

Rita Remeikienė, Ligita Gasaprenienė,
Artūras Jakubavičius, Jolita Česiulytė,
Povilas Bacevičius

VERSLO MODELIŲ
TRANSFORMACIJOS
KLASTERIUOSE:
SKAITMENIZAVIMAS,
ŽIEDINĖ EKONOMIKA
IR EUROPOS
ŽALIASIS KURSAS

VERSLO MODELIŲ TRANSFORMACIJOS
KLASTERIUOSE: SKAITMENIZAVIMAS,
ŽIEDINĖ EKONOMIKA IR EUROPOS
ŽALIASIS KURSAS

RITA REMEIKIENĖ, LIGITA GASPARĖNIENĖ,
ARTŪRAS JAKUBAVIČIUS, JOLITA ČESIULYTĖ,
POVILAS BACEVIČIUS

VERSLO MODELIŲ TRANSFORMACIJOS KLASTERIUOSE: SKAITMENIZAVIMAS, ŽIEDINĖ EKONOMIKA IR EUROPOS ŽALIASIS KURSAS

Mokslo monografija



Kraków 2023

Rita Remeikienė
Mykolo Romerio universitetas, Viešojo saugumo katedra
Ligita Gasparėnienė
Mykolo Romerio universitetas, Viešojo saugumo katedra
Artūras Jakubavičius
Vilniaus Gedimino technikos universitetas VILNIUS TECH
Jolita Česiulytė
Mykolo Romerio universitetas, Viešojo valdymo ir verslo fakultetas
Povilas Bacevičius
Lietuvos inovacijų centras

© Copyright by Rita Remeikienė, Ligita Gasparėnienė,
Artūras Jakubavičius, Jolita Česiulytė and Povilas Bacevičius, 2023

Reviewers:
Marek Szarucki
Vida Davidavičienė

Language editor:
Edita Marciulevičienė

Cover design:
Paweł Sepielak

ISBN 978-83-8138-903-7 (PDF)
<https://doi.org/10.12797/9788381389037>

Publication financed by Artūras Jakubavičius

KSIĘGARNIA AKADEMICKA PUBLISHING
ul. św. Anny 6, 31-008 Kraków
tel.: 12 421-13-87; 12 431-27-43
e-mail: publishing@akademicka.pl
<https://akademicka.pl>

TURINYS

1. KLASTERIZACIJOS KONCEPCIJOS TEORINIAI ASPEKTAI	13
1.1. Klasterio samprata	13
1.2. Klasterio branda ir transformacija.....	18
1.3. Klasterizacijos vaidmuo formuojant inovacijomis grįstus verslo modelius	22
1.4. Skaitmeninių transformacijų raišką klasteriuose.....	48
1.5. Žiedinės ekonomikos principų diegimas klasteriuose.....	56
1.6. Klasterizacijos ekonominis poveikis verslo modelių efektyvumui.....	72
2. PAGRINDINIAI VERSLO MODELIŲ TRANSFORMACIJOS VEIKSNIAI MODERNIOJOJE EKONOMIKOJE.....	77
2.1. Skaitmeninė transformacija	77
2.1.1. Skaitmeninės transformacijos samprata ir kompleksiškas	78
2.1.2. Skaitmeninės transformacijos istorija.....	86
2.1.3. Skaitmenines transformacijas aiškinančios teorijos.....	92
2.1.4. Moderniosios technologijos, skatinančios skaitmenines transformacijas versle.....	102
2.2. Žiedinės ekonomikos paradigma formuojant verslo modelius.....	138
2.2.1. Žiedinės ekonomikos samprata	139
2.2.2. Žiedinės ekonomikos ir verslo skaitmenizavimo sąsajos	142
2.2.3. Žiedinės ekonomikos principų diegimas klasteriuose: mokslinių tyrimų apžvalga	146
2.3. Europos žaliasis kursas – paskata transformuoti verslo modelius	152
2.3.1. Žaliojo kurso samprata.....	152
2.3.2. Žaliojo kurso ir verslo skaitmenizavimo sąsajos.....	156
2.3.3. Žaliojo kurso principų diegimas klasteriuose: mokslinių tyrimų apžvalga	161
2.4. Verslo modelių transformacijos klasteriuose: skaitmenizavimo, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso plėtotės kontekste	167

3. PRAMONĖS SKAITMENINĖS TRANSFORMACIJOS VERTINIMAS	179
3.1. Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas – pramonės skaitmeninės transformacijos vertinimo instrumentas.....	179
3.2. Suminio Pramonės skaitmeninimo indekso bandomasis taikymas, vertinant Lietuvos pramonės skaitmeninę transformaciją	196
3.2.1. Apibendrinti Pramonės skaitmeninimo indekso rezultatai.....	196
3.2.2. Pramonės skaitmeninimo įtakos šalies konkurencingumui vertinimas....	201
3.3. Skaitmeninimą įgalinančios aplinkos vertinimas.....	212
3.3.1. Įgūdžiai.....	213
3.3.2. Ryšių infrastruktūra ir paslaugos.....	218
3.3.3. Bendradarbiavimas.....	222
3.3.4. Investavimas	228
3.3.5. Inovacijų diegimas	232
3.4. Skaitmeninių technologijų naudojimo įmonėse vertinimas.....	239
3.4.1. Dalijimasis informacija elektroniniu būdu	243
3.4.2. Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas.....	248
3.4.3. Debesų kompiuterija.....	253
3.4.4. Didieji duomenys	258
3.4.5. 3D spausdinimas.....	262
3.4.6. Robotika	268
3.4.7. Daiktų internetas (IoT).....	272
3.4.8. Dirbtinis intelektas	279
3.4.9. Elektroninė prekyba.....	283
3.4.10. Interneto naudojimas ir saugumas.....	286
3.5. Skaitmeninių technologijų naudojimas apdirbamosios pramonės sektoriuose...	289
3.5.1. Maisto, gėrimų ir tabako sektorius (C10-12).....	294
3.5.2. Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15).....	296
3.5.3. Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18).....	299
3.5.4. Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23).....	301
3.5.5. Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25)	303
3.5.6. Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26).....	305
3.5.7. Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28).....	307
3.5.8. Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30)	309
3.5.9. Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33).....	312

3.5.10. Skirtingų Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių palyginimas tarpusavyje.....	314
3.6. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių vertinimas	316
3.6.1. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas (PSLI)	316
3.6.2. Apdirbamosios pramonės skaitmeninimo ekosistema.....	328
3.6.3. Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas 2022 m.....	344
3.6.4. Svarbiausios išvados ir rekomendacijos.....	346
4. KLASTERIZACIJOS PROCESŲ DINAMIKOS LIETUVOJE VERTINIMAS.....	359
4.1. Klasterių veiklos Lietuvoje sektorinė ir geografinė aprėptis.....	360
4.2. Inovacinių veiklų raiška klasteriuose.....	368
4.3. Verslo procesų skaitmenizavimas klasterių vertės kūrimo grandinėse.....	375
4.4. Žiedinės ekonomikos tendencijų poveikis klasteriams	381
5. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	387
LITERATŪRA	393
SUMMARY	429

IVADAS

Pastarąjį dešimtmetį verslo transformacijos tapo svarbiu reiškiniu, tiek atliekant verslo vadybos, informacinių sistemų (Bharadwaj et al., 2013; Piccinini et al., 2015) ir žiedinės ekonomikos mokslinius tyrimus (Liu ir Bai, 2014; Boiten et al., 2017; Bottezat et al., 2018), tiek nagrinėjant praktinius verslo veiklos organizavimo aspektus (Westerman et al., 2011; Fitzgerald et al., 2014). Šios transformacijos atspindi giluminius reiškinius, vykstančius ekonomikoje ir visuomenėje dėl skaitmeninių technologijų naudojimo (Agarwal et al., 2010; Majchrzak et al., 2016) ir tvarių ekonominių sistemų populiarinimo (Zhang et al., 2013; Razminienė ir Tvaronavičienė, 2018; Kostygova, 2018; Baldassare et al., 2019). Organizaciniu lygmeniu verslo įmonės turi rasti būdų, kaip diegti skaitmeninių technologijų ir žiedinės ekonomikos naujoves, kuriant tokias verslo strategijas, kurios didintų vertę vartotojui ir generuotų geresnius veiklos rezultatus (Hess et al., 2016).

Remiantis ankstesnių tyrimų išvadomis apie informacinių technologijų bei tvarios gamybos ir vartojimo principų skatinamą verslo transformaciją, galima teigti, kad technologijos ir tvarumas yra tik dalis sudėtingo galvosūkio, kurį reikia išspręsti, siekiant, kad verslo įmonės išliktų konkurencingos moderniojoje ekonomikoje. Strateginiai (Bharadwaj et al., 2013; Matt et al., 2015), organizaciniai (Tirabeni et al., 2019; Latilla et al., 2021), struktūriniai (Selander ir Jarvenpaa, 2016), procesiniai (Carlo et al., 2012) ir kultūriniai (Karimi ir Walter, 2015) pokyčiai yra būtini, norint formuoti naujus vertės kūrimo modelius ir metodus (Svahn et al., 2017). Skaitmeninė transformacija, kuri apibrėžiama kaip skaitmeninių technologijų naudojimo nulemti verslo veiklos organizavimo pokyčiai, siejama su įmonių verslo modelių, produktų / paslaugų ir organizacinių struktūrų pokyčiais (Hess et al., 2016). Tačiau tam, kad atsiskleistų skaitmeninių galimybių transformuojamoji galia, jos turi derėti ne tik su darbuotojų ir vadovų kvalifikacija, bet ir su novatoriškomis įmonių

ir organizacijų tarpusavio sąveikos formomis, kuriamomis tiek formalių, tiek neformalių ekonominių ryšių pagrindu (Nadkarni ir Prügl, 2020).

Klasteriai, t. y. tam tikrame geografiniame regione ar ekonomikos sektoriuje veikiančių įmonių, organizacijų ar kitų konkurencingų subjektų grupės, yra laikomi tokia verslo organizavimo forma, kuri modernios ekonomikos sąlygomis didina verslo produktyvumą, skatina novatoriškas naujas partnerystes net tarp konkurentų ir reikšmingai praplečia verslo galimybes, kadangi leidžia dalyvaujantiems subjektams dalytis ištekliais, kurti naujas technologijas ir gauti naudos iš sinergijos, įgyvendinant projektus, skatinančius žinių plėtrą, sklaidą ir inovacijas (Huggins ir Izushi, 2011; Delgado et al., 2014; Nielsen ir Nielsen, 2019). Tačiau didėjant spaudimui dėl išteklių ribotumo ir aplinkos apsaugos, klasteriai taip pat turi būti optimizuojami ir atnaujinami, atsikratant tradicinių perteklinės plėtros modelių (Zhang et al., 2013). Kadangi klasteriai yra tinklaveika tarp įmonių pagrįstos organizacijos, pati klasterių prigimtis reikalauja kitokio požiūrio į klasterių verslo modelius moderniojoje ekonomikoje (Masyuk et al., 2019). Schallmo et al. (2017) teigimu, moderniosios ekonomikos veiksmų – skaitmenizavimo, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso – nulemtos verslo transformacijos veikia visus visuomenės sektorius ir, žinoma, ekonomiką. Kartu jos atveria naujas tinklaveikos galimybes ir sudaro sąlygas bendradarbiavimui tarp skirtingų veikėjų, kurie, pavyzdžiui, keičiasi duomenimis ir taip inicijuoja procesus. Šiame kontekste verslo modelių transformacijos vaidina esminį vaidmenį, kadangi atskiri verslo modelių elementai gali būti transformuojami skaitmeniniu būdu.

Apie į moderniąją ekonomiką orientuotas klasterių verslo modelių transformacijas diskutuojama jau keletą metų. Klasterių skaitmeninės transformacijos problemas analizavo Ravarini et al. (2013), Götz ir Jankowska (2017), Polyakov ir Stepanova (2019), Babkin et al. (2020), Olsen et al. (2020), Kudryavtseva et al. (2020), Abu Bakar ir Jaaffar (2021) ir kt., žiedinės ekonomikos principų diegimo klasteriuose klausimus nagrinėjo Razminienė (2019), Oliveira et al. (2019), Nielsen ir Nielsen (2019), Mazzoni (2020), Joshi et al. (2020), Razminienė et al. (2021a) ir kt., Europos žaliojo kurso įtaką klasterių transformacijoms vertino Hojnik et al. (2014), Janipour et al. (2020), van der Reijden et al. (2021), Ibanez ir Iralde et al. (2021), Vigna et al. (2021), Diez-Vial et al. (2022), Janipour et al. (2022), Vukusic et al. (2022) ir kt. Tačiau verslo modelių transformacijos klasteriuose iki šiol nebuvo vertintos, atsižvelgiant į visus tris verslo transformacijas šiuolaikinėje ekonomikoje skatinančius veiksmus – skaitmenizavimą, žiedinę ekonomiką ir Europos žaliąjį kursą, nebuvo išsamiai ištirta, į kokias transformacijų fazes ir į kokius instrumentus reikėtų atsižvelgti, vykdant klasterių verslo modelių transformacijas ateityje pagal buvusius ir esamus pavyzdžius.

Šio **tyrimo tikslu** siekiama ištirti klasterių verslo modelių transformacijų evoliucionavimą skaitmeninės transformacijos, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso kontekste. Tikslui įgyvendinti iškelti šie **uždaviniai**:

1. Išnagrinėti klasterių koncepcijos teorinius aspektus.
2. Išanalizuoti pagrindinių verslo modelių transformacijos veiksnių moderniojoje ekonomikoje – skaitmeninės transformacijos, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso – sampratas, tarpusavio ryšius ir diegimo klasteriuose aspektus.
3. Išnagrinėti verslo modelių transformacijų klasteriuose kryptis, įvertinus skaitmenizavimo, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso veiksnus.
4. Atlikti Lietuvos klasterių situacijos analizę 2017 m., 2019 m. ir 2020 m.
5. Empiriškai įvertinti Lietuvos klasterių situaciją skaitmeninės transformacijos, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso aspektais.

Tyrimui atlikti naudotasi šiais **metodais**: sisteminės ir lyginamosios literatūros analizės metodu, statistinių duomenų analizės metodu, apklausų rezultatais.

Tyrimo rezultatų nauda pasireikš teoriniu ir praktiniu aspektais. Teoriniu aspektu, pagrindinių moderniosios ekonomikos nulemtų verslo modelių transformacijos veiksnių – skaitmenizavimo, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso – analizė padės atskleisti jų adaptavimo ir integravimo į modernius verslo modelius kryptis ir išryškins pagrindines įgyvendinimo problemas. Praktiniu požiūriu, verslo modelių transformacijos analizė pasitarnaus įmonių pertvarkos procesams pagal šiuolaikinės ekonomikos reikalavimus ir turės praktinės naudos, analizuojant skaitmeninės transformacijos, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso diegimo problematikas klasteriuose.

1.

KLASTERIZACIJOS KONCEPCIJOS TEORINIAI ASPEKTAI

Klasterių kūrimas tapo pagrindiniu regioninės ekonominės plėtros tikslu, kadangi įrodyta (žr. toliau), kad klasteriai stiprina verslo konkurencingumą, didina produktyvumą, skatina novatoriškas naujas partnerystes net tarp konkurentų ir reikšmingai praplečia verslo galimybes. Šiame skyriuje, remiantis literatūros sintezės, sisteminimo ir apibendrinimo metodais, nagrinėjama klasterio samprata, analizuojamas klasterio brandos etapas ir aptariama klasterių ekonominė įtaka.

1.1. Klasterio samprata

Klasterio idėjos atgimimą tarp ekonomikos geografo, sociologo ir inovacijų ekonomistų paskatino įtakingi M. Porterio (1998; 1990) darbai ir pasaulinė Silicio slėnio šlovė (Saxenian, 1994).

Klasterio koncepcijos pagrindas yra tam tikrame regione veikiantys ūkio sektoriai / pramonės šakos ir jų turimi ištekliai. Esamomis sąlygomis suinteresuotieji asmenys (pvz., įmonių savininkai, valdytojai) imasi iniciatyvos, siekdami, kad sektorius, kuriame jie veikia, plėstųsi, tobulėtų. Klasterių kūrimo strategija yra skirta bendrųjų verslo aplinkos sąlygų gerinimui, turimų įgūdžių tobulinimui ir atnaujinimui, prieigos prie finansų ir infrastruktūros plėtrai, vyriausybės priimtų taisyklių ir reglamentų racionalizavimui, produktų / paslaugų paklausos skatinimui, atvirumo užsienio investicijoms bei konkurencingumo didinimui (Slaper ir Ortuzar, 2015).

Literatūroje aptinkama įvairių klasterio apibrėžimų. Nors vienodo apibrėžimo nėra, atlikta literatūros analizė parodė, kad klasteriai paprastai apibrėžiami, atsižvelgiant į geografinį jų formavimo aspektą, interpretuojami kaip tam tikroje ekonomikos šakoje veikiančių įmonių grupė (šakinis aspektas), traktuojami kaip tam tikrais tikslais sukurta organizacija bendradarbiavimo tiekimo grandinėje ar tinklaveikos forma, ar net socialinis reiškiny (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Pagrindiniai klasterio sampratos aspektai

Aspektas	Apibūdinimas	Šaltiniai
Geografinis aspektas	Geografinė tarpusavyje susijusių įmonių / institucijų koncentracija; veiklai naudojami to regiono ištekliai	Porter, 1998; Zhang et al., 2013; Catini et al., 2015; Slaper ir Ortuaz, 2015; Nielsen ir Nielsen, 2019
Šakinis aspektas	Viename ar glaudžiai susijusiuose ekonomikos sektoriuose veikiančių įmonių grupės; dalijamasi sektoriui būdingais ištekliais	Porter, 1998; Slaper ir Ortuaz, 2015; Rotaru ir Titu, 2022
Organizacijos tikslo aspektas	Klasteriai formuojami tarp skirtingais ištekliais, socialine elgsena ir veikla pasižyminčių subjektų, kurie bendradarbiauja tarpusavyje; kuriama bendroji vertė, gaunamas sinergijos efektas	Porter ir Kramer, 2006; Huggins ir Izushi, 2011; Delgado et al., 2014; Knop, 2015; Nielsen ir Nielsen, 2019; Martinidis et al., 2021
Tiekimo grandinės valdymo aspektas	Klasteriai kuriami, siekiant padidinti vertę, visoje tiekimo grandinėje dalijantis žiniomis apie produktų / paslaugų ypatybes, apdorojant informaciją, analizuojant gerosios praktikos atvejus, atliekant reikiamus patobulinimus	Porter, 1996; Porter, 1998; DeWitt et al., 2006; Sureephong et al., 2008
Tinklaveikos aspektas	Tai įmonių aljansai, kurie horizontaliai ar vertikalčiai bendradarbiauja, siekdami ekonominio tikslo	Slaper ir Ortuzar, 2015; Razminienė ir Tvaronavičienė, 2018; Razminienė et al., 2021a; Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacija, 2022
Socialinio reiškio aspektas	Klasteriai spartina regioninę plėtrą, skatina inovacijas, poslinkį prie žinių ekonomikos, tikslines socialines transformacijas	King et al., 2010; Dobusch ir Schoeneborn, 2015; Berkowitz, 2018; Lupova-Henry et al., 2021; Frankowska, 2020; Bembenek, et. al., 2018

Šaltinis: sudaryta autorių.

Pasak profesoriaus M. Porter (1998), kuris išpopuliarino terminą „klasteris“, klasteriai yra *geografinė* tarpusavyje susijusių įmonių ir institucijų koncentracija konkrečiose ekonominės veiklos srityse. Tai grupė geografiškai artimų, vienoje srityje veikiančių ir tarpusavyje susijusių įmonių ir institucijų, kurias sieja tiek bendri bruožai, tiek išoriniai veiksniai (Nielsen ir Nielsen, 2019). Pramoninis klasteris yra tokia verslo organizavimo forma, kai daug smulkių ir vidutinio dydžio įmonių ir organizacijų, veikiančių tam tikroje ekonomikos šakoje, susivienija veiklai tam tikrame geografiniame regione (Zhang et al., 2013). Paprasčiau tariant, pagal geografinį aspektą klasteriai yra geografiškai artimų įmonių / organizacijų grupės (Catini et al., 2015), t. y. klasterio pradžia dažnai yra geografinis taškas vietiniame ar regioniniame lygmenyje (Nielsen ir Nielsen, 2019). Šiuo atveju klasterio plėtrai naudojami to geografinio regiono ištekliai (Slaper ir Ortuzar, 2015).

Įvertinant *šakinį aspektą*, klasteriai apibrėžiami kaip tam tikrame ekonomikos sektoriuje (šakoje) veikiančių įmonių, organizacijų ar kitų konkurencingų subjektų grupės (Rotaru ir Titu, 2022). Pavyzdžiui, klasterį gali sudaryti specializuotų prekių (komponentų, įrengimų, paslaugų ir kt.) tiekėjai arba specializuotos infrastruktūros tiekėjai. Būtent dėl to, kad veikia tame pačiame ar labai artimuose ekonomikos sektoriuose, klasteriams priklausančios įmonės naudoja panašias žaliavas, medžiagas ir kitus išteklius, todėl dalyvavimas klasteryje suteikia platesnių galimybių (Porter, 1998). Vis dėlto, Slaper ir Ortuzar (2015) pastebi, kad klasteriai neapsiriboja specifine ekonomikos šaka – pastebimas technologijų, įgūdžių ir informacijos plitimas tarp įvairių ekonomikos sektorių, dalijantis žmogiškuoju kapitalu ir kitais ištekliais.

Traktuojant klasterius kaip *tam tikru tikslu sukurtas organizacijas*, jie apibrėžiami kaip įmonių, tarpusavyje susijusių ūkio subjektų ir institucijų grupės, esančios netoli viena kitos ir pasiekusios pakankamą mastą specializuotoms žinioms, paslaugoms, ištekliais, tiekėjams ir įgūdžiams plėtoti (Huggins ir Izushi, 2011; Delgado et al., 2014). Pasak Nielsen ir Nielsen (2019), šiandien daugelį klasterių galima apibrėžti kaip įmonių grupes, kurios bendradarbiauja su tyrimų ir plėtos organizacijomis, viešosiomis suinteresuotomis šalimis, privačiais investuotojais ir startuoliais tam tikroje ekonomikos ar technologijų srityje. Šiuo atveju klasteriai yra formuojami dėl išteklių, socialinės elgsenos ir veiklos sričių skirtumų, kuriais pasižymi atskiros verslo įmonės. Veikdamos kaip grupė (t. y. suformavę klasterį), šios įmonės gali dalytis ištekliais, koordinuoti socialinę elgseną, paversti privalumais veiklos sričių skirtumus. Siekdami iliustruoti bendradarbiavimą klasteriuose, autoriai M. Porter ir M. Karmer (2006) remiasi bendrosios vertės koncepcija (angl. *the concept of shared value*). Bendrosios vertės kūrimas apibūdinamas kaip politika ir veiklos procedūros, kurios didina įmonių konkurencumą, kartu gerindamos ekonomines

ir socialines sąlygas bendruomenėse, kuriose šios įmonės veikia. Bendroji vertė yra tokia verslo valdymo koncepcija, kuri padeda įmonėms ištirti ir įvertinti savo galimybes, iškilus socialiniams iššūkiams (Martinidis et al., 2021). Klasteriai suvienija subjektus, kad dalyvaujantys subjektai galėtų kurti naujas technologijas ir gauti naudos iš sinergijos įgyvendinant projektus, skatinančius žinių plėtrą ir sklaidą, inovacijas, ekonominę ir socialinę vystymąsi (Knop, 2015).

Atsižvelgiant į *tiekimo grandinės valdymo aspektą*, klasteriai kuriami siekiant padidinti vertę visoje tiekimo grandinėje. Klasterius gali sudaryti įmonės, taip pat vyriausybės agentūros ir kitos institucijos, teikiančios švietimą, informaciją, mokslinius tyrimus ir techninę pagalbą regiono ekonomikai. Judant žemyn tiekimo grandine, klasteriai dažnai apima įvairius paskirstymo kanalus ir klientus, o judant tiekimo grandine horizontaliai, jie gali apimti papildomų produktų gamintojus ir įmones, kurios veikia giminiškose ūkio šakose, dalijasi išgūdžiais ir technologijomis (Porter, 1996; Porter, 1998). Visoje tiekimo grandinėje dalijamasi žiniomis apie produktų / paslaugų ypatybes, apdorojama informacija, analizuojami gerosios praktikos atvejai, atliekami reikiami patobulinimai (Sureephong et al., 2008). DeWitt et al. (2006) tyrimas rodo, kad klasteriuose dalyvaujančios įmonės gali padidinti savo konkurencinį pranašumą, rinkdamosi tiekimo grandinės partnerius pagal išteklius, o ne siekdamos vien tik sumažinti kaštus.

Klasteriai taip pat yra ekonominių santykių *tinklai*, sukuriantys konkurencinį pranašumą juose dalyvaujančioms įmonėms. Tai įmonių aljansai, kurie bendradarbiauja siekdami ekonominio tikslo. Tinkle įvairios institucijos, įmonės ir tyrimų centrai yra sujungti, kad galėtų dalytis savo žiniomis ir ištekliais, kad pasiektų geresnių rezultatų (Razminienė et al., 2021a). Tai reiškia, kad klasteriai gali būti traktuojami ne tik kaip viena iš priemonių smulkioms ir vidutinio dydžio įmonėms įgyti lyginamojo pranašumo, bet ir kaip bendradarbiavimo forma, kuri gali padėti efektyviau naudoti išteklius ir sukurti žiedinę vertės grandinę (Razminienė ir Tvaronavičienė, 2018). Nors tinklai gali būti kuriami ir už klasterių ribų, šiuo atveju kalbama apie tinklaveiką klasterių viduje. Remiantis Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacijos (2022) informacija, tinklai gali būti horizontalūs ir vertikalūs. Horizontalieji tinklai kuriami tarp įmonių, konkuruojančių toje pačioje rinkoje. Vertikalieji tinklai, ypač tiekėjų plėtros schemos, yra aljansai tarp įmonių, priklausančių skirtingiems tos pačios vertės grandinės lygmenims (pavyzdžiui, pirkėjas padeda tiekėjams atsinaujinti) (Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacija, 2022). Tinkle įgytas konkurencinis pranašumas yra patrauklus ir padeda pritraukti kitų subjektų, taip tinklas plečiasi, persikelia iš vietinio į regioninį lygmenį ir t. t. (Slaper ir Ortuzar, 2015). Išsivysčiusių ir besivystančių šalių sėkmės istorijos rodo, kad klasteriuose

dalyvaujančios įmonės gali pasiekti aukštų ir tvarių augimo bei konkurencingumo rodiklių. Tačiau daugelis besivystančių šalių klasterių veikia vangiai ir negali pereiti nuo stagnacijos prie augimo. Dėl to jų plėtros potencialas iš esmės lieka neišnaudotas (Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacija, 2022).

Galiausiai, klasteriai gali būti traktuojami kaip *socialinis reiškiny*s. Šiuo požiūriu klasterių kūrimosi skatinimas tapo vienu iš pageidaujamų būdų pertvarkyti regioninės plėtros būdus, skatinti inovacijas ir pereiti prie žinių ekonomikos (Lupova-Henry et al., 2021). Klasteriuose dalyvaujantys subjektai gali būti laikomi kolektyviai atsakingais už jų veiksmus (Berkowitz, 2018). Klasteriai gali prisidėti prie verslo aplinkos formavimo (King et al., 2010), pasinaudodami savo derybine galia, paskatinti tikslinę socialinę veiklą (Dobusch ir Schoeneborn, 2015).

Nepriklausomai nuo to, kokių aspektu klasteriai yra traktuojami, jiems būdingos kelios pagrindinės savybės, kurias išskiria Haze ir Rangen (2021):

- 1) tai pasitikėjimu grįstos bendradarbiavimo platformos,
- 2) klasteryje egzistuoja tam tikras bendradarbiavimo tinklas, sukurtas tam tikroje pramonės šakoje,
- 3) klasteriams būdinga viešojo ir privataus sektorių partnerystė,
- 4) klasteriai padeda spręsti verslo ar pramonės šakos problemas,
- 5) klasteriai yra tarsi magnetas, pritraukiantis talentus, kapitalą, tyrėjus ir įmones,
- 6) klasteriai yra ekonomikos variklis, vienijantis šimtus narių ir partnerių.

Pasak Monteiro et al. (2013), klasterius charakterizuoja geografinė, ekonominė ar sektorinė aglomeracija, tarpusavio ryšiai tarp įmonių, keitimasis informacija klasterio viduje ir su išoriniais subjektais, institucinė infrastruktūra, socialinis ir kultūrinis identitetas, bendras tikslas, vertės kūrimas.

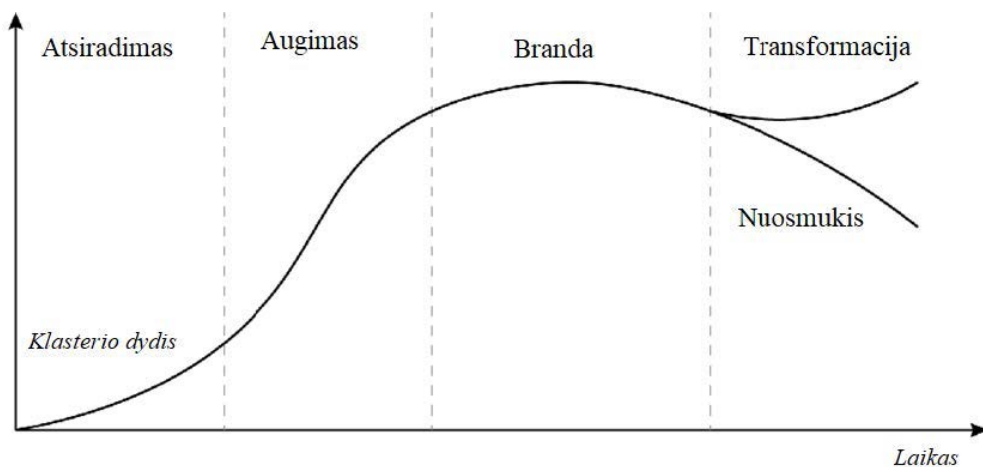
*Apibendriname: literatūros analizė atskleidė, kad klasteriai gali būti apibrėžiami, atsižvelgiant į geografinį ar šakinį (sektorinį) jų formavimo pobūdį, traktuojami kaip konkrečiais tikslais suformuota organizacija bendradarbiavimo tiekimo grandinėje ar tinklaveikos forma, o plačiau prasme – socialinis reiškiny*s. Nepriklausomai nuo to, kokių aspektu klasteriai yra apibrėžiami, pripažįstama, kad jie leidžia dalytis ištekliais, koordinuoti socialinę elgseną, kurti naujas technologijas ir gauti naudos iš sinergijos įgyvendinant projektus, skatinančius žinių plėtrą ir sklaidą, inovacijas, ekonominę ir socialinę vystymąsi. Bendrieji klasterių bruožai yra vieno ar kelių sektorių koncentracija, tinklaveika ir bendradarbiavimas.

1.2. Klasterio branda ir transformacija

Būdami sudėtingos ir adaptyvios sistemos, klasteriai transformuojasi ir vystosi. Pradžioje klasteris sukuriamas, jis išskyla, plečiasi atlikdamas tyrimus, inovacijas ir dalijimąsi ištekliais. Brandus klasteris yra formali organizacija, kuri pasitarnauja jos dalyvių interesams (Nielsen ir Nielsen, 2019). Vėliau, mažėjant žinių ir išteklių heterogeniškumui, klasteris taip pat ima mažėti, jis sensta (Fri et al., 2013; Monteiro et al., 2013).

Nors literatūroje daugiausia dėmesio skiriama klasterių atsiradimo ir plėtros etapams (Menzel et al., 2010; Dahl et al., 2011; Martin ir Coenen, 2015; Benner, 2017, ir kt.), klasterių brandos etapo nustatymas ir tyrimai yra ne mažiau svarbūs, kadangi būtent po ilgo ir lėto brandos etapo klasteriai pasiekia tokį dydį, kai jų ekonominis-socialinis poveikis tampa pastebimas. Vėliau klasterio augimas lėtėja, įtaka silpnėja, kadangi klasteris pasiekia savo rinkos potencialą. Jei pasiekęs brandos etapą klasteris neatsinaujina, išskyla grėsmė, kad jis palaipsniui trauksis, o ilgainiui – išnyks.

Nagrinėdami klasterių vystymosi etapus, tyrėjai dažniausiai remiasi gyvavimo ciklo teorija – tai tam tikra evoliucinė seka, apimanti kelis pagrindinius etapus: atsiradimą / ankstyvąją stadiją, augimą, brandą, stagnaciją / nuosmukį arba atgimimą / transformaciją (žr. 1 pav.):



1 pav. Tipinis klasterio gyvavimo ciklas

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis literatūros analize.

Fri et al. (2013) teigia, kad klasteris pradeda formotis tuomet, kai tam tikrame regione atsiranda sėkmingai veikianti įmonė. Šalia jos ir aplink ją pradeda steigtis

veiklą kopijuojantys subjektai. Kai panašia veikla besiverčiančių subjektų atsiranda keletas, keliolika ar keliasdešimt, regione pradeda kauptis pagal veiklos pobūdį specializuota darbo jėga ir specializuotas kapitalas, kurtis infrastruktūra. Įžvelgdami dalijimosi ištekliais ir bendradarbiavimo naudą, minėti subjektai gali nuspręsti veikti kartu ir susivienyti. Taip sukuriamas klasteris. Į klasterį integruojamos žinios ir ištekliai paskatina jo augimą. Augimas tampa dar didesnio augimo varomąja jėga. Tačiau palaipsniui augimas lėtėja, užimama rinka tampa perpildyta, ir jeigu klasteris apsiriboja tik turimais ištekliais ir technologijomis, jis palaipsniui trauksis, kadangi tikslinė rinka taip pat mažės dėl pasikeitusių technologijų ar aktyvesnių konkuruojančių / substitucinių sektorių. Tačiau klasteris gali transformuotis, jeigu jame didės žinių ir išteklių heterogeniškumas – tai padės klasteriui pereiti į aukštesnius brandos etapo lygmenis. Didinti žinių ir išteklių heterogeniškumą galima integruojant naujas technologines žinias, diegiant inovacijas, kurios leistų klasteriui išvengti stagnavimo ir prisitaikyti prie kintančios aplinkos. Tačiau tai nebūtinai išgelbės klasterį nuo išnykimo ilguoju laikotarpiu. Grįžimas į gyvavimo ciklo kreivės pradžią galimas tuomet, kai klasterio veikla transformuojama į visiškai naują sritį. Klasterio transformaciją taip pat gali paskatinti politinės rėmimo priemonės, inovacijų įveiklinimas (Monteiro et al., 2013). Įdomu tai, kad pateikta klasterių gyvavimo ciklo teorija nutolsta nuo pradinės produktų ir pramonės gyvavimo ciklo teorijos. Priešingai nei pastaroji teorija, klasterių gyvavimo ciklo teorija yra ne tokia deterministinė ir labiau veikiama vietinių veiksmų, ypač klasterių gebėjimo išlaikyti sveiką žinių heterogeniškumą (nevienalytiškumą), ypatingai per naujas įmones ar naujas („importuotas“) technologijas.

Vis dėlto, klasterių gyvavimo etapų analizė, pagrįsta gyvavimo ciklo kreive, yra kritikuojama dėl to, kad ši analizė atliekama iš statinės perspektyvos. Tuo tarpu tokie klausimai, kaip, kodėl klasteriai mažėja arba transformuojasi ir kokių pranašumų, susijusių su klasterių pokyčiais laikui bėgant, galima įžvelgti, yra iš esmės ignoruojami (Capone ir Lazzeretti, 2014). Norėdami užpildyti šią spragą, Menzel ir Fornahl (2010), Fornahl et al. (2010) ir kiti siūlo kombinuoti gyvavimo ciklo ir pramonės organizacijos požiūrius. Vertinant klasterių evoliuciją, Martin ir Sunley (2011) siūlo remtis trimis strateginiais veiksniais – ryšiais, klasterio atsparumu ir kapitalo kaupimu. Giuliani (2013) remiasi tinklų dinamika, Brenner ir Schlump (2011) – pasikeitusios klasterių politinės reikšmės vertinimu, Staber (2011) – institucinės aplinkos raida. Lazzeretti et al. (2013) tiria klasterio kaip organizacinės formos raidą, o Capone ir Lazzeretti (2014) integruoja demografinės analizės modelius, kurie leidžia susieti klasteryje vykstančius legitimacijos ir konkurencijos procesus su tam tikromis gyvavimo ciklo fazėmis.

Identifikavus klasterio evoliucijos etapą, svarbūs sėkmingi klasterių valdymo elementai yra operatyvinis ir strateginis valdymas, kurie leidžia sukurti bendrą viziją, tikslus ir strategiją. Pagrindiniai klasterio valdymo etapai yra (1) tikslų apibrėžimas, (2) projektavimas, (3) įgyvendinimas, (4) stebėjimas, (5) vertinimas ir (6) peržiūra („Interreg Europe“, 2021). Tai ypač aktualu siekiant, kad klasteris nepasiektų nykimo etapo ir būtų transformuotas laiku. Modernia klasterių valdymo politika siekiama sukurti palankią verslo ekosistemą inovacijoms ir verslumui, skatinti universitetų ir pramonės bendradarbiavimą, platesnį sisteminių viešųjų ir privačių mokslinių tyrimų ir technologijų organizacijų bendradarbiavimą spartinant inovacijų procesą. Siekiant klasterių transformacijos, klasterių operatyvinė veikla (t. y. faktinis veiksmų plano įgyvendinimas) turi būti organizuojama nuosekliai didinant klasterio dinamiką, gerinant klasterio veiklos aplinką ir didinant klasterio strateginę lyderystę (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Svarbiausios klasterio operatyvinės veiklos kryptys siekiant transformacijos

Kryptys	Veiksniai	Priemonės
Klasterio dinamikos didinimas	Naujos technologijos	Technologijų sklaida, naujų technologijų testavimas laboratorijose ir su demonstravimo įrenginiais, technologijų perdavimas, stebėjimas, prieigos prie specializuotų žinių supaprastinimas
	Įmonės augimas	Parama klasterių inkubatoriams, verslo tinklų kūrimas, šalutinių produktų kūrimo palengvinimas, parama ir finansavimas startuoliams
	Tinklaveika tarp subjektų	Tinklaveikos klasterių viduje ir išorėje skatinimas, eksporto tinklų formavimas, rinkos žvalgyba, tyrimų ir plėtros infrastruktūros kūrimas, bendri tyrimų ir plėtros projektai
	Veiklos formavimas	Kompetencijų auditas, strategijų tyrimas ir analizė, subjektų komunikavimas, klasterio rinkodaros skatinimas
Klasterio veiklos aplinkos gerinimas	Veiklos veiksmų tobulinimas	Vadybos ir techniniai mokymai, įgūdžių plėtra (įgūdžių centrai, aljansai), prieigos prie specializuotų kapitalo rinkų supaprastinimas, jungtinio finansavimo skatinimas
	Veiklos bazės tobulinimas	Teisinės bazės tobulinimas, bendros tyrimų ir inovacijų infrastruktūros kūrimas ir projektų įgyvendinimas, pasitikėjimo ir socialinio kapitalo skatinimas, jungtinio finansavimo skatinimas

Kryptys	Veiksniai	Priemonės
Klasterio strateginės lyderystės skatinimas	Daugiapakopis valdymas	ES pramonės iniciatyvų plėtra, subjektų iš skirtingų ES valstybių narių ir jų ekosistemų suvienijimas, verslumo proceso skatinimas pagal išmaniosios specializacijos strategiją (S3)
	Socialiniai pokyčiai	„Žaliosios“ transformacijos skatinimas, skaitmenizavimo spartinimas, verslo atsigravimas po COVID-19 pandemijos ir atsparumo skatinimas

Šaltinis: „Interreg Europe“, 2021, 8 p.

Kaip matyti 2 lentelėje, klasterių dinamiką numatoma didinti, pasitelkiant naujas technologijas, skatinant klasteriuose dalyvaujančių įmonių augimą ir tinklavedką, formuojant klasterių veiklą per kompetencijų, tyrimų ir inovacijų, komunikavimo ir rinkodaros plėtrą. Klasterių veiklos aplinką numatoma gerinti, tobulinant pagrindinius veiklos veiksnus – žmogiškųjų išteklių kompetenciją ir įgūdžius, prieigą prie kapitalo ir finansų. Klasterių strateginę lyderystę plėsti padės daugiapakopis valdymas (ES, regioniniu ir vietos lygmenimis) bei tokie socialiniai pokyčiai, kaip „žalioji“ transformacija, skaitmenizavimo spartinimas ir verslo atsparumo skatinimas, ypač aktualus popandeminiu laikotarpiu. Tarpregioninis mokymasis ir bendradarbiavimas yra labai svarbūs klasterių vadovams, siekiant išvengti bendrųjų iniciatyvų ir programų spąstų – bendrosios iniciatyvos dažnai yra nekoordinuotos ir atsietos nuo ES, nacionalinių ir regioninių inovacijų strategijų. Be to, klasterių programos dažnai yra siaurai orientuotos į tinklų kūrimą, ir parama klasteriams paskirstoma per siaurai. Norint plėsti strateginę lyderystę, klasteriai privalo suvokti ir vietinį institucinį kontekstą, kad strategijos būtų integruotos įvairiuose valdymo lygmenyse. Klasterių iniciatyvos turėtų būti ambicingesnės siekiant ekonominio diversifikavimo tarpusavyje susijusiuose sektoriuose – taip bus stiprinamas ne tik atskirų klasterių, bet ir regioninis atsparumas ir kuriamos naujos vertės grandinės (Europos komisija, 2016).

Apibendriname: klasterio gyvavimo ciklo etapo, ypač brandos, identifikavimas padeda nustatyti, kada klasteris jau yra pasiekęs savo rinkos potencialą ir gali pradėti stagnuoti, o ilgainiui ir išnykti, jeigu nebus pradėtos tikslinės transformacijos. Pagrindiniai klasterių transformacijos veiksniai yra veiklos perkėlimas į visiškai naują sritį, politinės rėmimo priemonės, inovacijų įveiklinimas, ypač klasterių gebėjimas išlaikyti sveiką žinių heterogeniškumą (nevienalytiškumą) per naujas įmones ar naujas technologijas. Siekiant klasterių transformacijos turi būti nuosekliai didinama klasterio dinamika, gerinant klasterio veiklos aplinką ir didinant klasterio strateginę lyderystę.

1.3. Klasterizacijos vaidmuo formuojant inovacijomis grįstus verslo modelius

Verslo modelis yra konceptualus įrankis, susidedantis iš objektų, sąvokų ir jų santykio, siekiant išreikšti konkrečios įmonės verslo logiką. Todėl turime apsvarstyti, kurios sąvokos ir santykiai leidžia supaprastinti kliento suteikiamos vertės aprašymą ir pateikimą, kaip tai daroma ir su kokiomis finansinėmis pasekmėmis (Osterwalder et. al., 2005).

Inovacijos, kurios suteikia įmonei konkurencinį pranašumą prieš kitas organizacijas, laikomos varomąja ekonomikos vystymosi jėga (Becker et. al., 2011). Inovacija bendrąja prasme yra apibrėžiama kaip „naujo produkto / paslaugos arba produkto / paslaugos komponentų, arba naujos procedūros / proceso kūrimas ir įdiegimas suinteresuotųjų šalių labui“ (Birchall et.al., 1996). Nacionalinis žinių komitetas (angl. *National Knowledge Committee* (NKC)) (2007) inovacijas apibrėžia kaip procesą, kurio metu planuojamas ir pasiekiamas įvairaus laipsnio išmatuojamos vertės didinimas bet kurioje komercinėje veikloje. Šis procesas gali būti radikalus arba laipsniškas, įmonėje jis gali vykti nuolat arba su pertraukomis. Inovacijos pasiekiamos: (i) diegiant naujas arba patobulintas prekes ir paslaugas ir (arba) (ii) diegiant naujus arba patobulintus veiklos procesus, ir (arba) (iii) diegiant naujus arba patobulintus organizacinius / vadybos procesus.

Globalizacija ir dinamiškai besikeičiantys klientų poreikiai verčia įmones diegti naujoves. Visų pirma, aukštųjų technologijų pramonės šakos susiduria su besiplečiančiomis technologijų sienomis (Kakati, 2003). Šiuolaikiniame pasaulyje inovacijos ir inovacinė veikla turi ypatingą reikšmę sėkmingai šalių ir regionų finansinei ir ekonominei plėtrai (Mingaleva, 2000; Moleva, 2005; Monasturnyi, 2006; Rudneva, 2007). Tokie veiksniai, kaip mokslinė ir technologinė pažanga, konkurentų kiekio augimas, naujų prekių ir paslaugų kūrimas, globalizacija skatina šalis, regionus ir organizacijas prisitaikyti prie besikeičiančios aplinkos. Vienas iš sėkmingos konkurencinėje aplinkoje plėtos įrankių yra inovatyvi veikla, pavyzdžiui, inovacijų diegimas, inovacinės strategijos formavimas, inovacinių klasterių kūrimas (Lesnik, Mingalyova, 2013). Savo ruožtu šalių vyriausybės turėtų paskatinti įmones kurti dinamiškus pajėgumus ir bendradarbiauti su kitomis įmonėmis, siekdamos įgyti ir išlaikyti konkurencinį pranašumą (Rao ir Klein, 2013).

Įmonės, diegdamos technologines naujoves, susiduria su kliūtimis, kylančiomis dėl patiriamų didelių išlaidų finansavimui gauti, gedimų, transportavimo, techninės kompetencijos stokos, kvalifikuotos darbo jėgos trūkumo, žaliavų trūkumo, pasitikėjimo valdžios institucijomis stokos (Bala Subrahmanya, 2014). Šios kliūtys

lemia problemas įmonėms savarankiškai diegti naujoves. Tokiu būdu įmonėms iškyla poreikis užmegzti ryšius su kitomis įmonėmis, tyrimų centrais, tiekėjais ir klientais tinklaveikos forma, leidžiančia dalytis žiniomis ir mobilizuoti išteklius. Be to, naujovės, atsirandančios dėl tokių tinklų kūrimo, padeda įmonėms sumažinti išlaidas, padidinti rinkos dalį, pagerinti konkurencingumo ir pelningumo rodiklius (NKC, 2007). Net didelės įmonės naudoja tinklaveikos ryšiais, nors jos nėra labai suvaržytos vidiniais ištekliais. Įmonė negali valdyti visų savo vertės grandinės lygių, o dėl mastelių nesuderinamumo didelės įmonės daugiausia dėmesio skiria efektyviai gamybai pagal savo pagrindines kompetencijas, o ne gaminti viską, kad išlaikytų savo konkurencinį pranašumą. Siekdamos sumažinti sandorių išlaidas, didelės įmonės likusius komponentus tiekia iš patikimų, žinomų ir pajėgių mažų ir vidutinių įmonių, esančių netoli jų geografinėje plotmėje (Steinle ir Schiele, 2002). Tokiu būdu klasteriai įgyja lemiamą reikšmę šalinant stabdančias inovacijas įmonėse kliūtis (Chandrashekar et. al., 2019).

Inovatyvus klasteris yra vienas efektyviausių aukšto konkurencingumo lygio pasiekimo formų, o inovatyvus klasterio esmė yra ta, kad įmonės ir organizacijos susilieja viena su kita tam, kad sukurtų naujus produktus ar paslaugas ir vystytųsi rinkose. Bendradarbiavimas tarp įmonių leidžia sumažinti išlaidas klasterių kūrimui / plėtrai ir tyrimams komercializuojant naują prekę ar paslaugą ateityje. Visi šie veiksniai leidžia klasterio dalyviams ilgą laiką stabiliai vykdyti inovacinę veiklą. Tinkamiausia niša inovatyvių klasterių plėtrai yra aukštųjų technologijų sritis (Lesnik, Mingalyova, 2013). Šiuolaikiniame pasaulio ekonomikos vystymosi etape šalys ir regionai turėtų išsikelti vieną iš pagrindinių tikslų, orientuotą į inovacinės veiklos plėtrą ir inovacinių klasterių formavimą. Užsibrėžti tikslai gali pagerinti įmonių konkurencingumo lygį, didinti ekonominius pajėgumus ir užtikrinti efektyvų senųjų tradicinių šakų darbą, ypatingai naujoms įmonėms.

Wang ir Yang (2012) savo darbe cituoja Porterį (1990), kuris klasterį apibrėžė kaip „geografiškai artimą įmonių ir susijusių pramonės šakų institucijų grupę, kurią sieja ekonominė ir socialinė tarpusavio priklausomybė“. Aukštųjų technologijų klasteris yra tas klasteris, kuriam būdingos sudėtingos technologijos ar inovacijos, apibrėžiamos kaip „įmonių grupė“, ir susijusios institucijos, esančios tam tikroje srityje bei papildančios viena kitą konkurencingai aukštųjų technologijų pramonės šakose.

Praktikoje išskiriamos trys pagrindinės inovatyvių klasterių rūšys:

- regioniniai (regioniniu požiūriu ribotas konsolidavimas aplink mokslo ar pramonės centrą);
- vertikalūs (konsolidacija viename gamybos procese, pavyzdžiui, grandinė „tiekęjas-gamintojas-pardavimo vadybininkas-klientas“);

- horizontalūs (įvairių pramonės šakų viename megaklasteryje konsolidavimas, pavyzdžiui, „chemijos klasteris“ arba „agrarinės pramonės klasteris“).

Taip pat galima išskirti keturis novatoriškų grupių pogrupius, kurios dažnai minimos mokslinėje literatūroje (Lesnik, Mingalyova, 2013):

- A tipas – sujungti klasteriai;
- B tipas – naujos pramoninės zonos;
- C tipas – naujoviška aplinka.

Sujungti klasteriai yra seniausia klasterių rūšis. Šias integracines ekonomikos veikimo charakteristikas pirmieji paminėjo Weberis ir Maršalas. Susieti klasteriai atstovauja įmonių grupes, kurios yra įsikūrusios arti viena kitos tam, kad sumažintų patiriamas išlaidas. Weberis, o vėliau ir Maršalas, teigė, kad jei gamyba komplikuojasi, padidėja apmokėjimo kaštų ir bendrų išlaidų gamybai santykis, taigi prieiga prie darbo rinkos tampa dar vienu verslininkų prioritetu. Vos tik apmokėjimo kaštai viršys transportavimo kaštus, racionalus verslininkas nuspręs įmonę įkurti ten, kur sumažėtų apmokėjimo kaštai. Situacija nuolatos keitėsi, o gamybos procese svarbiausi bendrosios ekonomikos plėtros (vidinės produkcijos komunikacijos sukūrimas, didmeninė prekyba, informacijos srautų tarp kompanijos ir aplinkos padidėjimas) veiksniai ir toliau pasireikšdavo. Taigi, sujungtų klasterių koncepcija galiausiai buvo apibrėžta. Daugeliu atveju įmonės buvo labai priklausomos viena nuo kitos dėl vykdomos gamybos. Sujungti klasteriai dažnai atvejais įsikurdavo miesto priemiesčiuose ir istoriniuose miestų centruose, pavyzdžiui, juvelyrikos rajonas Birmingeme. Klasterių naudojami rizikos valdymo metodai, pasižymintys greita į atsirandančias naujoves reakcija, taip pat pasiteisino. Šios kompanijos daugiausia specializavosi drabužių, baldų, spaudos pramonėje – visos šios pramonės šakos reikalauja greitų produkcijos pokyčių. Pagrindiniai tokių klasterių privalumai: operacinių kaštų ir transporto mokesčių sumažinimas.

Naujos pramoninės zonos yra antrasis klasterių tipas. Naujos pramoninės zonos dažniausiai formuojasi aukštųjų technologijų srityje. Tai reiškia, kad naujų pramoninių zonų įmonės dažnai veikia tokiose veiklos srityse, kaip kompiuterių, informacinių technologijų (IT) ir mikroląstelių gamyba. Kurdami naujus produktus, klasteriai remiasi moksliniais tyrimais. Paprastai tokio tipo klasteriai yra įsikūrę miesto priemiesčiuose, pavyzdžiui, Silicio slėnis Kalifornijoje ir M4 linija Anglijoje. Naujas pramonines zonas sudaro eilė skirtingų įmonių – nuo tarptautinių bendrovių iki smulkiojo ir vidutinio verslo atstovų. Nepaisant to, kad šie klasteriai vadinami naujomis pramoninėmis zonomis, daugelis jų egzistuoja jau daugiau nei 30 metų.

Trečiojo tipo klasterių aprašymas iš esmės pagrįstas Europos inovacinės aplinkos mokslininkų grupės tyrimais, kurie pabrėžia viešojo kapitalo svarbą inovacinės

veiklos plėtroje. Tokie klasteriai dažniausiai kuriasi miesto teritorijoje, kur įmonių ir atskirų dalyvių santykiai buvo kuriami ilgą laiką. Mokymai vyksta įvairiais būdais keičiantis informacija tarp įmonės darbuotojų, arba atskiriems darbuotojams pereinant iš vienos įmonės į kitą. Šiam klasterio tipui priklausančios įmonės siekia inovatyvių projektų, apimančių rizikos galimybes, realizavimo tikslus. Inovatyvūs klasteriai gali būti sukurti technoparkų, inovatyvių centrų, verslo inkubatorių, didžiausių ir inovatyvių įmonių bendradarbiavimo centrų, strateginių aljansų pavidalu.

Ankstesniais tyrimais (Callegati ir Grandi, 2005; Borghi et al., 2010; Dias et al., 2013; Herliana, 2015; Tsakalerou ir Akhmadi, 2021, ir kt.) įrodyta, kad klasterių formavimas spartina mikroįmonių, smulkių ir vidutinio dydžio įmonių inovacinę pažangą. Dias et al. (2013) tyrimas, kurio metu analizuota, kokio pobūdžio inovacijos diegiamos Votuporangos (angl. *Votuporanga*) baldų gamybos ir eksporto klasteryje (klasterį sudaro 61 įmonė) San Paulo mieste (Brazilija), atskleidė, kad pagrindinė inovacinės pažangos kryptis minėtame klasteryje yra laipsniškas produktų inovacijų diegimas. Įdomu tai, kad tyrimo metu taip pat nustatyta, jog produktų inovacijos diegiamos bendradarbiaujant įmonėms klasterio viduje, nors mažai bendradarbiaujama su išoriniais subjektais (mokslinių tyrimų institutais, universitetais). Ozer ir Zhang (2014) savo tyrime išskiria eksploatacines (angl. *exploitative*) produktų inovacijas ir tiriamąsias (angl. *exploratory*) produktų inovacijas. Jų tyrimo rezultatai rodo, kad narystė klasteryje stimuliuoja eksploatacines produktų inovacijas, bet lėtina tiriamąsias produktų inovacijas. Taip pat nustatyta, kad klasteriuose dalyvaujančių įmonių tinklo ryšiai su tiekėjais stiprina narystės klasteryje poveikį eksploatacinėms produktų inovacijoms, o tinklo ryšiai su vartotojais sumažina neigiamą narystės klasteryje poveikį tiriamosioms produktų inovacijoms (Ozer ir Zhang, 2014).

Vis dėlto, produktų inovacijos klasteriuose ne visada yra pagrindinė inovacinės pažangos kryptis. Pavyzdžiui, Callois (2008) sukurtas mikroekonominis smulkiųjų įmonių klasterių tyrimo modelis rodo, kad įmonių inovacinei kryptčiai įtakos turi klasteriuose dalyvaujančių įmonių artimumas (t. y. sektorių, kuriuose veikia įmonės, panašumas). Atliktas empirinis tyrimas parodė, kad kuo artimesnės pagal veiklos pobūdį yra klasteryje dalyvaujančios įmonės, tuo siauresnė yra jų pažintinė aplinka, tad tuo mažiau produktų inovacijų yra diegiama šiose įmonėse. Kita vertus, tyrimu atskleidžiama inovacinių sprendimų priėmimo sumažinant fiksuotus kaštus nauja: kuo artimesnės pagal veiklos pobūdį yra klasteryje dalyvaujančios įmonės, tuo efektyviau jos gali tarpusavyje pasidalyti fiksuotus kaštus ir riziką (t. y. tuo mažesnė fiksuotų kaštų ir rizikos dalis tenka kiekvienai įmonei) (Callois, 2008). Inovacinių

sprendimų efektyvumą, siekiant sumažinti veiklos kaštus, patvirtina ir Babkin et al. (2013) tyrimas, kuriame nagrinėtas pramonės klasterių formavimasis panaudojant virtualiųjų įmonių metodą. Pastarasis tyrimas parodė, kad efektyvūs klasteriai padeda pasiekti tokių tikslų kaip gamybos ir sandorio kaštų (fiksuotų ir kintamų) mažinimas, efektyvus bendradarbiavimas dėl dalijimosi ištekliais, inovacijų aktyvumo didinimas ir naujų technologijų diegimas.

Sarach (2015) akcentuoja bendradarbiavimo ryšių reikšmę pramoniniuose klasteriuose. Autorė teigia, kad bendradarbiavimo su naujais verslo partneriais ryšiai suteikia galimybių optimizuoti inžinerinius ir gamybos procesus bei sumažinti klasteryje dalyvaujančių įmonių negamybines išlaidas. Todėl narystė klasteryje suteikia papildomų konkurencinių pranašumų. Papildomas veiksnys yra tas, kad bendradarbiavimo ryšiai klasteriuose skatina inovacinę veiklą, skatina pažangių technologijų diegimą ir žinių mainus. Bendradarbiavimo kanalais tarp tiekėjų ir vartotojų laisvai keičiamasi informacija, sparčiai plinta inovacijos (Sarach, 2015). Panašūs rezultatai gauti ir Oprime et al. (2011) tyrime, kuriame nagrinėta integracijos ir bendradarbiavimo įtaka Brazilijos juvelyrikos sektoriuje veikiančiame klasteryje. Tyrimas atskleidė, kad bendradarbiavimas su naujais partneriais yra būtinas klasterio plėtrai, kadangi jis stimuliuoja dalijimąsi ištekliais. Be to, aukštas įmonių integracijos lygis gali reikšti aukštą veiklos efektyvumą (Oprime et al., 2011).

Hsieh et al. (2012) analizavo vertės kūrimo procesus paslaugų klasteriuose. Autorių teigimu, paslaugų klasteriai skiriasi nuo tradicinių pramonės klasterių, kuriuose daugiausia dėmesio skiriama sąnaudoms, gamybai ir paskirstymo kanalams. Paslaugų klasteriuose orientuojamasi į specializuotų kompetencijų panaudojimą per veiksmus, procesus ir darbą kito subjekto arba to paties subjekto naudai. Esant skirtingiems orientacijos veiksniams, skirtingos yra ir vertę kuriančių inovacijų kryptys. Paslaugų klasteriuose didesnę paslaugų vertę klientų požiūriu padeda kurti aglomeruotų įmonių tinklas, kuriame skatinama tinklaveika ir paslaugų inovacijos. Chang ir Chen (2016) analizavo paslaugų teikimo ir inovacijų aspektus 311 klasteriams priklausančių Taivano įmonių ir nustatė, kad trys pagrindinės inovacijų diegimo šiose įmonėse kryptys yra inovacijų trajektorijos, tinkamumas ir vartotojų įtraukimas. Tai reiškia, kad paslaugų inovacijų kryptys klasterių įmonėse turi būti tarpusavyje susietos, paslaugos turi pasižymėti bendruoju formaliu ir neformaliu tinkamumu, o teikiant paslaugas itin svarbi yra vartotojų įtrauktis.

Vuelas et al. (2021) nagrinėjo kainodaros strategijos pokyčius elektromobilių klasteriuose. Autoriai nustatė, kad dalyvavimas klasteryje leidžia formuoti į paklausą atsiliepiančią kainodaros strategiją. Analizuojamu elektromobilių atveju pasirinkta formuoti kainodarą pagal netiesioginį metodą – naudojimo laiko modelį,

kuris skatina vartojimo paklausos pokyčius. Palyginus su standartiniu fiksuotų kainų modeliu, siūlomas kainodaros modelis leidžia ne tik skatinti vartojimo paklausą, bet ir padidinti dalyvaujančių įmonių pelną. Xu et al. (2020) aiškina, kad efektyvesnės, į paklausos skatinimą nukreiptos kainodaros formavimas klasteriuose yra įmanomas dėl dalijimosi informacija klasterio tinkle. Sukaupiama daugiau informacijos, tendencijos tampa lengviau prognozuojamos, o tai leidžia suformuoti beveik optimalias kainodaros strategijas net netikrumo sąlygomis.

Pillay ir Lund-Thomsen (2012) išryškina dalijimosi atsakomybe klasteriuose veiksnį. Autoriai teigia, kad dalyvavimas klasteriuose skatina jiems priklausančių įmonių dalijimąsi atsakomybe, taip pat įmonių socialinę atsakomybę. Ši tendencija aiškinama, atsižvelgiant į keletą aplinkybių. Pirma, klasteriuose dalyvaujančios smulkiosios ir vidutinio dydžio įmonės yra geografiškai artimos ir tarpusavyje susijusios. Tai skatina dalijimąsi žiniomis, idėjomis ir stimuliuoja produktų bei procesų inovacijas. Šiuo pagrindu klasteriuose dalyvaujančios įmonės gali imtis kolektyvių veiksmų įvairioms problemoms spręsti. Pavyzdžiui, jos gali kartu imtis formuoti rinkos paklausą, ieškoti būdų, kaip atitikti vyriausybių keliamus reikalavimus verslui ir kt. Iškylančia rizika galima dalytis, perkelti tam tikrų produktų gamybą į kitus regionus, ieškant alternatyvių tiekimo šaltinių ir pan. Antra, bendradarbiaujant klasteriams, ypač tarptautiniame lygmenyje, keliami aukšti socialinės atsakomybės ir aplinkosaugos reikalavimai. Net jei klasteris įsikūręs besivystančioje šalyje, užsienio partneriai gali reikalauti, kad gaminant ir tiekiant produktus nebūtų nusižengiama darbo teisei, būtų laikomasi taršos normų ir kt. Neįgyvendinus keliamų reikalavimų, klasteriams grėstų rizika būti pašalintiems iš tiekimo grandinių. Klasteriuose dalyvaujančių įmonių bendri veiksmai ir iniciatyvos palengvina reikiamų valymo įrenginių įdiegimą, aplinką tausojančių technologijų sklaidą, darbo stebėsenos schemų diegimą, socialinės gerovės veiklą. Dalijantis atsakomybe, kuriama bendra vertė. Bendra vertė – politika ir veiklos praktika, kuri leidžia didinti įmonių konkurencingumą, o kartu gerina ekonomines ir socialines sąlygas bendruomenėse, kuriose šios įmonės veikia (Muller, 2020). Kuriant bendrą vertę, produktai ir paslaugos teikiamos nepalankioje padėtyje esančioms bendruomenėms, siekiama geriau suderinti produktus ir paslaugas su visuomenės poreikiais, iš naujo apibrėžiamas produktyvumas vertės grandinėje taikant naujus verslo modelius, kuriuose stengiamasi daugiau dėmesio skirti veiksmingam ribotų gamtos išteklių naudojimui (Muller, 2020). Remiantis Muller (2020), klasteriai yra ekosistemos, kuriose įmonės gali kurti bendrą vertę, stiprinančią verslo identitetą, plėtoti narystės tinkle jausmą ir didinti savo konkurencingumą. Būtent klasteriuose įmonės gali įsigilinti į visuomenės poreikius ir tenkinti juos, kurdamos inovatyvius produktus, paslaugas ir procesus.

Kitas svarbus aspektas diegiant inovacijas klasteriuose yra įgyvendinimo instrumentų pasirinkimas. Rohrbeck et al. (2012) tyrime akcentuojamas eksperimentavimo vaidmuo inicijuojant ir diegiant verslo modelių inovacijas. Pasak autorių, reikšmingi pokyčiai brandžiuose sektoriuose sukuria galimybes diegti proveržio inovacijas ir taip sukurti stiprų konkurencinį pranašumą. Priešingu atveju iškyla grėsmė įmonių išlikimui, todėl verslo modeliai dažniausiai modifikuojami, susidūrus su trikdančiais išoriniais pokyčiais. Brandžius sektorius charakterizuoja konkurencija tarp jau įsitvirtinusių ekonomikos subjektų, mažai įmonių naujokių ir mažai sektorių paliekančių įmonių (Feldman, 2000). Reikšmingu trikdančiu išoriniu pokyčiu, visų pirma, laikoma sparti technologinė pažanga, kuri brandžiam sektoriuje gali arba paspartinti įmonių poslinkį nuo brandos link nuosmukio (jeigu įmonės nespės prisitaikyti prie technologinių pokyčių), arba pastūmėti įmones link naujo pagyvėjimo ciklo (Phaal et al., 2011). Kai nauji rinkos dalyviai bando perimti dominimą besikuriančiose rinkose, įmonės senbuvės turi vengti išteklių ir veiklos nelankstumo (Santos ir Eisenhardt, 2009). Tiek įmonės senbuvės, tiek naujosios rinkos dalyvės stengiasi teisingai identifikuoti strategiškai vertingiausias kompetencijas (Gambardella ir McGahan, 2010) bei suformuoti tokius vertės kūrimo uždavinius, kurie geriausiai pasitarnautų vartotojų interesams (Agarwal ir Bayus, 2002). Tuomet atitinkamai modifikuojamas verslo modelis.

Verslo modelių modifikavimas yra itin sudėtingas procesas, kadangi reikalauja ne tik sisteminių ir techninių pokyčių, bet ir naujoviško mąstymo. Ankstesnis mąstymas, kuriuo vadovavosi įmonė sėkmingais praeities laikotarpiais, nebėra efektyvus ir nebegeneruoja norimų rezultatų. Vis dėlto, iš pradžių sudėtinga suvokti aplinkoje vystančius pokyčius, o ribotas racionalumas gali sutrukdyti įmonės vadovybei pripažinti poreikį modifikuoti savo verslo modelį (Gavetti ir Rivkin, 2007). Vadovavimasis senuoju verslo modeliu iš inercijos galimas dėl įmonės vadovybės nenoro keistis (Schwarz, 2012), taip pat vidurinėsios grandies vadovų nenoro sutrikdyti *status quo* dėl neaiškios ateities būsenos (Lucas ir Goh, 2009). Miles et al. (1978) teigia, kad sėkmingai įmonės adaptacijai prie naujų sąlygų reikia įveikti 3 problemas:

- 1) verslumo problemą – naujas verslo modelis kuriamas remiantis naujomis įžvalgomis;
- 2) inžinerijos problemą – naujasis verslo modelis turi būti įgyvendinamas atsižvelgiant į jo struktūrinius komponentus;
- 3) administravimo problemą – turi būti kuriamos tokios valdymo sistemos ir procedūros, kurios užtikrintų nuolatinį vertės kūrimą ir fiksavimą.

Taigi, naujų verslo modelių diegimas yra naujų organizacinių struktūrų projektavimas (Baden-Fuller ir Morgan, 2010). Šis projektavimas gali būti atliekamas pa-

sirenkant tradicinį strateginį planavimą arba eksperimentuojant. Ma ir Hu (2021) teigia, kad eksperimentavimas gali padėti sukurti unikalias verslo modelio elementų kombinacijas ir taip sukurti unikalią vertę vartotojui. Pasak Chesbrough (2010), nors eksperimentavimas yra lankstesnis būdas, leidžiantis sparčiau atsilipti į rinkos pokyčius, jis ne visuomet pasiteisina, tačiau net ir nesėkmės padeda nustatyti galimybes, kurias bus galima išnaudoti ateityje. Rohrbeck et al. (2012) atlikta atvejo analizė (analizuoti Danijos masinio informavimo priemonių klasteriai, užimantys apie 50 proc. rinkos), kurios pagrindiniai metodai – archyvinių duomenų analizė ir interviu su įmonių atstovais, atskleidė, kad brandžios įmonės yra linkusios rinktis sąmoningą strateginį planavimą, atsižvelgdamos į verslo modelio vertės kūrimo elementus, tačiau eksperimentavimas ir nesuplanuoti verslo valdymo sprendimai vykdomi kintant vertės uždaviniais ir vertės gavimo elementams.

Arora et al. (2007) teigia, kad sėkmingam verslo modelio inovacijų diegimui svarbūs šie 7 instrumentai:

1. strategijos vykdymas,
2. programos modeliavimas ir stimuliavimas,
3. projektų portfelio valdymas,
4. projekto planavimas ir kontrolė,
5. pokyčių valdymas,
6. komandinis darbas,
7. komunikavimo valdymas.

Strategijos vykdymas. Didėjant inovacijų poreikiui, įmonės, kurios remiasi gerai apgalvotomis strategijomis, gali suderinti esamus vykdymo planus su naujais. Inovacijų įgyvendinimas turi būti numatytas įmonių strategijos pagrinduose. Strategija turi būti suprantama visiems organizaciniais lygmenims. Strategijoje turi būti numatytas atspirties taškas, tada jo pagrindu eksperimentuojama, mokomasi ir adaptuojamasi.

Programos modeliavimas ir stimuliavimas. Inovatyvus verslo modelis yra sudėtinis technologijų, vartotojų, produktų, kainų, ekonominių sąlygų, žmonių, darbo kultūros ir etikos alternatyvų rinkinys. Šios alternatyvos derinamos, siekiant sukurti nuspėjamą modelį, atliekamos prognozės, rodančios, kokių modelio pokyčių laikui bėgant galima tikėtis. Modelio intelektualumas reiškia verslo sąlygų nustatymą, numatomus kintamųjų ir sąveikos tarp šių kintamųjų pokyčius ir dažnį. Kadangi bet kuriai naujai idėjai būdingas neapibrėžtumas, rizikos vertinimas ir strategijos rezultatų simuliacija padeda priimti ne tik geresnius, bet ir pigesnius sprendimus.

Projektų portfelio valdymas. Projektų portfelis – tai projektų, programų ir kitų darbų rinkinys, sudaromas siekiant palengvinti darbų valdymą. Portfelyje esantys

projektai ar programos nebūtinai yra tarpusavyje susiję. Portfelio valdymas suteikia galimybę užtikrinti, kad numatyti reikiami darbai strateginių tikslų įgyvendinimui, turima sistema ir įrankiai šiems darbams valdyti, turimi metodai tirti kolektyvinės sėkmės ir individualios nesėkmės poveikį ir užtikrinamas viso portfelio matomumas vykdomajai valdžiai. Projektų portfelyje numatomos lėšos, kurių reikės numatytoms programoms ir darbams įgyvendinti (sudaromas projektų portfelio biudžetas). Projektų portfelis taip pat turi būti subalansuotas rizikos ir naudos požiūriu, turi būti identifikuoti projektai, kurie lems matomus verslo modelio patobulinimus, ir projektai, kurie leis pasiekti trumpalaikių laimėjimų.

Projekto planavimas ir kontrolė. Nors projekto pamatiniai principai nekinta per visą jo įgyvendinimo laikotarpį, planavimas ir kontrolė turi būti lankstūs, priklausomai nuo transformacijos etapo. Pradiniam transformacijos etape daugiausia dėmesio turėtų būti skiriama projektų modeliavimui, simuliacijai ir rizikos valdymui, kadangi yra daug nežinomųjų, o strategija vis dar tvirtinama. Gali būti netikslinga kurti detalų planą, apimančią daugybę veiklų ir sudėtingų priklausomybių, kadangi planas gali pasenti per savaitę. Kontrolės procesai pradinuose etapuose taip pat turi būti lankstūs, kadangi didžiąją darbo dalį atlieka savarankiškos komandos, kurioms būdinga kontrolė komandos viduje. Projekto lyderio vaidmuo pradinuose etapuose gali apsiriboti tik reikiamo matomumo užtikrinimu ir kliūčių šalinimu. Kai strategija apibrėžiama ir kelias į naują verslo modelį tampa aiškesnis, programa pradedama vykdyti. Šiame etape jau parengiamas detalus planas ir vykdoma griežta kontrolė, siekiant užtikrinti, kad transformacija vyksta reikiamu greičiu.

Pokyčių valdymas. Trys pagrindiniai organizaciniai komponentai, kuriais remiasi verslo produktai ir paslaugos, yra struktūra, procesai ir kultūra. Struktūra apima visus organizacijos aspektus, apibrėžiančius tikslo kryptį: viziją, misiją, strategiją, politiką, funkcinis padalinius ar darbo grupes. Procesai parodo, kaip įgyvendinama numatyta kryptis. Kultūra atspindi elgseną organizacijoje, kurią sustiprina teigiama ar neigiama ideologija. Visi šie trys komponentai yra tarpusavyje susiję. Pakeitus vieno iš jų formą, pasikeis ir kitų dviejų komponentų forma. Taigi, bet kuriam proceso pokyčių planui būtina parengti struktūrinių ir kultūrinių pokyčių vertinimo metodus ir planą norint, kad pokyčiai būtų sėkmingai įgyvendinti ir tvarūs.

Komandinis darbas. Kadangi, kaip jau buvo minėta, verslo modelio inovacijos reikalauja kitokio juos diegiančių asmenų mąstymo, plataus ir įvairiapusio požiūrio į aplinkos pokyčius, literatūroje siūloma sudaryti už verslo modelio pokyčius atsakingą komandą, kuri įtrauktų įvairių sričių specialistus (strategijų planuotojus, rinkodaros specialistus, pardavimų specialistus, tyrimų ir plėtros srities atstovus, finansų analitikus, verslo vadovus) (Stähler, 2016; Huang et al., 2014;

Angelshaug, 2022, ir kt.). Remiantis Stähler (2016), verslo modelio inovacijoms inicijuoti ir diegti negali tiesiog būti paskirtas atsakingas asmuo ar asmenys, – reikia suvienyto požiūrio į verslo procesą. Kiekvienos srities specialistas sugebės numatyti, kokios įtakos inicijuojami pokyčiai turės šiai sričiai, o įvertinus visų specialistų išvalgas galima susidaryti vaizdą apie įtaką visam verslui. Projekto komanda gali būti suformuota ne tik iš įmonės dirbančiųjų, bet ir iš išorės specialistų. Vis dėlto, Arora et al. (2007) mano, kad iš įmonės atstovų suformuota komanda gali dirbti sėkmingiau, kadangi ji gali atvirai keistis informacija tarp padalinių, turi ryšį su galutiniais vartotojais nuo pat projekto įgyvendinimo pradžios per visą įgyvendinimo laikotarpį. Svarbu prisiminti, kad verslo modelis dar nėra tikrovė, o tik socialinis konstruktas. Arora et al. (2007) teigia, kad iš anksto sudaryti verslo modeliai pasiteisina tik palyginus stabilioje ir prognozuojamoje verslo aplinkoje. Tačiau dabartinėje eroje, kuriai būdingas spartus radikalių ir nenumatytų verslo aplinkos pokyčių tempas, reikia, kad rutina būtų nuolat peržiūrima, o sprendimai būtų aktyvūs ir adaptyvūs. Tik remiantis įvairiapusiu požiūriu galima įveikti šališkumą anksčiau dominavusios įmonės logikos atžvilgiu. Šalia įvairiapusio požiūrio, būtina užtikrinti, kad verslo modelio inovacijų diegimo procesas būtų lankstus, adaptabilus, kad proceso metu būtų mokomasi ir sparčiai kuriami protipai prielaidoms patikrinti (Stähler, 2016).

Komunikavimo valdymas. Gera komunikacija ne tik užtikrina, kad išnaudojamos visos galimybės perteikti viziją, bet ir sąmoningai stengiamasi skatinti visų verslo modelio transformacijoje dalyvaujančių suinteresuotųjų šalių dalyvavimą. Kaip ir pokyčių valdymo atveju, būtina sukurti išsamią komunikacijos strategiją ir planą. Komunikacijos planas yra paskirstymo struktūra, parodanti, kokia informacija kam, kada ir kaip siunčiama. Tikslai geriausiai suprantami tada, kai įsitikinama, kad tinkama žinutė nukeliauja reikiams žmonėms, tinkama forma / būdu, tinkamu dažniu, tinkamu laiku. Projekto vadovai turėtų nuolat įsitikinti, kad tarp suinteresuotųjų šalių neįkyla nesusipratimų. Ypatingą dėmesį reikia skirti vidaus ir išorės komandos narių, taip pat pagrindinių suinteresuotųjų šalių vaidmenims ir atsakomybei.

Inovacijos klasterių organizacijose įgyvendinamos siekiant tam tikrų tikslų, kurie kiekviename klasteryje gali skirtis priklausomai nuo veiklos sektoriaus, dalyvaujančių įmonių skaičiaus, strateginių uždavinių, išteklių pasiekiamumo, rinkos spaudimo ir daugelio kitų veiksnių. Idrissia et al. (2012) teigia, kad inovacijų kūrimas per klasterius gali būti apibrėžtas kaip būdas padidinti mažų ir vidutinių įmonių konkurencingumą, pasinaudojant vietinių struktūrų teikiama nauda ir sinergija per bendradarbiavimo ryšius. Taigi, pabrėžiamas konkurencinio pranašumo stiprinimo

tikslas. Siekiant konkurencinio pranašumo, diegiamos ne tik produktų ir paslaugų, bet ir žaliavų inovacijos (Tristão et al., 2013).

Remiantis Gnyawali ir Shrivastava (2013), svarbiausi inovacijų katalizatoriai klasteriuose yra sąmoningumas ir atsakas į rinkos pokyčius, tuo tarpu pagrindiniai barjerai yra išteklių ribotumas, organizacijos nelankstumas ir neapibrėžtumas. Autorių sukurtas koncepcinis modelis parodo, kad inovacijų katalizatorius stimuliuoja tokie veiksniai, kaip konkurencijos intensyvumas, socialinės sąveikos intensyvumas ir paties klasterio gyvybingumas, taip pat tinklo veiksniai – išteklių potencialas, orientacija į bendrą vystymąsi ir tinklo gyvybingumas. Van de Vrande et al. (2009) tyrimas parodė, kad vienas iš svarbiausių inovacijų diegimo tikslų yra technologijų tyrimas ir naudojimas (smulkių ir vidutinių įmonių atvejis). Pagrindiniai motyvai siejami su rinkos įtaka – siekis patenkinti vartotojų poreikius ir neatsilikti nuo konkurentų. Tyrimo metu nenustatyta reikšmingų skirtumų gamybos ir paslaugų sektoriuose, tačiau pastebėta, kad vidutinės įmonės yra labiau linkusios diegti inovacijas, nei smulkios įmonės.

Jucevičius ir Kinduris (2011) akcentuoja dalijimosi žiniomis motyvus diegiant inovacijas klasteriams priklausančiose įmonėse. Pasak autorių, dalijimasis žiniomis padeda mokytis ir kurti naujas žinias, kurios reikalingos inovacijoms. Kritinė refleksija iš įvairių perspektyvų padeda sumažinti naujų idėjų įgyvendinimo riziką.

Atsiliepiant į griežtėjančias verslo reguliavimo nuostatas, klasteriuose dažnai diegiamos ekologinės inovacijos. Tessitore et al. (2012) tyrimas, kuriame tirta 54 Italijos pramoninių klasterių imtis, parodė, kad įmonių jautrumas aplinkosaugos reikalavimams yra ypač didelis. Dalyvaujant klasteriuose, diegiami kolektyviniai modernūs vandens ir nuotekų valymo įrenginiai, kolektyvinės atliekų rūšiavimo ir perdirbimo sistemos. Tačiau šiuo atveju pastebima, kad įdiegtos ekologinės inovacijos nebūtinai padidina įmonių konkurencinį pranašumą ar atneša ekonominės naudos rinkoje (tyrime negauta tai patvirtinančių rezultatų). Tiesiog klasteriuose dalyvaujančioms įmonėms tampa greičiau ir pigiau įdiegti žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso principus atitinkančias inovacijas pagal vyriausybių keliamus reikalavimus. Tai ypač būdinga statybos, kalnakasybos, transporto ir apdirbamosios pramonės sektoriams. Papildomu motyvu tampa tai, kad Europos Komisija patvirtina programas, skirtas padėti smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms atitikti didėjančius aplinkosaugos reikalavimus (pvz., Aplinkosaugos reikalavimų laikymosi pagalbos programa) (angl. *the Environmental Compliance Assistance Programme (the ECAP)*) (Europos komisija, 2007).

Ko et al. (2020) pabrėžia, kad plėtojantis elektroninei prekybai, didėja efektyvių ir konkurencingų produktų pristatymo galutiniam vartotojui sistemų poreikis. Iš-

maniųjų platformų atsiradimas skatina greitojo pristatymo paslaugų kokybės pokyčius, ypač kalbant apie vadinamąsias „paskutiniosios mylios“ pristatymo sistemas (transportuojant prekes iš artimiausio paskirstymo taško į galutinę paskirties vietą). Įmonių bendradarbiavimas per išmaniąsias platformas leidžia sparčiau tiekti prekes galutiniam vartotojui bei taikyti diferencijuotus prekių pristatymo tarifus. Taip ne tik padidėja vartotojų aptarnavimo sparta, bet ir įmonės gali užsiimti didesnę rinkos dalį, padidinti veiklos pelningumą. Autoriai siūlo bendradarbiavimo modelį, kuris leidžia sudaryti „paskutiniosios mylios“ pristatymo laiko funkciją priklausomai nuo kiekvienos įmonės rinkos tankio. Taip pat pastebima, kad visoms bendradarbiaujančioms įmonėms tikslinga specializuotis pristatant tam tikrų grupių produktus (pvz., įprastus produktus, didelio dydžio / svorio produktus, produktus, kurie turi būti laikomi šaltai, ir pan.). Taip formuojami pristatymo paslaugų klasteriai. Prapajati et al. (2020) teigia, kad įmonių bendradarbiavimu pagrįsta „paskutiniosios mylios“ logistika yra būtina, norint sparčiai reaguoti į vartotojų poreikius ir efektyviai paskirstyti siuntas į tikslines paskirties vietas iš vietinių paskirstymo centrų. Pasinaudojant atitinkamais algoritmais, bendradarbiavimas įmonių logistikos klasteriuose leidžia efektyviai valdyti transporto priemonių maršrutus net vykdant šviežio maisto pristatymo užsakymus.

Fiol et al. (2009) analizavo vartotojų lojalumo aspektus. Jų tyrime santykių rinkodaros požiūriu nagrinėjama vartotojų lojalumą rodanti elgsena pramonės klasterio kontekste. Anot autorių, lojalumas yra pagrindinis kintamasis tiriant ilgalaikius įmonių santykius. Tyrimui pasirinktas Ispanijos keraminių plytelių klasteris. Klausimynai respondentams buvo sudaryti remiantis pirmine ir antrine informacija, o struktūrinių lygčių modeliai buvo naudojami statistiniam duomenų apdorojimui ir patvirtinamajai faktorių analizei. Tyrime pabrėžiama vartotojų suvokiamos vertės ir pasitenkinimo svarba plėtojant vartotojų lojalumą, taip pat išryškinama įvairių suvokiamos vertės dimensijų svarba. Hosseini et al. (2010) nagrinėjo vartotojų lojalumo problematiką sistemose verslas-verslui. Jų atlikto Irane veikiančių įmonių tyrimo rezultatai rodo didžiulius tyrime dalyvavusių įmonių gebėjimus ugdyti savo vartotojų lojalumą, kadangi verslo sistemoje parengtos rinkodaros strategijos yra daug efektyvesnės, nei atsitiktinės strategijos, kuriomis daugiausia remiasi pavienės, sistemoms nepriklausančios įmonės.

Maskell ir Lorenzen (2004) analizuoja klasterius kaip rinkos organizacijas. Visų pirma, jie teigia, kad klasterių rinkos nėra tokios siauros, kad jas būtų galima apriboti keitimusi nuosavybės teisėmis tarp daugybės kainas nustatančių pardavėjų ir pirkėjų, disponuojančių tobula informacija, kaip paprastai įsivaizduojama tradicinėje ekonomikoje. Atsižvelgiant į sandorių kaštus, kurie yra didesni, nei tarpininkams

mokamas atlygis, rinkas galima traktuoti kaip institucijas su joms būdingais bruožais. Specifiniai bruožų rinkiniai atspindi specifinę rinkos formą. Klasteriai ir yra viena iš tokių specifinių rinkos formų, struktūrizuota pagal teritorines linijas. Šiuolaikinės rinkos yra kruopštaus svarstymo ir sąmoningų pastangų, derinamų su ne taip racionaliai suplanuotomis inovacijomis, rezultatas. Net ir trumpiausias neatidėliotinas sandoris tarp partnerių vyksta rinkose, kurios yra labai institucionalizuotos. Tokiose rinkose svarbu rasti pusiausvyrą tarp to, kokią veiklą įmonės vykdys pelnui gauti, o kokią paliks vykdyti kitoms įmonėms ir įsigis per rinką, t. y. svarbu rasti balansą tarp to, ką gaminti, ir ką pirkti (ištekliai, technologijos, darbo jėga, žinios, rinkodaros paslaugos ir kt.). Kadangi klasterį sudaro įvairaus pobūdžio organizacijos, kurios gali teikti paslaugas / produktus / išteklių vienos kitoms, sprendimas dėl to, kiek paslaugų / produktų / išteklių bus perkama, priklauso nuo to, kiek pasitikima sandorių partneriais, ir ar gaunamos naudos neviršys daugybinių sandorių kaštai. Maskell ir Lorenzen (2004) teigia, kad įmonės yra linkusios rinktis paprastą tinklaveiką tuomet, kai jų vartotojų, tiekėjų ir produktų / paslaugų rinkinys yra palyginus stabilus, tuo tarpu klasteriai formuojami tada, kai šis rinkinys nėra stabilus, t. y. klasteriai formuojami pagilinti įsiskverbimo į rinką laipsnį ir pasiekti tikėtino santykinio stabilumo. Autoriaus Tu (2011) tyrime, kuriame analizuojami aukštųjų technologijų pramonės klasterių rinkodaros modeliai ir strategijos, pripažįstama, kad klasteriuose rinkodaros naudos atneša sinergijos efektas – plečiasi rinkos tyrimai, plėtojamos naujos rinkos, palengvėja prieiga prie esamų ir naujų rinkų, padidėja klasteriams priklausančių įmonių užimama rinkos dalis, vystosi paskirstymo kanalai. Zheng ir Chen (2006) teigia, kad klasterių rinkodara suteikia mažoms ir vidutinėms įmonėms didelį konkurencinį pranašumą, kad jos galėtų plėtoti naujas rinkas ir efektyviai vystytis, tad klasteriai pasitarnauja ilgalaikiam įmonių ištvirtinimui rinkoje.

Schmitz (1999), Goetz (2008), Scheuplein (2009), JAV Nacionalinė mokslų akademija (2012), Hervas-Oliver et al. (2018) ir kiti akcentuoja grąžos iš investicijų didėjimą klasteriuose. Schmitz (1999) savo tyrime pagrindžia prielaidą, kad grąža iš investicijų klasteriuose sparčiai auga todėl, kad klasterizacija atveria galimybių didesniai efektyvumui, kurio atskiros įmonės negalėtų pasiekti. Šis efektyvumas vadinamas kolektyviniu efektyvumu ir apibrėžiamas kaip konkurencinis pranašumas, įgyjamas dėl vietinės išorinės ekonomijos ir jungtinių veiksmų. Autorius pastebi, kad ekonominė nauda nebūtinai padidėja vien tik dėl dalyvavimo klasteryje, tačiau klasteris yra veiksnys, didinantis ekonominę naudą. Taip pat pastebima, kad didėjančią grąžą yra daug sunkiau modeliuoti, negu stabilią ar mažėjančią grąžą. Pasak Scheuplein (2009), geografinė įmonių koncentracija lemia reikšmingai didėjančią

grąžą iš investicijų pramonės klasteriuose dėl bendros transporto sistemos ir infrastruktūros, jungtinės pramoninių įgūdžių turinčių darbuotojų rinkos, vietinių tiekėjų, žinių ir technologijų sklaidos. Hervas-Oliver et al. (2018) tyrimo rezultatai rodo, kad buvimas aglomeracijoje turi teigiamos įtakos įmonių investicinės veiklos rezultatams. Goetz (2008) argumentuoja, kad būtent grąža iš investicijų lemia klasterių patrauklumą investuotojams. Patrauklumas investicijoms – tai privalumų ir trūkumų visuma subjekte, į kurį investuojama. Klasterių patrauklumą investicijoms lemia rinkos absorbcija, infrastruktūra, išsivystymo lygis ir verslo aplinka.

JAV Nacionalinės mokslų akademijos (2012) leidinyje akcentuojamas valstybinių investicijų grąžos didėjimas. Klasteriai skatina bendradarbiavimą, kurio reikia idėjų generavimui, ir padeda perkelti idėjas į rinką. Šitaip sėkmingi klasteriai žymiai padidina valstybės investicijų į mokslinius tyrimus ir plėtrą grąžą ir pirmauja pasaulyje pagrindinių technologijų srityje. Suprasdamos šį poveikį, tiek išsivysčiusios, tiek besivystančios ekonomikos šalių vyriausybės laikosi klasterių plėtros politikos ir investuoja į šios politikos įgyvendinimą.

Investuojant į inovacijas, kai turimi riboti ištekliai, įmonėms reikia išlikti išmanioms ir efektyvioms. Viena vertus, tiekimo grandinės sutrikimai, darbo jėgos trūkumas, žaliavų ir energijos kainų kilimas didina verslo išlaidas. Kita vertus, vartojimo paklausa traukiasi dėl sumažėjusios vartotojų perkamosios galios ir neaiškios pasaulio ekonomikos perspektyvos. Abi kartu šios sąlygos mažina įmonių pelną ir meta šešėlį jų augimo perspektyvoms. Ilgą laiką buvo manoma, kad mokslinių tyrimų ir plėtros veikla bei technologinė pažanga, matuojama pagal išlaidas mokslinių tyrimų ir plėtros veiklai bei patentų skaičių, yra pagrindiniai inovacijų ir ekonominio augimo varikliai. Tačiau ekonominis augimas yra nebūtinai susijęs su technologinėmis inovacijomis. Grynąją vertę generuojančios inovacijos šiandien yra ypač aktualios įmonėms, ieškančioms naujų augimo galimybių. Technologijos tik palengvina grynosios vertės generavimą. Grynoji vertė kuriama, didinant rinkos paklausos potencialą, didinant produkto / paslaugos vertę vartotojui. Vadinasi, kad generuotų didesnę grynąją vertę, inovacijos turi būti paslankios, atliktos ne pernelyg dideliais kaštais ir orientuotos į vietinę ar regioninę vertę (Kim et al., 2022). Pries-Heje ir Hansen (2016) teigia, kad informacinių-komunikacinių technologijų inovacijos kuria vertę per socialinį kapitalą, t. y. koordinuojant socialinius ryšius. Taigi, inovacijas diegiančioms kompanijoms svarbu derinti socialinio ir ekonominio kapitalo vertę, kuriant ir išlaikant verslo ryšius bei naudojantis tinklaveika. Vertindami informacinių-komunikacinių technologijų generuojamą vertę į inovacijas orientuotuose tinkluose (pvz., klasteriuose), autoriai vertinimo veiksmu pasirinko tinklaveikos ryšių prototipą (angl. *network nexus prototype*). Šis veiksnys leido

įvertinti, ar verslo tinklas yra struktūrizuotas taip, kad generuotų vertę jo nariams, bei ką reikėtų tobulinti, norint padidinti tinkle generuojamą grynąją vertę. Daroma išvada, kad verslo tinkle generuojama grynoji vertė priklauso nuo tinklo struktūros. Lubiàn (2019) teigia, kad nors su technologinėmis inovacijomis paprastai siejami dideli lūkesčiai, ne visos didelės investicijos ir inovacijos yra protingos. Norint pamatuoti būsimų inovacijų vertę, reikia atsižvelgti į organizacijos ekonominę vertę be planuojamų inovacijų bei tikėtiną inovacijų ekonominę vertę. Abiejų šių veiksmų suma ir bus bendroji inovacijų generuojama vertė. Taigi, kaip rodo literatūros analizė, nepriklausomai nuo to, kokios metodus skirtingi autoriai pasirenka inovacijų generuojamos grynosios vertės matavimui, yra pripažįstama, kad inovacijos (dažniausiai turimos galvoje informacinių-komunikacinių technologijų inovacijos) generuoja pridėtinę verslo vertę.

Pavelkova et al. (2021) analizavo klasterių finansinės veiklos rezultatus tradiciniuose plastiko ir tekstilės pramonės sektoriuose Čekijos Respublikoje 2009–2016 m. ir nustatė, kad narystė klasterio organizacijoje turi teigiamos įtakos įmonių ekonominei pridėtinei vertei, taip pat darbo produktyvumui, turto grąžos (angl. *Return on Assets* – ROA) rodikliui ir grąžos iš pardavimų (angl. *Return on Sales* – ROS) rodikliui. Kadangi grąžos iš pardavimų rodiklis apskaičiuojamas kaip veiklos pelno ir pardavimų pajamų santykis, galima teigti, kad narystė klasteryje didina ir dalyvaujančių įmonių veiklos pelną. Teigiamą ryšį tarp klasterizacijos ir įmonių ekonominės veiklos rezultatų (pagrindinis įmonių ekonominės veiklos rezultatas yra pelnas) patvirtino ir Benneworth et al. (2003), Martin ir Sunley (2003), Stavropoulos ir Skuras (2016), Branco ir Lopes (2018) ir kiti. Tačiau šis ryšys nėra absoliutus. Kukalis (2010) nenustatė jokių statistiškai reikšmingų skirtumų tarp klasteriams priklausančių ir nepriklausančių įmonių ekonominės veiklos rezultatų ankstyvuosiuose sektoriaus gyvavimo ciklo etapuose, o vėlyvuosiuose etapuose klasteriams nepriklausančios įmonės pagal ekonominės veiklos rezultatus net lenkia klasteriui priklausančias įmones. Vadinasi, klasteriui priklausančių įmonių ekonominės veiklos rezultatai pranoksta klasteriams nepriklausančių įmonių sektoriaus brandos etape. Branco ir Lopes (2018) tyrė įmonių ekonominės veiklos rezultatų priklausomybę ne nuo sektoriaus, o nuo klasterio gyvavimo ciklo etapo. Jie nustatė, kad ši priklausomybė yra didžiausia klasterio vystymosi etape, tuo tarpu pradiniam ir brandos etapuose klasteriams priklausančių įmonių ekonominės veiklos rezultatai nebuvo geresni, nei sektoriaus vidurkis.

Kitas reikšmingas įmonių ekonominės veiklos rodiklis yra grynosios pajamos. Kalbėdamas apie klasteriuose dalyvaujančių įmonių pajamas, autorius Khanat (2021) pirmiausia akcentuoja klasterių pajamų valdymo svarbą. Jo analizuojamas

sektorius – viešbučių ir apgyvendinimo paslaugų sektorius. Pasak autoriaus, nors egzistuoja daug įvairių klasterių pajamų valdymo formų, jų bendras bruožas yra klasteryje dalyvaujančių įmonių (tyrime – viešbučių) pajamų atsakomybė. Kaip struktūrizuojamos tam tikros atsakomybės pozicijos, priklauso nuo viešbučio tipo ir turimų išteklių. Svarbiausi klasterių pajamų valdymo tikslai yra padidinti užimamą rinkos dalį ir maksimizuoti pajamas iš nuosavybės. Klasterio pajamos valdomos suvienodinant klasteriui priklausančių įmonių kainodarą, rinkodarą, paskirstymo strategijas, dalijantis technologinėmis ir reklamos platformomis, gerąja praktika. Pagrindinis klasterių pajamų valdymo motyvas – didinti veiklos efektyvumą ir mažinti kaštus. Tam dažnai pasitarnauja inovacijos (pvz.: debesijos technologijos, automatinės duomenų rinkimo sistemos, modernios reklamos, vietų rezervavimo platformos, komunikavimo su vartotojais sistemos ir pan.). Padidinus efektyvumą ir sumažinus kaštus, išauga grynosios klasterio pajamos. Tsionas ir Assaf (2021) savo tyrime net išvystė lanksčią pajamų funkciją, kurioje atsižvelgiama į konkurenciniuose klasteriuose dalyvaujančių viešbučių charakteristikas. Ši pajamų funkcija leidžia įvertinti paklausos elastingumą, pajamų efektyvumą, techninius pokyčius, efektyvumo pokyčius, produktyvumo augimą, projektuojamas variacijas.

Teigiama klasterių įtaka įmonių pajamų augimui patvirtinama Miao et al. (2019) tyrime, kuriama analizuojama dinaminės kainodaros problematika internetu prekiaujant produktais, kuriems būdingos mažos pardavimų apimtys. Tyrime pateikiamas algoritmas, leidžiantis identifikuoti panašios paklausos produktus ir klasterio viduje atlikti paklausos vertinimą, pagal kurį būtų formuojami efektyvesni kainodaros sprendimai. Eksperimentai su realiais duomenų rinkiniais rodo, kad patobulinta kainodara padeda padidinti grynąsias pajamas.

Atlikę tyrimą būsto ir komunalinių paslaugų sektoriuje veikiančiuose klasteriuose, autoriai Nikityuk ir Vikhoreva (2021) nustatė, kad inovacijas analizuotuose klasteriuose labiausiai skatina subsidijavimas ir lengvatiniai mokesčiai. Autorių teigimu, būsto ir komunalinių paslaugų sektoriui išgyvenant krizę, reformos nėra veiksmingos. Tuo tarpu subsidijos ir lengvatinių mokesčių taikymas gali pagerinti būsto ir komunalinių paslaugų kokybę, prisidėti prie inovatyvios aplinkos ir skaitmeninių technologijų plėtros, suaktyvinti investicinę veiklą ir taip gerinti būsto ir komunalinių paslaugų įmonių konkurencingumą.

Broekel et al. (2015) analizavo mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) subsidijų paskirstymą klasteriuose ir vertino, ar klasteriams priklausančios įmonės yra taip pat ar kitaip įtraukiamos į subsidijuojamos MTEP veiklos bendradarbiavimo tinklus nei kitos įmonės. Teoriniai argumentai buvo empiriškai patikrinti, remiantis Vokietijos biotechnologijų įmonių, dalyvavusių 6-osiose ES

bendrosiose programose ir nacionalinėse MTEP subsidijavimo schemose 2000-ųjų pradžioje, pavyzdžiui. Tyrimo rezultatai patvirtino, kad subsidijavimas turi teigiamos įtakos klasteriuose diegiamoms inovacijoms, kadangi būtent klasteriuose dalyvaujančios įmonės turi daugiau galimybių gauti lėšų iš ES bendrųjų programų MTEP veiklos plėtrai, taip pat gali užimti palankesnes kiekybines ir kokybines pozicijas nacionaliniuose dalijimosi žiniomis tinkluose, skirtuose bendros MTEP veiklos vykdymui.

Tačiau teigiama subsidijų įtaka patvirtinta ne visais moksliniais tyrimais. Carbon-Dhersin ir Taugourdeau (2015) gauti rezultatai rodo, kad ilgalaikio MTEP klasterio veikla vienu metu priklauso nuo dviejų veiksnių: skiriamos subsidijos dydžio ir klasteryje atliekamų tyrimų bei inovacijų vertinimo (atliekant testus, publikuojant mokslinius straipsnius ir kt.). Jei subsidija pernelyg maža, bendradarbiavimas klasteryje tarp viešojo ir privataus sektoriaus institucijų tampa nebeperspektyvus (komandos pelnas tampa per mažas), o viešajam sektoriui atstovaujantys tyrėjai yra linkę pasitraukti į privatų sektorių. ir atvirkščiai, per didelės subsidijos gali skatinti atotrūkį tarp klasteryje dalyvaujančių viešojo ir privataus sektoriaus institucijų, kadangi privatus sektorius bus linkęs atsiriboti nuo viešojo sektoriaus, siekiant išvengti konkurencijos MTEP srityje. Esant vidutiniam subsidijų lygiui, žymiai padidės viešajam sektoriui atstovaujančių klasterio institucijų inovacinės pastangos, tačiau privačiam sektoriui atstovaujančių institucijų pastangos bus menkesnės.

Rodríguez-Pose et al. (2021) pastebi, kad nors subsidijavimas yra plačiai paplitęs finansinis inovacijų skatinimo įrankis ir reikšminga finansinės paramos portfelio dalis, subsidijos pasiekia ne visas įmones, kurioms jų iš tiesų reikia, kadangi subsidijų skyrimo mechanizmai dažnai yra pernelyg sudėtingi, tad dėl subsidijų kreipiasi tik tos įmonės, kurios žino, „kaip žaisti prašymų dėl subsidijų teikimo žaidimą“ (Rodríguez-Pose, 2021). Todėl daugiau galimybių gauti subsidijas turi stambesnės įmonės, pasižyminčios tvirta tarptautine ir novatoriška trajektorija, arba įmonės, kurios turi patirties veikti sistemoje, o ne labiausiai nusipelnusios įmonės ir projektai. Šios prielaidos patvirtinamos empiriniu tyrimu, kuriame analizuojami 17 866 paraškų dėl inovacijų subsidijų duomenys, kuriuos tvarko Valensijos konkurencingumo institutas (angl. *the Valencian Institute of Competitiveness*). Empirinis tyrimas atskleidė, kad įmonės, turinčios specifinių žinių, įgytų teikiant ankstesnius paraškas, dalyvaujant viešojo finansavimo projektuose ar teikiant konsultacijas dėl dotacijų, yra pagrindinės inovacijų subsidijų gavėjos – jos pirmauja prieš kitus, dažnai perspektyvesnius kandidatus, kuriems trūksta praktinės patirties, kaip įveikti sudėtingą ir dažnai ydingą prašymų teikimų procesą. Taigi, daroma išvada, kad dabartinė subsidijų inovacijoms paskirstymo politika nėra optimali.

Šalia subsidijų literatūroje minimos ir tokios skaitmenizavimo verslo įmonėse ir klasteriuose finansavimo priemonės, kaip mokesčių lengvatos, fiksuoti čekiai, kaskadiniu finansavimu grįstos programos, paskolos, garantijos, palūkanų finansavimas.

Sun et al. (2021) analizavo, kaip mokesčių lengvatos veikia korporacijų inovacinę veiklą. Empiriniai rezultatai rodo, kad lengvatinė mokesčių politika gali veiksmingai sumažinti faktinę mokesčių naštą aukštųjų technologijų įmonėms. Tačiau kai kuriais atvejais naudojamosi pelno mokesčio lengvatomis, manipuliuojant MTEP išlaidomis. Priešpriešinis MTEP intensyvumo vertinimas rodo, kad Kinijos biržoje kotiruojamų įmonių investicijų į MTEP apmokestinamųjų pajamų elastingumas svyruoja nuo 0,55 iki 0,8. Gamybos įmonių apmokestinamųjų pajamų elastingumas svyruoja nuo 0,6 iki 0,75. Inovacijų veiksmingumui MTEP veiklos diapazone turi įtakos ir įmonių lygio skirtumai. Didesnis mokesčių lengvatų skatinamasis poveikis pastebimas klasteriuose, kuriuose tarp įmonių yra mažesnis neigiamas veiklos rezultatų atotrūkis.

Salido (2019) aprašo Europos Sąjungoje naudojamas fiksuotų sumų čekių suteikimo schemas inovacijų ir skaitmenizavimo skatinimui. Plačiąja prasme fiksuotų sumų čekių programos reiškia ekonomines paskatas, kurias privačioms įmonėms suteikia vietos, regionų ir nacionalinės vyriausybės, siekdamos iš anksto nustatytų tikslų. Čekiai skirti mikroįmonėms, smulkioms ir vidutinio dydžio įmonėms ir vyriausybiniams institucijoms spręsti problemas, susijusias su inovacijomis ir skaitmeninimu, skatinant naujų technologijų, paslaugų ar įgūdžių pritaikymą. Išskiriami 4 kategorijų čekiai:

- 1) čekiai inovacijoms (investicijoms į inovatyvius sprendimus, paslaugas ir įrangą, kuri palengvins inovacijas),
- 2) čekiai skaitmenizavimui (investicijoms į inovatyvius skaitmeninius sprendimus, paslaugas ir įrangą, kuri palengvins skaitmenizaciją įmonėje),
- 3) čekiai apmokymui (skirti bazinių ir aukštesnio lygio skaitmeninių įgūdžių tobulinimui tarp įmonės darbuotojų ir visuomenės piliečių),
- 4) specialieji čekiai (skirti teikti specializuotą tikslinę paramą, kuri padėtų spręsti specifines IT ir inovacijų problemas).

Remiantis Salido (2019) pateiktais statistiniais duomenimis, 50 proc. ES išduotų čekių yra čekiai inovacijoms, po 21 proc. sudaro čekiai skaitmenizavimui ir apmokymui, 8 proc. sudaro specialieji čekiai. Verslo konsultavimo įmonės „Acubiz“ (2022) interneto svetainėje aprašomi fiksuoti čekiai („vaučeriai“), skiriami Danijos smulkioms ir vidutinėms įmonėms skatinti jose skaitmeninių technologijų diegimą. Remiantis pateikta informacija, čekiais padengiami ne tik tiesioginiai procesų skaitmenizavimo kaštai, bet ir darbo jėgos kaštai. Dėl finansavimo gali kreiptis įmonės,

kurių apyvarta neviršija 50 mln. EUR arba balansas siekia daugiausia 43 mln. EUR. Įmonė neturi būti gavusi daugiau nei 200 000 EUR valstybinės paramos einamaisiais ir dviem prieš tai buvusiais finansiniais metais. Įmonės gali kreiptis dėl 25 000, 50 000, 100 000 ir 250 000 Danijos kronų vertės čekių. Darbuotojų skaičius įmonėse, besikreipiančiose dėl 25 000 Danijos kronų vertės čekių, turi būti 2–49 darbuotojai, įmonėse, besikreipiančiose dėl 50 000 ar 100 000 Danijos kronų vertės čekių – 2–249 darbuotojai, o įmonėse, besikreipiančiose dėl 250 000 Danijos kronų vertės čekių – 3–349 darbuotojai. Remiantis šaltiniu, ši finansavimo forma efektyviai skatina skaitmenizaciją smulkiojo ir vidutinio verslo įmonėse, kadangi skaitmenizacija reikalauja nemažo kapitalo, galinčio atbaidyti smulkųjį ir vidutinį verslą nuo investicijų. Teigiamai vertinama ir skaitmenizavimo skatinimo per fiksuotų sumų čekius patirtis Airijoje („Enterprise Ireland“, 2022), Kroatijoje („Confida“, 2022), nors reikalavimai įmonėms, norinčioms kreiptis dėl šios finansavimo formos, yra skirtingi kiekvienoje šalyje.

Kaskadinis finansavimas (angl. *cascade funding*), dar vadinamas finansine parama trečiosioms šalims, yra mechanizmas, kuriuo Europos Komisijos vardu paskirstomi paramos fondai organizacijoms, pradedančioms ar vystančioms labai siauros nišos inovacijas. Tai pradinio lygmens finansavimo mechanizmas, dažniausiai skiriamas startuoliams, besiplečiančioms įmonėms (angl. *scale-ups*), smulkioms ir vidutinėms įmonėms ir / arba vidutinės kapitalizacijos įmonėms. Šiuo finansavimo mechanizmu siekiama skatinti naujų įmonių kūrimąsi, plėsti veikiančių įmonių veiklos apimtį, skatinti skaitmenines inovacijas. Šiuo mechanizmu siekiama supaprastinti finansavimo skyrimo administravimo procedūras, sukurti lengvą, smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms palankią paraiškų teikimo schemą, taip pat suteikti galimybių kai kuriems ES finansuojamiems projektams dalyvauti atviruose kvietimuose papildomam finansavimui teikti. Šį mechanizmą Europos Komisija pirmą kartą pristatė bendrojoje mokslinių tyrimų ir inovacijų programoje „Horizon 2020“ (2014–2020 m.) (Europos Komisija, 2015b). Tačiau skirtingai nei pagal kitas „Horizon 2020“ finansavimo procedūras, kai trečioji šalis tapdavo projekto naudos gavėja ir sudarydavo sutartį su Europos Komisija, kaskadinį finansavimą gaunančios trečiosios šalys sudaro sutartį su ES finansuojamo projekto konsorciumu, kurio trečiąja šalimi jos ir tampa. Konsorciumas yra atsakingas Europos Komisijai už trečiąsias šalis, kurioms jis teikia finansinę paramą, todėl šioms trečiosioms šalims nereikia ES teisinio ir finansinio patvirtinimo, tad tampa lengviau teikti paraiškas finansavimui gauti (Europos Komisija, 2020d).

Casorati ir Verbeek (2020) tyrime nagrinėjama smulkiųjų ir vidutinių įmonių prieigos prie finansavimo šaltinių problematika. Atlikę apklausą (apklausę

102 smulkiųjų ir vidutinių įmonių atstovus ir atlikę giluminius interviu su smulkiųjų ir vidutinių įmonių atstovais bei finansiniais tarpininkais) ir išanalizavę gautus duomenis autoriai teigia, kad smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms yra apskritai sunku gauti išorinį finansavimą skaitmenizavimo projektams. Didžiausią dėmesį jie skyrė galimybių gauti paskolas analizei. Atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad nors bankinės paskolos galėtų būti pirminis skaitmenizavimo projektų finansavimo šaltinis, bankų atstovams dažnai trūksta patirties ir kvalifikacijos tinkamai įvertinti skaitmenizavimo projektus. Bankų paskolų skyrių atstovai dažnai negali įvertinti potencialios skaitmenizavimo projektų vertės ir rizikos, todėl priimdami sprendimą dėl finansavimo skyrimo ar neskystimo remiasi įmonės ankstesnių laikotarpių veiklos rezultatais, užstatu ir kapitalo patikimumu. Tai reiškia, kad skaitmenizavimo projektai yra mažiau finansuojami išduodant paskolas, nei kitų rūšių projektai. Atsižvelgiant į unikalius skaitmenizavimo projektų bruožus (1 – skaitmenizavimo projektams dažnai trūksta apčiuopiamo užstato; 2 – intelektinė nuosavybė ir nematerialusis turtas nėra plačiai pripažįstami kaip užstatas; 3 – skaitmenizavimo projektų naujumas dažnai reiškia, kad trūksta istorinių įrodymų, patvirtinančių projekto verslo pagrindą, o tai gali sukelti abejonių dėl įmonės gebėjimo grąžinti skolas ir ateities pinigų srautų generavimo; 4 – paskolos dydis ir finansavimo reikalavimai skaitmenizavimo projektams yra palyginti nedideli, todėl padidėja sandočių sąnaudos ir administracinė našta. Kitaip tariant, šie projektai gali būti mažiau patrauklūs ir mažiau pelningi bankams nei didesnės paskolos), bankai linkę šiuos projektus suvokti kaip rizikingus. Todėl norint išplėsti smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms pasiekiamus išorinio finansavimo šaltinius diegiant skaitmenizacijos projektus, siūloma šiuo tikslu taikyti tikslinius finansinius instrumentus. Vienas iš tokių instrumentų – valstybinių institucijų garantijos. Ši priemonė jau yra taikoma. Pavyzdžiui, reaguodama į COVID-19 pandemijos sukeltą ekonominę šoką, Europos Komisija pasiūlė naują „InvestEU“ programą – strateginę investavimo priemonę (Europos Komisija, 2021a). Pagal šią priemonę atrinktiems projektams būtų skiriamos 31,5 mlrd. EUR vertės ES biudžeto garantijos bei iki 150 mlrd. EUR vertės investicijos, skatinant Europos pramonės lyderystę strateginiuose sektoriuose ir pagrindinėse vertės grandinėse, įskaitant tuos sektorius ir tas vertės grandines, kurie yra itin svarbūs skaitmeninei transformacijai ir poslinkiui Europos žaliojo kurso link.

Taip pat pastebėtina ir palūkanų finansavimo skatinamoji priemonė įmonėms, diegiančioms skaitmenines inovacijas. Nuo 2022 m. sausio 1 d. Europos Komisijos sprendimu supaprastintos ir išplėstos paskolų išdavimo programos pagal numatytas ekonominių reformų programas (ERP). Šiomis programomis numatoma remti

smulkiąsias ir vidutinio dydžio įmones – lengvinti joms finansavimo sąlygas. Kai kuriose šalyse toks skatinimas jau vykdomas. Pavyzdžiui, Vokietijos ekonominių reikalų ir energetikos federalinė ministerija kartu su „KfW“ valstybiniu investicijų ir plėtros banku nuo 2021 m. liepos 1 d. sumažino paskolų, skirtų skaitmenizavimo ir inovacijų projektams, palūkanas – žemiausia palūkanų norma yra 0,01 proc. Tikimasi, kad tai padės įmonėms ženkliai sumažinti skolinimosi kaštus, ypač 10 metų laikotarpiu, kuris yra populiariausias imant paskolas. „KfW“ valstybinio investicijų ir plėtros banko vykdomosios valdybos narės Dr. Ingrid Hengster teigimu, verslo procesų ir modelių skaitmenizavimas yra būtinas ne tik reaguojant į COVID-19 pandemijos iššūkius, bet ir skatinant verslo konkurencingumą skaitmeninėse rinkose. Tikslinė palūkanų finansavimo parama diegiant skaitmenines transformacijas ir inovacijas yra skiriama smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms, laisvai samdomų profesijų atstovams ir startuoliams. Be to, inovacijas diegiantys subjektai galės patenkinti savo bendruosius investicijų ir apyvartinio kapitalo poreikius – jiems bus išduodamos iki 25 mln. eurų vertės paskolos vienam inovacijų ir skaitmenizavimo projektui, palūkanų norma – nuo 0,01 proc. per metus. Tai ekonomiškai efektyvus investicijų ir apyvartinių lėšų finansavimo būdas, o paskolos grąžinimo pradžios laikotarpio atidėjimas iki 2 metų dar labiau sumažins spaudimą verslui išlikti likvidžiam („KfW“ valstybinis investicijų ir plėtros bankas, 2021).

Yim et al. (2020) teigia, kad vystant klasterių politiką po COVID-19 pandemijos, kai asmeninių kontaktų sumažėjo, svarbu remti mokslinių tyrimų ir plėtros veiklą (MTEP), ypač tokias jos formas, kurioms nereikia asmeninių kontaktų. Pasak autorių, būtent MTEP veikla sukuria sinergijos efektą tinkle, kuriame bendradarbiauja verslo įmonės, universitetai, mokslinių tyrimų institutai ir kitos institucijos. Vykdam MTEP veiklą, žinios perduodamos technologinių inovacijų proceso metu, o inovacijų sąnaudos gali būti mažesnės. Sinergija atsiranda derinant lėšas, žinias ir darbo jėgą visų technologinių inovacijų procesų metu, nuo planavimo iki technologijų komercializavimo. Inovacijų klasteriuose subjektai ne tik bendradarbiauja vieni su kitais, bet ir konkuruoja, o tai skatina kurti aukšto lygio inovacijas.

Autoriai Edquist (2005), Adner ir Kapoor (2010), Mercan ir Goktas (2011) analizavo klasterių inovacines ekosistemas. Šis požiūris pagrįstas evoliucine ekonomika, kai ekonomika traktuojama kaip kompleksinė adaptyvi sistema, kurioje įvairūs subjektai (smulkios, vidutinio dydžio ir stambios įmonės, institucijos, universitetai, investuotojai, verslininkai ir kt.) bendradarbiauja ir konkuruoja tam, kad išliktų sparčiai kintančioje aplinkoje. Remiantis šiuo požiūriu, įmonės turi elgtis kaip gyvi biologiniai organizmai, konkuruojantys dėl ribotų išteklių, o klasteriai tampa ekosistemomis ar ekologinėmis nišomis (Ji ir Gunasekaran, 2014). Įmonių atsakas

į kintančias rinkos ir technologines sąlygas yra prisitaikymas prie naujų sąlygų, sukuriant tarpusavio priklausomybę, kai procesų, produktų ar technologijų kitimas vienoje įmonėje daro įtaką tolesniems kitų įmonių sprendimams, o tai, savo ruožtu, lemia naujas ekosistemų konfigūracijas (Martin ir Sunley, 2006).

Komorowski (2019) apibrėžia inovacijų ekosistemas kaip struktūras, susidarančias tarp subjektų, siekiančių technologijų plėtros ir inovacijų kaip vieno iš savo tikslų. Inovacijų ekosistamai gali priklausyti organizuotos ar neorganizuotos individų ir įmonių grupės, vyriausybės ir akademinės organizacijos. Autorės atliktas inovacijų ekosistemų Europoje tyrimas parodė, kad dauguma jų yra pasiekę augimo ar įsitvirtinimo rinkoje etapus. Tik 16 proc. Europoje susidariusių inovacijų ekosistemų yra neseniai atsiradusios. Žinoma, kintant išsivystymo etapui, ekosistema evoliucionuoja. Tačiau esamas jos evoliucionavimo etapas turi didelės įtakos funkcionavimo ir valdymo sprendimams. Augančiose ir jau įsitvirtinusių inovacijų ekosistemose yra aiškiai apibrėžti ir suformuoti inovacijų diegimo tikslai ir pradėti tiesioginiai veiksmai. Remiantis šiais rezultatais galima teigti, kad dauguma Europoje susiformavusių inovacijų ekosistemų yra palankios praktiniam skaitmenizavimo sprendimų įgyvendinimui.

Autio (2017) teigia, kad verslumo ekosistemos, arba suinteresuotųjų šalių bendruomenės, skatina skaitmenizavimą, kadangi jose kaupiami specializuoti ištekliai, kurie panaudojami verslo įmonių plėtrai. Pasak autoriaus, verslumo ekosistemos skiriasi nuo tradicinių regioninių aglomeracijų trimis aspektais:

- 1) specializuotų išteklių kaupimu,
- 2) dominuojančiais tinklų kūrimo ir konkurencijos modeliais (horizontalieji tinklai, vertikalioji konkurencija),
- 3) dominuojančiomis žinių sklaidos formomis (specializacija verslumo galimybių srityje).

Verslumo ekosistemoms būdingas horizontalusis tinklų kūrimas tame pačiame vertės grandinės lygmenyje ir vertikalioji konkurencija (priešingai nei tradiciniams rinkos dalyviams, esantiems už klasterio ribų). Taip yra todėl, kad kiekviena nauja įmonė kreipiasi į savo rinką su išskirtiniu pasiūlymu. Todėl horizontaliai susijusios įmonės verslumo ekosistemose nėra potencialūs substitutai ir nekonkuruoja tarpusavyje. Tačiau jos konkuruoja tomis pačiomis priemonėmis – radikaliais naujais verslo modeliais, metančiais iššūkį tradiciniams nusistovėjusių sektorių lyderiams. Minėti aspektai pasitarnauja radikalioms verslo modelio inovacijoms, tarp jų ir skaitmenizavimui (Autio et al., 2017). Startuolių įmonės veržiasi link ekosistemų, kadangi ekosistemos gali padidinti jų efektyvumą ir padėti įdiegti radikalius verslo modelius, galinčius mesti iššūkį jau įsitvirtinusiems sektoriaus atstovams.

Eraydin ir Armatli-Köroğlu (2005) analizavo inovacijų ir tinklaveikos ryšį pramoniniuose klasteriuose. Autoriai teigia, kad inovacijos ir tinklaveika yra du pagrindiniai veiksniai, užtikrinantys naujosios kartos pramonės klasterių konkurencingumą. Giluminiai interviu, kurių metu apklausti trijų stambiausių Turkijos klasterių atstovai, patvirtina vietinės ir nacionalinės tinklaveikos, taip pat globalių ryšių tarp verslo įmonių svarbą: patvirtinamas ryšys tarp tinklaveikos ir inovatyvumo. Be to, pateikiama įrodymų, kad pasauliniuose tinkluose dalyvaujantiems klasteriams būdingas didesnis inovacijų skaičius palyginus su vietiniuose tinkluose dalyvaujančiais klasteriais. Pittaway et al. (2005) tyrimas atskleidė, kad pagrindiniai tinklaveikos pranašumai yra šie: dalijimasis rizika, prieiga prie naujų rinkų ir technologijų, spartesnis produktų pateikimas į rinką, žinių ir įgūdžių plėtra, prieiga prie išorinių žinių, nuosavybės teisių apsauga, ypač tais atvejais, kai neįmanoma užbaigti ar apibrėžti sutarčių. Be to, tinklaveika skatina ne tik inovacijų kūrimą per minėtus veiksnius, bet ir inovacijų sklaidą (Pittaway et al., 2005).

Olsen et al. (2020), kurie tyrė, kaip tinklaveika gali stimuliuoti ir palengvinti skaitmenizaciją klasteriuose, atliko 12 interviu (kurie truko nuo 22 min. iki 1 val.) su 3 stambiais klasteriais (vieną klasterį sudarė daugiau kaip 100 įmonių narių) Norvegijoje atstovaujančiais respondentais. Tyrimo rezultatai parodė, kad pagrindiniai skaitmenizaciją per tinklaveiką skatinantys veiksniai yra dalijimasis žiniomis ir profesionalus klasterio valdymas. Konkurencija tarp klasteriui priklausančių įmonių ir klasterio veiklos kaštai nustatyti kaip pagrindiniai skaitmenizavimą ribojantys veiksniai, ypač smulkiojo verslo atstovams. Pagrindinėmis skaitmenizavimą skatinančiomis tinklaveikos formomis įvardinti seminarai, konferencijos, kursai ir bendri kūrybiniai projektai.

Kohlbacher (2007) teigia, kad tinklaveika yra ypač veiksminga, kai rinka yra dinamiška, o įmonės turi ribotus išteklius inovacijoms. Tuomet per tinklus bendradarbiaujančios įmonės keičiasi žiniomis ir ištekliais, kurdamos interpretacijas ir ieškodamos atsakymų į probleminius klausimus. Šis bendras kūrimas ypač pastebimas tiekimo grandinės, paslaugų inovacijų ir informacinių technologijų diegimo srityse.

Vis dėlto, yra ir literatūros šaltinių, kuriuose kalbama ne tik apie tinklaveikos, bet ir apie geografinio artumo teigiamą įtaką inovacijoms klasteriuose. Ferras-Hernandez ir Nylund (2019) teigia, kad inovacijoms būdinga artimos erdvės dimensija: geografiškai artimos įmonės yra linkusios ieškoti savybių, kuriomis išsiskirtų iš konkurentų, todėl joms reikia diegti inovacijas. Konkurencija klasteryje vyksta tarp kelių varžovų, kurie atidžiai stebi vienas kitą ir gali būti iš karto mėgdžiojami. Taigi, strateginė artimų įmonių sąveika skatina inovacijų procesą. Įmonės našumas didėja, kai vietiniai konkurentai atsilieka bent viena technologine karta (Lawless

ir Anderson, 1996). Inovacijos diegiamos sąmoningai ieškant ekonominės asimetrijos, kad būtų išvengta tobulos konkurencijos ir nulinio pelno pusiausvyros (Ferras-Hernandez ir Nylund, 2019). Be to, didėjant konkurencijai, reikia sudėtingesnių ir mišrių projektų. Ne tik naujos mokslinės žinios darosi vis sudėtingesnės ir daugialypės – projektai taip pat tampa sudėtingesni (Acs et al., 2002). Be to, dėl konkurencinio spaudimo produktai turi būti išleisti į rinką daug greičiau (Ferras-Hernandez ir Nylund, 2019).

Šalia geografinių ir regioninių aspektų bei pozicionavimo pagal konkrečias vertės grandines, klasterių teorijos pradininkas M. Porter (2009) teigia, kad darbo jėgos mokymas ir kvalifikacijos kėlimas neabejotinai vaidina svarbų vaidmenį didinant verslo konkurencingumą. Kvalifikuotų darbuotojų reikia ne tik darbui imliuose ekonomikos sektoriuose, bet ir žinioms imliuose sektoriuose, ir įmonės vis dažniau susiduria su kvalifikuotos darbo jėgos trūkumu. Dėl demografinių pokyčių (gyventojų skaičiaus mažėjimo išsivysčiusiose šalyse, visuomenės senėjimo) manoma, kad situacija ateityje tik blogės, nors būtent žmogiškojo kapitalo ir darbo jėgos plėtra yra inovacinių pajėgumų klasteriuose didėjimo pagrindas (Europos klasterių observatorija, 2016).

Ferras-Hernandez ir Nylund (2019) taip pat pabrėžia žinių, kvalifikacijos kėlimo ir naujų kompetencijų reikšmę. Pasak autorių, įmonės inovacijų klasteriuose gauna daug naudos iš išorinių specifinių žinių srautų. Pagalbinė infrastruktūra ir viešoji politika, orientuota į MTEP laboratorijų ir tyrimų centrų steigimą, yra teigiamo išorinio poveikio varikliai, padedantys skleisti žinias, kuriomis gali pasinaudoti klasterio įmonės. Pittaway et al. (2005) pateikia įrodymų, kad įmonės, kurios nebendradarbiauja ir oficialiai ar neoficialiai nesikeičia žiniomis su kitais subjektais, ilgainiui apriboja savo žinių bazę, o tai galiausiai sumažina jų galimybes užmegzti mainų santykius. Zainuddin ir Gonzalez (2011) traktuoja dalijimąsi žiniomis ne tik kaip bendradarbiavimo variklį, bet ir kaip varomąją jėgą, skatinančią pokyčius (taip pat ir skaitmenizaciją) ir leidžiančią geriau suprasti vartotojų poreikius. Atsižvelgdami į skaitmenizacijos aspektą, Casorati ir Verbeek (2020) teigia, kad žinių trūkumas yra pagrindinis barjeras, stabdantis skaitmenizaciją smulkiosiose ir vidutinio dydžio įmonėse. Vis dėlto, kaip pastebi Yoong ir Molina (2003), nepaisant teigiamos dalijimosi žiniomis įtakos, daugeliui įmonių sunku dalytis savo žiniomis neatsisakant konkurencinio pranašumo.

Remiantis Europos klasterių observatorijos (2016) informacija, darbuotojų kvalifikacijai didinti gali būti pasitelkiamos jungtinės kvalifikacijos kėlimo ir mokymo programos (programose dalyvaujant darbuotojams iš kelių klasteriui priklausančių įmonių), specializuotos įgūdžių, kurių reikia tam tikrame sektoriuje, lavinimo

programos (bendruosius ir specifinius įgūdžius lavinti gali padėti klasteryje dalyvaujančios švietimo institucijos, pavyzdžiui, kolegijos, universitetai), stebėjimo veikla (monitoringas) – vertinama įgytų įgūdžių pažanga ir įtaka, tarpusavio mainų funkcijos (Šiuo atveju klasterių organizacijos vaidmuo yra tarpininkauti tarp klasteriui nepriklausančios akademinės bendruomenės ir klasteriui priklausančių pramonės atstovų, didinant pastarųjų kvalifikaciją). Kvalifikacijos kėlimo tikslais gali pasitarnauti ir vadinamosios „interesų grupės“ (angl. *interest groups*) arba teminiai komitetai (angl. *topic-based committees*). Jie sudaromi iš klasteriui priklausančių narių ir formuojami, norint kelti kvalifikaciją teisinių reikalų, finansų, žmogiškųjų išteklių valdymo ir kitose konkrečiose srityse. Didžiausias skirtumas tarp mokymo programų ir tokių interesų grupių ar komitetų yra tas, kad pastarųjų veikla nebūtinai yra nukreipta vien tik į mokymąsi – dalyvių kvalifikacija gali kilti dalijantis su kolegomis žiniomis, patirtimi, kontaktais atitinkamoje interesų srityje. Teigiama, kad besivystančiuose ekonomikos sektoriuose darbuotojų kvalifikaciją lems tyrimų ir plėtros veikla, pasirengimas gamybai ir rinkodaros veikla. Informacijos apie tai, kiek ir kaip keisis darbuotojų kvalifikacijos poreikiai įvairiuose ekonomikos sektoriuose, kaupimas ir analizė yra viena iš klasterių organizacijų funkcijų (Europos klasterių observatorija, 2016). Darchen (2016) laikosi nuomonės, kad didelės įtakos efektyviam ir greitam žinių perdavimui, valdant vis sudėtingesnius projektus, turi ir klasterių geografinis artumas: jeigu klasteriui priklausančios organizacijos yra geografiškai artimos, joms lengviau pasinaudoti tiesioginės sąveikos privalumais vykdant sudėtingus projektus. Tuo tarpu Audretsch ir Feldman (2004) bei Engel ir del-Palacio (2009) akcentuoja ne geografinio artumo, bet mobilumo privalumus. Autoriai mano, kad didėjant inovacijų tempui, būtina stiprinti sąveiką tarp įmonių ir didinti žmonių, kapitalo bei žinių mobilumą.

Bandomųjų demonstracijų, parodomųjų diegimų ir testavimo prieš išigyjant paslaugą vaidmenį pabrėžia Frishammar et al. (2015). Pasak autorių, šios priemonės padeda sukurti ryšius tarp pagrindinių žinių generavimo ir technologinių proveržių bei susieti pramoninį ir komercinį pritaikymą. Tačiau minėtoms priemonėms įgyvendinti dažnai reikia specialios įrangos, į kurią privatus sektorius retai kada nori ir gali investuoti, tad bandomųjų demonstracijų, parodomųjų diegimų ir testavimo teikiamas potencialas dažnai lieka neišnaudotas. Kita vertus, literatūroje nurodoma daugybė veiksnių, galinčių turėti įtakos bandomųjų demonstracijų, parodomųjų diegimų ir testavimo veiklos sėkmei (pvz., vartotojų įtraukimas, suderinimas su atsakingomis institucijomis, ir t. t.). Dažnai šias priemones sunku įgyvendinti praktiškai, o skiriant vyriausybės finansavimą trūksta nuoseklių ir aiškiai apibrėžtų tikslų (Harborne ir Hendry, 2009).

Vieno langelio principas reiškia tarpusavyje susijusių infrastruktūrą ir paslaugas, kurioms būdingos tarpusavio sąsajos ir bendrai adaptuoti verslo procesai. Vieno langelio aplinka reiškia įvairių institucijų vaidmenų, teisinių reikalavimų ir verslo procesų suderinamumą ir funkcijų vykdymą per automatizuotas sistemas. Vieno langelio aplinka kuriama pasitelkiant reikiamus inžinerinius pajėgumus, o normatyvinė bazė formuojama išleidžiant atitinkamus potvarkius. Ne visuomet vieno langelio sistemos kuriamos nuo nulio. Tai gali būti ir esamų informacinių-technologinių sistemų pertvarkymas ar kapitalinis rekonstravimas. Vienas iš pagrindinių vieno langelio sistemų privalumų yra tas, kad išvengiama pakartotinio duomenų pateikimo. Šios sistemos taip pat leidžia standartizuoti duomenis, siųsti elektroninius pranešimus, keistis dokumentais. Vieno langelio aplinka suteikia fizinę arba elektroninę prieigą prie visų duomenų ir dokumentų, kurių reikia sandorio įforminimui, pateikimui ir tvarkymui (Tijan et al., 2012). Tokiose integruotose sistemose viena automatizuota sistema veikia kaip tarpusavyje susijusių paslaugų apdorojimo centras ir pasinaudoja sąsajomis su kitomis tinklui priklausančiomis sistemomis, kad būtų galima užbaigti sandorį (Jungtinių Tautų Organizacija, 2012). Dar vienas privalumas – vieno langelio sistemų vystymasis kartu su elektroninio verslo vystymusi padaro tarptautinius mainus sparčius ir skaidrius, o tai yra svarbu sėkmingai konkurencijai globaliose rinkose. Manoma, kad vieno langelio principu veikiančios sistemos klasteriuose gali padėti efektyviai keistis informacija ir dokumentais tarp įvairių suinteresuotųjų šalių ir taip sukurti potencialą esamų sistemų evoliucijai (Tijan et al., 2012).

Apibendrinant galima daryti šias išvadas:

Inovatyvus klasterių pobūdis yra patvirtinamas ir daugeliu ankstesnių tyrimų, atskleidžiančių, kad klasteriuose dalyvaujančios įmonės yra labiau linkusios diegti inovacijas Klasterių galimybes diegti inovacijas lemia šios priežastys:

- klasterio nariai gali adekviačiau ir sparčiau atsiliepti į klientų poreikius dėl platesnio vartotojų tinklo, nei atskiras vienas gamintojas;
- klasterio nariai turi prieigą prie naujausių technologijų įvairiose ekonominės veiklos srityse;
- inovacijų diegimo procese dalyvauja ir tiekėjai, ir vartotojai, taip pat kitų ekonomikos sektorių įmonės;
- įmonėms bendradarbiaujant, tyrimų ir plėtros kaštai mažėja;
- klasterio nariai patiria intensyvių konkurencinį spaudimą, kurį dar labiau padidina nuolatinis verslo lyginimas su panašių įmonių darbu.

Viena reikšmingiausių sričių, kurioje klasterio organizacijos diegia inovacijas, yra komunikavimas. Klasterio organizacijoje pastoviai vyksta materialūs ir informaciniai

mainai su nevienalyte išorine aplinka – tai visuma ūkio subjektų, su kuriais vyksta inovacijų, medžiagų ir informacijos mainai (inovacijos, produktai, finansai, rinkodaros komunikacija ir kt.). Be aplinkos, klasterio elementai sąveikauja su posistemiais (individualiomis įmonėmis, institucijomis, kurios nėra klasterio elementai) ir to paties lygio sistemomis (kiti inovatyvūs klasteriai). Taip pat pastebimos inovacijos gamybos, vartotojų aptarnavimo, naujų paslaugų, transportavimo, kaštų stebėjimo ir kontrolės, informacijos paieškos ir apdorojimo srityse.

Vis dėlto, reikia pabrėžti, kad nors kai kuriuose ankstyvuosiuose klasterių tyrimuose buvo daroma išvada, kad inovacijų diegimą klasteryje dalyvaujančiose įmonėse skatina jau pats erdvinis artumas (angl. spatial proximity) tarp klasterio dalyvių, naujesni tyrimai atskleidė, kad inovacijų diegimas yra skatinamas tik tuomet, kai erdvinis artumas dera su kultūriniu, pažintiniu ir organizaciniu artumu.

Ankstesniais tyrimais išryškinama nauda, susijusi su technologiniais pokyčiais ir padidėjusiomis išlaidomis tyrimų ir plėtros veiklai. Per dalyvavimą klasteriuose įgyvendintas inovacijų diegimas padidina įmonių produktyvumą, išplečia informacinę duomenų bazę. Taip pat pripažįstama, kad ypač padidėja įmonių (jų darbuotojų) gebėjimas nustatyti, įgyti, suprasti ir panaudoti išorines žinias. Nauda, kurią klasteriuose dalyvaujančios įmonės gauna, gali susidoroti su verslo užduotimis, su kuriomis nepajėgtų susidoroti savo jėgomis. Dalyvavimas klasteriuose padeda išsiugdyti bendradarbiavimo suvokimą ir adaptuoti visapusio laimėjimo (angl. win-win) strategijas.

1.4. Skaitmeninių transformacijų reikšmę klasteriuose

Ayhan (2017) teigia, kad pirmiausia svarbu formuoti skaitmenizavimui pasirengusią visuomenę, t. y. skatinti skaitmeninį raštingumą. Daugialypis raštingumas yra svarbiausias raštingumo bruožas 21 amžiuje. Individai turi gebėti suprasti daugiasluoksnes struktūras, kurios apima ne tik žodžius, bet ir įvairias komunikavimo formas bei vaizdinius. Tüzel (2013) tyrimas parodė, kad nors daugiasluoksnis raštingumas šiuolaikinėje visuomenėje yra pasiekiamas, jis vis dar laikomas problemiška visuomenės išsilavinimo sritimi. Be to, raštingumo tobulinimas turi trukti visą gyvenimą, kadangi informacinės-komunikacinės sistemos yra itin dinamiškos. Skaitmeninis raštingumas yra procesas, apimantis žinių raštingumą, kompiuterinį raštingumą, internetinį raštingumą, žiniatinklio raštingumą, elektroninį raštingumą (e-raštingumą). Skaitmeninis raštingumas tampa sistetine visuomenės prievole,

ir atvirkščiai, norint skatinti skaitmenines transformacijas, reikia plėsti visuomenės skaitmeninį raštingumą (Allen, 2016). Remiantis skaitmeninių viešųjų paslaugų biuro Šveicarijoje (2022) informacija, skaitmeninių transformacijų procese svarbu stiprinti suvokimą apie skaitmenizavimą ir jo teikiamą naudą bei lankstumą įvairiose srityse, įskaitant ir viešąjį administravimą.

Atlikę dokumentinių šaltinių, publikacijų, viešųjų duomenų bei tarptautinių agentūrų pateikiamų duomenų analizę, Paul et al. (2020) pripažįsta poreikį formuoti rinkos skaitmenizavimo kelrodžius (politikos ir veiksmų planus), kadangi būtent kelrodžių formavimas gali padėti apibrėžti konkrečius skaitmenizavimo uždavinius, kurie, savo ruožtu, leistų tikėtis didesnės potencialios naudos. Šie kelrodžiai taip pat leistų numatyti, kokių išteklių reikės skaitmeninei transformacijai ir kokių išteklių gali trūkti. Identifikavus išteklių nepakankamumo problemą, būtų galima numatyti galimus šių išteklių šaltinius. Uždavinių apibrėžimas, išteklių bei jų šaltinių numatymas leistų kurti efektyvią ekosistemą skaitmeninei transformacijai palengvinti. Sehlin et al. (2019) teigimu, skaitmenizavimo kelrodis padėtų sumažinti spaudimą smulkiojo ir vidutinio verslo vadovams, kurie priversti rūpintis, kad jų verslas atitiktų vis didėjančius techninius ir technologinius reikalavimus, reiškiančius dideles investicijas. Atlikę pasirinktos kompanijos atvejo analizę, autoriai nustatė, kad skaitmenizavimo kelrodis padėtų įmonėms pasiekti skaitmeninių inovacijų brandumo lygį. Pagal autorių išplėtotą skaitmenizavimo brandos modelį skaitmenizavimo kelrodis leistų užtikrinti, kad skaitmenizavimo procesas bus adaptabilus, leis geriau reaguoti į vartotojų poreikių pokyčius bei susieti juos su verslo srities ir visuomenės pokyčiais.

Siekdamos neatsilikti nuo greit kintančios rinkos aplinkos ir tenkinti vartotojų poreikius, smulkiosios ir vidutinės įmonės privalo vykdyti skaitmenines transformacijas, kadangi stambesnės jų konkurentės jau dabar investuoja į skaitmenines technologijas, generuojančias pridėtinę vertę. Vis dėlto, nors pripažįstamas didėjančias domėjimasis skaitmenizacija, smulkiojo ir vidutinio verslo vadovai dar mažai žino apie platų skaitmeninių technologijų ir jų potencialios naudos diapazoną. Philipp et al. (2019) siūlo skaitmenizavimo auditą kaip priemonę, leidžiančią nustatyti smulkiųjų ir vidutinio dydžio įmonių (autoriai nagrinėjo uostų atvejį) skaitmenizavimo būklę. Teigiama, kad ši priemonė bus taikoma tolesnėje ES projekto „Connect2SmallPorts“ eigoje. Remiantis Privilegiuotojo vidaus auditorių instituto (2017) informacija, skaitmeninėms transformacijoms įgaunant pagreitį, bus neišvengiamai susidurta su padidinta rizika, susijusia su duomenų / informacijos saugumu, kibernetiniu ir verslo atsparumu sukrėtimams, ryšių su trečiosiomis šalimis valdymu, dalijimusi duomenimis, skaitmeninių sprendimų valdymu ir biudžeto sudarymu.

Visa tai lems grėsmių ir rizikos bei išteklių šioms grėsmėms ir rizikoms valdyti audito poreikį. Rizikos ir finansų konsultavimo kompanija „Deloitte“ (2018) savo ataskaitoje išskiria 5 su modernių technologijų naudojimu susijusias rizikos rūšis: veiklos riziką, finansinę riziką, reguliavimo riziką, organizacinę riziką ir technologinę riziką. Veiklos rizikai priskiriamos šios rizikos rūšys: prasta procesų automatizavimo ir tęstinio integravimo technologijų struktūra, galinti lemti procesines klaidas; skirtingi technologiniai požiūriai į verslo problemas gali lemti nestandartinę verslo aplinką, kurioje bus sunku dirbti; įvesties duomenys gali būti neišsamūs, pasenę ar šališki, jų gali nepakakti reikiamam imties dydžiui; netinkami duomenų rinkimo ir kaupimo metodai gali lemti nesuderinamumą tarp duomenų, naudojamų algoritmų mokymui, ir tikrųjų įvesties duomenų, naudojamų operacijoms atlikti; netinkamai pasirinkti modeliavimo metodai, kodavimo klaidos perdėtas algoritmų automatizavimas gali padidinti operacijų vykdymo riziką; didelė dalis technologijų ir jų pardavėjų yra palyginus nauji, nesubrendę, o tai didina riziką dėl trečiųjų šalių įtakos. Finansinei rizikai priskiriamos šios rizikos rūšys: netinkamas procesų automatizavimo ir tęstinio integravimo technologijų taikymas gali baigtis finansiniais ir reputaciniais įmonės nuostoliais; technologijų tarpusavio nesuderinamumas gali lemti santykinį vidaus kontrolės neefektyvumą rengiant finansines ataskaitas. Reguliavimo rizikai priskiriamos šios rizikos rūšys: vėliau atsiradę įstatymų pokyčiai ir teisiniai reikalavimai gali turėti neigiamos materialinės įtakos modernias technologijas įdiegusiems pionieriams; kai kuriuos itin griežtai reguliuojamus procesus (pvz., duomenų privatumą) gali būti sunku automatizuoti; neteisingos ar neišsamios ataskaitos, sudarytos per automatines sistemas, gali užtraukti baudas; algoritmai gali veikti pažeidžiant kai kuriuos įstatymus (pvz., mažumų teises). Organizacinei rizikai priskiriamos šios rizikos rūšys: visą darbo dieną dirbančių darbuotojų pakeitimas ar jų funkcijų transformavimas gali turėti neigiamos įtakos darbuotojų moralei; grupių funkcijų nesuderinamumas gali lemti atotrūkius tarp funkcijų ir netinkamą atskaitomybę; automatinų sistemų standartų trūkumas gali apsunkinti valdymo procesus; dėl pernelyg aktyvaus automatinų sistemų diegimo gali kilti darbuotojų apmokymų problemų. Technologinei rizikai priskiriamos šios rizikos rūšys: automatinų sistemų naudojimas gali sumažinti veiklos skaidrumą; gali iškilti informacijos saugos ir prieigos kontrolės iššūkių; automatinės sistemos gali tapti kibernetinių atakų taikiniu; netinkamai suprojektuotos automatinės sistemos gali perkrauti esamas IT sistemas. Norint tinkamai valdyti minėtą riziką, rizikos auditavimas sėkmingoms skaitmeninėms transformacijoms yra laikomas prievole („Deloitte“, 2018).

Bandomieji projektai gali būti naudojami skaitmeninių sprendimų tyrimui, demonstravimui, optimizavimui ir sklaidai. Bandomieji projektai ir testavimas yra

puikūs būdai minimizuoti nesėkmių riziką ir maksimizuoti skaitmeninių iniciatyvų naudą. Jie padeda patikrinti, kaip įdiegti skaitmeniniai įrankiai dera su dabartiniais verslo procesais, ar patogų automatinėmis sistemomis naudotis darbuotojams ir vartotojams. Taip pat bandomieji projektai leidžia identifikuoti procedūras ar užduotis, kurioms būdingas aukštesnis nei priimtinas klaidų lygis (Barata et al., 2018). Bandomieji projektai leidžia kiekybiškai įvertinti skaitmeninių transformacijų naudą šiais aspektais:

- finansiniu – leidžia numatyti, kiek lėšų dėl įdiegtų skaitmeninių transformacijų bus sutaupyta per tam tikrą laikotarpį (pvz., per ateinančius 5 metus);
- veiklos (operaciniu) – leidžia įvertinti, kiek dėl skaitmeninių transformacijų pagerės įmonės veiklos rodikliai (pvz., sutrumpės produkto / paslaugos pateikimo rinkai laikas, sumažės pardavimų kaštai, padidės vartotojų pasitenkinimas ir kt.);
- atitikties – leidžia numatyti, kaip nauji skaitmeniniai sprendimai padės įmonei atitikti statutinius, reguliavimo ir audito reikalavimus, kokią grįžtamąją ryšį iš kontroliuojančių ir audituojančių institucijų padės užtikrinti („TAB“, 2020).

Taigi, daroma išvada, kad finansinių resursų bandomiesiems projektams pritraukimas ir šių projektų įgyvendinimas gali padėti sumažinti nežinomybę ir riziką įgyvendinant skaitmenizavimo projektus ir prisidėti prie organizacijos žinių plėtros, taip suteikiant galimybę permąstyti verslo strategijas ir kelti darbuotojų kvalifikaciją skaitmeninio raštingumo srityje.

Skaitmeninių technologijų infrastruktūra reiškia technologijas, kurios sukuria organizacijoje pagrindą informacinių technologijų plėtrai ir operacijų skaitmenizavimui (verslo konsultavimo organizacijos „Base 22“ (2022) informacija). Pagrindiniais skaitmeninių technologijų infrastuktūros elementais laikomi šie:

- internetas, plačiajuostis ryšys,
- mobiliųjų telekomunikacijų ir skaitmeninio ryšio rinkiniai, mobiliosios aplikacijos,
- duomenų centrai ir tinklai,
- įmonių portalai, platformos, sistemos ir programinė įranga,
- debesijos paslaugos ir programinė įranga,
- veiklos saugumo, vartotojo tapatybės identifikavimo ir duomenų šifravimo sistemos,
- aplikacijų programavimo sąsajos ir integravimas.

Investicijos į skaitmeninių technologijų infrastruktūrą gali būti didelės, tad teikiama parama paspartintų skaitmeninės transformacijos procesus. Modernizuodamos savo senas sistemas ir pereidamos prie naujausių technologijų, leidžiančių

prisijungti ir dalytis duomenimis per interaktyvias skaitmenines platformas ir mobiliąsias aplikacijas, įmonės gali formuoti geresnę vartotojų patirtį, kurti didesnę produktų ir paslaugų pridėtinę vertę. Pasak Rozenberg ir Wellenstein (2020), norint pasiekti maksimalios naudos iš skaitmeninių transformacijų, viešosios institucijos privalo remti skaitmeninės technologinės infrastuktūros plėtrą ir perskirstyti skaitmenizavimo naudą, kad ji pasiektų visus, net ir neturtingus visuomenės sluoksnius. Skaitmeninių technologijų galios kapitalizavimas padidins efektyvumą ir saugumą, kurie yra pagrindiniai tvarios plėtros veiksniai.

„PricewaterhouseCoopers“ (2016) savo ataskaitoje akcentuoja MTEP projektų ir skaitmenizacijos plėtros tarpusavio ryšį. Jų teigimu, MTEP projektai atlieka reikšmingą vaidmenį skaitmenizuojant vertės grandines, paslaugų ir produktų portfelius, net verslo modelius. MTEP projektai didina skaitmeninių transformacijų efektyvumą (modeliuojant, kaip bus mažinami kaštai, ir simuliuojant, kaip skaitmeninės transformacijos bus pritaikytos praktikoje), leidžia minimizuoti riziką (vertinant realaus laiko duomenis) ir didina inžinerinius pajėgumus (pasitelkiant greituosius prototipus). Visa tai smarkiai sumažina skaitmeninių transformacijų diegimo ciklą ir sutrumpina laiką. Vienintelis reikalavimas – MTEP projektai turi būti pagrįsti efektyviais inžineriniais sprendimais ir simuliacinio įrankiais. Kadangi ryšys abipusis, gaunama nauda taip pat abipusė. Lygiai taip, kaip MTEP projektai gali būti integruoti į holistinę skaitmeninių transformacijų plėtros ciklą visoje vertės grandinėje, skaitmeninės transformacijos gali prisidėti prie MTEP projektų efektyvumo, ekonomiško ir rizikos mažinimo („PricewaterhouseCoopers“, 2016).

MTEP svarbą diegiant skaitmenines transformacijas pripažįsta ir Europos Komisija (2021b). Viešasis finansavimas, skirtas MTEP projektams, susijusiems su informacinėmis-komunikacinėmis technologijomis, 2018 m. pasiekė 7 mlrd. eurų ir sudarė 7,1 proc. visos ES paramos, skirtos MTEP projektams. Planuojamas 5,5 proc. pastovus finansavimo augimas kasmet. Išlaidos į informacines-komunikacines technologijas orientuotų MTEP projektų vykdymui verslo įmonėse auga dar greičiau nei bendrojoje ekonomikoje (atitinkamai 46 ir 37 proc. visų MTEP išlaidų 2006–2017 m.). Daugiausia išlaidų į informacines-komunikacines technologijas orientuotiems MTEP projektams versle skiriama Prancūzijoje, Vokietijoje, Didžiojoje Britanijoje, Italijoje, Švedijoje ir Suomijoje (Europos Komisija, 2021c).

Huda ir Rejito (2020) teigimu, verslo inkubatoriai (autorių atliktame tyrime analizuotas universiteto sukurto verslo inkubatoriaus atvejis) gali padėti smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms, nepasirengusioms technologinei plėtrai, sparčiau adaptuoti ir skaitmenizuoti verslo procesus. Tiriamu universiteto sukurto verslo inkubatoriaus atveju pastebėta, kad turėdami didelę tyrimų ir išteklių bazę, uni-

versitetai gali sparčiai kurti inovacijas, kurias adaptuodamos smulkiosios ir vidutinio dydžio įmonės didina savo technologinį pažangumą ir kartu konkurencingumą. Pasak autorių, universitetai verslo inkubatoriuose galėtų teikti įmonėms tokias paslaugas, kaip mokymai, kvalifikacijos kėlimo programos, tinklaveika, rinkodaros paslaugos, finansų valdymo paslaugos, personalo samdymo paslaugos, laboratorijų ir įrangos suteikimas, techninė priežiūra ir kt. Mörke ir Swensson (2020) nagrinėjo virtualių inkubatorių atvejį ir inkubatorių paslaugų plėtrą skaitmeninei verslininkystei vystyti. Jų atlikto tyrimo (14 struktūrinių giluminių interviu) rezultatai rodo, kad verslo inkubatoriai vis dažniau pasitelkia socialines masinio informavimo priemones norėdami pasiekti potencialius verslininkus. Verslo inkubatorius dažniausiai veikia kaip tinklaveikos, finansavimų, mokymų ir talentų radimo tarpininkas skaitmeninėms transformacijoms versle sėkmingai diegti. Tačiau pastebima pasitikėjimo kūrimo problema, ir verslo inkubatoriai ieško būdų, kaip sustiprinti verslininkų pasitikėjimą jais.

Skaitmeninėms transformacijoms taip pat pasitarnauja ir verslo akceleratoriai. Jie padeda ne tik startuoliams, bet ir jau veikiančioms įmonėms suderinti techninę strategiją su ilgalaikiais organizacijos planais, užtikrinti bendradarbiavimą ir koordinavimą tarp įmonės padalinių, integruoti dirbtinio intelekto, mašininio mokymosi ir kitas technologijas į verslo procesus ir taip patobulinti verslo produktų portfelį, formuoti komercines skaitmenines platformas ir kurti vartotojų patirtį per šias platformas. Kaip teigia Polo et al., (2020), verslo akceleratoriai smarkiai padidina įmonių dinaminį pajėgumą.

De Crombrugghe ir Moore (2021) analizuoja ryšį tarp investicijų skatinimo ir skaitmeninių transformacijų. Autorių teigimu, investicijų skatinimas būtinas programinės įrangos plėtrai, duomenų centrams ir debesijos kompiuterijai, informacinėms-komunikacinėms technologijoms ir ryšio infrastruktūrai, skaitmeninei sveikatai, dirbtiniam intelektui ir mašiniam mokymuisi. Visa tai padeda kurti palankią verslo aplinką, ekosistemą, plėsti skaitmeninius įgūdžius. Kaip pagrindinės problemos įvardijamas adekvačių įgūdžių trūkumas, neefektyvios viešosios institucijos ir prasta teisinė bazė. Nurodoma, kad modernūs mechanizmai pritraukti investicijas yra virtualios vietos pasirinkimas (angl. *virtual site selection*), skaitmeninės vartotojų aptarnavimo paslaugos ir dirbtiniu intelektu paremta rinkodara. Investicijų pritraukimo būtinybę akcentuoja ir Pasaulio ekonomikos forumas (2020), kurio pranešime teigiama, kad tiesioginės investicijos į skaitmenines transformacijas gali padėti verslui sparčiau įveikti COVID-19 krizę ir transformuoti verslo modelius, paspartinti technologijų sklaidą, praktinės patirties (angl. *know-how*) technologijų plėtrą, padėti kurti darbo vietas ir skatinti ekonominį augimą. Pažymėtina,

kad šalia investicijų poreikio nurodomas ir atitinkamos politinės ir teisinės bazės kūrimo poreikis, kadangi skaitmeniniai verslo modeliai skiriasi nuo tradicinių – jie yra paremti duomenimis ir technologijomis, vykdomi per platformas (vadinamoji platformų ekonomika) (angl. *the platform economy*), didelės reikšmės juose turi ne-tradicinis turtas.

