



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO FAKULTETAS**

Justė Sasnauskaitė

PRAMONĖ 4.0 SKAITMENIZAVIMO PROCESO DIEGIMO ĮMONĖJE
GALIMYBĖS

MAGISTRO DARBAS

Darbo vadovė: Doc. dr. Asta Sabonienė

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO FAKULTETAS

PRAMONĖ 4.0 SKAITMENIZAVIMO PROCESO DIEGIMO ĮMONĖJE
GALIMYBĖS

Ekonomika (621L1008)

MAGISTRO DARBAS

Studentė

Justė Sasnauskaitė, VME-6 gr.

2018 m. gegužės d.

Vadovė

Doc. dr. Asta Sabonienė

2018 m. gegužės d.

Recenzentas

Doc. dr. Jurgita Bruneckienė

2018 m. gegužės d.

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Ekonomikos ir verslo universitetas

Justė Sasnauskaitė

Ekonomikos studijų programa, 621L10008

Baigiamojo magistro darbo „*Pramonė 4.0* skaitmenizavimo proceso diegimo įmonėje galimybės“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2018 m. gegužės d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano Justės Sasnauskaitės baigiamasis magistro darbas tema „*Pramonė 4.0* skaitmenizavimo proceso diegimo įmonėje galimybės“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ir 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 mokėjus.

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

Justė Sasnauskaitė. Opportunities for Implementation of *Industry 4.0* Digitalisation Process into Enterprise. Master's Final Thesis in Title of Study Program / supervisor assoc. dr. Asta Sabonienė. Kaunas University of Technology.

Economics: 04 S

Key words: *Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Digitalisation, Internet of Things*

Kaunas, 2018 m. 88 p.

SUMMARY

In the face of globalization and rapid change in the global economy, the problem of competitiveness becomes more and more relevant. In order to survive in a modern competitive struggle, companies must evaluate the importance of digital technologies and their impact on production efficiency. In order to respond promptly to ongoing changes in global business, a continuous analysis of changes and an assessment of the industry's preparedness for change are required.

In the last century, the creation of innovation was a random process, now it is purposefully managed activity. An organization that does not innovate, or at least does not innovate in its activities, is quickly pushed out of the market. The fourth industrial revolution today is fundamentally changing demand, production processes, business models, and education.

The aim of the work is to evaluate the opportunities of the *Industry 4.0* digitalisation process in the enterprise.

Tasks of the work:

1. To substantiate the importance of digitalisation and technology deployment and the problems of this process in Lithuania.
2. To determine the development of the industrial revolution and its changes in production and society.
3. To assess the factors and consequences of industrial breakthroughs.
4. To identify *Industry 4.0* and its impact on macroeconomics, society and manufacturing.
5. To substantiate the need for the digitalisation process and its preparation for AB Achema.
6. To carry out the economic evaluation of the implementation of the digitalisation process into AB Achema.

Research object is a digitalisation process into AB Achema.

Industry 4.0 has its main features: Internet of Things, artificial intelligence, nanotechnology, renewable energy sources, etc. Technology synthesis and change speeds out the fourth industrial revolution from previous revolutions. The data-based solutions and innovations are being made, medical science achieves great success, but accountability, legal aspects, job losses and inequalities are a matter of concern.

It is important to develop economic, social and political systems in order to respond adequately to the fourth industrial revolution. The competitiveness of manufacturing is determined by these factors of production progress: modern communication infrastructure, highly qualified specialists, university research bases, and the ability to react flexibly to market developments. Rapid technological advances in renewable energy and fuel efficiency not only increase the return on investment, thus contributing to GDP growth but also contributing to climate change mitigation.

AB Achema is preparing for the changes related to *Industry 4.0* and implements digitalisation projects related to business management and technological process control system. Forecast of the production conditions according to certain algorithms would allow to react promptly to interruptions in production processes, therefore the introduction of a digitalized control system in production processes is the most economically advantageous. Rationally using materials for production and reducing emissions reduces the tax burden and increases the company's social responsibility to the public. Positive economic changes in the digitalisation process would be in the context of decreasing production costs, while negative developments would be most relevant to the change in the number of employees.

In order to manage the costs of raw materials and energy resources more efficiently, an economic assessment is made of the implementation of the advanced management system (APC) for the implementation of ammonia production processes. Increasing the amount of ammonia and increasing consumption of natural gas increases the need to purchase a larger amount of emission allowances. A more efficient management of natural gas flows would reduce the consumption of natural gas by 2 % and increase production productivity by 3 %. The cost benefit analysis and the evaluation of the effectiveness of the digitalisation process can be argued that the implementation of APC system for ammonia production processes, which would optimize technological process management, increase efficiency and reduce the cost of raw materials and circulating pollution units, is environmentally and economically advantageous.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	8
ĮVADAS.....	9
1. PRAMONĖS ĮMONIŲ INOVACIJŲ PLĖTROS IR TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO SVARBA BEI PROBLEMATIKA.....	11
1.1. Technologijų plėtros Lietuvoje ir ES raida	12
1.2. Pramonė 4.0 skaitmenizavimo proceso diegimo ir inovatyvumo didinimo pramonės įmonėje probleminė analizė	15
2. PRAMONĖ 4.0 TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO ĮMONĖJE TEORINIAI ASPEKTAI.....	22
2.1. Pramonės perversmo veiksniai ir raida	22
2.2. Pramonė 4.0 pokyčių kryptys ir jas lemianti technologinė pažanga	25
2.3. Pramonė 4.0 poveikis makroekonomikai ir visuomenei	39
2.4. Pramonė 4.0 raiška ir poveikis gamybos įmonėms	45
3. TYRIMO METODOLOGIJA	49
3.1. Tyrimo metodų pagrindimas	49
3.2. Tyrimo organizavimas.....	50
4. SKAITMENIZAVIMO PROCESO DIEGIMO GALIMYBIŲ AB "ACHEMA" VERTINIMAS IR DISKUSIJA	54
4.1. Įmonės pasirengimo skaitmenizavimo proceso diegimui vertinimas	54
4.2. AB "Achema" skaitmenizavimo proceso diegimo ekonominis pagrindimas ir vertinimas	65
4.2.1. AB "Achema" skaitmenizavimo proceso diegimo ekonominis pagrindimas	65
4.2.2. AB "Achema" skaitmenizavimo proceso diegimo efektyvumo vertinimas.....	69
IŠVADOS.....	71
REKOMENDACIJOS.....	73
LITERATŪRA	74
PRIEDAI.....	84

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Inovacijų diegimo priežastys.....	12
2 pav. <i>Pramonė 4.0</i> aktualumas pramonės įmonei.....	19
3 pav. Inovacijų diegimo Lietuvos įmonėse pasiskirstymas pagal sektorius.....	20
4 pav. Trimačio spausdinimo taikymo sritys.....	30
5 pav. Esminė išmaniosios gamyklos struktūra.....	38
6 pav. Įgūdžių poreikis 2020 m.....	44
7 pav. Skaitmenizavimo proceso diegimo galimybių įmonėje tyrimo eigos schema.....	51
8 pav. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal termino <i>Pramonė 4.0</i> žinojimą.....	55
9 pav. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal įmonės pasiruošimą pokyčiams.....	56
10 pav. Dalyvių pasiskirstymas pagal skaitmenizavimo proceso diegimo įtaką įmonės konkurencingumui.....	57
11 pav. Įmonės veiklos procesai ir sritys, kuriuose būtų tiksliausia diegti skaitmenizavimo procesą.....	58
12 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal galimus trukdžius diegiant skaitmenizavimo procesą.....	59
13 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal darbuotojų mokymų ir perkvalifikavimo poreikį.....	61
14 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal darbuotojų skaičiaus pokytį.....	61
15 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal sritis, kuriuose būtų didžiausias ekonominis efektas.....	62
16 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal sąnaudų sumažėjimą procesuose.....	64
17 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonės pelningumo augimą.....	65
18 pav. ATL kainos prognozė 2013 – 2020 m.	68
19 pav. 2013 – 2022 m. patvirtintų ATL ir sunaudojamų ATL kiekiai.....	68

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. 2017 m. TOP 10 technologijos.....	25
2 lentelė. Profesijų paskirstymas pagal automatizavimo tikimybę.....	33
3 lentelė. Pramonė 4.0 poveikis Vokietijos makroekonomikai.....	42
4 lentelė. Atsakymų pasiskirstymas pagal skaitmenizavimo proceso supratimą.....	56
5 lentelė. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonei reikiamus sprendimus.....	58
6 lentelė. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonės finansines galimybes, skiriamas skaitmenizavimo proceso diegimui.....	60
7 lentelė. Galimi teigiami ir neigiami ekonominiai pokyčiai įdiegus skaitmenizavimo procesą.....	63
8 lentelė. Gamybos procesai ir sritys pagal sumažinamas sąnaudas.....	64
9 lentelė. 2017 m. gamtinių dujų suvartojimo kiekiai.....	67
10 lentelė. ATL kiekiai 2013 – 2017 m.....	Priedas Nr.3
11 lentelė. ATL poreikio prognozė 2018 – 2022 m.....	Priedas Nr.3
12 lentelė. Gamtinių dujų suvartojimas amoniako gamyboje, įdiegus APC sistemą.....	70
13 lentelė. Duomenys grynujų pinigų srautų judėjimo skaičiavimui.....	Priedas Nr.4

IVADAS

„Geriausias būdas sukurti vertę XXI amžiuje – tai sujungti kūrybiškumą ir technologijas“

Steve'as Jobsas

Temos aktualumas. Pasaulio istorijoje didieji ekonomikos pokyčiai prasidėdavo tuomet, kai žmonės atrasdavo naujus energijos generavimo būdus ir sukurdavo komunikacijos priemones jiems paskirstyti. Tokios technologinės iniciatyvos iš esmės pakeisdavo visuomenės gyvenimą ir įpročius. Pramonės perversmas pakeitė gamybos, transporto ryšių ir kasdienio gyvenimo pobūdį.

Ketvirtoji pramonės revoliucija – tai daiktų internetas, integruotas IT pritaikymas, darbas centralizuotų skaitmeninių sistemų tinkle, kibernetika. Tai reiškia visišką pramonės kompiuterizaciją, jos esminis principas – sujungiant mechanizmus ir jų sistemas sukurti išmaniuosius tinklus visoje grandinėje, kur jie patys gali organizuoti, kontroliuoti savarankiškai veikiančius gamybos procesus.

Vykstant globalizacijai ir spartiems pokyčiams pasaulinėje ekonomikoje, vis aktualesnė tampa konkurencingumo problema. Norėdamos išsilaikyti šiuolaikinėje konkurencinėje kovoje, įmonės turi įvertinti skaitmeninių technologijų svarbą ir jų įtaką gamybos efektyvumui. Norint operatyviai reaguoti į vykstančius pasikeitimus globaliame versle, reikalinga nuolatinė pokyčių analizė bei pramonės sektoriaus pasiruošimo pokyčiams įvertinimas.

Temos aktualumą pagrindžia radikalios pasikeitusios ekonominės veiklos sąlygos. Pokyčiai visų pirma siejami su informacinių technologijų plėtra, globalizacija ir didėjančia veiklos dinamika bei neapčiuopiamų išteklių reikšme. Praėjusiame amžiuje inovacijų kūrimas buvo atsitiktinis procesas, dabar – tai tikslingai valdoma veikla. Organizacija, nekurianti inovacijų arba bent jau nedieganti inovacijų savo veikloje, yra greitai išstumama iš rinkos. Žmogus tampa vis labiau priklausomas nuo savo gebėjimų greitai reaguoti į ypatingai greitai besikeičiančią aplinką. Inovacijos tampa būtinybe nuo kurios priklauso įmonės sėkmė. Ketvirtoji pramonės revoliucija jau šiandien iš esmės keičia pramonę, gamybos procesus, verslo modelius, švietimą.

Darbo tikslas - įvertinti *Pramonė 4.0* skaitmenizacijos proceso diegimo įmonėje galimybes.

Uždaviniai:

1. Pagrįsti skaitmenizavimo ir technologijų diegimo svarbą bei šio proceso problematiką Lietuvoje.
2. Atskleisti pramonės revoliucijos raidą bei jos sukeltus pokyčius gamyboje ir visuomenėje.
3. Įvertinti pramonės perversmo veiksnius ir padarinius.
4. Identifikuoti *Pramonė 4.0* raišką ir poveikį makroekonomikai, visuomenei ir gamybos įmonei.
5. Pagrįsti skaitmenizacijos proceso diegimo poreikį ir pasirengimą AB „Achema“.

6. Atlikti skaitmenizacijos proceso diegimo AB „Achema“ ekonominį vertinimą.

Magistro baigiamajame darbe vertinamos *Pramonė 4.0* skaitmenizacijos diegimo įmonėje galimybės. Tyrimui pasirinkta didžiausia Lietuvoje chemijos pramonės įmonė AB „Achema“. Konceptualiojoje darbo dalyje nagrinėjama pramonės revoliucijos raida ir jos sukelti pokyčiai gamyboje ir visuomenėje. Analizuojamos ketvirtosios pramonės revoliucijos nuostatos ir įtaka pasaulio ekonomikai, verslui ir visuomenei. Analitinėje – tiriamojoje dalyje analizuojamos galimybės pramonės įmonėje įdiegti valdymo sistemą, kuri atitiktų *Pramonė 4.0* skaitmenizacijos idėjas (nuostatas). Šioje dalyje atliekamas diegiamos valdymo sistemos efektyvumo vertinimas.

Tyrimo objektas. AB „Achema“ skaitmenizavimo diegimo procesas.

Tyrimo metodologija. Moksliniam tiriamajam darbui atlikti naudojami įvairūs moksliniai tyrimo metodai: lietuvių ir užsienio autorių mokslinės literatūros analizės metodas, dokumentų (tarptautinių organizacijų pranešimų, teisės aktų) analizė, pusiau struktūruoto interviu tyrimas ir analizė ir ekonominis vertinimas.

1. PRAMONĖS ĮMONIŲ INOVACIJŲ PLĖTROS IR TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO SVARBA BEI PROBLEMATIKA LIETUVOJE

Gyvename sudėtingame ir dinamiškame pasaulyje, kuriame inovacijos ir verslumas atlieka lemiamą vaidmenį ekonomikos plėtrai. Šiuolaikinėje ekonomikoje inovacija yra laikoma pagrindiniu verslo sėkmės rodikliu. Inovacijos lemia ekonomikos augimą, sukuria naujų ir geresnių darbo vietų galimybes ir skatina socialinį judumą. Esant didelėms technologinėms ir socialinėms pertvarkoms, ekonomikos konkurencingumas daugiau nei bet kada priklauso nuo įmonių gebėjimo kurti ir sėkmingai komercializuoti novatoriškus sprendimus.

Šiuo metu vykstanti ketvirtoji pramonės revoliucija, įprastai vadinama „*Industrie 4.0*“, yra veikama tokių inovacijų kaip robotų gamyba, dirbtinis intelektas ar daiktų internetas. Būtent inovacijos ir pažangiosios technologijos ir yra stipriausia visų pramonės revoliucijų varomoji jėga.

Mokslinėje literatūroje vyrauja inovacijų ir technologijų sampratų gausa. Žodis „*inovacija*“ yra kilęs iš Prancūzijoje XV amžiuje vartoto žodžio „*inovacyon*“, kuris išvertus reiškia „*atnaujinimas*“. Šiandien inovacijos sąvoka plačiai naudojama mokslininkų, verslo organizacijų atstovų, viešosios politikos formuotojų, ekonomistų žodynuose. Mokslinėje literatūroje pateikiama gana plati inovacijų ir su inovacijomis susijusių terminų apibrėžimų gausa.

Inovacijų sampratą ir jų tipus analizavo nemažai užsienio ir Lietuvos autorių. Pasak Josepho Aloiso Schumpeterio, inovacijų vykdymas yra vienintelė istorijoje esminė funkcija (Schumpeter, 1912). Schumpeteris pirmasis apibūdino inovacijos sąvoką kaip „naujų derinių sukūrimą“. Dabar inovacijos sąvoka yra gerokai platesnė ir siejama su naujų technologijų kūrimu ir produktų bei procesų tobulinimu. Nauji produktai, technologijos, procesai prisideda prie įmonių konkurencingumo didinimo. Tiek išsivysčiusiose, tiek besivystančiose šalyse inovacijos yra vienas svarbiausių ekonomikos augimo veiksnių, skatinantis pasiekti aukštesnių verslo efektyvumo rodiklių. Inovacijos sparčiai vystosi ir joms skiriama vis daugiau dėmesio. Svarbu yra analizuoti ne tik inovacijų kuriamą naudą gamybos efektyvumui ir visuomenei, bet ir į veiksnius, kurie labiausiai daro įtaką inovacijų plėtrai.

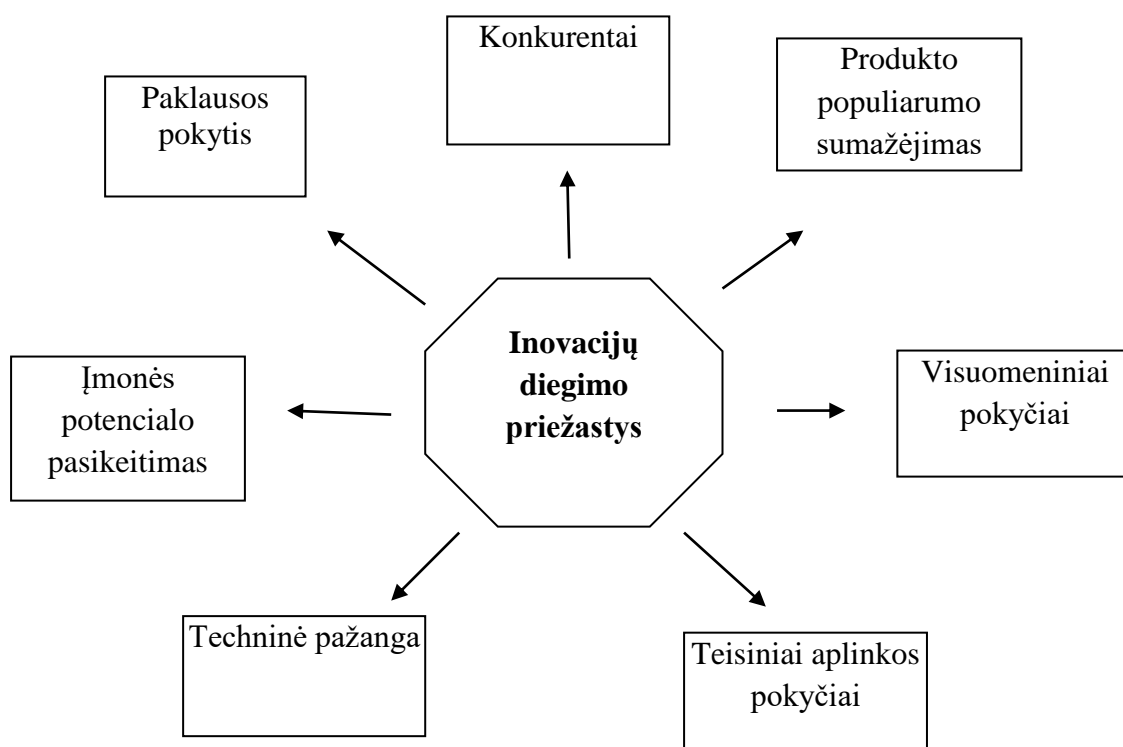
Inovacijos sąvoka tiesiogiai siejama su veikla, kuri apibūdinama kaip mokslinės, technologinės, projektavimo, įrangos ar technologijos įdiegimas, naujų gamybos organizavimo metodų taikymas. Inovacinės veiklos sąvoka įvardija rezultatą, kuris atsiranda materializavus mokslo išradimus ir sėkmingai pateikus juos visuomeniniam naudojimui. Valentinavičius pabrėžia, kad tik nuo visuomenės brandos ir mokslo pajėgumų priklauso, ar sukuriamos esminės naujovės ar tik kitų kūrėjų idėjos pritaikomos vietiniams poreikiams (Valentinavičius, 2006). Autorius pažymi, kad prekyba jau sukurtais inovaciniais produktais nėra laikoma inovacine veikla. Taigi inovacijos sąvoka tiesiogiai siejama su veikla.

Strazdas ir kt. išskiria tokias inovacijų sritis: nauji produktai ar paslaugos, nauji gamybos, tiekimo ir platinimo metodai, nauji valdymo ir darbo organizavimo metodai bei naujų naudojimo ar vartojimo modelių kūrimas (Strazdas, Jakubavičius, Gečas, 2003). Gilbert (2006) teigė, kad poreikis diegti inovaciją yra susijęs su įmonės pelno pokyčiu prieš ir po inovacijos įdiegimo. Autoriaus teigimu, šiuolaikinių ekonomikos modelių pagrindinės ašys yra žinios, technologijos, verslumas ir inovacijos.

Technologinė pažanga ir inovacijos yra šalies ekonominės ir kultūrinės pažangos pagrindas. Technologinė pažanga yra susijusi su visais šalies raidos aspektais, todėl visose ekonomiškai stipriose valstybėse technologijoms yra skiriamas ypatingas dėmesys.

1.1. Technologijų plėtros Lietuvoje ir ES raida

Mokslinėje literatūroje yra išskiriama daug veiksnių, skatinančių diegti inovacijas. Inovacijų diegimo motyvai daugumos mokslininkų formuluojami pagal priežastis, skatinančias inovacijas. B. Vijeikienės ir J. Vijeikio išskiriamos pagrindinės inovacijų diegimo priežastys pateikiamos 1 paveiksle.



1 pav. Inovacijų diegimo priežastys (sudaryta pagal Vijeikienę, Vijeikį, 2000)

Inovacijų diegimas įmonėje yra racionalus sprendimas, kuriuo siejami konkretūs tikslai: rinkos dalies didinimas, gamybos sąnaudų mažinimas, produktų kokybės gerinimas, gaminių asortimento

plėtra, naujos rinkos, darbo sąlygų gerinimas, neigiamo poveikio aplinkai mažinimas ar tarptautinio bendradarbiavimo plėtra. Inovacinės įmonės savaime įgyja savitų pranašumų (Valentinavičius, 2006). Svarbiausi inovatyvių įmonių pranašumai: staigus augimas, orientacija į eksportą ir tarptautines rinkas, sukuriama didelė pridėtinė vertė, samdoma kvalifikuota darbo jėga, įmonės gebėjimas greitai prisitaikyti prie pokyčių, didėjantis pelningumas.

Apibendrinant būtų galima teigti, jog inovacijų diegimui įmonėse turinčių įtakos veiksnių yra labai daug – nuo ekonominių veiksnių, iki išorinės bei vidinės įmonės aplinkos.

Inovacijos yra labai svarbios Europos konkurencingumui pasaulio ekonomikos kontekste. ES įgyvendina politiką ir programas, kurios remia inovacijų plėtrą, siekiant padidinti investicijas į mokslinius tyrimus ir plėtrą bei efektyviau pritaikyti mokslinius tyrimus tobulinant prekes, paslaugas ar procesus. ES pramonės politikos gairėse pabrėžiama pramonės svarba bendrijos konkurencingumui ir inovacija įvardijama kaip pagrindinis veiksnys šioje srityje (Europos Komisija, 2014).

Pramonėje sukurta produkcija vidutiniškai sudaro 80 % Europos šalių eksporto. Apie 65 % privačiojo sektoriaus investicijų apdirbamosios gamybos įmonių skiria moksliniams tyrimams ir plėtrai gaunama iš gamybos. Todėl pramonės modernizavimas Europoje yra plačiai pasiekiamas ir apima sėkmingą produktų ir paslaugų naujovių komercinimą, pramoninių inovacinių gamybos technologijų naudojimą ir novatoriškus verslo modelius.

Europos Komisijos tyrimai rodo, kad įmonės, kurios pirmenybę teikia inovacijoms, patiria didžiausią apyvartos augimą („Innobarometer“, 2014 m.).¹ Apie 79 % bendrovių, kurios nuo 2011 m. įdiegė bent vieną naujovę, iki 2014 m. apyvartą padidino daugiau kaip 25 %.

Europos Sąjungos inovacijų politika buvo pradėta formuoti 1995 m., paskelbus „Žaliąją inovacijų knygą“ („Green Paper on Innovation“), kurioje buvo pabrėžtas inovacinio požiūrio Europoje trūkumas ir iškeltos pagrindinės ekonominės plėtros problemos, su kuriomis Europos Sąjunga susiduria ar susidurs ateityje.

Siekiant skatinti inovacinius procesus ES, 1996 m. Europos Komisija priėmė Pirmąjį Europos inovacinių veiksmų planą („The First Action Plan for Innovation in Europe“), kuriame buvo pateikta bendroji inovacinių procesų Europoje skatinimo schema. Plane numatytos trys pagrindinės veiksmų kryptys:

- ✓ inovacijų kultūros skatinimas;
- ✓ inovacijoms palankios aplinkos sukūrimas;
- ✓ mokslo orientavimas į inovacijas pramonėje ir paslaugų sferoje.

¹ "Innobarometer" - su inovacijomis susijusios veiklos apžvalga. Kasmet kaupiama informacija iš visuomenės bei Europos įmonių. Apklausa pagrįstas standartinis klausimynas padeda stebėti pokyčius, kaip įmonės vykdo savo inovacinę veiklą, planuoja investicijas į savo verslo modernizavimą.

Europos Komisijos pagrindinis inovacijų skatinimo politikos tikslas – suteikti naujas augimo galimybes teikiant naujus produktus bei paslaugas. Tai ne tik technologiniai laimėjimai, bet ir nauji procesai, verslo modeliai, taip pat netechnologinės inovacijos ir inovacijos paslaugų sektoriuje.

Po 2009 metų ekonominės ir finansų krizės pagrindiniais Europos Komisijos ir ES valstybių narių prioritetais tapo ekonomikos augimo ir konkurencingumo skatinimas siekiant užtikrinti ilgalaikį ir stabilesnį atsigavimą bei pasiekti strategijos „Europa 2020“ tikslus. Krizė privertė atkreipti dėmesį į stiprios ekonomikos ir stiprios pramonės svarbą. Pramonės sąveika su kitais Europos ekonomikos sektoriais apima ne tik gamybą, bet ir kitas grandis nuo žaliavų ir energijos tiekimo pirminėse grandyse iki paslaugų teikimo tolesnių grandžių įmonėms (pvz., logistikos paslaugų) ir vartotojams (pvz., garantinio aptarnavimo įsigijus ilgalaikio vartojimo prekes) arba turizmo. Pramonės veikla integruota į vis didėjančios apimties grandines.

2014 m. Komunikate „Dėl Europos pramoninio renesanso“ („For a European Industrial Renaissance“) pabrėžiama, kad Europa turi sutelkti dėmesį į ekonomikos augimą ir modernizavimą po krizės. Ji taip pat ragina ES valstybes pripažinti, kad pramonės sektoriaus augimas yra pagrindinis veiksnys, skatinantis darbo vietų kūrimą ir ekonomikos augimą (Europos Komisija, 2014). Komunikate yra išdėstyti Europos Komisijos pagrindiniai pramonės politikos prioritetai ir pateikiama jau atliktų veiksmų apžvalga. Dokumente yra numatomi nauji veiksmai siekiant paspartinti pramonės konkurencingumo didinimo įtraukimą į kitas politikos sritis, nurodomos keturios pagrindinės kryptys ir rekomendacijos pramonės sektoriui:

- ✓ maksimaliai išnaudoti vidaus rinkos potencialą;
- ✓ regioninės plėtros instrumentų įgyvendinimas remiant inovacijas, įgūdžius ir verslumą;
- ✓ paskatinti prieigą prie kritinių šaltinių siekiant paskatinti investicijas;
- ✓ palengvinti ES įmonių integraciją į pasaulines vertės grandines.

Lietuvos, kaip ir bet kurios kitos šalies, ekonomikos augimas labai priklauso nuo valstybės požiūrio į inovacijomis grįstą ekonomiką. Tradicinės pramonės šakos ir pramonėje naudojamos senos technologijos negali lygiavertiškai konkuruoti globalioje rinkoje.

Lietuva tapo patraukli dėl sparčiausio interneto ryšio Europoje, vis daugiau Europos šalių investuotojų pasinaudoja patrauklia Baltijos regiono verslo aplinka. Todėl inovacijos ir *Pramonė 4.0* reiškinys tampa vis aktualesni Lietuvai. Inovacijų diegimui Lietuvoje daugiau dėmesio pradėta skirti 2007 metais, kai buvo pradėta įgyvendinti 2007 – 2013 m. ES struktūrinė parama, suteikusi didesnes inovacijų plėtros finansines galimybes.

VšĮ „KTU regioninis verslo inkubatorius“ 2004 m. atliko mokslinį tiriamąjį darbą „Lietuvos pramonės technologinio vystymosi perspektyvos“, kurio tikslas – identifikuoti aukštų ir vidutiniškai aukštų technologijų pramonės plėtros kryptis ir priemones. Remiantis statistiniais duomenimis, politiniais ir strateginiais dokumentais Lietuvos situacija buvo lyginama su kitų ES šalių situacija.

Darbe išsamiai apžvelgiami technologijų plėtros Lietuvoje veiksniai. Remiantis atlikta analize, galima teigti, kad svarbiausios pramonės technologijų plėtros prielaidos yra šios:

1. Pakankami žmogiškieji ištekliai;
2. Verslumas ir inovacijų diegimas;
3. Pakankamas finansavimas, paramos infrastruktūra;
4. Efektyvus mokslo ir verslo įmonių bendradarbiavimas;
5. Palanki teisinė, administracinė aplinka.

Spartus ekonomikos augimas siejamas su aukštųjų technologijų sektoriaus plėtra, kuri sukuria aukštą pridėdamąją vertę, modernizuoja gamybą. Tačiau svarbu ne tik kurti naujas technologijas, bet ir mokėti pasinaudoti pasauline technologine patirtimi.

Kai kuriuose Lietuvos regionuose yra išplėta fizinė, technologinė ir verslo paslaugų infrastruktūra, sukurti verslo inkubatoriai, mokslo ir technologijų parkai, inovacijų centrai. Taip pat aktyviai plėtojama informacinė ir telekomunikacijų infrastruktūra. Tačiau esama ir Lietuvos ekonomikos silpnų vietų. Pramonėje naudojamos pasenusios technologijos, apie 85 % visos pramonės produkcijos gamybos apimtį sudaro daug darbo jėgos reikalaujanti pramonė (VŠĮ „KTU regioninis verslo inkubatorius“, 2004).

Siekiant spartinti technologijų plėtrą, ypač daug dėmesio reikėtų skirti švietimui, mokymams, inovacijų diegimui, nes tiek inovacinės kultūros ugdymo, tiek informavimo paslaugų, remiantis KTU mokslininkų atlikto darbo išvadomis, Lietuvoje dar trūksta.

Lietuvos mokslininkai, informacinių technologijų ekspertai, inžinieriai turi galimybes aktyviai dalyvauti naujoje pramonės revoliucijoje. Skaitmeninei transformacijai vykdyti reikia aukštos kvalifikacijos darbuotojų ir mokslininkų. Lietuva atitinka visus reikalavimus, kad taptų dabartinės skaitmeninės transformacijos dalyve, nes turi greičiausią internetą Europoje. Pramonės revoliucija yra puiki galimybė keistis ir tobulėti bet kuriai šaliai.

1.2. Pramonė 4.0 skaitmenizavimo proceso diegimo ir inovatyvumo didinimo pramonės įmonėje probleminė analizė

Pramonės įmonių konkurencingumą ir investicijų pritraukimą lemia šie gamybos pažangos veiksniai: moderni ryšių infrastruktūra, aukštos kvalifikacijos specialistai, universitetų mokslinių tyrimų bazės ir kt. Nacionalinį pragyvenimo lygio augimą gali užtikrinti nuolat didėjantis ekonomikos produktyvumas. Tam, kad produktyvumas didėtų, būtinas nuolatinis ekonomikos atsinaujinimas. Tai vyksta tada, kai įmonės gerina gaminių kokybę, kuria naujus gaminius, atnaujina technologijas, t. y. aktyviai dalyvauja inovaciniame procese (Snitka, 2002). Visuotinai pripažįstama, kad būtent

inovacijos ir sėkmingas jų įgyvendinimas yra varančioji jėga, sąlygojanti nuolatinę ekonomikos augimą (Bagdzevičienė, Vasiliauskaitė, 2002).

Inovatyvumas tampa pagrindiniu konkurencingumą skatinančiu veiksniu, o inovacijos – vienu svarbiausių šalies ekonomikos ar įmonės sėkmingo vystymosi veiksnių (Jakubavičius ir kt., 2008). Inovacinės veiklos plėtojimas suteikia galimybę pramonės įmonėms įvairiapusiškai modernizuoti gamybą, kurti naujus bei tobulinti gaminamus produktus, naudojamas technologijas ir didinti tarptautinį konkurencingumą, kuris yra vienas svarbiausių šalies ekonomikos plėtros veiksnių. Inovatyvios, į pokyčius orientuotos įmonės yra šalies ūkio ir ekonomikos augimo pagrindas, produktyvumo šaltinis.

Įvairiuose informacijos šaltiniuose gausu ekspertų įžvalgų apie ketvirtosios pramonės revoliucijos pokyčius: gamyboje žmones pakeis mašinos, dalį produktų išstums paslaugos, o daiktų internetą valdys visi, ne tik pramonininkai, paslaugų tiekėjai, bet ir ūkininkai. „Ketvirtoji pramonės revoliucija – ar su politikais, ar be jų – bus, tik klausimas, ar būsimė jai pasirengę, nes prognozuojami labai greiti pokyčiai“, – teigia Edgaras Leichteris, Lietuvos robotikos asociacijos direktorius (Lėka, *veidas.lt*, 2016).

