra aišku, ar organizacijos veiklos efektyvumas tikrai gali ženkliai padidėti dėl taikomų naujausių technologijų.

Nepaisant teorinių neaiškumų ir neapibrėžtumų, praktikoje visgi skaitmenizacija jau yra diegiama. „PricewaterhouseCoopers“ kompanija atliko apklausą 2017 m. sausio – vasario mėnesiais apklausdama du šimtus Vokietijos pramoninių įmonių apie skaitmenizacijos diegimą gamybiniuose procesuose. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad apklausa atlikta Vokietijoje, kuri laikoma pradininke ketvirtosios pramonės revoliucijos kontekste ir visos apklaustos įmonės yra priskiriamos didelių įmonių kategorijai. Pastarosios turi daugiau galimybių turėti pakankami finansinių lėšų naujiems projektams įvykdyti. Buvo išsiaiškinta, kad devyni procentai įmonių net neplanuoja diegti naujų technologijų savo veikloje, netiki galima nauda. Tuo tarpu aštuoniasdešimt penki procentai kuria strategijas ir jau savo veikloje yra įdiegę tam tikrus elementus, o šeši procentai teigia, kad jau pilnai savo veikloje pritaiko skaitmenizaciją. Pasak devyniasdešimt aštuonių procentų korespondentų, pagrindinė skaitmenizacijos pritaikymo veikloje priežastis yra siekis didinti gamybos efektyvumą. Keturiasdešimt aštuoni procentai apklaustųjų tikisi, kad investicijos atsipirks per penkerius metus, dvidešimt šeši procentai – tris ar keturis metus.

Galima teigti, kad skaitmenizacija gamyboje yra neišvengiamas reiškinys, įmonės jau kuria strategijas, siekia diegtis inovacijas. Dar nėra paviešinta jokia reali informacija apie apskaičiuotus pokyčius įmonėje, kuri orientuotųsi į didelius produkcijos kiekius ir būtų įdiegusi savo veikloje naujas technologijas. Reali technologijų nauda įmonės procesams dar nėra visiškai aiški. Visgi, neabejojama dėl naujų technologijų svarbos ir įtakos organizacijoms ateityje.

1.3. Gamybinių įmonių veiklos efektyvumo pokyčio adaptavus skaitmenines technologijas problemas apibrėžtis

Remiantis skirtingų autorių nuomonėmis dėl ketvirtosios pramonės revoliucijos neišvengiamumo, atsiranda poreikis nustatyti ir aiškiai suprasti, kaip naujosios technologijos

konkrečiai gali paveikti viso gamybos sektoriaus veikimą, atskirų įmonių veiklos ypatumus ir strategijas ar pačių gamybinių operacijų vykdymą. Nors ir buvo išsiaiškinta, kad ketvirtoji pramonės revoliucija turės įtakos daugeliui sričių, daugeliui verslo sektorių, tačiau šiame darbe buvo nuspręsta analizuoti skaitmenizacijos technologijų įtaką būtent pramonės sektoriui priklausančioms organizacijoms. Darbo autorės nuomone, šioje srityje galima aiškiausiai pamatyti ir pamatuoti galimas naujai taikomų technologijų pasekmes organizacijai, pasitelkiant atskirus finansinius rodiklius ir jų analizavimą, pritaikant skirtingus veiklos vertinimo metodus.

Kad įmonės priimtų sprendimą savo veikloje diegti atskiras inovacijas, privalo būti įsitikinusios, kad naujovės tikrai užtikrins verslui naudą. Dėl skaitmenizacijos technologijų galimos naudos nėra abejojama, tačiau vis dar nėra aišku, kokie yra konkretūs ir realūs galimi rezultatai. Dėl šios priežasties atsiranda poreikis išanalizuoti ir apibendrinti skirtingas mokslinės literatūros autorių nuomones bei atliekant tam tikrus praktinius tyrimus, aiškiai identifikuoti galimą poveikį gamybinių įmonių veiklos rezultatams. Neretai finansinių rezultatų augimas yra skatinamas veiklos efektyvumo tobulinimu, ko galima pasiekti didinant našumą ir taip sumažinant veikloje patiriamus kaštus. Todėl svarbu analizuoti ir kokią poveikį atskiros skaitmenizacijos siūlomos technologijos gali daryti veiklos efektyvumui, kokios potencialios galimybės.

Kad sužinoti apie gamybinės įmonės vykdomų atskirų operacijų efektyvumą, reikia diegti tam tikrus pasirinktus ir pagal savus poreikius pritaikytus teorinius vertinimo metodus. Mokslinėje literatūroje siūlomų skirtingų veiklos efektyvumo vertinimo metodologijos variantų yra iš ties nemažai, tačiau nėra aišku, ar šiuo metu naudojami efektyvumo matavimo metodai visapusiškai galės būti pritaikyti vertinant ir ateities gamybinių įmonių veiklą, kadangi produkto kūrimo ir gamybos vertės grandinės galimai trumpės, nes gamybinės operacijos iš esmės pasikeis. Todėl svarbu išsiaiškinti, ar turimi metodai tikslingai suteiks reikalingą identifikuoti informaciją.

2. PRAMONĖS SKAITMENIZACIJOS POVEIKIO GAMYBINĖS ĮMONĖS VEIKLOS EFEKTYVUMUI TYRIMO TEORINĖS PRIELAIDOS

2.1. Pramonės skaitmenizacijos technologijų analizė

Visos anksčiau įvykusios trys pramonės revoliucijos atnešė ženkliai pokyčius gamybos pramonei, nuo vandens ir garo varomų mechanizmų iki elektrinės ir automatizuotos gamybos. Gamybos procesai tapo sudėtingesni, tačiau automatizuoti, o tai reiškia, kad žmonės gali vykdyti ir valdyti gamybines operacijas naudojant įrangą kur kas lengviau ir efektyviau (Qin ir kt., 2016). Numatoma, kad ketvirtosios pramonės revoliucijos metu naudojamos technologijos dar labiau patobulins procesus, dėl ko darbo jėgos poreikis, tiesiogiai dalyvaujant ir atliekant pasikartojančias gamybines operacijas, sumažės iki minimalaus lygio. Atsiranda mechaninio ir protinio darbo automatizavimas, visų procesų sujungimas į vieną savarankiškai veikiančią sistemą.

Visos šiame darbe aptariamose technologijose jau kuris laikas yra žinomos ir atskirai naudojamos skirtingose srityse, tačiau dabar jų pritaikymo galimybės gamyboje yra atrandamos naujai ketvirtosios pramonės revoliucijos kontekste, kadangi jos tobulėja, ir jų įdiegimas bei veikimas kartu sukuria išmaniosios gamybos aplinką. Analizuojamos tokios technologijos kaip robotika, daiktų internetas, mašininis mokymasis, virtuali ir papildyta realybė, bei 3D spausdinimas. Visiems išvardintiems elementams būdinga bendra savybė – veikimas, pasitelkiant ir informacinių technologijų galimybes.

Viena iš technologinių inovacijų yra daiktų internetas (angl. *internet of things*). Pastarasis galėtų būti apibūdinamas kaip atskirų komponentų sujungimas ir komunikacija tarpusavyje per belaidį tinklą (Wang ir kt., 2016). Komponentai, kurie galėtų būti sujungti į bendrą tinklą, gali būti radijo dažnio identifikavimo įrenginys (RFID), jutikliai, ar kiti elementai, kurie gali rinkti duomenis apie save ir savo aplinką. Radijo dažnio identifikavimo įrenginys (RFID) yra žymeklis, kuris identifikuoja informaciją apie tam tikrą daiktą, prie kurio jis pritvirtintas. Ši technologija leidžia nustatyti tikslią objekto būvimo vietą bei būseną. Tuo tarpu jutikliai daugiau pritaikomi stebint gamybinės įrangos procesą, renkant informaciją apie atskiras veiklas. Surinkta informacija yra perduodama kitiems elementams, tokiems kaip kompiuterinės duomenų bazės, įrengimai ar išmanieji įrenginiai, kuriais naudojasi darbuotojai. Pats duomenų perdavimo veiksmas tarp skirtingų objektų, komunikacija tarp daiktų formuoja daiktų internetą.

Išmanojoje gamybos įmonėje surenkami dideli kiekiai duomenų. Turimą, apdorotą informaciją gali analizuoti darbuotojai ir priimti atitinkamus valdymo sprendimus, tačiau pramonės skaitmenizacijos kontekste, didelę dalį sprendimų dėl gamybos proceso reguliavimo turėtų priimti savarankiškai pačios kompiuterinės sistemos, arba kitaip patys įrenginiai. Tai tampa įmanoma dėl mašininio mokymosi technologijos (angl. *machine learning*) pritaikymo. Autoriai Bortoloni, Ferrari,

Gamberi, Pilari ir Facco (2017) mašininio mokymosi technologiją apibūdina kaip informacinių technologijų mokslą, siekiantį suteikti kompiuterinėms sistemoms galimybes savarankiškai priimti sprendimus. Sukuriami algoritmai, kurie analizuoja surinktą praeities informaciją, iš jos mokosi ir ja remiantis inicijuoja atskirus objektus atlikti reikiamus veiksmus.

Kaip jau buvo minėta ankstesniame skyriuje, neretai moksliniuose straipsniuose, kurių tematika yra pramonės skaitmenizacija, minima tokia sąvoka kaip kibernetinės fizinės sistemos (angl. *cyber physical systems*). Pasak Hozdic (2015), kibernetinės fizinės sistemos galėtų būti apibūdinamos kaip kompiuterių, skaitmeninio tinklo ir fizinių sistemų integracija. Tai nėra technologija, tai daugiau terminas apibūdinti fizinių įrengimų, duomenų rinkimo, daiktų interneto ir mašininio mokymosi integraciją, veikimą kartu. Surinkti duomenys yra analizuojami, perduodami, jais remiantis atskiras daiktas savarankiškai gali priimti sprendimą ir inicijuoti tam tikro veiksmo atlikimą (Thoben, Wiesner, Wuest, 2017). Jutikliai naudojami duomenų surinkimui, kuriuos apdorojusi ir išanalizavusi mašininio mokymosi technologija priima sprendimus, tada tam tikras fizinis objektas juos įgyvendina, o visa informacija, nurodymai yra perduodami pasitelkiant internetą. Taip įmonėje sukurama kibernetinė fizinė sistema.

Aukščiau aptartos technologijos naudojamos kartu sudaro galimybes surinkti didelius duomenų kiekius apie įrengimus, produktus, bendrai visą gamybinį procesą, apdorojant praeities duomenis. Galima stebėti produkto kokybę, kontroliuoti rizikas dėl pamestų ar sugadintų produktų. Sudaroma galimybė stebėti informaciją realiu laiku. Manoma, kad šių technologijų pritaikymas leis dar labiau automatizuoti gamybinius procesus, kai įranga tampa autonomiška, kur kas lankstesnė, pagal duotą nurodymą galinti persikonfigūruoti ir prisitaikyti prie skirtingų gaminių gamybos, galinti pati pranešti apie numatomą gedimą, o svarbiausia – savarankiškai priimti sprendimus (Perales, Alarcon, Boza, 2016). Apibendrinant, kaip teigia Savukynas, Marcinkevičius (2017), galima daryti išvadą, kad daiktai tampa aktyvi gamybos proceso dalis, galinti tarpusavyje komunikuoti, reaguoti į aplinką be žmogaus įsikišimo atliekant skirtingus veiksmus.

Kad kompiuterinė sistema galėtų numatyti poreikį dėl tam tikrų priežasčių gamybinei įrangai persikonfigūruoti, prisitaikant prie skirtingų gamybinių operacijų, ir pati naudojama įranga taip pat turi būti tobulinama. Kaip vienas iš elementų, kuris gali būti valdomas ir jungiamas prie kibernetinės fizinės sistemos yra robotai. Pastarieji, konkrečiau pramoninės robotinės rankos, gamybos procesuose sudėtingesnėms, pasikartojančioms operacijoms atlikti yra naudojamos jau seniai, tačiau dabar, pasitelkiant skaitmenizaciją, pritaikymo nauda ženkliai išaugs. Iki šiol robotai buvo naudojami tik griežtai kontroliuojamoms užduotims, tačiau tampa vis lankstesni ir gebantys prisitaikyti prie skirtingų operacijų. Jutikliai įgalina robotus tiksliau vertinti aplinką ir į ją reaguoti, atsiranda didesnis saugumas bendradarbiaujant su žmogumi, kadangi iš karto yra automatiškai sustojama, jei numatomas galimas kontaktas (Schwab, 2017).

Dar viena iš pramonės skaitmenizacijos technologijų, kurios nauda gamybai vis labiau pabrėžiama, yra virtuali (angl. *virtual reality*) bei papildyta realybės (angl. *augmented reality*). Gaminys projektuojamas virtualioje erdvėje, kurioje galima jį iš visų pusių apžiūrėti, lengvai modifikuoti. Tokiu atveju galimai mažėja fizinių prototipų poreikis. Tuo tarpu pasitelkiant papildytą realybę, atsiranda galimybė sukurtą objektą, naudojant specialius akinius, matyti ir pritaikyti skirtingose realaus pasaulio erdvėse (Abdullah, Sahin, 2016).

Prie svarbių išradimų, skaitmenizuojančių gamybą, taip pat priskiriama ir 3D (trimačio) spausdinimo technologija arba kitaip dar vadinama pridėtine gamyba (angl. *additive manufacturing*), kai sluoksniais spausdinamas fizinis objektas pagal virtualioje erdvėje sukurtą 3D brėžinį (Schwab, 2017). Pagrindinis skirtumas tarp pridėtinės gamybos ir tradicinių įrengimų taikymo yra tai, kad pridėtinėje gamyboje galutinis produktas yra sulipinamas iš specialiai pritaikytos žaliavos, o tradiciniu būdu dažniausiai vykdoma apdorojimo technika, kai medžiagos pašalinamos naudojant pjovimo, atėmimo procesus. Naudojant 3D spausdintuvą galimas greitas naujai suprojektuoto, sudėtingų formų produkto realizavimas ir perdavimas vartojimui.

Nors pridėtinė gamyba ir įgalina lengvą, greitą užsakyminio, individualaus produkto realizavimą, tačiau kol kas sunkiau pritaikoma masinėje gamyboje. Kaip teigia Chen, Lin (2016), šios technologijos pritaikomumas apribojamas dėl to, kad vienu metu galima spausdinti tik vieną objektą. Taip pat, žinoma, priklausomai nuo gaminio dydžio, proceso trukmė yra pakankamai ilga. Egzistuoja ir dydžio apribojimai. Didesni spausdintuvai yra sukurti, tačiau įmonė turėtų turėti ir nemažas patalpų erdves tokiems aparatams laikyti. Taip pat išskiriamas ir toks trūkumas kaip atspausdinto gaminio papildomo apdorojimo reikalingumas, t.y. šlifavimo ar poliravimo (Strange, 2017). Taip pat ir pats spausdintuvas vis dar yra pakankamai brangus, apdorotos žaliavos, galimos naudoti spausdinimo metu, taip pat yra brangesnės. Visgi, manoma, kad visi trūkumai netolimoje ateityje bus panaikinti, greitis padidės, bus sukurta, kad vienas spausdintuvas galėtų vienu metu spausdinti kelis daiktus, taip pat ir kainos turėtų kristi dėl technologinės plėtros bei 3D spausdinimo populiarėjimo rinkoje, dėl ko turėtų augti ir spausdinimui paruoštų žaliavų pasiūla (Strange, 2017).

Pasak Qin ir kt. (2016), atskiros ketvirtosios pramonės revoliucijos siūlomos išmaniosios technologijos gali būti skirstomos į tris lygius: įgyvendinimo, integracijos ir sumanumo. Robotai, 3D spausdintuvai, kiti įrenginiai priskiriami įgyvendinimo lygiui ir skirti tam, kad pakeisti darbo jėgą ir optimizuoti gamybos procesą. Tuo tarpu daiktų internetas ir susidarančios kibernetinės fizinės sistemos priklauso integracijos ir sumanumo lygmenims, tik pritaikymas skirtingas. Integracijos lygmenyje technologijos pritaikomos gamyboje dėl kontrolės užtikrinimo, duomenų rinkimo, skaitmeninės aplinkos generavimo. Tai ne tik sujungia techninę įrangą, bet ir leidžia komunikuoti skirtingoms kontrolės sistemoms. Duomenys yra surenkami iš jutiklių, įrangos, gamybos linijų, ar iš vartotojų. Surenkama daug vertingos informacijos, kuri leidžia tobulinti gamybinį procesą, produkto kokybę.

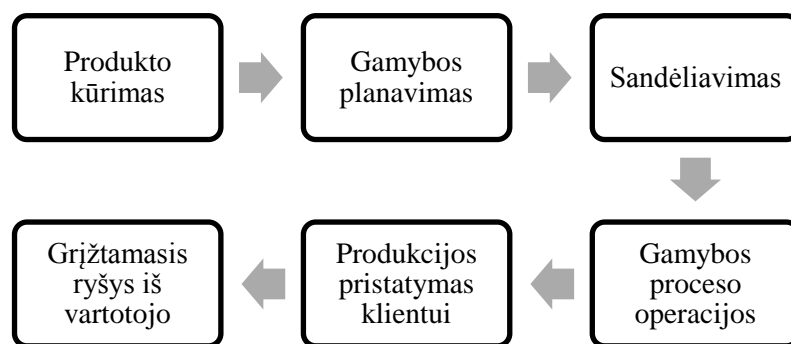
Tuo tarpu sumanumo lygmeniu surinkta informacija leidžia sukurti planą ir priimti sprendimus. Sumani gamybos sistema gali pati save suvokti, optimizuoti, konfigūruoti, kas ir yra pagrindinis ketvirtosios pramonės revoliucijos tikslas gamybos kontekste. Taigi, dėl atskirų technologijų funkcijų galimai bus modifikuotas visas gamybos procesas. Norint išsiaiškinti ir suvokti analizuojamų inovacijų poveikį gamybinėms įmonėms būtina suvokti galimo pritaikymo, veikimo principus veikloje.

2.2. Skaitmenizacijos technologijų pritaikymas gamybinių įmonių veikloje

Atskiros pramonės skaitmenizacijos siūlomos technologijos gali iš esmės pakeisti gamybinių įmonių veiklą. Šioje dalyje aptariama, kokie konkretūs pokyčiai yra numatomi, siekiant suprasti potencialią teikiamą naudą gamybinėms įmonėms.

Pirmiausia, vertinant plačiąja prasme, atskiros technologijos gali iš esmės pakeisti pasaulines gamybos, prekybos rinkas. Tarptautinė valdymo ir konsultavimo įmonė „A.T. Kearney“ (2015) savo pranešime apie ketvirtąją pramonės revoliuciją teigia, kad turėtų pasikeisti prekių judėjimas rinkoje dėl sukurtų naujų siūlomų paslaugų. Konkrečiai yra įvardijama 3D spausdinimo technologijos įtaka. Nurodoma, kad kaip nauja paslauga galėtų būti kliento bet kokio pageidaujamo daikto atspausdinimas. Asmuo internetinėje erdvėje susiradęs patinkantį daiktą ir jį modifikavęs pagal savo poreikius, gali nusiųsti užklausą į artimiausią 3D spausdinimo paslaugas teikiančią centrą ir daiktą atsiimti dar tą pačią dieną. Tokiu atveju sumažėja gamybinių įmonių vaidmuo, kadangi gali būti pardavinėjamas ne galutinis produktas, o idėja, konkrečiau atskiro produkto skaitmeninis 3D brėžinys. Spausdinimą atliekanti įmonė būtų tarpininkas tarp produkto kūrėjo ir galutinio pirkėjo. Tai taip pat ženkliai sumažintų krovininių transportavimo paslaugų poreikį. Visgi, šios sistemos išpopuliarėjimas rinkoje numatomas tik tolimesnėje ateityje, kadangi dar ir pati 3D spausdinimo technologija turi patobulėti. Taip pat, kalbama ir apie tai, kad jei galingesni 3D spausdintuvai taptų kur kas populiariesni ir pigesni, dalis vartotojų galėtų turėti 3D spausdintuvą namuose ir patys spausdinti norimus daiktus. Tokiu atveju tiekimo grandinė tampa neįtikėtina trumpa. Visgi, kaip teigia Strange (2017), 3D spausdinimo integracija yra labiau tradicinių gamybos metodų papildymas, o ne tam tikros produkcijos gamybos įmonių pakeitimas. Pritariant šiai nuomonei šiame darbe detaliau analizuojami konkretūs galimi gamybos procesų pokyčiai pramonės skaitmenizacijos kontekste.

Kaip teikia Zinkevičiūtė, Vasiliauskas (2013) gamybos procesas yra atskirų išteklių sujungimas į atitinkamą kombinaciją, kuri leidžia sukurti tam tikrą produktą. Paprastai pastarasis skirstomas į atskirus etapus, kuriuose vykdomos skirtingos operacijos. Atlikus mokslinių straipsnių analizę, buvo nustatyta, kad pramonės skaitmenizacijos technologijos turės įtakos daugeliui produkto vertės kūrimo etapų, nuo pat idėjos generavimo, objekto kūrimo pradžios iki jau galutinio išgauto produkto monitoringo, kuris atliekamas jau po pardavimo galutiniam vartotojui (žr. 3 pav.).



3 pav. Produkto gamybos elementai, kurių pokyčiams turės įtakos pramonės skaitmenizacija

Pramonės skaitmenizacijos kontekste naujo produkto dizaino kūrimas tampa kur kas lankstesnis. Pasitelkiant atitinkamą programinę įrangą produktas kuriamas virtualioje aplinkoje, kurioje vaizdas itin tikslus, detalus ir aiškus. Jei įmonė orientuojasi į užsakyminę gamybą sumodeliuotą daiktą galima išsiųsti klientui, kuris nusprendžia, ar sukurtas objektas tenkina jo lūkesčius. Kaip teigia autoriai Abdullah, Sahin (2016), ateityje turėtų nebeklikti etalonų gamybos, kai klientui pateikiamas pirminis produkto fizinis pavyzdys, nes, pasitelkiant papildytą realybę, sukurtą daiktą galima matyti ne tik kompiuterio ekrane, bet ir realioje, fizinių daiktų aplinkoje. Tai leis sutaupyti laiko bei žaliavų, kurios sunaudojamos etalonams pagaminti.

Kitas išskirtas etapas yra planavimas. Prieš pradėdant naujai sumodeliuoto produkto gamybą, sistema automatiškai gali suplanuoti, koku eiliškumu ir kuriuos įrengimus būtų efektyviausia panaudoti. Remiantis praeities duomenų analitika, kompiuterinė sistema pateikia tikslų planą, kaip ir kokiems įrengimams gamybos procesas turėtų būti perduotas, priklausomai nuo gamybos etapų prioritetingos sekos, mašinų apkrovimo ir galimybių (Trstenjak, Cosic, 2017). Tai kur kas pagreitina, padaro tikslesnį gamybos planavimą, kadangi dabar gamybinėse įmonėse paprastai šią operaciją atlieka žmogus.

Kiekviena įmonė turi valdyti savo turimas atsargas, įvertindama, kokį atsargų kiekį jai būtų tikslingiausia laikyti sandėlyje, atsižvelgiant į savo veiklos pobūdį ir parduodamos produkcijos paklausą. Pasak Bikienės ir Pučkienės (2012), svarbiausias atsargų valdymo tikslas yra taip kontroliuoti atsargų lygius, kad dėl jų trūkumo nesustotų vykdoma veikla, o jų perteklius nepareikalautų papildomų išlaidų joms išlaikyti, dėl ko galėtų sumažėti įmonės pelningumas. Pramonės skaitmenizacijos technologijos yra orientuotos į tikslą išlaikyti kuo žemesnį atsargų lygį sandėlyje, kadangi didelis kiekis lemia aukštesnius saugojimo kaštus.

Daiktų internetas, naudojamas kartu su jutikliais bei objekto žymėjimo ir sekimo technologija (RFID), gali užtikrinti žaliavų ir pagamintos produkcijos kontrolę sandėlyje. Objekto žymėjimo ir sekimo technologija leidžia realiu laiku matyti objekto buvimo vietą. Kai žaliavos yra atgabenamos į įmonę, jos pažymimos RFID žyme. Sensoriai skenuoja žaliavų patekimą į sandėlį bei pagamintos

produkcijos išgabėnimą, taigi realiu laiku žinoma informacija apie atskirų atsargų likutį, vykdoma automatinė, tiksli einamojo momento inventorizacija. Daiktų interneto vaidmuo pastebimas, kai atsiranda žaliavų poreikis gamybai vykdyti, ir atskiros technologijos apjungiamos. Išmani įranga, sekdamą priimtus užsakymus ir gamybos procesą, siunčia signalą apie reikalingas žaliavas darbuotojui, kuris atsakingas už atsargų judėjimą sandėlyje. Darbuotojas dėl RFID žymos, išmaniajame įrenginyje mato, kurioje vietoje kokia žaliava yra laikoma, kas leidžia sutaupyti laiko dėl atrinkimo ir paieškos poreikio sumažėjimo. Taip pat gamybinė įranga, žinodama produktų užsakymus, gali realiu laiku nustatyti, ar visų reikalingų žaliavų kiekis yra pakankamas įvykdyti klientų produkcijos užsakymus. Jei ne, išmanioji įranga gali pati išsiųsti užsakymą tiesiogiai tiekėjui, taigi galimai nebebus būtinas žmogaus dalyvavimas šiame etape (Zhang ir kt., 2014). Taip pat, jei žaliava jau yra pažymima RFID pas tiekėją, matomas jos judėjimas realiu laiku, galima įvertinti, per kiek laiko žaliava bus atgabenta. Jei nustatomas galimas vėlavimas, priimami atitinkami operatyvūs sprendimai (Wang ir kt., 2015). Automatiškai užsakomas žaliavų kiekis, remiantis iš anksto nustatytu būtinu žaliavų likučiu sandėlyje bei nuolatinė realaus laiko inventorizacija leidžia išvengti papildomų kaštų.

Žinoma, pramonės skaitmenizacija turės įtakos ir pačiam produkto tiesioginiam pagaminimo procesui, atskiroms gamybinėms operacijoms. Pats gamybos procesas yra tiesiogiai susijęs su inžinerija, efektyvumas priklauso nuo gamybinių įrengimų veikimo greičio, lankstumo bei sklandumo.