Kalpaka et al. (2020) išvelgia mokymų ir konsultavimo svarbą. Jų teigimu, svarbu nuolat atnaujinti darbo jėgos skaitmeninius įgūdžius, kad įmonės galėtų gauti kiek galima daugiau naudos iš skaitmeninių transformacijų. Personalo mokymai galėtų būti vykdomi klasterių viduje (tais atvejais, kai klasteriuose dalyvauja universitetai, profesinės mokyklos, tyrimų centrai) arba pasinaudojant skaitmeninių inovacijų centrų paslaugomis. Mokymai gali vykti kaip kvalifikacijos kėlimo kursai, stovyklos, stažuotės, trumpalaikiai skaitmeninių įgūdžių tobulinimo kursai ir kt. Pabrėžiama, kad mokymų turinys privalo būti suderintas su konkrečių subjektų (pvz., verslo įmonės ar klasterio) poreikiais, atitikti regioninius interesus (rekomenduojama atlikti regiono poreikių analizę). Mokymai yra glaudžiai susiję su sąmoningumo didinimu. Naudotis naujomis technologijomis gali būti mokoma seminarų, interaktyvių demonstracijų, išvykų į gamyklas metu, pasinaudojant demonstracijų kambariais ir kt. Pasak Proust (2020), tradiciniai mokymo metodai taip pat turi keistis. Atsižvelgiant į technologinių pokyčių greitį ir verslo paslankumo poreikį, kelių dienų mokymai už įmonės ribų (kai kurie iš jų gali būti net netaikomi darbuotojo vaidmeniui) nebėra perspektyvūs. Laimei, tos pačios technologijos, kurios skatina skaitmenines transformacijas kitose verslo srityse, taip pat gali būti panaudotos transformuojant mokymosi ir tobulinimosi procesus. Pavyzdžiui, moderni mokymosi ir tobulinimosi platforma gali ne tik teikti mokymus tinkamu laiku (angl. *just-in-time training*), bet ir suteikti vertingų įžvalgų, jeigu tik ji yra paremta tokia ekosistema, kurios centre yra mokymosi patirtis.

Focacci ir Kirov (2021) analizavo, kaip verslo ekosistemos padeda įmonėms adaptuotis prie informacinės revoliucijos ir technologinės-ekonominės paradigmos. Jų empirinio tyrimo rezultatai parodė, kad bendradarbiavimas klasteriuose tarp vietos verslo įmonių, tyrimų institutų ir vyriausybės buvo veiksnys, kuris lėmė sėkmingą technologinę transformaciją ir skaitmenizaciją regioniniuose klasteriuose Didžiojoje Britanijoje ir Bulgarijoje. Šios transformacijos padėjo jau brandžiam automobilių klasteriui išlikti rinkoje, o naujai besivystančiam informacinių technologijų klasteriui – sėkmingai įdiegti norimas inovacijas. Autoriai teigia, kad šią sėkmę lemia tai, kad įmonių sukuriamą vertę iš esmės priklauso nuo įvairių subjektų grupių ekonominio koordinavimo, kuris neįmanomas be šių grupių tarpusavio bendradarbiavimo. Bendradarbiavimo reikšmę pripažįsta ir Kalpaka et al. (2020), kurie traktuoja

bendradarbiavimą inovacijų centruose kaip vieną iš politinių instrumentų skatinti skaitmenizaciją smulkiosiose ir vidutinio dydžio įmonėse. Jie argumentuoja, kad jokia kompanija negali įdiegti inovacijų pati viena. Ryšių su kitomis kompanijomis palaikymas vertės grandinėje padeda bendrai kurti inovacijas, vykdyti eksperimentus ir testavimą. Struktūriniai ryšiai su regioninėmis valdžios institucijomis, pramonės klasteriais, smulkiojo ir vidutinio verslo asociacijomis, verslo plėtros agentūromis, inkubatoriais, akceleratoriais ir prekybos rūmais gali padėti kurti platformas, palengvinančias sandorius tarp gamintojų ir vartotojų, plėsti mechanizmus, leidžiančius veikti saugioje ir patikimoje aplinkoje.

Technologijoms tampant vis mažiau segmentuotu sektoriumi (t. y. mažiau koncentruotu į asmeninių kompiuterių ir programinės įrangos gamintojus), klasteriams atsiranda vis daugiau galimybių pasinaudoti įvairesnėmis technologijomis, kad išjūdintų stagnuojančias pramonės šakas ir pasinaudotų nauju pelno gavimo potencialu. Kerr ir Robert-Nicoud (2019) išvelgia robotikos ir pažintinio automatizavimo (angl. *cognitive automation*) potencialą. Moretti (2021) atlikto klasterių patentų tyrimo rezultatai rodo, kad daugiausia patentų prašymų pateikta puslaidininkių (77 proc.), kompiuterių mokslo (69,3 proc.) bei biologijos ir chemijos technologijų (59,2 proc.) srityse, ir minėtų sričių patentų proporcijos nemažėja laikui bėgant nuo pat 2007 m.

Remiantis „Litek“ (lazerių ir inžinerinių technologijų klasterio) interneto svetainės informacija (2018), šalia skaitmeninių technologijų poveikį klasteriams ateityje turės nanotechnologijos, mikroelektronika ir nanoelektronika, įskaitant puslaidininkių elektroniką, naujų medžiagų technologijas, biotechnologijas ir fotoniką. Manoma, kad minėtos technologijos turės poveikį klasteriams, kadangi jos yra susijusios su lanksčiomis gamybos sistemomis ir skaitmeninėmis technologijomis. Minėtų technologijų naudojimas bus naudingas verslui ir pramonei, kadangi padės užtikrinti efektyvius gamybos procesus, skatins energijos ir išteklių efektyvumą.

Apibendriname: literatūros analizė atskleidė, kad pagrindiniais skaitmeninių technologijų infrastuktūros elementais laikomi internetas, plačiajuostis ryšys; mobiliųjų telekomunikacijų ir skaitmeninio ryšio rinkiniai, mobiliosios aplikacijos; duomenų centrai ir tinklai; įmonių portalai, platformos, sistemos ir programinė įranga; debesijos paslaugos ir programinė įranga; veiklos saugumo, vartotojo tapatybės identifikavimo ir duomenų šifravimo sistemos; aplikacijų programavimo sąsajos ir integravimas. Siekdamas neatsilikti nuo greit kintančios rinkos aplinkos ir tenkinti vartotojų poreikius, verslo įmonės turi vykdyti skaitmenines transformacijas, kadangi stambesnės jų konkurentės jau dabar investuoja į skaitmenines technologijas, generuojančias pridėtinę vertę. Modernizuodamos savo senas sistemas ir pereidamos prie naujausių technologijų, leidžiančių prisijungti ir dalytis duomenimis per interaktyvias

skaitmenines platformas ir mobiliąsias aplikacijas, įmonės gali formuoti geresnę vartotojų patirtį, kurti didesnę produktų ir paslaugų pridėtinę vertę.

1.5. Žiedinės ekonomikos principų diegimas klasteriuose

Žiedinė ekonomika siekia sumažinti išteklių naudojimą perdirbant medžiagas, pakartotinai naudojant produktus, pratęsiant jų gyvenimo laiką ir maksimaliai padidinant bei išlaikant jų ekonominę vertę. Visa tai prisideda prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo medžiagų ribojimo, intensyvumo ir aplinkos apsaugos didinimo. Svarbu suvokti, kad žiedinės ekonomikos įgyvendinimas yra būtinas žingsnis siekiant klimato tikslų ir didinant išteklių bei energijos kiekio efektyvumą Europos, kartu ir Lietuvos mastu.

Hendry et al. (2010), Smith ir Raven (2012), Frishammar et al. (2015) ir kt. pabrėžia bandomųjų projektų, diegimo ir testavimo naudą. Iš tiesų, ypač didelio masto technologinių permainų atveju (pavyzdžiui, pereinant nuo iškastiniu kuru paremtos ekonomikos prie atsinaujinančiais energijos ištekliais paremtos ekonomikos) gali prireikti vyriausybės paramos ir saugomų nišinių rinkų privačioms investicijoms skatinti (Smith ir Raven, 2012). Plėtojant saulės energijos technologijas, bandomosios demonstracijos, parodomieji diegimai ir testavimas kartu su viešuoju finansavimu leido pasiekti teigiamų rezultatų ir prisitaikyti prie institucinės struktūros (Hendry et al., 2010). Tačiau ankstesnė patirtis taip pat rodo, kad dauguma laboratorijose sukurtų technologijų nepatenka į rinką, kad naujų žinių kūrimas gali užtrukti kelis dešimtmečius, o daugelis įmonių, kurios užsiima tokia plėtra, dūsta vadinamajame „mirties slėnyje“ (Moore, 1998). Todėl, vykstant technologiniams pokyčiams, reikia daugiau žinių apie bandomųjų demonstracijų, parodomųjų diegimų ir testavimo valdymą, rezultatus, vaidmenis ir funkcijas.

Pasaulinio infrastruktūros centro (angl. *Global Infrastructure Hub*) (2021) ataskaitoje didžiausias dėmesys skiriamas žiedinės ekonomikos skatinimui per infrastruktūros kūrimą. Ataskaitoje teigiama, kad esamai globaliai infrastruktūrai palaikyti sunaudojama apie 60 proc. globaliu mastu sunaudojamų medžiagų, o pati infrastruktūra sukuria apie 10 proc. visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų. Todėl norint diegti žiedinės ekonomikos principus, būtini infrastruktūros pokyčiai. Čia turimi galvoje tiek bendrosios infrastruktūros pokyčiai, vykdant inovacijų diegimo politiką, tiek technologinės inovacijos, tiek tarptautinis bendradarbiavimas. Technologinių inovacijų srityje siūloma remti technologijų inkubaciją, išgyti

ir taikyti naujas technologijas bei per rinkas didinti technologinių inovacijų adaptacijos mastą. Žiedinės infrastruktūros technologijos, nors ir pagrįstos *ad hoc*, jau kuriamos privačiame sektoriuje. Norint padidinti šių technologijų mastą, reikėtų remti technologijų kūrimą ankstyvuosiuose etapuose, fiskalinėmis priemonėmis, tiksliniais fondais ar mišriais finansais skatinti technologijų inkubaciją. Technologinių inovacijų įsigijimo procese šalių vyriausybės gali padėti, agreguodamos paklausą žiedinės ekonomikos infrastruktūros sprendimams bei pirmosios pradėdamos taikyti technologijas savo infrastruktūros portfeliuose. Norint sukurti rinkas, kurios leistų padidinti technologinių inovacijų adaptacijos mastą, siūloma rinkas technologiniams sprendimams formuoti, remiantis agreguota pakausa ir dalijimusi duomenimis jau ankstyvosiose technologijų adaptacijos stadijose (Pasaulinis infrastruktūros centras, 2021).

Remiantis Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacijos (2022) informacija, klasterių efektyvumą diegiant žiedinės ekonomikos sprendimus galėtų padidinti pagalba klasteriams atnaujinti jų technologinę infrastruktūrą. Nors klasteriai pasižymi dideliu potencialu įgyvendinant tvarumo principus, daugelio jų pažanga, ypač besivystančiose šalyse, yra lėta, kadangi naudojamosi pasenusiomis, žalingomis aplinkai technologijomis. Techninės infrastruktūros ir bazinių paslaugų trūkumas riboja klasterių galimybes tiekti rinkai žiedinės ekonomikos reikalavimus atitinkančius produktus, gaminamų produktų diapazonas yra siauras, o įmonių produktyvumas ir našumas – maži. Neturėdami modernios technologinės infrastruktūros, klasteriai gali pradėti stagnuoti, ir negalės pereiti iš stagnacijos į augimo etapą. Jei-gu institucinė aplinka nereaguos į klasterių poreikius ir neteiks reikiamų paslaugų ir pagalbos, klasteriuose dalyvaujančios įmonės net gali būti sunaikintos žiaurios konkurencijos, pagrįstos tik kaštų mažinimu, nepaisant aplinkosaugos ir darbo standartų (Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacija, 2022). Todėl Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacijos (2022) klasterių rėmimo metodologijoje numatoma pirmiausia nustatyti klasterius, kuriems reikia paramos ir pagalbos, tuomet atlikti diagnostinį tyrimą, kurio metu būtų nustatytos klasterių stiprybės, silpnybės, galimybės ir grėsmės, parengti klasterių poreikius atitinkančią plėtros strategiją, parengti ir įgyvendinti veiksmų planą bei stebėti ir vertinti įgyvendintų projektų kiekybinius ir kokybinius rezultatus.

Van Langen et al. (2021) didžiausią dėmesį skiria visuomenės ir skirtingų suinteresuotųjų šalių suvokimo apie žiedinę ekonomiką ir sąmoningumo didinimui. Atlikę empirinį tyrimą pagal anketinės apklausos metodą, autoriai nustatė, kad trys tiriamųjų grupės – tyrėjai, ekonomistai ir administratoriai, atstovaujantys atitinkamoms suinteresuotosioms šalims klasteriuose, žiedinę ekonomiką suvokia

skirtingai: tyrėjai ją interpretuoja kaip beatliekę (angl. *zero waste*) ekonomiką, tuo tarpu ekonomistai ir administratoriai supranta žiedinę ekonomiką kaip dabartinio socialinio-ekonominio modelio transformavimą regeneruojamąja kryptimi. Administratoriai daugiau dėmesio skiria žiedinės ekonomikos principų realizavimui, siekiant ekonominio augimo ir darbo vietų kūrimo, o tyrėjai ir ekonomistai tikisi aplinkosauginės naudos. Visos trys apklaustųjų grupės sutinka su teiginiu, kad sėkmingai žiedinės ekonomikos plėtrai reikia efektyvaus proceso valdymo, pasitelkiant įvairius subjektus ir instrumentus. Tyrėjai akcentuoja holistinį požiūrį „iš viršaus žemyn“, tuo tarpu ekonomistai ir administratoriai reikšmingą vaidmenį skiria pilietinei visuomenei (verslui, piliečiams, vartotojams) ir palaiko požiūrį „iš apačios į viršų“. Pripažįstama, kad žiedinė ekonomika brangiai kainuoja vartotojams ir verslui, todėl svarbus vaidmuo pradiniam transformacijos etape turėtų tekti politinei intervencijai, skleidžiant teigiamus ir tvarius žiedinės ekonomikos koncepcijos ir modelio rezultatus. Mirzyńska, et. al. (2021) žiedinę ekonomiką traktuoja, kaip alternatyvų modelį, kuris sumažina išteklių išekvojimą, atliekas ir emisijas. Smol et al. (2018) pietų Lenkijoje atliktas tyrimas parodė, kad visuomenės sąmoningumas žiedinės ekonomikos atžvilgiu teigiamai koreliuoja su išsilavinimo lygiu, vadinasi, norint didinti sąmoningumą, reikia didinti visuomenės išsilavinimo lygį (turimas galvoje ne tik formalus išsilavinimo lygis, bet ir šviečiamosios medžiagos lektoriams ir studentams, bendruomenėms, verslininkams ir pareigūnams) platinimas. Respondentų apklausa taip pat parodė, kad žiedinės ekonomikos produktų pirkimui reikšmingos įtakos turi produktų kaina ir kilmės atsekamumas (kaip nurodė 45,6 proc. apklaustųjų). Norint sumažinti vartotojams ir verslui tenkančius kaštus, tikimasi valstybinės finansinės paramos pradiniam transformacijos etape. Przywojska et al. (2019) atliko 460 Lenkijos savivaldybių merų apklausą dėl 11 galimų politikos / praktikos sričių ir intervencijų, diegiant žiedinės ekonomikos principus ir užtikrinant tvarų urbanistinį vystymąsi. Apklausos rezultatai parodė, kad savivaldybių merai sieja tikslinę politiką / praktiką su infrastruktūros plėtra, ekonominio augimo stimuliavimu, degraduojančių sričių atgaivinimu per pastatų ir infrastruktūros modernizavimą ir renovavimą (šios sritys įvardintos kaip prioritetinės).

Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetas (angl. *European Economic and Social Committee*) (2019) pristato Europai skirtas žiedinės ekonomikos strategijas ir kelrodžius (angl. *roadmaps*). Pastaruosiuose pateikiami aiškūs strateginiai planai, tikslai, pagrindiniai žingsniai ir etapai, apibūdinami pageidaujami rezultatai. Atsižvelgiama į visus vertės grandinės etapus – gamybą, vartojimą, atliekų tvarkymą, antrines žaliavas, inovacijas ir investicijas. Šis visapusiškumas ir lemia žiedinės ekonomikos strategijų pridėtinę vertę. Žiedinės ekonomikos kelrodžiai:

- padeda sudaryti visa apimančią sistemą, suvienijant įvairiuose sektoriuose vykdomas skirtingų subjektų pradėtas iniciatyvas skirtinguose vertės grandinės etapuose arba skirtinguose vystymosi etapuose;
- padeda nustatyti bendrą kiekvienos veiklos tikslą – suformuluoti tiek bendrus tikslus, tiek aiškius kiekvienos srities tikslus, o nustatyti įgyvendinimo laiko terminai reiškia, kad kelrodžių dokumentai yra pagrindas pasiektos pažangos vertinimui;
- pateikia būdus ir metodus, kaip toliau vykdyti poslinkį žiedinės ekonomikos link, kokiomis priemonėmis šį poslinkį remti, kokie yra įvairių dalyvių vaidmenys, kurie turi būti atlikti siekiant užtikrinti, kad poslinkis būtų skaidrus ir aiškus visoms suinteresuotosioms šalims;
- veikia kaip įkvėpimo priemonė kitiems rinkos dalyviams, skatina juos įsitraukti į žiedinę ekonomiką – čia aprašomi galimi ir perspektyvūs būdai prisidėti, kol kas neįsitraukę subjektai gali įžvelgti savo galimybes, prisijungti prie jau pradėtų įgyvendinti iniciatyvų ar pradėti naujas.

Žiedinės ekonomikos kelrodžiai skiriasi nuo kitų dokumentų tuo, kad juose pateikiamas visapusiškas praktinis požiūris ir priemonės žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimui. Pavyzdžiui, Harding (2021) pateikiamame kelrodyje Lietuvos pramonės poslinkiui link žiedinės ekonomikos pastebima, kad žiedinė ekonomika yra visiškai nauja Lietuvos pramonės politikos sritis, tad jai įgyvendinti reikia sisteminių pokyčių. Svarbiausi iššūkiai, su kuriais susiduriama, yra darbo vietų parengimas ateities darbui pramonės 4.0 kontekste, inovacijų plėtra ir sklaida, verslumo ir privataus sektoriaus įsitraukimo skatinimas, poslinkio link mažai anglies dioksido išskiriančios pramonės rėmimas ir įtraukiamojo augimo skatinimas. Taip pat akcentuojama išmaniųjų specializacijų strategijos plėtra bei vadovavimasis ES sanglaudos politikos programa 2021–2027 m. Atliekant pramonės analizę siūloma išanalizuoti medžiagų srautus, o norint įžvelgti potencialias galimybes, susikcentruoti į 4–6 sektorius ar vertės grandines. Rekomenduojama vykdyti inovacinę politiką, pabrėžiamas pagrindinės infrastruktūros vaidmuo. Visa vykdoma politika turi būti išdėstyta tvarkaraštyje, stebima ir koordinuojama. Kuriant eksperimentinę politiką turėtų bendradarbiauti politikai ir pareigūnai iš nacionalinių ministerijų ir savivaldybių, mokslininkai, akademikai ir kiti išorės ekspertai, verslo įmonės, verslo paramos organizacijos ir asociacijos, nevyriausybinės organizacijos ir kitos suinteresuotųjų asmenų grupės.

Ekologinis auditas (angl. *eco-audit*) ir aplinkos technologijų patvirtinimas (angl. *environmental technology verification*) nurodomi tarp svarbiausių žiedinės ekonomikos įgyvendinimo instrumentų (Europos Komisija, 2022c). Ekologinis auditas –

tai instrumentas, kuris gali padėti organizacijoms tobulinti aplinkai draugišką veiklą ir parodyti organizacijų pastangas mažinti išteklių naudojimą, pakartotinai naudoti ir perdirbti medžiagas ir produktus. Pasak Gheorghita ir Gheorghita (2016), ekologinis auditas yra priemonė, leidžianti nustatyti gaminio, technologijos ar proceso poveikį aplinkai visais gyvavimo ciklo etapais ir identifikuoti problemas visuose tiekimo grandinės aspektuose – nuo žaliavų gamybos iki gamybos, produktų paskirstymo, naudojimo ir šalinimo. Atliekant ekologinį auditą, galima kiekybiškai įvertinti išteklių naudojimą organizacijose, kurti planus, kaip tobulinti aplinkai draugišką veiklą, pasiekti aplinkosaugos tikslų, kurti naujus, efektyvesnius valdymo procesus. Ekologinis auditas yra atviras visų tipų organizacijoms, jis apima visus ekonomikos ir paslaugų sektorius ir praktikuojamas visame pasaulyje. Europos Komisija (2022a) laiko ekologinį auditą viena iš priemonių, padedančių organizacijoms pereiti prie žiedinės ekonomikos. Atlikus auditą, organizacijoms pasiūlomi valdymo įrankiai, leidžiantys taupyti pinigus ir visų tipų išteklius, įvairios tikslinės priemonės atliekų ir medžiagų naudojimo mažinimui, vandens ir energijos vartojimo efektyvumo didinimui, pakartotinio medžiagų naudojimo ir perdirbimo praktikos diegimui, antriniam produktų ir medžiagų naudojimui. Europos Komisijos (2022a) ataskaitoje teigiama, kad organizacijos metinė energijos ir medžiagų ekonomija viršija metinės ekologinio audito sąnaudas (pavyzdžiui, auditas padeda sumažinti atliekų tvarkymo sąnaudas). Be to, remiantis Europos žaliojo kurso principais, nuolat didėja ir viešųjų pirkimų reikalavimai, todėl ekologinio audito sertifikatą turinčios organizacijos, norinčios dalyvauti viešuosiuose pirkimuose, turės pranašumą prieš konkurentus.

Aplinkos technologijų patvirtinimas yra naujas instrumentas, padedantis inovatyvioms aplinkai draugiškoms technologijoms pasiekti rinką. Šis žiedinės ekonomikos įrankis reiškia trečiųjų šalių atliekamą technologijų veikimo patikrinimą, leidžiantį novatoriams išsiskirti iš konkurentų, didinti potencialių klientų pasitikėjimą ir sumažinti technologinę riziką. Norint sėkmingai įgyvendinti žiedinės ekonomikos principus, į rinką turi patekti naujoviškos, veiksmingos ir kartu patikimos, aplinkai draugiškos technologijos. Patikrinimo procedūra leidžia nepriklausomai įvertinti ir patvirtinti gamintojų teiginius apie jų technologijos veikimą ir naudą aplinkai. Informacija, kuri po patikrinimo teikiama skaidraus ir nepriklausomo proceso metu, gali būti ypač naudinga smulkiosioms įmonėms, norinčioms patekti į rinkas. Europos Komisijos inicijuota bandomoji aplinkos technologijų patvirtinimo programa buvo skirta technologijoms, kurių vertės nebuvo galima patvirtinti taikant ankstesnius standartus ar sertifikavimo schemas, tad buvo naudinga atlikti šių technologijų patikros procedūrą kaip garantiją investuotojams. Vykdam bandomąją programą, tikrintos medžiagų, atliekų ir išteklių, vandens, energijos tech-

nologijos. Aplinkos technologijų patvirtinimo instrumentu galima remtis, siekiant integruoti inovacijas į tiekimo grandinę, taip pat atliekant viešuosius pirkimus, kai reikia įrodyti, kad technologija atitinka specifikacijas, bendruosius reikalavimus.

Verstraeten-Jochensen et al. (2018) teigia, kad poslinkiui žiedinės ekonomikos link reikia daugialypės vertės kūrimo ir MTEP valdymo priemonių, kurios dar nėra pakankamai išplėtos. Tam, kad MTEP veikla būtų remiamasi į žiedinę ekonomiką nukreiptų inovacijų vertinimui, autoriai siūlo trijų lygmenų modelį: MTEP projektas, gamybos grandinės formavimas ir produkto gyvavimas visuomenėje. Vertinimai taip pat turėtų būti atliekami trimis lygmenimis – greitojo skenavimo lygmeniu, trumpojo vertinimo lygmeniu ir išsamaus vertinimo lygmeniu. MTEP projekto lygmenyje vertinamas inovacijų našumas, gamybos grandinės formavimo lygmenyje matuojamas žiedinės veiklos našumas, produkto gyvavimo visuomenėje lygmenyje vertinamas produkto tvarumas. Siūlomas modelis patikrintas Nyderlandų medienos gaminių ir statybos sektoriuose. Empiriniai rezultatai rodo, kad siūlomas modelis gali padidinti MTEP projektų potencialą, diegiant žiedinės ekonomikos sprendimus. Heath et al. (2020) rekomenduoja MTEP modelius, siekiant sumažinti atliekų perdirbimo kaštus ir neigiamą poveikį aplinkai, palyginus su tradiciniais atliekų tvarkymo metodais. Jų teigimu, MTEP projektai gali atskleisti atliekų perdirbimo ekonominį poveikį ir poveikį aplinkai, padėti atlikti technologinę-ekonominę analizę, įvertinti atliekų ir jų perdirbimo gyvavimo ciklus, padėti suplanuoti tinkamą atliekų perdirbimo infrastruktūrą. Todėl subjektams, diegiantiems žiedinės ekonomikos sprendimus, tikslinga išnaudoti MTEP projektų potencialą.

Autoriai Chance et al. (2018), Mulrow et al. (2017), Millette et al. (2020) ir kiti pabrėžia verslo inkubatorių naudą. Jų teigimu, verslo inkubatoriai skatina pramonės simbiozę tarp verslininkų, kurie nėra suinteresuoti tradiciniais linijinės ekonomikos procesais. Šių verslininkų dalyvavimas verslo inkubatoriuose padėtų išspręsti tinklaveikos problemas, su kuriomis susiduria pavieniai verslininkai, bandantys kurti pramoninės simbiozės sistemas. Verslo inkubatoriai apima naujas atliekų tvarkymo ir energetikos pramonės šakas (Aid et al., 2017), remia ekoindustrinių parkų ir žiedinės ekonomikos plėtrą (Wen ir Meng, 2015; Bellantuono et al., 2017). Pagal Millette et al. (2020) suformuoto verslo inkubatoriaus modelį iš daugelio dalyvių verslo inkubatoriuje būtų renkama ir skleidžiama su žiedine ekonomika susijusi informacija, plėtojamos bendradarbiaujamojo verslo galimybės, susijusios su tvaraus verslo vykdymu. Autorių siūlomame modelyje:

- informacijos, kurios reikia su žiedine ekonomika susijusioms verslumo galimybėms nustatyti, trūkumas sprendžiamas įtraukiant pramonę, vyriausybę, nevyriausybines organizacijas ir akademikus. Gauta informacija leidžia įvertinti su-

sidarančių atliekų mastą ir rūšis bei galimą šių atliekų potencialą kurti pridėtinę vertę gamybos procese;

- visuomenės poreikiai, susiję su žiedine ekonomika, nustatomi įtraukiant nevyriausybinės organizacijas, o vyriausybės gali skirti tikslinį finansavimą žaliajo kurso įgyvendinimui (žaliajo kurso strategiją jau svarsto ir JAV kongresas);
- tikslingai valdant inkubatorių, minėti duomenis susiejami, o tai leidžia nustatyti su žiedine ekonomika susijusias verslo galimybes bei padėti verslininkams jomis pasinaudoti.

Turėdami papildomų žinių, verslininkai gali tobulinti savo veiklą (Aagaard, 2018; Zhu et al., 2018). Inkubatoriuje sukurta išplėstinė informacinė įvestis, kaip tikimasi, gali padėti generuoti inovatyvias verslo idėjas ir sukurti geresnį pagrindą vykdyti aplinkai draugišką veiklą.

Jeigu verslo inkubatoriai orientuoti į ankstyvosios fazės verslą, kuris dar tik kuria produktą ir neturi išplėtoto verslo modelio, tai verslo akceleratoriai yra orientuoti į jau veikiančių įmonių augimą: šios įmonės jau turi bent vieną gyvybingą produktą, šis produktas jau užima tam tikrą rinkos dalį, todėl verslo akceleratorių tikslas yra paspartinti produkto rinkos dalies plėtrą ir verslo augimą. Diegiant žiedinės ekonomikos principus, verslo akceleratoriai padeda suvienyti viešojo ir privataus sektorių partnerius. Šie akceleratoriai gali padėti gauti tvarų verslo finansavimą, formuoti verslo politiką, skatinančią atliekų perdirbimą, o ne šalinimą, kurti naujus viešojo ir privataus sektorių partnerystės modelius žiedinėms sistemoms („The recycling partnership“, 2022).

Poslinkiui žiedinės ekonomikos verslo modelių link reikia investicijų. Nors Europos Komisija skyrė šiam tikslui daugiau nei 10 mlrd. eurų viešojo finansavimo 2016–2020 m., šių lėšų nepakanka, taigi būtina plėsti verslo galimybes ir norą investuoti. Finansavimo pritraukimo žiedinės ekonomikos projektams ir investicijų skatinimo problemas nagrinėjo Atstajai et al. (2020). Jų atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad investicijas dažnai sunku pritraukti todėl, kad žiedinės ekonomikos projektams trūksta išplėtos idėjos. Siūlomas sprendimas – verslo paslaugos, kurios padėtų apibrėžti projekto tikslą, misiją ir viziją. Taip pat investicijų pritraukimui svarbus idėjos gyvybingumas. Projektų vystymo paslaugos padėtų įmonėms (ypač smulkioms ir vidutinėms) gauti tiek bendrosios, tiek motyvuojančios informacijos apie tai, kaip pereiti nuo tradicinių prie žiedinės ekonomikos verslo modelių, kokie finansavimo šaltiniai yra pasiekiami ir kokias rinkodaros priemones tikslinga rinktis.

Europos Komisija (2020c) pabrėžia investicijų į technologinius, skaitmeninius ir erdvinis sprendimus svarbą. Jų ataskaitoje apie žaliąsias investicijas į žiedinę ekonomiką identifikuoti šie investavimo prioritetai:

- investicijos į gaminio dizainą, užtikrinant gaminio ilgaamžiškumą, taisomumą, atnaujinamumą ir perdirbamumą;
- išmaniųjų technologijų diegimas didinant išteklių efektyvumą įmonėse;
- pramonės simbiozės rėmimas, efektyvesnė išteklių naudojimo stebėseną ir perteklinių ar šalutinių produktų suderinamumas pramonės sektoriuose;
- investavimas į verslo modelius ir technologijas, skirtas optimizuoti turto naudojimą (pvz., investicijos į bendradarbiavimo ir dalijimosi platformas, užtikrinant, kad jos atitiktų darbo, mokesčių ir kt. reikalavimus);
- investavimas į bendradarbiavimą kuriant atsparias vertės grandines;
- investavimas į atvirkštinę logistiką ir grįžtamąjį ryšį, ypač medžiagų ir produktų pakartotinio naudojimo, atnaujinimo ir perdirbimo srityse;
- investavimas į pagrindines vertės grandines (plastikas, tekstilę, informacinės-komunikacinės technologijos, statyba, produktai ir kt.).

Atliekų perdirbimo srityje skatinamos investicijos į tokią atliekų tvarkymo infrastruktūrą, kuri atitiktų ilgalaikę atliekų tvarkymo ir perdirbimo industrijos viziją, pirmenybę teikiant aukštesniems atliekų hierarchijos lygiams ir šalinant / mažinant atitikties spragas (Europos Komisija, 2020b).

Diegiant žiedinės ekonomikos sprendimus, reikšmingas veiksnys yra bendradarbiavimas tarp subjektų klasterio viduje ir su kitais partneriais. De Jesus et al. (2021) teigia, kad bendradarbiavimas padeda formuoti strategines partnerystes, kurių pagrindu ir diegiami efektyviausi žiedinė ekonomika pagrįsti sprendimai. Savo tyrime autoriai iš kiekybinės ir kokybinės perspektyvos vertino galimybes sukurti strateginę partnerystę biodujų gamybai. Tyrimo rezultatai patvirtino, kad bendradarbiavimu suformuota strateginė partnerystė tarp klasterių (bendradarbiaujančių pagal geografinio artumo principą) leido parinkti optimalią vietą anaerobinio skaidymo įrenginio montavimui. Razminienė et al. (2021a) savo studijoje teigia, kad bendradarbiavimas klasteriuose yra veiksnys, padedantis dalytis žiniomis ir kaupti bendrus išteklius inovacijoms, o pastarieji veiksniai, savo ruožtu, stimuliuoja tvarią plėtrą per žiedinės ekonomikos sprendimų diegimą. Botezat et al. (2018) akcentuoja bendradarbiavimo tiekimo grandinėje svarbą. Jų atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad bendradarbiavimas į žaliąjį kursą orientuotoje tiekimo grandinėje turi labai reikšmingos įtakos į žiedinės ekonomikos sprendimus nukreiptai veiklai.

Milios (2021) teigia, kad poslinkį link žiedinės ekonomikos paskatintų tinkamos politinės intervencijos, o ypač finansiniai-ekonominiai instrumentai. Savo tyrime autorius analizuoja žiedinei ekonomikai palankios mokestinės bazės formavimo aspektus. Jų siūlomame apmokestinimo modelyje atsižvelgiama į tris produkto gyvavimo ciklo etapus – žaliavų naudojimą gamybai, produkto pakartotinį naudojimą

ar taisymą, atliekų tvarkymą produkto gyvavimo ciklo pabaigoje. Siūloma taikyti mokesčių lengvatas antrajame produkto ciklo gyvavimo etape, t. y. pakartotinai naudojant ar taisant produktus. Meuleman ir Parker (2014) pripažįsta, kad žiedinė ekonomika reikalauja darbui imlių verslo modelių, orientuotų į remontą, perdirbimą ir MTEP. Todėl dabartinė mokesčių sistema yra vienas iš barjerų žiedinių technologijų diegimui. Siūloma mokesčių sistemą transformuoti taip, kad mokesčiai būtų nukreipti darbo sąnaudų mažinimui ir gamtos išteklių kainos didinimui. Henriques et al. (2022) aprašo Portugalijoje taikomą fiskalinį instrumentą (SIFIDE), pagal kurį mokesčių (pirmiausia, PVM) lengvatos teikiamos investicijoms į MTEP veiklą. Nors pripažįstama, kad MTEP veikla skatina žiedinių technologijų diegimą, kartu teigiama, kad mokesčių lengvatos vien tik MTEP ir inovacijoms nėra pakankama priemonė, kadangi taikant šią lengvatą galima paremti tik ribotą skaičių projektų (tų subjektų, kurie kreipsis dėl lengvatų). Autoriai mano, kad reikėtų laikytis platesnės apmokestinimo perspektyvos, t. y. ne tik skatinti žiedinių technologijų diegimą mokesčių lengvatomis, bet ir atsižvelgti į neigiamus išorinius ekonominės veiklos padarinius, t. y. papildomai apmokestinti subjektus, sukuriančius didžiausią neigiamą poveikį aplinkai.

Žiedinės ekonomikos skatinimo kryptimi veikiančios organizacijos „Ellen Macarthur Foundation“ (2021) atliktos analizės duomenimis, išvengiamas žiedinės ekonomikos finansavimo potencialas. Per pastaruosius 18 mėnesių (tyrimas atliktas 2020 m. rugsėjo mėn.) labai padaugėjo su žiedine ekonomika susijusių skolos ir nuosavybės priemonių. Iki 2020 m. vidurio pirmaujantys finansinių paslaugų teikėjai, įskaitant „BlackRock“, „Credit Suisse“ ir „Goldman Sachs“, įkūrė dešimt viešųjų akcijų fondų, iš dalies arba visiškai orientuotų į žiedinę ekonomiką. Be to, per pastaruosius 18 mėnesių buvo išleista mažiausiai dešimt įmonių obligacijų („Barclays“, „BNP Paribas“, „HSBC“, „ING“, „Morgan Stanley“ ir kt.), skirtų žiedinės ekonomikos veiklai finansuoti. Nuo 2016 metų dešimteriojai padaugėjo privačių rinkos fondų (įskaitant rizikos kapitalo, privataus kapitalo ir privačių paskolų fondus), investuojančių į žiedinės ekonomikos veiklą. Panaši tendencija pastebima bankinių paskolų, projektų finansavimo ir draudimo srityse. Pavyzdžiui, bankininkystės grupė „Intesa Sanpaolo“ inicijavo 5 milijardų eurų (6 milijardų JAV dolerių) vertės kreditavimo priemonę, JAV investicinis bankas „Morgan Stanley“ pradėjo plastiko atliekų sprendimų finansavimą įmonėse, o Europos investicijų bankas bendradarbiauja su penkiais didžiausiais Europos nacionaliniais bankais ir institucijomis, kad būtų pradėta vykdyti 10 milijardų eurų (11,8 milijardų JAV dolerių) vertės paskolų ir investicijų iniciatyva, skirta žiedinės ekonomikos rėmimui. Draudimo bendrovės (pvz., „AXA“) kuria naujus žiedinių verslo modelių finansavimo instrumentus, tokius, kaip tarpusavio skolinimas (angl. *peer-to-peer sharing*).

Vokietijos tarptautinio bendradarbiavimo paslaugų teikėjo „Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit“ (GIZ) ataskaitoje, parengtoje kartu su Bendradarbiavimo dėl klimato ir tvarios energijos finansavimo centru (angl. *FS-UNEP Centre*) (2022), šalia kitų finansavimo formų, aprašoma palūkanų finansavimo priemonė. Teigiama, kad skirtingai nei finansavimo išleidžiant vertybinius popierius atveju, paskolas imantys subjektai yra jautresni rizikai, todėl visiškas ar dalinis palūkanų finansavimas padeda sumažinti subjektų prisiimamos rizikos laipsnį. Paskolas sumažintomis palūkanomis teikia Europos rekonstrukcijos ir plėtros bankas (paskolos teikiamos žaliavų valdymui per visą produkto gyvavimo ciklą, atliekų šalinimui iš sąvartynų ir jūros aplinkos, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimui, kenksmingų cheminių medžiagų, o ypač patvariųjų organinių teršalų (POT), šalinimui ir prevencijai), Europos investicijų bankas (daugiau kaip 5 metų trukmės žiedinės ekonomikos projektams, elektros ir elektronikos atliekų surinkimo ir perdėbimo infrastruktūros kūrimui), Tarptautinė finansų korporacija (tvarumo paskola vandens nuostolių mažinimui – paskolos palūkanos sumažinamos, sumažinus vandens nuostolius pagal nustatytas normas).

Subsidijos žiedinių technologijų diegimui daugiausia paskirstomos per ES struktūrinius ir investicijų fondus, kuriuos bendrai valdo ES komisija ir ES šalys narės. Žiedinės ekonomikos srityje daugiausia dėmesio skiriama MTEP veiklai, anglies dioksido emisijų mažinimui ir tvariam gamtos išteklių valdymui. Pavyzdžiui, iš Sanglaudos fondo (angl. *Cohesion fund*) finansuojami transporto ir aplinkos projektai šalyse, kurių bendrosios nacionalinės pajamos (BNP) vienam gyventojui nesiekia 90 % ES vidurkio (2014–2020 m. tai buvo Bulgarija, Kroatija, Kipras, Čekija, Estija, Graikija, Vengrija, Latvija, Lietuva, Malta, Lenkija, Portugalija, Rumunija, Slovakija ir Slovėnija). Taip pat veikia Europos žiedinės bioekonomikos fondas (angl. *European Circular Bioeconomy Fund*). Investuojama į žiedinę ekonomiką skatinančias technologijas, žiedinius verslo modelius ir tvarius bioproduktus. Didžiausias dėmesys skiriamas inovatyvių bioįmonių plėtrai vėlyvajame (demonstravimo arba komerciniame) raidos etape. Iš Inovacijų fondo (angl. *Innovation fund*) remiamas inovatyvių mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančių technologijų diegimas (remiami stambūs ir smulkesni projektai, kurių kapitalo vertė atitinkamai yra daugiau arba mažiau nei 7,5 mln. EUR). Iš „Horizon 2020“ fondo „Klimato kaita, aplinka, išteklių naudojimo efektyvumas ir pirminės žaliavos“ skiriamas finansavimas efektyviai išteklius naudojančios, klimato kaitai atsparios ekonomikos ir visuomenės kūrimui. Pagal „LIFE“ programą finansuojamos aplinkos ir kovos su klimato kaita iniciatyvos 4 srityse: 1) gamtos ir biologinės įvairovės, 2) žiedinės ekonomikos ir gyvenimo kokybės, 3) klimato pokyčių švelninimo ir adaptacijos, 4) poslinkio

prie švarios energetikos. Finansavimo pagal programą laikotarpis – 2021–2027 m., bendrasis biudžetas – 5,4 mlrd. EUR (Europos Komisija, 2022a).

Europos Sąjungos remiamoje interneto svetainėje „Žiedinės ekonomikos finansavimo gidas“ (2021) pateikiama informacija apie žiedinės ekonomikos finansavimui teikiamas viešąsias garantijas. Viešosios garantijos reiškia viešųjų bankų ir institucijų teikiamas paskolų garantijas. Teikdamos paskolų garantijas, minėtos institucijos leidžia (privačioms) finansinėms institucijoms investuoti į inovatyvias kompanijas ar projektus, kad garantijos sumažintų jų rizikos profilį. Remiant žiedinės ekonomikos projektus, Europos lygmeniu egzistuoja šie paskolų garantijų instrumentai:

- „COSME“;
- „EaSI Guarantee“;
- „InnovFin Gurantees“;
- „InvestEU Guarantees“;
- Modernizavimo fondas.

Naudojantis „COSME“ paskolų garantijų priemone, garantijos ir priešpriešinės garantijos teikiamos finansiniams tarpininkams, pvz., bankams ir lizingo bendrovėms, kad jie galėtų suteikti daugiau paskolų ir lizingo finansavimo smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms. Garantijos užtikrina, kad finansiniai tarpininkai galėtų išplėsti smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms teikiamų finansinių paslaugų asortimentą. Tikimasi, kad iki 330 000 smulkiųjų ir vidutinio dydžio įmonių gaus paskolas su „COSME“ garantijomis, o bendra skolinimo vertė sieks iki 21 mlrd. eurų.

„EaSI Guarantee“ – tai įdarbinimo ir socialinių inovacijų programa. Šia finansine priemone siekiama skatinanti aukštos kokybės ir tvarų užimtumą bei socialinę apsaugą, kurie padėtų užkirsti kelią socialinei atskirčiai ir skurdui bei gerinti darbo sąlygas. Šiuo instrumentu remiamos socialinės įmonės, kurios turi teisę į įvairius garantuotus skolos produktus iki 500 000 eurų vertės, ir mikroįmonės, kurios turi teisę gauti iki 25 000 eurų dydžio garantuotas mikropaskolas. 2014–2020 m. šiai priemonei įgyvendinti buvo skirta 96 mln. EUR.

„InnovFin Gurantees“ – tai finansavimo programa inovatoriams, kurią inicijavo Europos investicijų bankas ir Europos Komisija pagal mokslinių tyrimų ir inovacijų programą „Horizon 2020“. Pagal programą teikiamos garantijos mokslinių tyrimų ir inovacijų bei mokslinių tyrimų infrastruktūros plėtrai.

„InvestEU Guarantees“ – tai nauja ES investicijų programa, skirta Europos ekonomikai skatinti. „InvestEU“ veiks 2021–2027 m. Numatoma, kad pagal šią programą 2021–2027 m. bus sukaupta mažiausiai 650 mlrd. eurų privačių investicijų. Programa suvienys keturiolika ES finansinių programų ir priemonių, įskaitant „COSME“, „InnovFin“ ir „EaSI“. Programą „InvestEU“ sudarys trys komponentai:

- „InvestEU“ fondas, kuris teiks viešąsias ir privačias investicijas bei ES biudžeto garantijas,
 - „InvestEU Advisory Hub“ centras, kuris teiks konsultacinę paramą investiciniams projektams, didins projektų vykdytojų ir finansinių tarpininkų gebėjimus vykdyti finansines ir investicines operacijas;
 - „InvestEU“ portalas, kuris pasitarnaus kaip lengvai pasiekiamą duomenų bazę projektams ir investuotojams sutelkti.
- „InvestEU“ fondas remis keturias politikos sritis:
- tvarios infrastruktūros kūrimą (pvz. žiedinė ekonomika, vandens, atliekų, aplinkos infrastruktūra, tvarus transportas, geležinkelių ir kelių infrastruktūra, atsinaujinanti energija, energijos vartojimo efektyvumo atnaujinimo projektai, aplinkos ir klimato atsparumo tyrimai),
 - mokslinius tyrimus, inovacijas ir skaitmenizavimą (pvz.: moksliniams tyrimams ir inovacijoms, didesnių novatoriškų įmonių plėtrai),
 - inovacijų langą novatoriškoms smulkiosioms ir vidutinio dydžio įmonėms bei mažoms vidutinės kapitalizacijos įmonėms,
 - socialinių investicijų ir įgūdžių langą (pvz.: švietimas, mokyklos, sveikatos apsauga, pabėgėliai).

Be šių pagrindinių sričių, „InvestEU“ bus lanksti ir prisitaikys prie besikeičiančių politikos prioritetų ir rinkos paklausos.

Modernizavimo fondas – tai speciali finansavimo programa, skirta padėti ES valstybėms pereiti prie neutralaus klimato, padėti modernizuoti jų energetikos sistemas ir didinti energijos vartojimo efektyvumą. ES valstybės naudos gavėjos yra Bulgarija, Kroatija, Čekija, Estija, Vengrija, Latvija, Lietuva, Lenkija, Rumunija ir Slovakija. Modernizavimo fondas veiks nuo 2021 iki 2030 m. Pačios valstybės bus atsakingos už modernizavimo fondo priemonių įgyvendinimą savo teritorijoje, taip pat investicinių pasiūlymų, kurie galėtų būti paremti iš modernizavimo fondo, atranką. Modernizavimo fondas buvo sukurtas siekiant paremti investicijas į:

- energijos iš atsinaujinančių šaltinių gamybą ir naudojimą;
- energijos efektyvumą;
- energijos kaupimą;
- energijos tinklą, įskaitant centralizuotą šildymą, vamzdynus ir tinklus, modernizavimą;
- tiesiogines transformacijas nuo anglies dioksido priklausomuose regionuose (darbuotojų perkėlimą, perkvalifikavimą, kvalifikacijos kėlimą, švietimą, darbo paieškos iniciatyvas ir įmonių steigimą).

Be minėtų priemonių ES lygmeniu, viešosios garantijos gali būti teikiamos per finansinius tarpininkus – nacionalinio lygmens institucijas ir bankus.

Žiedinių technologijų diegimo projektai gali būti finansuojami ir skiriant subjektams fiksuotos paramos čekius (vadinamuosius „vaučerius“). Pavyzdžiui, tokia parama skiriama subjektams, siekiant padidinti perdirbto plastiko naudojimą. Jeigu subjektas neviršija *de-minimis* valstybės paramos limito (t. y. iki 200 000 EUR per trejų metų laikotarpį, išskyrus dėl COVID-19 pandemijos skirtą paramą), jis gali teikti paraišką fiksuotos paramos čekiui gauti. 1 000 EUR sumos čekis gali būti skiriamas, siekiant padėti subjektams rasti tinkamus bendradarbiavimo partnerius diegiant gamybos procese perdirbto plastiko naudojimo technologijas arba norint padidinti naudojamą perdirbto plastiko kiekį. Finansuojamos šios paslaugos: partnerio parinkimas, konsultavimas, medžiagų tyrimas, testavimo kaštai, transporto kaštai, susitikimų ir kelionių išlaidos. 4 500 EUR sumos čekis gali būti skiriamas, siekiant padėti subjektams pasinaudoti specialistų žiniomis, įgyvendinant perdirbto plastiko naudojimo projekto idėjas. Finansuojamos šios paslaugos: inžinerinės paslaugos, procesų ir medžiagų kontrolės paslaugos, bendradarbiavimas tiekimo grandinėje, konsultacijos inovacijų klausimais, projekto įgyvendinamumo studijos, produkcijos sudėties kūrimo paslaugos. 7 500 EUR sumos čekis gali būti skiriamas, siekiant finansuoti specifinius pirkimus pagal konkretų projektą. Finansuojami šie kaštai: išoriniai produkto ir jo kokybės testavimo kaštai, išoriniai medžiagų mėginių ėmimo kaštai, konsultacijų proceso eigoje kaštai, techninės įrangos įsigijimo ir diegimo kaštai, programinės įrangos įsigijimo ir diegimo kaštai (remiantis tarpregioninio bendradarbiavimo programos „Interreg Europe“, kurią iš dalies finansuoja Europos Sąjunga, informacija) („Interreg Europe“, 2022).

Kaskadinis finansavimas – tai ES taikomas finansavimo mechanizmas smulkiųjų ir vidutinio dydžio įmonių ir startuolių rėmimui, kombinuojant nedidelio masto finansavimą ir instruktavimą inovacijų projektams. Remiantis Europos Komisijos (2021c) informacija, kaskadinio finansavimo motyvai yra inovatyvių galutinių rinkų augimas, MTEP generuojama pridėtinė vertė, didesnė paklausa produktų pokyčiams (medžiagos, technologijos, produktai, paslaugos), efektyvesnė vietinė gamyba. Pagal kaskadinio finansavimo projektus teikiama tiesioginė parama ES tekstilės, drabužių, odos ir avalynės kompanijoms diegiant žiedines technologijas, finansuojamas įgyvendinamų sprendimų testavimas siekiant užtikrinti technologijų ir inovacijų įsisavinimą rinkos ir pramonės lygmenyse, finansuojami mokymai, o tai leidžia plėsti supratimą apie tikruosius iššūkius, su kuriais susiduria ES įmonės esamos reguliavimo sistemos, technologijų įsisavinimo, pramonės sinergijos ir galimybių gauti finansavimą atžvilgiu, vystomos ir konsoliduojamos metodologijos,

taikomos europiniame ir nacionaliniame lygmenyse, remiamos ES horizontaliosios iniciatyvos, ypač smulkiosiose ir vidutinio dydžio įmonėse.

Razminienė et al. (2021b) teigia, kad žiedinė ekonomika apima daug tarpusavyje susijusių procesų – planavimą, išteklių paskirstymą, pirkimą, gamybą ir apdorojimą, kurie yra projektuojami ir valdomi tiek kaip procesai, tiek kaip rezultatai. Siekiant maksimaliai padidinti tvarų ekosistemų funkcionavimą, žiedinės ekonomikos sprendimai turi apimti visus gamybos ir paskirstymo tinklus, kuriuose dalyvauja gamintojai ir vartotojai. Dėl šios priežasties svarbi klasterių tinklaveika tiek vietiniu, tiek globaliu mastu. Tvariam pasauliniam vystymuisi reikia sumažinti kenksmingas tarpžemyninių krovinių gabenimo emisijas (Dzhuguryan ir Deja, 2021). Tam gali pasitarnauti klasteriai. Siūlomi įvairūs sprendimai, kaip gabenant žaliavas būtų galima mažinti transportavimo atstumą. Tvaraus regiono vystymosi galima pasiekti per klasterių tinklaveiką industrinėse ir gamybos srityse (Bezama et al., 2019), kai transportas koncentruojamas ir koordinuojamas tarp kelių įmonių. Be to, tiekimo grandinės ir uždarojo ciklo tinklus gali sudaryti klasterio nariai (Lacko et al., 2021). Siekdami labiau rūpintis aplinka, klasterių nariai turėtų galvoti apie perdirbamų žaliavų eksportą ir importą, taip pat prekybą perdirbamomis žaliavomis klasterio viduje (Taušova et al., 2019). Tinklaveikos svarbą, ypač žiedinės ir tvartos apdirbamosios gamybos sektoriuje, išvelgia ir Domenech et al. (2019). Pasinaudoję pirminiais atvejų tyrimų, reprezentatyviosios apklausos, giluminių interviu ir tikslinių grupių apklausos metodais, autoriai nustatė, kad tinklaveika stiprina industrinę simbiozę. Tyrimas taip pat atskleidė, kad vidutiniškai klasterių tinklui priklauso 473 nariai, nors mediana siekia apie 100 narių, t. y. tinklų dydis gali skirtis priklausomai nuo dalyvaujančių subjektų ir jų bendradarbiavimo pobūdžio, išteklių, kuriais dalijamasi, ir iniciatyvos masto. Nustatyta, kad pagrindiniai industrinę simbiozę ribojantys veiksniai yra ekonominių paskatų silpnumas, geografiniai paskatų skirtumai, kuriuos lemia politinė bazė ir paramos mechanizmai, bei teisinis reguliavimas ir administracinė našta, dėl kurių bendradarbiauti tampa sudėtinga.

Aarikka-Stenroos et al. (2021) pastebi, kad siekiant užtikrinti efektyvų išteklių naudojimą ir aplinkos tvarumą, medžiagų, energijos ir vertės srautai turi keistis sistemos lygmeniu. Šiam sisteminiam pokyčiui reikia daugelio skirtingų veikėjų – įvairių organizacijų, miestų ir savivaldybių bei vartotojų – piliečių, kurie sąveikautų kompleksinėje aplinkoje. Šiai sąveikai užtikrinti reikia ekosistemos, kuri padėtų generuoti efektyvius išteklių ir medžiagų srautus, pagrįstus grįžtamojo ryšio ciklais ir subjektų tarpusavio priklausomybe. Ekosistemos gali būti paremtos industrine simbioze (išteklių perdirbimu tarp įvairių gamintojų), žinių generavimu, tyrimų

ir verslo kūrimu (startuolių veiklos). Kaip pavyzdys pateikiama startuolių kompanijos „Netlet“ platformų ekosistema, kuri orientuota į atliekų ir anglies dioksido išmetimo mažinimą statybų pramonėje. Ekosistema vienija stambias įmones, turinčias medžiagų perteklių, ir smulkiuosius subjektus, kuriems tos medžiagos reikalingos. Ekosistemų formavimo požiūris leidžia įvertinti įvairių subjektų, technologijų ir institucijų tarpusavio priklausomybę ir jų bendros evoliucijos modelius (Phillips ir Ritala, 2019; Thomas ir Autio, 2020). Ekosistemos veikėjų tarpusavio priklausomybė gali kilti iš bendros institucinės logikos, bendro tikslo ar ketinimų, bendrų vertybių, ryšių arba technologinės platformos, suvienijančios veikėjus (Adner, 2017; Jacobides et al., 2018). Ekosistemų generuojami rezultatai yra neabejotinai reikšmingesni nei rezultatai, kuriuos galėtų generuoti vienas subjektas (Thomas ir Autio, 2020).

Jaeger ir Upadhyay (2020) analizavo pagrindinius barjerus, trukdančius žiedinių technologijų diegimui apdirbamosios pramonės sektoriuje. Tyrimo metu identifiukuoti 7 pagrindiniai barjerai: 1) dideli diegimo pradžios kaštai, 2) sudėtingos tiekimo grandinės, 3) kintantis bendradarbiavimas verslas verslui (angl. *business-to-business*), 4) informacijos apie tvarią gamybą ir tvarų produktų dizainą trūkumas, 5) techninių įgūdžių trūkumas, 6) kompromisai dėl kokybės, 7) dideli ekonominiai ir laiko kaštai išardant (išrenkant) produktus. Trumpuoju laikotarpiu itin akcentuojami dideli personalo apmokymo ir įsitraukimo kaštai. Remiantis šiais rezultatais, galima teigti, kad darbo jėgos perkvalifikavimas, kvalifikacijos kėlimas ir naujų kompetencijų mokymas gali padėti sumažinti žiedinių technologijų diegimo kaštus tiek ekonominiu, tiek laiko požiūriu. López (2021) mano, kad ugdant reikiamus žiedinės ekonomikos įgūdžius, gali pasitarnauti universitetai, kurie ugdytų būtinas minėtos srities kompetencijas, tad veiktų kaip pokyčių tarpininkai. Kaip pagrindinės kompetencijos įvardijamos šios: energijos vartojimo efektyvumas, pakartotinis regeneruotų medžiagų naudojimas, atsinaujinanti energetika ir produktų naudingo tarnavimo laiko pailginimas.

Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (2022) politikos ir veiksmų rekomendacijose žiedinės ekonomikos diegimui kaip viena iš viešosios paramos priemonių siūlomas adaptuotų konsultavimo paslaugų teikimas. Paslaugos galėtų būti teikiamos vieno langelio principu. Konsultacijas per vieno langelio principu įsteigtą centrą galėtų teikti tiek nacionalinės vyriausybės, tiek savivaldybių institucijos. Taip teikiama informacija būtų aiški, nustatomi tikslai ir uždaviniai, apibrėžiamos skirtingų subjektų funkcijos, vaidmenys ir pareigos, žiedinės ekonomikos strategija būtų kuriama su aiškiais tikslais ir veiksmiais, t. y. turint aiškią strateginę viziją, skatinama žiedinės ekonomikos kultūra ir pasitikėjimas, stiprinamas sąmoningumas, didinamas skaidrumas.

Remiantis Vokietijos tarptautinio bendradarbiavimo paslaugų teikėjo „Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit“ (GIZ) (2022) ataskaitos informacija, subsidijos, mokesčių lengvatos, fiksuoti čekiai yra efektyvios priemonės modifikuojant institucinę struktūrą, atsveriant sisteminius rinkos pokyčius, didinant subjektų našumą, produktyvumą. Paskolos, garantijos, palūkanų finansavimas lengvina privačias investicijas į žiedinę ekonomiką, padeda sumažinti investuotojų patiriamą riziką. Respondentai nurodo skirtingas finansines priemones, o tai, remiantis Vokietijos tarptautinio bendradarbiavimo paslaugų teikėjo „Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit“ (GIZ) (2022) ataskaitos informacija, yra racionalu, atsižvelgiant į tai, kad skirtingi subjektai orientuojasi į skirtingus žiedinių technologijų prioritetus, žiedinių technologijų diegimas yra susijęs ir su privačiomis, ir su viešosiomis gėrybėmis. Prioritetų skirtumai ir lemia tai, kad diegiant žiedinių technologijų sprendimus reikia įvairių instrumentų ir priemonių derinio visuose sektoriuose ir visiems interesų srautams.

Pasak Nielsen ir Nielsen (2019), šiuo metu Europoje veikia daugiau kaip 250 „žaliųjų“ klasterių. Dalyvavimas žiedinės ekonomikos klasteriuose padeda verslo įmonėms gauti prieigos prie naujausių šios srities žinių, įgyti naujų kompetencijų, išbandyti naujas „žaliojo“ verslo idėjas ir diegti „žaliąsias“ inovacijas. Visa tai pasitarnauja verslo tvarumui užtikrinti, padeda tausoti aplinkos išteklius ir pačią aplinką. Nielsen ir Nielsen (2019) atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad 94,7 proc. klasterių diegia žiedinės ekonomikos sprendimus dėl galimybės įgyvendinti naujus verslo procesus, 84,2 proc. – dėl galimybės įgyti naujų kompetencijų, 73,7 proc. – dėl prieigos prie naujų žinių, 52,6 proc. – dėl galimybės plėtoti ir pristatyti naujus produktus, ir 47,4 proc. – dėl galimybės plėtoti ir pristatyti naujas paslaugas. Remiantis Ellen MacArthur fondo (2021), kurio tikslas yra skatinti žiedinės ekonomikos sprendimus ir paspartinti verslo poslinkį prie žiedinės ekonomikos, informacija, žiedinė ekonomika padeda kurti verslui didesnę pridėdamąją vertę, padidinti pelną pasinaudojant naujomis verslo galimybėmis, užkariauti naujas rinkas, sukurti tūkstančius darbo vietų.

Kita vertus, taip pat pastebima, kad klasteriuose dalyvaujančios verslo įmonės diegia žiedinės ekonomikos sprendimus ir dėl vis didėjančio politinio spaudimo transformuoti verslą pagal „žaliosios“ ekonomikos reikalavimus, ir šis spaudimas, ypač Europos šalyse, palaipsniui didėja (Nielsen ir Nielsen, 2019).

Apibendriname: sėkmingai žiedinės ekonomikos plėtrai reikia efektyvaus proceso valdymo, pasitelkiant įvairius subjektus ir instrumentus, tačiau žiedinės ekonomikos kontekstas tarp skirtingų grupių tyrėjų suvokiamas įvairiai: mokslininkai ją interpretuoja kaip beatliekė ekonomiką, ekonomistai ir verslo administratoriai supranta žiedinę ekonomiką kaip dabartinio socialinio-ekonominio modelio transformavimą

regeneruojamąją kryptimi. Administratoriai daugiau dėmesio skiria žiedinės ekonomikos principų realizavimui, siekiant ekonominio augimo ir darbo vietų kūrimo, o mokslininkai ir ekonomistai tikisi aplinkosauginės naudos.

1.6. Klasterizacijos ekonominis poveikis verslo modelių efektyvumui

Kalbant apie klasterių ekonominį poveikį, galima išskirti dvi šio poveikio kryptis – mikroekonominę ir makroekonominę kryptį. Mikroekonominiame kontekste klasterių kūrimas pasitarnauja klasteryje dalyvaujančių įmonių produktyvumo ir konkurencingumo didinimui. Makroekonominiame kontekste klasteriai skatina verslo ir viešojo sektoriaus partnerystę, darbo vietų kūrimą, regioninę ekonominę plėtrą.

Šiame darbe verslo modelių traktuosime remiantis Baden-Fuller ir Mangematin (2013) apibrėžimu: verslo modelis yra grafinė šių santykių struktūros iliustracija, padedanti suprasti jų logiką ir sudėtingumą globalizacijos kontekste. Verslo modelis padeda pagrįsti įmonės gyvavimą, jos egzistavimo tikslus, nulemia jos konkurencingumą ir yra verslo strategijos pagrindas.

Mikroekonominis poveikis. Jucevičius ir Grumadaitė (2015) pastebi, kad klasteriai buvo pradėti kurti identifikavus smulkiojo ir vidutinio verslo trūkumus bei stebint stambiųjų daugiašalių įmonių įgyjamus privalumus – patrauklumą, lengvą kompanijos identifikavimą vartotojams, bendradarbiavimą su šalių vyriausybėmis ir mokslinių tyrimų, kurių rezultatai skleidžiami ir visuomenei, plėtrą.

Klasteriai padeda plėtotis smulkiąjam ir vidutiniam privačiam verslui, kurio plėtra ekonomikos subjektams veikiant individualiai būtų sudėtinga, lėta ar net neįmanoma. Smulkiojo ir vidutinio privataus verslo sektorius yra jautrus ir itin pažeidžiamas kintančių ekonominių sąlygų ir paklausos svyravimų (tai patvirtino ir verslo sunkumai dirbant COVID-19 pandemijos sąlygomis). Dalyvaujant klasteriuose, verslo atsparumas didėja (Rotaru ir Titu, 2022).

Mackiewicz ir Namyslak (2021) teigia, kad klasteriai ekonominių subjektų yra kuriami dėl geografinių (artumas), socialinių (prieiga prie neturimų žinių ir patirties), institucinių (prieiga prie tam tikrų finansinių instrumentų) ir rinkos (geresnė konkurencinė padėtis, mažesni kaštai, mažesnė rizika) veiksnių.

Autoriai Silva ir Martinelli (2021), atlikę apklausą Brazilijoje veikiančiuose klasteriuose, nustatė, kad klasteriai yra kuriami dėl pramoninių (industrinių), socialinių, ekonominių ir kultūrinių veiksnių įtakos. Šių veiksnių visuma skatina vietinę ir tarptautinę įmonių plėtrą veikiant kartu.

Jucevičius ir Grumadaitė (2015), analizavę klasterių kūrimosi aspektus, išskiria šiuos reikšmingus veiksnius:

- 1) būdamas dideliu dariniu, klasteris pasitarnauja kaip smulkių subjektų inkaras, sudaromos galimybės stambiųjų tarptautinių įmonių pritraukimui;
- 2) klasteriai padeda efektyviau atsiliiepti į vartotojų poreikius;
- 3) klasteriai pasitarnauja kaip profesinės asociacijos (pramonės, verslo ir pan.);
- 4) klasteriai vienija vietinius verslus ir verslininkus.

Remotti (2021) atlikta daiktų interneto klasterių Europoje analizė (įtraukti 22 iš 989 tyrimo metu Europoje veikusių daiktų interneto klasterių) parodė, kad pagrindiniai klasterių kūrimo veiksniai yra technologinė plėtra (kaip nurodė 74 proc. tyrimo dalyvavusių klasterių atstovų) ir integracija (kaip pažymėjo 68 proc. respondentų). Kitais reikšmingais veiksniais pripažinti į įgūdžių plėtrą nukreiptas mokymasis (ši veiksnį pažymėjo 42 proc. respondentų), finansinės paslaugos (43 proc. respondentų), subsidijos tyrimų ir plėtros projektams (32 proc. respondentų) ir mentorystė startuoliams (26 proc. respondentų).

Apibendrinami įvairių autorių atliktų tyrimų rezultatus, Slaper ir Ortuaz (2015) daro išvadą, kad mikroekonominiam kontekste klasterių kūrimas yra strategija, padedanti pagerinti bendrąją verslo aplinką, patobulinti atskirų ekonominių subjektų turimus įgūdžius, išplėsti prieigą prie išteklių, finansų ir infrastruktūros, racionalizuoti su konkrečia veiklos sritimi susijusias valdančių institucijų įtvirtintas taisykles ir reglamentus, skatinti vietinę paklausą ir atvirumą užsienio investicijoms, didinti konkurencingumą. Tačiau kartu pastebima, kad didesnio produktyvumo ir konkurencingumo kūrimas per klasterius didele dalimi priklauso nuo ekonomikos sektoriaus, kuriame klasteris veikia, nuo veiklos regionui būdingų išteklių ir nuo klasteryje dalyvaujančių subjektų profilio, kadangi vertės multiplikatorius vienuose klasteriuose gali būti gerokai didesnis nei kituose, priklausomai nuo minėtų veiksnių poveikio. Taip pat pastebima, kad didesnis našumas yra susijęs su daug didesniais kapitalo ir gamybos veiksnių poreikiais, todėl kuriant klasterį būtina atsižvelgti, ar kapitalo pasiūla regione bus pakankama, ar dalis kapitalo turės būti tiekiamas iš kitų regionų. Tas pats pasakytina ir apie naudojamų gamybos įrengimų priežiūrą ir remontą, todėl privalu atsižvelgti į tai, kad darbo jėgos ir išteklių šiam tikslui prireiks gerokai daugiau, didės ir šios kategorijos kaštai.

Makroekonominis poveikis. Svarbiausias klasterių politikos tikslas makroekonominiam kontekste – skatinti pasaulio ekonomiką ir plėsti įmonių kūrybinius gebėjimus. Kuriant klasterius, taip pat siekiama išsaugoti darbo vietas, skatinti verslo reorganizavimą, plėtoti partnerystę tarp universitetų ir pramonės, kurti tarpregioninius aljansus (Rotaru ir Titu, 2022).

Klasterių strategijos gali būti kuriamos remiantis daugybe polių, priklausomai nuo to, kur politikos formuotojai nori sutelkti savo dėmesį – į tam tikras vietas (pirmaujančius regionus, mažiau pažengusius regionus, didmiesčių centrų zonas ir kt.), sritis (didinant šių sričių dinaminę, strateginę, socialinę ir pan. reikšmę), individualius subjektus ar jų grupes (universitetus, smulkiąsias ir vidutinio dydžio įmones, daugiašales įmones ir kt.) (Anić et al., 2019; Jankowiak, 2021). Klasteriai verslo skatinimui formuojami Kanadoje, tyrimų ir aukštųjų technologijų veiklai – Kanadoje ir Kinijoje, žinių perkėlimui į technologijas – Izraelyje, tyrimų perkėlimui į ekonomiką – Singapūre, subalansuotam teritoriniam vystymuisi – Meksikoje, Taiwan, Pietų Korėjoje ir kt. (Zenker et al., 2019).

Europos šalims būdinga šalių lygmens klasterių plėtros ir paramos politika (Zenker et al., 2019). Klasteriai sudaro didelę Europos pramonės infrastruktūros dalį. Dėl geografinio pasiskirstymo klasteriai tapo plačiai naudojama regionų politikos priemone, skatinančia mokslinių tyrimų ir inovacijų plėtrą, ypač smulkiojo ir vidutinio verslo sektoriuje. Iš tiesų, klasteriais pagrįsta pramonės plėtra jau tapo tiek visos Europos, tiek nacionalinių ir regioninių ekonominio augimo strategijų įgyvendinimo branduoliu. Regioninė klasterių politika vertinama kaip būdas didinti regionų pramonės modernizavimą, remti smulkiojo ir vidutinio verslo augimą ir skatinti sumaniąją specializaciją. Suvienijant inovatyvius subjektus, tikimasi, kad tai padės didinti regionų konkurencingumą ir plėsti inovacinius pajėgumus (Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija, 2007).

Klasteriais taip pat siekiama ir antrinių makroekonominių tikslų – išlaikyti užimtumą, remti naujų įmonių kūrimąsi, skatinti ekonomikos restruktūrizavimą, skatinti platesnį sisteminių bendradarbiavimą tarp viešųjų ir privačių mokslinių tyrimų ir technologijų organizacijų, plėsti mokslinių tyrimų ir inovacijų infrastruktūrą, skatinti partnerystę tarp sektorių ir tarp klasterių, plėsti ryšius tarp universitetų ir pramonės, kurti tarprejonines partnerystes ir remti klasterių narių tarptautinę plėtrą („Interreg Europe“, 2021).

Remiantis „Interreg Europe“ (2021) ataskaita, pagrindinis klasterių politikos loginis pagrindas yra susijęs su sisteminių sutrikimų, o ypač sandorio kaštų ir veiklos koordinavimo sutrikimų, mažinimu (Woolthuis et al., 2005). Didžiausios grėsmės – per didelė regioninė specializacija, mažinanti regiono ekonominį atsparumą tiek dėl siauros veiklos srities, tiek dėl išteklių ribotumo, ir galima žinių izoliacija regiono viduje (Rotaru ir Titu, 2022). Vertindami klasterių efektyvumą ekonominio našumo prasme, autoriai Slaper ir Ortuaz (2015) pastebi, kad ekonominiai multiplikatoriai gali skirtis įvairiuose ekonomikos sektoriuose, ir multiplikatorius šalies mastu paprastai yra didesnis nei atskiro ekonomikos sektoriaus ar atskiro tos šalies regiono

multiplikatorius. Jeigu tam tikrų ekonomikos sektorių multiplikatoriai yra panašūs, tuomet tikėtina, kad šiems sektoriams bus būdingas ir panašus įmonių, veikiančių šiuose sektoriuose (vadinasi, ir įmonių, galinčių aptarnauti tam tikrą klasterį), tankumas. Tačiau jeigu multiplikatoriai labai skiriasi, tuomet tikėtina, kad mažesniu multiplikatoriumi pasižymintis sektorius susidurs su kritinėmis tiekimo grandinės problemomis ir prireiks dalį išteklių tiekti iš išorės (Slaper ir Ortuzar, 2015). Taip pat pastebima, kad klasteriams, veikiantiems tam tikrame regione ar tam tikrame ekonomikos sektoriuje, ne visuomet reikia strateginės paramos iš viešojo sektoriaus. Todėl net jei klasteriai yra formuojami, jų struktūra nebūtinai organizuojama taip, kad leistų pritraukti viešųjų subjektų ar kitų stambių subjektų iš išorės.

Apibendriname: mikroekonominiame kontekste klasterių kūrimas skatina vietinę ir tarptautinę smulkiojo ir vidutinio verslo plėtrą, didina verslo atsparumą, suteikia prieigą prie trūkstamų socialinių (žinių ir patirties), institucinių (finansinių instrumentų) ir rinkos (geresnė konkurencinė padėtis, mažesni kaštai, mažesnė rizika) veiksnių, leidžia efektyviau atsiliiepti į vartotojų poreikius, padeda racionalizuoti su konkrečia veiklos sritimi susijusias valdančiųjų institucijų įtvirtintas taisykles ir reglamentus, didina verslo atvirumą užsienio investicijoms, tačiau gali būti susijęs su daug didesniais kapitalo ir gamybos veiksnių poreikiais bei kaštais. Makroekonominiame kontekste klasterių kūrimo politika yra viena iš pagrindinių priemonių remti pramonės modernizavimą ir išmaniąją specializaciją, skatinti regionų ekonominę vystymąsi, mokslinių tyrimų ir inovacijų plėtrą, kurti ir išlaikyti darbo vietas, plėtoti partnerystę tarp privataus ir viešojo sektorių. Didžiausios įžvelgiamos makroekonominės grėsmės yra per didelė regioninė specializacija, mažinanti regiono ekonominę atsparumą tiek dėl siauros veiklos srities, tiek dėl išteklių ribotumo, galima žinių izoliacija regiono viduje, skirtingas ekonominio multiplikatoriaus poveikis atskiruose ekonomikos sektoriuose ir regionuose bei nebūtina viešojo sektoriaus interferencija į privatų verslą.

2.

PAGRINDINIAI VERSLO MODELIŲ TRANSFORMACIJOS VEIKSNIAI MODERNIOJOJE EKONOMIKOJE

Informacijos amžius, beatliekės gamybos, tvaraus vartojimo ir gyvenimo būdo idėjos keičia buvusias socialines ir ekonomines struktūras bei procesus. Orientacija į moderniąją ekonomiką skatina klasterių transformaciją *sensu largo*. Tai reiškia, kad transformacija atliekama iš anksto numatant būsimus komercinius ir vertės kūrimo mechanizmus. Ji lengvina verslo tobulėjimą, padeda pasirengti atečiai, išnaudoti technologijų suteikiamus pranašumus, padidinti verslo gyvybingumą. Šiame skyriuje, remiantis atlikta literatūros analize, nagrinėjami verslo modelių transformacijos aspektai, atsižvelgiant į skaitmeninės transformacijos, žiedinės ekonomikos ir Europos „žaliojo kurso“ veiksmus.

2.1. Skaitmeninė transformacija

Skaitmeninė transformacija – tai skaitmeninių technologijų integravimas į visas verslo sritis, iš esmės keičiantis verslo veiklą bei vertės teikimo vartotojams principus ir procesą. Tai taip pat kultūrinis pokytis, reikalaujantis, kad įmonės ir organizacijos nuolat mestų iššūkį *status quo* ir eksperimentuotų. Moderniojoje ekonomikoje skaitmeninė transformacija jau tapo verslo prievole. Siekiant sėkmingai atlikti skaitmeninę transformaciją šiolaikiškuose verslo modeliuose, tikslinga atlikti išsamesnę šio veiksnio analizę.

2.1.1. Skaitmeninės transformacijos samprata ir kompleksiskumas

Kadangi skaitmeninių transformacijų (angl. *digital transformation*) koncepcija pasitelkiama siekiant paaiškinti galimybes, kurias suteikia produktų ir idėjų skaitmenizavimas, pirmiausia tikslinga panagrinėti pačią skaitmenizavimo sąvoką. Reikia pažymėti, kad skaitmenizavimo (angl. *digitalisation*) sąvoka dažnai painiojama su skaitmeninimo (angl. *digitisation*) sąvoka. Skirtumas tarp minėtų sąvokų yra tas, kad skaitmeninimas tiesiog yra fizinio arba analoginio turinio konvertavimas į virtualų turinį (Enhuber, 2015; Zakaria, 2019; Bloomberg, 2018; Rijswijk et al., 2020; Paul et al., 2020 ir kt.). Iš esmės tai reiškia analoginės informacijos kodavimą į nulus ir vienetus, kad kompiuteriai galėtų saugoti, apdoroti ir perduoti tokią informaciją. Pabrėžiama tai, kad skaitmeninama būtent informacija, o ne procesai (Bloomberg, 2018). Vykdam skaitmeninimą, kuriamos pažangių technologijų naudojimu pagrįstos platformos, padedančios padidinti įmonių efektyvumą. Pavyzdžiui, įvairių komunikavimo taikomųjų programų diegimas leidžia efektyviau priimti sprendimus arba dalytis žiniomis. Katz ir Koutroumpis (2013) teigia, kad informacijos skaitmeninimą lemia socialinė transformacija, t. y. masinis skaitmeninių technologijų, kurios generuoja, apdoroja ir perduoda informaciją, naudojimas.

Tuo tarpu skaitmenizavimas yra apibrėžiamas kaip metodas, kuriuo daugelis socialinio gyvenimo sričių yra pertvarkomos pagal skaitmeninės komunikacijos ir masinio informavimo priemonių infrastruktūrą. Tai tarpusavio sąveikos būdai, kai palaipsniui tolstant nuo analoginių technologijų (pvz.: pašto, telefono skambučių) ir pereinant prie skaitmeninių (pvz.: el. paštas, pokalbių svetainės internete, socialinė žiniasklaida), tiek darbo, tiek laisvalaikio sritys tampa skaitmenizuotos (Bloomberg, 2018). Verslo srityje skaitmenizavimas apibrėžiamas kaip skaitmeninių technologijų naudojimas siekiant pakeisti verslo modelį ir sukurti naujų pajamų bei vertės kūrimo galimybių (Bloomberg, 2018). Pasak Schallmo ir Williams (2018), skaitmeninės technologijos taikomos siekiant sukurti ir / arba generuoti naujus pajamų šaltinius, pagrįstus duomenų ir / arba informacijos naudojimu. Enhuber (2015) teigia, kad skaitmenizavimo analizavimas padeda suprasti, kiek skaitmeninė erdvė demokratizuoja, ugdo ir socializuoja vartojimo būdus.

Skaitmenizavimas taip pat yra naujų, technologijomis pagrįstų produktų ir paslaugų kūrimas (Katz ir Koutroumpis, 2012; Lasi et al., 2014; Hallstedt et al., 2020; Cooper ir Furst, 2020 ir kt.). Jeigu bendrąją prasme skaitmenizavimas yra terminas, paprastai vartojamas skaitmeninių duomenų naudojimui apibūdinti, tai produktų kūrimo kontekste kalbama apie suskaitmenintos informacijos naudojimą siekiant sudaryti sąlygas produkto kūrimui. Tokiu būdu produkto kūrimas yra ketvirtosios

pramonės revoliucijos (angl. *Industry 4.0*) koncepcijos dalis (Lasi et al., 2014). Remiantis Hallstedt et al. (2020), produkto / paslaugos kūrimas apima daugybę veiklos rūšių, pradedant rinkos poreikių nustatymu ir baigiant produkto / paslaugos pateikimu gamybai ir pardavimui. Kaip praktinius produkto skaitmenizavimo pavyzdžius galima pateikti skaitmeninių gairių naudojimą, duomenų, generuojamų visuose produkto gyvavimo ciklo etapuose, fiksavimą ir naudojimą produkto kūrimo tikslais, taip pat skaitmenines galimybes valdyti ir apdoroti vis didėjantį su produktu susijusių generuojamų duomenų kiekį. Tai ir išmanieji produktai su integruota programine įranga, ir hibridiniai gaminiai, kuriuos gaminant programinės įrangos kūrimo metodai derinami su tradiciniais gamybos procesais (Cooper ir Furst, 2020). Jeigu praeityje daugelis įmonių naudodavosi metodais ir procesais, kurie buvo sukurti spręsti daugiausia vienos srities problemas (inžinerines, mechanines, elektros, programinės įrangos problemas ir kt.), tai šiuo metu gaminami artefaktai vis dažniau yra daughtechnologiniai, apimantys ir paslaugų pasiūlymus (Hallstedt et al., 2020). Šiandien skaitmenizavimas iš esmės apima programinės įrangos integravimą į produktus, o paslaugos sudaro vis didesnę daugelio gamintojų pajamų dalį.

Kaip matyti iš pateiktų apibrėžimų, skaitmeninimas ir skaitmenizavimas yra glaudžiai tarpusavyje susijusios, bet skirtingos sąvokos. Nepaisant to, abu aptariamieji procesai laikomi pagrindiniais metodais, leidžiančiais užtikrinti organizacijų konkurencingumą skaitmeninės ekonomikos sąlygomis. Pasak Zakaria (2019), skaitmeninės ekonomikos amžiuje tiek skaitmeninimas, tiek skaitmenizavimas yra du pagrindiniai bet kurios organizacijos transformavimosi ir poslinkio į skaitmeninę ekonomiką elementai. Abu šie elementai naudojami įvairaus tipo organizacijose, kai jos siekia išlikti rinkoje.

Nors, kaip buvo minėta, skaitmeninimas ir skaitmenizavimas yra elementai, sukuriantys prielaidas skaitmeninėms transformacijoms, tai nėra tas pats, kas skaitmeninės transformacijos. Skaitmeninimas ir skaitmenizavimas pagal pobūdį yra technologiniai procesai, tuo tarpu skaitmeninės transformacijos orientuotos į klientą. Pavyzdžiui, organizacijos valdytojai gali nuspręsti imtis tam tikrų projektų procesams automatizuoti ar perkvalifikuoti darbuotojus darbui su kompiuterinėmis technologijomis. Tai yra skaitmenizavimas. Tačiau skaitmeninės transformacijos nėra tai, ką organizacijos galėtų įgyvendinti kaip projektą. Skaitmeninės transformacijos yra platesnis terminas, atspindintis į klientus orientuotą strateginę verslo transformaciją, kuriai įgyvendinti reikia kompleksinių organizacinių pokyčių ir skaitmeninių technologijų diegimo (Bloomberg, 2018). Todėl skaitmeninės transformacijos paprastai apima net keletą ar keliolika skaitmenizavimo procesų. Vykdamas skaitmenines transformacijas, reikia užtikrinti, kad organizacijoje būtų

efektyviau reaguojama į pokyčius, tad pokyčiai iš esmės tampa svarbiausia organizacijos kompetencija, kadangi organizacija tampa visiškai orientuota į klientą. Taigi, skaitmenizuojant informaciją, procesus ir darbuotojų vaidmenis, kurie ir sudaro verslo veiklą, transformuojamas verslas ir jo strategija. Tai ir yra skaitmeninės transformacijos.

Šiuolaikinėje verslo valdymo ir skaitmenizavimo literatūroje skaitmeninių transformacijų sąvoka dažnai painiojama su skaitmeninių inovacijų sąvoka, todėl tikslinga panagrinėti panašumus ir skirtumus tarp šių dviejų sąvokų (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Panašumų ir skirtumų tarp skaitmeninės inovacijos ir skaitmeninės transformacijos analizė

Lyginamasis kriterijus	Panašumai	Skirtumai	
		Skaitmeninės inovacijos	Skaitmeninės transformacijos
Prasmė	Ekonominių pokyčių šaltinis	Kūrybinė idėja ne visuomet perkeliama į įmonės strategiją	Visuomet yra įmonės strategijos dalis
Orientacija	Orientuojamasi į veiklos efektyvumą ateityje	Orientuojamasi į technologinius procesus	Orientuojamasi į klientą
Įgyvendinimo vieta	-	Gali būti įgyvendinama įmonės viduje, šalia jos ar išorinėje aplinkoje	Įgyvendinama tik įmonės viduje
Kuriama vertė	Kuria tiek materialią, tiek nematerialią vertę	Trumpalaikė ir ilgalaikė	Ilgalaikė
Įgyvendinamumo pobūdis	Per technologinius pokyčius vykdomi verslo pokyčiai	Gali būti įgyvendinamos kaip atskiri ar susiję skaitmenizavimo projektai (autonominės, sisteminės inovacijos)	Apima daug skaitmenizavimo projektų (strateginės transformacijos), integruotų procesų
Tipai	-	Produktų / paslaugų inovacijos, procesų inovacijos, verslo modelių inovacijos	Nauji verslo modeliai, verslo procesai, nauji kontakto su klientais taškai

Lyginamasis kriterijus	Panašumai	Skirtumai	
		Skaitmeninės inovacijos	Skaitmeninės transformacijos
Teikiami privalumai	Verslo modelio pakeičimas, naujų pajamų šaltinių generavimas, papildomos vertės vartotojui kūrimo galimybės	Kaštų mažinimas, produktyvumo didinimas, ryšių su suinteresuotaisiais asmenimis stiprinimas, konkurencinio pranašumo, rinkos dalies, pardavimų ir pelno didinimas	Naujų veikėjų (ir jų grupių), naujos struktūros, praktikos, vertybių ir įsitikinimų, keičiančių esamas veiklos taisykles, kūrimas

Šaltinis: sudaryta autorių.

Plačiąja prasme inovacijos laikomos ekonominių pokyčių šaltiniu, tačiau „gryna idėja pati savaime nėra tinkama įgyvendinti“ (Iosif, 2020). Inovacijos dažniausiai yra staigi kūrybinė idėja, kibirkštį primenantis procesas ar technologija, kuri yra arba nėra perkeliama į įmonės bendrąją strategiją. Vis dėlto, inovacija turi kurti materialią ar nematerialią vertę įmonei (Iosif, 2020). Inovacijos gali vykti verslo viduje, šalia verslo ar už verslo ribų. Jos gali būti autonominės (atskiros, nepriklausomos) arba sisteminės.

Karabulut (2020) teigia, kad skaitmeninės inovacijos yra informacinių ir komunikacinių technologijų naudojimas, kuriant naujus ir tobulinant esamus produktus, procesus, verslo modelius, rinkodaros ir organizacinius metodus bei tinklus. Tai siauresnis, konkrečius verslo srities pokyčius atspindintis požiūris. Tarptautinė ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (2005) apibrėžia technologines inovacijas kaip naujus produktus ir procesus bei reikšmingus produktų ir procesų pokyčius. Įrodyta, kad technologinės inovacijos padeda pagerinti organizacijos veiklos rezultatus (Azar ir Ciabuschi, 2017). Skaitmeninės inovacijos palengvina verslo įmonėse skaitmeninę transformaciją, jos traktuojamos kaip skaitmeninės transformacijos pirmtakas. Taigi, tarp skaitmeninių inovacijų ir skaitmeninių transformacijų egzistuoja priežastinis ryšys (Iosif, 2020).

Pasak Hinings et al. (2018), skaitmeninės inovacijos – tai naujų produktų ir paslaugų kūrimas ir pritaikymas. Karabulut (2020) išskiria 3 skaitmeninių inovacijų tipus:

- skaitmeninės produkto / paslaugos inovacijos,
- skaitmeninės procesų inovacijos,
- skaitmeninės verslo modelio inovacijos.

Skaitmeninės produkto / paslaugos inovacijos – tai nauji produktai ar paslaugos, kuriuos leidžia sukurti arba įkūnija informacinės technologijos. Tai naujos įmonių

platformos (pvz., *Customer Relationship Management* – CRM, *Enterprise Resource Planning* – ERP ir kt.), nauji plataus vartojimo produktai (pvz., išmanieji telefonai) ir esami produktai, kurie buvo patobulinti pasitelkiant skaitmenines technologijas (Fichman et al., 2014). Skaitmeninės produkto / paslaugos inovacijos yra orientuotos į pasiūlos procesus, struktūras ir rinkos dinamiką, – minėti elementai padeda užtikrinti naujų produktų / paslaugų kūrimą ir sklaidą. Pažymėtina, kad skaitmeninių produktų / paslaugų inovacijų diegimas yra ribotas – viskas priklauso nuo naudojamos pagrindinės technologijos teikiamų galimybių. Kiti apribojimai gali būti papildomi produktai bei paslaugos, kurių reikia pačiam gaminiui ir kliento vertei sukurti (Karabulut, 2020).

Skaitmeninės procesų inovacijos yra nauji metodai, kuriais remiantis atliekami tam tikri veiksmai verslo įmonėse ir kurie yra įmanomi dėl informacinių technologijų naudojimo. Pavyzdžiui, tai gali būti socialinės žiniasklaidos (socialinių tinklų internete) naudojimas, norint pasiekti klientus, padaryti jiems įtaką ir / ar gauti iš klientų grįžtamąjį ryšį. Taip pat tai gali būti sandėlio apskaitos kompiuterizavimas atsargoms valdyti ir pan. Įmonės, diegiančios skaitmenines procesų inovacijas, gali jas kurti pačios arba perimti pavyzdžius iš rinkos. Skaitmeninių procesų inovacijos turi įtakos sandorių apdorojimui, sprendimų priėmimui, bendravimui su naujais ir esamais tiekėjais bei klientais. Jos lemia administracinius pokyčius, tokius, kaip valdymas ir organizacinės struktūros (Karabulut, 2020).

Pasak Chesbrough (2010), verslo modelis yra būdas, kuriuo pasinaudodama įmonė gali kurti ir užfiksuoti vertę, gautą dėl technologijų pažangos. Vertė, kurią suteikia technologijos, priklauso nuo integruoto verslo modelio. Skaitmeninis verslo modelis yra būdas įmonei kurti ir teikti vertę klientui siekiant pelno, kai panaudojamos informacinės technologijos (Fichman et al., 2014).

Skaitmeninės verslo modelio inovacijos yra lankstus skaitmeninių technologijų naudojimas (Yoo et al., 2012). Skaitmeninės technologijos padeda sukurti duomenų įrašus, kurie yra inovacijų pagrindas. Skaitmeninės verslo modelio inovacijos yra kelių požiūrių konvergencija, atsirandanti dėl atvirumo, kuriam prielaidas sukuria skaitmeninių technologijų naudojimas (Hanelt et al., 2019). Diegiant skaitmenines verslo modelio inovacijas, didžiausias dėmesys skiriamas inovacijų pasiūlai bei produkto / paslaugos atnaujinimui. Fichman et al. (2014) išskiria tokius skaitmeninių verslo modelio inovacijų etapus, kaip atradimas, plėtra, sklaida ir poveikis. Kai įmonės naudojasi skaitmeninėmis technologijomis diegdamos verslo modelio inovacijas, jos dalyvauja išorinėje žinių integracijoje (Yoo et al., 2012), o tai padeda išlaikyti potencialą daryti tai ir ateityje. Skaitmeninių technologijų suteikiamas atvirumas didina įmonės absorbuojamąją galią (Hanelt et al., 2019).

Pagrindiniai skaitmeninių inovacijų teikiami privalumai verslo įmonėms yra kaštų mažinimas, produktyvumo didinimas, ryšių su suinteresuotaisiais asmenimis stiprinimas, konkurencinio pranašumo, rinkos dalies, pardavimų ir pelno didinimas (Karabulut, 2020). Zakaria (2019) darbe, kuriame pateikta sisteminė organizacijų inovacijų literatūros apžvalga, taip pat teorinė privatizavimo ir technologinių inovacijų apžvalga bei atlikti struktūrizuoti interviu su verslo organizacijų atstovais, atskleidžiama, kad organizacinės inovacijos pasitarnauja privatizacijos vykdymo procesams, tuo tarpu technologinės inovacijos laikytinos verslo skaitmenizavimo forma. Organizacijos diegia technologines inovacijas, kad išliktų konkurencingos, kadangi technologinės inovacijos gali padėti padidinti organizacijos veiklos efektyvumą ir kurti naujų technologijų naudojimu pagrįstus produktus ir paslaugas.

Literatūroje aptinkama įvairių skaitmeninės transformacijos apibrėžimų, bendro apibrėžimo nėra, o skirtingi autoriai akcentuoja skirtingus šio reiškinio bruožus, priklausomai nuo savo atliekamo tyrimo tikslo ir tyrimui naudojamų duomenų pobūdžio (žr. 4 lentelę).

4 lentelė. Pagrindiniai skaitmeninės transformacijos bruožai, akcentuojami įvairaus konteksto apibrėžimuose

Kontekstas	Bruožai	Šaltiniai
Globali verslo transformacija	Naudojamos internetu pagrįstos technologijos, esminis poveikis visai visuomenei	„PricewaterhouseCoopers“, 2013
Ekonomikos sektoriaus pokyčiai	Tinklinių sistemų kūrimas, keitimasis duomenimis, analizė, galimybių apskaičiavimas ir įvertinimas, veiksmų inicijavimas, pasekmių numatymas	Boueé ir Schaible, 2015
Strateginių ir taktinių tikslų įgyvendinimas	Nuolatinė įmonės, verslo modelio, idėjos, proceso ar metodologijos skaitmeninė raida	Mazzone, 2014
Tvarus konkurencingumas	Verslo įmonių našumo gerinimas, prieigos prie verslo įmonių didinimas, tradicinių technologijų funkcionalumo didinimas, ryšio su vartotojais gerinimas	Westerman et al., 2011; Singh et al., 2022
Vertę kuriančių struktūrinių komponentų integracija	Technologijų, įrankių, geriausios ir naujos praktikos, procesų, mokymosi ir optimalaus žmogiškojo kapitalo integracija	Hinings et al., 2018; Iosif, 2020

Kontekstas	Bruožai	Šaltiniai
Ekonominių subjektų sąveika pridedamos vertės grandinės segmentuose	Duomenų analize pagrįstos informacijos naudojimas skaičiavimams ir galimybių vertinimui, pagal kuriuos priimami verslo sprendimai	Bowersox et al., 2005; Schallmo et al., 2017

Šaltinis: sudaryta autorių.

Audito ir mokesčių konsultacijų bendrovė „PricewaterhouseCoopers“ (2013) pateikia skaitmeninių transformacijų apibrėžimą globaliame kontekste ir sieja jas su esmine viso verslo pasaulio transformacija, sukuriant naujas internetu pagrįstas technologijas, turinčias esminį poveikį visai visuomenei.

Boué ir Schaible (2015) apibrėžia skaitmenines transformacijas per pokyčius ekonomikos sektoriuje. Jie supranta skaitmenines transformacijas kaip nuoseklų visų ekonomikos sektorių tinklų kūrimą ir rinkos žaidėjų prisitaikymą prie naujų skaitmeninės ekonomikos realijų. Anot autorių, sprendimai tinklinėse sistemose apima keitimąsi duomenimis ir analizę, galimybių apskaičiavimą ir įvertinimą, taip pat veiksmų inicijavimą ir pasekmių numatymą.

Mazzone (2014) teigia, kad skaitmeninės transformacijos yra apgalvota ir nuolatinė įmonės, verslo modelio, idėjos, proceso ar metodologijos skaitmeninė raida tiek strateginiu, tiek taktiniu požiūriu. Šiuo atveju pastebima, kad skaitmeninės transformacijos siejamos su nuolatiniais pokyčiais, būtinais verslo strateginiams ir taktiniams tikslams pasiekti.

Westerman et al. (2011) žvelgia į skaitmenines transformacijas tvaraus konkurencingumo kontekste ir apibrėžia jas kaip technologijų naudojimą siekiant radikaliai pagerinti verslo įmonių našumą ir padidinti prieigą prie šių įmonių. Visuose ekonomikos sektoriuose veikiančių įmonių vadovai naudojami skaitmeninės pažangos rezultatais, tokiais, kaip analitika, mobilumas, socialinė žiniasklaida ir išmanieji įterptieji įrenginiai, taip tobulindami tradicinių technologijų funkcionalumą ir keisdami santykius su vartotojais, vidinius procesus ir didindami vertę. Singh et al. (2022) tvaraus konkurencingumo kontekste pabrėžia kontaktų su klientais svarbą. Pasak autorių, klientų patirtis yra ypač svarbi eroje, kai vartotojai turi daug žinių apie organizaciją, jos konkurentus ir prekes, kadangi teigiama vartotojo patirtis yra esminis verslo ilgalaikio konkurencinio pranašumo šaltinis.

Iosif (2020) apibrėžia skaitmenines transformacijas kaip integruotą technologijų, įrankių, geriausios ir naujos praktikos, procesų, mokymosi ir optimalaus sąsajų / žmogiškojo kapitalo panaudojimą. Tai įmonės pasirinkta strategija, kurią įgyvendinant diegiamos technologijos, padedančios pasiekti tam tikrą tašką / apimtį /

galutinę vertę, kitaip tariant, užsibrėžtą tikslą. Skaitmeninės transformacijos padeda sukurti naują realybę, naują *status quo*, kuri išliks iki kito transformacijos ciklo, kurį, savo ruožtu, paskatins naujovės (ar kiti veiksniai). Vykdam transformacijas, užtrunka laiko, kol pereinama iš vienos būsenos į kitą. Jos vyksta tik verslo viduje, kadangi sutelkiant dėmesį į technologijų vaidmenį, skaitmeninės transformacijos padeda kurti naujus pajėgumus ir naujus verslo modelius. Skaitmeninės transformacijos leidžia įgyvendinti skaitmeninę strategiją. Panašaus požiūrio dėl įvairių tarpusavyje susijusių komponentų integracijos per skaitmenines transformacijas laikosi ir Hinings et al. (2018), kurie mano, kad skaitmeninė transformacija reiškia kelių skaitmeninių inovacijų, dėl kurių sukuriama nauji veikėjai (ir jų grupės), naujos struktūros, nauja praktika, vertybės ir įsitikinimai, bendrą poveikį. Pasak Iosif (2020), skaitmeninės transformacijos apima naujai sukurtus verslo modelius (kurie atsiranda dėl technologijų pažangos), naujus verslo procesus ir kontakto su klientais (pristatymo) taškus. Skaitmeninės transformacijos keičia arba papildo esamas veiklos taisykles organizacijoje arba srityje, kurioje yra diegiamos.

Schallmo et al. (2017) apibrėžia skaitmeninių transformacijų sistemą kaip tinklą, kurio pridedamosios vertės grandinės segmentuose veikia ekonominiai subjektai (verslo įmonės ir vartotojai) ir kuriame naudojamos naujos technologijos. Panašios nuomonės laikosi ir Bowersox et al. (2005), kurie apibrėžia skaitmeninę verslo transformaciją kaip verslo perkūrimo procesą, skaitmenizuojant operacijas ir formuojant išplėstinius ryšius tiekimo grandinėje. Pagrindinis lyderystės iššūkis, atliekant skaitmenines verslo transformacijas, yra naujos energijos suteikimas verslui, kuriame tampa galima sėkmingai išnaudoti visą informacinių technologijų potencialą visoje tiekimo grandinėje. Schallmo et al. (2017) taip pat priduria, kad skaitmeninėms transformacijoms įgyvendinti reikia duomenų gavimo, keitimosi duomenimis, duomenų analizės bei šių duomenų pavertimo informacija įgūdžių, kurie leistų atitinkamą informaciją paversti veiksmais. Duomenų analize pagrįsta informacija naudojama skaičiavimams atlikti ir įvertinti galimybes, kad pagal juos būtų galima priimti verslo sprendimus ir / ar pradėti verslą.

Apibendriname: nors skaitmeninimas (fizinio arba analoginio turinio konvertavimas į virtualų turinį) ir skaitmenizavimas (naujų technologijomis pagrįstų produktų ir paslaugų kūrimas) yra elementai, sukuriantys prielaidas skaitmeninėms transformacijoms, pastarosios yra platesnis terminas, atspindintis į klientus orientuotą strateginę verslo transformaciją, kuriai įgyvendinti reikia kompleksinių organizacinių pokyčių ir skaitmeninių technologijų diegimo. Pagrindiniai skaitmeninių transformacijų skirtumai nuo skaitmeninių inovacijų yra tokie, kad priešingai nei skaitmeninės inovacijos, skaitmeninės transformacijos visuomet yra įmonės strategijos dalis, jos

yra ilgalaikės, įgyvendinamos tik įmonės viduje. Skaitmeninės inovacijos yra viena iš skaitmeninių transformacijų (pokyčių) varomųjų jėgų, ir dažniausiai, bet nebūtinai, vyksta prieš pokyčių procesą. Vykdamas skaitmenines transformacijas, orientuojamasi į klientą. Jos apima ne vieną, o daug skaitmenizavimo projektų ir integruotų procesų. Pagrindiniai skaitmeninių transformacijų tipai yra nauji verslo modeliai, verslo procesai ir nauji kontakto su klientais taškai. Svarbiausi skaitmeninių transformacijų teikiami privalumai – naujų veikėjų (ir jų grupių), naujų struktūrų, naujos praktikos, naujų vertybių ir įsitikinimų, keičiančių esamas veiklos taisykles, kūrimas. Mokslinėje literatūroje skaitmeninės transformacijos dažniausiai apibūrinamos globalios verslo transformacijos, ekonomikos sektoriaus pokyčių, įmonės strateginių ir taktinių tikslų įgyvendinimo, tvaraus konkurencingumo, vertę kuriančių struktūrinių komponentų ir ekonominių subjektų sąveikos pridedamosios vertės grandinės segmentuose kontekste.

2.1.2. Skaitmeninės transformacijos istorija

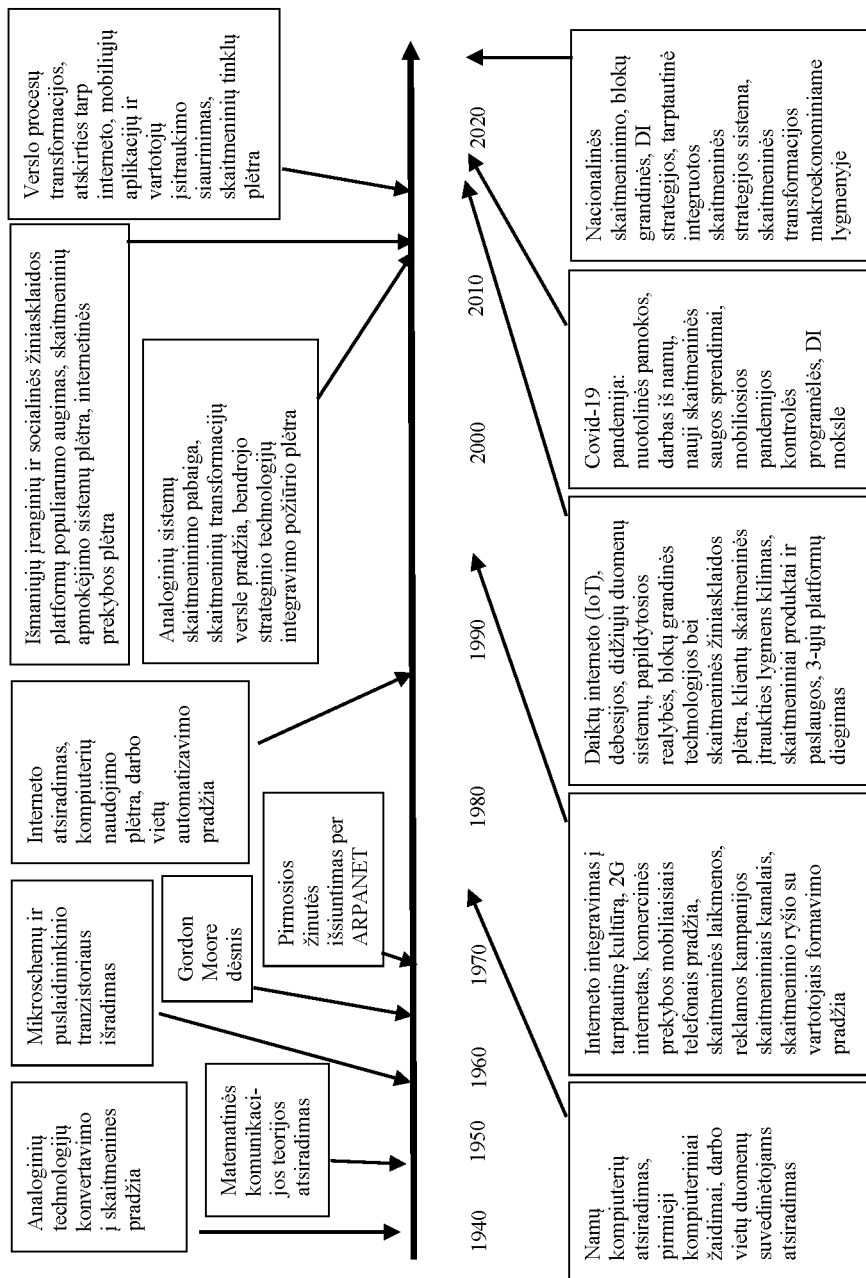
Nors skaitmeninė transformacija šiuo metu yra populiari diskusijų ir tyrimų tema, manoma, kad jos šaknys siekia apie 1940 m., kadangi būtent tuo laikotarpiu prasidėjo analoginių technologijų konvertavimas į skaitmenines. Tuomet ir prasidėjo vadinamoji skaitmeninė revoliucija (angl. *Digital Revolution*) (Menear, 2020). Matematikas Claude E. Shannon 1948 m. pristatė matematinę komunikacijos teoriją (angl. *A Mathematical Theory of Communication*). Joje buvo išdėstyti pagrindiniai komunikacijos elementai:

- žinutę sukuriantis informacijos šaltinis,
- siųstuvas, sukuriantis signalą, kurį galima persiųsti komunikacijos kanalu,
- kanalas, kuriuo siunčiama informacinė žinutė,
- imtuvas, kuris transformuoja signalą atgal į žinutę, skirtą gavėjui,
- paskirties vieta, t. y. asmuo ar įrenginys, kuriam ar į kurį yra siunčiama žinutė (Shannon, 1948).

Pagrindinė šios teorijos mintis yra ta, kad ryšio signalai turi būti traktuojami atskirai nuo jų perduodamų žinučių reikšmės. Vadinasi, siunčiamos informacijos transformavimas taip, kad ją būtų galima siųsti per tam pritaikytus kanalus, o pasikui vėl pertransformuoti į gavėjui skirtą ir suprantamą informaciją, sukuria pagrindą nuotolinei komunikacijai.

Tolesni skaitmeninės transformacijos evoliucijos etapai pavaizduoti 2 pav.

2 pav. Skaitmeninės transformacijos evoliucija
Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis atlikta literatūros analize.



Po matematinės komunikacijos teorijos paskelbimo, kitu reikšmingu etapu skaitmeninės transformacijos evoliucijoje laikomas mikroschemų ir puslaidininkinio tranzistoriaus išradimas, kadangi beveik visuose šiuolaikiniuose gaminiuose naudojama mikroschemų technologija, o tranzistorius yra pagrindinė kompiuterių ir kitų modernių elektroninių prietaisų detalė. Už tranzistoriaus išradimą JAV fizikai John Bardeen, Walter Brattain ir William Shockley 1956 m. apdovanoti Nobelio fizikos premija („Nobel Prize Outreach“, 2022). Mikroschemų technologijų pionieriais laikomi amerikiečiai Jack Kilby ir Robert Noyce. 1959 m. Jack Kilby, atstovaujantis kompanijai „Texas Instruments“, užpatentavo miniatiūrines elektronines grandines, o Robert Noyce, atstovaujantis kompanijai „Fairchild Semiconduct Corporation“, užpatentavo silikonines integruotas grandines (Bellis, 2021).

1965 m. amerikietis Gordon Moore, vienas iš kompanijų „Fairchild Semiconductor“ ir „Intel“ įkūrėjų, pristatė dėsnį, pagal kurį tranzistorių skaičius tankioje integravimo grandinėje (IC) padvigubėja maždaug kas dvejus metus. Vadinasi, tuo pačiu tempu auga ir kompiuterių galingumas. Šis dėsnis atspindi skaitmeninimo ir inovacijų diegimo tempus bei apimtį (Tardi, 2022).

1969 m. spalio 29 d. Kalifornijoje programavimo studentas Charley Kline išsiuntė pirmąją žinutę ARPANET tinklu į Stanfordo (Kalifornija) tyrimų instituto kompiuterį. Žinutės turinys buvo paprasčiausiai „Lo“ vietoje ketinto siųsti žodžio „Login“, kadangi sistemai jis buvo per ilgas (Norman, 2004). Tai buvo elektroninio pašto pradžia.

Tarp 1970 ir 1980 m. atsirado namų kompiuteriai. Pirmieji namų kompiuteriai pasirodė rinkoje 1977 m. Jie buvo siūlomi vartotojams kaip įperkami ir prieinami kompiuteriai, kurie pirmą kartą buvo skirti vienam netechniniam vartotojui. Taip pat atsirado pirmieji kompiuteriniai žaidimai (pvz., japonų sukurtas „Space Invaders“). Pradedamos kurti darbo vietos duomenų suvedinėtojams – taip padedama verslui konvertuoti jų turimus analoginius duomenis į skaitmeninius (Menear, 2020).

1989 m. britų mokslininkas Tim Berners-Lee sukūrė pasaulinio žiniatinklio (angl. *the World Wide Web*) sistemą, kuri iš pradžių buvo sukurta, siekiant patenkinti automatizuoto informacijos mainų tarp viso pasaulio universitetų ir institutų mokslininkų poreikį, o vėliau išsivystė į šiuolaikinio interneto sistemą („CERN“, 2022). Laikotarpiu tarp 1980 ir 1990 m. išsivysčiusiose šalyse plečiasi kompiuterių naudojimas, pradedamos automatizuoti darbo vietos (Menear, 2020).

Laikotarpiu tarp 1990 ir 2000 m. internetas tampa viešai prieinamas, jis pradedamas integruoti į tarptautinę kultūrą. Pristatomas 2G internetas, pradedama komercinė prekyba mobiliaisiais telefonais. Skaitmeninių produktų, paslaugų ir laikmenų idėjos buvo žinomos dar 1990-aisiais. Pavyzdžiui, mažmeninės prekybos

srityje reklamos kampanijos per žiniasklaidos priemones buvo laikomos svarbiais skaitmeniniais kanalais, kuriais buvo galima pasiekti klientus 1990–2000 m., nepaisant to, kad didžioji dalis pirkimų buvo atliekami tradicinėse parduotuvėse, dažnai sumokant grynaisiais pinigais. Kompiuterizavimo procesas prasidėjo maždaug prieš 30 metų, tuomet palaipsniui verslo įmonėse pradėti diegti skaitmeniniai procesai. Pirmiausia, per skaitmeninius kanalus ir interneto svetaines verslo kompanijos užmezgė skaitmeninį ryšį su vartotojais. Vėliau buvo sukurti skaitmeniniai procesai, leidžiantys verslo įmonėms valdyti ryšį su vartotojais (vadinamąją vartotojo sąveiką) (Sukhova, 2016).

2000-aisiais jau daugiau kaip pusė Amerikos namų ūkių turėjo asmeninius kompiuterius, o interneto vartotojų skaičius perkopė 1 milijardą (Menear, 2020). Skaitmeninė revoliucija plėtėsi visame pasaulyje, taip pat ir besivystančiose šalyse.

2010–2014 m. analoginių ir rankinių sistemų skaitmeninimas jau beveik baigtas, prasideda skaitmeninės transformacijos etapas, kai verslo įmonėse pertvarkomi procesai, programos, pertvarkomas žmogiškųjų išteklių naudojimas, taip kuriant verslo modelius, leidžiančius uždirbti daugiau pajamų, atsiliepiant į pasikeitusius vartotojų poreikius. Pradeda išryškėti pirmųjų skaitmeninės transformacijos projektų sėkmės ženklai. Palaipsniui pereinama nuo vienai infrastruktūrai pritaikytų technologinių projektų prie bendrojo strateginio technologijų integravimo požiūrio (Menear, 2020).

2015 m. masinio informavimo, telekomunikacijų ir finansinių paslaugų teikimo vartotojams sektoriai buvo labiausiai paveikti skaitmeninių transformacijų (Menear, 2020). 2000–2015 m. išmaniųjų įrenginių ir socialinės žiniasklaidos platformų populiarumo augimas lėmė reikšmingus verslo įmonių ryšių su vartotojais palaikymo metodų pokyčius. Trumpėjant grįžtamojo ryšio laikui ir didėjant komunikavimo kanalų skaičiui, pakito ir vartotojų lūkesčiai. Verslo įmonių atstovams atsirado galimybių bendrauti su vartotojais individualiai, dažnai net realiu laiku. Nuolat augantis skaitmeninių mokėjimo sistemų, tokių kaip „PayPal“, pasirinkimas taip pat pasitarnavo internetinės prekybos plėtrai. Verslo skaitmeninės ambicijos sparčiai augo, todėl netrūkusi profesionalių komandų naujųjų socialinių ir mobiliųjų kanalų valdymui. Minėti kanalai leido maksimaliai efektyviai panaudoti skaitmeninius duomenis savo veiklos ir ryšių plėtrai. Susisieję su vartotojais, tiekėjais ir kitomis suinteresuotomis šalimis per socialinius ir mobiliuosius kanalus, verslo vadovai suprato, kad veikia skaitmeniniuose tinkluose.

2016 m. „Forrester’s“ skaitmeninių transformacijų forume palaikoma idėja, kad skaitmeninės transformacijos – tai niekad nesibaigiantis tobulėjimo iššūkis, t. y. teigiama, kad skaitmeninės transformacijos yra nesibaigianti kelionė, o ne konkretus

kelionės tikslas, tai poreikis plačiai mąstyti, skaitmenizuoti verslo strategiją, laikytis bendradarbiaujamojo požiūrio, įtraukti kolegas, partnerius ir vartotojus į bendros ateities kūrimą (Gill, 2017). Tad verslo įmonės transformuoja veiklos procesus ir siaurina atskirtį tarp interneto, mobiliųjų programėlių (angl. *application*) ir vartotojų įsitraukimo ne internetu. Jos inicijuoja darbuotojų kvalifikacijos kėlimą ir formuoja lanksčiai dirbančias transformacijos grupes. Kad galėtų dar geriau išnaudoti didžiulius informacijos kiekius, kompanijos pradėjo jungti visus procesus ir įrangą į skaitmeninius tinklus. Išvelgdamos čia didžiulį potencialą, jos sutelkė pagrindinį dėmesį į kūrimą platformų, kurios sujungtų visas suinteresuotąsias šalis, ir palaipsniui ėmė atsisakyti tradicinių verslo vykdymo metodų, veikiant per tarpininkus (Sukhova, 2016).

Nuo 2018 m. skaitmeninės transformacijos toliau dominuoja verslo strategijose ir yra pagrindinis augimo veiksnys daugelyje kompanijų. Išsiplėtojo daiktų internetas (IoT), debesijos, didžiųjų duomenų (angl. *big data*) sistemos, papildytosios realybės (angl. *augmented reality*), blokų grandinės (angl. *blockchain*) technologijos bei skaitmeninė žiniasklaida. Šios sistemos skatina verslo įmones pereiti į dar aukštesnį klientų skaitmeninės įtraukties lygmenį, diegti informacinių technologijų naudojimu pagrįstus verslo procesus, kurti skaitmeninius produktus ir paslaugas. Iniciatyvos diegiamos remiantis vadinamosiomis „trečiosiomis platformomis“ (šį terminą panaudojo rinkodaros įmonė „International Data Corporation“), kurios susieja mobiliosios kompiuterijos, socialinės žiniasklaidos, debesų kompiuterijos, informacijos / analizės (didžiųjų duomenų) bei daiktų interneto sistemas (Donnelly, 2013). Pagrindiniai inovacijų diegimo varikliai yra daiktų internetas (IoT), robotika, 3D spausdinimo technologijos ir naujosios kartos skaitmeninės saugos sistemos (Sukhova, 2016).

2020 m. prasidėjus Covid-19 pandemijai, kai didžioji veiklos dalis buvo perkelta į internetą, dar labiau paspartėjo skaitmeninė transformacija. Pamokos mokiniams vyko nuotoliniu būdu, daugelis dirbančiųjų pradėjo dirbti iš namų, daugybė verslo įmonių adaptavo skaitmeninius verslo modelius, kad išlaikytų veiklą ir išsaugotų pajamų srautus. Netrukus po pandemijos protrūkio, interneto srauto naudojimas padidėjo iki 60% (Tarptautinė ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija, 2020), ir tai atskleidžia pandemijos sukeltą skaitmeninės transformacijos pagreitį. Padidėjus pasitikėjimui skaitmeniniais sprendimais, pradėti generuoti nauji privatumo ir skaitmeninės saugos sprendimai. Be to, pandemijos laikotarpiu buvo sukurtos ir mobiliosios programėlės, padedančios sekti pandemijos vystymąsi, kai kurios šalyse (įskaitant Lietuvą) įdiegti skaitmeniniai skiepų sertifikatai, galimybių pasai. Mokslininkai pasinaudojo dirbtiniu intelektu, kad daugiau sužinotų apie virusą

ir paspartintų vakcinos kūrimą. Trisdešimt keturios Tarptautinei ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijai priklausančios šalys 2020 m. viduryje įgyvendino nacionalines skaitmeninimo strategijas, koordinuojamas aukščiausiu valdžios lygmeniu, o dar penkios šalys (Čilė, Kolumbija, Japonija, Italija ir Turkija) – ministro pirmininko ir kanceliarijos lygmeniu (Tarptautinė ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija, 2020).

Beveik visose ekonomikos šakose skaitmeninės technologijos sukelia precedento neturinčius pokyčius ir kardinaliai keičia tiek verslo vykdymo modelius, tiek vartojimo ir pirkimų sprendimo priėmimo įpročius (Sukhova, 2016). Šiuo metu didžiausias dėmesys skiriamas mobiliesiems įrenginiams ir metodams, leidžiantiems kurti vertę vartotojui pasinaudojant suasmenintais (personalizuotais) vartotojų duomenimis, kuriuos mobiliosios technologijos gali generuoti didžiuliu mastu. Verslo įmonės naudoja šią suasmenintą informaciją, ir ja remdamosi gali geriau pritaikyti savo produktus / paslaugas ir komunikaciją, kad patenkintų vartotojų poreikius (Schallmo et al., 2017). Jos taip pat eksperimentuoja, diegdamos naujus skaitmeninius verslo vykdymo būdus, bandydamos efektyviau panaudoti duomenis, išlaikyti paslankumą ir išsaugoti įgytus pranašumus.

Skaitmeninės technologijos integruojamos į kiekvieną verslo veiklos aspektą. Jos leidžia pasiekti ryšio personalizavimo, efektyvumo didinimo ir saugumo užtikrinimo tikslų. Tos verslo įmonės, kurioms nepavyksta įdiegti efektyvios skaitmeninės strategijos ir minimizuoti skaitmenizavimui būdingos rizikos, pasmerktos atsilikti nuo konkurentų. Šalių vyriausybių lygmeniu daugiausia dėmesio skiriama dirbtiniam intelektui, blokų grandinės technologijoms ir 5G infrastruktūrai. Pastaroji yra itin svarbi diegiant patobulintą mobilųjų plačiajuostį ryšį, aptarnaujant daiktų interneto (IoT) įrenginius ir dirbtinio intelekto programas. Remiantis Tarptautinės ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos (2020) duomenimis, 2020 m. viduryje 60 valstybių turėjo nacionalines dirbtinio intelekto strategijas, o per pastaruosius trejus metus keletas šalių, tarp jų – Australija, Austrija, Kolumbija, Prancūzija, Vokietija, Pietų Korėja, Ispanija, Jungtinė Karalystė ir JAV, patvirtino nacionalines 5G strategijas. Blokų grandinės technologijos ir kvantinė kompiuterija taip pat susilaukia vis didesnio politinio dėmesio. Keletas šalių (Australija, Kinijos Liaudies Respublika, Vokietija, Indija, Šveicarija) jau patvirtino nacionalines blokų grandinės strategijas, kitos (Prancūzija, Italija) jas dar kuria. Tarptautinė ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (2020) patvirtino skaitmeninės integruotos politikos sistemos modelį, kurį sudaro 7 pagrindiniai blokai: prieiga, naudojimas, inovacijos, pasitikėjimas, darbo vietos, visuomenė ir rinkos atvirumas. Manoma, kad šis modelis padės valstybėms formuoti bendrą skaitmeninę politiką gyvenimo lygio,

ekonomikos augimui ir gerovei skatinimui. Prognozuojama, kad ateityje skaitmeninės transformacijos pasieks makroekonominį lygmenį (Sukhova, 2016), o išlaidos joms globaliu mastu 2022 m. pasieks 2 trilijonus JAV dolerių (Menear, 2020).

Apibendriname: literatūros analizė atskleidė, kad skaitmeninės transformacijos evoliucija turi šiuos etpus: analoginių technologijų konvertavimas į skaitmenines; matematinės komunikacijos teorijos; mikroschemų ir puslaidininkinio tranzistoriaus išradimas; Gordon Moore dėsnis; pirmosios žinutės išsiuntimas per ARPANET; interneto atsiradimas, kompiuterių naudojimo plėtra, darbo vietų automatizavimo pradžia; analoginių sistemų skaitmeninimo pabaiga, skaitmeninių transformacijų versle pradžia, bendrojo strateginio technologijų integravimo požiūrio plėtra; išmaniųjų įrenginių ir socialinės žiniasklaidos platformų populiarumo augimas, skaitmeninių apmokėjimo sistemų plėtra, internetinės prekybos plėtra; verslo procesų transformacijos, atskirties tarp interneto, mobiliųjų aplikacijų ir vartotojų įsitraukimo siauriniams, skaitmeninių tinklų plėtra.

2.1.3. Skaitmenines transformacijas aiškinančios teorijos

Teorijų, aiškinančių skaitmeninių transformacijų procesus, aptinkama informacinių sistemų, inžinerinėje, verslo valdymo literatūroje. Tiriant skaitmenines transformacijas, remiamasi tiek normatyviniu, tiek interpretaciniu požiūriais (Mergel et al., 2019). Taikant normatyvinį požiūrį, remiamasi prielaidomis ir teorijomis, kurios nebūtinai yra eksperimentiškai pagrįstos, tačiau iškeltas prielaidas ir teorijas bandoma susieti su socialinėmis normomis ir realijomis. Tai makrokonceptija, kadangi normos visuomet generalizuojamos plačiu lygmeniu. Tuo tarpu pasitelkiant interpretacinį požiūrį, pagrindinis dėmesys skiriamas reiškinių savybėms, procesams ir reikšmei, kuri pastebima aplinkoje. Be to, analizuojama tam tikrų veiksmų įtaka ateityje, pateikiamas individualus požiūris į teigiamus ir neigiamus nagrinėjamo reiškinio ar krypties aspektus. Šios formos analizė padeda suprasti veiksmų reikšmę, bet nebūtinai jų priežastis. Tai mikrokonceptija, kadangi žinios ir įžvalgos taikomos palyginus siauru mastu (pvz., asmeniniai interesai, verslo interesai ir kt.).

Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad pagrindinės teorijos, kurias pasitelkiant aiškinami skaitmeninių transformacijų procesai, yra informacijos teorija, matematinės komunikacijos teorija, technologinės pažangos teorija, inovatoriaus dilema, naujumo paradoksas ir „stebuklingosios kulkos“ teorija (žr. 5 lentelę).

5 lentelė. Pagrindinių skaitmenines transformacijas aiškinančių teorijų apžvalga

Teorija	Pagrindinė idėja	Reikšmė
Informacijos teorija	Kiekvienam informacijos perdavimo kanalui būdinga tam tikra riba greičio, kuriuo gali būti perduodamas baigtinis didžiausias informacijos kiekis	Įtvirtina informacijos sąvoką, leidžia kiekybiškai įvertinti greitį, kuriuo informacija perduodama ryšių kanalais, sukuria pagrindus informacijos kodavimui
Matematinės komunikacijos teorija	Bendrosiomis sąlygomis galimų informacijos signalų skaičiaus logaritmas kanale laikui bėgant didėja tiesiškai	Įtvirtina informacijos kanalo sąvoką, įtvirtina informacijos kodavimo principus, sukuria pagrindus kurti ryšio sistemas, leidžiančias perduoti kuo didesnius informacijos kiekius bei pakoreguoti galimus iškraipymus
Technologinės pažangos teorija	Net ir mažiau išteklių turinti, smulkesnė įmonė gali sėkmingai konkuruoti su stambiais įmonėmis, jei vis didins produkto / paslaugos funkcionalumą	Parodo, kokį poveikį pramonės ir / ar įmonės lygmeniu technologijos gali turėti verslo modeliams, ciklams, gamybos procesams, produktams / paslaugoms, leidžia prognozuoti, kokie „žaidėjai“ rinkoje susilauks sėkmės
Inovatoriaus dilemos teorija	Tvarių, o ne griaujamųjų technologijų diegimas leidžia atsižvelgti į vartotojų poreikius, išlikti konkurencingam ir nuolat kurti aukštesnės kokybės produktus	Atskleidžia skirtumus tarp tvarių ir griaujamųjų technologijų, sukuria pagrindus, kaip užtikrinti našumą verslo įmonėse, palaipsniui pereiti į aukštesnio lygio rinką ir išsaugoti įgytą konkurencinį pranašumą
Naujumo paradoksas	Norint sėkmingai kurti ir diegti inovacijas, būtina rasti pusiausvyrą tarp jau patvirtintų ir naujų žinių	Patvirtina, kad pereinant iš vieno skaitmenizavimo etapo į kitą, inovacijų pagrindas yra ankstesniame etape patvirtintos žinios, kurios derinamos su naujomis žiniomis. Tai leidžia kurti naujus formatus, plėsti produktų / paslaugų architektūrą, transformuoti lokalius procesus į globalius
„Stebuklingosios kulkos“ teorija	Pasinaudojus masinio informavimo priemonėmis, galima tam tikrą idėją tiesiogiai įdiegti auditorijai ir taip formuoti jos nuomonę	Parodo, kad internetas ir socialinės platformos yra puiki terpė daryti įtaką auditorijai, kadangi sukuriamas tiesioginis ryšys su vartotoju. Tai lemia socialinės elgsenos pokyčius skaitmeniniame amžiuje

Šaltinis: sudaryta autorių.

Viena iš ankstyviausių teorijų yra **informacijos teorija** – mokslinis skaitmeninės informacijos kiekybinio vertinimo, saugojimo ir perdavimo tyrimas. Informacijos teoriją įtvirtino švedų fiziko ir elektronikos inžinieriaus Harry Nyquist ir amerikiečio elektronikos srities tyrėjo Ralph Hartley darbai XX amžiaus trečiajame dešimtmetyje (1924–1928 m.). Remiantis informacijos teorija, svarbiausias informacijos matas yra entropija. Entropija leidžia kiekybiškai įvertinti neapibrėžtumo lygį, susijusį su atsitiktinio kintamojo verte arba atsitiktinio proceso rezultatu. Pavyzdžiui, sąžiningo monetos metimo rezultatas (kai yra du vienodai tikėtini rezultatai) suteikia mažiau informacijos (mažesnė entropija) nei lošimo kauliuko metimo rezultatas (kai yra šeši vienodai tikėtini rezultatai) (Burnham ir Anderson, 2002). Vadinasi, informacija gali būti suvokiama kaip tam tikras sprendimas neapibrėžtumo sąlygomis. Be to, informacijos teorijoje kiekybiškai įvertinamas intelektas ir greitis, kuriuo informacija gali būti perduodama per ryšių sistemą. Laikomasi prielaidos, kad kiekvienam informacijos perdavimo kanalui (pvz., telefono kabeliui) būdinga tam tikra riba greičio, kuriuo gali būti perduodamas baigtinis didžiausias intelekto (informacijos) kiekis. To meto elektros inžinieriai praktikai suprato, kad ši riba yra susijusi su tokiais veiksniais, kaip galia, triukšmas ir signalo dažnis. Kanalu perduodamas turinys pradėtas vadinti informacija. Informacija, savo ruožtu, traktuojama kaip išmatuojamas dydis, atspindintis informacijos gavėjo gebėjimą atskirti tam tikrą vieną simbolių seką nuo bet kurios kitos. Kiti reikšmingi informacijos teorijos elementai yra abipusė informacija, kanalo talpa, klaidų eksponentai ir santykinė entropija. Svarbūs informacijos teorijos segmentai yra kodavimas, algoritminio sudėtingumo teorija, algoritminės informacijos teorija ir informacijos teorinis saugumas (Losee, 1997). Informacijos teorijoje susiejamos tikimybių teorija, statistika, informatika, statistinė mechanika, informacijos inžinerija ir elektrotechnika (elektros inžinerija). Ši teorija reikšminga tuo, kad joje nagrinėjami informacijos perdavimo, apdorojimo, gavimo ir panaudojimo klausimai.

Iki tol buvusi gana abstrakti, informacijos teorijos sąvoka buvo konceptualizuota ir informacijos perdavimo triukšmingu kanalu atvejis buvo išnagrinėtas Claude E. Shannon **matematinės komunikacijos teorijoje**, kuri pristatyta 1948 m. Teorijoje teigiama, kad bendrosiomis sąlygomis galimų informacijos signalų skaičiaus logaritmas diskrečiame kanale laikui bėgant didėja tiesiškai. Vadinasi, informacijos perdavimo pajėgumus galima apskaičiuoti, pasitelkiant šį didėjimo lygį, ir išreikšti kaip bitų skaičių per sekundę – matą, kurio reikia konkrečiam signalui nurodyti. Toliau teorijoje analizuojami klausimai, kaip matematiškai apibūdinti informacijos šaltinį ir kokį kiekį informacijos, matuojant bitais per sekundę, sukuria tam tikras informacijos šaltinis.

Autoriaus novatoriškas požiūris padėjo sukurti abstraktų terminą, apibūdinanti žmonių bendravimo kryptis – tai buvo pavadinta informacijos kanalu. Informacijos kanalą pagal Shannon (1948) sudaro: siuntėjas (informacijos šaltinis), perdavimo terpė (su triukšmu ir iškraipymais) ir imtuvas (kurio tikslas – atkurti siuntėjo pranešimus). Siekdamas kokybiškai išanalizuoti, kaip informacija perduodama kanalu, autorius taip pat įvedė informacijos kiekio pranešime matą. Pasak autoriaus, netikėtumo lygis yra informacijos kiekio matas, kuris yra glaudžiai susijęs su galimybe perduoti vieną iš kelių pranešimų. Pranešimas yra labai informatyvus, jei jo tikimybė maža, ir atvirkščiai – jei pranešimas yra labai nuspėjamas, tuomet jame vertingos informacijos yra mažai, ir gavėjas nesistebi jį gavęs.

Kad atliktų komunikacijos kanalo kiekybinę analizę, Shannon (1948) pristatė naują dydį – entropijos greitį. Juo matuojamas informacijos gamybos greitis tam tikrame informacijos šaltinyje ir informacijos perdavimo pajėgumas, dar vadinamas komunikavimo (ryšio) kanalo pajėgumu. Autorius nustatė, kad jei informacijos, kurią norima perduoti, greitis viršija komunikavimo kanalo pajėgumą, tai perduodant informaciją yra neišvengiama nepataisomų klaidų. Autoriaus atliktame tyrime netikėtas rezultatas buvo tas, kad jeigu informacijos siuntėjo entropijos greitis yra mažesnis už kanalo pajėgumą, net ir tokiu atveju vis dėlto yra būdas užkoduoti informaciją, kad ją būtų galima perduoti be klaidų. Šis dėsnius galioja net ir tuomet, jei pranešimas iškraipomas komunikavimo kanale perdavimo metu.

Shannon (1948) matematinė komunikacijos teorija reikšminga tuo, kad joje įtvirtinti informacijos kodavimo principai – informacijos kodavimas naudojamas siekiant padidinti komunikavimo kanalo efektyvumą ir sumažinti galimų informacijos klaidų lygį siunčiant informaciją triukšmingais kanalais. Ši teorija tapo sisteminiu pagrindu kuriant ryšio sistemas, leidžiančias perduoti kuo didesnius informacijos kiekius bei pakoreguoti galimus iškraipymus.

Technologinės pažangos (angl. *technological disruption*) teorija buvo pradėta plėtoti XX-ojo amžiaus pabaigoje ir plėtojama iki šiol. Ji siejama su technologiniais pokyčiais organizacijose ir skatina mąstyti apie inovacijomis pagrįstą plėtrą. Šioje teorijoje iškeliama idėja, kad net ir mažiau išteklių turinti, smulkesnė įmonė ar organizacija gali sėkmingai konkuruoti net su stambiomis, gerai įsitvirtinusiomis įmonėmis ar organizacijomis. Jau įsitvirtinusios įmonės dažniausiai tobulina savo produktus ir paslaugas atsižvelgdamos į pačių reikliausių vartotojų (dažniausiai leidžiančių uždirbti didžiausią pelną) poreikius. Taip jos be reikalo pranoksta užimamo rinkos segmento realius poreikius, tuo tarpu kitų vartotojų poreikiai yra ignoruojami. Remiantis technologinės pažangos teorija, norėdama sėkmingai konkuruoti, įmonė turėtų taikytis būtent į šiuos ignoruojamus segmentus, teikdama

funkcionalesnius produktus / paslaugas, dažnai – žemesnėmis kainomis. Be to, didesnio pelno besivaikančios įmonės senbuvės paprastai nesugeba sparčiai reaguoti į situaciją, nors pagrindiniai vartotojai itin vertina našumą ir operatyvumą. Todėl našumo užtikrinimas technologiškai pažangiose įmonėse suteikia galimybių joms palaipsniui pereiti į aukštesnio lygio rinką ir išsaugoti įgytą konkurencinį pranašumą (Christensen et al., 2015).

Pasak Utterback (1994), technologinė pažanga pasireiškia pramonės ir verslo įmonių lygmeniu ir keičia žaidimo taisykles – tai pokytis, kuris panaikina dalies ankstesnių investicijų į techninius įgūdžius ir žinias, dizainą, gamybos metodus ir įrangą teiktą naudingumą. Tačiau, kaip pastebi Christensen et al. (2015), diegiant skirtingo tipo inovacijas, būtina laikytis skirtingo strateginio požiūrio: tai, kas tinka vienai organizacijai, gali visiškai netikti kitai, ypač sparčiai kintančiomis rinkos sąlygomis.

Tushman ir Anderson (1986) išskiria produkto ir proceso technologinę-inovacinę pažangą. Produkto pažanga reiškia naujas produktų klases, produktų pakaitalus arba esminius produkto patobulinimus. Proceso pažanga gali pasireikšti kaip procesų pokyčiai arba naujovės, kurios iš esmės pagerina specifinius tam tikros pramonės šakos ar įmonės rodiklius.

Vėliau autoriai papildė galimus technologinės pažangos rezultatus. Pavyzdžiui, Christensen ir Raynor (2003) teigia, kad technologine pažanga galima laikyti ir verslo modelių inovacijas, kurios atspindi iš esmės skirtingų verslo modelių taikymą esamame versle. Zeng et al. (2008), Cui ir Pan (2015) ir kiti mano, kad tai gali būti reikšmingi organizacinės kultūros, verslo procesų, pajėgumų ir net rinkų pokyčiai. Bet kuriuo atveju, kaip teigia Rice et al. (1998), technologinė pažanga gali:

- 5–10 kartų pagerinti veiklos rezultatus, palyginus su rezultatais, gautais gaminant / parduodant esamus produktus;
- sumažinti verslo kaštus 30–50 proc.;
- sukurti pagrindus naujam veiklos rezultatyvumo vertinimui globaliu mastu.

Nadkarni ir Prügl (2020) nuomone, technologiniai pokyčiai gali reprezentuoti naujas pasaulyje produktų inovacijas, išjudinti esamus procesus ir padėti kurti visiškai naujus verslo modelius.

Technologinės pažangos teorija reikšminga tuo, kad parodo, kokią didelį poveikį pramonės ir / ar organizacijos lygmeniu įdiegtos technologijos gali turėti verslo modeliams, verslo ciklams, gamybos procesams, produktams / paslaugoms. Ji leidžia prognozuoti, kokie rinkos žaidėjai susilauks sėkmės. Tačiau reikia pažymėti, kad kartais technologinė pažanga traktuojama ir kaip tam tikras šokas ar sukrėtimas, kurį dėl būtinybės atlikti pokyčius patiria jau įsitvirtinusios įmonės ir orga-

nizacijos (verčiant iš anglų kalbos, žodis „disruption“ gali reikšti ne tik pažangą, bet ir sutrikdymą, destrukciją). Todėl pokyčiai turi būti gerai suplanuoti, tikslingi ir laipsniški.

Christensen (2005) pristato vadinamąją „*inovatoriaus dilemą*“ (angl. *the innovator's dilemma*). Remiantis šia teorija, aiškinama, kaip naujovių diegėjo patirtis ir kompetencija tampa privalumu, siekiant diegti inovacijas ir jas diegiant. Teorijoje aprašomos problemos, kai organizacijoje susiduriama su griauamosiomis (ardomosiomis) technologijomis (angl. *disruptive technology*). Šios technologijos priešina- mos tvarioms technologijoms (angl. *sustainable technology*).

Dauguma inovacijų, kurios diegiamos įvairiose pramonės šakose, yra tvarios: diegdamos šias technologijas, įmonės tobulina tai, ką jau turi, padarydamos savo produktus / paslaugas patrauklesnius ir naudingesnius esamiems klientams (Woods, 2016). Pasak Gustafsson ir Westbergh (2010), tvariosios technologijos pagerina 6 pagrindinius produkto techninius standartus. Jos taip pat pagerina produktų funkcionalumą ir jų vertę vartotojams. Jos yra tvarios iš prigimties.

Griauamosios technologijos, veikiančios prasčiau už tvariąsias technologijas, yra alternatyva, suteikianti rinkai naujos vertės, kuri anksčiau buvo nepasiekiamą. Tačiau jos nėra ilgalaikės. Paprastai griauamosios technologijos nepasiteisina pagrindinėje rinkoje, nors ir turi kitų savybių, kurias vertina kai kurie (dažniausiai nauji) vartotojai. Jos padeda aptarnauti žemesnės rinkos ribinius klientus, kurių lūkesčiai dėl tam tikro produkto ar paslaugos funkcionalumo yra mažesni. Šios technologijos naudingos tuo, kad gali padėti įsitvirtinti rinkoje sutelkiant dėmesį į tokius pagrindinius aspektus, kaip greitis, kaina ir patogumas (Woods, 2016).

Tačiau griauamosios technologijos gali sukelti didelių iššūkių organizacijoms, kadangi prireikia pakeisti anksčiau taikytus valdymo ir darbo metodus. Tuo tarpu tvariųjų technologijų diegimas sukelia mažiau iššūkių, kadangi šiuo atveju reikia tik atsižvelgti į vartotojų poreikius, sekti konkurencijos pokyčius ir nuolat kurti aukštesnės kokybės produktus (Gustafsson ir Westbergh, 2010).

Christensen (2005) teigia, kad nesuvokimas, jog griauamosios technologijos skiriasi nuo tvariųjų technologijų, gali būti pavojingas. Nors istoriškai tradiciniai procesai veikė gana gerai, griauamosios technologijos niekada nepadėjo sukurti inovatyvių produktų. Tradicinių valdymo metodų taikymas niekuomet nelemia sėkmės, priešingai nei tvarių technologijų naudojimas.

Autorius taip pat pateikia 5 principus, kurie gali padėti verslo vadovams nustatyti atsirandančias griauamąsias technologijas ir prie jų prisitaikyti. Remiantis šiais principais, aiškinama, kodėl produktyvi praktika, kai išnaudojamos esamos technologijos, iš tiesų yra neproduktyvi, jeigu esamos technologijos yra griauamosios.

1. Verslo įmonės yra priklausomos nuo vartotojų ir investuotojų išteklių. Šis principas atitinka priklausomybės nuo išteklių teorijos (angl. *the theory of resource dependence*) prielaidas. Tai reiškia, kad nors įmonės vadovai gali manyti, jog jie valdo įmonės išteklius, galiausiai paaiškėja, kad ne jie, o vartotojai ir investuotojai diktuoja, kaip bus išleisti įmonės pinigai, kadangi tos įmonės, kurių investicijos neatitinka vartotojų ir investuotojų lūkesčių, negali išgyventi, o kai įmonė galiausiai pradeda investuoti į inovatyvias technologijas, būna jau per vėlu.
2. Mažos rinkos netenkina stambių įmonių augimo poreikių. Sėkmingoms įmonėms reikia pastoviai augti, kad jos galėtų išlaikyti tiek vidines kūrybos galimybes, tiek nekrantančią savo akcijų kainą rinkoje. Vadinasi, kuo stambesnė ir sėkmingesnė yra verslo įmonė, tuo didesnė turi būti nauja rinka, kad ji turėtų teigiamą poveikį įmonės augimui. Nors griaujamųjų technologijų naudojimas gali padėti atverti naujas rinkas, jos paprastai yra nepakankamai didelės, kad patenkintų stambios ir sparčiau augančios įmonės poreikius. Todėl stambios įmonės retai gali išnaudoti naujas rinkas savo augimui.
3. Rinkos, kurios neegzistuoja, negali būti analizuojamos. Šis principas reiškia tai, kad ekspertai dažnai susiduria su problemomis prognozuodami dinamiką rinkų, kuriose naudojamos griaučiamosios technologijos. Prognozės, kokios didelės taps augančios rinkos, dažnai nepasiteisina. Taip yra todėl, kad griaučiančiosiomis technologijomis pagrįstai rinkai nebūdingi bendrai žinomi bruožai. Šios rinkos yra ką tik atsiradę, jos dar nėra įsitvirtinusios. Todėl tokių rinkų būsimo dydžio ir augimo tempų prognozavimas tampa sudėtingas, o verslo įmonėms sunku išanalizuoti, kokią tokios rinkos dalį ji galėtų užimti ir kokią finansinę grąžą galėtų gauti. Tai paralyžiuoja verslą ir lemia klaidas. Priešinga situacija pastebima prognozuojant pokyčius rinkose, kuriose naudojamos tvariosios technologijos.
4. Įmonės / organizacijos pajėgumai nusako ir jos nesugebėjimus. Nors pavieniai individai yra stebėtinai lankstūs ir gebantys prisitaikyti, įmonė privalo turėti suformuotus procesus ir vertybes, kurios atspindėtų, kaip įmonėje gaminama produkcija, kaip priimami sprendimai dėl išteklių, kaip generuojamos idėjos. Šie procesai ir vertybės nėra ir neturi būti lankstūs, jų neturi būti galima lengvai pakeisti, siekiant išleisti kokią nors žemesnei rinkai skirtą produktą, jeigu pagrindiniai gamybos procesai yra orientuoti į aukštesnei rinkai skirtų produktų gamybą. Naujasis scenarijus – griaučiančiųjų inovacijų diegimas – lems tik tai, kad įmonės stiprybės taps jos silpnybėmis.
5. Technologinė pasiūla gali neatitikti rinkos poreikių. Įmonės senbuvės agresyviai konkuruoja siekdamos didesnio pelno. Jos stengiasi didinti produkto funkcionalumą vartotojams. Tačiau taip nepagrįstai viršijami bendrieji rinkos porei-

kiai, sukuriamas vakuumas pigesnėms, mažiau kainuojančioms technologijoms patekti į rinką, didėja konkurencija su kitomis įmonėmis senbuvėmis. Kadangi naujos, technologiškai pažangios įmonės gali patekti į rinką siūlydamos mažesnes kainas už kokybiškesnius produktus, tai turėtų pasitarnauti kaip sviri priežastis pradėti keistis ir diegti tik tvarias inovacijas.

Lucas ir Goh (2009) šiek tiek išplėtė originalią Christensen (2005) inovatoriaus dilemos teoriją. Jie pastebėjo, kad griauamosios technologijos gali organizacijoms atverti naujas rinkas, tačiau šiose rinkose greit atsiranda naujų konkurentų grupės, taigi, konkurencinis pranašumas nėra užtikrinamas. Woods (2016) mano, kad net turint įmonėje griauamąsias technologijas, nereikėtų griauti esamo verslo ir imtis radikalių pokyčių. Daug geresnis sprendimas yra sukurti atskirą verslo vienetą, kuriame būtų galima diegti tvarias technologijas už iki šiol buvusio vertės tinklo ribų, suformavus kitokią sąnaudų struktūrą. Išteklių turi būti paskirstyti racionaliai, o ne rizikuojant, kad jie bus grąžinti pagrindinės veiklos vykdymui. Trumpalaikės grąžos lūkesčiai turėtų būti nedideli.

Inovatoriaus dilemos teorija yra artima „*naujumų paradoksui*“ (angl. *the paradox of novelty*), kurį pristato Yoo et al. (2010). Kai dirbama su inovacijomis, asmens kompetencija gali tapti tiek neįkainojamu turtu, vertybe (inovacijų šaltiniu), tiek kliūtimi. Norint sėkmingai kurti ir diegti inovacijas, inovatoriai privalo turėti tiek anksčiau įgytų (patvirtinančių) žinių, tiek naujų žinių. Jeigu remiamasi tik jau patvirtintomis žiniomis, tai gali tapti sąstingio priežastimi, o vien tik naujų žinių taikymas gali lemti chaosą. Todėl inovacijų diegimas turi būti paremtas jau patvirtintų ir naujų žinių derinimu, t. y. pusiausvyra tarp jau patvirtintų ir naujų žinių.

Remdamiesi atlikta literatūros analize, Gustafsson ir Westbergh (2010) teigia, kad istoriškai skaitmeninimo procesas vyko trimis etapais (vadinamosiomis trimis bangomis):

- 1) poslinkiu nuo analoginio link skaitmeninio turinio,
- 2) atskyrimu įrenginių, kurie anksčiau buvo glaudžiai susiję,
- 3) naujoviškų produktų atsiradimu.

Pirmasis poslinkio nuo analoginio link skaitmeninio turinio etapas apibūdinamas kaip techninio informacijos skaitmeninimo procesas, kurio metu analoginė informacija ir analoginės paslaugos buvo keičiami skaitmenine informacija ir skaitmeninėmis paslaugomis, tačiau šis procesas nelėmė fundamentalių ekonomikos struktūros pokyčių (Yoo et al., 2010). Informacijos ir paslaugų formato konvertavimas leido sumažinti kaštus, tačiau stipriai nepakeitė procesų pobūdžio organizacijose. Verslas išliko tradiciniu verslu, neįvyko reikšmingų produkto architektūros pokyčių.

Antrajam etapui būdinga tai, kad skaitmeninimas pradėjo reikšti prietaisų, tinklų, paslaugų ir turinio, kurie anksčiau buvo glaudžiai susiję, atskyrimą. Muzika, knygos, filmai, paštas (turimas galvoje elektroninis paštas) tapo pasiekiami naujais formatais per įvairius daugiafunkčius prietaisus. Tokiu būdu, duomenys, įrengimai, tinklai, paslaugos tapo nepriklausomi vienas nuo kito. Pasak Zittrain (2006), kadangi skaitmeninės technologijos yra lankstesnės ir efektyvesnės nei analoginės technologijos, jų reikšmė ir paskirtis yra mažiau fiksuotos.

Trečiajam skaitmeninimo etapui būdingas naujoviškų produktų ir paslaugų atsiradimas, kai derinant tarpusavyje įvairius prietaisus, tinklus ir turinius pasikeičia produktų ir paslaugų architektūros ribos. Tokius inovatyvius produktus ir paslaugas galima nuolat keisti, perkombinuojant jų elementus. Taip sukuriamas nenutrūkstamas inovacinių galimybių srautas. Be to, trečiajame skaitmeninimo etape pradėtas skaitmeninis tyrinėjimas ir anksčiau ne skaitmeniniais buvusių artefaktų įterpimas (Yoo et al., 2010).

Atsižvelgiant į trečiajame skaitmeninimo etape įvykusius pokyčius, galima teigti, kad šiame etape didžiulis kiekis informacijos, kuri anksčiau buvo nepastebima, tapo užfiksuota ir susieta su semiotine logika. Šiame etape atsiradusios inovacijos skiriasi nuo ankstesnių inovacijų. Ankstesnės inovacijos daugiausia apėmė produktų ir paslaugų paprastinimą bei įvairių rūšių darbo automatizavimą. Šios naujos leido organizacijoms efektyviau atlikti fizines užduotis ir sumažinti kaštus, o tai pramonės eroje buvo itin aktualu. Tuo tarpu informacijos eroje sukurti skaitmeniniai modeliai ir įrankiai leidžia vykdyti semiotinius procesus bei jų pagrindu vykdyti stebėjimus ir analizę globaliu mastu.

Vis dėlto, remiantis naujumo paradoksu, galima teigti, kad pereinant iš vieno skaitmenizavimo etapo į kitą, inovacijų pagrindas buvo ankstesniame etape jau patvirtintos žinios, kurios buvo derinamos su naujomis žiniomis, naujais elementais. Taip buvo kuriami nauji formatai, išplėsta produktų ir paslaugų architektūra, lokali procesai tapo globaliais.

„**Stebuklingosios kulkos**“ (angl. *the magic bullet*) teorija – tai masinės komunikacijos teorija, kuria remiantis teigiama, kad pasinaudojus masinio informavimo priemonėmis, galima tam tikrą idėją tiesiogiai įdiegti auditorijai ir taip suformuoti jos bendrą nuomonę. Ši teorija iškelta amerikiečių politikos tyrėjo Harold Lasswell (1926) mokslinėje disertacijoje „Propagandos metodai pasauliniame kare“ (angl. *Propaganda Technique in the World War*). Ji buvo siejama su nacių propaganda ir didelė Holivudo įtaka 1930–1940 m. Ji ilgą laiką buvo laikoma pasenusia, tačiau nuolat didėjantis didžiųjų duomenų (angl. *big data*) naudojimas paskatino pagrindinės idėjos atgimimą mūsų dienomis.

Ši teorija, kartais dar vadinama „poodinės adatos“ modeliu (angl. *hypodermic needle model*), yra paremta prielaida, kad tam tikra žinutė per masinės informacijos sklaidos kanalus gali būti „išsvirkšta“ į gavėjo sąmonę ir gali sukurti joje nominalią vertę. Lasswell (1926) teigimu, „stebuklingos kulkos“ metodas reiškia tai, kad pranešimo kūrėjas gali tiesiogiai paveikti numatomo pranešimo gavėjo suvokimą ir elgseną tam tikru klausimu arba juo manipuliuoti. Teorijoje iškeliamą idėją, kad visuomenė yra pasyvi ir patikli, todėl žinutės šaltinis gali lengvai paveikti tikslinę auditoriją. Tokių terminų, kaip „kulka“ ir „adata“ vartojimas atspindi siunčiamo pranešimo poveikio auditorijai rimtumą ir pranešimo kūrėjo galią. Remiantis teorija, žmonės yra vienodai valdomi savo biologinių instinktų, todėl jie daugiau ar mažiau vienodai reaguoja į bet kokius dirgiklius. Taip gali būti sukuriamą panika, formuojama nuomonė apie teigiamą ar neigiamą tam tikro veiksmo (pvz., skiepų) poveikį, karą, politiką ir kt. Tai ypač pasiteisina, kai auditorija yra pasyvi. Visuomenė iš esmės negali pabėgti nuo žiniasklaidos, ji yra pažeidžiama tikslinių pranešimų dėl komunikacijos priemonių šaltinių ribotumo.

Tyrėjai (Wroblewski, 2018; Nwabueze ir Okonkwo, 2018) nustatė, kad „stebuklingosios kulkos“ teorija pasižymi dviem bruožais:

1. Masinės informacijos priemonių poveikis yra vienodas visiems. Tai reiškia, kad tikslinė auditorija yra traktuojama kaip vienas vienetas, todėl yra lengva ja manipuliuoti. Šis vienetas nėra atsparus siunčiamam pranešimui, todėl yra lengva jį kontroliuoti.
2. Pranešimo prasmė (turinys) niekaip nėra pakeičiama. Tai reiškia, kad kiekvienas auditorijos narys į pranešimą reaguos taip pat, nepaisant asmeninio suvokimo ar įsitikinimų. Auditorijai net nekyla klausimų ar abejonių dėl to, ką jie sužinojo.

Mūsų dienomis „stebuklingosios kulkos“ teorijos aktualumas yra susijęs su socialinės žiniasklaidos platformų integracija. Internetas ir socialinės žiniasklaidos platformų populiarumas yra puiki terpė šios teorijos principų taikymui. Nuomonės formuotojai, lyderiai, politikai, prekių ženklus reprezentuojančios verslo įmonės per internetą ir socialinės komunikacijos platformas turi tiesioginį ryšį su vartotoju. Tai lemia socialinės elgsenos pokyčius skaitmeniniame amžiuje. Norint išvengti destruktyvaus poveikio visuomenės mąstymui ir elgsenai, būtina skatinti socialinės komunikacijos platformų vartotojų informacinį raštingumą kaip įrankį kovojant su pasyviu internetinėse platformose pateikiamos informacijos vartojimu. Būtina skatinti visuomenę kritiškai mąstyti ir abejoti, ar socialinės komunikacijos platformose pateikiamas turinys yra tikrai pagrįstas ir patikimas (Mehrad et al., 2020).

Markus ir Benjamin (1997) pastebi, kad nepasiduoti stereotipinėms „stebuklingosios kulkos“ teorijos prielaidoms svarbu ir diegiant verslo transformacijas. Pasak

autorių, svarbu nepamiršti, kad diegiant naujas praktikas ir atsisakant senų, keisis ir vartotojų elgsena, t. y. ji nebebus tokia, kaip naudojant ankstesnius verslo modelius. Į tai reikia atsižvelgti transformuojant verslo modelius. Antra, kadangi būtent verslo įmonės yra šių transformacijų organizatorės (t. y. pranešimo vartotojams siuntėjos), jų siunčiamas pranešimas pasieks vartotojus bet kuriuo atveju. Tai reiškia, kad nereikia iš anksto baimintis dėl to, kaip konkrečiai transformacijos veiks. To numatyti neįmanoma. Svarbu apibrėžti verslo strategiją, o iškilus poreikiui greit reaguoti ir imtis reikiamų korekcijų. Trečia, šiame kontekste ypač svarbus vyresniųjų vadovų vaidmuo, kadangi jie nustato tikslus ir stebi vartotojų elgsenos kitimą ir gaunamus verslo rezultatus. Verslininkai dažnai sutelkia dėmesį į rinkodarą ir pelną, o ne į produkto savybes ir pritaikomumą. Jeigu pastarieji veiksniai bus ignoruojami, orientacija į rinkodarą nepadės pasiekti norimų rezultatų. Tačiau jei būtent pastariesiems veiksniams bus skiriama daugiausia dėmesio, „stebuklingosios kulkos“ sistema suveiks savaime.

Apibendriname: susiejus teorijas, kurios aiškina skaitmeninių transformacijų pobūdį, esmę ir evoliuciją, su verslo transformacijomis, galima teigti, kad verslo įmonėms buvo ir yra būtina atlikti esmines transformacijas, kad įmonės galėtų veiksmingai diegti naujausias informacines technologijas. Bėgant metams, silpnėja dėmesys grynai techniniams aspektams, ir palaipsniui pereinama prie produkto / paslaugos funkcionalumo, vadybinių ir organizacinių transformacijų. Nustatyta, kad netechnologiniai aspektai, tokie kaip lyderystė, organizacijos kultūra ir darbuotojų mokymas, yra ne mažiau nei techniniai aspektai svarbūs sėkmingoms verslo transformacijoms informacinių technologijų diegimo pagrindu. Tai patvirtina Orlikowski, kuris pateikia empirinių įrodymų, patvirtinančių, kad tiriamuoju atveju organizacijos transformacijos buvo įdiegtos technologiniu pagrindu, tačiau technologijos nebuvo šių transformacijų priežastis, t. y. pagrindžiama prielaida, kad informacinės technologijos yra skaitmeninių transformacijų versle variklis ir pagrindas, bet ne priežastis. Verslo transformacijų priežastys siejamos su verslo strategija: rinkos plėtra, tvariu verslo konkurencingumu, ryšių su vartotojais stiprinimu ir kt.