Specialistai teigia, kad įmonėms, norinčioms pasivyti įsibėgėjančią ketvirtąją pramonės revoliuciją, veiksmų reikia imtis kuo skubiau. „KPMG Baltics“ atstovas Rasius Šakaitis teigia, kad įmonių perėjimą prie *Pramonė 4.0* principų stabdo senas palikimas pačių įmonių viduje (G. Jankaitytė, Verslo žinios, 2015). Informacijos yra pakankamai, įmonės domisi pokyčiais, tačiau nežino nuo ko pradėti, joms trūksta žinių. Jo teigimu, "revoliucija įvyks, kai bendrovių sistemos veiks automatiškai. Artimiausius 10 metų vyks evoliucija, kurios metu vyks skaitmenizacija, keisis partneriai. Po 20 – 30 metų mes išvysime, kaip sistemos daugiausia veiks pačios, be žmonių įsikišimo“, – teigia p. Šakaitis.

Vienas iš skaitmenizacijos proceso ekspertų Vokietijoje, verslo taikomųjų programų paslaugų kompanijos „SAP“ atstovas Tomas Madsenas teigia, kad ne tik Lietuvos, bet ir viso pasaulio verslo atstovams yra svarbu reaguoti į pokyčius ir priimti skaitmenizacijos procesus sparčiai ir efektyviai. „BNS Spaudos centre“ skelbiamame pranešime spaudai T. Madsenas išskiria esminį pramonės revoliuciją skatinantį veiksni – verslo įmonių sugebėjimas išlikti konkurencingomis globalioje aplinkoje (O. Mašalė, BNS spaudos centras, 2016). Eksperto nuomone, skaitmenizacija turi vykti visuose įmonės lygmenyse: nuo darbo kabinetų, gamybos padalinių, sandėlių, iki kompiuterių ekranų ir mobiliųjų įrenginių. Skaitmenizacija turi padėti įmonėms efektyviai valdyti ryšius su klientais ir tiekėjais, taip pat produkto gyvavimo ciklą ir tiekimo grandinę.

„Konkurencingu galima išlikti tik kuriant vartotojų geidžiamus gaminius, siūlant nepriekaištingas paslaugas, taikant pažangius verslo modelius. Tačiau visa tai reikalauja nuolatinio dalijimosi informacija skaitmeniniu būdu, nes tik taip spartėjančiame pasaulyje įmanoma tiksliai ir kruopščiai įgyvendinti visus verslo procesus nuo užsakymų priėmimo iki gamybos ir platinimo

galutiniam vartotojui“, – teigia T. Madsenas. Vykstant Lietuvos pasiruošimo ketvirtajai pramonės revoliucijai procesui yra svarbu priimti ir sugebėti perprasti naujas technologijas, o ne joms priešintis, pabrėžia „SAP“ ekspertas. Jis įsitikinęs, kad svarbiausia verslui pradėti keistis dabar. Šios pramonės revoliucijos banga neaplenks ir Lietuvos. Žvelgiant geografiškai, Lietuva turi daug galimybių tapti intelektualius inžinerinius sprendimus ir gamybą telkiančiu Europos centru. Tai itin aktualu mūsų šaliai, nes stipriai išvystytam ir progresuojančiam Lietuvos inžinerinės pramonės sektoriui per metus tenka 23 % sukuriama bendrojo vidaus produkto (BVP), o daugiau negu 70 % pagamintos produkcijos eksportuojama į užsienį. Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos LINPRA duomenimis, inžinerinės pramonės sritis Lietuvoje stabiliai auga jau beveik 10 metų, o šiemet prognozuojamas 10 % sektoriaus apyvartos augimas. Priklausomai nuo gebėjimo adekvačiai veikti pramonės revoliucijos kontekste, tendencijos gali keistis.

Siekiant, kad Lietuvos pramonė ir toliau progresuotų, o pati šalis taptų nauju Europos centru intelektualiai gamybai, ekspertų teigimu, tiek verslas, tiek visuomenė turėtų vystyti glaudesnę gamybos, informacinių ir ryšių technologijų sąjungą, įvaldyti pažangias technologijas, apgalvotai investuoti ir įvertinti verslo skaitmenizacijos reikšmę.

Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos LINPRA direktoriaus Gintaro Vildos teigimu, moderniausių kompiuterių, informacijos ir ryšių technologijų integravimas visuose tradicinės pramonės gamybos procesuose sudaro sąlygas pramonei stipriai padidinti produktyvumą ir sumažinti išteklių naudojimą visuose vertės kūrimo grandinės etapuose. Naujų technologijų diegimas didina valstybės konkurencingumą, plečia darbo rinką, kuria pridėtinę vertę, padeda pritraukti daugiau privačių investicijų tiek iš vietinių, tiek iš užsienio investuotojų, ieškančių naujų perspektyvių rinkų įmonėms steigti.

Nacionalinių platformų kūrimas – tai Europos Komisijos 2016 m. pabaigoje iškelta iniciatyva europiniu mastu koordinuoti ir skatinti pramonės skaitmeninimą ir bendradarbiavimą tarp Europos šalių. Lietuva į šią europinę struktūrą delegavo pramonės, mokslo ir Ūkio ministerijos atstovus, kurie aktyviai dalyvauja jos veikloje. 2017 m. gegužės mėnesį Vilniuje vykusioje tarptautinėje konferencijoje „Getting Ready for Industry 4.0: Transformations Needed“ buvo pristatyta Lietuvos nacionalinės darbo grupės ir pramonės skaitmeninimo iniciatyva *Pramonė 4.0*. Tai bendromis verslo, vyriausybės, pramonės ir mokslo pastangomis kuriama iniciatyva, kuri turi padėti įmonėms įdiegti inovacijas į jų gamybos procesus. Šios platformos tikslas – prisidėti prie šalies įmonių technologinės pažangos, didinti įmonių skaitmeninę brandą, formuoti pramonines skaitmenines ekosistemas ir dalintis geraisiais technologijų diegimo pavyzdžiais (Vokietijos ir Baltijos šalių prekybos rūmai (AHK), Verslo žinios, 2017). Nacionalinės *Pramonė 4.0* platformos pagalba siekiama sujungti partnerius nacionaliniu bei regioniniu mastu ir integruoti šalį į europinę plėtrą. Tikimasi, kad naujoji platforma padės šaliai pritraukti daugiau investuotojų, paskatins ir padės Lietuvos pramonės įmonėms

diegti skaitmenines technologijas, dalintis geraisiais technologijų įsisavinimo pavyzdžiais bei formuoti modernią švietimo sistemą.

2017 m. kovo mėn. Vokietijoje vyko pramonės skaitmeninimui skirta konferencija, kurioje dalyvavo ir Lietuvos atstovai Ūkio ministerijos Pramonės ir prekybos departamento direktorius Vaidas Gricius ir LINPRA direktorius Gintaras Vilda. Konferencijos metu buvo aptartos bendradarbiavimo galimybės kuriant Lietuvos nacionalinę *Pramonė 4.0* iniciatyvą. Konferencijos metu Lietuvos atstovai diskutavo apie ateities galimybes, kurias atveria ketvirtoji pramonės revoliucija, standartizacijos, reguliavimo, kibernetinio saugumo klausimais.

Pasak V. Griciaus, skaitmeninimas iš esmės pakeitė gamybos procesus ir verslo modelius ekonomikoje, taip skatindamas pramonę gaminti efektyviau. Šiam globaliam reiškiniui neišvengiamai reikalingas tarptautinis bendradarbiavimas. Remdamiesi Vokietijos patirtimi, Lietuvos atstovai aptarė nacionalinės platformos specifiką ir integraciją į bendrą visų platformų struktūrą.

2017 m. gegužės 11 d. Vilniuje vykusios Tarptautinės konferencijos „Getting Ready for Industry 4.0: Transformations Needed“ metu dalyvavę Europos Komisijos, Lietuvos valdžios institucijų bei tarptautinių organizacijų atstovai vieningai sutaria, kad dar laukia daug iššūkių, bet ketvirtosios pramonės revoliucijos perspektyvas Lietuvoje vertina teigiamai. Konferencijos metu Europos Komisijos atstovas Yves Paindaveine teigė, kad Lietuvos pagrindinis tikslas nacionalinės iniciatyvos *Pramonė 4.0* kūrimo procese turėtų būti kuo greičiau įkurti skaitmeninį inovacijų centrą. „Galėtume daug ko išmokti iš vokiečių patirties panaudojant „Industrie 4.0“. Mūsų pramonės indėlis į BVP, panašus kaip ir Vokietijoje, tačiau našumas neauga dėl didėjančių atlyginimų. Siekiant nuoseklaus skaitmeninimo ir produktyvumo didėjimo, nelieka kitos alternatyvos. Visi partneriai, pradedant LR Ūkio ministerija, asociacijomis ir baigiant įmonėmis, sutaria, kad reikia imtis priemonių“, konferencijos metu kalbėjo LINPRA direktorius Gintaras Vilda (kalba netaisyta).

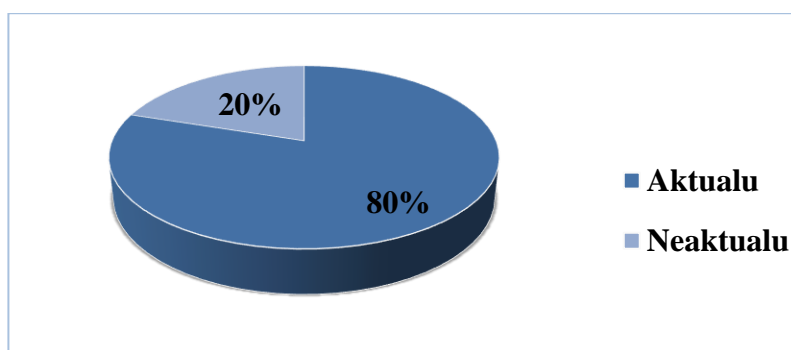
Konferencijoje dalyvavę ekspertai vieningai sutarė, kad mokinių ir specialistų ruošimas yra vienas iš svarbiausių reikalavimų sėkmingam skaitmenizavimo proceso vystymui. Šiai dienai jaunimas jau turėtų būti supažindinamas su ateities skaitmeninės visuomenės reikalavimais. Vokietijos įmonės SAP viceprezidento Carsten Polenz nuomone, vis dėlto nėra aišku, kokių įgūdžių paklausa po keletos metų bus didžiausia (Vokietijos ir Baltijos šalių prekybos rūmai, 2017).

Vyriausybės sudaryta nacionalinė pramonės konkurencingumo komisija „Pramonė 4.0“ koordinuoja pramonės skaitmeninimo iniciatyvos įgyvendinimą. 2017 m. rugpjūčio 29 d. Ūkio ministerijoje buvo surengtas pirmasis komisijos posėdis, kuriame buvo pristatytos numatomos prioritinės platformos veiklos kryptys: skaitmeninė gamyba, skaitmeninimą skatinančios paslaugos, žmogiškieji išteklių, standartizavimas ir teisinis reglamentavimas bei kibernetinė sauga.

Lietuva turi pasinaudoti galimybėmis mokytis iš gerųjų pavyzdžių, nes būdama nedidelė ir nuo eksporto priklausanti valstybė privalo keistis ir augti. Lietuvos pramonininkų konfederacija (LPK)

kasmet rengia ir pristato Lietuvos pramonės lūkesčių indeksą – apklausos pagrindu paruoštą Lietuvos vadovų nuomonių ir prognozių analizę. Šis indikatorius leidžia apibendrinti didžiausių Lietuvos pramonės įmonių vadovų išvalgas bei prognozes, sužinoti nuomonę apie Lietuvoje vykstančias reformas, esmines problemas ar naujausias aktualijas.

2017 metais sudarant Lietuvos pramonės lūkesčių indeksą įmonių papildomai buvo klausama apie *Pramonę 4.0* ir kas labiausiai padėtų, siekiant spartesnio įmonių modernizavimosi Lietuvoje (LPK, 2017). Apklausoje metu buvo siekiama išsiaiškinti, ar Lietuvos pramonės įmonės domisi *Pramonė 4.0* tema. LPK ekonomikos patarėjo Jono Vadapalo atlikto tyrimo apibendrinti rezultatai pateikiami 2 paveiksle.



2 pav. *Pramonė 4.0* aktualumas pramonės įmonei (Adaptuota pagal Vadapalą, 2017)

Dauguma apklausoje respondentų (80 %) teigė, kad *Pramonė 4.0* yra svarbi tema jų įmonei ir tik 20 % nurodė, kad ši tema nėra aktuali įmonei. 2016 metais atliktoje apklausoje tik 56 % įmonių buvo aktuali ši tema (Vadapalas, 2017). Todėl galima teigti, jog įmonių susidomėjimas *Pramonė 4.0* sparčiai auga.

Tačiau „Spinter Research“ 2017 m. atlikto tyrimo duomenimis 76 % smulkių ir vidutinių Lietuvos įmonių pripažįsta, kad ketvirtajai pramonės revoliucijai nesiruošia. 55 % įmonių vadovų net negali pasakyti, ką *Pramonė 4.0* reiškia. Nors apie ketvirtąją pramonės revoliuciją pastaruoju metu kalbama daug, dalis pramonės įmonių vadovų dar nesuvokia kokią įtaką gali turėti skaitmeninio sprendimai jų konkurencingumui. Ketvirtadalis gamybininkų įsitikinę, kad į skaitmenizavimą pakankamai neinvestavusi įmonė galėtų išlikti konkurencinga mažiausiai penkerius metus, atskleidžia „Siemens“ tyrimas. Technologiškai pranašesnius konkurentus kaip grėsmę konkurencingumui nurodo palyginti maža dalis įmonių – apie 16 %. Kiti išvelgia didesnių grėsmių dėl Lietuvos demografinės padėties, darbo jėgos trūkumo ir darbo sąnaudų augimo. Nors gamybos procesų automatizavimas ir naujų technologijų įdarbinimas taps būtinybe, tik maždaug pusė iš 100 gamybos įmonių vadovų tvirtina žinantys, kas yra *Pramonė 4.0*. Kita pusė apklaustųjų prisipažįsta apie ketvirtąją pramonės revoliuciją negirdėję.

Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros (MITA) užsakymu rinkos tyrimų bendrovė „Kantar TNS“ 2017 m. atliko tyrimą, kurio metu paaiškėjo, kad per trejus metus apie pusė Lietuvos įmonių diegė inovacijas. Tyrimo metu iš viso apklausta 1000 Lietuvos gamybos, paslaugų ir technologijų įmonių. Inovacijų diegimo Lietuvos įmonėse pasiskirstymas pagal sektorius pateikiamas 3 pav.



3 pav. Inovacijų diegimo Lietuvos įmonėse pasiskirstymas pagal sektorius („Kantar TNS“ tyrimo NR. 01.2.1-LVPA-V-842-01-001 ataskaita, 2017)

Inovacijas per pastaruosius trejus metus Lietuvoje diegė 53 % įmonių. Dažniausiai inovacijos buvo diegiamos technologijų srityje, kiek mažiau gamybos ir pramonės sektoriuje, ir mažiausiai – paslaugų sektoriuje. Tyrimo rezultatai rodo augantį inovacijų diegimo poreikį Lietuvos įmonėse.

Atliktas tyrimas – projekto „Technologijų ir inovacijų populiarinimas“ dalis ir yra finansuojamas Europos regioninės plėtros fondo lėšomis. Projekto, kurį vykdo MITA, tikslas – populiarinti technologijų pažangą ir inovacijas, informuojant verslą ir verslui imlią visuomenę apie mokslinių tyrimų vykdymo ir inovacijų diegimo naudą.

Europos Komisijos iniciatyva yra plėtojama skaitmeninės transformacijos strategija, skatinama viešojo ir privačiojo sektorių partnerystė, konkurencingumo didinimas – visoms šioms sritims yra numatytas finansavimas – 55 mlrd. Eur. Šia iniciatyva siekiama skatinti valdžios ir pramonės įmonių bendradarbiavimą, diegiant technologijas, skaitmeninant gamybos procesus. ES finansuoja robotikos, tvarios pramonės ir išteklių naudojimo, žaliosios energetikos, ateities gamyklų ir kitus projektus. Vien ateities gamyklų projektams finansuoti skirta daugiau kaip 428 mln. Eur. Tačiau EK iniciatyvos ataskaitoje pabrėžiama, kad kai kurios šalys, tarp jų ir Lietuva, yra nepakankamai aktyvios, todėl nepasinaudoja galimybe gauti finansavimą. LINPRA vadovo G. Vildos teigimu, Lietuvos pramonės įmonės teikia mažai projektų EK programoms, nes nėra skatinama šių iniciatyvų imtis valstybiniu mastu.

Ūkio ministerija 2018 metais planuoja skelbti kvietimą pagal ES priemonę „Pramonės skaitmenizavimas LT“. Skaičiuojama, kad technologiniu auditu ir finansavimu skaitmeninimo technologijoms įdiegti galėtų pasinaudoti apie 100 pramonės bendrovių. Priemonei „Pramonės skaitmenizavimas LT“ yra numatyta 39 mln. Eur. Tokia ES priemonė yra reikalinga ir svari pagalba Lietuvos pramonės įmonėms.

Gamybinių pajėgumų modernizavimas yra aktualus klausimas Lietuvos pramonės įmonėms. Siekiant spartesnio įmonių modernizavimo yra būtinos papildomos priemonės, skatinančios technologinę pažangą įmonėse. Valstybė raginama prisidėti prie finansavimo, nes mažos ir vidutinės įmonės neturi pakankamai lėšų ketvirtosios pramonės revoliucijos skatinamoms investicijoms. Taip pat vyriausybė turėtų plačiau ir aiškiau skleisti informaciją apie pramonės revoliucijos potencialą ir galimybes.

2. PRAMONĖ 4.0 TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO ĮMONĖJE TEORINIAI ASPEKTAI

2.1. Pramonės perversmo veiksniai ir raida

Pirmą kartą „pramonės perversmo“ sąvoką pavartojo Frydrichas Engelsas 1844 – 1845 m. pasirodžiusioje knygoje „Darbininkų klasės padėtis Anglijoje“. Labai dažnai šia sąvoka apibūdinamas net visas XIX amžius. Pramonės perversmas – tai sparčių technologijos, ekonomikos ir socialinių pokyčių epocha. Pramonės perversmas nereiškia, kad buvo diegiamos vien tik techninės naujovės. Ji turėjo įtakos ne tik ekonomikai, bet ir visuomenei, valstybių užsienio politikai, miestų plėtrai, gyventojų gausėjimui.

Žodis „*revoliucija*“ reiškia staigų ir radikalų pokytį. Revoliucijos kyla tuomet, kai dėl naujų technologijų pakinta ekonominės sistemos ir socialinės struktūros.

Įvairiuose literatūros šaltiniuose yra apžvelgiamos kelios pramonės revoliucijos: pirmoji, antroji, trečioji ir ketvirtoji pramonės revoliucija. Ekonomistas Jeremy Rifkin (Rifkin, 2011) analizuoja tris esmines pramonės revoliucijas, trečiąją revoliuciją sutapatindamas su ketvirtąja pramonės revoliucija. Vis dėlto sutikčiau su Klausu Schwabu (2017), kad ketvirtoji pramonės revoliucija prasideda pasibaigus trečiajai pramonės revoliucijai, kai skaitmeninės technologijos tampa sudėtingesnės ir labiau integruotos, todėl keičia visuomenę ir pasaulio ekonomiką.

Pramonės perversmas, arba pramonės revoliucija vadinami pokyčiai gamybos technologijoje, kurių metu buvo pereinama nuo manufaktūrinės prie stambiosios mašininės gamybos. Pramonės perversmas buvo ilgo XVIII a. Europoje prasidėjusio gamybos modernizavimo proceso sudėtinė dalis. Svarbiausi pramoninio perversmo rezultatai buvo darbo mechanizacija, masinė gamyba ir garo panaudojimas.

Pirmoji pramonės revoliucija truko apie 80 metų – nuo 1760 m. iki 1840 m. Nutiesus geležinkelius ir sukūrus garo variklį, prasidėjo mechaninė gamyba. Pramonės perversmo pradžia Didžiojoje Britanijoje paskatino stiprus prekybos laivynas, leidęs įsivežti žaliavų iš visų pasaulio šalių; jūrų transportas buvo patogiausia priemonė prekėms gabenti. Šalyje buvo gausu akmens anglių, reikalingų garo mašinoms, gyventojų prieaugis ir pokyčiai žemės ūkyje garantavo darbo jėgą. Dideles pajamas davė prekyba, laivininkystė, žemės ūkis ir kolonijos. Didžiojoje Britanijoje anksčiau nei kitose šalyse ėmė irti luominė visuomenė – vis svarbiau buvo turėti kapitalo, o ne kilmę.

Pramonės perversmo pradžia taip pat yra laikomi išradimai Anglijos Lankašyro grafystėje, iš kurių vienas pirmųjų – „Jenny“ verpimo mašinos išradimas, patentuotas 1765 m. Jameso Hargreaveso. 1769 m. Richardas Arkwrightas pritaikė šiai mašinai varomąją jėgą, kuri žymiai pagreitino jos darbą

(pradžioje su vėjo energija, vėliau buvo varoma vandens energija). Šie atradimai iš esmės ir tapo pagrindu mašinų raidai kitose srityse.

Tai, kad energijos gali teikti vandens garai, žinojo dar senovės graikai, gyvenę prieš Kristų. Kaip panaudoti šią energiją, buvo eksperimentuojama nuo XVII a. Sujungęs įvairius ankstesnius eksperimentus, 1769 m. Glazgo universiteto laborantas Džeimsas Vatas sukūrė garo mašiną. Ji greitai buvo pritaikyta pramonėje, o vėliau garvežiuose ir laivuose.

Mašinų taikymas pramonėje reikalavo keisti darbo organizavimą. Kai mašinų diegimas ir samdomasis darbas tapo visuotiniu, darbininkai į tai reagavo skausmingai. Jau 1779 m. 8 tūkst. darbininkų Anglijoje atakavo fabriką ir sudegino ją iki pamatų, sukildami prieš gerokai efektyvesnes mašinas. Apie 1811 m. tokie protestai prieš naują technologiją apėmė jau visą Angliją.

XIX a. vietoje nepakankamai tvirtų medinių audimo staklių buvo imta gaminti metalines mašinas – tai skatino metalurgijos pramonės vystymąsi. Ieškant vis grynesnės ir tvirtesnės geležies, buvo vystoma ketaus ir plieno gamyba. Plienas ne taip rūdijo kaip geležis, buvo patvaresnis ir lengviau apdorojamas, todėl jis buvo labai plačiai pritaikytas geležinkelio bėgiams tiesti, laivams, tiltams, dangoraižiams, traukiniams statyti, mašinoms gaminti. XIX a. iš kriolito bei aliuminio oksido lydalo pradėtas gaminti aliuminis. 9 dešimtmetyje rinkoje pasirodė platus asortimentas aukštos kokybės lydinių, tinkamų įrankiams ir ginklams gaminti.

Daug technikos naujovių buvo išradę ir senovės graikai, romėnai, arabai, kinai bei kitos tautos. Tačiau per tūkstantmečius žmonėms nebuvo kilusi mintis nuolatos naudotis šiomis naujovėmis, ieškoti vis naujų išradimų ir pritaikyti juos ekonomikai plėtoti.

Pramonės perversmas skatino geografinę įmonių koncentraciją. Gamyklos buvo statomos prie anglies ir geležies kasyklų arba prie uostų, kad būtų arčiau importuoti būtinas žaliavas. Jos taip pat kūrėsi priemiesčiuose, kad nepritrūktų darbo jėgos bei rinkos produkcijai realizuoti. Mėginant spręsti didelių anglies kiekių gabenimo problemą, Europoje buvo sukonstruotas geležinkelis (1804 m. anglų inžinierius Richardas Trevithickas sukonstravo pirmąją bėgiais judančią garo slėgio varomą transporto mašiną).

Tolesni mokslo ir technikos išradimai stipriai paspartino industrializacijos procesą. XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje, vykstant antrajai pramonės revoliucijai, buvo plėtojama masinė gamyba, kuri prasidėjo elektros energijos ir surinkimo linijos išradimais. 1856 m. buvo užpatentuotas konvejerinis gamybos būdas. 1860 m. išrastas vidaus degimo variklis. 1867 m. Alfredas Nobelis išrado dinamitą. 1870 m. buvo sukonstruota dinamą, paverčianti garo vandens energiją elektra, 1876 m. išrastas telefonas. 1879 m. Tomas Alva Edisonas išrado elektros lempuotę.

Darbo pasidalijimas ir specializacija paskatino didžiulį našumo padidėjimą. Pasikeitusi technologija skatino pramonės koncentraciją, todėl vietoje amatininkų cechų atsirado fabrikai, kuriuose tinkamai mašinų veiklai palaikyti buvo įdarbinami tūkstančiai žmonių. Rankų darbą pakeitus

mašinomis buvo pagaminama daugiau ir kokybiškesnės produkcijos. Agrariniai kraštai tapo išsivysčiusiomis pramonės šalimis. XVIII a. pabaigoje sparčiai plečiantis gamybai, naujovių diegimas ne tik didino produkcijos kiekį ir kokybę, bet ir skatino mokslo bei technikos raidą. Atsirado daugiaaukščių pastatų, požeminis geležinkelis, vandentiekio sistema.

Nors masinė gamyba ir automatizacijos procesas yra tolimesnė pramonės mechanizacija ir galėtų būti vadinama pirmosios pramonės revoliucijos tęsiniu, istorikai tą procesą vadina antrąja revoliucija, nes abejose revoliucijose yra tam tikrų skirtumų. Pirmojoje pramonės revoliucijoje mašinos pakeitė žmonių darbo jėgą, bet nesugebėjo pakeisti mašinomis tokių darbų, kur buvo reikalingas protas ir pojūčiai. Antrojoje pramonės revoliucijoje mašinos pakeičia ne tik fizinį darbą, bet ir labai didelę dalį kitų darbų, reikalaujančių protinių sugebėjimų, kurių mašinos iki šiol nesugebėdavo atlikti.

Pramonės perversmas stipriai pakeitė žmonių gyvenimo sąlygas. Profesorius Klausas Schwabas (2017) tolesnę pramonės vystymosi etapą vadina trečiąja pramonės revoliucija, kuri prasidėjo 1960 metais. Ši revoliucija vadinama kompiuterių revoliucija, nes ją paskatino puslaidininkių, centrinių kompiuterių (1960 m.), asmeninių kompiuterių (1970 – 1980 m.) ir interneto plėtra (1990 m.).

Atsižvelgiant į tris pirmąsias pramonės revoliucijas apibūdinančius apibrėžimus, galima teigti, kad šio amžiaus pradžioje prasidėjo ketvirtoji pramonės revoliucija. Ji remiasi kompiuterių arba skaitmeninės pramonės revoliucijos rezultatais. Šios pramonės esminiai požymiai: mobilusis internetas, dirbtinis intelektas, nanotechnologijos, atsinaujinantys energijos šaltiniai ir kt. Būtent šių technologijų sintezė išskiria ketvirtąją pramonės revoliuciją iš ankstesnių revoliucijų.

Vykstant šiai revoliucijai, naujausios technologijos ir inovacijos plinta daug greičiau nei per ankstesnes revoliucijas, kurios tebevyksta kai kuriose pasaulio vietose. Antroji pramonės revoliucija dar neapėmė visos planetos, nes pasaulyje apie 1,3 mlrd. žmonių vis dar neturi prieigos prie elektros energijos. Kalbant apie trečiąją pramonės revoliuciją, daugiau nei pusė pasaulio gyventojų, neturi galimybės naudotis internetu. Velenas – vienas esminių pirmosios pramonės revoliucijos skiriamųjų požymių – išplito už Europos ribų beveik per 120 metų, o internetas pasaulyje pasklido per mažiau nei dešimtmetį.

Modernių telekomunikacijų, tarptautinio kompiuterių tinklo bei interneto plėtos įtaka ekonomikai, socialinei sričiai ir kultūrai yra nepaprastai didelė. Europos Komisijos komisaras Erkki Liikanenas dar 2000 metais BNS žurnalistams teigė, kad Europa dar nesuvokia viso interneto potencialo ir stipriai atsilieka nuo JAV skaitmeninių technologijų srityje. Jis taip apibūdino verslo įmonių alternatyvą: „diegti skaitmenines technologijas arba mirti“ (BNS, 2000).

Europos ir kiekvienos šalies pažanga priklauso nuo to, kiek visuomenė yra atvira technologinėms naujovėms. Vyriausybės, viešosios institucijos ir privatus sektorius turi padėti visuomenei pasirengti ir priimti pokyčius, kuriuos atneša ketvirtoji pramonės revoliucija.

2.2. Pramonė 4.0 pokyčių kryptys ir jas lemianti technologinė pažanga

Terminas *Pramonė 4.0* buvo sukurtas 2011 m. Hanoverio mugėje Vokietijoje. Šiuo terminu buvo apibūdinami esminiai pasaulio vertės grandinių sandaros pokyčiai. Ketvirtoji pramonės revoliucija formuoja pokyčius, kurie lemia virtualios ir materialios gamybos sistemos lanksčią sąveiką tarpusavyje. Atveriamos galimybės visapusiškai pritaikyti gaminamus produktus prie individualaus vartotojo.

Technologinė pažanga ir skaitmenizavimas iš pagrindų keičia žmonių gyvenimą. Pokyčių mastas yra milžiniškas, inovacijos šiandien yra labai intensyvios. Naujovės yra kuriamos ir plinta greičiau negu bet kada anksčiau. Tačiau ne tik greitis ir įvairovė yra būdingi ketvirtajai pramonės revoliucijai. Ji išsiskiria tuo, kad suderina sugeba suderinti daug skirtingų disciplinų ir atradimų. Inovacijos sukuriamos skirtingoms technologijoms sąveikaujant tarpusavyje. Dabar skaitmeninės technologijos gali sąveikauti su biologiniu pasauliu. Dizainerė ir architektė Neri Oxman (2015) TED2015 konferencijos metu pateikė įdomų ketvirtosios pramonės revoliucijos pavyzdį, kaip darniai gali sąveikauti tokios skirtingos sritys kaip kompiuterinis dizainas, pridėtinė gamyba, medžiagų inžinerija ir sintetinė biologija. Kai kurie dizaineriai gamina daiktus, kurie nuolat kinta ir prisitaiko. Moksliniai atradimai ir naujosios technologijos plėtojamos itin skirtingose srityse.

Masačiutsetso technologijų institutas (*angl. Massachusetts Institute of Technology, MIT*) – viena prestižiškiausių technologijos institucijų, tyrimų ir edukacijos centrų, kasmet skelbia dešimtuką didžiausio proveržio technologijų, kurios ateityje turės didelės įtakos ekonomikai, politikai, medicinai ir kultūrai. MIT įvardintos TOP 10 technologijos pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. 2017 m. TOP 10 technologijos (MIT, 2017)

Technologija	Aprašymas
1. Paralyžiaus gydymo technologijos	Mokslininkai daro didelę pažangą naudodami smegenų implantus, kad atkurtų judėjimo laisvę
2. Savaeigiai sunkvežimiai	Sunkvežimiai ir kita sunkioji technika, valdoma dirbtinio intelekto, kuriai nereikalingi vairuotojai
3. Veido atpažindinimo technologijos	Veidų identifikavimo sistema leidžia vykdyti apmokėjimus, suteikia prieigą prie įvairių įrenginių ir suranda nusikaltėlius
4. Praktiški kvantiniai kompiuteriai	Anksčiau neįsivaizduojamos galios kompiuteriai galiausiai pasiekiami kiekvienam
5. 360° asmenukės	Fotoaparatai, darantys sferinius vaizdus atveria naują fotografavimo erą
6. Saulės moduliai	Saulės energijos įrenginys, konvertuodamas šilumą į sutelktus šviesos spindulius, gali sukurti pigų ir nuolatinių elektros energijos srautą
7. Genų terapija	Mokslininkai sprendžia pagrindines problemas, trukdančias gydyti retas paveldimas ligas.
8. Ląstelių atlasas	Biologai aiškinasi iš ko iš tikrųjų sudarytas žmogaus organizmas

1 lentelės tęsinys kitame puslapyje

<i>1 lentelės tęsinys</i>	
9. Daiktų internetas	Nuolat tiriamas tiek teigiamas, tiek neigiamas poveikis, stengiantis prijungti namus prie interneto
10. Mašininis mokymasis	Kompiuteriai supranta tai, ko programuotojai negali jų išmokyti

Pasaulio ekonomikos forumo įkūrėjas profesorius Klausas Schwabas (2017) išskiria šias esmines ketvirtosios pramonės revoliucijos pokyčių kryptis:

- ✓ fizinės;
- ✓ skaitmeninės;
- ✓ biologinės.

Visos šios trys pokyčių kryptys yra glaudžiai tarpusavyje susijusios, todėl skirtingos technologijos gali pasinaudoti viena kitos progresu.

Visiems *Pramonė 4.0* pokyčiams ir naujosioms technologijoms yra būdinga bendra savybė – tai skaitmenizavimo ir informacinių technologijų pasitelkimas. Pavyzdžiui, nustatyti genų seką padeda pažangesnis duomenų apdorojimas ir analizavimas. Kuriami robotai negalėtų egzistuoti be dirbtinio intelekto, kuris didžiąja dalimi priklauso nuo kompiuterių galios.