Kai įmonės veikla yra orientuota į didelį kiekį vienodų gaminių gamybą dažniausiai gamybos linija apima bent kelis įrengimus bei konvejerių takus, kurie leidžia nuo vieno įrengimo produktą nugabenti prie kito, kur atliekamos skirtingos iš anksto numatytos operacijos. Dažniausiai kiekvienas įrengimas yra kontroliuojamas ir prižiūrimas įmonės darbuotojo – operatoriaus, o komunikacijos tarp atskirų įrengimų nėra (Wang ir kt., 2015). Tuo tarpu skaitmenizacijos dėka galima efektyviai gaminti ir didelius kiekius skirtingų tipų produktus, kadangi skirtingi įrengimai gali persikonfigūruoti bei tarpusavyje komunikuoti, pasitelkiant daiktų interneto technologiją. Kaip teigia Kolberg, Zuhle (2015), daiktų interneto technologijos dėka gamybos sistemos kontrolė tampa decentralizuota. Sistema gali pati priimti užsakymą iš kliento dėl atskirų produktų gamybos ir įrengimai patys priima sprendimą, kaip gamybos eigą išdėlioti, pranešamas tikslus laikas, kada gamybos procesas bus baigtas. Taip pat, skaitmenizacijos dėka įranga gali nuolat vykdyti savo techninę priežiūrą ir pastebint galimą gedimą, iš karto stabdyti veiklą, išsiunčiant žinią atsakingam darbuotojui į išmanųjį prietaisą, kuris turi skubiai reaguoti į problemą. Taip gerinama produkto kokybė, išvengiama bet kokia žaliavų gadinimo, broko tikimybė (Wang ir kt., 2015). Dar viena teigiama išmaniosios įrangos savybė yra gebėjimas prisitaikyti prie skirtingų gaminių gamybos. Jei vienas įrengimas sugenda, kitas gali persikonfigūruoti ir prisitaikyti prie kito gamybinio veiksmo vykdymo. Tokiu atveju konvejerių takas turėtų būti uždaras, kad galėtų būti lengvai pakeista produkto judėjimo kryptis, nekiltų sunkumų produktui pasiekti atskirus įrengimus be žmogaus įsikišimo. Taip maksimizuojas turimo turto panaudojimo efektyvumas,

kadangi sumažinamos galimos įrengimų prastovos, kas yra gamybinėms organizacijoms aktualu, nes turimų įrengimų nenaudojimas įmonėms kainuoja išlaikymo kaštus, tačiau neteikia jokios naudos.

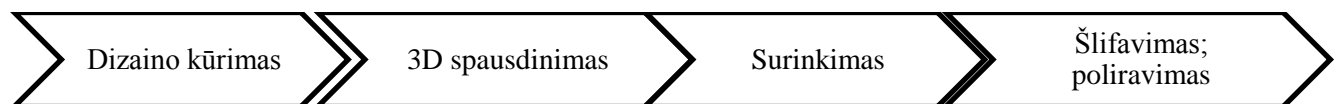
Vienas iš įrengimų, kuris, pagal savo struktūrą ir savybes, galėtų lengvai persikonfigūruoti ir prisitaikyti prie skirtingų gamybinių operacijų yra robotai. Pastarieji gali lengvai atlikti sudėtingas, didelio kruopštumo reikalaujančias gamybos operacijas. Vyrauja nuomonė, kad ateityje robotai visiškai panaikins darbo jėgos poreikį gamybiniuose procesuose. Iš tiesų, numatoma, kad įmonėms neberekės darbuotojų pasikartojančioms, vienodoms operacijoms atlikti, kas naikina darbo našumo trūkumus, susidarantiems dėl darbo tempo palaikymo ir laukimo, kol priskiriamos atskiros užduotys, taip pat panaikinama klaidų tikimybė. Mažesnis darbuotojų skaičius reiškia mažesnius mėnesinius darbo užmokesčio kaštus, tačiau reikėtų nepamiršti, kad žmonių svarba vis vien išliks instaliuojant, kontroliuojant, ar modifikuojant kompiuterines sistemas, susijusias su gamybinių įrenginių valdymu (Schwab, 2017).

Kaip teigia Scheuermann, Verclas ir Bruegge (2015), technologijų apjungimas ir pritaikymas gamybos procese sudarys galimybes pramonei pereiti nuo pelningos linijinės surinkimo linijos iki pelningos nelinijinės gamybos. Tai dar kitaip vadinama masine individualizacija, kai įmonė geba vykdydama masinę gamybą prisitaikyti prie kiekvieno individualaus vartotojo poreikių net suteikdama galimybę pačiam klientui modifikuoti gaminį. Turint įmonės veikloje įsidiegius atskiras pramonės skaitmenizacijos siūlomas technologijas tai netūrėtų pareikalauti aukštų papildomų kaštų, dėl ko atsiranda ir galimybė pasiūlyti klientui individualiai modifikuoto produkto kainą, artimą masinės gamybos kainai.

Įmonės, kuri vykdo masinę produktų individualizaciją, klientas, kad galėtų išreikšti savo poreikius ir užsisakyti norimą gaminį, galės naudoti pritaikytą specialią programinę įrangą, kurios dėka virtualioje platformoje pats galės sumodeliuoti norimą produktą. Kaip teigia Zawadski, Zywicki (2016), įmonės turėtų siūlyti tokį gaminį, kuris galėtų būti modifikuotas pakeičiant tik tam tikras detales su žemais kaštais ir maža rizika dėl kokybės. Tokiu atveju klientui pateikiamas ribotas kiekis kintamųjų, iš kurių jis gali išsirinkti ir taip susimodeliuoti norimą produktą. Gali būti galimybė keisti gaminį renkantis spalvą, dydį, formą ar atskiros detalės vietą. Žinoma, gali būti suteikiama galimybė ir pačiam vartotojui susikurti ir apibūdinti atskiras detales, bet dėl to sudėtingėja gamybos procesas. Visgi, taip būtų įgyjamas dar didesnis konkurencinis pranašumas. Siekiant dar didesnio klientų pasitenkinimo, numatoma, kad vartotojas automatiškai iš įmonės gamybinės įrangos gaus pranešimus apie produkto statusą gamybos procese, suteikiant galimybę pakeisti atskiras detales vėliau, jau prasidėjus gamybos procesams. Apie norimus pakeitimus, naudojant išmaniuosius įrenginius, vartotojas praneštų ne įmonės vadybininkui, o tiesiogiai gamybinių įrengimų sistemai, kuri modifikuotų procesus. Tačiau leidimas klientui dalyvauti tiesiogiai gamybos procese nėra pakankamai aiškus, nėra užtikrinimo, ar tai netrikdytų veiklos.

Išmaniai veiklai užtikrinti, gamybos procese gali būti taikoma ir 3D spausdinimo technologija. Kaip teikia Schwab (2017), pastarasis įrenginys, įmonėje, kuri gamina didelius kiekius produkcijos, gali būti naudingas gaminant mažo tūrio atskiras dalis. Padidinama galimybė visas produkto dedamąsias pasigaminti įmonės viduje. 3D spausdinimo gamybos būdas yra itin efektyvus, kadangi vykdomas tik vienas gamybinis veiksmas, kai tuo tarpu įprastoje dabartinėje tradicinėje gamyboje produkto realizavimui reikia atlikti daug skirtingų veiksmų. 4 paveiksle pateiktas pavyzdys, atskleidžiantis atskirus gamybos proceso žingsnius, taikant 3D spausdinimo technologiją (A) ir tradicinę gamybą (B). 3D spausdinimo atveju, egzistuoja keturi žingsniai: virtualioje realybėje sukuriama brėžinys, atspausdinama ir, jei naudojamos skirtingų rūšių žaliavos, atliekamas surinkimas. Taip pat gali būti poreikis ir atspausdintą daiktą nušlifuoti, nupoliruoti, kad paviršius būtų lygesnis, tačiau tikima, kad šis 3D spausdinimo trūkumas (nelygūs paviršiai) greitu metu bus panaikintas dėl spartaus technologijų tobulėjimo. Tuo tarpu tradicinės gamybos būdu yra atliekama kur kas daugiau operacijų, kadangi reikalinga medžiagos forma turi būti suformuojama, atliekami suvirinimo, šlifavimo, atskirų detalių montavimo darbai. Galima teigti, kad pridėtinės gamybos atveju produkto realizavimo procesas kur kas trumpesnis, kas formuoja aukštesnį efektyvumo lygį. Taip pat kaip pabrėžia Mahr, Khan (2015), gaminio realizavimas gali būti įvykdytas žemesniais kaštais, kadangi nėra jokių atliekų, nes nevykdomos tokios operacijos, kaip pavyzdžiui, pjaustymas. Taip pat susidaro ir žemesni pastovieji kaštai, kadangi nereikia specializuotų liejimo formų skirtingų formų gaminiams išgauti, atskirų įrengimų skirtingoms operacijoms atlikti, dėl ko paprastai susidaro didelės nusidėvėjimo, eksploatacinės sąnaudos.

A (pridėtinė gamyba):



B (tradicinė gamyba):



4 pav. Pridėtinės ir tradicinės gamybos būdų palyginimas (adaptuota pagal Attaran (2017))

Visgi, kol nėra panaikinti 3D spausdinimo technologijų trūkumai, tokie kaip lėtas procesas, kadangi vienu metu gaminamas tik vienas daiktas, kai linijinėje gamyboje vienu metu gali būti gaminamas itin didelis kiekis gaminių, ar visgi papildomo apdirbimo poreikis, labiau rekomenduotina naudoti šią įrangą tokioms įmonėms, kurios orientuojasi į individualių užsakymų įvykdymą. Žinoma, ateityje ši technologija tik tobulės, dėl ko pritaikomumas skirtingose veiklose turėtų išaugti.

Be įrengimų tarpusavio komunikavimo ir autonominio sprendimų priėmimo galimybių, svarbus aspektas gamybos procese yra ir pačios informacijos rinkimas bei apdorojimas (Liu ir kt., 2016). Naudojant jutiklius galima nustatyti skirtingus signalus iš gamybos aplinkos (temperatūra, drėgmė), įvertinti įrengimų veikimo padėtį (galia, greitis) ar produkto kokybę (savybės, gaminio paviršiaus būklė). Išnaudojant daiktų interneto galimybes, tiek patys įrengimai, tiek veiklą stebintys darbuotojai gali būti informuoti apie daugelį gamyboje vykstančių reiškinių. Tai leidžia valdyti procesus, užtikrinti veiklos efektyvumą bei kokybę.

Dar vienas svarbus išskirtas vertės kūrimo etapas yra ir produkcijos pristatymas klientui. Gamybinė įmonė gali naudotis krovinių transportavimo paslaugomis arba turėti savo krovinius automobilius, kurie nugabena pagamintus produktus klientams. Jei įmonė su savo nuosavomis transporto priemonėmis veža produkciją, tuomet tampa svarbi ir pramonės skaitmenizacijos suteikiama galimybė tiksliai planuoti optimaliausius maršrutus. Tai atliktų kompiuterinės sistemos. Taip pat, egzistuojantis elementas, užtikrinantis kontrolę, yra tada, kai jau kraunant pagamintas prekes į transporto priemones, sistema gali nustatyti, kad ne ta prekė yra išgabenta iš sandėlio, kuri buvo nurodyta atitinkamuose užsakymuose, ir sistema darbuotoją įspėja apie klaidą (Wang ir kt., 2015). Taip pasiekama automatinė prekių pakrovimo tikslumo kontrolė. Žinoma, pasak Barreto, Amaral ir Pereina (2017), kontrolę užtikrina ir galimybė stebėti krovinio buvimo vietą realiu laiku, įsitikinant, ar produktas tikrai pasiekė klientą. Aktualus pasikeitimas gali būti ir darbuotojų, vairuojančių transporto priemones, atsisakymas, jei įmonė nuspręstų įsigyti automobilius, kurie geba savarankiškai nuvykti iš vienos vietos į kitą. Visgi, paskutiniojo elemento populiarumas ir paplitimas yra tolimesnės ateities reiškinys.

Kaip paskutinis įmonės vertės kūrimo etapas, kurį veikia skaitmenizacijos technologijos, buvo išskirtas grįžtamasis ryšys iš vartotojų. Atskiros technologijos leidžia sukurti išmanų produktą, į kurį įmontuojami atitinkami prietaisai. Pastarieji, jau po gaminio pardavimo galutiniam vartotojui, gali suteikti gamintojui informaciją apie produkte pakeistas dalis, susidėvėjimo lygį, panaudojimo dažnumą ar perdirbimą. Remiantis surinktais duomenimis, įmonė gali stebėti gaminio panaudojimą, kas leidžia išleisti mažiau lėšų analizėms, bandymams tobulinti gaminį, kadangi duomenų surinkimo dėka atsiranda aiškumas, kokie konkretūs trūkumai ir ką reiktų patobulinti.

Norint suteikti aiškumo, kurios aptartos technologijos kuriuos išskirtus gamybinės įmonės procesus veikia, 2 lentelėje pateikiama priklausomybės schema tarp skirtingų skaitmenizacijos technologijų ir atskirų procesų. Taip atskleidžiama ir kurios technologijos turės didžiausią poveikį atskiriems gamybos procesams. Procesai yra detalizuojami, išskiriant esminius veiksmus.

2 lentelė. Išmanios gamybos technologijų ir atskirų procesų priklausomybė

	Virtuali/papildyta realybė (virtual/augmented reality)	Jutikliai, RFID (sensors)	Daiktų internetas (internet of things)	Mašininis mokymasis (machine learning)	Robotika (robotics)	3D spausdinimas (additive manufacturing)
Produkto dizaino kūrimas	X					
Sistema suplanuoja, kuriuos įrengimus optimaliausia naudoti naujo gaminio gamybai.		X	X	X		
Realaus laiko žaliavų, pagamintų produktų judėjimo stebėjimas.		X	X			
Įranga siunčia signalą darbuotojui apie žaliavų poreikį.		X	X	X		
Įranga pateikia žaliavų užsakymą tiekėjui.			X	X		
Atliekamas gamybinių įrengimų monitoringas.		X	X	X		
Įranga, aptikusi gedimą, automatiškai stabdo veiklą.			X	X		
Įranga geba persikonfigūruoti.			X		X	X
Išmaniojo produkto stebėjimas.		X	X			

Kaip galima pastebėti (žr. 2 lentelę), didžiausią įtaką atskiriems procesams turi daiktų internetas. Jis įgalina informacijos perdavimą apie žaliavų, pagamintos produkcijos judėjimą. Taip pat sujungia atskirus įrengimus, kurie geba atlikti techninę priežiūrą, numatyti gedimus. Tikslingą gamybos planavimą, įrengimų monitoringą, sprendimus dėl reikalingo žaliavų kiekio sandėlyje numatymo užtikrina mašininio mokymosi technologija. Tarp technologijų yra atskirai išskirti ir jutikliai su radijo dažnio identifikavimo įrenginiu, kadangi tai yra svarbi sistemos dalis, renkanti reikalingus duomenis. Tuo tarpu robotika ir 3D spausdinimo technologija yra fiziniai įrengimai, įgalinantys tiksliau bei lanksčiau vykdyti gamybines operacijas. Pagrindinis išmaniosios gamybos bruožas yra komunikacija tarp skirtingų objektų, sujungtas, tarpusavyje bendraujantis gamybos procesas. 2 lentelėje nėra atskirai kaip technologijos išskirtos kibernetinės fizinės sistemos, kadangi tai yra daugiau terminas, apibūdinantis atskirų technologijų apjungimą.

Apibendrinant galima teigti, kad ketvirtosios pramonės revoliucijos siūlomų technologijų panaudojimo gamybos procesuose potenciali nauda gali būti aiškiai pastebima. Skaitmenizacijos dėka mažas kiekis produktų gali būti pagamintas kur kas efektyviau, nes prisitaikyti prie naujo gaminio kur kas lengviau. Surinktų duomenų, nuolatinės priežiūros dėka galima palaikyti stabilią gaminių kokybę. Reikalingos žaliavos tiksliai nustatomos, galimus perteklius pašalinant. Išmanieji įrenginiai veikia tiksliau, efektyviau, kas gali mažinti energijos suvartojimą. Surenkama ir apdorojama realaus laiko informacija apie įrengimus, produktus ir visą gamybos procesą leidžia priimti efektyvius sprendimus

per kur kas trumpesnę laiką. Pritaikius atskirus išradimus gamybos procesas galimai gali sutrumpėti, tapti kur kas lankstesnis. Kaip buvo galima pastebėti, neretai, aptariant atskirų technologijų įtaką organizacijos gamybiniam procesams, naudojamas efektyvumo terminas. Siekiant aiškiai suvokti efektyvumo sąvokos koncepciją šio darbo kontekste, toliau yra analizuojami veiklos efektyvumo pagrindiniai principai.

2.3. Veiklos efektyvumo ir jo vertinimo teoriniai aspektai

2.3.1. Veiklos efektyvumo samprata

Aukštas generuojamų pajamų lygis iš parduodamos produkcijos ar teikiamų paslaugų klientams yra gana svarbus sėkmingos įmonės veiklos rodiklis, tačiau neatskleidžia tikrosios įmonės finansinės situacijos. Svarbiausias finansinis rodiklis yra pelningumas, kurio augimą gali lemti ir vykdomos veiklos efektyvumo tobulinimas. Mokslinėje literatūroje galima rasti skirtingų veiklos efektyvumo sąvokos interpretacijų. Pagal ekonomikos terminų žodyną (2005) veiklos efektyvumo sąvoka yra apibrėžiama kaip išteklių panaudojimo veiksmingumas, kai norimas rezultatas pasiekiamas mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis. Tai siekimas gauti kuo didesnę naudą, kuo tikslingiau paskirstant turimus išteklius. Vaitkevičiūtė (2007) iš dalies pritaria tokiam efektyvumo sąvokos apibūdinimui ir teigia, kad tai galutinių rezultatų ir patiriamų sąnaudų palyginimo laipsnis. Kiekviena įmonė turi stebėti, kaip skirsto pinigines lėšas, ar išlaidos kontroliuojamos tinkamai, nes gali būti, kad kaštai susidaro nepamatuotai, galbūt neįvertinus mažesnių finansinių išlaidų reikalaujančių alternatyvų. Galima išskirti susidarančių kaštų matavimą, paskirstymą ir kontrolę, kas leidžia didinti veiklos rezultatus. Tuo tarpu Galinienė (2007) veiklos efektyvumą apibrėžia kur kas plačiau, teigdama, kad tai kompleksinė priemonė, vertinanti bendrai įmonės veiklos kokybę ir vidinį potencialą, atsižvelgiant į finansinius rezultatus, klientus, žmogiškuosius išteklius ir visą visuomenę. Tai gana platus apibūdinimas, apimantis įvairias sritis, analizuojant, ar organizacijos teikiama paslauga ar prekė tenkina vartotojų poreikius, kaip valdomas personalas, ar gebama kontroliuoti įmonės reputaciją, įvaizdį.

Autoriai Mackevičius, Giriūnas ir Valkauskas (2014) susiaurina veiklos efektyvumo sąvokos pritaikymo sritį ir koncentruojasi konkrečiai į gamybos procesą. Šių autorių teigimu, efektyvumas yra racionalus lėšų cirkuliavimas gamybos procese, kuris užtikrina trumpą gamybos proceso ciklą. Vėlgi, yra orientuojamasi į sąnaudų susidarymo kontrolę. Įmonė turi siekti, kad būtų patiriami kuo mažesni kaštai juos kontroliuojant pagal numatytus tikslus. Privaloma aiškiai nustatyti turto investicijų ar atsargų poreikio sandėlyje lygį, įvertinant, ar galimai padidinamas gamybos proceso našumas su galimybe mažinti kaštus, ar užtikrinama sklandi gamyba.

Iš tiesų, apibendrinant būtų galima teigti, kad veikla, kurios efektyvumas analizuojamas, gali būti labai įvairi. Gali būti kalbama apie bendrą visos įmonės veiklą, taip pat ir apie atskirų padalinių darbą, gamybos, atliktų skirtingų operacijų ar įrengimų veikimo efektyvumą, o jau pati įmonė pagal savo poreikius ir tikslus nusprendžia, kurias dalis analizuoti ir tobulinti. Svarbiausia yra tai, kad įmonės veiklos efektyvumas siejasi su vertės kūrimo procesu, jo tobulinimu didinant naudą, tačiau gebant racionaliai naudoti turimus išteklius, pamatuotai siekiant iki minimalaus lygio sumažinti bet kokią galimą eikvojimą.

Galimai skirtingas veiklos efektyvumo sąvokos supratimas bei galimybė pritaikyti skirtingose įmonės veiklos srityse lėmė ir atskirų rūšių išskyrimą. Dar 2005 metais Lukoševičius, Martinkus ir Piktys išskyrė ir apibūdino keturis efektyvumo tipus:

- Technologinis efektyvumas. Naudojant tą pačią gamybos technologiją pagaminamas tas pats kiekis gaminių, tik mažesnėmis sąnaudomis. Nėra vykdoma naujų investicijų, o priimami valdymo, kontrolės sprendimai, diegiami atskiri metodai, kuriais remiantis gebama sunaudoti mažiau materialinių, finansinių ar darbo išteklių.
- Ekonominis efektyvumas. Aukštesni įmonės veiklos rezultatai, kurie gali būti pasiekiami patiriant mažesnes sąnaudas. Pagrindinė orientacija yra į taupymą.
- Alokacinis efektyvumas. Suderintas gaminių derinys, kurį galima pagaminti žemiausiais kaštais, optimaliai paskirsčius išteklius. Tų gaminių, kurie reikalauja neįprastų, papildomų išlaidų reikalaujančių operacijų, ir jei nėra aukštas paklausos lygis, gamybos galimai reikia atsisakyti.
- Ekologinis efektyvumas. Technologinių procesų suderinimas, naudojant naujausias, mažiausiai taršai įtakos turinčias technologijas.

Veiklos efektyvumo lygio augimą ar mažėjimą gali lemti tam tikri veiksniai, kurie turi būti identifikuojami ir analizuojami, kad būtų galima priimti atitinkamus valdymo sprendimus. Jefimovas (2008) skirsto veiklos efektyvumą lemiančius veiksnius į vidaus ir išorės. Vidaus veiksniai apima įmonėje priimamus sprendimus, kurie turi įtakos vykstantiems procesams. Procesai gali būti susiję su vidaus socialine ar organizacine aplinka, kur apibrėžiami darbo santykiai, bendroji tvarka ar tarpusavio darbuotojų bendradarbiavimas. Taip pat svarbios ir informacinės galimybės, turima informacija ir jos panaudojimo galimybės. Gamybinės įmonės atveju aktualiausi sprendimai susiję su pačiu gamybos procesu, naudojamomis žaliavomis, įranga ar technologijomis. Tuo tarpu išorės veiksnių pokyčiams įmonė įtakos neturi. Tai gali būti politiniai, ekonominiai sprendimai, priimanos reformos, kurios gali paveikti vykdomo verslo sektorių. Visgi, siekiant veiklos efektyvumo didinimo, labiau reikšmingi yra vidiniai veiksniai. Rinkos sąlygos visoms komercinę veiklą vykdančioms organizacijoms yra panašios, galioja tie patys įstatymai, tačiau aukštesnis konkurencingumas rinkoje, bendras vykdomos veiklos pelningumas yra lemiamas įmonės viduje priimamų sprendimų.

Šlekienė ir Klimavičienė (1999) kiek konkrečiau įvardina atskirus efektyvumo augimą galinčius lemti veiksniai:

- Mokslo pažanga ir techninis gamybos tobulinimas;
- Darbo planavimo bei gamybos organizavimo lygis;
- Valdymo organizavimas;
- Socialinių sąlygų sudarymas ir darbo jėgos panaudojimas;
- Gamtinės sąlygos ir išteklių išnaudojimas;
- Tarptautinės verslo sąlygos ir jų panaudojimas.

Norvaišienė ir Krušinskas (2008) teigia, kad investicijas į technologinę pažangą galima laikyti vienu iš pagrindinių įmonės vidaus aplinkos efektyvumo veiksnių. Naujausios technologijos gali pagerinti gaminamų produktų kokybę, sutrumpinti gamybos ciklą, padėti racionaliau naudoti tiek finansinius, tiek žmogiškuosius ir kitus organizacinius išteklius. Kokią reikšmę, didesnę ar mažesnę, gali turėti naujausių technologijų įdiegimas veiklos efektyvumui priklauso nuo įmonės veiklos specifikos, ar gebama maksimaliai tai išnaudoti. Visgi, Hussey ir Ong (2012) teigia, kad prieš diegiant įmonės veikloje naujas technologijas, būtina tiksliai įvertinti, ar tikrai nauda yra pakankama, kad padengtų pradinę investicijos kainą, naujų sistemų išlaikymą, priežiūrą. Tai yra rizikingas, daug lėšų reikalaujantis projektas, kuris gali ir neatsipirkti.

Investicijos į naujas technologijas gali būti orientuotos į naujų gaminių gamybos pradžią ar jau esamo produkto gamybos proceso tobulinimą, kas turėtų padidinti našumą bei sumažinti veikloje patiriamus kaštus. Aukštesnis vykdomos veiklos našumo lygis yra priemonė efektyvumui padidinti, o mažesni kaštai yra augančio efektyvumo lygio rezultatas. Gamyboje pasiekiamas proceso našumas gali būti suprantamas kaip produkcijos apimtys ir dėl gamybos veiksmų susidarančių sąnaudų santykis. Dar kitaip tai gali būti vadinama darbo našumu, kuris, kaip apibūdina Jovaiša (2007), yra vieno darbuotojo per vieną dirbtą valandą sukurta pridėtinė vertė. Atliekamos operacijos turi būti optimizuojamos taip, kad produkcija būtų kiek įmanoma aukštesnės kokybės, o jai pagaminti reikėtų kuo mažiau laiko ar žaliavų. Tai lemia patiriamų kaštų sumažėjimą. Dėl našumo atsiranda galimybė sumažinti naudojamų įrengimų išlaikymo, elektros ar darbo užmokesčio išlaidas, jei mažinamas darbuotojų skaičius, kai sumažėja fizinės jėgos poreikis. A. Wileman (2009) pritaria, kad įmonė turėtų diegti naujas technologijas, automatizuoti gamybos procesą, kad darbuotojų poreikis būtų kuo mažesnis. Tai leistų sumažinti ir kaštus, atsirandančius dėl klaidų, dėl kurių susidaro žaliavų gadinimas, didinama produkcijos broko tikimybė.

Gamybinė įmonė gali susidarančius kaštus valdyti ne tik didinant darbo našumą, bet ir įgyvendindama kitus sprendimus. Būtina ne tik įvertinti, ar žaliavos yra naudojamos gamyboje tinkamai, tačiau ir sugebėti prižiūrėti ir valdyti jų kiekį. Pasak Popovo (2013), įmonė turi siekti atsargų optimizavimo, mažinti jų kiekį sandėlyje, nustatant tinkamiausią atsargų poreikį pagal egzistuojančią

produkcijos paklausą. Tai leistų sumažinti investicijas į atsargas ir pinigines lėšas būtų galima panaudoti kitais tikslais, taip pat sumažėtų sandėliavimo sąnaudos bei rizika, susidaranti dėl galimo nuostolio dėl žaliavų tinkamumo naudoti laikotarpio pasibaigimo. Žinoma, atskirų sričių, kur būtų galima sumažinti patiriamus kaštus egzistuoja tikrai ne viena, organizacijos tik turi analizuoti savo veiklą ir ieškoti galimų patobulinti sričių. Maksimalus efektyvumo lygis yra laikomas pasiektu, kai nebeįmanoma nieko pakeisti taip, kad, nepatiriant papildomų kaštų, dar atsirastų galimybė padidinti vienos rūšies gaminamos produkcijos kiekį, nemažinant kitų gaminių gamybos. Įmonės turėtų nusistatyti tikslą siekti maksimalaus efektyvumo lygio.