2.1.4. Moderniosios technologijos, skatinančios skaitmenines transformacijas versle

Šiuolaikinių skaitmeninių technologijų įvairovė yra didžiulė. Norint jas susieti po vienos koncepcijos skėčiu, naudojamas akronimas SMACIT (Sebastian et al. 2017; Vial, 2019; Riera ir Iljima, 2019), atspindintis, kad modernios technologijos yra socialios (Li et al., 2017), mobilios (Pousttchi et al. 2015), analitinės (Günther et al.,

2017), kad jų informacijos išteklius sujungia debesija (Clohessy et al., 2017) ir daiktų internetas (Petrikina et al., 2017) (angl. *SMACIT – Social + Mobile + Analytics + Cloud + Internet of Things*). Skaitmeninėms transformacijoms naudojamos įvairių technologijų kombinacijos (Gray et al., 2013; Gray ir Rumpe, 2017; Gust et al., 2017; Morakanyane et al., 2017). Šiame poskyryje apžvelgsime svarbiausias moderniąsias technologijas, sukuriančias sąlygas skaitmeninėms transformacijoms verslo įmonėse. Tai daiktų internetas, didieji duomenys, debesų kompiuterija, dirbtinis intelektas ir blokų grandinių technologijos.

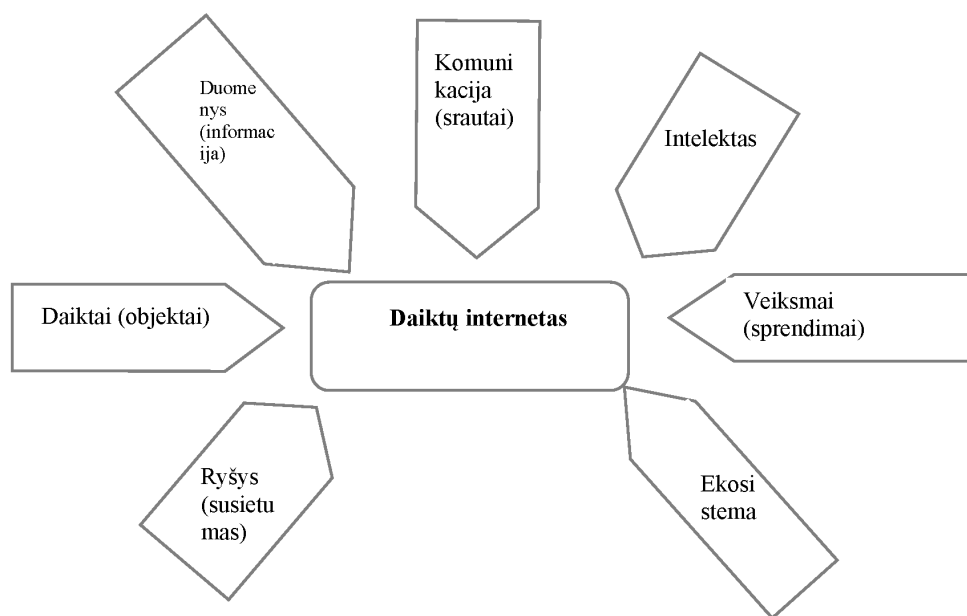
Daiktų internetas. Daiktų internetas keičia visuomenės gyvenimo būdą, keliavimo įpročius ir verslą. Tai ketvirtosios pramonės revoliucijos (angl. *Industry 4.0*) pagrindas ir skaitmeninių transformacijų versle ir visuomenėje variklis („i-Scoop“, 2022c).

Terminą „daiktų internetas“ pirmą kartą panaudojo Masačusetso instituto technologijų tyrėjas Kevin Ashton (Ashton, 2009). Šiuo metu daiktų internetas reiškia fizinio pasaulio daiktų integravimą virtualioje interneto erdvėje (Haller, 2010). Daiktų interneto naudojimu pagrįstos skaitmeninės transformacijos yra susijusios su fiziniiais produktais. Daiktų internetas leidžia prisijungti prie skaitmeninių tinklų ir interneto per išmaniuosius telefonus ir kompiuterius, dalytis informacija apie daiktus, dalyvauti pokalbiuose, pirkti ir t. t. Fiziniai daiktai gali turėti įterptųjų technologijų, leidžiančių jiems prisijungti prie skaitmeninių tinklų (todėl šie daiktai ir vadinami išmaniaisiais). Fiziniuose daiktuose yra elektronikos (jutiklių, vykdy-mo įtaisų, jungiamosios ir ryšio elektronikos), kuri leidžia fiksuoti duomenis, juos filtruoti ir jais keistis.

Daiktų internetas yra bendrasis terminas, kuriuo apibūdinami tarpusavyje susieti išmanūs daiktai. Tai tinklas fizinių objektų, kuriuose įterptos technologijos leidžia komunikuoti ir sąveikauti. Išmanieji daiktai gali tarpusavyje keisti informaciją ir perduoti duomenis kitiems įrenginiams bei sistemoms, t. y. sąveika vyksta tiek šių objektų vidiniame lygmenyje, tiek su išorine aplinka („i-Scoop“, 2022c). Išmanieji daiktai taip pat gali priimti informaciją. Informacija, kuri siunčiama tarp išmaniųjų daiktų, gali būti apie juos pačius, jų būseną, apie objektus, prie kurių jie yra prijungti, ir aplinką, kurioje jie yra. Informacija perduodama per jutiklius, kurie yra įvairių formų, pritaikyti pagal skirtingus parametrus. Vidiniame šaltinyje esantis jutiklis užfiksuoja duomenis, tada duomenys konvertuojami į skaitmeninę apkrovą (angl. *digital payload*) ir susiejami su atitinkamais protokolais, kad juos būtų galima siųsti tinkle. Tai atlieka programinė įranga, įterpta į sistemą. Daiktų interneto tinkle iš sukauptų duomenų sudaromos naudingosios duomenų apkrovos, kurios operatyvinių technologijų tinklu siunčiamos į IT tinklą. Iš ten duomenys patenka

į viešąją debesiją, o tada – į duomenų bazę, kur juos gali apdoroti analizės programinė įranga arba dirbtinis intelektas (Shetty, 2018). Taigi, išmanieji daiktai fiksuoja duomenis, dalijasi jais ir gali veikti pagal gautus duomenis realiu laiku be žmogaus intervencijos („i-Scoop“, 2022c). Daiktų internetas yra tarsi skėtis, po kuriuo tarpusavyje sujungiama daugybė objektų, technologijų, standartų ir taikomųjų programų. Pasak Keskin ir Erciyas (2019), jis sujungia daiktus, tinklus, programinę įrangą ir platformas.

Išskiriami 7 pagrindiniai daiktų interneto elementai: ryšys (susietumas), daiktai (objektai), duomenys (informacija), komunikacija (duomenų srautai), intelektas, veiksmai (sprendimai / automatizavimas), ekosistema (bendruomenė, kontekstas) („i-Scoop“, 2022c) (žr. 3 pav.).



3 pav. Pagrindiniai daiktų interneto elementai

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „i-Scoop“, 2022c.

Daiktų internetui būdingas ryšys tarp daiktų, įrenginių, jutiklių, objektų ir / arba išteklių tinklo. Yra keletas daiktų interneto ryšio ir tinklo protokolų bei standartų – tiek belaidžių, tiek fiksuotų. Ryšys vyksta visais lygiais: iš labai arti (pvz., tarp įrenginių), iš toliau (pvz., tarp įrenginių ir debesies) ir labai dideliais atstumais. Ryšio standartai taip pat skiriasi, atsižvelgiant į reikiamą galią ir perduodamų duomenų apimtį.

Daiktai daiktų internete yra tam tikras turtas, įrenginiai, fiziniai objektai, jutikliai, prietaisai, galutiniai taškai ir kt., t. y. viskas, kas susiję su fiziniu pasauliu. Įrenginiams daiktų internete būdinga tai, kad jie yra „išmanūs“, t. y. juose įdiegtos technologijos suteikia papildomų galimybių ką nors daryti, pavyzdžiui, matuoti temperatūrą ar drėgmės lygį, fiksuoti vietos duomenis, judesį ar atlikti bet kokią kitą veiksmą, atspindėti bet kokią kitą turinį, kurį galima užfiksuoti ir paversti duomenimis. Daiktų interneto įrenginius reikia valdyti. Jų valdymas gali būti paprastas (pvz., per vartojimo programėles, debesijos platformas ar specializuotus, tiekėjo patentuotus technologinius sprendimus) arba sudėtinis (panaudojant keletą sistemų ar programų).

Duomenys (informacija) yra pagrindinis daiktų interneto bruožas, kadangi duomenys padeda apibūdinti daiktų charakteristikas (nusako, kas tai yra) bei daiktų paskirtį (parodo, kam tai skirta).

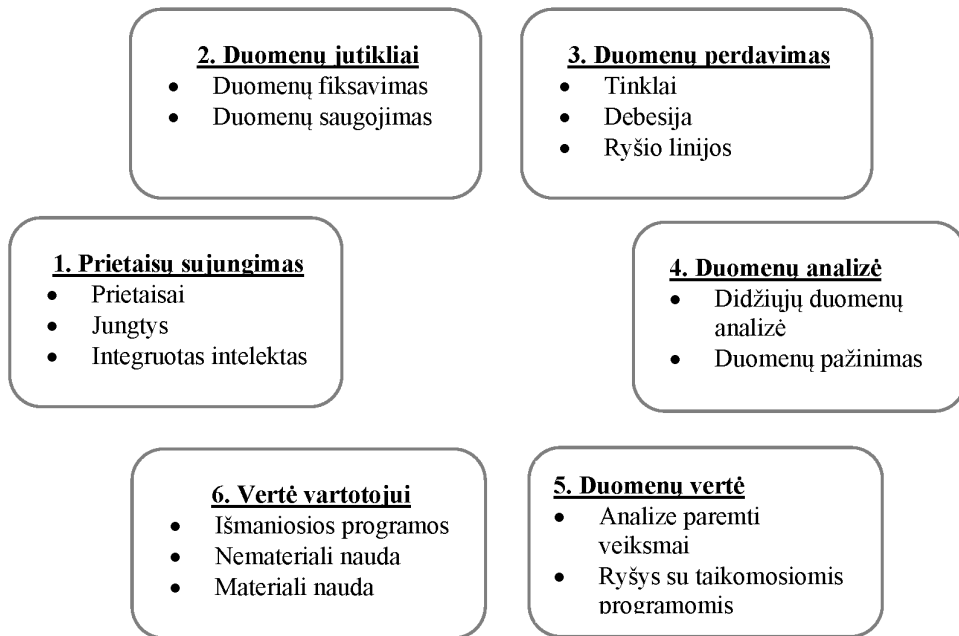
Komunikacija padeda duomenims suteikti prasmę, juos perduoti ir, remiantis duomenimis, atlikti įžvalgas bei imtis veiksmų. Taip duomenys panaudojami pagal jų tikslą.

Intelektas priskiriamas daiktų internete esantiems įrenginiams ir tinklams. Tačiau tai ne vien tik įrengimų išmanumas. Intelektas slypi ir gebėjime tinkamai išanalizuoti duomenis, protingai juos panaudoti siekiant išspręsti problemą, sukurti konkurencinę naudą, automatizuoti procesą, ką nors patobulinti.

Dauguma daiktų interneto programų iš esmės yra susijusios su *automatizavimu*: pramoniniu automatizavimu, verslo procesų automatizavimu arba automatiniu programinės įrangos atnaujinimu.

Ekosistema reiškia tai, kad daiktų internetui būdingos ne tik technologijos. Ne mažiau svarbus yra ir bendrasis tikslas. Daiktų internete dalyvauja žmonės, vyksta procesai, diegiamos strategijos ir gaunami tam tikri rezultatai: kuriamos žinios, patirtis ir vertė.

Kalbant apie daiktų interneto įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, pažymėtina, kad daiktų internetas yra svarbiausia verslo transformacijų varomoji jėga, kuri leidžia diegti į vartotoją orientuotas inovacijas, optimizuoti ir automatizuoti procesus, vykdyti tyrimų ir plėtros veiklą, diegti visiškai naujas taikomas programas, kurti naujus verslo modelius ir generuoti pajamų srautus. Susiedamas daiktus ir žmones, daiktų internetas padeda kurti vertę vartotojui (žr. 4 pav.).



4 pav. Vertės kūrimo vartotojui etapai daiktų internete

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „i-Scoop“, 2022c.

Kaip matyti iš 4 pav., pirmiausia į vieną sistemą sujungiami prietaisai, kuriuose integruotas intelektas. Sistemoje esantys jutikliai užfiksuoja ir saugo siunčiamus duomenis. Duomenys perduodami tinklais, per debesijos serverius, ryšių linijomis. Dėl integruoto dirbtinio intelekto daiktų internete esantys įrenginiai geba pažinti duomenis ir juos analizuoti. Remiantis duomenų analizės rezultatais, atliekami automatiniai veiksmai, taip pat palaikomas ryšys su atitinkamomis taikomosiomis programomis. Vertė vartotojui gaunama, kai vartotojas gali naudotis išmaniosiomis programomis, jausti pasitenkinimą naudodamasis tam tikru daiktu ar paslauga (nemateriali nauda), perparduoti nebereikalingus daiktus, sutaupyti (materiali nauda).

Nors daiktų internetas iš esmės yra tarpusavyje susietų daiktų infrastruktūra, šios infrastruktūros nauda ir rizika daugiausia yra susijusios su tinklo technologijomis, sistemomis ir programomis, sukurtomis remiantis šiuo pagrindu. Teoriškai, panaudojus IoT technologijas, prie daiktų interneto gali būti prijungtas bet kas – fiziniai objektai ir net gyvos būtybės, įskaitant gyvūnus ir žmones kaip „būtybes“. Visus dalykus (daiktus) arba sudėtingesnius tarpusavyje susietus fizinių objektų junginius galima identifikuoti pagal unikalius kodus ir nukreipti į daiktų internetą. Galima pateikti daug daiktų internete esančių objektų pavyzdžių: vartotojams skirtų įren-

ginių (nešiojamųjų įrenginių, išmaniųjų namų sprendimų (angl. *Consumer IoT*)), verslo įmonėse naudojamų įrenginių (išmanaus biuro įrengimų, robotų (angl. *Enterprise IoT*)), pramoninių objektų (pramoninių įrengimų, mašinų, robotų (angl. *Industrial IoT*)) – pastarieji laikomi esminiu 4-osios pramonės revoliucijos elementu („i-Scoop“, 2022c). Yra šimtai daiktų interneto naudojimo atvejų, priklausomai nuo pramonės šakos ir / arba taikomosios programos tipo. Pavyzdžiui, pasinaudojant specialia taikomąja programa, galima stebėti tam tikro objekto vietą. Privatūs vartotojai gali stebėti, kur yra jų augintinis ar transporto priemonė, tuo tarpu krovinijų pervežimo kompanija gali stebėti konteinerių pervežimus laivais. Principas tas pats, skiriasi tik kontekstas.

Pagrindinės verslo investicijų į daiktų internetą sritys yra gamybos pramonės operacijos, transportas, komunalinės paslaugos, išmaniųjų tinklų technologijos, išmanieji pastatai, plataus vartojimo daiktų internetas, išmaniųjų namų automatizavimas ir mažmeninė prekyba. Investicijos į skaitmeninę gamybos pramonės transformaciją yra daug didesnės nei investicijos į bet kurią kitą vertikalią pramonės šaką ar vartotojų naudojamų daiktų internetą. Gamybos pramonė kartu su transportu ir komunalinėmis paslaugomis yra trys pagrindinės investicijų į daiktų internetą sritys. Remiantis „i-Scoop“ (2022c) pateikiamais duomenimis, numatoma, kad bendrosios išlaidos daiktų internetui globaliu mastu 2022 metais sieks 1 trilijoną JAV dolerių, 2023 metais – 1,1 trilijono JAV dolerių, o 2025 metais – beveik 25 trilijonus JAV dolerių. 2021 metais didžiausia paklausa naujoms daiktų interneto taikomosioms programoms ir sprendimams pastebėta teikiant sveikatos priežiūros paslaugas, kuriant išmaniuosius biurus, vykdant nuotolinį stebėjimą ir nustatant objekto vietą.

Tradicinėms verslo įmonėms daiktų internetas yra būdas parduodant produktus užsidirbti pinigų. Kadangi produktų pardavimas per daiktų interneto platformą dera su modernios įmonės organizacine kultūra, daiktų internetu pagrįsta skaitmeninė transformacija yra laikoma šiuolaikiška ir pakankamai įdomia, tad darbuotojai yra motyvuoti joje dalyvauti (Shetty, 2018). Tiek atliekant skaitmenines transformacijas, tiek naudojantis daiktų interneto platforma, svarbiausias elementas yra duomenys. Tinkamai pritaikyta daiktų interneto (IoT) technologija padeda kaupti duomenis iš fizinio pasaulio ir paverčia šiuos duomenis įmonei naudinga informacija. Šis duomenų apdorojimo būdas padeda sugeneruoti informaciją, kuri saugoma įmonės verslo sistemose ir kurią įvairūs įmonės padaliniai gali pasiekti ir naudoti, kad supaprastintų ir patobulintų savo veiklą.

Daiktų interneto įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms patvirtina empirinių ir apžvalginių tyrimų rezultatai (žr. 6 lentelę).

6 lentelė. Kai kurių tyrimų rezultatų, atspindinčių daiktų interneto įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Shetty, 2018	Kritinė analizė	Daiktų internetas kuria tokius verslo privalumus, kaip didesnis konkurencingumas, spartesnis inovacijų diegimas, didesnis efektyvumas, nauji verslo modeliai bei dar geresnė vartotojų patirtis
Liu et al., 2021	Atvejo analizė	Daiktų interneto sprendimai gali žymiai padidinti įmonės veiklos patikimumą, leisti plėsti veiklos apimtį išlaikant žemus kaštus
Abazi, 2016	Sisteminė literatūros analizė, lyginamoji analizė, kritinė analizė	Norint pasiekti tikslo – padidinti vartotojų pasitenkinimą produktu / paslauga, daiktų interneto sistemos turi būti diegiamos palaipsniui: sutaupyti kaštai reinvestuojami į technologijas, kurios vėliau susiejamos su verslo architektūra; tikėtinos informacijos saugumo problemos
Zimmermann et al., 2015	Metamodeliu pagrįstas požiūris į daiktų interneto architektūros objektų integravimą	Daiktų interneto ir verslo architektūros tarpusavio integravimas leidžia gauti sinergijos efektą, tačiau IT ir skaitmenizavimo poveikis verslo architektūrai privalo būti skaidrus
Keskin ir Erciyes, 2019	Išplėstas dviejų laikotarpių Hotelling modelis asimetrinėms rinkos dalims	Daiktų interneto sistemos leidžia vienu metu veikti keliose asimetrinėse rinkose; neigiama pusė – aljansų kūrimas absoliučiam konkurenciniam pranašumui ir masto ekonomijai
Kortuem et al., 2010	Sisteminė literatūros analizė, kritinė analizė	Išmaniesiems objektams dalijantis informaciniais ištekliais daiktų internete, sukuriama inovatyvios informacinės paslaugos, kurios leidžia padidinti produktų / paslaugų teikimo vartotojams efektyvumą
Bucherer ir Uckelmann, 2011	Sisteminė literatūros analizė, kritinė analizė, modelių scenarijai	Remdamiesi informacija, daiktų interneto verslo modeliai generuoja verslui ekonominę vertę ir pajamas; galimybė galutiniam vartotojui prisidėti prie daiktų interneto sistemos programavimo pateikiant individualius duomenis mažina verslo priklausomybę nuo rizikos kapitalo

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Bhatti et al., 2021	Internetinė apklausa, patvirtinamoji veiksmų analizė, struktūrinių lygčių modeliavimas	Daiktų interneto sistemų naudojimas atliekant skaitmenines verslo transformacijas pasitarauja kaip tarpininkavimo priemonė, leidžianti pagerinti verslo strateginės veiklos rezultatus, tačiau tai priklauso nuo naudojamų duomenų kokybės

Šaltinis: sudaryta autorių.

Procesai daiktų interneto platformoje skatina skaitmeninę transformaciją. Ši platforma, leidžianti skaitmenizuoti fizinius produktus ir rinkti apie juos duomenis, taip pat padeda kurti skaitmeninį ryšį tarp įmonės, jos produktų ir vartotojų. Be to, duomenys apie produktą gali būti naudingi įmonės inžinerijos, gamybos, rinkodaros, pardavimų, rėmimo, verslo plėtros, žmogiškųjų išteklių ir teisės padaliniams. Taigi, tradicinėms verslo įmonėms daiktų interneto platforma leidžia tapti skaitmeninėmis įmonėmis. Įmonės gali naudotis tokiais privalumais, kaip padidėjęs konkurencingumas, spartesnis inovacijų diegimas, didesnis efektyvumas, nauji verslo modeliai bei dar geresnė vartotojų patirtis (Shetty, 2018). Su daiktų internetu susijusios skaitmeninės transformacijos leidžia įmonei priartėti prie vartotojo ir naudojantis šiuo artumu patobulinti projektavimo, rinkodaros, pardavimo ir klientų aptarnavimo būdus.

Zimmermann et al. (2015) pastebi, kad naujos verslo informacinės sistemos leidžia integruoti besiplečiančią daiktų interneto infrastruktūrą ir komponentus. Esant didžiulei daiktų interneto technologijų ir produktų įvairovei, verslo įmonės turi išplėsti ankstesnę įmonės architektūrą, kad galėtų kurti papildomą verslo vertę integruojant daiktų interneto architektūrą. Tiek architektūros inžinerija, tiek dabartinių informacinių sistemų ir verslo modelių valdymas yra sudėtingi reiškiniai, tačiau jų tarpusavio integravimas leidžia gauti sinergijos efektą (t. y. sumuojamos sąveikos efektą, kai bendras rezultatas yra pranašesnis už kiekvieno atskiro komponento sukuriamą rezultatą). Tačiau tuo pat metu pabrėžiama, kad norint priimti adekvačius sprendimus sudėtingoje verslo ir informacinių technologijų aplinkoje, informacinių technologijų ir skaitmenizavimo poveikis verslo architektūrai (verslo kategorijoms, procesams, programoms, paslaugoms, aplinkai, platformoms ir infrastruktūrai) privalo būti skaidrus.

Naujų verslo modelių kūrimą per daiktų interneto sistemas nagrinėjo autoriai Bucherer ir Uckelmann (2011). Jų teigimu, kadangi informacija yra svarbiausias

vertės šaltinis, daiktų interneto sistemomis pagrįsti verslo modeliai generuoja verslui ekonominę vertę ir pajamas. Turint galvoje masinį vartotojų dalyvavimo visuomeniniame-informaciniame gyvenime lygmenį, informacinės visuomenės atvirumą ir augantį asmeninio įsitraukimo laipsnį, galima teigti, kad nyksta aiškos ribos tarp verslo ir vartotojo – socialinės platformos, skirtos dalytis patirtimi ir suasmenintomis įžvalgomis, yra integruojamos į verslo programas, o galimybė galutiniam vartotojui prisidėti prie daiktų interneto sistemos plėtros ir programavimo, pateikiant individualius duomenis, dar labiau padidina šios sistemos funkcionalumą ir mažina verslo priklausomybę nuo rizikos kapitalo.

Bhatti et al. (2021) savo tyrime pasinaudojo internetine apklausa kaip pirminių duomenų surinkimo priemone (gauti atsakymai į 343 iš anksto parengtus klausimus), ir remdamiesi šiais duomenimis atliko patvirtinamąją veiksmų analizę bei pritaikė struktūrinių lygčių modeliavimo metodą. Jų tyrimo rezultatai atskleidė, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas ryšys tarp duomenų kokybės ir strateginių rezultatų bei tarp technologinės kompetencijos ir strateginių rezultatų, o daiktų internetas atlieka svarbų tarpininkavimo vaidmenį tarp nepriklausomų ir priklausomų kintamųjų (duomenų kokybė ir technologinė kompetencija pasirinkti nepriklausomais kintamaisiais, strateginiai verslo veiklos rezultatai – priklausomu kintamuoju). Tai reiškia, kad daiktų interneto sistemų naudojimas atliekant skaitmenines verslo transformacijas pasitarnauja kaip tarpininkavimo priemonė, leidžianti pagerinti verslo strateginės veiklos rezultatus.

Abazi (2016) teigia, kad atlikus verslo transformaciją smulkiosiose ir vidutinėse įmonėse pasinaudojant daiktų interneto sistemomis, galima padidinti vartotojų patenkinimo įmonės produktais / paslaugomis lygį, kai vartotojai gali naudotis automatine registracijos sistema, automatiškai stebėti produkto pristatymo kelią ir pan. Taip pat pastebima, kad daiktų internetas padidina veiklos našumą. Norint, kad skaitmeninės verslo transformacijos būtų sėkmingos, jas rekomenduojama diegti laipsniškai: pirmiausia, mažinti verslo kaštus, tuomet sutaupyta lėšas reinvestuoti į technologijų naudojimą paremtą paslaugų teikimą, galiausiai – tarpusavyje glaudžiai susieti įmonėje naudojamas technologijas ir verslo architektūrą. Tačiau kartu akcentuojama informacijos saugumo problema (privatumas, standartai, teisėtumas, manipuliavimas duomenimis ir pan.).

Kortuem et al. (2010) pastebi, kad per daiktų interneto tinklą smulkūs išmanieji objektai gali dalytis informaciniais ištekliais tarp savęs ir perduoti šiuos informacinius išteklius rinkos dalyviams. Taip sukuriamos inovatyvios informacinės paslaugos. Dėl šio proceso verslo įmonės gali padidinti produktų / paslaugų teikimo vartotojams efektyvumą. Pagrindiniai duomenys, kuriuos reikia surinkti, yra duomenys

apie produktą. Produkto naudingumas, tinkamumas naudoti ir našumas gali būti modeliuojami ir lyginami su rezultatais, gautais iš tiesų panaudojus produktą. Tai leidžia kurti inovacijas, kurios padeda patobulinti esamus produktus ir kurti naujus.

Atlikę vidutinės verslo įmonės atvejo analizę, Liu et al. (2021) nustatė, kad remiantis naujausiomis daiktų interneto technologijomis ir „Azure“ viešąja debesų platforma, įmonėje buvo įdiegta nuotolinio stebėjimo ir valdymo sistema, kuri leido efektyviai stebėti patalpų aplinkos sąlygas (įmonė vertėsi augalų auginimu prekybai, tad aplinkos sąlygų stebėjimas ir optimalaus mikroklimato augalų augimui sukūrimas buvo vieni iš esminių įmonės verslo sėkmės veiksnių) naudojant unifikuotą vizualizacijos sąsają. Sistema galėjo savarankiškai prižiūrėti augalų augimo aplinką ir nuotoliniu būdu atlikti reikiamus pakeitimus. Šis sprendimas žymiai padidino įmonės veiklos, patikimumą leido išplėsti veiklos apimtį, išlaikant žemus kaštus.

Keskin ir Erciyes (2019) analizavo, kaip laikui bėgant keičiasi skaitmeninės transformacijos per daiktų internetą įdiegusių verslo įmonių produktų kainos ir rinkos dalys, bei paaiškino rinkos plitimo per išorinius veiksnus strategijas. Autorių teigimu, minėtos transformacijos padeda sukurti daugialypes rinkas ir formuoti naujus verslo modelius, kuriančius vertę šiose tarpusavyje susietose ekosistemose. Dar svarbiau, kad įmonės, kurios supranta ir taiko įvairiapuses strategijas, gauna naudos anksti užėmusios ne vieną, o kelias su daiktų internetu susijusių rinkų puses. Kraštutiniu atveju įmonė gali gauti naudos iš kitų papildomų pasiūlymų, tuo pat metu teikdama klientui nemokamas prekes ir paslaugas. Bet kuriuo atveju vartotojai yra patenkinti mažesnėmis kainomis, o strateginė įmonė dominuoja rinkoje ir didina savo uždirbamas pajamas, kadangi vienu metu veikia keliose asimetrinėse rinkose. Tačiau neigiamas ekonominis aspektas yra tas, kad veikla pagal šį modelį gali skatinti konkurentus kurti aljansus, kad galėtų įgyti absoliutų konkurencinį pranašumą ir gautų naudos iš masto ekonomijos.

Pagrindinės rizikos rūšys, su kuriomis susiduriama diegiant skaitmeninės verslo transformacijas pasinaudojus daiktų internetu, yra skaitmeninės saugos užtikrinimo problemos, privatumo ir asmens duomenų saugumo užtikrinimo klausimai, diegimo problemos (prireikia didelių laiko ir finansinių kaštų, reikalingi patikimi specialistai, sudėtingas įdiegimas, suderinamumas su kitais verslo procesais ir kt.), technologinė fragmentacija (technologinis susiskaldymas) („i-Scoop“, 2022c).

Apibendriname: daiktų internetas reiškia fizinio pasaulio daiktų integravimą virtualioje interneto erdvėje. Skaitmeninių verslo transformacijų kontekste daiktų internetas yra varomoji jėga, leidžianti diegti į vartotoją orientuotas inovacijas, optimizuoti ir automatizuoti procesus, vykdyti tyrimų ir plėtros veiklą, diegti visiškai naujas taikomąsias programas, kurti naujus verslo modelius ir generuoti pajamų srautus.

Susiedamas daiktus ir žmones, daiktų internetas padeda kurti vertę vartotojui. Jis kuria tokius verslo privalumus, kaip didesnis konkurencingumas, spartesnis inovacijų diegimas, didesnis efektyvumas, geresnė vartotojų patirtis, mažesni kaštai, veikimas asimetrinėse rinkose. Tačiau optimalus rezultatas pasiekiamas tuomet, kai daiktų interneto sistemos yra diegiamos palaipsniui, o IT ir skaitmenizavimo poveikis verslo architektūrai yra skaidrus.

Didieji duomenys. Didieji duomenys (angl. *big data*) yra būdingi skaitmeninei ekonomikai, kurioje įvairaus tipo duomenys ir jų analizė tapo gyvybiškai svarbūs tęsiantis skaitmenizavimo procesams bei gausėjant įvairaus pobūdžio duomenų ir jų šaltinių. Masinis duomenų rinkimas ir žinių iš šių duomenų gavimas lemia poreikį tikslingai valdyti didžiulius duomenų kiekius (Kostakis ir Kargas, 2021). Įvairaus tipo duomenys (struktūriniai, nestrukūriniai, pusiau struktūriniai, srautiniai ir kt.) gali būti naudingi daugelyje verslo procesų, taikomųjų programų, pramonės šakų ir kitų sričių, jeigu jie naudojami protingai.

Didžiųjų duomenų valdymas sulaukė didelio dėmesio per COVID-19 pandemiją, kai verslo įmonės, piliečiai ir valstybinės institucijos buvo priversti keisti tradicinius veiklos modelius ir spartinti skaitmenines transformacijas. Tinkamas didžiųjų duomenų valdymas ir analizė yra itin svarbūs mažesnėse šalyse, turinčiose ribotus finansinius, technologinius ir žmogiškuosius išteklius, kadangi pasitelkus duomenų analizę priimti sprendimai leidžia įgyti konkurencinio pranašumo Europos ar pasaulio lygmeniu (Kostakis ir Kargas, 2021). Išlaidos didžiųjų duomenų ir verslo analizės sprendimams globaliu mastu 2021 metais siekė apie 215,7 mlrd. JAV dolerių, t. y. nuo 2020 metų išaugo maždaug 10,1 proc. Prognozuojama, kad išlaidos didžiųjų duomenų ir verslo analizės sprendimams 2021–2025 m. kasmet augs apie 12,8 proc. („i-Scoop“, 2022a).

Remiantis Chaorasiya ir Shrivastava (2015), terminą „didieji duomenys“ pristatė Roger Magoulas iš kompanijos „O'Reilly media“ 2005 m. Didieji duomenys reiškia didžiulius duomenų kiekius, kurių negalima apdoroti ir valdyti remiantis įprasta duomenų valdymo praktika dėl šių duomenų dydžio ir sudėtingumo (Ularu et al., 2012). Didieji duomenys susidaro tuomet, kai daug šaltinių (žmonės, įrengimai) labai greitai sugeneruoja didelius duomenų kiekius, ir šie duomenys yra renkami ir analizuojami siekiant gauti naujų įžvalgų. Plačiąja prasme didieji duomenys reiškia visus duomenis tam tikros organizacijos ar ekosistemos kontekste.

Traktuojant duomenis kaip turtą, didieji duomenys apibrėžiami kaip didelės apimties, spartus ir įvairaus pobūdžio informacinis turtas, kuriam apdoroti reikia ekonomiškai efektyvių ir naujoviškų informacijos apdorojimo formų, kad būtų gali-

ma suformuluoti įžvalgas, priimti sprendimus ir automatizuoti procesus (Gandomi ir Haider, 2015).

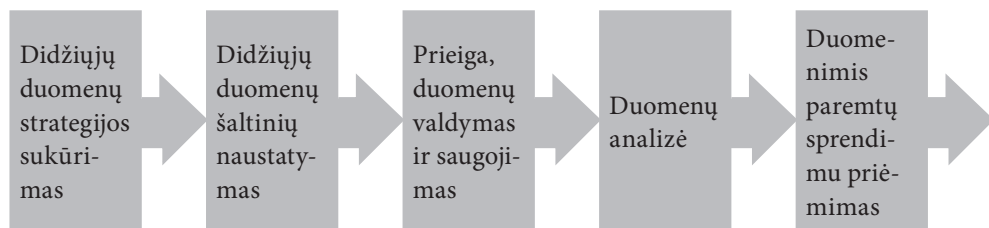
Galiausiai, įvertinus duomenų apdorojimo iššūkius, didžiuosius duomenis galima apibrėžti kaip stambius, kompleksinius duomenų rinkinius, kuriuos nėra lengva apdoroti, taikant tradicinius metodus. Pasak Europos Parlamento (2021b), didieji duomenys reiškia surinktus duomenų rinkinius, kurie yra tokie dideli ir sudėtingi, kad juos apdoroti reikia naujų technologijų, pavyzdžiui, dirbtinio intelekto. Duomenys gaunami iš skirtingų šaltinių – žmonių (tai mobiliosios aplikacijos, žiniatinklis, socialiniai tinklai, komerciniai sandoriai, valstybinių įstaigų ataskaitos ir kt.) ir įrengimų (sukaupti per jutiklius, integruotus į įvairius daiktus, kurie, savo ruožtu, yra susieti su daiktų internetu, taip pat duomenys iš palydovų ir kt.). Dažnai jie yra to paties tipo, tačiau tai gali būti ir duomenų deriniai. Moderniosios technologijos leidžia šiuos duomenis rinkti labai greitai, beveik realiuoju laiku.

Iš pateiktų apibrėžimų matyti, kad pagrindiniai didiesiems duomenims būdingi bruožai yra apimtis (didelis kiekis), įvairovė ir sparta (3V) (angl. *volume, velocity, variety*) (Laney, 2012). Schroeck et al. (2012) papildė šį bruožų sąrašą ketvirtuoju V: jis išžvelgė didžiųjų duomenų tikrumo bruožą (angl. *veracity*). Penktasis V – vertė (angl. *value*) – į bruožų sąrašą įtrauktas 2013 m. (Demchenko et al., 2013). Taip gauta didiesiems duomenims būdingų 5V bruožų koncepcija. Kiekvieną minėtą bruožą tikslinga aptarti plačiau.

Duomenų *apimtis* (didelis kiekis) reiškia tai, kad didžiųjų duomenų yra labai daug. Jie gaunami tiek iš pačios verslo įmonės vidinių šaltinių, tiek iš interneto ir trečiųjų šalių. Didžiulis informacijos kiekis ir įvairovė sukelia šios informacijos apdorojimo problemų, kai organizacijos tiesiog negali sekti tokio didelio duomenų srauto, tad privalo naudoti specialias didžiųjų duomenų apdorojimo sistemas („i-Scoop“, 2022a). Tai nereiškia, kad organizacijoms reikia saugoti ir panaudoti absoliučiai visus duomenis, prie kurių jos turi prieigą. Tačiau turint daug duomenų, galima išžvelgti naujų jų panaudojimo sričių ir pritaikymo būdų, tad duomenys, kurie anksčiau nebuvo saugomi, gali pasirodyti pakankamai vertingi. Didžiųjų duomenų *įvairovė* reiškia tai, kad egzistuoja įvairiausių formų duomenys (tekstiniai, garso, vaizdo ir kt.). Duomenų *sparta* atspindi tai, kad atsižvelgiant į duomenų kitimo greitį, turi būti užtikrintas atitinkamas duomenų skaičiavimo ir apdorojimo greitis (Kostakis ir Kargas, 2021). Galima numanyti, kad ateities technologijos (pvz., 5G internetas) dar labiau paspartins duomenų srautus. Todėl skaitmenizavimas ir skaitmeninių procesų spartinimas yra verslo veiklos ir darbo organizavimo ateitis. Duomenų *tikrumas* reiškia tai, kad duomenys gaunami iš patikimų šaltinių, dažnai jie yra konfidencialūs (Schroeck et al., 2012). Galiausiai, duomenų *vertė* suprantama

kaip svarba, kurią organizacijos ir subjektai teikia prieigai prie tam tikrų duomenų. Tai tikroji vertė, kuriuos duomenų panaudojimas padeda sukurti tam tikrame procese ar veikloje (Demchenko et al., 2013).

Didieji duomenys yra besitęsiančio skaitmenizavimo rezultatas ir kartu inovacijų variklis. Taigi, laikui bėgant sukuriami vis daugiau ir daugiau duomenų. Įmonės yra perpildytos dideliais duomenų kiekiais, kuriuos nėra lengva tvarkyti ir valdyti. Duomenų valdymo iššūkiai ir toliau yra kliūtis organizacijoms, norint greičiau paversti turimus ir pasiekiamus duomenis pridėtine verte. Vis dėlto, nepaisant organizacijos dydžio, veiklos vietos, savininkų, vartotojų ar naudojamų duomenų šaltinių, bet kurioje organizacijoje didžiųjų duomenų analizė gali padėti sukurti pridėtinę vertę. Pagrindiniai žingsniai, kaip ši vertė yra kuriama, pavaizduoti 5 pav.



5 pav. Pridėtinės vertės kūrimo verslo organizacijoje žingsniai panaudojant didžiųjų duomenų analizės sprendimus

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „i-Scoop“, 2022a.

Kaip matyti 5 pav., pirmiausia sukuriami didžiųjų duomenų analizės strategija, tuomet identifikuojama, iš kokių šaltinių bus gaunami didieji duomenys analizei pagal numatytą strategiją. Gauti duomenys pasiekiami, valdomi ir saugomi per automatinis duomenų kanalus. Tikslingai pasirinkti duomenys išanalizuojami, ir, remiantis analizės rezultatais, priimami sprendimai. Pasitelkus duomenų analizę priimti sprendimai leidžia padidinti verslo konkurencingumą, pasiekti skaitmeninės transformacijos tikslų ir dominuoti rinkoje. Be to, didžiųjų duomenų analizė gali padėti patobulinti verslo žvalgybą, minimizuoti riziką ir sumažinti sukčiavimo atvejų skaičių, sutaupyti laiko, sumažinti kaštus, padidinti produktyvumą, sukurti stipresnius ryšius su vartotojais.

Didžiųjų duomenų analizės reikšmė, diegiant skaitmenines verslo transformacijas, patvirtinama moksliniais ir apžvalginiais tyrimais (žr. 7 lentelę).

7 lentelė. Kai kurių tyrimų rezultatų, atspindinčių didžiųjų duomenų įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Kostakis ir Kargas, 2021	Kiekybinė teksto analizė, kokybinė literatūros apžvalga	Pagrindiniai didžiųjų duomenų valdymo komponentai yra duomenų gyvavimo ciklo procesai, technologijos, informacijos sauga bei verslo ir žmogiškoji galia
Orfanidis, 2018	Sisteminė literatūros apžvalga, atvejų analizė	Didžiųjų duomenų analizė versle išplečia sprendimų priėmimo, informacijos sintezės, pelningumo ir rinkos plėtros potencialą
Sheikh ir Goje, 2021	Giluminė literatūros analizė, 5 atvejų analizė	Didžiųjų duomenų analizė leidžia atlikti modelių analizę ir automatiškai numatyti būsimus įvykius
Loebbecke ir Picot, 2015	Kritinė analizė	Didžiųjų duomenų analizė leidžia kurti naujoviškus verslo modelius ir metodus bei daro įtaką intelektinį darbą dirbančių darbuotojų užimtumui
Miklosik ir Evans, 2020	Sisteminė literatūros analizė	Didžiųjų duomenų analizė leidžia priimti racionalius rinkodaros sprendimus, tačiau norint kurti tikrąją vertę, reikiama informacija turi būti pateikta reikiamam asmeniui tinkamu laiku
Sestino et al., 2020	Mokslo studijų, publikuotų 2008–2019 m., sisteminė analizė	Didžiųjų duomenų naudojimas leidžia gauti didelę grąžą iš žinių, kurios anksčiau buvo padrikos, nestruktūrizuotos
Chaorasiya ir Shrivastava, 2015	Sisteminė literatūros analizė, kritinė analizė	Didelį duomenų kiekį geriau apdoroti ir naudoti kaip visumą, nei analizuoti atskirus mažus duomenų rinkinius
Europos Parlamentas, 2021b	Kritinė analizė	Pagrindiniai iššūkiai, susiję su didžiųjų duomenų valdymu, yra prarastos galimybės išnaudoti šių duomenų suteikiamą potencialą ir subjektų teisių apsauga

Šaltinis: sudaryta autorių.

Kostakis ir Kargas (2021) nustatė, kad 4 pagrindiniai didžiųjų duomenų valdymo komponentai yra duomenų gyvavimo ciklo procesai, technologijos, informacijos sauga bei verslo ir žmogiškoji galia. *Didžiųjų duomenų gyvavimo ciklo procesai* – tai veiksmai ir procedūros, atliekamos tiek technologinėje, tiek verslo aplinkoje (duomenų saugojimas ir apdorojimas naudojant technologinius įrankius, taikomasias

programas ir metodus, duomenų generavimas, efektyvus jų naudojimas ir kt.). Didžiųjų duomenų gyvavimo ciklo procesai nėra atskirti. Priešingai, jie tarpusavyje glaudžiai susiję dėl verslo ir technologijų tarpusavio sąveikos. Būdamas technologiniu sektoriumi, didžiųjų duomenų sektorius yra technologinių pokyčių ir galimybių variklis. Yra įvairių *technologijų*, įrankių ir metodų didiesiems duomenims rinkti, saugoti, apdoroti ir analizuoti. Kai kurios iš šių technologijų buvo sukurtos jau atsiradus didiesiems duomenims, tuo tarpu kitos jau egzistavo ir vystėsi, kad būtų suderintos su didžiųjų duomenų savybėmis. *Informacijos saugos* galima pasiekti naudojantis tokiais metodais, kaip duomenų autentifikavimas, autorizavimas ir šifravimas. Pagrindinės duomenų saugos problemos kyla dėl tinklo dydžio, įrenginių įvairovės, saugos stebėjimo realiu laiku trūkumo. Todėl daug dėmesio reikėtų skirti daugiapakopės saugos politikos kūrimui. Šalia technologijų, dar vienas svarbus didžiųjų duomenų valdymo elementas yra juos *valdantys žmonės*. Todėl sėkmingam didžiųjų duomenų valdymui įmonėse ir organizacijose būtina plėsti personalo įgūdžius, o nuolatiniai mokymai turėtų būti traktuojami kaip verslo investicija į ateities galimybes.

Sheikh ir Goje (2021) savo tyrime nustatė, kad didžiųjų duomenų analizė ne tik padeda atlikti modelių analizę, bet ir leidžia automatiškai numatyti būsimus įvykius. Didžiųjų duomenų analizei svarbūs tokie elementai, kaip pažangiausi analitiniai įrankiai, įranga, programavimas ir platformos. Didžiųjų duomenų analizė padeda kurti vertę tvariam verslo vystymuisi ir klestėjimui. Orfanidis (2018) tyrimo išvados parodė, kad didžiųjų duomenų analizė versle išplečia sprendimų priėmimo, informacijos sintezės, pelningumo ir rinkos plėtros potencialą. Duomenų privatumui užtikrinti rekomenduojama naudotis ilgalaikio planavimo strategijomis ir verslo žvalgybos praktika. Loebbecke ir Picot (2015) tyrimas atskleidė, kad didžiųjų duomenų analizė leidžia kurti naujoviškus verslo modelius ir metodus bei daro įtaką intelektinį darbą dirbančių darbuotojų užimtumui – lygiai taip pat, kaip automatizavimas turi įtakos gamybos darbuotojų užimtumui. Panašius rezultatus gavo ir Sestino et al. (2020), kurie nustatė, kad didžiųjų duomenų naudojimas leidžia gauti didelės gražos iš žinių, kurios anksčiau buvo padrikos, nestruktūrizuotos. Todėl didžiųjų duomenų panaudojimas skaitmeninėms verslo transformacijoms nėra vien tik naujų technologijų diegimas, tai giluminis verslo funkcijų performavimas. Tačiau visiškam didžiųjų duomenų suteikiamų galimybių išnaudojimui būtina remtis iš anksto parengtomis strategijomis.

Atlikę 69 mokslinių straipsnių analizę, autoriai Miklosik ir Evans (2020) padarė išvadas, kad didžiųjų duomenų, generuojamų socialinėje žiniasklaidoje (pvz., platformose „Twitter“, „Facebook“, „Instagram“ ir kt.), analizė pritaikius mašininio

mokymosi metodus leidžia geriau suprasti duomenis ir priimti racionalius rinkodaros sprendimus. Taip pat pastebima, kad didieji duomenys suteikia didžiulį potencialą rinkodaros organizacijoms, tačiau norint kurti tikrąją vertę, turi būti remiamasi sistemingo informacijos valdymo principais ir tokiais analitinėmis priemonėmis ir procesais, kurie leistų reikiamą informaciją pateikti reikiamam asmeniui tinkamu laiku.

Chaorasiya ir Shrivastava (2015) tyrimas atskleidė, kad didelį duomenų kiekį geriau apdoroti ir naudoti kaip visumą, kadangi didesniame duomenų kiekyje galimos koreliacijos, kurių niekada nepavyks nustatyti, jeigu duomenys bus analizuojami atskirais arba mažesniais rinkiniais. Didesnio duomenų kiekio analizė užtikrina geresnę išvestį (t. y. geresnius rezultatus), tačiau darbas su dideliu duomenų kiekiu gali tapti iššūkiu dėl apdorojimo sunkumų.

Remiantis Europos Parlamento (2021b) informacija, pagrindiniai iššūkiai, susiję su didžiųjų duomenų valdymu, yra prarastos galimybės išnaudoti šių duomenų suteikiamą potencialą ir subjektų teisių apsauga. Pastaroji problema reiškia tai, kad skaitmeninių paslaugų teikėjams gaunant vis daugiau informacijos apie vartotojus, taip pat dėl nereguliuojamo galios balanso vartotojų pageidavimai ir netgi trūkumai gali būti išnaudojami, siekiant komercinės ar politinės naudos. Labai tikslingai nukreipta reklama kelia susirūpinimą dėl galimų manipuliacijų, kai išnaudojami vartotojų pageidavimai ir net silpnybės. Automatiniai, tik duomenimis pagrįsti vertinimai gali reikšti, kad asmenys arba grupės yra skirstomi į bendrąsias kategorijas, todėl jiems gali būti nepasiekiamos priklausančios profesinės galimybės ar medicininė apsauga.

Apibendriname: plačiąja prasme didieji duomenys reiškia visus duomenis tam tikros organizacijos ar ekosistemos kontekste. Traktuojant duomenis kaip turtą, jie apibrėžiami kaip didelės apimties, spartus ir įvairiapusis informacinis turtas, kuriam apdoroti reikia ekonomiškai efektyvių ir naujoviškų informacijos apdorojimo formų. Pagrindiniai didiesiems duomenims būdingi bruožai yra apimtis (didelis kiekis), įvairovė, sparta, tikrumas ir vertė (5V koncepcija). Didžiųjų duomenų analizė versle leidžia gauti didelės grąžos iš žinių, kurios anksčiau buvo padrikos, nestruktūrizuotos. Ji išplečia sprendimų priėmimo, informacijos sintezės, pelningumo ir rinkos plėtros potencialą, leidžia automatiškai numatyti būsimus įvykius. Pagrindiniai iššūkiai, susiję su didžiųjų duomenų valdymu, yra prarastos galimybės išnaudoti šių duomenų suteikiamą potencialą ir subjektų teisių apsauga.

Debesų kompiuterija. Debesų kompiuterija (angl. *cloud computing*) yra vienas iš svarbiausių skaitmeninės transformacijos projektų pristatymo modelių ir vienas

iš pagrindinių 4-osios pramonės revoliucijos veiksnių, daugiau nei dešimtmetį formuojantis programinės įrangos ir verslo taikomųjų programų rinką, užimantis svarbią vietą, kuriant daiktų internetą, ir būtinas, norint valdyti duomenis, įskaitant didžiuosius duomenis. Tačiau debesų kompiuterija ir įvairūs su ja susiję strateginiai, diegimo, technologiniai ir verslo transformacijos aspektai yra mažiau žinomi ir mažiau paplitę nei, pavyzdžiui, daiktų interneto sprendimai.

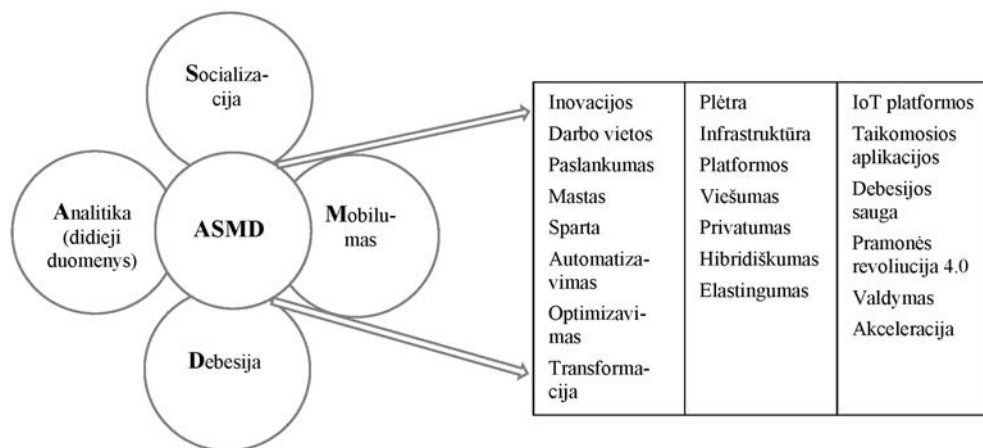
Debesų kompiuterija reiškia duomenų priežiūros, saugojimo, valdymo, apdorojimo, analizės ir saugos procesus, kuriems vykdyti naudojamosi internetinių serverių tinklu. Duomenys saugomi ne fiziniuose įrenginiuose, o „debesyse“. Tai padeda įmonėms geriau administruoti ir efektyvinti procesus, padidinti našumą, optimizuoti išlaidas ir pagerinti klientų skaitmeninę patirtį („Euronovate Group“, 2020). Pasak Chan (2020), debesų kompiuterija yra integruota platforma, per kurią paslaugos vartotojams teikiamos pagal poreikį, bet kuriuo metu ir bet kur visame pasaulyje. Clohessy et al. (2018) teigia, kad debesų kompiuterija yra daug žadanti technologinė paradigma. Tai sistema, galinti veikti kaip katalizatorius, skatinantis radikalias naujoves plėtojant tinklinę visuomenę.

Remiantis interneto svetainės „Euronovate Group“ (2020) informacija, debesų kompiuteriją iš esmės sudaro 3 tipų paslaugos:

- programinės įrangos paslaugos (angl. *Software-as-a-Service (SaaS)*);
- infrastruktūros paslaugos (angl. *Infrastructure-as-a-Service (IaaS)*);
- platformos paslaugos (angl. *Platform-as-a-Service (PaaS)*);

Pirmuoju atveju trečioji šalis – debesijos paslaugų teikėjas – priglobia (saugo) programinę įrangą ir pagal poreikį teikia ją klientams visame pasaulyje. Antruoju atveju trečioji šalis tiekia užsakovams programinės ir techninės įrangos įrankius, operacinę aplinką, duomenų bazes arba skaičiavimo platformas, skirtas interneto programoms kurti (pvz.: „Windows Azure“, „AWS Elastic Beanstalk“, „Heroku“, „Google Cloud Platform“ (GCP) ir kt.). Trečiuoju atveju trečioji šalis siūlo prieigą prie skaičiavimo išteklių, pavyzdžiui: saugyklų, duomenų centrų, saugos serverių, skalės sudarymo, tinklo komponentų ar serverių (pvz., „Digital Ocean“, „Rackspace“ ir kt.). Minėtos paslaugos gali būti teikiamos atskirai, tačiau galimos ir paslaugų kombinacijos, kurios padeda formuoti skaitmeninę verslo infrastruktūrą.

Debesų kompiuterijos vaidmuo, diegiant inovacijas ir transformacijas versle, pa-
vaizduotas 6 pav.



6 pav. Debesų kompiuterijos vaidmuo diegiant verslo inovacijas ir transformacijas

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „i-Scoop“, 2022b.

6 pav. matyti, kad debesija vaidina svarbiausią vaidmenį diegiant duomenų analizės, socializacijos ir mobilumo sprendimus, o šie, savo ruožtu, spartina daiktų interneto (IoT), robotikos, pažintines, pildytosios realybės (angl. *augmented reality*) ir virtualiosios realybės (angl. *virtual reality*) inovacijas. Debesija yra minėtose inovacijose glūdinčių technologijų, procesų ir transformacijų pagrindas. Dėl pastarųjų veiksmų teigiamo poveikio didėja verslo mastas ir sparta, kuriamos naujos darbo vietos, verslo veikla tampa lanksti, ją tampa lengviau valdyti.

Kad būtų konkurencingos ir kurtų pridėtinę vertę, verslo įmonės turi vykdyti skaitmeninės transformacijos procesus, atnaujinti savo seną IT infrastruktūrą. Tai reiškia, kad įmonės turėtų integruoti naujas technologijas, kurios pagreitina, automatizuoja ir tobulina verslą, pavyzdžiui, dirbtinio intelekto, mašininio mokymosi, didžiųjų duomenų analizės ir daiktų interneto (IoT) sistemas. Atsižvelgiant į tai, kad šioms technologijoms įdiegti reikia didelės skaičiavimo galios ir didelių duomenų saugyklų, debesų kompiuterija yra minėtų technologijų integravimo sprendimas. Naudojimasis privačia debesija reiškia, kad ją valdo tik viena konkreti įmonė ar organizacija, tuo tarpu viešosios debesijos paslaugos yra pasiekiamos plačiajai visuomenei. Didėja ir hibridinių debesijos strategijų svarba stambesnėse organizacijose, nors kol kas nedidelė dalis įmonių turi tikrai optimizuotas debesijos strategijas. Hibridinę debesų kompiuteriją sudaro privačių ir viešųjų debesijos platformų rinkinys. Ši hibridinė forma leidžia organizacijoms laikytis nustatytų reikalavimų, užtikrinti duomenų viršenybės principą, optimizuoti išlaidas ir padidinti duomenų saugą. Hibridinė debesija yra įprasta strategija, kuria siekiama perkelti pagrindines ir neįau-

trias programas į viešąją debesiją, o verslui svarbias programas išlaikyti įmonės / organizacijos viduje. Hibridinė debesija taip pat suteikia galimybių pritaikyti vidaus infrastruktūrą prie viešosios debesijos, kad būtų galima valdyti duomenų perviršį ir sumokėti už laikinai reikalingus išteklius (talpą serveryje) (Chan, 2020). Hibridinė debesija gali paspartinti taikomųjų programėlių veikimą ir paslaugų teikimą. Įmonės gali derinti vidaus sistemas su išorinėmis debesijos sistemomis, kad padidintų savo veiklos efektyvumą ir našumą. Be to, klientai gali valdyti taikomąsias programėles tiek įmonės viduje, tiek per viešąsias platformas.

Kai kurios stambios organizacijos, kurios jau anksčiau pradėjo naudotis debesijos technologijomis, jau sugebėjo perkelti dalį tradicinėse patalpose vykdomo darbo krūvio į debesiją. Kai kurių įmonių vadovai pažymi, kad viešosios debesijos (angl. *public cloud*) technologijų diegimą paskatino kompanijos „Microsoft“ išleista operacinės sistemos „Office 365“ versija. Tačiau akivaizdu, kad naudojantis tokiomis sistemomis, kaip „Office 365“, greitai atsiranda kitų poreikių, susijusių su debesijos technologijomis, pavyzdžiui, poreikis turėti atsargines aplankų ar dokumentų kopijas, duomenų saugumo poreikis.

Nepriklausomai nuo konkrečiai įmonei ar šaliai būdingų veiksmų ir greta tokių reiškinių, kaip skaitmeninis verslas, pasenusios įrangos keitimas ir nuolat kintantys IT poreikiai, brandesnis požiūris į debesiją tikrai yra veiksnys, kuris skatina daugelio debesijos segmentų, įskaitant ir viešąją, augimą. Stein et al. (2020) teigimu, 2020 m. viešųjų debesijos paslaugų apyvarta siekė 266 mlrd. JAV dolerių. Vis dėlto, potencialus debesijos technologijų diegimo tempas dar tik įgauna pagreitį.

Debesijos diegimo greitis konkrečioje verslo įmonėje priklauso nuo keleto veiksnių: vykdomos veiklos tipo, įmonės dydžio, taikomųjų programų tipų, geografinės, debesies tipo ir kt. Poslinkis prie debesijos technologijų ne visuomet yra iš anksto suplanuotos strategijos pasekmė. Daugeliu atvejų poslinkis prie debesijos modelių vyksta kaip natūrali verslo raida. Tačiau kompanijoms, norinčioms išplėsti skaitmenines verslo transformacijas, debesija yra vienas iš didžiausių ramsčių. Tai įrodo ir ankstesnių tyrimų rezultatai (žr. 8 lentelę).

8 lentelė. Kai kurių tyrimų rezultatų, atspindinčių debesų kompiuterijos įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
„Euronovate Group“, 2020	Kritinė analizė	Debesų kompiuterija didina verslo lankstumą, padeda mažinti kaštus, didina duomenų saugą bei suteikia lygiagretaus bendradarbiavimo galimybių
Chan, 2020	Verslo atvejų analizė	Debesų kompiuterija leidžia sutaupyti lėšų, kurios būtų išleistos IT infrastruktūros kūrimui. Skaitmeninė transformacija atgaivina įmonės aktyvaus pojūčio ir aktyvios reakcijos režimą, pagal kurį galima numatyti greitai kintančią rinkos situaciją ir patenkinti vartotojų poreikius
Al-Ruithe et al., 2018	Internetinė apklausa	Debesų kompiuterija leidžia pasiekti aukštesnį klientų įtraukimo lygmenį, vykdyti IT naudojimu pagrįstus verslo procesus, tačiau susiduriama su skaitmeninės saugos, privatumo ir valdymo praradimo kliūtimis
Clohessy et al., 2018	Kritinė analizė, pasiūlos modelio formavimas	Dalis verslo įmonių patiria didelių sunkumų, susijusių su veiksmingų verslo modelių formavimu ir pritaikymu naudojantis debesijos sistemomis
Korpela et al., 2016	Pramonės sektorių integravimo modelių analizė	Debesijos sistemos pasižymi dideliu potencialu paspartinti verslo integraciją ir formuoti naujus vartotojų poreikius
Sunyaev, 2020	Sisteminė literatūros analizė, kritinė analizė, SSGG analizė	Debesų kompiuterija suteikia infrastruktūrą, skatinančią skaitmenines transformacijas, tačiau kelia klientų asmens duomenų apsaugos iššūkių
Liu et al., 2021	Atvejo analizė	Debesų kompiuterija yra skaitmeninės transformacijos pagrindas infrastruktūros formavimui, tačiau skaitmeninių transformacijų diegimas yra iššūkis smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms, turinčioms ribotus išteklius, žinias ir ryšių technologijas
Stein et al., 2020	Sisteminė literatūros analizė, kritinė analizė	Debesų kompiuterija suteikia prieigą prie brangios ir sunkiai atnaujinamos IT infrastruktūros, leidžia optimizuoti verslo operacijų vykdymą ir keisti siūlomus produktus / paslaugas, naudojant skaitmeninį turinį, tačiau padidina duomenų konfidencialumo pažeidimo, neteisėtos prieigos prie duomenų ir sistemų riziką

Šaltinis: sudaryta autorių.

Korpela et al. (2016) pripažįsta, kad skaitmeninės verslo ekosistemos tampa vis populiarese koncepcija, kadangi tai yra atvira aplinka, skirta modeliuoti ir kurti tarpusavyje sąveikaujančių sistemų integraciją. Verslo organizacijos supranta, kaip svarbu remtis standartais kaip ekonomišku metodu verslo procesų integravimui paspartinti. Mažų ir vidutinių įmonių dalyvavimas pasaulinėje prekyboje didėja, tačiau skaitmeninių sandorių lygis vis dar yra žemas. Tikimasi, kad debesų kompiuterija leis kurti ekonomiškai efektyvius verslo modelius, pagal kuriuos bus suformuotos skaitmeninės tiekimo grandinės. Ištyrę pasirinktus pramonės sektoriaus integravimo modelius, autoriai nustatė didelį debesijos paslaugų potencialą paspartinti integraciją ir formuoti naujus vartotojų poreikius. Panašius rezultatus pateikia ir Liu et al. (2021) pripažindami, kad debesų kompiuterija yra kertinis skaitmeninės transformacijos akmuo, suteikiantis būtinąją infrastruktūrą, tačiau mažosioms ir vidutinėms įmonėms, kurių plėtrą riboja išteklių ir žinių bei ryšių technologijų stoka, yra sunku skaitmeninti savo verslą.

Remiantis „Euronovate Group“ (2020) pateikiama apžvalga, naudojimasis debesų kompiuterija didina verslo lankstumą, padeda mažinti kaštus, didina duomenų saugą bei suteikia lygiagretaus bendradarbiavimo galimybių. Įmonės / organizacijos valdymo ir plėtros lankstumas ypač pastebimas tada, jei ji nuolat keičiasi. Tuomet debesų kompiuterija leidžia sutaupyti, neinvestuojant į papildomus IT išteklius ir jų priežiūrą įmonės viduje. Debesų kompiuterijos sprendimai yra ekonomiškai, kadangi juos galima pritaikyti konkretaus verslo poreikiams kuriant keičiamo dydžio modelius, pagal kuriuos įmonėms reikia mokėti tik už suteiktas paslaugas. Tokiu atveju įmonės gali rinktis pigesnius sprendimus, nereikia diegti ir prižiūrėti brangios IT infrastruktūros. Duomenų saugumo privalumas reiškia tai, kad debesijos prieglobstyje galima saugoti kelias atsargines duomenų kopijas. Taigi, net jei vienas apsaugos mazgas sugenda, kituose mazguose saugomi duomenys lieka nepažeisti. Tai leidžia apsaugoti duomenis ir asmeninę informaciją nuo kibernetinių atakų ir kitų kibernetinių grėsmių. Lygiagretus bendradarbiavimas įmanomas naudojantis debesijos sprendimų infrastruktūra, kuri leidžia bendradarbiauti tame pačiame lygmenyje, išvengiant hierarchijos ir komunikacijos „iš viršaus į apačią“ arba „iš apačios į viršų“. Skirtingos komandos gali dirbti kartu ir turėti prieigą prie tų pačių duomenų net nuotoliniu būdu. Taip palengvinamas kasdinių užduočių atlikimas ir taupomas laikas. Be to, debesijos kompiuterija leidžia atlikti analizes ir funkcinių programavimą, kurie yra būtini, norint priimti racionalius verslo sprendimus. Debesijos kompiuterija paremta skaitmeninė transformacija yra labai svarbi, siekiant pakeisti verslo konkurencinį scenarijų, pagerinti klientų patirtį, suteikti jiems daugiau patogumo, diegti naujoves ir taip didinti verslo vertę. Glaudesnio ryšio su

vartotojais kūrimo privalumą pastebi ir Stein et al. (2020). Papildomai pastebima, kad debesų kompiuterijos sprendimai suteikia daugiau galios verslo įmonių darbuotojams, leidžia optimizuoti verslo operacijų vykdymą ir keisti siūlomus produktus ir paslaugas naudojant skaitmeninį turinį. Neabejojama, kad vieni iš didžiausių debesų kompiuterijos pranašumų yra prieiga prie brangios ir sunkiai atnaujinamos IT infrastruktūros bei jos valdymas iš išorės, duomenų saugyklos, programinės įrangos ir taikomųjų programų valdymo ir priežiūros supaprastinimas. Debesų kompiuterija suteikia galimybių įmonių darbuotojams greit ir sklandžiai pasiekti reikiamus duomenis, programinę įrangą ir taikomąsias programas.

Remdamasis moderniųjų technologijų analizės modeliu „viskas yra paslauga“ (angl. *everything-as-a-service*) (modelį sudaro organizacijos, žmonės, daiktai ir sistemos bet kurioje vietoje ir bet kuriuo laiku pasaulio mastu), Chan (2020) nustatė, kad debesų kompiuterija padeda eliminuoti brangių duomenų centrų kūrimo poreikį, kadangi paslaugos debesijos sistemose teikiamos pagal principą „mokėk pasinaudoję“. Taip sudaromos galimybės sutaupyti daug lėšų, kurios būtų išleistos IT infrastruktūros kūrimui. Autorius taip pat teigia, kad debesų kompiuterijos pagrindu įdiegtos skaitmeninės verslo transformacijos leidžia iš daugybės duomenų sukurti veikti gebantį dirbtinį intelektą, kuris padeda patobulinti verslo operacijas ir procesus. Skaitmeninė transformacija atgaivina įmonės aktyvaus pojūčio ir aktyvios reakcijos režimą, pagal kurį galima numatyti greitai kintančią rinkos situaciją ir patenkinti vartotojų poreikius. Transformacija statiška ir atsietą įmonę paverčia sujungta ir bendradarbiaujančia bendruomene, pasižyminčia mobilumu ir intelektu.

Al-Ruithe et al. (2018) nustatė, kad debesų kompiuterija leidžia organizacijoms pereiti į aukštesnį klientų įtraukimo lygmenį bei vykdyti informacinių technologijų naudojimu pagrįstus verslo procesus. Pasak autorių, debesų kompiuterija yra pagrindinis skaitmeninės transformacijos polių technologijų ekosistemoje. Vis dėlto, kai kurių tyrimų (Clohessy et al., 2018) rezultatai parodė, kad nors dauguma verslo įmonių gauna naudos pereinamos nuo pasenusios aparatinės įrangos prie šiuolaikiškų debesijos metodų, esama ir įmonių, kurios patiria didelių sunkumų, susijusių su veiksmingų verslo modelių formavimu ir pritaikymu. Al-Ruithe et al. (2018) nustatė, kad skaitmeninė sauga, privatumas ir valdymo praradimas vis dar yra didžiausios kliūtys, trukdančios sėkmingai diegti debesų kompiuterijos technologijas, ir organizacijos pripažįsta, kad joms trūksta žinių šioje srityje. Panašias problemas išvelgia ir Sunyaev (2020), kuris pripažįsta, kad debesų kompiuterija ne tik suteikia daugybę privalumų ir galimybių, tačiau kelia ir iššūkių, ypač klientų asmens duomenų apsaugos atžvilgiu. Vis dėlto, akcentuojamas debesų kompiuterijos potencialas suteikti infrastruktūrą, skatinančią skaitmenines transformacijas per mobilumą, daiktų

internetą, didžiuosius duomenis ir dirbtinį intelektą, taip spartinant ūkio dinamiką ir reformuojant anksčiau tradiciniais laikytus verslo modelius. Stein et al. (2020) pritaria prielaidai, kad debesų kompiuterija padidina netikėtos rizikos tikimybę. Pa-teikiamas pavyzdys, kai dėl debesijos saugos pažeidimų buvo atskleisti net 14 mili-jonų JAV įsikūrusios kompanijos „Verizon“ klientų vardai, adresai ir paskyros infor-macija. Šiame kontekste akivaizdus su debesijos kompiuterija susijusių kibernetinio saugumo pažeidimų ir paslaugų teikimo trukdžių mastas, kai trukdžiai gali atsirasti dėl netikėto techninio sutrikimo ar pernelyg greitos transformacijos į nuotolinį dar-bą, koks buvo per COVID-19 pandemiją. Tokios nenumatytos ir greitos permamos padidino kibernetinės rizikos lygį ir sukėlė naujų pavojų, kadangi įmonių darbuotojai galėjo pasiekti duomenis iš įvairių nutolusių vietų (pvz., iš namų). Pastebėta duomenų konfidencialumo pažeidimo, neteisėtos prieigos prie duomenų ir sistemų bei sklandžiai funkcionuojančių sistemų veiklos sutrikimo atvejų.

Apibendriname: debesų kompiuterija yra skaitmeninių transformacijų diegimo versle pagrindas, kadangi ji suteikia prieigą prie brangios ir sunkiai atnaujinamos IT infrastruktūros, o tai, savo ruožtu, leidžia optimizuoti verslo operacijų vykdymą, keisti siūlomus produktus / paslaugas naudojant skaitmeninį turinį, kurti glaudesnę ryšį su vartotojais. Skaitmeninė transformacija atgaivina įmonės aktyvaus pojūčio ir aktyvios reakcijos režimą, pagal kurį galima numatyti greitai kintančią rinkos situaciją ir patenkinti vartotojų poreikius. Tačiau naudojantis debesų kompiuteri-jos infrastruktūra, susiduriama su skaitmeninės saugos, privatumo ir valdymo pra-radimo problemomis, padidėja duomenų konfidencialumo pažeidimo, neteisėtos prieigos prie duomenų ir sistemų bei sklandžiai funkcionuojančių sistemų veiklos sutrikimo rizika.

Dirbtinis intelektas. Dirbtinis intelektas yra plati sąvoka, apimanti daugybę tech-nologijų ir realiųjų – debesiją, daiktų internetą ir kt. Pasak Ahmed (2015), dirbtinis intelektas yra menas, leidžiantis paversti mašinas mąstančiomis. Tai bendro pobū-džio dirbtinio intelekto apibrėžimas. Dirbtinis intelektas gali būti suvokiamas kaip įrengimų atliekama žmogaus intelekto simuliacija, kai įrengimai geba atlikti kogni-tyvines funkcijas (suvokimas, samprotavimas, mokymasis, tobulėjimas įgyjant pa-tirties, problemų sprendimas sąveikaujant su aplinka ir net kūrybiškumo lavinimas), kurios paprastai siejamos su žmogaus smegenų gebėjimais (Forradellas ir Gallaste-gui, 2021). Siauresne prasme dirbtinis intelektas apibrėžiamas kaip remiantis įvesties duomenimis kompiuterinių technologijų atliekamas analitinis procesas, kurio metu formuojamos automatinės sistemos, kurios laikomos turinčiomis intelektą, kadangi geba analizuoti ir mokytis (Palanivelu ir Vasanthi, 2020).

Dirbtinis intelektas yra įdiegtas daugybėje taikomųjų programų, paieškos algoritmų ir įrankių, kuriuos naudojame kiekvieną dieną. Kalbėdami apie dirbtinį intelektą, kai kurie autoriai (Schank ir Childers, 1984; Lytras ir Visvizi, 2021) vartoja tokias sąvokas, kaip pažintinė kompiuterija (angl. *cognitive computing*), kiti (Brougham ir Haar, 2018; Cioffi et al., 2020) daugiausia dėmesio skiria taikomosioms programoms ir įrenginiams, naudojamiems realiame gyvenime, kai šių programų ir / ar įrenginių pavadinimuose minimas žodis „išmanusis“. Aiškinant, kad dirbtinis intelektas egzistuoja jau seniai, dažnai pateikiami tokie pavyzdžiai, kaip algoritmai, valdantys „Google“ paieškos technologijas, arba mobiliųjų įrenginių taikomosios programėlės. Vis dėlto, šie algoritmai nėra tas pats, kas dirbtinis intelektas apskritai. Dirbtinio intelekto sistemose naudojamos kalbos apdorojimo, kalbos atpažinimo, mašininio mokymosi, robotikos, kompiuterinės vizijos (angl. *computer vision*), paieškos pasiūlymų, balso ir vaizdo atpažinimo, virtualaus asistento ir kitos technologijos. Gilus mokymasis (angl. *deep learning*) yra laikomas vienu iš mašininio mokymosi metodų. Gilaus mokymosi esmė yra algoritmai, kurie sukurti taip, kad būtų galima imituoti žmogaus smegenų konfigūraciją ir atliekamas funkcijas (Palanivelu ir Vasanthi, 2020). 4-osios pramonės revoliucijos eroje dirbtinis intelektas būtinas informacijos valdymui, didžiųjų duomenų analizei, kibernetinei saugai, įvairioms vartotojų programoms, naujos kartos išmaniųjų pastatų technologijoms, robotikai ir daugeliui kitų sričių. Be to, dirbtinis intelektas yra integruojamas į kitas technologijas (pvz., be dirbtinio intelekto nebūtų įmanoma daiktų interneto veikla), taip sukuriant galimybę pasinaudoti bendrąja modernių technologijų verte.

Vis dėlto, dirbtinio intelekto sąvoka verslo sprendimuose dažnai turi šiek tiek neigiamo atspalvio – verslo įmonių vadovai dažnai abejoja, ar taikyti dirbtinio intelekto sprendimus skaitmeninėms verslo transformacijoms. Šis požiūris dažnai yra stereotipinis, suformuotas populiariosios Holivudo filmų kultūros (pvz., dažnas mokslinės fantastikos žanro filmų siužetas yra apie tai, kad dirbtinis intelektas yra supergalių turintis intelektas, pranašesnis už žmogiškąjį intelektą, todėl dirbtiniu intelektu pagrįstos sistemos gali perimti informacinių sistemų kontrolę, užvaldyti žmones, pasaulį ir t. t.). Šie nesusipratimai kyla dėl to, kad dirbtinis intelektas yra iš tiesų labai plati sąvoka, todėl jį sunku tiksliai apibrėžti (Ahmed, 2015). Dirbtinis intelektas apima ir mašininį mokymąsi (arba kompiuterio mokymąsi) (angl. *machine learning*), ir gilų mokymąsi (angl. *deep learning*), ir teksto duomenų gavybą (angl. *text mining*), ir kitas analizės sistemas. Gilaus mokymosi, vaizdų atpažinimo, hipotezių generavimo, kognityvinių skaičiavimų, prognostinės analizės, rekomendacijų generavimo, dirbtinių neuronų tinklų bei kitų dirbtinio intelekto produktų funkcijos naudojamos įvairiose programose ir spartina inovacijas.

Plati technologijų ir procesų sąveika realiuose verslo procesuose yra esminis skaitmeninės transformacijos verslo srityje bruožas. Dirbtinis intelektas ir mašinų mokymasis yra du svarbiausi skaitmeninės transformacijos veiksniai ir efektyviausių šiandien sukurtų skaitmeninių įrankių pagrindas. Šie veiksniai leidžia kurti vis novatoriškesnius ir veiksmingesnius sprendimus, kurie tiesiogiai veikia rinkos pagreitį, įmonės konkurencingumą bei klientų patirtį ir lūkesčius. Mašininis mokymasis ir dirbtinis intelektas leidžia panaudoti visą surinktą didžiulį informacijos kiekį, kad įmonės veikla būtų efektyvinama, kad būtų tobulinami jos produktai ir paslaugos arba išnaudojamos naujų novatoriškų strategijų galimybės. Kai dirbtinis intelektas ir mašininis mokymasis tapo organizacijų verslo strategijos dalimi, skaitmeninė transformacija tapo įmanoma integruojant skirtingas sistemas ir automatizuojant kasdienes užduotis. Dirbtiniu intelektu pagrįstos transformacijos reiškia tai, kad įmonė gali efektyviau panaudoti surinktus duomenis, o tai, savo ruožtu, užtikrina spartesnę darbą ir didesnę produktyvumą (Ribeiro, 2020).

Dirbtiniu intelektu ir mašininis mokymasis pagrįstų skaitmeninių verslo transformacijų efektyvumas paremtas ir moksliniais empiriniais tyrimais (žr. 9 lentelę).

9 lentelė. Kai kurių tyrimų rezultatų, atspindinčių dirbtinio intelekto įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Kulkov, 2021	Kokybiniai interviu	Smulkiose įmonėse dirbtinio intelekto sistemų diegimas labiausiai transformavo tyrimų ir plėtros, pagrindinių duomenų valdymo, analizės ir ataskaitų teikimo bei žmogiškųjų išteklių valdymo procesus, stambiose įmonėse – gamybos, pardavimų, rinkodaros ir analizės procesus, vidutinio dydžio įmonėse – skirtingus procesus, priklausomai nuo įmonės specializacijos
Kitsios ir Kamariotou, 2021	Sisteminė literatūros analizė	Mašininis mokymasis leidžia imituoti žmonių veiksmus priimant sprendimus, atkartoti žmogaus atliekamą veiklą, daryti nepriklausomas prielaidas ir prognozes, kurti vertę įvairiuose verslo veiklos etapuose

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Caner ir Bhatti, 2020	Sisteminė literatūros analizė	Svarbiausi elementai diegiant dirbtinio intelekto sistemas yra paties intelekto vidiniai pajėgumai ir ribotumai, finansiniai aspektai, organizacinės funkcijos, darbo jėga, veiklos sektorius, įstatymai ir etika
Brock ir von Wangenheim, 2019	Atvejų analizė, apklausos	Dirbtinio intelekto sistemų diegimas derinyje su pažangiomis skaitmeninėmis technologijomis padeda sustiprinti esamą įmonių verslą
Palanivelu ir Vasanthi, 2020	Sisteminė literatūros analizė, kokybiniai interviu	Dirbtinis intelektas diegiamas dėl konkurencinio spaudimo. Jis padeda tobulinti rinkodaros procesus, geriau suprasti vartotojų informaciją, priimti lengviau įgyvendinamus rinkodaros sprendimus, padidinti grąžą iš investicijų. Didžiausias iššūkis – dirbtinio intelekto sistemų integravimas į įmonės technologijas
Forradellas ir Gallastegui, 2021	Aprašomoji, normatyvinė ir prognozuojamoji analizė	Norint, kad verslo įmonės sėkmingai diegtų skaitmenines transformacijas, būtinas adekvatus teisės aktų adaptavimas, ypač duomenų apsaugos ir naudojimo srityse, kuris leistų verslo įmonėms laikytis įsipareigojimų per visą verslo gyvavimo ciklą. Kita vertus, teisinė sistema neturi lėtinti skaitmeninės pažangos
Orji, 2019	Atvejų analizė	Skaitmeninės verslo transformacijos sėkmę lemia įmonės ištekliai, procesinių ir kultūrinių pajėgumų integravimas, tačiau tai nėra pigu
Magistretti et al., 2019	Horizontalioji atvejo analizė	Dirbtinis intelektas padeda kurti vertę per dvi dimensijas – įmonės vidaus vystymąsi ir išorinį bendradarbiavimą

Šaltinis: sudaryta autorių.

Caner ir Bhatti (2020) savo tyrime rėmėsi sisteminės literatūros analizės metodu ir nustatė, kad svarbiausi elementai, kurie gali turėti įtakos diegiant dirbtinio intelekto sistemas verslo organizacijose, yra dirbtinio intelekto pajėgumai ir ribotumai, finansiniai aspektai, organizacinės funkcijos, darbo jėga, verslo veiklos sektorius (šaka), įstatymai ir etika.

Atlikę sisteminę literatūros analizę (išanalizuotas 81 mokslinis straipsnis), autoriai Kitsios ir Kamariotou (2021) nustatė, kad pradiniam dirbtinio intelekto sistemų

diegimo etape verslo organizacijos daugiausia susiduria su sunkumais atliekant tokias veiklos rūšis, kurias gali lengvai atlikti žmogus, bet kurias sunku formaliai išreikšti matematiniais principais. Veiklos išraiška matematiniais principais yra būtina, kad dirbtinio intelekto sistemos galėtų iš pateiktų duomenų išvesti dėsningumus ir mokytis (mašininis mokymasis). Mašininis mokymasis leidžia kompiuteriniams įrankiams tiesiogiai identifikuoti tendencijas ir vėliau, remiantis tomis tendencijomis, veikti neužprogramuotai. Vadinas, dirbtinio intelekto sistemos geba net tik įsisavinti žmonių sukurtas taisykles ir imituoti žmonių veiksmus priimant sprendimus (kaip tradiciniuose algoritmuose), bet ir imituoti, pamėgdžioti žmonių mokymąsi. Autoriai taip pat nustatė, kad pastaruoju metu dirbtinio intelekto evoliuciją daugelyje sričių lemia trys pagrindiniai veiksniai: didžiulis duomenų kiekis, geresni algoritmai ir žymiai patobulinta skaičiavimo įranga. Šiuo metu dirbtinis intelektas gali būti įdiegtas siekiant atkartoti žmogaus atliekamą veiklą, daryti nepriklausomas prielaidas, galinčias padėti žmogaus intelektui ar net pakeisti žmones veikloje, kuriai reikalingas pažinimas. Dirbtinio intelekto sistemų naudojimas versle gali paspartinti veiklą, padidinti lankstumą, pritaikomumą, mastus, patobulinti sprendimų priėmimą. Be to, dirbtinis intelektas gali padėti kuriant vertę įvairiuose verslo veiklos etapuose: automatizuojant procesus, gaunant žinių, kurių reikia sprendimams priimti, įtraukiant vartotojus ir darbuotojus, kuriant ir pristatant naujus produktus ir paslaugas ir kt.

Remdamiesi atvejų tyrimais ir dviejų pasaulinių apklausų, kuriose dalyvavo vyresnieji vadovai įmonių, veikiančių įvairiose ekonomikos šakose, rezultatais, Brock, ir von Wangenheim (2019) nustatė, kad dirbtinis intelektas paprastai diegiamas ir naudojamas su kitomis pažangiomis skaitmeninėmis technologijomis įmonių skaitmeninės transformacijos projektuose. Skaitmeninės transformacijos projektai daugiausia vykdomi siekiant sustiprinti esamą įmonių verslą.

Kulkov (2021) tyrė dirbtinio intelekto poveikį verslo procesams farmacijos sektoriuje. Buvo ištirtos 5 stambios, 5 vidutinio dydžio ir 5 smulkios įmonės. Autorius nustatė, kad priklausomai nuo įmonės dydžio, dirbtinio intelekto įtaka transformuojant verslą gali skirtis nuo minimalios iki reikšmingos. Dėl dirbtinio intelekto sistemų naudojimo smulkiose įmonėse labiausiai pakito tyrimų ir plėtros, pagrindinių duomenų valdymo, analizės ir ataskaitų teikimo bei žmogiškųjų išteklių valdymo procesai. Stambiose įmonėse labiausiai transformavosi gamybos, pardavimų, rinkodaros ir analizės procesai. Vidutinio dydžio farmacijos įmonėse transformavosi skirtingi procesai, priklausomai nuo įmonių specializacijos. Tyrimas taip pat atskleidė, kad kai kurie verslo procesai nepakito dėl itin griežtų reguliavimų, taikomų farmacijos sektoriuje.

Įtraukę į kokybinius interviu rinkodaros specialistus, autoriai Palanivelu ir Vasanthi (2020) nustatė, kad pagrindinis veiksnys, lemiantis dirbtinio intelekto sistemų integravimą į įmonių rinkodaros strategiją, yra konkurencinis spaudimas. Intensyvios konkurencijos sąlygomis įmonės siekia atrodyti besiskiriančios nuo konkurentų bei pateikti vartotojams geriausius pasiūlymus. Apie 30 proc. interviu dalyvavusių respondentų nurodė, kad dirbtinis intelektas padeda padidinti veiklos efektyvumą, patobulinti rinkodaros procesus, geriau suprasti vartotojų informaciją, priimti tokius rinkodaros sprendimus, kuriuos lengviau įgyvendinti, padidinti grąžą iš investicijų. Programinė įranga su įdiegtu dirbtiniu intelektu gali būti naudinga formuojant kainodarą ir tobulinant produktus / paslaugas, suteikti vartotojams maksimalų pasitenkinimo produktu ar paslauga lygį. Apie 40 proc. tyrime dalyvavusių respondentų teigė, kad jų įmonėje dirbtinis intelektas buvo įdiegtas rinkodaros strategijai formuoti, 30 proc. nurodė, kad tai buvo atlikta laiko taupymo tikslais, dar 30 proc. respondentų pastebėjo, kad jų įmonėje dirbtinis intelektas pasitarnauja sprendimų priėmimui. Kaip didžiausią iššūkį net 70 proc. respondentų nurodė dirbtinio intelekto sistemų integravimą ir suderinamumą su įmonės technologijomis.

Orji (2019) nagrinėjo įmonių išteklių, procesinių ir kultūrinių pajėgumų įtaką sėkmingai skaitmeninei transformacijai. Naujausi skaitmeninio klientų įtraukimo ir procesų robotinio automatizavimo mechanizmai pateikiami kaip sėkmingi verslo skaitmeninių transformacijų pavyzdžiai, leidę padidinti analizuotų įmonių produktyvumą ir našumą. Tačiau iškeliama problema, kad tai nėra pigu. Be to, pastebima, kad pasitaiko atvejų, kai skaitmeninio verslo iniciatyvos žlunga neturint pakankamai supratimo apie mechanizmą, per kurį įmonės iš technologijų įgyja pridėtinės vertės. Akcentuojama, kad ne tik technologijos, bet ir įmonės pasirengimas, būtent įmonės išteklių, procesinių ir kultūrinių pajėgumų integravimas, lemia skaitmeninės transformacijos sėkmę. Pasak Magistretti et al. (2019), sėkmingai integravus įmonės pajėgumus, dirbtinis intelektas leidžia kurti vertę per įmonės vidaus ir išorinio bendradarbiavimo vystymąsi.

Norint sėkmingai diegti dirbtiniu intelektu pagrįstas skaitmenines transformacijas versle, Ribeiro (2020) rekomenduoja pirmiausia atsakyti į šiuos klausimus:

- Kaip pasinaudojus surinktais duomenimis galima pagerinti vartotojų patirtį?
- Ar skaitmeninių transformacijų diegimui reikia samdyti profesionalus iš išorės?
- Ar verta, o jeigu taip, tai kiek verta investuoti į duomenų bazę?
- Kaip žinoti, kad jau sukaupta pakankamai duomenų, kad būtų galima diegti dirbtinio intelekto sistemas?

Pasak autoriaus, atsakymai į šiuos klausimus leis verslo vadovams suvokti, kiek duomenų reikia surinkti, koku būdu tai padaryti ir kokių išteklių prireiks norint

užtikrinti, kad duomenų bazė būtų pakankama ir kad duomenys būtų pradėti apdorojami taip, kad jie taptų strategine informacija įmonei. Su duomenų trūkumo problema paprastai nesusiduriama. Daug didesnis iššūkis yra tas, kad egzistuoja daugybė vidinių ir išorinių duomenų šaltinių, todėl juos reikia atsirinkti ir struktūrizuoti tikslingai, t. y. turi būti tiksliai ir aiškiai apibrėžta duomenų struktūrizavimo ir valdymo strategija. Priešingu atveju dirbtinio intelekto sistemos nebus veiksmingos. Siūloma pradėti nuo duomenų importavimo ir laikymo debesijoje, kadangi netgi tvariai sutvarkyto įmonės duomenų serverio ar duomenų centro gali nepakakti tokiame dideliame duomenų kiekiui saugoti.

Investuoti į dirbtinį intelektą reiškia mokytis mašinas (kompiuterinę įrangą) ir algoritmus, naudojantis duomenų bazėje sukauptais duomenimis. Norint pasiekti dirbtinio intelekto panaudojimo brandos etapą ir išnaudoti visas jo suteikiamas galimybes, rekomenduojama paeiliui vykdyti šiuos žingsnius (Ribeiro, 2020):

1. *Rinkti duomenis.* Dirbtinio intelekto veikimas labai priklauso nuo sukauptų duomenų ir instrumentų, kurie tarnauja kaip pagrindas mašininio mokymosi modeliams. Duomenis galima gauti iš duomenų bazių, skaičiuoklių, žymėjimo failų (pvz., XML) ir kitų šaltinių.
2. *Saugoti duomenis.* Šalia duomenų rinkimo iš saugių ir kokybiškų šaltinių, būtina naudoti patikimus duomenų saugojimo, struktūrizavimo ir integravimo įrankius, kurie palengvina duomenų analizę. Tam rekomenduojami ETL (angl. *Extract, Transform and Load*) tipo įrankiai.
3. *Tirti duomenis.* Šiame etape atliekama aprašomoji analizė. Verslo intelekto (angl. *business intelligence*) ataskaitos, duomenų rinkimo įrankiai, OLAP (angl. *Online Analytical Processing*) užklausos ir analizės skydai pasitelkiami surinktų ir saugomų duomenų apdorojimui, kad specialistai galėtų susidaryti aiškesnį ir objektyvesnį vaizdą apie sektorių ir įmonę ar organizaciją kaip visumą.
4. *Veikti realiuoju laiku.* Tai brandos etapas, kai įmonė / organizacija rūpinasi, kad duomenys būtų integruoti į šiuolaikinius skaitmeninius įrankius. Tam naudojamos API (angl. *Application Programming Interface*) sistemos, duomenys transformuojami į lengviau integruojamus formatus (pvz., JSON – *JavaScript Object Notation* arba XML). Tokios strategijos palengvina duomenų integravimą realiuoju laiku ir sutrumpina laiką nuo duomenų kūrimo iki išsamios analizės etapo.
5. *Prognuoti ir optimizuoti.* Šiame etape įmonė / organizacija jau turi kokybiškus duomenis realiuoju laiku, šie duomenys yra integruoti į pažangias technologijas, kurios naudojamos mašininio mokymosi modeliuose. Todėl vadovai jau gali priimti sprendimus, pagrįstus analize ir prognozėmis.

Taip, kaip interneto atsiradimas pakeitė verslo organizavimo formas visame pasaulyje, taip ir naujosios technologijos, ypač dirbtinis intelektas, pamažu keičia kasdienę verslo veiklą. Jau nekalbama apie tai, ar skaitmeninės transformacijos pasieks visas mažas ir vidutines įmones, kadangi tai tik laiko klausimas, tačiau analizuojama, kokios technologijos bus esminės ir prioritetinės. Norint sukurti tam tikro produkto / paslaugos pridėtinę vertę, skaitmeninės transformacijos turi būti diegiamos naudojantis dirbtiniu intelektu, kadangi dirbtinis intelektas leidžia identifikuoti informaciją, kuri gali padėti specialistams įvairiuose verslo proceso etapuose, tokiuose, kaip projektavimas, vykdymas ir produkto / paslaugos pristatymas. Visą suskaitmenizavus, galima pradėti tikrinti, kuriuos projekto etapus reikia koreguoti. Pavyzdžiui, projektavimo etape dirbtinis intelektas leidžia patobulinti tyrimus, plėtrą ir padeda tiksliai prognozuoti tolesnius veiksmus. Vykdomo etape pateikiami duomenys realiuoju laiku apie vykdymo eigą. Produkto / paslaugos pristatymo etape dirbtinis intelektas padeda stebėti vartotojo patirtį ir prognozuoti veiksmus, kurių reikėtų imtis, norint sustiprinti produkto ar prekės ženklo populiarumą, išplėsti užimamą rinkos dalį.

Forradellas ir Gallastegui (2021) pastebi, kad analizuojant dirbtinio intelekto poveikį verslo transformacijoms, reikia atkreipti dėmesį ir į teisinius aspektus. Nemaža dalis teisės aktų buvo priimti dar tuomet, kai socialiniai tinklai ir daugelis esamų technologijų dar neegzistavo. Todėl norint, kad verslo įmonės sėkmingai plėtotų technologines inovacijas, ne tik būtinas vadinamasis „naujosios kartos“ teisinis reguliavimas, tačiau reikšminga ir tai, kad adekvatus teisės aktų adaptavimas pagal naujas realijas būtų nenutrūkstamas procesas, kuris leistų verslo įmonėms laikytis įsipareigojimų per visą verslo gyvavimo ciklą. Tai ypač aktualu diegiant dirbtinio intelekto sistemas, kadangi jos yra pagrįstos duomenų naudojimu. Duomenų reikia modeliams diegti, juos tvirtinti ir apmokyti, gautus duomenis reikia saugoti, apdoroti ir analizuoti. Nuolatinis modelių vertinimas leidžia juos tobulinti. Visa tai rodo, kad dirbtinio intelekto projektų diegimas labai didele dalimi priklauso nuo duomenų apsaugą ir naudojimą reglamentuojančių teisės aktų. Vadinasi, būtina turėti tokią teisinę sistemą, kuri vienodai reglamentuotų skaitmeninius pokyčius įvairiose šalyse ir padėtų tinkamai vykdyti skaitmeninės transformacijos procesus pagal aiškų reglamentavimą. Kita vertus, svarbu, kad reguliavimo sistema nesulėtintų skaitmeninės pažangos ir transformacijų.

Apibendriname: siaurąja prasme, kuri aktuali ir diegiant skaitmenines transformacijas versle, dirbtinis intelektas apibrėžiamas kaip remiantis įvesties duomenimis kompiuterinių technologijų atliekamas analitinis procesas, kurio metu formuojamos automatinės sistemos, kurios laikomos turinčiomis intelektą, kadangi geba analizuoti

ir mokytis. Dirbtinio intelekto sistemose naudojamos kalbos apdorojimo, kalbos atpažinimo, mašininio mokymosi, robotikos, kompiuterinės vizijos paieškos pasiūlymų, balso ir vaizdo atpažinimo, virtualaus asistento ir kitos technologijos, dirbtinis intelektas yra integruojamas į kitas technologijas, taip sukuriant galimybę pasinaudoti bendrąja modernių technologijų verte. Svarbiausi elementai diegiant dirbtinio intelekto sistemas versle yra paties intelekto vidiniai pajėgumai ir ribotumai, įmonės finansiniai aspektai, organizacinės funkcijos, darbo jėga, veiklos sektorius, įstatymai ir etika. Integravus turimus išteklius, procesinius ir kultūrinius pajėgumus, dirbtinis intelektas padeda tobulinti rinkodaros procesus, geriau suprasti vartotojų informaciją, priimti lengviau įgyvendinamus rinkodaros sprendimus, padidinti grąžą iš investicijų. Didžiausi iššūkiai: dirbtinio intelekto sistemų integravimas į įmonės technologijas, aukšta transformacijų kaina, adekvataus teisinio reguliavimo trūkumas.

Blokų grandinės technologijos. Blokų grandinės technologijos priskiriamos 5-ajam kompiuterijos evoliucijos etapui. Iš esmės, tai yra skaitmeninio finansinių operacijų registro duomenų struktūra sudėtinėje sistemoje, kuri leidžia dalytis duomenimis per nepriklausomų dalyvių tinklą. Tai paskirstyta visų skaitmeninių operacijų ir įvykių įrašų duomenų bazė, kuri yra patikrinta ir patvirtinta bendru daugelio sistemos dalyvių sutarimu (Hossain, 2017). Blokų grandinė dar vadinama pasitikėjimo grandine, kadangi blokų grandinės technologijos leidžia vykdyti naujosios kartos sandorius ir operacijas, kurios dera su verslo procesais, užtikrinant pasitikėjimą, atskaitomybę ir skaidrumą. Pasak Ku (2019), blokų grandinės technologijos gali būti apibrėžiamos kaip esamus patvirtintus sandorius ir išvestines, su sandoriais susijusias paslaugas papildančios technologijos.

Minėtų technologijų dimensija vadinama „vertės internetu“ ir traktuojama kaip priešingybė „informacijos internetui“, kurio esmė yra skirtingų protokolų (TCP, IP) naudojimas komunikavimui tarp įrengimų (HTTP protokolo naudojimas žiniatinklio turiniui, SMTP protokolo naudojimas elektroniniam paštui, FTP protokolo naudojimas failų perdavimui ir pan.) (Nakamoto, 2020). Blokų grandinės technologijos skatina pasitikėjimą ir užtikrina tapatybių patvirtinimą be tarpinių trečiųjų šalių. Taip kuriamas „vertės internetas“.

Atsižvelgiant į blokų grandinių dalyvių lygiavertiškumą, blokų grandinės apibrėžiamos kaip sistema „dalyvis dalyviui“ (angl. *peer-to-peer*). Šioje sistemoje nėra jokios centrinės institucijos, valdančios duomenų srautą. Vienas iš pagrindinių būdų, kaip eliminuojamas centrinis valdymas kartu išlaikant duomenų vientisumą, yra didelio paskirstyto nepriklausomų vartotojų tinklo sukūrimas ir išlaikymas. Tai

reiškia, kad tinklą sudarantys kompiuteriai yra ne vienoje vietoje. Jie dažnai vadinami pilnaisiais mazgais (angl. *full nodes*) (Hossain, 2017).

Blokų grandinė yra duomenų struktūra, kuri apibrėžia loginius duomenų laikymo, saugos, pasitikėjimo ir dalyvavimo principus duomenų operacijų metu. Blokų grandinę sudaro trys pagrindiniai komponentai (Hossain, 2017):

- 1) blokas – tai operacijų, užregistruotų per tam tikrą laiką, sąrašas. Operacijos į bloką registruojamos remiantis jų dydžiu, laikotarpiu bei aktyvinamuoju įvykiu, kuris skiriasi kiekvienoje blokų grandinėje. Kitaip tariant, blokų grandinė panaši į knygos puslapius, kurie dėliojami vienas po kito;
- 2) grandinė – tai lyg knygos puslapių klajai. Grandinė susieja visus jose esančius blokus, išlaiko juos kartu ir surikiuoja pagal tam tikrą tvarką ir laiką, remdamasi vadinamuoju „maišos“ algoritmu (angl. *the secure hash algorithm – SHA*);
- 3) tinklas – jį sudaro pilnieji mazgai. Kiekviename mazge yra išsamus visų sandorių, užfiksuotų blokų grandinėje, registras. Mazgai pasiekiami iš bet kurios pasaulio vietos, ir juos gali naudoti bet kas. Kadangi valdyti pilnąją mazgą yra sudėtinga, brangu ir tam reikia daug laiko, tai atliekama naudojant kriptovaliutą, kuri sukurama per blokų grandinėje įdiegtą algoritmą.

Back et al. (2014) nurodo, kad yra trys skirtingi blokų grandinių tipai. Pirmasis iš jų vadinamas viešąją blokų grandine (angl. *public blockchain*). Tai didelis paskirstytasis tinklas, kuris veikia per vietinį prieigos raktą (pvz., bitkoinai). Tinklas atviras visiems bet kuriame lygmenyje, visi gali turėti atvirosios prieigos kodą, kurį prižiūri atitinkama bendruomenė. Satoshi Nakamoto yra anoniminė tapatybė, kuria pasinaudojęs nežinomas asmuo sukūrė bitkoinus per viešąją blokų grandinę.

Antrojo tipo blokų grandinė vadinama autorizuotąja grandine (angl. *permissioned blockchain*) (pvz., *Ripple*). Tai taip pat yra didelė paskirstytoji sistema, kurioje naudojamas savas prieigos raktas. Tačiau skirtingai nei viešojoje blokų grandinėje, čia kontroliuojami vaidmenys, kuriuos gali atlikti dalyviai. Trečiojo tipo blokų grandinė vadinama privačiąja grandine (angl. *private blockchain*). Palyginus su dviem pirmosiomis grandinėmis, ši yra mažesnė ir joje nenaudojami prieigos raktai. Narystė privačiose blokų grandinėse griežtai kontroliuojama. Šio tipo blokų grandinės dažnai naudoja konsorciumai, kurie turi patikimus narius ir prekiauja konfidencialia informacija. Visų trijų tipų blokų grandinėse naudojama kriptografija, kad kiekvienas bet kurio tinklo dalyvis galėtų saugiai tvarkyti savo sandorius / operacijas net nesant centrinės institucijos, kuri užtikrintų taisyklių laikymąsi. Centrinės institucijos pašalinimas iš duomenų bazės struktūros yra vienas reikšmingiausių blokų grandinės bruožų (Back et al., 2014).

Duomenų bazės administravimo požiūriu, blokų grandinės technologijos leidžia skirtingiems dalyviams, kurie nepasitiki vieni kitais, dalytis informacija nesant centrinio administratoriaus. Kiekvienu atveju sandorius apdoroja vartotojų tinklas, veikiantis kaip savitarpio susitarimu paremtas mechanizmas, kad visi dalyviai vienu metu naudotųsi ta pačia bendra įrašų sistema. Taip sukuriamą paskirstytą duomenų bazę. Be to, blokų grandinių duomenų bazėse gali būti saugoma tiek informacija, kuri yra aktuali dabar, tiek visa informacija, kuri buvo aktuali anksčiau (Bonneau et al., 2015).

Taigi, blokų grandinė, per kurią naudojamosi bitkoinais, veikia kaip kriptografiškai pasirašyta sandorių registravimo knyga. Tai technologija, atliekanti tarpininko ir sandorių tvirtintojo vaidmenį. Naudojantis blokų grandinės technologijomis galima sekti ir tikrinti mokėjimus, nesant jokios centralizuotos institucijos. Šifruotus įrašus tvarko kompiuteriai, kurie atlieka skaičiavimus ir generuoja bitkoinus. Tas pats kriptografinis metodas gali būti naudojamas visų rūšių operacijoms patikrinti (Hossain, 2017).

Blokų grandinių technologijos yra susijusios su skaitmeninių verslo procesų valdymu. Paskirstytų ir decentralizuotų blokų technologijų atsiradimas leidžia sudaryti išmaniąsias sutartis, vykdyti skaitmeninius sandorius ir naudotis daiktų internetu. Šios technologijos taip pat leidžia plėtoti ir sustiprinti suinteresuotųjų asmenų pasitikėjimą, saugumą ir privatumą (Hossain, 2017). Pasak Ku (2019), jos padeda kurti ekosistemas platformų valdytojams ir dalyviams, kad jie galėtų užmegzti konkurencingus bendradarbiavimo ryšius. Atsižvelgiant į partnerių ir dalyvių skaičių, integracija tarp daiktų interneto ir blokų grandinių gali būti vidinė, išorinė, arba ir vidinė, ir išorinė. Elektroniniu būdu dalyvaujant daugybei suinteresuotųjų asmenų, galima saugiai bendrauti, bendradarbiauti ir sudaryti sandorius be žmogaus įsikišimo. Todėl sistema yra labai dinamiška, suteikianti verslui lankstumo ir efektyvumo. Ankstesnių tyrimų rezultatai, atspindintys blokų grandinių įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, apžvelgiami 10 lentelėje.

10 lentelė. Kai kurių tyrimų rezultatų, atspindinčių blokų grandinių įtaką skaitmeninėms verslo transformacijoms, apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Bhatti et al., 2021	Internetinė apklausa, patvirtinamoji veiksnių analizė, struktūrinių lygčių modeliavimas	Nepateikta įrodymų, kad blokų grandinių diegimas į įmonių rutininius procesus būtų reikšminga priemonė siekiant verslo strateginių tikslų
Akyuz ir Gursoy, 2019	Sisteminė ir lyginamoji literatūros apžvalga	Blokų grandinės padeda kurti tikslų ir pasitikėjimą skatinančią sandorių infrastruktūrą, kurioje užtikrinamas atsekamumas, kuriamas bendradarbiavimas
Ku, 2019	Sisteminė ir lyginamoji literatūros analizė, atvejų analizė	Blokų grandinės traktuojamos kaip įmonės turtas ekosistemoje, padedantis plėsti produktų ir paslaugų turinį bei gauti gamybos efektyvumo, sąnaudų ir kainų mažinimo naudos pasinaudojant išoriniu tinklo poveikiu
Korpela et al., 2017	Sisteminė ir lyginamoji literatūros analizė, verslo tinklų ir verslas verslui atvejų analizė, 30 verslo įmonių atstovų apklausa	Blokų grandinėmis paremtos tiekimo sistemos yra funkcionalios, leidžia taupyti lėšas, mažinti laiko sąnaudas, lanksčiau reaguoti į pokyčius, koduoti duomenis išmaniesiems sandoriams. Tačiau svarbu formuoti blokų grandines pagal tą patį architektūrinį modelį visoms suinteresuotosioms šalims
Hossain, 2017	Literatūros apžvalga, kritinė analizė, atvejų analizė	Blokų grandinės padeda užtikrinti sandorių spartumą ir privatumą be trečiųjų šalių, tačiau kelia diegimo, kibernetinio saugumo ir standartų laikymosi iššūkių
Glaser et al., 2018	Literatūros analizė, kritinė analizė, atvejų analizė	Blokų grandinės kaip platforma yra dominuojantis strateginis šiuolaikinio verslo plėtros požiūris, padedantis atverti daug naujų nišų per paslaugas teikiančias trečiąsias šalis
Dobrovnik et al., 2018	Inovacijų modelis, transformacijų etapų modelis	Blokų grandinių taikymas suteikia santykinio pranašumo, pagrįsto nekintamumu, skaidrumu ir decentralizavimu
Merkaš et al., 2020	Atvejų analizė	Pagrindiniai blokų grandinių teikiami privatumai yra procesų optimizavimas, tiekimo grandinės atsekamumas ir skaidrumas bei reikšminga finansų ekonomija

Šaltinis: sudaryta autorių.

Akyuz ir Gursoy (2019) savo tyrime analizavo blokų grandinių įtaką tiekimo grandinių transformacijoms. Autoriai nagrinėjo 4 blokų grandinių ir tiekimo grandinių tarpusavio sąveikos dimensijas: pagrindines sąveikos charakteristikas, skaidrumą / atsekamumą, automatinę išmaniųjų sandorių kontrolę bei pasitikėjimo kūrimą ir bendradarbiavimą. Tyrimo rezultatai parodė, kad blokų grandinės padeda kurti tikslią ir pasitikėjimą skatinančią sandorių infrastruktūrą, kurioje užtikrinamas atsekamumas. Teigiama, kad pasižyminčios skaidrumu ekosistemoje, kurioje veikia daugybė partnerių, blokų grandinės spartina ir stiprina bendradarbiaujamosios informacinių technologijų tinklo paradigmos realizavimą.

Korpela et al. (2017) teigia, kad skaitmeninė tiekimo grandinės integracija yra itin dinamiškas procesas. Kuriant skaitmeninę tiekimo grandinę, svarbu suprasti vartotojo poreikius (paklausos aspektas) bei pristatyti produktus ir paslaugas taip, kad pristatymo eigą būtų galima stebėti visoje tiekimo grandinėje (tiekimo aspektas). Tradicinės tiekimo grandinės, kurios buvo kuriamos naudojantis specializuotų tarpininkų, integruojančių tiekimo duomenis ir procesus, paslaugomis, pasižymėjo aukštais integravimo kaštais ir lėta difuzija. Naujos blokų grandinių technologijomis paremtos tiekimo grandinės gali padėti kurti kaštus mažinančius ir vertę didinančius verslo modelius glaudesnei sąveikai su vartotoju. Tai atliekama operatyviai keičiantis informacija (finansinė, gamybos, dizaino, tyrimų, konkurencijos ir kt.) bei skatinant komunikaciją tarp dalyvių visoje tiekimo grandinėje. Tarporganizacinis koordinavimas vykdomas pasitelkiant skaitmeninius ryšius tarp informacinių sistemų, vykdant automatinius procesus nuo pat užsakymo šaltinio iki apmokėjimo. Papildomas privalumas – jeigu sandoris pakeičiamas, blokų grandinėje sukuriamas naujas blokas ir perkeliamas į ankstesnių blokų grandinę. Tai suteikia tiekimui lankstumo. Atliktos verslo atstovų (30 verslo įmonių) apklausos pagrindu pabrėžiama skaitmeninių tiekimo grandinių funkcionalumo nauda (tai pažymėjo 88 proc. respondentų). Kiti privalumai – laiko taupymas, duomenų kodavimas išmaniesiems sandoriams. Tačiau pastebima, kad svarbu formuoti blokų grandines pagal tą patį architektūrinį modelį visoms suinteresuotosioms šalims.

Ku (2019) analizavo blokų grandines kaip įmonės įgyjamą turtą – bazinį turtą, pagrindinį turtą ekosistemoje, turtą, galintį generuoti išvestinį turinį ir paslaugas, ir turtą, kuris yra vertės grandinės centras. Nustatyta, kad blokų grandinės gali padėti kurti įvairius turinio (produktų, paslaugų) papildymus, kurie yra svarbūs norint lyderiauti rinkoje. Pasinaudojant išoriniu tinklo poveikiu, blokų grandinės atneša gamybos efektyvumo naudos, padeda mažinti sąnaudas ir kainas.

Glaser et al. (2018) analizavo blokų grandines kaip platformą. Autoriai teigia, kad platforminis požiūris tapo stambių korporacijų (pvz.: „Apple“, „Amazon“, „Alpha-

bet“) dominuojančia strategija veiklos plėtrai. Platformos taip pat pasitarnauja kaip skaitmeninis mainų tarpininkas keičiantis produktais, paslaugomis ir informacija. Jeigu ankstyvuosiuose skaitmenizavimo etapuose dominavo dvipusės rinkos, kuriose dvi vartotojų grupės keitėsi prekėmis, ir kiekvienas interneto vartotojas galėjo atlikti pirkėjo arba pardavėjo vaidmenį (pvz., „eBay“ platformoje), pastaruoju metu tapo įprastu sprendimu atverti platformas trečiosioms paslaugas teikiančios šalims, kurios galėtų pasinaudoti pagrindinėmis platformos funkcijomis kuriant papildomus komponentus („leidimo nereikalaujančios inovacijos“ (angl. *permissionless innovation*). Blokų grandinės šiame kontekste yra traktuojamos kaip skaitmeninės platformos, kurias galima programuoti ir pritaikyti išoriniams naudotojams. Tokiu būdu atveriami daug naujų verslo nišų.

Dobrovnik et al. (2018) ir Merkaš et al. (2020) nagrinėjo blokų grandinių taikymą logistikos sistemose. Dobrovnik et al. (2018) įžvelgia tokius šių technologijų privalumus, kaip paskirstytoji duomenų bazė (kiekviena suinteresuotoji pusė turi prieigą prie visos duomenų bazės), komunikacija tarp šalių, skaidrumas (kiekvienas sandoris ir su juo susijusi vertė matomi kiekvienam sistemos naudotojui), nėra galimybės pakeisti įrašų (kiekvienas įrašas susijęs su tam tikru sandoriu), skaičiavimo logika (sandorius galima užprogramuoti). Manoma, kad blokų grandinių technologijų taikymas logistikoje suteikia santykinio pranašumo, pagrįsto nekeitamumu, skaidrumu ir decentralizavimu, kaip technologijoms būdingais bruožais. Merkaš et al. (2020) patvirtina, kad blokų grandinių technologijų deriniai su daiktų interneto sistemomis padeda pasiekti verslo tikslų logistikos ir transportavimo versle. Savo tyrime autoriai nustatė tokius svarbiausius blokų grandinių teikiamus privalumus, kaip procesų optimizavimas, tiekimo grandinės atsekamumas ir skaidrumas bei reikšminga finansų ekonomija. Trūkumai įžvelgiami dėl gana ankstyvo kūrimo etapo, kuriame šiuo metu yra daugelio verslo įmonių blokų grandinės.

Nors didžiausiais blokų grandinių technologijų suteikiamais privalumais diegiant skaitmenines verslo transformacijas laikomi dinamiškumas, saugumas, skaidrumas ir našumas, Hossain (2017) pastebi, kad šių technologijų diegimas yra palyginus lėtas, nes verslo valdytojams trūksta atitinkamų žinių (pavyzdžiui, jiems dažnai iškyla klausimų, ar naudotis atviru, ar privačiu tinklu, kokių kibernetinio saugumo priemonių imtis, kaip užtikrinti efektyvią blokų grandinės savireguliaciją ir kt.). Teigiama, kad blokų grandinės brandai reikia 5 ir daugiau metų. Be to, kiekviena blokų grandinė yra skirtinga, nėra nustatytų bendrųjų standartų. Taigi, blokų grandinių technologijų diegimas reikalauja giluminės analizės, atkreipiant dėmesį į šiuos svarbiausius aspektus: kokios įtakos tai turės vartotojams ir partneriams ekosistemoje, ar tai padės užtikrinti privatumą ir integralumą, kokiais atvejais

naudotis blokų grandinėmis ir kokią platformą pasirinkti, kaip užtikrinti norminių reikalavimų laikymąsi.

Esama ir tyrimų, kuriais blokų grandinės svarba įmonių strateginiams rezultatams nėra patvirtinta. Pavyzdžiui, Bhatti et al. (2021) nagrinėjo blokų grandinės įtaką verslo strateginiams veiklos rezultatams. Autoriai nustatė, kad nors egzistuoja tarpusavio ryšys tarp duomenų kokybės ir strateginių verslo rezultatų, blokų grandinių įdiegimas į įmonių rutininius procesus nėra reikšminga tarpinė priemonė siekiant strateginių tikslų.

Apibendriname: blokų grandinė yra skaitmeninio sandorių registro duomenų struktūra sudėtinėje sistemoje, kuri leidžia dalytis duomenimis per nepriklausomų dalyvių tinklą. Ji leidžia vykdyti naujosios kartos sandorius ir operacijas, kurios dera su verslo procesais, užtikrinant pasitikėjimą, atskaitomybę ir skaidrumą. Atliekant skaitmenines verslo transformacijas, blokų grandinių technologijos yra susijusios su skaitmeninių verslo procesų valdymu. Blokų grandinės traktuojamos kaip įmonės turtas ekosistemoje, padedantis plėsti produktų ir paslaugų turinį bei gauti gamybos efektyvumo, sąnaudų ir kainų mažinimo naudos pasinaudojant išoriniu tinklo poveikiu. Blokų grandinėmis paremtos tiekimo sistemos yra funkcionalios, leidžia taupyti lėšas, mažinti laiko sąnaudas, lanksčiau reaguoti į pokyčius, koduoti duomenis išmaniesiems sandoriams. Jos padeda kurti tikslų ir pasitikėjimą skatinančių sandorių infrastruktūrą, kurioje užtikrinamas atsekamumas, kuriamas bendradarbiavimas. tačiau diegiant blokų grandinių technologijas, dažnai kyla kibernetinio saugumo ir standartų laikymosi iššūkių. Taip pat svarbu formuoti blokų grandines pagal tą patį architektūrinį modelį visoms suinteresuotosioms šalims.

2.2. Žiedinės ekonomikos paradigma formuojant verslo modelius

Nors gamtinių išteklių kiekis globaliu mastu mažėja, vartotojiškoje visuomenėje vis dar remiamasi linijiniu ekonominiu gamybos ir vartojimo modeliu, kuriam būdingas primityvus metodas „pasiimk-pagamink-išmesk“. Dėl aktyvaus šio metodo taikymo praktikoje eikvojami riboti gamtos ištekliai ir bloginama aplinkos būklė. Žiedinės ekonomikos koncepcija atsirado kaip tvari ir įgyvendinama alternatyva linijiniam modeliui.

2.2.1. Žiedinės ekonomikos samprata

Taikant žiedinės ekonomikos principus, siekiama atsinaujinti vis mažiau pasikliaujant iškastinėmis žaliavomis. Šios alternatyvos taikymas, atrodo, gali atnešti geresnių rezultatų tiek aplinkai, tiek ekonomikai, tiek visuomenei, nei senasis linijinis metodas. Žiedinius gamybos ir vartojimo modelius galima taikyti bet kuriame ekonomikos lygmenyje (mikro-, mezo- ir makro- lygmenyse) ir beveik bet kurioje srityje (Mazzoni, 2020).

Žiedinė ekonomika yra plati ir nevienalytė sąvoka, kuri gali būti taikoma daugelyje skirtingų sričių ir apima daugybę veiklų, todėl literatūroje aptinkama įvairių žiedinės ekonomikos apibrėžimų. Boiten et al. (2017) žiedinės ekonomikos pagrindu laiko ryšį tarp materialių sąnaudų ir produkcijos gamybos sistemose, kai pakartotinai panaudojama kaip įmanoma daugiau žaliavų. Livesey ir Thompson (2013) šiame kontekste įžvelgia reikšmingą pramoninių klasterių vaidmenį mažinant energijos ir transporto sąnaudų poreikį. Europos Komisijos (2011) komunikate „Efektyvaus išteklių naudojimo Europos planas“ (angl. *Roadmap to a Resource Efficient Europe*) pateikta ES ekonomikos vizija, kurioje atsižvelgiama į globalių išteklių ribotumą. Komunikate teigiama, kad visi ištekliai – žaliavos, energija, vanduo, oras, žemė ir dirvožemis – turi būti naudojami tvariai, kad privalu laikytis numatytų klimato kaitos valdymo tikslų, o biologinė įvairovė ir ekosistemos turėtų būti saugomos, vertinamos ir iš esmės atkurtos iki 2050 m. Minėti tikslai taip pat įtvirtinti Europos Komisijos (2015a) Žiedinės ekonomikos strategijoje (angl. *Circular Economy Strategy*), kuria siekiama ES lygmeniu sukurti bendrą ir nuoseklią žiedinės ekonomikos skatinimo sistemą. Siūlomi praktiniai veiksmai: atliekų ir jų perdirbimo tikslų nustatymas, su atliekų valdymu susijusių teisės aktų tobulinimas, problemų, susijusių su išteklių praradimu ir neigiamu ekonomikos poveikiu aplinkai, sprendimas. Numatoma iki 2025 m. uždrausti perdirbamo plastiko sąvartynus, toliau skatinti antrinių žaliavų rinkų plėtrą ir nustatyti efektyvaus išteklių naudojimo tikslus, kurie leistų padidinti produktyvumą („Euratex“, 2014).

Korhonen et al. (2018) žiedinę ekonomiką analizuoja per jos 3 svarbiausias dimensijas: ekonominę, aplinkos ir socialinę. Šioms dimensijoms sąveikaujant tarpusavyje, žiedinė ekonomika padeda kurti didesnę vertę, aukštesnės kokybės gamybos ciklus bei išryškina dalijimosi ekonomikos potencialą – tvari gamyba, tvaraus vartojimo kultūra. Pasak Boiten et al. (2017), žiedinės ekonomikos modeliai išryškina žaliavų ir medžiagų pakartotinio naudojimo galimybes, kad jos būtų produktyviai naudojamos kuo ilgiau ir būtų maksimaliai sutaupoma per visą jų gyvavimo ciklą. Tam būtinas bendradarbiavimas ir komunikavimas tarp visų suinteresuotųjų

šalių kiekviename medžiagų srautų ir gamybos etape. Įvairių suinteresuotųjų šalių įžvelgiamos perspektyvos ir indėlis leidžia suprasti, kaip galima įgyvendinti proceso ir kultūros pokyčius.

Geissdoerffer et al. (2017) akcentuoja žiedinės ekonomikos kaip atkuriamosios sistemos vaidmenį. Pasak autorių, žiedinės ekonomikos sistemoje išteklių naudojimas ir švaistymas, teršalų emisija ir energijos nutekėjimas yra mažinami ir lėtinami uždarančios ir siaurinančios vadinamąsias medžiagų ir energijos kilpas. Minėtų tikslų galima pasiekti vykdant ilgalaikį projektavimą, techninę priežiūrą, remontą, pakartotinai naudojant ir perdirbant medžiagas, atnaujinant gamybos įrenginius, procesus. Razminienė ir Tvaronavičienė (2018) pastebi, kad žiedinės ekonomikos filosofiją įkūnija į vertę nukreipta inovatyvi veikla, kurios pagrindiniai veiksniai yra dalijimosi ekonomika (angl. *sharing economy*), produktų ir paslaugų sistemos, dematerializacija, naujoviška gamyba ir kt.

Pasak Liu (2014), žiedinė ekonomika reprezentuoja tradicinio ekonomikos modelio pokytį ryžtingai siekiant tvaraus ekonominio vystymosi, technologinių naujovių, pramonės grupių, ekologinių pramonės parkų steigimosi. Žiedinė ekonomika grindžiama efektyviu išteklių naudojimu ir perdirbimu (tai yra pagrindinis principas), taip pat mažu vartojimu, mažu išmetamų teršalų kiekiu ir efektyviu vadinamojo „3R“ principo (mažinimas, pakartotinis naudojimas ir ištekliai) (angl. *reduce, reuse, resources (3R)*) įgyvendinimu pagal darnios plėtros koncepciją. Tradicinio ekonomikos modelio transformacija siejama su fundamentaliais bazinių veiksmų – masinės gamybos, masinio vartojimo ir daug išmetamų atliekų – tradiciniame ekonomikos augimo modelyje pokyčiais. Skirtingai nei tradicinis ekonomikos modelis, kuris skatino gamtos išteklių naudojimo maksimizavimą socialinės gerovės kūrimui ir pelno didinimui, žiedinės ekonomikos modelis skatina kurti gerovę naudojant mažiau išteklių ir generuojant mažiau atliekų, kadangi tai turi neigiamos įtakos aplinkai. Pasak Boiten et al. (2017), žiedinė ekonomika skatina koordinuotai pertvarkyti gamybos ir vartojimo modelius, užtikrinant, kad pakopinis medžiagų ir produktų išteklių naudojimas truktų kuo ilgiau. Nukrypstant nuo „įmk, gamink, naudok ir išmesk“ paradigmos, žiedinės ekonomikos tikslas yra iš išteklių ir produktų išgauti maksimalios vertės ir maksimalaus naudingumo laikantis tokių principų, kaip beatliekis dizainas, gaminio eksploatavimo trukmės pratęsimas, išteklių atkūrimas, remonto ir perdarymo paslaugų plėtra.

Taip pat pastebėtina, kad skiriasi žiedinės ekonomikos analizės aspektai makro-, mezo- ir mikrolygmenyse. Makroekonominiam lygmenyje žiedinė ekonomika dažniausiai analizuojama globaliu ar nacionaliniu požiūriu. Pagrindinis dėmesys šiuo atveju skiriamas įstatyminės bazės kūrimui, aplinkos politikos įtakai, beatlie-

kės gamybos ir beatliekio vartojimo režimo diegimui, atliekų rūšiavimo skatinimui, atliekas perdirbančios visuomenės formavimui (De Jesus et al., 2017).

Mezoekonominiam lygmenyje žiedinė ekonomika daugiausia analizuojama koncentruojantis į ekonominių veikėjų tarpusavio sąveiką, įmonių tinklus, klasterius. Formuojant minėtus tinklus, įmonės, kurios tradiciškai dirba atskirose pramonės šakose, nusprendžia įsitraukti sudėtingus išteklių (vandens, energijos, medžiagų ir šalutinių produktų) mainus siekdamos ekonominės ir aplinkosauginės naudos. Čia taip pat tiriama pramonės (industrinė) simbiozė, ekologiniai parkai ir ekologiškos tiekimo grandinės valdymas (Ghisellini et al., 2016).

Žiedinės ekonomikos analizė mikrolygmenyje paprastai apima atskirų verslo įmonių analizę. Įmonės formuoja įvairias strategijas ir procesus siekdamos pagerinti savo gamybos apyvartumą, ekologinį dizainą, diegti švaresnės gamybos strategijas, efektyvaus išteklių naudojimo iniciatyvas, atnaujinti ženklinimo sistemas (Ghisellini et al., 2016).

Koncentruojantis į gamybinės veiklos vykdymo pobūdį, žiedinė ekonomika atspindi tokį bendradarbiavimą tarp tiekėjų ir pirkėjų, kuris leidžia sumažinti žaliavų naudojimą ir atliekų susidarymą (Witjes ir Lozano, 2016). Wen ir Meng (2015) teigia, kad žiedinės ekonomikos vertinimui reikia pasitelkti kiekybinio vertinimo metodą, kai pramonės simbiozė vertinama pagal išteklių produktyvumo rodiklius. Skirtingai nuo linijinio modelio, žiedinė ekonomika skatina sąmoningai kurti gaminius taip, kad juos būtų lengva pakartotinai naudoti, perdirbti, išardyti ir atnaujinti, suprantant, kad tokiu būdu išvengiama pakartotinio neatsinaujinančių išteklių naudojimo. Šiuo požiūriu gamybos pagrindas yra pakartotinis didelio kiekio medžiagų, regeneruotų iš nebenaudojamų produktų, naudojimas, o ne išteklių gavyba, o ekonominė sistema yra paremta neribotais ištekliais, pavyzdžiui, darbo jėga, o ne ribotais gamtiniais ištekliais, kurie atlieka tik pagalbinių vaidmenį (Mazzoni, 2020).

Apibendriname: mokslinėje literatūroje žiedinė ekonomika analizuojama per 3 pagrindines dimensijas: ekonominę, aplinkos ir socialinę. Šioms dimensijoms sąveikaujant tarpusavyje, žiedinė ekonomika padeda kurti didesnę vertę, aukštesnės kokybės gamybos ciklus bei išryškina dalijimosi ekonomikos potencialą – tvari gamyba, tvaraus vartojimo kultūra. Ekonominė prasme žiedinė ekonomika grindžiama tradicinio linijinio ekonomikos plėtros modelio, paremto masine gamyba, masiniu vartojimu ir daug išmetamų atliekų, kardinaliomis transformacijomis. Aplinkos prasme žiedinė ekonomika skatina tvarų visų išteklių – žaliavų, energijos, vandens, oro, žemės ir dirvožemio – naudojimą laikantis numatytų klimato kaitos valdymo tikslų, saugant, vertinant ir atkuriant biologinę įvairovę ir ekosistemas. Socialine prasme žiedinė ekonomika skatina socialinės gerovės kūrimą naudojant mažiau išteklių ir

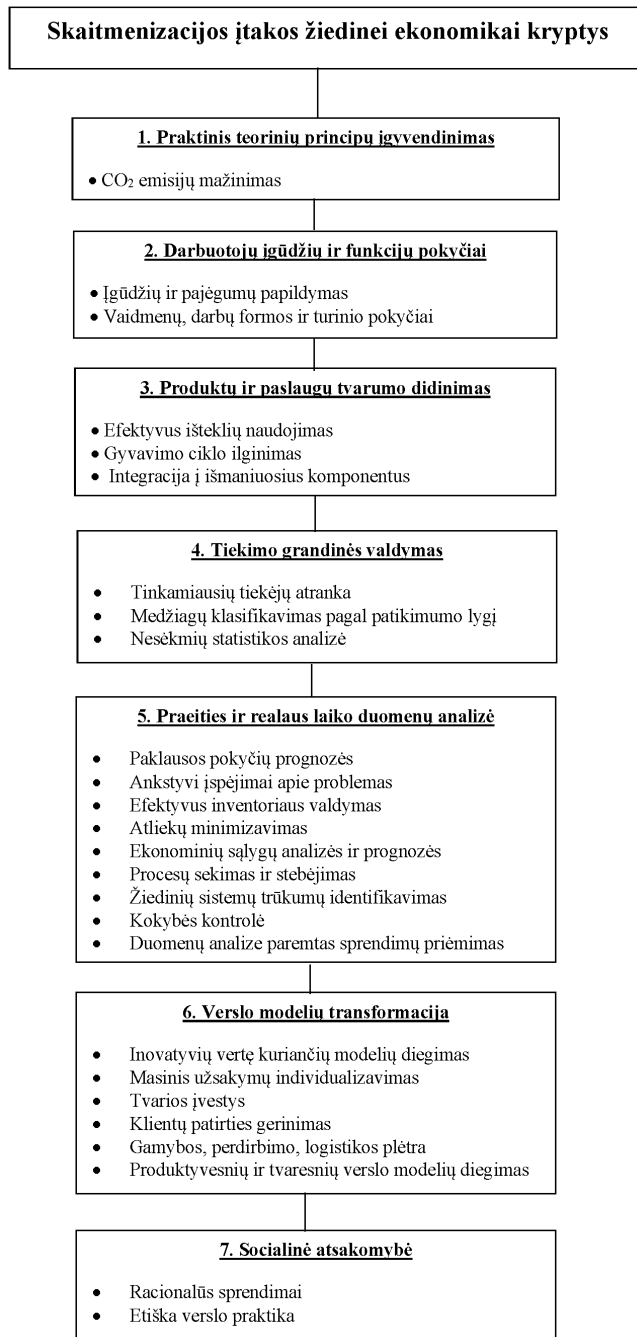
generuojant mažiau atliekų, tačiau išgaunant iš išteklių ir produktų maksimalią vertę ir maksimalų naudingumą gerokai prailginus jų gyvavimo ciklą.

2.2.2. Žiedinės ekonomikos ir verslo skaitmenizavimo sąsajos

Verslo modelių transformacija žiedinės ekonomikos link tapo svarbiu strateginiu prioritetu verslo įmonėms visame pasaulyje. Mokslininkai teigia, kad poslinkis link žiedinės ekonomikos turi vykti lygiagrečiai skaitmeninei transformacijai (Antikainen et al., 2018; Ingermasdotter et al., 2019; Chauhan et al., 2019; Ajwani-Ramchandani et al., 2021; Agrawal et al., 2022, ir kt.). Tai reiškia, kad žiedinė ekonomika turėtų būti kuriama išnaudojant didžiųjų duomenų, dirbtinio intelekto, blokų grandinių, daiktų interneto ir debesų kompiuterijos potencialą. Tyrėjai laikosi nuomonės, kad skaitmenizacija gali padėti sisteminiam poslinkiui prie žiedinės ekonomikos, o žiedinė ekonomika, savo ruožtu, gali kapitalizuotis ir padidinti savo potencialą per skaitmenizaciją (Kristoffersen et al., 2020; Bag et al., 2021, ir kt.). Manoma, kad skaitmeninės technologijos kartu su verslo modelių naujovėmis gali padėti išspręsti daugybę problemų pasaulyje ir versle, įskaitant tas, kurios susijusios su poslinkiu nuo linijinės link žiedinės ekonomikos.

Tyrimų rezultatai rodo, kad žiedinė ekonomika yra glaudžiai susijusi su skaitmenizavimu, kadangi šis gali palengvinti prognozuojamąją analizę, procesų sekimą ir stebėjimą per visą organizacijos gyvavimo ciklą. Mokslininkai pateikia empirinių įrodymų, atspindinčių teigiamą skaitmenizacijos įtaką žiedinės ekonomikos vystymuisi (žr. 7 pav.).

Pirmiausia, skaitmeninės technologijos gali transformuoti teorinius žiedinės ekonomikos principus į praktinę veiklą (Antikainen et al., 2018; Kintscher et al., 2020). Čia akcentuojama galimybė sumažinti anglies dioksido emisijas (Kokkinos et al., 2020). Remiantis Pasaulio ekonomikos forumo (2022) pateikiamais duomenimis, skaitmeninės technologijos gali sumažinti anglies dioksido emisijas net 20 proc. trijuose pagrindiniuose ekonomikos sektoriuose – energetikos, medžiagų ir mobilumo (transporto) – iki 2050 m. Spartinant skaitmeninių technologijų naudojimą minėtuose sektoriuose, anglies dioksido emisijos gali sumažėti 4–10 proc. iki 2030 m. (Pasaulio ekonomikos forumas, 2022).



7 pav. Skaitmenizacijos įtakos žiedinei ekonomikai kryptys
Šaltinis: sudaryta autorių.

Žiedinės ekonomikos kontekste pažangių technologijų naudojimas turi išmatuojamos naudos. Pavyzdžiui, technologijos gali papildyti darbuotojų įgūdžius ir pajėgumus, suteikti šviežio požiūrio į tradicinius darbuotojų vaidmenis, pakeisti darbų formą ir turinį, pasitarnauti priimant į žiedinę ekonomiką orientuotus sprendimus įmonės veikloje (Guyot Phung, 2019; Mboli et al., 2020).

Diegiant žiedinės ekonomikos principus pagal duomenų analizės rezultatus, galima padidinti produktų ir paslaugų tvarumą ekonominiu ir aplinkos atžvilgiais, kadangi produktų / paslaugų kūrimui, gamybai ir teikimui bus efektyviai naudojami turimi ištekliai (Garcia-Muiña et al., 2019). Naudojant skaitmenines technologijas, produktus / paslaugas galima stebėti ir koordinuoti per visą jų gyvavimo ciklą (Cetin et al., 2021), pailginti produktų / paslaugų gyvavimo ciklą, integruoti į išmaniuosius komponentus (Ingemarsdotter et al., 2019). Tokie produktai / paslaugos, jų struktūriniai komponentai ir su jų gamyba / teikimu susiję procesai gali būti formuojami / organizuojami pagal žiedinės ekonomikos principus lygiagrečiai taikant, pavyzdžiui, prognozuojamąsias ir normines mašininio mokymosi išvalgas (Bressanelli et al., 2018).

Plačiai pripažįstama teigiama skaitmeninių technologijų įtaka tiekimo grandinės valdymui. Pavyzdžiui, Alavi et al. (2021) teigia, kad įmonės poreikiams pritaikyti dirbtinio intelekto sprendimai gali padėti atrinkti tinkamiausius tiekėjus pagal apyvartumo kriterijų. Alonso et al. (2021) sukūrė dirbtinio intelekto naudojimu pagrįstą sistemą, kuri geba mokytis iš mažų vaizdų rinkinių, kuriais remiantis gali suklasifikuoti medžiagas pagal jų patikimumo lygį (autorių teigimu, ši sistema geba klasifikuoti medžiagas pagal jų patikimumo lygį net 90 proc. tikslumu). Tokios sistemos gali būti naudojamos medžiagų segregavimui. Išteklių vartojimo mažinimui gali pasitarnauti dirbtinio intelekto sistema, analizuojanti nesėkmių statistiką (Markarova et al., 2018).

Praeities ir realaus laiko duomenys gali padėti prognozuoti paklausos pokyčius, gauti ankstyvus išpėjimus apie problemas ir efektyviai valdyti inventorių, taip minimizuojant atliekų susidarymą ir plečiant tvarias verslo operacijas. Skaitmeninės technologijos gali padėti valdyti atliekų susidarymą, pateikdamos informaciją apie geriausią esamą patirtį pakartotinio atliekų panaudojimo gamyboje ir atliekų perdavimo srityse. Pavyzdžiui, dirbtinis intelektas gali identifikuoti elektronines atliekas, kurios vėliau galėtų būti perdirbtos. Toks būdas galėtų pakeisti rankinį atliekų rūšiavimą, išaugtų atliekų perdirbimo lygis (Wilts et al., 2021). Per didžiųjų duomenų sistemas gali būti efektyviai analizuojami oro sąlygų, kintančių ekonominių sąlygų ir kiti duomenys, kuriais remiantis priimami specifiniai įmonės lygmens sprendimai. Dirbtinio intelekto sistemos gali padėti veiksmingai priimti valdymo

sprendimus net identifikuojat paslėptus modelius. Mašininio mokymosi algoritmai gali numatyti neapibrėžtą įvairių procesų veikimą, stebėti tuos procesus realiu laiku, aptikti žiedinių sistemų trūkumus. Kokybės valdymo požiūriu, iš gamybos gauti didieji duomenys gali atskleisti produkto savybes, kurios yra itin svarbios kokybei (Chauhan et al., 2022). Duomenų analize paremtas sprendimų priėmimas apima žinių paskirstymą, kaštų ir elgsenos pokyčius (Modgil et al., 2021). Visa tai yra įmanoma, kadangi skaitmeninių technologijų architektūra leidžia joms rinkti, tirti ir skleisti žinias, susijusias su žiedinių sistemų dinamika. Pasak Bianchini et al. (2019), žiedinės ekonomikos principų diegimas neturint patikimos ir tikslios informacijos apie išteklius, medžiagas ir procesus būtų iš tiesų sudėtingas.

Įvairių skaitmeninių technologijų, tokių kaip dirbtinis intelektas ir didieji duomenys, taikymas gali padėti performuoti tiesinius verslo modelius ir diegti inovatyvius vertę ir gerovę kuriančius modelius (Ucar et al., 2020). Minėtos technologijos leidžia masiškai individualizuoti užsakymus, pasirinkti tvarias investis, atitinkančias klientų poreikius. Šios technologijos taip pat padeda prailginti produkto / paslaugos eksploatavimo laiką, įdiegti gerai valdomus priežiūros reikalavimus, ir taip dar labiau pagerinti klientų patirtį ir sumažinti atliekas. Skaitmenizuotos įmonės gali išplėsti savo bendrąsias gamybos, perdirbimo, logistikos ir atliekų naudojimo galimybes, padidinti savo verslo matomumą visuose tiekimo grandinės etapuose, priimti duomenų analize pagrįstus sprendimus. Dėl technologijų integracijos įmonių lygmens verslo modeliai tampa produktyvesni ir tvaresni. Be to, produktų ir paslaugų sistema (PSS) pripažinta svarbia verslo modelio naujove siekiant skaitmeninimu pagrįsto poslinkio link žiedinės ekonomikos (Chauhan et al., 2022).

Galiausiai, diegiant skaitmenines technologijas, gaunama ne tik verslo efektyvumo, bet ir socialinės atsakomybės nauda. Padėdamos aktyviai priimti racionalius sprendimus, skaitmeninės technologijos puoselėja etišką verslo praktiką ne tik pagrindinėje įmonėje, bet ir su ja bendradarbiaujančiose organizacijose (Persis et al., 2021).

Taigi, remiantis mokslinės literatūros analize, skaitmeninės technologijos siejamos su inovatyviais verslo modeliais ir sistemomis, kurie gali atlikti žmogaus intelektui priskiriamas funkcijas (pvz., samprotavimas, mokymasis) ir teikti verslo įmonėms reikiamą pagalbą diegiant žiedinės ekonomikos principus. Tačiau tyrimuose įvardinamos ir kliūtys, trukdančios pereiti prie skaitmenizavimo skatinamo poslinkio link žiedinės ekonomikos. Pirmiausia, pastebima, kad skaitmeninių technologijų ir žiedinės ekonomikos principų integracija yra jautri iššūkiams, o pažanga visuose sektoriuose gali būti nevienoda. Kaip minėta, įmonių vadovai gali kapitalizuoti žiedinės ekonomikos principus tikslingai pasirinkę skaitmenines technologijas, tačiau šio žingsnio įgyvendinimui reikia pakeisti tradicinį įmonės verslo modelį, todėl tai

dažnai siejama su verslo modelio sutrikdymu. Sutrikus tradiciniam verslo modeliui, iškyla psichologinių problemų, sunku prognozuoti tolesnius verslo pokyčius (Sinevičienė et al., 2021), dažnai nelieka struktūrinio duomenų valdymo (Ingemarsdotter et al., 2020). Transformacijos procese dažnai iškyla tokių problemų, kaip duomenų nepasiekiamumas ir integracija (Chauhan et al., 2022), o plėtoti produktus daiktų internete yra nepatogu (Ingemarsdotter et al., 2020). Dėl skaitmeninių technologijų diegimo išauga veiklos kaštai, todėl gali padidėti ir produktų / paslaugų kaina (Xiong, 2020). Naujų modelių veikimą gali pabloginti prasta turimų duomenų kokybė ir didelis duomenų kintamumo lygis bei duomenų formatų įvairovė (Rosecky et al., 2021). Zhang et al. (2019) akcentuoja tinkamo teisinio reguliavimo trūkumo, aplinkos apsaugos žinių, aplinkosaugos kultūros trūkumo problemas bei santykinai mažą rinkos spaudimą poslinkiui link žiedinės ekonomikos.

Apibendriname: poslinkis link žiedinės ekonomikos turi vykti lygiagrečiai skaitmeninei transformacijai, kadangi žiedinė ekonomika gali kapitalizuotis ir padidinti savo potencialą per skaitmenizavimą. Skaitmenizavimas pasitarnauja teorinių žiedinės ekonomikos principų praktiniam įgyvendinimui (ypač kalbant apie anglies dioksido emisijų mažinimą), plečia darbo jėgos įgūdžius ir pajėgumus, didina produktų ir paslaugų tvarumą, padeda efektyviai valdyti tiekimo grandinę. Skaitmeninės technologijos pateikia praeities ir realaus laiko duomenų analizės rezultatus ir prognozes, kurie padeda priimti racionalius valdymo sprendimus, leidžia formuoti inovatyvius, produktyvesnius, vertę kuriančius verslo modelius ir pasitarnauja verslo socialinei atsakomybei vykdant etišką verslo praktiką. Pagrindiniai iššūkiai, su kuriais susiduriama diegiant žiedinės ekonomikos principus pasitelkus skaitmenines technologijas, yra tradicinių verslo modelių sutrikdymas, dėl kurio sunku prognozuoti tolesnius verslo pokyčius, dažnai nelieka struktūrinio duomenų valdymo, transformacijos procese susiduriama su duomenų nepasiekiamumo ir sudėtingos integracijos problemomis. Dėl skaitmeninių technologijų diegimo išauga veiklos kaštai, todėl gali padidėti ir produktų / paslaugų kaina, o naujų modelių veikimą gali pabloginti prasta turimų duomenų kokybė ir didelis duomenų kintamumo lygis bei duomenų formatų įvairovė.

2.2.3. Žiedinės ekonomikos principų diegimas klasteriuose: mokslinių tyrimų apžvalga

Nors, pasak Botezat et al. (2018), žiedinės ekonomikos principų diegimas yra tikras iššūkis praktikams siekiant tvaraus ekonomikos augimo, išsivysčiusios ES šalys gana anksti pradėjo skatinti savo verslo įmones naudoti mažiau išteklių ir paisyti

aplinkosaugos reikalavimų. Dabar panašių žingsnių reikalaujama ir iš besivystančių rytų Europos šalių narių.

Liu ir Bai (2014) pastebi, kad nors verslo įmonių požiūris į žiedinę ekonomiką yra palankus ir jos norėtų joje dalyvauti, įgyvendinti žiedinės ekonomikos principus praktikoje yra daug sunkiau dėl struktūrinių, kontekstinių ir kultūrinių priežasčių. Todėl egzistuoja didžiulis atotrūkis tarp įmonių vadovų supratimo ir turimų žinių bei praktinės elgsenos. Boiten et al. (2017) kaip reikšmingas kliūtis nurodo pasenusį teisinį reguliavimą atliekų tvarkymo atžvilgiu bei komerciniu požiūriu gyvybingų perdirbimo technologijų nepasiekiamumą. Daugiausia dėmesio vis dar skiriama pakartotiniam atliekų panaudojimui, tačiau brangesnės perdirbimo technologijos yra ignoruojamos.

Norint efektyviai valdyti pereinamojo laikotarpio nuo linijinės prie žiedinės ekonomikos riziką, būtinos atitinkamos politinės paskatos (pvz., išplėstinė gamintojo atsakomybė) bei ekonominės ir aplinkosaugos strategijos. Siūloma diegti sertifikuotus standartus, skirti paramą tyrimų ir plėtros veiklai, skirti verslo įmonėms adekvatų finansavimą, reikiamus išteklius, užtikrinti kainų stabilumą ir skatinti bendradarbiaujamuosius mechanizmus (Boiten et al., 2017).

Vienas iš būdų pasinaudoti bendradarbiaujamųjų mechanizmų suteikiamais privalumais – dalyvavimas klasteriuose. Klasterių tinklų inovacijos ir partnerystė „verslas verslui“ (angl. *business-to-business (B2B)*) gali glaudžiau susieti gamybos įmones, mažmenininkus, atliekų surinkėjus, perdirbėjus ir galutinius vartotojus. Dalyvaudamos klasteriuose verslo įmonės įgyja daugiau paskatų laikytis žiedinės ekonomikos principų, o tai, savo ruožtu, suteikia daugiau naudos visai industrijai (Boiten et al., 2017). Liu (2014) teigimu, ryšys tarp klasterių ir žiedinės ekonomikos plėtros yra abipusis: klasteriai yra žiedinės ekonomikos plėtros varomoji jėga, o žiedinė ekonomika, savo ruožtu, yra vienas iš lengviausių kelių klasteriuose dalyvaujančioms įmonėms į tvarią plėtrą ir linijinės veiklos pertvarką.

Nepaisant aukščiau nurodytų kliūčių, lėtinančių ir sunkinančių žiedinės ekonomikos principų diegimą praktikoje, Europos žalieji klasteriai (kurių yra daugiau nei 250) yra labai aktyvūs diegiant žiedinės ekonomikos principus. Daug klasterių bendradarbiauja skirtinguose sektoriuose ir skirtingose vertės grandinėse, o daugiau kaip 1 000 klasterių yra registruota Europos klasterių bendradarbiavimo platformoje (angl. *the European Cluster Collaboration Platform*) ir bendradarbiauja su Europos Komisijos vidaus rinkos, pramonės, verslumo bei smulkiojo ir vidutinio verslo generaliniu direktoratu. Ši tvirta klasterių bendradarbiavimo infrastruktūra Europoje padeda tiek žaliesiems, tiek kitiems klasteriams dalytis žiniomis, kompetencija ir inovacijomis tarp skirtingų ekonomikos sektorių ir šakų (Nielsen ir Nielsen, 2019).

Atliktų mokslinių tyrimų rezultatai rodo, kad žiedinės ekonomikos ir tvarios plėtros principų adaptavimas klasteriuose turi ne tik reikšmingos teigiamos įtakos aplinkai, ekonomikai ir visuomenei, bet ir padeda didinti klasteriams priklausančių verslo įmonių lyginamąjį pranašumą (žr. 11 lentelę).

11 lentelė. Mokslinių tyrimų, atspindinčių ryšį tarp klasterių ir žiedinės ekonomikos principų diegimo, rezultatų apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Razminienė, 2019	Bibliometrinė literatūros analizė, analitinio hierarchinio proceso metodas (AHP)	Pagrindinis veiksnys, leidžiantis smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms veikti klasteriuose žiedinės ekonomikos sąlygomis, yra efektyvus išteklių naudojimas
Razminienė ir Tvaronavičienė, 2018	Bibliometrinė literatūros analizė, 4 veiksniais paremtas klasterių konkurencingumo žiedinėje ekonomikoje vertinimo modelis	Žiedinės ekonomikos principų taikymas klasteriuose gali padėti efektyviau naudoti išteklius dėl glaudaus bendradarbiavimo tarp įmonių, dalijimosi žiniomis, inovatyvių sprendimų ir įgyjamo konkurencinio pranašumo
Zhang et al., 2013	Objektyvios informacijos entropijos metodas, subjektyvusis, analitinio, hierarchinio proceso metodas	Klasteriai suteikia tvaraus lyginamojo pranašumo taupant išteklius, saugant aplinką, susikoncentruojant į pagrindinę veiklą ir atsikratant perteklinių plėtros modelių
Kostygova, 2018	Pagrindinių žiedinės ekonomikos principų taikymo teritoriniuose inovatyviuose klasteriuose metodas	Teritoriniai inovacijų klasteriai yra nauja ir efektyvi gamybos organizavimo forma, per kurią galima ženkliai padidinti išteklių perdirbimo laipsnį ir vykdyti gamybą beveik be atliekų
Baldassarre et al., 2019	Giluminė analizė, lyginamoji analizė, atvejų analizė	Klasteriai, sudaryti iš kelioms ekonomikos šakoms priklausančių įmonių, gali lengviau pereiti prie tvarios plėtros, kadangi tokia veikla padeda mažiau eikvoti išteklius ir efektyviau valdyti atliekas
Mazzoni, 2020	Sisteminė literatūros analizė, atvejo analizė	Klasterijoje dalyvaujančios įmonės gali žymiai sumažinti savo poveikį aplinkai ir įgyti lyginamojo pranašumo. Žiedinę ekonomiką pramoniniuose klasteriuose gali paspartinti sisteminis ekologinių inovacijų diegimas

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Joshi et al., 2020	AHP-TOPSIS metodas	Įdiegę žiedinės ekonomikos principus, agroturizmo sektoriuje veikiantys klasteriai darosi kompleksiškesni, bet lankstesni, didėja jų derybinė galia
Razminienė et al., 2021a	Mokslinės literatūros analizė, daugiakriteriai sprendimų priėmimo (MCDM) metodai (SAW, TOPSIS), regresinė analizė	Egzistuoja galimas ryšys tarp klasterių ir poslinkio į žiedinę ekonomiką
Oliveira et al., 2019	Sisteminė literatūros apžvalga, dokumentų analizė	Produktai klasteriuose, veikiančiuose pagal žiedinės ekonomikos principus, kuriami laikantis holistinio požiūrio į produktų vartojimo poveikį aplinkai
Nielsen ir Nielsen, 2019	Literatūros analizė, statistinių duomenų analizė, atvejų analizė, reprezentatyvioji apklausa	Pagrindiniai veiksniai, kurie klasteriuose pasitarnauja SVV poslinkiui link žiedinės ekonomikos, yra nauji žiediniai procesai, kompetencijos, žinios bei naujų produktų ir paslaugų plėtra

Šaltinis: sudaryta autorių.

Pritaikiusi analitinio hierarchinio proceso metodą, Razminienė (2019) suformavo klasterių lyginamojo pranašumo žiedinėje ekonomikoje schemą. Tyrimas atskleidė, kad pagrindinis veiksnys, leidžiantis smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms veikti klasteriuose žiedinės ekonomikos sąlygomis, yra efektyvus išteklių naudojimas. Būtent klasteriai gali sudaryti sąlygas smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms pereiti prie žiedinės ekonomikos ir kartu įgyti lyginamojo pranašumo. Panašūs rezultatai gauti ir Zhang et al. (2013) tyrime. Autoriai papildomai akcentuoja, kad šalia racionalaus išteklių naudojimo, veikdamos pagal žiedinės ekonomikos principus, smulkiosios ir vidutinės įmonės gali susikoncentruoti į savo pagrindinę veiklą (pagrindinę kompetenciją) ir padidinti savo konkurencinį pranašumą būtent pagrindinėje veiklos srityje, atsikratydamos perteklinių verslo plėtros modelių, kuriuose neracionaliai remiamasi įmonės šalutinėmis kompetencijomis.

Išanalizavusios, kaip žiedinė ekonomika gali padėti susieti verslą ir mokslą su inovatyviomis technologijomis ir produktais bei kaip padidinti išteklių naudojimo efektyvumą smulkiosiose ir vidutinio dydžio įmonėse per dalyvavimą klasteriuose, Razminienė ir Tvaronavičienė (2018) pasirinko klasterių konkurencingumo žiedinėje ekonomikoje vertinimo modelį, pagrįstą 4 indikatoriais: aplinkai draugiška

veikla (alternatyvių energijos šaltinių naudojimas, kietųjų ir skystųjų atliekų kiekis, perdirbtų ir pakartotinai panaudotų medžiagų procentinė dalis), ekonominė-finansinė veikla (darbo jėgos kaštai per valandą, vidutinis pelnas iš ekologiškų produktų, vidutinė grąža iš investicijų į ekologiškus produktus), veiklos našumas (perdirbimų medžiagų naudojimas gamyboje, perdirbtų medžiagų naudojimas gamyboje, bendradarbiavimas su vartotojais ekologiškos produkcijos srityje, gyvavimo ciklo vertinimas) ir organizacinė veikla (žaliosios iniciatyvos ir ekopaslaugos, įmonės interneto svetainės atnaujinimas papildant informacija apie aplinkos problemas, tikslūs ir spartūs informacijos mainai tarp prekiaujančių partnerių, aptarnavimas po pardavimo). Tyrimo rezultatai parodė, kad žiedinės ekonomikos principų taikymas klasteriuose gali padėti efektyviau naudoti išteklius dėl glaudaus bendradarbiavimo tarp įmonių, dalijimosi žiniomis, inovatyvių sprendimų ir įgyjamo konkurencinio pranašumo. Vis dėlto, autorės pripažįsta, kad tolesniais tyrimais būtų naudinga atskleisti, kiek glaudus bendradarbiavimas tarp įmonių turėtų būti bei kokių konkrečiai pranašumų įmonės galėtų gauti, formuojant žiedinę vertės grandinę (Razminienė ir Tvaronavičienė, 2018).

Baldassarre et al. (2019) teigia, kad žiedinė ekonomika ir industrinė ekologija yra dvi dimensijos, pagal kurias galima analizuoti industrinę simbiozę (pastaroji interpretuojama kaip kolektyvinis požiūris į lyginamąjį pranašumą, kai klasteriai sudaromi tarp kelioms ekonomikos šakoms priklausančių įmonių, kurios sukuria bendradarbiavimo tinklą ir jame keičiasi medžiagomis, energija, šalutiniais produktais ir kt.). Tyrimo rezultatai parodė, kad šio tipo klasteriai, veikiantys pagal žiedinės ekonomikos principus, gali lengviau pereiti prie tvarios plėtros, kadangi tokia veikla padeda mažiau eikvoti išteklius ir efektyviau valdyti atliekas. Taip pat nustatyta, kad žiedinės ekonomikos perspektyvos laikymasis padeda geriau paaiškinti, kaip klasteriai funkcionuoja verslo požiūriu veikimo fazėje, tuo tarpu industrinės ekologijos perspektyva labiau tinka norint paaiškinti, kaip klasteriai vystosi laikui bėgant ir kokią poveikį jie turi aplinkai, ekonomikai ir visuomenei.