Lietuvos mokslininkai įvardija penkias perspektyviausias sritis, kuriose bus sparčiu tempu plėtojamos inovacijos 2018-aisiais ir artimiausiais metais. Tai – kibernetinis saugumas, išmanieji daiktai, gyvybės mokslai ir biotechnologijos, finansinės technologijos ir dirbtinis intelektas.

Fizinė pokyčių kryptis. Yra išskiriamos keturios pagrindinės technologijų raidos fizinės apraiškos:

- ✓ autonominiai automobiliai;
- ✓ 3D spausdinimas;
- ✓ pažangioji robotika ir dirbtinis intelektas;
- ✓ naujosios medžiagos.

Autonominiai automobiliai. Autonominis automobilis – save valdantis automobilis, kuris dalyvauja viešajame eisme be žmogaus įsikišimo. Prognozuojama, kad iki 2030 metų apie 15 % parduodamų automobilių bus visiškai autonominiai (15min.lt, 2017). Tai automobilių pramonės ateitis, nes skaitmeninės technologijos, valdančios automobilį, vienu metu geba atlikti daugiau skaičiavimų nei žmogus ir tikimybė, kad autonominis automobilis sukels eismo įvykį, labai sumažėja.

2018 m. Ženevos automobilių parodoje ne vienas žymus automobilių gamintojas pristatė savo kuriamus autonominius automobilius.

„Volkswagen“ pristatė koncepcinį automobilį „I.D. Vizzion“, kuriam jau po poros metų nebereikės vairuotojo. 2020 metų pradžioje „Volkswagen“ žada pradėti prekybą naujais modernaus dizaino elektriniais automobiliais, kurie bus valdomi balsu ir gestais ir galinčiais nuvažiuoti ilgus

atstumus. Be to, dirbtinio intelekto dėka automobilis sugebės ir mokytis. Gamintojo teigimu, su šiuo automobiliu bus bendraujama virtualiai per išplėstinę realybę. Komunikavimo technologija yra tokia pažangi, kad virtualus asistentas gali mokytis ir bendrauti empatiškai. Keleiviai galės atsipalaiduoti, bendrauti ar dirbti. Komunikacija tarp žmogaus ir automobilio bus intuityvi ir paprasta valdyti. Taip yra dėl išplėstinės realybės, kalbos valdymo bei modernių mišrios realybės akinių – „HoloLens“, sukurtų „Microsoft“ įmonės. Sistema atpažįsta vartotojų poreikius ir norus – tokius kaip sėdynių nustatymas, oro kondicionavimo temperatūra ar pamėgti grojaraščiai – ir pati autonomiškai aktyvina šias funkcijas pagal situaciją. Dar viena naujovė – automobilyje veiks saugumą užtikrinanti veido atpažinimo funkcija, kad automobilis nepatektų į netinkamo vartotojo rankas.

Japonijos automobilių gamintojas „Nissan“ Ženevos automobilių parodoje pristatė elektrinį miesto visureigį „IMx Kuro“. Automobilis turi įdiegtą „Brain-to-Vehicle“ technologiją, kuri geba interpretuoti vairuotojo smegenų signalus ir padeda vairuoti. Tuo pačiu automobilio autonominės ir mechaninės sistemos mokosi iš vairuotojo. Pavyzdžiui, automobilio sistemos, pastebėjusios, kad vairuotojas ketina atlikti judesį (pasukti vairą ar spustelėti akceleratorių), gali padėti tą padaryti 0,2 – 0,5 sekundės greičiau nei tą padarytų žmogus. Be to, sistemos stebi vairuotojo savijautą ir analizuoja momentus, kada automobilyje jis jaučiasi ne itin patogiai. Remdamasis šiais duomenimis, automobilis geba pakeisti vairavimo konfigūraciją ar važiavimo stilių.

Įmonės gali sutaupyti logistikos kaštus, naudodamos autonominius vilkikus. Savaeigiai vilkikai gali važinėti kolonomis, kuriuose sunkvežimiai bendrautų tarpusavyje. Vokietijos bei JAV automobilių gamintojas Daimler AG, gaminantis Mercedes Benz automobilius, pademonstravo dar vieną sritį, kurioje ši technologija būtų labai naudinga – sniego valyme nuo pakilimo takų oro uostuose. Keturi Mercedes-Benz Arocs sunkvežimiai gali važiuoti drauge, nuvalydami didelę pakilimo tako dalį. Šiai kolonai reikia tik vieno vairuotojo. Žiemą esant nepastoviams ir sunkiai prognozuojamiems orams, tokia technologija padėtų sutaupyti pinigų ir išvengti sujaukto tvarkaraščio dėl atidėtų skrydžių.

Tobulėjant jutikliams ir dirbtiniam intelektui, autonominių automobilių pajėgumai auga itin sparčiai. Apie savaeigius automobilius, sunkvežimius gausu pranešimų žiniasklaidoje. Bet dabar yra ir kitų autonominių transporto priemonių: orlaiviai, laivai ir dronai, kurie sugeba reaguoti ir vertinti aplinką, kad išvengtų susidūrimų. Pasaulio ekonomikos forumas (WEF) prognozuoja, kad netolimoje ateityje dronai galės tikrinti elektros energijos tiekimo linijas arba pernešti medicinos reikmenis į karo zonas, žemės ūkyje padės tikslingiau ir veiksmingiau naudoti trąšas ir vandenį.

Pasaulio ekonomikos forumo Pasaulinės darbotvarkės taryba ištyrė 800 vadovų nuomonių, norėdama įvertinti, kada bus plačiai pradėta naudoti pokyčius lemiančias technologijas ir išsamiai išnagrinėti naujų technologijų sukeltų permąstymų įtaką organizacijoms, vyriausybėms ir

visuomenei. Tyrimo ataskaita „Didelės permamos. Technologijos virsmo taškai ir socialinis poveikis“² buvo paskelbta 2015 m. rugsėjį.

Kalbant apie savaeigius automobilius, tyrimo ataskaitoje teigiama, kad 79 % respondentų tikisi, kad JAV keliuose apie 10 % automobilių bus autonominiai, ir tai bus pasiekta iki 2025 m. (Knapp, Forbes, 2011). Nevada buvo pirmoji JAV valstija, 2012 m. įstatymu įteisinusi savaeigius automobilius.

3D spausdinimas. Kita technologijų pažangos fizinė apraška yra jau plačiai pramonėje ir buityje naudojamas 3D spausdinimas. Nors 3D spausdinimo technologija atsirado jau XX a. 9-ajame dešimtmetyje (pirmą 3D spausdintuvą sukūrė Chuck Hull iš bendrovės „3D Systems Corp“ 1984 metais), tačiau tik XXI a. 2-ajame dešimtmetyje tokie spausdintuvai tapo plačiai naudojami komerciniais tikslais. 3D spausdinimas – tai trimačio vientiso, bet kokios formos objekto gaminimo procesas iš skaitmeninio modelio. 3D spausdinimas, taip pat vadinamas pridėtine gamyba, kai sluoksnis po sluoksnio spausdinamas objektas pagal skaitmeninį brėžinį ar modelį. Tai priešingas gamybos būdas iki šiol taikytam atėmimo gamybos būdai, kai sluoksniai iš medžiagos pašalinami, norint sukurti reikiamą formą.

Tokiu būdu pagaminti produktai taikomi įvairiuose gamybos cikluose, tiek greitų prototipų ir plataus masto gamybos produkcijoje, tiek mechaninio apdirbimo ar pogrąybinio apdirbimo sferoje. Šią technologiją galima naudoti gaminant nuo didelių vėjo turbinų iki mažų medicinos implantų. Šiuo metu ji plačiausiai taikoma automobilių, aviacijos ir medicinos pramonės šakose. Ši technologija taip pat gali pagelbėti darniojo vystymosi iniciatyvoms, nes technologijos yra lengvai ir ekonomiškai pagaminamos iš vietinių išteklių. 3D spausdinimo technologija pagaminti produktai, naudojami buityje, gali sumažinti gamybos poveikį aplinkai sumažinant medžiagų naudojimą bei platinimą.

Nuo 2012 metų 3D spausdintuvai naudojami laikrodžių, krumpliaračių gaminimui, internetine galima įsigyti šia technologija pagamintas lazdeles nugarai pasikasyti, paltų kablius, durų rankenas ir kt. 2013 metais 3D spausdintuvai buvo naudojami gyvūnų globai: 3D spausdinimo būdu atspausdinta pėda padėjo luošam ančiukui vaikščioti, 3D krabų kiautai leido jiems apsigyventi naujuose namuose. Spausdintuvai taip pat pagamino vartotojams dekoratyvinius objektus, tokius kaip vėriniai, žiedai ar rankinės. 3D spausdinimas paplito drabužių industrijoje, madų dizaineriams eksperimentuojant su 3D atspausdintais maudymosi kostiumėliais, batais ir suknelėmis. Komercinėje produkcijoje Nike naudoja 3D spausdinimą kurdamas prototipus ir gamindamas futbolo batus amerikietiško futbolo žaidėjams.

Lietuvoje veikia apie 10 trimačių objektų spausdinimo paslaugas teikiančių įmonių. Paprastai šios bendrovės teikia 3D nuskaitymo, inžinerinio projektavimo ir 3D spausdinimo paslaugas. Pažvelgus į pagrindinių bendrovių pajamas, galima teigti, kad augimo tempas ir ateinančios tendencijos žada vis didesnę apyvartą. Pavyzdžiui, UAB „3D Creative“ 2015 m. pajamos siekė 80 000

² *Deep Shift – Technology Tipping Points and Social Impact*

Eur, UAB „3D prototipai“ siekė 162 000 Eur pajamų, o 2016 m. atitinkamai 200 000 Eur ir 300 000 Eur („Išmani Lietuva“, 2017). UAB „3D Creative“ daugiausia dirba su Lietuvoje esančiais klientais, o „3D prototipai“ daugiausia paslaugas eksportuoja. „3D Creative“ bendradarbiauja ir su mokslo įstaigomis bei kitomis įmonėmis dėl naujų spausdinimo technologijų sukūrimo.

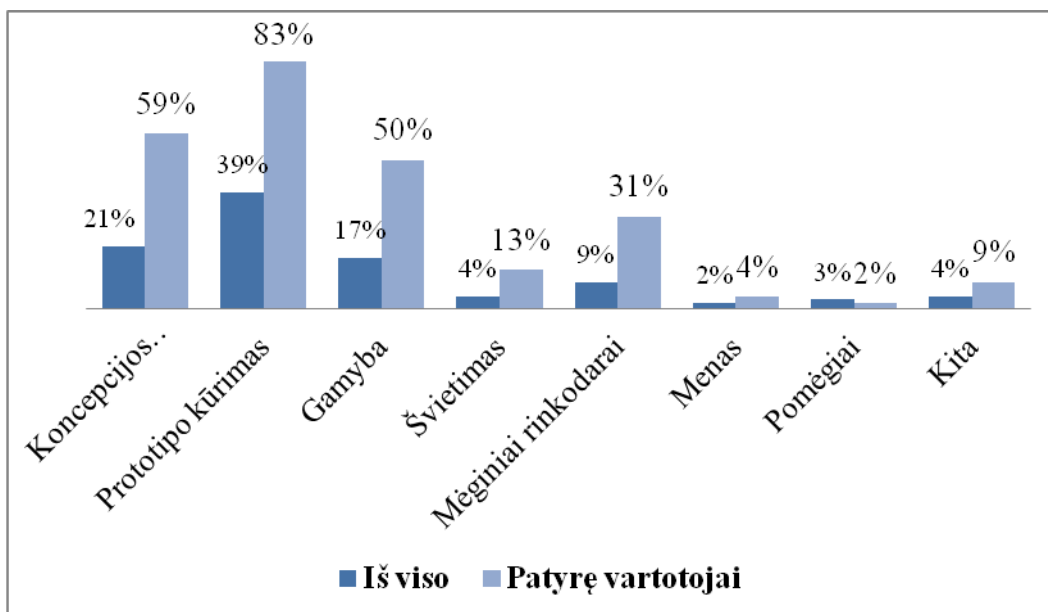
„Panasonic“ jau dabar naudoja 3D spausdinimą gaminant kai kuriuos organiškų šviesos diodus savo plačiaekranams televizoriams. Planuose yra ir kai kurių metalinių dalių, kurios dabar gaminamos tradiciškai, spausdinimas. Tuo tarpu NASA nagrinėja galimybes naudoti 3D spausdinimo technologiją gaminant tam tikras raketų variklio dalis, kurios paskatins kosmoso turizmą.

Žinoma, 3D spausdintuvai nepakeis tradicinės gamybos. Liejimas, klojimas, išpaudimas, ženklavimas, frezavimas ir kitos laiko patikrintos technikos liks paklausios, ypač masinės gamybos srityse. Veikia 3D spausdinimo technologija papildys visus šiuos metodus.

Skirtingai nuo masinės gamybos prekių, 3D gaminiai gali būti lengvai kuriami pagal individualius poreikius. Mažėjant dydžio ir kainos apribojimams, 3D spausdinimas vis labiau paplis, bus gaminami tokie integruojami elektroniniai komponentai kaip plokštės ar net žmogaus ląstelės bei organai. Tai vadinama biospausdinimu. Panašiai, kaip spausdinant daiktus, organas yra spausdinamas sluoksniu po sluoksniu, laikantis skaitmeninio trimačio modelio. Loren Grush (2014) „Popular Science“ rašė, kad 2014 m. pirmą kartą 3D spausdintuvu buvo pagamintas stuburo implantas. Pekino universiteto ligoninės gydytojai sėkmingai implantavo jaunam pacientui 3D spausdintuvu pagamintą stuburo slankstelį, juo pakeisdami vėžio pažeistą kaklo slankstelį. Šis slankstelis buvo sukurtas pagal paciento tikrojo slankstelio pavyzdį, taip palengvinant operaciją.

Jessica Hedstrom (2015) straipsnyje „Trimačio spausdinimo taikymo sritys“³ aprašė „Sculpteo“ atlikto 1000 žmonių tyrimo rezultatus, norint identifikuoti kuriose srityse daugiausia kuriamos ir naudojamos 3D spausdintos vartojimo prekės. Apklausos rezultatai, remiantis straipsnio autorės pateiktais duomenimis, pateikiami 4 paveiksle.

³ *The State of 3D Printing*



4 pav. Trimačio spausdinimo taikymo sritys (Sudaryta pagal Hedstrom, 2015)

Pateiktoje diagramoje matome, kad daugiausia patyrusių vartotojų (83 %) naudoja 3D spausdinimo technologiją prototipų kūrimui, daugiau nei pusė respondentų naudoja šią technologiją tam tikrų produktų koncepcijos patikrinimuose ir pusė patyrusių vartotojų naudoja 3D technologiją gamyboje.

Kiekvienas vartotojas, turintis 3D spausdintuvą, gali atspausdinti trimatį gaminį. Tai sudaro galimybes gaminti įprastus vartoti produktus užsakymo vietoje ar atsiradus poreikiui, užuot įsigijus juos parduotuvėse. 3D spausdintuvai ilgainiui gali tapti prietaisais, be kurių bus neapsieinama biure ar namuose. Tai turėtų sumažinti vartoti skirtų prekių kainas ir padidinti galimybes spausdinti trimačius daiktus. 2014 m. pasaulyje buvo parduota beveik 133 tūkstančiai 3D spausdintuvų, 68 % daugiau nei 2013 m., skelbia rinkos tyrimų įmonė „Canalys“. Dauguma spausdintuvų naudojami laboratorijose, mokyklose, mažose gamybos įmonėse. 3D medžiagų ir paslaugų pramonė stipriai išaugo ir pasiekė 3,3 mlrd. JAV dolerių apyvartą (Lashford, „Canalys“, 2015).

Mokslininkai jau kuria 4D technologiją – naujos kartos savaime besikeičiantys produktai gebės reaguoti į tokias aplinkos pokyčius kaip drėgmė ir karštis. Ši technologija galėtų būti naudojama avalynei ir drabužiams, sveikatos priežiūros gaminiams.

Pažangioji robotika ir dirbtinis intelektas. Kita svarbi technologijų raidos fizinių pokyčių kryptis – dirbtinis intelektas ir robotai. Dirbtinis intelektas (*angl. artificial intelligence, AI*) yra viena naujausių mokslo ir inžinerijos sričių. Dirbtinio intelekto tyrinėjimo darbai prasidėjo po Antrojo pasaulinio karo, o pavadinimas sukurtas 1956 m. (Russell, Norvig, 2013).

Dirbtinis intelektas – tai protaujanti programa, kuri gali apdoroti didelį kiekį informacijos, iš jos mokytis arba savarankiškai priimti sprendimus. Dirbtinis intelektas apima daugybę sričių, nuo bendrųjų (pavyzdžiui, mokymosi) iki specifinių dalykų, pavyzdžiui, žaidimas šachmatais, matematinių teoremų sprendimas, poezijos rašymas, automobilio vairavimas ar ligų diagnostika.

Dirbtinis intelektas yra aplink mus – tai ir savaeigiai automobiliai, ir dronai, ir virtualūs asistentai, ir programinė įranga, ir robotai. Dirbtinio intelekto išpūdingą pažangą lėmė kompiuterių galios augimas ir milžiniški kiekių duomenų. Pažanga apima ir programinę įrangą naujiems vaistams kurti, ir algoritmus, kurie identifikuoja visuomenės kultūrinius interesus. Algoritmai sparčiai tobulėja, todėl robotai ir kompiuteriai dabar gali patys save programuoti ir surasti optimalius sprendimus. Dirbtinis intelektas gali ne tik mokytis, bet suteikti informacijos ir automatizuoti sudėtingus sprendimų priėmimo procesus, todėl ši technologija gali būti naudojama didelėse organizacijose įvairioms užduotims atlikti.

Tačiau nepaisant išpūdingos pažangos, kai kurie dirbtinio intelekto tyrinėtojai Winstonas (1992), Nilssonas (2005), McCarthy (2007), Minsky (2007), teigia, kad dirbtinis intelektas nepatenkina visuomenės poreikių. Jie mano, kad dirbtinis intelektas turėtų atlikti vis sudėtingesnes užduotis, o ne tik vairuoti automobilį, žaisti šachmatais ar kalbėti. Mokslininkų manymu, dirbtinis intelektas turi sugebėti pats galvoti ir kurti. Tai jie vadina žmogaus lygmens dirbtiniu intelektu (*angl. Human level AI*). Viena iš sparčiausiai besivystančių šių laikų žmogaus lygmens dirbtinio intelekto apraiškų – pažangioji robotika.

Robotas – tai užprogramuotas užduotis galintis atlikti mechaninis aparatas, valdomas tiesiogiai žmogaus arba užprogramuoto kompiuterio. Robotai gali atlikti užduotis žmonėms kenksmingoje aplinkoje, gali atlikti monotoniškas užduotis, pakeisdami žmogaus rankų darbą. Iki šiol robotai daugiausiai buvo naudojami tam tikrose pramonės šakose pavyzdžiui, automobilių. Dabar robotai vis dažniau pasitelkiami skirtinguose sektoriuose, tokiuose kaip ūkininkavimas ar medicina. Robotai gali būti skirti pramogai, namam, pramonei, medicinai ir daugelyje kitų sričių. Dirbtinio intelekto panaudojimas suteikia beribes galimybes, tai rodo ir robotų humanoidų vystymas, kaip žinomas ir 2017 m. Lietuvoje lankęsis robotas Sofija.

Sparti robotikos pažanga netrukus lems kasdienį žmonių ir robotų bendradarbiavimą. Dėl įvairialypės technologinės pažangos robotai yra gebantys prisitaikyti. Tobulėjantys jutikliai įgalina robotus geriau vertinti aplinką, atlikti įvairias užduotis. Anksčiau robotai būdavo užprogramuojami autonomiškai, o dabar jie gauna informaciją nuotoliniu būdu iš debesijos ir prisijungia prie kitų robotų tinklo.

Pažangioji robotika keičia žmogaus darbą tokiose srityse kaip gamyba, žemės ūkis, mažmeninė prekyba, paslaugų sektorius. Tarptautinės robotikos federacijos duomenimis, pasaulyje dabar veikia apie 1,1 mln. robotų, o automobilių gamybos sektoriuje apie 80 % darbo atlieka robotai (Knight,

2012). Dirbtinis intelektas tampa vis pažangesnis, todėl ateityje robotai atliks teisės bei medicinos srities darbus.

Kinija yra didžiausia robotų rinka pasaulyje. Remiantis Tarptautinės robotikos federacijos duomenimis, 2014 m. apie 56 000 robotų buvo parduoti Kinijoje, o tai sudaro 25 % robotų pardavimų visame pasaulyje, todėl jau dvejus metus iš eilės Kinija išlieka didžiausia pramoninių robotų rinka pasaulyje. Robotikos populiarumą šalyje skatina didėjančios darbo sąnaudos, pigesnės robotų technologijos, sudėtingų gamybos operacijų paklausa, taip pat vyriausybės politikos parama.

Robotika sparčiai vystosi ir Lietuvoje. Atsiranda vis daugiau įmonių, kuriančių ir siūlančių robotus pramogoms, namams, mokslams ar verslui.

2018 m. sausio mėn. Kaune vykusioje Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros (MITA) konferencijoje „Išmanus verslas. Skaitmenizacijos svarba“ aukštųjų technologijų bendrovės „Elinta“ generalinis direktorius Vytautas Jokužis pateikė tokius skaičius: prieš dešimt metų Lietuvos pramonės įmonėse buvo vienas kitas robotas, o jau 2017 m. 10 000 šalies gyventojų teko po 2 robotus. Suomijoje šiuo metu šis rodiklis siekia 60 robotų. V. Jokužis Lietuvos pramonės įmonėms pataria kuo greičiau diegti skaitmenizuotus sprendimus versle, kurti ir įdarbinti robotus. Pasak pranešėjo, Lietuva turi tapti pramoninė, eksportuojanti, kurianti ir gaminanti aukštos pridėtinės vertės produktus valstybė. „Elintos“ generalinis direktorius akcentuoja, kad norint pasivyti tokias Europos šalis kaip Suomija ir sumažinti atsilikimą technologijų srityje, Lietuvai būtina kurti robotikos bendroves, bei įdarbinti kuo daugiau robotų įmonėse. Pasitelkus robotus gamyboje ir pramonėje galima padidinti darbo našumą, užtikrinti procesų efektyvumą, o tai atneša naudos visai šalies ekonomikai.

Tačiau nepaisant teigiamos dirbtinio intelekto ir pažangiosios robotikos įtakos ekonomikos augimui, vis dėlto svarbu yra atkreipti dėmesį į galimą neigiamą poveikį darbo rinkai. Dar 1931 m. britų ekonomistas Johnas Keynesas rašė apie plintantį nedarbą dėl technologijų. Pastaraisiais metais kilo daug diskusijų dėl mažėjančių darbo vietų, kai kompiuteriai keičia žmogaus darbą. Dirbtinio intelekto galia ir įtaka auga eksponentiškai, todėl tikimasi didelių pokyčių daugelyje profesijų – teisininkų, finansininkų, gydytojų, buhalterių, žurnalistų ir kt.

Remiantis Frey ir Osborne (2013) atlikto galimo darbo vietų automatizavimo poveikio nedarbiui vertinimo rezultatais, labiausiai tikėtina, kad sumažės tokių darbo vietų kaip rinkodaros specialistai, draudimo agentai, teisininkai. Įvairių profesijų paskirstymas pagal tikimybę, kad jos bus automatizuotos, pateikiamas 2 lentelėje.

2 lentelė. Profesijų paskirstymas pagal automatizavimo tikimybę (Frey ir Osborne, 2013)

Labiausiai tikėtina	Mažiausiai tikėtina
Rinkodaros specialistai	Socialiniai darbuotojai, besirūpinantys psichikos ligoniais ir sergančiais priklausomybės ligomis
Mokesčių deklaracijų rengėjai	Choreografai
Draudimo agentai, žalos vertintojai	Chirurgai
Teisėjai, arbitrai	Psichologai
Maitinimo įstaigų vadovai	Personalo vadovai
Nekilnojamo turto agentai	Kompiuterinių sistemų analitikai
Ūkui darbų rangovai	Antropologai ir archeologai
Sekretoriai, administratoriai	Laiivų konstruktoriai, inžinieriai
Kurjeriai	Pardavimų vadovai, generaliniai vadovai

Įvertinus šio tyrimo rezultatus, galima daryti išvadą, kad JAV apie 47 % darbo vietų gresia išnykimas, nes bus panaikinta daug darbo vietų. Be to, tai skatina didesnę susiskaldymą darbo rinkoje, nes reikės daugiau darbuotojų kognityvinėms ir kūrybinėms užduotims atlikti, bet mažes užimtumas įprastiems ir pasikartojantiems darbams atlikti. Frey ir Osborne (2013) atliktas tyrimas įrodo, kad dirbtinis intelektas ir robotizavimas stipriai paveiks darbo rinkas ir daro vietas. Todėl jau dabar turi būti rengiami darbuotojai ir tobulinami švietimo modeliai, kad galėtų dirbti su vis sudėtingesnėmis, protingesnėmis, pažangiomis mašinomis.

Vienas žinomiausių dirbtinio intelekto mokslininkų Lietuvoje Šarūnas Raudys taip pat teigia, kad dirbtinio intelekto plėtra atneša ne tik naujas galimybes, bet ir prisideda prie nedarbo didinimo. Interviu „Verslo žinioms“ profesorius Raudys teigė, kad kol kas įvairūs dirbtinio intelekto elementai aukštos kompetencijos specialistams yra daugiau pagalbinkai nei grėsmė, nes jie padeda analizuoti didelį kiekį duomenų, modeliuoti galimas situacijas. Tačiau žvelgiant į ateitį, tolesnė plėtra atves iki sąmoningo dirbtinio intelekto (VŽ, 2017).

Sparti pažanga technologijų srityje neišvengiamai keičia ir įmonių valdymą. Vis dažniau dalį žmonių atliekamo darbo atlieka robotai. Ekonomikos profesorius, Nobelio ekonomikos premijos laureatas Robertas Schilleris (Robert J. Shiller, 2017) publikacijoje „Robotizacija be mokesčių?“⁴ išskėlė mintį, kad jeigu robotai atims iš žmonių darbo vietas, jų darbas turėtų būti apmokestintas, o lėšos panaudotos darbuotojams perkvalifikuoti.

Kalbant apie naujų technologijų poveikį darbo rinkai, galima išskirti du priešingus požiūrius: tų, kurie mano, kad technologijos sukels visuotinį nedarbą ir tų, kurie mano, kad technologijų išstumti darbuotojai turės galimybes persikvalifikuoti ir ras naujų darbo vietų. „Barclays“ vykdomojo direktorius Lietuvoje Mariano Andrade-Gonzalesas įsitikinimu, automatizavimas ir robotizavimas kelia grėsmę nebent žemos kvalifikacijos darbuotojams (VŽ, 2017). AIG vykdomasis operacijų Europoje vadovas Chrisas Newby teigia, kad technologijos skatina veiklos efektyvumą, tačiau

⁴ „Robotization without taxation?“

neskatina darbuotojų atleidimų. Be to, dėl automatizacijos atsilaisvina darbuotojų įgūdžiai ir laikas, kuriuos jie gali skirti aukštesnės kompetencijos reikalaujantiems darbams (VŽ, 2017).

Taigi dirbtinio intelekto ir pažangiosios robotikos spartus vystymasis turi tiek teigiamą, tiek neigiamą poveikį. Priimami racionalūs ir duomenimis grindžiami sprendimai, kuriamos inovacijos, medicinos mokslas pasiekia didelių laimėjimų, tačiau dvejonų kelia atskaitomybė, teisiniai aspektai, prarandamos darbo vietos ir didėja nelygybė. Pasitelkiant robotus, darbai atliekami veiksmingiau, efektyviau, atsiranda galimybių smulkiąjam verslui, startuoliams, tačiau gali pasitaikyti kompiuterinių įsilaužimų ir kibernetinių atakų, todėl trūksta saugumo.

Dėl technologijų plėtros ir dirbtinio intelekto valstybės pradeda kurti reglamentus, kurie skatina technologijų kūrimą bei plėtojimą, bet tuo pačiu ir riboja, nes tam tikra robotų priežiūra ir kontrolė yra būtina. Europos valstybės pačios kuria taisykles, kurios apibrėžia robotų naudojimąsi, tuo pačiu ir Europos Sąjunga yra skatinama skurti universalias taisykles, kurios galiotų visoms sąjungos valstybėms.

Naujosios medžiagos. Istorikai laikotarpius sieja su medžiagomis, iš kurių buvo gaminami ginklai, papuošalai ir darbo įrankiai. XXI-asis amžius jau vadinamas „išmaniųjų“ medžiagų amžiumi (*angl. Smart materials age*).

Naujosios medžiagos arba išmaniosios medžiagos yra labai plati, daug skirtingų medžiagų apimanti grupė. Anksčiau išmaniosios medžiagos buvo apibrėžiamos kaip medžiagos, kurios gali reaguoti į aplinką. Tačiau dabar naujųjų medžiagų apibrėžimas išplėstas daug plačiau.

Takagi (1990) apibrėžė išmaniąsias medžiagas kaip medžiagas, kurios reaguoja į aplinkos pokyčius optimaliausiomis sąlygomis ir savo išskirtinėmis funkcijomis prisitaiko prie aplinkos. Naujųjų medžiagų reakcija ir prisitaikymas prie aplinkos yra tiesiogiai susijusi su medžiagų savybėmis ar funkcijomis. Vystantis medžiagų mokslui, įvairiose inžinerijos srityse pradėta naudoti daug naujų, daugiavalių, aukštos kokybės, ekonomiškai efektyvių medžiagų (Kamila, 2013).

Spartėjant ir tobulėjant technologiniam progresui, atrandamos vis naujos medžiagos, sugebančios adaptuotis kintant apkrovoms, reaguoti į aplinkos pokyčius, keisti savo deformacinius ir takumo parametrus, valdyti savo charakteristikas, o taip pat save diagnozuoti ir netgi gydyti. Išmaniosios medžiagos savaime atsikuria arba savaime išsivalo, metalams būdinga atmintis atkuria pradinę metalo formą, keramika ir kristalai slėgį paverčia energija.

Išmaniųjų medžiagų pritaikomumo spektras yra labai platus: nuo medžiagų, naudojamų tokioms konstrukcijoms kaip pastatai, tiltai, laivai, orlaiviai, iki biomedicinos ir itin smulkių ir pažangių nanomedžiagų.

NASA tinklapyje publikacijoje „NASA testuoja naują lydinį lėktuvo sparnams sulenkti skrydžio metu“ (*angl. „NASA Tests New Alloy to Fold Wings in Flight“*) skelbiama, kad viršgarsinių lėktuvų

sparnai, pagaminti iš naujo, revoliucinio lydinio, gebės susilankstyti ir išsilankstyti be jokių variklių (Matt Kamlet, 2018). *Boeing* tyrėjai naują lydinį vadina „atsimenančiu formą lydiniu“. Formą atsimenančius lydinius įprastomis sąlygomis galima deformuoti, suteikti jiems kitą formą, bet pakaitinti jie įgauna pradinį pavidalą. Metalų būseną pasikeičia labai specifinėje temperatūroje, tad, norint gauti norimą atsaką, nereikia objektų stipriai kaitinti ar šaldyti. Formą atsimenantys lydiniai taip pat yra labai patvarūs ir pradinę formą įgauti netgi po stipraus streso. Iš tokio lydinio buvo nulietas akuatorius, kuriuo sparnų formą galima keisti skrendant ir taip prisitaikyti prie oro ir skrydžio sąlygų. Lydinio temperatūrą keičiantis įrenginys daug lengvesnis ir kompaktiškesnis už motorus ir jungtis, tad įrenginys užima daug mažiau vietos orlaivyje. NASA Išbandytoji medžiaga turi unikalių savybių, todėl gali būti panaudota ir kitose srityse. Ypatingos medžiagos savybės – plastiškumas ir mažas svoris. Kadangi lydinys itin lengvas, jį galima montuoti bet kurioje lėktuvo vietoje. NASA teigimu, naudojant šią medžiagą, aparatai gali būti 80% lengvesni už dabartinius.

„Populiarusis mokslas“ (anlg. „*Popular science*“) publikacijoje skelbiama apie JAV Arizonos valstijos mokslininkų sukurtą specialią medžiagą, kuri gali aptikti savo struktūros pažeidimus ir automatiškai regeneruotis (Clay Dillow, 2010). Naujojo tipo medžiagoje naudojami formą „prisimenantys“ polimerai – tokie cheminiai junginiai, kurie sugrįžta į pradinę formą, juos pakaitinus iki tam tikros temperatūros. Mokslininkai teigia, jog naudojant šias medžiagas, atgaunama apie 96 % pradinio medžiagos tvirtumo. Be to, medžiaga save „remontuoti“ gali jos naudojamo metu, t.y. nepriklausomai nuo to, kokia yra konkreti jos pritaikymo sritis.

Manoma, jog autonominių adaptyviųjų struktūrų technologiją artimiausiu metu pavyks dar labiau patobulinti. Masačusetso technologijų universiteto mokslininkai 2010 m. paskelbė pirmą kartą matematiškai detalai sumodeliavę formos atminties efektu pasižyminčius polimerus. Tai turėtų palengvinti jų pritaikymą naujose srityse – kuriant implantuojamus medicininius įtaisus arba kosmose naudojamas medžiagas, kurios į orbitą būtų gabenamos kompaktiškais konteneriais, ir jau būdamos orbitoje pačios automatiškai „išsilankstyti“ į sudėtingas struktūras (David L. Chandler, MIT, 2010).