Apibendrinant galima teigti, kad mokslinėje literatūroje veiklos efektyvumas yra apibūdinamas kaip gebėjimas pasiekti maksimalius rezultatus kontroliuojant procesus taip, kad operacijos būtų vykdomos sklandžiai, tačiau taip pat patiriant ir kuo mažesnius kaštus. Analizuojant atskirus veiklos efektyvumą lemiančius veiksnius buvo nustatyta, kad padidinti našumui tinkamas sprendimas galėtų būti naujų technologinių inovacijų diegimas, kas galimai leistų sumažinti kaštus ne tik darbo užmokesčio, bet ir kitose veiklos srityse. Kad sužinoti, jog iš tikrųjų veiklos efektyvumas yra didinamas, reikia atlikti jo vertinimą. Tai galima įgyvendinti taikant atskirus teorinius metodus, kuriais remiantis atsiranda galimybės nustatyti problemines procesų sritis, egzistuojančio efektyvumo lygį. Kad šiame darbe būtų galima tai padaryti, toliau analizuojami atskiri veiklos efektyvumo vertinimo metodai, jų pagrindiniai principai, teoriniai pritaikymo ypatumai.

2.3.2. Veiklos efektyvumo vertinimo metodai

Veiklos efektyvumo vertinimas – procesas, kurio metu gauta informacija suteikia galimybę daryti išvadą apie nagrinėjamos įmonės veiklos rezultatyvumą, identifikuojant šiam rodikliui turinčius įtakos teigiamus ir neigiamus egzistuojančius veiksnius (Slatkevičienė, Vanagas, 2001). Nustačius atskirus veiksnius galima nustatyti ir problemines sritis, kurių valdymui reikia skirti papildomą dėmesį. Analizuojama informacija gali būti įvairaus pobūdžio, priklausomai nuo to, ką organizacija nori įvertinti, ar visos veiklos bendrą efektyvumą, ar atskirų veikiančių padalinių, atskirų gaminamų produktų, vykdomų projektų ir panašiai.

Pasak Popovo (2013), tikslingam įmonės veiklos efektyvumo įvertinimui yra reikalingi ne tik finansiniai rodikliai, gauti rezultatai, bet ir nefinansiniai rodikliai. Finansiniai rodikliai apibrėžia jau įmonėje vykdomų procesų padarinius, o nefinansiniai rodikliai apibrėžia šių rodiklių susiformavimo priežastis. Pasitelkiant tradicinės buhalterinės apskaitos nurodymus galima tiksliai nustatyti gaminamos produkcijos tiesioginius ir netiesioginius kaštus, tačiau nėra skatinama pastarųjų siekti tiksliai paskirstyti atskiriems gaminamiems produktams. Atskiri rodikliai, tokie kaip apskaičiuoti kaštai ar pelnas, yra naudojami finansinei atskaitomybei sudaryti pagal apskaitą reglamentuojančius įstatymus bei standartus. Naudojant sudarytas ataskaitas, norint įvertinti veiklos efektyvumą, neretai

skaičiuojami atskiri finansiniai santykiniai rodikliai, kuriuos galima analizuoti pagal palyginamumo principą. Visgi, tokia informacija nėra pakankama strateginiam planavimui ir įmonės valdymo sprendimų priėmimui. Dėl šios priežasties egzistuoja ir valdymo apskaita, kuri nėra reglamentuota, o visiškai priklauso nuo organizacijų individualių poreikių (Lakis, Mackevičius, Gaižauskas, 2010). Kiekviena organizacija gali naudoti savitą veiklos efektyvumo vertinimo sistemą, sukurtą remiantis skirtingais mokslinės literatūros siūlomais teoriniais veiklos vertinimo metodais ir modeliais. Atskiri modeliai turėtų būti modifikuoti, atsižvelgiant į prieinamą informaciją, išrenkant svarbiausius, aktualiausius ypatumus, kurie gebėtų geriausiai atspindėti analizuojamos veiklos specifiką (Popovas, 2013).

Šiame darbe pristatomi keli iš mokslinėje literatūroje siūlomų teorinių veiklos efektyvumo vertinimo metodų. Orientuojamasi į valdymo apskaitą. Taip pat išskiriami tie metodai, kurie, šio darbo autorės nuomone, yra ypač aktualūs gamybinėms įmonėms ir gali būti tiesiogiai siejami su gamybos procesu, gaminamo produkto vertės kūrimu.

Pirmasis analizuojamas metodas yra **apribojimų teorija** (angl. *Theory of Constraints, TOC*), kuri XX amžiaus aštuntame dešimtmetyje buvo sukurta mokslininko Goldratt. Teorijos esmė yra ta, kad kiekviena sistema visada turi bent vieną apribojimą, kuris mažina viso vykdomo proceso efektyvumą. Šios teorijos tikslas – eliminuoti identifikuotus apribojimus. Modelio įgyvendinimas yra apibrėžtas penkiais etapais:

1. Nustatyti analizuojamos sistemos veikimo trūkumą – apribojimą;
2. Nuspręsti, kaip eliminuoti apribojimą;
3. Įgyvendinti apribojimo pašalinimo numatytus sprendimus;
4. Likvidavus apribojimą grįžtama vėl prie pirmojo etapo.

Kaip galima pastebėti, pirmiausia vykdomoje veikloje yra identifikuojamas trūkumas, lemiantis žemesnį efektyvumo lygį, tuomet ieškoma būdų, kaip jį pašalinti. Ketvirtasis išskirtas įgyvendinimo eigos punktas „Likvidavus apribojimą grįžtama vėl prie pirmojo etapo“ sudaro nuomonę, kad pasiekti absoliutų efektyvumą yra neįmanoma, kadangi visada gali būti randami vis kiti apribojimai.

Patys galimi identifikuoti apribojimai yra skirstomi į vidinius ir išorinius. Vidiniai apribojimai gali būti techninio ir vadybinio pobūdžio. Autoriai Lakis ir kt. (2010) pateikia pavyzdį, susijusį su gamyba, ir teigia, kad technologiniai apribojimai gali susidaryti dėl turimų per mažų gamybinių pajėgumų, o vadybiniai – dėl netinkamų sprendimų, susijusių su gamybos organizavimu. Jei naudojami įrenginiai yra skirtingų pajėgumų, vienas veikia lėčiau nei kiti, tuomet ilgėja visas gamybos procesas, gali atsirasti atskirų įrenginių prastovos. Tuo tarpu išoriniai apribojimai susiję su egzistuojančia pasiūla ir paklausa. Pasiūlos atveju galimas pateikti pavyzdys – kai nėra galimybės įsigyti tiek medžiagų, koks yra poreikis, o paklausos atveju – gamybiniai pajėgumai nėra maksimaliai išnaudojami, egzistuoja prastovos dėl per mažos gaminamos produkcijos paklausos rinkoje.

Egzistuoja ir tam tikri aptariamo metodo trūkumai. Teigiama, kad apribojimo teorijos įgyvendinimo metu gautais rezultatais galima remtis tik priimant trumpalaikius sprendimus. Taip pat pakankamai mažas rodiklių skaičius, dėl tos priežasties analizė gali būti per menkai pagrįsta, kad organizacijos vadovai galėtų ryžtis priimti svarbius, ženklus pokyčius galinčius lemti sprendimus (Lakis ir kt., 2010).

Sekantis analizuojamas veiklos efektyvumo vertinimo metodas yra **veiklomis grįstas kaštų valdymas** (angl. *activity based costing, ABC*). Šį metodą pirmą kartą išdėstė Johnson ir Kaplan 1987 metais. Reikalingumas buvo nustatytas dėl augančios automatizacijos gamyboje, dėl ko didėja pridėtinės išlaidos, kurios nepriklauso tiesiogiai nuo gaminamo produkcijos kiekio. Tikslas buvo pasiūlyti tikslingesnę modelį, kaip paskirstyti netiesioginius kaštus atskiriems gaminiams ir išsiaiškinti atskiro produkto pagaminimo kainą bei duodamą pelną. Pagrindinis skirtumas tarp tradicinio ir veikla grįsto kaštų apskaitos metodo yra tas, kad tradicinis kaštų metodas teigia, jog sąnaudas sukuria gaminamas produktas, o aptariamasis efektyvumo vertinimo metodas - kaštus sukuria atskiros vykdomos veiklos (Lakis ir kt., 2010).

Išskiriami veiklomis grįsto kaštų valdymo įgyvendinimo etapai:

1. Nustatyti vykdomo proceso pagrindines veiklos sritis;
2. Nustatyti išlaidų nešiklius kiekvienai veiklos sričiai;
3. Nustatyti išlaidų centrus kiekvienai veiklos sričiai;
4. Apskaičiuoti atskirų gaminamų produktų savikainą.

Nustatomos veiklos sritys turėtų būti tokios, kuriose susidaro daugiausia pridėtinių išlaidų ir kurios yra naudingos produkcijos gamybos procesui. Nešikliai yra nustatomi remiantis atskiros veiklos rūšies būdingiausia ypatybe. Tuomet apskaičiuojama išlaidų nešiklio savikaina: visos tam tikros veiklos pridėtinės išlaidos dalijamos iš išlaidų nešiklio apimtys, išreikštos skirtingais, pasirinktais mato vienetais. Tada pagal centrus yra išskirstomos pridėtinės išlaidos atskiriems analizuojamiems gaminiams.

Pritaikius veiklomis grįstą kaštų valdymo metodą atsiskleidžia gaminiai, kuriuos apsimoka gaminti, nes jie pelningesni, ir kurios mažiau arba visai reikėtų atsisakyti jų gamybos. Galima svarstyti apie gaminamų produktų derinio koregavimą ar ieškoti būdų sumažinti kaštus. Turi būti siekiama mažinti tas veiklas, kurios neprideda produktui realios vertės. Taip pat norint sumažinti savikainą reikia siekti sutrumpinti laiką ar sumažinti pastangas, reikalingas atskirai veiklai atlikti.

Šis metodas turi ir tam tikrų trūkumų. Pasak Kaplan ir Anderson (2007) šio metodo įgyvendinimas organizacijoje yra pakankamai brangus dėl nuolatinio duomenų kaupimo ir apdorojimo. Aptariamasis metodas neatsižvelgia į nepanaudotus pajėgumus, sudėtinga atnaujinti ir priderinti prie besikeičiančių gamybinių procesų, vidinės verslo aplinkos. Taip pat pakankamai sudėtinga

įgyvendinti organizacijos veikloje dėl skirtingų vykdomos gamybos etapų ir procesų ar didelės skirtingų gaminamų produktų įvairovės.

Siekiant išspręsti išvardintus veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo trūkumus 2007 metais Kaplan ir Anderson pristatė patobulintą metodo versiją, kuris vadinamas **laiku paremtas veiklomis grįstas kaštų valdymas** (angl. *time based activity based costing, TDABC*). Teigiama, kad šis metodas padeda lengviau identifikuoti veiklas, kurių vykdymas daugiausiai reikalauja netiesioginių gamybos kaštų.

Bruggeman (2007) išskyrė šiuos laiku paremto veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo įgyvendinimo organizacijoje etapus:

1. Identifikuoti atskirų išteklių grupes, kurios vykdo veiklą;
2. Įvertinti kiekvienos išteklių grupės kaštus;
3. Nustatyti kiekvienos grupės pajėgumus;
4. Apskaičiuoti kiekvienos išteklių grupės vieneto kaštus, visos išteklių grupės kaštus padalijant iš faktinių pajėgumų.
5. Nustatyti, kiek laiko reikia kiekvienai veiklai atlikti, naudojant parinktus laiko nešiklius.
6. Vieneto kaštus padauginti iš laiko, skiriamo atskiram produktui pagaminti.

Pagrindinis skirtumas tarp šių dviejų susijusių metodų yra tai, kad naujesniame, laiku paremto veiklomis grįsto kaštų valdymo metode organizacijoje yra prognozuojamas, planuojamas išteklių poreikis kiekvienai veiklai ar produktui, o tradiciniame, veiklomis grįsto kaštų valdymo modelyje išteklių kaina pirmiausia priskiriama prie vykdomų veiklų ir tik tada prie produktų. Taip pat naujesniojo modelio kaip privalumas yra akcentuojamas laiko aspektas.

Paskutinis šiame darbe aptariamas metodas yra **tikslinis kaštų valdymo metodas** (angl. *target costing, TC*), kurį Sani ir Allahverdizadeh (2012) apibūdina kaip pelno planavimo ir kaštų kontrolės vykdymo sistemą, kuri remiasi produkto pardavimo kaina, vartotojų poreikiais bei naujo produkto kūrimu ir gamybos pradžia.

Išskiriami šio metodo įgyvendinimo proceso etapai:

1. Apsvarstyti finansinius organizacijos tikslus;
2. Nustatyti galimą produkcijos paklausą;
3. Svarstant naujo produkto gamybos pradžia, įvertinti produkto gamybos procesus ir potencialius kaštus;
4. Nustatyti tikslinę produkto kainą, kokią vartotojas būtų pasiryžęs mokėti už gaminį;
5. Nustatyti tikslinius produkto kaštus, kurie įvertinami iš tikslinės kainos atėmus norimą uždirbti pelną;
6. Paskaičiuoti reikalingus naujam produktui pagaminti kaštus.
7. Ieškoti būdų, kaip sumažinti kaštus, jei apskaičiuoti kaštai viršija tikslinius kaštus.

Tikslinio kaštų valdymo metodo esmė yra ta, kad įmonė turi aktyviai analizuoti rinką, tiksliai išsikelti tikslus, kad galėtų planuoti norimą uždirbti pelną nuo kiekvieno gaminamo produkto. Jei organizacija nusprendžia modifikuoti atskirą gaminį, pagerinti kokybę ar pradėti visai naujų gaminių gamybą, privaloma ieškoti tol kaštų mažinimo alternatyvų, kol pasiekiamos planavimo etape nusistatytos sumos. Jei tikslinių sumų pasiekti nepavyksta, tuomet reikia persvarstyti pokyčių, susijusių su gaminių kūrimu, poreikio reikalingumą. Vadovaujamosi koncepcija, kad vartotojų poreikiai auga ir įmonė turi dėti visas pastangas, kad juos patenkintų, tačiau būtina išlaikyti kuo mažesnius kaštus, nes ir vartotojas nenori už prekę mokėti daugiau.

Vienas iš išskiriamų tikslinio kaštų valdymo metodo trūkumų yra tai, kad efektyvus pritaikymas reikalauja itin detalios, išvystytos patiriamų ir prognozuojamų kaštų analizės. Taip pat gali būti, jog siekiant kiek tik įmanoma daugiau sumažinti patiriamas išlaidas, kad būtų gaunamas norimas pelnas, visgi gali nukentėti siūlomo produkto kokybė ir reikalavimas, kad maksimaliai turi būti patenkinti vartotojų poreikiai, tampa neįgyvendintas.

Visuose aptartuose metoduose yra pabrėžiama būtinybė analizuoti kaštus, pagal gautus rezultatus įvertinti neigiamus veiksnius ir ieškoti būdų, kaip problemines vietas pašalinti, kad būtų galima padidinti veiklos efektyvumą. Visgi, kiekvienas metodas, jo įgyvendinimas gali būti modifikuojamas kiekvienos organizacijos pagal savo specifiką, turimus poreikius. Organizacijų vadovai gali pasirinkti, kokiose srityse, kaip dažnai ir detalai turėtų būti atliekami matavimai ir jais remiantis priimti atitinkamus valdymo sprendimus.

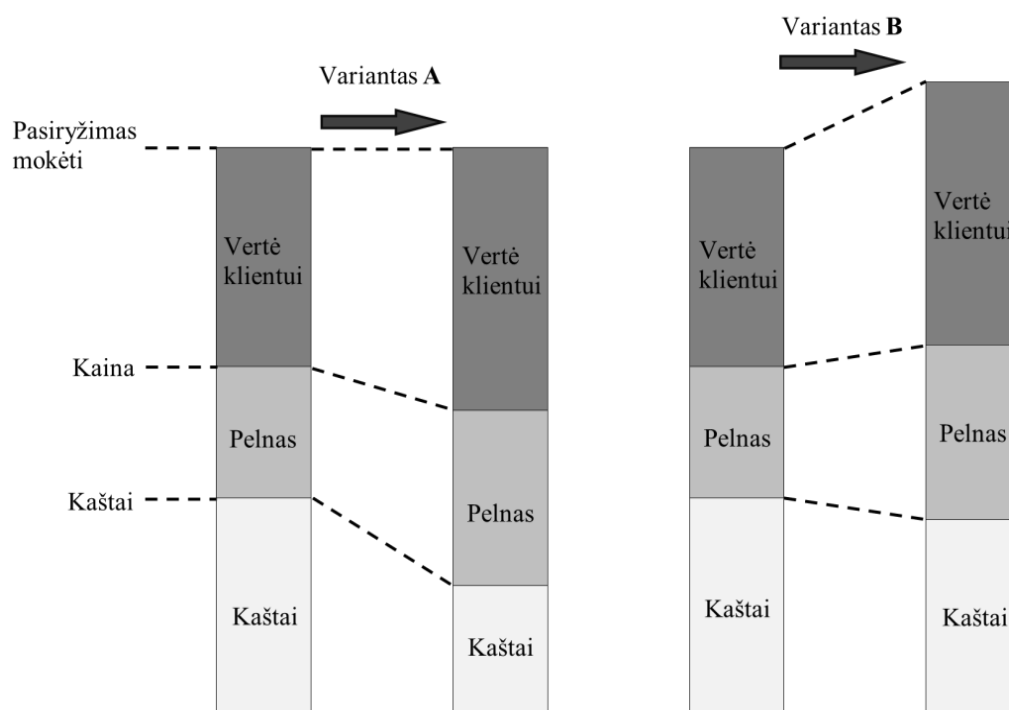
2.3.3. Pramonės skaitmenizacijos įtaka veiklos efektyvumui ir jo vertinimui

Organizacijos, norėdamos išlaikyti kuo didesnę vykdomos veiklos pelningumą, turi siekti padidinti veiklos efektyvumo lygį. Tokiu būdu, nedidinant parduodamos prekės kainos, galima padidinti veiklos rezultatus. Išlaikyti aukštą vykdomos veiklos efektyvumo lygį galima nuolat tobulėjant, gebant reaguoti ir adaptuotis prie besikeičiančių aplinkos sąlygų. Dabartinis aplinkos pokytis, iš esmės galintis pakeisti gamybinių įmonių procesus, yra pramonės skaitmenizacija. Remiantis tuo, kas buvo aptarta 2.2. poskyryje apie skaitmenizacijos technologijų pritaikymą gamybinės įmonės veikloje, galima teigti, kad naujausių technologijų dėka įmonės veiklos efektyvumas gali išaugti dėl lanksčios gamybos, kadangi įrengimai geba prisitaikyti prie skirtingų produktų gamybos. Tai didina našumą, mažina prastovas, susidarančias dėl skirtingų įrengimų naudojimo ir sudėtingumo juos suderinti tarpusavyje. Mažėja ir broko tikimybė, žaliavų švaistymas, kadangi įrengimai turi galimybę patys numatyti potencialius gedimus ir laiku sustoti veikti. Taip pat svarbus efektyvumą didinantis elementas yra tikslinga žaliavų užsakymo, sandėlio likučio kontrolė. Visa tai sudaro galimybę sumažinti kaštus, tačiau išlaikyti ar net padidinti produkto kokybę.

Rinkoje konkurencija vis auga dėl didėjančių netipinių pirkėjų poreikių, naujų technologijų atsiradimo bei sparčios jų raidos. Šiai dienai įmonės siekia padidinti ir išlaikyti konkurencinį pranašumą vykdydamos masinę vienodų gaminių gamybą, siūlant pigius komponentus, tačiau manoma, kad to nebeužteks, nes auga vartotojų poreikis gauti specifinį produktą, kuris būtų pritaikytas būtent jiems. Tai vers įmones keisti savo strategiją, gamybos procesus bei specifiką, kadangi masinė gamyba turi būti apjungta su individualių produktų gamyba (Wang ir kt., 2016).

Autoriai Matzler, Bailom, Friedrich, Kohler (2013) pateikia galimą kaštų, galutinės pateikiamos vartotojams produkto kainos, vartotojo pridėtinės vertės bei maksimalios sumos, kurią klientas yra pasiryžęs mokėti už tam tikrą produktą pokyčius dvejais atvejais (žr. 5 pav.):

- Variantas A. Įmonė yra orientuota į masinę vienodų gaminių gamybą;
- Variantas B. Gamyba pagal užsakymus (masinė individualizacija).



5 pav. Vertės kūrimas ir fiksavimas: ryšys tarp vartotojo pasiryžimo mokėti už produktą, vartotojo pridėtinės vertės, pajamų ir kaštų. (Adaptuota pagal Matzler ir kt. (2013))

Kaip galima pastebėti „Variantas A“ atveju, gamybinėje veikloje pritaikius ketvirtosios pramonės revoliucijos siūlomas technologijas, dėl padidinto efektyvumo lygio, ženkliai sumažinami kaštai, dėl ko įmonė gali sumažinti ir galutinio produkto kainą, bet vis tiek uždirbti didesnę pelną nei anksčiau. Skaitmenizacijos sprendimai, nors ir mažina kaštus, tačiau vis tiek gerina gaminio kokybę (Rüßmann ir kt., 2015). Tai didina vartotojo pridėtinę vertę, bet bendrai, gaminyje nei išvaizda, nei atliekamomis pagrindinėmis funkcijomis nekinta, todėl ir vartotojo noras mokėti už šį gaminį taip pat nesikeičia.

Tuo tarpu „Variantas B“ apibūdina galimus kainos pokyčius esant masinei gaminių individualizacijai. Masinė individualizacija yra sudėtingesnis ir ne toks produktyvus variantas kaip masinė vienodų gaminių gamyba, todėl kaštai nėra taip ženkliai sumažinami, nes vis tiek išlieka aukštos tokios išlaidos, kaip pavyzdžiui, projektavimo operacijos atlikimas, kuris reikalauja aukštų laiko bei darbo jėgos sąnaudų. Visgi, įdiegus skaitmenizaciją, kaštai ir šiuo atveju sumažėja. „Variantas B“ atveju numatoma, kad įmonė kelia gaminamo produkto kainą ir taip uždirbamas pelnas išauga tiek pat, kiek ir „Variantas A“ atveju. Dėl kainos didėjimo paklausos sumažėjimas nenumatomas, kadangi vartotojas gali prisidėti prie produkto dizaino ir produktas yra pritaikytas specialiai pagal kliento poreikius, todėl tokiu atveju daroma prielaida, kad jis būtų pasiryžęs ir daugiau sumokėti. Visgi, teigiama, kad pagal individualius poreikius pritaikyto gaminio kaina skaitmenizacijos kontekste bus kur kas žemesnė, nei yra šiandien rinkoje, jei klientas norėtų gauti specifinę prekę pagal individualų užsakymą (Rauch ir kt., 2016).

Apibendrinant 5 paveiksle pateiktą informaciją galima daryti išvadą, kad bet koku atveju pramonės skaitmenizacijos technologijos didins vykdomos gamybos efektyvumą, kas sudarys galimybes sumažinti kaštus. Visgi, patiriamų kaštų pokytis kiekvienoje įmonėje gali būti skirtingas dėl atskiros veiklos specifikos, verslo modelio.

Kad būtų galima sklandžiai ir lanksčiai prisitaikyti prie aplinkos pokyčių privalo būti greitai priimami sprendimai, pagrįsti savalaikę turimos informacijos analize. Tai gali užtikrinti tinkamas veiklos vertinimo matavimo metodų pritaikymas.

Kaip teigia Swink, Melnyk, Cooper ir Hartley (2014) organizacijoje naudojama veiklos vertinimo sistema turi būti nuolat peržiūrima ir tobulinama. Privalo būti užtikrintas sistemos lankstumas, kad keičiantis atskiriems įmonės procesams, galbūt net strategijai, ji vis vien išliktų aktuali ir teiktų tikslingą informaciją sprendimų priėmimui. Swink ir kt. (2014) atliktas tyrimas atskleidė, kad organizacijos susiduria su sunkumais taikant vertinimo sistemą besikeičiančioje aplinkoje. Atsiranda neaiškumų, kaip atskiri veiksmai, finansiniai ir nefinansiniai rodikliai turi būti modifikuoti, kad atskleistų teisingą informaciją. Neretai nėra laiko kurti naują vertinimo sistemą, organizacijoje nėra atsakingų, atitinkamą kvalifikacijos lygį turinčių darbuotojų, tačiau vis tiek informaciją norima gauti kuo greičiau.

Pasak Saunila (2017) technologinės inovacijos gali iš esmės pakeisti veiklos vertinimą. Pirmiausia, jei organizacijos nuspręš diegti atskiras technologijas savo gamybos procesuose, tuomet reikės atskirai vertinti ir pačių technologijų efektyvumą, kad būtų galima nuspręsti, ar investicijos buvo naudingos ir ar toliau galima vystyti, skaitmeninti gamybos procesą. Žinoma, visi gamybos procesai gali ženkliai pasikeisti, dabar esanti vertės grandinė modifikuotis, pasikeisti ir įprasta kaštų struktūra. Dėl šios priežasties svarbu analizuoti veiklos efektyvumo vertinimo metodus, jų galimo

pritaikymo pokyčius. Tai yra svarbi, kol kas mažai aptarta ir nagrinėta tema mokslinėje literatūroje, dėl ko egzistuoja daug neaiškumų (Santana, Afonso, Zanin, Wernke, 2017).

Gali būti, kad šiuo metu taikomų veiklos efektyvumo vertinimo metodų teorinis pagrindas išliks nepakitęs ir pramonės skaitmenizacijos kontekste, tačiau galimai gali kisti atskirų rodiklių pritaikomumas ar kiti elementai. Taip pat vienu teorinių nurodymų pritaikymo įtaka gali sumažėti, kitų padidėti. Apskritai, atskirų metodų įtaka veiklos efektyvumo vertinime gali kisti. Dėl egzistuojančių neaiškumų, informacijos stokos šiuo klausimu yra aktualu ištirti, kokie pokyčiai gali būti atskirų metodų pritaikyme organizacijos veikloje įdiegus tam tikras technologijas. Nėra aišku, ar apskritai keisis/nesikeis atskirų vertinimo metodų funkcijos. Taip pat, žinoma, aktuali informacija ir apie bendruosius gamybinės įmonės veiklos pokyčius dėl veikloje diegiamų skaitmenizacijos technologijų, akcentuojant išlaikomą efektyvumo lygį.

3. TYRIMO METODOLOGIJA

Prieš pradėdant atlikti tyrimą, pirmiausia būtina aiškiai nusistatyti tikslą ir uždavinius, kad viskas būtų atliekama kryptingai. Taip pat svarbu pasirinkti tinkamus metodus, kurie gali padėti juos įgyvendinti. Tyrimo metodologija pasirenkama įvertinus ir informacijos gavimo galimybes bei jos analizės galimus apribojimus.