Kostygova (2018) analizavo žiedinės ekonomikos principų taikymą teritoriniuose inovatyviuose klasteriuose. Autorės nuomone, gamtinių išteklių perdirbimas yra viena iš svarbiausių racionalaus išteklių naudojimo krypčių. Iš atlikto tyrimo daromos išvados, kad teritoriniai inovacijų klasteriai yra nauja, efektyvi teritorinio gamybos organizavimo forma, per kurią galima ženkliai padidinti išteklių perdirbimo laipsnį, galima gamyba beveik be atliekų. Oliveira et al. (2019) savo tyrime nagrinėjo žiedinės ekonomikos principų taikymą ne gamybos, o produkto plėtros procese ir nustatė, kad produktai pagal šį modelį kuriami remiantis mąstymu apie gyvenimo ciklą. Tai holistinis požiūris į produktų vartojimo poveikį aplinkai.

Mazzoni (2020) analizavo, kokios konkrečios ekologinių inovacijų rūšys galėtų paskatinti žiedinės ekonomikos įgyvendinimą pramoniniuose klasteriuose. Tyrimu analizuojamas Prato tekstilės pramonės klasterio atvejis. Nustatyta, kad įdiegus įvairias žiedinės ekonomikos ir simbiozės priemones, klasteryje dalyvaujančios įmonės galėjo žymiai sumažinti savo poveikį aplinkai ir tuo pat metu klestėti. Žiedinę ekonomiką pramoniniuose klasteriuose gali paspartinti sisteminis ekologinių inovacijų diegimas.

Joshi et al. (2020) nagrinėjo pagrindines žiedinės ekonomikos dimensijas agroturizmo sektoriuje veikiančiuose klasteriuose. Autoriai nustatė, kad priimant žiedinės ekonomikos sprendimus minėtuose klasteriuose, siekiamo tikslo patrauklumas yra pagrindinė dimensija, kurią pripažįsta verslo vadovai. Kitos svarbios dimensijos yra nauda bendruomenei ir tvari gyvensena. Taip pat daroma išvada, kad įdiegę žiedinės ekonomikos principus, agroturizmo sektoriuje veikiantys klasteriai darosi kompleksiškesni, bet lankstesni, didėja jų derybinė galia, todėl daromas poveikis ir kitoms įmonėms performuoti tiekimo grandines, diegti tvarią verslo praktiką, vykdyti tvarią veiklą.

Nielsen ir Nielsen (2019) savo studijoje teigia, kad Europos klasteriai pasižymi dideliu potencialu skatinti spartesnę ir efektyvesnę žiedinės ekonomikos plėtrą, nepriklausomai nuo to, ar šie klasteriai yra kategorizuojami kaip žalieji klasteriai, ar ne. Pagrindiniai veiksniai, kurie dalyvaujant klasteriuose pasitarnauja smulkiojo ir vidutinio verslo poslinkiui link žiedinės ekonomikos, yra nauji žiediniai procesai (kaip nurodė 94,7 proc. respondentų), kompetencijos (84,2 proc. respondentų), žinios (73,7 proc. respondentų) bei naujų produktų ir paslaugų plėtra (atitinkamai 52,6 ir 47,4 proc. respondentų). Taip pat teigiama, kad klasteriai padeda užtikrinti, kad užsibrėžti strateginės politikos tikslai bus paversti konkrečiais veiksmais ir nauda, kad bus išnaudotos naujos rinkos galimybės, jie palengvina prieigą prie išmanaus finansavimo ir dalyvavimą viešuosiuose pirkimuose.

Apibendriname: pagrindinės kliūtys diegiant žiedinės ekonomikos principus verslo įmonių praktikoje yra pasenęs teisinis reguliavimas atliekų tvarkymo atžvilgiu bei komerciniu požiūriu gyvybingų perdirbimo technologijų nepasiekiamumas. Norint efektyviai valdyti pereinamojo laikotarpio nuo linijinės prie žiedinės ekonomikos riziką, būtinos politinės paskatos (pvz., išplėstinė gamintojo atsakomybė), ekonominės ir aplinkosaugos strategijos, bendradarbiaujamųjų mechanizmų skatinimas. Veikdami kaip bendradarbiaujamieji mechanizmai, klasteriai gali padėti smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms efektyviau naudoti išteklius, diegti sisteminės inovacijas, vykdyti beveik beatliekius žiedinius procesus, kurti naujus produktus ir paslaugas, plėsti kompetenciją ir žinias, įgyti prieigą prieš išmanaus finansavimo bei per šiuos

veiksnius smarkiai padidinti savo konkurencinį pranašumą. Ryšys tarp klasteriams priklausančių įmonių ir žiedinės ekonomikos principų diegimo yra abipusis: žiedinė ekonomika didina klasterių konkurencinį pranašumą, o klasteriai spartina žiedinės ekonomikos plėtrą.

2.3. Europos žaliasis kursas – paskata transformuoti verslo modelius

D'Amato et al. (2017) pastebi, kad žiedinės ekonomikos ir žaliosios ekonomikos sąvokos yra dažnai painiojamos, nors iš tiesų jos apima kiek skirtingus aspektus. Žiedinė ekonomika yra daugiausia orientuota į tvarų išteklių naudojimą, atsakingą vartojimą, žaliavų pakartotinį naudojimą, produktų perdirbimą. Tuo tarpu žalioji ekonomika išryškina ekologinių procesų, biologinės įvairovės, aplinkos saugojimo vaidmenį. Abu ekonomikos tipai yra glaudžiai susiję vienas su kitu, kadangi tvariai naudojant išteklius pagal žiedinės ekonomikos principus, saugoma aplinka, atkuriamą biologinę įvairovę (Kadar ir Kadar, 2020).

Europos žaliasis kursas, patvirtintas 2020 m., yra Europos Komisijos politikos iniciatyvų rinkinys, kurio svarbiausias tikslas – padaryti Europos Sąjungą neutralia klimato kaitos atžvilgiu iki 2050 m. (Tamma et al., 2019; Simon, 2019). Neutralumo klimato kaitos atžvilgiu galima pasiekti dekarbonizuojant ES energetikos sistemą bei pasiekiant nulinį šiltnamio dujų emisijų lygį (pagal numatytą planą iki 2050 m.) (Simon, 2019). ES žaliojo kurso planu siekiama parodyti, kad šalys gali vystytis ekonomiškai ir nedidindamos išteklių naudojimo.

2.3.1. Žaliojo kurso samprata

Europos žaliojo kurso uždaviniai yra susiję su įvairių ekonomikos sektorių, įskaitant statybos, bioįvairovės, energetikos, transporto ir maisto sektorius, pertvarką. Pagrindinės Europos žaliojo kurso politikos sritys yra šios:

- švari energija,
- tvari pramonė,
- statybos ir renovacijos,
- maisto tiekimas iš ūkių gyventojams (angl. *Farm to Folk*),
- taršos eliminavimas,
- tvarus mobilumas,

- bioįvairovė,
- tvarūs finansai.

Švari energija. 2023 m. ES šalys narės ketina peržiūrėti klimato ir nacionalinės energetikos planus ir suderinti juos su ES klimato tikslais, numatytais pasiekti iki 2030 m. (Europos Komisija, 2019b). Pagrindiniai principai, kurių numatoma laikytis pereinant prie švarios energijos naudojimo, yra prioritetas energijos efektyvumo, energetikos sektoriaus, kuris būtų pagrįstas daugiausia atsinaujinančių išteklių naudojimu, plėtra, gyventojams įperkamos energijos tiekimo užtikrinimas ir visiškai integruotos, tarpusavyje susietos, skaitmenizuotos ES energijos rinkos kūrimas (Europos Komisija, 2019c). Energetikos pertvarkai pasitarnaus ir ES strategija energetikos sistemos integravimui (angl. *the EU Strategy for Energy System Integration*), kurioje numatytos priemonės poslinkiui link žiedinės ekonomikos sistemos ir švaraus kuro (įskaitant švarų vandenilį) naudojimo.

Tvari pramonė. Pagrindai tvarios pramonės kūrimui buvo padėti patvirtinus ES žiedinės ekonomikos pramonės politiką (angl. *the Circular Economy Industrial Policy*). 2020 m. kovo mėn. ES paskelbė pramonės strategiją (Europos Komisija, 2020e), kurios tikslas – suteikti piliečiams galių, atgaivinti regionus ir turėti geriausias technologijas. Pagrindiniai šios srities politikos aspektai yra modernios pramonės plėtra, klimatui neutralių ir žiedinės ekonomikos principams draugiškų rinkų tyrinėjimas ir kūrimas, pramonės dekarbonizavimas ir daug energijos vartojančių pramonės šakų, tokių, kaip plieno ir cemento gamyba, modernizavimas. Siekiant sumažinti medžiagų atliekų susidarymą, numatoma įgyvendinti tvarių produktų (angl. *Sustainable Products*) politiką, kai galutiniai produktai bus naudojami pakartotinai ar perdirbami.

Statybos ir renovacijos. Šia politikos sritimi siekiama reformuoti iki šiol buvusius netvarius statybos ir pastatų renovavimo metodus, sumažinti neatsinaujinančių išteklių naudojimą minėtuose procesuose. Šiame kontekste pagrindinis dėmesys skiriamas energiškai efektyvių statybos metodų taikymui (klimato poveikiui atsparių pastatų statybai, pastatų skaitmenizavimui, pastatų energinio naudingumo reikalavimų laikymuisi). Vykdam socialinio būsto renovacijas, bus siekiama sumažinti sąskaitas už energiją jautriausioms visuomenės grupėms (Europos Komisija, 2019a). Bus siekiama patrigubinti visų pastatų renovacijos tempą, kad būtų sumažinta šių procesų metu sukeliamas tarša (Simon, 2019). Tinkamai taikomos modernios skaitmeninės technologijos gali atlikti reikšmingą vaidmenį sprendžiant aplinkosaugos problemas. Išmanusis mobilumas mieste, tikslusis žemės ūkis, tvarios tiekimo grandinės, aplinkos stebėjimas ir katastrofų numatymas – tai tik keli skaitmeninių technologijų pritaikymo pavyzdžiai (Europos Investicijų bankas, 2022).

Maisto tiekimas iš ūkių gyventojams. Šia politika siekiama kurti tvaraus maisto tiekimo grandines bei remti maisto gamintojus – ūkininkus ir žvejus (Europos Komisija, 2019d). Maistas turi būti gaminamas laikantis klimatui draugiško požiūrio, tačiau išlaikant efektyvumą. Bus siekiama, kad nauji procesai nesumažintų maisto kokybės ir nepadidintų kainų. Konkrečios tikslinės sritys yra cheminių pesticidų ir trąšų naudojimo mažinimas, sveiko maisto prieinamumo gyventojams didinimas, pagalba vartotojams suprasti produktų įtakos sveikatai vertinimus ir tvarios pakuotės vertinimus (Spencer, 2020). Kiti tikslai: organinio žemės ūkio plėtra, produktų maistinės vertės praradimų mažinimas, tvaraus maisto produktų ženklinimo sistemos sukūrimas ir kt.

Taršos eliminavimas. Nulinės taršos veiksmų planu, kurį Europos Komisija patvirtino 2021 m. (Europos Komisija, 2021c), siekiama, kad iki 2050 m. neliktų oro, vandens ir dirvožemio taršos iš visų šaltinių (Schaible, 2020). Turi būti visiškai laikomasi aplinkos kokybės standartų, užtikrinant, kad visa pramoninė veikla būtų vykdoma aplinkoje, kurioje nėra toksiškų medžiagų. Numatoma peržiūrėti žemės ūkio ir miesto pramonės vandentvarkos sistemas, kad jos atitiktų taršos eliminavimo politikos principus. Siekiant šio tikslo, numatoma pakeisti aplinkai pavojingus kenksmingus išteklius, pvz., mikroplastiką ir chemines medžiagas. Manoma, kad maisto tiekimas iš ūkių gyventojams taip pat padės sumažinti taršos lygį, kadangi bus naudojama mažiau kenksmingų medžiagų maisto gamybos ir transportavimo procesuose, norint ilgiau išsaugoti maistą tinkamą vartojimui ir pan.

Tvarus mobilumas. Dar viena Europos žaliojo kurso tikslinė sritis yra transporto priemonių išmetamų teršalų mažinimas. Numatoma įgyvendinti tvaraus ir išmanaus mobilumo (angl. *Sustainable and Smart Mobility*) strategiją. Bus didinamas tvaraus ir alternatyvaus kuro naudojimas kelių, jūrų ir oro transporte bei nustatyti išmetamųjų teršalų standartai transporto priemonėms su vidaus degimo varikliais („Green Facts“, 2022). Taip pat numatoma siekti, kad verslui ir visuomenei būtų prieinami tvarūs alternatyvūs sprendimai. ketinama kurti išmaniąsias eismo valdymo sistemas ir programas, keisti krovinių pristatymo būdus, pasirenkant sausumos arba vandens kelius. Įgyvendinant viešojo transporto reformas, bus siekiama sumažinti eismo spūstis ir taršą, plečiant elektromobilių įkrovimo prievadų infrastruktūrą, bus skatinama pirkti mažai taršias transporto priemones (Europos Komisija, 2019e).

Bioįvairovė. Šios Europos žaliojo kurso politikos tikslinės sritys yra miškų ir jūrų zonų valdymas, aplinkos apsauga ir augalų ir gyvūnų rūšių bei ekosistemų nykimo problemų sprendimas („Green facts“, 2022). Numatoma, kad neigiamai paveiktos ekosistemos bus atkurtos taikant ekologinio ūkininkavimo metodus, padedant au-

galų apdulkinimo procesams, atkuriant laisvai tekančias upes, sumažinant pesticidų, kurie kenkia laukinei gamtai, ir atkuriant miškus. Biologinės įvairovės strategija yra viena iš esminių Europos Sąjungos klimato kaitos mažinimo strategijos dalių. Iš 25 % ES biudžeto, skirto kovai su klimato kaita, didelė dalis bus skirta biologinei įvairovei atkurti ir gamta pagrįstiems sprendimams įgyvendinti (Europos Komisija, 2020a).

Tvarūs finansai. Tvarūs finansai, arba žaliasis finansavimas – tai finansinių reglamentų, standartų, normų ir produktų rinkinys, kuriuo siekiama užsibrėžtų aplinkosaugos tikslų, o ypač – palengvinti energetikos poslinkį link atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo. Manoma, kad tvarūs finansai leis ES finansų sistemai susisieti su ekonomika ir gyventojais, finansuojant ekonomikos dalyvius ir kartu išlaikant ekonomikos augimą. Ši ilgojo laikotarpio koncepcija pradėta įgyvendinti patvirtinus Jungtinių Tautų Paryžiaus klimato susitarimą (angl. *the Paris Climate Agreement*), kuriame numatyta, kad šalys turi užtikrinti, jog finansų srantai būtų nukreipti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo mažinimui ir klimatui draugiško vystymosi skatinimui (Jungtinių Tautų Organizacija, 2015).

Europos žaliojo kurso plane numatytos priemonės, užtikrinančios, kad šalys, kurios yra priklausomos nuo iškastinio kuro, nebūtų paliktos tvarkytis vienos, perėinančios prie atsinaujinančios energijos (Geden et al., 2020). Svarbų vaidmenį čia turėtų vaidinti nacionalinės viešosios ir privačios investicijos. Numatoma remti tyrimus ir inovacijas transporto technologijų (ypač, transporto priemonių akumuliatorių, baterijų), švaraus vandenilio, mažai anglies išskiriančioje plieno gamybos, žiedinės biotechnologijos ir statomos aplinkos srityse (Europos Komisija, 2019c). Europos žaliojo kurso politikos priemonių įgyvendinimui finansuoti numatytas specialusis investicijų planas – vadinamasis „InvestEU“ planas. Pagal šį planą numatoma investicijų suma siekia apie 1 trilijoną eurų investicijų. Apytikriai apskaičiuota, kad norint pasiekti Europos žaliojo kurso plane numatytus tikslus, iki 2030 m. reikės apie 260 milijardų eurų investicijų kasmet (Europos Komisija, 2020b).

Plane numatyti anglies dioksido emisijų tarifai ir šalis, kurios negali mažinti šiltnamio dujų emisijų vienodais tempais su ES (Valatsas, 2019). Tam numatytas specialus mechanizmas, vadinamas ES pasienio anglies dioksido mokesčio mechanizmu (angl. *the Carbon Border Adjustment Mechanism – CBAM*). Pagal šį mechanizmą būtų taikomas anglies dioksido mokestis tam tikrų prekių importui iš trečiųjų šalių. Papildomi mokesčiai būtų imami už produktus, pagamintus šalyse, kuriose galioja ne tokie griežti aplinkosaugos reikalavimai, nei ES. Tai padėtų užtikrinti, kad iš trečiųjų šalių importuojamos prekės nebus pigesnės už lygiavertį ES pagamintą produktą (Europos parlamentas, 2021a). Europos parlamento (2021a)

nuomone, minėtas mechanizmas turėtų atitikti Pasaulio prekybos organizacijos taisyklės ir tapti būsimos ES pramonės strategijos dalimi. Iki 2030 m. mechanizmas turėtų apimti visą energetikos sektorių ir daug energijos vartojančias pramonės šakas. Pažymima, kad mechanizmas skirtas vien kovos su klimato kaita tikslams įgyvendinti ir anglies dioksido nutekėjimo (emisijų) rizikai mažinti (Europos parlamentas, 2021a).

Apibendriname: Europos žaliasis kursas, patvirtintas 2020 m., yra Europos Komisijos politikos iniciatyvų rinkinys, kurio pagrindinis tikslas – padaryti Europos Sąjungą neutralia klimato kaitos atžvilgiu iki 2050 m. Pagrindinės Europos žaliojo kurso politikos sritys yra švari energija, tvari pramonė, statybos ir renovacijos, maisto tiekimas iš ūkių gyventojams, taršos eliminavimas, tvarus mobilumas, bioįvairovė ir tvarūs finansai. ES žaliojo kurso planu siekiama parodyti, kad šalys gali vystytis ekonomiškai ir nedidindamos išteklių naudojimo.

2.3.2. Žaliojo kurso ir verslo skaitmenizavimo sąsajos

Skaitmeninės transformacijos Europoje vyksta lygiagrečiai, tiek imant žiedinės ekonomikos principų diegimą, tiek žaliojo kurso politikos vykdymą. Nors iš pirmo žvilgsnio skaitmenizavimas ir žaliasis kursas gali atrodyti atskiri dalykai, iš tiesų jie yra glaudžiai tarpusavyje susiję, kadangi nė vieno iš jų sėkmė neįmanoma be kito. Be to, abu jie itin reikšmingi Europos ateičiai (Europos Komisija, 2022b). Skaitmenizavimas gali padėti sumažinti anglies dioksido emisijas, galime prisijungti prie vaizdo konferencijų, o ne keliauti į susitikimus, stebėti, kiek energijos sunaudojame namuose, ir netgi padidinti ūkininkavimo tvarumą.

Wolf et al. (2021) pastebi, kad žaliasis kursas yra daug daugiau nei tik neutralumas klimato atžvilgiu. Tai taip pat priemonės regioninės ir socialinės atskirties mažinimui, darbo vietų kūrimui, kainų stabilumui, kadangi klimato strategijos pokyčiai įmanomi tik nukreipus ekonomiką skaitmenizavimo kryptimi. Europos Sąjungoje analizuojamos galimybės, kaip integruoti skaitmenines technologijas į pramonę ir ekonomiką, nenukrypstant nuo žaliojo kurso politikos. Ryšius tarp žaliojo kurso ir skaitmenizavimo atspindi ir mokslinių tyrimų rezultatai (žr. 12 lentelę).

12 lentelė. atspindinčių ryši tarp skaitmenizavimo ir žaliojo kurso politikos, rezultatų apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Bahn-Walkowiak et al., 2020	Literatūros analizė, atvejų analizė	Skaitmenizavimas yra viena iš pagrindinių priemonių siekiant žaliojo kurso politikos tikslų
Fetting, 2020	Literatūros analizė, kritinė analizė	Skaitmenizavimas gali padaryti pramonę mobilesnę, pagerinti informacijos pasiekiamumą, galimas ekologiškų maisto produktų ženklavimo skaitmenizavimas, multimedialinio transporto plėtra
Wolf et al., 2021	Literatūros analizė, statistinių duomenų analizė	Skaitmenizavimas gali padėti sumažinti anglies dioksido emisijas, taupyti energiją pastatuose, transporto sektoriuje, pramonėje, namų ūkiuose, žemės ūkyje
Europos aplinkos politikos institutas, 2021	Kritinė analizė, lyginamoji analizė, statistinių duomenų analizė	Skaitmenizavimas gali padėti kurti tvarresnes, energiją ir išteklius tausojančias infrastruktūras ir technologijas, stebėti gamybai naudojamus išteklius. Tačiau būtina stebėti skaitmenizavimo poveikį įvairiuose sektoriuose ir politikos srityse siekiant išvengti piktnaudžiavimo, asmens duomenų apsaugos ir privatumo teisių nepaisymo, ir kitų nenumatytų padarinių
Gailhofer et al., 2021	Kritinė analizė, lyginamoji analizė, statistinių duomenų analizė, atvejų analizė	Skaitmeninės technologijos gali padėti kovoti su neigiamais aplinkos pokyčiais, kadangi jos pajėgios sukaupiti didžiulius duomenų kiekius, kurių analizė padės priimti žiniomis pagrįstus sprendimus. Tačiau skaitmeninių technologijų naudojimas didina energijos ir išteklių vartojimą
Marvin et al., 2022	Literatūros analizė, kritinė analizė, atvejų analizė	Skaitmenizavimas turi didelį potencialą keisti ekonomikos subjektų vaidmenis ir sąveiką visoje vertės grandinėje maisto produktams keliaujant nuo ūkininkų iki vartotojų
Europos Komisija, 2022b	Kritinė analizė, lyginamoji analizė, statistinių duomenų analizė	Skaitmeninių technologijų gyvavimo ciklo pailginimas gali padėti sumažinti neigiamą IT poveikį aplinkai

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Bertoncelj, 2022	Literatūros apžvalga	Išmaniosios technologijos gali eksponentiškai padidinti rinkos vertę ir mastą
Geoghegan et al., 2022	Akademinių straipsnių ir „pilkosios“ literatūros apžvalga	Statybų informacijos modeliavimo sistema padeda standartizuoti statybų sektoriui reikalingą informaciją, tačiau sistema yra pernelyg sudėtinga, kad joje galėtų dalyvauti ribotus išteklius turintis smulkusis ir vidutinis verslas

Šaltinis: sudaryta autorių.

Europos Komisijos komunikate „Europos skaitmeninės ateities formavimas“ (angl. *Shaping Europe's digital future*) (2020f) pateikiama informacijos apie viziją dėl skaitmenizavimo vaidmens siekiant klimato ir tvaraus vystymosi tikslų, įskaitant žiedinės ekonomikos principų diegimą ir gaminių standartus. Pabrėžiama, kad dėl sinergijos tarp skaitmenizavimo ir tvarumo, tikimasi teigiamų socialinių pokyčių (Europos Komisija, 2020f). Europos Komisija akcentuoja poreikį tvaresnių, energiją ir išteklius tausojančių skaitmeninių infrastruktūrų ir technologijų, numato įvesti skaitmeninius produktų pasus (angl. *Digital Production Passport*). Skaitmeninis produkto pasas turėtų užtikrinti didesnę skaidrumą ir atskaitomybę stebint produktų gamybai naudojamus išteklius, ir galbūt bus vienas svarbiausių skaitmenizavimo pasiūlymų. Taip pat numatoma įgyvendinti skaitmeninius sprendimus, mažinančius šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir pesticidų naudojimą žemės ūkyje, bei naudoti transporto technologijas, galinčias sumažinti sektoriaus poveikį aplinkai (Europos aplinkos politikos institutas, 2021).

Fetting (2020) mano, kad skaitmenizavimas yra pagrindinis žaliojo kurso politikos įgyvendinimo veiksnys, suteikiantis galimybių plėsti tvarią ir darbui imlią ekonominę veiklą. Skaitmenizavimas gali padėti padaryti pramonę mobilesnę, pagerinti informacijos apie naujus statybos, energijos efektyvumo pastatuose ir izoliacijos standartus pasiekiamumą. Maisto gamybos srityje galimas pagal žaliojo kurso principus pagamintų maisto produktų ženklinimo skaitmenizavimas. Transporto srityje skaitmenizavimas siejamas su išmaniosiomis eismo valdymo sistemomis, multimodalinio transporto (kai prekės gabenamos pagal vieną sutartį, tačiau panaudojant bent dvi skirtingas transporto rūšis) plėtra, taršos ir eismo spūsčių mažinimu miestuose.

Pasak Wolf et al. (2021), nors pačiam informacinių-komunikacinių technologijų (IT) sektoriui būdingos anglies dioksido emisijos, skaitmenizavimas gali padėti

daug labiau sumažinti išmetamų teršalų kiekį taupant energiją pastatuose, transporto sektoriuje, pramonėje, namų ūkiuose, žemės ūkyje ir kt. Išskyrus kai kurias specializuotas nišas, ES IT sektorius atsilieka nuo pagrindinių pasaulinių konkurentų. Investicijos į tyrimų ir plėtros veiklą IT sektoriuje 2019 m. ES sudarė tik apie 0,2 % BVP, o valstybės finansuojama suma buvo mažesnė nei 0,05 % BVP (Wolf et al., 2021). Todėl tikslinga didinti išmokas taip, kad didėtų paskatos IT įmonėms investuoti į didelio masto energijos taupymo programas. Nors šios investicijos tiesiogiai nesumažins teršalų emisijų, jos leis ilguoju laikotarpiu sumažinti bendrąsias emisijas pramonėje.

Bertoncelj (2022) įžvelgia bendrą teigiamą išmaniųjų technologijų indėlį perinant nuo tiesinės link žiedinės / žaliosios ekonomikos. Autorius teigia, kad daiktų internetas ir kitos tarpusavyje sujungtos kibernetinės-fizinės sistemos gali visiškai perimti gamybos kontrolę ir panaikinti žmogiškojo intelekto poreikį stebėti / įsikišti į užduočių vykdymą. Didžiausias efektyvumas įžvelgiamas atliekų mažinimo ir perdirbimo sistemose, transporto ir logistikos sektoriuose. Teigiama, kad išmaniosios technologijos gali eksponentiškai padidinti rinkos vertę ir mastą.

Geoghegan et al. (2022) tyrė skaitmenizavimo poveikį statybų sektoriui. Tyrime teigiama, kad ES inicijuojamas statybos informacijos modeliavimas (angl. *Building Information Modelling – BIM*) skatina žiedinę ekonomiką, o minėtos modeliavimo sistemos diegimas pasitelkiant ISO 19650 padeda standartizuoti pagrindinę statybų sektoriui reikalingą informaciją. Tačiau nurodoma, kad siūlomas skaitmenizavimo metodas turi ribotą poveikį siekiant plataus masto tvarių rezultatų. Sistema yra tokia sudėtinga, kad joje vargiai gali dalyvauti smulkiosios ir vidutinio dydžio verslo įmonės. Problemą dar labiau pagilina tai, kad yra atlikta mažai tyrimų, paaiškinančių, kaip smulkiosios ir vidutinės įmonės galėtų įtraukti daug išteklių reikalaujančius skaitmeninius procesus į savo verslo modelius, kai jų ištekliai ir taip yra itin riboti.

Marvin et al. (2022) analizavo skaitmenizavimo ir dirbtinio intelekto įtaką tvaraus maisto sistemoms ir nustatė, kad Europos žaliojo kurso strategijoje numatytai tvariai maisto sistemai sukurti reikia strateginio požiūrio, kuris apimtų visus ekonominius, aplinkos (klimatas, ekosistemos) ir socialinius aspektus, susijusius su pakankamo ir sveiko maisto gamyba ir vartojimu. Daroma išvada, kad dirbtinis intelektas ir skaitmenizavimas turi didelį potencialą keisti ekonomikos subjektų vaidmenis ir sąveiką visoje vertės grandinėje maisto produktams keliaujant nuo ūkininkų iki vartotojų, ir per šiuos pokyčius paspartinti poslinkį link tvarios maisto sistemos. Akcentuojama, kad visuose vertės grandinės etapuose itin svarbūs veiksniai yra duomenų pasiekiamumas ir naudojimas.

Gailhofer et al. (2021) savo tyrime nustatė, kad skaitmeninės technologijos gali padėti kovoti su neigiamais aplinkos pokyčiais, kadangi jos pajėgios sukaupti didžiulius duomenų kiekius, kurių analizė padės priimti žiniomis pagrįstus sprendimus. Dirbtinio intelekto atliekama duomenų analizė padės tiksliau prognozuoti galimą poveikį aplinkai, o išmaniosios sistemos leis stebėti vykstančius procesus. Automatiniai mechanizmai ir technologijos leis optimizuoti atliekamų operacijų saugumą. Dirbtiniam intelektui stebint energijos vartojimą, taps lengviau integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius į bendruosius energetikos tinklus. Žemės ūkio sektoriuje skaitmeninės technologijos leis efektyviau naudoti vandenį ir sumažins pesticidų ir trąšų neigiamą poveikį aplinkai, o transporto sektoriuje padės geriau planuoti transporto ir infrastruktūros sistemas, didins variklių efektyvumą, leis optimizuoti elektromobilių pakrovimo procesą, kontroliuoti ir valdyti geležinkelio sistemas, koordinuoti įvairius transporto būdus. Gamybės srityje diegiant žiedinės ekonomikos principus, skaitmeninės technologijos padės tikrinti, rūšiuoti, atskirti ir išardyti medžiagas, kad jas būtų galima dar kartą panaudoti žiediniame procese.

Tačiau tuo pat metu autoriai (Gailhofer et al., 2021) pastebi, kad skaitmeninių technologijų naudojimas didina energijos ir išteklių vartojimą, todėl didėja neigiamo poveikio aplinkai rizika. Tiesioginio neigiamo poveikio aplinkai gali turėti ir skaitmeniniai duomenų centrai ir tinklai. Apskaičiuota, kad 2020 m. šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos iš šių šaltinių siekė 1,1–1,3 Gt, tačiau tikslaus šio poveikio masto kol kas negalima nustatyti.

Atsižvelgiant į galimą riziką, reikia užtikrinti, kad skaitmeninės technologijos nevartotų daugiau energijos nei sutaupo. Remiantis Europos Komisijos (2022b) duomenimis, šiuo metu skaitmeninės technologijos sunaudoja apie 8–10 % visos suvartojamos energijos ir išmeta į aplinką apie 2–4 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Galima atlikti daugybę skaitmeninio gyvenimo pokyčių, kad būtų sumažintas neigiamas poveikis aplinkai šioje srityje. Pavyzdžiui, pailginus visų išmaniųjų telefonų eksploatavimo laiką 1 metais, iki 2030 m. anglies dioksido emisijos būtų sumažintos 2,1 Mt per metus, o tai prilygtų maždaug 1 mln. automobilių pašalinimui iš kelių. Perėjus nuo 4G prie 5G tinklų, energijos suvartojimas gali sumažėti iki 90 % (Europos Komisija, 2022b).

Atkreipiamas dėmesys ir į tai, kad būtina stebėti skaitmenizavimo poveikį įvairiuose sektoriuose ir politikos srityse siekiant išvengti nenumatytų padarinių. Pavyzdžiui, transporto ir mobilumo srityje skaitmenizavimas gali padėti efektyviau valdyti eismo srautus, vartotojams dalytis ištekliais ir rasti tvarių susisiekimo galimybių. Tačiau tuo pat metu privatūs subjektai gali ieškoti pelningesnių, bet ne tokių tvarių galimybių (pvz., skatinti vartotojus naudotis taksi, o ne viešoju ar nemotori-

zuotu transportu). Pradėjus integruotą bilietų pardavimą, viešojo sektoriaus veikėjai bus nustumti į šalį, todėl norint to išvengti, reikia sudaryti tinkamas teises sąlygas. Politikos sistemos turėtų užtikrinti, kad tvarios galimybės nebūtų nustumtos į šalį. Taip pat svarbu teisiškai nustatyti, kam priklauso skaitmeninių paslaugų teikėjų surinkti duomenys, užtikrinti skaitmeninių paslaugų prieinamumą visiems gyventojams, paisyti privatumo ir asmens duomenų apsaugos reikalavimų tiek veikiant internete, tiek už jo ribų. Šiose srityse reikia aktyvių sprendimų ES lygmeniu siekiant apsaugoti piliečių teises ir užtikrinti, kad skaitmeniniai sprendimai būtų nukreipti į tvarumą, o ne trikdymą (Europos aplinkos politikos institutas, 2021).

Apibendriname: skaitmenizavimas yra pagrindinis žaliojo kurso politikos įgyvendinimo veiksnys, galintis padėti padaryti pramonę mobilesnę. Skaitmeninės technologijos gali padėti kovoti su neigiamais aplinkos pokyčiais, kadangi jos pajėgios sukaupiti didžiulius duomenų kiekius, kurių analizė padės priimti žiniomis pagrįstus sprendimus, leis tiksliau prognozuoti galimą poveikį aplinkai, o išmaniosios sistemos leis stebėti vykstančius procesus ir optimizuoti atliekamų operacijų saugumą. Didžiausias efektyvumas įžvelgiamas atliekų mažinimo ir perdirbimo sistemose, transporto, logistikos ir žemės ūkio sektoriuose. Tačiau atsižvelgiant į galimą riziką, svarbu užtikrinti, kad skaitmeninės technologijos nevartotų daugiau energijos nei sutaupo. Skaitmenizavimo diegimą stabdo sistemų, kuriose vargiai gali dalyvauti smulkiosios ir vidutinio dydžio verslo įmonės, sudėtingumas ir išteklių trūkumas, todėl svarbi tikslinių investicijų ir paramos plėtra. Taip pat svarbu sukurti adekvačią privatumo ir duomenų apsaugos teisinę bazę, užtikrinti skaitmeninių paslaugų prieinamumą visiems gyventojams.

2.3.3. Žaliojo kurso principų diegimas klasteriuose: mokslinių tyrimų apžvalga

Remiantis van der Reijden et al. (2021), beveik trečdalį šiltnamio efektą sukeliančių dujų ES išskiria pramonė. Visų pirma, tai būdinga šiaurės vakarų Europai, kur pramonė yra itin koncentruota. Kituose ES regionuose pramonės klasteriai plečiasi arba yra kuriami. Pramonės klasteriai yra dideli energijos ir žaliavų vartotojai. Jie jungiami vamzdynais ir elektros linijomis, taip pat geležinkelių, kelių ar upių transporto infrastruktūra. Pavyzdžiui, Antverpeno, Roterdamo ir Rūro bei Reino upių regiono (ARRRA) klasteriai yra sujungti pažangia dujotiekio infrastruktūra, transportuojančia vandenilį, etileną ir propileną. Todėl klasterių formavimas arba transformavimas taip, kad jie atitiktų Europos žaliojo kurso klimato neutralumo ir cirkuliacijos tikslus, yra tiek infrastruktūros, tiek klimato politikos iššūkis.

Poslinkis link ES įtvirtintos klimato neutralumo politikos, kurią numatoma įgyvendinti iki 2050 m., kiekviename klasteryje valdomas skirtingai, priklausomai nuo pramonės šakos, klasterio istorijos, teisinės situacijos ir kitų kontekstinių veiksnių. Įgyvendinant transformacijas, visi valdymo lygmenys turi atlikti savo vaidmenį. Klasterių lygmeniu tai yra vietos įmonių ir komunalinių paslaugų koordinavimas, nacionaliniu lygmeniu – veiklos koordinavimas, vykdomas už klasterių ribų ir tarp jų, o ES lygmeniu – bendras pramonės transformacijos ir tarpvalstybinių ryšių tarp klasterių koordinavimas. Kalbant apie transformacijų ir aplinkai nekenksmingos gamybos finansavimą, didžiausia svarba tenka nacionaliniam ir ES lygmenims. Reguluojamosios intervencijos yra vykdomos ES ir nacionaliniu lygmenimis, o klasterių lygmuo yra būtinas, norint palengvinti transformacijas ir įgyvendinti pagalbinę politiką. Klasterių transformacijos orientuojantis į Europos žaliojo kurso politiką turi įtakos infrastruktūros ryšiams, kurie dažnai tęsiasi už vienos šalies sienų ribų, ir dėl to kyla papildomų iššūkių. Todėl tikslinga panagrinėti, kokios įtakos Europos žaliojo kurso politikos įgyvendinimas turi klasterių veiklai, ir ar klasterių veikla padeda įgyvendinti Europos žaliojo kurso politiką (žr. 13 lentelę).

13 lentelė. Mokslinių tyrimų, atspindinčių ryšį tarp klasterių ir Europos žaliojo kurso principų diegimo, rezultatų apžvalga

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Hojnik et al., 2014	Literatūros apžvalga, anketinė apklausa	Daugumoje klasterių keliama ekologinių inovacijų strateginiai tikslai, tačiau tik keli klasteriai tiesiogiai orientuojasi į ekologinių inovacijų diegimą
Janipour et al., 2020	Sisteminė literatūros analizė, atvejo analizė	Centralizuotu būdu valdomuose klasteriuose transformacijos gali būti greitesnės, tačiau gali kilti inercijos, blokavimo ir kitų kolektyvinių veiksmų problemų.
van der Reijden et al., 2021	Politikos apžvalga, atvejų analizė	Plėtojant infrastruktūrą, pirmiausia reikia atsižvelgti į klasterių infrastruktūros poreikius, o vėliau šią infrastruktūrą integruoti į nacionalinę ir ES infrastruktūrą
Ibanez Iralde et al., 2021	Sisteminė literatūros analizė, reguliavimo ir rėmimo priemonių apžvalga, modernizavimo priemonių matrica	Tik 15 proc. intervencinių paketų nurodomos konkrečios pasyvios ir aktyvios su energijos efektyvumu ir atsinaujinančios energijos įtraukimu susijusios priemonės. Tik 63 proc. išteklių yra nukreipiama tiesiogiai konkrečioms klasteriams ir paskirstomi konkrečiai apibrėžtiems tiksliniams laikotarpiams

Autorius(-iai), metai	Tyrimo metodai	Rezultatai
Vigna et al., 2021	Klasterių veiklos simuliacija Dymola dinaminėje modelavimo aplinkoje	Išmanioji klasterių veikla leidžia padidinti atsinaujinančios energijos naudojimą, iki 13 proc. sutaupyti likutinio metinio šildymo poreikio pastatuose ir iki 18 proc. sumažinti su energijos vartojimu susijusias anglies dioksido emisijas statybų sektoriuje
Diez-Vial et al., 2022	Vidutinė regresija, kvantinė regresija	Žaliosios inovacijos padidina įmonių veiklos našumą trumpuoju laikotarpiu, tačiau jos tampa mažiau pelningos, viršijus tam tikrą ribą ilguoju laikotarpiu. Stipri geografinė koncentracija mažina teigiamą klasterizacijos poveikį
Janipour et al., 2022	Kokybinis sistemos dinamikos metodas, interviu su ekspertais, grupių modelių kūrimas	Nors pramonės klasteriai gali padėti mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, jie nėra efektyvi verslo forma dėl didelės klasteriuose dalyvaujančių įmonių fizinės ir organizacinės tarpusavio priklausomybės, kuri skatina laipsniškus pokyčius, trumpalaikį susitelkimą ir pavienius, o ne kolektyvinius veiksmus
Vukusic et al., 2022	Literatūros apžvalga, politikos priemonių apžvalga, anketinė apklausa	Klasteriai skatina papildomos vertės kūrimo praktiką, kuri, savo ruožtu, lemia pozityvų nuokrypį nuo tradicinės koreliacijos tarp dviejų kintamųjų – ekonominio augimo ir nepageidaujamų ekologinių išorinių padarinių

Šaltinis: sudaryta autorių.

Atrodo akivaizdu, kad žaliosios inovacijos turėtų būti naudingos ne tik visuomenei, bet ir įmonėms, tačiau kol kas nėra aiškiai žinoma, kaip jos veikia, ypač klasterių viduje. Teoriškai manoma, kad ekologiškų procesų ir produktų inovacijoms būdingas kreivės formos ryšys su įmonių tvaria veikla, ir kad geografinė klasterių koncentracija turi teigiamą poveikį ekologiškų produktų inovacijoms. Siekdami patikrinti šias teorines prielaidas, autoriai Diez-Vial et al. (2022) ištyrė 175 Ispanijos avalynės gamybos įmonių imtį, remdamiesi vidutinės ir kvantinės regresijos metodais. Tyrimo rezultatai parodė, kad nors žaliosios inovacijos padidina įmonių veiklos našumą trumpuoju laikotarpiu, ilguoju laikotarpiu jas apibūdina apverstos „U“ formos kreivė, todėl investicijos į žaliasias inovacijas tampa mažiau pelningos viršijus tam tikrą ribą. Be to, pastebima, kad žalioms inovacijoms būdinga stipri geografinė

koncentracija, kadangi šių inovacijų diegimui reikia daugiau žinių ir išteklių. Todėl klasterio efektas tampa ne toks reikšmingas (Diez-Vial et al., 2022).

Pasak Janipour et al. (2020), klasterizuota pramonė paprastai lenkia atskirai veikiančias gamyklas išteklių ir energijos vartojimo efektyvumo požiūriu, tačiau klasterizacijos pranašumai ar trūkumai, siekiant sumažinti išmetamų teršalų kieki ir įgyvendinti kitus radikalesnius pokyčius, yra ne tokie aiškūs. Centralizuotu būdu valdomuose klasteriuose transformacijos gali būti greitesnės, tačiau dėl klasterizacijos gali kilti inercijos, blokavimo ir kitų kolektyvinių veiksmų problemų, valdant poslinkį link klimato neutralumo ir žiedinės ekonomikos. Kliūtys transformacijai yra dideli veiklos kaštai diegiant mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančius gamybos metodus ir kapitalo teikėjų bei akcininkų maža rizikos tolerancija.

Vigna et al. (2021) analizavo energijos naudojimo pokyčius statybos klasteriuose. Atsinaujinančių energijos šaltinių prieinamumas ir anglies dioksido išskyrimo intensyvumas pasirinkti kaip priverstiniai veiksniai (angl. *forcing factors*), o energijos poreikio sumažėjimas, kurio nekompensuoja atsinaujinantys energijos šaltiniai, ir anglies dioksido išmetimo procentinis sumažėjimas, nulemtas išmanios klasterio veiklos palyginus su pradiniu scenarijumi, pasirinkti kaip specifiniai veiksniai, leidžiantys kiekybiškai įvertinti klasterių energinį lankstumą. Tyrimo rezultatai rodo, kad išmanioji klasterių veikla leidžia padidinti atsinaujinančios energijos naudojimą (iki 13 proc. sutaupyti likutinio metinio šildymo poreikio pastatuose) ir iki 18 proc. sumažinti su energijos vartojimu susijusias anglies dioksido emisijas. Siūlomas kiekybinis vertinimo metodas ir rodikliai gali padėti pastatų projektuotojams įdiegti įvairius inovatyvius technologinius sprendimus ir įgyvendinti projektavimo strategijas energijos lankstumo požiūriu.

Gyvenamųjų pastatų sektorių analizavę autoriai Ibanez Iralde et al. (2021) teigia, kad nors yra rekomenduojamų strategijų, kaip padidinti pastatų energinį efektyvumą laikantis Europos žaliojo kurso krypties, pagrindine problema išlieka tai, kad šios strategijos nėra suvokiamos kaip integruoti veiksmai, ir tik 15 proc. intervencinių paketų nurodomos konkrečios pasyvios ir aktyvios su energijos efektyvumu ir atsinaujinančios energijos įtraukimu susijusios priemonės. Bandant pastatų energinį efektyvumą didinti pasinaudojus klasterių suteikiamu potencialu, gauti rezultatai nėra patenkinami, kadangi tik 63 proc. išteklių yra nukreipiama tiesiogiai konkretiems klasteriams ir paskirstomi konkrečiai apibrėžtiems tiksliniams laikotarpiais. Realiai paramai skiriamos lėšos sudaro tik 8 proc. būtinų deklaruojamų investicijų, o ir ši nedidelė lėšų dalis ne visuomet yra lengvai pasiekama dėl skirtingos informacijos apie procedūras sklaidos ir procesų sudėtingumo. Taip nepasiekiamas reikšmingų ir į rinką orientuotų pokyčių.

Vukusic et al. (2022) savo tyrime apklausė apie 85 proc. Kroatijos autotransporto pramonei priklausančio klasterio atstovų. Autoriai siekė patikrinti teorinę hipotezę, ar veiklos efektyvumo ir pelno padidrinimo galima pasiekti atnaujinus technologijas ir pakartotinai naudojant procesines medžiagas. Apklausos rezultatai parodė, kad bet kokia papildomos vertės kūrimo praktika, t. y. motyvacija gamintojui dirbti prisidedant prie ekologinės-ekonominės pažangos lemia pozityvų nuokrypį nuo tradicinės koreliacijos tarp dviejų kintamųjų – ekonominio augimo ir nepageidaujamų ekologinių išorinių padarinių. Konkretūs aplinkos parametrai, turintys įtakos klasterio veiklai, priklauso nuo vartotojų ir kitų suinteresuotųjų šalių. Pavyzdžiui, sunkiųjų medžiagų atsisakymas tiesiogiai sumažina degalų sąnaudas ir yra ne tik aplinkos, bet ir ekonominis veiksnys. Galimybės ateityje pakeisti įprastines medžiagas tvaresnėmis įžvelgiamos naudojant biopolimerus, sustiprintus bioplauštu. Kalbant apie rinkodarą, didžiausias dėmesys skiriamas ekonominiam tvarumui ir rinkos santykiams, kadangi vartotojai yra būtent tie subjektai, nuo kurių priklauso produktų specifikacijos.

Atlikę 11-oje pietryčių Europos šalių veikiančių klasterių atstovų anketinę apklausą, Hojnik et al. (2014) nustatė, kad daugiau nei pusėje į tyrimą įtrauktų klasterių keliame ekologinių inovacijų strateginiai tikslai, tačiau tik keli klasteriai tiesiogiai orientuojasi į ekologinių inovacijų diegimą. Nepaisant to, ekologinės inovacijos tiesiogiai koreliuoja su daugeliu klasteriuose vykdomų veiklos sričių, o labiausiai – su informacijos sklaida, visuomenės sąmoningumo didinimu. Remiantis tyrimo rezultatais, taip pat daromos išvados, kad klasteriai turi reikšmingos galios / potencialo paskatinti įmones diegti ekologines inovacijas, kadangi nustatomi su ES politika derantys strateginiai tikslai. Klausimų kyla tik dėl to, koku mastu ekologinės inovacijos bus diegiamos.

Pramonės klasteriai laikomi efektyvesniais išteklių ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo požiūriu nei atskiros pramonės įmonės, tačiau klasterizavimas taip pat gali tapti kliūtimi radikaliems pokyčiams, kurių reikia norint sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. Janipour et al. (2022) ištyrė, kokios įtakos dalyvavimas daug energijos naudojančios chemijos pramonės klasteryje gali turėti siekiant išmetamų teršalų mažinimo tikslų. Autoriai nustatė, kad dalyvavimas klasteryje gali trukdyti mažinti išmetamų teršalų kiekį dėl trijų grįžtamojo ryšio mechanizmų, vadinamųjų „spąstų“, veikimo. Tai spąstai, susiję su laipsniškais pokyčiais, trumpalaikiu dėmesiu ir įmonėmis, veikiančiomis pavieniui. Atlikta sistemos dinamikos analizė padėjo nustatyti mechanizmus, leidžiančius ištrūkti iš šių spąstų. Tai galima padaryti didinant klasterių autonomiją, aktyvinant visuomenės paramą, skatinant pokyčius tiekimo grandinėje ir pritraukiant

ilgalaikius investuotojus. Apibendrinant tyrimo rezultatus daromos išvados, kad nors pramonės klasteriai gali padėti mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, jie taip pat gali nebūti efektyvi verslo forma minėtam tikslui pasiekti dėl didelės klasteriuose dalyvaujančių įmonių fizinės ir organizacinės tarpusavio priklausomybės, kuri skatina laipsniškus pokyčius, trumpalaikį susitelkimą ir pavienius, o ne kolektyvinius veiksmus. Siekiant visapusiškai išnaudoti pramonės klasterių potencialą mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, reikia atsižvelgti į klasterį stiprinančius priežastinius ryšius. Taip pat būtina sukurti veiksmų koordinavimo institucijas, veikiančias visame klasteryje, siekiant užtikrinti veiksmingą bendradarbiavimą tarp visų klasteriui priklausančių įmonių. Tiksliniai veiksmai turi būti vykdomi visoje vertės grandinėje, o ne atskiruose jos etapuose (Janipour et al., 2022).

Planuojant pramonės klasterių poslinkį klimato neutralumo politikos link, pačių pramonės klasterių vadovybė turi dalyvauti kuriant vietinę ilgalaikę plėtros strategiją. Tai padės nacionalinėms valdžios institucijoms formuoti nacionalinę vystymosi strategiją ir įtraukti regionuose veikiančius klasterius (van der Reijden et al., 2021). Panašiai, plėtojant infrastruktūrą, tikimasi, kad pirmiausia bus atsižvelgta į klasterių infrastruktūros poreikius, kad tinkama infrastruktūra (pvz., klasterių pagrindu sukurtos anglies dioksido ir vandenilio magistralės) leistų klasteriams lengviau įgyvendinti Europos žaliojo kurso politikos principus. Vėliau ši vietinė / regioninė infrastruktūra taptų nacionalinės ir ES bendrosios infrastruktūros dalimi. Norint paremti novatoriškų, aplinkai draugiškų technologijų diegimą, reikia daugiau nacionalinio ir ES lygmens intervencijų (pvz., paramos inovacijoms, ypač didelės rizikos ir daug kapitalo reikalaujančių projektų įgyvendinimui ir kt.). Klasterių lygmeniu valdžios institucijos gali padėti diegti naujas klimatui nekenksmingas technologijas, teikdamos investuoti norinčioms klasterių įmonėms logistinę ir praktinę paramą. Tačiau dėl paties iššūkio įgyvendinti Europos žaliojo kurso politikos tikslus iki 2050 m. didžiulio masto ir gana trumpo laikotarpio reikiamoms transformacijoms atlikti reikės dar labiau didinti investicijas ir intensyviau koordinuoti regionus. Be to, norint naudoti naujas technologijas (įskaitant klimatui nekenksmingos energijos ir žaliavų naudojimą), reikės sukurti palankią reguliavimo aplinką, kad būtų galima subalansuoti didesnes numatomas veiklos išlaidas palyginti su tomis, kurios būdingos esamai gamybai. Čia svarbus vaidmuo gali tekti tokiems palyginus naujiems instrumentams, kaip susitarimai dėl skirtumų arba produktų standartai, susiję su anglies kiekiu gaminiuose (van der Reijden et al., 2021).

Apibendriname: klasteriai skatina papildomos vertės kūrimo praktiką, todėl klasterizuota pramonė paprastai lenkia atskirai veikiančias įmones išteklių ir energijos vartojimo efektyvumo požiūriu, tačiau klasterizacijos pranašumai siekiant įgyven-

dinti radikalesnius pokyčius yra ne tokie aiškūs. Centralizuotu būdu valdomuose klasteriuose transformacijos gali būti greitesnės, tačiau gali kilti inercijos, blokavimo ir kolektyvinių veiksmų trūkumo problemų. Žaliosios inovacijos padidina klasteriams priklausančių įmonių veiklos našumą trumpuoju laikotarpiu, tačiau jos tampa mažiau pelningos viršijus tam tikrą ribą. Stipri geografinė koncentracija mažina teigiamą klasterizacijos poveikį. Laikantis Europos žaliojo kurso krypties, pagrindine problema išlieka tai, kad strategijos nėra suvokiamos kaip integruoti veiksmai: tik 15 proc. intervencinių paketų nurodomos konkrečios pasyvios ir aktyvios su energijos efektyvumu ir atsinaujinančios energijos įtraukimu susijusios priemonės, tik 63 proc. išteklių yra nukreipiama tiesiogiai konkretiems klasteriams ir paskirstomi konkrečiai apibrėžtiems tiksliniams laikotarpiams, o realiai paramai skiriamos lėšos sudaro tik 8 proc. būtinų deklaruojamų investicijų.

2.4. Verslo modelių transformacijos klasteriuose: skaitmenizavimo, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso plėtotės kontekste

Pasak Masyuk et al. (2019), inovatyvus verslo modelis – tai novatoriška įmonių ir organizacijų tarpusavio sąveikos forma, kuriama formalių ir neformalių ekonominių ryšių pagrindu.

Siauresne prasme verslo modelis yra planas, pagal kurį įmonės teikia produktą ar paslaugą rinkai ir uždirba pelno (Maryvilio universitetas, 2022). Tradiciškai gamintojo verslo modelis yra naudoti žaliavas, kad būtų galima pagaminti produktą, kuris parduodamas didmenininkui, mažmenininkui arba galutiniam vartotojui. Platintojo verslo modelis yra pirkti produktus tiesiogiai iš gamintojo ir perparduoti juos mažmenininkui arba galutiniam vartotojui. Mažmenininkas parduoda produktus galutiniam vartotojui. Galimos kelių verslo modelių kombinacijos, veikla pagal frančizę, tiesioginiai pardavimai internetu ir kt. (Maryvilio universitetas, 2022).

Tačiau analizuojant klasterius, tradiciniais verslo modeliais remtis tampa nebetikslinga. Kadangi klasteriai yra tinklaveika tarp įmonių paremtos organizacijos, pati klasterių prigimtis reikalauja kitokio požiūrio į klasterių verslo modelius. Veikiant neapibrėžtumo ir rizikos sąlygomis, atsiranda nauji ūkio subjektų sąveikos variantai. Tinklaveika ir klasteriai yra atsakas į pasaulinius išorinės aplinkos iššūkius. Klasterių tikslai – tobulinti pagrindines kompetencijas ir didinti ekonominės situacijos kokybę gerinant aplinkos verslo klimatą (Masyuk et al., 2019). Klasteriai yra unikalios struktūros organizacijos, todėl jiems reikia unikalaus verslo modelio

pagrindo, tačiau tik nedaugelis klasterių valdytojų supranta, kas yra klasterio verslo modelis ir kaip jis gali prisidėti prie klasterio vertės kūrimo.

Dauguma klasterių ir klasterių programų visame pasaulyje tradiciškai buvo pagrįstos vadinamąja trigubos spiralės (angl. *Triple Helix*) sistema – pagrindinis klasterių kūrimo teorinis pagrindas buvo glaudesnis pramonės, akademinės bendruomenės ir vyriausybės bendradarbiavimas. Tačiau ši paradigma greit paseno. Nuo 2010-ųjų pradžios vis daugiau klasterių ir klasterių programų buvo atnaujintos įtraukiant kapitalą ir verslininkus. Šiandien klasteriai turi atnaujinti savo veiklos modelius, kad įtrauktų, aktyvuotų ir aptarnautų startuolius, plečiamas įmones, verslo inkubatorius, „verslo angelus“ (finansinę paramą augančiam verslui teikiančius privačius investuotojus), rizikos įmones ir dideles investicines bendroves (Haze ir Rangen, 2021).

Modernios ekonomikos plėtros sąlygomis kuriant verslo ekosistemas, klasteriai turi būti inovatyvūs. Klasteriai suteikia tvaraus konkurencinio pranašumo ir vaidina svarbų vaidmenį stiprinant įmonės / organizacijos pagrindinę veiklos sritį. Didėjant spaudimui dėl išteklių ribotumo ir aplinkos apsaugos, pramoniniai klasteriai turi būti optimizuojami ir atnaujinami atsikratant perteklinės plėtros modelių (Zhang et al., 2013).

Klasterio verslo modelis nėra tik finansavimo ir išlaidų numatymas. Jis parodo, kaip klasteryje bus kuriama vertė. Kaip matyti iš ankstesniuose poskyriuose pateiktos literatūros analizės apžvalgos, tradiciniai verslo modeliai moderniojoje ekonomikoje yra transformuojami, ir pagrindiniai šias transformacijas skatinantys veiksniai yra **skaitmenizavimas**, **žiedinė ekonomika** ir **Europos žaliasis kursas**. Vadinasi, inovatyvių klasterių verslo modeliuose vertė turi būti kuriama atsižvelgiant į minėtų veiksnių įtaką.

Skaitmenizavimo tikslas versle – sukurti reikšmingą konkurencinį pranašumą, už kurį klientai / vartotojai norėtų mokėti („Innolytics“, 2022). Taigi, skaitmenizavimo veiksnys verslo modelyje padeda kurti vertę, pagrįstą klientų / vartotojų naudos plėtra naudojant skaitmenines technologijas. Skaitmeninių verslo modelių kūrimas yra svarbi užduotis verslo įmonėms, susiduriančioms su skaitmeninės transformacijos iššūkiais. Vien tik esamo analoginio verslo modelio išplėtimas tam tikru skaitmeniniu komponentu (pvz., prekių užsakymas internetu iš stacionaraus mažmenininko) yra preliminarus skaitmeninio verslo modelio diegimo etapas, tačiau tai dar nėra savarankiškas skaitmeninis verslo modelis.

Skaitmeninius verslo modelius charakterizuoja skirtingi bruožai, tačiau pagrindiniai yra šie:

- *Skaitmeninių technologijų naudojimas.* Sukurti pridėtinę vertę nebūtų įmanoma nenaudojant skaitmeninių technologijų. Pavyzdžiui, kompanijos „Amazon“, „Uber“ ar „Airbnb“ negalėtų vykdyti veiklos be interneto technologijų.
- *Skaitmeninės verslo inovacijos.* Skaitmeniniai verslo modeliai yra pagrįsti teikimu paslaugų, kurios yra naujos rinkoje.
- *Vartotojų pritraukimas ir produktų / paslaugų paskirstymas yra grindžiami skaitmeniniais kanalais.* Įmonės, kuriančios ir skatinančios skaitmeninius verslo modelius, potencialius vartotojus dažniausiai pasiekia pasitelkdamos skaitmenines technologijas. Pardavimams būdingos tokios tendencijos kaip pardavimo automatizavimas ir ankstyvasis įtraukimas (angl. *early onboarding*).
- *Vartotojai nori ir sutinka mokėti už skaitmenines paslaugas.* Taigi, skaitmeniniai verslo modeliai padeda sukurti unikalią vartotojo vertę, kurią galima paversti pinigais.

Vartotojų noras mokėti ir nepriklausomas vertės kūrimas yra ryškiausi skaitmeninio verslo modelio bruožai. Tačiau reikia pastebėti, kad vien tik skaitmeninių paslaugų teikimas (pvz., galimybė vartotojams stebėti suvartojamos elektros energijos kiekį per specialią programėlę (aplikaciją) yra traktuotinas kaip skaitmeniniai pasiūlymai vartotojams, bet tai dar nėra skaitmeninis verslo modelis („Innolytics“, 2022).

Pasak Rocha et al. (2019) ir Thomas et al. (2019), skaitmeninės adaptacijos yra būdingos startuoliams. Thomas et al. (2019) teigia, kad tokios priemonės, kaip MTEP dotacijos, mokesčių lengvatos, verslo akceleratoriai ir inkubatoriai, paskatos ir priemonės atskiroms universitetų įmonėms, rizikos iniciatyvų finansavimas ir kt. yra skirtos verslo aplinkos gerinimui, stengiantis per jas skatinti tvaraus verslo steigimą ir plėtrą. Rocha et al. (2019) tyrimu nustatyta, kad žinių ir inovacijų šaltiniai, klasteriuose sukuriama bendradarbiaujant su įmonėmis, universitetais, vyriausybės plėtros agentūromis ir C2i inkubatoriais (verslo inkubatoriai gyvybės mokslų startuoliams), charakterizuoja startuolių vykdomą intensyvią atvirų inovacijų praktiką. Taip pat nustatyta, kad klasterių inovacijų ekosistemos sudėtingumas vertinamas kaip strateginis turtas. Tačiau dažnai nutinka taip, kad įmonės, nors ir yra susipažinusios su technologinėmis inovacijomis, yra linkusios manyti, kad skaitmeninės transformacijos joms yra neįveikiamas uždavinys, ypač kalbant apie poslinkį skaitmeninės ekonomikos link (von Preussen ir Beimbörn, 2019; Jathol ir Rüling, 2019). Transformacijos strategijos dažnai duoda nepatenkinamų rezultatų, ypač indėlio į teritorinę ekonomikos augimą, inovacijų plėtrą ir įgūdžių bei kompetencijų sklaidą atžvilgiu (Thomas et al., 2019). Bendradarbiavimas su partneriais dažnai vis dar valdomas remiantis neformalaus valdymo principais (Rocha et al., 2019). Visa tai lemia vis dar žemą klasterių brandos lygį.

Žiedinės ekonomikos verslo modeliai diegiami turint tikslą naudoti produktus ir medžiagas kuo ilgiau ir maksimizuoti iš jų gaunamą vertę. Verslo kilmė, itin riboti ištekliai, ateities netikrumas, verslumas ir kt. yra veiksniai, lemiantys tam tikro verslo modelio bruožus.

Pastaraisiais metais dėl politinio ir visuomenės spaudimo pradedami diegti žiedinės ekonomikos verslo modeliai, kuriuos įmonės privalo pritaikyti savo veiklai, kad išliktų konkurencingos ateityje. Poslinkis link žiedinės ekonomikos vyksta sparčiau nei anksčiau buvusios verslo transformacijos. Tam skiriama ir ES parama.

Analizuotoje literatūroje (Tarptautinė ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija, 2019; Jensen, 2022) išskiriami 5 pagrindiniai žiedinės ekonomikos verslo modeliai, galintys suteikti įmonėms konkurencinio pranašumo (žr. 14 lentelę).

14 lentelė. Pagrindiniai žiedinės ekonomikos verslo modeliai

Modelis	Apibūdinimas
Žiedinio tiekimo modelis (angl. <i>circular supply</i>)	Gamybos procesuose naudojamos atsinaujinančios, perdirbtos arba perdirbimui tinkamos žaliavos leidžia iš dalies arba visiškai pašalinti atliekas ir taršą
Išteklių atkūrimo modelis (angl. <i>resource recovery</i>)	Iš gaminių atgaunamos medžiagos, energija ir kiti ištekliai pasibaigus gaminio naudojimo laikui, kai gaminyje tampa nebefunkcionalus
Produkto gyvavimo ciklo prailginimas (angl. <i>product life extension</i>)	Produktai projektuojami taip, kad būtų galima juos taisyti, patobulinti, pakartotinai naudoti, lengvai išardyti, atnaujinti ir perdirbti visus komponentus
Dalijimosi ekonomikos modelis (angl. <i>sharing economy</i>)	Maksimaliai padidinamas nenaudingų laikomo turto naudojimas bendruomenėje, pramonėje, klientams suteikiama patogiai prieiga prie produktų ir paslaugų
Produkto kaip paslaugos sistemos modelis (angl. <i>product service system</i>)	Klientas perka ne produktą, o paslaugą – teisę naudotis produktu tam tikrą ribotą laiką, tuo tarpu tiekėjas išlaiko produkto nuosavybės teisę

Šaltinis: sudaryta autorių.

Pagal žiedinio tiekimo modelį gamybos procesuose naudojamos atsinaujinančios, perdirbtos arba perdirbimui tinkamos žaliavos. Tai leidžia iš dalies arba visiškai pašalinti atliekas ir taršą. Atliekos tampa turtu, o ne išipareigojimu, už kurį mokama, kad jis būtų pašalintas. Šį modelį taikantys gamintojai gali tikėtis mažesnių gamybos sąnaudų, nes sąnaudų nelemia išteklių ribotumas – ištekliai gaunami iš perteklinių ir perdirbtų medžiagų. Produktai neturi savo gyvavimo pabaigos, baigiasi tik

tam tikras jų naudojimo etapas. Produktų medžiagoms ir komponentams būdingas aukštas atkūrimo lygis, didelė regeneravimo sparta ir geresnė medžiagų srauto kontrolė. Tačiau tai nėra produktų perdirbimas į kitos paskirties produktus. Pavyzdžiui, tai nėra panaudotų padangų perdirbimas į gumines grindų plyteles, rašalą, kilimus ar automobilių dalis. Kai padanga pasiekia perdirbimo fazę, iš jos išgaunamos visos pirminės medžiagos ir naudojamos naujoms padangoms gaminti (Jensen, 2022).

Pagal išteklių atkūrimo modelį ištekliai atkuriami galutiniame produkto naudojimo etape – atgaunamos medžiagos, energija ir kiti ištekliai pasibaigus gaminio naudojimo laikui, kai gaminys tampa nebefunkcionalus. Pagal šį modelį veikiančios įmonės yra tiesiogiai suinteresuotos išgauti visų jų produktų atgautiną vertę. Produktų dizainas yra orientuotas į tai, kad vertės atkūrimas būtų lengvas ir efektyvus. Šis verslo modelis taip pat užtikrina, kad vartotojai būtų skatinami grąžinti gaminius (pvz., pagal sutartį, užstačius gaminį arba naudojantis gaminio kaip paslaugos sistemos modeliu). Dėl dabartinės pakartotinio perdirbimo praktikos dažnai pablogėja medžiagų kokybė. Šis žiedinės ekonomikos modelis užtikrina, kad ištekliai atgaunami, todėl išlaikoma aukščiausia įmanoma kokybė. Būsimi medžiagų srautai priklauso ne nuo kasybos pramonės, o nuo žiedinės ekonomikos cirkuliacijos.

Pagal produkto gyvavimo ciklo prailginimo modelį gaminiai projektuojami taip, kad būtų galima juos taisyti, patobulinti, pakartotinai naudoti, lengvai išardyti, atnaujinti ir perdirbti visus komponentus. Jeigu pagal linijinės ekonomikos modelį produktas yra parduodamas kitam iš eilės vartotojui, o pagrindinis tikslas yra parduoti kuo daugiau naujų produktų, tai žiedinėje ekonomikoje siekiama gauti nuolatinį pajamų srautą per visą produkto naudojimo ciklą.

Pagal dalijimosi ekonomikos koncepciją maksimaliai padidinamas nenaudingų laikomo turto naudojimas bendruomenėje, o klientams suteikiama patogی prieiga prie produktų ir paslaugų. Šis modelis taip pat apima dalijimąsi pramoniniu turto, pvz., konvejeriais, šakiniais krautuvais, mašinomis, sandėliais ir kt. Norint įgyti prieigą prie turto, jo nebereikia pirkti ar nuomotis iš tradicinių tiekėjų, jį suteikia individualūs asmenys ir įmonės. Šiam modeliui būdinga aukšta turto panaudojimo procentinė dalis.

Pagal produkto kaip paslaugos sistemos modelį klientas perka paslaugą – teisę naudotis produktu tam tikrą ribotą laiką, tuo tarpu tiekėjas išlaiko produkto nuosavybės teisę. Papildoma tiekėjo motyvacija – nuolatinė produkto priežiūra, ilgaamžiškumas, atnaujinimas ir apdorojimas pasibaigus produkto naudojimo laikui. Šis modelis padeda perkelti dėmesį nuo apimties (kiekio) prie našumo, taip padidinant produkto naudingumo koeficientą ir pailginant jo naudingą tarnavimo laiką. Modelis leidžia verslui pasinaudoti potencialiomis neišnaudotomis galimybėmis,

pavyzdžiui, naujomis pergaminimo / atnaujinimo rinkomis. Tuo pat metu šis modelis didina ir verslo atsparumą, kadangi leidžia išlaikyti produktų ir medžiagų kontrolę, sumažinti medžiagų sąnaudas, apsaugoti nuo medžiagų kainų sukrėtimų ir galimų medžiagų trūkumo problemų. Tiekėjas yra atsakingas už saugesnius utilizavimo mechanizmus ir turi tam finansinę paskatą, tuo tarpu tradiciniuose modeliuose už tai buvo atsakingas galutinis vartotojas, dažnai be jokios finansinės paskatos. Nemateriali nauda – naudingas nuolatinis bendravimas su klientais ir įžvalgos, kaip naudojami produktai.

Žaliųjų verslo modelių koncepcija reiškia inovatyvius ir aplinkai draugiškus būdus vykdyti verslą („Force technology“, 2014). Didesnis dėmesys ekologiškiems verslo modeliams gali užtikrinti, kad verslas pasirengęs būsimiems teisiniams reikalavimams, klientų reikalavimams, energijos tiekimui, ribotiems ištekliams, atliekų tvarkymo sistemoms ir kt.

Žalieji verslo modeliai paprastai apima vieną ar daugiau iš šių elementų: produktų ir medžiagų perdirbimą, mainų ekonomiką ir nepageidaujamų ar toksiinių medžiagų keitimą aplinkai draugiškesnėmis („Force technology“, 2014).

Žalieji verslo modeliai yra siejami su orientacija į produktus (pvz., švarių technologijų kompanijos, naudojančios atsinaujinančią vėjo ir / ar saulės energiją, gaminančios išteklius taupančius produktus), orientacija į paslaugas (pvz., aplinkosaugos konsultacijų teikimas) ir į procesą orientuotų iniciatyvų įgyvendinimą vertės grandinėje (pvz., aplinkos ISO standartai, įmonės socialinė atsakomybė, žaliosios ataskaitos ir kt.). Henriksen et al. (2012) žaliuosius verslo modelius priskiria dviem pagrindinėms kategorijoms: paskatų modeliai (angl. *incentive models*) ir gyvavimo ciklo modeliai (angl. *life-cycle models*).

Paskatų modeliai. Vienas iš būdų kurti žaliąją vertę vertės grandinėje yra skatinti klientus / vartotojus efektyviau naudoti išteklius. Tai padeda minimizuoti energijos ir išteklių naudojimą bei reikalauja minimalaus aptarnavimo. Kaip pagrindiniai paskatų modeliai minimi funkcinų pardavimų, energijos taupymo, cheminių medžiagų valdymo paslaugų bei dizaino-statybos-finansavimo-veiklos modeliai (žr. 15 lentelę).

Funkcinių pardavimų modelis yra bendrasis verslo modelis, turintis įprastų ekologiško verslo modelio bruožų. Šio modelio struktūra suteikia tiekėjui paskatų optimizuoti ir prižiūrėti produktą taip, kad būtų užtikrintas produkto gyvavimo ciklo sąnaudų efektyvumas, o tai, savo ruožtu, sumažina neigiamą poveikį aplinkai. Pagrindinė modelio įgyvendinimo kliūtis yra įtikinti klientus, kad jiems neverta pirkti produkto, norint juo naudotis. Kiti barjerai – netinkama įmonės saviorganizacija, verslo kultūra, integracijos tarp įmonės padalinių trūkumas, vykdymo padalinių

atskyrimas nuo už investicijas atsakingų padalinių / institucijų, žinių apie modelio naudą trūkumas.

15 lentelė. Pagrindiniai žalieji verslo modeliai, priskiriami paskatų modelių kategorijai

Modelis	Apibūdinimas	Įgyvendinimo barjerai
Funkcinių pardavimų	Funkciniai pardavimai leidžia vartotojui mokėti už produkto funkcionalumą ar teikiamą rezultatą užuot pirkus patį produktą (nuoma, dalijimasis)	Produktų pirkimo stereotipai, integracijos tarp padalinių trūkumas, vykdymo atsiejimas nuo investicijų
Energijos taupymo	Paslaugos teikėjas optimizuoja vartotojo operacijas ir mainais gauna užmokestį už suteiktą ekonomiją. Vartotojas neturi mokėti iš anksto ir moka tuo mažiau, kuo mažiau naudojasi paslauga	Didelės, rizikingos investicijos, atsiperkančios tik ilguoju laikotarpiu
Cheminių medžiagų valdymo paslaugų	Šis modelis yra pagrįstas ilgalaikėmis sutartimis, pagal kurią cheminių medžiagų valdymo paslaugų teikėjas prisiima atsakomybę valdyti kliento įmonėje naudojamas chemines medžiagas ir siekia sumažinti su jomis susijusią riziką ir kaštus	Nepasitikėjimas paslaugos teikėju, nenoras atskleisti konfidencialią informaciją, sutarčių nelankstumas, sunkiai išmatuojama nauda
Dizaino-statybos-finansavimo-veiklos	Pagal šį modelį įmonės imasi intensyvių ilgalaikių projektų, kur privatūs finansai, statybos, paslaugos ir aptarnavimas yra numatomi sutartyje 20–30 metų laikotarpiu	Nelanksčios ilgalaikių projektų sutartys, sunku įvertinti projekto šalių riziką, sudėtingi dokumentavimo ir viešųjų pirkimų procesai

Šaltinis: sudaryta autorių pagal Henriksen et al., 2012, 23 p.

Daugiausia energijos taupymo modelio pavyzdžių pastebima taupant energiją (elektros, vandens) viešojo sektoriaus pastatuose. Paslaugos teikėjas atlieka investicijas kliento įmonėje energijos taupymo tikslais. Viena iš didžiausių modelio įgyvendinimo kliūčių yra ta, kad gali prireikti labai didelių investicijų. Šios investicijos laikomos rizikingomis, kadangi paslaugos teikėjo rezultatai priklauso nuo kliento elgsenos, jos atsiperka tik ilguoju laikotarpiu (kartais nuosavybės turėjimo laikotarpis yra trumpesnis už numatomą atsipirkimo laikotarpį).

Diegiant cheminių medžiagų valdymo paslaugų modelį, cheminių medžiagų tiekėjas ir naudotojas turi bendrą tikslą sumažinti naudotojo procesuose naudojamų cheminių medžiagų sąnaudas ir kiekius. Tradiciniuose tiekėjo ir pirkėjo santykiuose

tiekJo pelnas priklauso nuo parduotų produktų kiekio: kuo didesnis kiekis, tuo didesnis pelnas. Tačiau šiuo atveju tiekJo pelnas priklauso nuo to, kaip gerai atliekama cheminių medžiagų valdymo funkcija: vartotoją domina galutinis rezultatas. Pagrindinė šio modelio diegimo kliūtis yra ta, kad klientai dažnai nenori sudaryti sutarčių su tiekėjais: sutartys yra ilgalaikės, todėl sunku pereiti pas kitą tiekėją. Be to, klientas dažnai nepasitiki tiekėju ir nenori atskleisti konfidencialios informacijos apie procesų eigą. Modelio vertę lemia paslaugos teikėjo gebėjimas sumažinti visas cheminių medžiagų sąnaudas. Tačiau gamybos procesuose dažnai būna sunku susieti sąnaudas su tam tikrų cheminių medžiagų naudojimu, todėl sunku nustatyti bendruosius cheminių medžiagų naudojimo kaštus ir įvertinti modelio naudą.

Dizaino-statybos-finansavimo-veiklos modelis padeda paskirstyti riziką ir atsakomybę tarp projekto šalių. Taikant šį modelį, ilgalaikės sutartys suteikia paskatų gerinti statybos projekto kokybę ir sumažinti projekto gyvavimo ciklo sąnaudas. Tačiau nerimaujama dėl lankstumo trūkumo vykdant ilgalaikius projektus, netikrumo laipsnio apskaičiuojant projekto šalių riziką. Gautus rezultatus labai sunku dokumentuoti ir įvertinti. Veikdamos pagal šį modelį, viešosios institucijos įsitraukia į sudėtingus viešųjų pirkimų procesus.

Gyvavimo ciklo modeliai. Šie modeliai padeda sutelkti dėmesį į smulkesnes ar stambesnes įmonių vertės grandinės dalis, siekiant kurti „žaliąją“ vertę visoje vertės grandinėje. Pagrindiniai gyvavimo ciklo modeliai yra „žalioji“ tiekimo grandinės valdymas, susigrąžinimo valdymas, „nuo lopšio iki lopšio“ (angl. *cradle-to-cradle* (C2C)) ir industrinė simbiozė (žr. 16 lentelę).

16 lentelė. Pagrindiniai žalieji verslo modeliai, priskiriami gyvavimo ciklo modelių kategorijai

Modelis	Apibūdinimas	Įgyvendinimo barjerai
Žalioji tiekimo grandinės valdymas	Žalioji tiekimo grandinės valdymas yra integruotas veiklos valdymas visoje tiekimo grandinėje diegiant žaliavų, komponentų, produktų ir paslaugų inovacijas, mažinant kaštus	Finansavimo ir žmogiškųjų išteklių trūkumas, atsiperkumumas tik ilguoju laikotarpiu, sunkiai išmatuojama nauda
Susigrąžinimo valdymas	Šis modelis praplečia gamintojo atliekų valdymo atsakomybę per produkto grąžinimo ir tolesnio naudojimo mechanizmus. Taikomas gamintojams, mažmenininkams, vartotojams, perdirbėjams	Logistikos problemos, perdirbimui tinkamų produktų kūrimo ir gamybos problemos

Modelis	Apibūdinimas	Įgyvendinimo barjerai
„Nuo lopšio iki lopšio“	Padedą kurti inovatyvius beatliekių produktus, kuriuos galima visiškai integruoti į perdirbimo ar biologinio suirimo procesus	Didelės investicijos į perdirbimo technologijas, praktiškai pritaikomų perdirbimo technologijų trūkumas
Industrinė simbiozė	Tai dalijimosi ištekliais ir tarpiniais produktais tarp pramonės subjektų modelis	Galimos sinergijos nustatymo sunkumai, informacijos konfidencialumo nulemtos kliūtys

Šaltinis: sudaryta autorių pagal Henriksen et al., 2012, 23 p.

Pagal žaliąjį tiekimo grandinės valdymo modelį žaliavos ir komponentai naudojami kuo tvariau, toksinis medžiagų turinys minimizuojamas, o jei įmanoma – pašalinimas. Produktų ir paslaugų tiekėjams taip pat keliama aplinką tausojančios elgsenos reikalavimai. Nemaža dalis įmonių, veikiančių pagal šį modelį, atranda alternatyvių žaliavų, kurių kaštai taip pat yra mažesni. Tačiau trūksta informacijos ir priemonių, leidžiančių šį modelį valdyti optimaliai. Susiduriama su finansavimo ir žmogiškųjų išteklių trūkumu kuriant naujus produktus ir procesus. Viena iš didžiausių problemų yra išteklių trūkumas, kadangi sukuriamą konkurenciją tarp išteklių ir kitų įmonės prioritetų. Kaštai patiriami trumpuoju laikotarpiu, nauda gaunama ilguoju laikotarpiu.

Veikdamos pagal susigrąžinimo valdymo modelį, įmonės kuria ekonomišką būdą, kaip susigrąžinti produktus iš platintojų ir klientų. Bendradarbiaudami su gaminių dizaineriais ir kitais subjektais, tiekimo grandinės vadovai gali kurti sistemas, leidžiančias susigrąžinti produktus kaip turtą ir sumažinti gamybos sąnaudas. Tačiau šiame modelyje yra sunku įvertinti, koks yra paskutinės vertės grandinės dalies poveikis pirmajai grandinės daliai, kadangi gamyboje jau panaudotos medžiagos susigrąžinamos vėl. Taip pat iškyla problemų, kaip pergabenti naudotus produktus iš vartotojo atgal gamintojui ir kada tai iš viso verta daryti (pvz., nėra prasmės Europoje panaudotą ir nurašytą produktą gabenti atgal gamintojui Kinijoje). Didžiausi sunkumai iškyla pagaminti produktus taip, kad juos ar iš jų gautas medžiagas būtų galima naudoti pakartotinai.

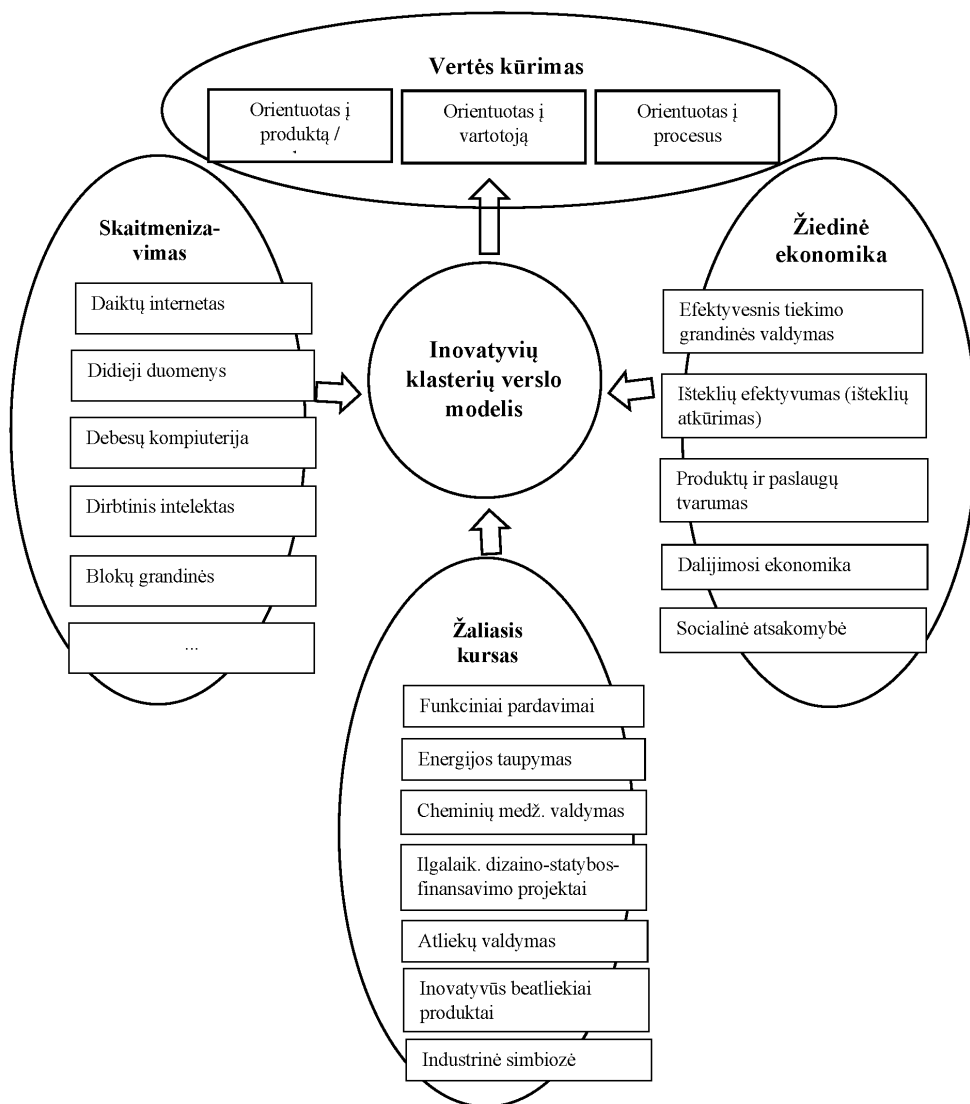
Modelio „nuo lopšio iki lopšio“ paradigmą pirmą kartą pristatė šveicarų architektas Walter R. Stahel 1970 m. („Sustainability Dictionary“, 2005). Vėliau ji buvo išplėta. Konceptijos tikslas – skatinti galvoti, kad verslo modeliai turi būti žiediniai, o įmonėje gaunamos atliekos gali būti pakartotinai panaudotos techninėje ar biologinėje srityje. Diegiant šį modelį, turi dalyvauti visos suinteresuotosios pusės vertės grandinėje (tiektėjai, vartotojai, galutiniai vartotojai, viešosios institucijos). Reikia,

kad procesai vertės grandinėje būtų itin skaidrūs. Pagrindinė praktinio įgyvendinimo kliūtis – didelės investicijos į medžiagas ir technologijas. Kai kurių medžiagų perdirbimui dar net nėra sukurta praktinių metodų.

Industrinė simbiozė – tai sisteminis požiūris į tvaresnę ir integruotą pramonės ekonomiką, identifikuojant verslo galimybes panaudoti nepakankamai išnaudojamus išteklius (medžiagas, energiją, vandenį, pajėgumus, žinias, turtą ir kt.) (Lombardi ir Laybourn, 2012). Modelio tikslas – sumažinti dalyvaujančių įmonių sąnaudas ir poveikį aplinkai. Pagal šį modelį pramonės šakos, kurios paprastai yra atskiros, keičiasi ir dalijasi ištekliais (pvz., vienos įmonės atliekos tampa kitos įmonės žaliavomis). Didžiausias iššūkis diegiant šį modelį yra nustatyti, kokia sinergija galima tarp įmonių, ir kokiais ištekliais galima dalytis. Kitos kliūtys yra nenoras dalytis konfidencialia informacija apie gamybai naudojamus medžiagas, procesus.

Remiantis atlikta literatūros analize ir atsižvelgiant į tai, kad tradiciniai verslo modeliai moderniojoje ekonomikoje yra transformuojami, o pagrindiniai šias transformacijas skatinantys veiksniai yra skaitmenizavimas, žiedinė ekonomika ir Europos žaliasis kursas, sudaromas vertę kuriantis inovatyvių klasterių verslo modelis (žr. 8 pav.). Vertę kuriančio inovatyvių klasterių verslo modelio šiuolaikinės ekonomikos sąlygomis interpretacija: inovatyvių klasterio modelis yra veikiamas šiuolaikinių ekonomikos sąlygų, kurių pagrindinės – skaitmenizavimas, žiedinė ekonomika ir Europos žaliasis kursas. Esant efektyviai minėtų sąlygų integracijai į modelį didėja kuriama vertė, orientuota į produktą, procesą ar vartotoją.

Apibendriname: anksčiau tradiciniais buvę verslo modeliai moderniojoje ekonomikoje yra transformuojami, ir pagrindiniai šias transformacijas skatinantys veiksniai yra skaitmenizavimas, žiedinė ekonomika ir Europos žaliasis kursas. Vadinas, inovatyvių klasterių verslo modeliuose vertė turi būti kuriama atsižvelgiant į minėtų veiksmų įtaką. Skaitmenizavimo veiksnys verslo modelyje padeda kurti vertę, pagrįstą klientų / vartotojų naudos plėtra naudojant skaitmenines technologijas. Žiedinės ekonomikos verslo modeliai diegiami turint tikslą naudoti produktus ir medžiagas kuo ilgiau ir maksimizuoti iš jų gaunamą vertę. Žaliųjų verslo modelių koncepcija reiškia inovatyvius ir aplinkai draugiškus būdus vykdyti verslą, o dėmesys ekologiškiems verslo modeliams gali užtikrinti, kad verslas pasirengęs būsimiems teisiniam reikalavimams, klientų reikalavimams, energijos tiekimui, ribotiems ištekliais, atliekų tvarkymo sistemoms ir kt. Skaitmenizavimu, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso principais pagrįsti verslo modeliai leis sumažinti veiklos kaštus, sukurti nuolatinius pajamų srautus per produktų pakartotinio naudojimo ciklus, kurti klimatui draugiškus patrauklius produktus, užsitikrinti glaudesnę ryšį su vartotojais ir padidinti verslo atsparumą dėl geresnės medžiagų kontrolės. „Nieko nedarymo“ strategijos jau nebepakanka.



8 pav. Vertę kuriantis inovatyvių klasterių verslo modelis šiuolaikinės ekonomikos sąlygomis
Šaltinis: sudaryta autorių.

3.

PRAMONĖS SKAITMENINĖS TRANSFORMACIJOS VERTINIMAS

Pramonės skaitmeninė transformacija pastaruoju metu tampa svarbia prielaida užtikrinti jos traptautinį konkurencingumą. Skaitmenizavimo procesai keičia ne tik atskirų verslo įmonių veiklos procesus, bet ir tarptautines vertės kūrimo grandines, kuriose dalyvauja aibė skirtingų subjektų. Skaitmenizavimo procesų tempus ir efektyvumą lemiančių veiksnių vertinimas, siekiant pristi duomenimis grįstus sprendimus, tampa ypač aktualia mokslinė praktinė problema sparčios technologinės pažangos ir ekonomikos globalizacijos sąlygomis. Šiame skyriuje, remiantis literatūros sintezės, sisteminimo ir apibendrinimo metodais, pagrindžiama nauja skaitmenizavimo procesų ir tendencijų vertinimo metodika, kurios pagrindindu formuojamas Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas (SPSI), sudarytas iš Pramonės skaitmeninimo indekso (PSI) ir Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indekso (PSLI), kuris akumuliuoja visumą rodiklių ir metodų, kurie įgalina stebėti, analizuoti ir vertinti skaitmeninės transformacijos lygį Europoje bei prognozuoti galimus pokyčius.

3.1. Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas – pramonės skaitmeninės transformacijos vertinimo instrumentas

Dėl technologinės pažangos pramonės sektorius per pastaruosius 250 metų patyrė didžiulių pokyčių, pradedant garo mašinos įgalinta mechanizacija (Pramonė 1.0), elektrifikacija, surinkimo linijos atsiradimu ir masine gamyba (Pramonė 2.0) bei

tęsiant pramoninių robotų paplitimu ir automatizuota gamyba (Pramonė 3.0) (Tofan, 2018). Taigi, pramonės sektorius patiria nuolatinės transformacijos, kurios lemia didesnes gamybos apimtis ir efektyvumą, mažesnę produkcijos kainą, didesnę prekių įvairovę, didėjančią darbo užmokestį ir pan.

Šiuo metu pramonės sektorius išgyvena dar vieną, ketvirtąją, technologinės pažangos bangą – naujų skaitmeninių pramonės technologijų plėtrą. Naujausią pramonės transformaciją lemia devyni esminiai technologiniai pasiekimai (žr. 9 pav.).



9 pav. Pagrindinės technologijos, kurios transformuoja pramonės sektorių. Šaltinis: *European Court of Auditors*.

Atsižvelgiant į šią technologinę plėtrą skaitmeninių technologijų srityje, Vokietijoje 2011 m. iškilo nauja Pramonė 4.0 koncepcija. Pramonė 4.0, įvardinama kaip ketvirtoji pramonės revoliucija, yra labai plati sąvoka, naudojama pramonės bei susijusiuose sektoriuose, pagrįsta technologijų, leidžiančių sukurti pažangių, autonominių ir decentralizuotų gamyklų bei integruotų produktų ir paslaugų ekosistemas, integracija.

Pagrindas naujai skaitmeninei revoliucijai yra skirtingų įrenginių bei technologijų sujungimas tarpusavyje ir galimybė realiuoju laiku gauti visą reikiamą infor-

maciją apie visus verslo veiklos procesus. Visa tai įmonėms gali suteikti galimybę koreguoti ir optimizuoti verslo veiklos elementus, atsižvelgiant į įvairius kriterijus, pvz.: įmonės sąnaudas, išteklių prieinamumą ar jų naudojimą, darbo jėgos prieinamumą ir pan. Tam, kad įmonės galėtų pasinaudoti skaitmeninių technologijų teikiama is pri valumais, sėkminga plačiajuosčio ryšio plėtra įmonėse yra būtina sąlyga, kad informacija galėtų sklisti realiuoju laiku, o įrenginiai bei žmonės būtų sujungti į bendrą ekosistemą.

Technologinių pokyčių kontekste, Europos investicijų banko (EIB) vertinimu, pramonės skaitmeninimas nėra tiesiog informacinių ir ryšių technologijų (IRT) sistemų ir įrangos įsigijimas. Skaitmeninių technologijų taikymas yra kur kas platesnis procesas, susijęs su esminiais verslo veiklos pokyčiais šiose sferose:

- **Procesai.** Skaitmeninimas apima gamybos automatizavimo didinimą bei įgalina įvairių simuliacijų ir duomenų analitikos integraciją į įvairius verslo procesus ir tiekimo grandines. Dėl šios priežasties per visą produkto gyvavimo ciklą nuo jo projektavimo iki pateikimo klientui galima pasiekti didelį ir nuolatinį našumo bei išteklių naudojimo efektyvumo padidėjimą.
- **Produktai.** Plėtojantis daiktų interneto technologijai, skaitmeninimas įžengia į produktų sritį, kai IRT technologijos yra įtraukiamos į įvairių tipų produktus. Tokio proceso pavyzdžiai yra autonominiai automobiliai, nešiojamieji įrenginiai ar išmanioji buitinė technika.
- **Verslo modeliai.** Skaitmeninimas stipriai veikia vertės kūrimo grandines bei ištrina ribas tarp produktų ir paslaugų. Išmanieji ir sujungtieji produktai tiek skatina klientų elgsenos pokyčius, tiek prie jų prisitaiko, todėl kyla bendrai kuriamų individualizuotų produktų ir paslaugų poreikis (*European Investment Bank*, 2019).

Siekiant išlaikyti ir padidinti įmonių konkurencingumą Lietuvoje ir Europoje, pramonės įmonės privalo būti atviros skaitmeninei transformacijai ir jos siūlomoms galimybėms. Tyrimai rodo, kad produkcijos ir paslaugų skaitmeninimas Europos pramonės įmonėms kas metus sukurs papildomus 110 mlrd. eurų pajamų. Kiti tyrimai rodo, kad vien tik sėkminga skaitmeninių technologijų integracija į gamybos vertės kūrimo grandines sektoriui iki 2030 m. turėtų padėti paaugti 15–20 % (Santosa et al., 2017)

Siekis parengti Suminį pramonės skaitmeninimo indeksą buvo paskatintas šių motyvų (Bacevičius et al., 2022):

- Iki šiol nuoseklus Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriaus skaitmeninio lygio stebėjimas ir vertinimas nebuvo įgyvendintas. Skirtingos organizacijos, įgyvendindamos pavienes iniciatyvas, įvertino įvairius su pramonės vystymusi

susijusius aspektus, įskaitant ir skaitmeninimo padėtį, tačiau skirtingi vertinimai neleido pamatyti bendro Lietuvos apdirbamosios pramonės vaizdo bei jo santykio su kitomis ES šalimis.

- Skaitmeninės ekonomikos ir visuomenės indeksas (DESI) yra vienas pagrindinių skaitmeninę transformaciją matuojančių rodiklių visoje ES. Visgi, dauguma rodiklių šiame indekse yra bendro pobūdžio ir apima įvairias ekonomines veiklas, todėl jų naudojimas pramonės kontekste nėra visiškai tinkamas.
- Įrodymais ir duomenimis pagrįstas politikos formavimas, stebėjimas ir vertinimas yra vis labiau skatinamas įvairių tarptautinių institucijų, tokių kaip Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (EBPO) ar Europos Komisija (EK). Tikimasi, kad Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas prisidės prie šių principų įgyvendinimo praktiniame lygmenyje surenkant, susisteminant ir apdorojant didelius duomenų rinkinius, susijusius su pramonės sektoriumi.
- 2019 m. Lietuva buvo viena iš pirmųjų valstybių tarp ES narių, kurioje buvo parengtas Lietuvos pramonės skaitmeninimo kelrodis 2019–2030 m., apibrėžiantis pramonės viziją, siektinus tikslus ir priemones, kaip tų tikslų turėtų būti siekiama. Visgi, šio kelrodžio rėmuose nebuvo suformuluota aiški stebėsenos sistema, o pasirinkti stebėsenos rodikliai neleidžia iki galo įvertinti šalies pramonės skaitmeninės transformacijos apimčių.
- Tradiciškai pramonės sektoriaus veiklos tendencijos ir apimtys ateityje yra prognozuojamos remiantis Pramonės pasitikėjimo rodikliu ar įvairiais pramonės pirkimų vadybininkų indeksais (angl. *Purchasing Managers' Index, PMI*). Visgi, įmonių lūkesčiai skaitmeninimo srityje nėra tiriami, todėl yra sunku numatyti galimas pramonės skaitmeninimo tendencijas trumpuoju laikotarpiu bei stebėti šio proceso kaitos dinamiką.

Pagrįstai tikėtina, kad suminis pramonės skaitmeninimo indeksas bus naudingas su skaitmeninimo tematika susijusioms suinteresuotoms šalims, pvz.: politikos formuotojams, verslo asociatyvinėms struktūroms, verslo konsultantams ir pan. Pramonės skaitmeninimo indeksas suteikia išsamių įžvalgų ir duomenų apie pramonės skaitmeninimo lygį šalyje, o tuo remiantis galima ir toliau stebėti šalies pramonės skaitmeninės transformacijos pažangą bei formuoti skaitmeninimą pramonės sektoriuje skatinančias paramos priemones bei paslaugas viešajame ir privačiąjame sektoriuose.

Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas, sudarytas iš Pramonės skaitmeninimo indekso (PSI) ir Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indekso (PSLI) apibrėžia visumą rodiklių ir metodų, kurie padeda išsamiai stebėti ir analizuoti skaitmeninės transformacijos lygį Europoje bei prognozuoti trumpojo laikotarpio pokyčius šalyje.

Suminio pramonės skaitmeninimo indekso koncepcija

Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas yra paremtas dviem skirtingomis kategorijomis. Pirma, indeksą sudaro atsiliekantysis rodiklis (*angl. lagging indicator*) – Pramonės skaitmeninimo indeksas (Priedas II), kuris parodo faktinę Lietuvos poziciją lyginant su ES valstybinėmis skaitmeninės pramonės transformacijos kontekste. Antra suminio indekso dalis yra pirmaujantysis rodiklis (*angl. leading indicator*) – Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas (Priedas III), kuris atspindi Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių lūkesčius verslo skaitmeninimo kontekste bei numatyto trumpojo laikotarpio plėtros tendencijas. Taigi, suminis indeksas leidžia įvertinti Lietuvos apdirbamosios pramonės skaitmeninimo lygį ir numatyti trumpojo laikotarpio pokyčius. Suminiam pramonės skaitmeninimo indeksui apskaičiuoti yra naudojama ši formulė:

$$\text{Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas} = \text{PSI} * \text{PSLI koeficientas} \quad (1)$$

PSLI koeficientas yra apskaičiuojamas surandant PSLI rezultato atitikmenį skalėje nuo 0,8 iki 1,2. Skaičiuojant sudėtinį pramonės skaitmeninimo indeksą yra daroma prielaida, kad esant skirtingiems Lietuvos įmonių skaitmeninimo lūkesčiams, šalies skaitmeninės pramonės progresas, lyginant su kitomis šalimis, gali kisti nuo -20 iki 20 %. Galimas pokytis yra pasirinktas atsižvelgiant į toliau nurodomus faktorius:

- Įvairios mokslinės publikacijos bei tarptautiniai apdirbamosios pramonės įmonių tyrimai rodo, kad yra didžiulis tarpas tarp įmonių ketinimų ir realių jų pasiekimų skaitmeninimo srityje. Pvz., tyrimas Jungtinės Amerikos Valstijose parodė, kad tik 10 % pramonės įmonių, kurios buvo parengusios savo įmonės skaitmeninimo kelrodžius, juos sėkmingai įgyvendino iki galo (*Aptean*) (Andy Pickard, 2022). Kiti tyrimai (*Delloite, McKinsey & Company, Boston Consulting Group*) rodo, kad apie 70 % įgyvendinamų skaitmeninės transformacijos projektų nepasiekia numatytų tikslų ir tik apie 16 % yra visiškai sėkmingi, t. y. pasiekiamas lauktas technologinis progresas ir su tuo susijęs produktyvumo, efektyvumo, inovatyvumo ir pan. augimas.
- Ateinanti dešimtmetį yra prognozuojamas reikšmingas pramonės skaitmeninimo rinkos augimas. Skirtingais vertinimais skaitmeninė transformacija apdirbamosios pramonės rinkoje turėtų augti apie 19.48 % (*Mordor Intelligence*, 2022); 22.1 % (*Fortune Business Insights*, 2022), 19 % (*Esticast Research & Consulting*, 2022).

- Technologiniu požiūriu, pasaulinė skaitmeninė rinka, susijusi su robotika, 3D spausdinimu, daiktų internetu, turėtų reikšmingai augti. Didžiausias augimas yra numatomas daiktų interneto srityje: metinis augimas turėtų siekti apie 16,2 % (*Straits Research*, 2022).
- Pasaulinė robotikos rinka per ateinančius penkerius metus kasmet turėtų augti apie 20 %, o pramonės automatizavimo lygis 2018–2025 m. padidės maždaug 9 % kas metus (*Deepak Gupta*, 2022).

Pabrėžtina, kad tas pats Suminio pramonės skaitmeninimo indekso rezultatas gali būti interpretuojamas skirtingai, atsižvelgiant į PSI ir PSLI rezultatus. Pavyzdžiui, ta pati reikšmė gali reikšti, kad šalyje šiuo metu yra nuosaikus pramonės skaitmeninimo lygis, o lūkesčiai yra labai pozityvūs bei tai, kad šalis yra labai pažengusi pramonės skaitmeninimo srityje, o lūkesčiai yra labai negatyvūs. Atsižvelgiant į tai, toliau yra pateikiama paaiškinamoji lentelė, pagal kurią turi būti interpretuojamas Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas.

17 lentelė. Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas

PSI \ PSLI		Labai negatyvios tendencijos (0–25)	Negatyvios tendencijos (26–50)	Pozityvios tendencijos (51–75)	Labai pozityvios tendencijos (76–100)
		0,8–0,9	0,904–1	1,004–1,1	1,104–1,2
Žemas pramonės skaitmeninimo lygis	0–25	0–22,5	0–25	1–27,5	3,8–30
Vidutinis pramonės skaitmeninimo lygis	26–50	20,8–45	23,5–50	26,1–55	28,7–60
Aukštas pramonės skaitmeninimo lygis	51–75	40,8–67,5	46,1–75	51,2–82,5	56,3–90
Išskirtinai aukštas pramonės skaitmeninimo lygis	76–100	60,8–90	68,7–100	76,3–100	83,9–100

Šaltinis: sudaryta autorių.

Atkreiptinas dėmesys, kad Suminis pramonės skaitmeninimo indekso rezultatas neturėtų būti interpretuojamas kaip prognozė, siekiant numatyti galimą ateities Pramonės skaitmeninimo indekso rezultatą.

Pramonės skaitmeninimo indekso (PSI) nustatymo metodologija

Pramonės skaitmeninimo indeksas (PSI) yra paremtas dviem skirtingomis kategorijomis, t. y. pramonės skaitmeninimą *įgalinanti aplinka* ir *technologijų naudojimas*. Technologijų naudojimo kategorijai yra suteikta didesnė svarba dėl platesnio ir tikslesnio duomenų prieinamumo, tad šios kategorijos svoris bendrame PSI sudaro 60 %. Dėl mažesnio duomenų prieinamumo, su kuriais būtų įmanoma kuo tiksliau analizuoti pramonės skaitmeninimo procesus įgalinančią aplinką, kategorija įgalinanti aplinka PSI sudaro 40 % bendro vertinimo.

- *Įgalinanti aplinka*: kategorija padeda stebėti skaitmeninimo ekosistemos elementus, kurie įgalina ir palengvina įmonių skaitmeninę transformaciją.
- *Technologijų naudojimas*: kategorija leidžia išmatuoti įmonių skaitmeninės transformacijos veiklos rezultatus, t. y. technologijų naudojimo apimtį įmonėse.
- PSI: bendras indeksas leidžia stebėti ir analizuoti visą pramonės skaitmeninimo ekosistemą bei jos pasiektus rezultatus.

Abi PSI kategorijas sudaro specifinės subkategorijos, kurios apima konkrečius su Subkategorija susijusius rodiklius. Kiekvienai subkategorijai ir rodikliui, atsižvelgiant į jų potencialią įtaką įgalinti pramonės skaitmeninimą bei jo modernizavimą, yra suteiktas skirtingas svartinis koeficientas, skaičiuojant subkategorijų, kategorijų ir bendro PSI rezultatus. Toliau yra pateikiama lentelė, apibendrinanti Pramonės skaitmeninimo indekso logiką.

18 lentelė. Pramonės skaitmeninimo indekso struktūra

Kategorija (svertinis koeficientas)		Subkategorija (svertinis koeficientas)	Rodiklis (metai)	Rodiklio svertinis koeficientas
Pramonės skaitmeninimo indeksas (100 balų)	Igalinanti aplinka (40 %)	Įgūdžiai (25 %)	Įmonės, kurios suteikė mokymus savo darbuotojams tobulinti jų IRT įgūdžius (2020)	25 %
			Įmonės neturėjo problemų, užpildydamos laisvas darbo vietas, kurios reikalavo IRT įgūdžių (2020)	25 %
			Apdirbamojoje pramonėje įdarbinti IRT specialistai (2020)	25 %
			STEM absolventai (2019)	25 %
		Infrastruktūra (25 %)	Didžiausia sutartyje numatyta sparčiojo fiksuotojo interneto ryšio atsisiuntimo sparta yra ne mažesnė kaip 100 megabaitų per sekundę (Mb / s) (2021)	25 %
			5G skverbti (2021)	25 %
			Prieiga prie skaitmeninės infrastruktūros – jokių kliūčių (2019)	25 %
			Ryšys tarp mašinų (M2M), M2M SIM kortelių skverbti (2019)	25 %
		Bendradarbiavimas (12,5 %)	Bendradarbiauja su verslo įmonėmis, nepriklausančiomis įmonės grupei	25 %
			Bendradarbiauja su konsultantais, komercinėmis laboratorijomis	25 %
			Bendradarbiauja su universitetais, aukštojo mokslo institucijomis	25 %
			Bendradarbiauja su valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais	25 %
		Investicijos (25 %)	Vienai įmonei tenkančios investicijos į mašinas ir įrenginius	33,3 %
			Vienai įmonei tenkančios investicijos į programinę įrangą	33,3 %
			Išlaidos inovacijoms (įskaitant MTEP)	33,3 %

Kategorija (svertinis koeficientas)	Subkategorija (svertinis koeficientas)	Rodiklis (metai)	Rodiklio svertinis koeficientas
Technologijų naudojimas (60 %)	Inovaciniai pajėgumai (12,5 %)	Nauji ar patobulinti metodai gaminti prekėms ar teikti paslaugoms	40 %
		Naujos verslo praktikos organizuoti procedūras ar išorinius ryšius	15 %
		Naujų darbo atsakomybės, sprendimų priėmimo ar žmogiškųjų išteklių valdymo organizavimo metodai	15 %
		Logistikos inovacijos	15 %
		Nauji ar patobulinti metodai informacijos apdorojimui ar komunikacijai	15 %
	Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje (7 %)	Ryšių su klientais valdymo sistemų, tokių kaip CRM, naudojimas (2021)	40 %
		Įmonės išteklių planavimo (ERP) įrangos paketų, skirtų dalytis informacija tarp skirtingų verslo funkcinių sričių, naudojimas (2021)	60 %
	Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas (7 %)	Įmonės, siunčiančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamos automatizuotam apdorojimui (2018)	25 %
		Įmonės, gaunančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamos automatizuotam apdorojimui (2018)	25 %
		Įmonės, kurių verslo procesai yra automatiškai susieti su jų tiekėjais ir / ar vartotojais (2017)	50 %
	Debesų kompiuterija (12,5 %)	Įmonės, perkančios visas šešias debesų kompiuterijos programinės įrangos paslaugas (2021)	33,3 %
		Įmonės, perkančios visas tris debesų kompiuterijos infrastruktūros paslaugas (2021)	33,3 %
		Įmonės, perkančios debesų kompiuterijos platformos paslaugas (2021)	33,3 %
	Didieji duomenys (12,5 %)	Įmonės analizuoja didžiuosius duomenis iš išmaniųjų įrenginių ar jutiklių (2020)	50 %
		Įmonės analizuoja didžiuosius duomenis įmonės viduje, naudodamos bet kurį analizės metodą (2020)	50 %

Kategorija (svertinis koeficientas)	Subkategorija (svertinis koeficientas)	Rodiklis (metai)	Rodiklio svertinis koeficientas
	3D spausdinimas (12,5 %)	Įmonės naudoja nuosavus 3D spausdintuvus (2018)	40 %
		Naudoja 3D spausdinimą parduodamoms prekėms, išskyrus prototipus ar modelius (2020)	15 %
		Įmonės naudoja 3D spausdintuvus parduodamiems prototipams ar modeliams (2020)	15 %
		Naudoja 3D spausdinimą prototipams ar modeliams vidiniam naudojimui (2020)	15 %
		Įmonės naudoja 3D spausdinimą produktams, kurie bus naudojami įmonės gamybos procese, išskyrus prototipams ar modeliams (2020)	15 %
	Robotika (12,5 %)	Industriinių robotų naudojimas (2019)	80 %
		Paslaugų robotų naudojimas (2019)	20 %
	Daiktų internetas (12,5 %)	Įmonės naudoja sensorius ar RFID žymas stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą (2021)	40 %
		Naudoja išmaniuosius skaitiklius, lempas, termostatus, siekiant optimizuoti energijos suvartojimą įmonės patalpose (2021)	20 %
		Naudoja jutiklius, RFID ar IP žymas arba internetu valdomas kameras, kad pagerintų klientų aptarnavimą, stebėtų klientų veiklą arba pasiūlytų jiems individualizuotą patirtį (2021)	20 %
		Naudoja judėjimo arba priežiūros jutiklius, kad stebėtų transporto priemonių ar gaminių judėjimą, pasiūlyti transporto priemonių techninę priežiūrą pagal jo būklę (2021)	20 %
	Dirbtinis intelektas (12,5 %)	Įmonės naudoja bent vieną DI sistemą (2020)	40 %
		Įmonės naudoja DI technologijas savo gamybos procesuose (2021)	60 %
	Elektroninė prekyba (7 %)	Įmonės, turėjusios e. prekybos pardavimų (2021)	50 %
		Įmonės, perkančios internetu (2018)	50 %

Kategorija (svertinis koeficientas)	Subkategorija (svertinis koeficientas)	Rodiklis (metai)	Rodiklio svertinis koeficientas
	Interneto naudojimas ir saugumas (4 %)	Įdarbinti asmenys, kuriems verslo tikslais buvo suteiktas nešiojamasis įrenginys, leidžiantis prisijungti prie interneto mobiliojo telefono ryšio tinklais (2021)	50 %
		Įmonės, naudojančios bet kokias IRT saugumo priemones (2019)	50 %

Šaltinis: sudaryta autorių.

Pramonės skaitmeninimo indeksas apima visas 27 ES valstybes. ES valstybių pramonės skaitmeninimo rezultatai yra analizuojami bendrai, t. y. pramonės sektorių yra tiriamas kaip visuma. Atkreiptinas dėmesys, kad dauguma duomenų, naudojamų Pramonės skaitmeninimo indeksui apskaičiuoti, gauti iš įmonių, kuriose dirba 10 ir daugiau darbuotojų. Duomenys apie tokias įmones apima visą Technologijų naudojimo kategoriją bei į ją patenkančius rodiklius ir dalį rodiklių įgalinančios aplinkos kategorijoje, t. y. duomenys, susiję su įgūdžiais bei infrastruktūra.

Visgi, siekiant ištirti konkrečių pramonės sektorių skaitmeninimo rezultatus bei suvokti jų įtaką bendram konkrečios šalies PSI, priklausomai nuo prieinamumo, duomenys buvo analizuojami ir pagal skirtingus sektorius. Dalis prieinamų duomenų apie atskirus apdirbamosios pramonės sektorius yra pateikiami pagal atskirus EVRK 2 red. kodus, pvz.: C10, C11, C12 ir t. t., tuo tarpu duomenys apie kitus su skaitmeninimu susijusius rezultatus yra pateikiami agreguotai, pvz.: C10-12, C13-15, C19-23, C19-22 ir pan. Kiekvienu atskiru atveju renkantis duomenis buvo laikomasi trijų kriterijų:

- *Duomenų gylis*: duomenys renkami siekiant kuo didesnio tikslumo, susijusio su atskirais apdirbamosios pramonės sektoriais;
- *Duomenų naujumas*: renkantis duomenis yra siekiama, kad jie būtų kuo naujesni;
- *Duomenų plotis*: renkantis duomenis yra siekiama, kad jie būtų prieinami pagal kuo didesnį valstybių skaičių.

Pramonės skaitmeninimo indeksas apima 47 skirtingus rodiklius, iš kurių 42 yra prieinami pagal atskirus apdirbamosios pramonės sektorius:

- 20 rodiklių įeina į kategoriją *įgalinanti aplinka* (pagal 5 rodiklius duomenys yra neprieinami pagal atskirus apdirbamosios pramonės sektorius);
- 27 rodikliai įeina į kategoriją *technologijų naudojimas* (visi rodikliai yra prieinami pagal atskirus apdirbamosios pramonės sektorius).

Pramonės skaitmeninimo indeksą sudarantys rodikliai skiriasi pagal laikotarpį. Tokiu atveju, kai tam tikros valstybės konkretus rodiklis yra neprieinamas pagal paskutinius prieinamus metus, pateikiamus specifinėje duomenų bazėje, valstybei yra priskiriamas rezultatas, kuris yra ne senesnis nei 2 metai. Tokiu atveju, kai paskutinis valstybės rezultatas pagal analizuojamą rodiklį yra senesnis nei 2 metai, rodiklis yra neanalizuojamas.

- 2021 m. – 14 rodiklių;
- 2020 m. – 11 rodiklių;
- 2019 m. – 7 rodikliai;
- 2018 m. – 14 rodiklių;
- 2017 m. – 1 rodiklis.

Siekiant kuo didesnio PSI patikimumo ir rezultatų atkartojamumo, trūkstamų rodiklių reikšmės nebuvo priskirtos (pvz., suteikiant iš anksto numatytus vertinimus ar naudojantis aritmetiniais vidurkiais), o bendras PSI buvo skaičiuojamas tik pagal turimus duomenis. Apibendriname: toliau yra pateikiamas valstybių sąrašas, kurių tam tikri apdirbamosios pramonės (C) rodikliai nėra prieinami:

- Graikija – 10 rodiklių;
- Bulgarija – 8 rodikliai;
- Vokietija – 6 rodikliai;
- Belgija – 5 rodikliai;
- Malta – 2 rodikliai;
- Slovėnija – 2 rodikliai;
- Suomija – 2 rodikliai;
- Prancūzija – 1 rodiklis;
- Kroatija – 1 rodiklis;
- Kipras – 1 rodiklis;
- Nyderlandai – 1 rodiklis;
- Austrija – 1 rodiklis;
- Rumunija – 1 rodiklis;
- Švedija – 1 rodiklis.

Atsižvelgiant į tai, kad skirtingi duomenys atspindi skirtingą laikotarpį, o dalies valstybių duomenys yra pasirinkti atsižvelgiant į naujausius prieinamus duomenis, jei jie nėra senesni nei 2 metai, PSI indeksas neturėtų būti suvokiamas kaip vieno metų, o labiau kaip tam tikro ataskaitinio laikotarpio nuo 2018 iki 2021 m. rezultatas, kadangi dauguma duomenų atspindi būtent šio laikotarpio rezultatus.

Verta atkreipti dėmesį į tai, kad Pramonės skaitmeninimo indeksas pateikia santykinius rezultatus, t. y. visų šalių rezultatai priklauso tarpusavyje vieni nuo kitų.

Atskaitos taškas, skaičiuojant rezultatus, yra geriausi ir prasčiausi valstybių rezultatai, taigi, pokyčiai skirtingose šalyse lemia tarpinių valstybių rezultatus. Dėl šios priežasties duomenų trūkumas taip pat gali prisidėti prie galutinių rezultatų iškraipymo.

Be to, interpretuojant PSI būtina atsižvelgti į tai, kad dauguma indeksui sudaryti naudojamų rodiklių buvo surinkti apklausos būdu. Taip surinkti duomenys turi tam tikrų trūkumų, juos lyginant tarp skirtingų valstybių ar sektorių. Kadangi dalis klausimų apima įvairias pažangias technologijas, apie kurias įmonėse trūksta žinių, respondentai klausimus gali interpretuoti skirtingai ir dėl to pateikti ganėtinai iškreiptus rezultatus.

Potencialiai problemiški rodikliai su išskirtiniais rezultatais, galinčiais iškraipyti rezultatus ir nepagrįstai pakreipti reitingus, buvo apdorojami pagal toliau pateiktas taisykles.

Pirmiausia, problemiški rodikliai buvo identifikuoti įgyvendinant šias duomenų apdorojimo funkcijas:

- Asimetrijos koeficientas (angl. *skewness*) – koeficiento reikšmė ne didesnė nei 2,25;
- Ekscesas (angl. *kurtosis*) – koeficiento reikšmė ne didesnė nei 3,5.

Antra, pritaikius šias funkcijas, buvo identifikuoti 7 skirtingi rodikliai, galintys iškraipyti PSI rezultatus. Siekiant juos perdaryti, buvo įgyvendintas duomenų eilės pertvarkymas, ribojant statistinių duomenų radikalias (kraštutines) vertes, kad būtų sumažintas galimai klaidingų išeičių poveikis (angl. *winsorizing*). Tokiu atveju duomenų aibės maksimalūs ir minimalūs rodikliai buvo perdaryti, siekiant atitikti asimetrijos koeficiento ir eksceso numatytas ribas. Šiam tikslui buvo pasirinktas elementarus radikalių reikšmių rodiklių perdarymo būdas, perdarant 5 % didžiausių ir 5 % mažiausių reikšmių (90 % duomenų lieka nepakeisti). Šiam procesui įgyvendinti kiekvienoje identifikuotoje duomenų eilėje su rezultatais, galinčiais iškraipyti rezultatus, buvo surastos 5 ir 95 procentilės. Tuomet visos reikšmės, mažesnės nei 5 procentilės ir didesnės nei 95 procentilės, buvo pakeistos identifikuotais rezultatais.

Atlikus šį veiksmą, duomenys buvo normalizuoti. Duomenų normalizacija yra įvykdoma, kuomet turime kintamuosius, kurie yra matuojami skirtingomis skalėmis, siekiant kad kiekvienas iš kintamųjų turėtų tą patį diapazoną ir būtų sukurtas skirtingų duomenų vientisumas. Normalizacijos veiksmas PSI buvo įgyvendintas naudojant „min-max“ metodą, kuris leidžia skirtingus duomenis perdaryti į vientisą skalę nuo 0 iki 100. Kadangi visi pasirinkti rodikliai, siekiant išmatuoti indeksą, yra teigiamos krypties (angl. *goods* – rodikliai, kurių didesnės reikšmės rodo

geresnius rezultatus; priešingai nuo neigiamos krypties – angl. *bads*), reikšmė 0 skalėje buvo priskirta prie minimalios vertės, o reikšmė 100 priskirta prie didžiausios rodiklio vertės. Atsižvelgiant į visą tai, duomenų normalizavimui buvo pritaikoma ši formulė:

$$\text{Normalizuota reikšmė} = \frac{\text{šalies rodiklio rezultatas} - \text{minimali reikšmė}}{\text{maksimali reikšmė} - \text{minimali reikšmė}} \times 100 \quad (2)$$

Atlikus duomenų normalizavimą, naudojantis turimais duomenimis buvo skaičiuojamas bendras PSI. Skaičiavimo procesą sudaro kelių lygmenų elementarūs aritmetiniai veiksmai:

- Normalizuoti rodikliai, patenkantys į skirtingas subkategorijas, buvo perskaičiuoti pagal rodikliui suteiktą svorį (pvz., normalizuoto rodiklio reikšmė 50; rodikliui priskirtas svoris 40; taigi, surinktas balas yra lygus 20 ($50 \cdot 40 / 100$));
- Apskaičiuojamas kiekvienos subkategorijos balas:
 - sudedamas skirtingų į subkategoriją patenkančių rodiklių rezultatas;
 - apskaičiuojamas kiekvienos subkategorijos balas, atsižvelgiant į subkategorijai suteiktą svorį (pvz., rezultatas yra 50 balų; subkategorijos svoris yra 12,5; taigi, surinktas subkategorijos balas yra 6,25 ($12,5 \cdot 50 / 100$));
- Apskaičiuojamas abiejų kategorijų balas, sudedant visų subkategorijų balus;
- Apskaičiuojamas bendras PSI pagal kiekvienos kategorijos surinktus balus ir jų svorį (pvz., pagal kategoriją *igalinanti aplinka* (40 %) šalis surinko 60 balų, o pagal kategoriją *technologijų naudojimas* (60 %) – 70 balų, taigi bendras PSI yra 66 ($40 \cdot 60 / 100 + 60 \cdot 70 / 100$)).

Analizuojant atskirus apdirbamosios pramonės sektorius skirtingose šalyse pagal technologijų naudojimo kategoriją, buvo pritaikyta tokia pati skaičiavimo metodika, kaip ir skaičiuojant bendrą PSI. Vienintelis pokytis – vietoje svertinio koeficiento 60 %, kuris buvo naudojamas bendrame PSI skaičiavime, buvo pasirinkta skalė nuo 0 iki 100 balų.

Visgi, skaičiuojant atskirų apdirbamosios pramonės sektorių rezultatus, buvo susidurta su ypač dideliu duomenų trūkumu. Atsižvelgiant į tai, siekiant išvengti neteisingų palyginimų ir galimai neteisingų išvadų, į skaičiavimą nebuvo įtrauktos valstybės ir jų atskirti apdirbamosios pramonės sektoriai, kuriuose trūko 4 ir daugiau atskirų rodiklių. Analizuojami apdirbamosios pramonės sektoriai skirtingose šalyse, kuriems trūko nuo 1 iki 3 rodiklių, buvo skaičiuojami tik pagal prieinamus duomenis.

Didžioji dalis PSI naudojamų duomenų yra surinkti iš oficialios Europos Sąjungos statistikos tarnybos „Eurostat“. Visgi, dalis duomenų taip pat buvo surinkti naudojantis oficialiu Lietuvos statistikos departamentu, Europos investicijų banku, Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos duomenų bazėmis.

Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indekso metodologija

Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas apima informaciją apie dabartinę verslo situaciją skaitmeninimo kontekste bei padeda prognozuoti trumpojo laikotarpio pokyčius (iki 3 metų, atsižvelgiant į tai, kad su skaitmeninimu susijusių projektų įgyvendinimas dažniausiai pasižymi tam tikru vėlavimu). Indeksą sudaro trys esminės kategorijos, kurioms pagal jų įtaką skaitmeninimo procesams buvo suteikti skirtingi svartiniai koeficientai:

- *Technologijų diegimas* (40 %): kategorija padeda stebėti, kaip per kalendorinius 2022 m. keisis įmonių investicijos į konkrečius technologinius sprendimus, lyginant su 2021 m.;
- *Technologijų diegimą ir naudojimą skatinantys veiksniai* (20 %): kategorija, skirta analizuoti, kaip 2022 m., lyginant su 2021 m., keisis įmonių veiklos, susijusios su skaitmeninimu;
- *Finansavimas* (40 %): kategorija yra skirta stebėti, kaip 2022 m. keisis įmonių investicijos į skaitmeninimą, lyginant su 2021 m.

Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas yra sudaromas remiantis Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių apklausos (N=370), kuri buvo atliekama nuo 2022 m. balandžio 13 d. iki gegužės 20 d., rezultatais. Apklausą buvo įgyvendinta naudojantis „SurveyMonkey“ priemone. Apklausą sudarė 29 uždarieji klausimai. Siekiant užtikrinti tyrimo etiškumą, dalyviai buvo informuoti apie apklausos tikslus, duomenų panaudojimą, konfidencialumo užtikrinimą.

Siekiant pateikti išvadas apie visą tiriamą populiaciją, sudarant apklausų imtį būtina užtikrinti jų reprezentatyvumą, pasirenkant vieną iš tikimybiinių tokios imties sudarymo būdų. Lietuvoje 2022 m. pradžioje apdirbamosios pramonės sektoriuje veikė 8 470 ūkio subjektų, taigi apklausoje turėtų dalyvauti maždaug 368–561 įmonė (esant 95 % patikimumo lygiui ir 4–5 % paklaidai).

Kiekvieną PSLI kategoriją sudaro skirtingi klausimai, susiję su specifinėmis technologijomis, veiklomis bei finansavimu. Atsižvelgiant į nevienodą jų įtaką pramonės skaitmeninimui, jiems taip pat buvo suteikti skirtingi svartiniai koeficientai, kurie yra nurodyti toliau lentelėje (žr. 19 lent.).

Siekiant išmatuoti pramonės skaitmeninimo lūkesčius, prie kiekvieno klausimo respondentams buvo pateikti iš anksto numatyti atsakymų variantai: didės (+); nėsikeis (=); mažės (–).

19 lentelė. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių klausimyno struktūra

Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas (0–100 balų)	Sritis	Klausimas	
	Technologijų diegimas (40)	Kaip per kalendorinius 2022 m. keisis jūsų įmonės investicijos į skaitmenines technologijas lyginant su 2021 m.	Debesų kompiuterija (12,5)
			Didieji duomenys (12,5)
			3D spausdinimas (12,5)
			Robotika (12,5)
			Daiktų internetas (12,5)
			Dirbtinis intelektas (12,5)
			Dalijimasis informacija įmonės viduje (6,25)
			Integracija su klientais / tiekėjais (6,25)
			E. prekyba (6,25)
			Kibernetinis saugumas (6,25)
	Technologijų diegimą ir naudojimą skatinantys veiksniai (20)	Kaip per kalendorinius 2022 m. keisis jūsų įmonės veikla, susijusi su skaitmeninimu, lyginant su 2021 m.	Įmonės darbuotojų skaičius, kurie pritaiko skaitmenines technologijas, įgyvendinant įmonės funkcijas (pvz., gamyba, procedūrų organizavimas, žmoniškųjų išteklių valdymas, logistika, komunikacija) (25)
			Įmonės darbuotojų skaičius, kurie geba identifikuoti skaitmenines technologijas ir jas diegti (25)
			Įmonės investicijos darbuotojų kompetencijų, susijusių su skaitmeninių technologijų identifikavimu, diegimu ar naudojimu, kėlimui (25)
			Bendradarbiavimas su skaitmeninimą įgalinančios ekosistemos dalyviais (pvz., kompetencijų centrais, inovacijų paramos organizacijomis, mokslo institucijomis, kitais verslais) (25)
	Finansavimas (40)	Kaip per kalendorinius 2022 m. keisis jūsų įmonės investicijos į skaitmeninimą, lyginant su 2021 m. (pvz., technologijų diegimą, skaitmeninių kompetencijų plėtrą įmonėje) (100)	

Šaltinis: sudaryta autorių.

Apskaičiuojant Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksą buvo atlikti šie veiksmai:

1. Atsakymų kiekis buvo konvertuotas į procentinę išraišką (pvz., jei apklausoje dalyvavo 50 respondentų ir 10 atsakė (+), 20 atsakė (=) ir 20 atsakė (–), procentine išraiška tai būtų atitinkamai 20, 40 ir 40. Grynas balansas yra apskaičiuojamas iš teigiamų atsakymų (+) atimant neigiamus atsakymus (–) (pvz., $20 - 40 = -20$). Atkreiptinas dėmesys, kad neutralūs atsakymai (=) iš skaičiavimo yra pašalinami. EBPO patirtis rodo, kad šis informacijos praradimas nėra reikšmingas daugeliu verslo tendencijų tyrimų duomenų naudojimo atvejų, o balanso naudojimas yra praktiškas ir absoliučiai pakankamas. Visgi, EBPO ekspertų nuomone, pokyčiai neutralių (=) atsakymų kiekyje, nepriklausomai nuo grynojo balanso reikšmės, gali rodyti tam tikrą neužtikrintumo laipsnį tarp apklausoje dalyvavusių respondentų, todėl apklausas atliekant kelis kartus, rekomenduojama nurodyti neutralių atsakymų pokyčius (OECD, 2003).
2. Kadangi atskiroms sritims buvo suteiktas skirtingas svertinis koeficientas, bendram Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indekso skaičiavimui buvo panaudotas svartinio vidurkio skaičiavimas.

$$\text{Pramonės skaitmeninimo lūkesčiai} = \frac{\text{Balansas1} \times 40 + \text{Balansas2} \times 20 + \text{balansas3} \times 40}{40 + 20 + 40} \quad (3)$$

3. Kadangi Pramonės skaitmeninimo lūkesčiai gali svyruoti skalėje nuo –100 iki 100, siekiant galimus rezultatus sulyginti su Pramonės skaitmeninimo indeksu, lūkesčių vertė buvo perskaičiuota į skalę nuo 0 iki 100, pritaikant šiuos skaičiavimus.

$$\text{Sena skalė} = \text{Sena max vertė} - \text{Sena min vertė} \mid \text{Nauja skalė} = \text{Nauja max vertė} - \text{Nauja min vertė} \quad (4)$$

$$\text{Nauja vertė} = (((\text{Sena vertė} - \text{Sena min vertė}) \times \text{Nauja skalė}) / \text{Sena skalė}) + \text{Nauja min vertė} \quad (5)$$

Atsižvelgiant į galimus Pramonės lūkesčių indekso rezultatus, toliau yra pateikiamas galimas paaiškinimas, esant tam tikroms indekso reikšmėms.

20 lentelė. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indekso skaitinės reikšmės ir paaiškinimai

Indekso reikšmė	Paaiškinimas
PSLI > 75	Vyrauja labai pozityvios tendencijos – numatomas užtikrintas skaitmeninės transformacijos apimčių augimas
75 > PSII > 50	Vyrauja teigiamos nuotaikos – pramonės įmonės nuosaikiai įgyvendins skaitmeninimo iniciatyvas
PSLI = 50	Neapibrėžtumas – įmonėse vyrauja neaiškios nuotaikos, o ateities perspektyvos skaitmeninimo srityje vertinamos atsargiai ir neužtikrintai
50 > PSII > 25	Vyrauja neigiamos nuotaikos ir neužtikrintumas – tikėtinas nuoseklus skaitmeninimo iniciatyvų apimčių mažėjimas
PSLI < 25	Labai negatyvios tendencijos – numatomas didelis skaitmeninimo iniciatyvų apimčių mažėjimas

Šaltinis: sudaryta autorių.

3.2. Suminio Pramonės skaitmeninimo indekso bandomasis taikymas, vertinant Lietuvos pramonės skaitmeninę transformaciją

Kaip jau minėta, remiantis tyrimais sumodeliuotas suminis Pramonės skaitmeninimo indeksas yra grįstas dviem skirtingomis dedamosiomis: pirma, indeksą sudaro atsiliekantysis rodiklis (angl. *lagging indicator*) – Pramonės skaitmeninimo indeksas, kuris parodo faktinę Lietuvos poziciją, lyginant su ES valstybėmis, skaitmeninės pramonės transformacijos kontekste. Antra suminio indekso dalis yra pirmaujantysis rodiklis (angl. *leading indicator*) – Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas. Suminio PSI taikymo bandomasis tyrimas buvo atliktas 2022 m.

3.2.1. Apibendrinti Pramonės skaitmeninimo indekso rezultatai

Lentelėje toliau (21 lentelė) iliustruojami bendri Pramonės skaitmeninimo indekso balai bei skirtingų šį rodiklį sudarančių kategorijų, t. y. *Išgalinanti aplinka* ir *Technologijų naudojimas* rezultatai, kuriuos surinko kiekvienos valstybės apdirbamosios pramonės sektorius.

21 lentelė. Pramonės skaitmeninimo indeksas

Vieta	PSI (maksimaliai 100 balų)		Įgalinanti aplinka (maksimaliai 40 balų)		Technologijų naudojimas (maksimaliai 60 balų)	
1	Suomija	69,4	Suomija	27,5	Danija	43,3
2	Danija	67,6	Danija	24,3	Suomija	41,9
3	Nyderlandai	57,8	Vokietija	23,4	Nyderlandai	36,8
4	Švedija	56,9	Austrija	22,7	Švedija	34,8
5	Austrija	54,5	Liuksemburgas	22,2	Austrija	31,8
6	Airija	50,9	Švedija	22,1	Malta	31,1
7	Liuksemburgas	49,8	Airija	21,9	Airija	29,0
8	Belgija	48,1	Nyderlandai	21,1	Belgija	27,8
9	Vokietija	45,1	Belgija	20,3	Liuksemburgas	27,5
10	Malta	41,7	Kipras	14,7	Slovėnija	24,2
11	Slovėnija	36,7	Estija	13,6	Italija	23,3
12	Italija	36,7	Prancūzija	13,5	Čekija	22,4
13	Čekija	34,5	Italija	13,3	Vokietija	21,7
14	Prancūzija	32,8	Slovėnija	12,5	Lietuva	21,0
15	Portugalija	32,4	Čekija	12,1	Portugalija	20,9
16	Lietuva	31,8	Ispanija	11,9	Prancūzija	19,2
17	Ispanija	30,8	Portugalija	11,5	Ispanija	18,9
18	Slovakija	27,4	Graikija	11,1	Slovakija	16,5
19	Estija	25,8	Slovakija	10,9	Kroatija	15,2
20	Vengrija	25,5	Vengrija	10,9	Vengrija	14,6
21	Kipras	23,7	Lietuva	10,7	Lenkija	13,1
22	Kroatija	23,6	Malta	10,6	Estija	12,2
23	Lenkija	20,4	Kroatija	8,4	Latvija	10,8
24	Latvija	18,1	Bulgarija	7,4	Kipras	8,9
25	Graikija	16,4	Lenkija	7,3	Bulgarija	7,2
26	Bulgarija	14,6	Latvija	7,3	Graikija	5,3
27	Rumunija	9,8	Rumunija	6,5	Rumunija	3,2
	ES	36,8	ES	14,8	ES	22,0

Šaltinis: sudaryta autorių.

- Pagal Pramonės skaitmeninimo indeksą Lietuva užima 16 vietą iš 27 ES valstybių, surinkusi 31,8 balo iš 100 galimų. Šalis užima tik 21 vietą (10,7 balo iš 40) pagal pramonės skaitmeninimą įgalinančią aplinką, tuo tarpu pagal technologijų naudojimą įmonėse Lietuva yra 14 vietoje (21 balas iš 60). Visgi, šalis pagal visas tris kategorijas atsilieka nuo ES vidurkio.
- Centrinės ir Rytų Europos (CRE) regione Lietuva pagal bendrą PSI atsilieka tik nuo Slovėnijos (36,7 balo) ir Čekijos (34,5 balo) bei lenkia likusias regiono valstybes. Pagal *Technologijų taikymą* šalis CRE regione taip pat nusileidžia tik Slovėnijai ir Čekijai, tačiau pagal *Įgalinančią aplinką* lenkia tokias valstybes kaip Kroatija, Bulgarija, Lenkija, Latvija ir Rumunija.
- PSI lyderės yra Skandinavijos šalys: Suomija (1 vieta), Danija (2 vieta), Švedija (4 vieta) kartu su Nyderlandais (3 vieta) bei Austrija (5 vieta). Visgi, pirmas dvi vietas užimančios šalys yra atitrūkusios nuo likusių valstybių ir jas lenkia daugiau nei 10 balų. Be to, Danija ir Suomija taip pat užima pirmas dvi vietas pagal *Įgalinančios aplinkos* ir *Technologijų taikymo* sritis.

PSI pateikia santykinius rezultatus, todėl lyginant skirtingas šalis jas galima suskirstyti į keturis skirtingus blokus (žr. 22 lent.). ES kontekste dauguma valstybių pramonės skaitmeninės transformacijos srityje yra pasiekusios vidutinius rezultatus, t. y. tarp 26 ir 50 balų. Šių valstybių blokui priklauso Lietuva. Visgi, pagal pramonės skaitmeninės transformacijos apimtį nė viena valstybė nėra labai stipriai atitrūkusi nuo kitų šalių. Labiausiai pažengusios šalys pramonės skaitmeninimo srityje (Suomija ir Danija) yra pasiekusios aukštą pramonės skaitmeninimo lygį, tačiau jis nėra išskirtinai didelis, lyginant su kitomis Bendrijos šalimis.

22 lentelė. Valstybių suskirstymas pagal PSI balus

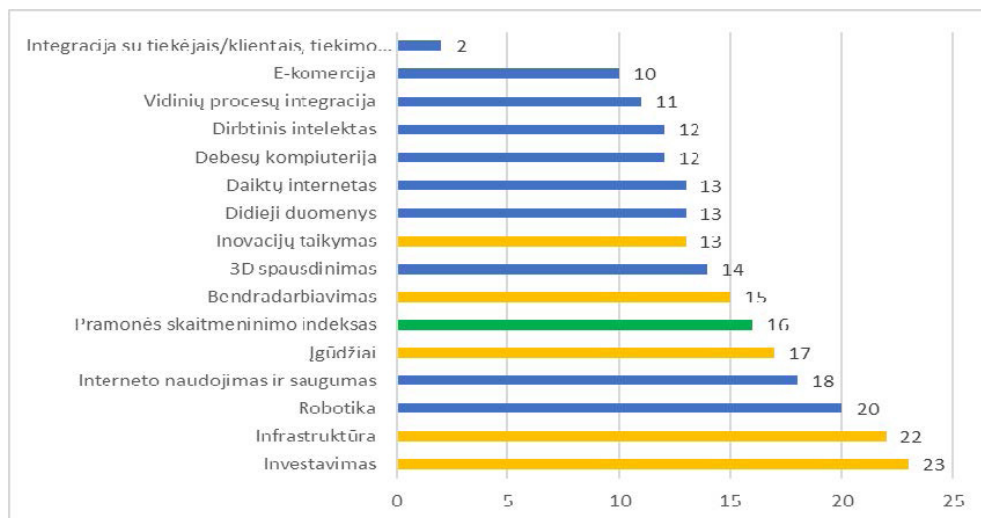
Grupė	Balai	Paiškinimas	Valstybės
Žemas pramonės skaitmeninimo lygis	0–25	Valstybės pramonės skaitmeninimo srityje stipriai atsilieka nuo lyderiaujančių šalių	Rumunija, Bulgarija, Graikija, Latvija, Lenkija, Kroatija, Kipras
Vidutinis pramonės skaitmeninimo lygis	26–50	Valstybės pramonės skaitmeninės transformacijos srityje yra pasiekusios vidutinių rezultatų	Vengrija, Estija, Slovakija, Ispanija, Lietuva, Portugalija, Prancūzija, Čekija, Italija, Slovėnija, Malta, Vokietija, Belgija, Liuksemburgas

Grupė	Balai	Paaiškinimas	Valstybės
Aukštas pramonės skaitmeninimo lygis	51–75	Valstybės yra pasiekusios aukštų rezultatų pramonės skaitmeninimo srityje	Airija, Austrija, Švedija, Nyderlandai, Danija, Suomija
Išskirtinai aukštas pramonės skaitmeninimo lygis	76–100	Valstybės skaitmeninės pramonės transformacija reikšmingai lenkia kitas ES šalis	-

Šaltinis: sudaryta autorių.

Analizuojant Lietuvos pozicijas pagal atskiras PSI sritis pastebima, kad šalies rezultatai yra reikšmingai geresni technologijų taikymo srityje (žr. 10 pav.). Lietuva užima net antrą vietą pagal kategoriją *Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės integracija*. Net pagal 6 skirtingas technologijų taikymo sritis Lietuva užima tarp 10 ir 13 vietos. Blogiausia padėtis Technologijų taikymo kategorijoje yra robotikos srityje, kur Lietuva užima tik 20 vietą.

Prastą Lietuvos padėtį skaitmeninimą įgalinančios aplinkos kontekste atspindi atskiri šios kategorijos rodikliai. Geriausią rezultatą šalis yra pasiekusi inovacijų taikymo srityje (13 vieta), tuo tarpu pagal *Infrastruktūros* ir *Investavimo* kategorijas Lietuva yra tarp ES autsaiderių, atitinkamai užimdama 22 ir 23 vietas.



10 pav. Lietuvos pozicija pagal atskiras PSI subkategorijas

Šaltinis: sudaryta autorių.

- Didžiausios Lietuvos silpnybės pagal atskirus PSI sudarančius rodiklius yra susijusios su žmogiškojo kapitalo iššūkiais. Tik 13 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių savo darbuotojams rengė mokymus, skirtus ugdyti savo darbuotojų su IRT susijusius įgūdžius (ES – 20 %), todėl šalis dalijasi 22–24 vietą tarp kitų Bendrijos valstybių.
- Prasta situacija Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonėse yra ir su IRT specialistų įdarbinimu. Įdarbinti IRT specialistai (tokie kaip IRT paslaugų vadovai, IRT specialistai, IRT technikai, IRT montuotojai ir paslaugų teikėjai) šalies įmonėse sudaro tik 3,3 %, todėl Lietuva dalijasi 23–24 vietas kartu su Bulgarija.
- Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės taip pat skiria nepakankamai dėmesio investicijoms, ypač susijusioms su mašinomis ir įrenginiais: pagal šį rodiklį Lietuva užima tik 23 vietą. Šios srities investicijos, tenkančios vienai įmonei Lietuvoje, tesiekia apie 28,9 tūkst. eurų, o ES šis rodiklis yra apie 100 tūkst. eurų.
- Ypač blogas Lietuvos rezultatas yra pagal rodiklį *Industriinių robotų naudojimas*, kuris yra ypač aktualus pramonės automatizavimo srityje. Tik 10 % Lietuvos įmonių naudoja tokio tipo robotus, tuo tarpu ES vidurkis yra 17 %. Atsižvelgiant į tai, Lietuva užima tik 20–22 vietas.
- 21–24 vietas Lietuva taip pat užima pagal kategoriją *3D spausdinimas prototipams ar modeliams pardavimui*. Tik 2 % įmonių taiko šią technologiją nurodytais tikslais, o ES vidurkis siekia 5 %.
- Aukščiausią poziciją (2) Lietuva užima pagal rodiklį *Įmonės, kurių verslo procesai automatiškai susieti su jų tiekėjų ir (ar) klientų verslo procesais*: rodiklis Lietuvoje siekia 27 % ir mažesnis tik už Vokietijos (32 %).
- Lietuva 6 vietą užima pagal inovacijų taikymo kategorijos rodiklį *Nauji arba patobulinti gamybos ar paslaugų teikimo metodai* ir daugiau nei 10 proc. p. lenkia ES rezultatą (atitinkamai 38,3 ir 27,9 %). Ganėtinai aukštą, septintąją, poziciją Lietuva taip pat užima pagal rodiklį *Įmonės, turėjusios e. prekybos pardavimų*. Lietuvos rezultatas yra 29 % (ES – 20 %).
- Pagal likusius rodiklius Lietuvos apdirbamoji pramonė daugiausiai papuola į antrąją valstybių dešimtuką.

23 lentelė. Lietuvos silpnybės ir stiprybės pagal skirtingus PSI rodiklius

Lietuvos silpnybės ir stiprybės pagal atskirus rodiklius			
Silpnybė	Pozicija	Stiprybė	Pozicija
Įmonės, surengusios mokymus savo darbuotojų IRT įgūdžių tobulinimui	22–24	Nauji arba patobulinti gamybos ar paslaugų teikimo metodai	6
Įdarbina IRT specialistus	23–24	Įmonės, kurių verslo procesai automatiškai susieti su jų tiekėjų ir (ar) klientų verslo procesais	2
Industriinių robotų naudojimas	20–22	Įmonės, turėjusios e. prekybos pardavimų	7
Išlaidos mašinoms ir įrenginiams	23		
5G pasirengimas	21		
3D spausdinimas prototipams ar modeliams pardavimui	21–24		

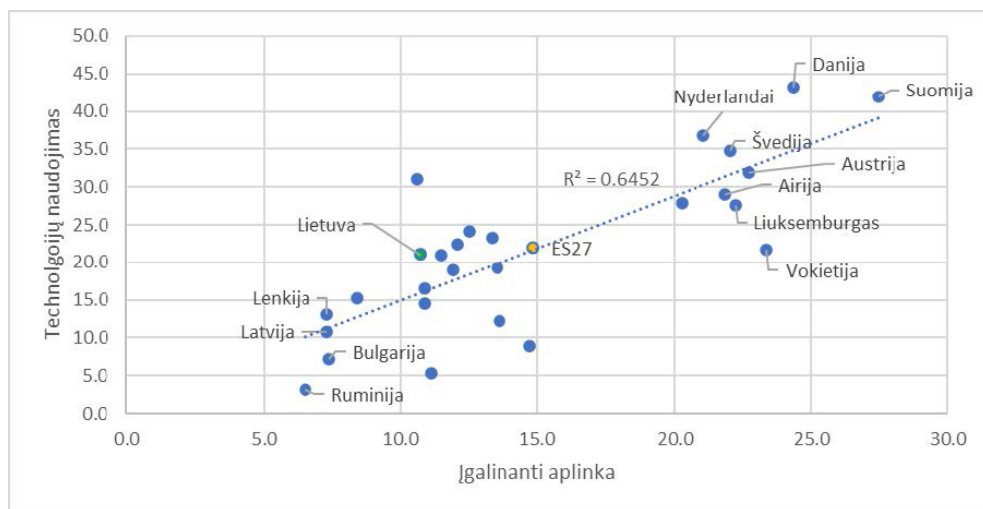
Šaltinis: sudaryta autorių.

3.2.2. Pramonės skaitmeninimo įtakos šalies konkurencingumui vertinimas

Pramonės politikos formuotojai ar verslo atstovai, brėždami sektoriaus ateities vystymosi kryptį, privalo suprasti realius pramonės skaitmeninimo rezultatus ir poveikį, o tai yra didesnis verslų konkurencingumas, gamybos apimčių augimo tempai, darbo vietų kūrimas, inovatyvumas ar mažesnis įmonių neigiamas poveikis aplinkai.

Technologiniai pokyčiai įgalina didesnę įmonių produktyvumą, suteikdami verslams naujų įrankių kurti, gaminti ir parduoti prekes bei paslaugas. Technologijų diegimas įmonėse, ypač skaitmeninimo srityje, gali turėti reikšmingą poveikį užimtumui. Dalis skaitmeninių technologijų gali pakeisti rutinines veiklas ir sumažinti žemos kvalifikacijos darbo jėgos poreikį. Tuo tarpu kita dalis skaitmeninių sprendimų yra skirti padėti atlikti aukštos kvalifikacijos reikalaujančius, nerutininius darbus. Galiausiai, technologiniai sprendimai taip pat gali būti pritaikomi, siekiant sumažinti gamyboje naudojamų resursų kiekį ar šį procesą paversti efektyvesniu, taip mažinant neigiamą verslo poveikį aplinkai (*European Commission*, 2020). Atsižvelgiant į galimą pramonės skaitmeninimo poveikį, toliau yra analizuojami ryšiai tarp PSI ir įvairių pramonės ekonominės veiklos rodiklių.

Pramonės įmonių skaitmeninė transformacija yra negalima be įgalinančios ekosistemos, nes ji sukuria palankias sąlygas ir paskatas įmonėms identifikuoti, diegti bei naudoti pažangias technologijas. Grafikas apačioje rodo, kad kuo valstybėse yra palankesnė skaitmeninimą įgalinanti aplinka, tuo valstybių pramonės sektoriai pasiekia geresnių technologijų naudojimo rezultatų (žr. 11 pav.).



11 pav. Pramonės skaitmeninimą įgalinanti aplinka ir technologijų taikymas

Šaltinis: sudaryta autorių.

- Analizuojant ryšį tarp skaitmeninimą įgalinančios aplinkos ir technologijų naudojimo įmonėse yra pastebimi du atskiri valstybių blokai. Pirmąjį bloką sudaro valstybės, kurios pagal skaitmeninimą įgalinančios aplinkos kategoriją surinko iki 15 balų (tarp jų ir Lietuva). Tuo tarpu antrąjį bloką sudaro valstybės, kurių įgalinančios aplinkos rezultatas viršijo 20 balų. Pastebima, kad valstybės, surinkusios daugiau balų įgalinančios aplinkos kategorijoje, pasižymėjo ir kur kas geresniais rezultatais technologijų naudojimo srityje.
- Lietuva papuola į pirmąjį šalių bloką su prastesniais įgalinančios aplinkos rezultatais. Nepaisant to, šioje kategorijoje surinkusi 10,7 balo Lietuva pagal technologijų naudojimą lenkia panašų rezultatą pasiekusias šalis, tokias kaip Vengrija (10,9 balo) bei Slovakija (10,9 balo). Technologijų naudojimo srityje Lietuvos rezultatas siekia 21 balą (Vengrija 14,6; Slovakija 16,5). Tokia situacija leidžia daryti išvadą, kad Lietuvos rezultatai yra reikšmingai geresni nei jų būtų galima tikėtis, atsižvelgiant į kitų, Lietuvai artimų, valstybių rezultatus.

Konkurencingumas gali būti analizuojamas skirtingais lygmenimis, t. y. įmonės, įmonių grupės, ekonomikos sektoriaus ar tam tikros ekonominės veiklos teritoriniu lygmeniu. Atskirų įmonių konkurencingumas dažniausiai siejamas su jų galimybėmis išlikti rinkoje bei uždirbti pelną, tuo tarpu specifinės industrijos konkurencingumas veikiau pasireiškia per analizę tarptautiniu mastu lyginant jos silpnybes ir stiprybes su ta pačia industrija kitose šalyse. Siekiant užfiksuoti įmonių praeities ir dabarties veiklos padėtį bei rezultatus rinkoje, galima naudotis tokiais rodikliais kaip produktyvumas ar apyvarta (*European Commission*, 2018).

Paprastai, kuo produktyvesnės yra tam tikro sektoriaus įmonės, tuo didesnės jų galimybės konkuruoti tiek tarptautiniu mastu, tiek su kitais sektoriais. Įmonės produktyvumas gali būti apibendrinamas kaip rodiklis, matuojantis, kiek įmonė sugeba pagaminti vienetų produkcijos per tam tikrą laiko vienetą santykiyje su gamybos sąnaudomis, pvz.: darbo jėga, kapitalu ar kitais ištekliais. Skaitmeninių technologijų diegimas įmonėms leidžia mažinti su sąnaudomis susijusius kaštus, efektyvinant gamybos procesą, automatizuojant rutinines veiklas, gerinant ryšius su tiekėjais ir pan. Visgi, skaitmeninės technologijos taip pat gali padėti įmonėms ne tik mažinti su gamyba susijusius kaštus, tačiau ir gaminti inovatyvią produkciją, kuri turi išskirtinį dizainą, funkcines ar kitas savybes, kurių konkurentai negali pasiūlyti, ir tai taip pat stiprina įmonių pozicijas rinkoje (Dresch et al., 2018).

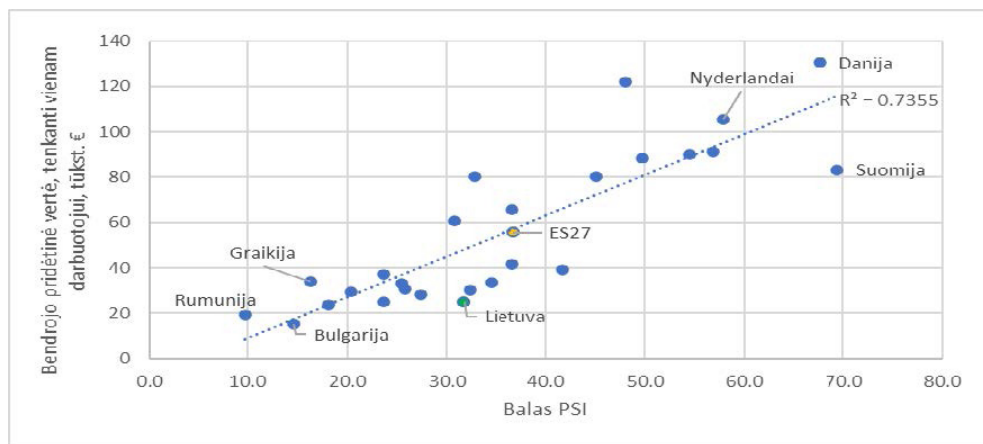
PSI ir bendroji pridėtinė vertė, tenkanti vienam darbuotojui

Pramonės sektoriaus įmonių produktyvumą padeda analizuoti bendrosios pridėtinės vertės, tenkančios vienam darbuotojui, rodiklis. Toliau pateiktas grafikas rodo, kad yra stiprus ryšys tarp šalių PSI rezultatų ir darbuotojų kuriamos pridėtinės vertės (žr. 12 pav.).

- Lietuvos rezultatas pagal PSI leistų tikėtis, kad apdirbamosios pramonės produktyvumas turėtų siekti tarp 45 ir 50 tūkst. eurų, tačiau pagal 2019 m. „Eurostat“ duomenis šis rodiklis yra tik 25 tūkst. eurų. Tokią situaciją, nepaisant Lietuvos rezultato PSI, gali lemti kelios priežastys:
 - Lietuvos apdirbamosios pramonės struktūra, kurioje vis dar dominuoja žemos ir vidutiniškai žemos pridėtinės vertės produkcija. 2019 m. tokios produkcijos apimtys visoje apdirbamosios gamybos struktūroje siekė apie 73 %, tuo tarpu aukštos ir vidutiniškai aukštos pridėtinės vertės produkcijos apimtys sudarė tik 27 %. Šią prielaidą leidžia sustiprinti Suomijos ir Danijos pavyzdžiai. Danijoje aukštos ir žemos pridėtinės vertės gamybos struktūra yra pasiskirsčiusi beveik tolygiai (atitinkamai 47 ir 53 %), kai tuo tarpu Suomijoje

ši skirtis yra atitinkamai 38 ir 62 %. Nepaisant labai panašių rezultatų PSI, Danijos darbo produktyvumas siekia 130 tūkst. eurų ir viršija tikėtiną rezultatą, tuo tarpu Suomijoje šis rodiklis yra tik apie 83 tūkst. eurų. Taigi, pramonės produktyvumo rodikliai turėtų būti analizuojami platesniame kontekste, atsižvelgiant į šalies pramonės struktūrą. Skaitmeninimas yra būtina, tačiau nepakankama sąlyga didinti šį rodiklį.

- EBPO ekspertai pastebi, kad pastaraisiais metais, nepaisant toliau besitęsiančio skaitmeninimo augimo, produktyvumo augimas yra stipriai sulėtėjęs. EBPO vertinimu, šalia skaitmeninių technologijų diegimo yra būtini ir įvairūs papildantys veiksniai, o tarp jų – tinkamas žmogiškasis kapitalas (OECD, 2019a). Visgi, pagal žmogiškojo kapitalo kategoriją Lietuva PSI užima tik 17 vietą, o pagal kai kuriuos rodiklius šalis yra tarp ES autsaiderių.