Dar vienas itin pažangios medžiagos pavyzdys – grafenas. Tai apie 200 kartų tvirtesnė už plieną ir deimantą, milijoną kartų plonesnė už žmogaus plauką nanomedžiaga. Grafenas yra efektyvus šilumos ir elektros laidininkas. Tai pati ploniausia ir tvirčiausia medžiaga pasaulyje (David Isaiah, Automotive World, 2015). Dėl savo išskirtinių savybių grafenas šiuo metu yra viena brangiausių medžiagų pasaulyje pagal gramo vertę (mikrometro dydžio gabaliukas kainuoja tūkstantį JAV dolerių). Galimų grafeno taikymo sričių yra labai daug, tačiau mokslininkai daugiausia dėmesio skiria grafeno panaudojimo galimybių tyrimams automobilių gamybos sektoriuje.

Taigi, naujosios medžiagos turi savybių, kokių anksčiau net neįsivaizdavome. Sunku nuspėti naujų medžiagų, kaip ir kitų ketvirtosios pramonės revoliucijos naujovių plėtros ir pritaikymo pasekmes.

Skaitmeninė pokyčių kryptis. Kita esminė ketvirtosios pramonės revoliucijos pokyčių kryptis – skaitmeninė. Tai labai plati pokyčių grupė, apimanti tokias skaitmenines technologijas kaip daiktų internetas ir didieji duomenys, skaitmeninės valiutos, išmaniosios gamyklos ir išmanieji miestai.

Daiktų internetas. Viena iš pagrindinių skaitmeninių technologijų, suformuotų ketvirtosios pramonės revoliucijos, yra daiktų internetas (*angl. Internet of Things – IoT*). Ši sąvoka dažnai apibūdinama kaip daiktų (produktų, paslaugų ar vietovių) ir vartotojų santykis, tarpusavyje sujungus technologijas bei įvairias platformas.

Daiktų internetas yra vadinamas kita interneto evoliucijos pakopa, kai daiktai tampa aktyvūs verslo, informacijos ir socialinių procesų dalyviai, galintys komunikuoti tarpusavyje ir su išmaniaja aplinka keisdami duomenimis, autonomiškai reaguoti į fizinio pasaulio įvykius bei veikti aplinką atliekant įvairius veiksmus ir teikiant paslaugas (Gubbi ir kt., 2013).

Savukynas ir Marcinkevičius (2017) daiktų internetą apibūdina kaip visuomenei skirtą pasaulinę infrastruktūrą, teikiančią šiuolaikines paslaugas sujungiant objektus informacinių bei komunikacinių technologijų pagrindu. Identifikuojant, renkant duomenis, juos apdorojant, daiktų internetas leidžia visapusiškai panaudoti objektus įvairioms paslaugoms.

Šiandien visame pasaulyje prie interneto prijungiama, pasitelkiant įvairiausių prietaisus: kompiuterius, išmaniuosius telefonus ir planšetinius kompiuterius. Sumanesni jutikliai įrengiami namuose, miestuose, transporto ir energetikos tinkluose, diegiami į gamybos procesus. Keičiasi tiekimo grandinių valdymo būdai, atsirandant galimybei labai detalai stebėti ir optimizuoti lėšų panaudojimą.

Viena plačiausiai taikomų daiktų interneto technologijų įmonėse – nuotolinis stebėjimas. Šis metodas yra vadinamas radijo dažnio identifikavimo žymuo (RFID) ir naudojamas daiktų interneto objektams identifikuoti ir sekti (Pardal ir Marques, 2010). Kiekvienoje pakuotėje ar konteineryje gali būti įrengtas jutiklis arba siųstuvas. Tai įmonei atveria galimybes stebėti daiktų judėjimą visoje tiekimo grandinėje. Įmonės klientai taip pat gali nuolat stebėti siuntinio ar dokumento judėjimo būklę.

Programinės įrangos technologijomis paremtas skaitmeninis ryšys atveria labai plačias galimybes naudoti įvairius daiktus. Rinkoje jau galima įsigyti akinius, kurie atkartoja smegenų funkcijas, ir vartotojui vos pamačius objektą, suteikia visą reikiamą išplėstinę informaciją. Pavyzdžiui, einant pro restoraną, parodo valgiaraštį arba pateikia nuotrauką bei vaizdo įrašą. Tokiu būdu rega yra susiejama su internetu ir elektroniniais prietaisais. Pasitelkiant regą kaip tiesioginę sąsają, gali būti kitaip mokomasi, instruktuojama ar atsiliepiama apie prekes bei paslaugas, neįgalieji gali tapti savarankiškesni. Neįgalieji įgyja galimybę bendrauti ir jausti aplinką kalbėdami, rašydami, judėdami ir

pasinerdami į virtualios realybės patirtį. Duomenys naršant gaunami greitai, todėl vartotojas gali operatyviai priimti sprendimus.

Tačiau tokios technologijos gali turėti ne tik teigiamą, bet ir neigiamą poveikį: vartotojas tampa išsiblaškęs, sustiprėja priklausomybė nuo technologijų ir padidėja atotrūkis nuo realybės. Skaitmeninių technologijų naudojimas tai pat daro įtaką asmeniniams santykiams ir tarpusavio bendravimui.

Skaitmeninės valiutos. Ketvirtoji pramonės revoliucija formuoja radikaliai naują požiūrį, kuris iš pagrindų keičia asmenų bei institucijų bendradarbiavimo būdą. Blokų grandinės technologija (*angl. Blockchain technology*) apibūdinama kaip pasitikėjimu grindžiama skaitmeninė technologija, kuri yra bendrai naudojama, programuojama bendradarbiaujant nepažįstamiems asmenims, nedalyvaujant jokiai priežiūros institucijai (Olleros ir Zhegu, 2016). Pagrindinis blokų grandinės elementas yra skaitmeninė valiuta arba kryptovaliuta (*angl. cryptocurrency*).

Bitkoinas yra geriausiai žinoma skaitmeninė valiuta. Blokų grandinės technologija registruoja finansines operacijas, atliktas bitkoinais. Ši technologija gali sumažinti atsiskaitymų ir operacijų išlaidas. Bendrai naudojamos bazės technologija gali standartizuoti įvairią veiklą: saugoti klientų sąskaitas, atlikti tarptautinius mokėjimus, vykdyti atsiskaitymus, taip pat valdyti ateities sandorius (*angl. Futures*)⁵.

Naudojant skaitmeninę valiutą, apribojamas finansinių institucijų tarpininkavimas, nes naujos paslaugos ir mainai vyksta tiesiogiai blokų grandinėje. Blokų grandinė iš esmės yra pasaulinė skaitmeninio formato knyga, kurioje fiksuojamos visos finansinės operacijos. Tačiau blokų grandinės technologija valstybėms ne tik atveria galimybių, bet ir sukuria sunkumų. Ši technologija kol kas nėra reglamentuojama ir prižiūrima jokių institucijų, todėl yra sunkiau kontroliuoti pinigų politiką.

Naudojant blokų grandinės technologiją, vyriausybės gali identifikuoti piliečius ir tokiu būdu išduoti tapatybės korteles. Estijos vyriausybė tapo pirmąja realia vyriausybe, besinaudojančia blokų grandinės technologija (PYMNTS, 2014).

Išmanieji fabrikai. Pramonė 4.0 inicijuojamos skaitmeninės technologijos jau keičia kai kurių šalių gamybos supratimą. Vokietijoje gamyklos sparčiai kompiuterizuojamos ir kuriami vadinamieji išmanūs fabrikai (Alessi, *marketwatch.com*, 2014). Naujosios pramonės revoliucijos viena iš kryptų – maksimalus technologijų įdarbinimas gamyklose.

Išmanūsis fabrikas sugeba efektyviai ir pelningai gaminti tiek pramoninius, tiek individualius gaminius. Vertikali išmaniai gamybai reikalingų elementų integracija gamykloje sukuria lanksčią gamybos sistemą (Wang, Wan, Li ir kt., 2016). Esminė išmaniosios gamyklos struktūra pateikiama 5 pav.

⁵ Ateities sandoriai - išvestinės finansinės priemonės, leidžiančios sutarti dėl sandorio ateityje



5 pav. Esminė išmaniosios gamyklos struktūra (Adaptuota pagal Wang, Wan, Li ir kt., 2016)

Tradicinė gamykla dažniausiai veikia tradicinės gamybos linijos pagrindu, o išmanioji gamykla veikia kaip ištisa gamybos sistema. Palyginti su tradicine gamybos linija, išmanioji gamykla gali efektyviau gaminti smulkius įvairių rūšių produktus. Remiantis gamybos duomenų analizės rezultatais, galima nustatyti tikslius gamybos procesus, pasiekti stabilų produkto kokybės lygį, todėl produkcijai pagaminti reikalingos žaliavos gali būti apskaičiuotos prieš gamybą, taip sumažinant pagaminamos produkcijos perteklių.

Ketvirtosios pramonės revoliucijos skaitmenizavimo procese atsiranda daugybė iššūkių ir galimybių pradėti veikti tiems, kurie yra kompetentingi ir gali kurti patikimus ir tvarius skaitmeninius sprendimus. Sustiprintų informacinių technologijų saugumo sprendimų kūrimas yra plati sfera, kaip ir švietimo plėtra kvalifikuotiems darbuotojams, kurie galėtų valdyti išmaniąsias gamyklas.

Išmanieji miestai. Skaitmeninis pasaulis, kuriame informacijos srautai formuoja ne tik mokslo sklaidą, ekonomiką, kultūrą, bet ir keičia miestų sampratą. Daiktų interneto įsigalėjimą miestuose šiandien reprezentuoja išmaniojo miesto (*angl. Smart City*) koncepcija (Šiupšinskas, 2014). Terminas „išmanusis miestas“ nėra aiškiai apibrėžtas. Kartu vartojami ir kiti pavadinimai, tokie kaip protingas miestas (*angl. Intelligent City*) ir skaitmeninis miestas (*angl. Digital City*). Skaitmeninis miestas pasižymi tuo, kad dauguma paslaugų ir valdymo funkcijų perkelta į elektroninę erdvę (Komninos 2006). Išmanusis miestas ne tik pats teikia paslaugas elektroninėje erdvėje, bet prie jo valdymo ir paslaugų kūrimo bei gerinimo prisideda ir miesto gyventojai. Kitaip tariant, išmanusis miestas neatsiejamas nuo grįžtamojo ryšio, inovacijų ir gyventojų aktyvumo.

Moksliniame straipsnyje „Intelektualūs miestai ir ateities internetas: atvirų inovacijų bendradarbiavimo pagrindas“⁶ Schaffers ir kt. (2011) rašo apie Šiaurės Ispanijos Santandero miestą, kuriame yra apie 20 tūkstančių jutiklių. Visi šie jutikliai jungia miesto pastatus, infrastruktūrą, transportą, tinklus bei komunalines įmones. Mieste yra suformuota fizinė erdvė, kurioje galima tikrinti ir stebėti, kaip įgyvendinamos sąveikos ir laikomasi valdymo taisyklių, kokios yra technologijų funkcijos ir rėmimo paslaugos.

⁶ „Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Framework for Open Innovation“

Tokiuose išmaniuosiuose miestuose kaip Barselona ir Singapūras jau teikiama daug paslaugų, grindžiamų duomenimis: tai automobilių statymas, atliekų surinkimas ar pažangus apšvietimas. Išmanieji miestai nuolat plečia jutiklių technologijų tinklą, todėl visuomenei sudaromos platesnės galimybės naudotis ištekliais, mažėja paslaugų teikimo kainos bei pasiekama daugiau skaidrumo.

Biologinė pokyčių kryptis. Biologijos ir genetikos srityse diegiamos skaitmeninės inovacijos ypatingai palengvina procesų vykdymą. Pavyzdžiui, žmogaus genomo projektui įgyvendinti reikėjo daugiau nei 10 metų, o šiandien genų seka gali būti nustatyta per kelias valandas. Didėjant kompiuterių galiai, mokslininkams nebereikia taikyti bandymų ir klaidų metodo, dabar jie gali patikrinti kaip konkrečios genetinės variacijos formuoja tam tikras ligas.

Ariana Eungjung Cha publikacijoje „The Washington Post“ (2015) rašo, kad „IBM“ sukurtas kompiuteris „Watson“ per kelias minutes gali rekomenduoti individualizuotą gydymą vėžiu sergantiems pacientams, palygindamas ligos ir gydymo istorijas, genetinius duomenis su naujausiomis medicinos žiniomis.

Progresuojant genų inžinerijos moksliniams tyrimams, galima paveikti embriono genomą, todėl atsiranda galimybė ne tik koreguoti žmonių ir gyvūnų genus, bet ir sukurti kūdikius, turinčius tam tikrų savybių arba atsparius konkrečiai ligai (Schwab, 2017).

Todėl būtent biologijos srityje yra keliami didžiausi socialiniai ir reglamentavimo uždaviniai. Pasaulyje jau vyksta diskusijos apie šios srities galimybes ir kylančias socialines, medicinos, etikos ir psichologines problemas.

Apibendrinant anksčiau paminėtą ketvirtosios pramonės revoliucijos technologinę pažangą ir esminių pokyčių kryptis, galima teigti, jog ši revoliucija bus tokia pat galinga, įtakinga ir istoriškai reikšminga kaip ir trys pirmosios revoliucijos. Vis dėl to galima išskiria ir du veiksniai, kurie gali apriboti ketvirtosios pramonės revoliucijos galimybes veiksmingai plėtotis: tai vieningo sutarimo nebuvimas, kokios yra šios revoliucijos galimybės ir uždaviniai ir vykstančių permainų nepakankamas suvokimas. Įvairiuose sektoriuose stinga reikiamų gebėjimų suvokti vykstančias permainas ir prie jų prisitaikyti. Labai svarbu parengti ekonomines, socialines ir politines sistemas, kad jos tinkamai reaguotų į ketvirtąją pramonės revoliuciją.

2.3. Pramonė 4.0 poveikis makroekonomikai ir visuomenei

Ankstesnių pramonės revoliucijų poveikis makroekonomikai ir visuomenei sukėlė reikšmingus socialinius ir ekonominius pokyčius. Sparčiai augo ir plėtėsi miestų infrastruktūra, kūrėsi nauji miestai, gyventojai kėlėsi gyventi į miestus. Susiformavo visuomenės sluoksniai, gerėjo gyventojų butis, augo

medicinos pažanga. Mokslo ir technikos laimėjimai buvo pritaikyti žemės ūkyje, prasidėjo žemės ūkio specializacija.

Vykstančios ketvirtosios pramonės revoliucijos mastas ir įvairovė tai pat atneš reikšmingus ekonominius, socialinius, kultūrinius pokyčius, kurie palies ekonomiką, vyriausybes ir visuomenę. Skaitmeninė revoliucija turės įtakos visiems pagrindiniams makroekonomikos rodikliams: BVP, vartojimui, investicijoms, užimtumui, infliacijai. Svarbu panagrinėti ketvirtosios pramonės revoliucijos poveikį ekonomikos augimui, atsižvelgiant į augimą lemiančius veiksnius.

Makroekonomika. *Pramonė 4.0* plėtra ir anksčiau minėtos esminės šios revoliucijos pokyčių koncepcijos leidžia daryti prielaidą, kad pasaulyje didės urbanizacija (Bach, Zoroja ir Vukšic, 2013). Per visą istoriją miestai skatino ekonomikos augimą, gerovę ir socialinę pažangą. Šiandien daugiau nei pusė pasaulio gyventojų gyvena miestuose, o miesto gyventojų skaičius vis didėja. Miestų infrastruktūra, kuriamos inovacijos, švietimas, viešasis administravimas – tai veiksniai, kurie turi įtakos šalių ir regionų konkurencingumui. Diegiamos skaitmeninės technologijos transporto sektoriuje, greitas plačiajuostis ryšys, energijos vartojimas, atliekų perdirbimas padeda formuoti patrauklų miestą.

Remiantis UK inovacijų organizacijos „Nesta“ duomenimis, veiksmingiausia inovacijas skatinanti politika yra vykdoma šiuose miestuose: Niujorke, Londone, Helsinkyje, Barselonoje ir Amsterdame (Saunders ir Baeck, 2015). Tyrimas rodo, kad šie miestai yra atviri naujovėms ir veikia antreprenerystės principais.

Produktyvumas yra svarbiausias veiksnys, lemiantis ilgalaikį augimą ir kylantį gyvenimo lygį. *Pramonė 4.0* sukurtos inovatyvios prekės ir paslaugos yra žymiai funkcionalesnės ir kokybiškesnės. Įmonės naudojami itin konkurencingomis rinkomis per skaitmenines platformas, patirdamos nuliui lygias ribines išlaidas. Visa tai lemia mažesnę kainą.

Ketvirtoji pramonės revoliucija gerina visuomenės gebėjimą reaguoti į neigiamą išorės poveikį ir skatina potencialų ekonomikos augimą. Sparti technologijų pažanga atsinaujinančios energijos, kuro efektyvumo srityse ne tik didina investicijų grąžą, taip skatindama BVP augimą, bet ir padeda mažinti klimato kaitą. O tai yra vienas svarbiausių šių laikų pasaulio uždavinių.

Nepaisant teigiamos technologijų įtakos ekonomikos augimui, labai svarbu atkreipti dėmesį į galimą jos neigiamą poveikį darbo rinkai. Galima išskirti šiuos prieštaraujančius vienas kitam technologijų taikymo padarinius užimtumui: tai griovimo efektas ir kapitalizacijos efektas (Brettel ir kt., 2014). Griovimo efektas pasireiškia tuo, kad automatizavimas keičia darbą kapitalu, todėl darbuotojai praranda darbo vietas. Kapitalizacijos efektas pasireiškia, kai naujų prekių ir paslaugų paklausa didėja, skatindama kurti naujas profesijas, įmones ir pramonės šakas. Ilgainiui atsirasi naujų profesijų, kurias suformuos ne tik *Pramonė 4.0*, bet ir tokie ne technologiniai veiksniai, kaip demografinė kaita, geopolitiniai poslinkiai ir naujos socialinės bei kultūros normos.

Ekonomistai ir mokslininkai nesutaria, kaip ketvirtoji pramonės revoliucija paveiks ekonomikos augimą. Revoliucija tik išsibėgėja, todėl galima jos poveikį šalių ekonomikoms galima tik numanyti. Ketvirtoji pramonės revoliucija neišvengiamai palies besivystančių šalių ekonomikas. Kalbant apie *Pramonė 4.0* poveikį besivystančių ekonomikų šalims, kyla klausimas: ar išsibėgėjanti pramonės revoliucija nedidins šalių skirtumų tokiose srityse kaip pajamos, infrastruktūra, įgūdžiai, finansai ir kitos sritys. Ketvirtosios pramonės revoliucijos skatinamos išsivysčiusios šalys gali perkelti gamybą iš mažas pajamas gaunančių šalių į pažangios ekonomikos šalis, nes pigi darbo jėga nebeskatins įmonių konkurencingumo.

Vis dėlto skaitmeninių technologijų šalininkai tikisi, kad *Pramonė 4.0* turės teigiamą įtaką pasaulio šalių ekonomikoms. Europos Parlamento tyrimų tarnyba prognozuoja, kad vien tik Vokietijoje bus sukurta apie 390 000 naujų darbo vietų (Davies, EPRS, 2015). Europos produkcijos gamybos skaitmenizavimas turės įtakos ne tik produktyvumo augimui, bet ir visiems gamybos procesams bei verslo modeliams.

Keičiantis verslo modeliams, įmonės turės bendradarbiauti ne tik su tiekėjais ir produkcijos platintojais bet ir su technologijų ir infrastruktūros kompanijomis, pavyzdžiui telekomunikacijų ir interneto paslaugų tiekėjais. Kurdamos ir naudodamos standartus, leidžiančius perduoti ir išnaudoti didelius duomenų kiekius, įmonės bus priverstos bendradarbiauti ir su konkurentais. Vykstant ekonomikos augimo modelių, darbo rinkų ir darbo ateitis pokyčiams, kurie turės įtakos visoms organizacijoms, tampa akivaizdu, kad *Pramonė 4.0* skatinančios technologijos stipriai paveiks įmonių valdymą, organizavimą ir finansavimą.

Vyriausybės turi kurti verslui palankias sistemas ir tikslines finansavimo schemas, siekiant išnaudoti potencialias galimybes, kurias teikia skaitmeninimas, ir stengiantis sėkmingai įveikti bet kokius naujus iššūkius, kurie gali atsirasti. Skaitmenizavimas suteikia galimybių didelėms įmonėms peržengti pramonės sektoriaus ribas, pasitelkiant savo klientų bazę, infrastruktūrą ir technologijas. Skaidrumo didinimas, vartotojų įtraukimas ir nauja jų elgsena, vis labiau naudojantis mobiliaisiais tinklais ir duomenimis, verčia įmones keisti esamų ir naujų produktų bei paslaugų kūrimo pardavimo ir tiekimo būdus.

Pasaulio ekonomikos forumo ataskaitoje „Bendradarbiavimas kuriant inovacijas: verslo transformavimas ir ekonomikos skatinimas“⁷ teigiama, kad įmonėms dalinantis ištekliais ir bendrai kuriant novacijas, reikšmingą vertę įgauna abi partnerystės šalys ir valstybės, kuriose toks bendradarbiavimas vyksta (WEF, Regional Agenda, 2015). Tačiau toks bendradarbiavimas dažnai reikalauja didelių abejų šalių investicijų, ieškot tinkamų partnerių, suderinti procesus, užmegzti ryšių kanalus ir lankčiai reaguoti į besikeičiančias sąlygas.

⁷ „Collaborative Innovation: Transforming Business, Driving Growth“

Skaitmeninimo tendencija skatina skaidrumą, todėl tiekimo grandinėje skelbiama daugiau duomenų, vartotojai gali lengviau naudotis gausiais duomenų kiekiais, tokiu būdu atveriamos platesnės galimybės atlikti lygiaverčius produktų palyginimus. Sėkmingose organizacijose hierarchinės struktūros vis dažniau keičiamos į bendradarbiavimo modelius. Asmens motyvaciją skatina bendras vadovų ir darbuotojų tikslas sekti profesionalumo.

Skaitmeninės technologijos ir globali ryšių infrastruktūra keičia tradicinį suvokimą apie darbą ir darbo užmokestį, todėl atsiranda vis daugiau naujo pobūdžio darbų, kuriems būdingas lankstumas ir trumpalaikiškumas. Tai vadinamoji *užsakomųjų paslaugų ekonomika* (Grossman, Helpman, 2005). Darbuotojas iš esmės tampa rangovu, kuriam nėra suteikiamos socialinės garantijos ir ilgalaikis darbas. Todėl užsakomųjų paslaugų ekonomika susiduria su mokesčių surinkimo problemomis, nes laikiniams darbuotojams tampa lengviau ir patraukliau dirbti šešėlinėje rinkoje. Skaitmenizuotos mokėjimų sistemos užtikrina atliekamų operacijų skaidrumą, tačiau atsiranda naujų decentralizuotų mokėjimo sistemų, kurios sumažina galimybę valdžios institucijoms atsekti operacijų kilmę ir mokėjimo paskirtį.

Ekspertai išskiria keturias pagrindines sritis, kurioms technologijų pažanga turės didžiausią poveikį: produktyvumas, pajamų augimas, užimtumas ir investicijos (Rußmann ir kt., 2015). Vokietija yra skaitmeninių technologijų lyderė Europos Sąjungoje. Ketvirtosios pramonės revoliucijos poveikis pagrindiniams Vokietijos makroekonominiais rodikliams pateikiamas 3 lentelėje.

3 lentelė. Pramonė 4.0 poveikis Vokietijos makroekonomikai

Poveikio sritis	Poveikio mastas
Produktyvumas	Per ateinančius 5 – 10 metų vis daugiau įmonių diegs skaitmenines technologijas, padidinamos gamybos sektoriaus našumą 90 – 150 mlrd. Eur. Įvertinant žaliavų sąnaudas, bus pasiektas 5 - 8% produktyvumo augimas.
Pajamos	Naujos įrangos ir naujų duomenų programų paklausa, individualizuotų produktų paklausa padidins pajamų augimą apie 30 mlrd. Eur per metus arba apie 1% Vokietijos BVP.
Užimtumas	Pramonės augimas per ateinančius 10 metų padidins užimtumą apie 6%. Per tą patį laikotarpį darbuotojų paklausa mechanikos inžinerijos sektoriuje padidės apie 10%. Tačiau darbo rinkai reikės kitokių įgūdžių darbuotojų. Spartėjanti automatizacija pakeis žemos kvalifikacijos darbuotojus. O augantis programinės įrangos, ryšių ir analitikų poreikis padidins darbuotojų, turinčių kompetencijų programinės įrangos kūrimo ir IT srityse, paklausą.
Investicijos	Pritaikydamos gamybos procesus prie <i>Pramonė 4.0</i> tendencijų, Vokietijos gamybos įmonės turėtų investuoti apie 250 mlrd. Eur.

Šaltinis: Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, 2015

Pramonė 4.0 turės reikšmingą poveikį tiek gamybos įmonėms ir darbo jėgai, tiek įmonėms, tiekiančios naujas gamybos sistemas. Pateiktas Vokietijos pavyzdys iliustruoja potencialų ketvirtosios pramonės revoliucijos poveikį viso pasaulio ekonomikai.

Šiandieniniame pasaulyje konkurencijos, kaip ekonomikos pažangos variklio, stiprėjimas vyksta dėl greitos technologijų plėtros. Šakose, kuriose yra didelė konkurencija, tik lanksčioms ir dinamiškoms įmonėms, sugebančioms greitai prisitaikyti prie rinkos pokyčių, pavyks ilguoju laikotarpiu plėstis ir pelningai veikti.

Šalys gali aktyviai investuoti ir tapti skaitmeninių permainų iniciatorėmis, siekdamas pritraukti ir skatinti verslo įmones bei investuotojus įsijungti į pažangų verslą, taip pat užtikrinant, kad įmonės sutelktų dėmesį į ketvirtosios pramonės revoliucijos galimybes.

Visuomenė. Mokslo pažanga ir inovacijų sklaida – tai yra socialiniai procesai, atskleidžiantys, kaip žmonės įvairiose situacijose kuria ir keičiasi idėjomis, vertybėmis, interesais ir socialinėmis normomis. Šiuo metu vyksta daug diskusijų apie skaitmeninių technologijų integravimo į fizinius elementus poveikį, automatizavimo įtaką darbo rinkai, kaip tai paveiks žmogų ir visuomenę.

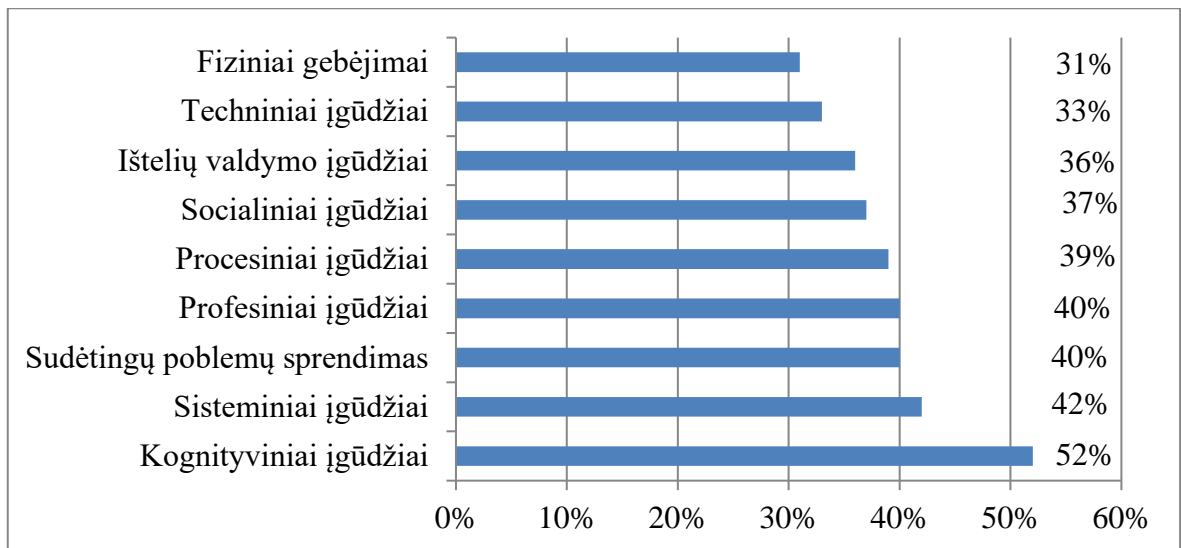
Ketvirtoji pramonės revoliucija atneša ne tik teigiamų permainų, bet ir gali sukelti tam tikrų problemų, kurios daugiausia susijusios su pasiūla darbo rinkoje ir gamyboje. *Pramonė 4.0* naudinga intelektualinio ar fizinio kapitalo tiekėjams: novatoriams, investuotojams ar akcininkams. Tai paaiškina kodėl didėja pajamų atotrūkis tarp darbuotojų ir kapitalo savininkų. Auganti socialinė ir ekonominė nelygybė yra keblė problema, kurią tik sustiprins technologijų sukelti pokyčiai darbo rinkoje. Didesnė nelygybė sukelia daugiau socialinių neramumų. Pasaulio Ekonomikos Forumo „2016 m. visuotinių rizikos veiksnių ataskaitoje“⁸ teigiama, kad iš 29 visuotinių rizikos veiksnių ir 13 visuotinių tendencijų glaudžiausiai tarpusavyje siejasi netolygiai augančios pajamos, nedarbas ar nepakankamas darbo krūvis ir ryškus socialinis nestabilumas.

Akivaizdu, kad ketvirtoji pramonė revoliucija sukuria mažiau darbo vietų pramonės šakose negu ankstesnės revoliucijos. Remiantis ekonomistų Frey ir Osborn (2013) atlikto galimo inovacijų poveikio nedarbui tyrimo duomenimis, per ateinančius du dešimtmečius JAV apie 47 % darbo vietų gresia pavojus, nes bus panaikinta daugiau darbo vietų ir darbo rinkos pokyčiai vyks žymiai sparčiau nei ankstesnių pramonės revoliucijų metu. Be to, ši tendencija skatina dar didesnę susiskaldymą darbo rinkoje.

Greitai besikeičiančioje darbo aplinkoje tampa svarbu visoms suinteresuotoms šalims gebėti numatyti būsimas užimtumo tendencijas ir poreikius, pasinaudojant prisitaikyti padedančiomis žiniomis bei įgūdžiais. Pasaulio Ekonomikos Forumo „Ateities darbų ataskaitoje“⁹ (2017) skelbiama, kokių darbuotojų įgūdžių poreikis numatomas didžiausias 2020 m. Įgūdžių poreikio 2020 m. diagrama pateikiama 6 paveiksle.

⁸ „Global Risks Report 2016“

⁹ „Future of Jobs Report“



6 pav. Įgūdžių poreikis 2020 m. (Sudaryta pagal WEF, 2017)

Kaip rodo diagrama, kompleksinis problemų sprendimas, sisteminiai ir kognityviniai įgūdžiai 2020 m. bus kur kas svarbesni už fizinius gebėjimus ir techninius įgūdžius. Ši ataskaita taip pat atskleidė, kad mažiau nei 50 % vadovų pasitiki savo organizacijų darbo jėgos strategija, kuri turėtų padėti jiems pasirengti šiems pokyčiams. Taigi organizacijoms reikia naujo požiūrio, kad būtų patenkinti talentingų darbuotojų poreikiai ir sumažinti nepageidautini socialiniai padariniai.

Yra nuomonių, jog ketvirtoji pramonės revoliucija gali atsigręžti prieš tradicines žmonijos vertybes – darbą, bendruomenę, šeimą ar tapatybę. Revoliucijos sukelti pokyčiai daugialypiškai palies žmogų, darydami įtaką privatumo suokimui, nuosavybės sampratai, vartojimo įpročiams, laikui, skiriamam darbui ir laisvalaikiui bei karjerai.

Technologijos sukuria sąlygas darbus atlikti lengviau, greičiau ir efektyviau. Tačiau technologijos sukuria ne tik galimybes, bet gali sukelti ir pavojus. Pasaulyje pastebima vis didėjanti *poliarizacija*, pasižyminti tuo, kad vieni priima pokyčius, kiti jiems priešinasi (Degryse, 2016). Tai taip pat skatina nelygybę, kuri atskirs prisitaikančius asmenis nuo besipriešinančiųjų. Šis susiskaldymas ir jo keliami įtampa, tikėtina, kad dar labiau sustiprins kartų atskirtį, kiliančią tarp asmenų, išmanančių skaitmeninį pasaulį, su juo užaugusių, ir tų, kurie šito pasaulio neišmano ir turi prisitaikyti.

Vykstant ketvirtajai pramonės revoliucijai, tampa svarbūs tapatybės, moralės ir etikos klausimai. Sukurtos naujos biotechnologijų ir dirbtinio intelekto inovacijos iš naujo verčia analizuoti žmogaus būties sampratą. Stephenas Hawkingas su kolegomis mokslininkais laikraštyje „The Independent“ publikuotame straipsnyje nagrinėjo dirbtinio intelekto poveikį žmonijai („Transcendencija nagrinėja dirbtinio intelekto pasekmes – bet ar mes kalbame pakankamai rimtai?“¹⁰, 2014). Mokslininkų teigimu, artimiausiu metu pasaulinės kariuomenės svarstys autonomines ginklų sistemas, kurios gali

¹⁰ Transcendence looks at the implications of artificial intelligence - but are we taking AI seriously enough?

pačios pasirinkti tikslus. Dirbtinis intelektas gali įtakoti žmonijos istoriją ne tik teigiamai, bet ir neigiamai. Nėra jokių esminių apribojimų, jokių įstatymų, draudžiančių kurti pernelyg pažangias technologijas. Todėl trumpalaikis dirbtinio intelekto poveikis priklauso nuo to, kas jį kontroliuoja, o ilgalaikis poveikis priklauso nuo to, ar jį galima kontroliuoti. Taigi, žmonija turi sugebėti kontroliuoti riziką, kuria sukuria dirbtinis intelektas.