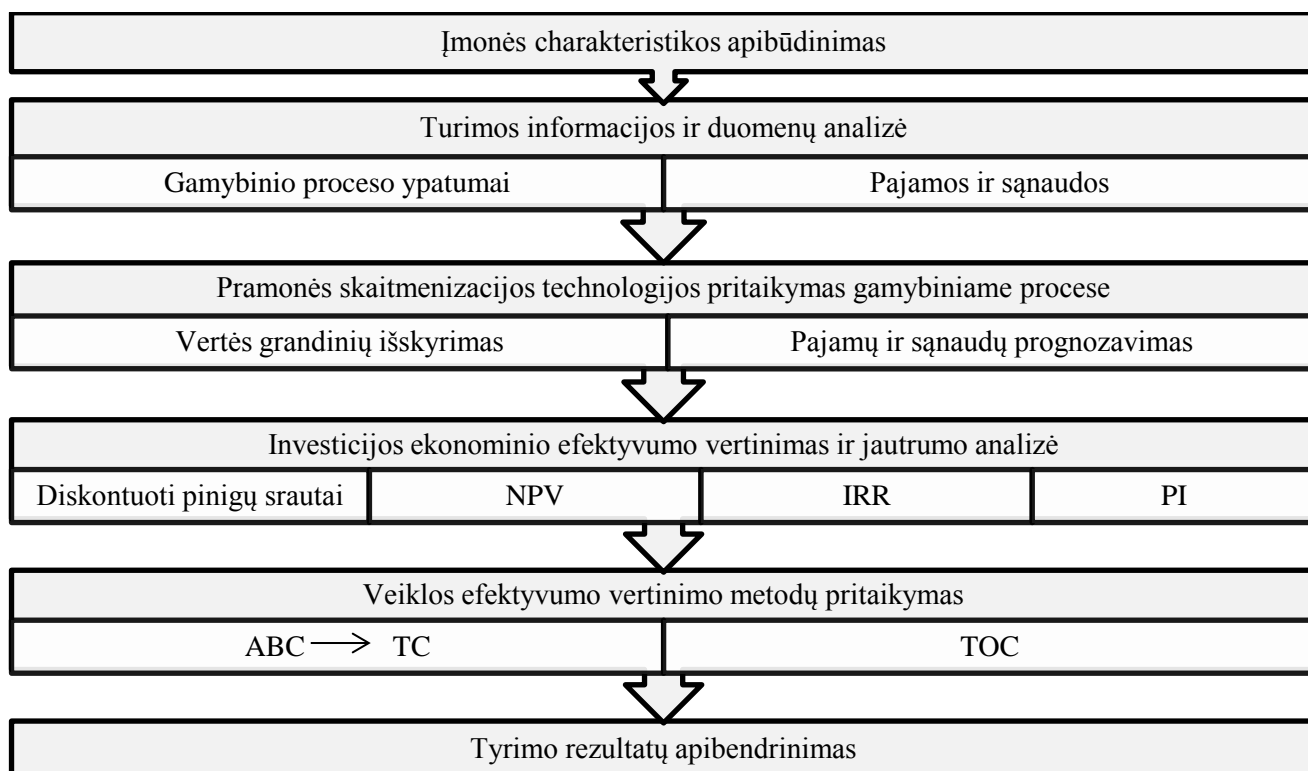
Šiame darbe buvo nuspręsta pasitelkti atvejo analizės tyrimo metodą. Siekiant ištirti veiklos efektyvumą ir jo vertinimą gamybinėse įmonėse pramonės skaitmenizacijos kontekste, analizuojama konkrečios gamybinės įmonės veikla. Pirmiausia pateikiamas išsamus atvejo aprašymas, analizuojamos atskiros ypatybės ir duomenys, kuriuos pasitelkiant apskaičiuojami parinkti rodikliai.

Tyrimo objektas yra UAB Polis gamybinių procesų efektyvumas.

Tyrimo tikslas yra įvertinti skaitmenizacijos technologijos poveikį UAB Polis veiklos efektyvumui ir jo vertinimui.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti skaitmenizacijos technologijos poveikį UAB Polis finansiniams rezultatams;
2. Atlikti investicijos ekonominį efektyvumo vertinimą;
3. Pritaikyti UAB Polis veikloje tokius veiklos efektyvumo vertinimo metodus kaip veiklomis grįstas kaštų valdymas, apribojimo teorija ir tikslinių kaštų metodas;
4. Apibendrinti gautus rezultatus ir pateikti išvadas.



6 pav. Tyrimo metodologijos loginė struktūra

Pateiktame 6 paveiksle yra struktūriškai sudėliota visa tyrimo metodologija ir taip atskleidžiama tyrimo eiga. Pirmiausia aptariamas įmonės UAB Polis vykdomos veiklos pobūdis, gamybos proceso ypatumai ir kiti aktualūs aspektai. Taip pat analizuojami turimi finansiniai duomenys, pagrindinį dėmesį skiriant tiems, kurie pateikti pelno (nuostolio) ataskaitoje. Tuomet yra analizuojamas skaitmenizacijos technologijos įdiegimas gamybos procese, akcentuojant atskirų atliekamų operacijų pokyčius. Kad atskleisti pritaikomos technologijos daromą įtaką gamybinės įmonės veiklai, atliekamas finansinių duomenų prognozavimas vienerių metų periodui dvejais atvejais: kai įmonės vykdoma gamybinė veikla išlieka nepakitusi ir kai yra įdiegiama nauja technologija. Prognozavimui atlikti taikomas kokybinis metodas, kai remiantis praeities duomenimis, kita turima informacija ir atskirais rinkos rodikliais, pagal protingumo ir logikos principus yra sukuriamos galimų pokyčių prielaidos.

Gauti rezultatai atskirais atvejais lyginami tarpusavyje, kad atsirastų didesnės galimybės pastebėti galimus privalumus, trūkumus ar įtaką veiklos efektyvumui. Taigi, pritaikomas lyginamosios analizės metodas. Šis metodas leidžia identifikuoti tapatumo ar panašumo santykius dviejuose ar daugiau vienaarūšiuose objektuose. Objektai turi veikti panašiomis sąlygomis, analizuojami duomenys turėtų būti suderinti, kad kuo tiksliau būtų galima stebėti ir vertinti atskirų objektų požymių (kintamųjų) reikšmes (Morkevičius, 2012).

Kadangi yra planuojamas investicinis projektas, nuspręsta atlikti ir pastarojo ekonominį efektyvumo vertinimą. Tai atliekama pasitelkiant diskontuotų pinigų srautų metodą. Taip pat norint tiksliai įvertinti projekto efektyvumą, naudojami tokie metodai kaip grynosios dabartinės vertės (NPV), pelningumo indekso (PI) ir vidinės grąžos normos (IRR).

Diskontuoti pinigų srautai – tai ateities įplaukos, perskaičiuotos į dabartinę vertę. Prieš atliekant skaičiavimus, turi būti numatoma projekto vykdymo trukmė, laikotarpis, kada jau būtų norima gauti atsipirkimą. Šiam periodui yra atliekama pardavimo pajamų, savikainos ir kitų sąnaudų, apyvartinio kapitalo prognozė. Kai pradama vykdyti ne visiškai nauja veikla, o tobulinama jau vykdoma, tuomet prognozavimas atliekamas atskirai dvejais variantai: veikla be investicijos ir veikla su investicija, ir išskaičiuojamas skirtumas, kuris rodo tik dėl projekto susidarančius pinigų srautus. Paskutiniaisiais periodo metais turi būti įvertinta ir pridama likutinė vertė, kuri susideda iš investicijos vertės, įvertinus nusidėvėjimą, ir apyvartinio kapitalo (Walsh, 2007).

$$DCF = \frac{CF^1}{(1+r)_1} + \frac{CF^2}{(1+r)_2} + \dots + \frac{CF^n}{(1+r)_n}$$

DCF – diskontuotas pinigų srautas;

CF – pinigų srautas periodo metu;

r – diskonto norma.

Kad būtų galima apskaičiuoti kiekvienų metų pinigų srautų dabartinę vertę, reikia nustatyti diskonto normą, kuri parodo, kiek nuvertėja pinigai per laikotarpį. Šiame darbe, siekiant įvertinti diskonto normą, taikomas svertinių kapitalo kaštų metodas (WACC). Įvertinamos projektavimo

šaltinių kainos ir jų dalys bendrame finansavime. Taip pat įvertinamas ir mokesčių efektas. Jis taikomas kai yra skolintų lėšų, kadangi dėl paimitos paskolos palūkanos nėra apmokestinamos, o jei naudojamas nuosavas kapitalas, kai skiriamos lėšos ir nepaskirstyto pelno, tokios lėšos jau buna vieną kartą apmokestinamos (Norvaišienė, Krušinskas, 2008).

$$WACC = (k_e * \frac{E}{E + D}) + (k_d * \frac{D}{E + D}) * (1 - T)$$

WACC – vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai

k_e – nuosavo kapitalo kaštai

k_d – skolinto kapitalo kaštai

E – nuosavas kapitalas

D – skolintas kapitalas

T – pelno mokestis

Grynosios dabartinės vertės (NPV) metodo esmė yra palyginti dabartinę pinigų srautų vertę su įvykdytos investicijos kaina. Gauta reikšmė parodo, ar planuojama investicija yra efektyvi, kokia galima nauda. Jei gaunama, kad $NPV > 0$, tuomet interpretuojama, kad projektas yra priimtinas ir įmonės vertė išaugs. Tuo tarpu jei gauta, kad $NPV < 0$, tokiu atveju projektas laikomas nepriimtiniu ir įmonė įgyvendinti jo negali, jei nenori patirti nuostolių (Norvaišienė, Krušinskas, 2008).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I$$

CF_t – projekto grynujų pinigų srautas t-uoju laikotarpiu;

r – diskonto norma;

I – investicijos kaina.

Vidinė grąžos norma parodo, prie kokios diskonto normos projekto pinigų srautai būtų lygūs pradinėms investicijoms. Arba kitaip, tai IRR yra egzistuojanti diskonto norma, kaip $NPV = 0$. Šis metodas taip pat leidžia įvertinti investicijos efektyvumą. Jei $IRR >$ kapitalo kaštai, tuomet projektas yra priimtinas, o jei $IRR <$ kapitalo kaštai, tada projekto įgyvendinimo planus reikėtų sustabdyti (Norvaišienė, Krušinskas, 2008).

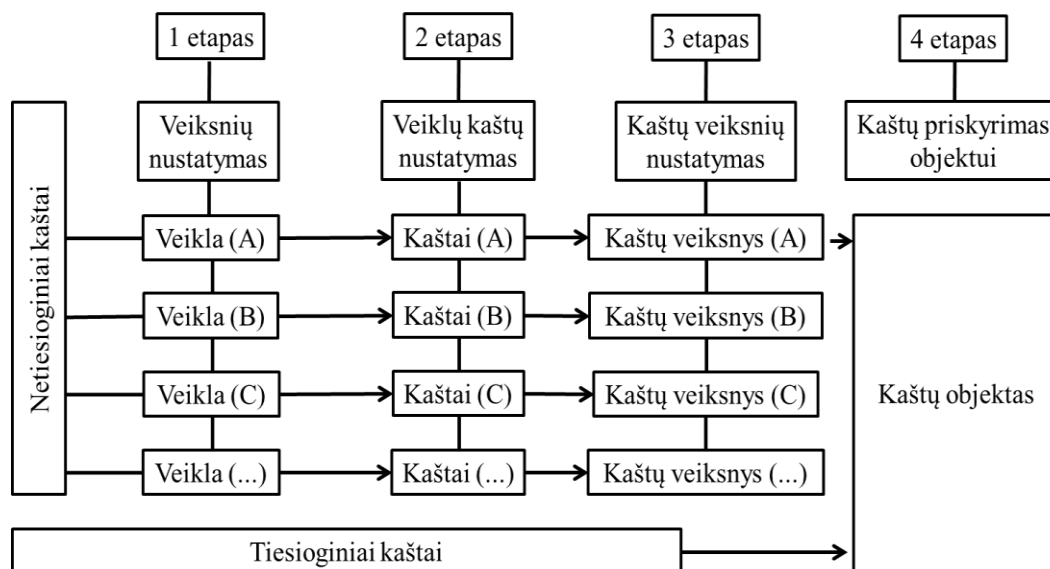
$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I = 0$$

Paskutinytis tyrime taikomas investicinio projekto ekonominio efektyvumo vertinimo rodiklis yra pelningumo indeksas, kuris parodo dabartinę projekto pinigų srautų vertę, tenkančia vienam esamajam investicijos vienetui. Konkrečiau, yra nustatoma, kiek galima papildomai uždirbti iš vieno papildomai investuoto euro.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{I} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}$$

Toliau, siekiant nustatyti plačiai naudojamų dabartinių veiklos efektyvumo vertinimo metodų validumą ketvirtosios pramonės revoliucijos kontekste, atskiri metodai pritaikomi UAB Polis veikloje dvejais atvejais: kai gamyba vykdoma su įprastais turimais įrengimais ir kai gamyboje įdiegiamos skaitmenizacijos siūlomi inovaciniai sprendimai. Iš 2.3.2 skyrelyje teoriškai apibūdintų metodų buvo nuspręsta praktiškai pritaikyti šiuos: veiklomis grįstas kaštų valdymas (ABC), apribojimų teorija (TOC) ir tikslinių kaštų metodas (TC). Vertinimas atliekamas su prognozuojamais finansiniais duomenimis. Vėlgi, taikomas palyginamumo metodas vertinant rezultatus. Šių metodų pritaikymu siekiama ne tik pateikti įžvalgas dėl vykdomos veiklos efektyvumo bei išvelgti skirtumus ir pateikti pastabas apie pačių metodų pritaikymą skirtingais analizuojamais atvejais.

Veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo pritaikymo grafinė anotacija:



7 pav. ABC metodo pritaikymo etapai (sudaryta pagal Briciu, Capusneanu (2010))

Apribojimų teorijos atveju yra siekiama nustatyti atskirų įrengimų apribojimus laiko atžvilgiu, ar nėra vieno įrengimų prastovų, kai kiti įrengimai nespėja atlikti jiems priskirtų operacijų. Pagrindiniai šį metodą sudarantys matavimo parametrai yra apdorojimas, operacinės išlaidos ir atsargos. Apdorojimas suprantamas kaip dalis pagamintų ir parduotų produktų vertės. Tuo tarpu operacinės išlaidos yra susijusios su gamybos proceso palaikymu. Tai galėtų būti ilgalaikio turto nusidėvėjimas, administracijos išlaidų, išlaidos, susijusios su klientų paieška, ir panašiai. Apibendrinant, operacinės išlaidos yra visa tai, kas nėra priskiriama prie tiesioginio gaminių gamybos proceso. Apribojimų teorija skatina didinti apdorojimo vertę, tuo pačiu metu ieškant būdų kaip sumažinti operacines išlaidas.

Galiausiai turi būti pateikiamos galutinės išvados apie atliktą tyrimą ir gautus rezultatus. Esant galimybei, taip pat pateikiamos ir tam tikros rekomendacijos.

4. UAB POLIS GAMYBOS PROCESO EFEKTYVUMO VERTINIMO PRAKTINIAI SPRENDIMAI

4.1. UAB Polis charakteristika

Analizuojama įmonė UAB Polis yra pelno siekianti organizacija, pradėjusi vykdyti veiklą 2002 metais. Organizacija yra priskiriama prie labai mažų įmonių grupės, kadangi pardavimo grynosios pajamos per atskaitinius finansinius metus neviršija 700 tūkst. eurų, taip pat vidutinis metinis dirbančiųjų asmenų skaičius yra 10 darbuotojų. Pagrindinė įmonės veikla yra skirtingų detalių, formų pjaustymas iš polistireninio putplasčio blokų pagal individualius kiekvieno kliento užsakymus. Iš viso įmonė yra išsiskyrusi aštuonias parduodamų gaminių grupes (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. UAB Polis pardavimai pagal gaminių grupes 2017 m.

Gaminio grupė	Apimtys, vnt.	Pajamos, Eur.
Detalė EPS 60	528.900	112.186
Detalė EPS 70	7.316	61.928
Detalė EPS 80	10.193	29.758
Detalė EPS 100	18.001	86.003
Detalė EPS 150	12.063	71.525
Detalė EPS 200	10.928	62.696
Putų polistirolio dėžės	968	10.293
Kolonos ir kapiteliai	482	17.139
Viso	588.851	451.528

Skaičius, nurodytas prie „EPS“ yra koduotė, apibūdinanti bloko tankį, iš kurio išpjaustoma detalė (žr. 3 lentelę). Kuo nurodytas didesnis skaičius, tuo ir tankis didesnis, dėl ko suformuojamas patvaresnis gaminy. Detalės gali būti labai skirtingų dydžių, skirtingo sudėtingumo, dėl ko nėra ir iš anksto numatytų pardavimo kainų, kiekvienas klientas turi pateikti užsakymą ir jam, įvertinus atskirus parametrus, atsakoma, kokia galima prekės kaina. Kaip galima pastebėti didžiausias kiekis yra parduodama detalių iš EPS 60 blokų, kurias perka pagrindinis įmonės UAB Polis klientas, užsiimantis baldų gamyba ir naudojantis šias detales pakavime. Tarp gaminių grupių atskirai yra išskiriamos putų polistirolio dėžės bei kolonos ir kapiteliai. Tai produkcija, kurios gamybai yra naudojama skirtingų tankių žaliava bei techniškai ją yra sudėtingiau pagaminti dėl įvairesnių formų. Dėžės yra skirtos daiktams gabenti, o kolonos neretai yra užsakomos, kai ruošiamasi parodoms ir kuriami reklaminiai standai.

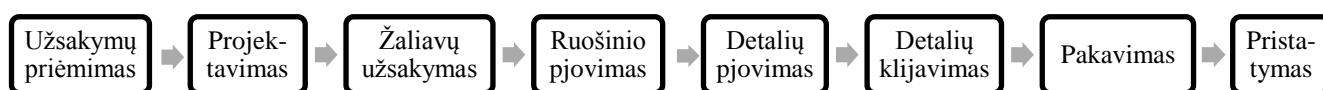
UAB Polis administracijai priklauso du asmenys: direktorius, kuris taip pat yra ir vienintelis įmonės akcininkas, bei administratorė. Gamybos ceche dirba septyni asmenys, vienas iš jų yra gamybos vadovas, kuris projektuoja atskirus gaminius, rūpinasi žaliavų užsakymais ir jų sandėliavimu bei yra atsakingas už sklandų gamybos procesą. Taip pat yra samdomas ir vairuotojas, kadangi įmonė

turi vieną nuosavą krovinį automobilį, kuriuo pristatoma produkcija klientams. Įmonė taip pat turi ir nuosavą pastatą, kuriame vykdoma veikla.

4.2. UAB Polis sąnaudų analizė, atliekant prognozavimą

Remiantis teorinės analizės metu išanalizuota informacija apie atskiras ketvirtosios pramonės revoliucijos siūlomas technologijas ir jų daromą įtaką produkto vertės kūrimo procesui, buvo nuspręsta praktiškai gamybos procese pritaikyti 3D spausdinimą. Tai yra pakankamai aiškiai ir konkrečiai veikianti technologija, kuri vis tiek gali padėti siekiant išsiaiškinti, kokia galima pramonės skaitmenizacijos įtaka gamybiniam procesams, finansiniams rezultatams ir veiklos efektyvumo vertinimui.

Pirmiausia, siekiant suprasti, kaip analizuojamos įmonės UAB Polis veiklą galimai paveiktų 3D spausdinimo technologijos įdiegimas gamyboje, būtina aptarti, kaip produkcijos realizavimo veikla atliekama šiuo metu. Išskiriama vertės grandinė, kai gamybos procese yra naudojami dabar turimi įrenginiai (žr. 8 pav.).



8 pav. UAB Polis egzistuojanti vertės grandinė

UAB Polis vykdo užsakomąją gamybą, dėl ko pats gamybos procesas prasideda nuo gauto ir priimto užsakymo iš kliento. Tuomet, pasitelkiant informacinių technologijų programas yra suprojektuojamas virtualus brėžinys, kuris reikalingas, kad galėtų būti tinkamai nustatyti įrenginiai, kokio dydžio ir formų turi būti pjaustomos detalės. Pjaustomi yra polistireninio putplasčio blokai, kurie jau suformuoti yra nuperkami iš tiekėjo. Pirmiausia blokas supjaustomas į smulkesnes stačiakampio formas, kad būtų galima kiek įmanoma sumažinti žaliavų sugadinimą, kadangi vykdoma atėmimo procedūra. Iš ruošinio pjaustant suprojektuotas detales lieka atliekos, kurios nebegali būti parduodamos ar grąžinamos tiekėjui, kadangi perdirbimas ir panaudojimas naujai pakenktų galutinių produktų kokybei. Įmonė UAB Polis žaliavų nurašymo technologinėse kortelėse įvertina likučius ir jie yra įtraukiami į savikainą. Tolimesnis gamybos procesas yra atskirų detalių kljavimas, jei įrenginiai negali išpjauti konkrečios formos, bei pagamintos produkcijos supakavimas į plėvelę, kad būtų galima nepažeidžiant pristatyti klientui.

Tuo tarpu gamybos procese pritaikius 3D spausdinimo technologiją, vertės grandinė, lyginant su dabar egzistuojančia, sutrumpėja (žr. 9 pav.). Iš keturių skirtingų tiesioginių gamybos operacijų lieka tik dvi: spausdinimas ir pakavimas. Kadangi 3D spausdintuvas atlieka žaliavos pridėdamąją procedūrą, gali atspausdinti bet kokios formos gaminį, todėl kljavimo operacijos poreikio nebelieka.



9 pav. UAB Polis vertės grandinė, kai gamybos procese naudojama 3D spausdinimo technologija

Vertinant kitus naujosios vertės grandinės elementus ir jų vykdymą, projektavimo etape pats brėžinių kūrimas kiek modifikuojamas, kadangi jie turi būti jau specialiai pritaikyti 3D spausdintuvams. Kinta ir žaliavų užsakymo elementas, kadangi pasikeičia naudojamos žaliavos rūšis. Naudojami nebe suformuoti blokai, o 3D spausdinimui pritaikytos ir apdorotos išpūstos granulės. Tokiu atveju reikia ieškoti naujo tiekėjo. Naujoji žaliava fiziškai yra kur kas mažiau užimanti vietos, kas turėtų įtakos jos užsakymų skaičiams bei žaliavos sandėliavimui.

Norint aiškiau suprasti 3D spausdinimo įdiegimo galimą poveikį gamybinės įmonės veiklai, atliekamas pardavimų pajamų ir patirtų sąnaudų vertinimas. Žemiau pateiktoje 4 lentelėje yra pateiktos įmonės UAB Polis pajamos ir sąnaudos 2015 – 2017 m. laikotarpiu bei prognozuojami 2018 m. dvejais atvejais: kai veikla vykdoma su dabar turimais įrengimais, ir jei veikloje būtų įdiegta 3D spausdinimo technologija. Daroma prielaida, kad naujoji technologija pradeda veikti 2018 m. sausio mėnesį.

4 lentelė. UAB Polis pardavimų pajamos ir sąnaudos 2015 - 2018 m.

	2015	2016	2017	2018			
				Turimi įrengimai		3D spausdintuvai	
				Eur	Proc	Eur	Proc
Pardavimai	406.975	445.298	451.528	456.043	1,00	456.043	1,00
Žaliavos	191.787	182.458	219.584	221.780	1,00	241.063	9,78
Nusidėvėjimas	8.862	4.840	3.556	588	-83,46	12.602	254,38
Tiesioginis darbo užmokestis	61.151	68.306	71.062	71.773	1,00	60.432	-14,96
Soc. draudimo įmokos	18.885	21.270	22.195	22.417	1,00	18.875	-14,96
Garantinis fondas	122	136					
Gyvybės draudimo išlaidos	2.085	3.923	4.869	4.869	0,00	3.477	-28,59
Elektros sąnaudos	2.299	2.950	2.046	2.066	1,00	6.820	233,33
Dujų sąnaudos	6.435	7.452	5.998	6.058	1,00	6.058	1,00
Viso tiesioginės sąnaudos	291.626	291.335	329.310	329.551	0,07	349.327	6,08
Bendrasis pelnas	115.349	153.963	122.218	126.492	3,50	106.716	-12,68
Veiklos sąnaudos	54.236	62.485	58.945	58.890	0,69	58.890	0,69
Finansinės veiklos sąnaudos	2.043	863	1.130	1.130	0,00	4.350	284,96
Pelnas prieš apmokestinimą	59.070	90.615	62.143	66.472	6,18	43.476	-30,55

UAB Polis veikla visu pateiktu 2015 – 2017 m. laikotarpiu buvo pelninga, rezultatai iš tiesų yra pakankamai aukšti, kadangi pelno prieš apmokestinimą ir pajamų santykis siekė nuo 13,8 proc. iki 20,3 proc. Nagrinėjant sąnaudas, galima pastebėti (žr. 4 lentelę), kad ženkliausi pokyčiai šiuo praėjusiu

laikotarpiu vyko ties žaliavų sąnaudomis. Nors pardavimų pajamos kasmet augo, tačiau žaliavų sąnaudos tokio pokyčio tendencijos neturėjo. Žaliavų sąnaudos 2016 m. sumažėjo (4,86 proc.), lyginant su 2015 m., nepaisant ženklaus pajamų augimo (9,42 proc.), o 2017 m., lyginant su 2016 m., žaliavų sąnaudos ženkliai išaugo (20,35 proc.). Tokių pokyčių priežastis yra perkamų blokų kainų svyravimai, kadangi granulių, iš kurių pastarieji yra formuojami, kaina rinkoje yra labai nepastovi. Egzistuoja netgi susitarimas, kad tiekėjas kiekvieną mėnesį turi atsiųsti granulių kainas, kad galėtų pagrįsti pačių blokų kainų svyravimus. UAB Polis nėra linkusi atitinkamai kelti ir pardavimo kainų klientams, kadangi yra ir ilgalaikių susitarimų su pastoviais klientais, su kuriais iš anksto sutartos kainos.

Toliau atliekamas prognozavimas 2018 m. Daroma prielaida, kad pardavimo pajamos 2018 m., tiek naudojant turimus įrengimus, tiek 3D spausdinimo technologiją, augs 1 proc. Daroma prielaida, kad išaugs parduodamas skirtingų detalių kiekis, tačiau metinė atskiros produkto rūšies vidutinė kaina išliks nepakitusi. Pasirinktas būtent 1 proc., kadangi su turimais įrengimais jau dabar klientams reikia laukti užsakymų įvykdymo ne vieną dieną. Tuo tarpu 3D spausdinimo technologijos diegimas yra orientuotas į esamo produkcijos kiekio poreikio patenkinimą, o ne į gamybos apimčių didinimą.

Prognozuojant galimus savikainos pokyčius, toks elementas kaip žaliavų sąnaudos, jei veikloje ir toliau naudojami turimi įrengimai, 2018 m. sudarys tą patį procentinį santykį su pajamomis, kaip ir sudarė 2017 m., darant prielaidą, kad vidutinės kainos nekis. Tuo tarpu 3D spausdinimo technologijos atveju privalo būti atliktas detalesnis vertinimas (žr. 5 lentelę), kadangi netgi gamyboje naudojamų žaliavų rūšis yra pakeičiama.