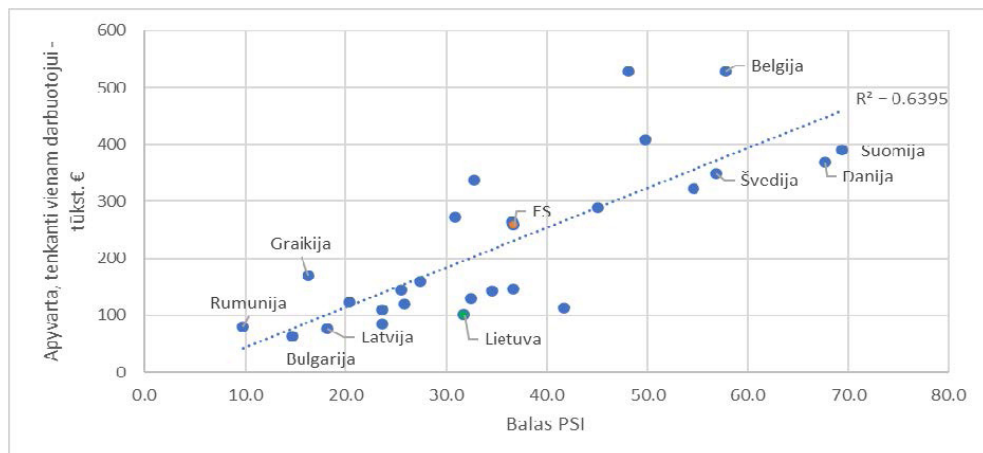


12 pav. PSI ir pridėtinė vertė, tenkanti vienam darbuotojui (tūkst. Eur, 2019 m.)

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „Eurostat“.

PSI ir apyvarta, tenkanti vienam darbuotojui

Svarbus rodiklis įmonių produktyvumo kontekste taip pat yra apyvarta, tenkanti vienam darbuotojui. Šis rodiklis parodo, kiek įmonė yra produktyvi ir kaip efektyviai ji sugeba panaudoti savo turimus išteklius. Duomenys rodo, kad yra stiprus teigiamas ryšys tarp šalies pramonės skaitmeninės transformacijos apimčių ir vienam darbuotojui tenkančios apyvartos (žr. 13 pav.).



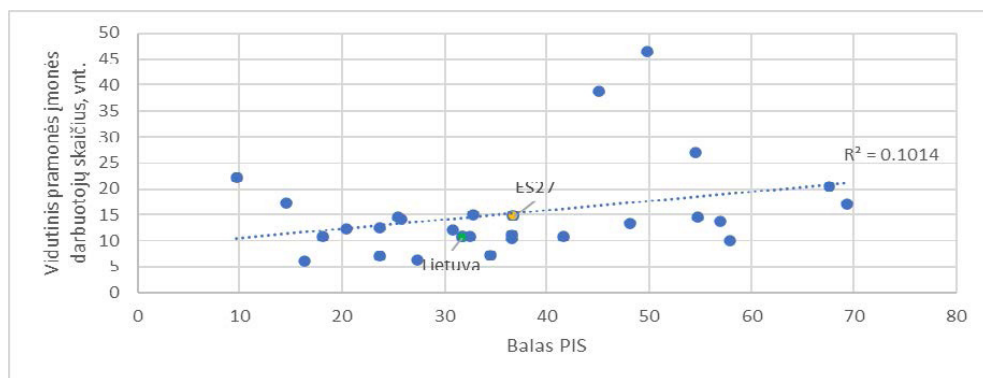
13 pav. PSI ir apyvarta, tenkanti vienam darbuotojui (tūkst. Eur, 2019 m.). Šaltinis: Sudaryta autorių, remiantis „Eurostat“.

- Pagal skaitmeninės transformacijos apimtis būtų galima tikėtis, kad Lietuvos įmonių apyvarta, tenkanti vienam darbuotojui, turėtų siekti apie 200 tūkst. eurų, tačiau rodiklis pagal paskutinius prieinamus 2019 m. duomenis siekia tik apie 100 tūkst. eurų.
- Įdomu tai, kad Lietuvos apdirbamosios pramonės gamybos apimtys tarp 2011 ir 2020 m. išaugo apie 28 %, o darbuotojų skaičius padidėjo apie 13 %. Visgi, per tą patį laikotarpį apdirbamosios pramonės darbuotojui tenkanti apyvarta šalyje augo labai lėtai: augimas siekia tik apie 3 %, tuo tarpu ES šis rodiklis siekia apie 17 %. Tai leidžia daryti prielaidą, kad didžiąją dalį gamybos apimčių augimo šalyje lemia ne įmonių technologinis atsinaujinimas ir plėtra, o didesnis darbo jėgos kiekis.
- Be to, kaip ir prieš tai nagrinėtu atveju (žr. 12 pav.) Lietuvos pramonės struktūra taip pat lemia žemą įmonių apyvartą, tenkančią vienam darbuotojui. Lietuvos įmonės dažnu atveju gamina žemos pridėtinės vertės užsakomosios gamybos produkciją, kuri nereikalauja inovatyvių gamybos priemonių ar metodų.
- Tikėtina, kad iššūkiai, susiję su žmogiškuoju kapitalu, ir skaitmeninių kompetencijų stygius taip pat neigiamai veikia gamybos įmonių galimybes siekti geresnių rezultatų apyvartos srityje.

Pramonės skaitmeninimas ir žmogiškasis kapitalas

Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės pagal darbuotojų skaičių yra mažos. Vidutinė pramonės įmonė Lietuvoje įdarbina 10,6 darbuotojo, o tai yra tik 21 rezultatas visoje ES. Visgi, vidutinės sektoriaus įmonės ES taip pat yra mažos ir įdarbina tik 14,7 darbuotojo (žr. 14 pav.).

Įmonių dydis Lietuvoje dažnai yra įvardijamas kaip viena iš pagrindinių priežasčių, dėl ko Lietuvos apdirbamosios pramonės skaitmeninės transformacijos apimtys yra nepakankamos. Skaitmeninimas mažoms ir labai mažoms apdirbamosios pramonės įmonėms yra labai aktualus, tačiau tokie verslai dažniausiai turi mažesnius absorbcinius pajėgumus, reikalingus diegti skaitmeniniams sprendimams dėl savo veiklos ir dydžio ypatybių (pvz., finansinio ar žmogiškojo kapitalo trūkumo).



14 pav. PSI ir vidutinis pramonės įmonės darbuotojų skaičius (vnt., 2020 m.). Šaltinis: Sudaryta autorių, remiantis „Eurostat“.

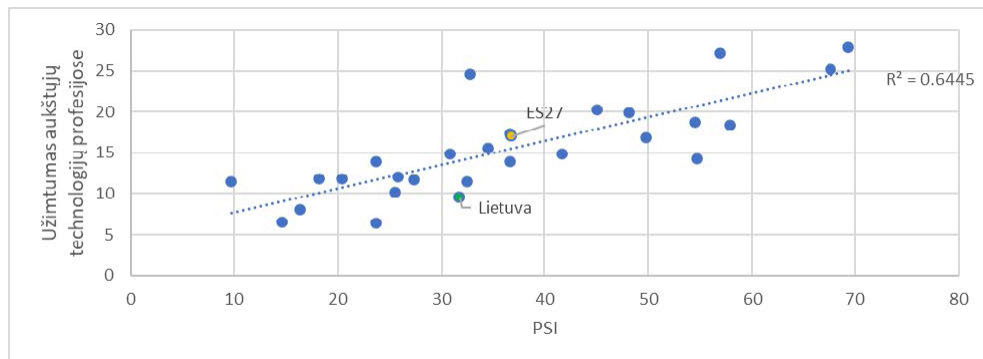
Pastebima, kad tarp PSI ir įmonės vidutinio darbuotojų skaičiaus nėra jokio ryšio. Apskritai skirtumas tarp vidutinės apdirbamosios pramonės įmonės dydžio daugumoje Europos šalių nėra labai didelis, tuo tarpu skirtumai skaitmeninimo srityje yra kur kas reikšmingesni.

Visgi, verta atkreipti dėmesį, kad toks palyginimas turi savo trūkumų. Dauguma rodiklių, skirtų analizuoti apdirbamosios pramonės įmones, apima tik tuos verslus, kurie turi 10 ir daugiau darbuotojų, tad jie neparodo bendro visos apdirbamosios pramonės vaizdo (dauguma šio sektoriaus įmonių ne tik Lietuvoje, tačiau ir visoje ES yra labai mažos, t. y. įdarbina iki 9 darbuotojų).

Pramonės skaitmeninimas ir aukštųjų technologijų profesijų užimtumas

Pramonės skaitmeninimas yra siejamas su neišvengiamais žmogiškojo kapitalo pokyčiais. Išmanių gamybinių įmonių sukūrimas yra sudėtingas ir komplikotas procesas, kuris reikalauja ne tik didelių finansinių investicijų, tačiau ir ekspertinių žinių bei kompetencijų, kurios leistų technologijas identifikuoti, diegti, o vėliau ir jomis naudotis bei tinkamai prižiūrėti.

Klausimas, kaip skaitmeninė transformacija pakeis apdirbamosios pramonės darbo rinką, sulaukia daugybės pasvarstymų. Dalis ekspertų teigia, kad dėl sparčios automatizacijos dalis žemos kvalifikacijos darbuotojų gali netekti darbo, tačiau iš kitos pusės yra svarstymų, kad skaitmeninės technologijos atliks ne pakeitimo, o papildymo funkciją, kas reikštų, kad žemos kvalifikacijos darbo jėga technologijų nebus išstumta. Be to, dalis ekspertų prognozuoja, kad pramonės įmonėse didės programinės įrangos, ryšių ir analitikos poreikis, o tai didins programinės įrangos kūrimo ir IT technologijų kompetenciją turinčių darbuotojų, pavyzdžiui, mechatronikos ekspertų, turinčių IT įgūdžių, paklausą. Kad ir kaip skaitmeninės technologijos veiks darbo rinką, kompetencijų virsmas yra vienas iš pagrindinių iššūkių, laukiančių daugelio pramonės įmonių ateityje (Panevėžio plėtros agentūra, 2020).



15 pav. PSI ir užimtumas aukštųjų technologijų profesijose (% nuo visų sektoriaus darbuotojų, 2020 m.). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis CEDEFOP.

Vienas iš rodiklių, leidžiančių stebėti, kiek įmonės jau šiandien yra pažengusios žmogiškojo kapitalo srityje, yra užimtumas aukštųjų technologijų profesijose (angl. *high-tech occupations*), kurios atspindi, kokia dalis darbuotojų apdirbamosios pramonės sektoriuje dirba, turėdami mokslines, inžinerijos ir IRT profesijas (15 pav.). Šios profesijos atitinka šias ISCO klasifikatoriaus profesijas: 21 (mokslo ir inžinerijos specialistai), 31 (mokslo ir inžinerijos asocijuoti specialistai), 25 (informacijos ir ryšių technologijų profesionalai), 35 (informacijos ir ryšių technikai). Aukštųjų technologijų profesijų dalis bendrame užimtumo rodiklyje rodo konkretaus sektoriaus ar visos šalies technologinį intensyvumą (*European Centre for the Development of Vocational Training*, 2022).

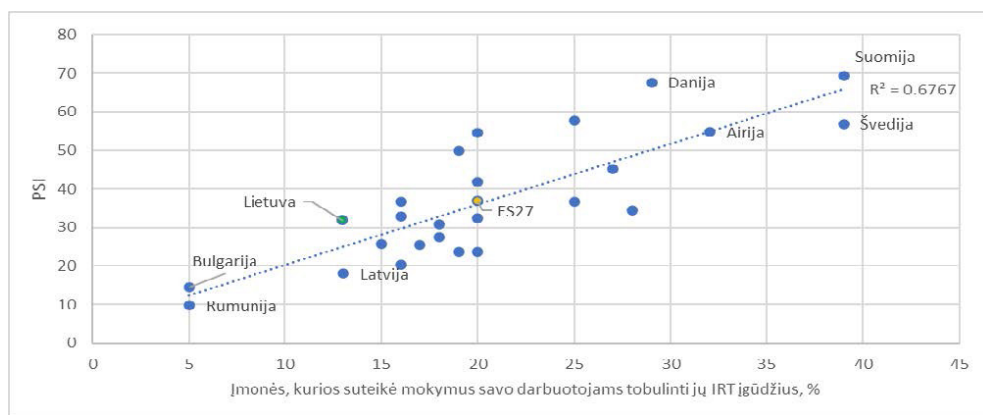
- Duomenys rodo, kad yra teigiamas ryšys tarp PSI bei užimtumo aukštųjų technologijų profesijose pramonės įmonėse.
- Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonėse aukštųjų technologijų profesijų atstovai sudaro apie 9,48 % visų darbuotojų. Visgi, pagal Lietuvos rezultatą PSI tikėtina, kad tokių darbuotojų turėtų būti apie 14 %. Tai leidžia daryti keletą prielaidų:
 - Nepaisant aukštos kvalifikacijos darbuotojų trūkumo, Lietuvos įmonės skaitmeninimo srityje demonstruoja geresnius rezultatus nei būtų galimas tikėtis;
 - Visgi, kadangi aukštųjų technologijų profesijų darbuotojai yra kertiniai, identifikuojant skaitmenines technologijas, jas pasiūlant bei diegiant įmonėse, tikėtina, kad dalis skaitmeninimo iniciatyvų šalies įmonėse yra inicijuojamos ir įgyvendinamos specialistų, kurie neturi reikiamų kompetencijų;
 - Lietuvos įmonės geriausius rezultatus pasiekia tose technologijų naudojimo srityse, kuriose technologiniai sprendimai santykinai nėra sudėtingi, pvz., CRM ar ERP, tuo tarpu pagal sudėtingesnes technologines sritis, pvz., robotų diegimą ar 3D spausdinimą Lietuvos įmonės ES kontekste atsilieka. Tai taip pat gali lemti faktas, kad įmonėse nėra pakankamai aukštos kvalifikacijos darbuotojų, kurie gebėtų identifikuoti ir pasiūlyti sudėtingesnius technologinių sprendimus;
 - Galiausiai, aukštųjų technologijų darbuotojų trūkumas įmonėse bei nepakankama jų pasiūla rinkoje ilgojoje perspektyvoje gali riboti tolimesnę įmonių skaitmeninę transformaciją.

Pramonės skaitmeninimas ir darbuotojų IRT įgūdžių tobulinimas

Skaitmeninė įmonių transformacija neabejotinai lemia ir tai, kad įmonėse dirbantys darbuotojai nuolatos privalo kelti savo profesines kompetencijas. Technolo-

ginė plėtra lemia tai, kad atsiranda poreikis naujų kvalifikacijų, kurių įmonių darbuotojai iki šiol neturėjo arba jos buvo nepakankamos, taigi didelę svarbą šiame kontekste įgauna darbuotojų IRT įgūdžių tobulinimas.

Pastebima, kad yra reikšmingas ryšys tarp to, kokia dalis įmonių šalyje suteikia IRT mokymus savo darbuotojams ir to, koks yra konkrečios valstybės PSI. Sėkmingos darbuotojų IRT kompetencijų kėlimo programos didina darbuotojų pasirengimą identifikuoti, įdiegti ar naudoti skaitmenines technologijas, o tai sudaro prielaidas įmonėms ieškoti naujų galimybių ir toliau plėsti skaitmeninių technologijų diegimo apimtį (16 pav.).



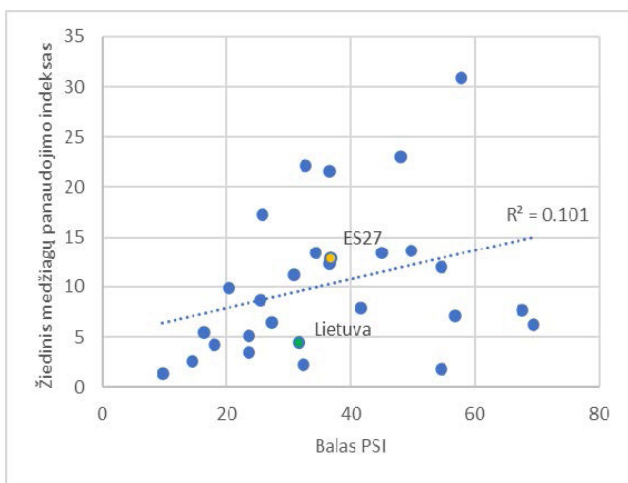
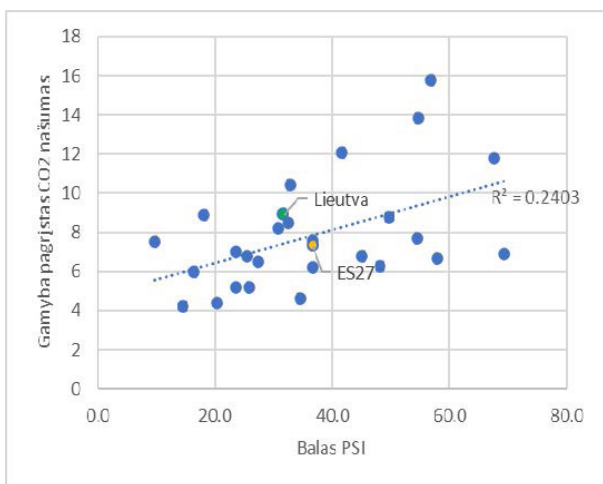
16 pav. PSI ir darbuotojų IRT įgūdžių tobulinimas (% nuo įmonių, savo darbuotojams suteikusių IRT mokymus, 2020 m.). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „Eurostat“.

Pramonės skaitmeninimas ir žalioji transformacija

Ambicingi ES tikslai kovoti su klimato kaita, apibrėžti Europos žaliajame kurse, ekspertų vertinimu, negali būti pasiekti be tikslingo skaitmeninių technologijų naudojimo. Skaitmeninės technologijos turi pasitarnauti kaip viena iš svarbiausių priemonių, siekiant aplinkosauginių tikslų ir tvaraus augimo principų įgyvendinimo, prisidedant prie efektyvesnio energijos ir išteklių naudojimo, perėjimo prie žiedinės ekonomikos, mažinant išmetamų teršalų ar atliekų kiekį ir pan. ES kontekste šis procesas yra įvardijamas kaip dviguba transformacija (angl. *twin transition*) (*European Commission*, 2021).

Pramonės sektorius ir jo vertės kūrimo grandinės, kaip viena iš kertinių dedamųjų tiek dėl indėlio į ekonomikos augimą, tiek ir dėl poveikio aplinkai, dvigubos transformacijos kontekste neišvengiamai turės stipriai pasikeisti. Strateginiuose ES

lygmens dokumentuose, tokiuose kaip Europos pramonės strategija ar Žiedinės ekonomikos veiksmų planas, pramonės sektorius yra išskiriamas kaip vienas iš esminių, siekiant Bendrijos tikslų. Didelį dėmesį šio sektoriaus transformacijai lemia ženklus jo poveikis aplinkai. Remiantis nacionalinės Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) ataskaitos duomenimis, 2020 m. Lietuvos pramonės sektorius per metus išmeta 15,6 proc. viso ŠESD kiekio ir yra trečias didžiausias teršėjas šalyje (ES pramonė išmeta apie 13 % ŠESD) (Klimato kaita, 2020).



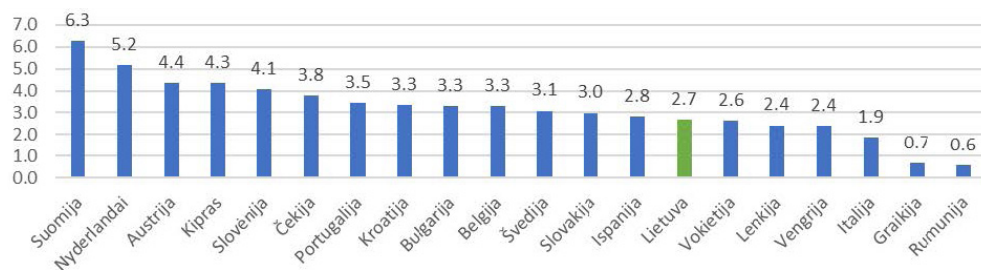
17 pav. PSI ir žaliosios transformacijos rodikliai (Gamyba pagrįstas CO₂ našumas bei Žiedinumo indeksas). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis OECD „Green Growth Indicators“ ir „Eurostat“.

Nepaisant to, kad skaitmeninių technologijų naudojimas vis dažniau yra siejamas su poveikio aplinkai mažinimu, keletas svarbių su klimato kaita susijusių rodiklių liudija, kad kol kas Europos įmonės neišnaudoja technologijų teikiamų galimybių:

- Gamyba pagrįstas CO₂ našumas (sukuriamas BVP, išmetant 1 kg CO₂) silpnai koreliuoja su Pramonės skaitmeninimo indeksu. Įdomu tai, kad Lietuva pagal CO₂ našumą tarp Bendrijos valstybių užima 6–7 vietas (8,30 euro Lietuvoje; 6,82 euro ES), kai tuo tarpu pagal PSI ji yra tik 16 vietoje;
- Dar silpnesnė koreliacija yra tarp Pramonės skaitmeninimo indekso bei Žiedinio medžiagų panaudojimo indekso. Šiuo atveju Lietuvos rezultatas yra priešingas – 16 vieta PSI ir tik 21 vieta pagal žiedinį resursų panaudojimą (4,4 Lietuvoje; 12,8 ES).

Nors dalis įmonių taiko labai platų spektrą skaitmeninių technologijų, tikėtina, kad jos nėra naudojamos, siekiant mažinti įmonės neigiamą poveikį aplinkai. Diegdamos technologijas, įmonės gali tobulinti savo gamybos procesus (naudoti naujus metodus, technologijas ir įrangą, kurie yra įmonės gamybos proceso dalis) arba taršos kontrolės priemones (surinkti išmetamą taršą, sumažinti teršalų sklaidą, valyti ir pašalinti teršalus), tačiau darytina prielaida, kad dauguma šiuo metu naudojamų technologijų yra taikomos, siekiant kitų tikslų.

Grafikas rodo (18 pav.), kad pramonės įmonių investicijos į aplinkosaugines technologijas sudaro labai nedidelę dalį materialinių įmonių investicijų į mašinas ir įrenginius. Visgi, suvokiant, kad įmonių investicijos į mašinas ir įrenginius nebūtinai reiškia įvairias naujausias skaitmenines technologijas, žemi rezultatai sustiprina prielaidą, kad technologijų ir įrenginių (skaitmeninių ar ne) diegimas, siekiant mažinti neigiamą poveikį klimatui, vis dar nėra įmonių prioritetas.



18 pav. Įmonių investicijos į aplinkos apsaugos technologijas % nuo materialinių investicijų į mašinas ir įrenginius (2018 m.). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „Eurostat“.

Atsižvelgiant į tai, kad ES griežti išipareigojimai mažinti ekonominės veiklos poveikį aplinkai yra vis dar ganėtinai nauji, tikėtina, kad įmonės skaitmeninių technologijų diegimą pirmiausia tebesieja su didėjančiomis gamybos apimtimis ar verslo efektyvumu. Vykstant technologiniams pokyčiams, įmonėms patiriant reguliacinį spaudimą mažinti neigiamą įtaką aplinkai, vyriausybėms kuriant ir paskelbiant vis daugiau paskatų, skirtų skatinti įmones diegti skaitmenines technologijas, įgalinančias neutralumą klimatui, tikėtina, kad ateityje skaitmeninių technologijų ir įvairių žaliųjų rodiklių tarpusavio ryšys tik didės. Visgi, siekiant išsiaiškinti dabartinę skaitmeninių technologijų naudojimo sąveiką su poveikio aplinkai mažinimu reikėtų atskirų platesnio masto tyrimų.

3.3. Skaitmeninimą įgalinančios aplinkos vertinimas

Skaitmeninių technologijų plėtra ir panaudojimas pramonės įmonėse klesti tose valstybėse ar regionuose, kur šiam procesui yra sudaromos palankios sąlygos. Vienas iš pagrindinių veiksnių, įgalinančių inovacijų plėtrą ir pramonės transformaciją, yra žmogiškieji ištekliai, kurie palaiko technologijų kūrimo, sklaidos ir naudojimo procesus. Dar du svarbūs elementai, kurie prisideda prie konkurencinės ir technologijomis pagrįstos pramonės, yra verslo investicijos ir inovacinės veiklos. Galiausiai, verslo aplinka, kuri yra stipriai veikiamą infrastruktūros kokybės ir prieinamumo, teikiamų verslo plėtros paslaugų, verslų kūrybiškumo ir bendradarbiavimo galimybių kartu su kokybiniais šio proceso parametrais, sudaro dar vieną esminį verslo skaitmeninimą įgalinančių sąlygų ramstį.

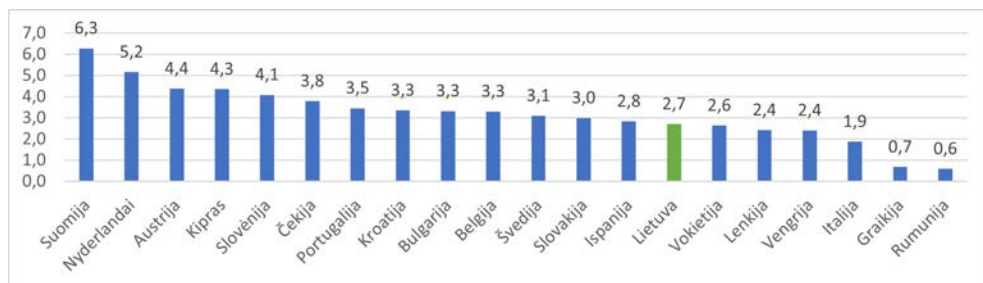
Atsižvelgiant į tai, toliau yra pristatomos skaitmeninę verslų transformaciją įgalinančios subkategorijos ir konkretūs rodikliai, kurie yra pasirinkti kaip apytiksliai (angl. *proxy*) indikatoriai, darant prielaidą, kad jų visuma padės geriau suvokti analizuojamą reiškinį. Pramonės skaitmeninimą įgalinančios aplinkos poveikį yra ganėtinai sunku išmatuoti tiesiogiai dėl didelės įvairovės skirtingu mastu šį procesą galinčių paveikti veiksnių, todėl šiuo atveju buvo pasirinkti specifiški ir konkrečiai pramonės sektoriaus rezultatus atspindintys rodikliai.

3.3.1. Įgūdžiai

Tinkamas žmogiškasis kapitalas yra vienas svarbiausių veiksnių, įgalinančių pramonės įmonių skaitmeninę transformaciją. EBPO vertinimu, žmogiškąjį kapitalą sudaro jo gebėjimų, žinių ir kompetencijų visuma. Šiame kontekste žvelgiant iš įmonių perspektyvos, vis didesnę jų vertės dalį sudaro ne materialus, o nematerialus turtas, įskaitant žinias. Nematerialaus įmonių turto svarbą sustiprina vykstanti pramonės skaitmeninė transformacija, o technologijos, kaip priemonės naudojamos šiame procese, negali būti pritaikomos be žmonių, kurie mokėtų ne tik jas įdiegti, bet ir naudotis, įgyvendinant įvairius verslo procesus.

Verslo skaitmeninimas transformuoja pagrindinius darbo principus ir metodus, o aspektai, susiję su darbuotojų įgūdžiais, yra neatsiejama šios transformacijos dalis. Skaitmeninių priemonių įdiegimas darbo vietoje apima mokymąsi ir prisitaikymą. Dėl to vis svarbesnis tampa nuolatinis darbuotojų kompetencijų kėlimas. Skaitmeninimas taip pat stipriai veikia darbuotojų įgyvendinamas veiklas bei patį darbo organizavimą. EBPO duomenimis, naujos programinės įrangos ar kompiuterizuotų technologijų pritaikymas apdirbamosios pramonės įmonėse lemia, kad:

- 22 % darbuotojų dėl naujos programinės ar kompiuterinės įrangos įdiegimo pasikeičia pagrindinės darbo užduotys;
- 39 % darbuotojų turėjo išmokti dirbti su nauja programine ar kompiuterine įranga;
- 12 % darbuotojų reikėjo tolesnio mokymo, kad jie galėtų gerai susidoroti su pareigomis, susijusiomis su kompiuterių, programinės įrangos ar taikomųjų programų naudojimu darbe (OECD, 2019).

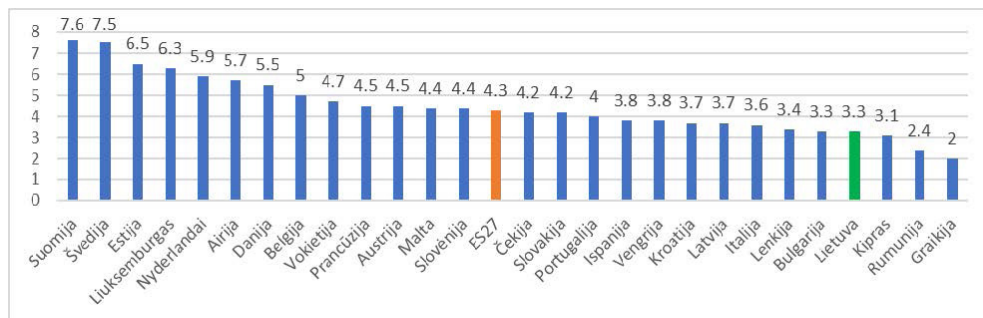


19 pav. Įmonių investicijos į aplinkos apsaugos technologijas % nuo materialinių investicijų į mašinas ir įrenginius (2018 m.). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis „Eurostat“.

Lietuvos apdirbamosios pramonės rezultatas:

- Pagal *Igūdžių* kategoriją Lietuva tarp ES valstybių užima tik 17 vietą, surinkusi 36 balus (pirmojoje vietoje yra Suomija – 91 balas; ES vidurkis yra 40 balų);
- Lietuvoje 2020 m. tik 13 % apdirbamosios pramonės įmonių teikė IRT mokymus savo darbuotojams, siekiant tobulinti jų įgūdžius, tuo tarpu vidurkis Bendrijoje siekė 20 %. Pagal šį rodiklį Lietuva lenkė tik Rumuniją ir Bulgariją;
- Be to, Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės yra vienos mažiausiai IRT specialistų įdarbinančios visoje ES. Lietuvoje šis rodiklis siekia 3,3 %, ir pagal jį Lietuva lenkia tik Kiprą, Rumuniją ir Graikiją. Nuo ES vidurkio Lietuva atsilieka 1 procentiniu punktu;
- Lietuvos situaciją įgūdžių kontekste šiek tiek gerina STEM absolventų kiekis šalyje. 2019 m. STEM absolventų kiekis Lietuvoje, tenkantis 1 000 gyventojų, siekė 19,8 ir 1 punktu atsiliko nuo ES vidurkio. Pagal šią kategoriją Lietuva tarp Bendrijos valstybių užima 11–12 vietas;
- Lyginant su kitomis Bendrijos šalimis, Lietuva pasižymi ganėtinai neblogu rezultatu pagal rodiklį *Įmonės neturi sunkumų užpildyti laisvų darbo vietų, kurios reikalauja IRT įgūdžių*. Lietuvos rezultatas pagal šią kategoriją siekia 4 %, o tai šaliai leidžia užimti 7–12 vietas.

Apdirbamojoje pramonėje įdarbinti IRT specialistai. Rodiklis *Apdirbamojoje pramonėje įdarbinti IRT specialistai* leidžia įvertinti, ar apdirbamosios pramonės įmonės įdarbina IRT specialistus, ir kiek įmonėse yra paplitę šių specialistų įgūdžiai (20 pav.).

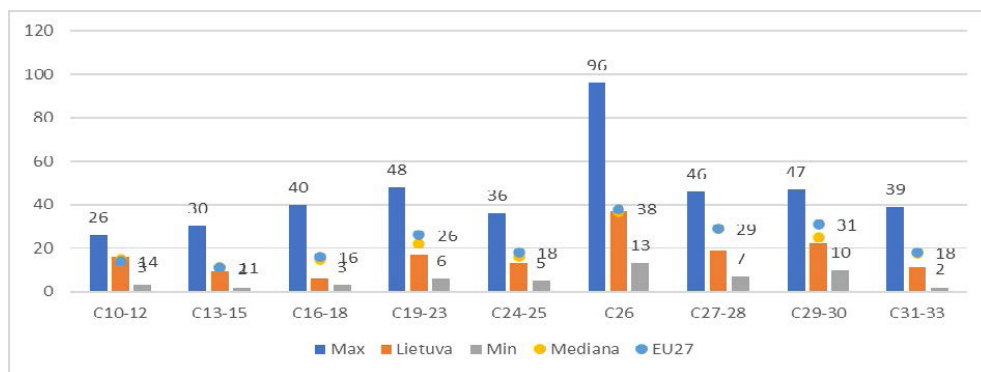


20 pav. Apdirbamojoje pramonėje įdarbinti IRT specialistai (% nuo visų darbuotojų sektoriuje, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

Lietuvos rezultatas pagal apdirbamojoje pramonėje įdarbintus IRT specialistus ES kontekste yra labai žemas. Tik 3,3 % darbuotojų šioje ekonominėje veikloje yra IRT specialistai, taigi Lietuva 1 proc. p. atsilieka nuo Bendrijos vidurkio.

Įmonės, kurios suteikė mokymus savo darbuotojams, siekdamos tobulinti jų IRT įgūdžius. Analizuojant įmones, kurios suteikė mokymus savo darbuotojams, siekdamos tobulinti jų IRT įgūdžius, yra siekiama išsiaiškinti, kiek įmonių savo darbuotojams suteikė tokius mokymus, naudodamosi įmonės vidiniais resursais ar samdydami išorės ekspertus. Šis rodiklis apima tiek įmonėse dirbančių IRT specialistų mokymus, tiek ir IRT profesinį mokymą, kuris yra suteikiamas kitiems įmonėms darbuotojams, kurie nėra IRT specialistai (21 pav.).

IRT įgūdžiai reiškia įgūdžius, susijusius, pavyzdžiui, su tokiomis užduotimis kaip: internetinės rinkodaros ar elektroninės prekybos valdymas; įmonės socialinių tinklų profilio valdymas; programavimo kalbos; svetainių ar programų projektavimas arba valdymas; duomenų bazių valdymas arba duomenų analizė; kompiuterių tinklų, serverių ir kt. priežiūra; IT saugumo ar privatumo valdymas; specialios programinės įrangos naudojimas arba projektavimas; telekomunikacijų sistemų ir tinklų valdymas ir t. t. Šis sąrašas nėra baigtinis ir gali įtraukti kitus su IRT susijusius įgūdžius, priklausomai nuo įmonių vykdomos veiklos bei poreikių.

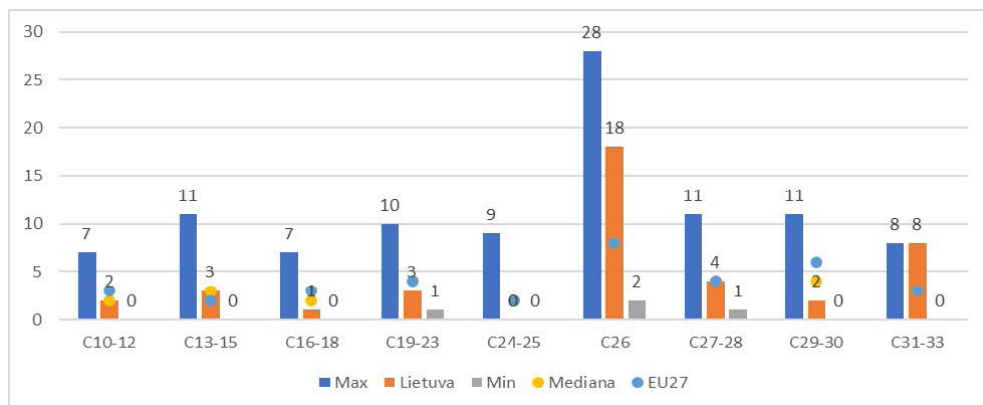


21 pav. Įmonės, kurios suteikė mokymus savo darbuotojams, siekdamos tobulinti jų IRT įgūdžius (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Lietuvos kontekste mažiausią dėmesį darbuotojų IRT įgūdžių tobulinimui skyrė *Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius* (C16-18) – 6 %; *Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius* (C13-15) – 9 %. Pastarojo sektoriaus rezultatas ES mastu yra pats žemiausias – 11 %; antras prasčiausias rezultatas ES mastu buvo pasiektas *Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektoriuje* (C10-12) – 14 %. Įdomu tai, kad būtent šis sektorius Lietuvoje yra vienintelis, kuris lenkia Bendrijos vidurkį ir siekia 16 %.
- Likę apdirbamosios pramonės sektoriai Lietuvoje pagal darbuotojų IRT įgūdžių tobulinimą atsilieka nuo ES vidurkių. Didžiausi skirtumai yra pastebimi:

- Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektoriuje (C16-18) – 6 % Lietuvoje ir 16 % ES. Šioje kategorijoje Lietuva lenkia tik tokias valstybes, kaip Bulgarija ir Rumunija;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektoriuje (C19-23) – 17 % Lietuvoje ir 26 % ES. Europoje Lietuva lenkia tik Graikiją, Maltą, Rumuniją ir Bulgariją;
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriuje (C27-28) – 19 % Lietuvoje ir 29 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriuje (C31-33) – 11 % Lietuvoje ir 18 % ES. Lietuva lenkia tik Bulgariją ir Rumuniją.
- Didžiausią dėmesį darbuotojų IRT kvalifikacijų kėlimui Lietuvoje skyrė *Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius* (C26) – 37 %. Visgi, Lietuva šioje srityje nėra išimtis – šio sektoriaus įmonės ES lygmeniu 2020 m. skyrė didžiausią dėmesį savo darbuotojų IRT įgūdžių kėlimui – 38 %.

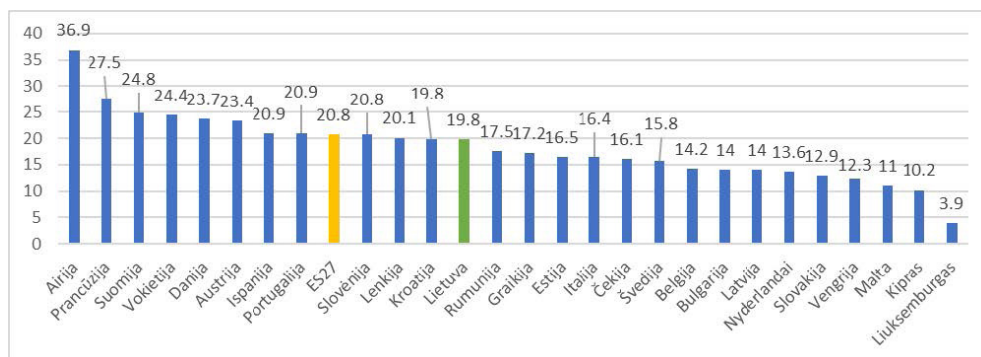
Įmonės, neturėjusios problemų užpildyti laisvų darbo vietų, kurios reikalavo IRT įgūdžių. Toliau analizuojamas rodiklis yra *Įmonės, neturėjusios problemų užpildyti laisvų darbo vietų, kurios reikalavo IRT įgūdžių*. Juo siekiama identifikuoti IRT specialistų poreikio neatitikimą darbo rinkos pasiūlai (22 pav.). Kuo daugiau įmonių tam tikrame sektoriuje teigia, kad nesusiduria su iššūkiais pritraukti darbo jėgą, kuri turėtų IRT įgūdžių, tuo situacija šalyje ar sektoriuje yra geresnė.



22 pav. Įmonės neturėjo problemų užpildyti laisvų darbo vietų, kurios reikalavo IRT įgūdžių (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Geriausius rezultatus pagal šį rodiklį demonstruoja Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26) – 18 % sektoriaus įmonių teigė, kad neturėjo problemų užpildyti laisvų darbo vietų, kurios reikalavo IRT įgūdžių (antrasis geriausias rezultatas Bendrijoje). Dar vienas sektorius, kuris pasižymi geru rezultatu yra Baldų, kitos gamybos ir mašinų bei įrangos remontavimo ir montavimo sektorius (C31-33) – 8 % sektoriaus įmonių neturėjo problemų rasti specialistų su IRT įgūdžiais (Lietuva dalijasi pirmą vietą su Kipru).
- Nuo ES vidurkių šioje srityje atsilieka 5 apdirbamosios pramonės sektoriai:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 2 % Lietuvoje ir 3 % ES;
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 1 % Lietuvoje ir 3 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 3 % Lietuvoje ir 4 % ES;
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 0 % Lietuvoje ir 2 % ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 2 % Lietuvoje ir 6 % ES.

STEM absolventai. Analizuojant gamtos mokslų, technologijų, inžinerijos ir matematikos (STEM) absolventų kiekį šalyje, yra matuojamas bakalauro, magistrantūros bei doktorantūros programų lygmens absolventų kiekis, tenkantis 1 000 gyventojų (pav. 18.). Su STEM susiję įgūdžiai darbo rinkoje įgauna vis didesnę paklausą, ypač augant skaitmeninimo poreikiui, kadangi asmenys, turintys šios srities išsilavinimą, turi tam tikrų tarpdisciplininių žinių, yra susipažinę su naujausiomis technologijomis ir geba jas kurti bei pritaikyti, turi tam tikrų socialinių įgūdžių.

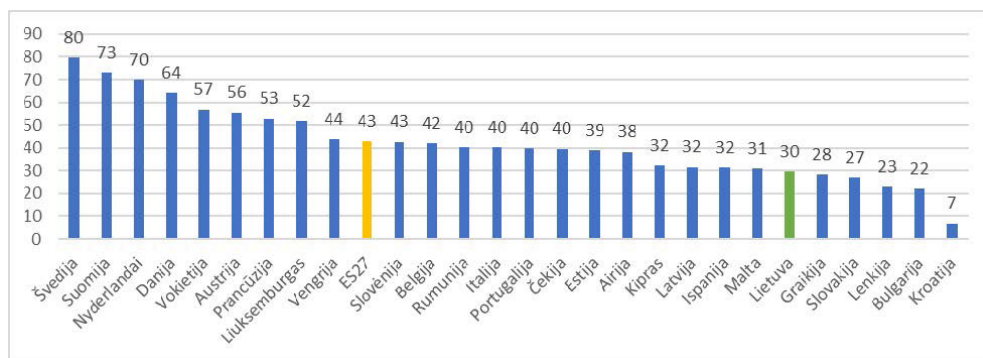


23 pav. STEM absolventai (1 000 gyventojų, 2019 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

2019 m. STEM absolventų kiekis Lietuvoje, tenkantis 1 000 gyventojų, siekė 19,8 ir 1 proc. p. atsiliko nuo ES vidurkio. Pagal šią kategoriją Lietuva tarp Bendrijos valstybių užima 11–12 vietas kartu su Kroatija.

3.3.2. Ryšių infrastruktūra ir paslaugos

Ryšių infrastruktūra ir paslaugos yra skaitmeninių technologijų naudojimo pagrindas, įgalinantis žmonių, organizacijų ir įrenginių sąveiką. Aukštos kokybės prieiga prie ryšių tinklų ir paslaugų konkurencingomis kainomis yra esminė skaitmeninės transformacijos dalis. Šiame kontekste taip pat svarbu pabrėžti, kad duomenys ir jų naudojimas tampa vis svarbesni. Duomenys tampa ekonominės veiklos varomąja jėga ir yra vis dažniau naudojami įgyvendinti įvairius įmonės veiklos procesus. Visgi, visa tai yra neįmanoma be efektyvios ir gerai veikiančios viešosios infrastruktūros, kuri įgalina prieigą prie duomenų, efektyvų jų apdorojimą ir panaudojimą.



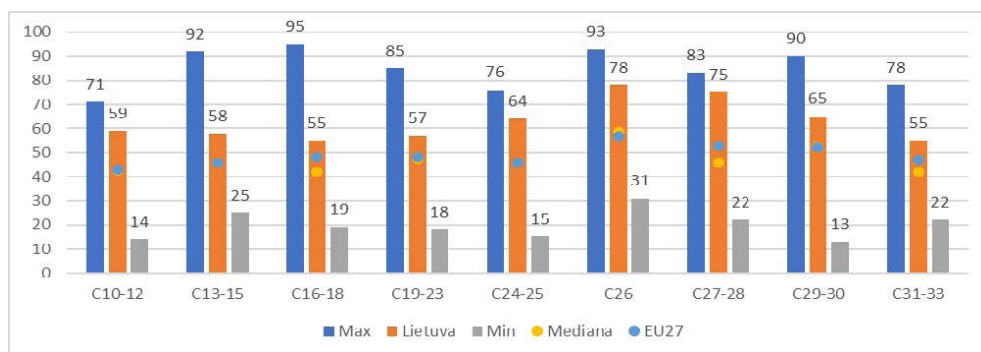
24 pav. Infrastruktūra – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai:

- Pagal *Infrastruktūros* kategoriją Lietuva tarp Bendrijos valstybių užima tik 22 vietą, surinkusi 30 balų iš 100 galimų (pirmoje vietoje yra Švedija – 80 balų; ES vidurkis yra 43 balai).
- Pagal 5G ryšio sklaidą Lietuva dalijasi 21–27 vietas su tokiomis valstybėmis kaip Bulgarija, Estija, Kroatija, Malta, Lenkija ir Slovėnija.
- Pagal EIB atliekamą apklausą siekiant išsiaiškinti, kaip prieiga prie skaitmeninės infrastruktūros veikia įmonių investicijas, Lietuva užima tik 18 vietą tarp 27 ES valstybių.

- Nuo aukšto lygio pramonės skaitmeninimo yra neatsiejamas tarpusavyje sujungtų fizinių įrenginių tinklas, kuris gali apimti elektroniką, programinę įrangą, jutiklius, pavaras ir ryšio komponentus, kuriais šie įrenginiai gali susisiekti ir mainytis duomenimis. Skirtingų įrenginių tarpusavio ryšių infrastruktūrą stebėti padeda mašinų mašinoms (M2M) prenumeratų skaičius, kurį stebi GSM asociacija (GSMA). M2M / įterptųjų mobiliojo ryšio abonentų skaičius, tenkantis 100 gyventojų Lietuvoje, 2019 m. siekė 11,6, o tai tarp EBPO priklausančių Europos valstybių yra penktas prasčiausias rezultatas.
- Analizuojant plačiajuosčio ryšio skverbtį skirtingose valstybėse, analizuojamas įmonių skaičius, kurių didžiausia sutartyje numatyta sparčiojo fiksuoto interneto ryšio atsisiuntimo sparta yra ne mažesnė kaip 100 megabaitų per sekundę (Mb / s). Infrastruktūros kategorijoje šis Lietuvos rodiklis yra pats geriausias – Lietuvos rezultatas yra 59 % apdirbamosios pramonės įmonių (10 vieta), o ES vidurkis yra lenkiamas 12 proc. p.

Interneto prieiga. Plačiajuostis ryšys yra apibūdinamas kaip didelės spartos, nuolat veikiantis interneto ryšys, o pastartuoju metu jis yra priskiriamas prie bendrosios paskirties technologijų, t. y. tokių technologijų, kurios fundamentaliai keičia, kaip ir kur ekonominė veikla gali būti organizuojama ir įgyvendinama (Minges, 2016). Plačiajuosčio ryšio plėtra sudarė sąlygas dideliems pokyčiams informacinių technologijų sektoriuje bei įgalino įvairias su pramonės skaitmeninimu susijusias technologijas, tokias kaip debesų kompiuterija, daiktų internetas, dirbtinis intelektas ir t. t. (25 pav.).



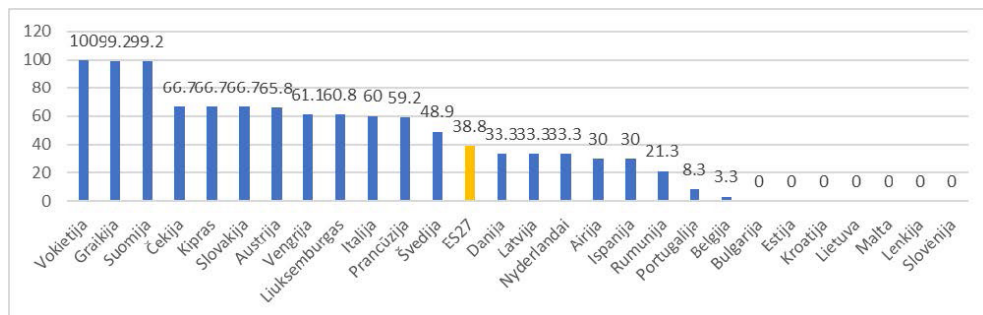
25 pav. Didžiausia sutartyje numatyta sparčiojo fiksuoto interneto ryšio atsisiuntimo sparta yra ne mažesnė kaip 100 megabaitų per sekundę (Mb / s) (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Daugiausiai įmonių, kurių atsisiuntimo sparta yra ne mažesnė kaip 100 Mb / s, Lietuvoje yra tarp Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriaus (C26) bei tarp Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus įmonių (C27-28) – atitinkamai 78 ir 75 %.
- Žemiausią rezultatą Lietuvoje pasiekė du sektoriai, kurių rezultatas tesiekia 55 %, t. y. Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos (C16-18) bei Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriaus (C31-33) įmonės.
- Visi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai turi geresnius rezultatus, lyginant su Bendrijos vidurkiu. Geriausią rezultatą tarp savo sektoriaus įmonių ES mastu pasiekia:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus (C27-28) – 3 vieta;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriaus (C26) – 4 vieta;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriaus (C29-30) – 4 vieta.
- Žemiausią poziciją tarp ES valstybių užima Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektoriaus (C19-23) – 8 vieta.

5G skverbtis. Kartu su didėjančiomis duomenų apimtimis, kyla naujų duomenų perdavimo ir kaupimo technologijų poreikis. Šiame kontekste vis didesnę svarbą įgauna 5G ryšio plėtra (26 pav.). Svarbiausi šio ryšio aspektai yra jo didesnė aprėptis, perdavimo sparta ir mažesnė delsa (angl. *latency*). Apdirbamosios pramonės kontekste 5G gali pakeisti produktų gamybą ir įgalinti dar didesnės apimties skaitmeninę transformaciją. Pvz., 5G ryšys gali paskatinti pramoninio daiktų interneto plėtrą bei sujungti kiekvieną gamybos proceso dalį tiek gamykloje, tiek ir už jos ribų. To rezultatas turėtų būti išaugęs įmonių produktyvumas ir pagerėjusios klientų patirtys.

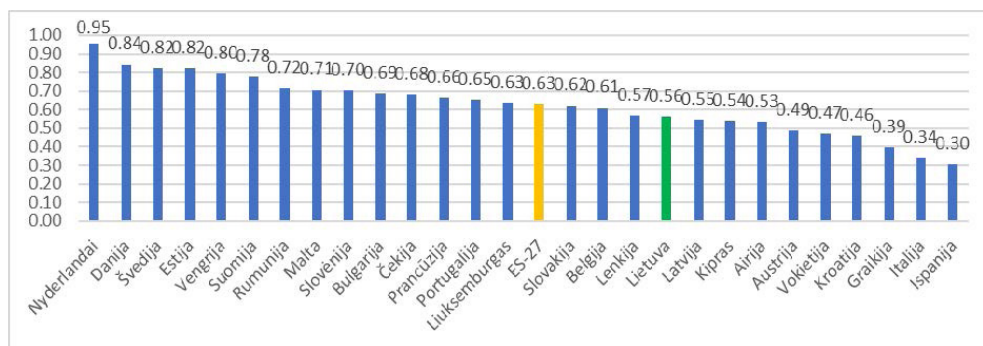
Pagal 5G skverbties duomenis Lietuva yra tarp Bendrijos autsaiderių kartu su kitomis regiono valstybėmis, tokiomis kaip Estija, Lenkija, Slovėnija.

Prieiga prie skaitmeninės infrastruktūros. Viena iš pagrindinių priežasčių, neigiamai veikiančių įmonių galimybes ir norą investuoti į skaitmenines technologijas, yra susijusi su tuo, kad įmonėms trūksta kompetencijų bei žinių apie skaitmenines technologijas ir jų integraciją į įmonės veiklas. Siekiant spręsti šį iššūkį, įmonėms yra būtina prieiga prie privačios ar viešos infrastruktūros, kuria naudodamosi įmonės galėtų išbandyti tam tikrus skaitmeninius sprendimus, išanalizuoti, ar tokie sprendimai būtų naudingi jų įmonei, ar jie derėtų su jau įmonėje egzistuojančiomis technologijomis ar verslo modeliais ir pan.



26 pav. 5G skverbtis. Šaltinis: DESI 2021.

Siekiant išmatuoti, kokie veiksniai daugiausiai lemia įmonių ilgojo laikotarpio investavimo tendencijas, EIB atlieka įmonių apklausas, kurių metu respondentų yra klausiama apie įvairius faktorius, veikiančius ilgojo laikotarpio įmonių investicinius sprendimus (*labai reikšminga kliūtis; nedidelė kliūtis; jokios kliūties*). Vienas iš nagrinėjamų faktorių, veikiančių įmonių investicijas, yra prieiga prie skaitmeninės infrastruktūros (27 pav.) (*European Investment Bank*, 2019).

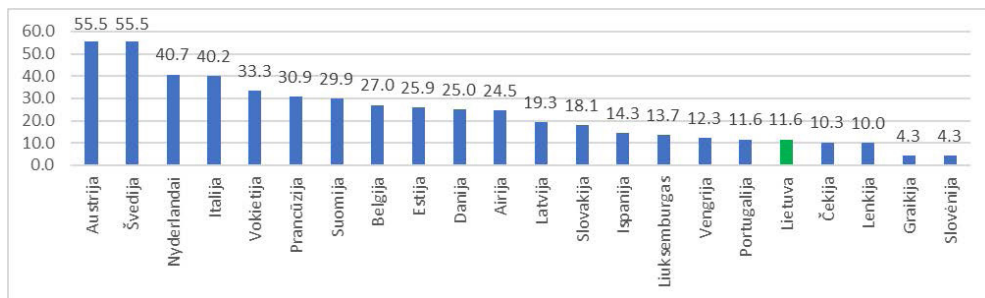


27 pav. Prieiga prie skaitmeninės infrastruktūros – jokių kliūčių (2019 m.). Šaltinis: Europos investicijų bankas.

EIB apklausos duomenys rodo, kad ES kontekste Lietuvos įmonės prieigą prie skaitmeninės infrastruktūros mato kaip ganėtinai didelį iššūkį: šalis yra 18 vietoje ir atsilieka nuo Bendrijos rezultato.

Ryšiai tarp mašinų (M2M). Ryšių tarp mašinų (M2M) komunikacija yra suvokiama kaip visiškai ar iš esmės automatizuota komunikacija (informacijos perdavimas) tarp dviejų ar daugiau informacijos ir ryšių subjektų, kurie gali būti iš anksto nustatytos grupės dalis. Dalis pagrindinės daiktų interneto infrastruktūros yra

M2M ryšys. M2M skverbtis yra matuojama kaip M2M SIM kortelių skaičius mobiliuosiuose tinkluose, tenkantis 100 gyventojui, yra daiktų interneto komponento rodiklis. Rodiklis rodo SIM korteles, skirtas naudoti mašinos ir įrenginiuose (pvz., įrenginiuose, išmaniuosiuose skaitikliuose, plataus vartojimo elektronikos prietaisuose) ir kurie nėra vartotojo abonemento dalis (28 pav.) (OECD, 2019).

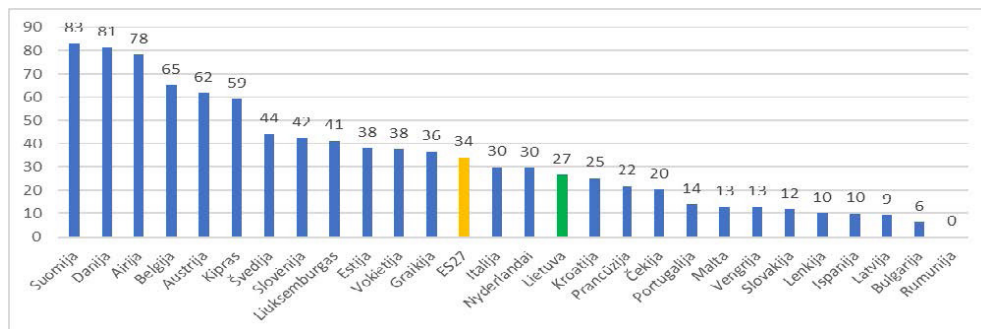


28 pav. M2M SIM kortelių skverbtis (M2M prenumeratos 100 gyventojų, 2019 m.). Šaltinis: OECD.

M2M SIM kortelių skverbties duomenys rodo, kad Lietuva šioje srityje atsilieka nuo daugumos EBPO valstybių narių. Lietuvoje šis rezultatas siekia 11,6, o toks rezultatas lenkia tik keturias valstybes (Čekiją, Lenkiją, Graikiją, Slovėniją).

3.3.3. Bendradarbiavimas

Bendradarbiavimas atspindi įmonių ir kitų inovacijų ekosistemos veikėjų tarpusavio sąveikos būdą. Veikėjai, įsitraukę į tarpusavio bendradarbiavimą, kuris gali būti aktualus skaitmeninimo kontekste, gali būti dalyviai vertės kūrimo grandinėse (kiti verslai, nepriklausantys įmonių grupei), žinias kuriantys ir teikiantys veikėjai (pvz., universitetai ar mokslinių tyrimų institutai) bei viešieji veikėjai (pvz., vyriausybė ar įvairios agentūros). Apskritai bendradarbiavimas su įvairiais partneriais suteikia įmonėms įvairių mokymosi galimybių skirtingose srityse, įskaitant ir skaitmeninimą. Pavyzdžiui, bendradarbiavimas su kitomis įmonėmis gali suteikti tam tikrų naujų žinių ar resursų; bendradarbiavimas su universitetais gali suteikti prieigą prie naujų žinių ir kompetencijų; bendradarbiavimas su tyrimų institucijomis gali suteikti galimybę išbandyti naują infrastruktūrą ir pan.

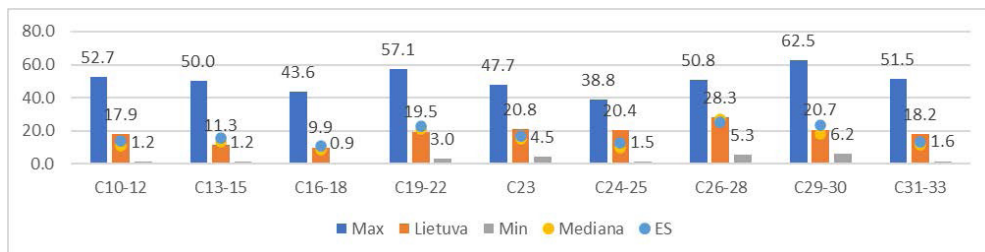


29 pav. Bendradarbiavimas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai:

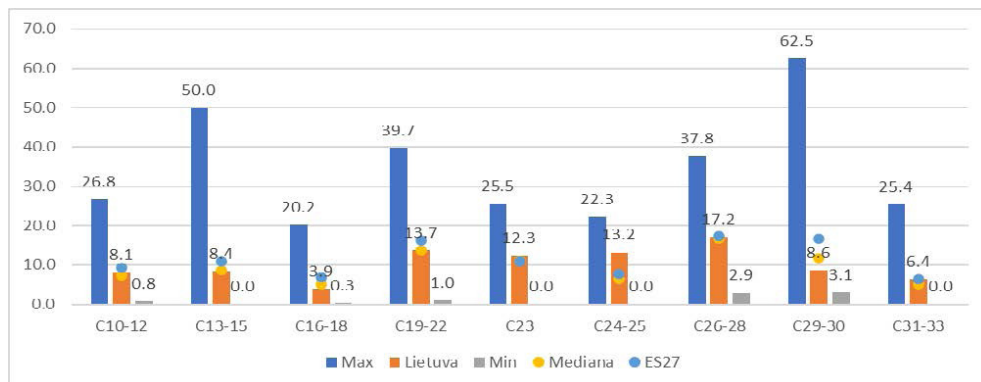
- Pagal *Įgalinančiosios aplinkos* kategoriją *Bendradarbiavimas*, Lietuva užima 15 vietą, surinkusi 27 balus (pirmojoje vietoje yra Suomija – 83 balai; ES vidurkis yra 34 balai).
- Geriausią rezultatą ES kontekste Lietuva demonstruoja pagal rodiklį *Įmonės, kurios bendradarbiavo MTEP ir kitose inovacinėse veiklose su privačia verslo įmone, nepriklausančia įmonių grupei*. Lietuvoje tokių apdirbamosios pramonės įmonių buvo 16,8 %, o toks rezultatas leidžia užimti 10 vietą. Pagal tai Lietuva lenkia ES vidurkį, kuris siekia 15,9 %.
- Pagal kitus verslo bendradarbiavimo rodiklius, įgyvendinant MTEP ir kitas inovacines veiklas, Lietuvos rodikliai žemesni, lyginant su ES vidurkiu.
 - Bendrijoje apie 10,2 % apdirbamosios pramonės įmonių bendradarbiauja su konsultantais ar komercinėmis laboratorijomis, tuo tarpu Lietuvoje rodiklis siekia 8,8 % (13 vieta);
 - 8,6 % įmonių ES bendradarbiauja su universitetais ir kitomis aukštojo mokslo institucijomis – Lietuvoje tik 5,1 % (18 vieta);
 - Su valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais bendradarbiauja 5,2 % Europos apdirbamosios pramonės įmonių ir tik 3,3 % Lietuvoje (12 vieta).

Įmonės, bendradarbiaujančios su verslo įmonėmis, nepriklausančiomis įmonės grupei



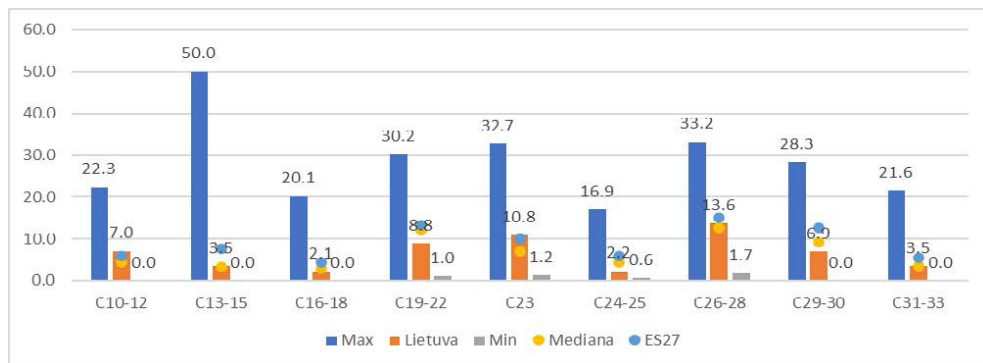
30 pav. Bendradarbiavimas inovacijų tikslais su verslo įmonėmis, nepriklausančiomis įmonės grupei (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Geriausius bendradarbiavimo rezultatus su verslo įmonėmis, nepriklausančiomis įmonės grupei, tiek Lietuvoje, tiek ir ES pasiekė apdirbamosios pramonės verslai iš Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus (C26-28) – atitinkamai 28,3 ir 25,4 % įmonių.
 - ES vidurkius bendradarbiavimo srityje su kitomis verslo įmonėmis lenkė dvi apdirbamosios pramonės grupės iš Lietuvos:
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 20,4 % Lietuvoje (5 vieta) ir 12,5 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 18,2 % Lietuvoje (6 vieta) ir 13 % ES.
 - Lietuvoje prasčiausius bendradarbiavimo rezultatus su kitomis verslo įmonėmis pasiekė Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 11,3 % – ES 15,6 %; Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 9,9 % – ES 10,9 %.
 - Prastesnius rezultatus už ES vidurkius bendradarbiavimo srityje su kitomis įmonėmis Lietuvoje taip pat turėjo Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22) – 19,5 % Lietuvoje ir 23,1 % ES; Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 20,7 % Lietuvoje ir 23,4 % ES.
- Įmonės, bendradarbiaujančios su konsultantais, komercinėmis laboratorijomis



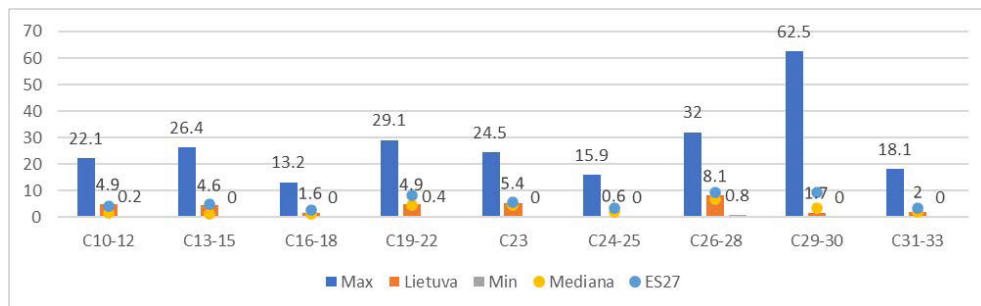
31 pav. Bendradarbiavimas inovacijų tikslais su konsultantais, komercinėmis laboratorijomis (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Geriausius bendradarbiavimo rezultatus su konsultantais, komercinėmis laboratorijomis Lietuvoje ir ES pasiekė Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus (C26-28). Lietuvoje 17,2 %, o ES 17,3 % šio sektoriaus įmonių bendradarbiavo su konsultantais ar komercinėmis laboratorijomis.
- Geresnius už ES rodiklius turėjo tik 2 iš 9 skirtingų Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių: Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 13,2 % Lietuvoje ir 7,7 % ES; Kitų nemetalinių mineralinių gaminių gamybos sektorius (C23) – 12,3 % Lietuvoje ir 11 % ES.
- Žemiausius bendradarbiavimo rezultatus Lietuvoje turėjo Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 3,9 %. Visgi, reikia atkreipti dėmesį, kad ir ES mastu šio sektoriaus įmonės yra vienos mažiausiai bendradarbiaujančių su konsultantais ir komercinėmis laboratorijomis: rezultatas siekia tik 6,8 %.
- Ypač didelis atotrūkis bendradarbiavimo srityje tarp Lietuvos ir ES vidurkio yra pastebimas Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30) – 8,6 % Lietuvoje ir 16,7 % ES. Įmonės, bendradarbiaujančios su universitetais, aukštojo mokslo institucijomis



32 pav. Bendradarbiavimas inovacijų tikslais su universitetais, aukštojo mokslo institucijomis (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Didžiausią bendradarbiavimo lygį su universitetais ir aukštojo mokslo institucijomis Lietuvoje pasiekė Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C26-28) – 13,6 %.
 - ES vidurkius Lietuvoje lenkia tik 2 sektoriai:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 7 % Lietuvoje ir 5,8 % ES;
 - Kitų nemetalinių mineralinių gaminių gamybos sektorius (C23) – 10,8 % Lietuvoje ir 10,1 ES.
 - Tiek Lietuvoje, tiek ir ES mastu mažiausias bendradarbiavimo lygis su universitetais ir aukštojo mokslo institucijomis buvo pasiektas Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektoriuje (C16-18) – 2,1 % Lietuvoje ir 4,4 % ES; Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriuje (C31-33) – 3,5 % Lietuvoje ir 5,4 % ES.
 - Didžiausi atotrūkiai tarp Lietuvos ir ES vidurkių yra šiuose sektoriuose:
 - Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22) – 8,8 % Lietuvoje ir 13,3 % ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30) – 6,9 % Lietuvoje ir 12,7 % ES.
- Įmonės, bendradarbiaujančios su valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais



33 pav. Bendradarbiavimas inovacijų tikslais su valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Apdirbamosios pramonės sektorių bendradarbiavimo lygio su valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais rezultatas ES mastu yra stipriai iškreiptas kai kurių Liuksemburgo, Airijos, bei Suomijos apdirbamosios pramonės sektorių rezultatai, todėl tiksliau Lietuvos rezultatus yra lyginti su Bendrijos mediana.
- Pagal ES medianą tik du Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai žemesniu mastu bendradarbiauja su valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais:
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 0,6 % Lietuvoje ir 2,05 % ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30) – 1,7 % Lietuvoje ir 3,55 % ES.
- Visgi, geriausius rezultatus, kaip ir kitose bendradarbiavimo srityse, Lietuvoje turi Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C26-28) – 8,1 %. Pagal šį rodiklį sektorius lenkia Bendrijos medianą, kuri yra 6,9 %.

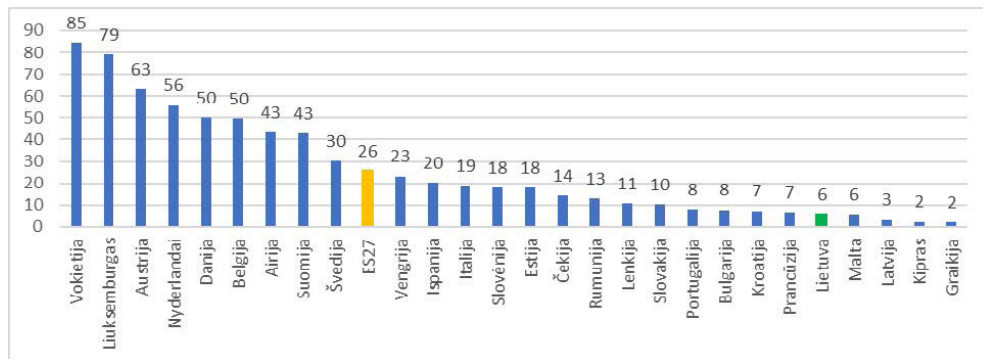
Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių apibendrinimas. Analizuojant skirtingus Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorius yra pastebima, kad pagal daugumą bendradarbiavimo kategorijų jie atsilieka nuo ES vidurkių.

- Geriausia padėtis yra verslo tarpusavio bendradarbiavimo srityje, kadangi 5 iš 9 skirtingų sektorių turi geresnius rezultatus lyginant su Bendrijos vidurkiais, tuo tarpu blogiausias rezultatas yra pagal bendradarbiavimo kategoriją su valdžia, viešais ir privačiais tyrimų institutais, kur vienintelis Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) pasiekęs geresnių rezultatų.
- Analizuojant pagal atskirus sektorius, geriausius rezultatus Lietuvoje turi du sektoriai, ES vidurkius lenkiantys pagal tris skirtingas kategorijas:

- Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – lyginant su ES, daugiau bendradarbiauja su verslu, konsultantais, komercinėmis laboratorijomis, valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais;
 - Kitų nemetalo mineralinių produktų gamyba (C23) – lyginant su ES daugiau bendradarbiauja su verslu, konsultantais ir komercinėmis laboratorijomis, universitetais ir aukštojo mokslo institucijomis.
- Visgi, net keturi sektoriai pagal visas kategorijas atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:
- Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15);
 - Medienos ir medienos bei kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos; dirbinių iš šiaudų ir pynimo medžiagų; popierius ir popieriaus gaminių; įrašytų laikmenų spausdinimo ir atgaminimo sektorius (C16-18);
 - Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22);
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30).

3.3.4. Investavimas

Ekspertų vertinimu, bet koks išteklių naudojimas, mažinantis dabartinę vartojimą, siekiant jį padidinti ateityje, turėtų būti laikomas investicija. Verslo investicijos gali apimti tiek investicijas į materialųjį turtą (pvz., mašinas, įrangą, pastatus), tiek į nematerialųjį turtą (pvz., programinę įrangą ir duomenų bazes, kitą intelektinę nuosavybę, įmonei būdingą žmogiškąjį kapitalą, konkrečiai įmonei būdingą organizacinį kapitalą, įmonės specifinį rinkodaros kapitalą: prekės ženklą, reputaciją) (Murphy, 2022).

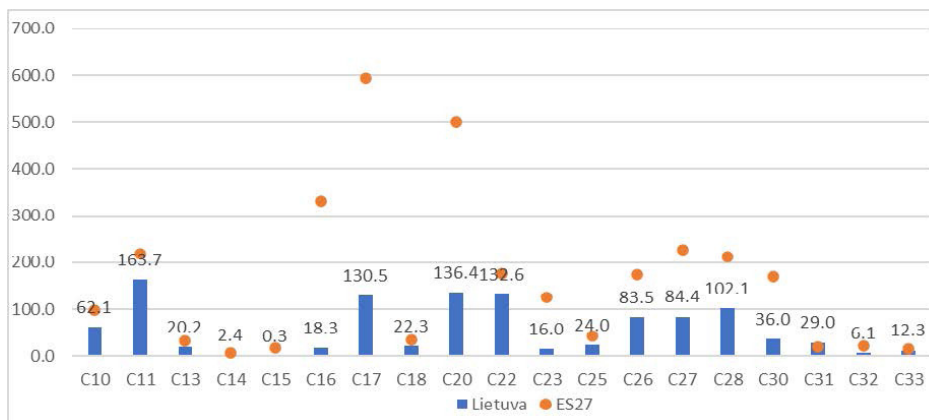


34 pav. Investavimas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (34 pav.):

- Investavimo srityje Lietuva užima tik 23 vietą, surinkusi 6 balus. Geriausius rezultatus turi Vokietija, kuri surinko 85 balus; vidutinis ES rezultatas yra 26 balai.
- Žemą Lietuvos rezultatą investavimo srityje lemia mažos įmonių investicijos į mašinas ir įrenginius. „Eurostat“ duomenimis, vienai įmonei investicijų į mašinas ir įrenginius šalyje tenka už 28,9 tūkst. eurų, o tai yra tik 23 rezultatas Bendrijoje. Šiame kontekste ES vidurkis siekia apie 100 tūkst. eurų.
- ES kontekste geriausią rezultatą Investavimo srityje Lietuva yra pasiekusi pagal investicijas į inovacijas (įskaitant MTEP). Lietuvoje apdirbamosios pramonės įmonės į šią sritį investuoja 0,74 % nuo šalies BVP, ir tai yra 15 geriausias rezultatas ES. Bendrijoje šis rodiklis siekia apie 1,2 % nuo BVP.
- Pagal investicijas į programinę įrangą Lietuva užima tik 17 vietą. Viena įmonė Lietuvoje vidutiniškai investuoja apie 0,88 tūkst. eurų, kai Bendrijos vidurkis siekia apie 5,44 tūkst. eurų.

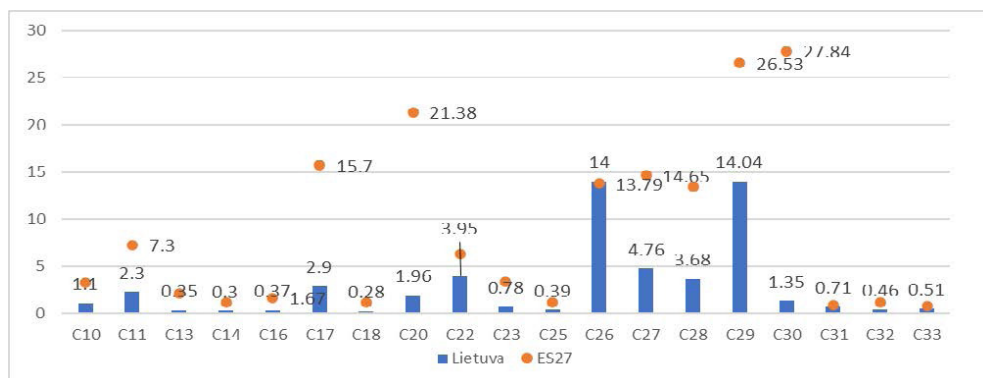
Investicijos į mašinas ir įrenginius. Investicijos į mašinas ir įrenginius apima investicijas į naujas ar naudotas mašinas, įrangą, transporto priemones bei jų patobulinimą ar atnaujinimą, kuris prailgina tarnavimo laiką ir padidina našumą. Rodiklis yra apskaičiuojamas matuojant, kiek įmonės nupirko, pastatė, rekonstravo, suremontavo mašinų ir įrenginių, nupirko, pastatė, rekonstravo, suremontavo transporto priemonių bei kiek nupirko, pastatė, rekonstravo, suremontavo kitos įrangos, prietaisų, įrankių ir įrenginių. Investicijos įtraukia tiek pirkimą iš trečiųjų šalių, tiek ir pasigaminimą savo reikmėms, o turto naudingo tarnavimo laikas yra ilgesnis nei vieneri metai (35 pav.).



35 pav. Vienai įmonei tenkančios investicijos į mašinas ir įrenginius (tūkst. Eur, 2019 m.). Šaltinis: Skaičiavimai atlikti autorių, remiantis „Eurostat“.

- Vienintelio Baldų gamybos sektoriaus (C31) įmonės Lietuvoje į mašinas ir įrenginius investuoja daugiau lyginant su Bendrijos vidurkiu – 29 tūkst. eurų Lietuvoje ir 20 tūkst. eurų ES.
- Pagal vienai įmonei tenkančias investicijas į mašinas ir įrenginius, Lietuvoje pirmauja Gėrimų gamybos sektorius (C11) – 163,7 tūkst. eurų Visgi, sektoriaus rezultatai reikšmingai atsilieka nuo Bendrijos rezultato, kuris siekia apie 218 tūkst. eurų.
- Pagal prieinamus duomenis visi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai pagal investicijas į mašinas ir įrenginius atsilieka nuo Bendrijos rezultatų.

Investicijos į programinę įrangą. Analizuojant verslo skaitmeninimo galimybes, būtina atsižvelgti ir į verslo nematerialias investicijas. Įmonių nematerialusis turtas gali apimti plėtros darbus, patentus ir licencijas, autorines teises ir pan., tačiau skaitmeninimo kontekste aktualiausias yra įmonių investicijos į programinę įrangą, kuri padeda verslams pasiekti didesnę junglumą tarp skirtingų įrenginių, apdoroti didelius duomenų kiekius, optimizuoti gamybos sistemas, įgyvendinti nuolatinės kontrolės ir prevencinės priežiūros principus, padidinti kibernetinį saugumą ir pan. (36 pav.).



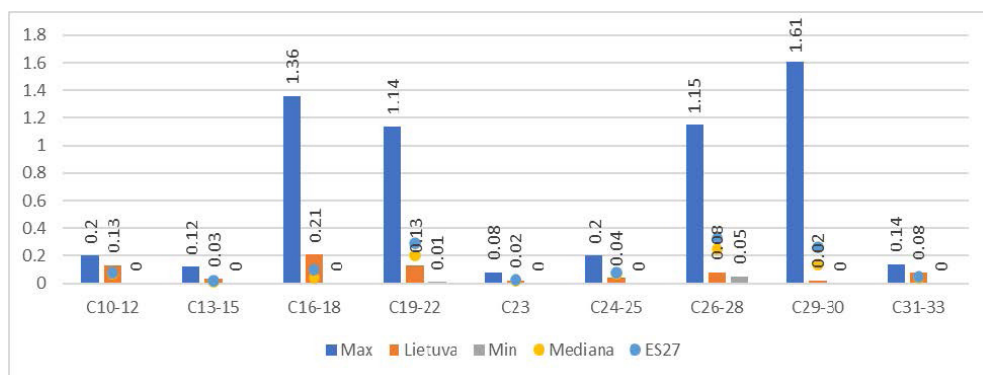
36 pav. Vienai įmonei tenkančios investicijos į programinę įrangą (tūkst. Eur, 2018 m.). Šaltinis: skaičiavimai atlikti autorių, remiantis „Eurostat“.

- Pagal prieinamus duomenis Lietuvoje tik Kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26) pagal vienai įmonei tenkančias investicijas į programinę įrangą lenkia Bendrijos vidurkį – atitinkamai 14 ir 13,8 tūkst. eurų.
- Kartu su Kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektoriumi (C26), daugiausiai į programinę įrangą taip pat investuoja Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių gamybos sektorius (C29) – taip pat

14 tūkst. eurų. Visgi, jis vis dar reikšmingai atsilieka nuo 26,5 tūkst. eurų Bendrijos kontekste.

- Pagal prieinamus duomenis reikšmingai nuo Bendrijos rezultatų atsilieka šie sektoriai:
 - Popieriaus ir popieriaus gaminių gamybos sektorius (C17) – 2,9 tūkst. eurų Lietuvoje ir apie 16 tūkst. eurų ES;
 - Chemikalų ir chemijos produktų gamybos sektorius (C20) – 2 tūkst. eurų Lietuvoje ir apie 21 tūkst. eurų ES;
 - Kitų transporto priemonių ir įrangos gamybos sektorius (C30) – 1,4 tūkst. eurų Lietuvoje ir apie 28 tūkst. eurų ES.

Investicijos į inovacijas. Skaitmeninimas inovacijų kontekste gali būti suvokiamas tiek kaip savarankiškas inovacijų procesas, tiek kaip ir inovacijas skatinantis veiksnys. Inovacijos gali būti kuriamos pačių įmonių, įgyvendinant MTEP projektus, ar gali būti paremtos išorės žinių naudojimu ar perėmimu. Oslo vadovas (2018 m.) apibrėžia 8 skirtingas inovacijų veiklas, iš kurių dalies įgyvendinimas įmonėse tiesiogiai ar netiesiogiai gali veikti įmonės potencialą ir galimybes naudoti skaitmenines technologijas: 1) MTEP veiklos; 2) inžinerijos, dizaino ir kito kūrybinio darbo veiklos; 3) rinkodaros ir prekių ženklų vertės kūrimo veiklos; 4) su intelektine nuosavybe susijusios veiklos; 5) darbuotojų mokymų veikla; 6) programinės įrangos kūrimo ir duomenų bazių veiklos; 7) veiklos, susijusios su materialinio turto įsigijimu ar nuoma; 8) inovacijų valdymo veikla (37 pav.) (EBPO, 2018).



37 pav. Investicijos į inovacijas (įskaitant MTEP) (% nuo BVP, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- ES lygiu daugiausiai į inovacijas investuoja C26-28, kai Lietuvoje didžiausias investicijas atlieka Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18). Būtent šio sektoriaus rezultatas Lietuvoje (0,21 % nuo BVP) daugiausiai lenkia ES rezultatą (0,10 % nuo BVP).

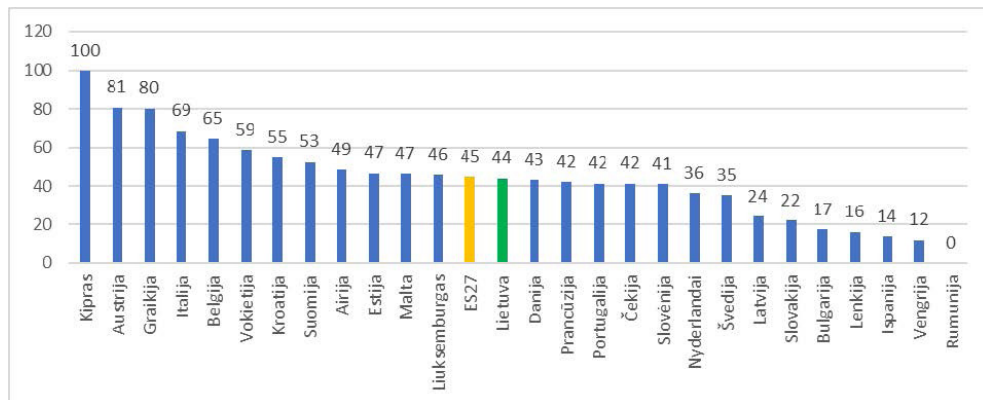
- Bendrijos lygiu 5 iš 9 skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių atsilieka nuo ES vidurkių, o iš jų ypač išsiskiria šie:
 - Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus (C26-28) – 0,08 % nuo BVP Lietuvoje ir 0,33 % nuo BVP ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 0,02 % nuo BVP Lietuvoje ir 0,26 % nuo BVP ES;
 - Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22) – 0,13 % nuo BVP Lietuvoje ir 0,29 % nuo BVP ES.

3.3.5. Inovacijų diegimas

Pagal Oslo vadovą (2018) inovacija yra apibrėžiama kaip naujas arba patobulintas produktas ar procesas (arba jų derinys), kuris ženkliai skiriasi nuo ankstesnių vienetų produktų ar procesų ir kuris yra prieinamas potencialiems naudotojams (produktu atveju) arba kuris vieneto yra naudojamas (proceso atveju).

Toliau yra nagrinėjamos įvairių tipų verslo procesų inovacijos, t. y. naujas arba patobulintas vienai ar kelioms verslo funkcijoms skirtas verslo procesas, kuris ženkliai skiriasi nuo ankstesnių įmonės verslo procesų ir kurį įmonė naudoja. Galimos patobulintos verslo funkcijos charakteristikos yra didesnis efektyvumas, išteklių naudojimo efektyvumas, patikimumas ir atsparumas, įperkamumas, patogumas ir naudojimo galimybės, vertinant verslo procese dalyvaujančių subjektų (išorinių ar vidinių) požiūriu. Verslo proceso inovacija įdiegiama, kai įmonė pradeda ja naudotis savo vidinėje ar į išorę nukreiptoje veikloje (Oslo vadovas, 2018).

Verslo procesų inovacijos yra susijusios su skirtingomis pagrindinėmis įmonių funkcijomis ir pagalbinėmis verslo funkcijomis. Toliau analizuojamas rodiklis *Nauji ar patobulinti metodai gaminti prekes ar teikti paslaugoms* (38 pav.) padeda nagrinėti pagrindinę įmonės funkciją, o likę rodikliai analizuoja inovacijas, susijusias su pagalbinėmis verslo funkcijomis.

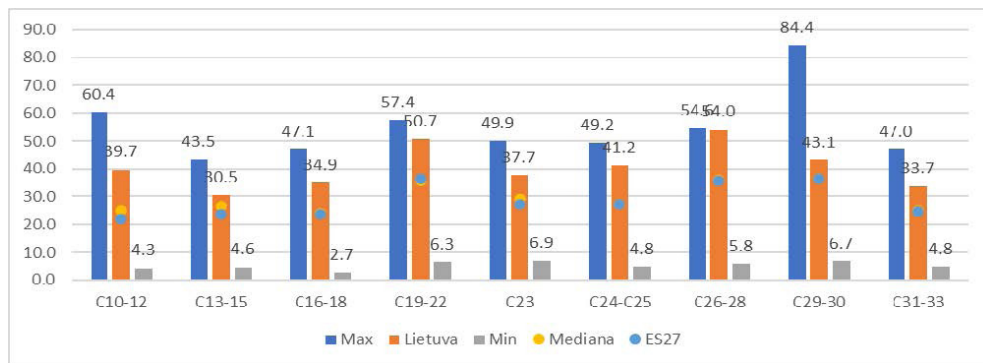


38 pav. Inovacijų diegimas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai:

- Skaitmeninimą įgalinančios aplinkos kontekste *Inovacijų diegimo* srityje Lietuva demonstruoja geriausius rezultatus ir užima 13 vietą, surinkusi 44 balus (pirmojoje vietoje yra Kipras, surinkęs 100 balų; ES vidurkis – 45 balai).
- Geriausius rezultatus Lietuva turi pagal rodiklį *Nauji ar patobulinti metodai gaminti prekėms ar teikti paslaugoms*. 38,3 % įmonių Lietuvoje diegė tokio tipo inovacijas (6 geriausias rezultatas ES). Pagal šį rodiklį Lietuva lenkia ES vidurkį, kuris siekia 27,9 %.
- Pagal kitų tipų inovacijų diegimo tendencijas Lietuva atsilieka nuo ES vidurkių ir yra antrojoje Bendrijos pusėje. Inovacijas, įgalinančias naujas verslo praktikas organizuojant procedūras ar išorinius ryšius, Lietuvoje diegė tik 10,5 % apdirbamosios pramonės įmonių, kai ES vidurkis siekė 12,2 %; naujus darbo atsakomybės, sprendimų priėmimo ar žmogiškųjų išteklių valdymo organizavimo metodus Lietuvoje taikė 10,8 % verslų ir 16,1 % ES; inovacijas logistikoje diegė 13,4 % pramonės įmonių ir 21,6 % ES; naujus ar patobulintus metodus informacijos apdorojimui ar komunikacijai taikė 16,7 % įmonių Lietuvoje ir 22 % ES.

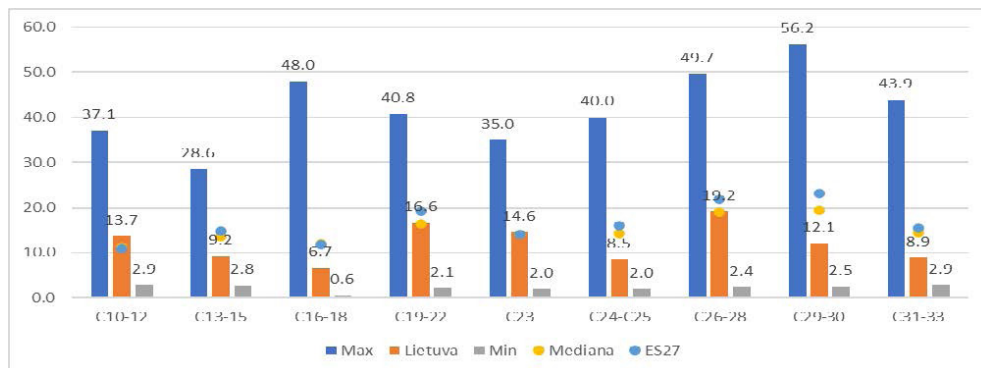
Inovacijos gamybos srityje. Inovacijos prekėms gaminti ar paslaugoms teikti palengvina veiklas, kurios gamybos faktorius transformuoja į prekes ar paslaugas. Pavyzdžiui, įmonė, kuri iki šiol nenaudojo industrinio roboto savo gamybos procesuose, įdiegusi tokio tipo robotą gali su efektyvinti prekių gamybos procesą (39 pav.).



39 pav. Įmonės, kurios diegė naujus ar patobulintus metodus gaminti prekėms ar teikti paslaugoms (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Visi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai, 2018 m. duomenimis, diegė daugiau naujų ar patobulintų metodų gaminti prekėms ar teikti paslaugoms lyginant su Bendrijos vidurkiais. Daugumos sektorių rezultatas lyginant su ES buvo reikšmingai didesnis, o didžiausi skirtumai buvo Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektoriuje (C10-12) – Lietuvos rezultatas geresnis 17,7 proc. p.; Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriuje – Lietuvos rezultatas geresnis 18,4 proc. p.
- Geriausius rezultatus Lietuvoje turėjo Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C26-28). 2018 m. šio sektoriaus rezultatas siekė 54 %, o tai buvo antras geriausias pasiekimas, nusileidžiantis tik Austrijai (54,6 %).
- Žemiausią rezultatą tiek Lietuvos, tiek ir ES mastu Lietuvoje pasiekė Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15). 30,5 % šio sektoriaus įmonių diegė naujus ar patobulintus metodus gaminti prekėms ar teikti paslaugoms, o tai yra 10 geriausias rezultatas Bendrijos lygiu.

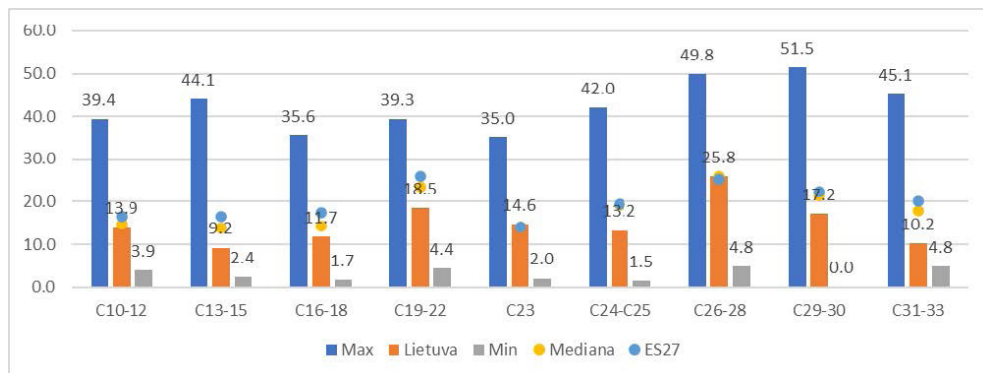
Inovacijos procedūroms ar išoriniams ryšiams organizuoti. Tobulėjant skaitmeninėms technologijoms, leidžiančioms rinkti ir apdoroti didelius duomenų kiekius, atsiranda naujos galimybės tobulinti verslo procesus įmonėse. Įvairių informacinių ir komunikacinių technologijų diegimas verslams leidžia tobulinti verslo praktikas, pritaikant naujus verslo modelius, įsitraukiant į naujas vertės kūrimo grandines, pagerinant santykius su klientais ar verslo partneriais ir pan. Visa tai įmonėse yra įgalinama, naudojant išmanias įmonės vadybos sistemas, kurios yra paremtos bendradarbiavimu tarp skirtingų įrenginių, sujungtų tinklais (40 pav.).



40 pav. Įmonės, kurios diegė naujas verslo praktikas procedūroms ar išoriniams ryšiams organizuoti (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Naujas verslo praktikas, skirtas procedūroms ar išoriniams ryšiams organizuoti, Lietuvoje diegė santykinai mažai įvairių apdirbamosios pramonės sektorių. 7 iš 9 sektorių atsilieka nuo ES vidurkių, ypač:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30) – 12,1 % Lietuvoje ir 23,1 % ES (didžiausias rodiklis ES tarp skirtingų pramonės sektorių);
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 8,5 % Lietuvoje ir 16 % ES.
- Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C26-28) įmonės Lietuvoje diegia daugiausiai naujų verslo praktikų procedūroms ar išoriniams ryšiams organizuoti – 19,2 % (ES lygiu šis sektorius yra antroje vietoje – 23,1 %).

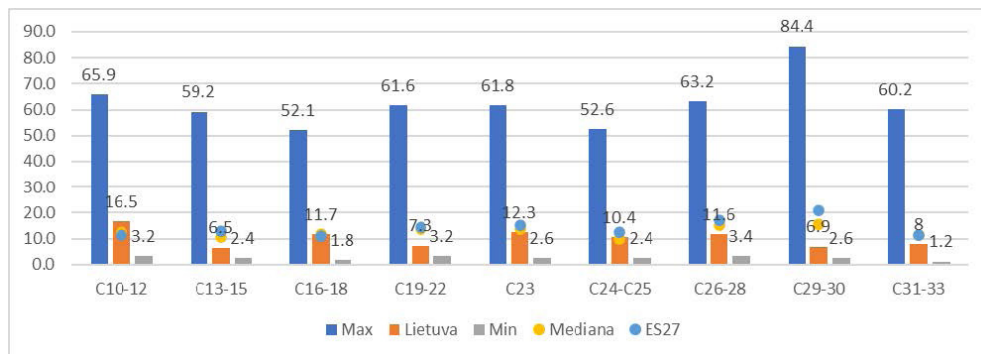
Inovacijos darbo atsakomybių, sprendimų priėmimo ar žmogiškųjų išteklių valdymo srityse. Įvairių skaitmeninių technologijų diegimas įmonėse įgalina efektyvesnį žmogiškojo kapitalo valdymą. Naudojant įvairias skaitmenines technologijas, įmonės gali pagerinti konkretaus asmens ar grupės asmenų efektyvumą; patobulinti organizacinę veiklą bei efektyvumą; efektyviau skirstyti darbo krūvį; ugdyti darbuotojų įgūdžius ar žinias ir pan. (41 pav.).



41 pav. Įmonės, kurios diegė naujus darbo atsakomybės, sprendimų priėmimo ar žmogiškųjų išteklių valdymo organizavimo metodus (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Naujų darbo atsakomybės, sprendimų priėmimo ar žmogiškųjų išteklių valdymo organizavimo metodų kontekste Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai turi gana žemus rezultatus. Iš 9 skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių, net 7 atsilieka nuo ES vidurkių, o kai kuriuose sektoriuose skirtumai yra ganėtinai dideli:
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriuje (C31-33) – 10,2 % Lietuvoje ir 20 % ES. Šio sektoriaus rezultatas yra antras prasčiausias Lietuvoje.
 - Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22) – 18,5 % Lietuvoje ir 25,9 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 9,2 % Lietuvoje ir 16,4 % ES. Šio sektoriaus rezultatas Lietuvoje yra pats žemiausias.
- Geriausią Lietuvos rezultatą šioje inovacijų diegimo srityje turi Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C26-28), kuris nežymiai lenkia ES vidurkį – atitinkamai 25,8 ir 25,3 %. ES vidurkį taip pat nežymiai lenkia Kitų nemetalinių mineralinių gaminių gamybos sektorius (C23) – 14,6 % Lietuvoje ir 14 % ES.

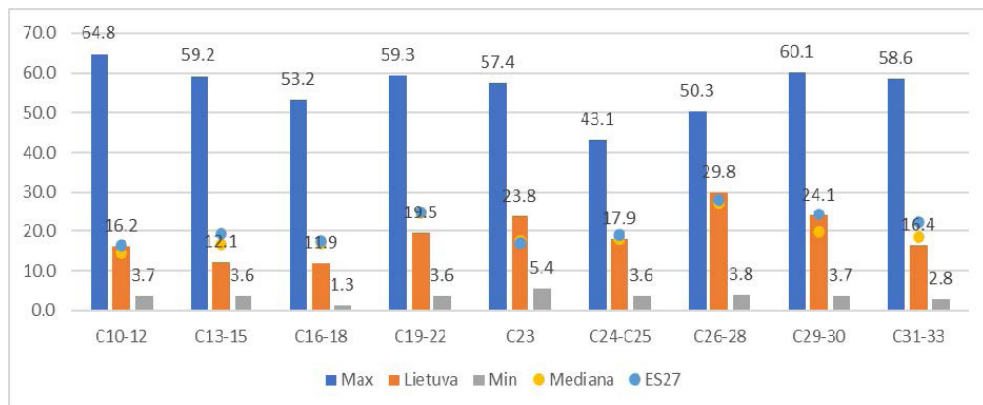
Logistikos inovacijos. Inovacijos logistikoje palengvina transportavimą ir paslaugų teikimą, sandėliavimą, užsakymų tvarkymą. Pavyzdžiui, internetinės prekių užsakymo sistemos įdiegimas įmonėje reiškia inovacijos įdiegimą logistikos verslo funkcijai įgyvendinti (42 pav.).



42 pav. Įmonės, kurios diegė logistikos inovacijas (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- ES Logistikos inovacijų vidurkius stipriai iškreipia kai kurių Italijos, Kipro bei Liuksemburgo sektorių rezultatai, todėl Lietuvos duomenis yra tikslingiau lyginti su ES mediana.
- Logistikinių inovacijų diegimo srityje Lietuvoje stipriai išsiskiria Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektoriai (C10-12). Lietuvoje net 16,5 % sektoriaus įmonių diegė šio tipo inovacijas, kai tuo tarpu ES mediana siekė tik 12,5 %.
- 6 sektorių rezultatai yra prastesni lyginant su ES mediana, o iš jų ypač išsiskiria du:
 - Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektoriai (C19-22) – 7,3 % Lietuvoje (25 vieta ES) ir 13,7 % ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30) – 6,9 % Lietuvoje (24 vieta ES) ir 15,4 % ES.

Inovacijos informacijos apdorojimo ir komunikacijos srityse. Informacijos rinkimas, apdorojimas ir komunikacija yra neatsiejami nuo verslo skaitmeninimo procesų. Pramonės įmonėms siekiant tapti ateities gamyklomis su kibernetinės-fizinės gamybos sistemomis (angl. *cyber-physical production systems*), įgalinančiomis lankstumą bei efektyvumą, būtini efektyvūs ryšių tinklai ir duomenų valdymo sistemos. Tokio tipo veikimą įmonėse įgalina pramoninio daiktų interneto pritaikymas, skirtingas įmonės sritis integruojant į vieną bendrą visumą (43 pav.).



43 pav. Įmonės, kurios diegė naujus ar patobulintus metodus informacijos apdorojimui ar komunikacijai (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Daugiausiai naujų ar patobulintų metodų informacijos apdorojimui ar komunikacijai Lietuvoje diegė Niekur kitur nepriskirtų kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių, elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C26-28). Šio sektoriaus rezultatas siekė 29,8 %, o tai yra daugiau lyginant su Bendrijos vidurkiu – 28 %. Tiek Lietuvos, tiek ES lygiu šio sektoriaus įmonės diegė daugiausiai tokio tipo inovacijų.
- ES vidurkį Lietuvoje reikšmingai viršijo Kitų nemetalinių mineralinių gaminių gamybos sektorius (C23). Lietuvoje 23,8 % sektoriaus įmonių diegė su informacijos apdorojimu ir komunikacija susijusias inovacijas, kai tuo tarpu ES vidurkis siekė tik 17 %.
- Likę apdirbamosios pramonės sektoriai Lietuvoje diegė mažiau šio tipo inovacijų, ypač:
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 12,1 % Lietuvoje ir 19,3 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriuje (C31-33) – 16,4 % Lietuvoje ir 22,2 % ES.

Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių apibendrinimas. Pagal skirtingų tipų inovacijų diegimą Lietuvos apdirbamoji pramonė ES kontekste geriausius rezultatus turėjo diegiant naujus ar patobulintus metodus prekėms gaminti ar paslaugoms teikti: pagal šią kategoriją visi pramonės sektoriai pasiekę geresnius rezultatus nei Bendrijos vidurkis.

Likusių rodiklių atžvilgiu padėtis yra kur kas prastesnė: 2 skirtingi apdirbamosios pramonės sektoriai iš 9 sugebėjo demonstruoti geresnius rezultatus už ES vidur-

kius. Tai leidžia daryti prielaidą, kad Lietuvos pramonės įmonės inovacijų diegimo kontekste didžiausią dėmesį skyrė gamybos procesų tobulinimui, kai tuo tarpu kiti procesai, susiję su logistika, verslo procesų ar darbo organizavimu, informacijos apdorojimu ir komunikacija, liko nuošalyje.

Diegiant skirtingas inovacijas, Lietuvoje geriausius rezultatus ES kontekste yra pasiekęs Kitų nemetalo mineralinių produktų gamybos sektorius (C23): iš penkių atskirų inovacijų diegimo kategorijų nuo Bendrijos rezultatų šis sektorius atsilieka tik pagal vieną – inovacijų diegimą logistikoje.

3.4. Skaitmeninių technologijų naudojimo įmonėse vertinimas

Apdirbamosios pramonės įmonės Lietuvoje ir ES jaučia vis didesnę spaudimą diegti įvairias skaitmenines technologijas. Skaitmeninių technologijų naudojimas įmonėse, skirtingai nei ši procesą įgalinanti aplinka, gali būti išmatuotas tikslingiau, analizuojant, kiek įmonių naudoja konkrečius technologinius sprendimus, įgyvendindamos verslo funkcijas. Visgi, prieinami „Eurostat“ duomenys apie technologijų naudojimą įmonėse turi tam tikrų trūkumų, į kuriuos būtina atsižvelgti:

- Duomenys rodo, kiek įmonių naudoja konkrečius technologinius sprendimus, tačiau neparodo technologijų naudojimo apimčių pačioje įmonėje. Pvz., įmonės gali teigti, kad jos naudoja industrinius robotus, tačiau viena įmonė gali būti įsidiégusi 1 robotą, o kita 10 ir pan.;
- Įmonės gali teigti, kad naudoja tam tikrus technologinius sprendimus, tačiau gali skirtis jų naujumas, techniniai parametrai ir pan. Pvz., dalis įmonių gali naudoti senesnius industrinius robotus, pasižyminčius prastesnėmis funkcinėmis savybėmis, lyginant su naujesniais ir pažangesniais įrenginiais;
- Dalis technologijų turi skirtingas pritaikomumo galimybes, įgyvendinant verslo funkcijas. Nenuvertinant skirtingų technologijų svarbos, vienos iš jų gali turėti didesnę įtaką didinant verslo konkurencingumą, lyginant su kitomis. Pvz., „Eurostat“ pateikia duomenis, kiek įmonių naudoja CRM savo veikloje, tačiau nespecifikuoja jų tipo, t. y. operacinis, analitinis ar bendradarbiavimo CRM;
- Dalis rezultatų taip pat gali būti iškreipti dėl skirtingo į klausimus atsakinėjančių asmenų suvokimo, nevienodų jų konkrečių technologijų žinių bei kompetencijų.

Nepaisant šių trūkumų, toliau yra pristatomos technologijų naudojimą įmonėse apimančios subkategorijos ir konkretūs rodikliai.

Visus pramonės sektorius vienija tai, kad pagrindinė jų veikla yra gamyba. Visgi, skirtingos pramonės šakos tarpusavyje skiriasi pagal tam tikrus faktorius, kurie galiausiai lemia jų imlumą skaitmeninėms technologijoms. Gamybos įmonės galima skirstyti pagal gamybos organizavimo tipologiją, kuri dažniausiai yra būdinga tam tikrų sektorių įmonėms:

- *Darbo parduotuvės gamyba* (angl. *job shop manufacturing*). Gamybai naudojamos gamybos erdvės, o ne surinkimo linijos. Dažniausiai gaminamos mažos partijos individualizuotų produktų pagal užsakymą specifiniams klientams. Dažnai gaminami skirtingi produktai, o jų gamyba turi skirtingą seką ar etapus. Tokio tipo gamyboje daugiausiai naudojamos bendrojo pobūdžio technologijos dėl jų plataus panaudojimo ir galimybių atlikti skirtingas veiklas, kas yra svarbu gaminant įvairius gaminius nedideliais partijų dydžiais ar kiekiais.
- *Pasikartojanti gamyba* (angl. *repetitive manufacturing*). Gaminamas konkretus kiekis konkrečios produkcijos. Dažniausiai gamybai naudojamos specialios gamybos linijos, kurios nuolatos beveik nekeičiant produkcijos gamina tą patį. Daugelis įmonių, gaminančių elektronines prekes, automobilius ar ilgalaikio vartojimo prekes, pvz., šaldytuvus ir televizorius ir pan. naudoja pasikartojantį gamybos procesą.
- *Diskreti gamyba* (angl. *discrete manufacturing*). Gamybai naudojama surinkimo ar gamybos linija, tačiau ji suteikia lankstumo ir leidžia dažnesnius pokyčius. Ši gamyba įmonei leidžia turėti įvairių stilių, dydžių ar kitų modifikacijų gaminių, tačiau tai reiškia, kad gamyba užtrunka ilgiau dėl poreikio pertvarkyti gamybos sistemą. Tokią gamybos formą dažniausiai naudoja automobilių ar orlaivių pramonė, taip pat daugelis įmonių, gaminančių drabužius, medicinos prietaisus, žaislus, išmaniuosius telefonus ir pan.
- *Serijinė gamyba* (angl. *batch process manufacturing*). Serijinė gamyba yra panaši į diskretinės gamybos ir darbo parduotuvės gamybos tipus, kuriuos lemia produkto paklausa ar žaliavų prieinamumas. Vieno gamybos ciklo metu yra pagaminama produkcija, kuri patenkina kliento poreikį, tada gamyba yra sustabdoma, įranga yra sutvarkoma, o darbas pratęsiamas vėl, kai atsiranda poreikis kitai produkcijos partijai. Maisto gamybos, laikraščių spausdinimo, knygų įrišimo ar vaistų gamybos pramonės įmonės dažnai taiko tokį gamybos modelį.
- *Nepertraukiama gamyba* (angl. *continuous process manufacturing*). Tokia gamyba vyksta nuolatos, kaip ir pasikartojanti gamyba. Skirtumas yra tas, kad šiame gamybos procese daugiausiai dėmesio skiriama žaliavoms, kurios dažnai yra dujų, miltelių ar skysčių pavidalo. Tokį gamybos procesą dažniausiai vykdo naftos

rafinavimo, metalų lydymo, popieriaus gamybos ir kai kurie maisto pramonės sektoriai, kurie gamina, pvz., padažus, gėrimus, tirštus produktus (*Indeed*, 2021).

Atsižvelgiant į didelę gamybos organizavimo būdų įvairovę, galima išskirti keletą esminių skirtumų, kurie atskiria skirtingus apdirbamosios pramonės sektorius:

- *Gaminama produkcija*. Skirtingi apdirbamosios pramonės sektoriai gamina skirtingo sudėtingumo, dydžio, formų ir pan. produkciją;
- *Skirtingos medžiagos*. Pavyzdžiui, medienos apdirbimo sektoriuje yra naudojamos tokios medžiagos, kaip mediena, fanera, medžio drožlės ir pan.; drabužių pramonė naudoja vilną, medvilnę, liną ir pan.; metalo pramonė naudoja geležį, plieną, aliuminį. Visos šios medžiagos tarpusavyje skiriasi pagal elastingumą, kietumą, termines savybes, aplinkos poveikį ir pan.;
- *Skirtingi gamybos procesai*. Pavyzdžiui, mašinų ar įrangos gamyba reikalauja įgyvendinti tokius veiksmus, kaip kalimas, štapavimas, lenkimas, formavimas, suvirinimas, skirtingų dalių surinkimas, kai tuo tarpu drabužių gamybai reikalingi tokie procesai, kaip kirpimas, siuvimas, mezgimas, pjaustymas ir pan.;
- *Skirtingas bendradarbiavimas su išore*. Priklausomai nuo to, koks gamybos tipas dominuoja tam tikroje įmonėje, gali stipriai priklausyti ir įmonės bendradarbiavimas su kitais vertės kūrimo grandinės veikėjais, pvz., medžiagų tiekėjais ar logistikos paslaugas teikiančiais dalyviais.

EBPO ekspertai taip pat pastebi, kad technologijų įsisavinimo tempas priklauso nuo sektoriaus, kuriame veikia konkreči įmonė. Nors nė vienas konkretus rodiklis negali atspindėti technologijų plėtros ir sklaidos tempo, rodiklių derinimas gali suteikti įžvalgų apie skirtingų sektorių padėtį technologijų pritaikymo požiūriu. Atsižvelgiant į tai, EBPO pateikia sektorių taksonomiją pagal jų skaitmeninį intensyvumą (24 lentelė). Analizuojami rodikliai parodo, kaip skaitmeninės transformacijos mastą įmonėse lemia jų investicijos į skaitmeninį turtą; kaip įmonės veikia rinkoje ir bendrauja su klientais bei tiekėjais; kokia yra žmogiškojo kapitalo padėtis ir kokie įgūdžiai reikalingi įmonėms; kaip yra organizuojama gamyba.

EBPO pateikiama taksonomija buvo sudaryta remiantis 36 sektorių iš 12 valstybių pavyzdžiais. Pateikta taksonomija skirtingus sektorius suskirsto į keturias kvartiles: aukščiausi (*top*) 25 % – aukštas skaitmeninis intensyvumas; žemiausi (*low*) 25 % – žemas skaitmeninis intensyvumas; tarpe – vidutiniškai aukštas arba vidutiniškai žemas skaitmeninis intensyvumas.

24 lentelė. Apdirbamosios pramonės sektorių skaitmeninimo intensyvumo taksonomija

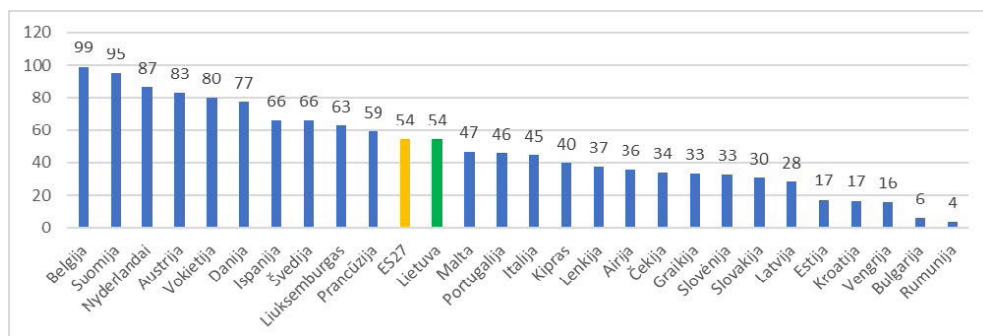
Sektorius	Kvartilės intensyvumas
Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12)	Žemas
Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15)	Vidutiniškai žemas
Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18)	Vidutiniškai aukštas
Kokso ir rafinuotų naftos produktų gamyba (C19)	Vidutiniškai žemas
Chemikalų ir chemijos produktų gamyba (C20)	Vidutiniškai žemas
Pagrindinių vaistų pramonės gaminių ir farmacinių preparatų gamyba (C21)	Vidutiniškai žemas
Gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C22-23)	Vidutiniškai žemas
Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25)	Vidutiniškai žemas
Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamyba (C26)	Vidutiniškai aukštas
Elektros įrangos gamyba (C27)	Vidutiniškai aukštas
Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamyba (C28)	Vidutiniškai aukštas
Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30)	Aukštas
Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriuje (C31-33)	Vidutiniškai aukštas

Šaltinis: OECD, 2019

Atsižvelgiant į visą tai, skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių tarpusavio palyginimas pagal konkrečios technologijos naudojimą ne visuomet yra objektyvus. Tam tikri sektoriai, lyginant su kitais, yra tiesiog imlesni tam tikroms konkrečioms technologijoms ar technologijų rinkiniams dėl savo veiklos bruožų. Dėl šios priežasties toliau analizuojami skirtingi apdirbamosios pramonės sektoriai daugiausiai lyginami sektoriaus viduje, t. y. konkretaus sektoriaus rezultatas yra lyginamas su to paties sektoriaus rezultatais kitose šalyse. Tikėtina, kad toks pasirinkimas leis pateikti tikslesnį vaizdą apie konkretaus sektoriaus skaitmeninį pasirengimą ES kontekste.

3.4.1. Dalijimasis informacija elektroniniu būdu

Pagrindiniams verslo procesams tampant vis sudėtingesniems dėl didelių veiklos apimčių, informacijos ar skirtingų į procesą įtrauktų veikėjų kiekio, įmonėms yra būtina išlaikyti procesų kontrolę bei efektyvumą. Skirtingi verslo procesai, pradedant gamyba, tiekimo grandinės valdymu ir baigiant įmonės finansais ar žmoniškųjų išteklių valdymu, tampa vis labiau integruoti ir susieti tarpusavyje, o sėkmingas šių procesų valdymas galiausiai nulemia įmonės sėkmę rinkoje. Skaitmeninės transformacijos kontekste, įvairių technologijų diegimas gali padėti efektyviau suvaldyti įvairius procesus, todėl toliau analizuojama keletas technologinių sprendimų, kurie elektroniniu būdu padeda įmonėms efektyviau dalytis informacija elektroniniu būdu.



44 pav. Dalijimasis informacija elektroniniu būdu – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (44 pav.):

- Informacijos dalijimosi įmonės viduje srityje Lietuva atitinka ES vidurkį ir užima 11 vietą, surinkusi 54 balus (pirmojoje vietoje Belgija, surinkusi 99 balus; ES vidurkis – 54 balai).
- 36 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių (34 % ES) naudoja programinės įrangos sprendimus, tokius kaip ryšių su klientais valdymo sistema (CRM), o 47 % verslų Lietuvoje (49 % ES) naudoja įmonės išteklių planavimo (ERP) įrangos paketus, kurie skirti keisti informacija tarp skirtingų verslo funkcinių sričių. Pagal šių technologijų naudojimą Lietuva ES mastu užima atitinkamai 10 ir 12 vietas.

Ryšių su klientais valdymo sistemos, tokios kaip CRM. Pastaraisiais metais gamybos pramonė tampa vis labiau orientuota į klientus, o ryšių su klientais valdymo sistemos, tokios kaip CRM, yra būtinos priemonės, padedančios gamintojams būti

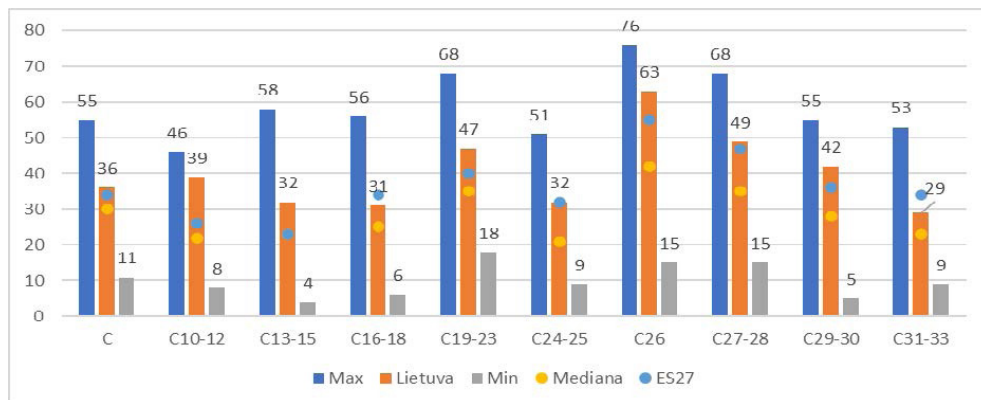
labiau organizuotiems, parduoti daugiau produkcijos ir geriau patenkinti savo klientų poreikius (pav. 45). Gavus naują gamybos užklausą iš kliento, ypač svarbiu aspektu tampa tinkamas bendravimas su klientu, taip pat komercinio pasiūlymo pateikimo greitis bei kokybė. Naujos užklauskos įvertinimo procesas užtrunka, tačiau svarbu jį praeiti kuo greičiau ir klientui pateikti konkretų bei kokybišką komercinį pasiūlymą. Tokiu atveju klientas matys, kad gamybos įmonė teisingai valdo visus procesus ir prieš pateikdama komercinį pasiūlymą praleidžia užklausą per visus reikalingus gamybos skyrius. Atsižvelgiant į tai, gamybos įmonėje turi būti užtikrintas sklandus įvairių departamentų bendradarbiavimas naujos verslo užklauskos įvertinimo etape (Valuckas, 2021).

Santykių su klientais valdymo (CRM) sistemos yra programinės įrangos įrankiai, kurie padeda įmonėms organizuoti tarpusavio sąveiką su jau esamais ar netgi potencialiais klientais. Su CRM įmonės gali:

- *Pagerinti pardavimų rezultatus*. CRM leidžia geriau apdoroti skirtingą informaciją ir centralizuoti visą komunikaciją, susijusią su pardavimais;
- *Padidinti klientų pasitenkinimą ir lojalumą*. Turint daugiau informacijos apie savo klientus, galima reguliariai ir kur kas efektyviau su jais bendrauti. Be to, tai leidžia geriau atsakyti į klientų įvairias užklausas, nes su jais susijusi informacija yra lengvai pasiekama CRM sistemoje;
- *Prognozuoti paklausą*. CRM padeda numatyti būsimą pardavimų kaitą, atsižvelgiant į sandorių srautą;
- *Tobulinti produktus*. CRM padeda surinkti klientų įžvalgas apie jų požiūrį į produktus ir kaip juos būtų galima patobulinti (Mulvenn, 2019);

CRM gali būti įdiegtas į įmonės turimą įrangą (angl. *hardware*) arba veikti kaip debesų kompiuterijos paslauga. CRM dažniausiai yra skirstomi į:

- *Operacinę CRM* – palaikomi ryšiai su klientais, vyksta verslo procesų integravimas;
- *Analitinę CRM* – duomenų apie klientus analizavimas, naudojantis jų surinkimu (angl. *data mining*);
- *Bendradarbiavimo CRM* – praktikos, siekiant palaikyti sąveiką su klientu po produkcijos pardavimo (angl. *after sale*) / kliento ir pardavėjo bendravimas realiu laiku.



45 pav. Įmonės, kurios naudoja ryšių su klientais valdymo sistemas, kaip CRM (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

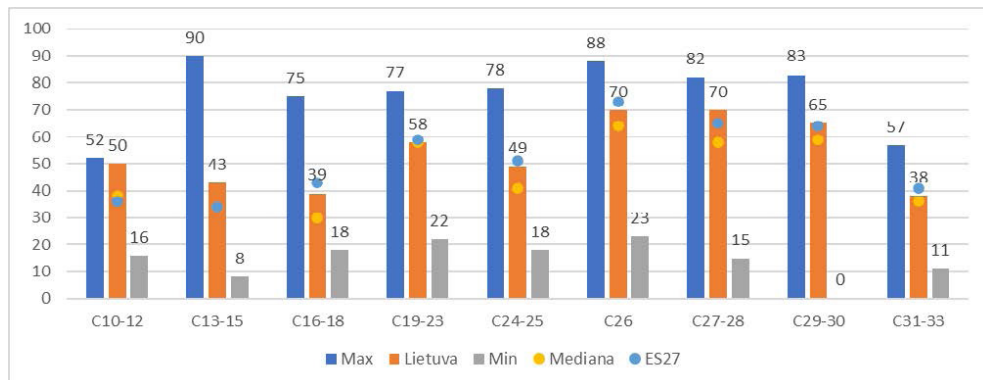
- Didžiausias procentas apdirbamosios pramonės įmonių, naudousių ryšių su klientais valdymo sistemas Lietuvoje, veikia Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriuje (C26) – 63 %. ES lygiu šio sektoriaus įmonės taip pat yra pirmojoje vietoje pagal technologijos naudojimą – rezultatas siekia 55 %.
- Paminėjimo vertas yra Lietuvos Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12), kurio 39 % įmonių naudoja ryšių su klientais valdymo sistemas, o tai sektoriui visos ES mastu leidžia užimti trečią vietą, atsiliekant tik nuo Kipro ir Nyderlandų.
- Reikšmingai ES vidurkį technologijų taikymo srityje taip pat lenkia Lietuvos:
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 32 % Lietuvoje ir 23 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 40 % Lietuvoje ir 40 % ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 42 % Lietuvoje ir 36 % ES.
- Tik du Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai šioje kategorijoje pasižymi prastesniais rezultatais nei ES vidurkis, o jų abiejų rezultatai yra prasčiausi šalies mastu. Šie sektoriai yra:
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 31 % Lietuvoje ir 34 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 29 % Lietuvoje ir 34 % ES.

Įmonės išteklių planavimo (ERP) įrangos paketai, skirti dalytis informacija tarp skirtingų verslo funkcinių sričių. Įmonės išteklių planavimo (ERP) sistemos yra programinė įranga, naudojama įmonės resursams valdyti, dalijantis informacija tarp skirtingų įmonės funkcinių sričių, tokių kaip apskaita, planavimas, gamyba, rinkodara ir pan. (46 pav.). Ekspertų vertinimu, Lietuvos gamybos įmonėms, kurių absoliuti dauguma yra orientuotos į eksporto rinkas, ERP sistemos diegimas yra būtinybė. Tipinė ERP sistema importuoja naują verslo užklausą ir automatiškai patikrina dabartinį gamybos apkrovimo lygį, naujo užsakymo įvykdymo laiką, numato galimas perkrovas atskirose gamybos fazėse, įvertina resursų naujo užsakymo įvykdymui poreikį ir t. t. Be tinkamos ERP sistemos susitvarkyti su naujų užsakymų antplūdžiu yra be galo sudėtinga (G. Valuckas, 2021). ERP sistemos įmonėms leidžia:

- *Geriau reaguoti į pokyčius rinkoje.* ERP gali suteikti įvairių duomenų, kurie padeda geriau įvertinti, planuoti, prisitaikyti ir reaguoti į kintančius rinkos poreikius ir klientų pirkimo tendencijas;
- *Priimti tikslesnius strateginius sprendimus.* ERP gali suteikti informacijos apie kiekvieną įmonės funkcinę sritį, taip įgalinant duomenimis grįstus ir greitesnius verslo sprendimus. Prieiga prie pagrindinių veiklos rodiklių, tokių kaip bendri pardavimai, pardavimo marža ar kt., padeda gamybos įmonėms laikytis savo tikslų ir priimti reikiamus vidinius sprendimus;
- *Sumažinti kaštus.* Programinė įranga gamybinėms įmonėms padeda sumažinti bendras veiklos sąnaudas, nes rankiniai, daug laiko reikalaujantys procesai yra pakeičiami automatizuotais, supaprastintais procesais, suderintais su verslo informacija realiuoju laiku. Be to, ERP padeda sumažinti darbo sąnaudas, o mažesnis klaidų lygis padeda minimizuoti nuostolius. Galimybė tiksliai sekti atsargas ir efektyviai jas integruoti į gamybos planavimą pašalina perteklines atsargas ir sandėliavimo išlaidas (A. Mulven, 2019).

Dažnu atveju įmonės, kurių yra teiraujamasi apie ERP sistemų naudojimą, nežino, kad tokia technologija jų įmonėje jau yra įdiegta: dažniausiai įmonės naudoja tokios sistemos produkto pavadinimą; produktą naudoja nuolatos jau daugelį metų, todėl tai suvokia kaip duotybę; naudoja tam tikras ERP dalis, tačiau to nežino.

Analizuojant ERP naudojimo duomenis verta atkreipti dėmesį, kad jie neatskleidžia informacijos apie tai, kokius verslo procesus sistema integruoja ir koks yra integravimo mastas. Kadangi ERP sistemos gali būti sudarytos iš skirtingų modulių, įmonės sistemas gali naudoti ribota apimtimi.



46 pav. Įmonės, kurios naudoja išteklių planavimo (ERP) įrangos paketus, skirtus dalytis informacija tarp skirtingų verslo funkcinių sričių (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- ERP įrangos naudojimo atžvilgiu skirtingų Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių situacija yra santykinai prastesnė lyginant su CRM naudojimu. Net 5 iš 9 skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių šiuo atžvilgiu pasiekę prastesnių rezultatų nei ES vidurkis. Visgi, atsilikimas nuo Bendrijos vidurkio nėra didelis ir svyruoja nuo 1 iki 4 proc. p., atitinkamai:
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 58 % Lietuvoje ir 59 % ES;
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 39 % Lietuvoje ir 43 % ES;
- Daugiausiai ERP technologijas Lietuvoje naudoja du sektoriai, o jų rezultatas siekia 70 %:
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – visgi Lietuvos rezultatas atsilieka nuo Bendrijos vidurkio, kuris siekia 73 %;
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – ES rezultatas yra 65 %;
- Du Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai išsiskiria iš kitų reikšmingai lenkdami ES vidurkį:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 50 % Lietuvoje (trečias geriausias rezultatas po Danijos ir Slovėnijos) ir 36 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 43 % Lietuvoje ir 34 % ES.

Apibendriname: atskiri Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai daugiau dėmesio skiria įmonės išteklių planavimo sistemoms, lyginant su klientų valdymo

sistemomis, tačiau būtent pagal pastarąjį rodiklį Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai Bendrijos kontekste atrodo kur kas geriau.

Bendra Lietuvos situacija pagal vidinių procesų integracijos kategoriją ES kontekste yra ganėtinai nebloga, nes pagal abu šios kategorijos rodiklius 4 apdirbamosios pramonės sektoriai lenkia ES vidurkius. Šioje srityje ES kontekste ypač išsiskiria du sektoriai, kurie Bendrijos vidurkius lenkia dideliais skirtumais:

- Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12);
- Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15);

Kiti du sektoriai, kurie šiek tiek mažesnėmis apimtimis lenkia Bendrijos vidurkius yra:

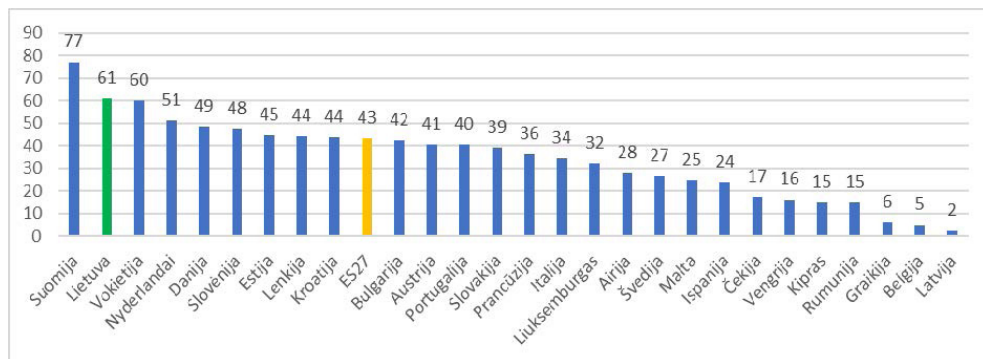
- Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28);
- Ypač didelis atsilikimas yra pastebimas Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30);

Pagal abu kategorijas priklausančius rodiklius, du Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai atsilieka nuo ES vidurkių:

- Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18);
- Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33).

3.4.2. Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas

Efektyvus tiekimo grandinės valdymas bei integracija su tiekėjais ir klientais tampa vis svarbesniais verslo sėkmę užtikrinančiais elementais. Kartu su vis spartesniu verslo skaitmeninimu, svarbus elementas bus tradicinių tiekimo grandinių evoliucija link sujungtų, pažangių ir labai efektyvių tiekimo grandinių ekosistemų. Šiuo metu tradicinės tiekimo grandinės iš esmės yra atskirų ir pavienių žingsnių visuma, pasireiškianti skirtingais etapais nuo rinkodaros ar produktų kūrimo iki gamybos, platinimo ir patekimo pas klientą. Procesų skaitmeninimas padeda griauti šias sienas, o grandinės tampa visiškai integruotomis ekosistemomis, kurios yra skaidrios ir matomos visoms grandinėje dalyvaujančioms šalims – nuo žaliavų ar komponentų ir dalių tiekėjų iki dalis ar galutines prekes transportuojančių vežėjų ir galutinių vartotojų. Skirtingų technologinių procesų integracija ir planavimo įgalinimas logistikos, pirkimų ar sandėliavimo srityse leis įmonėms reaguoti į tiekimo grandinės sutrikimus ir netgi juos numatyti, modeliuoti situacijas ir veiklos scenarijus, keičiantis sąlygoms realiu laiku.



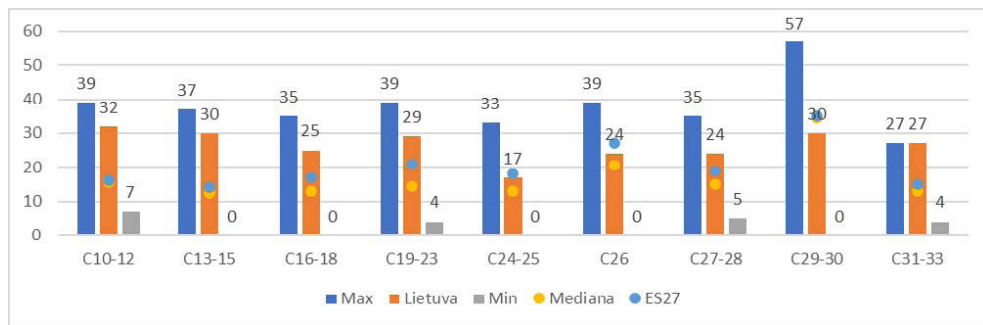
47 pav. Integracija su tiekėjais / klientais – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (47 pav.):

- Pagal kategoriją *Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas* Lietuva tarp ES valstybių užima antrą vietą, surinkusi 61 balą (pirmojoje vietoje yra Suomija, surinkusi 77 balus; ES vidurkis – 43 balai). Tai yra geriausias Lietuvos pasiekimas Technologijų naudojimo srityje.
- Šioje kategorijoje geriausią rezultatą Lietuva pasiekė pagal rodiklį *Įmonės, kurių verslo procesai yra automatiškai susieti su jų tiekėjais ir / ar vartotojais* – 27 %. Tai yra antras geriausias rezultatas visoje Bendrijoje, nusileidžiant tik Vokietijai – 32 % (ES vidurkis 18 %).
- Į pirmąjį dešimtuką, lenkiant ES vidurkį, Lietuva taip pat papuola pagal rodiklį *Įmonės, gaunančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamos automatizuotam apdorojimui*. Lietuvoje 33 % įmonių gauna tokias sąskaitas faktūras, o tai yra 8 geriausias rezultatas ES.
- Šioje kategorijoje prasciausias Lietuvos rezultatas yra pasiektas pagal rodiklį *Įmonės, siunčiančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui* – 25 % (visgi, rodiklis atitinka ES vidurkį, jei iš skaičiavimo išimame dvi valstybes, kurių rezultatas stipriai iškreipia bendrą ES rezultatą, t. y. Italiją (96 %) ir Suomiją (83 %)).

Verslo procesai, automatiškai susieti su tiekėjais ir / ar vartotojais. Rodiklis *Įmonės, kurių verslo procesai yra automatiškai susieti su jų tiekėjais ir / ar vartotojais* yra skirtas matuoti informacijos dalijimąsi elektroniniu būdu, kuris yra susijęs su tiekimo grandinės valdymu. Tai taip pat yra susiję su visų rūšių informacijos keitimusi su tiekėjais ir (arba) klientais, siekiant koordinuoti produktų ar paslaugų prieinamumą ir jų pristatymą galutiniam vartotojui, įskaitant informaciją apie paklausos prognozes, atsargas, gamybą, platinimą ar produkto kūrimą. Informacijos

keitimasis gali būti atliekamas ne tik internetu, bet ir kitais ryšiais tarp skirtingų įmonių, neįskaitant įprastų el. pašto žinučių, parašytų rankiniu būdu (48 pav.).

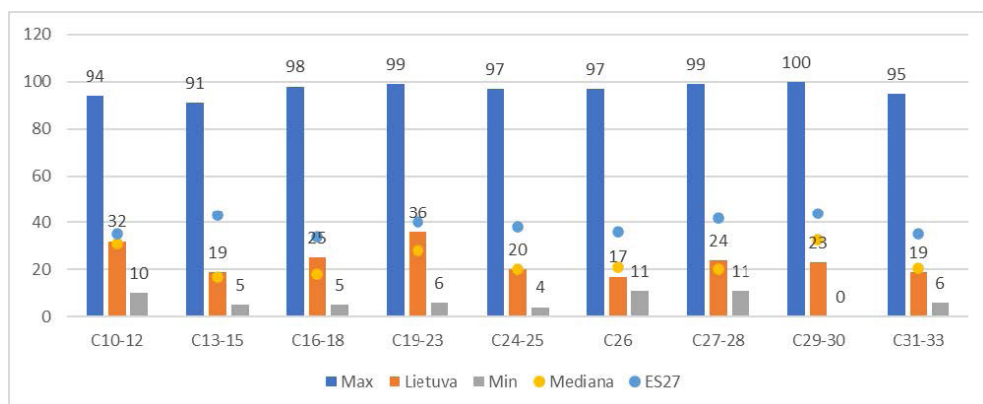


48 pav. Įmonės, kurių verslo procesai yra automatiškai susieti su tiekėjais ir / ar vartotojais (% nuo įmonių, 2017 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Įmonių, kurių verslo procesai yra automatiškai susieti su jų tiekėjais ir / ar vartotojais kontekste dauguma Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių reikšmingai lenkia Bendrijos vidurkius. Tarp jų ypač išsiskiria trys sektoriai, kurie apytiksliai dvigubai lenkia ES vidurkį:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 32 % Lietuvoje ir 16 % ES (Lietuvos rezultatas yra antras geriausias po Estijos);
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 30 % Lietuvoje ir 14 % ES (trečias geriausias rezultatas po Danijos ir Vokietijos);
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 27 % Lietuvoje ir 15 % ES (pirmas geriausias rezultatas Bendrijoje);
- Nors ir nedideliais skirtumais, trys sektoriai pagal šį rodiklį atsilieka nuo ES vidurkių:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 30 % Lietuvoje ir 35 % ES;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriuje (C26) – 24 % Lietuvoje ir 27 % ES;
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 17 % Lietuvoje ir 18 % ES.

Sąskaitų faktūrų, tinkamų automatizuotam procesui, siuntimas ir gavimas. Sąskaitos faktūros gali būti pateikiamos tiek popierine, tiek elektronine forma. Sąskaitos elektronine forma gali būti dviejų tipų:

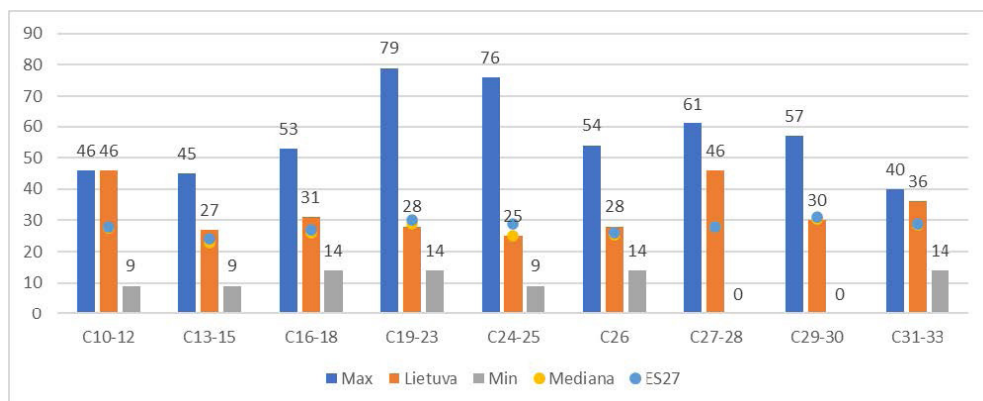
- *E. sąskaitos faktūros, tinkamos automatizuotam apdorojimui* visiškai automatizuoja sąskaitos gavimo procesą, nereikalauja jokio papildomo duomenų įvedimo. Informacija apie sąskaitas faktūras perduodama tiesiai iš tiekėjo į pirkėjo buhalterinę sistemą, todėl pirkėjui nereikia rankinio įsikišimo. Sąskaitos gali būti siunčiamos iš anksto suderintais formatais ir integruotos į pirkėjo ERP sistemą. Automatizuoto apdorojimo sąlyga – elektroninė sąskaita turi būtų išsiųsta standartiniu ar bent sutartu formatu (49 pav.).
- *E. sąskaitos faktūros, netinkamos automatizuotam apdorojimui*, pvz., elektroniniai laiškai, priedai prie laiškų PDF, JPEG ar kitais formatais. Tokiu atveju kliento sąskaitas aptarnaujantis skyrius turi užfiksuoti duomenis, pvz., gautus PDF formatu, naudojantis atskira optine simbolių atpažinimo programine įranga arba duomenis suvedant rankiniu būdu. Visa tai neužtikrina visiškos integracijos tarp abiejų pusių.



49 pav. Įmonės, siunčiančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Rodiklio *Įmonės, siunčiančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui* ES vidurkius atskirose apdirbamosios pramonės srityse stipriai iškreipia Italijos rezultatai, kurie daugelyje sektorių antrą geriausią rezultatą lenkia apie 20–30 proc. p., todėl Lietuvos rezultatą tikslingiau yra lyginti ne su vidurkiu, o su mediana.
- Didžiausia dalis įmonių Lietuvoje, siunčiančių elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui, veikia Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektoriuje (C19-23) – 36 %. Šis sektorius Lietuvos mastu pasižymi didžiausiu atotrūkiu nuo Bendrijos medianos, kuri siekia 28 %.

- Trys Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai atsilieka nuo ES medianos:
 - Ypač didelis atotrūkis pastebimas Variklinių transporto priemonių, priekabių ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriuje (C29-30) – 23 % Lietuvoje ir 32,5 % ES;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 17 % Lietuvoje ir 21 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 19 % Lietuvoje ir 20,5 % ES;
- Likę Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai atitinka ES medianą arba nežymiai ją lenkia.



50 pav. Įmonės, gaunančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Didžiausia įmonių dalis apdirbamosios pramonės sektoriuose, kurios gauna elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui, veikia dviejuose sektoriuose (50 pav.):
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektoriuje (C10-12) – 46 % Lietuvoje ir 28 % ES (Lietuvos rezultatas yra pats geriausias ES mastu);
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 46 % Lietuvoje ir 28 % ES (Lietuvos rezultatas ES mastu yra trečias geriausias po Bulgarijos ir Maltos).
- Nors ir nežymiai, trys Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai šiame kontekste atsilieka nuo ES vidurkio:
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 25 % Lietuvoje ir 29 % ES;

- Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 28 % Lietuvoje ir 30 % ES;
- Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 30 % Lietuvoje ir 31 % ES.

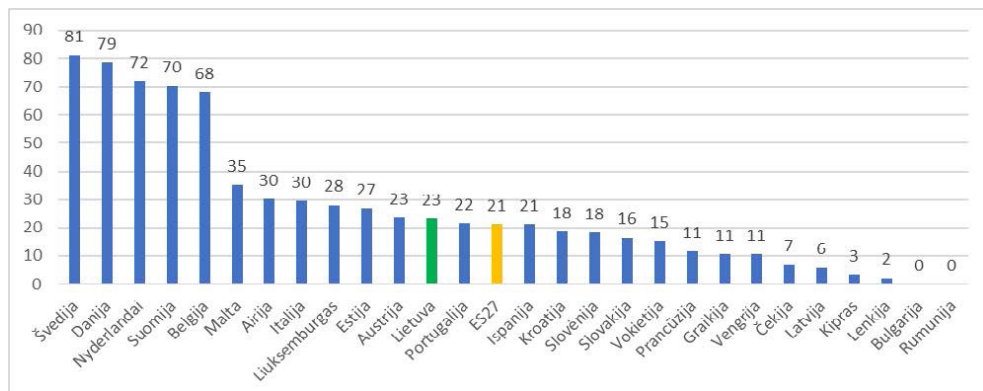
3.4.3. Debesų kompiuterija

Debesų kompiuterija apibūdina IRT paslaugas, kurios naudojamos internetu pasiekti programinę įrangą, skaičiavimo galią, atminties talpą ir kt. Tokio tipo paslaugos turi turėti šias charakteristikas:

- jos turi būti pristatomos iš paslaugos tiekėjo serverių;
- paslaugos gali būti nesunkiai padidinamos ar sumažinamos (pvz., vartotojų skaičius ar atminties talpa);
- gali būti naudojamos pagal poreikį (angl. *on demand*) (be sąveikos su paslaugos tiekėju);
- yra mokama pagal vartotojų kiekį; išnaudotą pajėgumą; iš anksto.

Debesų kompiuterija įgalina išmaniąją gamybą bei prisideda prie praktiškai visų aspektų, susijusių su modernia gamybine įmone. Įmonės lygmeniu debesų kompiuterija paveiks tai, kaip įmonės valdo savo veiklą – nuo ERP ir finansų valdymo iki duomenų analizės ir darbo jėgos mokymo. Debesys taip pat bus neatsiejama gamintojų integravimo į pramonės tiekimo grandinės dalis. Gamybos ir produkto lygmeniu debesų kompiuterija keičia tai, kaip produktai yra kuriami, projektuojami ir tobulinami, gaminami ir naudojami galutinių klientų.

Debesų kompiuterija leidžia įmones valdyti, geriau jas suprantant, o tai yra įmanoma dėl įgalinto išplėsto duomenų analizės naudojimo. Debesys daliai gamybos įmonių tampa pagrindine vieta, kur yra saugojami ar analizuojami duomenys. Debesų kompiuterija taip pat leidžia įmonėms naudoti skaičiavimo išteklius pagal poreikį, iš anksto neperkant brangios IT įrangos. Be to, debesų kompiuterija palengvina integraciją (pvz., tiekimo grandinės ar skirtingų įmonėse esančių gamybos įrenginių, kurie veikia per daiktų internetą). Galiausiai, debesų kompiuterija gali padidinti įmonės kibernetinį saugumą. Atsižvelgiant į visa tai, technologija suteikia daugybę privalumų, tokių kaip: veiklos efektyvumas; taikomos įrangos / programų ar partnerių integravimas; duomenų saugojimas, valdymas ir analizavimas; saugumas (Ezeli, 2017).



51 pav. Debesų kompiuterija – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (51 pav.):

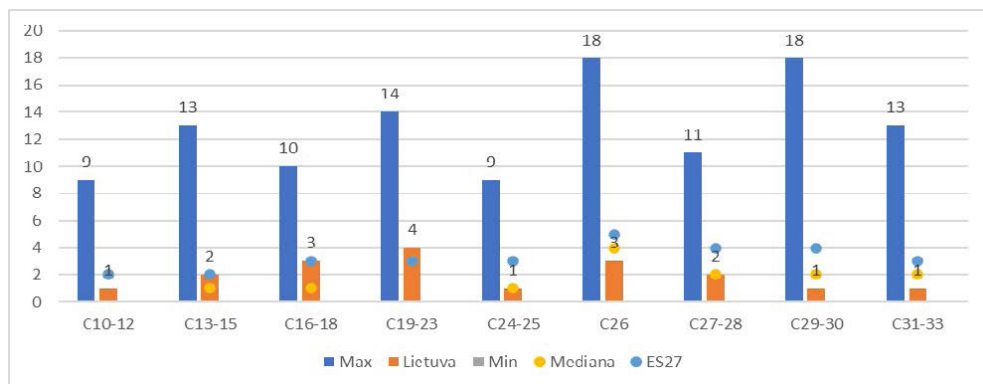
- Debesų kompiuterijos naudojimo srityje Lietuva, surinkusi 23 balus, užima 11–12 vietas (pirmojoje vietoje yra Švedija, surinkusi 81 balą; ES vidurkis siekia 21 balą).
- Tik 2 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių perka visas debesų kompiuterijos paslaugas, o tai yra 11–18 rezultatas Bendrijoje. ES vidurkis šioje srityje siekia 3 %.
- 10–14 vietas tarp ES valstybių Lietuva užima pagal debesų kompiuterijos platformos paslaugas. Lietuvos rezultatas siekia 6 %, o tai yra 1 proc. p. daugiau, lyginant su Bendrijos rezultatu.
- Kur kas geresnis Lietuvos rezultatas yra pastebimas analizuojant įmonių, perkančių visas tris debesų kompiuterijos infrastruktūros paslaugas, rodiklius. Tokių apdirbamosios pramonės įmonių dalis Lietuvoje sudaro 7 %, o tai yra 8 geriausias rodiklis visoje ES, lenkiant jos vidurkį 5 %.

Įmonės, perkančios debesų kompiuterijos programinės įrangos paslaugas.

Debesų kompiuterijos paslaugų modelius apima programinė įranga, kaip paslauga (angl. *Software as a Service SaaS*). Tokiu atveju vartotojui suteikiama galimybė naudoti teikėjo programas, veikiančias debesų infrastruktūroje. Vartotojas nevaldo ir nekontroliuoja pagrindinės debesų infrastruktūros, įskaitant tinklą, serverius, operacines sistemas, saugyklas ar net atskirų programų galimybes, išskyrus ribotus vartotojui taikomų programų konfigūracijos nustatymus. Analizuojamam rodikliui priskiriamos šios debesų kompiuterijos paslaugos (52 pav.):

- Elektroninis paštas;
- Biuro programinė įranga (pvz., teksto rengimui, skaičiavimams);

- Finansų ar apskaitos programinė įranga;
- ERP programinė įranga;
- CRM programinė įranga;
- Saugumo programinė įranga.



52 pav. Įmonės, perkančios visas šešias debesų kompiuterijos programinės įrangos paslaugas (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

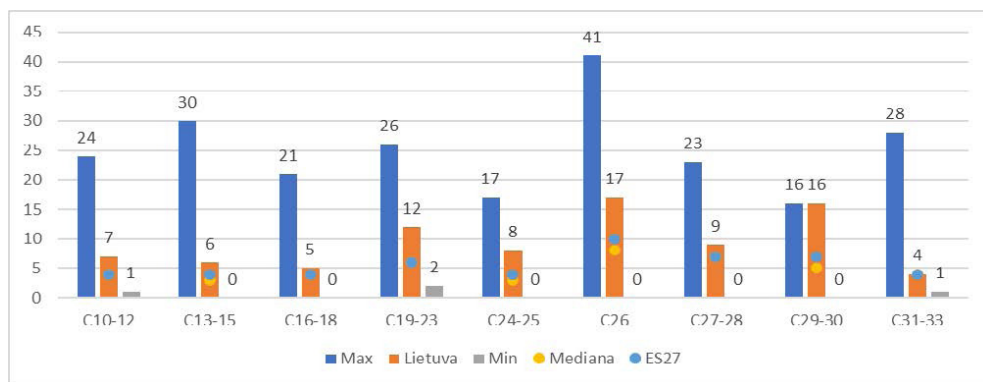
- Vienintelis Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) Lietuvoje pagal debesų kompiuterijos programinės įrangos paslaugų įsigijimą lenkia ES vidurkį – atitinkamai 4 % ir 3 %.
- Dar du sektoriai, t. y. Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) bei Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) turi tokius pat rezultatus, kaip ir ES.
- Likę Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai pagal analizuojamą rodiklį atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 1 % Lietuvoje ir 2 % ES;
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 1 % Lietuvoje ir 3 % ES;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriuje (C26) – 3 % Lietuvoje ir 5 % ES;
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 2 % Lietuvoje ir 4 % ES;
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 1 % Lietuvoje ir 4 % ES;

- Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 1 % Lietuvoje ir 3 % ES.

Įmonės, perkančios debesų kompiuterijos infrastruktūros paslaugas. Dar vienas debesų kompiuterijos paslaugų modelis yra debesų infrastruktūra, kaip paslauga (angl. *Cloud infrastructure as a Service IaaS*). Klientas užsisako virtualius, jam reikalingus kompiuterinius išteklius – tai gali būti procesoriaus galia, reikiamas atminties kiekis, duomenų saugyklos, operacinės sistemos ir įvairios valdymo, kontrolės ir ryšio programos.

Pagal analizuojamą rodiklį verslai perka šias infrastruktūros paslaugas (53 pav.):

- Įmonės, naudojančios duomenų bazių prieglobą, (angl. *hosting*) kaip debesų kompiuterijos paslaugą, savo duomenų bazėms turi naudoti paslaugų teikėjų serverius;
- Duomenų saugojimas (bet kokio tipo failų, kurie fiziškai saugomi įvairiose laikmenose, saugojimas);
- Naudojama skaičiavimo galia (kaip debesų kompiuterijos paslauga) įmonės programinei įrangai paleisti. Infrastruktūros atveju galutinis vartotojas papildomai palaiko programinės įrangos aplinkos kontrolę (pvz., prideda naujų modulių programinei įrangai, bet kokią programinę įrangą patalpina į debesį ir pan.).

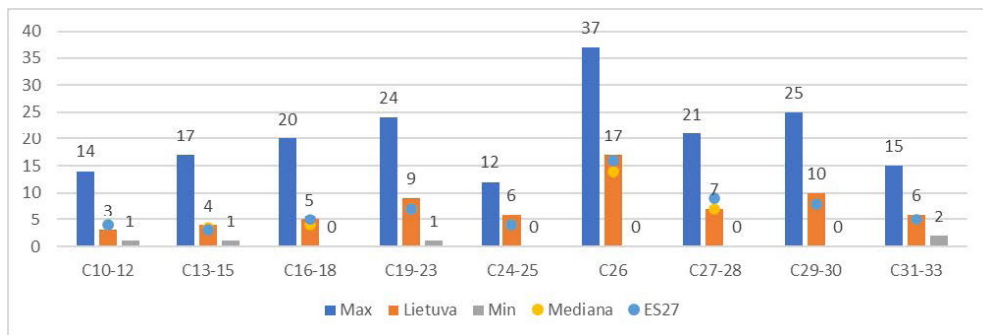


53 pav. Įmonės, perkančios visas tris debesų kompiuterijos infrastruktūros paslaugas (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Debesų kompiuterijos infrastruktūros paslaugų pirkimo srityje nė vienas Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorius neatsilieka nuo ES vidurkio. Vienintelis Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) atitinka ES vidurkį, kuris siekia 4 %.
- Labiausiai ES kontekste pažengę Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai yra:

- Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 16 % Lietuvoje ir 7 % ES (pirmas geriausias rezultatas kartu su Danija);
- Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 17 % Lietuvoje ir 10 % ES (penktas geriausias rezultatas Europoje);
- Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 12 % Lietuvoje ir 6 % ES (ketvirtas geriausias rezultatas Europoje).

Įmonės, perkančios debesų kompiuterijos platformos paslaugas. Trečiasis debesų kompiuterijos paslaugų modelis yra platforma, kaip paslauga (angl. *platform as a service PaaS*). Analizuojamas rodiklis iš esmės yra susijęs su įmonėmis, naudojančiomis skaičiavimo platformas, kurios suteikia programinės įrangos ir / ar kietosios įrangos įrankius, skirtus kurti, testuoti, valdyti sistemas, patalpintas debesyje (54 pav.).



54 pav. Įmonės, perkančios debesų kompiuterijos platformos paslaugas (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) Lietuvoje aiškiai išsiskiria iš kitų pramonės sektorių kaip toks, kuriam priklausančios įmonės santykinai daugiausiai perka debesų kompiuterijos platformos paslaugų. Šis sektorius taip pat yra vienas iš 6 sektorių Lietuvoje, kurie pagal analizuojamą rodiklį turi geresnį rezultatą, lyginant su Bendrijos vidurkiu.
- Pagal analizuojamą rodiklį tik du sektoriai Lietuvoje atsilieka nuo ES rezultatų:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 7 % Lietuvoje ir 9 % ES;
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 3 % Lietuvoje ir 4 % ES.

Skirtingi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai ES kontekste geriausius rezultatus pasiekę infrastruktūros srityje, kai tuo tarpu prasčiausia padėtis yra pagal paslaugų įsigijimą. Vienintelis sektorius Lietuvoje, kuris pagal visas tris debesų kompiuterijos kategorijas lenkia ES vidurkius, yra kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23). Kadangi nė vienas Lietuvos sektorius debesų kompiuterijos infrastruktūros srityje neatsilieka nuo ES rezultatų, mažiausius rezultatus šalyje demonstruoja du sektoriai, kurie atsilieka pagal likusius du rodiklius:

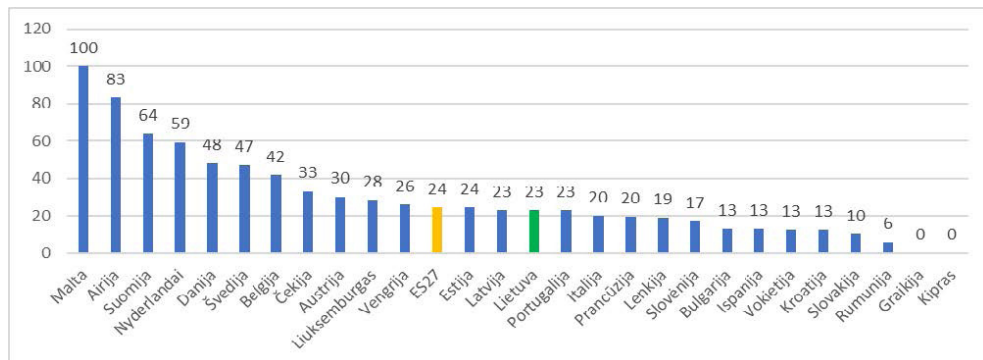
- Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12);
- Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28).