2.4. *Pramonė 4.0* raiška ir poveikis gamybos įmonėms

Ketvirtosios pramonės revoliucijos poveikis verslui reiškiasi kaip perėjimas nuo paprasto skaitmeninimo, kuris buvo būdingas trečiajai pramonės revoliucijai, prie daug sudėtingesnės inovacijų formos, derinant daugialypes technologijas. Kai kurioms įmonėms naujos vertės kūrimas gali reikšti, kad vienos įmonės gretimuose pramonės segmentuose steigs naujas įmones, o kitos kurs vertę esamuose segmentuose.

Nors apie ketvirtąją pramonės revoliuciją kalbama nemažai, dalis Lietuvos pramonės įmonių vadovų dar neįvertina *Pramonė 4.0* ir skaitmenizavimo sprendimų įtakos įmonių konkurencingumui. Pirmame skyriuje minėtas "Siemens" tyrimas atskleidė, kad ketvirtadalis gamybinių įmonių vadovų yra įsitikinę, kad į skaitmeninimą neinvestavusi įmonė gali išlikti konkurencinga mažiausiai penkerius metus, 4 % mano, kad dešimtmetį ir ilgiau (Spinter Research, 2017). Technologiškai pranašesnius konkurentus kaip grėsmę konkurencingumui nurodo palyginti maža dalis įmonių – 16 %. Kitų įmonių vadovai įžvelgia didesnių grėsmių dėl darbo jėgos trūkumo ir darbo sąnaudų augimo bei Lietuvos demografinės padėties. Nors gamybos procesų automatizavimas ir naujų technologijų diegimas artimiausiu metu turėtų tapti būtinybe, tik maždaug pusė iš 100 gamybos įmonių vadovų tvirtina žinantys, kas yra *Pramonė 4.0*. Kita pusė apklaustųjų prisipažįsta apie ketvirtąją pramonės revoliuciją negirdėję.

Kitas tyrimas atskleidžia panašias tendencijas. „Citadele“ banko inicijuotas „Spinter Research“ tyrimas, kuriame savo nuomonę išsakė 505 įmonių vadovai, atskleidė, kad kas antras Lietuvos smulkusis verslininkas nežino, kas yra *Pramonė 4.0*, o trys ketvirtadaliai apie tai žinančių vadovų pripažįsta, kad jų įmonė tokiems pokyčiams nesiruošia. Tyrimo apklausos duomenimis, 55 % Lietuvos smulkiųjų ir vidutinių įmonių negali pasakyti, ką reiškia ketvirtoji pramonės revoliucija, kuri gali lemti ir esminius pokyčius gamyboje, ir visose kitose gyvenimo srityse, kurias jau iš esmės keičia naujosios technologijos. Vis dėlto, penktadalis apklausoje dalyvavusių smulkių ir vidutinių įmonių vadovų mano, kad ketvirtoji pramonės revoliucija Lietuvai padės tapti labiau konkurencinga Europos ir pasaulio rinkose (Spinter Research, 2017).

Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos „Linpra“ direktorius ir Nacionalinės pramonės konkurencingumo komisijos *Pramonė 4.0* koordinacinės grupės narys Gintaras Vilda pateikia

konkrečius *Pramonė 4.0* žingsnius, nuo kurių įmonės turėtų pradėti ir kokios paramos jos galėtų gauti (Linpra.lt, "Kaip atsidurti „Pramonės 4.0“ priekyje", 2017). „Linpra“ vadovo teigimu, mūsų šalies įmonės teikia mažai projektų EK programoms, yra neaktyvios, todėl nepasinaudoja galimybe gauti paramą bei finansavimą. Taip pat nėra skatinama šiose iniciatyvose dalyvauti valstybiniu mastu.

Pirmiausia p. Vilda gamybos įmonėms rekomenduoja kreiptis į ekspertus, kad įvertintų įmonės pasirengimą skaitmeninėms transformacijoms. Po technologinio audito, kurį gali atlikti tiek Lietuvos, tiek užsienio ekspertai, įmonė sužino, kiek ji yra pasirengusi skaitmeninimui. LINPRA vadovas vardina nemažai priemonių skaitmeninių technologijų diegimui finansuoti: „Regio Invest LT+“, „DPT Pramonei LT+“, „E-verslas LT“, „Ekoinovacijos LT“, „Intelektas LT“, „Procesas LT“. Pramonės įmonių vadovams vis aktualesnės tampa inovacijų diegimo, prototipų kūrimo galimybės, o vėliau ir naujų produktų eksporto plėtros klausimai. Todėl Lietuvai svarbu steigti skaitmeninius inovacijų centrus, kuriuose būtų teikiamos šiuo metu trūkstamos paslaugos.

Lietuvai svarbu nukreipti nepanaudotas ES struktūrinių fondų investicijas, padėti pramonės įmonėms pasinaudoti skaitmeninėmis technologijomis ir su pramone sukurti skaitmeninių inovacijų verslo paramos sistemą.

Lietuva yra pirmoji Baltijos šalis, turinti platformą *Pramonė 4.0*, kuri skirta šalies pramonės konkurencingumo ir skaitmeninimo klausimams spręsti. Sparčiau įdarbinti technologijas spaudžia ne tik kylančios darbo sąnaudos, bet ir siekis dirbti efektyviau. Gamybos automatizavimas ir darbuotojų švietimas, perkvalifikavimas leidžia padidinti gamybos apimtį išlaikant tą patį darbuotojų skaičių.

Šiandien valstybei yra svarbu racionaliai planuoti Europos Sąjungos investicijas bei tęsti pradėtas *Pramonė 4.0* platformos veiklas. Ūkio ministerijos ES paramos koordinavimo departamento duomenimis, Lietuva jau kreipėsi į Europos Komisiją dėl priemonės „Pramonės skaitmenizavimas LT“ įgyvendinimo (LR ūkio ministerija, 2018). Šiai priemonei yra numatyta skirti 39 mln. Eur. Europos Komisijos iniciatyva yra plėtojama skaitmeninės transformacijos strategija, viešojo ir privačiojo sektorių partnerystės iniciatyva, konkurencingumo didinimas – visoms šioms sritims yra numatytas finansavimas – 55 mlrd. Eur. Viešojo ir privačiojo sektorių partnerystės iniciatyva siekiama skatinti valdžios ir pramonės įmonių bendradarbiavimą, diegiant technologijas bei skaitmeninant gamybos procesus. Europos Sąjunga finansuoja robotikos, tvarios pramonės ir ateities gamyklų vystymą. Ateities gamyklų projektams finansuoti skirta daugiau kaip 428 mln. Eur.

Lietuvoje 2016 m. gegužės mėn. vykusioje parodoje „Balttechnika 2016“ apie ketvirtosios pramonės revoliucijos tendencijas diskutavo Vokietijos įmonės VDI/VDE Inovacijų ir technologijų instituto vadovas prof. dr. Volker Wittpahl. Portale *delfi.lt* publikuotame interviu profesorius įvertino Lietuvos gamybos įmonių galimybes dalyvauti pramonės skaitmeninimo procese („Ant Lietuvos slenksčio - ketvirtoji pramonės revoliucija ir išmanieji fabrikai“, 2016). Pasak p. Wittpahl, mokslo institucijos bei verslininkai jau dabar turėtų atkreipti dėmesį į sėkmingam *Pramonė 4.0* įgyvendinimui

ir eksploatavimui reikalingas technologijas ir specialistus. Patyrę informacinių technologijų saugumo, duomenų analizės ir apsaugos specialistai yra kritinis sėkmės veiksnys automatizuotų gamyklų ateičiai.

Prof. V. Wittpahl nuomone, niekas negali konkrečiai apskaičiuoti, kiek gamybos procesų skaitmeninimas gali sumažinti produkto gamybos kaštus ir kokią įtaką turėtų investicijų į išmaniąsias technologijas atsipirkimui. Net jeigu investicijos į skaitmeninimo technologijas būtų tokios didelės, kaip ir pasiektas sąnaudų mažinimas, įmonės vis tiek turėtų įgyvendinti *Pramonė 4.0* sprendimus. Kai skaitmeninė ir automatizuota gamyba bus prieinama panašiu lygiu, gamykloms reikalingos investicijos, priežiūra ir žaliavos bus beveik tokios pat visame pasaulyje.

UAB „Baltec CNC Technologies“ (BCT) gamybos skyriaus vadovas Vytautas Švelnys teigia, skaitmeninė transformacija leidžia įmonei kasmet didinti pardavimų pajamas ir priartėti prie ketvirtosios pramonės revoliucijos tikslų (Verslo žinios, „*Industry 4.0*“ pagal Kauno BCT“, 2017). Įmonėje naudojama valdymo sistema, kuri leidžia stebėti gamybos padalinių darbą, fiksuoti prastovas, įvertinti priežastis, dėl kurių buvo sutrikusi veikla, ir gauti gamybos analizę įvairiais pjūviais. Gamybos vadovas vardina šios skaitmeninės priemonės privalumus: nebūnant gamykloje, yra gaunama informacija apie padėtį ir prastovų priežastis, taip pat galima išmatuoti, ar buvo ir kiek buvo pažengta į priekį darbo našumo prasme.

Lietuviškos robotų gamybos bendrovės „Factobotics“ vadovas Justinas Katkus teigia, jog Lietuvos pramonėje robotai imti naudoti dar prieš dešimtmetį ir kol kas nuo pasaulinių standartų neatsilieka (15min.lt, „Išmaniosios gamyklos žada pabaigą laikams, kai viskas „pagaminta Kinijoje“, 2017). Tačiau technologiniam pramonės šuoliui būtini keli esminiai dalykai, kurių Lietuvai kol kas trūksta. Reikia tam tikrų specialistų, kuriuos turi paruošti mokslo institucijos. Tačiau vertinant infrastruktūrą ir informacinių technologijų lygį, Lietuva yra gana pajėgi priimti ketvirtosios pramonės revoliucijos iššūkius. Didžiausias trukdis išmaniosioms gamykloms ir kitoms technologijoms yra įstatyminė tvarka ir finansavimas. Su deramu valstybės palaikymu, Lietuvos gamybos įmonės gali tikėtis prisitaikyti prie įsibėgėjančios *Pramonės 4.0*.

Pagrindinis gamybos įmonių iššūkis – didinti gamybos efektyvumą, lankstumą bei patikimumą. Siekdamas būti konkurencingos, gamybos įmonės turi efektyviai išnaudoti energetinius išteklius ir lanksčiai reaguoti į klientų poreikius. Ketvirtoji pramonės revoliucija siekia integruoti tiekėjus, gamybos įmones ir klientus į kompleksinį pridėtinės vertės kūrimo procesą. Skaitmeninių technologijų pagrindas yra duomenys (Elektros Erdvės Nr. 39, 2016). Norint duomenis panaudoti vykdant išmaniąją gamybą, jie turi būti standartizuoti. Gamybos komponentų informacinė duomenų bazė yra vienas iš pirmųjų žingsnių išmaniosios gamybos link.

Arūnas Karinauskas, metalo gaminių gamybos UAB „Plieno fortas“ Šiaulių valdybos narys teigia, kad įmonės įgyvendino vieną iš ketvirtosios pramonės revoliucijos principų – automatizuota naktinė darbo pamaina, kurioje dirba tik įrengimai (vz.lt, „Išmanioji gamyba: naktį dirba be žmonių“,

2015). Pasak p. Karinausko, investicijos pasiteisino: eksportas per metus išaugo dvigubai, o pardavimo pajamos – trečdaliu. Pasiiekti tokį automatizavimo lygį bendrovei leido ES investicijos ir nuosavos lėšos. Įmonės įrengimai, priklausomai nuo turimų užsakymų dirba visą parą šešias dienas per savaitę trimis pamainomis. Įmonės konstruktoriai – programuotojai sukuria programas įrengimams.

Kompanija „Axis Industries“ Kauno LEZ'e pradėjo statyti pažangią gamyklą, kurioje bus gaminami ultragarsiniai vandens ir šilumos apskaitos prietaisai. Naujosios gamyklos vadovo V. Jakubavičiaus teigimu, gamykla bus pažangi tiek įrengimais, tiek technologiniais sprendimais, kuriuos papildys robotizacija. Robotizuoti numatoma ypatingo tikslumo reikalaujančius procesus ir rutininius darbus. Modernioje, robotizuotais procesais valdomoje gamykloje planuojama sukurti apie 200 darbo vietų (*axioma.eu*, „Axis Industries“ pradeda statyti robotizuotą skaitiklių gamyklą“, 09.20).

Investuodamos į skaitmenines technologijas įmonės pasiekia stiprią pažangą. Šiuolaikiška įranga leidžia ne tik gaminti sparčiau, bet ir individualizuoti gaminius. Tai itin svarbu, kai masinę gamybą keičia individualūs užsakymai. Skaitmenizavimas leidžia keisti gaminių modelius, parametrus ir gaminti daiktus, pritaikytus konkrečiam vartotojui. Šiandien pramonėje dirbantiems žmonėms reikia ne tik specialių techninių žinių, bet ir gero kompiuterinio raštingumo bei gebėjimo dirbti lanksčiai laiko ir vietos atžvilgiu. Darbuotojų perkvalifikavimas yra vienas didžiausių pramonės uždavinių. Todėl gamybinių ir informacinių technologijų sąveika bei augantis pramonės skaitmeninimas verčia gamybos įmones permąstyti visą gamybos procesą.

Gamybinėms įmonėms, norinčioms išlikti sėkmingomis šiuolaikiniame verslo pasaulyje, nebepakanka gaminti aukštos kokybės produktus, būti pirmaujančiomis technologiniame ar inovaciniame lygmenyje. Išvystytos ekonomikos rinkose paslaugos tapo pagrindiniu įrankiu ekonomikos ir produktyvumo augimo (Santamaria, Nieto, 2007). Dėl šios priežasties veiklos efektyvumo skatinimui, dažnai gamybinė įmonė pasirenka naują papildomą veiklą – paslaugų teikimą, kuris ilgalaikėje perspektyvoje sukuria pranašumą bei išskirtinumą prieš veikiančius rinkoje konkurentus. Platesnio paslaugų spektro teikimas šalia produktų gamybos siūlo didesnę vertę vartotojui.

Naujų sprendinių paieška, aukštųjų technologijų pritaikymas, sumanus organizacinių išteklių, pajėgumų, gebėjimų bei rinkos panaudojimas sukuria galimybes gamybinėms įmonėms sklandžiai integruoti paslaugas į gamybos sistemą. Ketvirtoji pramonės revoliucija padarys didelį poveikį gamybinėms įmonėms, nes reikės integruotis ir priimti pokyčius gamybos procesų, sistemų, paslaugų bei produktų srityse.

3. TYRIMO METODOLOGIJA

3.1. Tyrimo metodų pagrindimas

Teorinėje dalyje, paremtoje mokslinės literatūros šaltinių analize, nustatyti tiriamojo darbo elementai neatsiejami nuo empirinio tyrimo metodikos ir gautų rezultatų formulavimo.

Pramonė 4.0 skaitmenizavimo proceso diegimo įmonėje galimybės tirti buvo naudojami keli metodai. Tyrimui pasirinkta didžiausia azotinių trąšų gamybos įmonė Lietuvoje – AB „Achema“. Tyrimas organizuojamas konkrečioje organizacijoje, todėl pasirinktas atvejo tyrimo metodas.

Atvejo tyrimas – tai detalus aplinkos, atskiro subjekto, tam tikrų dokumentų arba atskirų įvykių tyrimas (Žydžiūnaitė, 2006). Tai yra konkrečios, vienos organizacijos, kaip atvejo, tyrimas, kurį realizuoti padėjo interviu technika. Kiekybiniam tyrimo vertinimui pasirinktas skaitmenizavimo proceso diegimo ekonominis pagrindimas, kiekybiškai įvertinant ekonominį sąnaudų taupymą bei pajamų didėjimą.

Duomenų rinkimo metodu pasirinktas pusiau struktūruotas interviu, kuris leido atskleisti skaitmenizavimo proceso diegimo AB „Achema“ galimybes ir galimas problemas. Mokslininkų teoriniai tyrimai atskleidė *Pramonė 4.0* skaitmeninių technologijų kryptis bei leido įvertinti skaitmenizavimo proceso diegimo gamybos įmonėje ir tai lemiančių veiksnių sudėtingumą, todėl sudėtinga tai įvertinti kiekybiniais tyrimais. Todėl skaitmenizavimo proceso diegimo galimybės įvertinti buvo pasirinktas kokybinis metodas – pusiau struktūrizuoto interviu metodas. Remiantis šia suformuluota tyrimo logika, rengiama skaitmenizavimo proceso diegimo įmonėje galimybių vertinimo metodologija bei apklausos metodologija.

Duomenų analizės metodai: mokslinės literatūros analizė leido išanalizuoti skaitmenizacijos proceso diegimo įmonėje teorinius aspektus ir pritaikymo galimybes. Apibendrinant interviu metu gautus atsakymus, taikytas *kokybinės turinio (content) analizės* metodas. Šis metodas leidžia padaryti specifines išvadas, remiantis analizuojamu tekstu (Žydžiūnaitė, Jonušaitė, Merkys, 2005).

Interviu parengtas remiantis L. Rupšienės (2007) ir V. Žydžiūnaitės (2006) mokslinių tyrimų metodologinėmis nuostatomis. Tyrimui atlikti buvo pasirinktas pusiau struktūruoto interviu tipas (kryptingas, iš dalies struktūruotas interviu), kuomet iš anksto numatoma tema ar problema, kuri aptariama interviu metu, bet „neprisirišama“ prie klausimų tvarkos ar numatytų pasakyti žodžių, laisvai juos keičiant vietomis, užduodant papildomų klausimų. Interviu sudarė klausimynas iš 16 klausimų (žr. 1 priedą).

Apklausiant AB „Achema“ specialistus buvo siekiama išsiaiškinti apie įmonės pasirengimą ketvirtos pramonės revoliucijos pokyčiams bei apie galimybes ir galimus trukdžius diegiant

skaitmenizavimo procesą. Tyrimo metu buvo siekiama išskirti konkrečius procesus ir sritis, kuriose galima būtų diegti skaitmenizavimo sistemas ir paskaičiuoti galimą ekonominį efektą įdiegus skaitmenizavimo procesą įmonėje. Tyrimo dalyvių buvo klausta apie galimybes ir pasirengimą skaitmenizavimo proceso diegimui, siekiant sužinoti, kokių sprendimų reiktų diegiant skaitmenines technologijas ir koks būtų ekonominis efektas įdiegus skaitmenines technologijas.

Tyrime naudoto metodo pasirinkimą lėmė šios metodo savybės: tyrimo objekto atskleidimo galimybės, ekonomiškumas, galimybė įsigilinti į tiriamą temą ir tyrimo objektą.

3.2. Tyrimo organizavimas

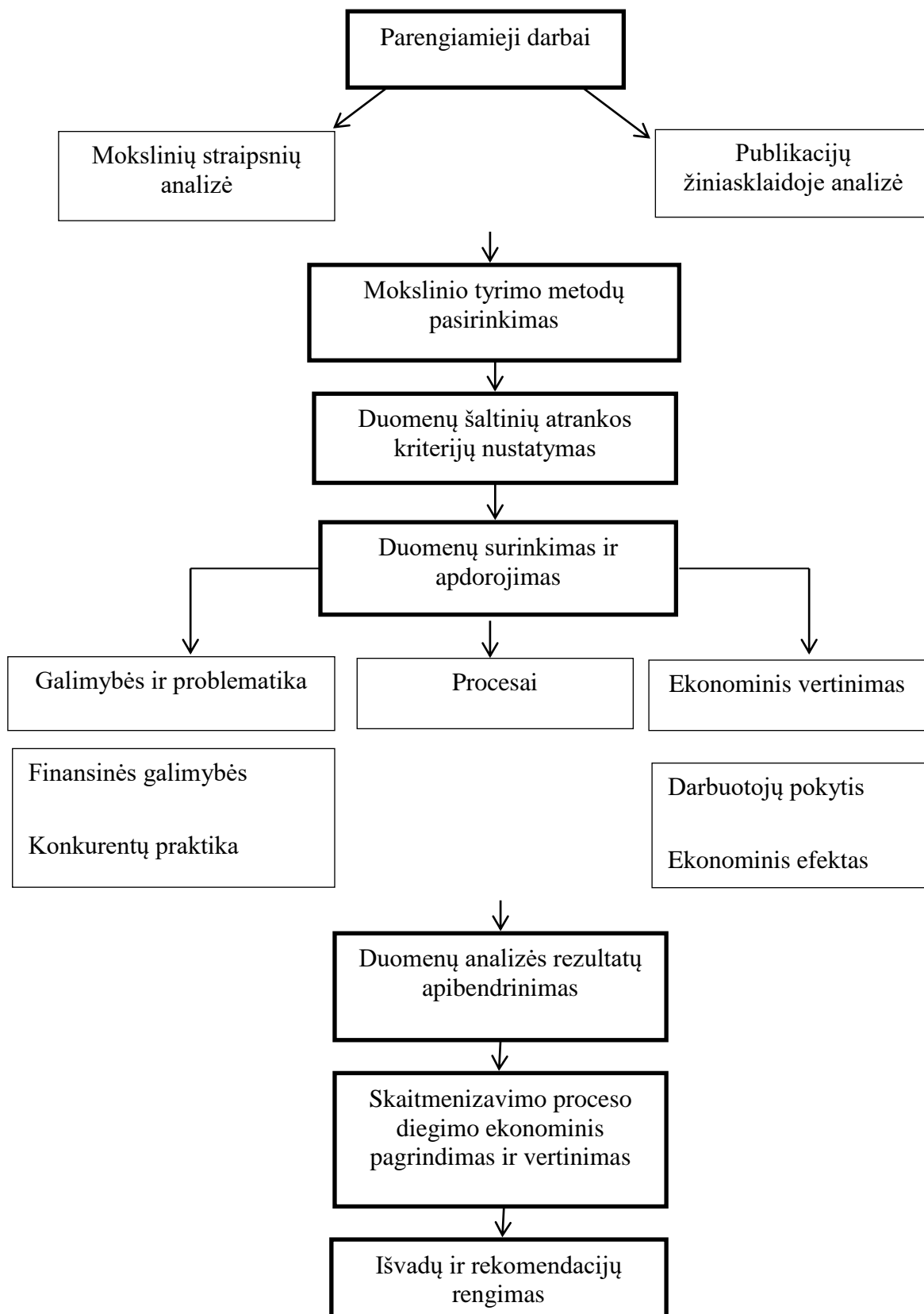
Skaitmenizavimo proceso diegimo įmonėje galimybės išsiaiškinti tyrimas buvo atliekamas tokiais etapais:

1. Problemos formulavimas ir apdorojimas.
2. Literatūros atranka ir analizė.
3. Interviu klausimų rengimas.
4. Empirinio tyrimo atlikimas.
5. Tyrimo duomenų paruošimas analizei.
6. Tyrimo duomenų analizė.
7. Tyrime rezultatų interpretavimas.

Skaitmenizavimo proceso diegimo galimybės tirti buvo pasirinkta chemijos pramonės įmonė AB „Achema“. Tiriama organizacija buvo pasirinkta todėl, kad tai yra viena didžiausių gamybinių įmonių Lietuvoje ir yra prieinami respondentai, kurie yra skirtingų sričių įmonėje dirbantys ekspertai, kompetentingi nagrinėjamos temos požiūriu.

Šiuo tyrimu buvo siekiama išsiaiškinti skaitmenizavimo proceso diegimo galimybes AB „Achema“. Buvo parengti interviu klausimai, kurie pateikti AB „Achema“ specialistams. Duomenims surinkti buvo skirtos dvi savaitės laiko, nes interviu laiką reikėjo derinti prie kiekvieno apklausiamojo kasdieninių darbų.

Skaitmenizavimo proceso diegimo galimybių įmonėje tyrimo eigos schema pateikiama 7 paveiksle.



7 pav. Skaitmenizavimo proceso diegimo galimybių įmonėje tyrimo eigos schema

Tyrimo imtis. Tyrimo imtį sudarė 22 įmonės specialistai. Interviu tyrimui respondentai buvo pasirinkti dėl šių kriterijų:

- Respondentai yra ne vienerius metus dirbantys įmonėje skirtingų sričių atstovai – gamybos, technikos, personalo, ekonomikos, aplinkos apsaugos, naujovių diegimo sričių ekspertai. Respondentai užima vadovaujančias pareigas ir yra atsakingi už savo atstovaujamoje srityje priimamus sprendimus.

Tyrimo imties atrankai buvo naudojamas netikimybinės patogiosios atrankos metodas. Šią atranką sudaro kintamieji, kuriuos nesunku rasti atsižvelgiant į tyrėją dominančias tiriamųjų charakteristikas (Žydžiūnaitė, 2006).

Atliekant tyrimą, buvo laikomasi tokių tyrimo etikos principų:

- ✓ *Pagarbos asmens orumui principo*, supažindinant tyrimo dalyvius su tyrimo pavadinimu, tikslu ir leidžiant patiems savanoriškai apsispręsti dėl savanoriško dalyvavimo apklausoje.
- ✓ *Geranoriškumo principo*, užtikrinant, kad respondentų pateikiama informacija bus naudojama tik atliekamame tyrime, ateityje nebus naudojama prieš juos pačius; taip pat pabrėžiant respondentų dalyvavimo tyrime svarbą edukacinių problemų sprendimui.
- ✓ *Teisingumo principo*, užtikrinant respondentų anonimiškumą ir konfidencialumą dėl tyrimo metu pateiktos informacijos bei užtikrinama teisė gauti atsakymus į dominančius klausimus (Žydžiūnaitė, 2006).

Tyrimo duomenų rinkimas. Formuluoiant interviu klausimus buvo remtasi teorinėje dalyje aptartomis esminėmis ketvirtosios pramonės revoliucijos technologijų kryptimis bei skaitmeninių technologijų diegimo gamybos įmonėje problematika.

Klausimai buvo pateikti įmonės specialistams, iš anksto supažindinus juos su tyrimo tema, tikslu ir atsiklausus apie sutikimą dalyvauti tyrime. Gavus sutikimus dalyvauti tyrime, su kiekvienu respondentu buvo derinamas kiekvienam patogus laikas atlikti interviu. Kiekvienai apklausai buvo skiriama apie valandą laiko. Atliekamo interviu metu, respondento atsakymai buvo fiksuojami raštu.

Tyrimo duomenų parengimas analizei. Surinkti interviu rezultatai buvo skaitomi, analizuojami. Pasitelkus turinio (*content*) analizės metodą buvo analizuojami kiekvieno klausimo, kiekvieno respondento atsakymai, ieškant prasminių žodžių, pagrindinės minties. Analizuojant atsakymus buvo sudaryta lentelė, kurioje pateikiamas klausimas ar teiginys, respondentų atsakymai ir identifikuojant prasminius elementus išskirtos atsakymų kategorijos.

Atsakymų analizės lentelė leido įvertinti ir sugrupuoti respondentų atsakymus. Gauti duomenys yra tiek žodiniai, tiek skaitmeniniai. Visi duomenys yra kategorizuojami, sugretinant juos su tyrimo klausimais ir hipotezėmis.

Atsakymai į kai kuriuos klausimus pateikiami Likerto skalėje. *Likerto skalė* – matavimo instrumentas, padedantis nustatyti, kokių laipsniu respondentas sutinka ar nesutinka su skalėje pateiktais teigiamais ar neigiamais objekto ar reiškinių vertinimais (Pranulis, 1998).

Tyrimas buvo vykdomas nuo 2018 m. kovo 5 d. iki kovo 19 d. Parengtas interviu klausimynas buvo pateiktas kiekvienam respondentui, pokalbiui skiriant neribotą valandų skaičių. Atlikus duomenų apdorojimą ir analizę, tyrimo rezultatų analizė struktūrizuojama pagal interviu klausimų blokus.

4. SKAITMENIZAVIMO PROCESO DIEGIMO GALIMYBIŲ AB „ACHEMA“ VERTINIMAS IR DISKUSIJA

4.1. Įmonės pasirengimo skaitmenizavimo proceso diegimui vertinimas

Kaip minėta 3 darbo dalyje, norint įvertinti tiriamos įmonės pasirengimą skaitmenizavimo proceso diegimui, buvo pasirinktas pusiau struktūruoto interviu metodas.

Prieš atliekant interviu, buvo paruoštas interviu klausimynas (žr. 1 Priedas). Ruošiant pusiau struktūruoto interviu klausimyną, buvo iš anksto numatyti būtini ir galimi klausimai, kurie buvo standartizuojami tik iš dalies.

Interviu pradžioje buvo pateiktas darbo temos pristatymas, tyrimo tikslas, nurodyta, kad, nors ir pokalbis bus įrašomas, respondento konfidencialumas bus garantuotas ir pateikiant tyrimo rezultatus, respondentai nebus minimi.

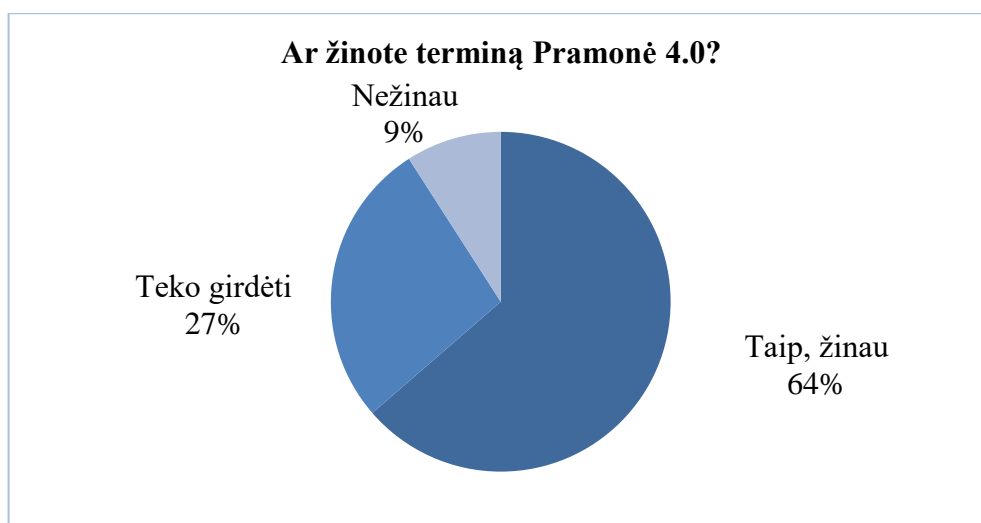
Pusiau struktūruoto interviu klausimyną sudaro 3 klausimų blokai. Pirmas interviu klausimyno blokas skirtas klausimams apie *Pramonė 4.0* terminą, su ketvirtąja pramonės revoliucija susijusius pokyčius ir skaitmenizavimo proceso sampratą. Antras klausimų blokas skirtas įmonės skaitmenizavimo proceso galimybės įvertinti. Šis klausimų blokas leidžia išskirti įmonės padalinių sritis ir konkrečius procesus, kur diegti skaitmenizavimo sistemas būtų ekonomiškai naudingiausia. Buvo siekta sužinoti respondentų nuomonę apie galimus trukdžius ir problemas diegiant skaitmenizavimo procesą. Trečias pusiau struktūruoto interviu klausimyno blokas apėmė klausimus apie ekonominį efektą ir ekonominius pokyčius įmonėje įdiegus skaitmenizavimo procesą.

Šioje darbo dalyje pateikiama atlikto kokybinio tyrimo eiga, empirinio tyrimo rezultatų analizė bei išvados, pagrįstos empirinio tyrimo rezultatais.

Tyrimo metu buvo apklausti 22 įmonės specialistai, atsakingi už žmogiškųjų išteklių valdymą, gamybos, technikos procesus, ekonomiką ir finansus, inovacijų diegimo procesus, pirkimo ir pardavimo procedūras. Atrenkant respondentus interviu apklausai buvo kreipiamas dėmesys į veiklos sritį, kurioje dirba respondentas, siekiant užtikrinti kuo įvairesnį įmonės veiklos procesų spektrą, siekiant įvertinti skaitmenizavimo proceso diegimo galimybes ir galimus trukdžius įvairiais pjūviais. Su respondentais dėl interviu buvo tariamasi telefonu ir elektroniniu paštu. Respondentai buvo iš anksto informuoti apie pokalbio temą. Nei vienas iš kalbintų respondentų neatsisakė dalyvauti interviu. Pokalbiai vyko respondentui patogioje vietoje bei jam tinkamu laiku. Interviu metu respondentų informacija apie įmonę ir patį pašnekovą buvo fiksuojama, tačiau ji buvo skirta tik duomenų apdorojimui ir analizei. Dalis informacijos, tokia kaip vardas, pavardė, tikslus pareigų pavadinimas,

siekiant užtikrinti respondentų konfidencialumą, darbe nėra pateikiama. Konfidencialumo užtikrinimas leido respondentams laisvai reikšti savo nuomonę bei nepažeisti komunikacijos apie įmonę taisyklių. Visi interviu (respondentams sutikus) buvo įrašomi į diktofoną. Vėliau pokalbiai buvo transkribuojami. Pokalbio pradžioje su respondentais buvo aptariamose interviu taisyklės, eiga ir preliminari interviu trukmė.