5 lentelė. Žaliavų sąnaudų apskaičiavimas 2018 m., gamyboje pritaikius 3D spausdinimo technologiją

	2017	2018	Matavimo vienetai
Pagr. žaliavos sunaudojimas	107.114	75.729,6	kg
Pagr. žaliavos vid. kaina	1,95	3,04	Eur/kg
Pagr. žaliavos sąnaudos	209.290	230.218	Eur
Klijų sąnaudos	1.752	0	Eur
Plėvelės sąnaudos	10.738	10.845	Eur
Viso žaliavos	221.780	241.063	Eur

2017 m. gamyboje buvo sunaudota 107.114 kg. polistireninio putplasčio blokų. Kadangi parduodamas produkcijos kiekis išaugs 1 proc., todėl turėtų būti atitinkamai didinamas ir sunaudojamų žaliavų kiekis. Visgi, taikant 3D spausdinimo technologiją atliekama pridėtinė gamyba, dėl ko nebesusidaro atliekos dėl sudėtingesnių formų detalių pjaustymo. Tokiu atveju daroma prielaida, kad įmonė gali sutaupyti 30 proc. dabar sunaudojamo žaliavų kiekio. Taigi, įvertinus pardavimų augimą ir atliekų nebuvimą, gaunama, kad 2018 m. reikalingas pagrindinės žaliavos kiekis yra 75.729,6 kg. Pagrindinės žaliavos kaina taip pat keičiasi, kadangi naudojami nebe suformuoti blokai, o 3D

spausdinimui pritaikytos ir apdorotos granulės. Yra žinoma, kad 2017 m. vidutinė metinė įprastų granulių kaina buvo 1,52 Eur., taigi daroma prielaida, kad apdorotos šios žaliavos gali kainuoti dvigubai daugiau (3,04 Eur.). 3D spausdinimo technologija rinkoje dar nėra labai populiari, todėl pasiūla nėra didelė. Su laiku augant analizuojamos technologijos populiarumui, galimai atsirastų ir daugiau tiekėjų, rinkoje būtų didesnė konkurencija, dėl ko žaliavos kainos galėtų būti mažesnės. Viso gaunama, kad pagrindinės žaliavos sąnaudos 2018 m. sudarytų 230.218 Eur. Bendrąsias žaliavų sąnaudas dar sudaro ir klėjai bei plėvelė, skirta pakavimui. Pritaikius 3D spausdinimo technologiją klėjavimo operacijos gamybos procese nebereikia. Tuo tarpu plėvelės sąnaudų pokytis numatomas proporcingai parduodamo produkcijos kiekio pokyčiui, kadangi grynasis kiekis, kurį reikia supakuoti ir išgabenti klientui 2018 m. yra vienodas abejais skirtingų įrengimų naudojimo veikloje atvejais.

Vertinant nusidėvėjimą, yra žinoma, kad ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudos, neatliekant naujų investicijų į įrengimus, 2018 m. būtų lygios 588 Eur. Įmonė pastaruoju metu neatliko didesnių ilgalaikio turto pirkimų. Tuo tarpu, kad įvertinti nusidėvėjimą naujosios taikomos technologijos atveju, būtina žinoti 3D spausdinimo investicijos kainą (žr. 6 lentelę).

6 lentelė. 3D spausdintuvų kiekio poreikio ir kainos nustatymas

	2018	Matavimo vienetai
Pagr. žaliavos sunaudojimas 2018 m.	75.729,6	kg
Žaliavos apdorojimas per valandą	8,64	kg/h
3D spausdintuvo našumas	0,7	kg/h
Spausdintuvų kiekis, reikalingas patenkinti poreikį	12,35	vnt
Perkamų 3D spausdintuvų kiekis	13	vnt
Didesnių išmatavimų gaminiams	1	vnt
Mažesnių išmatavimų gaminiams	12	vnt
Vid. 3D spausdintuvo kaina (didesnių išmatavimų gaminiams)	31.528	Eur
Vid. 3D spausdintuvo kaina (mažesnių išmatavimų gaminiams)	5.382	Eur
Investicijos kaina	96.112	Eur

Kaip teigia Go, Hart (2017) vieno 3D spausdintuvo našumas yra atspausdinti 0,7 kilogramus produkcijos per vieną valandą. Įvertinus prognozuojamą pagaminamos produkcijos kiekį 2018 m., buvo apskaičiuota, kad per vieną valandą, jei traktuojama, kad spausdinama 24 valandas per parą, 365 dienas per metus, turi būti apdorojama 8,64 kilogramų žaliavų per vieną valandą. Tai įvertinus, buvo gauta, kad spausdintuvų kiekis, reikalingas patenkinti poreikį, yra 12,35 vienetai spausdintuvų. Taigi, kad patenkinti produkcijos paklausą, įmonė UAB Polis turi įsigyti viso 13 vienetų spausdintuvų. Daroma prielaida, kad įmonė įsigys 1 didesnį spausdintuvą ir 12 mažesnių, kadangi UAB Polis nedidelių išmatavimų detalių pagamina kur kas daugiau. Atskirų spausdintuvų kainos yra labai skirtingos, daugiausiai kainos priklauso nuo dydžio, kokių gabaritų gaminius norima spausdinti. Atsižvelgiant į pateikiamas dviejų skirtingų tiekėjų kainas, daroma prielaida, kad didesnio dydžio

spausdintuvus 2018 m. būtų įsigyjamas už 31.528 Eur., o mažesnis už 5.382 Eur. Taigi rezultate gaunama, kad viso įmonės investicija į 3D spausdinimo technologiją yra verta 96.112 Eur. Pagal įmonės apskaitos politiką, įrengimams yra duodamas 8 metų nusidėvėjimo laikotarpis, likutinė vertė 1 Eur., todėl gaunamas metinis nusidėvėjimas 2018 m. siekia 12.014 Eur. Pridedama ir 588 Eur. nusidėvėjimo vertė, kaip ir turimų įrengimų atveju, kadangi ši suma yra apskaičiuota nuo produkcijos pakavimo įrenginio, kuris bet koku atveju yra reikalingas veikloje.

Vertinant tiesioginio darbo užmokesčio sąnaudų pokyčius 2018 m. (žr. 4 lentelę), turimų įrengimų naudojimo atveju, daroma prielaida, kad galimas 1 proc. padidėjimas, atitinkamai pagal pardavimus. Tuo tarpu 3D spausdinimo technologijos pritaikymo atveju, daroma prielaida, kad atsiras galimybė atleisti du darbuotojus, kadangi sumažėja skirtingų gamybinių operacijų atlikimas, tačiau tokiu atveju turi būti vykdomas darbas pamainomis visą parą, siekiant maksimaliai produktyviai išnaudoti naujuosius įrengimus. Taigi lieka keturi cecho darbininkai ir gamybos vadovas, kurio darbo grafikas nekistų. Įvertinus darbuotojų skaičiaus sumažėjimą bei atsirandantį naktinį darbą, dėl ko darbuotojams būtų mokamas didesnis valandinis tarifas (žr. 1 priedą), buvo gauta, kad tiesioginio darbo užmokesčio sąnaudos 2018 m. lygios 60.432 Eur. arba sumažėja 14,96 proc., lyginant su 2017 m. Socialinio draudimo mokesčio sąnaudų pokytis atitinkamas darbo užmokesčio sąnaudų procentiniam pokyčiui. Tuo tarpu gyvybės draudimo sąnaudos dabartinės vykdomos veiklos atveju išlieka nepakitusios, o naujosios investicijos atveju sumažėja iki 3.477 Eur dėl atleidžiamų dviejų darbuotojų.

Pasak Laptume, Anzalone ir Pearce (2015), 1 kilogramui produkcijos atspausdinti sunaudojama 2,81 kWh/kg elektros energijos. Įvertinus 3D spausdintuvams veikti reikalingą elektros energijos poreikį bei galimą visą bendrą poreikį (patalpų apšvietimas, produkcijos pakavimo operacijos), daroma prielaida, kad elektros sąnaudos sudarytų 6.820 Eur., jei pasirenkamas galios dedamosios tarifas 0,62 Eur/kW/mėn, o vienos laiko zonos energijos dedamosios kaina 0,031 Eur/kWh (žr. 2 priedą). Turimų įrengimų naudojimo atveju elektros sąnaudos didinamos atitinkamai pagal pagaminamos produkcijos kiekio didėjimą. Tuo tarpu vertinant dujų sąnaudas, daroma prielaida, kad abejais analizuojamais atvejais išlaikomas tas pats santykis su pardavimų pajamomis, taigi nuo 5.998 Eur. 2017 m. šios sąnaudos padidėja iki 6.058 Eur. 2018 m. (žr. 4 lentelę).

Apibendrinant prognozuojamus savikainos pokyčius atskirais analizuojamais atvejais, galima teigti, kad 3D spausdinimo technologijos pritaikymo gamyboje atveju pokyčiai yra kur kas ženklesni. Su dabartiniais įrengimais 2018 m., lyginant su 2017 m., visų tiesioginių sąnaudų padidėjimas lygus 0,07 proc., o naujosios investicijos atveju pokytis siekia 6,08 proc. Nepaisant padidinto efektyvumo ir pagrindinės žaliavos sunaudojimo sumažinimo 30 proc., vis tiek žaliavų sąnaudos išaugo 9,78 proc. dėl padidintos vidutinės vieno kilogramo kainos. Būtent dėl sprendimo didinti žaliavos kainą, gautas rezultatas 3D spausdinimo atveju įmonei UAB Polis yra nepalankesnis, nei tęsiant veiklą jau su

turimais įrengimais. Ženklaus pokytis (254,38 proc.) matomas ir ties nusidėvėjimo sąnaudomis dėl ilgalaikio turto įsigijimo. Taip pat ženkliai išauga ir elektros sąnaudos (233,33 proc.), tačiau tai nereiškia, kad 3D spausdintuvų naudojimas reikalauja ženkliai didesnių šios rūšies sąnaudų. Reikia nepamiršti, kad gamybos laikas keičiamas iš 8 val. iki 24 val. per parą. Sąnaudų sumažėjimas matomas tik ties su darbuotojais susijusiomis išlaidomis, kadangi numatoma galimybė atleisti du darbuotojus.

Prognozuojant veiklos sąnaudas, tiek su turimais įrengimais, tiek su 3D spausdintuvais, numatomas padidėjimas yra vienodas ir lygus 0,69 proc. Iš atskirų veiklos sąnaudų dedamųjų buvo nuspręsta padidinti administracijos darbuotojų ir vairuotojo darbo užmokesčius visumoje 1 proc., bei kitas išlaidas padidinti taip pat 1 proc. (žr. 3 priedą). Kitos dedamosios nekinta. Tuo tarpu finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos, 3D spausdinimo technologijos pritaikymo atveju padidėja 284,96 proc., kadangi naujų įrengimų pirkimui įmonė UAB Polis turėtų kreiptis į finansų instituciją dėl ilgalaikės paskolos. Remiantis Lietuvos banko suteikiama informacija, imama palūkanų norma 3,35 proc. paskolos grąžinimas numatomas per ketverius metus, anuitetiniu būdu (žr. 4 priedą).

Įvertinus tiek savikainos, tiek kitos veiklos sąnaudų pokyčius, buvo gauta, kad 2018 m. su turimais įrengimais pelnas prieš apmokestinimą padidėtų nuo 62.143 Eur. iki 66.472 Eur (6,18 proc.). Tuo tarpu 3D spausdinimo atveju sumažėtų nuo 62.143 iki 43.016 (-30,55 proc.), ko priežastis yra aukštesnė naujai naudojamos žaliavos kaina, nusidėvėjimo, elektros energijos, finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų padidėjimas.

4.3. Investicinio projekto ekonominis efektyvumo vertinimas

Siekiant įvertinti, ar vykdomas 3D spausdinimo technologijos diegimas UAB Polis gamyboje yra ekonomiškai naudingas, buvo nuspręsta apskaičiuoti tokius rodiklius kaip grynoji esamoji vertė (NPV), pelningumo indeksas (PI) bei vidinė grąžos norma (IRR). Pasirinktas prognozuojamas periodas yra penkeri metai, nuo 2018 m. iki 2022 m. Duomenų pokyčiai yra numatomi abejais dabartinių įrengimų naudojimo ir 3D spausdintuvų pritaikymo atvejais ir išskaičiuojamas skirtumas, kad būtų įvertinta konkrečiai tik atliekamos investicijos nauda.

Daroma prielaida, kad pardavimo pajamos visus prognozuojamus metus kasmet augs po 1 proc. tiek su turimais įrengimais, tiek su pritaikyta 3D spausdinimo technologija gamyboje. Atitinkamas pokytis numatomas veiklos sąnaudoms, atsargoms bei gaunamoms sumoms iš pirkėjų. Tuo tarpu skolos tiekėjams kinta atitinkamai pagal savikainos pokytį. Tiesioginės sąnaudos turimų įrengimų naudojimo atveju taip pat kinta proporcingai pardavimo pajamoms (1 proc.). Tuo tarpu 3D spausdintuvų pritaikymo atveju, daroma prielaida, kad spausdinimui pritaikytų granulių kaina kasmet mažėja po 5 proc., dėl augančio šios technologijos naudojimo rinkoje ir didėjančios šios žaliavos pasiūlos. Likusi dalis tiesioginių sąnaudų, atėmus granules ir nusidėvėjimą, 2018 m. sudaro 23,35

proc. nuo pardavimų pajamų. Tokia procentinė dalis sumatoma ir kitu 2019 – 2022 m. laikotarpiu. Prognozavimo prielaidos ir detalūs skaičiavimai yra pateikti 7 priede.

7 lentelė. UAB Polis investicinio projekto pinigų srautai 2018 – 2022 m.

	2018	2019	2020	2021	2022
Projekto pinigų srautas	-105.935	2.413	13.225	25.005	77.842
Sukauptas projekto pinigų srautas	-105.935	-103.522	-90.297	-65.292	12.550
Perskaičiavimo į esamąją vertę koeficientas	0,972313	0,945393	0,919219	0,893768	0,869023
Diskontuoti projekto pinigų srautai	-103.002	2.281	12.157	22.349	67.646
Sukaupti diskontuoti projekto pinigų srautai	-103.002	-100.721	-88.564	-66.215	1.431

Buvo gauta, kad sukauptas projekto pinigų srautas 2018 m. iš esamo -105.935 Eur., 2022 m. tampa teigiamas ir lygus 12.550 Eur. (žr. 7 lentelę). Visgi, taip pat yra svarbu įvertinti infliacijos poveikį, kadangi einant metams kainų lygio augimas mažina pinigų perkamąją galią. Kaip diskonto norma yra naudojami apskaičiuoti kapitalo kaštai (WACC), kurie lygūs 2,85 proc. (žr. 6 priedą). Laikoma, kad šis procentas nekinta per visą prognozuojamą laikotarpį. Rezultate gaunama, kad sukauptas diskontuotas projekto pinigų srautas 2022 m. lygus 1.425 Eur, o tai yra ir suma atitinkanti investicinio projekto grynąją esamąją vertę (NPV). Gauta reikšmė yra teigiama, taigi diskontuotos būsimosios pajamos yra didesnės už investicijų vertę. NPV parodo penktaisiais metais jau galimą gauti kapitalo prieaugį, papildomą naudą dėl sprendimo diegti 3D spausdinimo technologiją gamybos procese.

Apskaičiavus kitus pasirinktus rodiklius buvo gauta, kad pelningumo indeksas lygus 0,01, o vidinė gražos norma lygi 3,3 proc. Kad būtų galima nuspręsti dėl projekto ekonominio efektyvumo, turi būti nustatyta, ar tenkinamos teorinės sąlygos:

- NPV (1.431 Eur.) > 0
- PI (0,01) < 1
- IRR (3,3 proc.) > WACC (2,85 proc.)

NPV ir IRR rodikliai gali būti vertinami teigiamai. Esant IRR reikšmei 3,3 proc., investicinio projekto pagrindinės veiklos pinigų srautų esamoji vertė lygi esamajai projektų investicijų sumai (NPV=0). Tuo tarpu PI reikšmė teorinės sąlygos netenkina, kadangi iš papildomai investuoto 1 Eur. papildomai uždirbama nebus.

Iš tikrųjų darant išvadą dėl analizuojamos investicijos naudos, nors du rodikliai iš trijų ir vertinami teigiamai lyginant su teorinėmis reikšmėmis, reikia atkreipti dėmesį ir į atskirų rodiklių reikšmes. Tiek NPV tiek IRR reikšmės yra labai mažos, dėl ko būtų galima teigti, kad projektas teoriškai yra ekonomiškai efektyvus, tačiau praktiškai nauda yra per menka, kad būtų galima rizikuoti

ir atlikti tokią investiciją. Tokie rezultatai yra gauti su sumodeliuota situacija ir darytomis prognozavimo prielaidomis, tačiau atskirų parametų pokyčiai galėtų rezultatus ženkliai pakeisti.

8 lentelė. Grynosios esamosios vertės (NPV) pokyčiai, kintant vienam parametru

Parametrai	Pokytis	Gauta parametro reikšmė	Nauja NVP reikšmė, Eur	NPV pokytis, Eur	NVP santykinis pokytis
Investicijos kaina	5%	100.918 Eur	-1.439	-2.870	-200,53 %
	-5%	91.306 Eur	4.290	2.859	199,70 %
Kapitalo kaštai	5%	2,99 proc.	922	-509	-35,59 %
	-5%	2,71 proc.	1.934	503	35,11 %
3D spausdinimui pritaikytų granuliu kaina	5%	3,19 Eur/kg	-46.140	-47.571	-3323,36 %
	-5%	2,89 Eur/kg	47.580	46.148	3223,96 %

8 lentelėje galima matyti parametrus, kurie buvo išskirti, norint atskleisti grynosios esamosios vertės (NPV) pokyčių jautrumą. Keičiama vieno pasirinkto parametro reikšmė, o kitos nustatytos visos prielaidos išlieka pastovios. Buvo pasirinkta, kad parametų reikšmės kinta ± 5 proc.

Tiek investicijos kainos tiek kapitalo kaštų pokyčiai galėtų arba sutrumpinti, arba kaip tik prailginti paties projekto atsipirkimą, o tai lemia ir efektyvumo vertinimą. Gaunama reali nauda kaip ir nekinta, tačiau atsipirkimo laiko reikia laukti kur kas ilgiau, dėl ko įmonės gali nenorėti atlikti skirtingų investicijų. Šiuo atveju investicijos kainai kintant ± 5 proc., NPV santykinis pokytis siekia apie ± 200 proc., kas atrodo kaip gana aukštas svyravimas (žr. 8 lentelę). Visgi, jei pažvelgiama į absoliutines reikšmes, matoma, kad iš tikrųjų įtaka nėra tokia ženkli ir daug lemianti (apie ± 2.865 Eur). Tuo tarpu kapitalo kaštų pokytis lemia pinigų srautų diskontavimą, tačiau pokyčiai nėra ženklūs, NPV reikšmė tiek didėjimo tiek mažėjimo atveju išlieka teigiama.

Daugiausiai įtakos NPV pokyčiui turi gaminamos produkcijos savikaina (žr. 8 lentelę). Siekiant parodyti pokyčio jautrumą, kaip kintamasis iš savikainos buvo išsirinkta gamyboje naudojamų granuliu kaina. Jei žaliavos kaina padidėja nuo 3,04 Eur/kg iki 3,19 Eur/kg, NPV rodiklis nuo gautos pradinės sumos (1.431 Eur.) tampa neigiamas ir lygus -46.140 Eur. Tai yra net 3.323,36 proc. siekiantis procentinis pokytis. Esant atvirkštinei situacijai, kai kaina sumažėja 5 proc., procentinis pokytis taip pat yra labai ženklus (3.223,96 proc.). Akivaizdu, kad rezultatai labai priklauso nuo to, kokios prognozavimo prielaidos pasirinktos, kai planuojamas skaitmenizacijos technologijos diegimas ir potencialūs finansiniai rezultatai. Šiuo atveju žaliavos kainai pakitus ir NPV pokytis ženklus, tačiau taikant šį investicinio projekto ekonominio efektyvumo vertinimo metodą kitoms įmonės, jautrumas gali būti visiškai kitoks. Jei įmonės UAB Polis atveju būtų buvę nuspręsta, kad žaliavos vidutinė kaina, lyginant su suformuotų blokų vidutine kaina, nekinta ir lygi 1,95 Eur/kg, tuomet NPV penktaisiais metais būtų buvęs lygus net 320.371 Eur., kadangi tiesioginės sąnaudos tokiu atveju būtų ženkliai mažesnės. Jei šiuo atveju kaina kistų ± 5 proc., NPV pokytis siektų tik -0,9 proc. (jei kaina didinama) ar 1,8 proc. (jei kaina mažinama) (žr. 9 lentelę).

9 lentelė. Grynosios esamosios vertės (NPV) pokyčiai kintant žaliavos kainai, jei ji lygi 1,95 Eur/kg

Parametrai	Pokytis	Gauto parametro reikšmė	Nauja NVP reikšmė, Eur	NPV pokytis, Eur	NVP santykinis pokytis
3D spausdinimui pritaikytų granulių kaina	5%	1,96 Eur/kg	317.480	-2.891	-0,90 %
	-5%	1,93 Eur/kg	326.148	5.777	1,80 %

Taigi, galima daryti išvadą, kad NPV reikšmė tiesiogiai priklauso nuo išsikeltų prognozavimo prielaidų. Prieš vertinant NPV rezultatus ir priimant sprendimus dėl investicijų, būtina atlikti jautrumo analizę, kad suprasti galimus svyravimus, kadangi egzistuoja didelė tikimybė, jog atlikto prognozavimo prielaidos, kai vertinami galimi veiklos pokyčiai dėl diegiamos technologijos, nebūtinai yra tikslios ir tikrai viskas bus taip, kaip pradžioje planuota.

4.4. Veiklos efektyvumo vertinimo metodų pritaikymas UAB Polis veikloje

4.4.1. Veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo pritaikymas

Išanalizavus veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo teorinius pagrindinius principus ir diegimo veikloje etapus, atliekamas pritaikymas nagrinėjamos įmonės UAB Polis veikloje. Analizuojamas ABC metodo įdiegimas konkrečios įmonės pavyzdžiu, atsižvelgiant į pritaikomumą atskirais atvejais, įvertinus ir gamybos proceso modifikavimą.

Pirmiausia aptariamas ABC metodo pritaikymas ir rezultatai dabartinėje vykdomoje UAB Polis veikloje, kai nėra atliekamos jokios investicijos. Atlikti detalūs skaičiavimai pateikiami 8 priede. Naudojami 4.2. poskyryje suprognuoti 2018 m. finansiniai duomenys. Iš tikrųjų šio metodo galutiniai rezultatai turėtų būti skaičiuojami su praėjusių metų duomenimis, tačiau šiuo atveju, kadangi norima įvertinti ir skaitmenizacijos technologijos pritaikymo atvejį, analizuojama prielaidų pagrindu sukurta situacija. Apskritai, praktikoje jei įmonė nuspręstų pritaikyti ABC metodą, toks sprendimas turėtų būti priimamas iš anksto, kad būtų galima nusistatyti matavimus, atlikti realaus laiko stebėjimus ir duomenų fiksavimus, taip sudarant galimybes kuo tikslingiau paskirstyti pridėtinius kaštus.

Pradedant diegti ABC metodą, pirmiausia turi būti išskirstytos gaminamos produkcijos grupės, kurių pelningumą ir norima sužinoti. Tikslingiausia būtų analizuoti konkrečius gaminius, tačiau jei yra daug skirtingų rūšių, tai padaryti sudėtinga, tad reikėtų atlikti suskirstymą į grupes pagal gaminių požymius. UAB Polis atveju prekių grupės yra pateiktos 10 lentelėje. Grupės yra suskirstytos pagal žaliavą, iš kurios yra gaminama, bei atskirtos dvi kitos grupės (polistirolio dėžės ir kolonos su kapiteliais) dėl naudojamų žaliavų įvairovės ir sudėtingesnių formų.

10 lentelė. UAB Polis tiesioginiai kaštai pagal gaminamos produkcijos grupes 2018 m.

Produkcijos rūšis	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai	Viso
Tiesioginiai kaštai, Eur	62.318	28.314	13.805	40.483	34.601	29.898	5.208	7.153	221.780

Pirmiausia, prieš pradėdant atlikti skaičiavimus, pateikiami tiesioginiai kaštai, kurių ABC atveju toliau plačiau analizuoti nereikia, kadangi jie tiesiogiai priklauso nuo gaminamos produkcijos kiekio. Šiuo atveju į tiesioginius kaštus įeina tik žaliavos, nors pagal vedamą buhalterinę apskaitą ir daugiau sąnaudų yra pridedama prie savikainos. Šiuo atveju laikoma, kad nusidėvėjimo, elektros, dujų ir su darbo užmokesčiu susijusios sąnaudos neturi pakankamo priklausomumo nuo gamybos apimčių. Pavyzdžiui, darbo užmokestis yra fiksuotas, dėl didesnio gaminamo kiekio nebūtinai bus reikalaujama dirbti daugiau valandų, kadangi gali būti ir taip, kad nors ir užsakoma daugiau detalių, tačiau jų pagaminimas yra pakankamai paprastas ir nereikalaujantis didelių laiko sąnaudų. Kaip galima matyti 10 lentelėje, daugiausiai tiesioginių kaštų patiriama dėl detalės EPS60 gamybos, o mažiausiai dėl putų polistirolio dėžių ir kolonų su kapiteliais. Detalių iš EPS60 yra pagaminama ženkliai daugiau nei kitos produkcijos, taip pat tiesioginių kaštų ir pardavimo pajamų santykis yra aukščiausias (54,98 proc.), kadangi šios grupės detales pagrinde užsako vienas klientas, kuriam dėl pastovių užsakymų ir ilgalaikio bendradarbiavimo yra suteikiamos mažesnės kainos. Tuo tarpu kolonų ir kapitelių bendrasis pelningumas lygus 41,33 proc., kadangi nustatyta pardavimo kaina yra aukštesnė dėl gamybos sudėtingumo.

Toliau diegiant ABC metodą turi būti išskiriamas procesas, kuris susidaro iš konkrečių veiklų. Šiuo atveju imamas tas pats procesas, kuris buvo nurodytas 4.2. dalyje, pateikiant produkcijos vertės grandinę. UAB Polis atveju prie netiesioginių kaštų yra priskiriamos visos savikainą sudaranti sąnaudos, išskyrus žaliavas. Taip pat ir visos kitos dėl vykdomos veiklos patiriamos sąnaudos, kadangi, nors pagal verslo apskaitos standartus jos nėra įskaitomos į savikainą, tačiau valdymo apskaitos atveju turi būti paskirstytos konkrečioms gaminiams. Visos netiesioginių kaštų dedamosios ir jų paskirstymas atskiroms veikloms yra detalai parodytas 8 priedo 2 lentelėje. Paskirstymas buvo atliktas pagal autorės nuomonę, daugiausiai remiantis proporcingumo padalinimo principu. Visgi, praktikoje, kaip jau buvo minėta, privalo būti stebimas atskirų veiklų vykdymas einamuoju momentu, pavyzdžiui, kiek koks darbuotojas laiko skiria konkrečiai veiklai atlikti ir atitinkamai pagal darbo valandas turėtų būti paskirstomi ir su darbo užmokesčiu susiję kaštai.

11 lentelė. UAB Polis netiesioginiai kaštai paskirstyti pagal vykdomas veiklas 2018 m.