3.4.4. Didieji duomenys

Didieji duomenys yra apibrėžiami kaip ypač dideli duomenų rinkiniai, kurių apimtys lemia tai, kad tradiciniai jų saugojimo ir apdorojimo būdai yra netinkami. Gamyboje dideli duomenys gali apimti duomenis, surinktus kiekviename gamybos etape, įskaitant duomenis iš mašinų, įrenginių ir operatorių. Kartu su kitomis technologijomis, tokiomis kaip debesų kompiuterija, dirbtinis intelektas, mašininis mokymasis ar daiktų internetas, didieji duomenys apdirbamosios pramonės įmonėms suteikia galimybę įvairiais būdais didinti įmonės efektyvumą ir konkurencingumą. Potencialus didžiųjų duomenų pritaikymas pramonėje gali padėti įgyvendinti:

- *Automatizavimą* – didieji duomenys leidžia mašinoms savarankiškai diagnozuoti, kalibruoti ir nustatyti prioritetus užduotims, siekiant optimizuoti gamybos kokybę, didinti efektyvumą arba taupyti energiją;
- *Tiekimo grandinės valdymą* – didieji duomenys leidžia didesniu tikslumu prognozuoti resursų pristatymą ir sumažinti rizikas;
- *Gamybos prognozavimą* – norint optimizuoti gamybą, labai svarbu numatyti paklausą, o didieji duomenys, kurie gali būti renkami apie įmonės veiklą, tiekėjus ar klientus, gali padėti geriau pasiruošti ateičiai;
- *Įrenginių veikimo numatymą* – turėdamos duomenis apie tam tikrus įrenginius, įmonės gali suplanuoti jų remontą dar iki tol, kol staigus gedimas sukels netikėtus ir brangius prastovus;

- *Produkcijos stebėseną* – produkcijos kokybę lemia daugybė įvairių kintamųjų, todėl jų stebėjimas ir analizavimas gali padėti nustatyti tam tikrus nuokrypius bei veiksnius, dėl kurių šie atsiranda (*Big Data Value Association*, 2018).

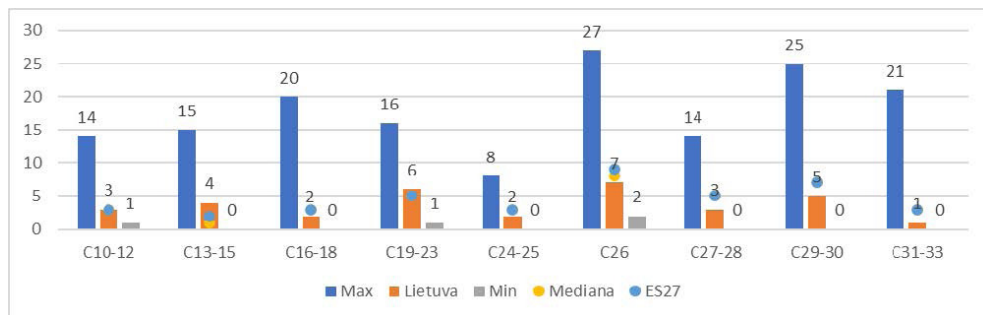


55 pav. Didieji duomenys – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (55 pav.):

- Didžiųjų duomenų naudojimo srityje Lietuva surinko 23 balus ir visoje ES užima 13–15 vietas (pirmą vietą užima Malta, surinkusi 100 balų; ES rezultatas yra 24 balai).
- Vidutiniškai tik 3 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių analizuoja didžiuosius duomenis, gautus iš išmaniųjų įrenginių ir sensorių. Tai yra tik 15–19 rezultatas Bendrijoje, kurios vidurkis siekia 4 %.
- Pagal rodiklį *Analizuoja didžiuosius duomenis įmonės viduje naudojant bet kurią analizės metodą*, Lietuvos situacija yra kur kas geresnė. Lietuvos rezultatas siekia 6 %, o tai yra 9–13 vieta tarp ES valstybių (5 %).

Įmonės, analizuojančios didžiuosius duomenis iš išmaniųjų įrenginių ar jutiklių. Rodiklis *Įmonės analizuoja didžiuosius duomenis iš išmaniųjų įrenginių ar jutiklių* matuoja mašinų sugeneruotus duomenis, kuriuos surinkti leidžia išmanūs įrenginiai ar sensoriai (56 pav.). Išmanieji įrenginiai yra elektroniniai įrenginiai prijungti prie kitų įrenginių ar tinklų, kurie tam tikru lygiu gali veikti interaktyviai ir autonomiškai. Jutiklių duomenis gali generuoti išmanieji elektros skaitikliai, automobilių jutikliai ir elektros prietaisai. Į šį rodiklį taip pat įtraukiami duomenys, sugeneruoti naudojant M2M technologijas.



56 pav. Įmonės analizuoja didžiuosius duomenis iš išmaniųjų įrenginių ar jutiklių (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: Eurostat

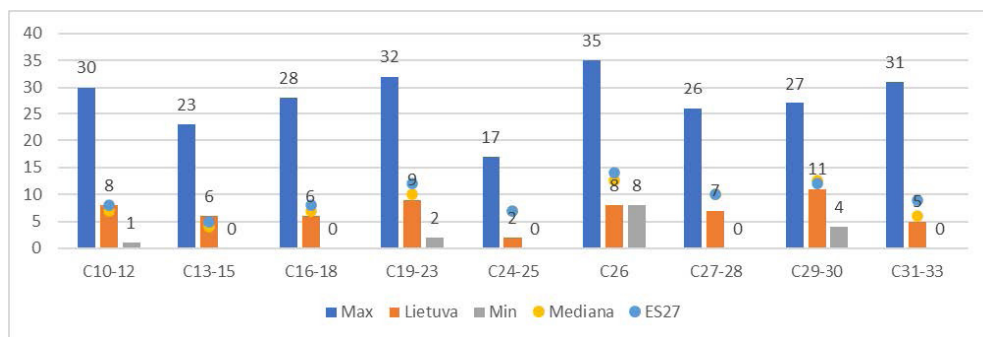
Pagal rodiklį *Įmonės analizuoja didžiuosius duomenis iš išmaniųjų įrenginių ar jutiklių* 6 iš 9 apdirbamosios pramonės sektorių atsilieka nuo Bendrijos vidurkio. Visgi, verta pastebėti, kad atsilikimas nėra didelis:

- 1 % nuo ES atsilieka šie sektoriai:
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18);
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25);
- 2 % nuo ES atsilieka šie sektoriai:
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26);
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28);
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30);
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33).

Įmonės, analizuojančios didžiuosius duomenis įmonės viduje. Toliau analizuojamas rodiklis (57 pav.) padeda pasiekti dviejų tikslų: 1) patvirtinti pateiktus duomenis, patikinant, kad įmonės iš tiesų turėjo omenyje didžiųjų duomenų analizę, o ne bet kokių (didelio kiekio) duomenų analizę, klausiant, kokius metodus taiko didžiųjų duomenų analizei; 2) prisideda prie geresnio suvokimo apie DI naudojimą įmonėse, kadangi dalis metodų, skirtų analizuoti didžiuosius duomenis, įtraukia DI.

Rodiklis *Analizuoja didžiuosius duomenis įmonės viduje naudojantis bet kuriuo metodu* apima šiuo analizės metodus:

- Duomenų / teksto gavyba (angl. *mining*) – atitinkamai automatinis modelių ar korelacių pastebėjimas didelėse duomenų bazėse; modelių pastebėjimas dideliuose tekstuose;
- Mašininį mokymąsi – apima kompiuterinės sistemos mokymą, kad ji geriau atliktų automatizuotą užduotį, pvz., atpažintų tam tikrus modelius (gilus mokymasis yra mašininio mokymosi pogrupis, kuriame daugiasluoksniai neuroniniai tinklai mokosi iš didelio kiekio duomenų);
- Natūralios kalbos apdorojimą, natūralios kalbos generavimą arba kalbos atpažinimą – atitinkamai kalbos supratimas ir konvertavimas į formatą, kurį supranta mašina; struktūrizuotų duomenų konvertavimas į natūralią kalbą; žodžių ar frazių atpažinimas šnekamojoje kalboje ir to konvertavimas į mašinai suprantamą formatą.



57 pav. Įmonės, analizuojančios didžiuosius duomenis įmonės viduje, naudojant bet kurį analizės metodą (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

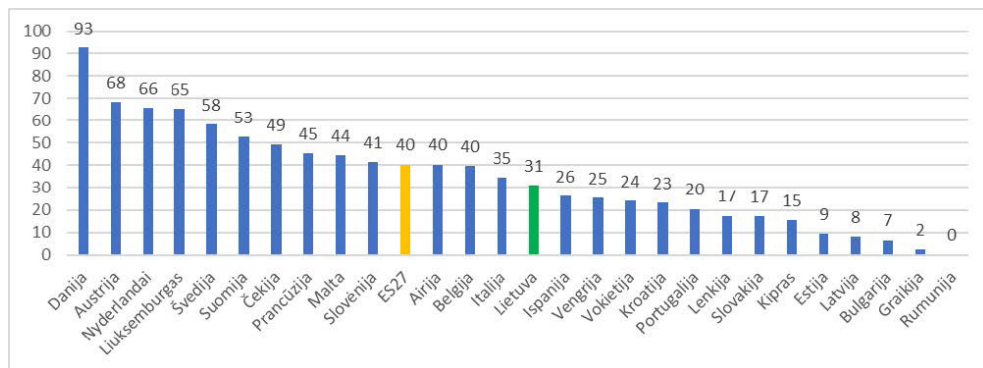
- 6 iš 9 Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių lenkia Bendrijos rezultatus pagal didžiųjų duomenų analizavimą įmonės viduje, naudojantis bet kuriuo metodu. Labiausiai ES rezultatus lenkia šie sektoriai:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 8 % Lietuvoje ir 4 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 6 % Lietuvoje ir 3 % ES;
- Daugiausiai didžiuosius duomenis pritaikant bet kokią analizavimo metodą Lietuvoje analizuoja Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 11 % Lietuvoje ir 9 ES;
- Pagal analizuojamą rodiklį tik du Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:

- Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 8 % Lietuvoje ir 11 % ES;
- Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 2 % Lietuvoje ir 5 % ES.

3.4.5. 3D spausdinimas

3D spausdinimas, arba adityvioji gamyba (angl. *additive manufacturing*) yra paremta pridėtinio konstravimo principais, kuomet trimačiai fiziniai objektai sluoksnis po sluoksnio suformuojami tiesiai iš skaitmeninio modelio. Adityvioji gamyba ir 3D spausdinimas yra lygiaverčiai to paties proceso terminai. Pastarasis yra populiarus ir plačiai žinomas terminas, o pirmasis dažniau naudojamas apibūdinti gamybos metodą, kuris skiriasi nuo atimamosios gamybos metodikos (pvz., metalo apdirbimas CNC staklėmis, kuomet medžiaga yra pašalinama iš metalinio bloko).

3D spausdinimas leidžia dideliu tikslumu sukurti sudėtingas, sudėtingas ir hibridines struktūras, o viso to nebūtų galima pasiekti naudojant įprastus produktų formavimo metodus, tokius kaip kalimas ar apdirbimas. Šalia to, adityvioji gamyba gali suteikti universalumo, lankstumo, didelio pritaikomumo galimybių, todėl technologija gali būti plačiai taikoma pramoninėje gamyboje, taupant laiką ir išteklius. 3D spausdinimas taip pat leidžia naudotis įvairiomis medžiagomis, įskaitant metalus, keramiką, plastikus, gumas ir pan. (Lietuvos inovacijų centras, 2020).



58 pav. 3D spausdinimas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

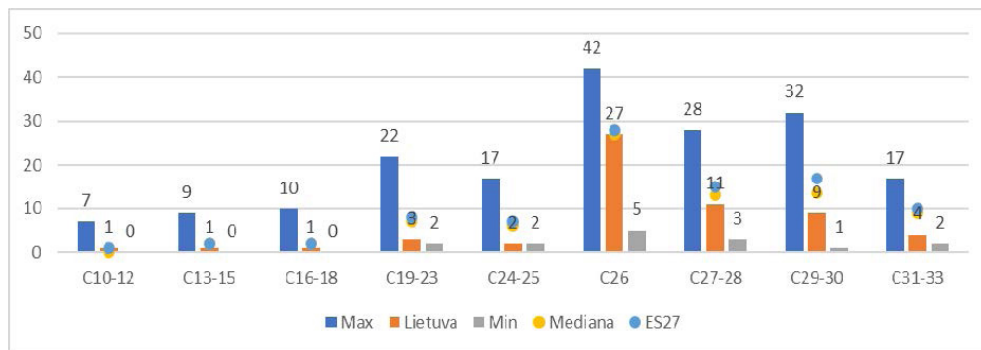
Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (58 pav.):

- Pagal 3D spausdinimo technologijų naudojimą Lietuva, surinkusi 31 balą, užima 14 vietą. Visgi, šalis atsilieka nuo Bendrijos rezultato, kuris siekia 40 balų. Visoje

ES ryškiai pirmauja Danija, kuri geriausius rezultatus turi pagal 4 iš 5 skirtingų analizuojamų rodiklių (93 balai). ES rezultatas siekia 40 balų.

- Geriausias Lietuvos rezultatas buvo pasiektas pagal rodiklį *Įmonės naudoja nuosavus 3D spausdintuvus*. Lietuvoje šis rodiklis siekia 6 % (10 vieta) ir viršija ES vidurkį 5 proc. p.
- Ypač prastas Lietuvos rezultatas yra pasiektas pagal rodiklį *Įmonės naudoja 3D spausdintuvus parduodamiems prototipams ar modeliams*. Bendras Lietuvos apdirbamosios pramonės rezultatas siekia tik 2 %, o tai yra 21–24 rezultatas Europoje. Bendrijos vidurkis siekia 5 %.
- Pagal prieinamus duomenis tik 21 vietą su 4 % rezultatu Lietuvos apdirbamoji pramonė užima pagal rodiklį *Naudoja 3D spausdinimą prototipams ar modeliams vidiniam naudojimui*. ES vidurkis siekia 9 %.
- Taip pat tik 2 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių *Naudoja 3D spausdinimą parduodamoms prekėms, išskyrus prototipus ar modelius*. Visgi, pagal šį rodiklį Lietuva yra tarp Bendrijos vidutiniokų, o jos vidurkis siekia tik 3 %.
- ES kontekste šiek tiek geresnius rezultatus Lietuva demonstruoja pagal rodiklį *Įmonės naudoja 3D spausdinimą produktams, kurie bus naudojami įmonės gamybos procese, išskyrus prototipams ar modeliams* – 4 %. Lietuva ES kontekste užima 16 vietą ir atsilieka nuo Bendrijos vidurkio, kuris yra 5 %.

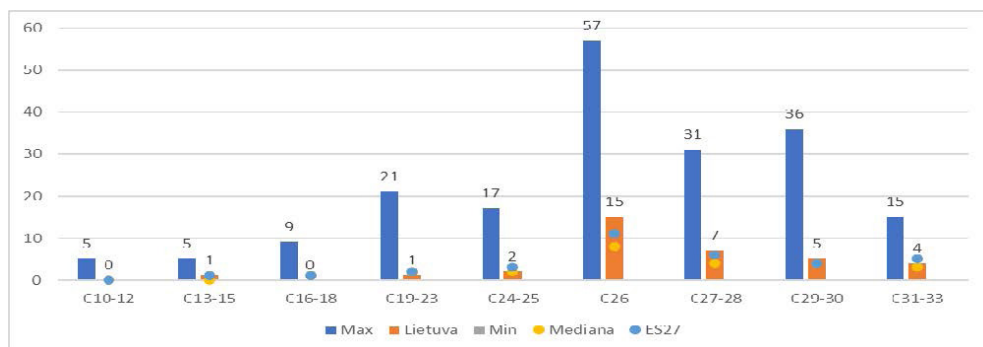
Įmonės, naudojančios nuosavus 3D spausdintuvus. Analizuojamas rodiklis *Įmonės naudoja nuosavus 3D spausdintuvus* nurodo tokius atvejus, kai apklausiamą įmonę pati naudoja 3D spausdinimą, o tai reiškia, kad į apimtį patenka ir įmonei priklausančios spausdintuvai, ir spausdintuvai, kurie yra išsinuomotų, tačiau naudojami pačios įmonės (59 pav.).



59 pav. Įmonės, kurios naudoja nuosavus 3D spausdintuvus (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Nuosavų 3D spausdintuvų naudojimo srityje tiek Lietuvoje, tiek ir ES aiškiai išsiskiria Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26). Net 27 % šio sektoriaus įmonių Lietuvoje teigia naudojančios šią technologiją, – šalies rezultatas yra šiek tiek žemesnis lyginant su ES, kurios vidurkis siekia 28 %.
- Absoliuti dauguma Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių (8 iš 9) naudoja mažiau nuosavų 3D spausdintuvų, lyginant su ES. Nuo Bendrijos rezultatų reikšmingai atsilieka šie sektoriai:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 9 % Lietuvoje ir 17 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 4 % Lietuvoje ir 10 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 3 % Lietuvoje ir 8 % ES (22–24 vieta);
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 2 % Lietuvoje ir 7 % ES (Lietuva dalijasi paskutinę vietą su Estija ir Slovėnija).

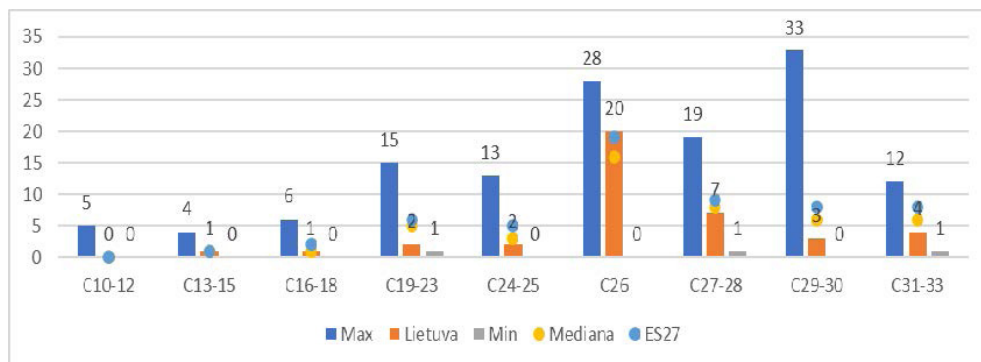
Įmonės, naudojančios 3D spausdinimą parduodamoms prekėms, išskyrus prototipus ar modelius. Rodiklis *Naudoja 3D spausdinimą parduodamoms prekėms, išskyrus prototipus ar modelius* yra skirtas matuoti įmonių kiekį, kurios naudoja savo 3D spausdintuvus arba naudojasi 3D spausdinimo paslaugomis, gamindamos prekes, parduodamas kitoms įmonėms, vartotojams ar valdžios institucijoms, išskyrus prototipus ar modelius (60 pav.).



60 pav. Įmonės, kurios naudoja 3D spausdinimą parduodamoms prekėms, išskyrus prototipus ar modelius (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Geriausią rezultatą pagal šį rodiklį Lietuvoje turi Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 15 %. Šis rezultatas pagal prieinamus duomenis yra trečias didžiausias tarp Bendrijos valstybių.
- 4–5 vietas tarp Bendrijos šalių užima Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 7 %.
- 4 sektoriai pagal savo rezultatus, nors ir nežymiai, atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 0 % Lietuvoje ir 1 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 1 % Lietuvoje ir 2 % ES;
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 2 % Lietuvoje ir 3 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 4 % Lietuvoje ir 5 % ES.

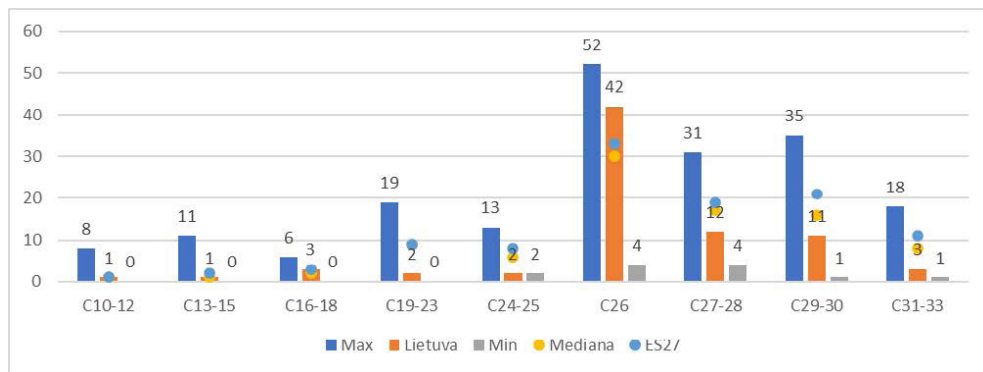
Įmonės, naudojančios 3D spausdintuvus parduodamiems prototipams ar modeliams. Rodiklis *Įmonės, naudojančios 3D spausdintuvus parduodamiems prototipams ar modeliams* matuoja įmones, kurios naudoja savo 3D spausdintuvus arba 3D spausdinimo paslaugas, gamindamos prototipus ar modelius (greitasis prototipų kūrimas), skirtus parduoti kitoms įmonėms, vartotojams ar valdžios institucijoms (61 pav.).



61 pav. Įmonės, kurios naudoja 3D spausdintuvus parduodamiems prototipams ar modeliams (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Kaip ir prieš tai aptartais atvejais, Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriaus (C26) įmonės taip pat stipriai išsiskiria pagal 3D spausdintuvų naudojimą parduodamiems prototipams ar modeliams gaminti. Lietuvoje šio rodiklio rezultatas siekia 20 % (7 vieta) ir lenkia Bendrijos vidurkį – 19 %.
- 6 iš 9 Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių atsilieka pagal šį rodiklį, o didžiausi skirtumai yra:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 3 % Lietuvoje ir 8 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 4 % Lietuvoje ir 8 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 2 % Lietuvoje ir 6 % ES (21–24 vieta Europoje).

Įmonės, naudojančios 3D spausdinimą prototipams ar modeliams vidiniam naudojimui. Rodiklis *Įmonės, naudojančios 3D spausdinimą prototipams ar modeliams vidiniam naudojimui* yra skirtas matuoti, kokia dalis apdirbamosios pramonės įmonių naudoja nuosavus 3D spausdintuvus ar 3D spausdinimo paslaugas prototipams ar modeliams gaminti (greitasis prototipų kūrimas) įmonės viduje (62 pav.).

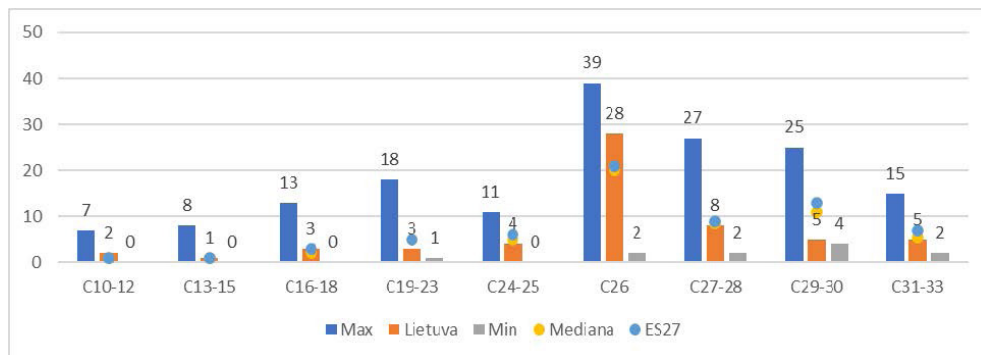


62 pav. Įmonės, kurios naudoja 3D spausdinimą prototipams ar modeliams vidiniam naudojimui (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Pagal analizuojamą rodiklį Lietuvos situacija yra labai prasta. Vienintelis Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) lenkia Bendrijos vidurkį (atitinkamai 42 ir 33 %). Pagal prieinamus duomenis tai yra trečias geriausias rezultatas Bendrijoje.

- Visgi, net 6 sektoriai iš 9 pasižymi prastesniais rezultatais, lyginant su ES, o 5-kių atsilikimas nuo Bendrijos rezultatų yra labai didelis:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 11 % Lietuvoje ir 21 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 3 % Lietuvoje ir 11 % ES (trečias blogiausias rezultatas);
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 12 % Lietuvoje ir 19 % ES (ketvirtas – šeštas blogiausias rezultatas);
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 2 % Lietuvoje ir 9 % ES (trečias blogiausias rezultatas);
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 2 % Lietuvoje ir 8 % ES (blogiausias rezultatas kartu su dar trimis šalimis).

Įmonės, naudojančios 3D spausdinimą produktams, kurie bus naudojami įmonės gamybos procese, išskyrus prototipams ar modeliams. Rodiklis matuoja įmones, kurios naudoja savo 3D spausdintuvus arba 3D spausdinimo paslaugas, gamindamos kitokias prekes nei prototipai ar modeliai, kurie bus naudojami įmonės gamybos procesuose (63 pav.).



63 pav. Įmonės, kurios naudoja 3D spausdinimą produktams, kurie bus naudojami įmonės gamybos procese, išskyrus prototipams ar modeliams (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- 28 % Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriaus (C26) įmonių Lietuvoje naudoja 3D spausdinimą produktams, kurie bus naudojami įmonės gamybos procese. Tai yra geriausias rezultatas Lietuvoje, kuris

reikšmingai lenkia ES vidurkį, siekia 21 %. Apskritai, tai yra trečias geriausias rezultatas Europoje.

- Išskirtinai nuo ES vidurkio atsilieka tik Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabų, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30). Lietuvoje šio sektoriaus rezultatas siekia 5 %, kai tuo tarpu Bendrijoje vidurkis yra 13 % (Lietuva ES mastu dalijasi priešpaskutinę vietą kartu su Rumunija). Nuo ES vidurkio atsilieka dar 4 skirtingi apdirbamosios pramonės sektoriai, tačiau jų atsilikimas siekia 1–2 proc. p.

Įdomu tai, kad Lietuvos apdirbamoji pramonė geriausią rezultatą pasiekė pagal rodiklį *Įmonės naudoja nuosavus 3D spausdintuvus*. Visgi, analizuojant atskirus apdirbamosios pramonės sektorius, daugiausiai jų nuo Bendrijos rezultato atsilieka būtent pagal šį rodiklį.

Iš visų Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių išsiskiria Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriaus (C26) įmonės – jos pagal 4 iš 5 skirtingų kategorijų lenkia ES vidurkius.

3.4.6. Robotika

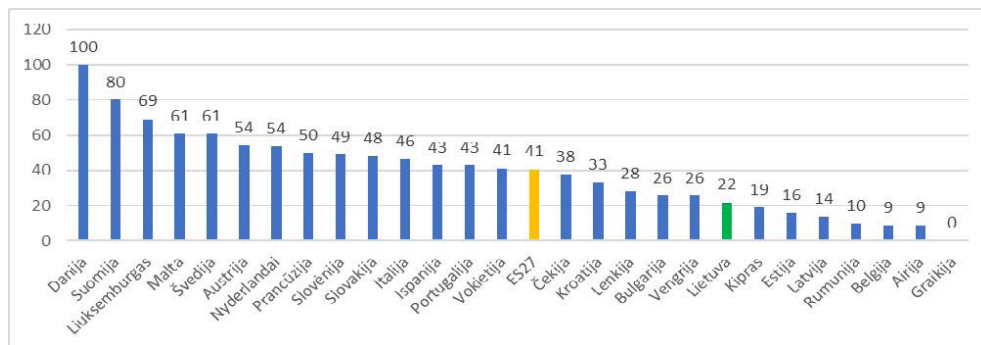
Pramonės automatizacija yra neišsivaizduojama be pramoninių robotų, naudojamų gamybai. Tai yra programuojamos mechatroninės sistemos su valdomomis ašimis, kurių gali būti trys ar daugiau. Pramoniniai robotai būna stacionarūs (prtvirtinti prie rėmo) arba autonominiai (laisvai judantys grindiniu ar kitu paviršiumi). Paprastai pramoniniai robotai naudojami įvairioms reikmėms, pvz., pjaustymui, suvirinimui, dažymui, surinkimui, rinkimui ir prekių padėjimui, medžiagų tvarkymui, pakavimui ir ženklinimui, padėklavimui, gaminio tikrinimui ir bandymams. Jų pranašumai: didelis patvarumas, greitis ir tikslumas, taip pat jie yra nepakeičiami atliekant ypač varginančias ir pavojingas užduotis. Tikimasi, kad ateityje pramoniniai robotai dėl įvairių technologinių pokyčių, susijusių su DI, mašininio mokymusi, IoT, mašininio regėjimu ir pan., sparčiai tobulės bei bus mobilesni, pažangesni ir labiau bendradarbiaujantys (t. y. taps „kobotais“, nuo žodžio „kooperacija“), lengviau integruojami į esamas sistemas bei procesus ir pajėgesni dirbti kartu su žmonėmis (Mehl, 2019).

Mažesne apimtimi, lyginant su pramoniniais robotais, paslaugų robotai taip pat gali būti pritaikomi gamybos įmonėse. Paslaugų robotai turi tam tikrą autonomijos lygį, kuris įgalina juos veikti sudėtingoje ir dinamiškoje aplinkoje, kuri gali reikalauti sąveikos su žmonėmis, objektais ar kitais įrenginiais, išskyrus jų taikymą pramonės automatizavimo tikslais. Paslaugų robotai yra skirstomi į asmeninius paslaugų

robotus (dažniausiai naudojami namų sąlygomis) ir profesionalius paslaugų robotus (naudojami už gamybinių patalpų ribų).

Visgi, tam tikrose srityse, tokiose kaip automobilių pramonė, ribos tarp industrinių ir paslaugų robotų nyksta vis labiau. Pramoniniai robotai savo užduotis atlieka aiškiai struktūrizuotoje aplinkoje su išorinėmis apsaugos priemonėmis, o paslaugų robotai paprastai veikia nestruktūrizuotoje aplinkoje ir tiesiogiai bendradarbiauja su žmonėmis. Pramoniniai robotai veikia pagal griežtus saugos reikalavimus ir yra išjungiami, kai kas nors prie jų priartėja, tuo tarpu paslaugų robotai dirba kartu su žmogumi.

Paslaugų robotai nuo industrinių taip pat gali būti atskirti pagal aplinką, kurioje jie veikia. Paslaugų robotai dažniausiai veikia tarp žmonių ar natūralioje atviroje aplinkoje, kur jiems reikia jutimo, judėjimo ir sprendimų priėmimo galimybių, siekiant efektyviai veikti. Kiekvienas jų taip pat yra sukurtas taip, kad atitiktų savo užduotis ant žemės, ore, vandenyje ir pan. (*Robotics Online Marketing Team, 2020*).

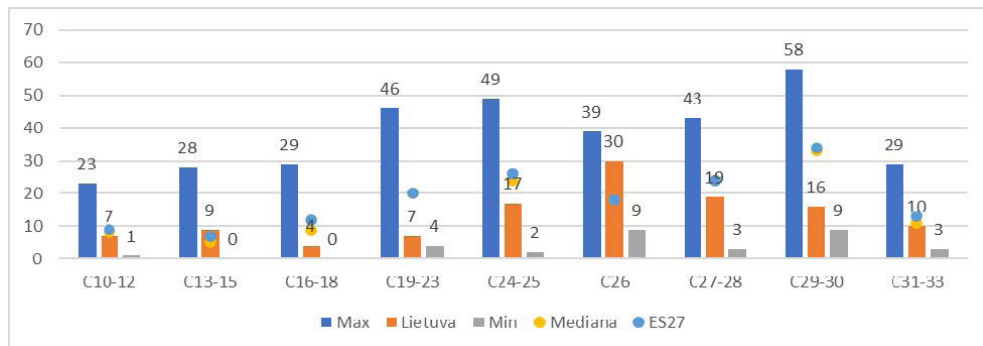


64 pav. Robotika – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (64 pav.):

- Pagal robotų naudojimą Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorius stipriai atsilieka nuo ES. Šalis surinko tik 22 balus ir užima 20 vietą. Geriausius rezultatus šioje srityje turi Danija, kurioje įmonės naudoja daugiausiai tiek industrinių, tiek ir paslaugų robotų. Bendrijos rezultatas siekia 41 balą.
- Remiantis prieinamais duomenimis, pagal industrinių robotų naudojimą įmonėse Lietuva iš 25 valstybių užima tik 22 vietą. Šalies rezultatas siekia 10 %, o tai yra net 7 % blogesnis rezultatas, lyginant su Bendrijos vidurkiu.
- Paslaugų robotų naudojimo srityje Lietuvos rezultatas yra šiek tiek geresnis – 16 vieta. 3 % apdirbamosios pramonės įmonių naudoja industrinius robotus, kai tuo tarpu ES vidurkis siekia 4 %.

Įmonės, naudojančios industrinius robotus. analizuojamu rodikliu *Įmonės, naudojančios industrinius robotus* yra matuojamas industrinių robotų taikymas apdirbamosios pramonės sektoriuose (65 pav.).

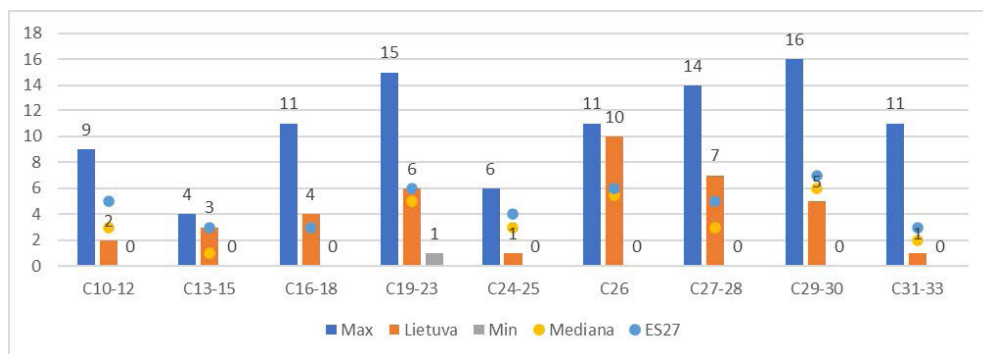


65 pav. Įmonės, kurios naudoja industrinius robotus (% nuo įmonių, 2019 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Industrinių robotų naudojimo srityje tik du apdirbamosios pramonės sektoriai lenkia ES vidurkį:
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 30 % Lietuvoje ir 18 % ES (pagal prieinamus duomenis trečias geriausias rezultatas Bendrijoje);
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 9 % Lietuvoje ir 7 % ES.
- Likę apdirbamosios pramonės sektoriai dideliais skirtumais atsilieka nuo Bendrijos rezultatų, o ypač:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 16 % Lietuvoje ir 34 % ES (pagal esamus duomenis trečias blogiausias rezultatas);
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 7 % Lietuvoje ir 20 % ES (Lietuva dalijasi priešpaskutinę vietą su Rumunija);
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 17 % Lietuvoje ir 26 % ES (penktas blogiausias rezultatas);
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 4 % Lietuvoje ir 12 % ES (ketvirtas blogiausias rezultatas);
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 19 % Lietuvoje ir 24 % ES (šeštas blogiausias rezultatas).

Įmonės, naudojančios paslaugų robotus. Įmonės, naudojančios paslaugų robotus (66 pav.), juos gali naudoti šiais tikslais:

- Priežiūros, apsaugos, tikrinimo užduotims atlikti;
- Žmonių ar prekių gabenimui;
- Valymo ar atliekų tvarkymo tikslais;
- Sandėlio valdymo sistemų įgalinimui (pvz., prekių dėjimas į paletes, prekių tvarkymas);
- Surinkimo darbams atlikti;
- Robotizuotos parduotuvės darbuotojo užduotims atlikti (pvz., pagalba klientams apsiperkant, prekių tvarkymas).



66 pav. Įmonės, kurios naudoja paslaugų robotus (% nuo įmonių, 2019 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Skirtingai nei industrinių robotų, paslaugų robotų naudojimo srityje Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriaus įmonės ES kontekste pasižymi šiek tiek geresniais rezultatais. Geriausią rezultatą šalyje pasiekė Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 10 % Lietuvoje ir 6 % ES (pagal prieinamus duomenis sektorius ES kontekste dalijasi 2–4 vietas).
- Visgi, dalis šalies apdirbamosios pramonės sektorių nežymiai atsilieka nuo ES vidurkių:
 - 3 % atsilieka:
 - § Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12);
 - § Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25);
 - 2 % atsilieka:
 - § Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30);

§ Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33).

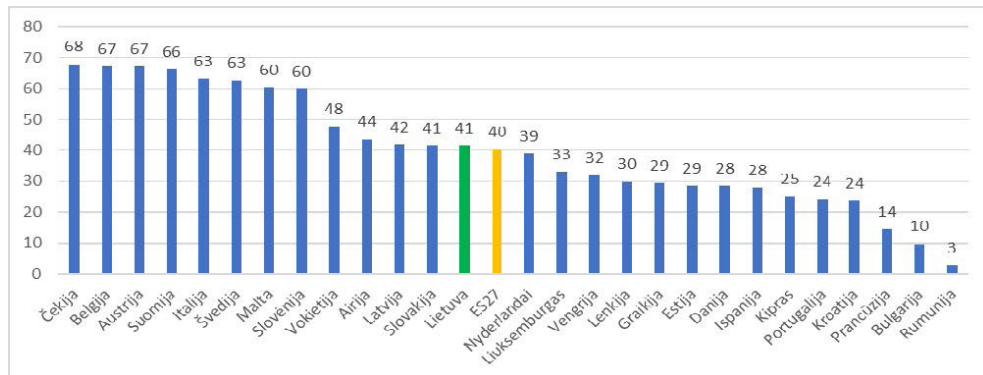
Apibendriname: galima konstatuoti, kad industrinių robotų naudojimas pramonės įmonėse turi kur kas didesnes panaudojimo galimybes ir naudą, lyginant su paslaugų robotais. Visgi, būtent paslaugų robotų kontekste apdirbamosios pramonės įmonės ES lygiu pasiekusios geresnių rezultatų. Vienintelis Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) Lietuvoje naudoja daugiau tiek industrinių, tiek ir paslaugų robotų, lyginant su ES. Teigiamą rezultatą Lietuvoje turi ir Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15), kurio įmonės naudoja daugiau industrinių robotų, lyginant su Bendrijos vidurkiu, ir lygiai tiek pat paslaugų robotų.

3.4.7. Daiktų internetas (IoT)

Daiktų internetas (IoT) yra tarpusavyje sujungtas fizinių įrenginių tinklas, kuris gali apimti elektroniką, programinę įrangą, jutiklius, pavaras ir ryšio komponentus, kuriais šie įrenginiai gali bendrauti ir mainytis duomenimis. Europos Komisija numato, kad išmanioji gamyba (angl. *smart manufacturing*) bus didžiausias daiktų interneto pritaikymo atvejis Europos logistikos ir gamybos grandinėse (*European Commission*, 2016).

Pramoninis daiktų internetas (IIoT) laikomas IoT dalimi ir yra Pramonės 4.0 sinonimas. Tikimasi, kad jo pritaikymas sukurs naujus verslo modelius, pagerins produktyvumą, leis geriau panaudoti analitinius duomenis inovacijoms kurti ir transformuos darbo jėgą. Gamyboje IIoT yra pagrįstas kibernetinių-fizinių sistemų (angl. *cyber-physical system*) koncepcija – sąsaja tarp žmogiškojo ir kibernetinio pasaulių, kuri surinktus duomenis paverstų pritaikoma informacija. IIoT srityje taip pat aktualūs ir debesų kompiuterija bei dideli duomenų kiekiai. Šiame kontekste įmonėms yra svarbu suvokti, kokius duomenis jos turėtų rinkti, kas turėtų gauti prieigą prie jų, kaip surinkta informacija gali būti naudojama teisingų sprendimų priėmimui ir pan. Ši informacija turi koncentruotis į turimas užduotis, būti prieinama visoje platformose ir tinklo sąsajose, taip pat turi būti pateikta suprantamai, tiesiogiai nurodant sprendimus, kuriuos reikia priimti. Efektyvi komunikacija priklauso nuo nustatytų sąveikos standartų, kurie yra IIoT pagrindas (pvz., „MTConnect“ atvirasis standartas gamybos įrenginių prijungimui prie duomenų rinkimo tinklų; OPC-UA standartas, taikomas visai bendrovei; ISO standartai vienodam skaitmeninių sistemų terminijos interpretavimui). Be to, svarbu, kad IoT būtų integruotas į įmo-

nės programinę įrangą, pvz., ERP, produkto gyvavimo ciklo valdymo (angl. *product lifecycle management*) arba turto valdymo programinę įrangą (Lietuvos inovacijų centras, 2020).



67 pav. Daiktų internetas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (67 pav.):

- Daiktų interneto srityje Lietuva (41 balas) lenkia ES rezultatą (40 balų) bei užima 12–13 vietas. Šioje kategorijoje geriausius rezultatus pasiekė Čekija – 68 balai.
- Skirtingų rodiklių atžvilgiu geriausius rezultatus Lietuvos apdirbamoji pramonė turi pagal rodiklį *Įmonės naudoja sensorius ar RFID žymas stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą* – 13 % (12 vieta). Pagal šį rodiklį Lietuva lenkia Bendrijos vidurkį – 12 %.
- 12 vietą Lietuva taip pat užima pagal rodiklį *Naudoja judėjimo arba priežiūros jutiklius, kad stebėtų transporto priemonių ar gaminių judėjimą, siekiant įgyvendinti priežiūrą, atsižvelgiant į būklę*. Visgi, 7 % rezultatas Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriuje atsilieka nuo ES vidurkio – 8 %.
- Bendrijos vidurkį Lietuva lenkia pagal išmaniųjų skaitiklių, lempų, termostatų naudojimą, siekiant optimizuoti energijos vartojimą įmonės patalpose – 11 % Lietuvoje ir 10 % ES. Lietuva pagal šį rodiklį užima 17 vietą.
- Žemiausią poziciją Lietuva užima pagal rodiklį, matuojantį ryšius su klientais. Tiek Lietuvos, tiek ir ES vidurkis siekia 3 %, tačiau šalis užima tik 16 vietą.

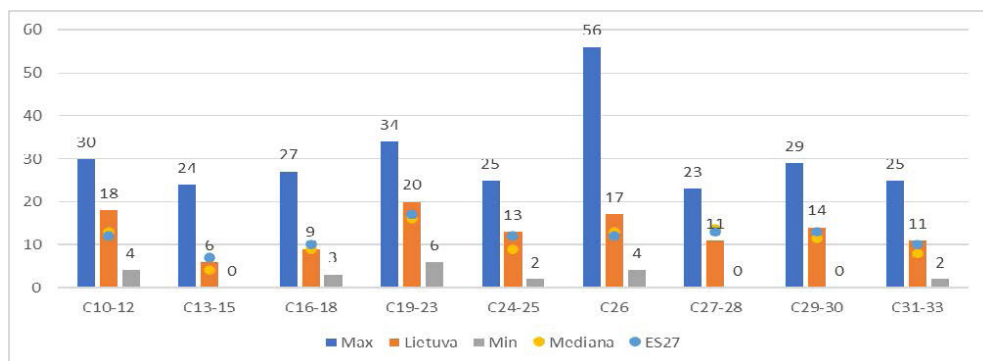
Įmonės, naudojančios sensorius ar RFID žymas stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą. Analizuojamas rodiklis (68 pav.) padeda suprasti IoT naudojimą gamybos, logistikos ir produkcijos stebėjimo tikslams. GPS bei radijo dažnio identifikavimo (angl. *radio frequency identification RFID*) technologijos gali padėti gamintojui stebėti gaminį nuo jo

pradžios gamykloje iki patekimo į galutinį tašką, t. y. visą tiekimo grandinę nuo pradžios iki pabaigos. Įvairūs jutikliai gali rinkti informaciją apie kelionės laiką, gaminio būklę ir aplinkos sąlygas, kurių gaminyje buvo veikiamas. Be to, prie gamyklos įrangos pritvirtinti jutikliai gali padėti nustatyti gamybos linijos kliūtis, taip sumažinant prarastą laiką ir atliekas.

Gamybos tikslais įvairūs jutikliai arba RFID sensoriai gali būti stebimi ir (arba) valdomi internetu, siekiant stebėti gamybos procesą arba jį automatizuoti. Tai gali apimti įvairius gamybos ir paslaugų teikimo procesus, pvz., pramonės gamybos stebėjimą ir kontrolę, tiekimo grandinės ir atsargų sekimą, aptarnavimą ir pan.

Logistikos tikslais IoT galimi naudojimo pavyzdžiai yra jutikliai, stebimi / valdomi internetu, siekiant sekti produktus ar transporto priemonės sandėlio valdyme. Pavyzdžiui, jutikliai gali būti naudojami konkrečios gamybos elemento lokacijos stebėjimui. RFID gali būti naudojamas tiekimo grandinės valdymui, o tai yra ypač svarbu gamybos sektoriui, siekiant pagerinti gamybos faktorių sekimą ir atsargų valdymo efektyvumą.

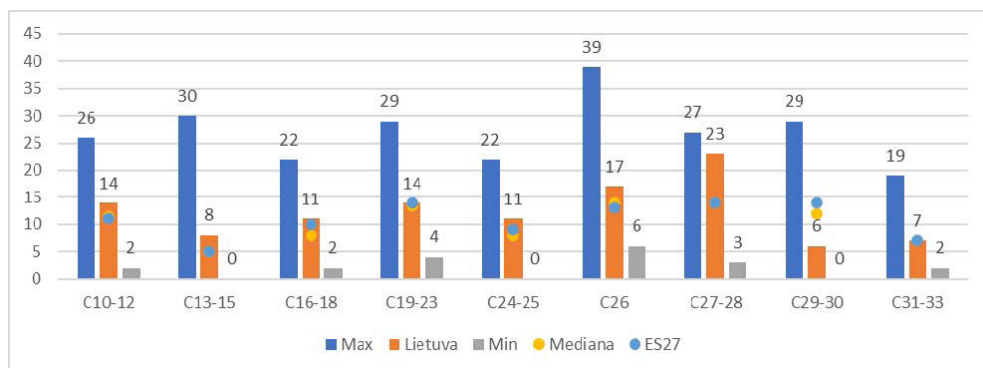
IoT gali būti naudojamas transporto priemonėms sekti, kai įmonė naudoja jutiklius, kad žinotų transporto priemonės buvimo vietą, atstumą, kuris jai liko iki paskirties vietos ir t. t. IoT taip pat pritaikomas produktų sekimui, pvz., jų pristatymas platintojui, kuris vėliau paskirsto produktus klientams; įmonės gali sekti, kur buvo išsiųsta konkreti prekė ir pan. Vieta pagrįstos nuotolinio stebėjimo sistemos padeda įmonėms optimizuoti produkcijos judėjimą, sumažinti transportavimo išlaidas ir didinti efektyvumą. Naudodamos daiktų interneto jutiklius, įmonės gali aktyviai sekti konkrečią informaciją apie savo turtą be jokio žmogaus įsikišimo.



68 pav. Įmonės, kurios naudoja sensorius ar RFID žymas stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Sensorių ar RFID žymų naudojimo kontekste stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą, 6 iš 9 Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių pasižymi aukštesniais rezultatais. Tarp sektorių ypač išsiskiria:
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 18 % Lietuvoje ir 12 % ES;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 17 % Lietuvoje ir 12 % ES (pagal prieinamus duomenis, Lietuva užima 5–6 vietas);
- Pagal analizuojamą rodiklį trys sektoriai pasižymi žemesniais rodikliais lyginant su ES, tačiau atsilikimas nėra ženklus:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 11 % Lietuvoje ir 13 % ES;
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 9 % Lietuvoje ir 10 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 6 % Lietuvoje ir 7 % ES.

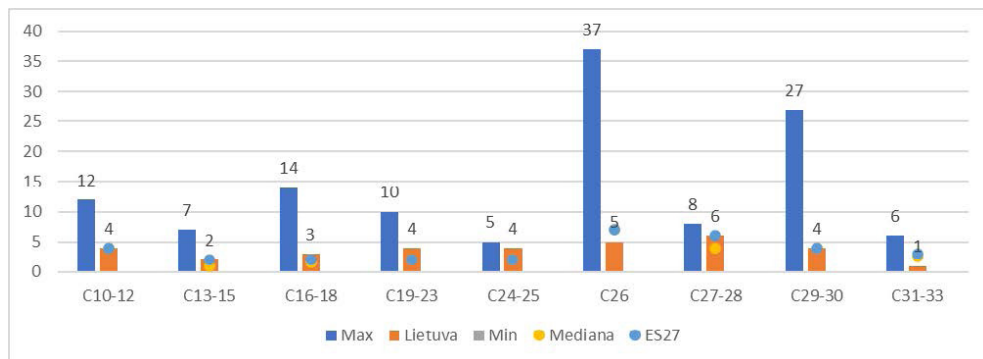
Įmonės, naudojancios išmaniuosius skaitiklius, lempas, termostatus, siekdamos optimizuoti energijos suvartojimą įmonės patalpose. Analizuojamas rodiklis yra skirtas matuoti IoT įrangos ir sistemų panaudojimą įmonėse, siekiant valdyti ir optimizuoti energijos suvartojimą. Daiktų interneto jutikliai gali būti naudojami aplinkos sąlygų, tokių kaip drėgmė, temperatūra ar apšvietimas stebėjimui, o surinkta informacija gali padėti reguliuoti energijos naudojimą, atliekant reikiamas korekcijas be žmogaus įsikišimo (69 pav.).



69 pav. Įmonės, kurios naudoja išmanius skaitiklius, lempas, termostatus, siekdamos optimizuoti energijos suvartojimą įmonės patalpose (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Dauguma skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių Lietuvoje didesne apimtimi naudoja išmaniuosius skaitiklius, lempas, termostatus, siekdami optimizuoti energijos suvartojimą įmonės patalpose. Šiame kontekste geriausiai Lietuvoje atrodo:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 23 % sektoriaus įmonių Lietuvoje ir 14 % ES (pagal prieinamus rezultatus, Lietuvos rezultatas yra trečias geriausias Bendrijoje);
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 13 % Lietuvoje ir 8 % ES (penktas geriausias rezultatas Europoje).
- Pagal analizuojamą rodiklį vienintelis sektorius Lietuvoje, kuris atsilieka nuo Bendrijos vidurkio, yra Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 6 % Lietuvoje ir 14 % ES (pagal prieinamus duomenis Lietuvos rezultatas yra ketvirtas prasčiausias).

Įmonės, naudojančios jutiklius, RFID ar IP žymas arba internetu valdomas kameras, kad pagerintų klientų aptarnavimą, stebėtų klientų veiklą arba pasiūlytų jiems individualizuotą patirtį. IoT įgalina įmones naudoti inovatyvius sprendimus, siekiant pritraukti kuo daugiau vertingų ir ilgalaikių klientų. Vienas iš būdų – pagerinti klientų patirtis jas personalizuojant. Jutikliai gali palengvinti tiesioginį bendravimą su klientais, o pardavėjui tai leidžia stebėti kliento elgesį realiuoju laiku, pvz., ar klientas seniau buvo apsilankęs įmonės internetiniame portale, kurie internetinio portalo skyriai pritraukė didžiausią jo dėmesį, kokių tipų internetinius puslapius klientas aplankė prieš tai. Visa ši informacija gali būti panaudojama sukuriant individualizuotus pasiūlymus ir paslaugas, pvz., nuolaidas ar specialius pasiūlymus. Pvz., informacija apie tai, kokius produktus potencialus klientas daugiausiai apžiūri, bet jų neperka, ateityje gali būti panaudojama, sukuriant asmeninius pasiūlymus ir juos integruojant į internetinę parduotuvę ar pateikiant kitais būdais (70 pav.).

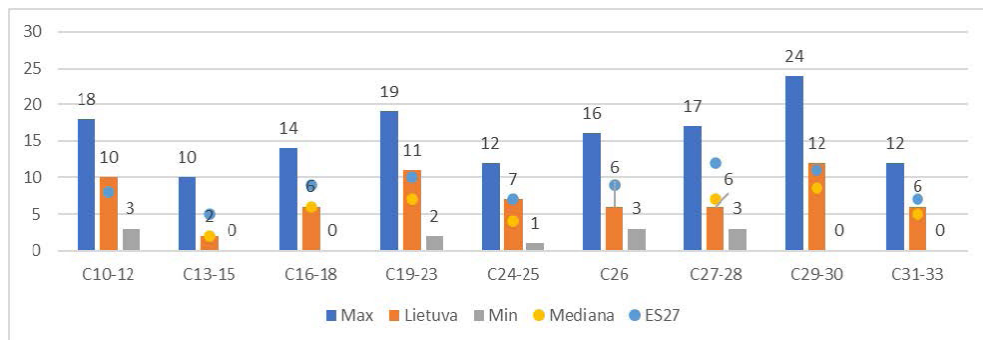


70 pav. Įmonės, kurios naudoja jutiklius, RFID ar IP žymas arba internetu valdomas kameras, kad pagerintų klientų aptarnavimą, stebėtų klientų veiklą arba pasiūlytų jiems individualizuotą patirtį (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Keturi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai ES lygiu naudoja įvairius skaitmeninius sprendimus, siekdami pagerinti klientų aptarnavimą, stebėti vartotojų veiklą bei pasiūlyti individualizuotą patirtį, kai tuo tarpu trys sektoriai pasižymi geresniais rezultatais:
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) bei Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 4 % Lietuvoje ir 2 % ES;
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektoriuje (C16-18) – 3 % Lietuvoje ir 2 % ES.
- Žemesniais nei Bendrijos rezultatais pasižymi du apdirbamosios pramonės sektoriai:
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 5 % Lietuvoje ir 7 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 1 % Lietuvoje ir 3 % ES (pagal prieinamus duomenis Lietuva dalijasi 3–6 vietas nuo galo).

Įmonės, naudojančios judėjimo arba priežiūros jutiklius, kad stebėtų transporto priemonių ar gaminių judėjimą, siekdamos atlikti priežiūrą, atsižvelgiant į būklę. Daiktų interneto įrenginių ar sistemų, kurias galima naudoti priežiūros atsižvelgiant į būklę (angl. *condition based maintenance CBM*) tikslams pavyzdžiai yra jutikliai, galintys stebėti mašinų, transporto priemonių ar produkcijos būklę, kad būtų galima laiku nustatyti jų priežiūros poreikius ir išvengti brangių gedimų. Šie įrenginiai gali padėti įmonei numatyti ir geriau planuoti savo priežiūros poreikius,

remiantis gautais duomenimis, užkertant kelią ilgoms įrangos ar gamybos prastovoms. CBM numato, kad techninė priežiūra turėtų būti atliekama tik tada, kai tam tikri rodikliai rodo prastėjančio veikimo ar artėjančio gedimo požymius (71 pav.).



71 pav. Įmonės, kurios naudoja judėjimo arba priežiūros jutiklius, kad stebėtų transporto priemonių ar gaminių judėjimą, siekdamos įgyvendinti priežiūrą atsižvelgiant į būklę (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Daiktų interneto naudojimo kategorijoje prasčiausius rezultatus ES kontekste Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai pasiekę pagal šį rodiklį. Net 5 iš 9 skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių atsilieka nuo Bendrijos vidurkių, ypač:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 6 % Lietuvoje ir 12 % ES;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) ir Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 6 % Lietuvoje ir 9 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 2 % Lietuvoje ir 5 % ES.
- Geriausius rezultatus Lietuvoje pasiekę apdirbamosios pramonės sektoriai nežymiai lenkia ES vidurkius:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 12 % Lietuvoje ir 11 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 11 % Lietuvoje ir 10 % ES;
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 10 % Lietuvoje ir 8 % ES.

Apibendrinant galima konstatuoti, kad atskiri Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai ES kontekste geriausių rezultatų yra pasiekę pagal išmaniųjų skaitiklių, lempų, termostatų naudojimą, siekdami optimizuoti energijos suvartojimą įmonės patalpose, kai tuo tarpu silpniausiai šalies įmonės pasirodė pagal judėjimo ar priežiūros jutiklių naudojimą transporto priemonių ar gaminių judėjimo stebėjimui, siekdamas atlikti priežiūrą, atsižvelgiant į būklę. Pagal svarbiausią šios kategorijos rodiklį *Įmonės naudoja sensorius ar RFID žymas stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą*, Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės demonstruoja gerus rezultatus: tik 3 sektoriai atsilieka nuo ES vidurkių, tačiau atotrūkis nėra didelis. Trys apdirbamosios pramonės sektoriai pagal 3 rodiklius lenkia ES vidurkį ir pagal 1 turi vienodą rezultatą, todėl gali būti įvardijami kaip sėkmingiausi sektoriai šioje kategorijoje (svarbu, kad jie ES rezultatą lenkia pagal IoT panaudojimą produkcijos procesuose):

- Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12);
- Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23);
- Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25).

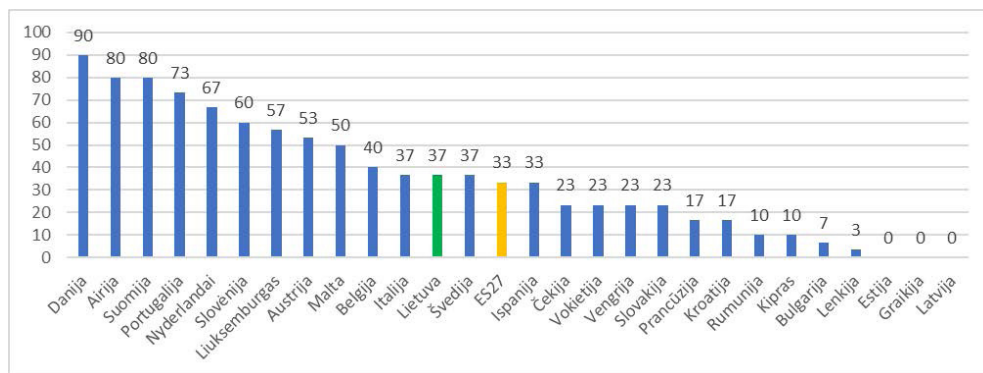
3.4.8. Dirbtinis intelektas

Dirbtinis intelektas (DI) apibūdina protingu elgesiu pasižyminčias sistemas, kurios siekdamas specifinių tikslų analizuoja aplinką ir su tam tikru autonomiškumo lygiu imasi veiksmų. DI besinaudojančios sistemos gali būti paremtos programine įranga (pvz., balso asistentai, vaizdo analizės programinė įranga, paieškos sistemos, balso ir vaizdo atpažinimo sistemos) arba įterptos į tam tikrus įrenginius (pvz., autonominius robotus sandėlių automatizavimo ar gamybos surinkimo darbams).

Apdirbamojoje pramonėje DI įrenginiams leidžiama atlikti žmonių darbus ir automatizuoti procesus, siekiant produktyvumo bei efektyvumo padidėjimo. Manoma, kad pramonės skaitmeninimo kontekste DI didžiausią įtaką gali turėti pramoninėms operacijoms (gamybai ir susijusioms funkcijoms). Tam, kad DI galėtų veikti, reikalinga mašina arba sistema, programinė įranga ir interneto ryšys (kad įrenginys būtų prijungtas prie daiktų interneto (IoT) ir turėtų prieigą prie duomenų ir kompiuterinių išteklių debesyje).

Dirbtinio intelekto šakos yra mašininis mokymasis (ML) ir gilusis mokymasis. ML leidžia numatyti prognozes, analizuojant didelio kiekio duomenis, juose ieškant

tendencijų, mokantis iš patirties ir vis labiau optimizuojant ML algoritmą. ML sistemoje pirmiausia naudojama specializuota programinė įranga, skirta duomenims konsoliduoti ir vertinti, tada nustatomos tuose duomenyse esančios charakteristikos ir ryšiai, kurie vėliau panaudojami algoritmuose ir duomenų modeliavime, išvedant apibendrinimus (Lietuvos inovacijų centras, 2020).



72 pav. Daiktų internetas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (72 pav.):

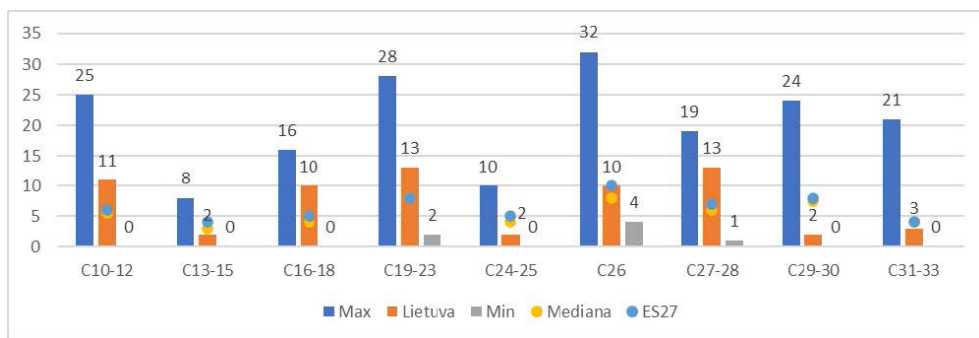
- Pagal *Dirbtinio intelekto naudojimą* Lietuvos apdirbamoji pramonė surinko 37 balus ir užima 12 vietą. Geriausią rezultatą pagal šią kategoriją turi Danija, surinkusi 90 balų, o ES rezultatas yra 33 balai.
- Lietuva ES kontekste dalijasi 5–8 vietas pagal rodiklį *Įmonės naudoja bent vieną DI sistemą*. Lietuvos rezultatas siekia 7 % ir 1 % lenkia Bendrijos vidurkį.
- 3 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių nurodo, kad jos naudoja DI technologijas savo gamybos procesuose. Šis rezultatas atitinka ES vidurkį, ir pagal jį Lietuva dalijasi 10–14 vietas su kitomis valstybėmis.

Įmonės, naudojančios DI sistemas. Analizuojamas rodiklis *Įmonės, naudojančios DI sistemas* yra skirtas išmatuoti, kiek apdirbamosios pramonės įmonių naudoja bent vieną DI sistemą (jei įmonė kuria DI kitoms įmonėms, ji nėra priskaičiuojama kaip naudotoja) (73 pav.). DI panaudojimą apima šios sritys:

- Rašytinės kalbos analizavimas (nestruktūrizuoti tekstiniai duomenys paverčiami prasminga ir tinkama informacija);
- Kalbos konvertavimas į mašinoms suprantamą formatą (kalbos atpažinimo technologijos);
- Natūralios kalbos generavimas (programos galimybė konvertuoti struktūruotus duomenis į natūralios kalbos pateikimą, pvz., pokalbių robotai angl. *chatbot*);

- Objektų identifikavimas pagal vaizdinį (pramonėje gali būti naudojama stebėti produktus, ar jie neturi pažeidimų; stebėti gamybos liniją);
- Mašininis mokymasis (tai apima kompiuterinio modelio mokymą, kad jis geriau atliktų automatizuotą užduotį, pvz., duomenų analitika);
- Robotinių procesų automatizavimas (procesų automatizavimo kryptis, kurioje robotinė programinė įranga yra apmokoma ir toliau vykdo veiksmus, kuriuos anksčiau IT sistemose atlikdavo žmonės);
- Fizinis mašinų / įrenginių judėjimas, darant autonominius sprendimus, atsižvelgus į aplinką (autonominiai robotai, savaeigės transporto priemonės, autonominiai dronai).

Įmonės, naudojančios bent vieną dirbtinio intelekto sistemą, ją ar jas gali naudoti įvairiems tikslams, pvz., rinkodarai ir pardavimams, gamybos procesams ar verslo administravimo procesų, logistikos, kibernetinio saugumo organizavimui.

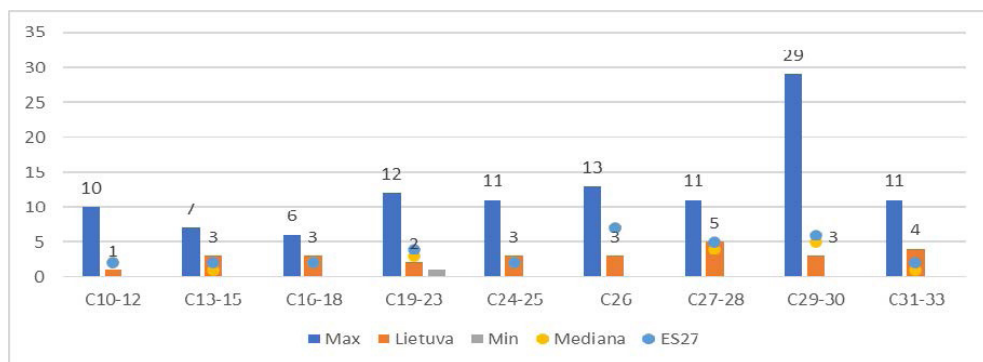


73 pav. Įmonės, kurios naudoja bent vieną DI sistemą (% nuo įmonių, 2020 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Keturi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai, daugiausiai naudojantys bent vieną DI sistemą, reikšmingai lenkia ES vidurkį:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 13 % Lietuvoje ir 7 % ES (ketvirtas geriausias rezultatas);
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 13 % Lietuvoje ir 8 % ES (penktas geriausias rezultatas);
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 11 % Lietuvoje ir 6 % ES (ketvirtas geriausias rezultatas);
 - Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18) – 10 % Lietuvoje ir 5 % ES (ketvirtas geriausias rezultatas).

- Taip pat keturi apdirbamosios pramonės sektoriai pagal analizuojamą rodiklį atsilieka nuo ES vidurkio, tačiau tik vieno sektoriaus atotrūkis yra ganėtinai didelis, t. y. Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 2 % Lietuvoje ir 8 % ES. Kiti sektoriai yra:
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 2 % Lietuvoje ir 5 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 2 % Lietuvoje ir 5 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 3 % Lietuvoje ir 4 % ES.

Įmonės, naudojantčios DI technologijas savo gamybos procesuose. DI panaudojimas gamybos procesuose gali pasireikšti įvairiomis formomis bei tikslais. Pavyzdžiui, DI gali paskatinti gamybos linijų automatizavimą, į darbo eigą integruojant industrinius robotus ir mokant juos atlikti daug darbo reikalaujančias, pavojingas užduotis, kartu padidinant produktyvumą bei išlaikant produkcijos kokybę ar saugumą. Tam gali būti naudojami autonominiai robotai, galintys atlikti surinkimo darbus; autonominiai dronai, atliekantys tikrinimo ir stebėjimo užduotis dėl kompiuterinio matymo ir mašininio mokymosi; sistemos, galinčios klasifikuoti gaminius ar rasti defektus dėl kompiuterinio matymo arba užtikrinti nuspėjamą priežiūrą, kad būtų galima įvertinti mechanizmų būklę ir (arba) užtikrinti įrangos gedimų prevenciją (74 pav.).



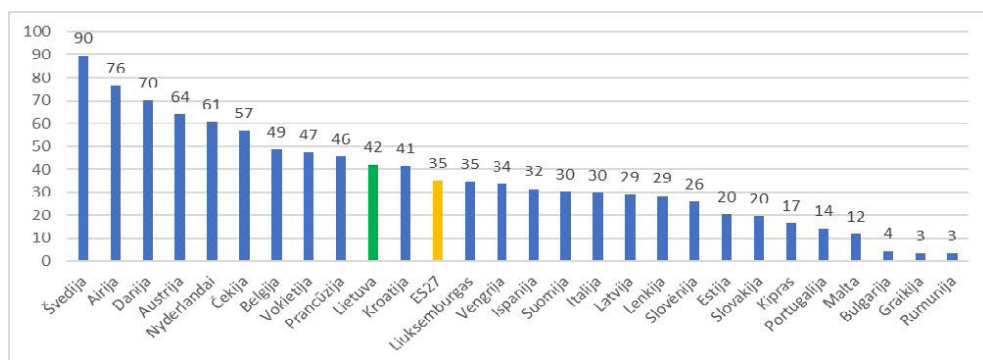
74 pav. Įmonės, kurios naudoja DI technologijas savo gamybos procesuose (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Pagal DI naudojimą gamybos procesuose, keturi sektoriai taip pat atsilieka nuo ES vidurkių, o tarp jų vėl pasikartoja Variklinių transporto priemonių, priekabų

- ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30) – 3 % Lietuvoje ir 6 % ES;
- Daugiausiai nuo ES vidurkio (7 %) pagal šią kategoriją Lietuvoje atsilieka Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26), kurio rezultatas siekia tik 3 %.
 - Nuo Bendrijos rezultatų nedideliais skirtumais atsilieka:
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 2 % Lietuvoje ir 4 % ES;
 - Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 1 % Lietuvoje ir 2 % ES.
 - Likę sektoriai Lietuvoje pasižymi geresniais rezultatais, lyginant su ES vidurkiu, tačiau pranašumas nėra didelis.

3.4.9. Elektroninė prekyba

EBPO e. prekybos sandorius apibūdina kaip prekių ar paslaugų pirkimą arba pardavimą kompiuterių tinklais, kurie sukurti užsakymų priėmimo ar pateikimo tikslais (apmokėjimas ir prekės ar paslaugos pateikimas neturi būti atliekama internetu). Elektroninės prekybos sandorį gali sudaryti įmonės, namų ūkiai, asmenys, vyriausybės ir kitos viešosios ar privačios organizacijos. E. prekyba neįtraukia užsakymų, atliktų telefonu, faksimile arba rankiniu būdu, naudojantis el. paštu (OECD, 2013).



75 pav. E. prekyba – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

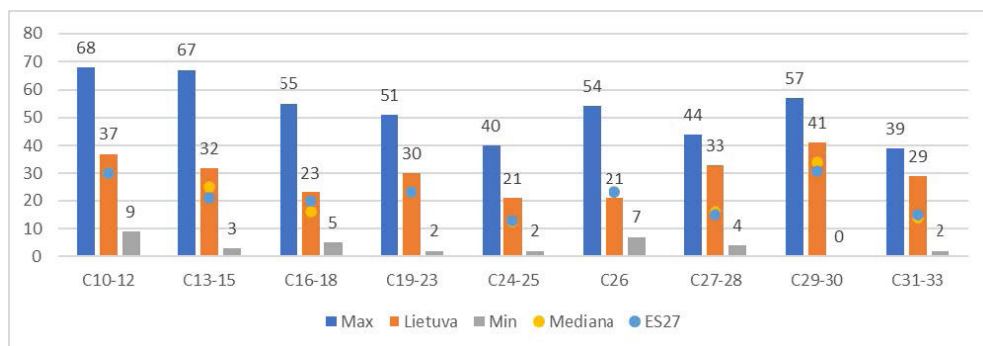
Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (75 pav.):

- E. prekybos srityje Lietuva viršija ES rezultatą (35 balai) ir užima 10 vietą, surinkusi 42 balus. Geriausią rezultatą pagal šią kategoriją yra pasiekusi Švedija, kuri surinko 90 balų.
- 29 % Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriaus įmonių teigė, kad jos turėjo e. prekybos pardavimų, o tai yra 7 geriausias rezultatas Bendrijoje. Lietuva ES vidurkį lenkia 9 proc. p. Palyginimui: 36 % pramonės įmonių teigė perkančios internetu, o pagal tai Lietuva atsilieka nuo Bendrijos rezultato, kuris siekia 41 %, o Lietuva užima 14 vietą.

Įmonės, turėjusios e. prekybos pardavimų ir įmonės, perkančios internetu.

Tradiciškai pramonės įmonės nebuvo linkusios plačiai naudoti elektroninės prekybos siūlomomis galimybėmis, tačiau pastaruoju metu situacija stipriai keičiasi. E. prekyba pramonės įmonėse nėra tik dar viena papildoma priemonė, o veikiau ir platforma, leidžianti gamybos įmonėms pakeisti tradicinius verslo modelius. Technologijų naudojimas įmonėms leidžia sukurti skaitmeniniu būdu valdomas ekosistemas, sudarytas iš tiekėjų, klientų ir įmonės vidinių darbuotojų, bei įgyvendinti visas reikiamas finansines operacijas (*Liferay Blog*, 2019).

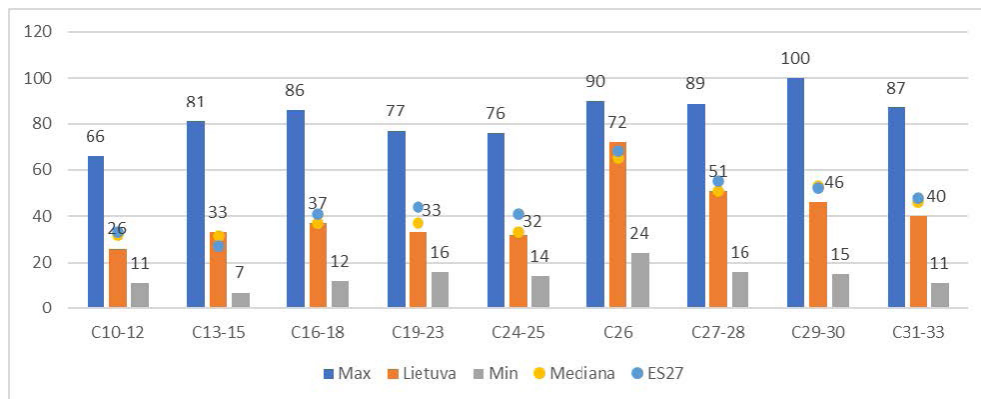
Toliau analizuojami rodikliai apima prekių ar paslaugų pardavimą (76 pav.) bei pirkimą (77 pav.), kuomet užsakymas yra atliekamas naudojantis interneto svetainėmis, programomis ar EDI (elektroninio duomenų apsikeitimo) tipo užsakymų pranešimus specialiai gauti skirtais būdais.



76 pav. Įmonės, kurios turėjo e. prekybos pardavimų (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Daugiausiai įmonių, turėjusių e. prekybos pardavimų Lietuvoje, veikia Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos (C29-30) bei Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos (C10-12) sektoriuose – atitinkamai 41 ir 37 %.

- Visgi, ES kontekste aukščiausias vietas užima kiti du sektoriai:
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 33 % Lietuvoje ir 15 % ES (trečias geriausias rezultatas);
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 29 % Lietuvoje ir 15 % ES (trečia vieta).
- Vienintelis apdirbamosios pramonės sektorius Lietuvoje, kuris atsilieka nuo ES vidurkio, yra Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 21 % Lietuvoje ir 23 % ES.



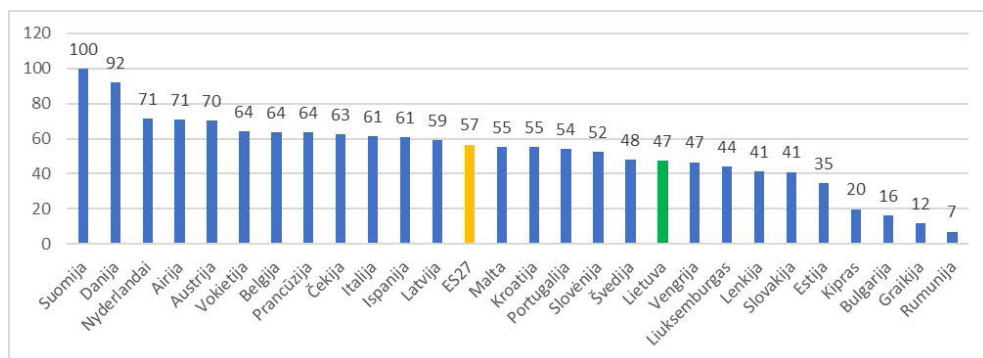
77 pav. Įmonės, kurios perka internetu (% nuo įmonių, 2018 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Lyginant su e. prekybos pardavimais, kardinaliai priešinga situacija atskiruose apdirbamosios pramonės sektoriuose yra pagal rodiklį *Įmonės, perkančios internetu*. ES vidurkį lenkia tik du apdirbamosios pramonės sektoriai:
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 72 % Lietuvoje ir 68 % ES;
 - Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) – 33 % Lietuvoje ir 27 % ES.
- Likę apdirbamosios pramonės sektoriai pasižymi prastesniais rezultatais, tarp jų išsiskiria:
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 33 % Lietuvoje ir 44 % ES;
 - Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 32 % Lietuvoje ir 41 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 40 % Lietuvoje ir 48 % ES;

- Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12) – 26 % Lietuvoje ir 33 % ES.

3.4.10. Interneto naudojimas ir saugumas

Apdirbamosios pramonės įmonės tampa vis labiau skaitmenizuotos, įmonių darbuotojams turint vis didesnę prieigą prie interneto, sujungiant vis didesnę fizinių ir skaitmeninių sistemų bei diegiant daiktų interneto, debesų kompiuterijos ir pan. sprendimus. Visa tai įmonėms gali suteikti ne tik konkurencinių pranašumų, tačiau ir sukelti grėsmes vertės grandinėms, konkrečioms įmonėms ar produktams. Dėl šios priežasties kibernetinė sauga, kuri gali būti apibrėžta kaip prie interneto prijungtų aparatinės / programinės įrangos ir duomenų sistemų apsauga nuo kibernetinių atakų, įgauna vis didesnę svarbą.

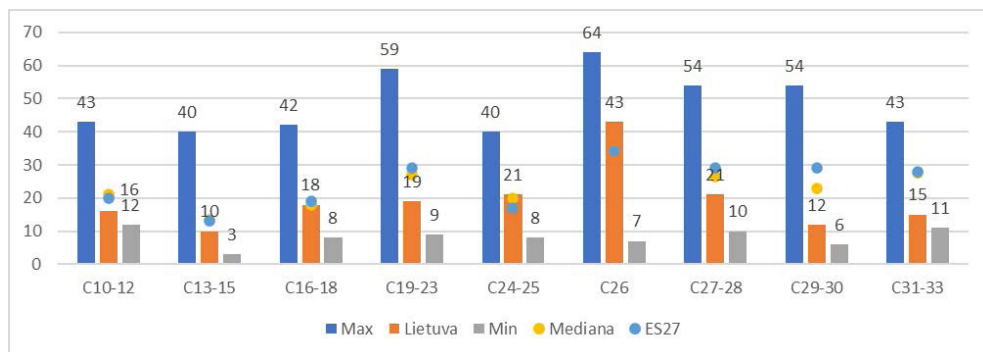


78 pav. Interneto naudojimas ir saugumas – balas PSI. Šaltinis: sudaryta autorių.

Lietuvos apdirbamosios pramonės vertinimo rezultatai (78 pav.):

- Pagal interneto naudojimo ir saugumo kategoriją Lietuva, surinkusi 47 balus, nuo Bendrijos rezultato atsilieka 10 balų. Pagal šią kategoriją Lietuva užima 18 vietą. Geriausią rezultatą pasiekė Suomija, surinkusi maksimalų balų kiekį.
- Prastą Lietuvos rezultatą lėmė ganėtinai žemi šią kategoriją apimančių rodiklių rezultatai. 17 % Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių įdarbina asmenis, kuriems verslo tikslais buvo suteiktas nešiojamasis įrenginys, leidžiantis prisijungti prie interneto mobiliojo telefono ryšio tinklais. Tai yra tik 18–20 rezultatas Bendrijoje, kurios vidurkis siekia 25 %. Vidutinišką vietą Lietuva užima ir pagal rodiklį *Įmonės, naudojančios bet kokias IRT saugumo priemones* – 93 % įmonių ir tik 15–16 vietos.

Įmonės, įdarbinančios asmenis, kuriems verslo tikslais buvo suteiktas nešiojamasis įrenginys, leidžiantis prisijungti prie interneto mobiliojo telefono ryšio tinklais. Rodiklis yra skirtas išsiaiškinti, kiek įmonių savo darbuotojams suteikia nešiojamuosius įrenginius, kurie leidžia (pagal sutartį / abonementą) naudotis mobiliuoju ryšiu su internetu. Įrenginiai gali būti: nešiojamieji kompiuteriai, planšetiniai kompiuteriai, išmanieji telefonai ir visi kiti, naudojančys mobiliųjų telefonų tinklus. Mobilusis ryšys su internetu reiškia ryšį per mobiliųjų telefonų tinklus (79 pav.).

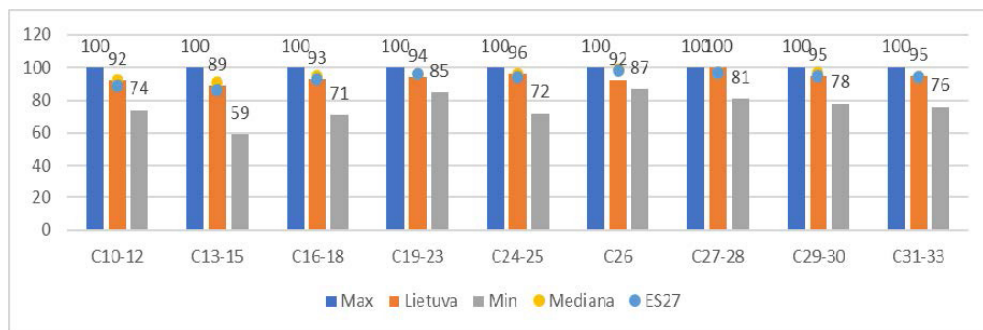


79 pav. Įmonės, kurios įdarbina asmenis, kuriems verslo tikslais buvo suteiktas nešiojamasis įrenginys, leidžiantis prisijungti prie interneto mobiliojo telefono ryšio tinklais (% nuo įmonių, 2021 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- Daugiausiai įmonių, suteikiančių savo darbuotojams nešiojamuosius įrenginius, leidžiančius prisijungti prie interneto mobiliojo telefono ryšio tinklais, veikia Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektoriuje (C26) – 43 % Lietuvoje ir 34 % ES (penktas geriausias rezultatas Bendrijoje). Bendrijos vidurkį Lietuvoje taip pat lenkia Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25) – 21 % Lietuvoje ir 17 % ES.
- Likę Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai atsilieka nuo ES rezultatų, o didžiausi skirtumai yra tarp:
 - Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos (C29-30) – 12 % Lietuvoje ir 29 % ES;
 - Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33) – 15 % Lietuvoje ir 28 % ES;
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 19 % Lietuvoje ir 29 % ES;
 - Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28) – 21 % Lietuvoje ir 29 % ES.

Įmonės, naudojantys bet kokias IRT saugumo priemones. Kartu su vis didėjančiu įmonių skaitmeninio intensyvumo lygmeniu vis didesnę svarbą įgauna įvairių IRT sistemų sauga, siekiant užtikrinti duomenų ir informacinių sistemų vientisumą, autentiškumą, prieinamumą ir konfidencialumą. Rodikliu analizuojamos priemonės apima identifikavimą (galimybė identifikuoti sistemos vartotoją ar sistemoje veikiančią programą); autentifikavimą (procesas, kai nustatoma, ar vartotojas yra tikrai tas asmuo, kas sakosi esąs); autorizacija (procesas, kuris nustato, ką autentifikuotas vartotojas gali ir ko negali daryti tinkle) (80 pav.). Nurodytiems tikslams gali būti panaudojamos šios priemonės:

- Stiprus slaptažodžio autentifikavimas (8 simboliai; didžiosios, mažosios raidės; skaičiai; specialieji simboliai);
- Programinės įrangos (įskaitant operacines sistemas) atnaujinimas;
- Naudotojo identifikavimas ir autentifikavimas naudojant įmonės įdiegtus biometrinis metodus (pvz., remiantis pirštų atspaudais, balsu, veidu);
- Duomenų, dokumentų ar el. laiškų šifravimo būdai (informacija prieinama tik autorizuojamam asmeniui);
- Duomenų atsarginė kopija atskiroje vietoje (įskaitant atsarginę kopiją debesyje);
- Prieigos prie tinklo kontrolė (įrenginių ir vartotojų prieigos prie įmonės tinklo valdymas);
- VPN;
- IRT rizikos vertinimas, t. y. periodiškai IRT saugumo incidentų tikimybės ir pasekmių įvertinimas;
- IRT saugumo testai (pvz., skverbti testų atlikimas, saugos perspėjimo sistemos testavimas, saugos priemonių peržiūra, atsarginių sistemų testavimas).



80 pav. Įmonės, kurios naudoja bet kokias IRT saugumo priemones (% nuo įmonių, 2019 m.). Šaltinis: „Eurostat“.

- 100 % Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus (C27-28) įmonių Lietuvoje nurodo, kad naudojosi bet kokiomis IRT saugumo priemonėmis. Lietuva pagal šią kategoriją dalijasi pirmą vietą su penkiomis valstybėmis.
- Pagal analizuojamą rodiklį dar keturi Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriai pasižymi geresniais rodikliais, o du sektoriai atitinka Bendrijos vidurkį.
- Nuo ES rezultato atsilieka šie sektoriai:
 - Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23) – 94 % Lietuvoje ir 96 % ES;
 - Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26) – 92 % Lietuvoje ir 98 % ES.

Interneto naudojimo ir saugumo kategorijoje pastebima, kad nors ir dauguma skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių, lyginant su ES vidurkiais, savo darbuotojams suteikia mažiau nešiojamųjų įrenginių, leidžiančių prisijungti prie interneto mobiliojo ryšio, IRT saugumo priemonių naudojimo kontekste dauguma sektorių turi geresnius nei Bendrijos vidurkis rezultatus.

Pagal abu šios kategorijos rodiklius Bendrijos rezultatus lenkia Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25). Pagal abu šios kategorijos rodiklius nuo Bendrijos rezultatų atsilieka Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23).

3.5. Skaitmeninių technologijų naudojimas apdirbamosios pramonės sektoriuose

Siekiant apibendrinti technologijų taikymo rezultatus apdirbamosios pramonės sektoriuose, buvo pritaikyta tokia pati skaičiavimo metodologija, kaip ir skaičiuojant PSI rezultatus, tačiau į skaičiavimą nebuvo įtraukta kategorija Įgalinanti aplinka ir į šią kategoriją patenkančios subkategorijos bei rodikliai. Dėl šios priežasties skaičiavimuose buvo atsisakyta skirtingų kategorijų svorių, t. y. *Įgalinanti aplinka* (40 balų) bei *Technologijų naudojimas* (60 balų) ir vietoje to skaičiavimas buvo atliktas 100 balų skalėje.

Atkreiptinas dėmesys į tai, kad analizuojant skirtingų valstybių duomenis, dalis jų yra neprieinami, dėl to sunku pilnavertiškai įvertinti jų rezultatus. Siekiant

išvengti pernelyg iškraipyto palyginimo tarp skirtingų šalių, į skaičiavimą buvo neįtrauktos tos valstybės ir jų rezultatai konkrečiose pramonės srityse, kurioms trūko 4 ir daugiau atskirų rodiklių. Dažniausiai naujausių duomenų trūko tokioms šalims kaip Belgija, Vokietija, Austrija, Suomija, Ispanija, Liuksemburgas. Atsižvelgiant į tai, kad dauguma šių valstybių bendrame PSI lenkė Lietuvos rezultatą *Technologijų taikymo* srityje, vertinant atskirų Lietuvos pramonės sričių rezultatus nereikėtų stebėtis ganėtinai aukštomis Lietuvos pozicijomis, kurios esant geresniam duomenų prieinamumui, tikėtina, būtų reikšmingai žemesnės.

Šiame kontekste vertinant Lietuvos pozicijas pagal tam tikras technologines sritis, taip pat verta atkreipti dėmesį į duomenų trūkumo problemą, kuri neleidžia objektyviai įvertinti Lietuvos rezultatų Bendrijos kontekste. Pvz., tam tikros valstybės 3D spausdintuvų naudojimo kategorijoje gali atsilikti nuo Lietuvos rezultatų, tačiau tai gali lemti situacija, kai iš 5 skirtingų šių kategoriją sudarančių rodiklių bent 1-as rodiklis yra neprieinamas, kas ir nulemia blogesnę šalies rezultatą. Dėl šios priežasties taip pat rekomenduojama Lietuvos rezultatus vertinti su tam tikru atsargumu.

Visgi, būtina pabrėžti, kad „Eurostat“, nepriklausomai nuo to, ar pagal tam tikrus konkrečius rodiklius pateikia visų šalių duomenis, ar ne, vis tiek pateikia bendrą ES vidurkį, kurį sudaro visų šalių rezultatai (nepriklausomai nuo to, ar jie pateikiami duomenų bazėje). Dėl šios priežasties Lietuvos rezultatą visais atvejais galima objektyviai palyginti su Bendrijos vidurkiu ir taip įvertinti šalies padėtį tarptautiniame kontekste.

25 lentelė. Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių palyginimas su ES: % įmonių, kurios naudoja specifines technologijas (žalia – rezultatas didesnis; geltona – rezultatas lygus; raudona – rezultatas mažesnis).

Kategorija	Rodiklis		Sektoriai									
			C	C10-12	C13-15	C16-18	C19-23	C24-25	C26	C27-28	C29-30	C31-33
Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje	Ryšių su klientais valdymo sistemų, tokių kaip CRM, naudojimas	LT	36	39	32	31	47	32	63	49	42	29
		ES	34	26	23	34	40	32	55	47	36	34
	Įmonės išteklių planavimo (ERP) įrangos paketų, skirtų dalytis informacija tarp skirtingų verslo funkcinių sričių, naudojimas	LT	47	50	43	39	58	49	70	70	65	38
		ES	49	36	34	43	59	51	73	65	64	41

Kategorija	Rodiklis		Sektoriai									
			C	C10-12	C13-15	C16-18	C19-23	C24-25	C26	C27-28	C29-30	C31-33
Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas	Įmonės, siunčiančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui	LT	25	32	19	25	36	20	17	24	23	19
		ES	38	35	43	34	40	38	36	42	44	35
	Įmonės, gaunančios elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui	LT	33	46	27	31	28	25	28	46	30	36
		ES	28	28	24	27	30	29	26	28	31	29
	Įmonės, kurių verslo procesai yra automatiškai susieti su jų tiekėjais ir / ar vartotojais	LT	27	32	30	25	29	17	24	24	30	27
		ES	18	16	14	17	21	18	27	19	35	15
	Debesų kompiuterija	Įmonės, perkančios visas šešias debesų kompiuterijos programinės įrangos paslaugas	LT	2	1	2	3	4	1	3	2	1
			ES	3	2	2	3	3	3	5	4	3
		Įmonės, perkančios visas tris debesų kompiuterijos infrastruktūros paslaugas	LT	7	7	6	5	12	8	17	9	16
			ES	5	4	4	4	6	4	10	7	7
		Įmonės, perkančios debesų kompiuterijos platformos paslaugas	LT	6	3	4	5	9	6	17	7	10
			ES	5	4	3	5	7	4	16	9	8
Didieji duomenys	Įmonės analizuoja didžiuosius duomenis iš išmaniųjų įrenginių ar jutiklių	LT	3	3	4	2	6	2	7	3	5	1
		ES	4	3	2	3	5	3	9	5	7	3
	Analizuoja didžiuosius duomenis įmonės viduje naudojant bet kurį analizės metodą	LT	6	8	6	6	9	2	8	7	11	5
		ES	5	4	3	5	7	5	11	7	9	4
	3D spausdinimas	Įmonės naudoja nuosavus 3D spausdintuvus	LT	6	1	1	1	3	2	27	11	9
			ES	5	1	2	2	8	7	28	15	17
3D spausdinimas	Naudoja 3D spausdinimą parduodamoms prekėms, išskyrus prototipus ar modelius	LT	2	0	1	0	1	2	15	7	5	4
		ES	3	0	1	1	2	3	11	6	4	5

Kategorija	Rodiklis		Sektorius									
			C	C10-12	C13-15	C16-18	C19-23	C24-25	C26	C27-28	C29-30	C31-33
3D spausdinimas	Įmonės naudoja 3D spausdintuvus parduo-damiems prototipams ar modeliams	LT	2	0	1	1	2	2	20	7	3	4
		ES	5	0	1	2	6	5	19	9	8	8
	Naudoja 3D spausdinimą prototipams ar mode-liams vidiniam naudoji-mui	LT	4	1	1	3	2	2	42	12	11	3
		ES	9	1	2	3	9	8	33	19	21	11
	Įmonės naudoja 3D spausdinimą produk-tams, kurie bus naudo-jami įmonės gamybos procese, išskyrus prototi-pams ar modeliams	LT	4	2	1	3	3	4	28	8	5	5
		ES	5	1	1	3	5	6	21	9	13	7
Robotika	Industriinių robotų nau-dojimas	LT	10	7	9	4	7	17	30	19	16	10
		ES	17	9	7	12	20	26	18	24	34	13
	Paslaugų robotų naudo-jimas	LT	3	2	3	4	6	1	10	7	5	1
		ES	4	5	3	3	6	4	6	5	7	3
Daiktų internetas	Įmonės naudoja sen-sorius ar RFID žymas stebėti ar automatizuoti produkcijos procesus, valdyti logistiką, stebėti produkcijos judėjimą	LT	13	18	6	9	20	13	17	11	14	11
		ES	12	12	7	10	17	12	12	13	13	10
	Naudoja išmanius skaiti-klius, lempas, termosta-tus, siekiant optimizuoti energijos suvartojimą įmonės patalpose	LT	11	14	8	11	14	11	17	23	6	7
		ES	10	11	5	10	14	9	13	14	14	7

Kategorija	Rodiklis		Sektoriai									
			C	C10-12	C13-15	C16-18	C19-23	C24-25	C26	C27-28	C29-30	C31-33
Daiktų internetas	Naudoja jutiklius, RFID ar IP žymas arba internetu valdomas kameras, kad pagerintų klientų aptarnavimą, stebėtų klientų veiklą arba pasiūlytų jiems individualizuotą patirtį	LT	3	4	2	3	4	4	5	6	4	1
		ES	3	4	2	2	2	2	7	6	4	3
	Naudoja judėjimo arba priežiūros jutiklius, kad stebėtų transporto priemonių ar gaminių judėjimą	LT	7	10	2	6	11	7	6	6	12	6
		ES	8	8	5	9	10	7	9	12	11	7
	Įmonės naudoja bent vieną DI sistemą	LT	7	11	2	10	13	2	10	13	2	3
		ES	6	6	4	5	8	5	10	7	8	4
Dirbtinis intelektas	Įmonės naudoja DI technologijas savo gamybos procesuose	LT	3	1	3	3	2	3	3	5	3	4
		ES	3	2	2	2	4	2	7	5	6	2
	Įmonės, turėjusios e. prekybos pardavimų	LT	29	37	32	23	30	21	21	33	41	29
		ES	20	30	21	20	23	13	23	15	31	15
E. prekyba	Įmonės, perkančios internetu	LT	36	26	33	37	33	32	72	51	46	40
		ES	41	33	27	41	44	41	68	55	52	48
	Įdarbinti asmenys, kuriems verslo tikslais buvo suteiktas nešiojamasis įrenginys, leidžiantis prisijungti prie interneto mobiliojo telefono ryšio tinklais	LT	17	16	10	18	19	21	43	21	12	15
		ES	25	20	13	19	29	17	34	29	29	28
Interneto naudojimas ir saugumas	Įmonės, naudojančios bet kokias IRT saugumo priemones	LT	93	92	89	93	94	96	92	100	95	95
		ES	93	89	86	93	96	94	98	97	95	94

Šaltinis: „Eurostat“.

26 lentelė. Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių palyginimas su ES: rodiklių kiekis, pagal kuriuos šalies pramonė lenkia, atitinka ar atsilieka, lyginant Bendrijos vidurkį.

	C	C10-12	C13-15	C16-18	C19-23	C24-25	C26	C27-28	C29-30	C31-33
Daugiau	11	13	14	10	12	9	14	11	9	8
Mažiau	13	8	6	12	13	16	12	13	16	17
Lygu	3	6	7	5	2	2	1	3	2	2

Šaltinis: „Eurostat“.

3.5.1. Maisto, gėrimų ir tabako sektorius (C10-12)

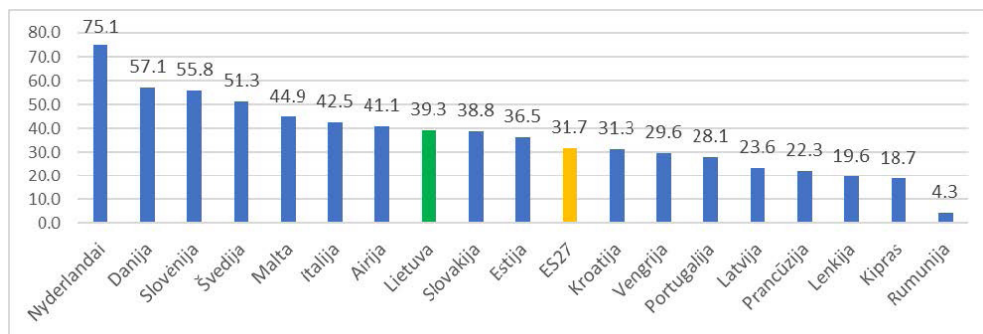
Maisto, gėrimų ir tabako sektorius (C10-12) yra viena didžiausių apdirbamosios pramonės sektorių Lietuvoje. 2020 m. šalyje jį sudarė 1 027 įmonės (12 % apdirbamosios pramonės įmonių), o mažiau nei pusė, t. y. 418 įmonių įdarbino 10 ir daugiau darbuotojų. Visgi, absoliuti dauguma, t. y. net 939 šio sektoriaus įmonių veikia maisto produktų gamybos srityje (388 įmonės turi 10 ir daugiau darbuotojų). 2020 m. visos šio sektoriaus įmonės šalyje įdarbino apie 39,5 tūkst. darbuotojų, o tai sudaro apie 19 proc. visų pramonėje dirbančių asmenų. Verta atkreipti dėmesį ir į tai, kad sektoriaus gamybos apimtys pastaruosius keletą metų pastoviai auga, o 2021 m. jos sudarė 3,66 mlrd. eurų (18,1 % pramonės gamybos apimčių, neįskaičiuojant Kokso ir rafinuotų naftos produktų gamybos). Didelės gamybos apimtys nulėmė tai, kad 2020 m. sektorius sudarė 3,9 % Lietuvos BVP. Visgi, nepaisant sektoriaus dydžio ir svarbos Lietuvoje, įmonių produktyvumas beveik dvigubai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:

- maisto pramonės produktyvumas siekia 21,1 tūkst. eurų (ES apie 42,7 tūkst. eurų);
- gėrimų pramonės produktyvumas siekia 41,3 tūkst. eurų (ES apie 83,4 tūkst. eurų).

Tarptautinėje konkurencinėje erdvėje veikiančios Lietuvos maisto, gėrimų ir tabako sektoriaus įmonės privalo atliepti sektorių veikiančius pokyčius. Pirmiausiai, sektoriuje vis labiau įsigali išmanusis maisto apdorojimas ir su tuo susijusios tendencijos, kurios daugiausiai yra įgalinamos diegiant pažangias gamybos technologijas, IoT, sensorius, robotikos sprendimus ir kitas technologijas, kurios padeda pakeisti maisto apdirbimo procesus. Įvairių technologijų taikymo sritys apima visą šios srities pramonę nuo mėsos ir žuvies iki pieno produktų ar gėrimų, o technologijos

gali būti pritaikomos, siekiant efektyviau valdyti resursus, automatizuoti gamybos procesą naudojant robotus (pvz., įmonės naudoja robotines rankas, kurios padeda pjaustyti mėsą), pritaikyti išmanųjį pakavimą.

Technologinė plėtra bei besikeičiantys vartotojų poreikiai taip pat lemia ir tai, kad šiame sektoriuje vis labiau auga saugos ir kokybės reikalavimai. Technologijų naudojimas gali užtikrinti maisto ar gėrimų gamybos proceso stebėseną, siekiant identifikuoti nepageidaujamus produkto požymius ar valant bei dezinfekuojant įrenginius. Įvairių sensorių naudojimas šiuose procesuose yra ypač aktualus, pavyzdžiui, stebint tam tikrų maisto produktų temperatūrą (pvz., užšaldyti maisto produktai, kuriems yra būtina palaikyti tam tikrą temperatūros lygį). Be to, technologijos padeda tvarkytis su ribotais ištekliais ir prisideda prie maisto švaistymo bei nuostolių mažinimo. Maisto saugos kontekste technologijos padeda pasiekti tokius tikslus kaip: veiksmingos ir atsparios gamybos ir platinimo užtikrinimas, atliekų mažinimas ir saugių bei reikalavimus atitinkančių produktų pristatymas. Efektyvus logistikos procesų sutvarkymas maisto bei gėrimų pramonėje kartu su pokyčiais rinkoje taip pat tampa vis svarbesniu aspektu (*European Commission, 2020*).



81 pav. Maisto, gėrimų ir tabako sektorius (C10-12): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Skaitmeninių technologijų taikymo srityje Lietuvos maisto, gėrimų ir tabako sektorius lenkia ES rezultatą. Pagal prieinamus duomenis Lietuva rikiuojasi Bendrijos viduryje, surinkusi 39,3 balo. Geriausią sektoriaus rezultatą Europoje turi Nyderlandai, kurie stipriai pirmauja, lyginant su kitomis šalimis.
- Lietuvos maisto, gėrimų ir tabako sektoriaus įmonės Bendrijos rezultatus lenkia pagal 13 skirtingų rodiklių; pagal 8 rodiklius atsilieka; pagal 6 rodiklius rezultatas yra lygus.
- Pagal prieinamus duomenis Europos kontekste Lietuvos maisto, gėrimų ir tabako sektorius geriausius rezultatus turi pagal dvi technologines sritis:

- Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje – 1 vieta;
 - Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas – 2 vieta.
- Robotikos, elektroninės prekybos ir interneto naudojimo bei saugumo srityse Lietuva atsilieka nuo Bendrijos vidurkių, tuo tarpu likusiose technologijų naudojimo srityse Lietuvos maisto, gėrimų ir tabako sektorius lenkia Bendrijos rezultatus.
 - Prastas sektoriaus rezultatas yra pasiektas robotikos srityje – pagal prieinamus duomenis sektorius užima tik 15 vietą.
 - Prasčiausias rezultatas sektoriuje buvo pasiektas pagal kategoriją *Interneto naudojimas ir saugumas* – 17 vieta.

3.5.2. Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15)

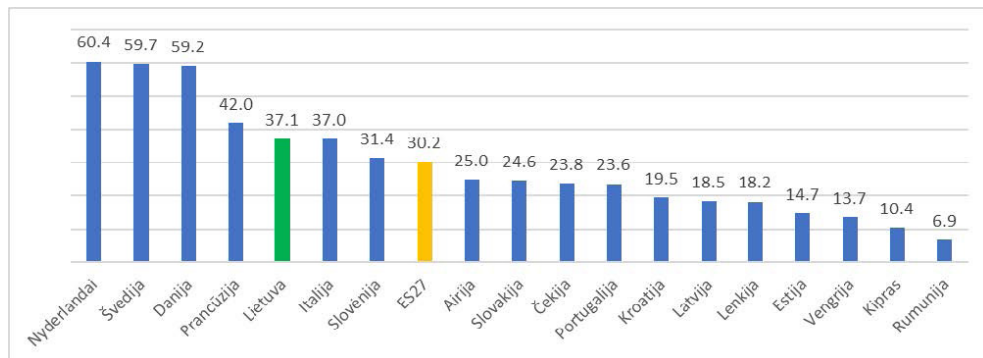
Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15) Lietuvoje pagal įmonių kiekį taip pat yra vienas iš didžiausių. Sektorių šalyje 2020 m. sudarė 1 040 įmonių (12 % pramonės įmonių), o 343 iš jų įdarbino 10 ir daugiau darbuotojų. Drabužių siuvimo (gamybos) sektorius yra didžiausia šio sektoriaus subkategorija – 702 įmonės (226 įmonės įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų). Nors sektorius įmonių kiekiu yra labai panašus į maisto, gėrimų ir tabako sektorių, darbuotojų skaičius jame yra kur kas mažesnis. 2020 m. duomenimis sektoriuje dirbo 22,9 tūkst. darbuotojų (11 % pramonės darbuotojų). Analizuojant gamybos apimtis, pastebima, kad sektorius, nepaisant didelio įmonių skaičiaus, nepasižymi didelėmis gamybos apimtimis. Skirtingai nei maisto, gėrimų ir tabako sektorius, analizuojamo sektoriaus gamybos apimtys COVID-19 pandemijos metu smuko, tačiau jau 2021 m. atsigavo ir pasiekė 0,99 mlrd. eurų (4,9 % pramonės gamybos apimčių, neįskaičiuojant Kokso ir rafinuotų naftos produktų gamybos). Visa tai lemia, kad sektoriaus indėlis į Lietuvos BVP 2020 m. siekė 1,2 %. Analizuojant Lietuvos tekstilės, drabužių ir odos sektoriaus įmonių produktyvumą Bendrijos kontekste 2019 m., yra pastebimas didelis atsilikimas, kuris siekia apie 2–4 kartus:

- Tekstilės pramonės produktyvumas siekia 16,5 tūkst. eurų (39,9 tūkst. ES eurų);
- Drabužių siuvimo (gamybos) pramonės produktyvumas siekia 10,7 tūkst. eurų (24,7 tūkst. ES eurų);
- Odos ir odos dirbinių gamybos pramonės produktyvumas siekia 8,4 tūkst. eurų (37,8 tūkst. eurų ES).

Aptariamas sektorius pastaruosius metus Europoje augo dėl intensyvėjančios skaitmeninės transformacijos procesų, kurie buvo skatinami augančios vartotojų

personalizuotų produktų paklausa; daiktų interneto programomis grįstų tekstilės gamybos įrenginių prijungimo galimybių augimo; didesnio gamybos bei logistikos procesų automatizavimo. Įvairios technologinės inovacijos ir nauji verslo modeliai sektoriaus verslams atveria naujas verslo plėtros galimybes. Be to, įvairios medžiagų inovacijos taip pat yra vis plačiau taikomos analizuojamoje pramonėje, siekiant pagerinti produkcijos savybes, tokias kaip audinio minkštumas, ilgaamžiškumas ir laidumas orui, atsparumas vandeniui, atsparumas ugniai, antimikrobinės savybės ir pan. Visa tai įgalina gamintojus savo kuriamiems produktams suteikti naujų ar išskirtinių savybių. Visgi, inovatyvių produktų gamyba yra įgalinama įvairių technologinių sprendimų:

- IoT integracija į produktus atveria galimybę kurti e. tekstilės gaminius, skirtus kūno funkcijoms stebėti, taip pat įgalinti komunikaciją, duomenų perdavimą, aplinkos stebėseną ir daugelį kitų pritaikymo sričių. IoT naudojimas sektoriuje taip pat suteikia potencialą dar labiau automatizuoti gamybos procesus, nuspėjamo galimybes gamyboje bei įrangos priežiūros srityje. IoT taip pat atveria galimybes sektoriaus įmonėms pritaikyti naujus verslo modelius.
- 3D spausdinimo technologija suteikia analizuojamai pramonei galimybę eksperimentuoti su naujoviškomis medžiagomis ir jų deriniais. Ši technologija taip pat gali tapti svarbiu tvarios tekstilės gamybos plėtros pagrindu. 3D spausdintuvai gali efektyviau panaudoti perdirbamas medžiagas gamybos etape, o tai padeda pasiekti beatliekės gamybos tikslų.
- DI kontekste sektoriaus įmonės taiko kompiuterinio matymo technologiją audinių modelių atpažinimui ir audinių spalvų derinimui. DI taip pat sumažina laiką, reikalingą audinio kokybei patikrinti ir taupo lėšas. Visgi, technologijai plėtojantis, ateityje yra numatoma ir kur kas daugiau technologijos pritaikymo galimybių sektoriuje, pvz., DI pritaikymas stebėti analizuojamo produkto defektus ar išmatuoti audinio susiraukšlėjimo lygį; mašininis mokymasis, skirtas optimizuoti atsargas ir tiekimo grandinės valdymą; DI algoritmai identifikuoti gamybos proceso spragas ir jas patobulinti.
- Papildyta ar virtualioji realybė gali būti naudojama pačiame gamybos procese ar siekiant atlikti įrenginių techninę priežiūrą, įrenginių nesustabdant ir neišardant. Technologija taip pat gali padėti optimizuoti medžiagų sunaudojimą ir sumažinti atliekų kiekį naudojant skaitmeninius, o ne fizinius produktų pavyzdžius / prototipus (*European Commission, 2021*).



82 pav. Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Pagal prieinamus duomenis Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius lenkia ES rezultatą. Lietuvos sektorius surinko 37,1 balo ir beveik 7 balais lenkia Bendrijos rezultatą. Geriausius rezultatus šioje apdirbamosios pramonės kategorijoje pasiekė Nyderlandai, Švedija ir Danija, surinkę tarp 59 ir 60 balų.
- Lietuvos tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius Bendrijos vidurkius lenkia pagal 14 skirtingų rodiklių; pagal 6 rodiklius sektorius atsilieka; pagal 7 rezultatas yra lygus.
- Pagal prieinamus duomenis geriausius rezultatus Bendrijos kontekste analizuojamas sektorius turi šiose srityse:
 - Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas – 3 vieta;
 - Didžiųjų duomenų analizavimas – 5 vieta.
- Analizuojant pagal technologines kategorijas, Lietuva nuo Bendrijos rezultatų atsilieka trijose srityse:
 - 3D spausdinimas;
 - Daiktų internetas;
 - Dirbtinis intelektas.
- Santykinai prasčiausia padėtis pagal prieinamus duomenis Bendrijos kontekste yra pagal 3D spausdinimo naudojimą įmonėse – Lietuva užima 13 vietą; elektroninę prekybą – 11 vietą.

3.5.3. Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18)

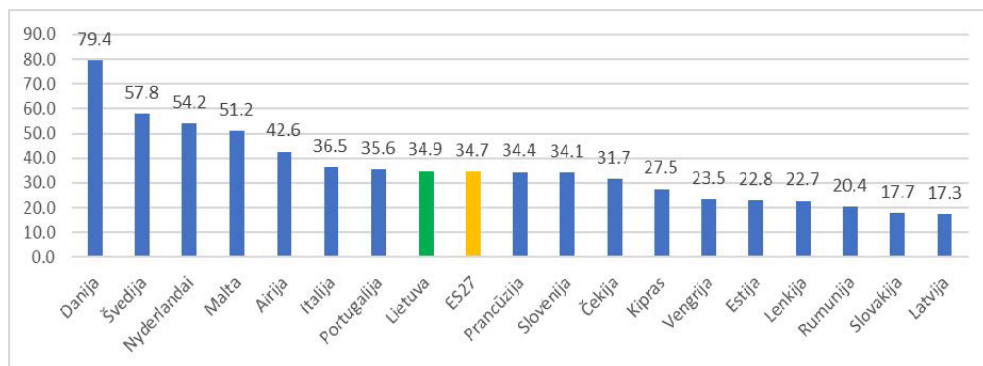
Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorių (C16-18) Lietuvoje sudaro 1 647 įmonės (19 % pramonės įmonių), iš kurių 727 yra mažos, vidutinės ir didelės įmonės. Didžiausia aptariamo sektoriaus subkategorija yra Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos; gaminių iš šiaudų ir pynimo medžiagų gamybos sektorius – 1 201 įmonė (386 turi 10 ir daugiau darbuotojų). Sektoriaus įmonės 2020 m. įdarbino 27,6 tūkst. darbuotojų, o darbuotojų generuojamos gamybos apimtys 2021 m. pasiekė 2,44 mlrd. eurų. (12 % pramonės gamybos apimčių). 2020 m. sektoriaus indėlis į Lietuvos BVP siekė 2,3 %. Visgi, analizuojant sektorių darbo produktyvumo atžvilgiu, Lietuvoje jis stipriai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:

- Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos; gaminių iš šiaudų ir pynimo medžiagų gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 16,7 tūkst. eurų (39,3 tūkst. eurų ES);
- Popieriaus ir popieriaus gaminių gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 34,1 tūkst. eurų (76,2 tūkst. eurų ES);
- Spausdinimo ir įrašytų laikmenų tiražavimo sektoriaus produktyvumas siekia 23,4 tūkst. eurų (41,4 tūkst. eurų ES).

Medienos ir medinių produktų gamybos pramonė kartu su skaitmeninių technologijų iškilimu vis didesnę dėmesį skiria individualizuotos produkcijos gamybai, teikiant įvairių dizainų produkciją. Technologinės naujosios gamybos technologijos, kartu gerinant produkcijos kokybę. Medienos gaminių pramonėje didelės pritaikomumo galimybės turi įvairių sensorių ir dirbtinio intelekto panaudojimas bei mašininis mokymasis. Mediena yra apdirbama naudojant įvairiausias procesus, tokius kaip pjaustymas, frezavimas, formavimas, lupimas, presavimas, džiovinimas, kljavimas ar dažymas, todėl yra ypač svarbu stebėti įvairias apdirbamų medžiagų savybes (drėgnumas, tankis ar pan.), siekiant kuo geresnės produkcijos kokybės ar siekiant išvengti galimų defektų.

Popieriaus apdirbimo ir gamybos sektorius taip pat naudoja skaitmeninio teikiamomis galimybėmis. Šiame sektoriuje pastaraisiais metais ypač sumažėjo standartinio popieriaus, naudojamo spausdinimui, paklausa dėl augančių internetinės prekybos ir vartojimo internetu apimčių, tačiau išaugo popieriaus ir kartono, kuris naudojamas elektroniniams užsakymams įgyvendinti, paklausa. Pritaikydami skaitmeninius sprendimus verslai, veikiantys šiame sektoriuje, tampa efektyvesni ir labiau prisitaikantys prie kliento poreikių bei gali pasiūlyti individualizuotus

sprendimus, tuo pačiu išlaikydami gamybos efektyvumą. Naudojant sensorius, popieriaus apdirbimo ir gamybos įmonės gali tikrinti gamybai naudojamus įrenginius, tiek siekiant išvengti jų gedimo, ko rezultatas būtų gamybos prastovos, tiek ir siekiant įvertinti įrangos veikimo nuokrypius, užtikrinant optimalią gaminių kokybę. Sensoriai ir duomenų analizė taip pat padeda įmonėms geriau valdyti gamybai reikalingas medžiagas ar efektyviau įgyvendinti užsakymus (*Advanced Technology Services*, 2022).



83 pav. Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Pagal skaitmeninių technologijų naudojimą Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius praktiškai atitinka ES vidurkį. Bendrijoje pirmauja Danija.
- Analizuojamas sektorius pagal 10 skirtingų rodiklių lenkia Bendrijos vidurkį; pagal 12 yra atsiliekama; pagal 5 rezultatas yra lygus.
- Geriausius rezultatus Lietuva pasiekusi pagal šias technologines kategorijas:
 - Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas – 3 vieta;
 - Dirbtinis intelektas – 5 vieta.
- Analizuojamas sektorius net pagal 6 technologines sritis atsilieka nuo Bendrijos vidurkių, t. y. Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje; Didieji duomenys; 3D spausdinimas; Robotika; Daiktų internetas; Interneto naudojimas ir saugumas.
- Žemiausi Lietuvos rezultatai pagal prieinamus duomenis yra pasiekti šiose technologinėse kategorijose:
 - Robotika – 15 vieta;
 - Didieji duomenys – 14 vieta.

3.5.4. Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19–23)

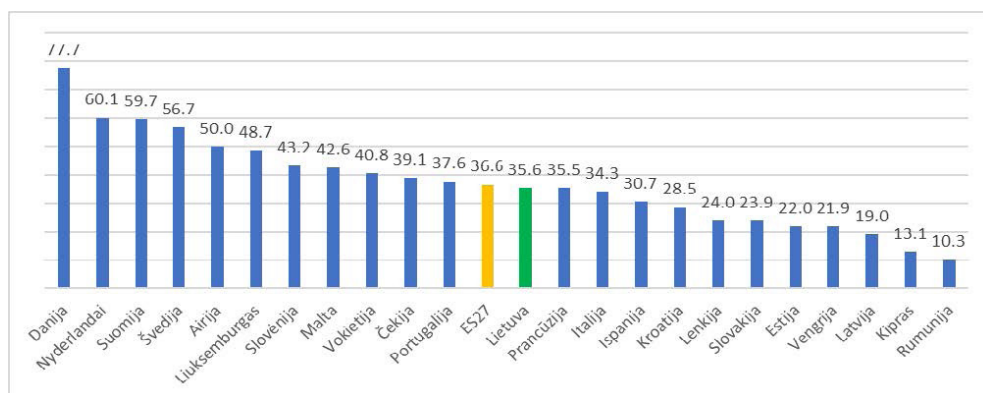
Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius yra išskirtinai platus ir apima ganėtinai skirtingas sritis bei veiklas, tačiau EK naudojamoje klasifikacijoje jis yra bendras. Sujungtame sektoriuje Lietuvoje 2020 m. veikė 928 įmonės (326 įdarbino 10 ir daugiau darbuotojų), tačiau didžioji dauguma jų atstovavo dviem sektoriams, t. y. Guminių ir plastikinių gaminių gamybos (341 įmonės, iš kurių 152 turi 10 ir daugiau darbuotojų) ir Kitų nemetalo mineralinių produktų gamybos (430 įmonių, iš kurių tik 112 įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų). Sektorius bendrai Lietuvoje įdarbina apie 23,9 tūkst. darbuotojų (nėra duomenų, kiek įdarbina Kokso ir rafinuotų naftos produktų gamybos ir Pagrindinių vaistų pramonės gaminių ir farmacinių preparatų gamybos sektoriai). Tai sudaro apie 11 proc. pramonės darbuotojų. Pagal gamybos apimtis analizuojamas sektorius pagamina pramonės produkcijos, kurios vertė siekia apie 5,36 mlrd. eurų (27 proc. pramonės gamybos apimčių), tačiau net 3,3 mlrd. eurų (61 %) generuoja vien tik Chemikalų ir chemijos produktų gamybos sektorius. Visas Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius Lietuvoje generuoja apie 4,8 % šalies BVP, tačiau dėl didelių gamybos apimčių vien tik Chemikalų ir chemijos produktų gamybos sektorius sukuria apie 2,5 % BVP. Visgi, pagal prieinamus duomenis daugumos šio sektoriaus įmonių produktyvumas atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:

- Chemikalų ir chemijos produktų gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 95,6 tūkst. eurų (apie 90,8 tūkst. eurų ES);
- Guminių ir plastikinių gaminių gamybos sektoriaus produktyvumas siekia apie 29,6 tūkst. eurų (52,9 tūkst. eurų ES);
- Kitų nemetalo mineralinių produktų gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 23,8 tūkst. eurų (60,6 tūkst. eurų ES).

Analizuojant, kaip ateityje turėtų keistis šis platus sektorius, būtina išskirti atskiras kategorijas. Pavyzdžiui, chemijos sektoriuje, kaip ir kitose apdirbamosios pramonės srityse, skaitmeninimas turi prisidėti prie gamybos veiklų ir verslo procesų valdymo efektyvumo didinimo. Visgi, sektoriuje vis didesnis dėmesys bus skiriamas tvarumo temai. Chemijos pramonė yra stipriai priklausoma nuo iškastinių išteklių bei naudoja daug įvairių pavojingų medžiagų, kurių kainos nėra pastovios. Taip pat dauguma chemijos pramonės įmonių susiduria su didelėmis energijos sąnaudomis, dėl ko joms vis svarbiau kiek įmanoma labiau sumažinti atliekų kieki (kuo procesai

efektyvesni, tuo mažesnės energijos sąnaudos ir tuo mažiau žaliavų yra iššvaistoma). Atsižvelgiant į tai, įmonės vis labiau pritaiko skaitmenines technologijas, tokias kaip DI ar IoT bei sprendimus, tokius kaip skaitmeniniai dvyniai ar numatoma priežiūra, siekdamos mažinti išteklių naudojimo apimtį bei taršą. Technologijų naudojimas taip pat kuria vis didesnę paklausą žiedinės ekonomikos pritaikymui šiame sektoriuje. Galiausiai, gamybos proceso skaitmeninimas leidžia stebėti gamybos procesą bei produkciją, o tai yra labai aktualu, siekiant atitikti įvairius saugos, taršos bei kitų sričių reikalavimus ir standartus (Peleg, 2021).

Su chemijos pramone stipriai susiję gumos bei plastikų gamybos sektoriai taip pat yra formuojami įvairių pokyčių. Iš vienos pusės, sektorius yra stipriai keičiamas veiksmų, susijusių su medžiagomis, pvz., ekologiškais bioplastikais, plastikais, kuriuose yra įterpti radijo dažnio įrenginiai perduoti informacijai, ar plastikais, kurie yra derinami su nanotechnologijomis, siekiant jiems suteikti išskirtinių savybių (pvz., atsparumas šilumai, įlenkimams, įbrėžimams ir pan.). Iš kitos pusės, įmonėse yra pritaikoma vis daugiau technologinių sprendimų. Adityvioji gamyba yra vis plačiau taikoma, gaminant sudėtingus komponentus ar individualizuotas prekes. Tokio tipo gamyba, atsižvelgiant į pokyčius medžiagų srityje, taip pat vis labiau pritaikoma, kuriant naujus modelius ar prototipus. Galiausiai, technologijos taip pat tarnauja siekiant sumažinti prastovs, stebėti įrenginius ir numatyti galimus gedimus. Pavyzdžiui, daugumoje termoplastinių procesų polimerai yra išlydomi, o vėliau, naudojant įvairius procesus, suformuojami į reikiamas formas, taigi, jei mašinos netikėtai sustoja, įmonėms tai reiškia didelius nuostolius (Mondliwa et al., 2020).



84 pav. Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Lietuvos Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius turi šiek tiek prastesnius rezultatus skaitmeninių technologijų naudojimo kontekste, lyginant su ES. Geriausių rezultatų analizuojamame apdirbamosios pramonės sektoriuje pasiekė Danija.
- Pagal 12 atskirų technologijų naudojimo rodiklių analizuojamas sektorius Lietuvoje Bendrijos rezultatą lenkia; pagal 13 rodiklių – atsilieka; pagal 5 rodiklius rezultatas yra lygus.
- Geriausius rezultatus Lietuva turi pagal technologines kategorijas Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas (3 vieta) bei Debesų kompiuterija (5 vieta).
- Pagal 4 atskirtas technologines kategorijas Lietuva atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:
 - 3D spausdinimas;
 - Robotika;
 - Elektroninė prekyba;
 - Interneto naudojimas ir saugumas.
- Ypač prastus rezultatus šiame sektoriuje įmonės turi pagal 3D spausdinimo ir Robotikos technologijų naudojimą. Lietuva pagal prieinamus duomenis užima atitinkamai tik 23 ir 22 vietas.

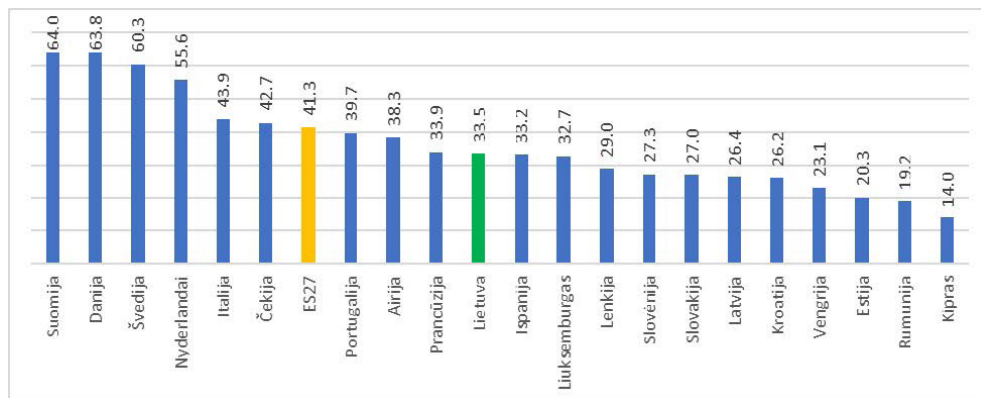
3.5.5. Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24–25)

Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24–25) Lietuvoje apima 1 023 įmones (12 % pramonės įmonių), tačiau tik 340 jų yra mažos, vidutinės ir didelės įmonės. Be to, verta pažymėti, kad dauguma sektoriaus įmonių priklauso Metalų gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius, gamybos sektoriui, t. y. net 995 (332 įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų). Sektoriaus įmonės Lietuvoje įdarbina apie 17 tūkst. darbuotojų (apie 8 % darbuotojų visoje pramonėje), o jų gamybos apimtys siekia apie 1,38 mlrd. eurų (apie 7 % pramonės gamybos apimčių) – produkcijos už 1,35 mlrd. eurų pagamina vien tik Metalų gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius, gamybos sektorius. Sektoriaus indėlis į Lietuvos BVP siekia apie 1,3 %. Visgi, kaip ir dauguma skirtingų Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių, analizuojamas sektorius taip pat stipriai atsilieka pagal produktyvumo rodiklį:

- Pagrindinių metalų gamybos sektoriaus produktyvumas Lietuvoje siekia 14,1 tūkst. eurų (apie 65,9 tūkst. eurų ES);
- Metalų gaminių, išskyrus mašinas ir įrenginius, gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 22,8 tūkst. eurų (apie 43,9 tūkst. eurų ES).

Metalų apdirbimo pramonėje vyksta ženklūs pokyčiai, augant aukštos kokybės precizinių metalų paklausa. Visgi, šiame kontekste yra svarbu naudoti robotikos, dirbtinio intelekto ar daiktų interneto technologijas, įmonės resursų planavimo sistemas, kurios padeda pasiekti šių tikslų:

- Sektoriaus įmonės dėl technologijų tampa kur kas efektyvesnės. Pvz., skaičiuojama, kad per tą patį laiką robotai šiame sektoriuje gali atlikti du ar tris kartus daugiau darbo nei žmonės. Didelis efektyvumas reiškia, kad gamintojai gali įvykdyti daugiau užsakymų su tais pačiais darbuotojais ir ištekliais, kuriuos turi dabar. Kai darbo rinka yra įtempta, o klientų paklausa nenusipėjama, tai suteikia reikšmingų privalumų sektoriaus įmonėms;
- Technologijų naudojimas padeda pasiekti nuosekliai aukštą produkcijos kokybės lygį. Įvairiomis technologijomis metalą kiekvieną kartą galima apdoroti vienodai (su tam tikra nedidele paklaida);
- Metalų apdirbimo darbas taip pat gali būti pavojingas, nešvarus ir pasikartojantis, kas gali lemti darbuotojų nuovargį, kurio rezultatas – mažesnis efektyvumas ar tikslumas. Automatizacija gali padėti sumažinti pasikartojančių judesių, kuriuos turi atlikti darbuotojai, kiekį. Pavyzdžiui, tam tikri robotai gali pernešti apdirbamą metalą iš vienos vietos į kitą, taip mažindami riziką, kad darbuotojas pavargs dėl nuolatinio lenkimosi, kėlimo ir nešimo;
- Įvairių sensorių naudojimas įmonėse padeda surinkti didelius duomenų kiekius apie darbo apimtis ir gamybos procesus. Gamybos stebėseną ir duomenų rinkimą leidžia stebėti metalo apdirbimo procesų klaidas (pvz., metalo pjovimo ar suvirinimo), o tai leidžia surasti trikdžius gamyboje, juos panaikinti ir išvengti jų ateityje (*Manufacturing tomorrow*, 2021).
- Lietuvos pagrindinių metalų ir metalų gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektoriaus skaitmeninių technologijų naudojimo kontekste stipriai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų. Pirma dvi vietas dalijasi Suomija ir Švedija.
- Prastą Lietuvos rezultatą ES kontekste atspindi ir skirtingų technologijų naudojimo rodikliai: analizuojamas sektorius Bendrijos rezultatus lenkia pagal 9 rodiklius; pagal 16 rodiklių Lietuva atsilieka; pagal du rodiklius rezultatas yra lygus.
- Aukščiausią poziciją Lietuva užima pagal daiktų interneto technologinę kategoriją – 5 vieta.



85 pav. Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

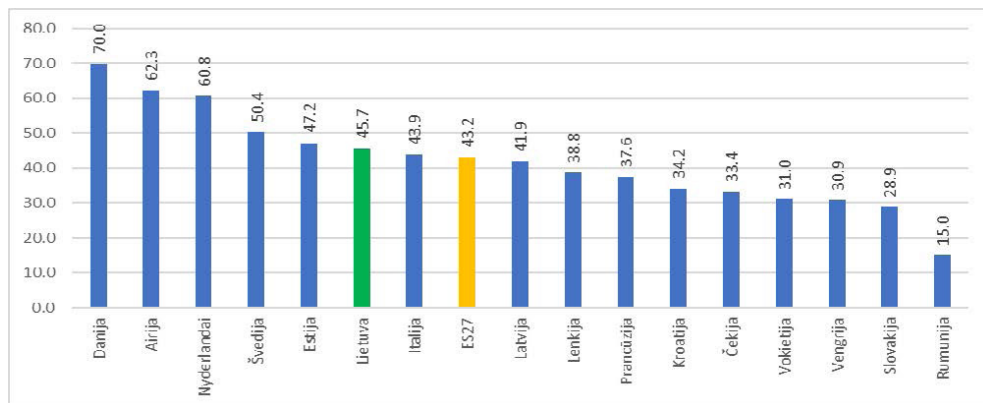
- Analizuojamas sektorius Lietuvoje nuo Bendrijos rezultatų atsilieka pagal 6 skirtingas technologines sritis:
 - Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje;
 - Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas;
 - Didieji duomenys;
 - 3D spausdinimas;
 - Robotika;
 - Dirbtinis intelektas.
- Analizuojant prieinamus duomenis yra pastebima, kad Lietuva pagal didžiųjų duomenų naudojimą užima ypač žemas pozicijas (21 vieta); 3D spausdinimo naudojimą (25 vieta); robotiką (22 vieta).

3.5.6. Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26)

Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorių Lietuvoje sudaro 152 įmonės, (66 įmonės įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų), kurios įdarbina apie 4,9 tūkst. darbuotojų. Atitinkamai tai yra tik 1,7 % pramonės įmonių ir 2,3 % pramonės sektoriaus darbo vietų. Visgi, nepaisant to, jog sektorius Lietuvoje yra ganėtinai mažas, atsižvelgiant į įmonių ir darbuotojų skaičių, gamybos apimtys metai iš metų nuosekliai auga ir 2021 m. pasiekė 0,93 mlrd. eurų (apie 5 % pramonės gamybos apimčių), o sektoriaus indėlis į šalies BVP siekia apie 0,74 %. Visgi, sektorius pagal prieinamus duomenis atsilieka nuo Bendrijos rezultatų pagal produktyvumą – atitinkamai 44,2 ir 65,8 tūkst. eurų.

Kompiuterių, elektronikos ir optinių gaminių gamybos sektorius yra stipriai veikiamas naujausių technologinių tendencijų ir duomenų ekonomikos iškilimo. Vis plačiau pritaikomi sensoriai, IoT įrenginiai, išmanieji tinklai, kibernetinis saugumas ir pan. yra įgalinami dideliais duomenų perdavimo atstumais, naudojantis skirtingose vietose paskirstytais ir sujungtais ryšio įrenginiais. Sudėtingos sektoriaus vertės grandinės reikalauja vis didesnio mikroelektronikos sujungimo su programine įranga, taigi techninės ir programinės įrangos tampa vis labiau susietos. Technologiškai pažangi produkcijos gamyba šiame sektoriuje praktiškai neįmanoma be įvairių skaitmeninių technologijų naudojimo:

- Industriniai robotai dažniausiai yra pritaikomi elektronikos komponentų gaminto ir surinkimo procesuose, kurie reikalauja didelio tikslumo;
- DI taikymas įvairiose srityse sektoriaus įmonėms suteikia galimybę būti produktyvesnėms. Sektoriaus įmonės DI naudoja optimizuojant gamybos grafiką planavimą. DI taip pat padeda tobulinti elektroninio projektavimo procesus ir automatizavimą. Šios srities pramonės įmonės DI naudoja ir siekdamas sumažinti produkcijos defektų kiekį, kad naujus gaminius būtų galima kuo greičiau pristatyti į rinką;
- Sektoriuje naudojama vis daugiau sensorių, kurie generuoja didelius duomenų kiekius, surenkamus iš įvairiai pritaikomų elektroninių prietaisų. Įvairūs sensoriai apdoroja duomenis iš skirtingų šaltinių, siekiant stebėti tokias gamyboje svarbias sritis kaip temperatūra ir drėgmė, vaizdai, garsai ir vibracija. Dideli duomenys taip pat leidžia analizuoti elektronikos gaminių kokybinius parametrus ir gedimų dažnius;
- Virtuali / papildoma realybė padeda sektoriaus įmonėms kurti elektronikos gaminių dizainus ar perkelti sukurtą produkciją į virtualią realybę, taip įvairiems ekspertams suteikiant reikiamą žinių apie produktus, jų gamybą, taisymą ir pan. (*European Commission, 2020*).
- Lietuvos Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius skaitmeninių technologijų taikymo kontekste siek tiek lenkia Bendrijos rezultatą. Geriausią rezultatą ES kontekste šiame sektoriuje yra pasiekusi Danija.
- Gerą Lietuvos rezultatą šiame sektoriuje atspindi ir atskirų skaitmeninių technologijų naudojimą matuojančių rodiklių palyginimas. ES rezultatus šiame sektoriuje Lietuva lenkia pagal 14 pasirinktų rodiklių; pagal 12 yra atsiliekama; pagal 1 rodiklį rezultatas yra lygus.
- Analizuojamas Lietuvos sektorius pagal prieinamus duomenis geriausių rezultatų yra pasiekęs pagal dvi technologijų taikymo sritis, t. y. 3D spausdinimas (5 vieta) bei Robotika (3 vieta).



86 pav. Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Pagal keturias technologines sritis analizuojamas sektorius Lietuvoje atsilieka nuo Bendrijos rezultatų, t. y. *Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas; Didieji duomenys; Dirbtinis intelektas; Interneto naudojimas ir saugumas*.
- Pagal prieinamus duomenis prasčiausius rezultatus Bendrijos kontekste Lietuvos kompiuterių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius pasiekė pagal dvi technologines kategorijas: Dirbtinis intelektas (17 vieta); Interneto naudojimas ir saugumas (16 vieta).

3.5.7. Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27–28)

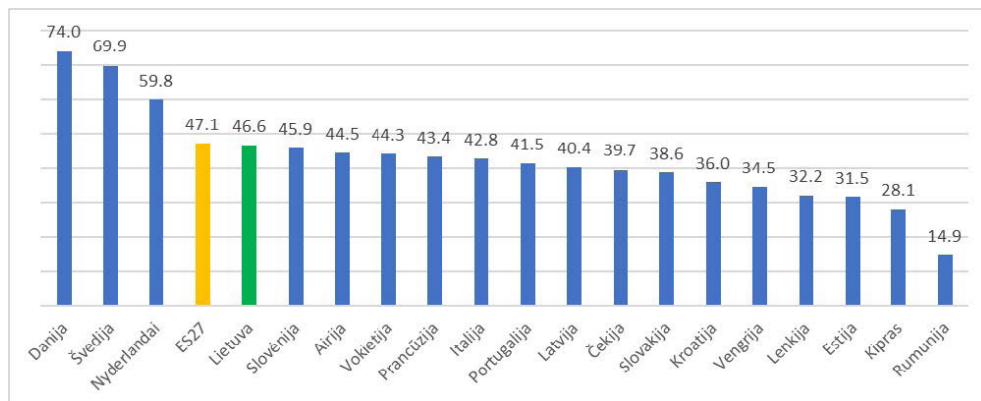
Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorių Lietuvoje sudaro 290 įmonių (apie 3 % pramonės įmonių) (142 įmonės įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų), o jose dirba apie 11,9 tūkst. darbuotojų (apie 6 % darbuotojų pramonėje). Sektoriaus gamybos apimtys 2021 m. generavo apie 1 mlrd. eurų, o jo indėlis į šalies BVP siekė apie 1 %. Visgi, sektoriaus įmonės atsilieka pagal produktyvumo rodiklius, lyginant su Bendrijos šalimis:

- Elektros įrangos gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 21,1 tūkst. eurų (63,6 tūkst. eurų ES);
- Niekur kitur nepriskirtų mašinų ir įrangos gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 27,1 tūkst. eurų (apie 58,7 tūkst. eurų ES).

Analizuojamas sektorius yra skaitmeninės transformacijos epicentre. Sektoriaus įmonės gamina priderinamus (angl. *tailored*), skaitmeninius ir išmaniuosius produktus, todėl gamyboje yra naudojami novatoriški procesai, tokie kaip sujungta gamyba (angl. *connected manufacturing*), numatoma priežiūra ar novatoriški paslaugų modeliai.

Sektoriaus skaitmeninė plėtra yra neišsivaizduojama be šių technologinių sprendimų taikymo:

- Tarptautinės robotikos federacijos duomenimis, mašinų ir įrangos gamybos sektorius 2018 m. buvo didžiausias robotus perkantis sektorius ir sudarė apie 10 % paklausos;
- DI technologijų naudojimas sektoriuje vis dar auga. DI naudojimas gaminant mašinas ir įrenginius šiuo metu dažniausiai pritaikomas vertės kūrimo grandinės stebėjime, pateikiant išsamius kiekybinius rinkos duomenis ir sprendžiant įmonių strateginius iššūkius. Priežiūros įgyvendinimas yra viena iš pagrindinių AI pritaikymo galimybių. Mašinų ir įrenginių gamintojai gali naudoti šią technologiją gamybos efektyvumui didinti, sumažinant arba pašalinant neplanuotas prastovos laiką. Kokybės tikrinimas yra dar viena svarbi sritis. Pritaikant mašininių mokymąsi ir vaizdo atpažinimą galima automatizuoti mažų įrangos komponentų vizualinį patikrinimą ir gedimų aptikimą;
- Tikimasi, kad daiktų interneto pritaikymas sektoriuje turėtų augti. Pavyzdžiui, žemės ūkio skaitmeninimas grindžiamas naujų įrankių ir mašinų kūrimu bei naudojimu. IoT žemės ūkio mašinų ir įrenginių gamintojams leidžia įgalinti įvairius procesus, pradedant išmanių įrenginių valdymu nuotoliu ar duomenų surinkimu iš įvairių sričių, kur šie įrenginiai yra pritaikomi, ir baigiant nuotoliniu programinės įrangos atnaujinimu ar patobulinimu. Tokios paslaugos leidžia padidinti ūkininkavimo našumą, efektyviau naudoti techniką ir sumažinti rankų darbo poreikį (*European Commission, 2021*).
- Lietuvos Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius Bendrijos kontekste turi gerus rezultatus. Pagal prieinamus duomenis Lietuva lenkia daugumą ES šalių ir tik minimaliai atsilieka nuo bendro vidurkio. Geriausius rezultatus analizuojamame sektoriuje turi Danija.
- Analizuojant pagal atskirus konkrečių technologijų naudojimą matuojančius rodiklius pastebima, kad geresnių rezultatų Lietuvoje, lyginant su Bendrijos rezultatais, sektorius pasiekė pagal 11 rodiklių; pagal 13 rodiklių Lietuva atsilieka; pagal 3 rodiklius rezultatas yra lygus.
- Analizuojamas sektorius pagal prieinamus duomenis geriausius rezultatus pasiekęs šiose kategorijose:



87 pav. Niekur kritus nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas – 1 vieta;
 - Elektroninė prekyba – 4 vieta;
 - Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje – 5 vieta.
- Pagal technologines kategorijas analizuojamas sektorius nuo Bendrijos rezultatų atsilieka debesų kompiuterijos, didžiųjų duomenų, 3D spausdintuvų, robotikos ir daiktų interneto naudojime.
- Pagal prieinamus duomenis žemiausią (15 poziciją) analizuojamas sektorius užima pagal dvi technologines kategorijas, t. y. *Didieji duomenys* ir *Robotika*.

3.5.8. Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29–30)

130 įmonių Lietuvoje yra priskiriamos Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektoriui, o 68 iš jų įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų. Taigi, šio sektoriaus įmonės Lietuvoje sudaro tik 1,5 % pramonės įmonių. Nepaisant to, kad šio sektoriaus įmonių Lietuvoje yra ganėtinai nedaug, jos įdarbina šiek tiek daugiau nei 10 tūkst. darbuotojų (5 % darbuotojų pramonėje). Ganėtinai nedidelis sektorius Lietuvoje pagal įmonių ir darbuotojų skaičių generuoja apie 4 proc. pramonės gamybos apimčių, t. y. apie 0,85 mlrd. eurų, o sektoriaus gamybos apimtys pastaruoju metu nuosekliai auga. Sektoriaus indėlį į Lietuvos ekonomiką 2020 m. sudarė 0,8 % BVP. Visgi, sektoriaus indėlis į šalies ekonominį augimą nėra iki galo išnaudojamas, atsižvelgiant į žemą jo produktyvumą:

- Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 18 tūkst. eurų (80,1 tūkst. eurų ES);
- Kitų transporto priemonių ir įrangos gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 30,5 tūkst. eurų (91,1 tūkst. eurų ES).

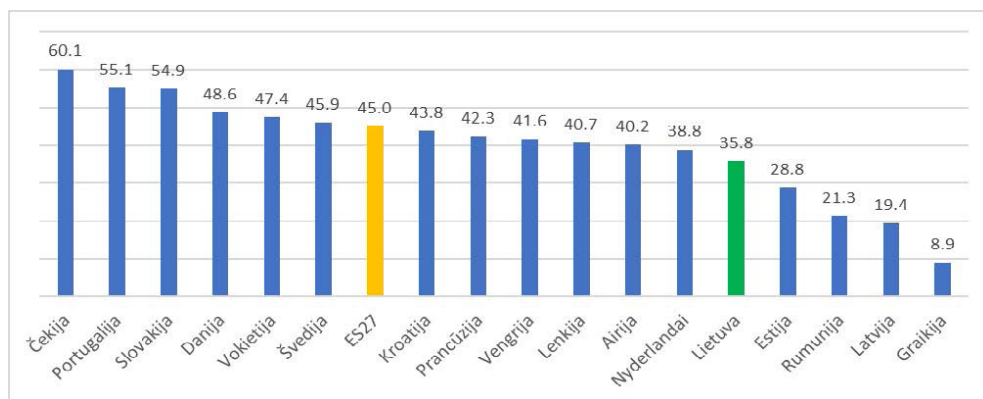
Sparti skaitmeninių technologijų plėtra lemia analizuojamo sektoriaus pokyčius. Inovacijos, susijusios su įvairiomis transporto priemonėmis ir jų komponentais leidžia skirtingų transporto priemonių sujungimą tinkle. Ši naujovė įgalina saugesnį ir patogesnį mobilumą bei naujas paslaugas, tokias kaip automatiniai pagalbos skambučiai, įvykus avarijai, išpėjimai apie pavojų realiu laiku, remonto diagnostika ir optimizuotas maršruto planavimas. Transporto priemonėse vis dažniau įrengiamos duomenis generuojančios sistemos: sumontuoti jutikliai, įdiegiami jutikliai, informacijos bei pramogų sistemos. Vis didesnė pažanga taip pat pastebima automotinio transporto srityje, vykstant sparčiam sensorių progresui kompiuterinio matymo, mašininio mokymosi ir kitose srityse. Kartu su šiomis tendencijomis vystosi ir nauji verslo modeliai. Pavyzdžiui, nuspėjamosios priežiūros ir automatinio programinės įrangos atnaujinimų kūrimas suteikia galimybę transporto priemonių savininkams teikti naujas paslaugas po pardavimo.

Visgi, visa tai būtų neįmanoma be technologinių pokyčių gamybos srityje, o analizuojamas sektorius yra vienas iš lyderiaujančių, pritaikant naujausias pažangias technologijas. Daugiau nei 25 % pridėtinės vertės augimo sektoriuje sukuria skaitmeninės naujovės, ypač automobilių projektavimo ir gamybos srityse.

- Daiktų interneto pritaikymas keičia tiek sektoriaus verslo modelius, tiek ir gamybos procesus. Tradicinis sektoriaus susitelkimas į produkto gamybą gali būti perorientuotas į paslaugas ir patirtis, pvz., per sujungtas transporto priemones. Išmaniosios gamybos kontekste įvairių renginių sujungimas bei išmaniųjų sensorių pritaikymas yra vis plačiau taikomi šios pramonės įmonėse. 2020 m. atlikti skaičiavimai parodė, kad IoT naudojimas šioje pramonės srityje, didėjant našumui, galėtų sukurti papildomus 142 mlrd. eurų vertės iki 2023 m.
- Automatizuotų gamybos procesų poreikis skatina vis daugiau sektoriaus įmonių diegti įvairius robotikos sprendimus. Tarptautinės robotikos federacijos (IFR) duomenimis, automobilių pramonė su 30 % robotų (123 439 vnt.) buvo didžiausias pasaulyje robotus diegęs pramonės sektorius 2018 m.
- Dirbtinis intelektas transformuoja tradicinį sektoriaus darbo pobūdį. DI technologijos, pvz., mašininis mokymasis arba gilusis mokymasis leidžia mašinoms atlikti panašias į žmogaus užduotis, derinant duomenis, algoritmus ir skaičiavimo galią, o tai leidžia tobulinti įvairius transporto priemonių ar jų dalių gamybos procesus. DI pagrįsti algoritmai gali padidinti įrangos prieinamumą ir taip su-

mažinti netikėto įrangos gedimo riziką. DI plėtra taip pat įgalina robotų plėtrą, taigi vis daugiau žmonių dirba kartu su robotais, o tai leidžia didinti įmonių produktyvumą. DI paremti įrenginiai taip pat gali pagerinti produkcijos kokybę: defektus įrenginiai gali aptikti 90 % tiksliau nei žmonės. Galiausiai, technologijos padeda pagerinti tiekimo grandinės prognozes ir valdymą, taip sumažinti sąnaudas, susijusias su atsargomis, apie 20–50 proc.

- Kadangi sektoriaus įmonės gamina vis išmanesnius produktus, o pats gamybos procesas taip pat tampa vis labiau skaitmenizuotas, įmonės generuoja vis didesnius kiekius duomenų, kurie gali būti panaudojami įvairiais tikslais, pvz., siekiant pagerinti vartotojų patirtis, efektyvinti gamybos faktorių panaudojimą ir pan.
- Virtualią ir papildytą realybę sektoriaus įmonės naudoja tiek gamybos procesų tobulinimui, tiek išmaniųjų transporto priemonių naudojimui. Technologijos gali būti naudojamos nuotoliniams transporto priemonių tikrinimo ir priežiūros procesams. Kitas pavyzdys yra papildytos realybės akiniai, kurie padeda darbuotojams sėkmingai įgyvendinti gamybos procesus, naudojimas (*European Commission*, 2020).



88 pav. Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Pagal prieinamus duomenis Lietuvos Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius skaitmeninių technologijų taikymo srityje stipriai atsilieka nuo ES rezultato ir bendrai yra vienas iš mažiausiai skaitmenizuotų visoje Bendrijoje. Geriausią rezultatą šiame sektoriuje yra pasiekusi Čekija.

- Prastą sektoriaus situaciją Lietuvoje atspindi ir atskiri technologijų naudojimo rodikliai. Bendrijos rezultatą analizuojamas sektorius lenkia pagal 9 rodiklius; pagal 16 yra atsiliekama; pagal 2 rezultatas yra lygus.
- Prieinamų duomenų kontekste geriausius rezultatus analizuojamas sektorius turi pagal dvi kategorijas, t. y. Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje (4 vieta) bei Debesų kompiuterija (5 vieta).
- Analizuojamas sektorius net pagal 7 skirtingas technologines kategorijas nesiekia Bendrijos vidurkių. Šios kategorijos yra: *Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas; Didieji duomenys; 3D spausdinimas; Robotika; Daiktų internetas; Dirbtinis intelektas; Interneto naudojimas ir saugumas.*
- Atsižvelgiant į duomenų prieinamumą, labai žemas pozicijas sektorius užima pagal 3 technologines kategorijas:
 - Pagal 3D spausdinimo ir Dirbtinio intelekto naudojimą sektorius užima tik 17 vietą;
 - Pagal Interneto naudojimą ir saugumą sektorius tarp Bendrijos valstybių yra 16-tas;
 - Robotikos technologijų naudojimo srityje sektorius užima 15 vietą.

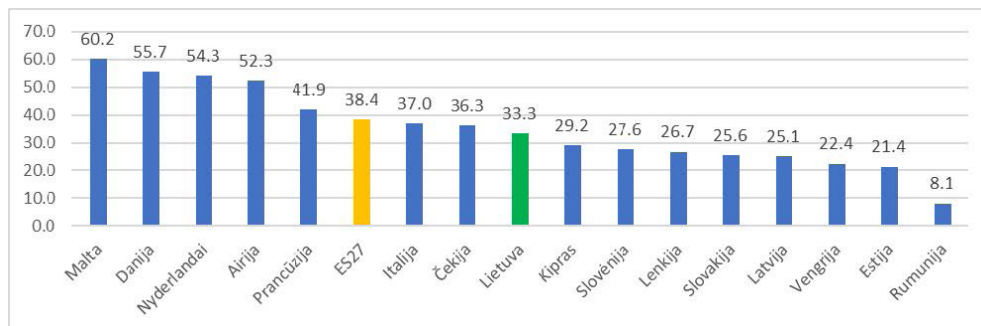
3.5.9. Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31–33)

Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriuje veikia 2 451 įmonė, tačiau tik 565 iš jų įdarbina 10 ir daugiau darbuotojų. Atskiri šios apdirbamosios pramonės kategorijos sektoriai pagal įmonių kiekį yra vieni didžiausių visoje pramonės struktūroje: Lietuvoje veikia 1 065 baldų gamybos įmonės; 725 įmonės, užsiimančios kita gamyba; 661 įmonė užsiima mašinų ir įrangos remontu bei įrengimais. Didelis įmonių skaičius lemai ir tai, kad sektorius įdarbina net 46,8 tūkst. darbuotojų (apie 30 tūkst. iš jų dirba baldų gamybos srityje), o tai sudaro 22,5 % pramonės darbuotojų. Visgi, nepaisant didelio įmonių ir darbuotojų kiekio, sektoriaus gamybos apimtys yra ganėtinai nedidelės, lyginant su kitais, prieš tai aptartais sektoriais, 2021 m. jos sudarė tik apie 3,2 mlrd. eurų (baldų gamybos pramonės gamybos apimtys siekė apie 2,1 mlrd. eurų) – tai sudaro 15,6 proc. pramonės gamybos apimčių. Sektoriaus indėlis į šalies BVP 2020 m. siekė apie 3,6 %. Sektoriaus produktyvumo rodikliai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų:

- Baldų gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 19,2 tūkst. eurų (32 tūkst. eurų ES);

- Kita gamybos sektoriaus produktyvumas siekia 13,4 tūkst. eurų (55,6 tūkst. eurų ES);
- Mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektoriaus produktyvumas siekia 26,1 tūkst. eurų (50,8 tūkst. eurų ES).

Baldų gamybos srityje vis didesnę svarbą įgauna galimybė pagal kliento poreikius (angl. *customization*) produkciją gaminti didelėmis apimtimis, o šis poreikis auga dideliais tempais kartu su modulinio baldų paklausos augimu. Be to, įvairių skaitmeninių technologijų naudojimas įmonėms leidžia gaminti geresnės kokybės produkciją be papildomų kaštų ar gamybos vėlavimų. Šiam principui įgyvendinti dažniausiai naudojami 3D spausdintuvai, tačiau jie vis dar pritaikomi gaminant tik tam tikrus specifinius produktus. Augant produkcijos poreikiui gaminti vis įvairesnius gaminius pagal kliento poreikius, tikėtina, kad įmonės bus priverstos naudotis vis įvairesniais įrenginiais savo, gamybos linijose pritaikydamos naujus gamybos metodus. Be to, daiktų internetas, tarpusavyje sujungdamas įvairius įmonėje vykdomus procesus, suteiks įmonėms daugiau lankstumo bei galimybių realiu laiku reaguoti į besikeičiančią produkcijos paklausą (Hoey, 2018).



89 pav. Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir rengimo sektorius (C31-33): skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Lietuvos Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius skaitmeninimo srityje reikšmingai atsilieka nuo bendro ES rezultato. Geriausius rezultatus šioje srityje turi Malta.
- Pagal atskirus technologijų naudojimą matuojančius rodiklius analizuojamas Lietuvos sektorius pagal 8 rodiklius lenkia ES rezultatus; pagal 17 yra atsiliekama; pagal 2 rezultatas yra toks pat.
- Lietuva tik pagal vienintelį rodiklį, t. y. *Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas* yra tarp pirmų penkių valstybių pagal skirtingas technologines kategorijas ir užima 1 vietą.

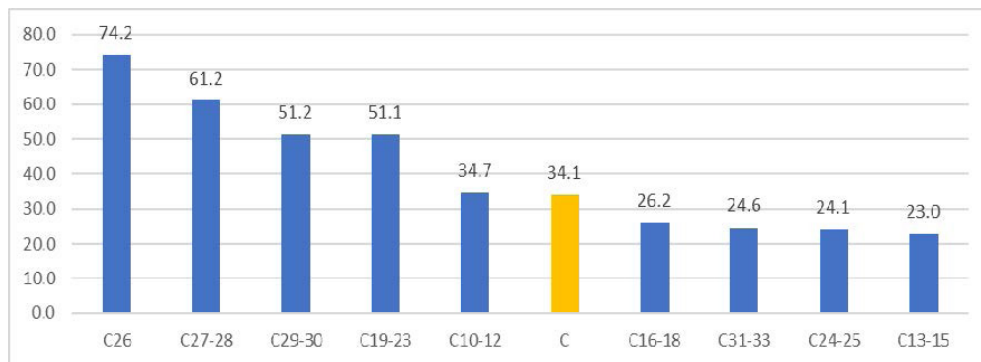
- Net pagal 7 atskiras technologines kategorijas Lietuvos Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius atsilieka nuo Bendrijos rezultatų: *Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje; Debesų kompiuterija; Didieji duomenys; 3D spausdinimas; Robotika; Daiktų internetas; Interneto naudojimas ir saugumas.*
- Pagal prieinamus duomenis sektorius prasčiausius rezultatus ES kontekste pasiekusi pagal šias technologines kategorijas:
 - 3D spausdinimas – 17 vieta;
 - Didieji duomenys bei Interneto naudojimas ir saugumas – 16 vieta;
 - Robotika – 15 vieta.