Pirmuoju pusiau struktūruoto interviu klausimu respondentų teirautasi apie terminą *Pramonė 4.0* ir kaip respondentai supranta skaitmenizavimo procesą. Atsakydami į šiuos klausimus respondentai pasidalino savo įžvalgomis kaip jie numato skaitmenizavimo proceso diegimą įmonėje. Respondentų atsakymų į klausimą „Ar jūs žinote terminą *Pramonė 4.0*?“ pasiskirstymas pateikiamas 8 paveiksle.



8 pav. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal termino *Pramonė 4.0* žinojimą, proc.

Iš 22 tyrimo dalyvių, daugiausia respondentų (64 %) žino terminą *Pramonė 4.0*, 6 respondentai (27 %) yra girdėję šį terminą ir du respondentai (9 %) termino nežino. Atsakymų pasiskirstymas atskleidžia, kad terminas *Pramonė 4.0* nėra naujas ir visai nežinomas daugumai respondentų. Dauguma respondentų atsakymą papildė, kad daugiausia apie terminą *Pramonė 4.0* yra skaitę žiniasklaidoje bei girdėję konferencijų ir seminarų metu.

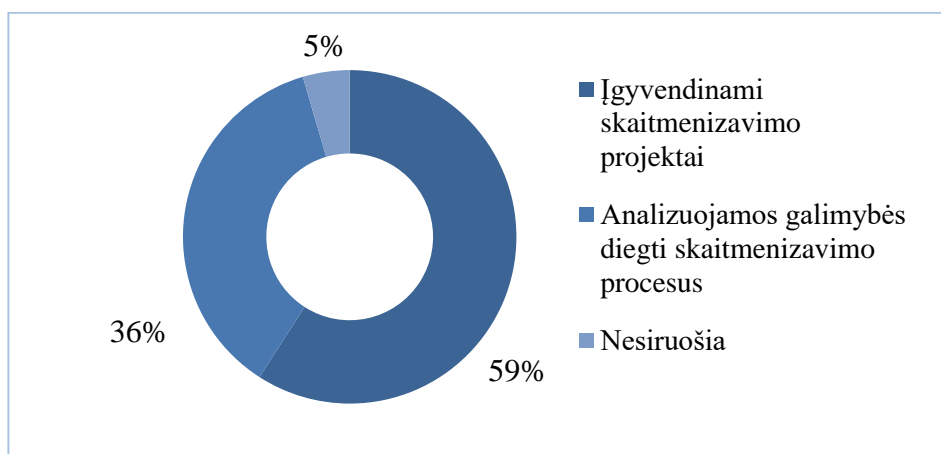
Respondentų buvo prašoma pasidalinti savo nuomone, kaip jie supranta skaitmenizavimo procesą ir jo diegimą įmonėje. Visus šio klausimo atsakymus galima sugrupuoti pagal respondentų pateiktus skaitmenizavimo proceso apibrėžimus. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal skaitmenizavimo proceso supratimą pateiktas 4 lentelėje.

4 lentelė. Atsakymų pasiskirstymas pagal skaitmenizavimo proceso supratimą

Kaip suprantate skaitmenizavimo procesą įmonėje?	
Procesų pervedimas į skaitmeninę erdvę Duomenų fiksavimas ir apdorojimas elektroninėje erdvėje	50 %
Procesų optimizavimas, programinės įrangos įsigijimas	22,72 %
Kompiuterizavimas, gamybos robotizavimas	22,72 %
Pneumatinės valdymo sistemos keitimas į automatizuotą sistemą	4,56 %

Pusė tyrime dalyvavusių respondentų skaitmenizavimo procesą įmonėje supranta kaip turto, žmogiškųjų resursų apskaitos, remonto planavimo ir kontrolės procesų pervedimą į skaitmeninę erdvę bei duomenų fiksavimą, kaupimą ir apdorojimą elektroninėje erdvėje. 5 respondentai nurodė, kad skaitmenizavimo procesas – tai procesų optimizavimas, su minimaliu žmogiškuoju faktoriumi, susijusiu tik su programinės įrangos valdymu ir priežiūra. Tiek pat respondentų skaitmenizavimo procesą plačiąja prasme supranta kaip įmonės veiklos kompiuterizavimą bei gamybos robotizavimą, diegiant standartizuotą ir centralizuotą procesų valdymo sistemą. Mažiausiai tyrimo dalyvių (4,56 %) skaitmenizavimo procesą apibrėžė kaip pneumatinės valdymo sistemos keitimą į automatizuotą valdymo sistemą.

Tyrimo dalyvių teirautasi, ar įmonė ruošiasi pokyčiams, susijusiems su skaitmenizavimo proceso diegimu ir, jeigu ruošiasi, kaip ruošiasi šiems pokyčiams. Beveik visi tyrimo dalyviai patvirtino, kad įmonė su skaitmenizavimo proceso diegimu susijusiems pokyčiams vienaip ar kitaip ruošiasi. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal įmonės ruošimąsi skaitmenizavimo proceso diegimui ir su juo susijusiems pokyčiams pateikiamas 9 paveiksle.

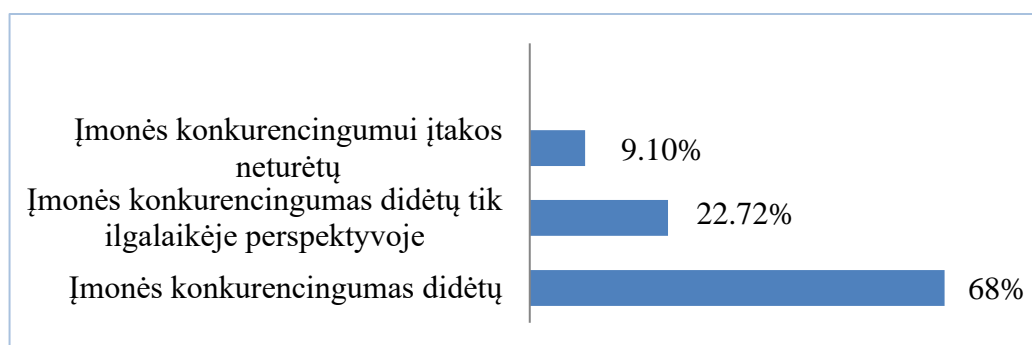


9 pav. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal įmonės pasiruošimą pokyčiams, proc.

Daugiausia tyrimo dalyvių (59 %) nurodė, jog įmonėje jau yra diegiami ir įgyvendinami skaitmenizavimo projektai, susiję su verslo valdymo sistemomis bei moderniomis technologijomis

procesų valdymo sistemomis. Kiek mažiau (36 %) respondentų teigia, kad šiuo metu įmonėje yra analizuojamos galimybės diegti skaitmenizavimo procesus dokumentų valdymo, eksploatacijos ir remonto, duomenų saugumo ir apskaitos srityse. Tik 5 % tyrime dalyvavusių respondentų teigia, kad įmonė nesiruošia su skaitmenizavimo proceso diegimu susijusiems pokyčiams, nes reikia gilesnės procesų ir kaštų-naudos analizės diegiant skaitmenizavimo procesą.

Respondentų buvo prašoma pasidalinti įžvalgomis, ar skaitmenizavimo proceso įdiegimas turėtų įtakos įmonės konkurencingumui. Respondentų atsakymų pasiskirstymas pagal skaitmenizavimo proceso diegimo įtaką įmonės konkurencingumui pateiktas 10 paveiksle.



10 pav. Dalyvių pasiskirstymas pagal skaitmenizavimo proceso diegimo įtaką įmonės konkurencingumui, proc.

Daugiausia tyrimo dalyvių (68 %) teigia, kad skaitmenizavimo proceso diegimas turėtų teigiamos įtakos įmonės konkurencingumui, nes mažėtų eksploataciniai kaštai bei produkcijos savikaina. Dalis tyrimo dalyvių akcentavo laiko sąnaudų sutaupymą, reikšmingą darbo ir veiklos efektyvumui didinti. 22,72 % respondentų teigia, kad skaitmenizavimo proceso diegimas turėtų teigiamos įtakos įmonės konkurencingumui tik ilgalaikėje perspektyvoje, nes diegiamos sistemos yra brangios ir jų diegimas bei specialistų apmokymas užima daug laiko. Du tyrimo dalyviai (9,10 %) pastebi, kad skaitmenizavimo proceso diegimas įmonės konkurencingumui neturėtų jokios įtakos, nes būtų sutaupomos tik laiko sąnaudos.

Tyrimo dalyvių buvo prašoma pasidalinti įžvalgomis, kokius sprendimus reikia priimti įmonei, kad pasiruošti ketvirtajai pramonės revoliucijai. Respondentų atsakymus galima sugrupuoti į tokias grupes:

- Reikia domėtis naujovėmis;
- Reikia domėtis kitų panašių įmonių patirtimi;
- Intensyvinti skaitmenizavimo procesų diegimą;
- Suformuluoti aiškius tikslus ir ryžtingai jų siekti;
- Tobulinti jau naudojamą sistemas.

Tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal reikiamus sprendimus, kad pasiruošti ketvirtajai pramonės revoliucijai, pateikiamas 5 lentelėje.

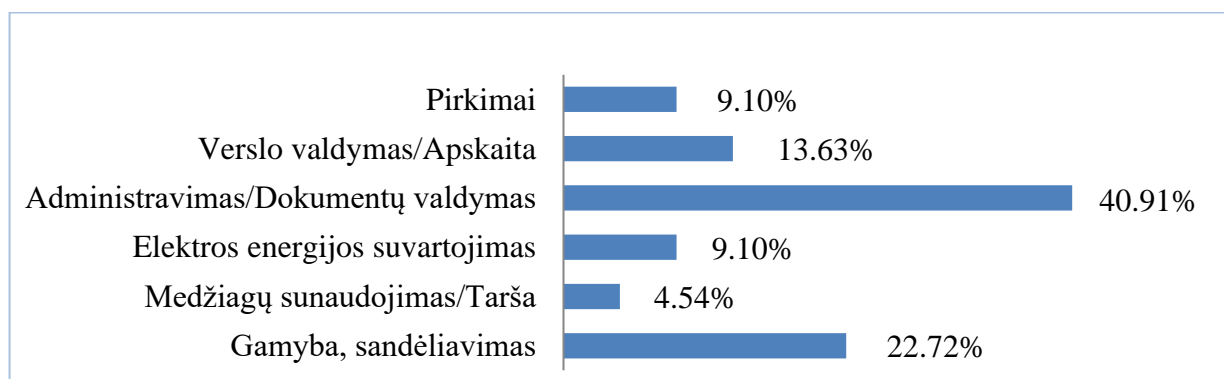
5 lentelė. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonei reikiamus sprendimus

Sprendimas	Atsakymų sk.	Atsakymų proc.
Domėtis naujovėmis	4	18,18
Domėtis kitų įmonių patirtimi	3	13,64
Intensyvinti skaitmenizavimo procesų diegimą	9	40,9
Suformuluoti aiškius tikslus	4	18,18
Tobulinti naudojamą sistemas	2	9,1
Viso:	22	100

Remiantis atsakymų analizės rezultatais, galima teigti, kad beveik pusė respondentų (40,9 %) siūlo intensyvinti skaitmenizavimo procesų diegimą įmonėje, nes, lyginant su panašiomis kompanijomis, įmonė atsilieka procesų skaitmenizavimo atžvilgiu. 18,18 % tyrimo dalyvių teigia, kad svarbiausia yra suformuluoti aiškius tikslus ir, atlikus kaštų-naudos analizę, ryžtingai jų siekti. Tiek pat respondentų teigia, kad svarbu yra domėtis naujovėmis. Trys respondentai teigia, kad domėjimasis panašių įmonių patirtimi gali padėti priimti reikiamus sprendimus. Mažiausiai respondentų teigia, kad svarbiausia yra tobulinti įmonėje naudojamą sistemas (9,1 %).

Dauguma tyrimo dalyvių pastebėjo, kad tiriama įmonė yra atsilikusi skaitmenizavimo procesų diegimo atžvilgiu, lyginant su kitomis panašiomis įmonėmis, tačiau sparčiai vežasi. Panašios kompanijos jau yra įdiegusios remonto planavimo ir kontrolės sistemas bei aktyviai jas tobulina.

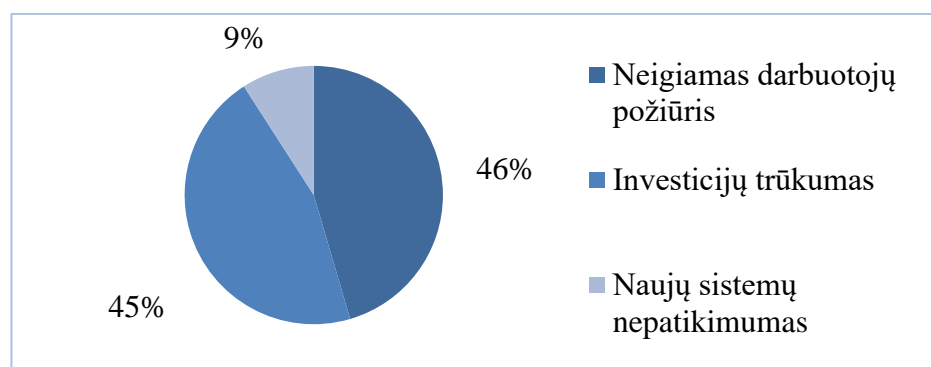
Tyrimo dalyvių buvo prašoma įvertinti, kokiuose įmonės veiklos procesuose ir srityse būtų tikslinga ir ekonomiškai naudingiausia diegti skaitmenizavimo procesą. Respondentams buvo pateikti atsakymo variantai, siekiant išsiaiškinti, kuriuose procesuose ir srityse respondantai tikisi reikšmingiausio ekonominio efekto įdiegus skaitmenizavimo procesą. Tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal įmonės veiklos procesus ir sritis pateikiamas 11 paveiksle.



11 pav. Įmonės veiklos procesai ir sritys, kuriuose būtų tikslingiausia diegti skaitmenizavimo procesą, proc.

Beveik pusė respondentų (40,91 %) pastebi, kad tikslingiausia ir naudingiausia diegti skaitmenizavimo procesą yra administravimo ir dokumentų valdymo srityje. Dauguma respondentų pažymi, kad reikšmingesnis ekonominis efektyvumas būtų skaitmenizavimo procesą įdiegus gamybos procesuose. Administravimo bei dokumentų valdymo procesuose reikšmingesnis būtų laiko sąnaudų sutaupymas, todėl skaitmenizuotos duomenų ir dokumentų valdymo sistemos įdiegimas padėtų sumažinti administracinę naštą. Darbas taptų efektyvesnis ir kokybiškesnis. 22,72 % tyrimo dalyvių teigia, kad tikslingiausia diegti skaitmenizavimo procesą yra gamybos ir sandėliavimo srityse, kuriose yra daugiausia darbo vietų, susijusių su sunku fiziniu darbu (fasavimo, krovimo darbai). Gamybos sąlygų prognozavimas pagal tam tikrus algoritmus bei tarpinius duomenis leistų operatyviai reaguoti į gamybos procesų trukdžius ir optimizuoti gamybos režimą. Medžiagų sunaudojimo ir taršos srityse didžiausią ekonominę skaitmenizavimo proceso diegimo naudą pažymi 4,54 % respondentų, argumentuodami, jog racionaliai naudojant medžiagas produkcijos gamybai ir mažinant išmetamų teršalų kiekį, mažėtų mokesstinė našta ir didėtų įmonės socialinė atsakomybė visuomenei. 13,63 % tyrimo dalyvių prioritetine sritimi skaitmenizavimo proceso diegimui nurodė apskaitos sritį plačiąja prasme, t. y. buhalterinė, ekonominė ir materialinių vertybių apskaita. Du respondentai (9,10 %) prioritetu išskyrė elektros energetinių resursų mažinimą, pabrėždami įmonės didelius gamybinius pajėgumus ir didelį kiekį suvartojamos elektros energijos produkcijai pagaminti. Taip pat du respondentai pažymėjo pirkimų procedūras kaip vieną svarbiausių sričių, kurioje būtų tikslinga diegti skaitmenizavimo procesą. Respondentai pažymi, kad vykdant planuojamus pirkimus skaitmeninėje erdvėje, būtų sutaupoma ne tik laiko sąnaudų, bet ir lėšų, nes skaitmenizuotas pirkimo procesas leistų iš anksto išsirinkti racionaliausią tiekėjų pasiūlymą.

Tyrimo dalyvių buvo prašoma pasidalinti išvalgomis, kokie galimi trukdžiai ir problemos diegiant skaitmenizavimo procesą įmonėje ir kokie galimi sprendimai problemoms spręsti. Pagrindiniais trukdžiais respondentai išskyrė neigiamą darbuotojų požiūrį į naujoves ir pasikeitimus bei investicijų trūkumą. Tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal galimus trukdžius diegiant skaitmenizavimo procesą pateiktas 12 paveiksle.



12 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal galimus trukdžius diegiant skaitmenizavimo procesą, proc.

Kaip rodo diagrama, neigiamas daugumos darbuotojų požiūris (46 %) ir lėšų investicijoms trūkumas (45 %) yra pagrindiniai trukdžiai diegiant skaitmenizavimo procesą įmonėje. Du respondentai (9 %) pagrindine problema įvardina naujų sistemų nepatikimumą, ypač esant nepertraukiamai gamybai, kur yra labai svarbios produkto gamybos sąlygos (oro, temperatūros, gamtinių dujų suvartojimas).

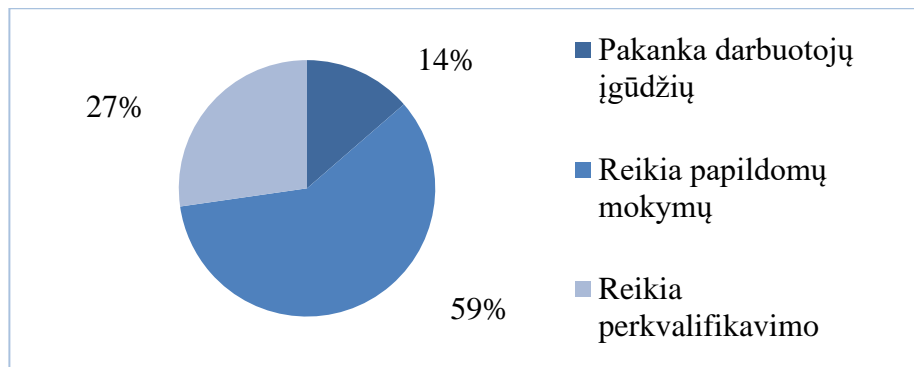
Dauguma tyrimo dalyvių pažymi, kad jaunoji darbuotojų karta noriai ir lengvai priima naujoves. Remiantis mokslinių šaltinių analize, darbo vietų kompiuterizavimas ir veiklos skaitmenizavimas mažina žemos kvalifikacijos darbo vietų skaičių. Darbuotojai baiminasi prarasti darbo vietas, todėl tinkamas švietimas, aiškių tikslų diegiant naujas sistemas suformulavimas, aiški komunikacija gali padėti įmonės darbuotojams lengviau prisitaikyti prie diegiamų skaitmeninių technologijų. Naujos skaitmenizuotos sistemos reikalauja didelių investicijų, todėl dalis respondentų pagrindine problema įvardina investicijų trūkumą. Tik atlikus išsamius ekonominės naudos skaičiavimus tikslinga būtų diegti skaitmenizavimo procesą.

Tyrimo dalyvių buvo prašoma procentine išraiška įvertinti, kiek finansinių lėšų šiuo metu įmonė galėtų skirti skaitmenizavimo proceso diegimui. Dauguma respondentų teigia, kad šiuo metu įmonė skaitmenizavimo proceso diegimui galėtų skirti apie 10-15% finansinių lėšų nuo metinės apyvartos (žr. 6 lentelę). 18,18 % tyrimo dalyvių teigia, jog įmonė galėtų skirti iki 5 % finansinių lėšų nuo metinės apyvartos. Dviejų respondentų nuomone (9,1 %), daugiausia apie 20 % įmonė galėtų skirti skaitmenizavimo proceso diegimui. Keturi tyrimo dalyviai negalėjo atsakyti, kiek finansinių lėšų įmonė galėtų skirti skaitmenizavimo proceso diegimui.

6 lentelė. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonės finansines galimybes, skiriamas skaitmenizavimo proceso diegimui

Nuo metinės apyvartos	Atsakymų sk.	Atsakymų proc.
Iki 5%	4	18,18
10 - 15%	12	54,54
Apie 20%	2	9,1
Sunku pasakyti	4	18,18
Viso:	22	100

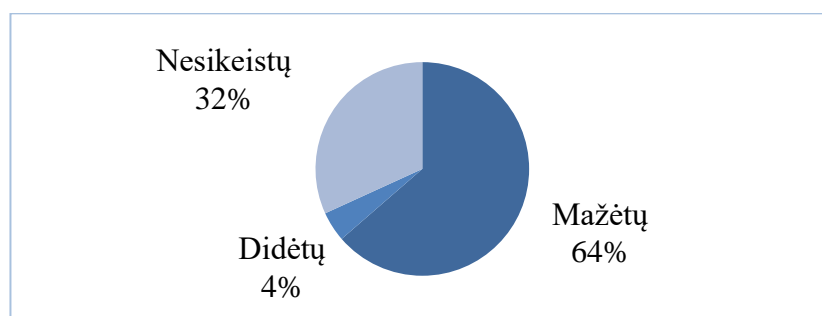
Tyrimo dalyvių buvo klausiama, kaip jie vertina esamų darbuotojų įgūdžius ir kompetencijas diegiant skaitmenizacijos procesą: ar pakanka darbuotojų turimų įgūdžių ir kompetencijų, ar reikia papildomų mokymų ir perkvalifikavimo. Respondentų pasiskirstymas pagal darbuotojų papildomų mokymų ir perkvalifikavimo poreikį pateikiamas 13 paveiksle.



13 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal darbuotojų mokymų ir perkvalifikavimo poreikį, proc.

Dauguma tyrimo dalyvių (59 %) teigia, kad diegiant skaitmenizavimo procesą įmonėje, turimų darbuotojų įgūdžių ir kompetencijų nepakanka ir reikėtų papildomų mokymų. 27 % respondentų teigia, kad papildomų mokymų neužtenka, todėl reikėtų darbuotojų perkvalifikavimo. Mažiausiai darbuotojų (27 %) teigia, kad turimų darbuotojų įgūdžių ir kompetencijų diegiant skaitmenizavimo procesą įmonėje pakanka, todėl papildomų mokymų ir perkvalifikavimo nereikia. Dauguma respondentų pažymi, kad vertinant darbuotojų įgūdžius ir kompetencijas, labai svarbu yra identifikuoti procesus ir sritis, kuriuose diegiamas skaitmenizavimo procesas. Technologinių procesų skaitmenizavimo sistemoms diegti reikia darbuotojų perkvalifikavimo, o skaitmenizuojant administravimo procesus, užtektų papildomų darbuotojų mokymų. Įmonės darbuotojams turi būti suteikiami papildomi mokymai, kad darbuotojai neliktų tik stebėtojais, o galėtų aktyviai dalyvauti diegiant skaitmenizavimo procesą ir dirbti su skaitmeninėmis technologijomis. Diegiant skaitmenizavimo procesą įmonėje yra svarbus darbuotojų požiūris: atvirumas pokyčiams, noras tobulėti ir efektyviai dirbti.

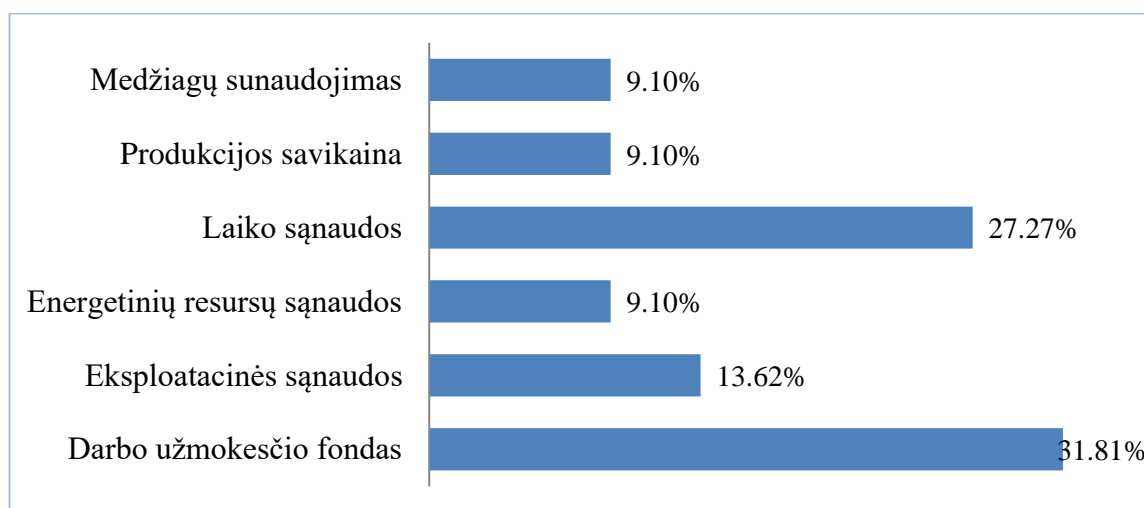
Tyrimo dalyvavusių įmonės specialistų buvo klausama, koks, jų nuomone, galimas darbuotojų skaičiaus pokytis įdiegus skaitmenizavimo procesą. Dauguma respondentų pažymi, kad įdiegus skaitmenizavimo procesą, darbuotojų skaičiaus pokytis nebūtų labai reikšmingas, tačiau daugiausia respondentų teigia, kad darbuotojų skaičius vis dėlto mažėtų. Tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal darbuotojų skaičiaus pokytį pateikamas 14 pav.



14 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal darbuotojų skaičiaus pokytį, proc.

Daugumos respondentų nuomone (64 %), įdiegus skaitmenizavimo procesą personalo struktūroje darbuotojų pokytis mažėtų. Tyrimo dalyviai pažymi, kad proceso diegimo metu reikėtų daugiau informacinių technologijų specialistų, tačiau įdiegus skaitmenines technologijas, kai kurių funkcijų ir pareigybių nebereikėtų. 31,82 % respondentų teigia, kad darbuotojų skaičius įmonėje nepakeistų, nes kai kuriuose procesuose reikėtų naujų darbuotojų, o kai kuriuose procesuose darbuotojų skaičius būtų mažinamas. Respondentai išskiria administravimo funkcijų mažėjimą, todėl administracijos ir apskaitos sričių darbuotojų skaičius turėtų mažėti, o IT specialistų skaičius turėtų didėti. Tyrimo dalyviai pažymi, kad gamybos padaliniuose darbuotojų skaičius neturėtų keistis.

Tyrimo metu respondentų buvo prašoma įvertinti, kokiose srityse, jų nuomone, būtų didžiausias ekonominis efektas įdiegus skaitmenizavimo procesą. Respondentų pasiskirstymas pagal didžiausią ekonominį skaitmenizavimo proceso diegimo efektą pateikamas 15 pav.



15 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal sritis, kuriuose būtų didžiausias ekonominis efektas, proc.

Daugiausia tyrimo dalyvių (31,81 %) pažymi, kad didžiausia ekonominė nauda įdiegus skaitmenizavimo procesą būtų darbo užmokesčio atžvilgiu. Sumažėjęs darbuotojų skaičius siejamas su mažėjančiomis darbo užmokesčio sąnaudomis. Kiek mažiau (27,27 %) respondentų mano, jog didžiausias efektas būtų laiko sąnaudų sumažėjimo atžvilgiu, kuri sudėtinga įvertinti ekonomine prasme, tačiau laiko sutaupymas reiškia, kad darbuotojai gali atlikti kitas efektyvesnes užduotis. 13,62 % tyrimo dalyvių išskiria mažėjančias eksploatacines sąnaudas, įdiegus skaitmenizavimo procesą. Likusi dalis respondentų pasiskirstė po lygiai teigdami, kad didžiausias ekonominis efektas būtų medžiagų sunaudojimo atžvilgiu (9,10 %), mažėtų produkcijos savikaina (9,10 %) ir energetinių resursų sąnaudos (9,10 %). Respondentai pažymi, kad labai svarbi dalis vertinant gaunamą naudą yra

procesų kokybę, įtaka konkurencingumui, naujų produktų kūrimas ir bendros pridėtinės vertės kūrimas.

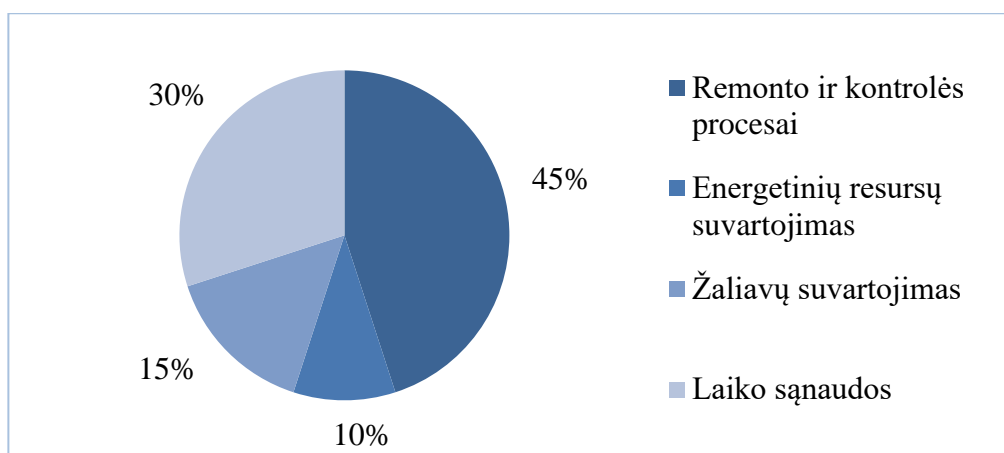
Tyrimo dalyviai pasidalino savo įžvalgomis, kokie galimi teigiami ir neigiami ekonominiai pokyčiai, įdiegus skaitmenizavimo procesą įmonėje. Skaitmenizavimo procesas sukuria efektą, tačiau jį reikia išreikšti aiškia, išmatuojama verte. Galimi teigiami ir neigiami ekonominiai pokyčiai įdiegus skaitmenizavimo procesą įmonėje pateikiami 7 lentelėje.

7 lentelė. Galimi teigiami ir neigiami ekonominiai pokyčiai įdiegus skaitmenizavimo procesą

Teigiami pokyčiai	Astakymų sk.	Atsakymų proc.
Produkcijos išeigos efektyvumas	4	18,18
Produkcijos savikainos mažėjimas	5	22,73
Sąnaudų sumažėjimas	6	27,27
Klaidų sumažėjimas	3	13,64
Operatyvumas, lankstumas, skaidrumas	4	18,18
Viso:	22	100
Neigiami pokyčiai		
Darbuotojų skaičiaus pokytis	14	63,63
Kontrolės trūkumas	6	27,27
Sistemos sutrikimai	2	9,10
Viso:	22	100

Daugiausia tyrimo dalyvių (27,27 %) pažymi, kad teigiami ekonominiai pokyčiai įdiegus skaitmenizavimo procesą būtų sąnaudų mažėjimo atžvilgiu bei produkcijos savikainos mažėjimo atžvilgiu (22,73 % respondentų), o neigiami pokyčiai labiausiai pasijustų darbuotojų skaičiaus pokyčio atžvilgiu (63,63 % respondentų). 27,27 % tyrimo dalyvių teigia, kad vienas iš neigiamų pokyčių yra efektyvios kontrolės trūkumas sistemos sutrikimų metu. Respondentai argumentuoja, jog įdiegus skaitmenizavimo sistemą, neišvengiamai susiduriama su sistemos sutrikimais, kurie įtakoja gamybos stabilumą. Todėl naujų skaitmeninių technologijų patikimumas galėtų virsti teigiamu ekonominiu pokyčiu tik ilgalaikėje perspektyvoje.

Tyrimo dalyvavusių įmonės specialistų buvo klausiama, kokia galima procentine išraiška įmonė galėtų sutaupyti gamybos sąnaudų ir kitų išlaidų, įdiegus skaitmenizuatą valdymo sistemą remonto ir kontrolės procesuose, energetinių resursų suvartojimo, žaliavų suvartojimo ir laiko sąnaudų atžvilgiu. Respondentų pasiskirstymas pagal sąnaudų sumažinimą gamybos procesuose pateikiamas 16 pav.



16 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal sąnaudų sumažėjimą procesuose, proc.

Beveik pusė tyrime dalyvavusių įmonės specialistų (45 %) pažymi, kad daugiausia sąnaudų, įdiegus skaitmenizuotą valdymo sistemą, būtų sumažinama remonto ir kontrolės procesuose. 30 % respondentų išskiria sutaupytas laiko sąnaudas, kurias galima būtų skirti veiklos efektyvinimui ir technologinių procesų tobulinimui. Dalis tyrimo dalyvių (15 %) teigia, kad daugiausia sąnaudų būtų sumažinama žaliavų suvartojimo atžvilgiu ir mažiausiai respondentų (10 %) pažymi, kad daugiausia būtų sutaupoma energetinių resursų suvartojimo atžvilgiu.