Veiklos	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Viso
Netiesioginiai kaštai, Eur	6.137	6.583	4.423	27.718	27.759	19.287	28.095	15.101	32.688	167.791

D1 – užsakymų priėmimas
D2 – projektavimas
D3 – žaliavų užsakymas
D4 – ruošinio pjovimas
D5 – detalių pjovimas
D6 – detalių kljavimas
D7 – pakavimas
D8 – pristatymas
D9 – administracinė veikla

Kaip galima matyti iš 11 lentelėje pateiktų rezultatų paskirsčius ir susumavus netiesioginius kaštus pagal atskiras veiklas, buvo gauta, kad daugiausiai kaštų patiriama dėl atliekamos administracinės veiklos, tačiau to priežastis yra įmonės direktoriaus atlyginimo dydis. Kalbant apie tiesioginio gamybinio proceso veiklas, atskiri netiesioginiai kaštai buvo padalinti proporcingai ruošinio pjovimui (D4), detalių pjovimui (D5) bei pakavimui (D7). Visgi pakavimo sąnaudos yra kiek didesnės, dėl priskaičiuoto ir pridėto nusidėvėjimo pakavimo įrangai. Tuo tarpu detalių kljavimui (D6) buvo priskirta proporcingai mažiau kaštų, kadangi ne visos detalės yra kljuojamos, tik apie 30 proc., todėl šiai veiklai yra skiriama mažiau dėmesio nei kitoms gamybinėms operacijoms.

Nustačius dėl konkrečių veiklų patiriamus netiesioginius kaštus, sekantis etapas yra veiksmų (veiklos nešėjų) nustatymas. Pastaruosius savo nuožiūra parenka ABC metodo diegėjas, atkreipiant dėmesį, kad veiksniai turi būti lengvai išmatuojami ar randami turimose sistemose bei turi būti tiesiogiai susiję su atitinkamomis veiklomis. Konkrečiau, reikėtų įvertinti, ar parinktas veiksnys gali sukelti tos veiklos kaštų susidarymą.

12 lentelė. Veiklų veiksniai, jų apimtis ir veiklos įkainio paskaičiavimas 2018 m.

Veikla	Veiksnys	Veiksnių apimtis	Sukaupti kaštai, Eur	Veiklos įkainis	Matavimo vienetas
D1	Užsakymų skaičius	1.032	6.137	5,95	Eur/užsakymo priėmimui
D2	Naujai projektuojamų gaminių skaičius	238	6.583	27,66	Eur/suprojektuotam gaminiui
D3	Atvežimų skaičius	104	4.423	42,53	Eur/atvežimų skaičiui
D4	Supjaustomų blokų svoris, kg	108.185	27.718	0,26	Eur/kg
D5	Supjaustomų detalių svoris, kg	75.730	27.759	0,37	Eur/kg
D6	Kljuojamų detalių svoris, kg	53.011	19.287	0,36	Eur/kg
D7	Pakuojamų detalių svoris, kg	75.730	28.095	0,37	Eur/kg
D8	Nuvažiuotas atstumas, km	4.599	15.101	3,28	Eur/km
D9	Apyvarta, Eur.	456.043	32.688	0,07	Eur/ apyvartos Eur

Atskirų veiksmų sumos įvertintos atsižvelgiant į 2017 m. turimus duomenis ir prognozuojamą parduodamos produkcijos kiekio padidėjimą. Darbo autorės pasirinkimu, buvo nuspręsta, kad užsakymų priėmimo iš klientų (D1) veiklos atveju tinkamiausias paskirstymo veiksnys yra

planuojamas gauti užsakymų skaičius (1.032) per 2018 m. Tuo tarpu projektavimo (D2) veiksnys yra per metus galimai reikalingas informacinių technologijų programose naujų brėžinių braižymas (238). Neretai kai klientai kreipiasi dėl konkrečių detalių, įmonė jau turi atskirus brėžinius, tačiau būna atvejų, kai gamybos vadovui tenka atlikti ir projektavimo funkciją, kad visiškai patenkinti vartotojų poreikius. Žaliavų užsakymo etapas yra matuojamas jų atvežimų skaičiumi (104). Kalbant apie tiesiogines gamybines operacijas visi keturi etapai yra skirstomi pagal apdorojamus žaliavų kilogramus. Ruošinio pjovimo atveju (D4) pjaustoma visa gauta žaliava (108.185 kg.). Tuomet iš ruošinio yra pjaustomos detalės (D5) ir laikoma, kad atmetus 30 proc. atliekų, apdorojamas grynasis kiekis yra 75.730 kg. Toks pats produkcijos kiekis yra supakuojamas (D7). Tuo tarpu detalių kljavimo (D6) atveju daroma prielaida, kad poreikis kljavimui atsiranda 70 proc. išpjaustytos produkcijos, todėl ir veiksnys lygus 53.011 kg. Pristatymo veiklos atveju kaip veiksnys imamas 2017 m. nuvažiuotas atstumas (4.599 km.), o apyvartos atveju - pardavimo pajamos 2018 m. (456.043 Eur.). Paėmus atskirose veiklose sukauptus netiesioginius kaštus ir nusistatytas veiksmų apimtį, gaunami visų išsiskirtų veiklų įkainiai, kuriuos pasitelkus bus galima apskaičiuoti priskiriamas sąnaudas atskiroms gaminių grupėms.

Galiausiai atskirų veiklų veiksniai yra paskirstomi gaminamos produkcijos grupėms ir sudauginami iš gauto veiklos įkainio. Paskirstymas atliekamas pagal tam tikrus parametrus, ABC metodo diegėjo įmonėje požiūriu. Analizuojamu UAB Polis atveju veiksmų paskirstymo sprendimai ir pats paskirstymas yra parodyti 8 priedo 3,4 ir 5 lentelėse. Užsakymų priėmimo iš klientų atveju (D1) užsakymų skaičiaus paskirstymas atliekamas pagal atskiros produkcijos parduodamus vienetus. Tuo tarpu projektavimo (D2) veiklos veiksnys išdalinamas suskaičiuojant skirtingas gaminių rūšis atskirose grupėse. Žaliavų atvežimų (D3) skaičių buvo nuspręsta padalinti pagal kilogramus ir įvertintą galimą užimamą tūrį, kiek kubų potencialiai dėl kiekvieno gaminio buvo atvežta polistireninio putplasčio blokų. Įvertinama, kiek potencialiai kroviniuose transporto priemonėse užimama vieta. Visų tiesioginių gamybinių operacijų (D4, D5, D6, D7) veiksniai buvo padalinti pagal pagaminto atskiros produkto grupės kilogramus. Tuo tarpu pristatymo veiklos (D8) nuvažiuoti kilometrai per metus buvo priskiriami atskiram gaminiui taip pat pagal tūrį, įvertinus ir dėl skirtingų detalių formų galimą susidarančią tuščią erdvę transporto priemonėje. Galiausiai administracinė veikla atskiriems gaminiams surašoma pagal gautas pajamas iš kiekvieno produkto grupės. Taip yra išdėliojami veiksniai tarp gaminių ir tuomet galiausiai sudauginama iš apskaičiuotų veiklos įkainių. UAB Polis atveju gautas rezultatas pateikiamas 13 lentelėje.

13 lentelė. Apskaičiuotas pelningumas pagal atskiras gaminamos produkcijos grupes

	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Pardavimo pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
Tiesioginiai kaštai, Eur	62.318	28.314	13.805	40.483	34.601	29.898	5.208	7.153
Netiesioginiai kaštai, Eur	55.315	15.934	10.574	33.955	24.577	22.769	2.204	2.463
Pelningumas, proc.	-3,78	29,25	18,87	14,30	18,08	16,82	27,67	44,45

Atliktas ABC metodo pritaikymas UAB Polis veikloje parodė, kad pelningiausias (44,45 proc.) gamins yra kolonos ir kapiteliai. Jei vertinamos tik žaliavos, jau iš karto šio gaminio antkainis yra didžiausias, kadangi pagaminimo procesas ilgiausias ir sudėtingiausias. Šios produkcijos pagaminamas kiekis (kilogramais) nėra didelis, o nemažai atskirų veiklų parinktų veiksmų buvo skirstomi būtent pagal kilogramus, dėl ko kolonomams ir kapiteliams teko ir mažiau netiesioginių kaštų. Tuo tarpu detalės EPS60 pelningumas buvo gautas neigiamas (-3,78 proc.), tačiau vėlgi, reikia nepamiršti, kad pagamintas kiekis šios detalės buvo ženkliai didesnis nei kitų, dėl ko ir netiesioginių kaštų teko daugiausiai. Remiantis gautu atskirų gaminių pelningumu, galima svarstyti sprendimų priėmimą dėl vykdomos veiklos efektyvinimo. Pritaikius ABC metodą gaunama informacija ne tik apie atskiros produkcijos grupės gamybos naudą įmonei, tačiau ir apie dėl atskirų vykdomų veiklų patiriamus kaštus, kuriuos galima analizuoti ir siekti sumažinti.

Pritaikant ABC metodą praktikoje, būtų rekomenduotina išsiskirti daugiau skirtingų veiklų, kad skaičiavimai būtų tikslesni ir rezultate gaunama daugiau naudingos informacijos. Kai netiesioginiai kaštai yra skirstomi atskiroms veiklos, tai turėtų būti atliekama pagal konkrečius iš anksto numatytus ir nustatytą terminą stebėtus parametrus. Taip pat, kaip jau minėta anksčiau, jei vykdoma gamyba ne pagal individualius užsakymus, dėl ko skirtingų gaminių rūšių yra kur kas mažiau, tuomet reikėtų pelningumą apskaičiuoti ne gaminių grupei, o konkrečiam produktui. Tuomet lyginama su konkretesnėmis, mažiau svyruojančiomis kainomis.

Tokia pačia eiga ir principais **ABC metodas pritaikomas** ir UAB Polis veikloje, kai **gamybos procese įdiegiama 3D spausdinimo technologija**. Šiuo atveju taip pat yra taikomi iš 4.2 poskyrio suprognuozuoti finansiniai duomenys bei veiklos atitinka tas pačias, kurios buvo išskirtos vertės grandinėje. 14 lentelėje yra pateikti atlikti ABC metodo skaičiavimai. Pilka spalva pažymėti langeliai rodo skaičius, kurie skiriasi nuo gautų ankstesniojo atvejo pritaikymo metu (kai veikla vykdoma su turimais įrengimais). Detalūs skaičiavimai pateikti 9 priede.

14 lentelė. Pritaikytas ABC metodas 3D spausdinimo technologijos naudojimo gamybos procese atveju

Veikla	Užsakymų priėmimas	Projektavimas	Žaliavų užsakymas	Spausdinimas	Pakavimas	Pristatymas	Administracinė veikla
Netiesioginiai kaštai, Eur	6.137	6.583	4.423	82.279	24.293	15.101	32.688
Veiksniai	Užsakymų skaičius	Naujai projektuojamų gaminių skaičius	Atvežtų kilogramų kiekis, kg	Atspausdintų gaminių svoris, kg	Pakuojamų detalių svoris, kg	Nuvažiutas atstumas, km	Apyvarta, Eur.
Veiklos apimtis	1.032	238	75.730	75.730	75.730	4.599	456.043



	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Pajamos, Eur.	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
Tiesioginiai kaštai, Eur.	67.722	30.896	14.992	43.877	37.594	32.433	5.701	7.847
Netiesioginiai kaštai, Eur.	55.939	16.143	10.819	34.841	25.377	23.653	2.244	2.488
Pelningumas, proc.	-9,10	24,78	14,10	9,37	12,82	11,42	23,54	40,29

Kaip galima pastebėti, skiriasi netiesioginių kaštų paskirstymas ties dvejomis veiklomis: spausdinimu ir pakavimu. Taip yra dėl to, kad iš trijų veiklų (ruošinio pjovimas, detalių pjovimas, detalių klijavimas) pasidarė viena veikla – spausdinimas, dėl ko anksčiau išskirstyti kaštai buvo sudėti į vieną centrą. Taip pat skirtumai atsirado ir dėl pačių netiesioginių kaštų dedamųjų sumų pokyčių, pavyzdžiui, dėl 3D spausdinimo atveju prognozuojamo mažesnio darbo užmokesčio ar didesnio ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudų. Taip pat matomas skirtumas ir ties žaliavų užsakymo veiklos parinktu veiksmu, kadangi ankstesniu atveju buvo skaičiuojamas tūris, nes iš tiekėjų yra vežami išpūsti kvadratinės formos blokai, o 3D spausdinimo atveju jau yra užsakoma kitaip apdorota žaliava, kurios pagal tūrį jau nebūtų tikslinga vertinti. Žinoma, dėl veiklų sumažėjimo ir vykdomos kitokios gamybinės operacijos, ties spausdinimu taip pat matomas pokytis. Visgi, spausdinimo veiksnys taip pat yra matuojamas pagal kilogramus.

Vertinant jau galutinį paskirstymą tarp gaminamos produkcijos grupių, matoma, kad tiesioginiai kaštai skiriasi, kadangi 3D spausdinimo atveju prognozuojant finansinius duomenis buvo priimtas sprendimas dėl žaliavos kainos didinimo. Rezultate buvo gauta, kad vėlgi kolonos ir kapiteliai yra įmonei labiausiai naudingi gaminti, kadangi pelningumas siekia 40,29 proc., tuo tarpu detalės EPS60 yra nuostolingos, kadangi pelningumas yra neigiamas ir lygus -9,10 proc. 3D spausdinimo atveju visų produkcijos grupių pelningumas yra žemesnis nei turimų įrengimų naudojimo situacijos atveju. To pagrindinė priežastis yra išaugę tiesioginiai kaštai. Netiesioginiai kaštai taip pat padidėjo, tačiau ne taip ženkliai. Abejais analizuojamais atvejais netiesioginių kaštų proporcingas paskirstymas tarp atskirų gaminių ties visomis veiklomis, išskyrus žaliavų užsakymo veiklos, yra vienodas, kadangi

parametrai, pagal kuriuos skirstomi kaštai nebuvo pakeisti. Tuo tarpu žaliavų užsakymų kaštai vienu atveju buvo skirstomi pagal tūrį, o 3D atveju – pagal kilogramus.

Nors ir buvo gauta, kad atskirų gaminių grupių gamyba būtų mažiau pelninga 3D spausdinimo atveju, tačiau negalima teigti, kad šiuo atveju ir veiklos efektyvumas yra žemesnis. Gamybos procesą modifikavus ir pritaikius inovatyvią technologiją atsiranda galimybė sutaupyti sunaudojamų žaliavų dėl atliekų nesusidarymo. Jei nebūtų parinkta aukštesnė žaliavos kaina, tiesioginių kaštų augimas nebūtų numatomas. Taip pat, kadangi visą procesą nuo pradžios iki galo atlieka vienas įrengimas, nebelieka laukimo laiko, kai vienas įrengimas negali pradėti vykdyti operacijos, kol jos nepabaigė kitas. Taigi, analizuojamu UAB Polis įmonės atveju nors vykdomos veiklos pelningumas ir sumažėjo, tačiau veiklos efektyvumas iš tikrųjų išaugo veikloje pritaikius 3D spausdinimo technologiją.

Apibendrinant ir išreiškiant nuomonę apie ABC metodo pritaikymą skirtingomis situacijomis, buvo pastebėta, kad 3D technologijos pritaikymo atveju, kai tiesioginė gamybinė operacija lieka tik viena, metodo pritaikymas yra kur kas paprastesnis. Netiesioginių kaštų paskirstymas tampa tikslesnis, kadangi mažiau operacijų, kurioms galima dalinti kaštus. Taip pat mažiau galimybių atlikti netikslingą paskirstymą dėl veiklos nešėjo nustatymo ir priimto būdo padalinti kaštus skirtingiems gaminiams. Praktikoje, jei būtų analizuojamos konkrečios tiesioginio gamybinio proceso operacijos, taip pat turėtų 3D spausdintuvų įdiegimų atvejų atskirų rodiklių matavimas būti lengvesnis. Pavyzdžiui, jei būtų nusistatyta nagrinėti tokias smulkias veiklas kaip žaliavų pakrovimas sandėlyje, žaliavų atgabenimas iki įrengimų, pačių įrengimų veikla, pagamintos produkcijos pakrovimas į transporto priemones ir panašiai, ties „įrengimų veikla“ 3D spausdinimo atveju atliekama tik viena operacija, vykdomas tas pats vienas procesas, kas supaprastina stebėjimus ir analizę. Tuo tarpu įprastoje veikloje gali būti labai daug skirtingų įrengimų atliekančių skirtingas gamybinės operacijas, dėl ko ir smulkesnių veiklų, reikalingų išskirti veiksmų, paskirstymo parametrų taip pat būtų daug, kas didina aukštesnio netikslumo riziką.

4.4.2. Tikslinių kaštų valdymo metodo pritaikymas

Aptariant tikslinių kaštų valdymo (TC) metodo galimą pritaikymą analizuojamos įmonės UAB Polis veikloje nebuvo atlikti skaičiavimai, kadangi manoma, kad veiklomis grįsto kaštų valdymo (ABC) metodo pritaikymo metu gautų reikšmių interpretacija gali būti panaudota ir šio metodo įgyvendinimui. Abiejų metodų tikslas yra tas pats – efektyvumo didinimo ir kaštų mažinimo galimybių paieška. Naudojant TC metodą pirmiausia yra nusistatomos tikslinės kainos pagal rinkos vertinimą, norimas uždirbti pelnas ir tada pagal tai siekiama sumažinti kaštus. Jei nėra aiškiai suplanuojama, kaip sumažinti išlaidas iki reikiamo lygio, tuomet idėjos apie atskiro produkto gamybą rekomenduotina atsisakyti.

Šiuo metu įmonėje UAB Polis prekių pardavimo kainos yra nustatomos atsižvelgiant į kiekvieną individualų užsakymą, remiantis žaliavų sunaudojimu ir gamybinio proceso sudėtingumo lygiu. Žinoma, kaina turi būti ir konkurencinga, kad klientas nenuspėtų pasinaudoti kito tiekėjo paslaugomis. Jei būtų žinoma, kad produkcijos paklausa ženkliai išaugtų dėl tam tikru procentu sumažintos produkcijos vidutinės kainos, tokiu atveju veikloje jau galėtų būti pritaikomas TC metodas. Pritaikyto ABC metodo dėka yra žinomas kiekvienos gaminių grupės pelningumas. Tuo remiantis galima būtų teigti, kad detalių EPS60 vidutinės pardavimo kainos jau nėra galimybių sumažinti, nes pelningumas ir taip yra neigiamas. Tuo tarpu ties kitais gaminiiais galima apsvarstyti tikslinės kainos ir pelno galimybes. Turint ABC metodo rezultatus taip pat ir lengviau ieškoti būdų, kaip sumažinti kaštus, kad įgyvendinti TC metu nusistatytus tikslus.

Vienas iš būdų lengviau identifikuoti, nuo kurios srities pradėti ieškoti kaštų mažinimo galimybių, yra atskirų gamybinio proceso veiklų, dėl kurių patiriami kaštai buvo apskaičiuoti pritaikius ABC metodą, suskirstymas į vertę pridedančias bei vertės nepridedančias veiklas (žr. 8 priedo 1 lentelę). Tai yra viena iš ABC metodo diegimo veikloje koncepcijos rekomendacijų. UAB Polis atveju, kai veikloje naudojami dabar turimi įrengimai, prie vertę kuriančių veiklų buvo priskirtas projektavimas, ruošinio pjovimas, detalių pjovimas, kljavimas, pakavimas bei pristatymas. Tuo tarpu kaip strateginės veiklos traktuojamos užsakymų priėmimas iš klientų, žaliavų užsakymų pateikimas tiekėjams bei administracinė veikla. Siekiant mažinti išlaidas, pirmiausia reikėtų apsvarstyti nekuriančių vertės veiklų atsisakymo. Kaštai pirmiausia mažinami būtent šiose veiklose, o vėliau pereinama ir į vertę kuriančių veiklų kaštų analizę ir galimų alternatyvų paiešką.

Tiek turimų įrengimų atveju, tiek 3D spausdinimo technologijos gamybos procese pritaikymo atveju veiklos, priskiriamos prie nekuriančių vertės buvo išskirtos tos pačios (žr. 10 priedą). Iš tiesų ir pačio TC metodo pritaikymas atskirais atvejais neturėtų skirtis, taip pat yra nustatomos tikslinės kainos, pelnas, tik gali būti kaštų mažinimo galimybių paieška kiek kitokia. Veikloje pritaikius vieną iš skaitmenizacijos technologijų jau yra laikoma, kad veikla gali tapti itin efektyvi. Taigi ir identifikuoti alternatyvas kaštų sumažinime gali būti kur kas sudėtingiau. Tokiu atveju itin svarbu tampa rasti kaštų sumažinimo būdų išorinės aplinkos pagalba, pavyzdžiui, derybose su tiekėjais dėl žaliavų kainų, ar vidiniuose vertės nekuriančiuose procesuose.

4.4.3. Apribojimų teorijos koncepcijos pritaikymas

Siekiant nustatyti apribojimo teorijos (TOC) pritaikymo adekvatumą skirtingais analizuojamais atvejais, kai UAB Polis veikloje naudojami ir toliau turimi įrengimai ir kai įdiegiama 3D spausdinimo technologija, buvo atlikti tam tikri skaičiavimai, kurie pateikti 11 (turimi įrengimai) ir 12 (3D spausdintuvai) prieduose. Šio metodo tikslas yra identifikuoti veikloje egzistuojančius apribojimus ir juos panaikinti, kad veikla taptų efektyvesnė, patiriami kaštai sumažėtų.

Šiame darbe, pasitelkiant TOC metodą, buvo siekiama identifikuoti atskirų įrengimų panaudojimo gamyboje apribojimus. Tam išskiriamos gaminamos produkcijos grupės ir pateikiami visi veikloje naudojami gamybiniai įrengimai. Tokiu atveju reikalingas vidutinis laikas, kiek užtrunkama su atskiru įrengimu gaminti atskirą produktą. Tokios informacijos šiuo atveju nėra turima, todėl atliktus skaičiavimus galima interpretuoti kaip situacijos modeliavimą, pagal stebėtą realią gamybą, kad pavyktų suvokti tiek patį metodą, tiek jo pritaikymą. Pagal gautus rezultatus (žr. 10 priedą) galima interpretuoti, kad dabartinėje vykdomoje UAB Polis gamyboje detalių pjaustymo operacijos atlikimas yra apribojimas, kadangi, jei dirbama 8 valandas per dieną, 260 dienų per metus, nėra spėjama visiškai pilnai atlikti šios procedūros. Tuo tarpu kiti įrengimai apie 50 proc. laiko yra nenaudojami, susidaro didelės prastovos. Vertinant 3D spausdintuvų pritaikymo atvejį, toks apribojimas yra panaikinamas, jei dirbama pamainomis visas metų dienas, tuomet spausdintuvų išnaudojimas yra 95 proc. (žr. 11 priedą). Įterpiant ir tikslinių kaštų (TC) metodo elementą, buvo sugalvotas ir atskirų gaminių grupių rinkos poreikis bei juo remiantis apskaičiuotas optimaliausias gamybos variantas, kai visiškai yra patenkinama pirmiausia tos produkcijos paklausa, kurios pelningumas aukščiausias. Tokiu atveju turimų įrengimų sumodeliuotoje situacijoje UAB Polis pelnas būtų lygus 85.310 Eur., o 3D spausdinimo technologijos pritaikymo atveju 87.594 Eur. Antruoju atveju pelnas yra aukštesnis todėl, kad pagal sumodeliuotą situaciją turimi įrengimai dirba pilnu pajėgumu, o 3D spausdintuvai gali atspausdinti daugiau ir patenkinti didesnę rinkos poreikį nei turimi įrengimai. Kai 2.2. dalyje buvo skaičiuojamas reikalingas įsigyti 3D spausdintuvų kiekis, buvo gauta 12,35, o įsigyta viso 13 vienetų spausdintuvų. Skirtumas tarp šių dviejų skaičių sudaro galimybę pagaminti didesnę kiekį gaminių. Šiame darbe 3D spausdintuvai buvo diegiami su tikslu patenkinti esamą produkcijos poreikį, jei būtų norima gaminti didesnius kiekius, reikėtų įsigyti ir daugiau įrangos.

TOC metodo pritaikymas galimas abejais analizuojamais atvejais. Visgi, jei analizuojamas atskirų įrengimų našumas, metodo įgyvendinimas yra kiek paprastesnis 3D spausdintuvų atveju. 3D spausdintuvai turi savo įprastą greitį tam tikram kilogramui produkcijos, tad net ir kada neužfiksavus laiko, kiek užtruko gamyba, galima tai apskaičiuoti ir iš pagamintos produkcijos svorio. Taip pat 3D spausdintuvai susiejami su programine įranga, atsiranda galimybė tokią informaciją fiksuoti automatiškai. Taip pat skirtingų operacijų yra kur kas mažiau, nesugaištama laiko dėl produkto gabenimo nuo vieno įrengimo prie kito, ką ir gali būti sudėtingiau pamatuoti ir tinkamai priskirti.

Kaip jau minėta anksčiau, TOC metodo tikslas yra identifikuoti apribojimus. UAB Polis veikloje, kai naudojami turimi įrengimai, kaip vienas iš apribojimų buvo identifikuotas netolygus darbo paskirstymas atskiriems įrengimams, dėl ko egzistuoja prastovos, papildomos eksploatacinės išlaidos. Kaip dar vienas apribojimas galėtų būti išskirtas ir didelis žaliavų sandėliavimo poreikis. Perkami blokai, kurie užima daug vietos, kam reikia didelių patalpų. Žinoma, galima tiksliai planuoti

gamybą ir užsakinėti tik tos rūšies žaliavą iš kurios numatoma gaminti detales, tačiau tokiu atveju atsiranda galimas gamybos trikdymas dėl atskiros žaliavos neturėjimo reikiamu laiku.