3.5.10. Skirtingų Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių palyginimas tarpusavyje

Skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių lyginimas technologijų naudojimo srityje turi tam tikrų trūkumų. Skirtingi apdirbamosios pramonės sektoriai dėl savo veiklos ypatybių yra imlesni konkrečioms technologijoms ar jų deriniams, lyginant su kitais, todėl tai neleidžia pilnavertiškai įvertinti sektoriaus skaitmeninės transformacijos masto.

Visgi, nepaisant tam tikrų trūkumų, skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių palyginimas tarpusavyje Lietuvos mastu leidžia išanalizuoti, kurie iš jų skaitmeninių technologijų naudojimui skiria didžiausią dėmesį. Siekiant suteikti kuo didesnę prasmę palyginimams, sektorius galima skirstyti pagal tam tikras pramonės kategorijas, pvz., tradicinę pramonę (maisto, gėrimų, tekstilės, odos, medienos, popieriaus įmonės) ir inžinerinę pramonę (mechanikos ir elektrotechnikos pramonė bei mašinų pramonė; elektronika, metalo gaminiai ir metalo apdirbimas).

Siekiant apibendrinti technologijų taikymo rezultatus, buvo pritaikyta tokia pati skaičiavimo metodologija, kaip ir skaičiuojant bendrus PSI rezultatus, tačiau į skaičiavimą nebuvo įtraukta *Igalinanti aplinka* ir į šią kategoriją patenkantys rodikliai. Dėl šios priežasties skaičiavimuose buvo atsisakyta skirtingų kategorijų svorių, t. y. *Igalinanti aplinka* (40 balų) bei *Technologijų naudojimas* (60 balų) ir vietoje to skaičiavimas buvo atliktas 100 balų skalėje.



90 pav. Skirtingų apdirbamosios pramonės sektorių palyginimas Lietuvoje: skaitmeninių technologijų naudojimo indeksas. Šaltinis: sudaryta autorių.

- Didžiausią skaitmeninių technologijų naudojimo lygį, lyginant su kitais sektoriais, šalyje yra pasiekęs Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26). Šio sektoriaus įmonės gamina sofistikuotą produkciją, kurios gamybai įvairių skaitmeninių technologijų taikymas yra būtinas. Visgi, verta atkreipti dėmesį, jog Lietuvoje analizuojamo sektoriaus įmonių yra ganėtinai nedaug – 10 ir daugiau darbuotojų turi vos 66 įmonės.
- Geriausius rezultatus skaitmeninių technologijų srityje Lietuvoje turi inžinerinės pramonės sektoriaus įmonės, kurios stipriai lenkia likusius sektorius. Šiai apdirbamosios pramonės kategorijai priklausantys sektoriai užima pirmąsias tris vietas. Inžinerinės pramonės sektoriuje gaminami ne tik įvairūs galutiniai produktai, tačiau tiekiamos ir kitiems sektoriams būtinos sudedamosios dalys, detalės, įrankiai, mašinos, įrenginiai, sistemos, technologijos ir kt. Taigi, jis daro didelę įtaką daugelio kitų sektorių technologiniam lygiui ir pokyčiams visuomenės energijos vartojimo efektyvumo, sveikatos, judumo, komunikacijos, saugumo ir kitose srityse. EK vertinimu, būtent inžinerinė pramonė yra viena imliausių ir sparčiausiai link *Pramonė 4.0* judančių sričių, todėl aukštas sektoriaus skaitmeninimo lygis Lietuvos kontekste neturėtų stebinti (*European Commission, 2020*).
- Visgi, iš Lietuvos inžinerinės pramonės konteksto iškrenta Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25), kuris pagal skaitmeninių technologijų naudojimą reikšmingai atsilieka nuo likusių šios pramonės srities įmonių. Būtent šio sektoriaus įmonių Lietuvos inžinerinės pramonės struktūroje yra daugiausiai.
- Lietuvos tradicinės pramonės kontekste geriausių rezultatų pasiekė Maisto, gėrimų ir tabako sektorius (C10-12), kuris ryškiai lenkia sektorius, tokius kaip

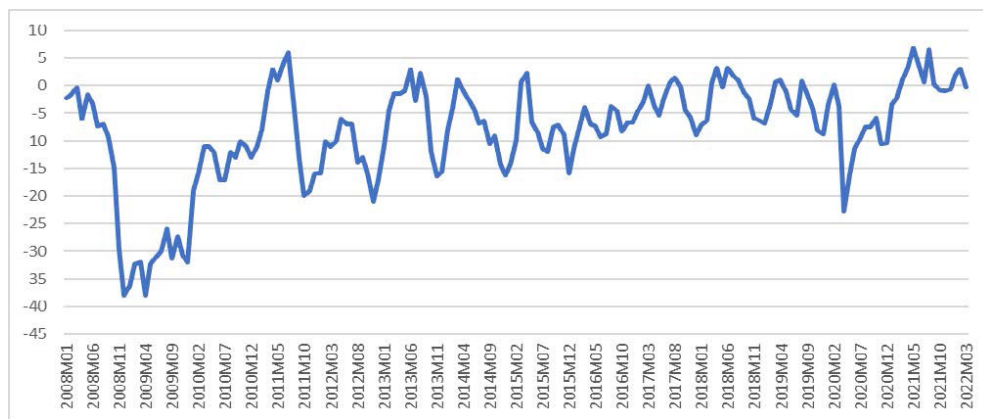
tekstilė ar mediena. Žemiausią skaitmeninimo lygį Lietuvos kontekste yra pasiekęs Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15).

3.6. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių vertinimas

3.6.1. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių indeksas (PSLI)

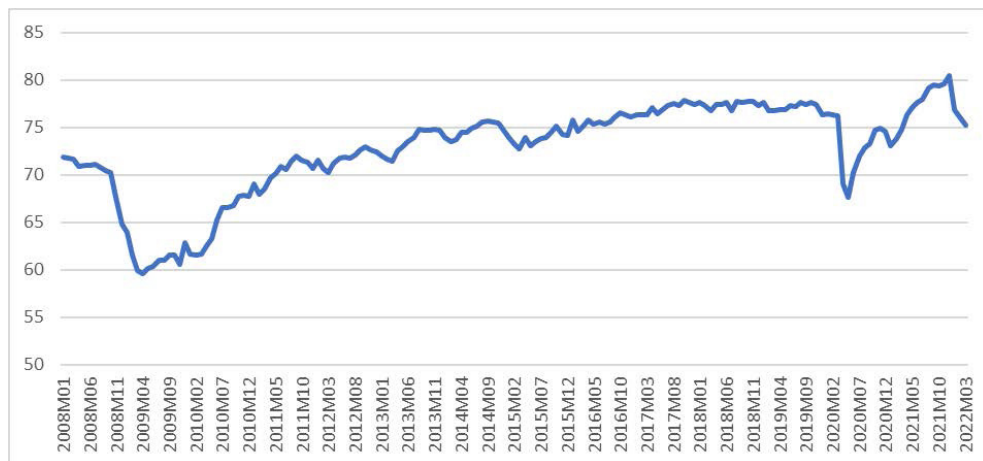
Pramonės skaitmeninimo kontekstas. Keletas pastarųjų metų skirtingų šalių ekonomikoms buvo ganėtinais sudėtingi: darbo procesus stabdė įsisiautėjusi pandemija, sutrūkinėjo iki tol veikusios globalios tiekimo grandinės, sutriko įvairių medžiagų ir gamyboje naudojamų komponentų tiekimas, išaugo energetinių išteklių kainos. Daliai verslų tiek Lietuvoje, tiek ir globaliu mastu šie veiksniai padarė didelę neigiamą žalą. Visgi, apdirbamosios pramonės sektoriui Lietuvoje pastarieji metai buvo ganėtinais sėkmingi – gamybos apimtys 2021 m. išaugo iki rekordinių 20,4 mlrd. eurų.

Gerą pastarojo laikotarpio Lietuvos apdirbamosios pramonės situaciją istorinėje perspektyvoje atspindėjo ir pramonės pasitikėjimo rodiklis. 2020 m. pirmą trečdalį pasitikėjimo rodiklis buvo nukritęs iki 2009–2010 m. lygio, kuomet Lietuvoje ir pasaulyje vis dar buvo jaučiamos pasaulinės finansų krizės pasekmės, tačiau jau nuo 2020 m. gegužės mėn. rodiklis pradėjo augti, o 2021 m. gegužės bei rugpjūčio buvo pasiekti rekordiniai pasitikėjimo rodikliai, matuojant nuo pat 2008 m. (91 pav.).



91 pav. Pramonės pasitikėjimo rodiklis (%). Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas.

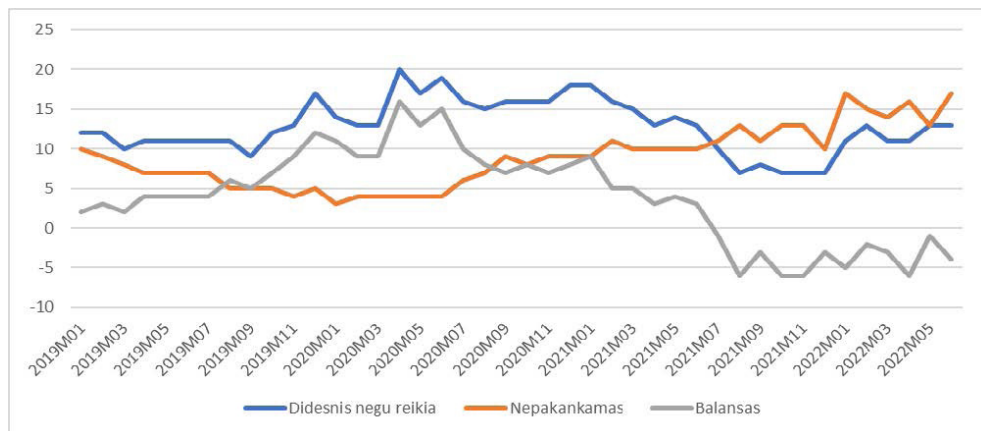
Labai aukštą pramonės pasitikėjimo lygį pasiekė ir apdirbamosios pramonės gamybinių pajėgumų panaudojimo lygio rodiklis (92 pav.). Dėl COVID-19 pandemijos 2020 m. balandžio ir gegužės mėnesiais gamybinės įrangos panaudojimas pradėjo stipriai mažėti, tačiau nuo tada yra pastebimas nuoseklus įrenginių panaudojimo augimas, o 2021 m. gruodžio mėn. buvo pasiektas rekordiškai aukštas gamybinių pajėgumų panaudojimo lygis.



92 pav. Pramonės gamybinių pajėgumų panaudojimo lygis (%). Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas.

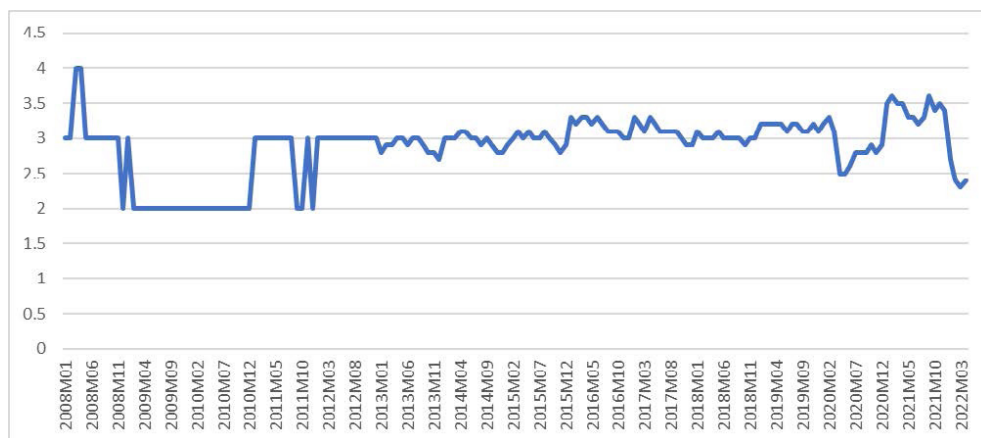
Visgi, tam tikri duomenys pradeda signalizuoti, kad tiek šiuo metu susidariusi tarptautinė padėtis, tiek ir sisteminiai pramonės sektoriui kylantys iššūkiai pradeda po truputį sekinti sektoriaus plėtros tendencijas.

Nepaisant gerų apdirbamosios pramonės rezultatų, 2021 m. vasarą apdirbamosios pramonės įmonių, vertinančių savo gamybinius pajėgumus ir pradėjusių teigti, kad jie yra nepakankami, buvo daugiau, lyginant su tomis, kurios teigia, kad gamybiniai pajėgumai yra didesni negu reikia (93 pav.).



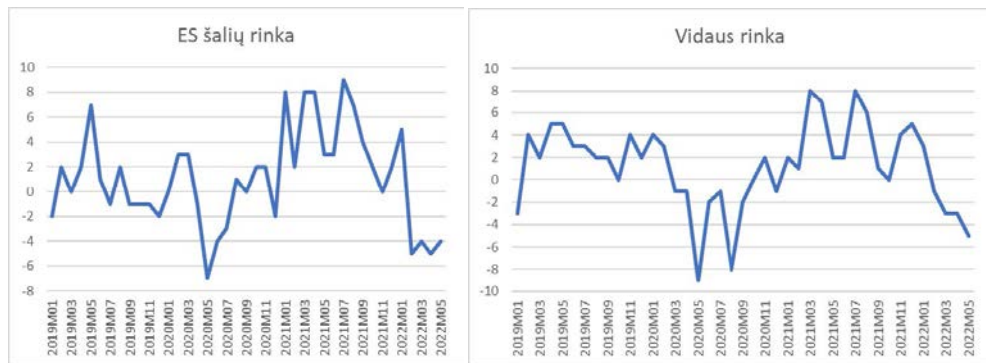
93 pav. Pramonės gamybinių pajėgumų vertinimas (%). Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas.

Nors pirmus keturis 2022 m. mėnesius pramonės gamybos apimtys buvo didesnės, lyginant su atitinkamais 2021 m. mėnesiais, vienas iš rodiklių, galimai signalizuojančių prasidedančias įtampas pramonės įmonėse, yra turimi pramonės gamybos užsakymai. Grafikas toliau atskleidžia, kad 2022 m. pramonės įmonės pradėjo su reikšmingai kritusiais gamybos užsakymais, o tai rodo, kad bent jau metų pradžioje įmonių veikla tikriausiai buvo palaikoma praeityje sudarytų kontraktų. 2022 m. vasario–balandžio mėnesiais Lietuvos pramonės įmonių turimi gamybos užsakymai buvo mažesni lyginant su 2020 m. viduriu, kada ekonominės veiklos buvo varžomos tarptautiniu mastu (94 pav.).



94 pav. Kiek mėnesių į priekį įmonėse užtikrinti gamybos procesai, sprendžiant pagal turimus užsakymus. Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas.

Be to, įmonių apklausos taip pat atskleidžia, kad pramonės verslai praranda pasitikėjimą konkuruoti tarptautinėje erdvėje (95 pav.). Lietuvos pramonės įmonės yra orientuotos užsienio rinkas, o šio sektoriaus produkcija sudaro apie 80 % viso Lietuvos eksporto. Atsižvelgiant į susidariusią situaciją, įmonės savo galimybes konkuruoti ES, kuri yra pagrindinė eksporto rinka, vertina vis prasčiau. Visgi, nuo 2022 m. pradžios konkurencinę padėtį blogiau vertina ir įmonės, kurios produkciją realizuoja Lietuvoje.



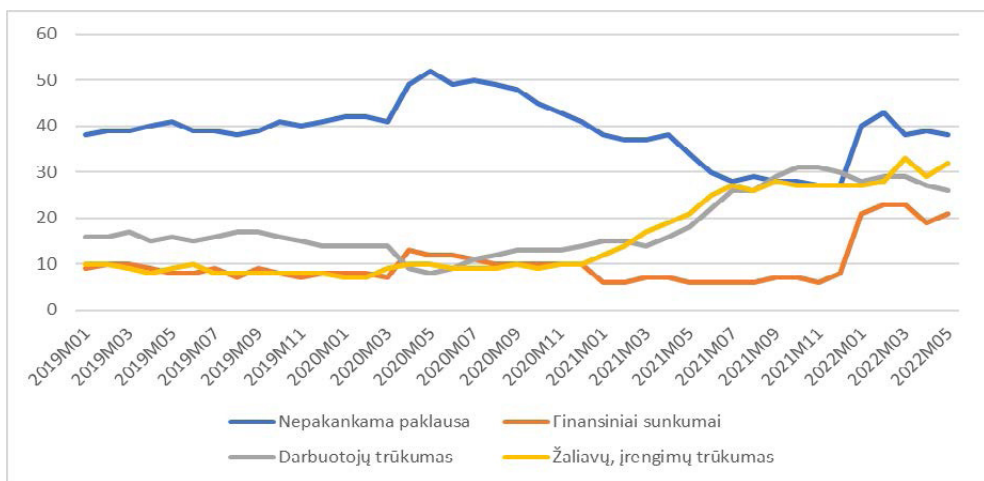
95 pav. Pramonės įmonės sugebėjimo konkuruoti rinkoje pasikeitimas per praėjusius 3 mėnesius (%). Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas.

Grafikas toliau apibendrina pagrindinius veiksnius, kurie riboja pramonės produkcijos gamybą (96 pav.). Nuo 2021 m. pradžios stipriai išaugo dviejų veiksnių įtaka, t. y. žaliavų ir įrenginių trūkumas bei darbuotojų trūkumas. Žaliavų ir įrenginių trūkumas gali būti siejamas su tuo, kad apdirbamosios pramonės įmonės pasiekė rekordinius gamybos panaudojimo rodiklius, tuo tarpu pasaulis šiuo metu patiria žaliavų kainų šoką, taip pat yra sutrikusios tarptautinės tiekimo grandinės, dėl ko įvairių medžiagų ir gamyboje naudojamų komponentų tiekimas sulėtėjo. Darbuotojų trūkumas, ilgą laiką buvęs vienu iš pagrindinių trikdžių įgyvendinant Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių plėtrą, nuo 2021 m. kovo mėnesio buvo dar stipriau pradėtas vertinti kaip veiksnys, ribojantis pramonės produkcijos gamybą. 2022 m. pradžioje sektoriuje buvo apie 4 tūkst. laisvų darbo vietų.

Nepakankama produkcijos paklausa yra pats aktualiausias veiksnys, trikdančias pramonės produkciją. Dėl COVID-19 pandemijos sukeltos sveikatos apsaugos krizės valstybėse buvo ribojama gyventojų ir įvairių įmonių veikla, dėl ko mažėjo ir vartojimas, o pramonės verslai susidūrė su pasiūlos ir paklausos suvaržymų deriniu, kurį tik dar labiau stiprino didelis neapibrėžtumo lygis. 2020 m. pirmojoje pusėje šis veiksnys pramonės įmonių buvo ypač rimtai vertinamas, tačiau verslams

po truputį prisitaikant prie susidariusios padėties ir įsitraukiant į naujas vertės kūrimo grandines, rodiklis pradėjo stabilizuotis ir netgi pasiekė žemesnį lygį, nei buvo prieš COVID-19 pandemiją. Visgi, 2022 m. pradžioje nepakankama paklausa, kaip veiksnys, kuris trukdo pramonės gamybą, vėl tapo aktualesnis. Iššūkiai tarptautinėje rinkoje lemia šio rodiklio augimą, atsižvelgiant į tai, kad Lietuvos pramonė yra stipriai įsitraukusi į tarptautines vertės kūrimo grandines, o dauguma įmonių gamina tarpinio vartojimo produkciją, kuri vėliau yra naudojama kitose šalyse galutinio vartojimo prekių gamybai.

Galiausiai, pramonės įmonių vertinimu, nuo 2022 m. pradžios stipriai išaugo dar vienas veiksnys, ribojantis pramonės produkciją – finansiniai sunkumai. Auganti infliacija bei didėjančios žaliavų ir energetinių išteklių kainos, augantis darbo užmokestis bei konkurencingumo iššūkiai lemia, kad įmonės pradeda vis prasčiau vertinti savo finansines perspektyvas.



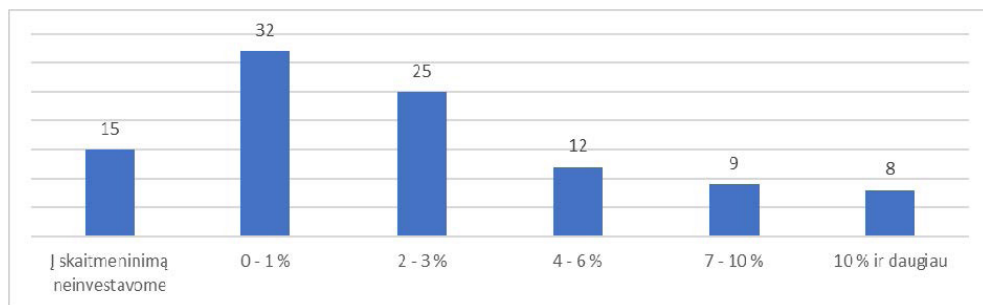
96 pav. Veiksniai, ribojantys pramonės produkcijos gamybą (%). Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas.

Duomenys leidžia daryti išvadą, kad su dabartiniu įmonių pasirengimo lygiu tiek žmogiškojo, tiek technologinio kapitalo srityse Lietuvos pramonės įmonės po truputį pradeda remtis į gamybos galimybių lubas, joms darosi vis sunkiau konkuruoti tarptautinėse rinkose bei įsitraukti į naujas vertės kūrimo grandines. Norėdamos toliau palaikyti augimo tempus ir plėstis, pramonės įmonės privalo rimtai svarstyti galimybes papildomai investuoti į naujus ir (arba) papildomus gamybinius pajėgumus bei žmogiškąjį kapitalą, kurie leistų didinti gamybos apimtį, optimizuoti gamybos procesus ar pateikti naujų produktų rinkai.

Pramonės skaitmeninimo iniciatyvos 2021 m. Investicijos į įvairias skaitmenines technologijas gali bent iš dalies padėti spręsti ar sušvelninti įmonėms kylančius iššūkius bei didinti jų gebėjimą greitai prisitaikyti prie naujų veikimo sąlygų, išlaikant nenutrūkstamą ir efektyvią verslo veiklą. Skirtingų technologijų ir jų derinių naudojimas prisideda prie įmonių našumo bei efektyvumo didėjimo, kaštų mažinimo, efektyvaus tiekimo grandinės ar įmonės resursų valdymo, inovatyvumo.

Kartu su augančiomis gamybos apimtimis 2021 m. stipriai išaugo ir įmonių apyvarta – leidinio autorių skaičiavimais šis rodiklis pasiekė apie 28,5 mlrd. eurų. Apie trečdalis Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių, kurios dalyvavo apklausoje, 2021 m. į skaitmeninimą investavo 0–1 % nuo įmonės metinės apyvartos (iki 35 tūkst. eurų). Apie 25 % apklausoje dalyvavusių įmonių teigė, kad jų investicijos siekė apie 2–3 % metinės apyvartos (nuo 70 iki 106 tūkst. eurų).

Visgi, net 15 % apklausoje dalyvavusių įmonių 2021 m. į skaitmeninimą neinvestavo (97 pav.). Įdomu tai, kad 78 % įmonių, neinvestavusių į skaitmeninimą, 2021 m. pajamos siekė iki 2 mln. eurų bei 43 % jų įdarbino mažiau nei 10 darbuotojų.

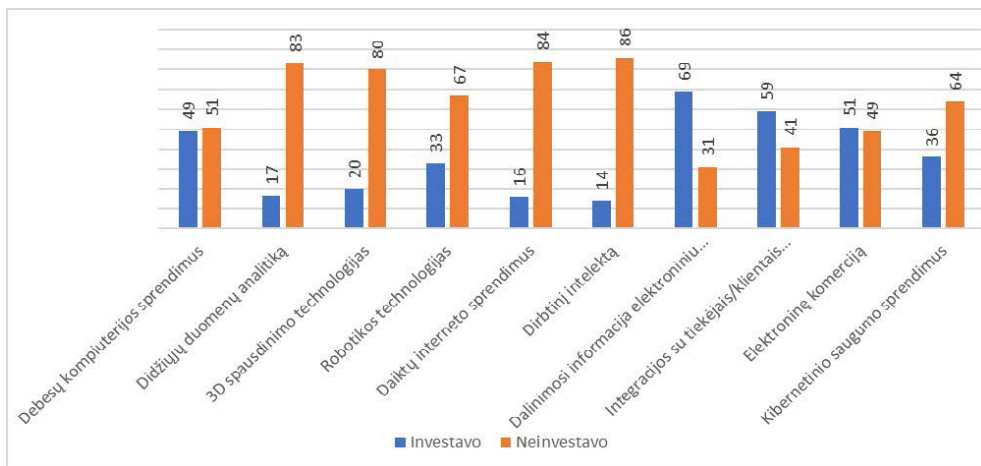


97 pav. Įmonių investicijos į skaitmeninimą 2021 m. (% nuo metinės apyvartos). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Vertinant investicinius įmonių sprendimus skaitmeninių technologijų kontekste, daugiausiai įmonių investavo į dalijimosi informacija elektroniniu būdu programas, tokias kaip CRM ar ERP (69 %), bei integracijos su tiekėjais / klientais sprendimus, pvz., elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui (59 %). Daugiau nei pusė apklausoje dalyvavusių įmonių taip pat diegė elektroninės prekybos sprendimus (51 %).

Visgi, į sudėtingus technologinius sprendimus, tokius kaip dirbtinis intelektas, daiktų interneto sprendimai, didžiųjų duomenų analitika ar 3D spausdinimo technologijos, įmonės 2021 m. investavo kur kas mažiau – tai darė tik kas 5–6 įmonė (98 pav.).

Tokie rezultatai atitinka *Pramonės skaitmeninimo indekso* rezultatus. Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės kur kas daugiau investuoja į technologinius sprendimus, kurie leidžia įmonei dalytis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje, integruotis su tiekėjais / klientais, siekiant geriau valdyti vertės kūrimo grandinę, elektroninę prekybą ar kibernetinį saugumą. Visgi, Lietuvos įmonės šiame kontekste nėra išimtis. EIB vertinimu, visoje ES pramonės įmonės bei verslai iš kitų sektorių kur kas daugiau investuoja į technologijas, skirtas optimizuoti verslo procesus, siekiant didinti įmonės veiklos efektyvumą. Iš kitos pusės, įmonės Europoje santykinai nedaug investuoja į naujausias ir didelį potencialą turinčias skaitmenines technologijas ir neišnaudoja pažangiausių technologijų teikiamos naudos. Pavyzdžiui, EIB atlikta įmonių apklausa 2020 m. parodė, kad tik apie trečdalis įmonių visoje Europoje planavo įvairius projektus, susijusius su dirbtinio intelekto diegimu versle (*European Investment Bank*, 2019).



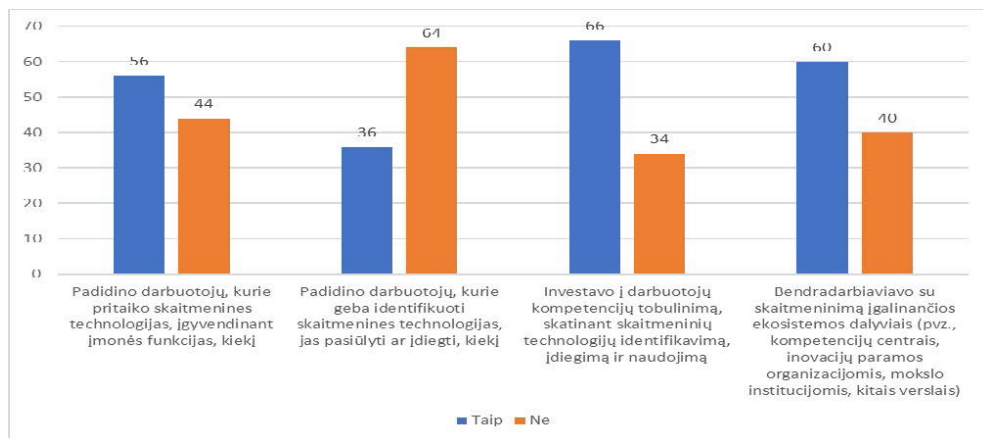
98 pav. Įmonių investicijos į technologinius sprendimus 2021 m. (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Siekiant pilnavertės skaitmeninės transformacijos, pramonės įmonėms neužtenka fokusuotis tik į tam tikrus technologinius sprendimus. Skaitmeninimo poreikis bus augantis ir ilgalaikis, todėl įmonės privalės investuoti ir į žmogiškąjį kapitalą. Atsižvelgiant į tai, darbo jėgos plėtra, nuolatinis įgūdžių stiprinimas, kvalifikacijos kėlimas ir darbuotojų perkvalifikavimas Lietuvos gamybos sektoriuje įgauna vis didesnę svarbą.

2021 m. 56 % apklausoje dalyvavusių įmonių priėmė naujų darbuotojų, kurie geba naudoti naujausias skaitmenines technologijas. Tuo pačiu laikotarpiu tik

36 % įmonių įdarbino naujus darbuotojus, kurie gebėtų identifikuoti įmonei reikalingas technologijas, jas pasiūlyti ir įdiegti. Darbuotojų kvalifikacijų kėlimo kontekste 2021 m. apie 2 / 3 apklausoje dalyvavusių įmonių investavo į darbuotojų kompetencijų tobulinimą.

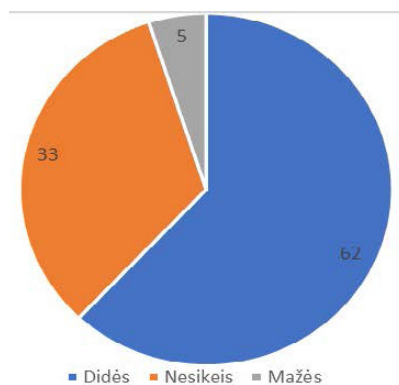
Verslo skaitmeninimas taip pat reikalauja papildomų kompetencijų bei žinių, kurios dažniausiai prieinamos bendradarbiaujant su skaitmeninimą įgalinančios ekosistemos dalyviais. 6 iš 10 apklausoje dalyvavusių įmonių teigė, kad 2021 m. įgyvendindamos skaitmeninimo iniciatyvas, jos bendradarbiavo su įvairiomis institucijomis, tokiomis kaip kompetencijų centrai, inovacijų paramos ar mokslo organizacijos, bei kitais verslais (99 pav.).



99 pav. Skaitmeninimą palaikančių veiklų įgyvendinimas 2021 m. (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

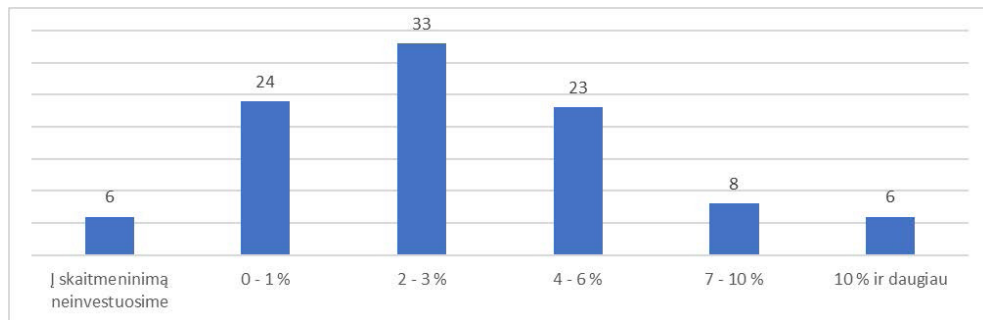
Pramonės skaitmeninimo lūkesčiai 2022 m. Tarptautiniai apdirbamosios pramonės įmonių atstovų tyrimai rodo, kad iki 2020 m. dauguma gamintojų didžiausią dėmesį skyrė keletui pagrindinių strateginių veiklos sričių: veiklos efektyvumo ir atsparumo didinimui, sąnaudų mažinimui, naujų klientų paieškomis ir tiekimo grandinės vientisumo bei (arba) matomumo stiprinimui. Po COVID-19 pandemijos šie prioritetai iš esmės liko tokie patys, tačiau jų svarba įmonėse išaugo dar labiau (*The Manufacturer*, 2021). Tikėtina, kad tokie tarptautiniai įvykiai ir tendencijos kaip karas Ukrainoje, tiekimo grandinių trikdžiai, žaliavų trūkumas, darbo jėgos trūkumas, vartotojų įpročių pasikeitimai ir pan., toliau palaikys neapibrėžtumą ekonomikoje, o tai ir toliau skatins pramonės verslus fokusuotis į tas veiklos sritis, kurios galėtų didinti įmonių produktyvumą, efektyvumą bei atsparumą išorės šokams.

Visgi, išaugęs neapibrėžtumas dažniausiai bent trumpuoju laikotarpiu pristabdo verslų investicijas ar bent jau priverčia peržiūrėti investicinius planus. Nepaisant susidariusios situacijos, apdirbamosios pramonės įmonių lūkesčiai skaitmeninimo srityje 2022 m. yra teigiami: 62 % įmonių, kurios dalyvavo apklausoje, pažymėjo, kad investicijos į skaitmeninimą augs; 33 % atsakė, kad investicijos nesikeis; tik 5 % įmonių teigė, kad investicijos į skaitmeninimą mažės (100 pav.).



100 pav. Apdirbamosios pramonės įmonių planuojamų investicijų į skaitmeninimą kaita 2022 m. lyginant su 2021 m. (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Skirtingai nei 2021 m., 2022 m. dauguma įmonių į skaitmeninimą planuoja investuoti apie 2–3 % metinės apyvartos. Šiek tiek daugiau nei penktadalis įmonių Lietuvoje taip pat planuoja investuoti 0–1 bei 4–6 % savo metinės apyvartos. 2022 m. turėtų reikšmingai sumažėti įmonių, kurios iš viso neinvestuoja į skaitmeninimą, skaičius. 2021 m. apklausoje tokios įmonės sudarė 15 %, kai tuo tarpu 2022 m. yra tikimasi, kad tokių įmonių bus tik 6 % (101 pav.).



101 pav. Įmonių planuojamos investicijos į skaitmeninimą 2022 m. (% nuo metinės apyvartos). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

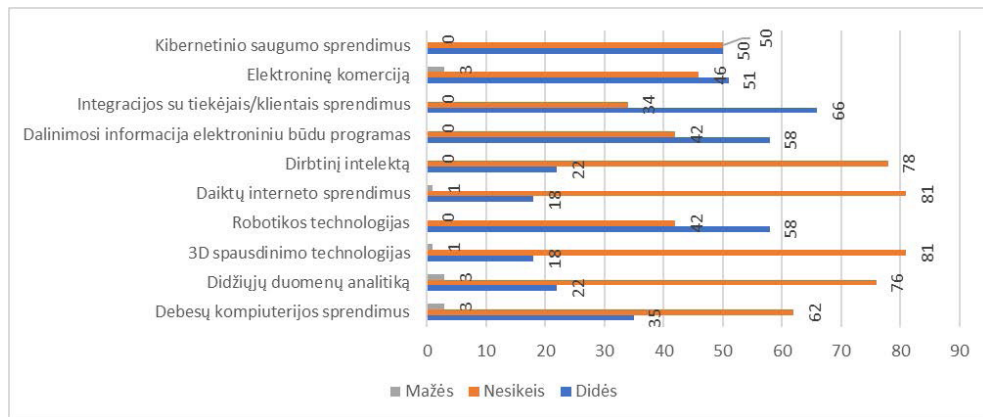
Gamybos procesų automatizavimas, siekiant optimizuoti gamybos procesus ir didinti įmonės produktyvumą, bus viena iš sričių, kurioje augimas 2022 m. bus vienas iš didžiausių. 2021m. apie trečdalis apklausoje dalyvavusių įmonių investavo į robotikos sprendimus, o 2022 m. investicijas į šią sritį planuoja didinti net 58 % apklausoje dalyvavusių verslų (102 pav.).

Gamybos procesų automatizacija toli gražu nėra vienintelis būdas padidinti įmonės veiklos efektyvumą. Lyginant įmonių investicinius sprendimus skaitmeninimo srityje 2022 m. su 2021 m., pramonės verslai ir toliau planuoja investuoti į technologijas, įgalinančias įmones geriau valdyti tiekimo grandines, žmogiškuosius išteklius, žaliavas, finansus ir pan.

- Dalijimosi informacija elektroniniu būdu programos – 2021 m. investavo 69 % įmonių, o 2022 m. investicijas planuoja didinti 58 % įmonių;
- Integracijos su tiekėjais / klientais sprendimai – 2021 m. investavo 59 % įmonių, o 2022 m. investicijas planuoja didinti 66 %;
- Elektroninės prekybos sprendimai – 2021 m. investavo 51 % įmonių ir tiek pat jų į šios srities technologijas planuoja didinti investicijas 2022 m.

Šiame kontekste apie trečdalis įmonių 2022 m. taip pat planuoja didinti investicijas į debesų kompiuterijos sprendimus. Ši technologija gali padėti patobulinti praktiškai visas apdirbamosios pramonės įmonių veiklos sritis – nuo produktų kūrimo, gamybos iki logistikos ir patekimo pas galutinį produkto naudotoją. Visgi, atsižvelgiant į įmonių planus didinti investicijas į e. prekybą, CRM ar ERP technologijas, tikėtina, kad didėjančios investicijos į debesų kompiuteriją gali būti siejamos su tuo, kad ši technologija veikia kaip pagrindas, įgalinantis jų naudojimą dėl galimybės kaupti, stebėti bei analizuoti didelius duomenų kiekius.

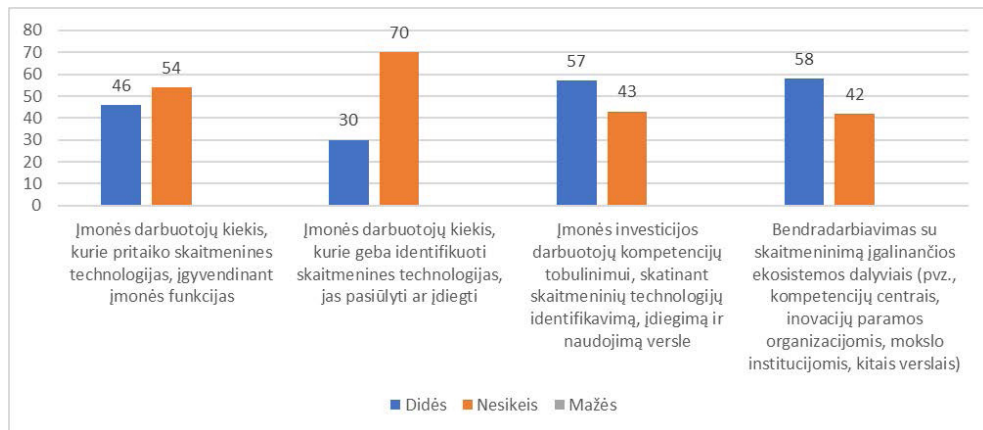
Apklausoje dalyvavusios įmonės taip pat planuoja didinti investicijas į didžiųjų duomenų analitiką, 3D spausdinimo technologijas, daiktų internetą ar dirbtinį intelektą. Visgi, didinti investicijas į šias technologijas planuoja apytiksliai kas penkta apklausoje dalyvavusi įmonė, todėl reikšmingo progreso šiose technologinėse srityse 2022 m. neturėtų būti, nes ir 2021 m. į šias technologijas investavo ganėtinai nedaug verslų.



102 pav. Įmonių planuojamos investicijos į skaitmenines technologijas 2022 m., lyginant su 2021 m. (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Teigiamos tendencijos 2022 m. taip pat yra numatomos ir žmogiškojo kapitalo srityje. 46 % apklausoje dalyvavusių įmonių ateinančiais metais planuoja didinti darbuotojų, kurie pritaiko skaitmenines technologijas, įgyvendinant verslo funkcijas, kiekį, o 30 % įmonių planuoja priimti naujų darbuotojų, kurie gebėtų identifikuoti skaitmenines technologijas ar jas diegti versle. 57 % įmonių 2022 m. taip pat planuoja didinti investicijas į darbuotojų mokymus ir kompetencijų kėlimą. Iššūkiai, susiję su darbo jėgos trūkumu ir kompetencijomis, pramonės įmonių įvardijami kaip vieni iš svarbiausių trikdžių vykdyti įmonės plėtrą, todėl nenuostabu, kad apklausoje dalyvavę verslai 2022 m. tikisi būti aktyvesni šiose srityse. Visgi, atsižvelgiant į tai, kad rinkoje su skaitmeninimu susijusių specialistų kiekis yra labai ribotas, o įmonių kiekis, norinčių juos įdarbinti, yra ganėtinai didelis, konkurencija dėl darbo jėgos turėtų išaugti dar labiau, o įmonės tam turės skirti vis daugiau finansinių išteklių.

Atsižvelgiant į įmonių planus didinti investicijas į skaitmenines technologijas bei žmogiškąjį kapitalą, 2022 m. apklausoje dalyvavusios pramonės įmonės taip pat tikisi toliau aktyviai bendradarbiauti su skaitmeninę verslo transformaciją įgalinančiais dalyviais, pvz., kompetencijų centrais, inovacijų paramos organizacijomis, mokslo institucijomis ar kitais verslais. Įgyvendindamos skaitmeninimo iniciatyvas įmonės susiduria su žinių ar finansų trūkumu bei įvairiomis rizikomis, todėl verslai vis dažniau ieško bendradarbiavimo galimybių, kurios padėtų spręsti potencialius iššūkius.



103 pav. Planuojami pokyčiai, susiję su įmonių skaitmeninimą palaikančiomis veiklomis (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Apibendrinant Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių lūkesčius skaitmeninimo srityje 2022 m., pastebimos teigiamos įmonių nuotaikos, kurios leidžia daryti prielaidą, kad pramonės įmonės nuosaikiai įgyvendins skaitmeninimo iniciatyvas, o jų apimtys bus didesnės, lyginant su 2021 m. Lietuvos pramonės skaitmeninimo lūkesčių rodiklis 2022 m. siekia 73 balus skalėje nuo 0 iki 100 (27 lentelė).

Dažniausiai ekonominių sunkumų ir neapibrėžtumo laikotarpiu dalis įmonių yra linkusios taupyti ir optimizuoti savo veiklą, mažinant darbuotojų skaičių, materialines investicijas, reklamos išlaidas ar investicijas į mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą. Nepaisant iššūkių, su kuriais susiduria Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės, verslai ir toliau plėtės įvairias su skaitmeninimu susijusias iniciatyvas. Skaitmeninimas šiuo laikotarpiu tampa ne galimybe, o tiesiog būtinybe, siekiant sėkmingai vykdyti kasdienes įmonės veiklas, todėl verslai yra pasirengę toliau didinti investicijas į šią sritį.

Geriausių rezultatų Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės pasiekusios pagal skaitmeninimo finansavimo kategoriją – tikėtina, kad įmonės 2022 m. skirs didesnę finansavimą skaitmeninimo iniciatyvoms įgyvendinti, lyginant su 2021 m.

Labai geras tendencijas Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės pasiekusios pagal technologijų diegimą ir jų naudojimą skatinančius veiksniai, todėl tikėtina, kad daugiau įmonių 2022 m., lyginant su 2021 m., skirs didesnę dėmesį spręsti su darbo jėga susijusius iššūkius bei bendradarbiauti su skaitmeninimą įgalinančios ekosistemos dalyviais.

Nors *Technologijų diegimo* kategorija iš PSLI sudarančių komponentų pasiekė prasčiausių rezultatų, 2022 m. įmonės didins investicijas į skirtingas technologijas, ypač įgalinančias įmonių veiklos efektyvumo didinimą bei automatizaciją.

27 lentelė. Pramonės skaitmeninimo lūkesčių 2022 m. sudedamosios dalys ir rezultatai. Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Sritis	Vertis	Pramonės skaitmeninimo lūkesčiai
Technologijų diegimas	34,4	73
Technologijų diegimą ir naudojimą skatinantys veiksniai	47,6	
Finansavimas	57,1	

3.6.2. Apdirbamosios pramonės skaitmeninimo ekosistema

Grafikas toliau (104 pav.) rodo apklausoje dalyvavusių įmonių rezultatus, siekiant išsiaiškinti veiksnius, kurie labiausiai skatina įmones skaitmenizuotis. Skaitmeninė Lietuvos apdirbamosios pramonės transformacija pirmiausiai yra suvokiama kaip neišvengiamas procesas šiandieninėje konkurencinėje aplinkoje. Net 71 % įmonių teigia, kad spaudimas, patiriamas suvokiant, jog konkurentai įgyvendina skaitmeninimo iniciatyvas, skatina jų įmones skaitmenizuotis. Siekdamos išlikti konkurencingomis, įmonės privalo prisitaikyti, atsižvelgdamos į konkretaus laikotarpio verslo plėtros tendencijas bei priemones, kurios tai padeda pasiekti.

Visgi, net 66 % apklausoje dalyvavusių įmonių taip pat pažymi, kad skaitmeninimą įmonės mato kaip tam tikrą galimybę įgyvendinti verslo plėtrą, kada kiti verslai skaitmenizuojasi nepakankamai. Šis įmonių pasirinkimas yra priešingas prieš tai aptartam atsakymui, nes šiuo atveju yra fokusuojamasi ne į prisitaikymą, o lyderystę rinkoje. Didelio neapibrėžtumo situacijomis konkurencija tampa dar intensyvesnė, o tai verčia įmones ieškoti konkurencinių pranašumų, didinant verslo efektyvumą, produktyvumą ir pan., siekiant ne tik išlikti, bet ir pasinaudoti galimybėmis augti.

66 % apklausoje dalyvavusių įmonių skaitmeninimą taip pat sieja su įmonės siekiais gaminti naujus / konkurencingesnius produktus. Didelis šį atsakymą pasirinkusių respondentų kiekis gali būti siejamas su nestabilia apdirbamosios pramonės įmonių gaminamos produkcijos paklausa, kuri yra pastebima per pastaruosius du metus. Šiame kontekste pramonės įmonės tikisi, kad skaitmeninių technologijų diegimas verslams padės rinkai pateikti inovatyvius ir konkurencingus produktus, kurie galėtų padėti bent iš dalies spręsti šią problemą.

Tik ~1 / 3 apklausoje dalyvavusi įmonių teigia, kad skaitmeninimą įmonėje skatina galimybės integruotis į tarptautines vertės kūrimo grandines. Lietuvos pramonės įmonės šiuo metu yra stipriai išitraukusios į tarptautines rinkas: analizuojant pardavimų pajamas pagal realizavimo kryptis, užsienio rinka daugelį metų sudaro apie 62–64 %. Siekdamos sėkmingai konkuruoti tarptautinėje erdvėje, įmonės privalo pasižymėti tam tikrais konkurenciniais pranašumais tokiose srityse kaip gamybiniai pajėgumai, technologinis pasirengimas, logistikos galimybės, žmogiškasis kapitalas ar komunikacija. Produktyvumas, inovatyvumas, lankstumas ir gebėjimas reaguoti į klientų poreikius yra svarbiausi vertės kūrimo grandinės požymiai, o būtent skaitmeninių technologijų naudojimas įgalina įmones siekti šių tikslų (*The Canadian Trade Commissioner Service*, 2020).

Daugiau nei pusė apklausoje dalyvavusių įmonių su darbo rinka susijusius aspektus taip pat įvardija kaip kertinius įmonių skaitmeninimo kontekste. Lietuvos apdirbamoji pramonė susiduria su darbo jėgos trūkumo problema, kada įmonės neranda darbo jėgos, o jau dirbančių asmenų darbo užmokestis nuosekliai auga bei sudaro vis didesnę dalį bendrame įmonių išlaidų krepšelyje. Lietuvos apdirbamosios pramonės sektoriaus įmonių darbuotojų darbo užmokestis (bruto) per 2010–2020 m. laikotarpį išaugo nuo 583,0 iki 1 565,8 euro, t. y. 2,7 karto, o įmonių išlaidų personalui dalis visuose prekių ir paslaugų pirkimuose pakilo nuo 11,3 iki 17,7 %. Tuo pačiu laikotarpiu darbo našumas pramonės sektoriuje augo kur kas mažesniais tempais – nuo 24,7 tūkst. eurų, tenkančių vienam užimtajam, iki 35,8 tūkst. eurų, t. y. 1,5 karto. Visa tai reiškia, kad pramonės įmonės praranda savo konkurencingumą tarptautinėse rinkose, o skaitmeninimas yra matomas kaip galimybė bent iš dalies spręsti šią problemą. Iš vienos pusės, tam tikrų skaitmeninių technologijų naudojimas galinti sumažinti spaudimą priimti naujus darbuotojus, automatizuojant ar optimizuojant tam tikras verslo funkcijas. Iš kitos pusės, skaitmeninės technologijos prisideda prie įmonių produktyvumo didinimo, o įmonės gali jausti mažesnę spaudimą dėl darbo užmokesčio augimo.

Galiausiai, tik šiek tiek daugiau nei trečdalį apklausoje dalyvavusių įmonių įgyvendinti skaitmeninimo iniciatyvas skatina siekis sumažinti įmonės neigiamą poveikį aplinkai. 2020 m. duomenimis, pramonės sektorius Lietuvoje buvo atsakingas už beveik 16 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo šalyje. Visgi, atsižvelgiant į ES tikslus iki 2050 m. tapti klimatui neutraliu žemynu, pramonės įmonės ateityje privalės skirti vis didesnę dėmesį skaitmeninei transformacijai, kuri padeda įmonėms mažinti neigiamą poveikį aplinkai. ES kontekste šis procesas yra įvardijamas dvigubos transformacijos (angl. *twin transition*) terminu, kuomet skaitmeninimas įmonėse turi tiesioginį poveikį, tobulinant gamybos procesus (pvz., įgalina

efektyvesnį medžiagų ar energijos panaudojimą, padeda išvengti nereikalingų perteklinių veiklų, tobulinti gaminamus produktus) bei netiesioginį poveikį už paties gamybos proceso ribų (pvz., įgalinant žiedinės ekonomikos verslo modelius, vertės kūrimo grandinių stebėseną bei optimizaciją, rinkti informaciją apie produktus ir pan.) (*European Topic Centre Waste and Materials in a Green Economy*, 2021).



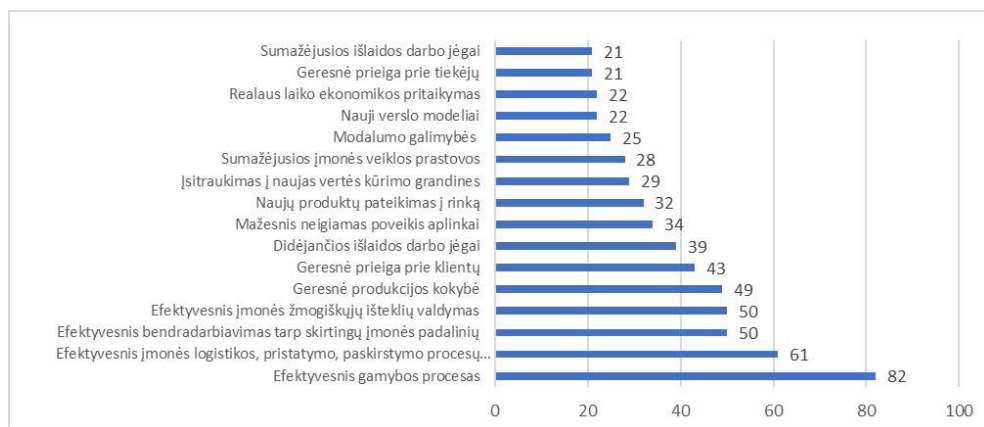
104 pav. Veiksniai, skatinantys įmones skaitmenizuotis (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonių požiūris į skaitmeninę transformaciją daugiausiai apima pastaruoju laikotarpiu sektoriaus įmonėms aktualius iššūkius ir galimybes, susijusius su verslo efektyvumu, atsparumo didinimu, tiekimo grandinių stiprinimu ir pan. (105 pav.) 8 iš 10 apklausoje dalyvavusių įmonių teigia, kad skaitmeninimą jos sieja su efektyvesniais gamybos procesais, o 6 iš 10 – su efektyvesniu įmonės logistikos, pristatymo, paskirstymo procesų valdymu. Pusė apklausoje dalyvavusių įmonių skaitmeninimo iniciatyvas taip pat sieja su efektyvesniu bendradarbiavimu tarp skirtingų įmonės padalinių bei efektyvesniu įmonės žmoniškųjų išteklių valdymu.

Apklausoje dalyvavusių įmonių rezultatai taip pat rodo, kad Lietuvoje vis dar vyrauja tradicinis požiūris į skaitmeninių technologijų naudojimą. Įvairių skaitmeninių technologijų plėtra įmonėse gali paskatinti naujų verslo modelių pritaikymą, kada įmonės adaptuoja savo gamybos procesus ir keičia savo veiklos modelius, reaguodamos į tuo metu rinkoje vykstančius pokyčius. Visgi, tik šiek tiek daugiau nei 2 iš 10 įmonių, dalyvavusių apklausoje teigė, kad skaitmeninimo iniciatyvas jos sieja su naujais verslo modeliais, modalumo galimybėmis ar realaus laiko ekonomikos taikymu. Įmonių efektyvumą taip pat galima didinti pritaikant prognozuojamosios priežiūros technologijas, tačiau tik 28 % apklausoje dalyvavusių įmonių skaitmeninimą sieja su sumažėjusiomis įmonės veiklos prastovomis. Tam, kad pramonės įmonės galėtų pritaikyti aptartus veiklos principus bei metodus, verslai privalo taikyti pažangiausias skaitmenines technologijas ir įdarbinti kompetentingą žmogiškąją

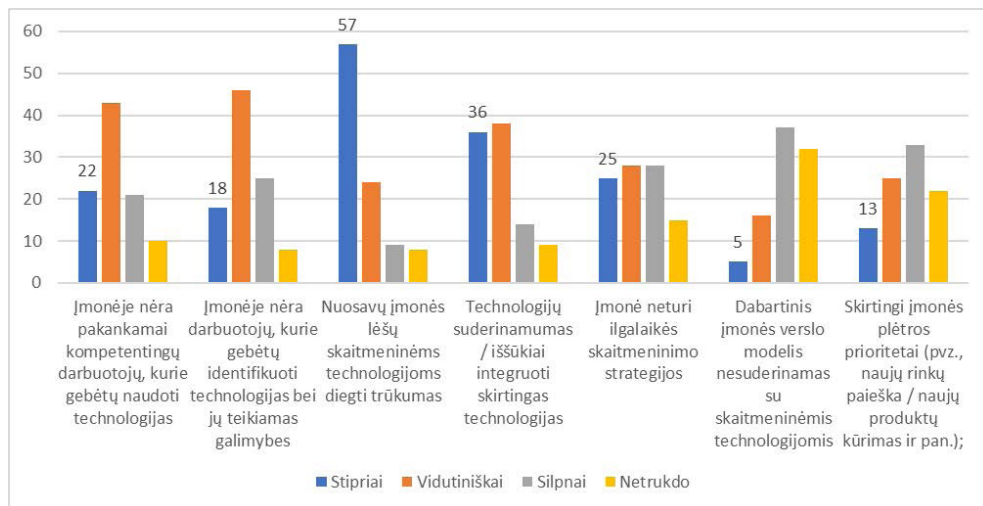
kapitalą, tačiau šiuo metu įmonės vis dar siekia bazinių skaitmeninimo teikiamų galimybių.

Galiausiai, tik trečdalis apklausoje dalyvavusių įmonių skaitmeninę transformaciją sieja su galimybe mažinti įmonės neigiamą poveikį aplinkai. Skaitmeninių technologijų diegimas įmonėse šiuo metu pirmiausiai yra siejamas su efektyvumo ir produktyvumo didinimo tikslais, o ne aplinkosauginiais iššūkiais. Tikėtina, kad ateityje šis rodiklis turėtų augti, didėjant reguliaciniam spaudimui ir konkurencijai iš kitų verslų, kadangi įmonės privalės veikti naujomis, žaliosios ekonomikos, sąlygomis.

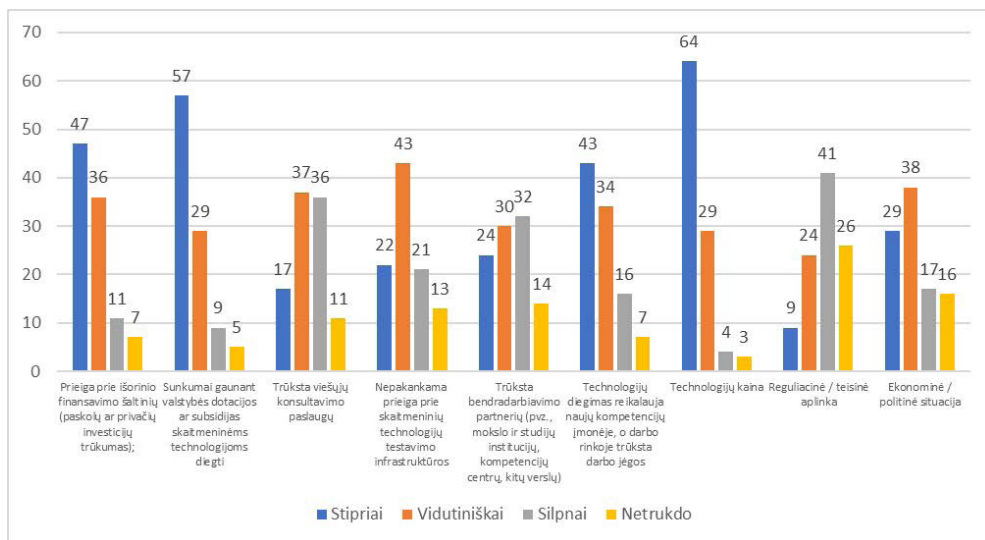


105 pav. Įmonių požiūris į skaitmeninimą: su kokiais aspektais pramonė sieja savo skaitmeninę transformaciją (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Veiksniai, kurie daro įtaką Lietuvos apdirbamosios pramonės skaitmeninimo procesams. Nepaisant didžiulės naudos, kurią įmonėms gali atnešti skaitmeninė transformacija, verslai vis dar susiduria su įvairiais iššūkiais, siekdami įgyvendinti skaitmeninimo iniciatyvas. Įmonių galimybės ir sėkmė įgyvendinti skaitmeninę transformaciją priklauso nuo pačių įvairiausių faktorių, pvz., žmogiškojo kapitalo, įmonių finansinių galimybių, verslo strategijos, kultūros bei lyderystės, bendradarbiavimo galimybių, paskatų sistemos, reguliacinės aplinkos ir pan. (B. Gašperlin et al., 2021). Atsižvelgiant į tai, potencialūs įmonių skaitmeninės transformacijos trikdžiai buvo suskirstyti į įmonės lygmens (vidinius) bei sisteminius (išorinius) veiksnius. Pateikti įmonių atsakymai yra apibendrinami toliau pavaizduotuose grafikuose (106 pav. ir 107 pav.).



106 pav. Įmonės lygmens veiksniai, trikdančys skaitmeninę transformaciją (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

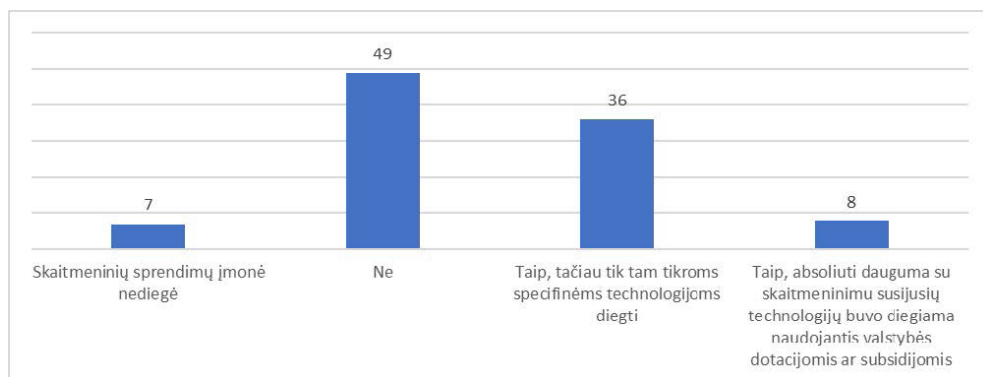


107 pav. Sisteminiai veiksniai, trikdančys skaitmeninę transformaciją (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Viešosios paramos priemonės. Lyginant vidinius bei išorinius trikdžius skaitmeninio kontekste, apklausoje dalyvavusios įmonės kur kas didesnę dėmesį skyrė sisteminiams iššūkiams, ypač susijusiems su skaitmeninio finansavimo. Net 64 %

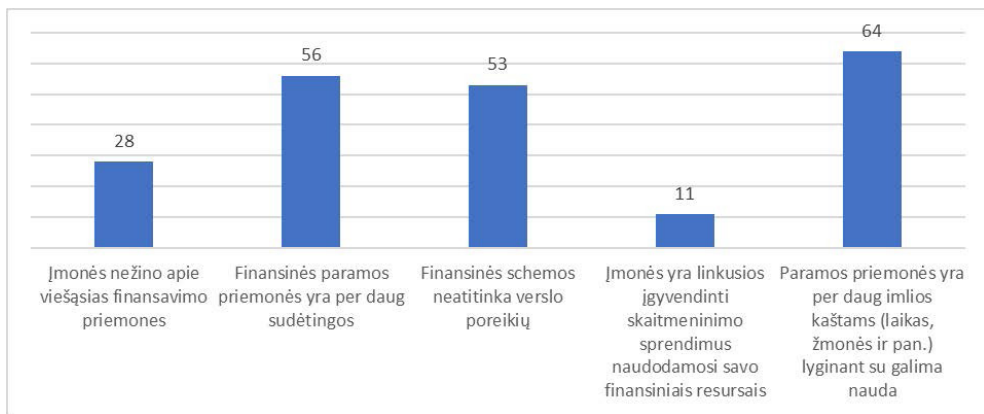
apklausoje dalyvavusių įmonių pažymėjo, kad technologijų kaina stipriai trukdo skaitmeninio iniciatyvų atsiradimui įmonėse. Be to, tarp stipriai skaitmeninio iniciatyvas trikdančių veiksnių, taip pat buvo įvardyti ir tokie aspektai, kaip sunkumai gaunant valstybės dotacijas ar subsidijas skaitmeninėms technologijoms diegti (57 %) bei prieiga prie išorinio finansavimo šaltinių (47 %) (107 pav.). Šiuos sisteminius skaitmeninio iniciatyvų trikdžius dar labiau sustiprina vidinis įmonės faktorius, pabrėžiantis, kad apdirbamosios pramonės įmonėse yra nuosavų lėšų trūkumas skaitmeninių technologijų diegimui (57 %) (106 pav.).

49 % įmonių, dalyvavusių apklausoje, per pastaruosius 3 metus nesinaudojo valstybės dotacijomis ar subsidijomis, diegiant skaitmeninius sprendimus. 36 % įmonių valstybės dotacijas ar subsidijas naudojo, diegdamos tam tikrus technologinius sprendimus, o 8 % – diegdamos daugumą su skaitmenine verslo transformacija susijusių technologijų (108 pav.).



108 pav. Valstybės finansinių priemonių naudojimas pramonės įmonėse, diegiant skaitmeninius sprendimus (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Analizuojant, kodėl įmonės nesinaudoja viešosiomis skaitmeninio finansavimo priemonėmis, išsiskiria trys pagrindinės priežastys (109 pav.). Net 64 % įmonių, nesinaudojančių finansinėmis priemonėmis, teigia, kad jos yra per daug imlios kaštams, lyginant su galima nauda, t. y. užima per daug laiko, reikalauja per daug žmogiškojo kapitalo įtraukimo ir pan. Šiek tiek daugiau nei pusė apklausoje dalyvavusių įmonių pažymėjo tai, kad finansinės paramos priemonės yra per daug sudėtingos bei finansinės schemos neatitinka verslo poreikių.



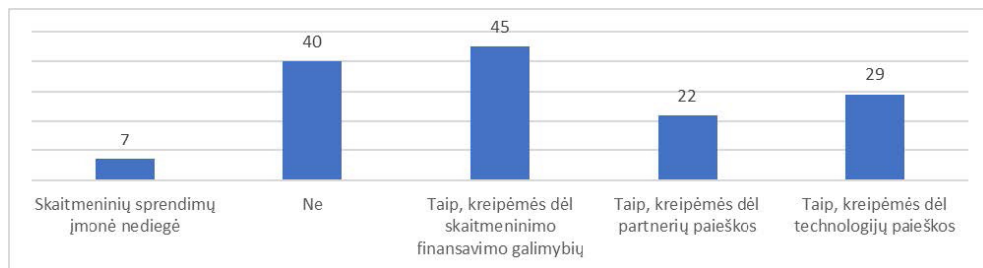
109 pav. Priežastys, kodėl įmonės nesinaudoja skaitmeninio finansavimo priemonėmis (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Situacija, susijusi su viešosiomis konsultavimo paslaugomis, tarp apklausoje dalyvavusių įmonių yra vertinama šiek tiek pozityviau (107 pav.). 37 % įmonių teigė, kad viešųjų konsultavimo paslaugų trūkumas vidutiniškai trukdo įgyvendinti skaitmeninio iniciatyvas, o 36 % įmonių šią problemą įvardijo kaip nereikšmingą. Viešųjų konsultavimo paslaugų trūkumas, kaip stipriai skaitmeninio iniciatyvas trikdančias veiksnys, buvo įvertintas tik 17 % įmonių – mažesnę rezultatą pasiekė tik veiksnys *Reguliacinė / teisinė aplinka* (9 %).

Naudodamosi viešosiomis konsultavimo paslaugomis, įmonės daugiausiai kreipiasi dėl pagalbos finansavimo srityje (45 %) (110 pav.). Apklausos dalyviai viešąsias finansavimo priemones vertina kaip imlias kaštams bei per daug sudėtingas, todėl konsultacinę pagalbą yra vertinama kaip galimybę spręsti šioje srityje kylančius iššūkius.

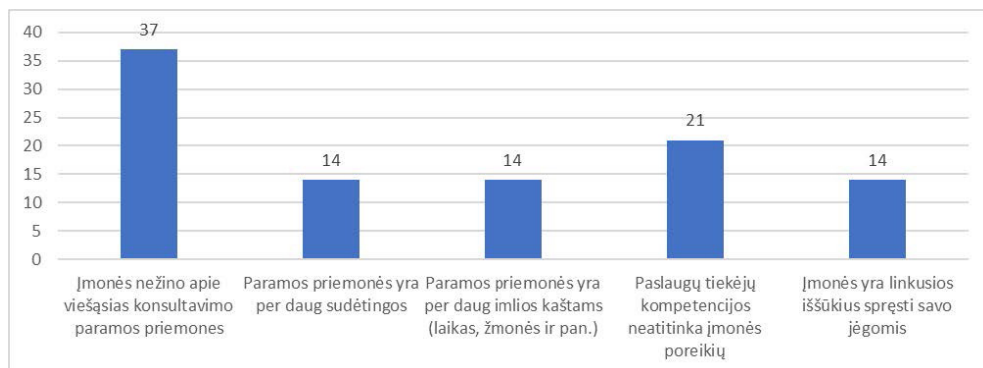
Beveik kas trečia apklausoje dalyvavusi įmonė pažymėjo, kad viešosiomis konsultavimo paslaugomis naudojosi, siekdamas numatyti įmonės technologinius poreikius bei surasti technologijas, kurios padėtų juos spręsti. Tik 2 iš 10 apklausoje

dalyvavusių įmonių teigė, kad pasitelkusios konsultavimo paslaugas siekė surasti partnerių, kurie padėtų įgyvendinti įmonės skaitmeninimo iniciatyvas.



110 pav. Viešųjų konsultavimo paslaugų naudojimas pramonės įmonėse, diegiant skaitmeninius sprendimus (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Visgi, 40 % apklausoje dalyvavusių įmonių teigė, kad per pastaruosius 3 metus diegdamos skaitmeninius sprendimus nesinaudojo viešosiomis konsultavimo paslaugomis. Pagrindinė įvardyta priežastis – kad pramonės įmonės nenusimano apie viešąsias konsultavimo paramos priemones ir jų teikiamas galimybes (37 %), o tai reiškia, kad informacija apie konsultavimo galimybes nepasiekia apdirbamosios pramonės įmonių atstovų (111 pav.).

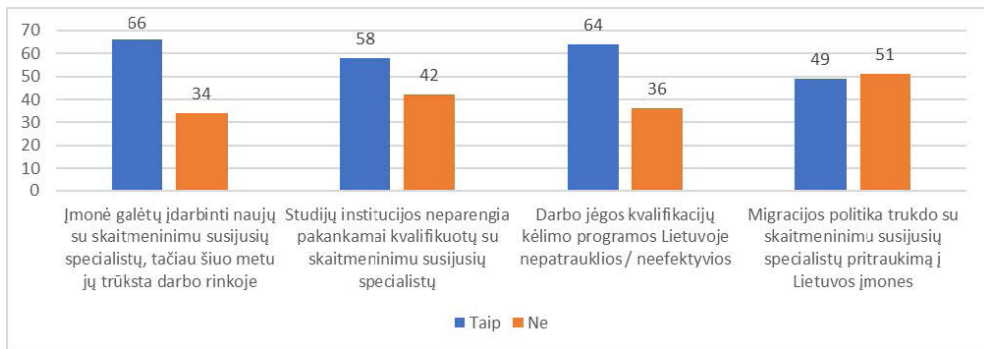


111 pav. Priežastys, kodėl įmonės nesinaudoja viešosiomis skaitmeninimo konsultavimo paslaugomis (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Žmogiškasis kapitalas. Lietuvos apdirbamosios pramonės įmonės iššūkius, susijusius su žmogiškuoju kapitalu, taip pat įvardija kaip vienus iš didžiausių skaitmeninimo iniciatyvų įgyvendinimo trukdžių. Net 43 % respondentų stipriu neigiamu veiksmu nurodė tai, kad technologijų diegimas reikalauja naujų kompetencijų

įmonėje, tačiau darbo rinkoje trūksta darbo jėgos (107 pav.). Taip pat 43 % įmonių teigė, kad jų skaitmeninimo iniciatyvas vidutiniškai trikdo tai, kad įmonėje trūksta kompetentingų darbuotojų, kurie gebėtų naudoti skaitmenines technologijas, įgyvendindami pagrindines verslo funkcijas, o 46 % pažymėjo, kad versle trūksta darbuotojų, kurie gebėtų identifikuoti technologijas bei jų pritaikymo galimybes (106 pav.). Iššūkius, susijusius su žmogiškuoju kapitalu, atskleidžia ir kiti klausimai, susiję su įmonių darbo jėga bei darbo rinka.

Ganėtinai prastą situaciją žmogiškojo kapitalo srityje signalizuoja įmonių atsakymai, įvertinant dabartinę darbo rinkos situaciją bei su ja susijusius aspektus (112 pav.). Net 66 % apklausoje dalyvavusių įmonių pažymėjo, kad galėtų įdarbinti naujų su skaitmeninimu susijusių specialistų, tačiau šiuo metu jų darbo rinkoje trūksta. Šiame kontekste net 58 % įmonių teigia, kad studijų institucijos neparengia pakankamai kvalifikuotų, su skaitmeninimu susijusių specialistų, o beveik pusė įmonių teigia, kad migracijos politika nėra palanki, siekiant pritraukti su skaitmeninimu susijusius specialistus iš užsienio.



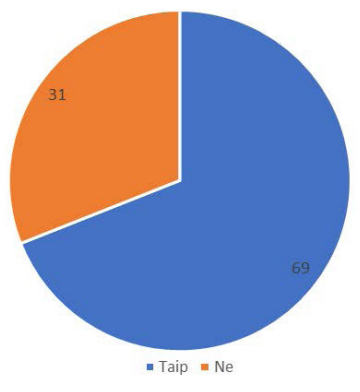
112 pav. Darbo rinkos, susijusios su skaitmeninimu, vertinimas (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Atsižvelgiant į su skaitmeninimu susijusių kompetencijų bei žinių trūkumą versle, įmonės gali imtis dviejų pagrindinių strategijų problemai spręsti, t. y. ieškoti naujų darbuotojų darbo rinkoje arba kelti jau šiuo metu įmonėje dirbančių asmenų kvalifikacijas.

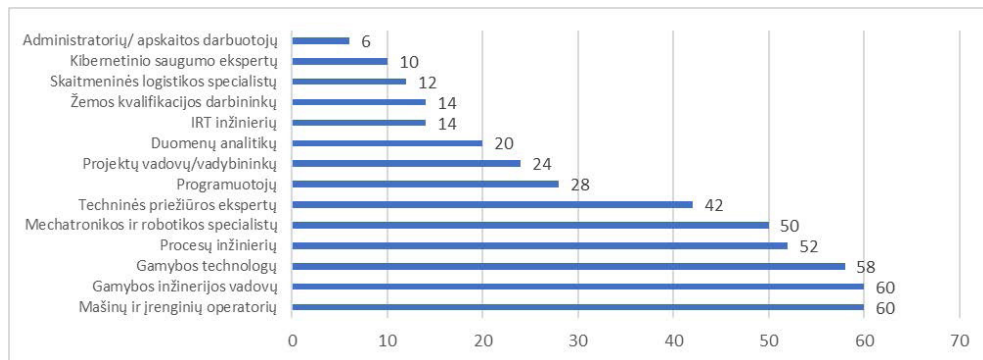
Net 69 % įmonių, kurios dalyvavo apklausoje, teigė, kad šiuo metu joms trūksta su skaitmeninimu susijusių specialistų (113 pav.). Visgi, įmonių apklausa, sudaryta siekiant išsiaiškinti jų lūkesčius, parodė, kad, nepaisant įmonių vertinimu sudėtingos situacijos darbo rinkoje, 2022 m. įmonės sieks priimti naujų darbuotojų. Atsi-

žvelgiant į įmonių apklausos rezultatus, tikėtina, kad labiausiai rinkai bus reikalingi šie specialistai (114 pav.):

- *Mašinų ir įrenginių operatoriai*. Šie specialistai įrengia, valdo ir prižiūri įvairias mašinas bei įrenginius. Tokie darbuotojai dažniausiai yra atsakingi už tai, kad mašinos gamintų aukštos kokybės produkciją, veiktų sklandžiai ir visu pajėgumu bei būtų tinkamai prižiūrimos.
- *Gamybos inžinerijos vadovai*. Darbuotojai planuoja ir kuria gamybos procesų tobulinimo metodus bei yra atsakingi už gamybos biudžeto, išteklių paskirstymo ar gamybos grafikų laikymosi užtikrinimą. Jie taip pat gali būti įtraukti į gamybos linijų infrastruktūros įrangos projektavimą ir inžineriją.
- *Gamybos technologai*. Šios profesijos atstovai dažniausiai yra atsakingi už gamybos procesų paleidimą, paruošiant gamybos įrenginius bei juos sukonfigūruojant. Į šių specialistų veiklos sritį taip pat įeina gamybos įrenginių ir procesų optimizavimas gamyboje, gamybos procesų planavimas, kontrolė ir stebėseną, taip pat veiklos procesų tobulinimo potencialo atpažinimas.
- *Procesų inžinieriai*. Profesijos atstovai yra atsakingi už gamybos procesų optimizavimą, siekiant sumažinti gamybos išlaidas ir palaikant reikiamą produkcijos kokybę bei dalyvauja renkant ir naudojant technologijas. Dažniausiai šie specialistai dirba įmonėse, kurios savo veiklą organizuoja serijinės ar nepertraukiamos gamybos principais.



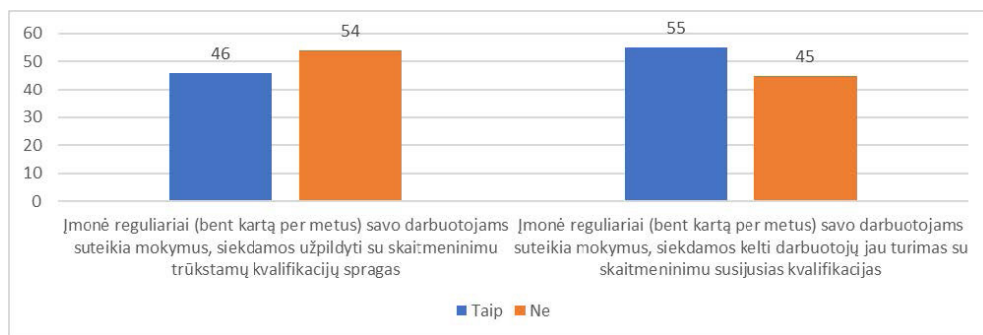
113 pav. Darbo jėgos trūkumas įmonėse (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.



114 pav. Darbuotojai, kurių trūksta pramonės įmonėms (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Darbuotojų kvalifikacijų kėlimo kontekste apie 2 / 3 apklausoje dalyvavusių įmonių pažymėjo, kad darbo jėgos kvalifikacijų kėlimo programos Lietuvoje yra nepatrauklios / neefektyvios (104 pav.).

Nepaisant neigiamo vertinimo, apie pusę apklausoje dalyvavusių įmonių reguliariai (bent kartą per metus) savo darbuotojams suteikia įvairius mokymus, siekdamos kelti darbuotojų kvalifikacijas, reikalingas skaitmeninimo kontekste ar siekiant užpildyti esamas spragas. Be to, 2022 m. apie 57 % įmonių planuoja didinti savo investicijas į darbuotojų kompetencijų plėtrą, darbuotojams suteikdamos mokymus, susijusius su skaitmeninių technologijų identifikavimu, diegimu ar naudojimu versle (115 pav.).



115 pav. Darbuotojų kvalifikacijų kėlimo iniciatyvų įgyvendinimas (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

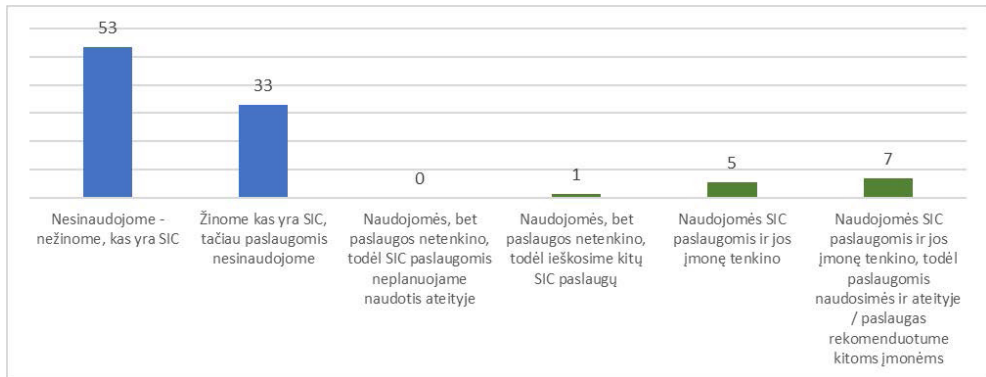
Skaitmeninės transformacijos ekosistema. Siekiant paskatinti apdirbamosios pramonės įmonių skaitmeninimą, šalyje būtina sukurti šiam procesui palankią eko-

sistemą, kurios rėmuose įmonės galėtų sąveikauti su kitais vertės kūrimo grandinės dalyviais, žinias kuriančiais ir telkiančiais veikėjais, verslo paramos organizacijomis ir pan. Bendradarbiavimas apdirbamosios pramonės įmonėms gali suteikti prieigą prie naujų žinių, kompetencijų ar infrastruktūros, kas šiuo metu yra ypač aktualu šalies įmonėms. Pavyzdžiui, pasinaudodami prieinamais įrenginiais bei kompetencijomis, verslai galėtų išbandyti įvairius technologinius procesus, pradėti bandomąją gamybą, testuoti skirtingų technologijų integravimo galimybes, kad įsitikintų galimų investicijų grąža ir potencialu.

Apklausoje dalyvavusios įmonės, skaitmeninę įmonių transformaciją skatinančią ir palaikančią ekosistemą vertina labiau neigiamai nei teigiamai. Atitinkamai 22 ir 43 % apklausoje dalyvavusių įmonių pažymi, kad nepakankama prieiga prie skaitmeninių technologijų testavimo infrastruktūros stipriai ir vidutiniškai trukdo įmonėms vykdyti bei įgyvendinti skaitmeninimo iniciatyvas. Be to, 24 ir 30 % įmonių teigė, kad bendradarbiavimo partnerių trūkumas taip pat stipriai ir vidutiniškai trikdo skaitmeninimo plėtrą įmonėse (112 pav. ir 113 pav.).

Skaitmeniniai inovacijų centrai (SIC) yra vieni iš pagrindinių skaitmeninimo ekosistemos veikėjų visoje ES, siekiant paskatinti verslo transformaciją. Vieno langelio principu veikiantys kompetencijų centrai, jungiantys skirtingas organizacijas (pvz., mokslo ir tyrimų institucijas, pramonės asociacijas, plėtros institucijas ir pan.), padeda verslams tapti konkurencingesniems gamybos procesų, produktų ar paslaugų srityse, naudojant skaitmenines technologijas.

Visgi, net 53 % apklausoje dalyvavusių įmonių teigė, kad per pastaruosius 3 metus nesinaudojo SIC paslaugomis ir apskritai nėra susipažinusios su šia koncepcija. Trečdalis apklausoje dalyvavusių įmonių teigė, kad žino, kas yra SIC, tačiau jų paslaugomis nesinaudojo (116 pav.). Tokie rezultatai iš principo atspindi 2020 m. antrąjoje pusėje „Ernst & Young“ organizacijos atlikto Lietuvoje veikiančių SIC vertinimo rezultatus. Šiame tyrime buvo akcentuojama, kad SIC vizija, misija ir aiški pozicija bendrame Lietuvos inovacijų ekosistemos kontekste yra šiek tiek miglota, todėl būtina detaliau apibrėžti šių institucijų vaidmenį ir išskirtinumą kitų organizacijų atžvilgiu. Be to, tyrime taip pat buvo teigiama, kad verslo bendruomenė yra nepakankamai informuota apie SIC, dėl ko jų matomumas versle yra nepakankamas. SIC turi savo praktikas ir veiklos metodus, bendraudami su verslu ir skatindami teikiamų paslaugų paklausą, tačiau, siekiant padidinti jų žinomumą, galimai reikia viešosios paramos, kad šie centrai būtų pristatyti kaip patikimi partneriai verslo bendruomenei. Tikėtina, kad šiuos iššūkius padės spręsti Europos skaitmeninių inovacijų centrų vystymasis, kurie sujungia jau esamus centrus bei specializuojasi skirtingose srityse, taip sukurdami daugiau aiškumo Lietuvoje veikiantiems apdirbamosios pramonės verslams.

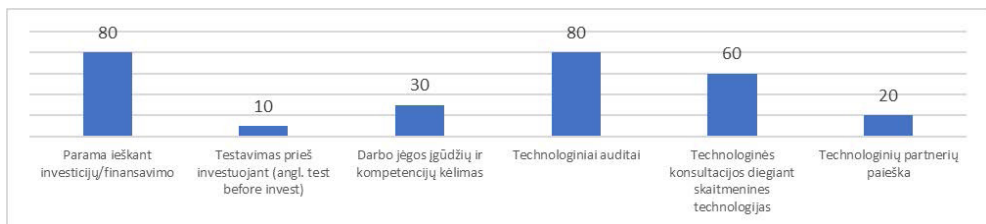


116 pav. Naudojimasis SIC paslaugomis (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Tarp apklausoje dalyvavusių įmonių tik 13 % per pastaruosius trejus metus naudojo SIC teikiamomis paslaugomis. Visgi, atsižvelgiant į tai, kad pramonės įmonės skaitmeninimo iniciatyvų finansavimą įvardija kaip vieną iš didžiausių iššūkių, nenuostabu, kad parama ieškant investicijų / finansavimo yra daugiausiai dėmesio sulaukusi SIC paslauga – ja naudojosi 80 % įmonių (117 pav.).

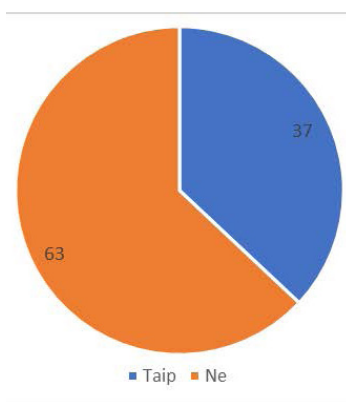
8 iš 10 apklausoje dalyvavusių įmonių taip pat naudojosi kita svarbia SIC teikiama paslauga – technologiniais auditais. Ši procedūra yra atliekama, siekiant išsiaiškinti įmonės galimybes diegti novatoriškus sprendimus bei veiklos sferas, kuriose turėtų būti pasiremta technologiniais sprendimais. Išsiaiškinus verslo poreikius, įmonėms taip pat suformuluojami technologiniai pasiūlymai. Šiame kontekste 6 iš 10 įmonių taip pat naudojosi technologinėmis konsultacijomis, kurių metu jos buvo lavinamos ir konsultuojamos apie diegiamas technologijas ir jų naudojimą.

Kitos SIC teikiamos paslaugos iš apklausoje dalyvavusių įmonių nesulaukia pakankamai dėmesio. Tik labai nedidelė dalis įmonių naudojosi testavimo prieš investuojant (angl. *test before invest*), darbuotojų kompetencijų kėlimo ar technologinių partnerių paieškos paslaugomis.



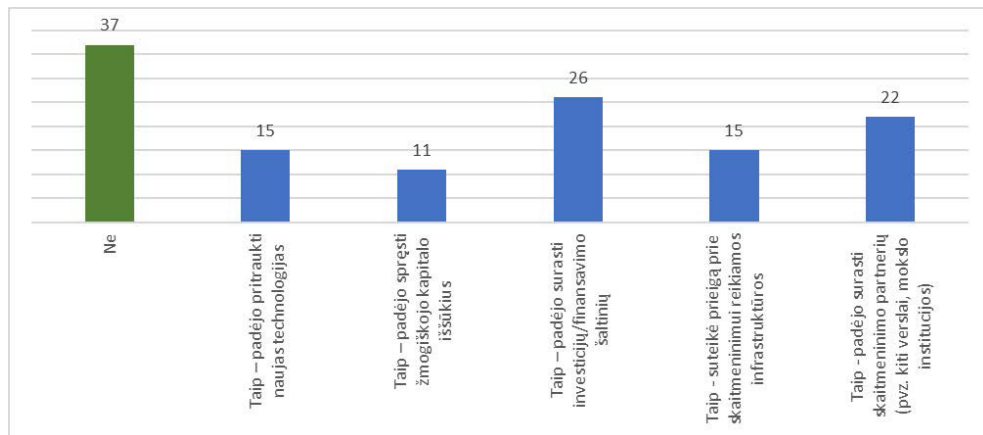
117 pav. SIC paslaugos, kuriomis naudojosi pramonės įmonės (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Klasteriai – tai dar viena organizacinė struktūra, galinti paskatinti pramonės įmonių skaitmeninę transformaciją. Su skaitmeninimu susijusių procesų kompleksiskumas, finansinė našta ar rizikos didina įmonių tinklų ir bendradarbiavimo vertę, kai norima sumažinti rizikas ir veiklos kaštus. Klasterių veikloje svarbų vaidmenį užima ir tokios institucijos, kaip universitetai, mokslinių tyrimų laboratorijos, konsultavimo ir techninių paslaugų teikėjai, kurie padeda pritraukti naujas technologijas, kvalifikuotus darbuotojus ar investicijas, sukuria mokymosi galimybes ir didina įmonių lankstumą (Žinių ekonomikos forumas, 2012). Iš apklausoje dalyvavusių įmonių beveik 40 % yra verslo klasterių nariai (118 pav.).



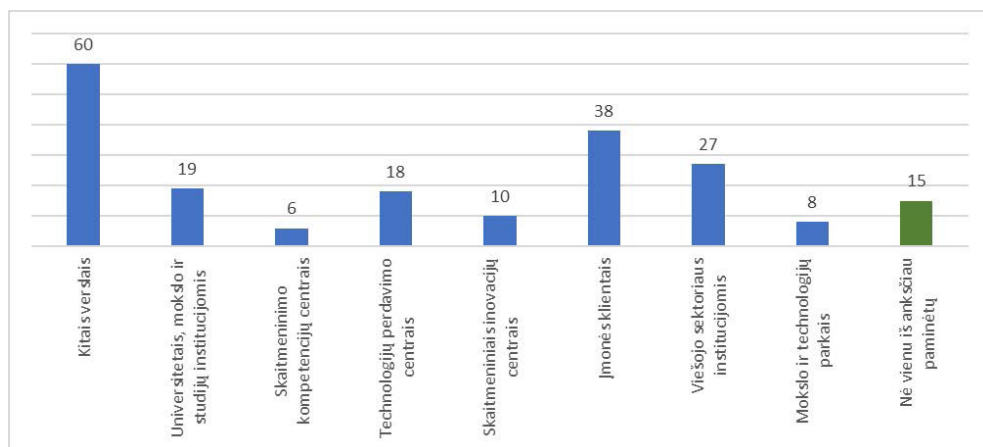
118 pav. Įmonių narystė klasteryje (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

26 % apklausoje dalyvavusių įmonių pažymėjo, kad buvimas klasterio nariu suteikia prieigą prie investicijų / finansavimo šaltinių, o 22 % teigė, kad klasteris padėjo surasti partnerių skaitmeninio iniciatyvoms įgyvendinti. Visgi, net 37 % klasterių narių teigia, kad buvimas tokios organizacijos dalimi neprisideda prie įmonės skaitmeninio lygio augimo (119 pav.).



119 pav. Kaip narystė klasteryje prisideda prie įmonių skaitmeninimo lygio augimo (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

SIC bei klasteriai yra formalizuotos struktūros, kurios į visumą sujungia skirtingus skaitmeninimo ekosistemos dalyvius. Visgi, verslai, siekdami įgyvendinti skaitmeninimo iniciatyvas, gali bendradarbiauti ir su pavieniais šios ekosistemos dalyviais. Per pastaruosius 3 metus daugiausiai apklausoje dalyvavusių įmonių bendradarbiavo su kitais verslais (60 %) bei įmonės klientais (38 %) (120 pav.), įgyvendindamos skaitmeninimo iniciatyvas.



120 pav. Skaitmeninimo ekosistemos dalyviai, su kuriais įmonės per pastaruosius 3 metus bendradarbiavo, įgyvendindamos skaitmeninimo iniciatyvas (%). Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos rezultatais.

Kiti skaitmeninimui įtaką darantys veiksniai. Likę skaitmeninimą neigiamai paveikti galintys veiksniai įmonių vertinami dvejopai (107 pav. ir 109 pav.). Įmonių skaitmeninimui įtaką galinčių padaryti vidinių veiksmų kontekste pramonės verslai mano, kad didžiausią neigiamą poveikį gali lemti skirtingų technologijų suderinamumo bei integracijos iššūkiai. Net 36 % apklausoje dalyvavusių verslų teigia, kad šis veiksnys stipriai trukdo įmonėms vykdyti ar įgyvendinti skaitmeninimo iniciatyvas, o 38 % ši veiksnį vertina kaip vidutinio stiprumo.

Įmonių skaitmeninimo strategijų neturėjimas, nors ir vertinamas šiek tiek palankiau, lyginant su integracijos bei suderinamumo iššūkiais, irgi vertinamas kaip rimtas iššūkis vykdant bei įgyvendinant skaitmeninimo veiklas. Atitinkamai 25 ir 28 % įmonių šią problemą įvardija kaip stipriai ir vidutiniškai trikdančią skaitmeninimo veiklas.

Analizuojant Lietuvos apdirbamosios pramonės sektorių yra pastebima, kad įmonėms vis dar trūksta žinių apie skaitmeninimui reikiamą įrangą bei jos optimalią integraciją, o tai lemia faktas, kad įmonės šalyje yra labai mažos ir dėl to neturi pakankamai žmogiškųjų ir finansinių resursų skaitmeninės transformacijos įgyvendinimui. Dėl kapitalo trūkumo įmonės dažnai yra nepasirengusios investuoti į skaitmenines technologijas, o kai investicijos yra daromos, dažnu atveju jos būna reaktyvios, o ne iš anksto suplanuotos pagal tam tikrą skaitmeninės transformacijos planą jau turimų technologijų ar žmogiškųjų resursų atžvilgiu. Be to, įmonėse dažnai trūksta žinių apie prieinamas technologijas, jų galimą panaudojimą ir integraciją su jau įmonėje įdiegtomis technologijomis.

Kiti du potencialūs vidiniai skaitmeninimo iniciatyvų įgyvendinimo trikdžiai, t. y. verslo modelių nesuderinamumas su skaitmeninėmis technologijomis bei skirtingi įmonės plėtros prioritetai, apklausoje dalyvavusių įmonių vertinimu, nesudaro reikšmingų trikdžių.

Sisteminiai veiksniai apklausoje dalyvavusių įmonių buvo įvertinti skirtingai. 26 % įmonių teigė, kad šiuo metu Lietuvoje egzistuojanti *Reguliacinė / teisinė aplinka* netrikdo įmonių skaitmeninimo iniciatyvų, o 41 % įmonių teigė, kad šio veiksnio įtaka yra silpna. Priešinga situacija susidarė analizuojant *Ekonominės / politinės situacijos* įtaką. Nepaisant to, kad pramonės įmonės 2022 m. tikisi didinti investicijas į skaitmeninę transformaciją, anksčiau aptarti įvykiai, tokie kaip karas Ukrainoje, infliacijos šuolis, sutrikusios tiekimo grandinės ir pan., trikdydys dalies apdirbamosios pramonės įmonių skaitmeninimo veiklas. 29 % apklausoje dalyvavusių įmonių teigia, kad tai turės stiprų neigiamą poveikį, o 38 % – kad ekonominė / politinė situacija skaitmeninimo iniciatyvas paveiks vidutiniškai stipriai.

3.6.3. Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas 2022 m.

Lietuvos rezultatas pagal *Suminį pramonės skaitmeninimo indeksą* yra 34,7 balo. Faktinis Lietuvos pramonės skaitmeninimo lygis ES kontekste yra vidutiniškas, o skaitmeninimui palanki ekosistema šiuo metu vis dar nėra iki galo išplėtotą. Visgi, nepaisant įvairių iššūkių, su kuriais šiuo metu susiduria pramonės įmonės, jų skaitmeninimo lūkesčiai yra labai pozityvūs: pramonės verslai nuosaikiai įgyvens skaitmeninimo iniciatyvas, o jų apimtys bus didesnės, lyginant su 2021 m.

28 lentelė. Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas

Indeksas	Vertė	Reikšmė	Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas
PSI	31.8	Vidutinis pramonės skaitmeninimo lygis	34.7
PSLI	73	Pozityvios tendencijos	

Šaltinis: sudaryta autorių.

Pagal prieinamus duomenis Lietuva šiuo metu nuo ES atsilieka pagal tokias technologines sritis, kaip didžiųjų duomenų analitika, 3D spausdinimas ir robotika. Pagal pastarąją kategoriją Lietuva užima ypač žemą vietą, o tai yra nulemta žemo industrinių robotų naudojimo lygio: šalies pramonė tarp 27 ES valstybių užima tik 20–22 vietas. Nepaisant to, Lietuvos pramonės įmonės naudoja daugiau debesų kompiuterijos, daiktų interneto bei dirbtinio intelekto sprendimų, lyginant su ES rezultatais. Gerus rezultatus Lietuva taip pat pasiekusi tokiose srityse kaip vidinių procesų integracija ar integracija su tiekėjais / klientais, e. prekyba.

Atsižvelgiant į įmonių lūkesčius, šalies pramonės verslai 2022 m., lyginant su 2021 m., planuoja skirti daugiau dėmesio skirtingų technologinių sprendimų diegimui versle. Apklausoje dalyvavusios įmonės didins skaitmeninimui skiriamą finansavimą, o reikšmingo augimo galima tikėtis robotikos srityje. 2021 m. į šią technologinę sritį investavo apie trečdalis įmonių, o 2022 m. plėtrą šioje srityje planuoja daugiau nei pusė apklausoje dalyvavusių įmonių. Kitose srityse augimas taip pat yra numatomas, tačiau augimo tempai turėtų būti mažesni. Apklausoje dalyvavusios įmonės planuoja didinti investicijas į didžiųjų duomenų analitiką, 3D spausdinimo technologijas, daiktų internetą ar dirbtinį intelektą. Visgi, 2021 m. į šias sritis investavo tik apie 1–2 įmones iš 10, o 2022 m. į šias sritis investicijas didins tokia pati dalis įmonių.

Žmogiškojo kapitalo srityje Lietuvos pozicija šiuo metu yra gana prasta, lyginant su kitomis ES šalimis. Nepaisant struktūrinių darbo rinkos iššūkių, pramonės įmonės planuoja didinti įvairių su darbo jėga susijusių iniciatyvų apimtį, pvz., įdarbinti naujus darbuotojus ar kelti jau esamos darbo jėgos kompetencijas, kurios yra reikalingos pramonės skaitmeninimui.

Iki šiol Lietuva nuo Bendrijos rezultatų taip pat atsilieka pagal įvairius rodiklius, matuojančius verslo bendradarbiavimą su įvairiais skaitmeninimą paskatinti galinčiais ekosistemos dalyviais. Kartu su augančiomis skaitmeninės transformacijos apimtimis, įmonės taip pat planuoja plėsti savo veiklas ir šioje srityje.

Apibendriname: Lietuvos pramonės įmonės, nepaisant įvairių trikdžių, tokių kaip finansiniai sunkumai, infliacija, energetinių išteklių prieinamumas, tiekimo grandinių trikdžiai bei žmogiškojo kapitalo trūkumas, toliau plėtos skaitmeninės transformacijos projektus. Skaitmeninimas šiame kontekste yra suvokiamas kaip būtinybė, siekiant toliau išlaikyti verslų konkurencingumą ir sušvelninti esamų iššūkių poveikį. Visgi, ar Lietuva pagerins savo skaitmeninimo pozicijas, priklauso ir nuo kitų ES šalių: norint jas aplenkti netolimoje ateityje, augimo tempai Lietuvoje privalo būti ženkliai didesni, lyginant su kitomis valstybėmis. Be to, siekiant paspartinti pramonės transformaciją, būtina šalinti įvairius sisteminius trikdžius, kurie šiuo metu vis dar neleidžia pasiekti optimalaus pramonės skaitmeninės transformacijos lygio.

3.6.4. Svarbiausios išvados ir rekomendacijos

Atsižvelgiant į Pramonės skaitmeninimo indekso rezultatus ir pramonės įmonių apklausos rezultatus, galima daryti šias išvadas (29 ir 30 lentelės).

29 lentelė. Įgalinanti aplinka – apibendrinimas

	Įgūdžiai	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
Įgalinanti aplinka	1. Pagal <i>Įgūdžių</i> kategoriją Lietuva atsilieka nuo ES rezultato; 2. Lietuvos pramonės įmonės ES lygiu įdarbina mažai aukštųjų technologijų ar IRT specialistų. Tai lemia, kad įmonėse nėra pakankamai kvalifikuotų darbuotojų, kurie gebėtų identifikuoti bei diegti skaitmenines technologijas ar jas pritaikyti įgyvendinant įmonės funkcijas; 3. Pramonės įmonės Lietuvoje teikia mažiau IRT mokymų savo darbuotojams, lyginant su ES. Įmonių vertinimu, darbo jėgos kvalifikacijų kėlimo programos šalyje yra nepatrauklios / neefektyvios; 4. Nuo Bendrijos rezultatų Lietuva atsilieka pagal STEM absolventų kiekį. Įmonės pažymi, kad studijų institucijos šalyje neparengia pakankamai kvalifikuotų su skaitmeninimu susijusių specialistų; 5. Lietuvos pramonė turi daug laisvų darbo vietų. Įmonės galėtų įdarbinti naujų su skaitmeninimu susijusių specialistų, kadangi šis procesas reikalauja naujų žinių įmonėse, tačiau šiuo metu darbo rinkoje jų trūksta.	– Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18); – Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23); – Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25); – Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30).

Igalinanti aplinka	Bendradarbiavimas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Lietuvos įmonės yra linkusios mažiau bendradarbiauti su skaitmeninio ekosistemos dalyviais. Tai ypač pastebima, analizuojant bendradarbiavimo rezultatus su: a. konsultantais ar komercinėmis laboratorijomis; b. universitetais ir kitomis aukštojo mokslo institucijomis; c. valdžia, viešais ar privačiais tyrimų institutais; 2. Pramonės įmonės Lietuvoje vis dar iki galo neišnaudoja SIC teikiamų paslaugų. Dalis įmonių žino, kas yra SIC, tačiau paslaugomis nesinaudoja. Kita dalis įmonių pažymi, kad nežino, kas yra SIC, ir nesinaudoja jų paslaugomis (tikėtina, kad dalis tokių įmonių galimai bendradarbiavo su SIC, tačiau juos suvokė kaip technologijų parkus, kompetencijų centrus ar kitokio tipo organizacijas); 3. Lietuvoje taip pat yra neišnaudojamas klasterių potencialas: įmonių vertinimu tokio tipo struktūros neprisideda prie jų skaitmeninio lygio augimo; 4. Pramonės įmonės Lietuvoje, įgyvendindamos skaitmeninio iniciatyvas, daugiausiai yra linkusios bendradarbiauti su kitais verslais ar klientais.	– Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15); – Medienos ir medienos bei kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos; dirbinių iš šiaudų ir pynimo medžiagų; popierius ir popieriaus gaminių; įrašytų laikmenų spausdinimo ir atgaminimo sektorius (C16-18); – Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22); – Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30).

	Investavimas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
Igalinanti aplinka	1. Investicijų srityje Lietuvos pramonė labai stipriai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų ir pirmaujančiųjų šalių; 2. Lietuvos įmonės santykinai mažai investuoja į mašinas ir įrenginius, programinę įrangą, inovacijas; 3. Žvelgiant į ateities perspektyvas, įmonės pradeda vis prasčiau vertinti savo finansinę situaciją; 4. Įmonių investicijas į skaitmeninimą riboja tam tikri veiksniai: a. prieiga prie išorinio finansavimo šaltinių; b. sunkumai pasinaudoti valstybės dotacijomis ar subsidijomis; c. technologijų kaina; 5. Įmonių investicijas į skaitmenines technologijas taip pat trikdo skaitmeninimo strategijų neturėjimas, kas lemia tai, jog skaitmeninimo iniciatyvos dažnu atveju yra įgyvendinamos reaktyviai, o ne pagal iš anksto numatytą planą; 6. Dalis įmonių teigia, kad šalyje yra nepakankama prieiga prie skaitmeninių technologijų testavimo infrastruktūros, todėl įmonėms sunku spręsti tokius klausimus, kaip skirtingų technologijų suderinamumas ar investicinė grąža; 7. Investicijas į skaitmenines technologijas įmonės pirmiausiai sieja su didėjančiomis gamybos apimtėmis ar didesniu efektyvumu. Visgi, įmonės skaitmeninės transformacijos šiuo metu vis dar nesieja su galimybe mažinti įmonės neigiamą poveikį aplinkai ir „žalėjimu“.	– Visi apdirbamosios pramonės sektoriai.

	Inovacijų diegimas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
Igalinanti aplinka	1. Inovacijų diegimo srityje Lietuvos pramonė minimaliai nusileidžia ES rezultatui; 2. Lietuvos įmonės didelį dėmesį skiria inovacijų diegimui prekių gamybos ir paslaugų teikimo srityse, tačiau atsilieka pagal tokias kategorijas, kaip: a. inovacijos organizuojant procedūras ar išorinius ryšius; b. inovacijos darbo atsakomybių, sprendimų priėmimo ar žmogiškųjų išteklių valdymo srityse; c. logistikos inovacijos; d. inovacijos informacijos apdorojimo ir komunikacijos srityse.	– Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15); – Naftos, chemijos, farmacijos, gumos ir plastiko gaminių gamybos sektorius (C19-22); – Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25); – Variklinių transporto priemonių, prikabų ir pusprikabų, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30); – Baldų, kitos gamybos ir mašinų bei įrangos remontavimo ir montavimo sektorius (C31-33).
	Ryšių infrastruktūra ir paslaugos	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
Igalinanti aplinka	1. Lietuva pagal ryšių infrastruktūros ir paslaugų kategoriją yra tarp ES autsai-derių; 2. Gerą rezultatą Lietuva yra pasiekusi pagal plačiajuosčio ryšio skverbtį pramonės įmonėse. Visgi, šalis reikšmingai atsi-lieka pagal 5G ryšio plėtrą, prieigą prie skaitmeninės infrastuktūros bei ryšių tarp mašinų rodiklius.	– Trūksta duomenų apie atskirus apdir- bamosios pramonės sektorius.

Šaltinis: sudaryta autorių.

30 lentelė. Technologijų naudojimas – apibendrinimas

Technologijų naudojimas	1. Apibendrinimas pagal atskirus rodiklius	
	Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Lietuvos pramonės įmonės atitinka ES lygį, analizuojant pagal naudojimą technologijų, kurios įgalina dalijimąsi informacija įmonės viduje; 2. Visgi, lyginant su ES, Lietuvos įmonės naudoja daugiau programinės įrangos sprendimų valdyti ryšiams su klientais (pvz., CRM), tačiau atsilieka pagal įmonės išteklių planavimo (ERP) įrangos naudojimą.	– Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18); – Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33).
	Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Pagal šią technologinę kategoriją Lietuva užima antrą vietą tarp ES valstybių; 2. Lietuvos įmonės nuo ES vidurkio atsilieka tik pagal rodiklį, matuojantį kiek įmonių siunčia elektronines sąskaitas faktūras, tinkamas automatizuotam apdorojimui (visgi, jei iš skaičiavimų yra pašalinamos dvi valstybės, kurios stipriai išsiskiria iš kitų valstybių, Lietuva atitinka ES vidurkį).	– Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25); – Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30).
	Debesų kompiuterija	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Debesų kompiuterijos srityje Lietuva neženkiai lenkia ES rezultatus, tačiau stipriai atsilieka nuo Bendrijoje pirmaujančių valstybių; 2. Daugiau Lietuvos pramonės įmonių, lyginant su ES, perka debesų kompiuterijos infrastruktūros bei platformos paslaugas, tačiau atsilieka pagal debesų kompiuterijos programinės įrangos pirkimus.	– Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12); – Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28).

Technologijų naudojimas	Didieji duomenys	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Pagal didžiųjų duomenų analitiką Lietuva neženkliai atsilieka nuo Bendrijos rezultatų ir rikiuojasi ES viduryje; 2. Lyginant su ES, daugiau Lietuvos pramonės įmonių analizuoja didžiuosius duomenis, naudojant skirtingus analizės metodus, tačiau atsilieka pagal duomenų, surinktų iš išmaniųjų įrenginių ir sensorių, analizę.	– Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25); – Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26).
	3D spausdinimas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Lietuvos įmonės 3D spausdinimo technologijas naudoja mažesnėmis apimtimis nei ES; 2. Svarbu tai, kad ES kontekste daugiau Lietuvos įmonių naudoja nuosavus 3D spausdintuvus; 3. Visgi, pagal jų panaudojimą Lietuva šiuo metu atsilieka nuo ES rezultatų. Mažiau įmonių Lietuvoje naudoja technologijas gaminti prekėms, prototipams ar modeliams, kurie būtų parduodami ar naudojami įmonės viduje.	– Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23); – Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25); – Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33); – Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28); – Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30).

Technologijų naudojimas	Robotika	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Pagal robotų naudojimą Lietuvos pramonė reikšmingai atsilieka tiek nuo pirmaujančiųjų valstybių, tiek ir nuo Bendrijos rezultato; 2. Lietuvos pramonė labai stipriai atsilieka pagal industrinių robotų panaudojimą, atsilikimas yra pastebimas ir paslaugų robotų srityje.	Pagal abi robotikos kategorijas atsilieka šie sektoriai: – Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12); – Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25); – Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30); – Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33). Pagal industrinių robotų naudojimą taip pat atsilieka šie sektoriai: – Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18); – Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23); – Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28).

Technologijų naudojimas	Daiktų internetas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Daiktų interneto panaudojimo srityje Lietuvos pramonė nežymiai lenkia ES pramonę; 2. Svarbu tai, kad Lietuvos pramonė ES lenkia pagal daiktų interneto panaudojimą, kad stebėtų ir automatizuotų gamybos procesus, valdytų logistiką bei stebėtų produkcijos judėjimą; 3. Progresas Lietuvos pramonėje yra ypač reikalingas dviejose srityse: a. judėjimo arba priežiūros jutiklių panaudojimas, siekiant stebėti transporto priemonių ar gaminių judėjimą, įgyvendinti priežiūrą atsižvelgiant į būklę; b. jutiklių, RFID ar IP žymų arba internetu valdomų kamerų naudojimas, siekiant pagerinti klientų aptarnavimą, stebėti klientų veiklą arba pasiūlyti jiems individualizuotą patirtį.	Sektoriai, kurie atsilieka pagal daiktų interneto naudojimą gamyboje ir dar bent vienoje srityje: – Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15); – Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18); – Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28); Sektoriai, kurie atsilieka pagal dvi daiktų interneto kategorijas: – Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26); – Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33).
	Dirbtinis intelektas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Dirbtinio intelekto panaudojimo atžvilgiu Lietuva lenkia ES rezultatai; 2. Vienoda dalis įmonių tiek Lietuvoje, tiek ir ES naudoja DI technologijas gamybos procesuose, tačiau daugiau įmonių Lietuvoje naudoja bent 1 DI sistemą.	Sektoriai, kurie atsilieka pagal abu rodiklius: – Variklinių transporto priemonių, priekabų ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30). Sektoriai, kurie atsilieka pagal DI naudojimą gamybos procesuose: – Gėrimų, maisto ir tabako gaminių gamybos sektorius (C10-12); – Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23); – Kompiuterių, elektronikos ir optikos gaminių gamybos sektorius (C26).

Technologijų naudojimas	Elektroninė prekyba	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. E. prekybos srityje Lietuva lenkia ES rezultatą; 2. Daugiau pramonės įmonių Lietuvoje teigė turėjusios pirkimų internetu, lyginant su tomis, kurios teigė, kad turėjo e. prekybos pardavimų. Visgi, pagal pirkimus Lietuvos pramonės įmonės atsilieka nuo Bendrijos rezultatų, kai tuo tarpu pagal pardavimus Lietuvos rezultatas yra geresnis.	– Nė vienas sektorius neatsilieka nuo Bendrijos rezultatų pagal abu matuojamus rodiklius.
	Interneto naudojimas ir saugumas	
	Pramonės situacija / iššūkiai	Specifiniai sektoriai
	1. Interneto naudojimo ir saugumo kategorijoje Lietuva nusileidžia Bendrijos rezultatams; 2. Žemą Lietuvos rezultatą lemia tai, kad: a. įmonių, kurios naudoja bet kokias IRT saugumo priemones, dalis yra vienoda tiek Lietuvoje, tiek ir ES; b. Lietuva stipriai atsilieka pagal įmonių kiekį, kurios įdarbina asmenis, kuriems suteikia nešiojamuosius įrenginius, leidžiančius prisijungti prie interneto.	– Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23).
	2. Apibendrinimas pagal atskiras agreguotas technologines sritis	
	Apdirbamosios pramonės sektorius	Technologinė sritis
	Maisto, gėrimų ir tabako sektorius (C10-12)	– Robotika; – E. prekyba; – Interneto naudojimas ir saugumas.
	Tekstilės, drabužių, odos ir susijusių gaminių gamybos sektorius (C13-15)	– 3D spausdinimas; – Daiktų internetas; – Dirbtinis intelektas.
	Medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektorius (C16-18)	– Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje; – Didieji duomenys; – 3D spausdinimas; – Robotika; – Daiktų internetas; – Interneto naudojimas ir saugumas.

Technologijų naudojimas	Kokso, rafinuotos naftos, chemijos ir pagrindinių farmacijos produktų, gumos ir plastikų, kitų nemetalinių mineralinių produktų gamybos sektorius (C19-23)	– 3D spausdinimas; – Robotika; – Elektroninė prekyba; – Interneto naudojimas ir saugumas.
	Pagrindinių metalų ir metalo gaminių, išskyrus mašinas ir įrangą, gamybos sektorius (C24-25)	– Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje; – Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas; – Didieji duomenys; – 3D spausdinimas; – Robotika; – Dirbtinis intelektas.
	Kompiuterinių, elektroninių ir optinių gaminių gamybos sektorius (C26)	– Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas; – Didieji duomenys; – Dirbtinis intelektas; – Interneto naudojimas ir saugumas.
	Niekur kitur nepriskirtos elektros įrangos, mašinų ir įrangos gamybos sektorius (C27-28)	– Debesų kompiuterija; – Didieji duomenys; – 3D spausdinimas; – Robotika; – Daiktų internetas.
	Variklinių transporto priemonių, priekabių ir puspriekabių, kitos transporto įrangos gamybos sektorius (C29-30)	– Integracija su tiekėjais / klientais, tiekimo grandinės valdymas; – Didieji duomenys; – 3D spausdinimas; – Robotika; – Daiktų internetas; – Dirbtinis intelektas; – Interneto naudojimas ir saugumas.
	Baldų gamybos ir kitos gamybos, mašinų ir įrangos remonto ir įrengimo sektorius (C31-33)	– Dalijimasis informacija elektroniniu būdu įmonės viduje; – Debesų kompiuterija; – Didieji duomenys; – 3D spausdinimas; – Robotika; – Daiktų internetas; – Interneto naudojimas ir saugumas.

Šaltinis: sudaryta autorių.

Ivertinus su skaitmeninimu susijusių procesų raišką pramonėje ir Lietuvos pramonės įmonių lūkesčius, išskirtinos šios rekomendacijos pagal viešosios intervencijos kryptis, siekiant didinti šalies pramonės skaitmeninės transformacijos apimtį ir efektyvumą:

1. *Intervencijos kryptis – žmogiškojo kapitalo plėtra:*

- Skatinti įmones investuoti į skaitmeninių kompetencijų didinimą jose:
 - plėtoti ir efektyvinti finansines paramos priemones, skirtas skatinti darbuotojų mokymus, kvalifikacijų kėlimą ar perkvalifikavimą skaitmeninių technologijų taikymo, diegimo ir naudojimo kontekste;
 - sukurti mokestinę paskatų sistemą, skatinančią pramonės įmones investuoti į darbuotojų mokymo ir perkvalifikavimo programas, sietinas su skaitmeninių technologijų taikymu, diegimu ir naudojimu;
 - plėtoti ir efektyvinti konsultavimo paslaugas, susijusias su skaitmeninių kompetencijų didinimu įmonėse.
 - Skatinti skaitmeninių kompetencijų formavimui reikalingų mokymo programų pasiūlą ir kokybę:
 - peržiūrėti darbuotojų mokymų, kvalifikacijų kėlimo ir perkvalifikavimo politiką įgyvendinančių priemonių turinį, prioritetą teikiant iniciatyvoms, formuojančioms skaitmeninių technologijų taikymui, diegimui ir naudojimui reikalingas kompetencijas;
 - kurti naujas studijų programas / adaptuoti jau esamas, kad šios geriau atitiktų pramonės poreikius procesų skaitmeninimo kontekste;
 - peržiūrėti profesinio orientavimo politikos priemones, siekiant mokinius supažindinti su STEM disciplinomis ir pritraukti juos į su procesų skaitmeninimu susijusias studijų programas;
 - kelti dėstytojų ir mokytojų kompetencijas bei atnaujinti studijų institucijose mokymo procesui reikiamą infrastruktūrą, atsižvelgiant į nuolatinę skaitmeninę technologinę pažangą.
 - Skatinti skaitmeninių kompetencijų pritraukimą iš užsienio. Parengti ir įgyvendinti programas, skatinančias sugrįžti Lietuvos piliečius ar pritraukti į Lietuvą užsieniečius, turinčius kompetencijų skaitmeninių technologijų kūrimo, diegimo ir taikymo pramonės skaitmeninimo srityje bei pritraukti užsienio studentus studijuoti su pramonės skaitmeninimu susijusias programas, su galimybe po studijų likti dirbti pramonės įmonėse.
2. *Intervencijos kryptis – viešoji parama verslo procesų skaitmeninimui:*
- Skatinti skaitmeninių technologinių pasiūlą. Remti įmonių ir / arba mokslo ir studijų institucijų MTEP projektus, kurių metu kuriamos skaitmeninės technologijos.

- Skatinti skaitmeninių technologijų paklausą, didinant finansinių paramos priemonių prieinamumą ir efektyvumą:
 - sumažinti su skaitmeninimu susijusių viešųjų paramos priemonių naudojimosi administracinę naštą, pvz., dokumentų pateikimo ar atsiskaitymo už projektą formalumus, paraiškų vertinimo tvarką ir pan., prioritetą teikiant poveikio rodiklių pasiekimui;
 - viešųjų paramos priemonių aprašymuose numatyti jų tikslus, remiamas veiklas, reikalavimus pareiškėjams, vertinimo kriterijus ir pan., kad jie tiksliau atliktų pramonės realijas ir poreikius, atsižvelgiant į pramonės skaitmeninės transformacijos iššūkius – didinti verslo efektyvumą (darbo našumą ir kuriamą pridėtinę vertę);
 - Išplėtoti viešųjų paslaugų sistemą, įgalinančią pramonės įmones atlikti skaitmeninius auditus, reikalingus priimti sprendimus dėl atitinkamų skaitmeninių technologijų diegimo pagrįstumo.
 - Didinti integraciją į tarptautines vertės kūrimo grandines, grįstas skaitmeninių technologijų kūrimu ir / arba taikymu:
 - plėtoti ir efektyvinti konsultavimo paslaugas, susijusias su skaitmeninimo partnerių ir technologijų paieška;
 - skatinti pramonės įmonių įsitraukimą į klasterius, kurių veiklos efektyvumas grindžiamas technologine simbioze (tarp jų ir plačių skaitmeninių technologijų naudojimu);
 - skatinti Lietuvos pramonės įmonių įsitraukimą į tarptautines iniciatyvas, klasterius, MTEPI programas, skatinančias skaitmeninių technologijų kūrimą, diegimą ir taikymą.
 - Didinti skaitmenizavimo generuojamą multiplikacinį efektą, prioritetą teikiant:
 - skaitmeninimo technologijų, kurios lygiagrečiai prisideda prie neigiamo poveikio aplinkai mažinimo, diegimui;
 - vidutiniškai aukštųjų ir aukštųjų technologijų sektorių plėtrai.
 - Sistemingai vykdyti pramonės skaitmeninimo procesų stebėseną ir vertinimą, kasmet nustatant suminį pramonės skaitmeninimo indeksą, bei juo remiantis sugeneruoti išvadas ir rekomendacijas.
 - Stiprinti Lietuvos pramonės įmonių pasirengimą kibernetinio saugumo srityje, įmones supažindinant su kibernetinio saugumo iššūkiais bei skatinant kibernetinio saugumo priemonių diegimą versle.
3. *Intervencijos kryptis – skaitmeninė infrastruktūra:*
- Atverti viešuosius duomenis, reikalingus skaitmeninių technologijų kūrimui ir funkcionavimui;

- Plėtoti viešąją skaitmeninę infrastruktūrą ir viešąsias skaitmenines paslaugas (ESIC, SIC, MTP ir kt.);
- Plėtoti pramonės įmonėms prieinamos testavimo infrastruktūros (angl. *test before invest*) ir bandomosios gamybos tinklą;
- Plėsti 5G ryšio tinklą;
- Sukurti skaitmeninių technologijų taikymo prioritetiniuose pramonės sektoriuose demonstravimo sistemą „*Demo Digital Factory*“, suteikiančią galimybę kitoms atitinkamose sektoriuose veikiančioms įmonėms vizualiai susipažinti su skaitmeninių technologijų taikymo privalumais.

4.

KLASTERIZACIJOS PROCESŲ DINAMIKOS LIETUVOJE VERTINIMAS

2016–2020 m. laikotarpiu vykusio tyrimo metu Lietuvoje nebuvo ir šiuo metu nėra bendros klasterių identifikavimo ar registravimo sistemos, todėl tiriamuoju metu buvo sudėtinga įvertinti tikrą jų skaičių. Klasteriai buvo identifikuoti arba pagal jų savanorišką dalyvavimą MITA ir Lietuvos inovacijų centro (LIC) organizuojamose veiklose ir / arba pagal jų pateikiamas paraiškas finansavimui gauti.

2016 metais Lietuvoje buvo identifikuoti 75 klasteriai, tačiau 2017 metais 11 iš jų konstatavo nutraukę savo veiklą. Taigi, tyrimo metu Lietuvoje buvo identifikuoti 64 klasteriai, tačiau tyrimo vykdymo metu su 16 iš jų nepavyko susisiekti. Dar 7 klasteriai tvirtino vykdančys veiklą, tačiau informacijos apie save nepatiksino. Iš viso 2017 m. tyrimo tiriamoji imtis buvo 48 klasteriai ($N = 48$). Klasterių koordinatorių apklausos anketą užpildė 32 ($n = 32$) klasterių atstovai. Tai sudarė 67 proc. tiriamosios imties. Apklausą vyko 2017 metų rugpjūčio 16–31 dienomis.

2019 metais, MITA duomenimis, Lietuvoje buvo identifikuojami 57 klasteriai, tačiau vykdant klasterių koordinatorių apklausą 2 klasteriai pranešė, kad veiklos nebevykdo, 5 klasterių koordinatoriai atsisakė pildyti anketą. Iš viso tyrimo tiriamoji imtis buvo 50 klasterių ($N = 50$). Klasterių koordinatorių apklausos anketą užpildė 33 ($n = 33$) klasterių atstovai. Tai sudarė 67 proc. tiriamosios imties. Apklausą vyko 2019 metų birželio 10–rugpjūčio 12 dienomis.

2020 metais, MITA duomenimis, Lietuvoje buvo identifikuojami 49 klasteriai, tačiau anketą užpildė 28 ($n = 28$) klasterių koordinatoriai. Tai sudaro 57 proc. tiriamosios imties. Apklausą vyko 2021 metų birželio 15–rugpjūčio 15 dienomis.

Anketa, skirta 2021 m. laikotarpiui, buvo sudaryta iš keturių pagrindinių dalių: pirmoji dalis skiriama bendrosioms klasterių charakteristikoms nustatyti,

pavyzdžiui: klasterio pavadinimas, įsitraukimas į tarptautinius tinklus, bendrų veiklų vykdymas, klasterio organizacinės struktūros pokyčiai, apimant darbuotojus ir jų pareigybės, antra anketos dalis skiriama klasterio organizacijos verslo modelio inovacijoms identifikuoti, trečia dalis – verslo procesų skaitmeninimo galimybėms nustatyti ir ketvirtoji dalis – žiedinės ekonomikos poveikiui klasteriams įvertinti.

Tyrimo apribojimai. Analizės metu statistiniai duomenys apie 2020 m. įmonių veiklos rezultatus nebuvo prieinami nei LR Statistikos departamento duomenų bazėje, nei *rekvizitai.lt* portale dėl COVID-19 pandemijos sukeltų ribojimų, todėl į statistinių duomenų analizę nebuvo galimybės įtraukti palyginamosios 2020 m. analizės. Kitas ribotumas: apklausos buvo vykdytos atostogų laikotarpiu (birželio-rugpjūčio mėn.), kada yra mažesnis respondentų aktyvumas. Klasterių motyvacijos stoką dalyvauti apklausoje taip pat galima įvardyti, kaip tyrimo ribotumą.

4.1. Klasterių veiklos Lietuvoje sektorinė ir geografinė aprėptis

Šiame poskyryje bus nagrinėjami klasterių veiklos sektoriai, geografinė aprėptis, klasterių bendrų veiklų vykdymas ir jų įsitraukimas į tarptautinius tinklus, naudojantis klasterių koordinatorių apklausos rezultatų duomenimis (2017 m. apklausoje dalyvavo 32 klasterių atstovai respondentai; 2019 m. – 33 klasterių atstovai respondentai; 2020 m. – 28 klasterių atstovai respondentai).

Klasterių geografinė aprėptis analizuojama, pasitelkus Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros (nuo 2022 m. gegužės 1 d. – Inovacijų agentūros dalis) pateiktus duomenis.

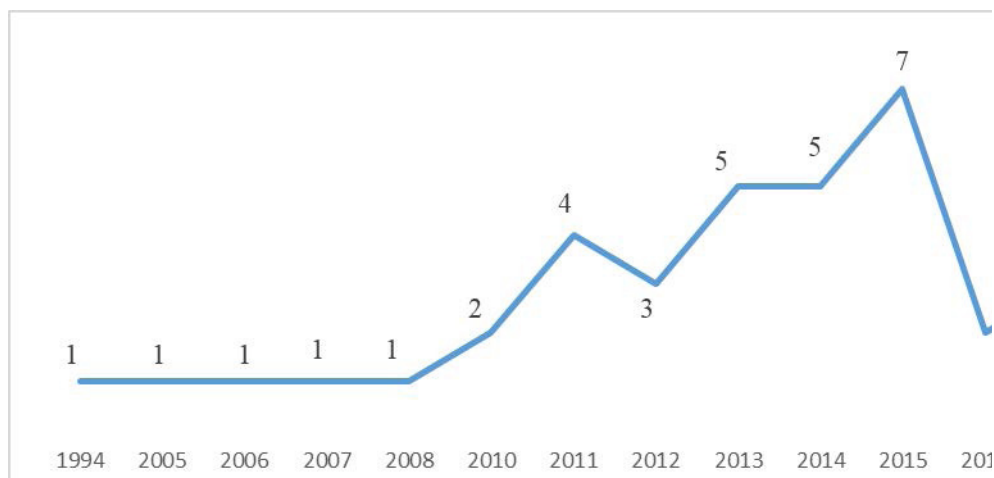
Kaip matyti 129 paveiksle, apklausoje dalyvavusiųjų klasterių atstovų nurodė, kad daugiausiai klasterių buvo įkurti laikotarpiu nuo 2010 iki 2017 metų, didžiausią kūrimosi piką pasiekiant 2015 metais.

Per antrąją apklausą, vykusią nuo 2018 m. pabaigos iki 2019 m. gegužės 1 d., 2019 m. gegužės 1 dieną buvo identifikuoti 57 klasteriai, kurie vienijo 777 narius. Iš 777 klasterių narių 16 narių nebuvo galima nustatyti veiklos vietovės, pasitelkiant antrinius šaltinius (dažnu atveju tai fiziniai asmenys, užsiimantys individualia veikla ar užsienyje registruotos įmonės). 2021 m. svetainėje *klaster.lt* buvo užsiregistravę 49 koordinatoriai. Klasterių skaičiaus mažėjimą trijų metų laikotarpiu lėmė klasterių jungimasis į stambesnius vienetus. Klasterių veiklose dalyvaujančios įmonės, 2019 m. duomenimis, dažniausiai veikė apdirbamosios gamybos sektoriuje (152 įmonės), informacinių ryšių (117 įmonių), profesinės, mokslinės ir techninės veiklos

(101 įmonė) bei švietimo sektoriuose (68 įmonės). Po vieną įmonę veikė kasybos ir karjerų eksploatavimo bei finansų ir draudimo veiklos sektoriuose (žr. 121 pav.).

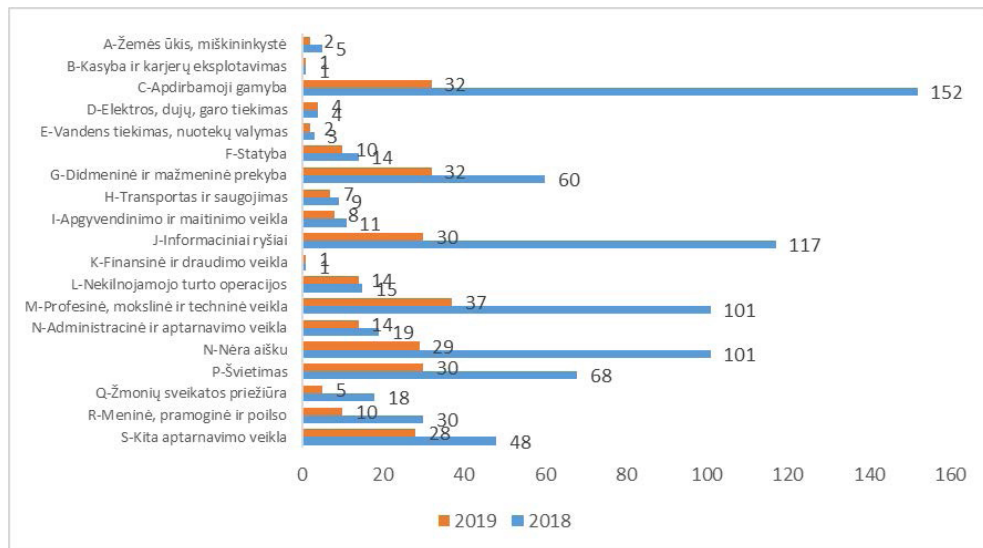
Jeigu palygintume su 2017 m., klasterių koncentracijos tendencija išlieka tose pačiose veiklose (tyrimo imtis – 32 klasterių atstovai respondentai): gamybos ir inžinerijos veikla (5 įmonės); informacijos ir ryšių technologijos (4 įmonės), energetika ir statyba (3 įmonės); po 2 įmones veikė žemės ūkio ir maisto technologijų, sveikatos, turizmo, kūrybinių industrijų ir kt. srityse. 2019 m. klasterių koncentravimosi šiuose ekonominiuose sektoriuose tendencijos išliko tos pačios kaip ir 2018 m. (profesinės, mokslinės ir techninės veiklos sektorius, apdirbamoji gamyba, didmeninės ir mažmeninės prekybos ir variklių transporto priemonių remonto sektorius, švietimo bei informacinių ryšių sektorius). Palyginti duomenis tarpusavyje yra problema, nes jie buvo surinkti iš skirtingų šaltinių (apklausų metu, *rekvizitai.lt*).

2017 m. laikotarpiu buvo analizuojama 56 (iš 66) klasterių geografinė aprėptis (žr. 31 lentelę). Apie likusius 10 klasterių duomenų nėra (*Amber Trip* klasteris; Aukštaitijos regiono verslo klasteris; Debesų kompiuterijos klasteris; DITEK Dirbtinio intelekto technologijų klasteris; Energetikos klasteris; Internetinės idėjos „webpower“; Kompleksinės rehabilitacijos klasteris; PETCAP CLUSTER; Žuvininkystės klasteris).



121 pav. Klasterių įkūrimo metai, vnt.

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis 2017 m. apklausos duomenimis.



122 pav. Klasterių narių skaičius pagal EVRK sektorius, 2018 m. duomenis (n = 57) ir 2019 m. (pagal *rekvizitai.lt* duomenis)

31 lentelė. Klasterių veiklos geografinė aprėptis 2017 m.

Apimamų Lietuvos apskričių skaičius	Klasterių skaičius (dažnis)	Klasterių, turinčių užsienio partnerių, skaičius	Užsienio šalys
1	16	3	Austrija, Vokietija, Latvija, Suomija
2	18	1	Estija, Latvija
3	12	2	Olandija, Suomija, Omanas; JK; Latvija; Baltarusija; Norvegija; Tanzanija; Airija
4	2	1	Ukraina
5	6	1	Nyderlandai, Čekija
6	1		
7	1		

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos, įvykusios 2017 metais, duomenimis.

Iš pateiktos 31 lentelės matyti, kad klasteriai, Lietuvoje veikiantys gana siauroje teritorijoje, turėjo užsienio partnerių, ir atvirkščiai – klasteriai, apimantys didesnę teritoriją Lietuvoje, užsienio partnerių neturėjo. Iš viso užsienio partnerių tarp savo narių turėjo tik 8 klasteriai.

2019 m. buvo analizuojama 57 klasterių, kurie vienijo 777 narius, geografinė aprėptis. 16 narių veiklos vietovės, pasitelkiant antrinius šaltinius, nustatyti nepavyko. Kaip matyti iš 31 lentelėje pateikiamų duomenų, Lietuvoje buvo registruoti 57 klasteriai, turėję 49 nares įmones, registruotas užsienio šalyse, iš kurių daugiausiai narių (27) buvo registruota Latvijoje (4 klasteriai) ir atitinkamai 2 Ukrainoje (2 klasteriai).

32 lentelė. Klasterių narių, užsienyje įsikūrusių įmonių (n=49), pasiskirstymas pagal šalis (n=57)

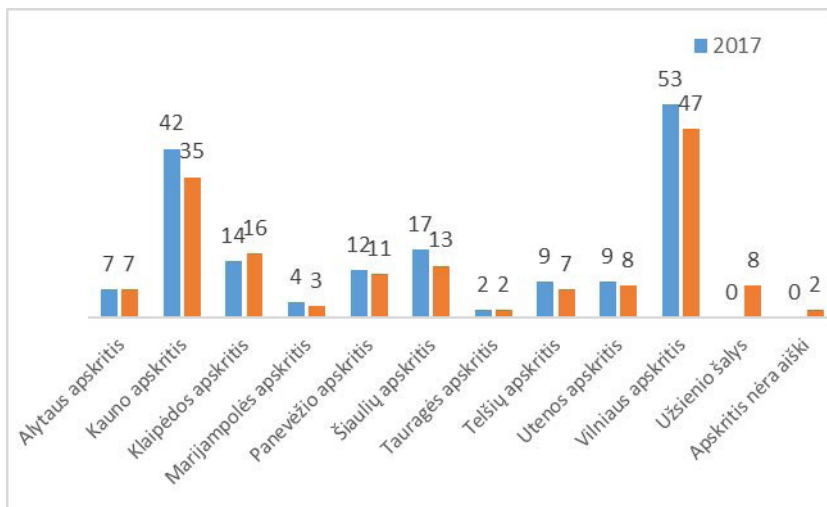
Klasterio nario šalis	Klasteriai, turintys šios šalies partnerių	Šios šalies įmonių narių skaičius
Airija	1	1
Austrija	1	1
Baltarusija	1	1
Čekija	1	1
Estija	1	1
Jungtinė Karalystė	1	1
Kazachstanas	1	1
Latvija	4	27
Nyderlandai	1	1
Norvegija	1	1
Omanas	1	1
Suomija	1	1
Tanzanija	1	1
Ukraina	2	2
Vokietija		
Neįvardyta konkreti šalis		
Bendras klasterių, turinčių narių užsienio šalyse, skaičius*	16*	
Bendras klasterių narių, užsienyje įsikūrusių įmonių, skaičius	49*	

*Remiantis tik apklausos duomenimis, nes antriniuose šaltiniuose patvirtinančių ir patikslinančių duomenų neaptikta.

Iš analizuotų 57 klasterių tik 16 klasterių turėjo narių – užsienyje registruotų įmonių, iš kurių du klasteriai turėjo 8 nares užsienyje registruotas įmones, vienas klasteris – 3, likusieji – po 1–2 nares užsienio įmones. Dar 6 užsienio įmonių

klasterių narių, kurias 5 klasterių koordinatoriai nurodė pildydami apklausą, geografinės vietovės, remiantis antriniais šaltiniais, nustatyti nepavyko. Analizuojant užsienio įmonių narių pasiskirstymą klasteriuose, prielaida, kad seniausiais įsikūrę ir turintys didesnę veiklos patirtį klasteriai turi daugiau narių užsienyje registruotų įmonių ar kad jauni klasteriai turi mažiau užsienio šalyse registruotų narių, nepaisiteisino. Klasterio narių užsienyje registruotų įmonių skaičius klasteryje taip pat nėra susijęs ir su klasterio veiklos geografine aprėptimi. Pavyzdžiui, analizuojami duomenys parodė, kad daugiausia klasterio narių užsienyje registruotų įmonių turi tiek klasteris, veikiantis šešiose Lietuvos apskrityse, tiek klasteris, veikiantis vienoje Lietuvos apskrityje. Analizuojant, kas veikia užsienio narių atsiradimą klasteryje, išsiaiškinta, kad klasteris užsienio partnerius pasirenka pagal veiklos specifiką, klasterio tikslus, ir tokie pasirinkimai vykdomi neatsižvelgiant į teritorijas ar klasterio amžių.

Iš analizuotų 57 klasterių veiklose dalyvavusių 777 įmonių 16 iš jų veiklos geografinė padėtis nebuvo išsiaiškinta, 49 įmonės buvo registruotos užsienio šalyse. 131 paveiksle pavaizduotas 733 įmonių klasterio narių veiklos geografinis pasiskirstymas 2017–2018 m. laikotarpiu.



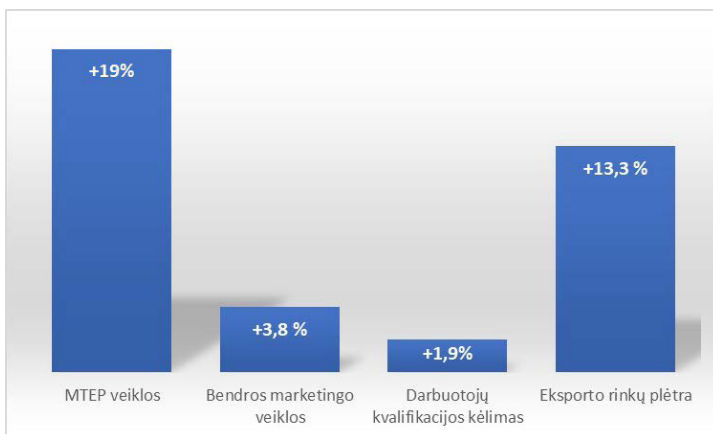
123 pav. Klasterių geografinis pasiskirstymas pagal apskritis, vnt.

Lyginant 2018 m. ir 2017 m. duomenis pastebima, kad klasteriai pradeda veikti, apimdami mažesnę apskričių skaičių. Bene didžiausi pokyčiai per analizuojamus laikotarpius įvyko Vilniaus ir Kauno apskrityse. Šiose apskrityse veikiančių klas-

terių skaičius sumažėjo, lyginant 2018 m. su 2017 m., atitinkamai 6 ir 7 klasteriais. Panevėžio apskrityje veikiančių klasterių skaičius 2018 m., lyginant su 2017 m., sumažėjo 1 klasteriu, Šiaulių apskrityje – 4 klasteriais, Telšių apskrityje – 2 klasteriais ir Utenos bei Marijampolės apskrityse – po 1 klasterį. Alytaus ir Tauragės apskrityje veikiančių klasterių skaičius išliko toks pats. Vienintelėje Klaipėdos apskrityje veikiančių klasterių skaičius 2018 m., lyginant su 2017 m., išaugo 2 klasteriais. Iš viso klasteriai jungia narius, išsidėsčiusius 34 Lietuvos miestuose / rajonuose. Pastebima, kad mažesniuose miestuose / rajonuose klasterio nariai dažnai būna ne įmonės, o viešojo sektoriaus įstaigos.

Tiriant bendrai vykdytas mokslo tyrimų ir eksperimentinės plėtros iniciatyvas 2017–2020 m. laikotarpiu, pastebima bendrai vykdomų veiklų didėjimo tendencija (žr. 124 pav.): net 19 proc. išaugo MTEP veiklos, 13,3 proc. padidėjimas fiksuojamas eksporto rinkų plėtrai, 3,8 proc. – bendroms rinkodaros veikloms ir, galiausiai, 1,9 proc. padidėjimas buvo priskirtas darbuotojų kvalifikacijos kėlimui. Išanalizavus apytikslę bendrą visų klasterio narių apyvartą 2020 m. (tūkst. Eur) paaiškėjo, kad vidutiniškai ji sudarė 90 974 476 Eur (N = 22). Pažymėtina, kad šeši klasteriai nepateikė informacijos, nurodydami, kad informacija yra konfidenciali arba tokio pobūdžio informacija nėra renkama.

Tuo tarpu į MTEP (mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą) 2020 m. (tūkst. Eur) vidutiniškai buvo investuota 4 784 861,74 Eur. Pažymėtina, kad penki klasterių respondentai nenurodė jokių duomenų.



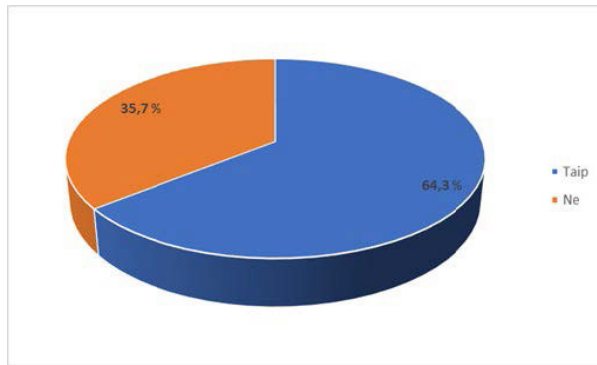
124 pav. Bendrai vykdytų veiklų tarp klasterių narių procentinis pokytis, lyginant 2017 m. ir 2020 m.

Remiantis Europos klasterių bendradarbiavimo (ECCP) platformos duomenimis¹, klasterių, registruotų ar pripažįstamų tarptautinėse platformose, skaičius siekė 43 Lietuvos teritorijoje veikiančius klasterius, iš kurių keturi klasteriai 2019 m., kuomet buvo atliekamas tyrimas, jau buvo nutraukę savo veiklą. Tik du klasteriai iš dalyvavusiųjų nurodė ne tik ECCP, bet ir kitas bendradarbiavimo platformas. Kitos tarptautinės platformos, konkretūs klasteriai ar organizacijos, su kuriomis minėti klasteriai apklausos metu įvardijo bendradarbiaujantys, yra šios:

- LEITERA (<https://www.letera.lv/>);
- NOHAC CLUSTER (<http://www.nohac.hu/index.php/en/about-us>);
- Metal processing cluster (<https://www.metalklaster.pl/en>);
- Logistic cluster (<https://logcluster.org/>);
- UNIMOS (<https://unimosalliance.com/>);
- Engineering.ai (<https://www.engineer.ai/>);
- Upwork (<https://www.upwork.com/>);
- Clutch;
- GoodFirms (<https://www.goodfirms.co/>);
- EEN (<https://een.ec.europa.eu/>);
- WeWork (<https://www.wework.com/>);
- BNI (<http://bni.lt/lt/index>);
- Sortlist (<https://www.sortlist.com/>).

Galima konstatuoti, kad ECCP platformoje yra užsiregistravę šiek tiek daugiau nei trečdalis visų Lietuvos klasterių ir tai yra pati populiariausia bendradarbiavimo platforma. Likusieji klasteriai nenurodė kitų platformų, iš viso tik du klasteriai pateikė duomenis apie kitus bendradarbiavimo tikslais naudojamus įrankius / būdus (kitus klasterius, organizacijas ir pan.). Vienas klasterių koordinatorių, dalyvavusių apklausoje, paminėjo, kad klasteris turi Europos klasterių kompetencijos iniciatyvos (ECEI) pripažinimą. 2020 m. vykdytos apklausos duomenimis nustatyta, kad 64,3 proc. klasterių yra įsitraukę ir dalyvauja tarptautiniuose tinkluose (64,3 proc.; N=18) (žr. 125 pav.).

¹ <https://www.clustercollaboration.eu/cluster-list>.



125 pav. Klasterių įsitraukimas į tarptautinius tinklus, proc.

2020 m. apklausos duomenimis, dauguma nurodytų konkrečių tarptautinių projektų pavadinimų, kuriuose dalyvavo klasteriai ($N = 34$), yra pavieniai ir neatsikartoja tarp atsakymų (pavyzdžiui: *AR / VR tarptautinis tinklas*, *XR Nation Šiaurės šalių imersyvos realybės tinklas*, *Erasmus +*, *Fintech Connector*, *Pack4food*, *INTERGRAF*, *Euratex (The European Apparel and Textile Confederation)* ir kt.), išskyrus tarptautinę platformą „European Cluster Collaboration Platform (ECCP)“ (žr. angliskų projektų pavadinimų „debesėlį“ (126 pav.), sudarytą pagal projektų pavadinimus). Pažymėtina, kad keli klasterių vadovai nenurodė pavadinimų dėl konfidencialumo įsipareigojimų ir kitų priežasčių.



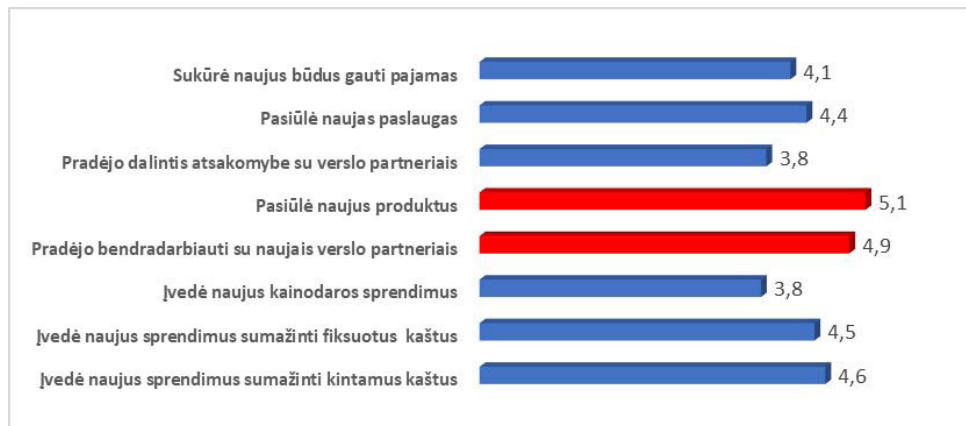
126 pav. Tarptautinių projektų pavadinimų žodžių „debesėlis“, į kuriuos įsitraukę klasteriai, sudarytas pasitelkiant skaitmeninę „MonkeyLearn.com“ platformą

Nors globaliu mastu pastebima tendencija, kad konkuruojančios įmonės yra linkusios aglomeruotis ir jungtis į grupes tam tikroje, ypač artimoje, geografinėje vietovėje (Akhmetshin et al., 2017; Žižka et al., 2018), dalyvavimas tarptautiniuose tinkluose yra ne mažiau svarbus. Muller et al. (2012) pabrėžia, kad dalyvavimą tarptautiniuose tinkluose skatina veiklos internacionalizavimo kaštų mažinimo veiksnys, galimybė klasterio nariams bendrai naudotis ištekiais, platesnės rinkodaros, prieigos prie užsienio rinkų, transporto galimybės, didesnis tiekimo šaltinių pasirinkimas. Ypatingas dėmesys, dalyvaujant tarptautiniuose tinkluose, skiriamas darbo pasidalijimo aspektui ir šio pasidalijimo nulemtai pagrindinių produktų ir paslaugų koncentracijai. Dalyvavimas tarptautiniuose tinkluose gali padėti generuoti didelę pridėtinę vertę, ypač veiklos internacionalizavimo atžvilgiu. Muller et al. (2012) atliktas tyrimas, į kurį buvo įtraukta 91 tarptautinis tinklas ir klasteris, parodė, kad didžioji jų dalis turi tarptautinių ambicijų ir yra ėmęsi priemonių padėti savo nariams internacionalizuoti veiklą.

4.2. Inovacinių veiklų raiška klasteriuose

Siekiant įvertinti klasterių pažangą inovacijų srityse, šiame empiriniame tyrime dalyvavusiems klasterių koordinatoriams buvo užduoti penki klausimai, kurių teiginius reikėjo įvertinti 7 balų skalėje, kur 1 – „visiškai nepritariu“, o 7 – „visiškai pritariu“. Teiginiai, surinkę 4 balus ir daugiau, yra vertinami kaip svarbūs įmonių veikloje. Naujų produktų sukūrimas (vidurkio reikšmė – 5,1) ir bendradarbiavimas su naujais verslo partneriais (4,9) – inovacijos, įvertintos aukščiausiais balais, kurias per pastaruosius trejus metus įdiegė klasteriai. Šiek tiek mažiau balų surinko, tačiau traktuojamos kaip svarbios veiklos: naujų sprendimų įvedimas sumažinant kintamus kaštus (4,6), fiksuotus kaštus (4,5) ir naujų paslaugų pasiūlymas (4,4) (žr. 127 pav.).

Mažiausiai balų surinko (neperkopė 4 balų ribos) šios inovacijos: pradėjo dalytis atsakomybe su verslo partneriais ir naujų kainodaros sprendimų įvedimas į rinką.



127 pav. Ar klasterio organizacija (klasteris ir klasterio įmonės) per paskutinius 3 metus diegė inovacijas šiose srityse? (Pateikiamos vidurkių reikšmės)

Lyginant atliktos apklausos rezultatus su anksčiau pateiktos literatūros analizės rezultatais, galima teigti, kad į tiriamąją apklausą įtrauktiems klasteriams būdingos pramoninių klasterių inovacinės pažangos kryptys, išryškinamos ir kitų autorių atliktuose empiriniuose tyrimuose: naujų produktų kūrimas (produktų inovacijos), inovaciniai sprendimai siekiant sumažinti fiksuotus ir kintamus kaštus bei naujų bendradarbiavimo ryšių formavimas. Tačiau didelis skirtumas pastebimas kalbant apie paslaugų inovacijų kryptį: jeigu atliktos apklausos dalyviai patį naujų paslaugų kūrimo veiksnį traktuoja kaip svarbų klasterių pažangai inovacijų srityje, tai užsienio autorių atliktuose empiriniuose tyrimuose išryškinami smulkesni paslaugų inovacijų struktūriniai komponentai, tokie kaip: paslaugų inovacijų susietumas klasterio viduje, bendrasis formalus ir neformalus paslaugų tinkamumas bei aktyvi vartotojų įtrauktis. Tai rodo, kad paslaugų inovacijų diegimas Lietuvos klasteriuose dar tik pradeda vystytis, ir ateityje, norint pasiekti inovacinės pažangos, daugiau dėmesio turės būti skiriama paslaugų inovacijų struktūrinių komponentų tobulinimui.

Skirtingai nei užsienio autoriai, Lietuvos atstovai reikšmingais klasterių inovacijų veiksniais nelaiko modernių kainodaros sprendimų ir mažai reikšmės teikia dalijimuisi atsakomybe su verslo partneriais. Tai rodo, kad Lietuvos klasteriuose vis dar remiamasi standartiniais kainodaros sprendimais, o tai kliudo formuoti optimalioms artimas kainodaros strategijas, ypač netikrumo sąlygomis. Vyraujant orientacijai į ekonominę naudą, dalijimosi atsakomybe kontekste nėra optimaliai pasinaudojama klasteriuose dalyvaujančių įmonių bendrų veiksmų ir iniciatyvų galia

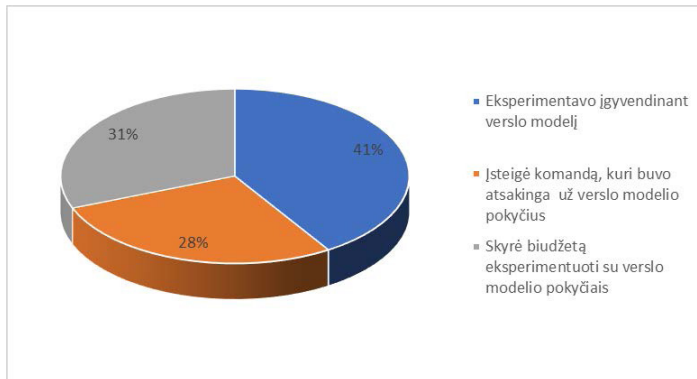
įgyvendinant visuomenės, vyriausybės ir išorės verslo partnerių keliamus socialinius ir aplinkosaugos reikalavimus bei mažinant šių reikalavimų įgyvendinimo kaštus.

Vertinant klasterio organizacijoje instrumentus, kurie naudojami inicijuojant ir diegiant inovacijas, šiame tyrime respondentai pateiktiems teiginiams suteikė nuo 2,64 iki 3,54 vidurkio reikšmes, t. y. vidurkio reikšmės neperkopė 4 balų vidurkio. Todėl toliau (žr. 128 pav.) buvo analizuojami tik tie respondentų vertinimai, kuriems skirta nuo 4 iki 7 balų.



128 pav. Kokius instrumentus klasterio organizacijoje (klasteryje arba klasterio įmonėse) taikėte, inicijuodami ir diegdami inovacijas? (Pateiktos vidurkio reikšmės)

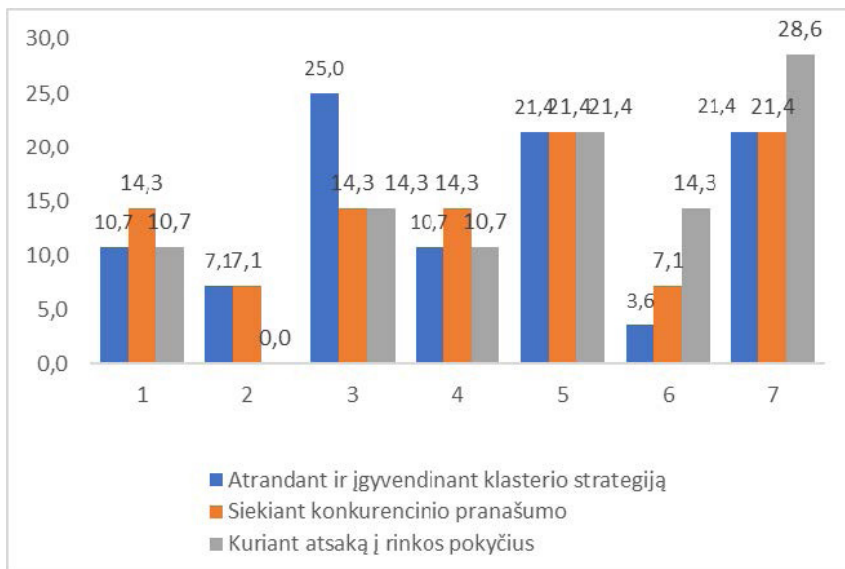
41 proc. (N = 13) respondentų 4–7 balų vertinimo skalėje nurodė (žr. 129 pav.), kad taikydami inovacijas eksperimentavo įgyvendindami verslo modelį klasterio organizacijoje (klasteryje arba klasterio įmonėse), 31 proc. (N = 10) respondentų skyrė biudžetą eksperimentams su verslo modelio pokyčiais, 28 proc. (N = 9) apklaustųjų įsteigė komandą, kuri buvo atsakinga už verslo pokyčius.