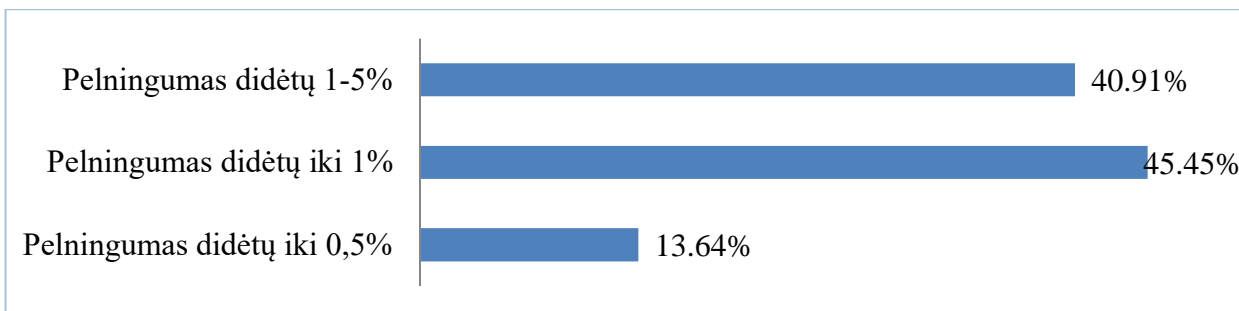
Tyrimo dalyviai ne tik išskiria procesus ir sritis, kur būtų reikšmingas sąnaudų sumažėjimas, bet ir išreiškia savo nuomonę, kiek sąnaudų būtų sumažinama konkrečiuose procesuose, įdiegus skaitmenizuotą valdymo sistemą. Procesų ir sričių pasiskirstymas sąnaudų sumažinimo atžvilgiu pateikiamas 8 lentelėje.

8 lentelė. Gamybos procesai ir sritys pagal sumažinamas sąnaudas

Procesai ir sritys	Galimas sąnaudų sumažėjimas
Remonto ir kontrolės procesai	10-15 %
Energetinių resursų suvartojimas	1-5 %
Žaliavų suvartojimas	5-10 %
Laiko sąnaudos	20-25 %

Tyrimo dalyviai pažymi, kad įdiegus skaitmenizuotą valdymo sistemą, reikšmingiausias sąnaudų sutaupymas – iki 25 % būtų laiko sąnaudos. Respondentai prognozuoja, kad 10-15 % galima būtų sumažinti su remonto ir kontrolės procesais susijusias sąnaudas, 5-10 % žaliavų suvartojimo sąnaudas, o energetinių resursų suvartojimo sąnaudų galimas sumažėjimas yra 1-5 %.

Tyrimo dalyvavę įmonės specialistai pabrėžia, kad sumažinus sąnaudas tam tikruose gamybos procesuose, įmonės pelningumas didėtų tačiau nelabai reikšmingai ekonomine prasme. Todėl respondentų buvo prašoma įvertinti, kiek, jų nuomone, galėtų didėti įmonės pelningumas, sumažinus sąnaudas. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonės pelningumo augimą pateikiamas 17 pav.



17 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal įmonės pelningumo augimą, proc.

Tyrimo rezultatai rodo, kad daugiausia respondentų (45,45 %) prognozuoja iki 1 % įmonės pelningumo augimą, įdiegus skaitmenizavimo procesą. Kiek mažiau įmonės specialistų mano, kad įmonės pelningumas gali didėti apie 1–5 %. Mažiausią įmonės pelningumo augimą – iki 0,5 % prognozuoja 13,64 % įmonės specialistų.

Apibendrinant gautus tyrimo duomenis, galima pastebėti, kad tiriama įmonė ruošiasi technologiniams ir valdymo pokyčiams, susijusiems su skaitmenizavimo proceso diegimu. Skaitmenizuotai valdymo sistemai diegti gamybos ar kituose procesuose ir srityse galimybių išvelgia visi tyrime dalyvaujantys įmonės specialistai. Ekonomiškai naudingiausia skaitmenizuoti yra gamybos procesus, o laiko sąnaudų atžvilgiu – turto ir dokumentų valdymo procesus. Įmonėje įdiegta skaitmenizuota valdymo sistema padėtų sumažinti tiek laiko sąnaudas, tiek gamybos sąnaudas.

Skaitmeninių technologijų diegimas įmonėje gali būti vienas svarbesnių konkurencinių pranašumų. Svarbus veiksnys – nebijoti naujų technologijų ir suprasti artėjančių pokyčių neišvengiamumą. Diegant skaitmenizavimo procesą įmonėje, svarbu išskirti pagrindines rizikas ir trukžius. Analizuojamu atveju didžiausios rizikos yra darbuotojų pasipriešinimas naujovėms, technologijų baimė ir investicijų ribotumas.

Pramonė 4.0 suteikia įmonei galimybę didinti našumą ir kuriamą vertę, todėl būtina analizuoti informaciją ir diegiant naujus modelius, stebėti rezultatus bei priimti sprendimus.

4.2. AB „Achema“ skaitmenizavimo proceso diegimo ekonominis pagrindimas ir vertinimas

4.2.1. AB „Achema“ skaitmenizavimo proceso diegimo ekonominis pagrindimas

Lietuvos ekonomikos raidos tendencijos yra neatsiejamos nuo pasaulio ekonomikos raidos tendencijų. Šiandien Lietuvai, tapusiai globalios ekonomikos dalimi, tiesiogiai įtaką daro pasaulio ir

Europos ekonomikos pokyčiai. Pastarieji dešimtmečiai pasižymi ypač dideliais globalizacijos tempais, konkurencijos didėjimu, inovacijų ir naujų technologijų plėtra.

Visuotinai pripažįstama, kad būtent inovacijos ir sėkmingas jų įgyvendinimas yra varančioji jėga, sąlygojanti nuolatinę ekonomikos augimą. Inovacijos yra gyvybiškai būtinos daugeliui įmonių, siekiančių augti ir išsilaikyti rinkoje. Mokslo ir technikos pažanga suteikia įmonėms daug naujų galimybių savo konkurenciniam pranašumui įtvirtinti. Poreikis inovacijoms didėja ir dėl vis griežtėjančių aplinkos apsaugos reikalavimų.

Analizuojama įmonė priklauso chemijos pramonės sektoriui, kuris, nors ir yra pirmaujantis pagal tam tikrus rodiklius (pvz., augimą arba našumą vienam dirbančiajam), tačiau susiduria su tokia problema kaip aukštesnės pridėtinės vertės produktų gamybos stoka. Siekiant užtikrinti ilgalaikį tarptautinį Lietuvos chemijos pramonės gaminių konkurencingumą, būtina diegti aukštas technologijas.

Vis didėjanti konkurencija azotinių trąšų rinkoje skatina ieškoti efektyvumo, produktyvumo didinimo, sąnaudų mažinimo, gaminamos produkcijos kokybės užtikrinimo ir aplinkos taršos mažinimo būdų. Siekdama šių tikslų įmonė domisi naujovėmis ir naujų technologijų diegimu. Naujų technologijų diegimas skatina įmonės vidinių permainų poreikį, sudaro galimybes pasinaudoti naujų technologijų privalumais, didina konkurencinį pranašumą, gerina įmonės reputaciją, demonstruoja kompetenciją, skatina tikslingą skaitmeninės ir techninės pažangos rezultatų naudojimą (Bivainis ir Drejeris, 2007).

Siekiant efektyviau valdyti žaliavų, energetinių resursų sąnaudas, sumažinti ATL (apyvartinių taršos leidimų) kiekį, taip pat su technine priežiūra, remontu bei kontrole susijusias išlaidas, įmonėje planuojama diegti skaitmenizavimo procesą amoniako gamybos procesuose.

Pagrindinė medžiaga azotinių trąšų gamyboje yra amoniakas, kuris gaunamas iš gamtinių dujų ir oro. Dalis dujų yra sudeginama šilumai ir cheminėms reakcijoms išgauti, kita dalis yra išvaloma ir per keleto lygių konversiją paverčiama skystu ir dujiniu amoniaku. Pagrindinė žaliava amoniako gamyboje yra gamtinės dujos. Jos sudaro apie 70 % pagaminamos produkcijos savikainos. Žaliavos ir energetiniai resursai iš viso sudaro apie 85 % produkcijos savikainos. Todėl, siekiant sumažinti produkcijos savikainą ir išlaikyti konkurencingumą rinkoje, įmonėje planuojama diegti skaitmenizuotą valdymo sistemą, kuri padėtų efektyvinti amoniako gamybos procesus.

Norint įvertinti, kiek amoniako gamybos procesuose sumažėtų žaliavų sąnaudų, reikia paskaičiuoti, kiek per metus amoniako gamyboje suvartojama gamtinių dujų. Iš viso per metus gamtinių dujų yra suvartojama 1236099 tūkst. m³. Vien amoniako gamybai sunaudojama 1028164 tūkst. m³ gamtinių dujų. Metiniai suvartojamų gamtinių dujų kiekiai pateikiami 9 lentelėje.

Sunaudota gamtinių dujų	2017 m.				
	I ketv.	II ketv.	III ketv.	IV ketv.	Viso
Iš viso, tūkst. m ³	328 761	297 746	273 199	336 393	1 236 099
Amoniaکو gamyboje, tūkst. m ³	268 830	249 228	234 756	275 350	1 028 164

Remiantis įmonės duomenimis, gamtinių dujų suvartojimas amoniako gamybai sudaro apie 83 % viso sunaudoto gamtinių dujų kiekio. Vidutinė gamtinių dujų kaina yra 190 Eur/tūkst. m³. Iš viso 2017 m. įmonė suvartojo gamtinių dujų už beveik 235 mln. Eur, iš jų vien tik amoniako gamybai – beveik 200 mln. Eur. Įmonė moka VIAP¹¹ mokestį (2018 m. įmonė turi sumokėti 6 mln. Eur) ir SGDT¹² mokestį (2018 m. įmonė turi sumokėti 26 mln. Eur) valstybei.

Pagaminant daugiau amoniako ir suvartojant daugiau gamtinių dujų, auga poreikis įsigyti didesnį kiekį apyvartinių taršos leidimų (ATL). Apyvartiniai taršos leidimai – šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų prekybos sistema (*angl. EU ETS – European Union Emission Trading System*). Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema yra Europos Sąjungos politikos pagrindinė priemonė kovojant su klimato kaita, mažinanti į atmosferą išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekį (Aplinkos ministerija). Europos Sąjunga ragina gamybinės įmonės mažinti ATL poreikį, skatindamos diegti naujas, mažiau taršias gamybos technologijas, taip siekiant efektyviau kovoti su klimato kaita.

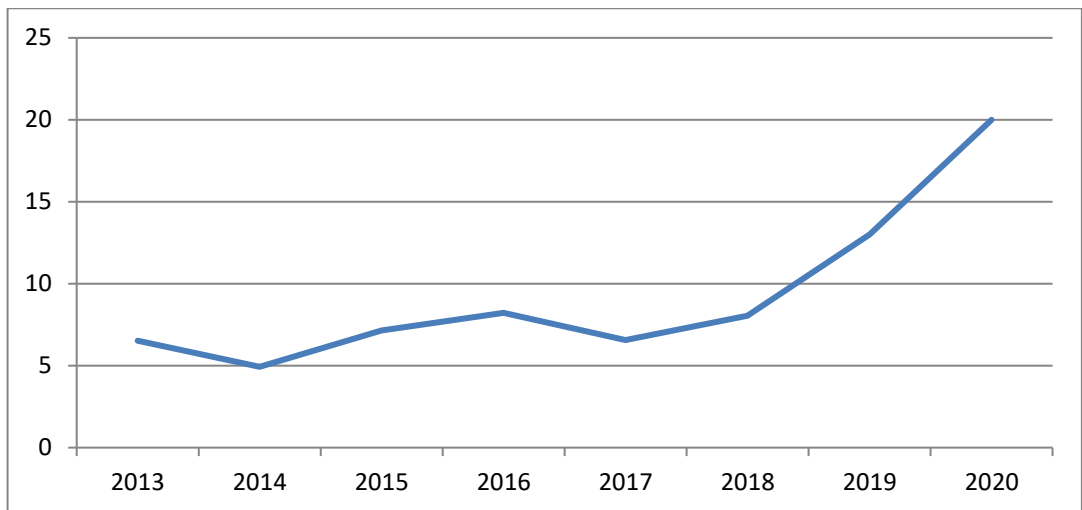
Įmonėms, kurioms taikoma ES ATL prekybos sistema, kiekvienais metais nemokamai išduodamas apskaičiuotas tam tikras jiems skirtas apyvartinių taršos leidimų kiekis. Remiantis ES direktyvų, reglamentų ir sprendimų nustatyta tvarka, kiekvienam įrenginiui išduodamų ATL skaičius kasmet tolygiai mažėja.

Analizuojama įmonė kasmet sunaudoja ATL daugiau negu yra skiriama. Skirtumą tarp skiriamų ATL ir sunaudojamų ATL įmonė gali įsigyti rinkoje. Įmonei skiriamų ATL ir gamyboje sunaudotų ATL metiniai kiekiai bei jų balansas pateikiami priedo Nr. 3 10 lentelėje.

Sprendimą diegti ŠESD mažinimo priemones dažniausiai sąlygoja ATL rinkoje kaina. Tokiu būdu norimas globalus aplinkosauginis rezultatas yra užtikrinamas su kiek įmanoma mažesniais ekonominiais kaštais. Apyvartinių taršos leidimų kaina kasmet kyla. 2015 m. vidutinė ATL kaina buvo apie 8 Eur/t CO₂, o 2017 m. – apie 12 Eur/t CO₂ (*www.eex.com*, 2018). Europos Komisija prognozuoja, kad 2020 m. vidutinė ATL kaina rinkoje gali siekti 20 Eur/t CO₂. Apyvartinių taršos leidimų kaina ir prognozės 2013 – 2020 m. pateikiama 18 paveiksle.

¹¹ VIAP – Viešuosius Interesus Atitinkančios Paslaugos elektros energetikos sektoriuje (mokestis įmonėms, gaminančioms elektros energiją)

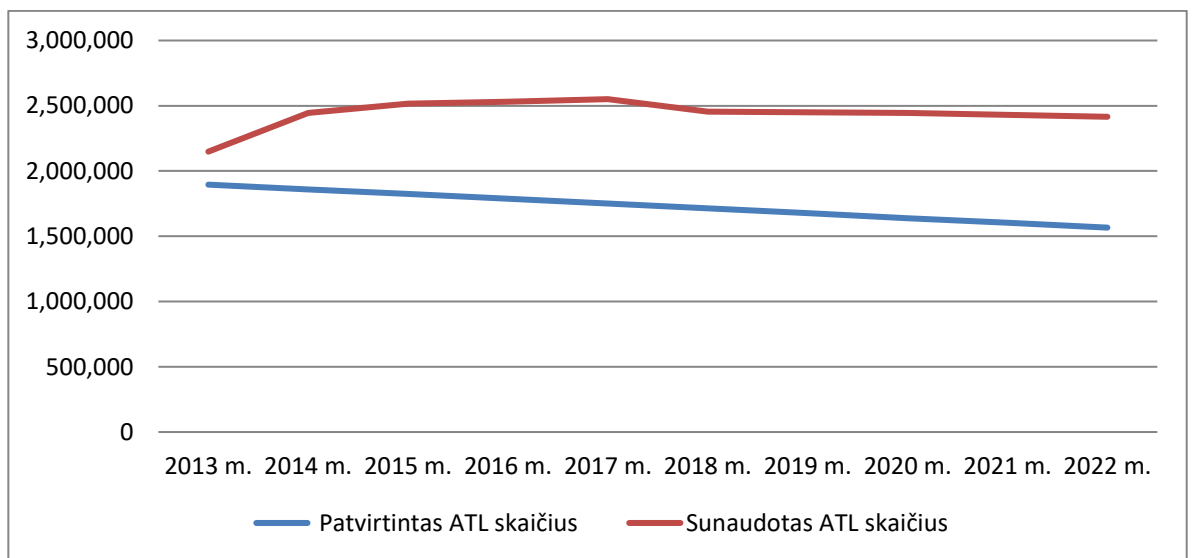
¹² SGDT – Suskystintų gamtinių dujų terminalo mokestis



18 pav. ATL kainos prognozė 2013 – 2020 m., Eur

Šaltinis: <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/spot-market/european-emission-allowances>

Remiantis Europos Sąjungos prognozėmis, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų prekybos kainos kasmet vis didės, o skiriamų apyvartinių taršos leidimų kiekis vis mažės. Skiriamų sunaudojamų ATL kiekių poreikio prognozė 2018 – 2022 m. pateikiama priedo Nr. 3 11 lentelėje. Remiantis priedo Nr. 3 10 ir 11 lentelių duomenimis, 19 paveiksle pateikiami 2013 – 2022 m. patvirtintų ATL ir sunaudojamų ATL kiekiai ir prognozė.



19 pav. 2013 – 2022 m. patvirtintų ATL ir sunaudojamų ATL kiekiai, vnt.

Įmonė nuolat ieško veiksmingų būdų, kaip sumažinti gamtinių dujų suvartojamus kiekius, o kartu sumažinti ir aplinkos taršą. Remiantis gamtinių dujų suvartojimo kiekių analizės duomenimis, apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos tendencijomis bei Europos Sąjungos prognozėmis,

galima teigti, kad sumažinti gamtinių dujų sąnaudas amoniako gamyboje tikslinga tiek dėl aplinkos apsaugos, tiek ir ekonominiu aspektu.

4.2.2. AB „Achema“ skaitmenizavimo proceso diegimo efektyvumo vertinimas

Norint diegti skaitmenizuotą pažangią valdymo sistemą (*angl. advanced process control system*, toliau – APC sistema) amoniako gamybos procesuose, reikia įvertinti IT sprendimų įmonės teikėjos pasiūlytą pažangios valdymo sistemos diegimo paslaugų komercinį pasiūlymą. Siūlomas projektas apima profilaktinę priežiūrą, medžiagų valdymą, sąnaudų stebėjimą bei techninės kontrolės planavimą.

Komerciniame pasiūlyme numatytos šios paslaugos, susijusios su skaitmenizuotos valdymo sistemos diegimo procesu ir naudojimu:

- ✓ Gamybos proceso kontrolė (technologinio proceso valdymo optimizavimas, produktyvumo padidinimas, energetinių resursų suvartojimo sumažinimas, **gamtinių dujų suvartojimo sumažinimas 2 %**);

- ✓ stabilus agregatų darbas keičiantis gamtinių dujų cheminei sudėčiai ir aplinkos temperatūrai;

- ✓ Programinėje įrangoje numatytos techninės priemonės APC sistemos darbui nestandartinėse situacijose (prietaisių gedimai, sistemos klaidingi signalai į pagrindinę sistemą, kiti sutrikimai);

- ✓ APC sistemos priežiūra, derinimas;

- ✓ Duomenų rinkimas, proceso reakcijos kreivių tyrimas, derinamas kartu su įmonės specialistais;

- ✓ Inžinerinio (aptarnaujančio) personalo apmokymas dirbti su APC sistema;

- ✓ Technologinio personalo apmokymas dirbti su APC sistema;

- ✓ Operatyvi techninė pagalba gedimų atveju (derinimas, klaidų taisymas, programinės įrangos atnaujinimas, projekto korekcijų/papildymų rengimas);

- ✓ Dokumentacijos ruošimas;

- ✓ Gedimų šalinimas (reagavimas per 24 val. jungiantis nuotoliniu būdu);

Remiantis komerciniu pasiūlymu, efektyvesnis gamtinių dujų srautų valdymas 2 % sumažintų sunaudojamą gamtinių dujų kiekį. Amoniako gamybos proceso metu operatoriai rankiniu būdu reguliuoja garo ir anglies santykį. Gamybos procese įdiegtas APC sistemos valdiklis kontroliuotų santykį, kuris būtų griežtai nukreiptas į minimalų tikslinį tašką, sumažinant žaliavų poreikį.

Prognozuojami gamtinių dujų suvartojimo kiekiai amoniako gamyboje 2018 – 2022 m., įdiegus pažangią valdymo sistemą amoniako gamyboje, pateikiami 12 lentelėje.

12 lentelė. Gamtinių dujų suvartojimas amoniako gamyboje, įdiegus APC sistemą

	2018 m.	2019 m.	2020 m.	2021 m.	2022 m.
Iki APC diegimo, tūkst. m³	1 088 988	1 087 288	1 085 628	1 055 191	975 719
Po APC diegimo, tūkst. m³	1 067 208	1 065 542	1 063 915	1 034 087	956 204
Sutaupoma, tūkst. m³	21780	21746	21713	21104	19515

Sudaryta autorės, remiantis įmonės duomenimis ir APC sistemos komerciniu pasiūlymu

Įdiegus pažangią valdymo sistemą amoniako gamybos procesuose, 2018 – 2022 m. gamtinių dujų suvartojimas turėtų mažėti apie 21 tūkst. m³ per metus. Šiuo metu 1 tonai amoniako pagaminti sunaudojama apie 1000 m³ gamtinių dujų. Įdiegus APC sistemą, gamtinių dujų sunaudojimas mažėtų 20 m³/t amoniako. Šiuo metu amoniako gamybos apimtys yra 1400 t per parą. Remiantis komerciniu pasiūlymu, įdiegus pažangią valdymo sistemą, amoniako gamybos produktyvumas išaugtų apie 3 % arba 42 t per parą.

Remiantis įmonės duomenimis bei APC sistemos diegimo paslaugų komerciniu pasiūlymu, nustatyti šie pagrindiniai pažangios valdymo sistemos proceso diegimo investicijų rodikliai:

- Gamtinių dujų sunaudojimas sumažėtų 20 m³/t amoniako;
- Vidutinė amoniako paros gamyba – 1400 t (įmonės duomenys);
- 1000 m³ sunaudojamų gamtinių dujų išskiria 1,9689 ATL (įmonės duomenys);
- Prognozuojama gamtinių dujų kaina su SGDT mokesčiu ir transportavimu – 250 Eur/tūkst. m³ (įmonės duomenys);
- Atsipirkimas skaičiuojamas tik per gamtinių dujų ir ATL taupymą.

Norint apskaičiuoti ekonominį pelną (nuostolį), reikia apskaičiuoti gamtinių dujų ir ATL ekonomiją po APC įdiegimo ir atlikti grynujų pinigų srautų judėjimo skaičiavimus. Skaičiuojant prognozuojamus grynujų pinigų srautus, daroma prielaida, kad apyvartinių taršos vienetų kaina palaipsniui didės nuo 8 Eur/vnt iki 20 Eur/vnt (remiantis Europos Sąjungos ATL kainos prognoze). Grynujų pinigų srautų judėjimo duomenys penkių metų laikotarpyje pateikiami priedo Nr. 4 13 lentelėje. Remiantis atliktais skaičiavimais, prognozuojamas ekonominis pelnas iš sutaupytų gamtinių dujų ir apyvartinių taršos vienetų kasmet didėtų nuo 2 272 970 Eur iki 2 475 050 Eur per metus, t.y. iš viso **11 870 050 Eur** per penkis metus.

Atlikus ekonominio pelno rodiklių skaičiavimus bei skaitmenizavimo proceso diegimo efektyvumo vertinimą, galima teigti, kad diegti pažangią valdymo sistemą amoniako gamybos procesuose, kuri padėtų optimizuoti technologinio proceso valdymą, padidinti efektyvumą ir sumažinti žaliavų ir apyvartinių taršos vienetų sąnaudas yra tikslinga ir ekonomiškai naudinga.

IŠVADOS

1. Lietuva turi daug galimybių tapti intelektualius inžinerinius sprendimus ir gamybą telkiančiu Europos centru. Stipriai išvystytam ir progresuojančiam Lietuvos pramonės sektoriui per metus tenka 23 % sukuriama BVP. Įmonėms, norinčioms pasivyti įsibėgėjančią ketvirtąją pramonės revoliuciją, veiksmų reikia imtis kuo skubiau. Lietuvos verslo atstovams yra svarbu reaguoti į pokyčius ir priimti skaitmenizacijos procesus sparčiai ir efektyviai. Siekiant, kad Lietuvos pramonė ir toliau progresuotų, o pati šalis taptų nauju Europos centru intelektualiai gamybai, tiek verslas, tiek visuomenė turėtų vystyti glaudesnę gamybos, informacinių ir ryšių technologijų sąjungą, įvaldyti pažangias technologijas, apgalvotai investuoti ir įvertinti verslo skaitmenizacijos reikšmę.

2. Atlikta mokslinės literatūros analizė atskleidė kelių pramonės revoliucijų raidą. *Pramonė 4.0* esminiai požymiai: mobilusis internetas, dirbtinis intelektas, nanotechnologijos, atsinaujinantys energijos šaltiniai ir kt. Technologijų sintezė ir pokyčių greitis išskiria ketvirtąją pramonės revoliuciją iš ankstesnių revoliucijų. Naujausios technologijos plinta daug greičiau nei per ankstesnes pramonės revoliucijas. Kiekvienos šalies pažanga priklauso nuo to, kiek visuomenė yra atvira technologinėms naujovėms. Vyriausybės, viešosios institucijos ir privatus sektorius turi padėti visuomenei pasirengti ir priimti pokyčius, kuriuos atneša ketvirtoji pramonės revoliucija.

3. Pramonės revoliucijos kyla tuomet, kai dėl naujų technologijų pakinta ekonominės sistemos ir socialinės struktūros. Darbo pasidalijimas ir specializacija reikšmingai paskatino darbo našumo padidėjimą. Technologijų plėtra skatina pramonės koncentraciją, atsiranda fabrikai, pagaminama daugiau ir kokybiškesnės produkcijos. Technologinė pažanga ir skaitmenizavimas iš esmės keičia žmonių gyvenimą. Sparti pažanga technologijų srityje neišvengiamai keičia ir įmonių valdymą. Vis dažniau dalį žmonių atliekamo darbo atlieka robotai. Spartus dirbtinio intelekto vystymasis turi tiek teigiamą, tiek neigiamą poveikį. Priimami racionalūs ir duomenimis grindžiami sprendimai, kuriamos inovacijos, medicinos mokslas pasiekia didelių laimėjimų, tačiau dvejonų kelia atskaitomybė, teisiniai aspektai, prarandamos darbo vietos ir didėja nelygybė.

4. *Pramonė 4.0* raiška pastebima fizinėse, skaitmeninėse ir biologinėse pokyčių kryptyse. Visos šios trys pokyčių kryptys yra glaudžiai tarpusavyje susijusios, todėl skirtingos technologijos gali pasinaudoti viena kitos progresu. Išskiriami šie veiksniai, galintys apriboti *Pramonė 4.0* galimybes veiksmingai plėtoti: šios revoliucijos galimybių ir vykstančių permainų suvokimo stoka. Įvairiuose sektoriuose stinga reikiamų gebėjimų suvokti vykstančias permaitas ir prie jų prisitaikyti. Todėl svarbu parengti ekonomines, socialines ir politines sistemas, kad jos tinkamai reaguotų į ketvirtąją pramonės revoliuciją. Gamybos įmonių konkurencingumą ir investicijų pritraukimą lemia šie gamybos pažangos veiksniai: moderni ryšių infrastruktūra, aukštos kvalifikacijos specialistai, universitetų mokslinių tyrimų bazės ir sugebėjimas lanksčiai reaguoti į rinkos pokyčius. Miestų infrastruktūra,

kuriamos inovacijos, švietimas, viešasis administravimas – tai veiksniai, kurie turi įtakos šalių ir regionų konkurencingumui. Sparti technologijų pažanga atsinaujinančios energijos, kuro efektyvumo srityse ne tik didina investicijų grąžą, taip skatindama BVP augimą, bet ir padeda mažinti klimato kaitą.

5. Remiantis atlikto skaitmenizacijos proceso diegimo poreikio ir pasirengimo AB „Achema“ vertinimo rezultatais, galima teigti, kad įmonė ruošiasi su *Pramonė 4.0* susijusiems pokyčiams ir įgyvendina skaitmenizavimo projektus, susijusius su verslo valdymo bei technologinių procesų valdymo sistemomis. Skaitmenizavimo proceso diegimas turėtų teigiamos įtakos įmonės konkurencingumui. Norint pasiruošti ketvirtajai pramonės revoliucijai, reikia suformuluoti aiškius tikslus ir intensyviai skaitmenizavimo procesų diegimą. AB „Achema“ yra atsilikusi skaitmenizavimo procesų diegimo atžvilgiu, lyginant su kitomis panašiomis užsienio įmonėmis. Gamybos sąlygų prognozavimas pagal tam tikrus algoritmus leistų operatyviai reaguoti į gamybos procesų trukdžius ir optimizuoti gamybos režimą, todėl diegti skaitmenizuotą valdymo sistemą gamybos procesuose yra ekonomiškai naudingiausia. Racionaliai naudojant medžiagas produkcijos gamybai ir mažinant išmetamų teršalų kiekį, mažėtų mokestinė našta ir didėtų įmonės socialinė atsakomybė visuomenei. Teigiami ekonominiai pokyčiai įdiegus skaitmenizavimo procesą būtų sąnaudų mažėjimo bei produkcijos savikainos mažėjimo atžvilgiu, o neigiami pokyčiai labiausiai pasijustų darbuotojų skaičiaus pokyčio atžvilgiu. *Pramonė 4.0* suteikia įmonei galimybę didinti našumą ir kuriamą vertę, todėl būtina analizuoti informaciją ir diegiant naujus modelius, stebėti rezultatus bei priimti sprendimus.

6. Vis didėjanti konkurencija AB „Achema“ skatina ieškoti efektyvumo, produktyvumo didinimo, sąnaudų mažinimo, gaminamos produkcijos kokybės užtikrinimo ir aplinkos taršos mažinimo būdų. Siekiant efektyviau valdyti žaliavų, energetinių resursų sąnaudas, sumažinti apyvartinių taršos leidimų kiekį, atliekamas pažangios valdymo sistemos (APC) diegimo amoniako gamybos procesuose ekonominis vertinimas. Gamtinių dujų suvartojimas amoniako gamybai sudaro apie 83% viso sunaudoto gamtinių dujų kiekio. Pagaminant daugiau amoniako ir suvartojant daugiau gamtinių dujų, auga poreikis įsigyti didesnę kiekį apyvartinių taršos leidimų. Amoniako gamybos procese įdiegtas APC sistemos valdiklis kontroliuotų garo ir anglies santykį, kuris padėtų sumažinti žaliavų poreikį. Efektyvesnis gamtinių dujų srautų valdymas 2 % sumažintų sunaudojamą gamtinių dujų kiekį, o gamybos produktyvumas išaugtų apie 3 %. Atlikus ekonominės naudos rodiklių skaičiavimus bei skaitmenizavimo proceso diegimo efektyvumo vertinimą, galima teigti, kad diegti pažangią valdymo sistemą amoniako gamybos procesuose, kuri padėtų optimizuoti technologinio proceso valdymą, padidinti efektyvumą ir sumažinti žaliavų ir apyvartinių taršos vienetų sąnaudas yra tikslinga aplinkos apsaugos atžvilgiu ir ekonomiškai naudinga.

REKOMENDACIJOS

Europos Komisijos skaitmeninės transformacijos iniciatyva siekiama skatinti valdžios ir pramonės įmonių bendradarbiavimą, diegiant technologijas, skaitmeninant gamybos procesus. Tačiau Lietuva yra nepakankamai aktyvi, todėl nepasinaudoja galimybe gauti finansavimą, nes pramonės įmonės nėra skatinamos šių iniciatyvų imtis valstybiniu mastu. Vyriausybė turėtų prisidėti prie finansavimo bei plačiau ir aiškiau skleisti informaciją apie pramonės revoliucijos galimybes.

Siekiant spartinti technologijų plėtrą Lietuvos pramonės sektoriuje, ypač daug dėmesio reikėtų skirti švietimui, inovacijų diegimui. Lietuvos pramonės įmonių atstovai dar nepakankamai suvokia ketvirtosios pramonės revoliucijos sukeliamų pokyčių reikšmę. Informacijos apie investicijų į skaitmenines technologijas finansavimo galimybes yra, tačiau pramonės įmonės nepakankamai aktyviai dalyvauja skaitmenizavimo procesuose. AB „Achema“ stokoja tyrimų, skirtų skaitmeninių technologijų diegimo poreikio ir investicijų vertinimui, todėl rekomenduojama atlikti nuolatinis tyrimus, skirtus skaitmenizavimo procesų ekonominiam vertinimui.

Atlikus skaitmenizavimo proceso diegimo poreikio AB „Achema“ analizę, nustatyta, kad ekonomiškai naudingiausia diegti skaitmenizuotą valdymo sistemą amoniako gamybos procesuose. Tačiau rekomenduojama diegti skaitmenizavimo procesą ne tik gamybos, bet ir administravimo srityje. Siekiant darbo kokybės ir efektyvumo, laiko sąnaudų taupymo, tikslinga diegti skaitmenizuotą dokumentų valdymo sistemą įmonėje.

Įdiegus skaitmenizuotą valdymo sistemą amoniako gamybos procesuose, tikėtina, kad išaugs darbuotojų, kurie turėtų gebėjimų valdyti įdiegtą sistemą, poreikis. Todėl AB „Achema“ rekomenduojama kelti amoniako gamybos padaliniuose dirbančių darbuotojų kvalifikaciją programavimo ir IT valdymo srityse.