Išvardintus apribojimus turimų įrengimų naudojimo atveju iš dalies išsprendžia 3D spausdintuvų įdiegimas veikloje. Vienas įrengimas atlieka visą gamybos procesą nuo pradžios iki galo, nėra medžiagų perkėlimų tarp atskirų įrengimų, kas mažina laiko eikvojimą. Sumažinamos prastovos, tačiau pakavimo procedūros prastova išlieka, kadangi ši operacija nėra modifikuojama. Visgi, galimos susidaryti prastovos ir 3D spausdintuvų atveju, jei sumažėtų paklausa. UAB Polis atveju 3D spausdintų kiekis gali patenkinti turimą poreikį ir šiek tiek daugiau pagaminti, bet jei paklausa išaugtų ženkliai, jau kad ją patenkinti reikėtų įsigyti papildomų spausdintuvų. Tai yra trūkumas lyginant su vykdoma dabartine gamyba, kadangi šiuo metu, jei jau susidarytų paklausos padidėjimas, kadangi yra dirbama 8 valandas per parą, būtų galima dirbti viršvalandžius ir taip įvykdyti užsakymus, o 3D spausdinimo atveju tokios galimybės nėra, nes ir taip yra dirbamas maksimalus laikas. Skaitmenizacijos technologijos diegimas UAB Polis veikloje išsprendžia žaliavų problemą, kadangi jau naudojami nebe blokai, kurie fiziškai užima daug vietos, o kur kas fiziniu dydžiu mažesnė žaliava, kas leistų atsisakyti nemažos dalies patalpų erdvės.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Ketvirtoji pramonės revoliucija paveiks daugelį sričių. Numatoma galima įtaka logistikai, darbo rinkai ar ateityje galimoms siūlyti vartotojams prekių ir paslaugų rūšims. Buvo išsiaiškinta, kad apibrėžiant ketvirtąją pramonės revoliuciją, daugiausiai akcentuojama išmani gamyba, kai veikloje įdiegiamos skaitmenizacijos technologijos. Tai yra visiškas gamybinių operacijų automatizavimas, sąlygų sudarymas įrengimams patiems priimti sprendimus ir komunikuoti tarpusavyje. Dėl skaitmenizacijos technologijų paplitimo yra neabejojama, kadangi konkurencija tik auga, vartotojų poreikiai taip pat, o norint juos patenkinti ir tuo pačiu didinti pelną, būtina priimti veiklos efektyvinimo sprendimus, į ką ir yra orientuoti naujieji inovaciniai sprendimai.
2. Atlikus mokslinės literatūros analizę galima teigti, kad tokie skaitmenizaciją apibūdinantys technologijų elementai, kaip virtuali ir papildyta realybė, daiktų internetas, mašininis mokymasis, robotika, 3D spausdinimas, didieji duomenys ir kibernetinės fizinės sistemos turės didelę įtaką gamybinių įmonių veiklos efektyvumui. Numatomi pokyčiai ne tik gamybiniuose procesuose, bet ir įmonių verslo modeliuose, strategijose.
 - Buvo nustatyta, kad skaitmenizacija paveiks visą gamybinės įmonės vertės grandinę, kuri galimai sutrumpės dėl modifikuojamų gamybinių operacijų.
 - Numatoma, kad gamybinių įmonių veiklos efektyvumas išaugs, kadangi prisitaikyti prie naujo gaminio gamybos taps kur kas paprasčiau. Automatizacijos ir einamojo momento duomenų analizės dėka bus galima užtikrinti sklandžią gamybą bei palaikyti aukštą produkcijos kokybę.
 - Gamybinių įmonių verslo modeliai bus modifikuoti, kadangi šiuo metu yra orientuojamasi arba į masinę vienodų gaminių gamybą arba į užsakyminę, tačiau ketvirtosios pramonės revoliucijos kontekste atskirtis tarp šių dviejų gamybos rūšių mažėja. Vienas iš skaitmenizacijos tikslų yra masinės gamybos apjungimą su individualių produktų gamyba, patiriant minimalius papildomus kaštus.
3. Formuojant poveikio efektyvumui vertinimo metodiką pasirinktas atvejo analizės metodas suteikia galimybę teorines prielaidas pritaikyti realios įmonės veikloje ir tiksliai nustatyti tiek gamybinių operacijų pokyčius, tiek apskaičiuoti patiriamų kaštų pokyčius.
 - Naudojamas palyginamumo principas, analizuojant dvi situacijas: veikla prieš pritaikant gamyboje vieną iš skaitmenizacijos technologijų ir veikla po įdiegimo. Taip identifikuojami poveikio procesams, kaštams skirtumai ir sudaroma galimybė įvertinti investicijos naudą.
 - Investicijos efektyvumo ekonominio vertinimo metu, pritaikius diskontuotą pinigų srautų metodą, galima apskaičiuoti skaitmenizacijos technologijos įdiegimo veikloje atsipirkimą. Svarbu atlikti ir jautrumo analizę, kuri leidžia įvertinti tokios investicijos galimą riziką.

- Siekiant išsiaiškinti gamybinių procesų efektyvumo pokyčius skaitmenizacijos kontekste, atliekamas veiklomis grįsto kaštų valdymo, apribojimo teorijos ir tikslinių kaštų metodų pritaikymas. Siekiama išvelgti ne tik veiklos efektyvumo pokyčius, bet ir atskirų metodų pritaikomumo ypatumus.
4. Tyrimo metu pritaikyta metodologija yra adekvati veiklos efektyvumo vertinimo pramonės skaitmenizacijos kontekste problemai spręsti. Remiantis modeliavimo rezultatais ir lyginamąja dviejų scenarijų analize (dabartinė gamybos operacijų situacija ir 3D spausdintuvų įdiegimas) galima daryti tokius apibendrinimus:
- Lyginant du scenarijus galima teigti, jog įdiegus gamyboje 3D spausdinimą vertės grandinė sutrumpėtų, o veiklos efektyvumas išaugtų dėl padidėjusio darbo našumo bei 30 proc. šiuo metu sugadinamų žaliavų sutaupymo. Apskaičiavus kaštus buvo nustatytas padidėjimas, ko priežastis yra aukštesnė 3D spausdinimui pritaikytos žaliavos kaina.
 - Atlikus investicijos ekonominį efektyvumo vertinimą buvo gauta, kad NPV reikšmė lygi 1.431 Eur., PI reikšmė lygi 0,01, o IRR atitinka 3,33. Nors du iš trijų rodiklių ir žymi investicijos teigiamą naudą, tačiau įvertinus absoliutines reikšmes, ką patvirtino ir atlikta jautrumo analizė, įmonei UAB Polis finansiškai neapsimokėtų įgyvendinti tokią investiciją. Pagrindinė gautų rezultatų priežastis yra aukštos tiesioginės sąnaudos.
 - Atlikus atskirų veiklos efektyvumo vertinimo metodų pritaikymą, buvo nustatyta, kad visi metodai yra tinkami naudoti ir veikloje įdiegus skaitmenizacijos technologijas, iš tikrųjų atskirų parametrų nustatymas tampa netgi paprastesnis. ABC metodo pritaikymo atveju buvo išsiaiškinta, kad atskiros gaminių grupės yra pelningesnės tuo atveju, jei veikloje ir toliau naudojami turimi įrengimai. Ieškant kaštų mažinimo alternatyvų, 3D spausdinimo atveju gali būti sudėtingiau, nes laikoma, kad gamybos operacijos yra optimizuojamos.
 - Apribojimų teorijos taikymo etapo metu nustatyta, kad dabartinės veiklos pagrindiniai apribojimai yra netolygus darbo paskirstymas atskiriems įrengimams, dėl ko egzistuoja prastovos, bei didelių sandėliavimo patalpų reikalaujančios žaliavos, poreikis pakankamai dažnai vykdyti jų užsakymus. Šiuos apribojimus išsprendžia 3D spausdintuvų pritaikymas, kadangi su vienu įrengimu produkto gamyba yra atliekama nuo pradžios iki galo, ženkliai sumažinamos prastovos, laiko eikvojimas gaminių perkėlimui tarp skirtingų įrengimų. Taip pat ir žaliavos yra pakeičiamos, šiuo atveju didelių sandėliavimo patalpų poreikis panaikinamas. Visgi, su 3D spausdintuvais numatyta veiklą vykdyti visą parą, dėl ko pasiekiamas 95 proc. įrengimų išnaudojimas, tačiau tokiu atveju galimas apribojimo atsiradimas, jei ženkliau išaugtų parduodamos produkcijos paklausa. Tuomet, kad patenkinti poreikį, būtų neišvengiamas papildomų spausdintuvų įsigijimas.

LITERATŪRA

1. Abdullah, T., Sahin, D. (2016). Augmented reality applications in product design process. *Global Journal on Humanites & Social Sciences*. 3. 115-125. doi: 10.18844/gjhss.v0i0.288
2. Anderson, N., Potočnik, K., Zhou, J. (2014). Innovation and Creativity in Organizations. *A State-of-the-Science Review, Prospective Commentary, and Guiding Framework*. doi: 10.1177/0149206314527128
3. Attaran, M. (2017). The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons, Elsevier*, 60(5), 677-688. doi: 10.1016/j.bushor.2017.05.011
4. Barreto, L., Amaralac, A., Pereiraac, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252. [žiūrėta 2017-06-02]. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
5. Bikienė, J., Pučkienė, D. (2012). *Buhalterinė apskaita: teorija ir praktika*. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas.
6. Bortolini, M., Ferrari, E., Gamberi, M., Pilati, F., Faccio, M. (2017). Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework. *IFAC PapersOnLine*, 50(1), 5700–5705. doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1121
7. Briciu, S., Capusneanu, S. (2010). Effective cost analysis tools of the activity – based costing (ABC) method. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 12(1). [žiūrėta 2017-11-26]. Prieiga per internetą: <http://oconomica.uab.ro/upload/lucrari/1220101/02.pdf>
8. Bruggeman, W., Everaert, P. (2007). Time-driven activity-based costing: exploring the Underlying. *Journal Og Cost Management*, 21 (2), 16-20. [žiūrėta 2017-12-10]. Prieiga per internetą: <http://hdl.handle.net/1854/LU-362437>
9. Chen, T., Lin, Y. (2017). Feasibility Evaluation and Optimization of a Smart Manufacturing System Based on 3D Printing: A Review: SMART MANUFACTURING SYSTEM BASED ON 3D PRINTING. *International Journal of Intelligent Systems*, 32(4), 394-413. doi:10.1002/int.21866
10. Chung, M., Kim, J. (2016). The Internet information and technology research directions based on the fourth industrial revolution. *KSII transactions on internet and information systems*, 10 (3), 1311-1320. doi: 10.3837/tiis.2016.03.020
11. Energijos skirstymo operatorius. *Tarifų planai ir kainos*. [žiūrėta 2018-03-29]. Prieiga per internetą: <http://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/kiek-kainuoja-elektra-2017-m..html>

12. Galinienė, B. (2007). *Ekonomikos modernizavimas: nauji iššūkiai ir ekonominės politikos prioritetas*. Leidimo vieta: Vilniaus universiteto leidykla.
13. Germany's national academy of science and engineering research paper. (2013). *Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. [žiūrėta 2017-05-01]. Prieiga per internetą: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
14. Go, J., Hart, J. (2017). Fast Desktop-Scale Extrusion Additive Manufacturing. *Additive manufacturing*, 18, 276-284. [žiūrėta 2018-01-20]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860416303220>
15. Guoping, L., Yunm, H., Aizhi, W. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*, 27(4), 626–637. doi: 10.1007/s11769-017-0890-x
16. Hofmann, E., Rusch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34. doi: 10.1016/j.compind.2017.04.002
17. Hozdic, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: a review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 2067–3604. [žiūrėta 2017-04-10]. Prieiga per internetą: http://www.academia.edu/32501939/SMART_FACTORY_FOR_INDUSTRY_4.0_A_REVIEW
18. Hussey R., Ong. A. (2012). *Strategic cost analysis*. New York: Business Expert Press.
19. Jefimovas, B. (2008). *Apskaitos pagrindai*. Kaunas: Technologija.
20. Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J.Y., Kim, B.H., Noh, S.D. (2016). Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111–128. doi: 10.1007/s40684-016-0015-5
21. Kaplan, R. S., and Steven, R. (2007). *Anderson. Time-Driven Activity-Based Costing: A Simpler and More Powerful Path to Higher Profits*. Boston: Harvard Business School Press.
22. Kolberg, D., Zuhlke D. (2015). Lean automation enabled by Industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48 (3), 1870–1875. doi: 10.1016/j.ifacol.2015.06.359
23. Lakis, V., Mackevičius, J., Gaižauskas, L. (2010). *Valdymo apskaitos teorija ir praktika: vadovėlis*. Leidimo vieta: Vilniaus universiteto leidykla.
24. Laplume, A., Anzalone, G., Pearce, J. (2016). Open-source, self-replicating 3-D printer factory for small-business manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85 (1–4), 633–642. [žiūrėta 2018-04-24]. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-015-7970-9>

25. Lietuvos bankas. *Paskolų palūkanų normos*. [žiūrėta 2018-04-12]. Prieiga per internetą: <https://www.lb.lt/lt/paskolu-palukanu-normos>
26. Liu, X., Jin, B., Bai, Q., Wang, Y., Wang, D., Wang, Y. (2016). Distributed Fiber-Optic Sensors for Vibration Detection. *Key Laboratory of Advanced Transducers and Intelligent Control Systems*, (79), 1164, doi:10.3390/s16081164
27. Lom, M., Pribyl, O., Svitek, M. (2016). Industry 4.0 as a part of smart cities. *IEEE*. doi: 10.1109/SCSP.2016.7501015
28. Lukoševičius, K., Martinkus, B., Piktys, R. (2005). *Verslo ekonomika*. Kaunas: Technologija.
29. Mackevičius, J., Grigaliūnas, L., Valkauskas, R. (2014). *Finansinė analizė*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
30. Magruk, A. (2016). Uncertainty in the sphere of the Industry 4.0 – potential areas to research. *Business, Management and Education*, 14(2), 275-291. doi: 10.3846/bme.2016.332
31. Matzler, K., Bailom, K., Friedrich, S., Kohler, T. (2013). Business model innovation: coffee model. *Cost Manage*, 21(2), 16–20. [žiūrėta 2018-03-15]. Prieiga per internetą: <https://biblio.ugent.be/publication/362437>
32. Mohr, S., Khan, O. (2015). 3D Printing and Its Disruptive Impact on Supply Chains of the Future. *Technology Innovation Management Review*, 5(11). [žiūrėta 2017-10-26]. Prieiga per internetą: http://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/MohrKhan_TIMReview_November2015.pdf
33. Morkevičius, V. (2012). Kokybinės lyginamosios analizės (KLA) pagrindai.
34. Norvaišienė, R., Krušinskas, R. (2008). *Projektų ekonominis ir socialinis vertinimas: mokomoji knyga*. Kaunas: Vitae Litera.
35. Perales, D. P., Alarcon, F., Boza, A. (2016). Industry 4.0: A Classification Scheme. *Closing the Gap Between Practice and Research in Industrial Engineering*, 343-350. doi: 10.1007/978-3-319-58409-6_38
36. Popovas, V. (2013). *Sandėlių valdymas ir veiklos efektyvumas: mokomoji knyga*. Leidimo vieta: Klaipėdos universiteto leidykla.
37. Prause, M., Weigand, J. (2016). Industry 4.0 and object-oriented development: incremental and architectural change. *Journal of Technology Management & Innovation*, 11(2). [žiūrėta 2017-04-16]. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242016000200010>
38. PricewaterhouseCoopers. (2015). *Industry 4.0: building the digital enterprise*. [žiūrėta 2017-05-02]. Prieiga per internetą: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
39. Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178. [žiūrėta 2017-10-05]. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>

40. Rauch, E., Seidenstricker, S., Dallasega, P., Hummerl, R. (2016). Collaborative Cloud Manufacturing: Design of Business Model Innovations Enabled by Cyberphysical Systems in Distributed Manufacturing Systems. *Journal of Engineering*, 1–12. doi:10.1155/2016/1308639
41. Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 1865-7923. [žiūrėta 2017-12-11]. Prieiga per internetą: <http://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/7072>
42. Rubmann, M., Lorenz, M., Philipp, G. Walner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M. (2015). Industry 4.0 the future of productivity and growth in manufacturing industries. [Žiūrėta 2017-06-17]. Prieiga per internetą: <https://www.zvw.de/media/media.72e472fb-1698-4a15-8858-344351c8902f.original.pdf>
43. Sani, A. A., Allahverdizadeh, M. (2012). Target and Kaizen Costing. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6(2). [žiūrėta 2018-01-16]. Prieiga per internetą: <https://waset.org/publications/11016/target-and-kaizen-costing>
44. Santana, A., Afonso, P., Zanin, A., Wernke, R. (2017). Costing models for capacity optimization in Industry 4.0: Trade-off between used capacity and operational efficiency. *Procedia Manufacturing*, 13, 1183-1190. [žiūrėta 2018-04-26]. .doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.193>
45. Saunila, M. (2017). Managing continuous innovation through performance measurement, *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 27 (2), 179-190. [žiūrėta 2018-04-20]. Prieiga per internetą: <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/CR-03-2015-0014>
46. Savukynas, R., Marcinkevičius, V. (2017). Daiktų interneto objektų identifikavimo metodų palyginimas. *Informacijos mokslai* 78, 1392-0561. [žiūrėta 2018-02-25]. doi: <https://doi.org/10.15388/Im.2017.78.10835>
47. Scheuermann, C., Verclas, S., Bruegge, B. (2015). Agile Factory - An Example of an Industry 4.0 Manufacturing Process. *IEEE 3rd International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications*. doi: 10.1109/CPSNA.2015.17
48. Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, R. A., Prote, J. P. (2014). Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP* 19, 51-56. [žiūrėta 2017-12-10]. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>
49. Schwab, K. (2017). Ketvirtoji pramonės revoliucija. Vilnius: VAGA.
50. Slatkevičienė, G., Vanagas, P. (2001). *Veiklos kompleksinio vertinimo sistema: sudarymo teorija ir metodika: monografija*. Kaunas: Technologija.

51. Strange, R., Zucchella, A., (2017). *Industry 4.0*, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184. [žiūrėta 2017-04-26]. doi: <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>
52. Swink, M., Melnyk, S. A., Cooper, M. B., Hartley, J. L. (2014). *Managing Operations: Across the Supply Chain*, 248-249. New York, NY: McGraw-Hill/Irwin.
53. Šlekienė, D., Klimavičienė, D. (1999). *Įmonės veiklos finansinis įvertinimas: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija.
54. Ten Large Scale 3D Printers Big Enough to Print Furniture. [žiūrėta 2018-03-15]. Prieiga per internetą: <https://3dprinting.com/3dprinters/best-large-scale-fdm-fff-3d-printers-big-enough-to-3d-print-furniture/>
55. The 15 largest 3D printers in 2018. [žiūrėta 2018-03-15]. Prieiga per internetą: <https://www.aniwaa.com/largest-3d-printers/>
56. Thoben, K. D. Wiesner, S. Wuest, T. (2017). Industrie 4.0 and Smart Manufacturing- A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation and Technology*, 11 (1), 4-16. [žiūrėta 2017-06-05]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/profile/Thorsten_Wuest/publication/312069858_Industrie_40_and_Smart_Manufacturing_A_Review_of_Research_Issues_and_Application_Examples/links/586e0bb108aebf17d3a73562.pdf
57. Trstenjak, M., Cosic, P. (2017). Process planning in Industry 4.0 environment. *Procedia Manufacturing*, 11, 1744 – 1750. doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.303
58. Vadybos ir konsultavimo įmonė „A. T. Kearney“. (2015). *3D printing: a manufacturing revolution*. [žiūrėta 2018-02-05]. Prieiga per internetą: <https://www.atkearney.com/documents/10192/5992684/3D+Printing+A+Manufacturing+Revolution.pdf/bf8f5c00-69c4-4909-858a-423e3b94bba3>
59. Vainienė, R. (2005). *Ekonomikos terminų žodynas*. Vilnius: Tyto alba.
60. Vaitkevičiūtė, V. (2007). *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: Žodynas
61. Vasauskaitė, J., Snieška, V., Drakšaitė, A. (2011). Naujų technologijų diegimas Lietuvos pramonėje: sprendimai ir jų veiksniai. *Ekonomika ir vadyba*, 1822-6515. [žiūrėta 2018-01-26]. Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/get/LTLDB0001:J.04~2011~1367176920030/DS.002.0.01.ARTIC>
62. Wang, Sh., Wan, J., Li, D., Zhang, Ch. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 12(1), doi:10.1155/2016/3159805
63. Wileman, A. (2009). *Sąnaudų apkarpymas. Kaip sumaniai tvarkyti ir mažinti sąnaudas*. Leidimo vieta: Verslo žinios.

64. Zawadzki, P., Zywicki, K. (2016). Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept. *Management and Production Engineering Review*, 7(3), 105-112. doi: 10.1515/mper-2016-0030
65. Zhang, D., Huang, H., Jo, M. (2014). Future RFID technology and applications: visions and challenges. *Telecommun Systems*, 58, 193–194. doi: 10.1007/s11235-014-9865-8.
66. Zinkevičiūtė, V., Vasiliauskas, A. (2013). *Gamybos logistika*. Gamybos vadyba. Klaipėda: S. Jokužio leidykla - spaustuvė.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Darbo užmokesčio sąnaudų prognozavimo pagrindimas 3D spausdinimo pritaikymo atveju

	Reikšmė
Bruto darbo užmokestis 2017 m.:	71.062 Eur
Gamybos vadovas	18.000 Eur
Cecho darbininkų bruto DU	53.062 Eur
Cecho darbininkų skaičius	6
Vieno cecho darbininko vid. bruto DU (mėn)	737 Eur
Bruto darbo užmokestis 2018 m.:	60.432 Eur
Gamybos vadovas	18.000 Eur
Atlyginimų augimas dėl nagtino darbo (proc.)	20
Vieno cecho darbininko vid. bruto DU (mėn)	884 Eur
Cecho darbininkų skaičius	4
Cecho darbininkų bruto DU	42.432 Eur

2 PRIEDAS. Elektros sąnaudų prognozavimo pagrindimas 3D spausdinimo pritaikymo atveju

	Reikšmė	Matavimo vienetas
Elektros sunaudojimas 1 kilogramui atspausdinti	2,81	kWh/kg
Suspausdinama kilogramų per mėnesį	6310,80	kg/mėn
Sunaudojama energija	17.733	kWh/mėn
Elektros poreikis 3D spausdintuvams	24,63	kWh
Bendras elektros energijos poreikis	30,00	kWh
Galios dedamoji 2018 m.	0,62	Eur/kW/mėn
Vienos laiko zonos energijos dedamoji 2018 m.	0,031	Eur/kWh
Viso elektros sąnaudos	6820	Eur

3 PRIEDAS. Veiklos bei finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos 2017 m. ir jų prognozavimas 2018m., pateikiant absoliučias reikšmes ir procentinius pokyčius

Veiklos sąnaudos	2017 m., Eur	2018 m. (turimi įrengimai), Eur	Pokytis	2018 m. (3D spausdintuvai), Eur	Pokytis
Telekomunikacijų sąnaudos	286	286	0%	286	0%
Draudimo išlaidos	1.659	1.659	0%	1.659	0%
Automobilių remonto ir eksploatacinės sąnaudos	1.548	1.548	0%	1.548	0%
Kuro sąnaudos	4.185	4.185	0%	4.185	0%
Komandiruočių sąnaudos	286	286	0%	286	0%
Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	411	411	0%	411	0%
Reprezentacinės išlaidos	573	573	0%	573	0%
Darbo užmokesčio sąnaudos	29.784	30.082	1%	30.082	1%
Socialinio draudimo mokestis	9.302	9.395	1%	9.395	1%
Gyvybės draudimas	1.390	1.390	0%	1.390	0%
Patalpų valymas, komunalinės sąnaudos	2.964	2.964	0%	2.964	0%
Buhalterijos paslaugos	2.100	2.100	0%	2.100	0%
IT paslaugos	2.640	2.640	0%	2.640	0%
Kitos išlaidos	1.357	1.371	1%	1.371	1%
Viso	58.485	58.890	0,69%	58.890	0,69%

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos	2017 m., Eur	2018 m. (turimi įrengimai), Eur	Pokytis	2018 m. (3D spausdintuvai), Eur	Pokytis
Lizingo palūkanos	272	272	0%	272	0%
Palūkanos už kreditinę liniją	858	858	0%	858	0%
Ilgalaikės paskolos palūkanos (3D spausdintuvo pirkimui)	0	0	0%	3.220	100%
Viso	1.130	1.130	0%	4.350	284,96%

	2017 m., Eur	2018 m. (turimi įrengimai), Eur	Pokytis, Eur	2018 m. (3D spausdintuvai), Eur	Pokytis
Bendrasis pelnas	122.218	126.492	3,50%	106.716	-12,68%
Veiklos sąnaudos	58.485	58.890	0,69%	58.890	0,69%
Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos	1.130	1.130	0,00%	4.350	284,96%
Pelnas prieš apmokestinimą	62.603	66.472	6,18%	43.476	-30,55%

4 PRIEDAS. Paskolos palūkanų paskaičiavimas

Paskolos gražinimo būdas – anuitetinis.

Periodas	PMT, Eur	Palūkanos (3,35%), Eur	Pagrindinė skolos dalis, Eur	Paskolos likutis, Eur
2017				96112
2018	27248	3220	24028	72084
2019	26443	2415	24028	48056
2020	25638	1610	24028	24028
2021	24833	805	24028	0
Viso	104161	8049	96112	

5 PRIEDAS. Prognozavimo prielaidos turimų įrengimų naudojimo atveju 2019 -2022 m.

	2017 m.
Atsargos	9.332 Eur
Pirkėjų skolos	51.942 Eur
Skolos tiekėjams	53.548 Eur

	2018 m.				
Pajamos (Eur)	456.043				
Pardavimų pokytis		2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Savikainos pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Veiklos sąnaudos (Eur)	59.314				
Veiklos sąnaudų pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Atsargos (Eur)	9.425				
Atsargų pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Pirkėjų skolos (Eur)	52.461				
Pirkėjų skolų pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Skolos tiekėjams (Eur)	58.786				
Skolų tiekėjams pokytis	Priklausomai nuo savikainos	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%

6 PRIEDAS. Prognozavimo prielaidos 3D spausdinimo pritaikymo atveju 2019 – 2022 m.

	2017 m.
Atsargos	9.332 Eur
Pirkėjų skolos	51.942 Eur
Skolos tiekėjams	53.548 Eur

	2018 m.				
Investicijos į ilgalaikį turtą (Eur)	96.112				
Nusidėvėjimo terminas (metai)	8				
Pajamos (Eur)	456.043				
Pardavimų pokytis		2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Granulių poreikis (pagal pardavimus)	75.729,60	76.487	77.252	78.025	78.805
Granulių kainos pokytis		-5%	-5%	-5%	-5%
Granulių kaina (Eur/kg)	3,04	2,89	2,74	2,61	2,48
Granulių sąnaudos (Eur)	23.0218	220.894	211.949	203.366	195.129
Pardavimo savikainos dalis nuo pardavimų, be nusidėvėjimo ir granulių sąnaudų	23,35%				
Veiklos sąnaudos (Eur)	59.314				
Veiklos sąnaudų pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Atsargos (Eur)	9.425				
Atsargų pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Pirkėjų skolos (Eur)	52.461				
Pirkėjų skolų pokytis	Priklausomai nuo pardavimų	2	3	4	5
		1%	1%	1%	1%
Skolos tiekėjams (Eur)	58.786				
Skolų tiekėjams pokytis	Priklausomai nuo savikainos	2	3	4	5
		-2,45%	-2,40%	-2,34%	-2,28%
		57.344	55.970	54.661	53.415
Projekto kapitalo kaina	2,85%				

Projekto kapitalo kaina = $1 * 3,35 * (1 - 0,15) / 100 = 2,85$ proc.

7 PRIEDAS. Diskontuotų pinigų srautų metodo pritaikymas

NPV skaičiavimas

	2018	2019	2020	2021	2022
Pajamos (dabar)	456.043	460.603	465.209	469.861	474.560
Pajamos (3D)	456.043	460.603	465.209	469.861	474.560
Pajamų skirtumas	0	0	0	0	0
Pardavimo savikaina dabar (be nusidėvėjimo)	328.963	332.253	335.576	338.932	342.322
Pardavimo savikaina (3D) (be nusidėvėjimo)	336.725	328.466	320.597	313.100	305.961
Pardavimo savikainos skirtumas	-7.762	3.787	14.979	25.832	36.361
Veiklos sąnaudos dabar	59.314	59.907	60.506	61.111	61.722
Veiklos sąnaudos 3D	59.314	59.907	60.506	61.111	61.722
Veiklos sąnaudos skirtumas	0	0	0	0	0
Nusidėvėjimas dabar	588	0	0	0	0
Nusidėvėjimas 3D	12.602	12.014	12.014	12.014	12.014
Nusidėvėjimas skirtumas	12.014	12.014	12.014	12.014	12.014
Pelnas prieš mokesčius	-19.776	-8.227	2.965	13.818	24.347
Pelno mokestis (15 proc.)	0	0	445	2.073	3.652
Grynasis pelnas	-19.776	-8.227	2.520	11.745	20.695
Nusidėvėjimas	12.014	12.014	12.014	12.014	12.014
Apyvartinis kapitalas	3.100	5.161	6.535	7.844	9.090
Apyvartinio kapitalo pokyčiai	-2.061	-1.374	-1.309	1.246	
Projekto pagrindinės veiklos pinigų srautai	-9.823	2.413	13.225	25.005	32.709
Investicijos	-96.112				
Likutinė vertė					45.133
Projekto pinigų srautas	-105.935	2.413	13.225	25.005	77.842
Sukauptas projekto pinigų srautas	-105.935	-103.522	-90.297	-65.292	12.550
Projekto pinigų srautas	-105.935	2.413	13.225	25.005	77.842
Perskaičiavimo į esamąją vertę koeficientas	0,972313	0,945393	0,919219	0,893768	0,869023
Diskontuoti projekto pinigų srautai	-103.002	2.281	12.157	22.349	67.646
Sukaupti diskontuoti projekto pinigų srautai	-103.002	-100.721	-88.564	-66.215	1.431

NPV (5 m.)	1.431
PI	0,01
IRR	3,3%

8 PRIEDAS. Veiklomis grįsto kaštų valdymo metodo pritaikymas turimų įrengimų naudojimo atveju

8 priedo 1 lentelė. Produkcijos grupių tiesioginiai kaštai

Pavadinimas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Vid. kaina, Eur/vnt	0,21	8,38	2,89	4,73	5,87	5,68	10,52	35,19
Apimtys, vnt	534.189	7.389	10.295	18.181	12.184	11.037	978	487
Apimtys, kg	30.906	9.562	7.213	24.223	17.426	16.859	1.098	898
Pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
Blokai, Eur	58.714	27.199	12.964	37.659	32.569	27.932	5.080	7.048
Pakavimo medžiagos, Eur	3.098	959	723	2.428	1.747	1.690	110	90
Klijai, Eur	506	156	118	396	285	276	18	15
Tiesioginiai kaštai, Eur	62.318	28.314	13.805	40.483	34.601	29.898	5.208	7.153
Tiesioginiai kaštai nuo pardavimų	54,98%	45,27%	45,94%	46,61%	47,90%	47,22%	50,12%	41,33%

8 priedo 2 lentelė. Netiesioginių kaštų paskirstymas proceso veikloms

	Darbai	Suma	Užsakymų priėmimas	Projekta- vimas	Žaliavų užsakymas	Ruošinio pajovimas	Detalių pajovimas	Detalių klijavimas	Pakavimas	Prista- tymas	Administ- racinė veikla
Kodas	Ištekliai										
6032	Tiesioginis darbo užmokestis	71.773		3.000	3.000	17.787	17.787	12.412	17.787		
6033	Soc. draudimo įmokos	22417		937	937	5.555	5.555	3.878	5.555		
6039	Gyvybės draudimo išlaidos	4.869		116	116	1.271	1.271	824	1.271		
60044	Gamybinių įrengimų, prietaisų, įrankių nusidėvėjimas	588							588		
6036	Elektros sąnaudos	2.066				567	567	365	567		
6034	Dujų sąnaudos	6.058				1.661	1.661	1.075	1.661		
61107	Telekomunikacijų sąnaudos	286	143								143
61109	Draudimo išlaidos	1.659				345	386	276	296	356	
61112	Automobilių eksploatacinės sąnaudos	1.548								1.548	
61113	Kuro sąnaudos	4.185								4.185	
61116	Komandiruočių sąnaudos	2.86									286
61117	Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	411				162	162	87			
61119	Reprezentacinės išlaidos	573									573
61021	Darbo užmokesčio sąnaudos	30.082	4.020							6.660	19.402
61022	Socialinio draudimo mokesčiai	9.395	1.256							2.080	6.059
61023	Gyvybės draudimas	1.390	348								1.042
61118	Komunalinės sąnaudos	2.964	370	370	370	370	370	370	370		374
61122	Buhalterijos paslaugos	2.100									2.100
61123	IT paslaugos	2.640		2.160							480
6113	Kitos išlaidos	1.371									1.371
630	Lizingo palūkanos	272								272	
631	Palūkanos už kreditinę liniją	858									858
	Viso atliekamiems darbams:	167.791	6.137	6.583	4.423	27.718	27.759	19.287	28.095	15.101	32.688

8 priedo 3 lentelė. Kaštų veiksmų parinkimas, veiklos matavimas ir įkainių skaičiavimas

	Darbo pavadinimas	Matavimo vienetas (veiksny)	Veiklos apimtis	Duomenų rinkimas
D1	Užsakymų priėmimas	Užsakymų skaičius	1.032	Apskaitos programa
D2	Projektavimas	Naujai projektuojamų gaminų skaičius	238	AutoCad ir SolidWorks programos
D3	Tiekėjai	Atvežtų kilogramų kiekis	108.185	Apskaitos programa
D4	Ruošinio pjovimas	Supjaustomų blokų kiekis, kg	108.185	Gamybos žurnalas
D5	Detalių pjovimas	Supjaustomų detalių kiekis, kg	75.730	Gamybos žurnalas
D6	Detalių klįjavimas	Klijuojamų detalių kiekis, kg	53.011	Gamybos žurnalas
D7	Pakavimas	Pakuojamų detalių kiekis, kg	75.730	Gamybos žurnalas
D8	Pristatymas	Nuvažiutas atstumas, km	4.599	Kelionės lapai
D9	Administracinė veikla	Apyvarta, Eur.	456.043	Apskaitos programa

8 priedo 4 lentelė. Savikainos struktūros modeliavimas

	Darbo pavadinimas	Sukaupti kaštai veikos centre	Veiklos apimtis kaštų veiksniais	Veikos įkainis	Matavimo vienetai
D1	Užsakymų priėmimas	6.137	1.032	5,95	Eur/užsakymo priėmimui
D2	Projektavimas	6.583	238	27,66	Eur/suprojektuotam gaminiui
D3	Žaliavų užsakymas	4.423	104	42,53	Eur/atvežimų kiekiui
D4	Ruošinio pjovimas	277.18	108.185	0,26	Eur/kg
D5	Detalių pjovimas	27.759	75.730	0,37	Eur/kg
D6	Detalių klįjavimas	19.287	53.011	0,36	Eur/kg
D7	Pakavimas	28.095	75.730	0,37	Eur/kg
D8	Pristatymas	15.101	4.599	3,28	Eur/km
D9	Administracinė veikla	32.688	456.043	0,07	Eur/apyvartos Eur

8 priedo 5 lentelė. Veiklos nešėjų paskirstymo parametrai tarp atskirų veiklų

	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Užsakymų priėmimas:								
Prekių vienetai	534.189	7.389	10.295	18.181	12.184	11.037	978	487
Prekių vienetų pasiskirstymas	89,82%	1,24%	1,73%	3,06%	2,05%	1,86%	0,16%	0,08%
Projektavimas:								
Gaminių rūšių skaičius atskirose grupėse	987	16	35	82	92	72	7	30
Gaminių rūšių pasiskirstymas	74,72%	1,21%	2,65%	6,21%	6,96%	5,45%	0,53%	2,27%
Žaliavų užsakymas:								
kg/m3	13,5	14	18	19	25	31	19	19
Tūris (m3)	2289	683	401	1275	697	544	58	47
Tūrio pasiskirstymas	38,19%	11,39%	6,69%	21,27%	11,63%	9,07%	0,96%	0,79%
Ruošinio pjovimas, detalių pjovimas, detalių kljavimas, pakavimas:								
Sunaudoti kilogramai	30.906	9.562	7.213	24.223	17.426	16.859	1.098	898
Kilogramų pasiskirstymas	28,57%	8,84%	6,67%	22,39%	16,11%	15,58%	1,01%	0,83%
Pristatymas:								
Išvežama produkcija, m3	1.602	478	281	892	488	381	40	33
Tuščios erdvės koeficientas	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	3,00	2,00
Viso, m3	2.083	622	365	1.160	634	495	121	66
Procentinė užimamos erdvės dalis	37,56%	11,21%	6,57%	20,92%	11,44%	8,92%	2,19%	1,19%
Administracinė veikla:								
Pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309

8 priedo 6 lentelė. Produkcijos grupių savikainos modeliavimas

	Veiklos pavadinimas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
D1	Užsakymų priėmimas	927	13	18	32	21	19	2	1
D2	Projektavimas	178	3	6	15	17	13	1	5
D3	Žaliavų užsakymas	40	12	7	22	12	9	1	1
D4	Ruošinio pjovimas	30.906	9.562	7.213	24.223	17.426	16.859	1.098	898
D5	Detalių pjovimas	21.634	6.693	5.049	16.956	12.198	11.801	769	629
D6	Detalių klijavimas	15.144	4.685	3.534	11.869	8.539	8.261	538	440
D7	Pakavimas	21.634	6.693	5.049	16.956	12.198	11.801	769	629
D8	Pristatymas	1.727	515	302	962	526	410	101	55
D9	Administracinė veikla	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
		Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
		Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur
	Pardavimo pajamos	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
	Tiesioginiai kaštai	62.318	28.314	13.805	40.483	34.601	29.898	5.208	7.153
	tiesioginės medžiagos	62.318	28.314	13.805	40.483	34.601	29.898	5.208	7.153
	Ribinės pajamos	51.028	34.225	16.245	46.373	37.634	33.419	5.183	10.156
	Netiesioginiai (ABC) kaštai:	55.315	15.934	10.574	33.955	24.577	22.769	2.204	2.463
D1	Užsakymų priėmimas	5.513	77	107	190	125	113	12	6
D2	Projektavimas	4.923	83	166	415	470	360	28	138
D3	Žaliavų užsakymas	1.701	510	298	936	510	383	43	43
D4	Ruošinio pjovimas	7.918	2.450	1.848	6.206	4.465	4.319	281	230
D5	Detalių pjovimas	7.930	2.453	1.851	6.215	4.471	4.326	282	231
D6	Detalių klijavimas	5.510	1.705	1.286	4.318	3.107	3.006	196	160
D7	Pakavimas	8.025	2.482	1.872	6.290	4.524	4.378	285	233
D8	Pristatymas	5.671	1.691	992	3.159	1.727	1.346	332	181
D9	Administracinė veikla	8.124	4.483	2.154	6.226	5.178	4.538	745	1.241
	Pelnas	-4.287	18.291	5.671	12.418	13.057	10.650	2.979	7.693
	Pelningumas	-3,78%	29,25%	18,87%	14,30%	18,08%	16,82%	28,67%	44,45%

9 PRIEDAS. ABC metodo pritaikymas 3D spausdinimo pritaikymo

9 priedo 1 lentelė. Produkcijos grupių tiesioginiai kaštai

Pavadinimas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Vid. kaina, Eur/vnt	0,21	8,38	2,89	4,73	5,87	5,68	10,52	35,19
Apimtys, vnt	534.189	7.389	10.295	18.181	12.184	11.037	978	487
Apimtys, kg	21.634	6.693	5.049	16.956	12.198	11.801	769	629
Pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
Pagr. žaliava, Eur	64.624	29.937	14.269	41.449	35.847	30.743	5.591	7.757
Pakavimo medžiagos, Eur	3.098	959	723	2.428	1.747	1.690	110	90
Tiesioginiai kaštai, Eur	67.722	30.896	14.992	43.877	37.594	32.433	5.701	7.847
Tiesioginiai kaštai nuo pardavimų (2018)	59,75%	49,40%	49,89%	50,52%	52,04%	51,22%	54,87%	45,34%

9 priedo 2 lentelė. Netiesioginių kaštų paskirstymas proceso veikloms

	Darbai	Suma	Užsakymų priėmimas	Projektavimas	Žaliavų užsakymas	Spausdinimas	Pakavimas	Pristatymas	Administracinė veikla
Kodas	Ištekliai								
6032	Tiesioginis darbo užmokestis	60.432		3.000	3.000	39.455	14.977		
6033	Soc. draudimo įmokos	18.875		937	937	12.324	4.677		
6039	Gyvybės draudimo išlaidos	3.477		116	116	2.175	1.070		
60044	Gamybinių įrengimų, prietaisų, įrankių nusidėvėjimas	12.602				12.014	588		
6036	Elektros sąnaudos	6.820				6253	567		
6034	Dujų sąnaudos	6.058				4397	1.661		
61107	Telekomunikacijų sąnaudos	286	143						143
61109	Draudimo išlaidos	1.659				1.007	296	356	
61112	Automobilių remonto ir eksploatacinės sąnaudos	1.548						1.548	
61113	Kuro sąnaudos	4.185						4.185	
61116	Komandiruočių sąnaudos	286							286
61117	Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	411				324	87		
61119	Reprezentacinės išlaidos	573							573
61021	Darbo užmokesčio sąnaudos	30.082	4020					6.660	19.402
61022	Socialinio draudimo mokestis	9.395	1256					2.080	6.059
61023	Gyvybės draudimas	1.390	348						1.042
61118	Komunalinės sąnaudos	2.964	370	370	370	1.110	370		374
61122	Buhalterijos paslaugos	2.100							2.100
61123	IT paslaugos	2.640		2.160					480
6113	Kitos išlaidos	1.371							1.371
630	Lizingo palūkanos	272						272	
631	Palūkanos už kreditinę liniją	858							858
632	Ilgalaikės paskolos palūkanos	3.220				3.220			
	Viso atliekamiems darbams:	171.504	6.137	6.583	4.423	82.279	24.293	15.101	32.688

9 priedo 3 lentelė. Kaštų veiksmų parinkimas, veiklos matavimas ir įkainių skaičiavimas

	Darbo pavadinimas	Matavimo vienetas (veiksny)	Veiklos apimtis	Duomenų rinkimas
D1	Užsakymų priėmimas	Užsakymų skaičius	1.032	Apskaitos programa
D2	Projektavimas	Naujai projektuojamų gaminių skaičius	238	AutoCad, SolidWorks ir Cura programos
D3	Tiekėjai	Atvežtų kilogramų kiekis, kg	75.730	Apskaitos programa
D4	Spausdinimas	Atspausdintų gaminių kiekis, kg	75.730	Gamybos žurnalas
D5	Pakavimas	Pakuojamų detalių kiekis, kg	75.730	Gamybos žurnalas
D6	Pristatymas	Nuvažiutas atstumas, km	4.599	Gamybos žurnalas
D7	Administracinė veikla	Apyvarta, Eur.	456.043	Gamybos žurnalas

9 priedo 4 lentelė. Savikainos struktūros modeliavimas

	Darbo pavadinimas	Sukaupti kaštai veikos centre	Veiklos apimtis kaštų veiksniais	Veikos įkainis	Matavimo vienetai
D1	Užsakymų priėmimas	6.137	1.032	5,95	Eur/užsakymo priėmimui
D2	Projektavimas	6.583	238	27,66	Eur/suprojektuotam gaminiui
D3	Žaliavų užsakymas	4.423	75.730	0,06	Eur/kg
D4	Spausdinimas	82.279	75.730	1,09	Eur/kg
D5	Pakavimas	24.293	75.730	0,32	Eur/kg
D6	Pristatymas	15.101	4.599	3,28	Eur/kg
D7	Administracinė veikla	32.688	456.043	0,07	Eur/kg

9 priedo 5 lentelė. Veiklos nešėjų paskirstymo parametrai tarp atskirų veiklų

	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Užsakymų priėmimas:								
Prekių vienetai	534.189	7.389	10.295	18.181	12.184	11.037	978	487
Prekių vienetų pasiskirstymas	89,82%	1,24%	1,73%	3,06%	2,05%	1,86%	0,16%	0,08%
Projektavimas:								
Gaminių rūšių skaičius atskirose grupėse	987	16	35	82	92	72	7	30
Gaminių rūšių pasiskirstymas	74,72%	1,21%	2,65%	6,21%	6,96%	5,45%	0,53%	2,27%
Žaliavų užsakymas, spausdinimas, pakavimas:								
Sunaudoti kilogramai	21.634	6.693	5.049	16.956	12.198	11.801	769	629
Kilogramų pasiskirstymas	28,57%	8,84%	6,67%	22,39%	16,11%	15,58%	1,01%	0,83%
Pristatymas:								
Išvežama produkcija, m3	1.602	478	281	892	488	381	40	33
Tuščios erdvės koeficientas	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	3,00	2,00
Viso, m3	2.083	622	365	1.160	634	495	121	66
Procentinė užimamos erdvės dalis	37,56%	11,21%	6,57%	20,92%	11,44%	8,92%	2,19%	1,19%
Administracinė veikla:								
Pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309

9 priedo 6 lentelė. Produkcijos grupių savikainos modeliavimas

	Veiklos pavadinimas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonas ir kapiteliai
D1	Užsakymų priėmimas	927	13	18	32	21	19	2	1
D2	Projektavimas	178	3	6	15	17	13	1	5
D3	Žaliavų užsakymas	21634	6693	5049	16956	12198	11801	769	629
D4	Spausdinimas	21634	6693	5049	16956	12198	11801	769	629
D5	Pakavimas	21634	6693	5049	16956	12198	11801	769	629
D6	Pristatymas	1727	515	302	962	526	410	101	55
D7	Administracinė veikla	113346	62539	30050	86856	72235	63317	10391	17309
Objekto pavadinimas:		Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonas ir kapiteliai
		Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur	Suma, Eur
	Pardavimo pajamos	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
	Tiesioginiai kaštai	67.722	30.896	14.992	43.877	37.594	32.433	5.701	7.847
	tiesioginės medžiagos	67.722	30.896	14.992	43.877	37.594	32.433	5.701	7.847
	Ribinės pajamos	45.624	31.643	15.058	42.979	34.641	30.884	4.690	9.462
	Netiesioginiai (ABC) kaštai:	55.939	16.143	10.819	34.841	25.377	23.653	2.244	2.488
D1	Užsakymų priėmimas	5.513	77	107	190	125	113	12	6
D2	Projektavimas	4.923	83	166	415	470	360	28	138
D3	Žaliavų užsakymas	1.264	391	295	990	712	689	45	37
D4	Spausdinimas	23.505	7.272	5.486	18.423	13.253	12.822	835	683
D5	Pakavimas	6.939	2.146	1.619	5.438	3.912	3.785	247	202
D6	Pristatymas	5.671	1.691	992	3.159	1.727	1.346	332	181
D7	Administracinė veikla	8.124	4.483	2.154	6.226	5.178	4.538	745	1.241
	Pelnas	-10.315	15.500	4.239	8.138	9.264	7.231	2.446	6.974
	Pelningumas	-9,10%	24,79%	14,11%	9,37%	12,82%	11,42%	23,54%	40,29%

10 PRIEDAS. Proceso veiklų suskirstymas į kuriančias ir nekuriančias vertės

Turimų įrengimų naudojimo atvejis:

Veikos	Darbo pavadinimas	Vertės kūrimas	Strateginė veika
D1	Užsakymų priėmimas		+
D2	Projektavimas	+	
D3	Žaliavų užsakymas		+
D4	Ruošinio pjovimas	+	
D5	Detalių pjovimas	+	
D6	Detalių kljavimas	+	
D7	Pakavimas	+	
D8	Pristatymas	+	
D9	Administracinė veikla		+

3D spausdintuvų naudojimo atvejis:

Veikos	Darbo pavadinimas	Vertės kūrimas	Strateginė veika
D1	Užsakymų priėmimas		+
D2	Projektavimas	+	
D3	Žaliavų užsakymas		+
D4	Spausdinimas	+	
D5	Pakavimas	+	
D6	Pristatymas	+	
D7	Administracinė veikla	+	

11 PRIEDAS. Apribojimų teorijos pritaikymas kai veikloje naudojami turimi įrengimai

	2018
Pardavimų pajamos, Eur	456.043
Tiesioginės medžiagos, Eur	221.780
Operacinės išlaidos, Eur	168.251
Pelnas, Eur	66.472
Apdorojimo vertė, Eur	234.723

Pavadinimas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Vid. kaina, Eur/vnt	0,21	8,38	2,89	4,73	5,87	5,68	10,52	35,19
Apimtys, vnt	534.189	7.389	10.295	18.181	12.184	11.037	978	487
Apimtys, kg	30.906	9.562	7.213	24.223	17.426	16.859	1.098	898
Pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
Tiesioginiai kaštai, Eur	62.318	28.314	13.805	40.483	34.601	29.898	5.208	7.153

Medžiagų vertė gaminiui, Eur/vnt	0,12	3,83	1,34	2,23	2,84	2,71	5,33	14,69
Apdorojimo vertė gaminiui, Eur/vnt	0,10	4,63	1,58	2,55	3,09	3,03	5,30	20,85
Pagamintas vidutinis gaminių skaičius per dieną, vnt/d	2.054,57	28,42	39,60	69,93	46,86	42,45	3,76	1,87

vnt/kg	0,058	1,294	0,701	1,332	1,430	1,527	1,123	1,844
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

	Mašinų skaičius	Resursas (sekundės)	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai	Skyriaus apkrautumo koef.
Ruošinio pjovimas	1	28.800	3	42	33	36	34	63	179	271	0,58
Detalių pjovimas viela	2	57.600	12	165	102	123	111	232	309	462	1,02
Detalių kljavimas	1	28.800	1	83	25	40	71	63	190	415	0,55
Pakavimas	1	28.800	1	75	30	60	75	60	75	90	0,56
Gamybinių operacijų trukmė, s			17	365	190	259	291	418	753	1238	

	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Maksimalus gaminių skaičius per d.d.	4.800,00	346,99	564,71	468,29	384,00	248,28	151,58	69,40
Apdorojimo vertė per d.d.	458,52	1.607,21	891,08	1.194,44	1.186,10	751,76	803,31	1.447,23
Maksimali apdorojimo vertė per metus, Eur	119214	417874	231680	310555	308386	195457	208860	376280
Įrengimų apkrovimas	0,57	0,88	0,75	0,84	0,78	0,72	0,79	0,60
Pelnas, Eur	-49.037	249.623	63.429	142.304	140.135	27.206	40.609	208.029
Rinkos poreikis, vnt/d.d.	2.200	40	50	80	50	50	5	2
Apdorojimo vertė per d.d.	210	185	79	204	154	151	26	42
Apribojimo apkrovimas	46%	11%	9%	17%	10%	20%	3%	2%
Apdorojimo vertė Eur/h	57,31	202,12	111,38	149,31	200,35	93,97	123,49	325,00

Optimaliausio varianto gamyba:

Apdorojimo vertė Eur/h pagal didėjimą	325,00	202,12	200,35	149,31	123,49	111,38	93,97	57,31	
Apribojimo išskirstymas	2%	11%	10%	17%	3%	9%	20%	29%	
Laikas, skiriamas detalių pjovimui per dieną	0,13	0,92	0,77	1,37	0,21	0,71	1,61	2,32	Viso
	41,71	185,28	154,44	204,05	26,50	78,90	151,40	132,97	975,23
									Pelnas
									85.310,12

12 PRIEDAS. Apribojimų teorijos pritaikymas kai veikloje naudojama 3D spausdinimo technologija

	2018
Pardavimų pajamos, Eur	456.043
Tiesioginės medžiagos, Eur	241.063
Operacinės išlaidos, Eur	171.963
Pelnas, Eur	43.476
Apdorojimo vertė, Eur	215.439

Pavadinimas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Vid. kaina, Eur/vnt	0,21	8,38	2,89	4,73	5,87	5,68	10,52	35,19
Apimtys, vnt	534.189	7.389	10.295	18.181	12.184	11.037	978	487
Apimtys, kg	21.634	6.693	5.049	16.956	12.198	11.801	769	629
Pajamos, Eur	113.346	62.539	30.050	86.856	72.235	63.317	10.391	17.309
Tiesioginiai kaštai, Eur	67.722	30.896	14.992	43.877	37.594	32.433	5.701	7.847
Medžiagų vertė gaminiui, Eur/vnt	0,13	4,18	1,46	2,41	3,09	2,94	5,83	16,11
Apdorojimo vertė gaminiui, Eur/vnt	0,09	4,28	1,46	2,36	2,84	2,80	4,80	19,43
Pagaminamas vidutinis gaminių skaičius per dieną, vnt/para	1463,532	20,244	28,205	49,811	33,381	30,238	2,679	1,334
vnt/kg	0,04	0,91	0,49	0,93	1,00	1,07	0,79	1,29

	Mašinų skaičius	Resursas	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai	Skyriaus apkrautumo koef.
3D spaudintuvas	13	1.123.200	208	4.659	2.522	4.796	5.149	5.499	4.042	6.638	0,95
Pakavimas	1	28.800	1	75	30	60	75	60	75	90	0,56
Gamybinių operacijų trukmė, s			209,3	4.733,7	2.552,3	4.856,4	5.223,9	5.559,0	4.116,7	6.728,2	

	Detalė EPS60	Detalė EPS70	Detalė EPS80	Detalė EPS100	Detalė EPS150	Detalė EPS200	Putų polistirolio dėžės	Kolonos ir kapiteliai
Maksimalus gaminių skaičius per dieną	5.392,70	241,10	445,31	234,18	218,15	204,26	277,90	169,20
Apdorojimo vertė per dieną	460,58	1.032,49	651,34	553,58	620,22	571,54	1.332,59	3.287,32
Maksimali apdorojimo vertė per metus, Eur	168.112,58	376.860,53	237.740,04	202.055,42	226.379,82	208.613,61	486.394,06	1.199.872,78
Irengimų apkrovimas	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94
Pelnas, Eur	-3.851,18	376.860,53	237.740,04	202.055,42	226.379,82	208.613,61	486.394,06	1.199.872,78
Rinkos poreikis, vnt/para	2.200	40	50	80	50	50	5	2
Apdorojimo vertė per d.d.	188	171	73	189	142	140	24	39
Apribojimo apkrovimas	41%	17%	11%	34%	23%	24%	2%	1%
Apdorojimo vertė Eur/h	19,19	43,02	27,14	23,07	25,84	23,81	55,52	136,97

Apdorojimo vertė Eur/h pagal didėjimą	136,97	55,52	43,02	27,14	25,84	23,81	23,07		
Apribojimo išskirstymas	1%	2%	17%	11%	23%	24%	22%		
Laikas, skiriamas detalių pjovimui per parą	0,28	0,43	3,98	2,69	5,50	5,88	5,28		Viso
	38,86	23,98	171,30	73,13	142,16	139,91	121,79		711,12
									Pelnas
									87.594,63