LITERATŪRA

1. Achema. (2018). *Gamyba*. [žiūrėta 2018-04-05] Prieiga per internetą <http://www.achema.lt/gamyba>
2. Allesi, C. (2014, October 27). Germany develops „smart factories“ to keep an edge. *Market Watch*. [žiūrėta 2018-03-16] Prieiga per internetą <https://www.marketwatch.com/story/germany-develops-smart-factories-to-keep-an-edge-2014-10-27>
3. Autonominiai automobiliai: ką apie juos manote? (2017, Gegužės 29). [žiūrėta 2018-01-05] Prieiga per internetą <https://www.15min.lt/gazas/naujiena/autorinka/autonominiai-automobiliai-ka-apie-juos-manote-220-804164>
4. Bach, M. P., Zoroja, J. and Vukšić, V. B. (2013). Review of corporate digital divide research: A decadal analysis (2003-2012). *International Journal of Information Systems and Project Management*, 1(4), 41–55. Zagreb: University of Zagreb.
5. Bagdzevičienė, R. ir Vasiliauskaitė, J. (2002). Valstybės ir regionų valdymo institucijų vaidmuo inovacijų sklaidos procese. *Viešoji politika ir administravimas*, 3, 79–85.
6. Beveik 80 proc. Lietuvos įmonių nesiruošia ketvirtajai pramonės revoliucijai. (2017, Lapkričio 10). *Statybų naujienos*. [žiūrėta 2017-12-05] Prieiga per internetą <http://www.statybunaujienos.lt/naujiena/Beveik-80-proc-Lietuvos-imoniu-nesiruosia-ketvirtajai-pramones-revoliucijai/10160>
7. Bivainis, J. ir Drejeris, R. (2007). Naujų paslaugų diegimo tikslingumo pagrindimas. *Verklas: teorija ir praktika*, 8(3), 119–130. DOI: 10.3846/btp.2007.18
8. BNS. (2000, Kovo 11). Europa „internetizavime“ atsilieka nuo JAV. [žiūrėta 2017-12-05] Prieiga per internetą <https://www.delfi.lt/archive/europa-internetizavime-atsilieka-nuo-jav.d?id=3103>
9. Bonekamp, L. and Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 Human Labour and Work Organisation. *Journal of business and media psychology*, 6(1), 33–40.
10. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. and Rosenberg M. (2017). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37–44. [žiūrėta 2018-02-05] Prieiga per internetą [How-Virtualization-Decentralization-and-Network-Building-Change-the-Manufacturing-Landscape--An-Industry-40-Perspective.pdf](#)
11. Cha, A. E. (2015, June 27). Watson’s next feat? Taking on cancer. *The Washington Post*. [žiūrėta 2018-03-05] Prieiga per internetą <http://www.washingtonpost.com/sf/national/2015/06/27/watsons-next-feat-taking-on-cancer/>

12. Chandler, D. L. (2010, December 6). Understanding shape–shifting polymers. *Massachusetts Institute of Technology*. [žiūrėta 2018-03-17] Prieiga per internetą <http://news.mit.edu/2010/memory-polymer-1206>
13. Dargis, R. (2017, Rugsėjo 25). Ar tikrai mane palies ketvirtoji pramons revoliucija? [žiūrėta 2018-02-24] Prieiga per internetą <https://www.delfi.lt/verslas/nuomones/r-dargis-ar-tikrai-mane-palies-ketvirtoji-pramones-revoliucija.d?id=75855127>
14. Davies, R. (2015). Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth: Briefing. *European Parliamentary Research Service*. [žiūrėta 2018-04-10] Prieiga per internetą [EPRS BRI\(2015\)568337 EN.pdf](https://www.epros.europa.eu/media/2015/05/20150527-EN.pdf)
15. Degryse, C. (2016, February 29). Here are the new social risks of the fourth industrial revolution. *Social Europe*. [žiūrėta 2018-03-21] Prieiga per internetą <https://www.socialeurope.eu/here-are-the-new-social-risks-of-the-fourth-industrial-revolution>
16. Dillow, C. (2010, December 7). New Self–Healing Materials Detect When They're Damaged and Fix Themselves. *Popular Science*. [žiūrėta 2018-03-05] Prieiga per internetą <https://www.popsci.com/science/article/2010-12/t-1000-self-healing-materials-find-damage-fix-themselves>
17. EEX Group. (2018). *European Emission Allowances*. [žiūrėta 2018-04-20]. Prieiga per internetą <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/spot-market/european-emission-allowances#!/2017/10/03>
18. Estonian National ID Cards Embrace Electronic Payment Capabilities. (2014, October 14). *PYMNTS*. [žiūrėta 2018-03-10]. Prieiga per internetą <https://www.pymnts.com/news/2014/estonian-national-id-cards-embrace-electronic-payment-capabilities/>
19. Europos komisija. *Apie Europos Sąjungos politiką: Moksliniai tyrimai ir inovacijos*. [žiūrėta 2018-02-15]. Prieiga per internetą https://europa.eu/european-union/sites/europa.eu/files/research_lt.pdf
20. European Commission. (2018). *Innovation*. [žiūrėta 2018-02-20]. Prieiga per internetą https://ec.europa.eu/growth/industry/innovation_lt
21. European Commission. (2018). *Towards an Industrial Renaissance*. [žiūrėta 2018-02-20]. Prieiga per internetą https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/renaissance_en
22. Frey, C. B. and Osborne, M. (2013, September 17). The future of Employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Programme on the Impacts of Future Technology*. University of Oxford. [žiūrėta 2018-01-30]. Prieiga per internetą http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

23. Gečas, K., Jakubavičius, A. ir Keraminas, A. (2017). Inovacijų plėtra Lietuvoje įgyja pagreitį. *Ekonominės reformos ir prioritetai*. 41–47. [žiūrėta 2017-12-10] Prieiga per internetą http://elibrary.lt/resursai/DB/StatistikosDep/LEA/2005_01/LEA_2005_01_L041-047.pdf
24. Gerbert, P., Lorenz, M., Rüßmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. and Harnisch M. (2015, April 9). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *BCG*. [žiūrėta 2018-02-16]. Prieiga per internetą https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
25. Gilbert, R. (2006). Looking for Mr. Schumpeter: Where Are We in the Competition-Innovation Debate? *Innovation Policy and the Economy*, (pp. 160–215). [žiūrėta 2018-01-16]. Prieiga per internetą <http://www.nber.org/chapters/c0208.pdf>
26. Google Glass. (2018). *Wikipedia*. [žiūrėta 2018-03-02]. Prieiga per internetą https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Glass
27. Grossman, G. M. and Helpman, E. (2005). Outsourcing in a Global Economy. *The Review of Economic Studies*, 72(1), 135–159.
28. Grush, L. (2014, August 26). Boy given a 3-D printed spine implant. *Popular Science*. [žiūrėta 2018-01-20]. Prieiga internete <http://www.popsci.com/article/science/>
29. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. and Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *Journal of Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
30. Hawking, S., Russell, S., Tegmark, M. and Wilczek, F. (2014, May 1). Transcendence looks at the implications of artificial intelligence - but are we taking AI seriously enough? *Independent*. [žiūrėta 2018-03-26]. Prieiga internete <https://www.independent.co.uk/news/science/stephen-hawking-transcendence-looks-at-the-implications-of-artificial-intelligence-but-are-we-taking-9313474.html>
31. Heesen, C, Homburg, V. and Offereins M. (1997). An agent view on law. *Artificial Intelligence and Law*, 5(4), 323–340.
32. Industrie 4.0. (2017). *Berlyne aptartas bendradarbiavimas su Vokietija kuriant Lietuvos nacionalinę platformą „Industrija 4.0“*. [žiūrėta 2017-12-11] Prieiga per internetą <http://www.industrie40.lt/news/params/post/1146719/>
33. Industrie 4.0. (2018). *Baigiamos formuoti darbo grupės pramonės skaitmeninimo klausimams spręsti*. [žiūrėta 2018-04-20] Prieiga per internetą <http://www.industrie40.lt/news/>
34. Isaiah, D. (2015, August 26). Automotive grade graphene: the clock is ticking. *Automotive World*. [žiūrėta 2018-02-11] Prieiga per internetą <https://www.automotiveworld.com/analysis/automotive-grade-graphene-clock-ticking/>

35. Išmaniosios gamyklos žada pabaigą laikams, viskas „pagaminta Kinijoje“. (2017, Rugsėjo 18). *15min*. [žiūrėta 2018-03-10] Prieiga per internetą <https://www.15min.lt/verslas/naujiena/bendroves/ismaniosios-gamyklos-zada-pabaiga-laikams-kai-viskas-pagaminta-kinijoje-663-854766>
36. Jakubavičius, A., Jucevičius, R., Jucevičius, G., Kriaučionienė, M. ir Keršys, M. (2008). *Inovacijos versle: procesai, parama, tinklaveika: mokymo priemonė*. Vilnius: Lietuvos inovacijų centras.
37. Jakubavičius, A., Strazdas, R. ir Gečas, K. (2003). *Inovacijos. Procesai, valdymo modeliai, galimybės: mokomoji knyga*. Vilnius: Lietuvos inovacijų centras.
38. Jankaitytė, G. (2015, Spalio 13). Pramonė 4.0: kaip išgyventi revoliuciją. *Verslo žinios*. [žiūrėta 2018-01-14]. Prieiga per internetą <https://www.vz.lt/vadyba/inovacijos/2015/10/13/pramone-40-kaip-isgyventi-revoliucija#ixzz57pBmIFGm>
39. Jockus, A. (2017, Gruodžio 30). Dirbtinis intelektas gyvenimo nesugriaus, bet jį pakeis. *Lietuvos žinios*, p. 9.
40. Kas antras vadovas nėra girdėjęs apie „Pramonę 4.0“. (2017, Spalio 17). *Spinter Research*. [žiūrėta 2018-01-12]. Prieiga per internetą http://www.spinter.lt/site/lt/vidinis_noslides/menutop/9/home/publish/OTU1Ozk7OzA=
41. Kaune pristatyti žmonių darbą keičiantys robotai. (2018, Spalio 20). *Robotika*. [žiūrėta 2018-02-22]. Prieiga per internetą <http://robotika.lt/kaune-pristatyti-zmoniu-darba-keiciantys-robotai/>
42. Kirstukas, J., Rakštys, R., Serva, E. ir Vaznonis, B. (2013). *Inovacijų ir techninių pokyčių ekonomika: mokomoji knyga*. Kaunas: Aleksandro Stulginskio universiteto leidybos centras.
43. Knapp, A. (2011, June 22). Nevada passes law authorizing driverless cars. *The Forbes*. [žiūrėta 2018-01-12]. Prieiga internete: <http://www.forbes.com/sites/alexknapp/2011/06/22/>
44. Knight, W. (2012, September 19). This robot could transform Manufacturing. *MIT Technology Review*. [žiūrėta 2018-03-04] Prieiga internete <http://technologyreview.com/news/429248/this-robotcould-transform-manufacturing/>
45. Komninos, N. (2006). The Architecture of Intelligent Cities. *Intelligent Environments. Institution of Engineering and Technology*, 06, 13–20.
46. KTU regioninis verslo inkubatorius. (2004). *Ilgalaikės Lietuvos pramonės technologinio vystymosi perspektyvos: mokslinis tiriamasis darbas*. Kaunas: VŠĮ KTU regioninis verslo inkubatorius. [žiūrėta 2018-02-02]. Prieiga per internetą https://ukmin.lrv.lt/uploads/ukmin/documents/files/imported/lt/veikla/veiklos_sritys/ino/doc/1.pdf
47. Lietuvos Pramonininkų Konfederacija. (2017). *Pramonės lūkesčių indeksas*. 1–15. [žiūrėta 2018-03-14]. Prieiga per internetą

http://www.lpk.lt/wp-content/uploads/2017/08/3K-2017_Lietuvos-pramoninink%C5%B3-1%C5%ABkes%C4%8Diai-2017-08-28-1.pdf

48. Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministerija. (2017, Liepos 15). *Bendra informacija: ES apyvartinių taršos leidimų (ATL) prekybos sistema*. [žiūrėta 2018-04-10]. Prieiga per internetą http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=13175
49. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2001). Nutarimas dėl mokslo ir studijų departamento prie švietimo ir mokslo ministerijos reorganizavimo (2001 m. lapkričio 30 d. Nr. 1435). [žiūrėta 2018-02-15]. Prieiga per internetą <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.DC6F13A67D65>
50. Lietuvos Respublikos Ūkio Ministerija. (2018). *Pramonės skaitmeninimas LT*. [žiūrėta 2018-01-15]. Prieiga per internetą <http://ukmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/es-parama/2014-2020-m/pramones-skaitmeninimas-lt>
51. LINPRA. (2017, Spalio 18). *Kaip atsidurti „Pramonės 4.0“ priekyje*. [žiūrėta 2018-02-15]. Prieiga per internetą <http://linpra.lt/2017/10/18/kaip-atsidurti-pramones-4-0-priekyje/>
52. Leandri, A. (2015, March 20). A look at Metal 3D Printing and the Medical Implants Industry. [žiūrėta 2018-03-23]. Prieiga per internetą <http://3dprint.com/52354/3d-print-medical-implants/>
53. Mašalė, O. (2016). Skaitmenizacijos ekspertas T. Madsenas: Lietuva gali tapti Europos intelektualios gamybos centru. *BNS*. [žiūrėta 2018-02-02]. Prieiga per internetą <http://sc.bns.lt/view/item/203222>
54. McCarthy, J. (2007). From here to human – level AI. *Science Direct*, 171, 1174–1182. [žiūrėta 2018-03-13]. Prieiga per internetą <https://pdfs.semanticscholar.org/3575/9a54f37d0a3612e248706d9f64faac5ca254.pdf>
55. Minsky, M. L. (2007). *The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind*. New York: Simon and Schuster.
56. Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra. (2017, Gegužės 9). *Kantar TNS tyrimo NR. 01.2.1-LVPA-V-842-01-001 ataskaita*. [žiūrėta 2018-04-10]. Prieiga per internetą <https://mita.lrv.lt/lt/naujienos/tyrimas-atskleide-verslui-butina-aktyviau-orientuotis-i-sumania-specializacija>
57. Mokslo ir studijų departamentas prie Švietimo ir mokslo ministerijos. (2001). *Lietuvos mokslo ir technologijų baltoji knyga*. Vilnius: Mokslo ir studijų departamentas prie Švietimo ir mokslo ministerijos. [žiūrėta 2018-02-04]. Prieiga per internetą <http://www.smm.lt/uploads/documents/bk.pdf>
58. NASA. (2018, January 19). *NASA Tests New Alloy to Fold Wings in Flight*. [žiūrėta 2018-04-04]. Prieiga per internetą <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/feature/nasa-tests-new-alloy-to-fold-wings-in-flight.html>

59. Nieto, M. J. and Santamaria, L. (2007). The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. *Techno Innovation*, 27(6–7), 367–377.
60. Nilsson, N. J. (2005). Human–level artificial intelligence? be serious! *AI Magazine*, 26(4), 68–75.
61. Olleros, F. X. and Zhegu, M. (2016). *Research Handbook on Digital Transformations*. Canada: Edward Elgar Publishing.
62. Oxman, N. (2015). Design at the intersection of technology and biology. *TED2015*. [žiūrėta 2018-03-15]. Prieiga per internetą https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology/transcript
63. Pardal, M. L. and Marques, J. A. (2010). Towards the Internet of Things: An Introduction to RFID Technology. *In Proc. of the 4th International Workshop on RFID Technology (IWRT)*, 8(12), 30–39. [žiūrėta 2018-04-05]. Prieiga per internetą http://web.ist.utl.pt/~miguel.pardal/www/pubs/Pardal_2010_IWRT_TowardsIoT.pdf
64. Pažangios technologijos – pagrindas pramonės revoliucijai. (2017, Lapkričio 16). *Lietuvos rytas*. [žiūrėta 2017-12-18]. Prieiga per internetą <https://it.lrytas.lt/it/ismanyk/2018/05/09/news/kielksiuropoka-realybe-google-parode-kad-beveik-nebesiskiria-nuo-tikro-zmogaus-6233252/>
65. Pillington, M. (2016). Blockchain technology: principles and applications. *International Journal Internet Technology and Secured Transactions*, 7(2), 225–253.
66. Pogosian, S. ir Dzemyda, I. (2012). Inovacijos versle ir jas lemiantys veiksniai teoriniu ir politiniu aspektu. *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos*, 1 (25), 63–76. [žiūrėta 2018-02-04]. Prieiga per internetą http://www.su.lt/bylos/mokslo_leidiniai/ekonomika/2012_1_25/pogosian_dzemyda.pdf
67. Pramonė 4.0. *Gamybos kodo technologijos*. [žiūrėta 2018-02-16]. Prieiga per internetą <http://gamyboskodas.net/pramone-4-0/>
68. Pramonės perversmas. (2018). *Wikipedia*. [žiūrėta 2017-12-13]. Prieiga per internetą <https://lt.wikipedia.org>
69. Pranulis, V. (1998). *Marketingo Tyrimai: mokomoji priemonė*. Vilnius: Kronta.
70. Rifkin, J. (2012). *Trečioji pramonės revoliucija: knyga*. Vilnius: Eugrimas. [žiūrėta 2018-02-16]. Prieiga per internetą http://www.mokslofestivalis.eu/wp-content/uploads/2015/06/Trecioji_pramones_revoliucija.pdf
71. Robotai ateina: jie keis net medikus ir teisininkus. (2018, Kovo 7). [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą <https://www.delfi.lt/mokslas/technologijos/robotai-ateina-jie-keis-net-medikus-ir-teisininkus.d?id=77355653>

72. Rupšienė, L. (2007). *Kokybinio tyrimo duomenų rinkimo metodologija: metodinė knyga*. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla.
73. Russell, S. and Norvig, P. (2003). *Artificial intelligence: a modern approach*. Third edition. New Jersey: Prentice Hall.
74. Rutkauskaitė, R. (2015, Spalio 18). Išmanioji gamyba: naktį dirba be žmonių. *Verslo žinios*. [žiūrėta 2018-03-16]. Prieiga per internetą <https://www.vz.lt/sectoriai/pramone/2015/10/18/ismanioji-gamyba-nakti-dirba-be-zmoniui>
75. Rutkauskaitė, R. (2018, Sausio 26). Suskaičiavo Lietuvoje veikiančius robotus. *Verslo žinios*. [žiūrėta 2018-02-16]. Prieiga per internetą <https://www.vz.lt/pramone/2018/01/26/suskaiciavo-lietuvoje-veikiancius-robotus#ixzz59cjMpSGY>
76. Rutkauskaitė, R. (2017, Sausio 17). Industry 4.0 pagal Kauno BCT. *Verslo žinios*. [žiūrėta 2018-03-06]. Prieiga per internetą <https://www.vz.lt/pramone/2017/01/17/industry-40-pagal-kauno-bct>
77. Saunders, T. and Baeck, P. (2015, June). Rethinking smart cities from ground up. *Nesta*. [žiūrėta 2018-04-03]. Prieiga per internetą https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/rethinking_smart_cities_from_the_ground_up_2015.pdf
78. Savukynas, R. ir Marcinkevičius, V. (2017). Daiktų interneto objektų identifikavimo metodų palyginimas. *Informacijos mokslai*. 78, 66–82. [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą <https://doi.org/10.15388/Im.2017.78.10835>
79. Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., Trousse, B., Nilsson, M. and Oliveira, A. (2011). Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation. *Future Internet Assembly*, 431–446. [žiūrėta 2018-04-15]. Prieiga per internetą https://doi.org/10.1007/978-3-642-20898-0_31
80. Schjolset, S. (2014). The MSR: Impact on market balance and prices. *Thomson Reuters*. [žiūrėta 2018-04-15]. Prieiga per internetą https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/0094/thomson_reuters_point_carbon_en.pdf
81. Schumpeter, J. A. (1912). *The theory of economic development*. Oxford: Oxford University Press.
82. Schwab, K. (2017). *Ketvirtoji pramonės revoliucija: knyga*. Vilnius: Vaga.
83. Scuring, M. (2013, Gruodžio 20). 3D spausdinimas pakeis žaidimo taisykles. [žiūrėta 2018-01-20]. Prieiga per internetą <http://www.verslas.in/3d-spausdinimas-pakeis-zaidimo-taisykles/>
84. Sergijenko, D. (2018, Kovo 10). Tokio automobilio pasaulyje dar nėra: „Nissan“ pristatė elektrinį koncepcinį visureigį, kuris rodo, kaip vairuosime ateityje – tai dar geriau nei autopilotai? [žiūrėta 2018-03-27]. Prieiga per internetą http://www.technologijos.lt/n/technologijos/automobiliai_ir_motociklai/S-67197/straipsnis/Tokio-automobilio-pasaulyje-dar-nera--Nissan--pristate-elektrini-koncepcini-visureigi-kuris-rodo-kaip-vairuosime-ateityje---tai-dar-geriau-nei-autopilotai-Video

85. Shiller, R. J. (2017, March 22). Robotization Without Taxation? *Project Syndicate*. [žiūrėta 2018-03-25]. Prieiga per internetą <https://www.project-syndicate.org/commentary/temporary-robot-tax-finances-adjustment-by-robert-j--shiller-2017-03?barrier=accesspaylog>
86. Smart materials. In *Farlex's dictionary*. [žiūrėta 2018-03-25]. Prieiga per internetą <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Smart+materials>
87. Snitka, V. (2002). *Mokslinių tyrimų, technologijų, inovacijų politika ir žinių ekonomikos plėtra: nacionalinio plano metmenys*. Kaunas: Naujasis lankas.
88. Spinter Research (2017, Spalio 17). *Kas antras vadovas nėra girdėjęs apie „Pramonę 4.0“*. [žiūrėta 2018-01-20]. Prieiga per internetą http://www.spinter.lt/site/lt/vidinis_noslides/menutop/9/home/publish/OTU1Ozk7OzA=
89. Staselis, R. (2015, Liepos 29). Taršos leidimų kaina pakilo aukščiau 8 Eur. *Verslo žinios*. [žiūrėta 2018-04-20]. Prieiga per internetą <https://www.vz.lt/sectoriai/pramone/2015/07/29/tarsos-leidimu-kaina-pakilo-auksčiau-8-eur>
90. Steponėnė, I. (2018, Kovo 12). Šiam automobiliui po poros metų nebereikės vairuotojo: „Volkswagen“ kartu su „Microsoft“ pristatė išpūdingą naujieną. [žiūrėta 2018-03-26]. Prieiga per internetą http://www.technologijos.lt/n/technologijos/automobiliai_ir_motociklai/S-67203/straipsnis/Siam-automobiliui-po-poros-metu-nebereikes-vairuotojo-Volkswagen-kartu-su-Microsoft-pristate-ispudinga-naujiena-Video
91. Susmita, K. (2013). Introduction, classification and applications of smart materials: an overview. *American Journal of Applied Sciences*, 10(8), 876–880. doi:10.3844/ajassp.2013.876.880
92. Šiupšinskas, M. (2014). Kritiniai išmaniojo miesto aspektai. *K. Šešelgio skaitymai*, 6(3), 333–339. [žiūrėta 2018-03-12]. Prieiga per internetą <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2014.45>
93. Takagi, T. (1990). A concept of intelligent materials. *Technomic Publishing*, 1, 149–156. DOI: 10.1177/1045389X9000100201. [žiūrėta 2018-04-05]. Prieiga per internetą <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1045389X9000100201>
94. TE Halterman. (2015, April 2). 3D Printing Market Tops \$3.3 Billion, Expands by 34% in 2014. [žiūrėta 2018-01-25]. Prieiga per internetą <https://3dprint.com/55422/>
95. Vadapalas, J. (2017). Pramonės lūkesčių indeksas 2017 2K: *Analizės santrauka*, 13–14. [žiūrėta 2018-01-24]. Prieiga per internetą http://www.lpk.lt/wp-content/uploads/2015/12/2K-2017_Lietuvos-pramonininku-lukesčiai-.pdf
96. Vadapalas, J. (2017). Pramonė 4.0 – keičiasi įmonių požiūris į gamybos modernizaciją. *Analizės santrauka*, 1–3. [žiūrėta 2018-01-30]. Prieiga per internetą <http://www.lpk.lt/wp-content/uploads/2017/05/0512Pramone-4.0-detalus.pdf>

97. Valentinavičius, S. (2006). Inovacinio verslo plėtra: problemos ir galimybės. *Ekonomika*, 74, 108–128.
98. Vasauskaitė, J., Snieška, V. ir Drakšaitė, A. (2011). Naujų technologijų diegimas Lietuvos pramonėje: sprendimai ir jų veiksniai. *Ekonomika ir vadyba*, 16, 418–427. [žiūrėta 2017-12-20]. Prieiga per internetą https://www.researchgate.net/profile/Jovita_Vasauskaite/publication/267296412_NAUJU_TECHNOLOGIJU_DIEGIMAS_LIETUVOS_PRAMONEJE_SPRENDIMAI_IR_JU_VEIKSNIAI/link/s/55e6f27408aed3ee06b5927a/NAUJU-TECHNOLOGIJU-DIEGIMAS-LIETUVOS-PRAMONEJE-SPRENDIMAI-IR-JU-VEIKSNIAI.pdf
99. Verseckas, D. (2017, Rugsėjo 14). Dirbtinis intelektas neša ne tik naudą, bet ir grasina nedarbu. *Verslo žinios*, p. 10.
100. Verseckas, D. (2017, Gegužės 30). 3D spausdinimas: šviesti vietinius arba eksportuoti. *Verslo žinios*, p. 18.
101. Vijeikienė, B. ir Vijeikis, J. (2000). *Inovacijų vadyba: naujas produktas – nuo idėjos iki vartotojo: mokymo priemonė*. Vilnius: Rosma.
102. Vokietijos ir Baltijos šalių prekybos rūmai (AHK). (2017, Balandžio 20). Industry 4.0 banga nuo Vokietijos ritasi link Lietuvos. *Verslo žinios*. [žiūrėta 2018-01-20]. Prieiga per internetą <https://www.vz.lt/pramone/2017/04/20/9566/industry-40-banga-nuo-vokietijos-ritasi-link-lietuvos#ixzz57wrnoZ4z>
103. Vokietijos ir Baltijos šalių prekybos rūmai (AHK). (2017, Gegužės 12). Startuoja Pramonė 4.0 platforma Lietuvoje. [žiūrėta 2017-12-18]. Prieiga per internetą <https://www.ahk-balt.org/lt/naujienos/news-details-lit/startuoja-pramone-40-platforma-lietuvoje/>
104. Žydžiūnaitė, V. (2006). *Taikomųjų tyrimų metodologijos charakteristikos: mokomoji knyga*. Vilnius: Ciklonas.
105. Žydžiūnaitė, V., Jonušaitė, S. ir Merkys, G. (2005). *Pedagogika: mokslo darbai*. Vilnius: Vilniaus pedagoginis universitetas.
106. Wang, S., Wan, J., Li, D. and Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1). [žiūrėta 2018-04-03]. Prieiga per internetą <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3159805>
107. Want, R. (2006, February). An introduction to RFID technology. *IEEE Pervasive Computing*. 25–33. DOI: 10.1109/MPRV.2006.2
108. Winston, P. H. (1992). *Artificial Intelligence (Third edition)*. Massachusetts: Addison–Wesley. [žiūrėta 2018-02-23]. Prieiga per internetą <https://courses.csail.mit.edu/6.034f/ai3/rest.pdf>
109. World Economic Forum (2015, August). *Collaborative Innovation. Transforming Business, Driving Growth*. [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą

http://www3.weforum.org/docs/WEF_Collaborative_Innovation_report_2015.pdf

110. World Economic Forum (2016). *The Global Risks Report 2016. 11th Edition*. [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą

http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf

111. 10 Breakthrough Technologies. (2017). *MIT Technology Review*. [žiūrėta 2018-04-20]. Prieiga per internetą <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2017/>

PRIEDAI

Interviu klausimai

1. Ar jūs žinote terminą *Pramonė 4.0*?
2. Pasidalinkite savo įžvalgomis, kaip suprantate skaitmenizavimo procesą įmonėje.
3. Ar įmonė ruošiasi technologiniams ir valdymo pokyčiams, susijusiems su skaitmenizavimo procesų diegimu? Jeigu ruošiasi, papasakokite, kaip ruošiasi.
4. Ar skaitmenizavimo proceso įdiegimas padėtų išlikti konkurencingiems?
5. Kokius, jūsų manymu, sprendimus reikia priimti įmonei, kad pasiruošti ketvirtajai pramonės revoliucijai?
6. Kaip manote, kokiuose procesuose įmonėje būtų ekonomiškai naudingiausia diegti skaitmenizavimo procesus?
7. Kokie, jūsų nuomone, galimi trukdžiai, diegiant skaitmenizavimo procesą įmonėje?
8. Pasidalinkite savo įžvalgomis, kokie galimi sprendimai problemoms spręsti.
9. Kaip manote, kiek finansinių lėšų įmonė galėtų skirti skaitmenizavimo proceso diegimui?
10. Kaip manote, koks galimas įmonės darbuotojų požiūris ir reakcija diegiant skaitmenizavimo procesą.
11. Ar pakaktų turimų darbuotojų įgūdžių ir kompetencijų? Ar reikėtų papildomų mokymų ir perkvalifikavimo?
12. Kaip manote, koks galimas darbuotojų skaičiaus pokytis įdiegus skaitmenizavimo procesą? Ar reikėtų priimti naujų darbuotojų, ar galimas darbuotojų skaičiaus mažinimas?
13. Kaip manote, kokiose srityse galimas didžiausias ekonominis efektas įdiegus skaitmenizavimo sistemą? Galbūt būtų sumažinamos sąnaudos (darbuotojų atlyginimų, medžiagų sunaudojimo, elektros energijos, laiko sąnaudos)?
14. Pasidalinkite savo nuomone, kokie galimi teigiami/neigiami ekonominiai pokyčiai įdiegus skaitmenizavimo procesą.
15. Kaip manote, kokia galima procentine išraiška įmonė galėtų sutaupyti gamybos sąnaudų įdiegus skaitmenizavimą valdymo sistemą gamybos ar remonto kontrolės procesuose?
16. Kiek, jūsų nuomone, procentine išraiška galėtų didėti įmonės pelningumas, įdiegus skaitmenizavimo procesą?

Trumpas įmonės aprašymas

AB „Achema“ – didžiausia azoto trąšų ir chemijos produktų gamintoja Lietuvoje ir Baltijos šalyse. Bendrovės įkūrimo data – 1965 m., kai pradėjo veikti pirmasis amoniako cechas ir pagamino pirmąsias sintetinio amoniako tonas.

Pagrindinė įmonės veikla – azoto trąšų, trąšų mišinių, skystų kompleksinių trąšų, amoniako, azoto rūgšties, metanolio, formalino, karbamido formaldehidinių dervų, polivinilacetatinės dispersijos, pramoninių dujų, aliuminio sulfato tirpalo, vandens emulsinių dažų gamyba.

AB "Achema" vizija – kokybiškos trąšos ir kiti chemijos produktai Lietuvos ir užsienio rinkai.

AB "Achema" misija – vystyti trąšų ir kitų chemijos produktų verslą, būti patikimu partneriu ir lanksčiai reaguoti į pasikeitusius rinkos ir vartotojų poreikius, tobulinant gaminamus produktus, diegiant perspektyvias gamybos technologijas bei keliant darbuotojų kompetenciją.

AB „Achema“ siekia užtikrinti trąšų gamybos priežiūrą visais gamybos etapais. Bendrovė siekia efektyviai naudoti gamtos išteklius, mažinti gamybos poveikį žmonėms ir aplinkai – gamyboje diegti modernias, efektyvias ir saugias technologijas, mažinti taršą, diegti aplinkai draugiškas technologijas, trąšų ir chemijos produktų gamybą grįsti darnaus vystymosi principais.

Įmonė nuolat stebi ir vertina savo veiklą, galinčią turėti įtakos aplinkai. Vienas svarbiausių bendrovės veiklos tikslų – aplinkos būklės gerinimas, gamybos procese susidarantių atliekų tvarkymas, taršos prevencijos priemonių taikymas, siekiant sumažinti įmonės poveikį aplinkai.

PRIEDAS NR. 3

10 lentelė. ATL kiekiai 2013 – 2017 m.

		2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
ATL skaičius patvirtintas EK	vnt.	1 895 562	1 859 678	1 823 451	1 786 991	1 750 280
Snaudotas ATL skaičius	vnt.	2 148 445	2 444 469	2 515 153	2 530 323	2 550 636
Balansas	vnt.	-252883	-584791	-691702	-743332	-800356

Sudaryta autorės, remiantis įmonės duomenimis

11 lentelė. ATL poreikio prognozė 2018 – 2022 m.

		2018 m.	2019 m.	2020 m.	2021 m.	2022 m.
ATL skaičius patvirtintas EK	vnt.	1 713 335	1 676 108	1 638 858	1 602 924	1 566 231
Snaudotas ATL skaičius	vnt.	2 455 447	2 450 505	2 445 641	2 430 000	2 415 665
Balansas	vnt.	-742112	-774397	-806783	-827076	-849434

Sudaryta autorės, remiantis įmonės duomenimis

PRIEDAS NR. 4

13 lentelė. Duomenys grynujų pinigų srautų judėjimo skaičiavimui

Eil. Nr.	Straipsnių pavadinimai	Mato vnt	1 metai	2 metai	3 metai	4 metai	5 metai
1.	Amoniako gamyba	t/metus	427 680	427 680	427 680	427 680	427 680
2.	Gamtinių dujų ekonomija po modernizacijos	m ³ /metus	8 553	8 553	8 553	8 553	8 553
3.	Gamtinių dujų kaina	Eur/m ³	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
4.	Ekonomija iš gamtinių dujų	Eur	2 138 250	2 138 250	2 138 250	2 138 250	2 138 250
5.	Aplinkos taršos vienetų (ATL) taupymas	vnt/metus	16 840	16 840	16 840	16 840	16 840
6.	ATL kaina	Eur/vnt	8	10	14	18	20
7.	Ekonomija iš ATL	Eur	134 720	168 400	235 760	303 120	336 800
8.	Ekonominis pelnas (p. 4 + p. 7)	Eur	2 272 970	2 306 650	2 374 010	2 441 370	2 475 050

Sudaryta autorės, remiantis įmonės duomenimis