129 pav. Kokius instrumentus klasterio organizacijoje (klasteryje arba klasterio įmonėse) taikėte inicijuodami ir diegdami inovacijas? (Procentinis pasiskirstymas tarp respondentų, suteikusių teigiamus vertinimus nuo 4 iki 7 balo)

Lyginant atliktos apklausos rezultatus su literatūros analizės rezultatais matyti, kad diegiant verslo modelių inovacijas Lietuvos klasteriuose orientuojamasi į eksperimentavimą, o ne į sąmoningą strateginį planavimą. Šis instrumentas gali pasiteisinti tuomet, jeigu nuolat kinta vertės kūrimo uždaviniai ir elementai, tačiau netinka brandiems sektoriams. Iš literatūroje minimų 7 verslo modelio inovacijų diegimo instrumentų akcentuojama komandinio darbo (komandos formavimo) ir tikslinio biudžeto inovacijoms įgyvendinti sudarymo svarba. Tačiau nepakankamai dėmesio skiriama strategijos vykdymo, programos modeliavimo ir stimuliavimo, projekto planavimo ir kontrolės bei pokyčių valdymo instrumentams. Tai rodo, kad verslo modelių inovacijų diegimas Lietuvos klasteriuose yra paremtas pavieniais instrumentais (daugiausia – finansiniu biudžetu ir už įgyvendinimą atsakinga komanda, t. y. numatomos lėšos ir paskiriami už įgyvendinimą atsakingi asmenys), bet nesiremiama instrumentų visuma, t. y. trūksta sisteminio požiūrio, galinčio padėti suderinti projektus su strategijomis, užtikrinti procesų lankstumą bei numatyti tikėtinus rezultatus. Prioritetai neskiriami ir komunikavimo valdymui, o tai gali sukelti informacijos perdavimo problemų komandos viduje ir neaiškumų dėl suinteresuotųjų šalių vaidmenų ir atsakomybės.

Šio empirinio tyrimo metu atliktoje apklausoje pagrindiniu tikslu klasterio organizacijoje diegiant inovacijas įvardytas atsako į rinkos pokyčius kūrimas (vidurkio reikšmė 4,9 balo), antroji vieta pagal svarbą atiteko konkurencinio pranašumo pasiekimui (4,3), trečioji vieta – klasterio strategijos atradimui ir įgyvendinimui (4,2) (žr. 130 pav.).



130 pav. Kokių tikslų klasterio organizacijoje (klasteryje arba klasterio įmonėse) diegėte inovacijas?

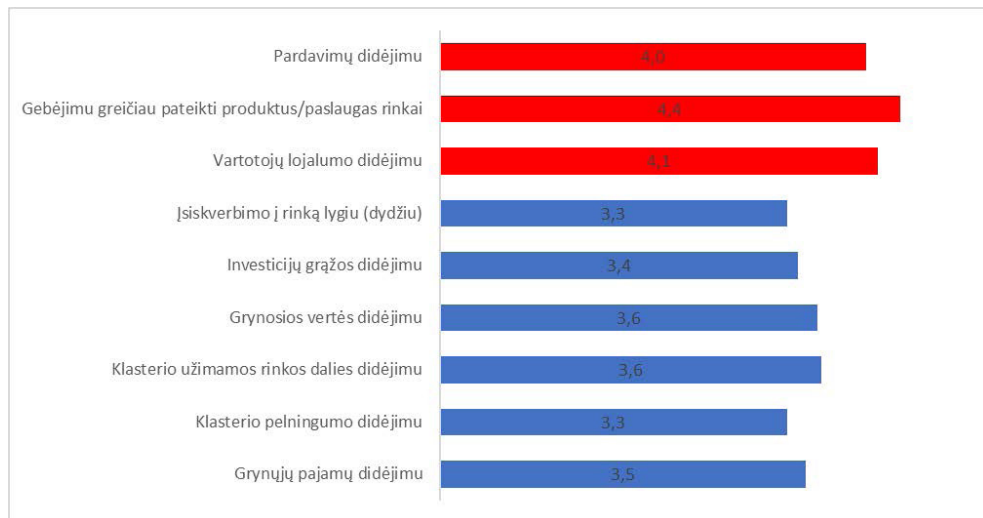
Lyginant atliktos apklausos ir literatūros analizės rezultatus pastebima, kad inovacijos Lietuvos klasteriuose diegiamos panašiais tikslais, kurie nurodomi ir analizuotoje literatūroje: tai yra konkurencinio pranašumo siekis ir atsiliepimas į rinkos pokyčius. Konkurencinis pranašumas kuriamas modernizuojant produktus, paslaugas, diegiant žaliavų inovacijas, kurie tampa galimi pasinaudojus klasterio struktūra ir sinergijos efektu. Tačiau skirtingai nei autoriai analizuotoje literatūroje, šios apklausos respondentai neišskiria konkurencinio pranašumo kūrimo per dalijimąsi žiniomis. Atsakas į rinkos pokyčius daugiausia kuriamas naudojant naujas technologijas. Analizuotoje literatūroje nėra akcentuojami tokie inovacijų diegimo klasteriuose tikslai, kaip klasterio strategijos atradimas ir įgyvendinimas. Kaip jau buvo minėta, įmonių verslo strategija paprastai formuojama prieš diegiant inovacijas, o inovacijos diegimas tampa strategijos įgyvendinimo dalimi: didėjant inovacijų poreikiui, įmonės remiasi iš anksto apgalvotomis strategijomis, kurios leidžia suderinti esamus planus su naujais. Inovacijų įgyvendinimas yra numatomas įmonių strategijose, o ne atvirkščiai.

Dar vienas reikšmingas pastebėjimas yra tas, kad Lietuvos klasteriams atstovavę respondentai nepaminėjo tikslo diegti ekologines inovacijas, didėjant spaudimui įgyvendinti žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso principus versle. Pasak užsienio autorių, dalyvavimas klasteriuose paspartina ekologinių inovacijų diegimą

ir sumažina jų kaštus, todėl Lietuvos klasterių dalyviai ateityje galėtų atsižvelgti į šią potencialią klasterių kuriamą naudą.

Inovacijų diegimas klasteriuose paprastai generuoja įvairiapusę teigiamą naudą: dalis šios naudos yra finansinė (pvz., klasterių pelno ir grynųjų pajamų augimas), dalis – nefinansinė (pvz., vartotojų lojalumo didėjimas). Literatūros analizė padėjo atskleisti, kokia finansinė ir nefinansinė nauda yra pastebimiausia įdiegus inovacijas klasteriuose. Autoriai Hussain et al. (2021) pabrėžia prekybos kredito ir pardavimų augimą. Išanalizavę situaciją 4 pramoniniuose klasteriuose (tekstilės (153 įmonės), maisto ir cukraus gamybos (54 įmonės), automobilių dalių, priekabų ir variklinių transporto priemonių (22 įmonės) bei kuro ir energijos sektoriuose (19 įmonių)) 10 metų laikotarpiu, autoriai nustatė, kad minėtuose sektoriuose veikiančiose nefinansinėse įmonėse padidėjo pardavimų apimtys, vartotojams suteikta daugiau prekybos kreditų. Tekstilės pramonėje užfiksuotas vidutinis metinis 6,5% pardavimų augimas, mažiausiai 584 % per metus, daugiausiai 322 % per metus. Taip pat nustatytas 6,73 % pardavimų augimas ankstesniais metais. Maisto ir cukraus gamybos sektoriuje pardavimai vidutiniškai augo 11,43 % per metus, mažiausias pardavimų augimas buvo lygus 41 % per metus, o didžiausias siekė 246,9 % per metus. Taip pat nustatytas 11,43 % pardavimų augimas ankstesniaisiais metais. Automobilių dalių, priekabų ir variklinių transporto priemonių sektoriuje pasiektas 6,3 % pardavimų augimas kasmet, mažiausias pardavimų augimas per metus buvo lygus 4,05 %, o didžiausias siekė 5,781 % per metus. Šių pramonės įmonių pardavimai ankstesniais metais išaugo 3,7 %. Kuro ir energetikos įmonėse pardavimai vidutiniškai augo 8,81 % per metus, mažiausias pardavimų augimas buvo lygus 30 % per metus, o didžiausias siekė 302 % per metus. Taip pat nustatytas 11,22 % pardavimų augimas ankstesniais metais.

Kitu klausimu šiame empiriniame tyrime atliktoje apklausoje buvo siekiama įvertinti pokyčius tiriamose klasterių organizacijose, kuriuos nulėmė inovacijų diegimas. Respondentams buvo pateikti šie galimi atsakymų pasirinkimai: pardavimų didėjimas, gebėjimas greičiau pateikti produktus / paslaugas rinkai, vartotojų lojalumo padidėjimas, įsiskverbimo į rinką dydis, investicijų grąžos didėjimas, grynosios vertės didėjimas, klasterio užimamos rinkos dalies didėjimas, klasterio pelningumo didėjimas, grynųjų pajamų didėjimas. Susisteminti atsakymų rezultatai 131 paveiksle.



131 pav. Kokiais pokyčiais klasterio organizacijoje (klasteryje arba klasterio įmonėse) pasireiškė inovacijų diegimas? (Pateiktos vidurkio reikšmės)

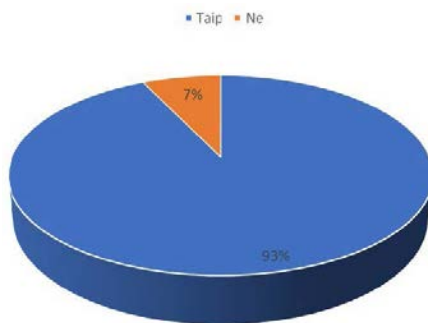
Apklaustos rezultatai rodo, kad inovacijų diegimas didžiausios įtakos turėjo klasterių pardavimų didėjimui, gebėjimui greičiau pateikti produktus / paslaugas į rinką ir vartotojų lojalumo didėjimui. Vertinant pagal kitų autorių anksčiau atliktų tyrimų rezultatus galima teigti, kad šie rodikliai turės teigiamos įtakos tiek trumpalaikiai, tiek ilgalaikiai klasterių verslo perspektyvai. Likę pokyčiai surinko 3,3–3,6 vidurkio reikšmes, todėl galima teigti, kad inovacijų diegimas neturėjo šiems pokyčiams itin reikšmingos įtakos. Inovacijų grynąją vertę ir klasterių užimamos rinkos dalies didėjimą yra sunku išmatuoti kiekybiškai, o grynųjų pajamų augimas, kaip parodė teorinė analizė, yra tiesiogiai pastebimas, didinant veiklos efektyvumą ir mažinant kaštus, tuo tarpu inovacijos yra netiesioginis veiklos efektyvumo didinimo ir kaštų mažinimo veiksnys. Atsižvelgiant į literatūros analize pagrįstą prielaidą, kad klasteriui priklausančių įmonių ekonominės veiklos rezultatai (pelnas) pranoksta klasteriams nepriklausančių įmonių sektoriaus ekonominės veiklos rezultatus (pelną) brandos etape, o šio empirinio tyrimo rezultatais klasterių pelningumo didėjimas nėra pripažintas kaip itin reikšmingas veiksnys, galima daryti išvadą, kad į tyrimą įtraukti klasteriai dar nėra pasiekę savo brandos etapo pelningumo atžvilgiu. 100 proc. respondentų nurodė ketinantys per ateinančius 3 metus diegti inovacijas klasterio organizacijoje. Tai rodo, kad su inovacijomis klasteriuose siejami dideli lūkesčiai. Todėl norint, kad investicijos į inovacijas būtų ekonomiškai pagrįstos, reikėtų atsižvelgti į organizacijos ekonominę vertę be planuojamų inovacijų bei tikėtiną inovacijų ekonominę vertę.

Apibendrinant galima daryti šias išvadas:

- *Pagrindinėmis ir svarbiausiomis inovacijomis klasteriai per pastaruosius trejus metus įsivardijo: naujų produktų sukūrimą, bendradarbiavimą su naujais verslo partneriais, naujų sprendimų įvedimą, mažinant fiksuotus ir kintamus kaštus, bei naujų paslaugų pasiūlymų įvedimą.*
- *Klasteriai neišskyrė svarbiausių instrumentų inicijuojant ir diegiant inovacijas, tačiau 41 proc. respondentų verslo modelio įgyvendinimą klasterio organizacijoje įvertino 4–7 balais, 31 proc. respondentų naudojo biudžetą, kaip eksperimentą su verslo modelio pokyčiais ir įvertino šį teiginį 4–7 balais, 28 proc. – sukūrė komandą, atsakingą už verslo pokyčius (vertinta 4–7 balų skalėje).*
- *Svarbiausiu tikslu klasterio organizacijoje diegiant inovacijas įvardytas atsako į rinkos pokyčius kūrimas, antroji vieta pagal svarbą atiteko konkurenciniam pranašumui pasiekti, trečioji vieta – klasterio strategijos atradimui ir įgyvendinimui.*

4.3. Verslo procesų skaitmenizavimas klasterių vertės kūrimo grandinėse

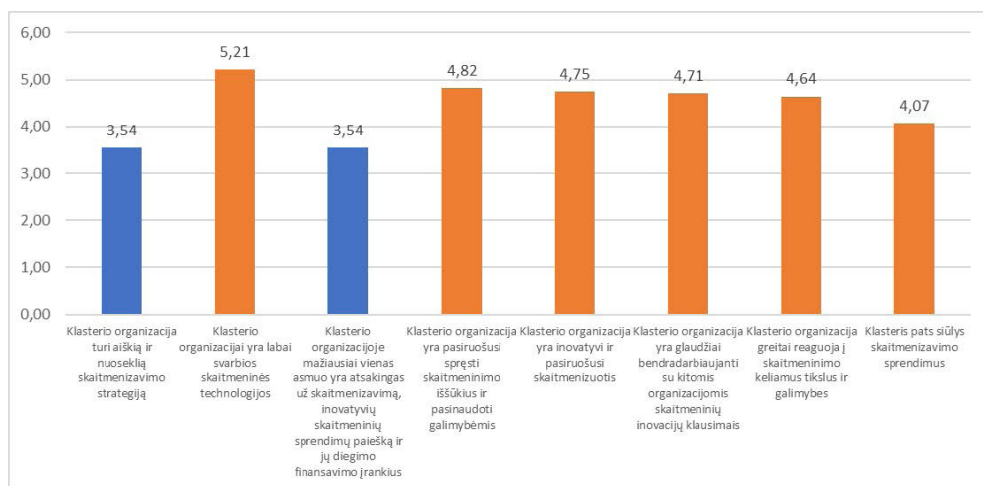
Respondentų atsakymai į klausimą „Ar jūsų klasterio organizacija (klasteris ir klasterio įmonės) per artimiausius 5 metus planuoja skaitmenizuoti verslo procesus?“ pasiskirstė taip (žr. 132 pav.). Matyti, kad 93 proc. apklaustųjų planuoja savo veikloje skaitmenizuoti verslo procesus ateityje per pastaruosius penkerius metus. 7 proc. klasterių, neplanuojančių verslo skaitmenizavimo, nurodė, kad pagrindinės nedalyvavimo skaitmenizacijos procese priežastys – per mažos įmonės ir gamybos apimtys, o skaitmenizavimą jau įgyvendinusios įmonės neturi papildomo poreikio atlikti verslo skaitmenizavimą.



132 pav. Klasterio ketinimas per pastaruosius penkerius metus skaitmenizuoti verslo procesus, proc.

Kitu klausimu buvo siekiama įvertinti klasterio organizacijos pasirengimą skaitmenizacijai. Vidurkio reikšmės atskleidė, kad virš 4 balų surinko šie teiginiai (žr. 133 pav.):

- „Klasterio organizacijai yra labai svarbios skaitmeninės technologijos“ (vidurkio reikšmė 5,21);
- „Klasterio organizacija yra pasiruošusi spręsti skaitmenizavimo iššūkius ir pasinaudoti galimybėmis“ (4,82);
- „Klasterio organizacija yra inovatyvi ir pasiruošusi skaitmenizuotis“ (4,75);
- „Klasterio organizacija yra glaudžiai bendradarbiaujanti su kitomis organizacijomis skaitmeninių inovacijų klausimais“ (4,71);
- „Klasterio organizacija greitai reaguoja į skaitmenizavimo keliamus tikslus ir galimybes“ (4,64);
- „Klasteris pats siūlys skaitmenizavimo sprendimus“ (4,07).



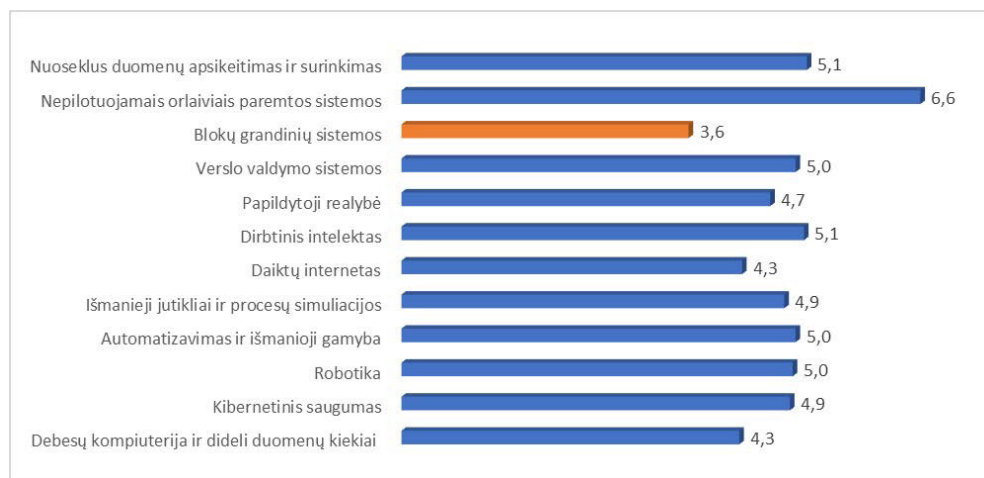
133 pav. Klasterio organizacijos pasirengimas skaitmenizacijai, vidurkių reikšmės

Analizuojant, kaip skaitmeninės technologijos paveiks sektorių, kuriame veikia klasteris, nustatyta, kad:

- „Skaitmeninės technologijos iš esmės transformuos sektorių, kuriame veikia klasterio organizacija“ (vidurkio reikšmė 4,6);
- „Skaitmeninės technologijos yra galimybė (konkurencinis pranašumas) sektoriui, kuriame veikia klasterio organizacija“ (vidurkio reikšmė 4,9);
- „Skaitmeninės technologijos yra iššūkis (problemiškumas) sektoriui, kuriame veikia klasterio organizacija“ (vidurkio reikšmė 4,2).

- Daugiausiai balų surinko teiginys, kad skaitmeninės technologijos yra galimybė sektoriui, kuriame veikia klasterio organizacija, bei tai, kad skaitmeninės technologijos iš esmės transformuos sektorių. Lygiai taip pat trečiasis teiginys buvo įvertintas kaip svarbus, nes daugumai klasterių skaitmeninės technologijos vis dėlto yra iššūkis sektoriui, kuriame veikia klasterio organizacija. Toliau pateikiamos skaitmeninės technologijos, kurios, pasak klasterių, turi daugiausiai įtakos sektoriams, kuriuose veikia klasterių organizacijos (žr. 134 pav.).

Daugiausiai balų surinko nepilotuojamais orlaiviais paremtos sistemos, dirbtinis intelektas, nuoseklus duomenų apsikeitimas ir surinkimas, verslo valdymo sistemos, automatizavimas ir išmanioji gamyba, robotika. Mažiausiai balų respondentai suteikė blokų grandinių sistemoms.



134 pav. Skaitmeninės technologijos, paveiksiančios sektorių, kuriame veikia klasteris (vidurkių reikšmės)

Atlikus literatūros analizę dėl įrankių, kurie minimi kaip galintys būti efektyvūs diegiant skaitmenines inovacijas klasterių organizacijose, šio empirinio tyrimo metu klasterių atstovų buvo paprašyta nurodyti ir suskirstyti pagal rangus svarbiausius įrankius, kurie, jų nuomone, veiktų efektyviausiai, diegiant skaitmenines inovacijas klasterio organizacijoje (žr. 33 lentelėje pateikiami nurodyti įrankiai pagal svarbą).

33 lentelė. Svarbiausi skaitmeninių inovacijų diegimo įrankiai

Eil. Nr.	Įrankis	Suteikta reikšmė
1.	Skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės: subsidijos	5,9
2.	Tarptautinės tinklaveikos kūrimas	5,8
3.	Darbo jėgos perkvalifikavimas, kvalifikacijos kėlimas, naujų kompetencijų mokymas	5,6
4.	Skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės: fiksuotieji čekiai	5,5
5.	Sveikos startuolių ekosistemos kūrimas ir skatinimas	5,3
6.	Kaskadiniu finansavimu paremtos programos	5,3
7.	MTEP ir inovacijų mokesčių lengvatos	4,9
8.	Vieno langelio principu veikiantis inovacinis centras	4,7
9.	Bandomosios demonstracijos, parodomieji diegimai ir testavimas prieš įsigyjant paslaugą	4,5
10.	Skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės: garantijos	4,4

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos duomenimis.

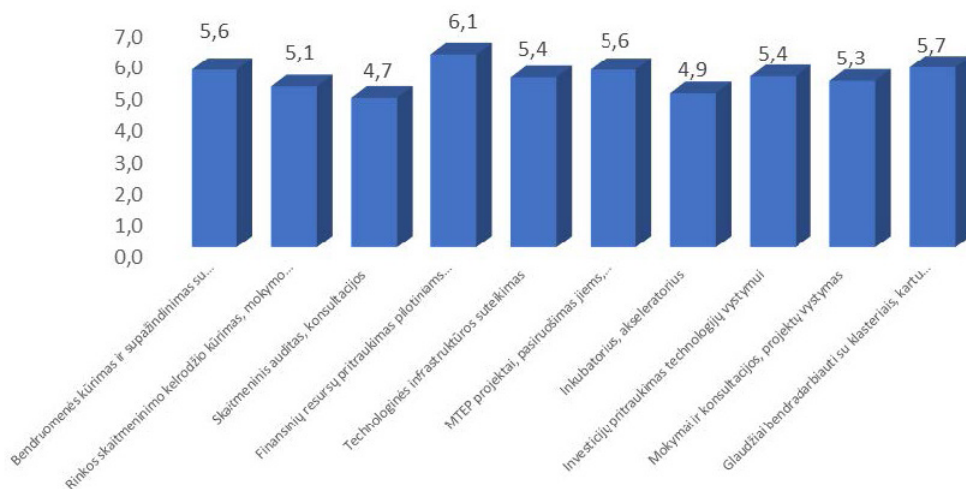
Kitos priemonės buvo įvardytos kaip ne itin reikšmingos ir svarbios:

- Skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės: paskolos (3,8);
- Skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės: palūkanų finansavimas (3,6);
- Skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės: kita (3,8).

Atliktos apklausos rezultatai rodo, kad reikšmingiausiais įrankiais, skatinant skaitmeninių inovacijų diegimą klasteriuose, laikomi finansiniai įrankiai: subsidijos, fiksuoti čekiai, kaskadinio finansavimo programos, mokesčių lengvatos, skolinimosi garantijos. Tai reiškia, kad Lietuvos klasteriams trūksta nuosavų lėšų skaitmeninėms transformacijoms įgyvendinti, tad jie didele dalimi yra priklausomi nuo išorinio finansavimo. Nors didžiausias dėmesys iš galimų finansinių įrankių skiriamas subsidijoms, atlikta literatūros analizė byloja apie riziką, kad skiriant subsidijas bus finansuojami stambesni, o ne didžiausiu potencialu pasižymintys projektai ir įmonės. Pastaruoju atveju būtų tikslingiau rinktis kaskadinį finansavimą, paskolas su lengvatinėmis palūkanomis, fiksuotuosius čekius. Dėmesys tarptautinės tinklaveikos kūrimui yra susijęs su poreikiu plėsti klasterių inovacines ekosistemas: norint sparčiau ir sėkmingiau diegti skaitmenines inovacijas, Lietuvos klasteriuose būtina skatinti bendradarbiavimą ir dalijimąsi žiniomis tarp įvairių vietinių ir užsie-

nio partnerių (smulkių, vidutinio dydžio ir stambių įmonių, institucijų, universitetų, investuotojų, verslininkų ir kt.). Apklausos rezultatai taip pat rodo, kad Lietuvos klasteriuose diegiant skaitmenines inovacijas susiduriama su darbo jėgos kvalifikacijos problema. Remiantis literatūros rekomendacijomis, darbo jėgos kvalifikacija gali būti keliama pasitelkiant jungtines kvalifikacijos kėlimo ir mokymo programas, specializuotas įgūdžių, kurių reikia tam tikrame sektoriuje, lavinimo programas, įgytų įgūdžių pažangos ir įtakos monitoringą, sudarant profesinių interesų grupes ir / ar teminius komitetus. Vieno langelio principu veikiantys inovaciniai centrai leistų skaitmeninių transformacijų procese suderinti įvairių institucijų vaidmenis, suvienodinti teisinius reikalavimus, paspartinti verslo procesų ir funkcijų vykdymą per automatizuotas sistemas, o atliekant bandomąsias demonstracijas, parodmuosius diegimus ir testavimą, būtų galima susieti teorines žinias su technologiniais proveržiais, numatyti tiek pramoninį, tiek komercinį inovacijų pritaikomumą.

Siekiant empiriškai ištirti paslaugų skaitmenizavimo paspartinimo būdus, respondentų buvo paprašyta suskirstyti pagal rangus pateiktus būdus (žr. 135 pav.).



135 pav. Kokios paslaugos paspartintų skaitmenizavimą klasterio organizacijoje? (proc.)

Respondentai neišskyrė vieno svarbiausio būdo, todėl galime teigti, kad kompleksinės būdų taikymo galimybės prisidėtų prie skaitmenizavimo klasterių organizacijose paspartinimo. Vis dėlto, daugiausia balų surinkęs būdas – finansinių resursų pritraukimas bandomiesiems projektams ir testavimui – rodo tai, kad diegiant skaitmenines transformacijas klasterių organizacijose norima minimizuoti nesėkmių riziką ir maksimizuoti skaitmeninių transformacijų naudą. Klasterių

organizacijoms priklausančioms įmonėms dažnai trūksta finansinių išteklių bandomuosius projektus ir testavimus finansuoti pačioms, todėl išorinio finansavimo pritraukimas šiam tikslui padėtų įsitikinti, kad skaitmeninės transformacijos dera su esamais verslo procesais, kad transformacijoms nėra būdingas aukštesnis nei priimtinas klaidų lygis, kad technologinėmis sistemomis patogiau naudotis ir darbuotojams, ir vartotojams. Skirtingai nei analizuotoje literatūroje, šiame empiriniame tyrime nenustatytas skaitmeninės transformacijos skatinančios politinės ir teisinės bazės formavimo poreikis, kas ilgainiui turėtų būti aktualu, turint omenyje, kad skaitmeniniai verslo modeliai skiriasi nuo tradicinių modelių duomenų ir technologijų naudojimo gausa, o tam reikia adekvataus teisinio reguliavimo.

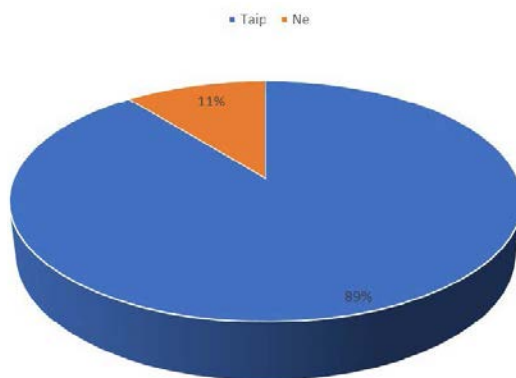
Apibendrinant galima daryti šias išvadas:

- 93 proc. klasterių koordinatorių nurodė, kad planuoja savo veikloje skaitmenizuoti verslo procesus penkerių metų laikotarpiu, tik 7 proc. klasterių neplanuoja verslo skaitmenizavimo dėl per mažų įmonės ir gamybos apimčių bei jau skaitmenizavimą įgyvendinusių įmonių papildomo poreikio jo atlikti dar syki nebuvimo;
- Nustatyta, kad Lietuvos klasteriams yra labai svarbios skaitmeninės technologijos, ir jos yra pasiruošusios spręsti skaitmenizavimo iššūkius ir pasinaudoti galimybėmis. Šių klasterių koordinatoriai įsivertino kaip organizacijas, kurios yra inovatyvios ir pasiruošusios skaitmenizuotis.
- Skaitmeninės technologijos didžiajai daugumai klasterių reiškia konkurencinį pranašumą sektoriuje, kuriame klasterio organizacija veikia.
- Įvardytos pačios populiariausios skaitmeninės technologijos, kurios labiausiai paveiks klasterių organizacijų sektorius: orlaiviai paremtos sistemos, dirbtinis intelektas, nuoseklus duomenų apsikeitimas ir surinkimas, verslo valdymo sistemos, automatizavimas ir išmanioji gamyba, robotika.
- Išskirti trys svarbiausi skaitmeninių inovacijų diegimo įrankiai: skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės (subsидijos); tarptautinės tinklaveikos kūrimas ir darbo jėgos perkvalifikavimas, kvalifikacijos kėlimas bei naujų kompetencijų mokymas.
- Skaitmenizavimą paspartintų kompleksinės būdų taikymo galimybės klasterių organizacijose: (1) bendruomenės kūrimas ir supažindinimas su skaitmenizavimu, skatinimas skaitmenizuotis, parodomieji mokymai; (2) rinkos skaitmeninio kelrodžio kūrimas, mokymo programų kūrimas ir mokymai; (3) technologijų paslaugos: skaitmeninis auditas, konsultacijos; (4) technologijų paslaugos: finansinių resursų pritraukimas bandomiesiems projektams, diegimui, testavimui; (5) technologijų paslaugos: technologinės infrastruktūros suteikimas; (6) technologinės paslaugos: MTEP projektai, pasiruošimas jiems, konsultavimas ir pagalba;

(7) verslo paslaugos: inkubatorius, akceleratorius; (8) verslo paslaugos: investicijų pritraukimas technologijų vystymui; (9) verslo paslaugos: mokymai ir konsultacijos, projektų vystymas; (10) glaudžiai bendradarbiauti su klasteriais, kartu vykdyti sektorių skaitmeninimą.

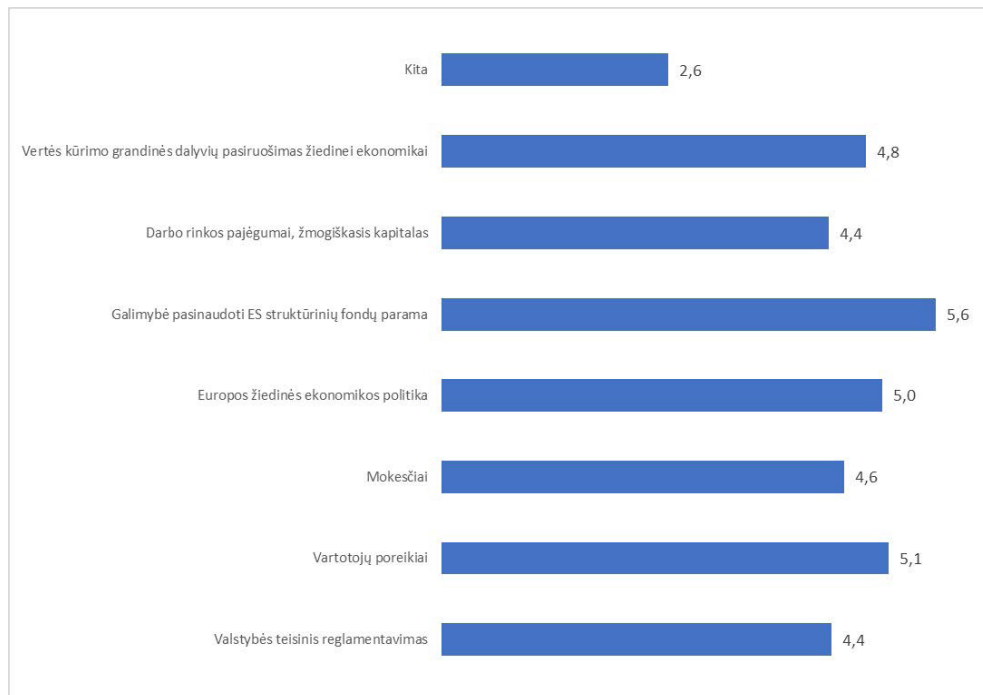
4.4. Žiedinės ekonomikos tendencijų poveikis klasteriams

Klasterių apklausos rezultatai atskleidė, kad 89,3 proc. apklaustųjų mano, kad žiedinės ekonomikos tendencijos turės įtakos klasterio organizacijos veiklai, tik 10,7 proc. taip nemano (žr. 136 pav.).



136 pav. Ar žiedinės ekonomikos tendencijos turės įtakos klasterio organizacijos veiklai? (atsakymai, proc.)

Apklaustieji nurodė, kad vienos svarbiausių priežasčių diegti žiedinės ekonomikos sprendimus klasterių veikloje yra galimybė pasinaudoti ES struktūrinių fondų parama (vidurkio reikšmė 5,6), vartotojų poreikiai (5,1) ir Europos žiedinės ekonomikos politika (5). Šiek tiek mažesnius svarbos įverčius respondentai suteikė tokioms priežastims, kaip vertės kūrimo grandinės dalyvių pasiruošimas žiedinei ekonomikai (4,8), darbo rinkos pajėgumai, žmogiškasis kapitalas (4,4), mokesčiai (4,6) ir valstybinės teisinių reglamentavimas (4,4).



137 pav. Kas skatina diegti žiedinės ekonomikos sprendimus? (vidurkio reikšmės)

Nustačius žiedinės ekonomikos sprendimų diegimo veiksnius, tikslinga išsiaiškinti, kokios privataus ar viešojo sektoriaus paslaugos didintų efektyvumą, diegiant žiedines technologijas.

Šiame empiriniame tyrime klausimu „Kokios paslaugos didintų efektyvumą, diegiant žiedines technologijas?“ buvo siekiama identifikuoti, kurias paslaugas reikėtų įveiklinti, siekiant žiedinės ekonomikos sprendimų efektyvesnio įgyvendinimo klasterių organizacijose. Atsakymų susisteminimas atskleidė, kad nebuvo išskirta nei pati svarbiausia, ne nesvarbi paslauga (žr. 34 lentelę).

34 lentelė. Kokios paslaugos didintų efektyvumą, diegiant žiedines technologijas?

Eil. Nr.	Paslaugos	Vidurkio reikšmė
1.	Ekosistemos kūrimas: bendruomenės kūrimas ir supažindinimas su žiedine ekonomika, skatinimas taikyti ekologiškas technologijas, parodomieji mokymai	5,3
2.	Ekosistemos kūrimas: rinkos žiedinės ekonomikos kelrodžio kūrimas, mokymų programų kūrimas ir mokymai	4,8
3.	Technologijų paslaugos: ekologinis auditas, konsultacijos	4,5
4.	Technologijų paslaugos: finansinių resursų pritraukimas bandomiesiems projektams, diegimui, testavimui	5,7
5.	Technologijų paslaugos: technologinės infrastruktūros suteikimas	5,1
6.	Technologijų paslaugos: MTEP projektai, pasiruošimas jiems, konsultavimas ir pagalba	5,4
7.	Verslo paslaugos: inkubatorius, akceleratorius	4,4
8.	Verslo paslaugos: investicijų pritraukimas technologijų vystymui	4,4
9.	Verslo paslaugos: mokymai ir konsultacijos, projektų vystymas	4,8
10.	Glaudžiai bendradarbiauti su klasteriais, kartu vykdyti sektorių skaitmenizavimą	5,2

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis apklausos duomenimis.

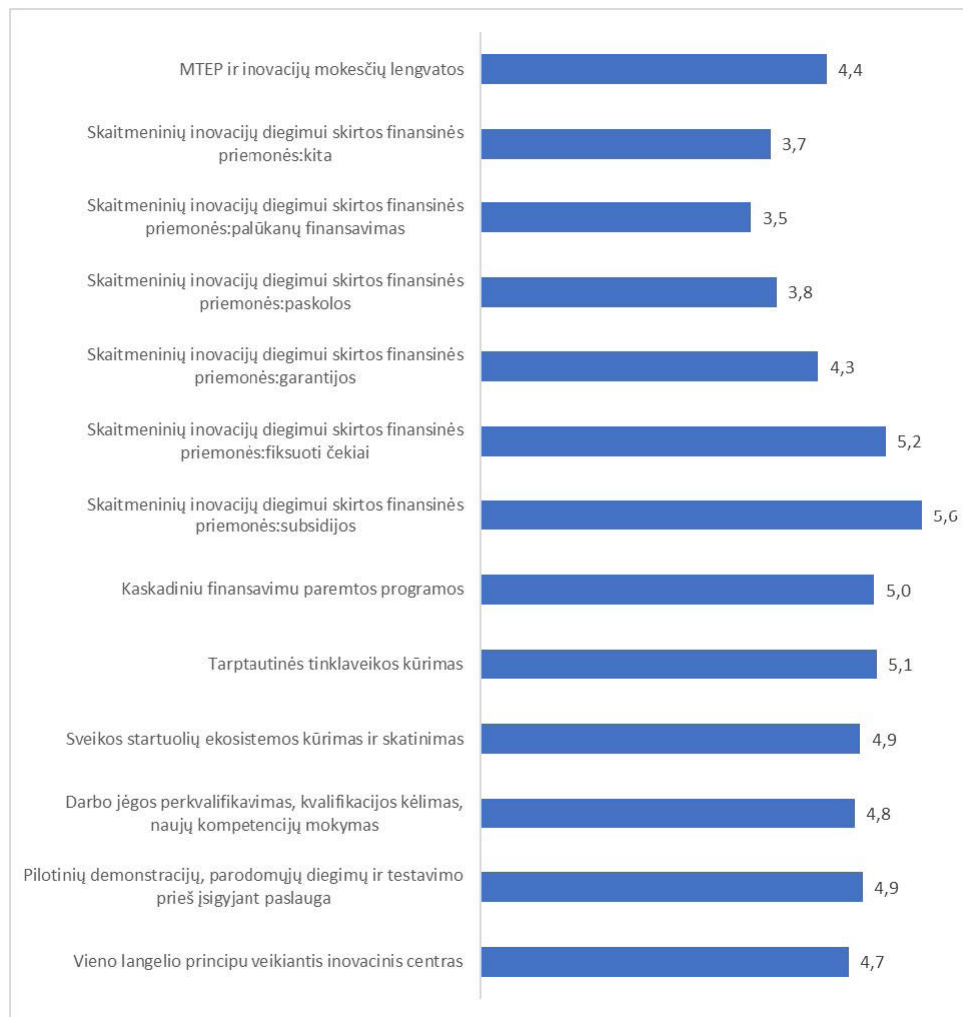
Skirtingai nei vertinant investicijų pritraukimą technologijų, padedančių vykdyti skaitmenines transformacijas, diegimui, investicijų pritraukimas technologijoms, leidžiančioms diegti žiedinės ekonomikos sprendimus, respondentų nėra vertinamas kaip potencialiai efektyvi paslauga, kuri padidintų efektyvumą, diegiant žiedines technologijas klasteriuose. Tai rodo, kad, ko gero, žiedinės ekonomikos potencialas nėra laikomas tokiu dideliu, kaip skaitmeninių transformacijų potencialas. Tačiau pastebima ir bendra tendencija: didžiausia svarba, tiek diegiant skaitmenines transformacijas, tiek žiedines technologijas, suteikiama finansinių resursų pritraukimui, atliekant bandomuosius projektus, diegimą ir testavimą. Tai rodo, kad klasterių organizacijose mažinant riziką, pirmiausia norima įsitikinti inovatyvių technologijų efektyvumu, ir tik atlikus testavimą priimamas sprendimas diegti inovacijas praktikoje.

Empirinės apklausos rezultatai rodo, kad respondentų nuomonė iš esmės sutampa su kitų autorių ankstesniuose tyrimuose išryškintomis viešosiomis ir privačiomis paslaugomis, kurios galėtų padidinti efektyvumą, diegiant žiedines technologijas:

tam galėtų pasitarnauti bandomųjų projektų ir testavimo vykdymas, visuomenės sąmoningumo didinimas, tinkamos bendrosios ir technologinės infrastruktūros kūrimas, MTEP projektų vykdymas, glaudus tarpusavio bendradarbiavimas tarp klasterių, žiedinės ekonomikos kelrodžių formavimas. Tačiau, skirtingai nei ankstesnėje literatūroje, šiame empiriniame tyrime neišryškinamas šalių vyriausybės vaidmuo, kai vyriausybės gali padėti agreguoti paklausą žiedinės ekonomikos infrastruktūros sprendimams ir pirmosios pradėti taikyti technologijas savo infrastruktūros portfeluose, bei politinės intervencijos vaidmuo, skleidžiant teigiamus ir tvarius žiedinės ekonomikos koncepcijos ir modelio rezultatus. Šalia audito būtų tikslinga įveikinti ir aplinkos technologijų patvirtinimo instrumentą, kuris leistų nepriklausomai įvertinti ir patvirtinti gamintojų teiginius apie jų technologijų veikimą ir naudą aplinkai. Bendradarbiavimo lygmenyje būtų tikslinga suvienodinti žiedinės ekonomikos suvokimą tarp įvairių subjektų, kad žiedinė ekonomika nebūtų interpretuojama siaurai tik kaip beatliekė ekonomika, bet būtų suvokiama kaip tradicinio linijinio socialinio-ekonominio modelio transformavimas regeneruojamąja kryptimi. Taip pat svarbu suderinti praktinę ir aplinkosauginę transformacijų naudą. Atsižvelgus į čia paminėtus veiksnius, būtų galima pasiekti dar didesnio efektyvumo, diegiant žiedines technologijas klasterių organizacijose.

Siekiant įvertinti viešųjų priemonių veiksmingumą, mažinant žiedinių technologijų diegimo riziką, klasterių koordinatorių buvo paprašyta sureitinguoti šias priemones pagal svarbą. Atsakymų rezultatai pateikti 138 paveiksle.

Nustatyta, kad subsidijos, tarptautinės tinklaveikos kūrimas, fiksuotieji čekiai, kaskadiniu finansavimu (vidurkio reikšmės varijuoja 5 ir 5,6 intervalo ribose) paremtos programos labiausiai mažintų žiedinių technologijų diegimo riziką. Taigi, kaip ir skaitmeninių technologijų diegimo atveju, respondentai akcentuoja finansinių priemonių svarbą.



138 pav. Kokios viešosios priemonės mažina žiedinių technologijų diegimo riziką? (vidurkių reikšmės)

Apibendrinant galima daryti šias išvadas:

- 89,3 proc. apklaustųjų mano, kad žiedinės ekonomikos tendencijos turės įtakos klasterio organizacijos veiklai;
- Vienos svarbiausių priežasčių diegti žiedinės ekonomikos sprendimus klasterių veikloje yra galimybė pasinaudoti ES struktūrinių fondų parama, vartotojų poreikiai ir Europos žiedinės ekonomikos politika;
- Kompleksinių paslaugų taikymas didintų žiedinės ekonomikos diegimo efektyvumą klasterių veikloje: (1) Ekosistemos kūrimas: bendruomenės kūrimas, ir supa-

- žindinimas su žiedine ekonomika, skatinimas taikyti ekologiškas technologijas, parodomieji mokymai; (2) Ekosistemos kūrimas: rinkos žiedinės ekonomikos kelrodžio kūrimas, mokymų programų kūrimas ir mokymai; (3) Technologijų paslaugos: ekologinis auditas, konsultacijos; (4) Technologijų paslaugos: finansinių resursų pritraukimas bandomiesiems projektams, diegimui, testavimui; (5) Technologijų paslaugos: technologinės infrastruktūros suteikimas; (6) Technologijų paslaugos: MTEP projektai, pasiruošimas jiems, konsultavimas ir pagalba; (7) Verslo paslaugos: inkubatorius, akceleratorius; (8) Verslo paslaugos: investicijų pritraukimas technologijų vystymui; (9) Verslo paslaugos: mokymai ir konsultacijos, projektų vystymas; (10) glaudžiai bendradarbiauti su klasteriais, kartu vykdyti sektorių skaitmeninimą.*
- Nustatyta, kad subsidijos, tarptautinės tinklaveikos kūrimas, fiksuotieji čekiai, kaskadiniu finansavimu paremtos programos labiausiai mažintų žiedinių technologijų diegimo riziką.

5.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Vyrauja skirtingi požiūriai dėl klasterių apibrėžimų, tačiau atlikta mokslinės literatūros analizė leido juos sugrupuoti pagal šiuos požymius: geografinį, šakinį (sektorinį), tikslus, tiekimo grandinės valdymą, tinklaveiką ir socialinį reiškinių. Vadinasi, klasterius galima traktuoti kaip vieno ar kelių sektorių koncentraciją, tinklaveiką ir klasteryje dalyvaujančių įmonių bendradarbiavimą, siekiant bendrų tikslų ir supaprastinto teikimo grandinės valdymo. Nors besivystančiose šalyse klasterių plėtra yra lėtas procesas, tačiau išsivysčiusiose valstybėse klasterių nauda neabejojama ir ji pasireiškia per išteklių dalijimąsi, socialinės elgsenos koordinavimą, naujų technologijų kūrimą, sinergijos gavimą iš bendrų projektų įgyvendinimo. Ištirta, kad kaip ir ekonomikos / verslo ciklas, taip ir klasteris turi gyvavimo ciklo etapus (atsiradimas, augimas, branda, transformacija arba nuosmukis), iš kurių ypatingai didelis dėmesys turėtų būti skiriamas brandos etapui. Laiku neidentifikavus brandos etapo ir nepradėjus klasterio transformacijos, klasteris gali pradėti stagnuoti ir dėl to visai išnykti. Kaip svarbiausi klasterių transformacijos veiksniai išskirti: veiklos perkėlimas į visiškai naują sritį, politinės rėmimo priemonės, inovacijų įveiklinimas ir žinių heterogeniškumo išlaikymas, kuriant naujas technologijas. Klasterių kūrimas vienareikšmiškai turi ekonominį poveikį įmonėms mikroekonominiame kontekste ir verslui / valstybei – makroekonominiame kontekste. Mikroekonominiame kontekste klasteriai padeda įmonėms plėstis vidaus ir užsienio rinkose, didina verslo atvirumą užsienio investicijoms, gelbsti per ekonominį nuosmukį ar pandemiją, suteikia prieigą prie trūkstamų socialinių, institucinių ir rinkos veiksnių, kas suteikia pranašumo prieš konkurentus. Makroekonominiame kontekste klasterių kūri-

- mo politika visų pirma skatina regionų ekonominę plėtrą, darbo vietų sukūrimą ir išlaikymą, MTEP plėtrą ir bendradarbiavimą tarp viešojo ir privataus sektorių.
2. Skaitmeninę transformaciją galima apibūdinti kaip globalią verslo transformaciją, kurią sąlygojo: ekonomikos sektoriaus pokyčiai, įmonės strateginių ir taktinių tikslų įgyvendinimas, tvarus konkurencingumas, vertę kuriančių struktūrinių komponentų ir ekonominių subjektų sąveika pridedamosios vertės grandinės segmentuose. Pagrindiniai skaitmeninių transformacijų tipai yra nauji verslo modeliai, verslo procesai ir nauji kontakto su klientais taškai. Svarbiausi skaitmeninių transformacijų teikiami privalumai: naujų veikėjų (ir jų grupių), naujų struktūrų, naujos praktikos, naujų vertybių ir įsitikinimų, keičiančių esamas veiklos taisykles, kūrimas. Svarbiausi skaitmeninių transformacijų skirtumai nuo skaitmeninių inovacijų yra tokie: priešingai nei skaitmeninės inovacijos, skaitmeninės transformacijos visuomet yra įmonės strategijos dalis, jos yra ilgalaikės, įgyvendinamos tik įmonės viduje. Šiuolaikiniame pasaulyje svarbiausios moderniosios technologijos, sukurančios sąlygas skaitmeninėms transformacijoms verslo įmonėse, yra šios: daiktų internetas, didieji duomenys, debesų kompiuterija, dirbtinis intelektas ir blokų grandinių technologijos.
 3. Ekonominė prasme žiedinė ekonomika grindžiama tradicinio linijinio ekonomikos plėtos modelio, pasižyminčio masine gamyba, masiniu vartojimu ir daug išmetamų atliekų, kardinaliomis transformacijomis. Aplinkos prasme žiedinė ekonomika skatina tvarų visų išteklių – žaliavų, energijos, vandens, oro, žemės ir dirvožemio – naudojimą, laikantis numatytų klimato kaitos valdymo tikslų, saugant, vertinant ir atkuriant biologinę įvairovę bei ekosistemas. Socialine prasme žiedinė ekonomika skatina socialinės gerovės kūrimą, naudojant mažiau išteklių ir generuojant mažiau atliekų, tačiau išgaunant iš išteklių ir produktų maksimalią vertę ir maksimalų naudingumą, gerokai prailginus jų gyvavimo ciklą. Poslinkis žiedinės ekonomikos link turi vykti lygiagrečiai skaitmeninei transformacijai, kadangi žiedinė ekonomika gali kapitalizuotis ir padidinti savo potencialą per skaitmenizavimą. Pagrindinės kliūtys, diegiant žiedinės ekonomikos principus verslo įmonių praktikoje, yra pasenęs teisinis reguliavimas atliekų tvarkymo atžvilgiu bei komerciniu požiūriu gyvybingų perdirbimo technologijų nepasiekiamumas. Veikdami kaip bendradarbiaujamieji mechanizmai, klasteriai gali padėti smulkiosioms ir vidutinėms įmonėms efektyviau naudoti išteklius, diegti sisteminės inovacijas, vykdyti beveik beatliekius žiedinius procesus, kurti naujus produktus ir paslaugas, plėsti kompetenciją ir žinias, įgyti prieigą prie išmaniojo finansavimo bei per šiuos veiksmus smarkiai padidinti savo konkurencinį pranašumą. Ryšys tarp klasteriams priklausančių įmonių ir žiedinės

ekonomikos principų diegimo yra abipusis: žiedinė ekonomika didina klasterių konkurencinį pranašumą, o klasteriai spartina žiedinės ekonomikos plėtrą.

4. Europos žaliuoju kursu siekiama padaryti Europos Sąjungą neutralia klimato kaitos atžvilgiu iki 2050 m. per švarią energiją, tvarią pramonę, statybas ir renovacijas, maisto tiekimą iš ūkių gyventojams, taršos eliminavimą, tvarų mobilumą, bioįvairovę ir tvarius finansus. ES žaliojo kurso planu siekiama parodyti, kad šalys gali vystytis ekonomiškai ir nedidindamos išteklių naudojimo. Skaitmeninės technologijos gali padėti kovoti su neigiamais aplinkos pokyčiais, kadangi jos pajėgios sukaupti didžiulius duomenų kiekius, kurių analizė padės priimti žiniomis pagrįstus sprendimus, leis tiksliau prognozuoti galimą poveikį aplinkai, o išmaniosios sistemos leis stebėti vykstančius procesus ir optimizuoti atliekamų operacijų saugumą. Didžiausias efektyvumas išvelgiamas atliekų mažinimo ir perdirbimo sistemose, transporto, logistikos ir žemės ūkio sektoriuose.
5. Sukurtas universalus vertę kuriantis inovatyvių klasterių verslo modelis šiuolaikinės ekonomikos sąlygomis, sudarytas iš trijų pagrindinių transformacijas skatinančių veiksmų – skaitmenizavimo, žiedinės ekonomikos ir Europos žaliojo kurso, – leidžiant klasteriams įvairiapusiškai ir kompleksiai įsivertinti savo verslo modelio transformaciją, atsižvelgiant į esmines šiuolaikinės ekonomikos ir globalios rinkos sąlygas. Modelis įneša mokslinio naujumo į verslo transformacijos modelių teorijas, nes akcentuoja ir apima šiuolaikinės Europos vertybes ir į ateitį orientuotas perspektyvas klasterių konkurenciniam pranašumui išlaikyti.
6. Atlikta 2020 m. Lietuvos klasterių apklausa atskleidė šiuos rezultatus:
 - 6.1. Pagrindinėmis ir svarbiausiomis inovacijomis klasteriai per pastaruosius trejus metus įsivardijo naujų produktų sukūrimą, bendradarbiavimą su naujais verslo partneriais, naujų sprendimų įvedimą, mažinant fiksuotus ir kintamus kaštus, bei naujų paslaugų pasiūlymų įvedimą.
 - 6.2. Pagrindiniu tikslu klasterio organizacijoje diegiant inovacijas įvardytas atsako į rinkos pokyčius kūrimas, antroji vieta pagal svarbą atiteko – konkurenciniam pranašumui pasiekti, trečioji vieta – klasterio strategijos atradimui ir įgyvendinimui.
 - 6.3. Klasterių galimybes diegti inovacijas lemia šios priežastys: klasterio nariai gali adekvačiau ir sparčiau atsilipti į klientų poreikius dėl platesnio vartotojų tinklo, nei atskiras vienas gamintojas; klasterio nariai turi prieigą prie naujausių technologijų įvairiose ekonominės veiklos srityse; inovacijų diegimo procese dalyvauja ir tiekėjai, ir vartotojai, taip pat kitų ekonomikos sektorių įmonės; įmonėms bendradarbiaujant, tyrimų ir plėtros kaštai mažėja; klasterio

nariai patiria intensyvių konkurencinį spaudimą, kurį dar labiau padidina nuolatinis verslo lyginimas su panašių įmonių darbu.

- 6.4. 93 proc. klasterių koordinatorių nurodė, kad planuoja savo veikloje skaitmenizuoti verslo procesus penkerių metų laikotarpiu, tik 7 proc. klasterių neplanuoja verslo skaitmenizavimo dėl per mažų įmonės ir gamybos apimčių bei jau skaitmenizavimą įgyvendinusių įmonių papildomo poreikio jo atlikti dar sykių nebuvimo.
- 6.5. Skaitmeninės technologijos didžiajai daugumai klasterių reiškia konkurencinį pranašumą sektoriuje, kuriame klasterio organizacija veikia.
- 6.6. Įvardintos pačios populiariausios skaitmeninės technologijos, kurios labiausiai paveiks klasterių organizacijų sektorius: orlaiviais paremtos sistemos, dirbtinis intelektas, nuoseklus duomenų apsikeitimas ir surinkimas, verslo valdymo sistemos, automatizavimas ir išmanioji gamyba, robotika.
- 6.7. Išskirti trys svarbiausi skaitmeninių inovacijų diegimo įrankiai: skaitmeninių inovacijų diegimui skirtos finansinės priemonės (subsidijos); tarptautinės tinklaveikos kūrimas ir darbo jėgos perkvalifikavimas, kvalifikacijos kėlimas bei naujų kompetencijų mokymas.
- 6.8. Skaitmenizavimą paspartintų kompleksinės būdų taikymo galimybės klasterių organizacijose: (1) bendruomenės kūrimas ir supažindinimas su skaitmenizavimu, skatinimas skaitmenizuotis, parodomieji mokymai; (2) rinkos skaitmeninimo kelrodžio kūrimas, mokymo programų kūrimas ir mokymai; (3) technologijų paslaugos: skaitmeninis auditas, konsultacijos; (4) technologijų paslaugos: finansinių resursų pritraukimas bandomiesiems projektams, diegimui, testavimui; (5) technologijų paslaugos: technologinės infrastruktūros suteikimas; (6) technologinės paslaugos: MTEP projektai, pasiruošimas jiems, konsultavimas ir pagalba; (7) verslo paslaugos: inkubatorius, akceleratorius; (8) verslo paslaugos: investicijų pritraukimas technologijų vystymui; (9) verslo paslaugos: mokymai ir konsultacijos, projektų vystymas; (10) glaudžiai bendradarbiauti su klasteriais, kartu vykdyti sektorių skaitmeninimą.
- 6.9. 89,3 proc. klasterių atstovų mano, kad žiedinės ekonomikos tendencijos turės įtakos klasterio organizacijos veiklai.
- 6.10. Vienos svarbiausių priežasčių diegti žiedinės ekonomikos sprendimus klasterių veikloje yra galimybė pasinaudoti ES struktūrinių fondų parama, vartotojų poreikiai ir Europos žiedinės ekonomikos politika.
- 6.11. Kompleksinių paslaugų taikymas didintų žiedinės ekonomikos diegimo efektyvumą klasterių veikloje: (1) Ekosistemos kūrimas: bendruomenės kūrimas ir supažindinimas su žiedine ekonomika, skatinimas taikyti ekologiškas

technologijas, parodomieji mokymai; (2) Ekosistemos kūrimas: rinkos žiedinės ekonomikos kelrodžio kūrimas, mokymų programų kūrimas ir mokymai; (3) Technologijų paslaugos: ekologinis auditas, konsultacijos; (4) Technologijų paslaugos: finansinių resursų pritraukimas bandomiesiems projektams, diegimui, testavimui; (5) Technologijų paslaugos: technologinės infrastruktūros suteikimas; (6) Technologijų paslaugos: MTEP projektai, pasiruošimas jiems, konsultavimas ir pagalba; (7) Verslo paslaugos: inkubatorius, akceleratorius; (8) Verslo paslaugos: investicijų pritraukimas technologijų vystymui; (9) Verslo paslaugos: mokymai ir konsultacijos, projektų vystymas; (10) glaudžiai bendradarbiauti su klasteriais, kartu vykdyti sektorių skaitmeninimą.

6.12. Nustatyta, kad subsidijos, tarptautinės tinklaveikos kūrimas, fiksuotieji čekiai, kaskadiniu finansavimu paremtos programos labiausiai mažintų žiedinių technologijų diegimo riziką.

Rekomenduojama šalies vyriausybiniųs institucijoms atsižvelgti į klasterių atstovų išsakytą poziciją teikti finansinę paramą, įvardytą 6.8, 6.11 ir 6.12 išvadose.

LITERATŪRA

- Aagaard, A. (2018). Managing Sustainable Innovation. In: R. Altenburger, ed. *Innovation Management and Corporate Social Responsibility*. Cham: Springer, pp. 13–28.
- Aarikka-Stenroos, L., P. Ritala & L. D. W. Thomas. (2021). *Circular Economy Ecosystems: A Typology, Definitions, and Implications* [online]. <https://www.elgaronline.com/view/edcoll/9781789906028/9781789906028.00024.xml> (5.06.2023).
- Abazi, B. (2016). An Approach to the Impact of Transformation from the Traditional Use of ICT to the Internet of Things: How Smart Solutions Can Transform SMEs. *IFAC – Papers-OnLine*, 49 (29), pp. 148–151. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.091>.
- Abu Bakar, L. J. & A. R. Jaaffar. (2021). Technological Parks, Clusters, and Innovation Networks: Expected Transformation of Innovative Sectors. In: B. S. Sergi & A. R. Jaaffar, eds. *Modeling Economic Growth in Contemporary Malaysia (Entrepreneurship and Global Economic Growth)*. Bingley: Emerald Publishing Limited, pp. 59–69. <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-806-420211006>.
- Acs, Z. J., H. L. de Groot & P. Nijkamp, eds. (2002). *The Emergence of the Knowledge Economy*. Berlin–New York: Springer.
- Acubiz. (2022). *Grant Vouchers Make Digitization Accessible to All SMEs* [online]. <https://www.acubiz.com/grant-vouchers-make-digitization-accessible-to-all-smes/> (5.06.2023).
- Adner, R. & R. Kapoor. (2010). Value Creation in Innovation Ecosystems: How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in New Technology Generations. *Strategic Management Journal*, 31 (3), pp. 306–333.
- Adner, R. (2017). Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*, 43 (1), pp. 39–58.
- Advanced Technology Services. *Digital Transformation and the Future of the Paper Industry* [online]. <https://www.advancedtech.com/blog/digital-transformation-of-paper-manufacturing/> (12.12.2022).
- Agarwal, R. & B. L. Bayus. (2002). The Market Evolution and Sales Takeoff of Product Innovations. *Management Science*, 48 (8), pp. 1024–1041.
- Agarwal, R., et al. (2010). The Digital Transformation of Healthcare: Current Status and the Road Ahead. *Information Systems Research*, 21 (4), pp. 796–809.
- Agarwal, R. et al. (2022). Nexus of Circular Economy and Sustainable Business Performance in the Era of Digitalization. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71 (3), pp. 748–774. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0676>.

- Ahmed, K. (2015). Google's Demis Hassabis – Misuse of Artificial Intelligence 'Could Do Harm' [online]. <https://www.bbc.com/news/business-34266425> (5.06.2023).
- Aid, G. et al. (2017). Expanding Roles for the Swedish Waste Management Sector in Inter-Organizational Resource Management. *Resources, Conservation and Recycling*, 124, pp. 85–97.
- Ayhan, B. ed. (2017). *Digitalization and Society* [online]. https://library.oapen.org/bitstream/id/711234ff-e1dd-47f2-9a19-6fea5dc8407c/external_content.pdf (5.06.2023).
- Ajwani-Ramchandani, R. et al. (2021). Towards a Circular Economy for Packaging Waste by Using New Technologies: The Case of Large Multinationals in Emerging Economies. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125139.
- Akyuz, G. A. & G. Gursay. (2020). Transformation of Supply Chain Activities in Blockchain Environment. In: U. Hacioglu, ed. *Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems*. Cham: Springer, pp. 153–175.
- Alavi, B., M. Tavana & H. Mina. (2021). A Dynamic Decision Support System for Sustainable Supplier Selection in Circular Economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, pp. 905–920. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.015>.
- Allen, J. V. (2016). Developing Digital Literacy Skills Through Guided Reading Instruction. *The Florida Reading Journal*, 51 (1), pp. 16–20.
- Alonso, S. L. N. et al. (2021). Digitalization, Circular Economy and Environmental Sustainability: The Application of Artificial Intelligence in the Efficient Self-Management of Waste. *Sustainability*, 13 (4), pp. 1–19.
- Al-Ruithe, M., E. Benkhelifa & K. Hameed. (2018). Key Issues for Embracing the Cloud Computing to Adopt a Digital Transformation: A Study of Saudi Public Sector. *Procedia Computer Science*, 130, pp. 1037–1043. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.145>.
- Angelshaug, M. S. (2022). *Business Model Innovation: The Role of the Top Management's Composition, Cognition, and Knowledge Sourcing Strategy* [online]. <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/bitstream/handle/11250/2837127/Magne%20S.%20Angelshaug.PDF?sequence=1&isAllowed=y> (5.06.2023).
- „Anglies dioksido nutekėjimas“: EP siekia apmokestinti ES importą anglies dioksido mokesciu [online]. <https://www.europarl.europa.eu/news/lt/headlines/priorities/klimatakaita/20210303STO99110/ep-siekia-apmokestinti-es-importa-anglies-dioksido-mokesciu> (5.06.2023).
- Anić, I.-D. et al. (2019). The Development of Competitiveness Clusters in Croatia: A Survey-Based Analysis. *European Planning Studies*, 27 (11), pp. 2227–2247. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1610726>.
- Antikainen, M., T. Uusitalo & P. Kivikytö-Reponen. (2018). Digitalisation as an Enabler of Circular Economy. *Procedia CIRP*, 73, pp. 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027>.
- Arora, A., R. Bullivant & S. Bhatnagar. (2007). *Managing Business Model Innovations*. Paper presented at PMI® Global Congress 2007 – North America, Atlanta, GA. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing: In the Real World, Things Matter More than Ideas. *RFID Journal*, June 22 [online]. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> (5.06.2023).

- Atstaja, D. et al. (2020). Investments to Develop Business Models and Projects in the Circular Economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 578, 12029, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/578/1/012029>.
- Audretsch, D. B. & M. P. Feldman. (2004). Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 4, pp. 2713–2739.
- Autio, E. (2017). *Digitalisation, Ecosystems, Entrepreneurship and Policy* [online]. https://www.researchgate.net/profile/Erkko-Autio/publication/321944724_Digitalisation_ecosystems_entrepreneurship_and_policy/links/5a3a5eb5aca2728e698a9498/Digitalisation-ecosystems-entrepreneurship-and-policy.pdf (5.06.2023).
- Autio, E. et al. (2017). Digital Affordances, Spatial Affordances, and the Genesis of Entrepreneurial Ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12 (1), pp. 1–46. <https://doi.org/10.1002/sej.1266>.
- Azar, G. & F. Ciabusch. (2017). Organizational Innovation, Technological Innovation, and Export Performance: The Effects of Innovation Radicalness and Extensiveness. *International Business Review*, 26 (2), pp. 324–336.
- Babkin, A. et al. (2020). Digital Platforms for Industrial Clusters and Enterprises: Essence and Structure. *SPBPU IDE, 20: Proceedings of the 2nd International Scientific Conference on Innovations in Digital Economy: SPBPU IDE-2020*, 39, pp. 1–7.
- Babkin, A., T. Kudryavtseva & S. Utkina. (2013). Formation of Industrial Clusters Using Method of Virtual Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 5, pp. 68–72.
- Bacevičius P., G. Ramanauskienė & A. Jakubavičius. (2022). *Suminis pramonės skaitmeninimo indeksas 2022*. Vilnius: LIC, 162 p.
- Back, A. et al. (2014). *Enabling Blockchain Innovations with Pegged Sidechains*. White Paper Blockstream [online]. <https://blockstream.com/sidechains.pdf> (5.06.2023).
- Baden-Fuller, C. & M. S. Morgan. (2010). Business Models as Models. *Long Range Planning*, 43 (2–3), pp. 156–171.
- Baden-Fuller, C. & V. Mangematin. (2013). Business Models: A Challenging Agenda. *Strategic Organization*, 11 (4), pp. 418–427.
- Bag, S. et al. (2021). Key Resources for Industry 4.0 Adoption and Its Effect on Sustainable Production and Circular Economy: An Empirical Study. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125233>.
- Bahn-Walkowiak, B. et al. (2020). *Eco-Innovation and Digitalisation: Case Studies, Environmental and Policy Lessons from EU Member States for the EU Green Deal and the Circular Economy: EIO Biennial Report 2020*. Europos Komisija: Briuselis.
- Baldassarre, B. et al. (2019). Industrial Symbiosis: Towards a Design Process for Eco-Industrial Clusters by Integrating Circular Economy and Industrial Ecology Perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 2016, pp. 446–460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091>.
- Barata, J., P. R. Cunha & S. Coyle. (2018). *Guidelines for Using Pilot Projects in the Fourth Industrial Revolution*. Conference: 29th Australasian Conference on Information Systems (ACIS). Sidney [online]. https://www.researchgate.net/publication/329365498_Guidelines_for_Using_Pilot_Projects_in_the_Fourth_Industrial_Revolution (5.06.2023).
- Bellantuono, N., N. Carbonara & P. Pontrandolfo. (2017). The Organization of Eco-Industrial Parks and Their Sustainable Practices. *Journal of Cleaner Production*, 161, pp. 362–375.

- Bellis, M. (2021). *Who Invented the Microchip?* [online]. <https://www.thoughtco.com/what-is-a-microchip-1991410> (5.06.2023).
- Bembenek, B., M. Frankowska & K. Kowalska. (2018). Internationalization Through Networks – Strategic Challenge for Cluster Facilitator. *Humanities and Social Sciences*, 25 (1), pp. 9–22.
- Benner, M. (2017). Smart Specialization and Cluster Emergence: Elements of Evolutionary Regional Policies. In: D. Fornahl & R. Hassink, ed. *The Life Cycle of Clusters*. Cheltenham–Northampton: Edward Elgar Publishing, pp. 151–172. <https://doi.org/10.4337/9781784719289.00017>.
- Benneworth, P. et al. (2003). Confusing Clusters? Making Sense of the Cluster Approach in Theory and Practice. *European Planning Studies*, 11 (5), pp. 511–520. <https://doi.org/10.1080/0965431032000088470>.
- Berkowitz, H. (2018). Meta-Organizing Firms’ Capabilities for Sustainable Innovation: A Conceptual Framework. *Journal of Cleaner Production*, 175, pp. 420–430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.028>.
- Bertoncelj, A. (2022). Digital Transformation in the Context of European Union’s Green Deal. *Amfiteatru Economic*, 24 (59), pp. 5–7.
- Bezama, A. et al. (2019). Resources, Collaborators, and Neighbors: The Three-Pronged Challenge in the Implementation of Bioeconomy Regions. *Sustainability*, 11 (19), 7235.
- Bharadwaj, A. et al. (2013). Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MIS Quarterly*, 37 (2), pp. 471–482.
- Bhatti, A. et al. (2021). Much-Needed Business Digital Transformation through hrough Big Data, Internet of Things and Blockchain Capabilities: Implications for Strategic Performance in Telecommunication Sector. *Business Process Management Journal*, 27 (6), pp. 1854–1873. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2020-0553>.
- Bianchini, A., J. Rossi & M. Pellegrini. (2019). Overcoming the Main Barriers of Circular Economy Implementation through a New Visualization Tool for Circular Business Models. *Sustainability*, 11 (23), 6614. <https://doi.org/10.3390/su11236614>.
- Big Data Value Association. (2018). *Big Data Challenges in Smart Manufacturing* [online]. https://bdva.eu/sites/default/files/BDVA_SMI_Discussion_Paper_Web_Version.pdf (5.06.2023).
- Bloomberg, J. (2018). Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: Confuse Them at Your Peril [online]. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/?sh=2e4fb2dc2f2c> (5.06.2023).
- Boiten, V. J., S. L.-H. Han & D. Tyler. (2017). *Circular Economy Stakeholder Perspectives: Textile Collection Strategies to Support Material Circularity* [online]. https://www.academia.edu/35764345/Circular_economy_stakeholder_perspectives_Textile_collection_strategies_to_support_material_circularity (5.06.2023).
- Bonneau, J. et al. (2015). SoK: Research Perspectives and Challenges for Bitcoin and Cryptocurrencies. 2015 IEEE Symposium on Security and Privacy, May 17–21, pp. 104–121.
- Borghi, E., C. Del Bo & M. Florio. (2010). Industrial Clusters and Innovation: An Evaluation and Implications For Economic Cohesion. *Revista Galega de Economía*, 19, pp. 1–19.

- Botezat, E. A. et al. (2018). An Exploration of Circular Economy Practices and Performance Among Romanian Producers. *Sustainability*, 10 (9), 3191. <https://doi.org/10.3390/su10093191>.
- Bouée, C. & S. Schaible. (2015). *Die Digitale Transformation der Industrie*. Study: Roland Berger and BDI.
- Bowersox, D. J., D. J. Closs & R. W. Drayer. (2005). The Digital Transformation: Technology and Beyond. *Supply Chain Management Review*, 9 (1), pp. 22–29.
- Branco, A. (2018). Cluster and Business Performance: Historical Evidence from the Portuguese Cork Industry. *Investigaciones de Historia Económica*, 14 (1), pp. 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.ihe.2016.05.002>.
- Brenner, T. & C. Schlump. (2011). Policy Measures and their Effects in the Different Phases of the Cluster Life Cycle. *Regional Studies*, 45 (10), pp. 1363–1386.
- Bressanelli, G. et al. (2018). Exploring How Usage-Focused Business Models Enable Circular Economy through Digital Technologies. *Sustainability*, 10 (3), 639. <https://doi.org/10.3390/su10030639>.
- Brock, J. K-U. & F. von Wangenheim. (2019). Demystifying AI: What Digital Transformation Leaders Can Teach You about Realistic Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61 (4), pp. 110–134. <https://doi.org/10.1177/1536504219865226>.
- Broekel, T., D. Fornah, & A. Morrison. (2015). Another Cluster Premium: Innovation Subsidies and R&D Collaboration Networks. *Research Policy*, 44 (8), pp. 1431–1444. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.002>.
- Brougham, D. & J. Haar. (2018). Smart Technology, Artificial Intelligence, Robotics, and Algorithms (STARA): Employees' Perceptions of Our Future Workplace. *Journal of Management & Organization*, 24 (2), pp. 239–257.
- Bucherer, E. & D. Uckelmann. (2011). Business Models for the Internet of Things. In: D. Uckelmann, M. Harrison & F. Michahelles, eds. *Architecting the Internet of Things*. Cham: Springer, pp. 253–277. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19157-2_10.
- Burnham, K. P. & D. R. Anderson. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, Second Edition*. New York: Springer.
- Cabon-Dhersin, M.-L. & E. Taugourdeau. (2015). Research Clusters: How Public Subsidies Matter? *CES Working Paper*, 2015.14 [online]. <https://www.parisschoolofeconomics.eu/en/economics-for-everybody/for-a-wider-audience/5-papers-in-5-minutes/february-2015/research-clusters-how-public-subsidies-matter/> (5.06.2023).
- Callegati, E. & S. Grandi (2005). *Cluster Dynamics and Innovation in SMEs: The Role of Culture*. International Centre for Research on the Economics of Culture, Institutions, and Creativity (EBLA). Tiriamasis darbas Nr. 03 / 2005 [online]. https://www.researchgate.net/publication/23696870_Cluster_dynamics_and_innovation_in_SMEs_the_role_of_culture (5.06.2023).
- Callois, J.-M. (2008). The Two Sides of Proximity in Industrial Clusters: The Trade-Off between Process and Product Innovation. *Journal of Urban Economics*, 63 (1), pp. 146–162. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2007.01.002>.
- Caner, S. & F. A. Bhatti. (2020). A Conceptual Framework on Defining Businesses Strategy for Artificial Intelligence. *Contemporary Management Research*, 16 (3), pp. 175–206.

- Capone, F. & L. Lazzeretti. (2014). *Cluster Evolution in Mature Industrial Clusters: The Case of Prato Marshallian Industrial District After the Entrance of the Chinese Firms*. Conference: DRUID Summer Conference 2014, CBS, Copenhagen, June 16–18, pp. 1–21.
- Carlo, J. L., K. Lyytinen & R. J. Boland Jr. (2012). Dialectics of Collective Minding: Contradictory Appropriations of Information Technology in a High-Risk Project. *MIS Quarterly*, 36 (4), pp. 1081–1108.
- Casorati, A. & A. Verbeek. (2020). *Financing the Digitalisation of Small and Medium-Sized Enterprises. The Enabling Role of Digital Innovation Hubs* [online]. https://www.eib.org/attachments/thematic/financing_the_digitalisation_of_smes_en.pdf (5.06.2023).
- Catini, R. et al. (2015). Identifying Geographic Clusters: A Network Analytic Approach. *Research Policy*, 44 (9), pp. 1749–1762. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.01.011>.
- CERN. (2022). *Where the Web Was Born* [online]. <https://home.cern/science/computing/birth-web/short-history-web> (5.06.2023).
- Cetin, S., C. De Wolf & N. Bocken. (2021). Circular Digital Built Environment: An Emerging Framework. *Sustainability*, 13 (11), 6348. <https://doi.org/10.3390/su13116348>.
- Chan, J. O. (2020). Digital Transformation in the Era of Big Data and Cloud Computing. *International Journal of Intelligent Information Systems*, 9 (3), pp. 16–23. <https://doi.org/10.11648/j.ijis.20200903.11>.
- Chance, E. et al. (2018). The Plant – An Experiment in Urban Food Sustainability. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37 (1), pp. 82–90.
- Chang, Y.-C. & M.-N. Chen. (2016). Service Regime and Innovation Clusters: An Empirical Study from Service firms in Taiwan. *Research Policy*, 45 (9), pp. 1845–1857. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.06.001>.
- Chaorasiya, V. & A. Shrivastava. (2015). A Survey on Big Data: Techniques and Technologies. *International Journal of Research and Development in Applied Science and Engineering (IJRDASE)*, 8 (1), pp. 1–4 [online]. <http://ijrdase.com/ijrdase/wp-content/uploads/2015/10/A-survey-on-Big-Data-Techniques-and-Technologies-Vinay-Chourasia.pdf> (5.06.2023).
- Chauhan, C., A. Sharma & A. Singh. (2019). A SAP-LAP Linkages Framework for Integrating Industry 4.0 and Circular Economy. *Benchmarking: An International Journal*, 28 (5), pp. 1638–1664. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2018-0310>.
- Chauhan, C., V. Parida & A. Dhir. (2022). Linking Circular Economy and Digitalisation Technologies: A Systematic Literature Review of Past Achievements and Future Promises. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121508. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121508>.
- Chesbrough, H. (2010). Business Model Innovation: Opportunities and Barriers. *Long Range Planning*, 43 (2-3), pp. 354–363. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.010>.
- Christensen, C. M. & M. E. Raynor. (2003). Why Hard-Nosed Executives Should Care about Management Theory. *Harvard Business Review*, 81 (9), pp. 66–75.
- Christensen, C. M. (2005). *The Innovator's Dilemma*. New York: Harper Collins Inc.
- Christensen, C. M., M. E. Raynor & R. McDonald. (2015). What is Disruptive Innovation? *Harvard Business Review* [online]. <https://hbr.org/2015/12/what-is-disruptive-innovation> (5.06.2023).

- Cioffi, R. et al. (2020). Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Smart Production: Progress, Trends, and Directions. *Sustainability*, 12 (2), 492. <https://doi.org/10.3390/su12020492>.
- Clohessy, T., T. Acton & L. Morgan. (2017). *The Impact of Cloud-Based Digital Transformation on ICT Service Providers' Strategies*. Bled eConference, Bled, Slovenia, pp. 111–126.
- Clohessy, T., T. Acton & L. Morgan. (2018). Contemporary Digital Business Model Decision Making: A Cloud Computing Supply-Side Perspective. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, 19 (1), pp. 1–20.
- Confida. (2022). *Grants for Digitalization and Digitalization Vouchers* [online]. <https://www.confida.hr/2022/03/25/grants-for-digitalization-and-digitalization-vouchers/> (5.06.2023).
- Cooper, R. G. & P. Fürst. (2020). *Digital Transformation and Its Impact on New Product-Management for Manufacturers* [online]. <https://innovationmanagement.se/2020/03/11/digital-transformation-and-its-impact-on-new-product-management-for-manufacturers/> (5.06.2023).
- Cui, M. & S. L. Pan. (2015). Developing Focal Capabilities for E-commerce Adoption: A Resource Orchestration Perspective. *Information & Management*, 52 (2), pp. 200–209.
- Dahl, M. S., Østergaard, C. R., & Dalum, B. (2010). Emergence of Regional Clusters: The Role of Spinoffs in the Early Growth Process. I R. Boschma, & R. Martin (red.), *The Handbook of Evolutionary Economic Geography* (s. 205–221). Edward Elgar Publishing. <http://ssrn.com/abstract=2198881>
- D'Amato, D. et al. (2017). Green, Circular, Bio Economy: A Comparative Analysis of Sustainability Avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, pp. 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>.
- De Crombrughe, A. & S. Moore. (2021). *Investment Promotion and the Digital Economy: A Comparative Analysis of Investment Promotion Practices Across the OECD* [online]. <https://www.oecd.org/daf/inv/investment-policy/Investment-Insights-Investment-Promotion-Digital-Economy-OECD.pdf> (5.06.2023).
- De Jesus, A. et al. (2017). Eco-Innovation in the Transition to a Circular Economy: An Analytical Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 172, pp. 2999–3018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.111>.
- De Jesus, R. H. G. et al. (2021). Forming Clusters Based on Strategic Partnerships and Circular Economy for Biogas Production: A GIS Analysis for Optimal Location. *Biomass and Bioenergy*, 150, 106097. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106097>.
- Delgado, M., M. Porter & S. Stern. (2014). Defining Clusters of Related Industries. *Working paper series (National Bureau of Economic Research)*, 16 (1), pp. 1–47. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbv017>.
- Deloitte Development LLC. (2018). *Auditing the Risks of Disruptive Technologies* [online]. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-rfa-audit-ing-the-risks-of-disruptive-technologies.pdf> (5.06.2023).
- Demchenko, Y. et al. (2013). *Addressing Big Data Issues in Scientific Data Infrastructure*. Proceedings of the 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). San Diego: JAV, pp. 48–55.

- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2022). *Financing Circular Economy – Insights for Practitioners* [online]. <https://www.giz.de/en/downloads/giz2022-en-financing-circular-economy-insights-for-practitioners.pdf> (5.06.2023).
- DeWitt, T., L. C. Giunipero & H. L. Melton. (2006). Clusters and Supply Chain Management: The Amish Experience. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36 (4), pp. 289–308. <https://doi.org/10.1108/09600030610672055>.
- Dias, E. C., P. C. Oprime & D. Jugend. (2013). Innovation in Product Development in Industrial Clusters: Practices of the Votuporanga Furniture Industry. *Espacios*, 34 (2) [online]. <http://hdl.handle.net/11449/76312> (5.06.2023).
- Diez-Vial, I., J. A. Belso-Martinez & M. D. C. Gregorio. (2022). Extending Green Innovations Across Clusters: HOW Can Firms Benefit Most? *International Regional Science Review*, 46 (2). <https://doi.org/10.1177/01600176221106132>.
- Dobrovnik, M. et al. (2018). Blockchain for and in Logistics: What to Adapt and Where to Start. *Logistics*, 2 (3), 18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>.
- Dobusch, L. & D. Schoeneborn. (2015). Fluidity, Identity, and Organizationality: The Communicative Constitution of Anonymous. *Journal of Management Studies*, 52 (8), pp. 1005–1035. <https://doi.org/10.1111/joms.12139>.
- Doherty, N. F. & M. King. (2005). From Technical to Socio-Technical Change: Tackling the Human and Organizational Aspects of Systems Development Projects. *European Journal of Information Systems*, 14, pp. 1–5.
- Domenech, T. et al. (2019). Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe_Typologies of Networks, Characteristics, Performance and Contribution to the Circular Economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, pp. 76–98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>.
- Donnelly, C. (2013). EMC World 2013: EMC Hails Rise of Third Platform Apps [online]. <https://www.itpro.co.uk/apps/19763/emc-world-2013-emc-hails-rise-third-platform-apps> (5.06.2023).
- Dresch, A., D. C. Collatto & D. P. Lacerda. (2018). *Theoretical Understanding between Competitiveness and Productivity: Firm Level* [online]. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332018000200069 (5.06.2023).
- Dzhuguryan, T. & A. Deja. (2021). Sustainable Waste Management for a City Multifloor Manufacturing Cluster: A Framework for Designing a Smart Supply Chain. *Sustainability*, 13 (3), 1540.
- EBPO. (2018). *Oslo vadovas 2018: Duomenų apie inovacijų rinkimo, teikimo ir naudojimo gairės*. Ketvirtasis Leidimas. Mokslinės, technologinės ir inovacinės veiklos vertinimas [online]. <https://lic.lt/wp-content/uploads/2020/09/Oslo-vadovas-2018-1.pdf> (5.06.2023).
- Edquist, C. (2005). *Systems of Innovation: Perspectives and Challenges*. In: J. Fagerberg & D. C. Mowery, eds. *Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, pp. 181–208.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Financing the Circular Economy – Capturing the Opportunity: Executive Summary* [online]. <https://ellenmacarthurfoundation.org/financing-the-circular-economy-capturing-the-opportunity> (5.06.2023).

- Engel, J. S. & I. del-Palacio. (2009). Global Networks of Clusters of Innovation: Accelerating the Innovation Process. *Business Horizons*, 52 (5), pp. 493–503.
- Enhuber, M. (2015). Art, Space and Technology: How the Digitisation and Digitalisation of Art Space Affect the Consumption of Art – a Critical Approach. *Digital Creativity*, 26 (2), pp. 121–137. <https://doi.org/10.1080/14626268.2015.1035448>.
- Enterprise Ireland. (2022). *Digitalisation Voucher* [online]. <https://www.enterprise-ireland.com/en/productivity/digital-innovation/digitalisation-voucher/> (5.06.2023).
- Eraydin, A. & B. Armatli-Köroğlu. (2005). Innovation, Networking and the New Industrial Clusters: The Characteristics of Networks and Local Innovation Capabilities in the Turkish Industrial Clusters. *Entrepreneurship and Regional Development*, 17 (4), pp. 237–266. <https://doi.org/10.1080/08985620500202632>.
- Esticast Research & Consulting. (2022). *Global Industry 4.0 Market by Region Growth, Trends, and Forecasting Till 2028* [online]. <https://www.esticastresearch.com/report/industry-4-0-market#inquiry-before-buying> (5.06.2023).
- Euratex. (2014). *Annual Report 2014* [online]. <https://euratex.eu/wp-content/uploads/2019/05/new-euratex-annual-report-2014-LR.pdf> (5.06.2023).
- Euronovate Group. (2020). *The Role of Cloud Computing in Digital Transformation* [online]. <https://www.euronovategroup.com/the-role-of-cloud-computing-in-digital-transformation/> (5.06.2023).
- European Centre for the Development of Vocational Training (2023). *Skills Intelligence* [online]. <https://www.cedefop.europa.eu/en/tools/skills-intelligence/sectors?sector=02&country=#6> (5.06.2023).
- European Commission. (2016). *Advancing the Internet of Things in Europe* [online]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016SC0110&from=EN> (5.06.2023).
- European Commission. (2018). *Background Documents for the European Semester: Measuring Competitiveness* [online]. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/28181/attachments/1/translations/en/renditions/pdf> (5.06.2023).
- European Commission. (2020a). *Advanced Technologies for Industry – Methodological Report* [online]. <https://ati.ec.europa.eu/reports/eu-reports/advanced-technologies-industry-methodological-report> (5.06.2023).
- European Commission. (2020b). *Electronics Sectoral Watch* [online]. <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/electronics-sectoral-watch> (5.06.2023).
- European Commission. (2020c). *Study on the Competitiveness of the EU Engineering Industries and the Impact of Digitalisation* [online]. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6c61207b-2888-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-en> (5.06.2023).
- European Commission. (2020c). *Technological Trends in the Agri-Food Industry* [online]. <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/technological-trends-agri-food-industry> (5.06.2023).
- European Commission. (2020d). *Technological Trends in the Automotive Industry* [online]. <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/technological-trends-automotive-industry> (5.06.2023).

- European Commission. (2021a). *Technological Trends in the Machinery Industry* [online]. <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/technological-trends-machinery-industry> (5.06.2023).
- European Commission. (2021b). *Technological Trends in the Textiles Industry* [online]. <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/technological-trends-textiles-industry> (5.06.2023).
- European Investment Bank. (2019). *Financing the Digitalisation of Small and Medium-Sized Enterprises: The Enabling Role of Digital Innovation Hubs* [online]. https://www.eib.org/attachments/thematic/financing_the_digitalisation_of_smes_summary_en.pdf (5.06.2023).
- European Investment Bank. (2022). *Digitalisation in Europe 2021–2022* [online]. <https://www.eib.org/en/publications/digitalisation-in-europe-2021-2022> (5.06.2023).
- European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing. (2021). *Sustainable and Circular Fashion: EU Funding Opportunities for SMEs* [online]. <https://textile-platform.eu/news/sustainable-and-circular-fashion-eu-funding-opportunities-for-smes> (5.06.2023).
- European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy. (2021). *Unlocking the Potential of Industry 4.0 to Reduce the Environmental Impact of Production* [online]. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/unlocking-the-potential-of-industry-4-0-to-reduce-the-environmental-impact-of-production/@@download/file/Final%20for%20website.pdf> (5.06.2023).
- Europos Ekonomikos ir Socialinių Reikalų Komitetas. (2019). *Circular Economy Strategies and Roadmaps in Europe. Identifying Synergies and the Potential for Cooperation and Alliance Building* [online]. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/qe-01-19-425-en-n.pdf> (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2007). Komisijos komunikatas Tarybai, Europos Parlamentui, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir Regionų komitetui. „Maži, svarūs ir konkurencingi – programa, padedanti smulkioms ir vidutinėms įmonėms laikytis aplinkosaugos teisės aktų“, p. 379, COM, final.
- Europos Komisija. (2011). *Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011)571* [online]. <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2011-571-roadmap-to> (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2015a). *Circular Economy Strategy* [online]. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/circular-economy/circular-economy-strategy_en (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2015b). *Horizon 2020. Work Programme 2014-2015* [online]. https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-ga_en.pdf (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2016). *Smart Guide to Cluster Policy* [online]. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e1fb9f84-2ba9-11e6-b616-01aa75ed71a1> (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2019a). *Building and Renovating* [online]. https://ec.europa.eu/commision/presscorner/detail/en/fs_19_6725 (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2019b). *Clean Energy* [online]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_19_6723 (5.06.2023).

- Europos Komisija. (2019c). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal* [online]. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2019d). *From Farm to Folk* [online]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_19_6727 (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2019e). *Sustainable Mobility* [online]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_19_6726 (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2020a). *Biodiversity Strategy for 2030* [online]. https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en#the-new-eu-wide-biodiversity-strategy-will (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2020b). *Financing the Green Transition: The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism* [online]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_17 (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2020c). *Examples of Green Investments in Circular Economy* [online]. https://ec.europa.eu/environment/integration/green_semester/pdf/Circular_economy_examples_projects.pdf (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2020d). *Guidance Note on Financial Support to Third Parties Under H2020* [online]. https://www.ffg.at/sites/default/files/downloads/page/h2020guidance_note_financialsupport2thirdparties.pdf (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2020e). *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs* [online]. https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy_en (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2020f). *Shaping Europe's Digital Future* [online]. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europe-digital-future_en (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2021a). *EU Investment Support*. InvestEU [online]. https://investeu.europa.eu/index_en (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2021b). *Research & Development in ICT in the Digital Economy and Society Index* [online]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-rd-ict> (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2021c). *Zero Pollution Action Plan* [online]. https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2022a). *Financing the Circular Economy* [online]. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/financing-circular-economy> (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2022b). *Green Digital Sector* [online]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/lt/node/9583> (5.06.2023).
- Europos Komisija. (2022c). *The Circular Economy Tools and Instruments* [online]. https://ec.europa.eu/environment/green-growth/tools-instruments/index_en.htm#emas (5.06.2023).
- Europos Klasterių Observatorija. (2016). *Clusters and Workforce Development* [online]. https://clustercollaboration.eu/sites/default/files/eu_initiatives/discussion_paper_skills_development.pdf (5.06.2023).
- Europos parlamentas. (2021). *Big Data: Definition, Benefits, Challenges (Infographics)* [online]. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20210211STO97614/big-data-definition-benefits-challenges-infographics> (5.06.2023).

- Ezell S. & B. Swanson. (2017) *How Cloud Computing Enables Modern Manufacturing* [online]. https://www2.itif.org/2017-cloud-computing-enables-manufacturing.pdf?_ga=2.174983778.1762622296.1643379192-103394560.1643379192 (5.06.2023).
- Feldman, M. S. (2000). Organizational Routines as a Source of Continuous Change. *Organization Science*, 11 (6), pp. 611–629.
- Ferras-Hernandez, X. & P. A. Nylund. (2019). Clusters as Innovation Engines: The Accelerating Strengths of Proximity. *European Management Review*, 16 (1), pp. 37–53. <https://doi.org/10.1111/emre.12330>.
- Fetting, C. (2020). *The European Green Deal*. ESDN Report [online]. https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf (5.06.2023).
- Fichman, R. G., B. L. Dos Santos & Z. Zheng. (2014). Digital Innovation as a Fundamental and Powerful Concept in the Information Systems Curriculum. *MIS Quarterly*, 38 (2), pp. 329–354.
- Fiol, L. J. C. et al. (2009). Customer Loyalty in Clusters: Perceived Value and Satisfaction as Antecedents. *Journal of Business-to-Business Marketing*, 16 (3), pp. 276–316. <https://doi.org/10.1080/10517120802496878>.
- Fitzgerald, M. et al. (2014). Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative. *MIT Sloan Management Review*, 55 (2), pp. 1–12.
- Focacci, C. N. & V. Kirov. (2021). Regional Entrepreneurial Ecosystems: Technological Transformation, Digitalisation and the Longer Term – The Automotive and ICT Sectors in the UK and Bulgaria. *Local Economy: The Journal of the Local Economy Policy Unit*, 36 (1), pp. 56–74. <https://doi.org/10.1177/02690942211025776>.
- Force Technology. (2014). *Green Business Models and Sustainable Initiatives* [online]. <https://forcetechnology.com/en/services/emissions-bioenergy-resources/green-business-models> (5.06.2023).
- Fornahl, D., S. Henn & M.-P. Menzel, eds. (2010). *Emerging Clusters: Theoretical, Empirical and Political Perspectives on the Initial Stage of Cluster Evolution*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Forradellas, R. F. R. & L. M. G. Gallastegui. (2021). Digital Transformation and Artificial Intelligence Applied to Business: Legal Regulations, Economic Impact and Perspective. *Laws*, 10 (3), 70. <https://doi.org/10.3390/laws10030070>.
- Fortune Business Insights. (2022). *With 22.1% CAGR, Global Digital Transformation Market Size Worth USD 3,546.80 Billion in 2028* [online]. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/06/20/2465352/0/en/With-22-1-CAGR-Global-Digital-Transformation-Market-Size-Worth-USD-3-546-80-Billion-in-2028.html> (5.06.2023).
- Frankowska, M. (2020). Multidimensional Analysis of Embeddedness and Cooperation in a Cluster – a Literature and Empirical Study. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 16 (3), pp. 11–45.
- Fri, W., T. Pehrsson & K. S. Soilen. (2013). How Phases of Cluster Development are Associated with Innovation – the Case of China. *International Journal of Innovation Science*, 5 (1), pp. 31–44. <https://doi.org/10.1260/1757-2223.5.1.31>.
- Frishammar, J. et al. (2015). The Role of Pilot and Demonstration Plants in Technological Development: Synthesis and Directions for Future Research. *Technology Analysis and Strategic Management*, 27 (1), pp. 1–18.

- Gailhofer, P. et al. (2021). *The Role of Artificial Intelligence in the European Green Deal* [online]. https://www.researchgate.net/profile/Peter-Gailhofer/publication/351747124_The_role_of_Artificial_Intelligence_in_the_European_Green_Deal/links/60a76a8aa6fdcc6d6262ea58/The-role-of-Artificial-Intelligence-in-the-European-Green-Deal.pdf (5.06.2023).
- Gambardella, A. & A. M. McGahan. (2010). Business-Model Innovation: General Purpose Technologies and Their Implications for Industry Structure. *Long Range Planning*, 43, pp. 262–271.
- Gandomi, A. & M. Haider. (2015). Beyond the Hype: Big Data Concepts, Methods, and Analytics. *International Journal of Information Management*, 35 (2), pp. 137–144.
- Garcia-Muiña, F. E. et al. (2019). Identifying the Equilibrium Point between Sustainability Goals and Circular Economy Practices in an Industry 4.0 Manufacturing Context Using Eco-Design. *Social Sciences*, 8 (8), 241. <https://doi.org/10.3390/socsci8080241>.
- Gašperlin, B., A. Pucihar & M. Kjačić Borštnar. (2021). *Influencing Factors of Digital Transformation in SMEs – Literature Review*. <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/552/694/1424-1> (5.06.2023).
- Gavetti, G. & J. W. Rivkin. (2007). On the Origin of Strategy: Action and Cognition Over Time. *Organization Science*, 18 (3), pp. 420–439.
- Geden, O. & F. Schenuit. (2020). *Unconventional Mitigation* [online]. <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2020RP08/> (5.06.2023).
- Geissdoerffer, M. et al. (2017). The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, pp. 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Geoghegan, H. J. et al. (2022). Innovation Realisation for Digitalisation Dutch Small Architectural Practices: State of the Art Review. *Management, Procurement and Law* [online]. <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jmapl.22.00018> (5.06.2023).
- Gheorghita, C. & V. Gheorghita. (2016). Eco-Audit and Environmental Impacts of Products. *Applied Mechanics and Materials*, 834, pp. 34–39.
- Ghisellini, P., C. Cialani & S. Ulgiati. (2016). A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, pp. 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
- Gill, M. (2017). Forrester's Digital Transformation Forum 2017: The Future Won't Wait, So Neither Should You [online]. <https://www.forrester.com/blogs/forresters-digital-transformation-forum-2017-the-future-wont-wait-so-neither-should-you> (5.06.2023).
- Giuliani, E. (2013). Network Dynamics in Regional Clusters: Evidence from Chile. *Research Policy*, 42, pp. 1406–1419.
- Glaser, F., F. Hawlitschek & B. Notheisen. (2018). Blockchain as a Platform. *Business Transformation through Blockchain*, 1, pp. 121–143.
- Gnyawali, D. R. & M. K. Srivastava. (2013). Complementary Effects of Clusters and Networks on Firm Innovation: A Conceptual Model. *Journal of Engineering and Technology Management*, 30 (1), pp. 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2012.11.001>.
- Goetz, M. (2008). *Cluster, Competitiveness, Attractiveness, Innovativeness – How Do They Fit Together?* [online]. https://www.pucsp.br/icim/ingles/downloads/pdf_proceedings_2008/01.pdf (5.06.2023).

- Götz, M. & B. Jankowska. (2017). Clusters and Industry 4.0 – Do They Fit Together? *European Planning Studies*, 25 (9), pp. 1633–1653. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1327037>.
- Gray, J. & B. Rumpe. (2017). Models for the Digital Transformation. *Software and Systems Modeling*, 16 (2), pp. 307–308.
- Gray, P. et al. (2013). Realizing Strategic Value through Center-Edge Digital Transformation in Consumer-Centric Industries. *MIS Quarterly Executive*, 12 (1), pp. 1–17.
- Green Facts. (2022). *The Essentials of the “Green Deal” of the European Commission* [online]. <https://www.greenfacts.org/en/europe-green-deal-2019/1-2/index.htm#0> (5.06.2023).
- Guyot Phung, C. (2019). Implications of the Circular Economy and Digital Transition on Skills and Green Jobs in the Plastics Industry. *Field Actions Science Reports*, 19, pp. 100–107.
- Günther, W. A. et al. (2017). Debating Big Data: A Literature Review on Realizing Value from Big Data. *The Journal of Strategic Information Systems*, 26 (3), pp. 191–209.
- Gupta, D. (2022). *Getac Talks about the Rise of Digitization in Industry 4.0* [online]. <https://techunwrapped.com/getac-talks-about-the-rise-of-digitization-in-industry-4-0/> (5.06.2023).
- Gust, G. et al. (2017). How a Traditional Company Seeded New Analytics Capabilities. *MIS Quarterly Executive*, 16 (3), pp. 215–230.
- Gustafsson, D. & M. Westbergh. (2010). Catching the Wave of Digitalization: Digital Innovation at a Local Newspaper [online]. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:326517/FULLTEXT01.pdf> (5.06.2023).
- Haller, S. (2010). *The Things in the Internet of Things*. Paper presented at the Internet of Things Conference, Tokyo, Japan [online]. https://www.researchgate.net/publication/228488111_The_Things_in_the_Internet_of_Things (5.06.2023).
- Hallstedt, S. I., O. Isaksson & A. Ö. Rönnbäck. (2020). The Need for New Product Development Capabilities from Digitalization, Sustainability, and Servitization Trends. *Sustainability*, 12 (23), 10222, pp. 1–26. <https://doi.org/10.3390/su122310222>.
- Hanelt, A. et al. (2019). Pushing and Pulling – Digital Business Model Innovation and Dynamic Capabilities. *Journal of Competences, Strategy and Management*, 10, pp. 55–78. <https://doi.org/10.25437/jcsm-vol10-27>.
- Harborne, P. & C. Hendry. (2009). Pathways to Commercial Wind Power in the US, Europe and Japan: The Role of Demonstration Projects and Field Trials in the Innovation Process. *Energy Policy*, 37 (9), pp. 3580–3595.
- Harding, R. (2021). *Roadmap for Lithuania’s Industrial Transition to a Circular Economy* [online]. https://mita.lrv.lt/uploads/mita/documents/files/Žiedinės%20ekonomikos%20konferencija/HIA%20-%20CE%20for%20LT%20Industry%20-%20Final%20Conference_Richard%20Harding.pdf (5.06.2023).
- Haze, V. & C. Rangen. (2021). *Cluster Business Models: Exploring Business Models in Global Innovation Clusters* [online]. <https://clusterexcellencedenmark.dk/wp-content/uploads/2021/06/Cluster-Business-Models-Report.pdf> (5.06.2023).
- Heath, G. A. et al. (2020). Research and Development Priorities for Silicon Photovoltaic Module Recycling to Support a Circular Economy. *Nature Energy*, 5, pp. 502–510.

- Hendry, C., P. Harborne & J. Brown. (2010). So What Do Innovating Companies Really Get from Publicly Funded Demonstration Project and Trials? Innovation Lessons from Solar Photovoltaics and Wind. *Energy Policy*, 38 (8), pp. 4507–4519.
- Henriksen, K. et al. (2012). *Green Business Model Innovation. Policy Report* [online]. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:707240/FULLTEXT01.pdf> (5.06.2023).
- Henriques, J., P. Ferrão & M. Iten. (2022). Policies and Strategic Incentives for Circular Economy and Industrial Symbiosis in Portugal: A Future Perspective. *Sustainability*, 14 (11), 6888. <https://doi.org/10.3390/su14116888>.
- Herliana, S. (2015). Regional Innovation Cluster for Small and Medium Enterprises (SME): A Triple Helix Concept. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 169, pp. 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.297>.
- Hervas-Oliver, J.-L. et al. (2018). Agglomerations and Firm Performance: Who Benefits and How Much? *Regional Studies*, 52 (3), pp. 338–349. <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1297895>.
- Hess, T. et al. (2016). Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15 (2), pp. 123–139.
- Hinings, B., T. Gegenhuber & R. Greenwood. (2018). Digital Innovation and Transformation: An Institutional Perspective. *Information and Organization*, 28 (1), pp. 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.02.004>.
- Hoey, B. (2018). *Is the Furniture Industry Ready for Industry 4.0?* [online]. <https://blog.flexis.com/is-the-furniture-industry-ready-for-industry-4.0> (5.06.2023).
- Hojnik, J., M. Ruzzier & A. Lipnik. (2014). *Pursuing Eco-Innovation Within Southeastern European Clusters* [online]. https://www.researchgate.net/profile/Jana-Hojnik/publication/280575597_Pursuing_Eco-Innovation_Within_Southeastern_European_Clusters/links/55bb6c0b08aed621de0d8cbf/Pursuing-Eco-Innovation-Within-Southeastern-European-Clusters.pdf (5.06.2023).
- Hossain, S. A. (2017). *Blockchain Computing: Prospects and Challenges for Digital Transformation*. 6th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO) [online]. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8342399> (5.06.2023).
- Hosseini, S. M. S., A. Maleki & M. R. Gholamian. (2010). Cluster Analysis Using Data Mining Approach to Develop CRM Methodology to Assess the Customer Loyalty. *Expert Systems and Applications*, 37 (7), pp. 5259–5264. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.070>.
- Hsieh, P.-F., C.-S. Lee & J. C. Ho. (2012). Strategy and Process of Value Creation and Appropriation in Service Clusters. *Technovation*, 32 (7-8), pp. 430–439. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.03.003>.
- Huang, H.-C. et al. (2014). A Team-Learning Framework for Business Model Innovation in an Emerging Market. *Journal of Management & Organization*, 20 (1), pp. 100–120.
- Huda, N. N. & C. Rejito. (2020). Modeling University Business Incubator For SMEs Digitalisation. *Indonesian Journal of Information Systems*, 3 (1), pp. 23–37. <https://doi.org/10.24002/ijis.v3i1.3500>.
- Huggins, R. & H. Izushi. (2011). *Competition, Competitive Advantage, and Clusters: The Ideas of Michael Porter*. Oxford: Oxford University Press.

- Hussain, F. et al. (2021). Modelling Trade Credit and Sales Growth in Industrial Cluster: Implications for Business Strategies in Logistics and Supply Chain Management. *Academy of Strategic Management Journal*, 20 (6) [online]. <https://www.abacademies.org/articles/modelling-trade-credit-and-sales-growth-in-industrial-cluster-implications-for-business-strategies-in-logistics-and-supply-chain-m-12092.html> (5.01.2023).
- Ibanez Iralde, N. S., J. Pascual & J. Salom. (2021). Energy Retrofit of Residential Building Clusters. A Literature Review of Crossover Recommended Measures, Policies Instruments and Allocated Funds in Spain. *Energy and Buildings*, 252, 111409.
- Idrissia, M. O., N. Amaraa & R. Landrya. (2012). SMEs' Degree of Openness: The Case of Manufacturing Industries. *Journal of Technology Management and Innovation*, 7 (1), pp. 186–210.
- Indeed. (2021). *6 Types of Manufacturing Processes* [online]. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/manufacturing-processes> (5.06.2023).
- Ingemarsdotter, E. et al. (2019). Circular Strategies Enabled by the Internet of Things – a Framework and Analysis of Current Practice. *Sustainability*, 11 (20), 5689. <https://doi.org/10.3390/su11205689>.
- Ingemarsdotter, E., E. Jamsin & R. Balkenende. (2020). Opportunities and Challenges in IoT-enabled Circular Business Model Implementation – a Case Study. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105047. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105047>.
- Innolytics. (2022). *What Is a Digital Business Model?* [online]. <https://innolytics-innovation.com/digital-business-model/#> (5.06.2023).
- Interreg Europe. (2021). *Driving the Green and Digital Twin Transitions: A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Research and Innovation* [online]. https://www.interreg-europe.eu/sites/default/files/2021-12/Policy%20brief_Clusters.pdf (5.06.2023).
- Interreg Europe. (2022). *Di-Plast – Digital Circular Economy for the Plastics Industry* [online]. <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/di-plast-digital-circular-economy-for-the-plastics-industry/#tab-6> (5.06.2023).
- Iosif, D. (2020). *Digital Innovation vs. Digital Transformation: Let's Get this Right* [online]. <https://ceoworld.biz/2020/10/14/innovation-vs-transformation-lets-get-this-right/> (5.06.2023).
- i-Scoop. (2022a). *Big Data and Analytics: Definitions, Value, Trends and Applications* [online]. <https://www.i-scoop.eu/big-data-action-value-context/> (5.06.2023).
- i-Scoop. (2022b). *Cloud Computing – from Private, Public and Hybrid Cloud to Cloud Services and Evolutions*. [online]. <https://www.i-scoop.eu/cloud-computing/> (5.06.2023).
- i-Scoop. (2022c). *Making Sense of IoT (Internet of Things): The IoT Business Guide* [online]. <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/> (5.06.2023).
- Jacobides, M. G., C. Cennamo & A. Gawer. (2018). Towards a Theory of Ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39 (8), pp. 2255–2276.
- Jaeger, B. & A. Upadhyay. (2020). Understanding Barriers to Circular Economy: Cases from the Manufacturing Industry. *Journal of Enterprise Information Management*, 33 (4), pp. 729–745. <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2019-0047>.
- Janipour, Z. et al. (2020). What Are Sources of Carbon Lock-In in Energy-Intensive Industry? A Case Study into Dutch Chemicals Production. *Energy Research & Social Science*, 60, 101320.

- Janipour, Z. et al. (2022). Industrial Clustering as a Barrier and an Enabler for Deep Emission Reduction: A Case Study of a Dutch Chemical Cluster. *Climate Policy*, 22 (3), pp. 320–338. <https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2025755>.
- Jankowiak, A. H. (2021). Place of Clusters and Cluster Policy in the Economic Policy in Germany and Poland. *Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics*, 16, 965584. <https://doi.org/10.5171/2021.965584>.
- Jathol, B. A. & C.-C. Rüling. (2019). Temporary Incorporation as a Mechanism of Strategic Responsiveness: The BBC's Digital Transformation, 1992–2015. In: T. J. Andersen, S. Torp & S. Linder, eds. *Strategic Responsiveness and Adaptive Organizations: New Research Frontiers in International Strategic Management*. Bingley: Emerald Publishing Limited, pp. 111–124.
- JAV Nacionalinė mokslų akademija. (2012). *Rising to the Challenge: U.S. Innovation Policy for the Global Economy*. Vašingtonas: National Academies Press.
- Jensen, H. H. (2022). *5 Circular Economy Business Models that Offer a Competitive Advantage* [online]. <https://www.weforum.org/agenda/2022/01/5-circular-economy-business-models-competitive-advantage/> (5.06.2023).
- Ji, G. & A. Gunasekaran. (2014). Evolution of Innovation and Its Strategies: From Ecological Niche Models of Supply Chain Clusters. *Journal of the Operational Research Society*, 65 (6), pp. 888–903.
- Joshi, S., M. Sharma & R. Kler. (2020). Modeling Circular Economy Dimensions in Agri-Tourism Clusters: Sustainable Performance and Future Research Directions. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5 (6), pp. 1046–1061. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2020.5.6.080>.
- Jucevičius, G. & K. Grumadaitė. (2015). Patterns for Cluster Emergence in Latecomer Economies. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 213, pp. 198–203.
- Jucevičius, R. & V. Kinduris. (2011). Knowledge Networks for Innovation: Motives and Benefits. *Socialiniai mokslai [Social Sciences]*, 4 (74), pp. 63–69.
- Jungtinių Tautų Organizacija. (2012). *The Characteristics of a Single Window* [online]. <https://tfign.unec.org/contents/single-window-concept.htm> (5.06.2023).
- Jungtinių Tautų Organizacija. (2015). *Paryžiaus sutartis* [online]. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf (5.06.2023).
- Jungtinių Tautų pramonės plėtros organizacija. (2022). *Clusters and Networks Development* [online]. <https://www.unido.org/our-focus-advancing-economic-competitiveness-supporting-small-and-medium-industry-clusters/clusters-and-networks-development> (5.06.2023).
- Kadar, T. & M. Kadar. (2020). *Sustainability Is Not Enough: Towards AI Supported Regenerative Design*. International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE / ITMC), Cardiff. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC49519.2020.9198554>.
- Kalpaka, A., J. Sörvik & A. Tasigiorgou. (2020). *Digital Innovation Hubs as Policy Instruments to Boost Digitalisation of SMEs* [online]. <https://www.ffg.at/sites/default/files/downloads/dih-handbook.pdf> (5.06.2023).
- Karabulut, A. T. (2020). Digital Innovation: An Antecedent for Digital Transformation. *International Journal of Commerce & Finance*, 6 (2), pp. 179–186 [online]. <http://ijcf.ticaret.edu.tr/index.php/ijcf/article/view/217> (5.06.2023).

- Karimi, J. & Z. Walter. (2015). The Role of Dynamic Capabilities in Responding to Digital Disruption: A Factor-Based Study of the Newspaper Industry. *Journal of Management Information Systems*, 32 (1), pp. 39–81.
- Katz, R. L. & P. Koutroumpis. (2012). *Measuring Socio-Economic Digitization: A Paradigm Shift* [online]. <http://www.teleadvs.com/wp-content/uploads/Measuring-socio-economic-digitization.pdf> (5.06.2023).
- Katz, R. L. & P. Koutroumpis. (2013). Measuring Digitization: A Growth and Welfare Multiplier. *Technovation*, 33 (10–11), pp. 314–319. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.06.004>.
- Keskin, T. & B. T. Erciyes. (2019). *Digital Transformation Through Internet of Things Services*. Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences [online]. <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1185&context=hicss-52> (5.06.2023).
- KfW valstybinis investicijų ir plėtros bankas. (2021). „Zero Interest“ from 1 July 2021 for the Financing of Digitalisation and Innovation Projects [online]. https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/Pressemitteilungen-Details_660352.html (5.06.2023).
- Khanat, M. (2021). *The Rise of Cluster Revenue Management: Six Key Questions for Hoteliers to Ask*. [online]. <https://hotelbusiness.com/the-rise-of-cluster-revenue-management-six-key-questions-for-hoteliers-to-ask/> (5.06.2023).
- Kim, W. C., R. Mauborgne & M. Ji. (2022). *The Rising Importance of Value Innovation for Creating New Growth* [online]. <https://knowledge.insead.edu/blog/insead-blog/the-rising-importance-of-value-innovation-for-creating-new-growth-18701> (5.06.2023).
- King, B. G., T. Felin & D. A. Whetten. (2010). Perspective – Finding the Organization in Organizational Theory: A Meta-Theory of the Organization as a Social Actor. *Organization Science*, 21 (1), pp. 1–309. <https://doi.org/10.1287/orsc.1090.0443>.
- Kintscher, L. et al. (2020). Recycling 4.0 – Digitalization as a Key for the Advanced Circular Economy. *Journal of Communications*, 15 (9), pp. 652–660. <https://doi.org/10.12720/jcm.15.9.652-660>.
- Kitsios, F. & M. Kamariotou. (2021). Artificial Intelligence and Business Strategy towards Digital Transformation: A Research Agenda. *Sustainability*, 13 (4), 2025. <https://doi.org/10.3390/su13042025>.
- Klimato kaita. (2020). *Pramonės sektoriaus įtaka klimato kaitai: kaip kovoti su padariniais?* [online]. <https://klimatokaita.lt/klimato-kaitos-svelninimas/pramonės-sektoriaus-itaka-klimato-kaitai-kaip-kovoti-su-padariniais/> (5.06.2023).
- Knop, L. (2015). Competence Centre for Clusters in the Regional Innovation Ecosystem: The Case of the Silesian Voivodeship in Poland. In: I. Gorges, ed. *Global Perspectives on Sustainable Regional Development*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač, pp. 79–95.
- Ko, S. Y. et al. (2020). Collaboration Model for Service Clustering in Last-Mile Delivery. *Sustainability*, 12 (14), 5844, pp. 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12145844>.
- Kohlbacher, F. (2007). *International Marketing in the Network Economy: A Knowledge-Based Approach*. Basingstoke–Hampshire: Palgrave Macmillan.
- Kokkinos, K., V. Karayannis & K. Moustakas. (2020). Circular Bio-Economy Via Energy Transition Supported by Fuzzy Cognitive Map Modeling Towards Sustainable

- Low-Carbon Environment. *Science of The Total Environment*, 721, 137754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137754>.
- Komorowski, M. (2019). *Innovation Ecosystems in Europe: First Outline of an Innovation Ecosystem Index* [online]. https://biblio.vub.ac.be/vubirfiles/48836182/FINAL_Study_on_Innovation_Ecosystems_in_Europe_imec_SMIT_Komorowski.pdf (5.06.2023).
- Korhonen, J., A. Honkasalo & J. Seppälä. (2018). Circular Economy: The Concept and Its Limitations. *Ecological Economics*, 143, pp. 37–46.
- Korpela, K. et al. (2016). *Digital Business Ecosystem Transformation – Towards Cloud Integration*. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 5–8 January. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.491>.
- Korpela, K., J. Hallikas & T. Dahlberg. (2017). *Digital Supply Chain Transformation toward Blockchain Integration*. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences [online]. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/57742ac0-0713-4cd4-b355-d921a3bbff7c/content> (5.06.2023).
- Kortuem, G. et al. (2010). Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things. *IEEE Internet Computing*, 14 (1), pp. 44–51. <https://doi.org/10.1109/MIC.2009.143>.
- Kostakis, P. & A. Kargas. (2021). Big-Data Management: A Driver for Digital Transformation? *Information*, 12 (10), 411, pp. 1–14. <https://doi.org/10.3390/info12100411>.
- Kostygova, L. (2018). *Prospects for Implementing a Circular Economy in Industry Based on Territorial Innovative Clusters*. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Sofia, 18 (5.3), pp. 631–636.
- Kristoffersen, E. et al. (2020). The Smart Circular Economy: A Digital-Enabled Circular Strategies Framework for Manufacturing Companies. *Journal of Business Research*, 120, pp. 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>.
- Ku, S.-W. (2019). Platform Strategy for Business Transformation in a Blockchain Ecosystem. In: U. Hacıoglu, ed. *Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems*. Cham: Springer, pp. 305–316.
- Kudryavtseva, T. et al. (2020). Developing Methods to Assess and Monitor Cluster Structures: The Case of Digital Clusters. *International Journal of Technology*, 11 (4), pp. 667–676. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i4.4191>.
- Kukalis, S. (2010). Agglomeration Economies and Firm Performance: The Case of Industry Clusters. *Journal of Management*, 36 (2), pp. 453–481. <https://doi.org/10.1177/0149206308329964>.
- Kulkov, I. (2021). The Role of Artificial Intelligence in Business Transformation: A Case of Pharmaceutical Companies. *Technology in Society*, 66, 101629. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101629>.
- Lacko, R., Z. Hajduová & M. Zawada. (2021). The Efficiency of Circular Economies: A Comparison of Visegrád Group Countries. *Energies*, 14, 1680.
- Laney, D. (2012). *Deja VVVu: Gartner's Original "Volume-Velocity-Variety" Definition of Big Data* [online]. <https://community.aiim.org/blogs/doug-laney/2012/08/25/deja-vvvu-gartners-original-volume-velocity-variety-definition-of-big-data> (5.06.2023).
- Lasi, H. et al. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6 (4), pp. 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>.

- Lasswell, H. D. (1926). Propaganda Technique in the World War [online]. <https://www.proquest.com/openview/7f3e4490ac713c435a615305f5e2a33e/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y> (5.06.2023).
- Latilla, V. M. M. et al. (2021). Organizational Re-Design for Business Model Innovation While Exploiting Digital Technologies: A Single Case Study of an Energy Company. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 18 (2), 2040002. <https://doi.org/10.1142/S0219877020400027>.
- Lawless, M. W. & P. C. Anderson. (1996). Generational Technological Change: Effects of Innovation and Local Rivalry on Performance. *Academy of Management Journal*, 39 (5), pp. 1185–1217.
- Lazzeretti, L., S. Sedita & A. Caloffi. (2013). Founders and Disseminators of Cluster Research. *Journal of Economic Geography*, 14 (1), pp. 21–43. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbs053>.
- Li, L. et al. (2017). Digital Transformation by SME Entrepreneurs: A Capability Perspective. *Information Systems Journal*, 28 (6), pp. 1129–1157. <https://doi.org/10.1111/isj.12153>.
- Lietuvos Inovacijų Centras, InTechCentras. (2020). *Lietuvos pramonės skaitmeninimo kelrodis 2020–2030: Annex I Analitinė dalis*.
- Liferay Blog. (2019). *How E-Commerce in Manufacturing is a Game Changer* [online]. <https://www.liferay.com/blog/customer-experience/how-e-commerce-in-manufacturing-is-a-game-chang-1> (5.06.2023).
- Lytras, M. D. & A. Visvizi. (2021). Artificial Intelligence and Cognitive Computing: Methods, Technologies, Systems, Applications and Policy Making. *Sustainability*, 13 (7), 3598. <https://doi.org/10.3390/su13073598>.
- Liu, Y. & Y. Bai. (2014). An Exploration of Firm's Awareness and Behavior of Developing Circular Economy: An Empirical Research in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 87, pp. 145–152.
- Liu, Y. et al. (2021). Methodology for Digital Transformation with Internet of Things and Cloud Computing: A Practical Guideline for Innovation in Small- and Medium-Sized Enterprises. *Sensors*, 21 (16), 5355. <https://doi.org/10.3390/s21165355>.
- Liu, X. (2014). Research on Circular Economy and Industrial Clusters. *Management & Engineering*, 15, pp. 26–36.
- Livesey, F. & J. Thompson. (2013). *Making at Home, Owning Abroad: A Strategic Outlook for the UK's Mid-Sized Manufacturers* [online]. https://www.cam.ac.uk/files/documents/rsaj463_making_at_home_report_23_4_13_web_2.pdf (5.06.2023).
- Loebbecke, C. & A. Picot. (2015). Reflections On Societal and Business Model Transformation Arising from Digitization and Big Data Analytics: A Research Agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 24 (3), pp. 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2015.08.002>.
- Lombardi, D. R. & P. Laybourn. (2012). Redefining Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16 (1), pp. 28–37.
- Losee, R. M. (1997). A Discipline Independent Definition of Information. *Journal of the American Society for Information Science*, 48 (3), pp. 254–269. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199703\)48:3<254::AID-ASI6>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199703)48:3<254::AID-ASI6>3.0.CO;2-W).

- López, J. V. (2021). Design of Professional Skills in Higher Education within the Framework of a Circular Economy. *EDULEARN21 Proceedings*, pp. 310–317. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.0105>.
- Lubián, F. J. L. (2019). *Calculating the Value of Innovation* [online]. <https://www.ie.edu/insights/articles/calculating-the-value-of-innovation/> (5.06.2023).
- Lucas, H. C. Jr. & J. M. Goh. (2009). Disruptive Technology: How Kodak Missed the Digital Photography Revolution. *The Journal of Strategic Information Systems*, 18 (1), pp. 46–55.
- Lupova-Henry, E., S. Blili & C. Dal Zotto. (2021). Designing Organised Clusters as Social Actors: A Meta-Organisational Approach. *Journal of Organization Design*, 10, pp. 35–54 [online]. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41469-021-00092-5> (5.06.2023).
- Ma, Y. & Y. Hu. (2021). Business Model Innovation and Experimentation in Transforming Economies: ByteDance and TikTok. *Management and Organization Review*, 17 (2), pp. 382–388.
- Mackiewicz, M. & B. Namyslak. (2021). Development Conditions for Creative Clusters in Poland in View of Institutional Environment Factors. *Growth and Change*, 52 (3), pp. 1295–1311. <https://doi.org/10.1111/grow.12503>.
- Magistretti, S., C. Dell’Era & A. M. Petruzzelli. (2019). How Intelligent Is Watson? Enabling Digital Transformation through Artificial Intelligence. *Business Horizons*, 62 (6), pp. 819–829. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.08.004>.
- Majchrzak, A., M. L. Markus & J. Wareham. (2016). Designing for Digital Transformation: Lessons for Information Systems Research from the Study of ICT and Societal Challenges. *MIS Quarterly*, 40 (2), pp. 267–277.
- Makarova, I., K. Shubenkova & A. Pashkevich. (2018). *The Concept of the Decision Support System to Plan the Reverse Logistics in Automotive Industry*. 26th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia. <https://doi.org/10.23919/SOFTCOM.2018.8555760>.
- Manufacturing Tomorrow. (2021). *Ways Automation Is Changing Metal Fabrication* [online]. <https://www.manufacturingtomorrow.com/story/2021/01/ways-automation-is-changing-metal-fabrication/16311/> (5.06.2023).
- Maryvilio Universitetas. (2022). *Traditional Types of Business Models* [online]. <https://online.maryville.edu/business-degrees/traditional-types-business-models/> (5.06.2023).
- Markus, M. L. & R. I. Benjamin. (1997). The Magic Bullet Theory in IT-enabled Transformation. *Sloan Management Review*, 38, pp. 55–68.
- Markus, M. L. (2004). Technochange Management: Using IT to Drive Organizational Change. *Journal of Information Technology*, 19 (1), pp. 4–20.
- Martin, H. & L. Coenen. (2015). Institutional Context and Cluster Emergence: The Biogas Industry in Southern Sweden. *European Planning Studies*, 23 (10), pp. 2009–2027. <https://doi.org/10.1080/09654313.2014.960181>.
- Martin, R. & P. Sunley. (2006). Path Dependence and Regional Economic Evolution. *Journal of Economic Geography*, 6 (4), pp. 395–437.
- Martin, R. & P. Sunley. (2011). Conceptualizing Cluster Evolution: Beyond the Life Cycle Model? *Regional Studies*, 45 (10), pp. 1299–1318.

- Martin, R. & P. Sunley. (2003). Deconstructing Clusters: Chaotic Concept or Policy Panacea? *Journal of Economic Geography*, 3 (1), pp. 5–35. <https://doi.org/10.1093/jeg/3.1.5>.
- Martinidis, G. et al. (2021). How Clusters Create Shared Value in Rural Areas: An Examination of Six Case Studies. *Sustainability*, 13 (8), 4578. <https://doi.org/10.3390/su13084578>.
- Marvin, H. J. P. et al. (2022). Digitalisation and Artificial Intelligence for Sustainable Food Systems. *Trends in Food Science & Technology*, 120, pp. 344–348. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.020>.
- Masyuk, N., M. Bushueva & Z. V. Bragina. (2019). Innovative Business Model of the Cluster as an Ecosystem. *SHS Web of Conferences*, 61 (9), 01015. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196101015>.
- Maskell, P. & M. Lorenzen. (2004). The Cluster as Market Organisation. *Urban Studies*, 41 (5–6), pp. 991–1009. <https://doi.org/10.1080/00420980410001675878>.
- Matt, C., T. Hess & A. Benlian. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57 (5), pp. 339–343.
- Mazzone, D. M. (2014). *Digital or Death: Digital Transformation – The Only Choice for Business to Survive, Smash, and Conquer*. 1st edition. Mississauga, Ontario: Smashbox Consulting Inc.
- Mazzoni, F. (2020). Circular Economy and Eco-Innovation in Italian Industrial Clusters. Best Practices from Prato Textile Cluster. *Insights into Regional Development*, 2 (3), pp. 661–676 [online]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03271849/document> (5.06.2023).
- Mboli, J. S., D. K. Thakker & J. L. Mishra. (2020). An Internet of Things-Enabled Decision Support System for Circular Economy Business Model. *Journal of Software: Practice and Experience*, 52 (3), pp. 772–787. <https://doi.org/10.1002/spe.2825>.
- Mehl D., A. Faruki & N. Anderson. (2019). In the Fourth Industrial Revolution, a Complex Ecosystem of Five Technologies Are Shaping the Environment for Manufacturers [online]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir> (5.06.2023).
- Mehrad, J., Z. Effekhar & M. Goltaji. (2020). Vaccinating Users Against the Hypodermic Needle Theory of Social Media: Libraries and Improving Media Literacy. *International Journal of Information Science and Management*, 18 (1), pp. 17–24.
- Menear, H. (2020). *The History of Digital Transformation* [online]. <https://technologymagazine.com/data-and-data-analytics/history-digital-transformation> (5.06.2023).
- Menzel, M.-P. & D. Fornahl. (2010). Cluster Life Cycles: Dimensions and Rationales of Cluster Evolution. *Industrial and Corporate Change*, 19 (1), pp. 205–238.
- Menzel, M.-P., S. Henn & D. Fornahl. (2010). Emerging Clusters: A Conceptual Overview. In: M.-P. Menzel, S. Henn & D. Fornahl, eds. *Emerging Clusters: Theoretical, Empirical and Political Perspectives on the Initial Stage of Cluster Evolution*. Cheltenham: Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781849805223.00006>.
- Mercan, B. & D. Gökaş. (2011). Components of Innovation Ecosystems: A Cross-Country Study. *International Research Journal of Finance and Economics*, 76, pp. 102–112.
- Mergel, I., N. Edelmann & N. Haug. (2019). Defining Digital Transformation: Results from Expert Interviews. *Government Information Quarterly*, 36 (4), 101385 [online]. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.101385>.

- www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1016%2Fj.giq.2019.06.002 (5.06.2023).
- Merkaš, Z., D. Perkov & V. Bonin. (2020). The Significance of Blockchain in Digital Transformation of Logistics and Transportation. *The International Journal of E-Services and Mobile Applications (IJESMA)*, 12 (1), pp. 1–20. <https://doi.org/10.4018/IJESMA.2020010101>.
- Meuleman, L. & J. Parker. (2014). *What Is the Business Case? Circular Economy and the European Semester* [online]. https://ec.europa.eu/environment/integration/green_semester/pdf/Session_report_5-4.pdf (5.06.2023).
- Miao, S. et al. (2019). *Context-Based Dynamic Pricing with Online Clustering* [online]. <https://arxiv.org/pdf/1902.06199.pdf> (5.06.2023).
- Miklosik, A. & N. Evans. (2020). Impact of Big Data and Machine Learning on Digital Transformation in Marketing: A Literature Review. *IEEE Access* [online]. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9103568> (5.06.2023).
- Miles, R. E. et al. (1978). Organizational Strategy, Structure, and Process. *The Academy of Management Review*, 3 (3), pp. 546–562.
- Milios, L. (2021). Towards a Circular Economy Taxation Framework: Expectations and Challenges of Implementation. *Circular Economy and Sustainability*, 1, pp. 477–498.
- Millette, S., C. E. Hull & E. Williams. (2020). Business Incubators as Effective Tools for Driving Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121999. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121999>.
- Minges, M. (2016). *Exploring the Relationship Between Broadband and Economic Growth* [online]. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/178701467988875888/pdf/102955-WP-Box394845B-PUBLIC-WDR16-BP-Exploring-the-Relationship-between-Broadband-and-Economic-Growth-Minges.pdf> (5.06.2023).
- Mirzyńska, A. et al. (2021). Exploring Concomitant Concepts in the Discussion on the Circular Economy: A Bibliometric Analysis of Web of Science, Scopus and Twitter. *Technological and Economic Development of Economy*, 27 (6), pp. 1539–1562.
- Modgil, S. et al. (2021). Big Data-Enabled Large-Scale Group Decision Making for Circular Economy: An Emerging Market Context. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120607. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120607>.
- Mondliwa, P. & L. Monaco. (2020). *Digital Transformation of the Plastic Products Factory* [online]. <https://www.competition.org.za/ccred-blog-digital-industrial-policy/2020/4/21/digital-transformation-of-the-plastic-products-factory> (5.06.2023).
- Monteiro, P. V., T. de Noronha & P. Neto. (2013). A Differentiation Framework for Maritime Clusters: Comparisons across Europe. *Sustainability*, 5 (9), pp. 4076–4105. <https://doi.org/10.3390/su5094076>.
- Moore, G. A. (1998). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling Technology Products to Mainstream Customers*. 2nd edition. Chichester: Capstone.
- Morakanyane, R., A. Grace & P. O'Reilly. (2017). *Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature*. Bled eConference, Bled, Slovenia, pp. 427–444.
- Mordor Intelligence. (2022). *Global Industry 4.0 Market (2023–2028)* [online]. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/digital-transformation-market-in-manufacturing> (5.06.2023).

- Mörke, O. A. & K-P. M. Swensson. (2020). *Exploration of Virtual Incubators and Development of Incubator Services for Digital Entrepreneurship* [online]. <https://www.diva-porta.org/smash/get/diva2:1451092/FULLTEXT01.pdf> (5.06.2023).
- Morton, M. S., ed. (1991). *The Corporation of the 1990s: Information Technology and Organizational Transformation*. New York: Oxford University Press.
- Muller, V. (2020). *Shared Value through Clusters* [online]. <https://clustercollaboration.eu/news/shared-value-through-clusters> (5.06.2023).
- Mulrow, J. S. et al. (2017). Industrial Symbiosis at the Facility Scale. *Journal of Industrial Ecology*, 21 (3), pp. 559–571. <https://doi.org/10.1111/jiec.12592>.
- Mulvenn, A. (2019). *The Top 5 Benefits of a CRM for Manufacturing Companies* [online]. <https://www.geniuserp.com/blog/the-top-5-benefits-of-a-crm-for-manufacturing-companies> (5.06.2023).
- Murphy C. B. (2022). *Tangible Assets vs. Intangible Assets: What's the Difference?* [online]. <https://www.investopedia.com/ask/answers/012815/what-difference-between-tangible-and-intangible-assets.asp> (5.06.2023).
- Nadkarni, S. & R. Prügl. (2020). Digital Transformation: A Review, Synthesis and Opportunities for Future Research. *Management Review Quarterly*, 71, pp. 233–341.
- Nakamoto, S. (2020). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* [online]. https://klausnordby.com/bitcoin/Bitcoin_Whitepaper_Document_HD.pdf (5.06.2023).
- Nielsen, K. & M. D. Nielsen. (2019). *Clusters in the Circular Economy* [online]. <http://circularpp.eu/wp-content/uploads/2019/11/Clusters-in-Circular-Economy.pdf> (5.06.2023).
- Nikityuk, L. G. & M. V. Vikhoreva. (2021). Development of the Innovative Digital Cluster in the Housing and Communal Sector. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 751 (1), 012105. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/751/1/012105>.
- Nobel Prize Outreach. (2022). *The Nobel Prize in Physics 1956* [online]. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1956/summary/>.
- Norman, J. M. (2004). *Charley Kline Sends the First Message over the ARPANET from Leonard Kleinrock's Computer* [online]. <https://www.historyofinformation.com> (5.06.2023).
- Nwabueze, C. & E. Okonkwo. (2018). Rethinking the Bullet Theory in the Digital Age. *International Journal of Media, Journalism and Mass Communications (IJMJMC)*, 4 (2), pp. 1–10. [online]. <https://www.arcjournals.org/pdfs/ijmjmc/v4-i2/1.pdf> (5.06.2023).
- OECD Going Digital Toolkit (2023). *M2M (Machine-to-Machine) SIM Cards per 100 Inhabitants*. [online]. <https://goingdigital.oecd.org/indicator/12> (5.06.2023).
- OECD. (2003). *Business Tendency Surveys: A Handbook* [online]. <https://www.oecd.org/sdd/leading-indicators/31837055.pdf> (5.06.2023).
- OECD. (2007). *Competitive Regional Clusters: National Policy Approaches*. Regional Innovation Reviews [online]. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/38678677.pdf> (5.06.2023).
- OECD. (2013). *Electronic Commerce* [online]. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/1885800a-en/index.html?itemId=/content/component/1885800a-en> (5.06.2023).
- OECD. (2019a). *Oslo vadovas 2018: Duomenų apie inovacijas rinkimo, teikimo ir naudojimo gairės, Ketvirtasis Leidimas Mokslinės, technologinės ir inovacinės veiklos vertinimas*. Paris: OECD Publishing.

- OECD. (2019b). Roadmap: Digital Intensity, A Taxonomy of Sectors. In: OECD. *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future* [online]. https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-the-digital-transformation_9789264311992-en#page88 (5.06.2023).
- OECD. (2019c). *Digitalisation and Productivity: A Story of Complementarities* [online]. <https://www.oecd.org/economy/outlook/digitalisation-and-productivity-complementarities/> (5.06.2023).
- OECD. (2019d). *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future* [online]. https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-the-digital-transformation_9789264311992-en#page1 (5.06.2023).
- OECD. (2022). *Policy Recommendations and Actions for a Circular Economy in Ireland* [online]. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/1f1751da-en/index.html?itemId=/content/component/1f1751da-en> (5.06.2023).
- Oliveira, F. R., S. L. B. França & L. A. D. Rangel. (2019). Principles of Circular Economy for the Development of Products in Industrial Clusters. *Interações (Campo Grande)*, 20 (4). <https://doi.org/10.20435/inter.v20i4.1921>.
- Olsen, D. H. et al. (2020). *Co-Creation for Digitalization: A Study for Co-Creation in Norwegian Business Clusters* [online]. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-44999-5_11 (5.06.2023).
- Oprime, P. C., H. M. Tristão & M. L. Pimenta. (2011). Relationships, Cooperation and Development in a Brazilian Industrial Cluster. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60 (2), pp. 115–131. <https://doi.org/10.1108/17410401111101467>.
- Orfanidis, P. (2018). *Prominence of Big Data in the Digital Transformation Era* [online]. <https://core.ac.uk/download/pdf/236205144.pdf> (5.06.2023).
- Orji, C. I. (2019). Digital Business Transformation: Towards an Integrated Capability Framework for Digitization and Business Value Generation. *Journal of Global Business and Technology*, 15 (1), pp. 47–57.
- Orlikowski, W. J. (1996). Improvising Organizational Transformation over Time: A Situated Change Perspective. *Information Systems Research*, 7 (1), pp. 63–92.
- Osterwalder, A., Y. Pigneur & C. L. Tucci. (2005). Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept. *Communications of the Association for Information Systems*, 16 (1), 1.
- Ozer, M. & W. Zhang. (2014). The Effects of Geographic and Network Ties on Exploitative and Exploratory Product Innovation. *Strategic Management Journal*, 36 (7), pp. 1105–1114. <https://doi.org/10.1002/smj.2263>.
- Palanivelu, V. R. & B. Vasanthi. (2020). Role of Artificial Intelligence in Business Transformation. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29 (4), pp. 392–400 [online]. https://www.researchgate.net/profile/Palani-Velu/publication/345304894_ROLE_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_IN_BUSINESS_TRANSFORMATION/links/5fa24741a6fdccfd7b9b7be0/ROLE-OF-ARTIFICIAL-INTELLIGENCE-IN-BUSINESS-TRANSFORMATION.pdf (5.06.2023).
- Panevėžio Plėtros Agentūra. (2020). *MAŽŲ IR VIDUTINIŲ ĮMONIŲ KOMPETENCIJŲ POREIKIO SIEKIANČIASIRUOŠTI IR ĮVEIKTI PRAMONĖ 4.0 IŠŠŪKIUS ANALIZĖ*. Panevėžys.

- Pasaulinės Infrastruktūros Centras. (2021). *Advancing the Circular Economy through Infrastructure. Transition Pathways for Practitioners in Circular Infrastructure* [online]. https://cdn.gihub.org/umbraco/media/4265/gi-hub-paper_advancing-circular-economy-through-infrastructure_2021.pdf (5.06.2023).
- Pasaulio Ekonomikos Forumas. (2020). *How Digital Investment Can Help the COVID-19 Recovery* [online]. <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/covid-19-digital-foreign-direct-investment-economic-recovery/> (5.06.2023).
- Pasaulio Ekonomikos Forumas. (2022). *Digital Solutions Can Reduce Global Emissions by Up to 20%. Here's How* [online]. <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/how-digital-solutions-can-reduce-global-emissions/> (5.06.2023).
- Paul, M., P. Upadhyay & Y. K. Dwivedi. (2020). Roadmap to Digitalisation of an Emerging Economy: A Viewpoint. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 14 (3), pp. 401–415. <https://doi.org/10.1108/TG-03-2020-0054>.
- Pavelkova, D. et al. (2021). Do Clustered Firms Outperform the Non-Clustered? Evidence of Financial Performance in Traditional Industries. *Economic Research – Ekonomska Istraživanja*, 34 (1), pp. 3270–3292. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1874460>.
- Peleg, L. A. (2021). *Digital Transformation & Industry 4.0 in the Chemical Industry* [online]. <https://www.precog.co/blog/digital-transformation-industry-4-0-in-the-chemical-industry/> (5.06.2023).
- Persis, D. J. et al. (2021). Modelling and Analysing the Impact of Circular Economy; Internet of Things and Ethical Business Practices in the VUCA World: Evidence from the Food Processing Industry. *Journal of Cleaner Production*, 301, 126871. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126871>.
- Petrikina, J. et al. (2017). *Improving the Readiness for Change – Addressing Information Concerns of Internal Stakeholders in the SmartPORT Hamburg*. Twenty-third Americas Conference of Information Systems, Boston.
- Phaal, R. et al. (2011). A Framework for Mapping Industrial Emergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 78 (2), pp. 217–230.
- Philipp, R., L. Gerlitz & A. Moldabekova. (2019). Small and Medium-Sized Seaports on the Digital Track: Tracing Digitalisation across the South Baltic Region by Innovative Auditing Procedures. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication*, pp. 351–362.
- Phillips, M. A. & P. Ritala. (2019). A Complex Adaptive Systems Agenda for Ecosystem Research Methodology. *Technological Forecasting and Social Change*, 148 (1), 119739.
- Piccinini, E., R. W. Gregory & L. M. Kolbe. (2015). *Changes in the Producer-Consumer Relationship – Towards Digital Transformation*. Wirtschaftsinformatik Conference. Osnabrück: AIS Electronic Library, pp. 1634–1648.
- Pickard, A. (2022). *Manufacturing's Digital Transformation in Numbers* [online]. <https://www.aptean.com/en-GB/insights/blog/manufacturing-digital-transformation-numbers> (5.06.2023).
- Pillay, R. & P. Lund-Thomsen. (2012). CSR in Industrial Clusters: An Overview of the Literature. *Corporate Governance. International Journal of Business in Society*, 12 (4), pp. 568–578. <https://doi.org/10.1108/14720701211267874>.

- Pittaway, L. et al. (2005). Networking and Innovation: A Systematic Review of the Evidence. *International Journal of Management Reviews*, 5–6 (3–4), pp. 137–168. <https://doi.org/10.1111/j.1460-8545.2004.00101.x>.
- Polyakov, R. & T. Stepanova. (2019). Innovation Clusters in the Digital Economy. *Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities*. Advances in Intelligent Systems and Computing, 908, pp. 200–215. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11367-4_19.
- Polo García-Ochoa, C., C. De Pablos Heredero & F.J. Blanco Jiménez. (2020). How Business Accelerators Impact Startup's Performance: Empirical Insights from the Dynamic Capabilities Approach. *Intangible Capital*, 16 (3), pp. 107–125. <https://doi.org/10.3926/ic.1669>.
- Porter, M. E. & M. R. Kramer. (2006). Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility. *Harvard Business Review*, 84 (12), pp. 78–92.
- Porter, M. E. (1990). The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*, 68 (2), pp. 73–93.
- Porter, M. E. (1996). Competitive Advantage, Agglomeration Economies, and Regional Policy. *International Regional Science Review*, 19 (1–2), pp. 85–94. <https://doi.org/10.1177/016001769601900208>.
- Porter, M. E. (1998). Clusters and Competitiveness. *Harvard Business Review*, 76 (6), pp. 140–147.
- Porter, M. E. (2009). *Clusters and Economic Policy: Aligning Public Policy with the New Economics of Competition* [online]. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46864> (5.06.2023).
- Pousttchi, K. et al. (2015). Introduction to the Special Issue on Mobile Commerce: Mobile Commerce Research Yesterday, Today, Tomorrow – What Remains to Be Done? *International Journal of Electronic Commerce*, 19 (4), pp. 1–20.
- Prapajati, D. et al. (2020). A Clustering Based Routing Heuristic for Last-Mile Logistics in Fresh Food E-Commerce. *Global Business Review*, 24 (1). <https://doi.org/10.1177/0972150919889797>.
- PricewaterhouseCoopers. (2013). *Digitale Transformation – der größte Wandel seit der Industriellen Revolution*. Frankfurt: PricewaterhouseCoopers.
- PricewaterhouseCoopers. (2016). *Research and Development 4.0: The Mutual Benefits of Digitization and R+D* [online]. <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-research-and-development-strategyand.pdf> (5.06.2023).
- Pries-Heje, J. & M. R. P. Hansen. (2016). *Net Up Your Innovation Value*. Scandinavian Conference on Information Systems. Nordic Contribution in IS Research. Schweiz: Springer, pp. 70–85.
- Privilegijuotas Vidaus Auditorių Institutas. (2017). *The Role of Internal Audit in Digitalisation* [online]. <https://www.iaa.org.uk/resources/technical-blog/the-role-of-internal-audit-in-digitalisation/> (5.06.2023).
- Proust, D. (2022). *Building the Necessary Skills for Digital Transformation* [online]. <https://www.technologyreview.com/2022/06/15/1052869/building-the-necessary-skills-for-digital-transformation/> (5.06.2023).

- Przywojska, J., A. Podgórnai-Krzykacz & J. Wiktorowicz. (2019). Perceptions of Priority Areas and Interventions for Urban Sustainability in Polish Municipalities: Can Polish Cities Become Smart, Inclusive and Green? *Sustainability*, 11 (14), 3962, pp. 1–24. <https://doi.org/10.3390/su11143962>.
- Ravarini, A., L. Pacicco & E. Strada. (2013). *Industrial Clusters Evolution Enabled by Digital Platforms: A Framework* [online]. <http://www.ita-is.org/proceedings/ita-is2013/pdf/103.pdf> (5.06.2023).
- Razminienė, K. & M. Tvaronavičienė. (2018). Detecting the Linkages Between Clusters and Circular Economy. *Terra Economicus*, 16 (4), pp. 50–65.
- Razminienė, K. (2019). Circular Economy in Clusters' Performance Evaluation. *Equilibrium: Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 14 (3), pp. 537–559.
- Razminienė, K., I. Vinogradova & M. Tvaronavičienė. (2021a). Clusters in Transition to Circular Economy: Evaluation of Relation. *Acta Montanistica Slovaca*, 26 (3), pp. 455–465.
- Razminienė, K., I. Vinogradova-Zinkevič & M. Tvaronavičienė. (2021b). Tracing Relationship between Cluster's Performance and Transition to the Circular Economy. *Sustainability*, 13 (24), 13933.
- Remotti, L. A. (2021). IoT Innovation Clusters in Europe and the Case for Public Policy. *Data & Policy*, 3, e25. <https://doi.org/10.1017/dap.2021.16>.
- Ribeiro, J. (2020). *How AI and Digital Transformation Will Change Your Business Forever* [online]. <https://medium.com/tech-cult-heartbeat/how-ai-and-digital-transformation-will-change-your-business-forever-c7563c15c1b3> (5.06.2023).
- Rice, M. P. et al. (1998). Managing Discontinuous Innovation. *Research Technology Management*, 41 (3), pp. 52–58.
- Riera, C. & J. Iljima. (2019). The Role of IT and Organizational Capabilities on Digital Business Value. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 11 (2), 4. <https://doi.org/10.17705/1pais.11204>.
- Rijswijk, K. et al. (2020). *Digital Transformation: Ongoing Digitisation and Digitalisation Processes* [online]. <https://edepot.wur.nl/544951> (5.06.2023).
- Robotics Online Marketing Team. (2020). *The 3 Key Factors that Differentiate Service Robots from Industrial Robots* [online]. <https://www.automate.org/blogs/the-3-key-factors-that-differentiate-service-robots-from-industrial-robots> (5.06.2023).
- Rocha, C. F., D. F. Mamédio & C. O. Quandt. (2019). Startups and the Innovation Ecosystem in Industry 4.0. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31 (12), pp. 1474–1487. <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1628938>.
- Rodríguez-Pose, A., J. A. Belso-Martinez & I. Díez-Vial. (2021). Playing the Innovation Subsidy Game: Experience, Clusters, Consultancy, and Networking in Regional Innovation Support. *Cities*, 119, 103402. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103402>.
- Rohrbeck, R., F. Günzel & A. Uliyanova. (2012). *Business Model Innovation: The Role of Experimentation*. R&D Management Conference 2012, Grenoble, France, pp. 1–11.
- Rosecký, M. et al. (2021). Predictive Modelling as a Tool for Effective Municipal Waste Management Policy at Different Territorial Levels. *Journal of Environmental Management*, 291, 112584. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112584>.

- Rotaru, F. & A. M. Titu. (2022). The Romanian Health Clusters Landscape and its Role in the Projects Development and Implementation. *Applied Medical Informatics*, 44 (1), pp. 1–9.
- Rozenberg, J. & A. Wellenstein. (2020). *How to Use Digital Infrastructure and Technology for a Sustainable, Inclusive Future* [online]. <https://blogs.worldbank.org/latinamerica/how-use-digital-infrastructure-and-technology-sustainable-inclusive-future> (5.06.2023).
- Salido, V. B. G. (2019). *Voucher Schemes in Member States: A Report on the Use of Voucher Schemes to Promote Innovation and Digitization* [online]. https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2019-32/member_states_use_of_voucher_schemes_0D31F683-AA92-B7FF-684433BCBD8A4F3A_61225.pdf (5.06.2023).
- Santos, F. M. & K. M. Eisenhardt. (2009). Constructing Markets and Shaping Boundaries: Entrepreneurial Power in Nascent Fields. *The Academy of Management Journal*, 52 (4), pp. 643–671.
- Santosa, C. (2017). *Towards Industry 4.0: An Overview of European Strategic Roadmaps*. Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo Pontevedra, Spain.
- Sarach, L. (2015). Analysis of Cooperative Relationship in Industrial Cluster. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 191, pp. 250–254.
- Saxenian, A. (1994). *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Boston: Harvard University Press.
- Schaible, C. (2020). *EU Industrial Strategy for Achieving the ‘Zero Pollution’ Ambition Set with the EU Green Deal (Large Industrial Activities)* [online]. <https://eeb.org/wp-content/uploads/2020/03/EEB-basic-elements-on-Industry-Strategy-IED-FIN-1.pdf> (5.06.2023).
- Schallmo, D. R. & C. A. Williams. (2018). History of Digital Transformation. In: D. R. Schallmo & C. A. Williams. *Digital Transformation Now!* Springer, pp. 3–8 [online]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/322467178_History_of_Digital_Transformation (5.06.2023).
- Schallmo, D., C. A. Williams & L. Boardman. (2017). Digital Transformation of Business Models – Best Practice, Enablers, and Roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21 (8), pp. 1–17. <https://doi.org/10.1142/S136391961740014X>.
- Schank, R. C. & P. Childers. (1984). *The Cognitive Computer on Language, Learning, and Artificial Intelligence*, 5756491.
- Scheuplein, C. (2009). *Increasing Returns and Industrial Clustering: From Daniel Defoe to Alfred Marshall* [online]. https://www.researchgate.net/publication/317616044_Increasing_Returns_and_Industrial_Clustering_from_Daniel_Defoe_to_Alfred_Marshall (5.06.2023).
- Schmitz, H. (1999). Collective Efficiency and Increasing Returns. *Cambridge Journal of Economics*, 23 (4), pp. 465–483.
- Schroeck, M. et al. (2012). *Analytics: The Real-World Use of Big Data: How Innovative Enterprises Extract Value from Uncertain Data*. New York: IBM Verslo Vertės Institutas.
- Schwarz, G. M. (2012). The Logic of Deliberate Structural Inertia. *Journal of Management*, 38 (2), pp. 547–572.
- Sebastian, I. M. et al. (2017). How Big Old Companies Navigate Digital Transformation. *MIS Quarterly Executive*, 16 (3), pp. 197–213.

- Sehlin, D., M. Truedsson & P. Cronemyr. (2019). A Conceptual Cooperative Model Designed for Processes, Digitalisation and Innovation. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 11 (4), pp. 504–522. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-02-2019-0028>.
- Selander, L. & S. L. Jarvenpaa. (2016). Digital Action Repertoires and Transforming a Social Movement Organization. *MIS Quarterly*, 40 (2), pp. 331–352.
- Sestino, A. et al. (2020). Internet of Things and Big Data as Enablers for Business Digitalization Strategies. *Technovation*, 98, 102173. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102173>.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, pp. 379–423 [online]. <https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf> (5.06.2023).
- Sheikh, R. A. & N. S. Goje. (2021). Role of Big Data Analytics in Business Transformation. In: P. Gandhi et al., eds. *Internet of Things in Business Transformation: Developing an Engineering and Business Strategy for Industry 5.0*. <https://doi.org/10.1002/9781119711148.ch13>.
- Shetty, P. (2018). *Internet of Things: The Key to Digital Transformation* [online]. <https://magazine.wharton.upenn.edu/digital/internet-of-things-the-key-to-digital-transformation/> (5.06.2023).
- Silva, R. G. & D. P. Martinelli. (2021). Clusters and Factors that Form the Dimensions of Local Development. *Organizacoes and Sociedade*, 28 (96), pp. 8–33. <https://doi.org/10.1590/1984-92302021v28n9601EN>.
- Simon, F. (2019). *EU Commission Unveils 'European Green Deal': The Key Points* [online]. <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/eu-commission-unveils-european-green-deal-the-key-points/> (5.06.2023).
- Sinevičienė, L. et al. (2021). Socio-Economic and Cultural Effects of Disruptive Industrial Technologies for Sustainable Development. *International Journal of Global Energy Issues*, 43 (2–3), pp. 284–305.
- Singh, U. S. et al. (2022). A Study on the Revolution of Consumer Relationships as a Combination of Human Interactions and Digital Transformations. *Proceedings*, 51 (1), pp. 460–464. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.578>.
- Skaitmeninių Viešųjų Paslaugų Biuras. (2022). *Promoting Awareness of the Potential Benefits of Digital Processes in Public Administration* [online]. <https://www.digital-public-services-switzerland.ch/en/implementation/egovernment-implementation-plan/promoting-awareness-of-the-potential-benefits-of-digital-processes-in-public-administration> (5.06.2023).
- Slaper, T. & G. Ortuzar. (2015). Industry Clusters and Economic Development. *IBR India Business Review*, 90 (1), pp. 1–3 [online]. <https://www.ibrc.indiana.edu/ibr/2015/spring/article2.html> (5.06.2023).
- Smith, A. & R. Raven. (2012). What Is Protective Space? Reconsidering Niches in Transitions to Sustainability. *Research Policy*, 41 (6), pp. 1025–1036.
- Smol, M. et al. (2018). Public Awareness of Circular Economy In Southern Poland: Case of Malopolska Region. *Journal of Cleaner Production*, 197, pp. 1035–1045.
- Spencer, N. (2020). *EU 'Farm to Fork' Strategy Aims to Feed Sustainable Food System* [online]. <https://www.foodnavigator.com/Article/2020/03/17/EU-farm-to-fork-strategy-aims-to-feed-sustainable-food-system> (5.06.2023).

- Staber, U. (2011). A Social-Evolutionary Perspective on Regional Clusters. In: R. Boschma & R. Martin, eds. *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*. Cheltenham: Edward Elgar, pp. 221–238.
- Stähler, P. (2016). *Who Is in Charge of Business Model Innovation?* Business Model Innovation [online]. <http://blog.business-model-innovation.com/2016/02/who-is-in-charge-of-business-model-innovation/> (5.06.2023).
- Stainforth, T. (2021). *Coupling Digitalisation and Sustainability for an Equitable and Inclusive Green Deal* [online]. <https://ieep.eu/news/coupling-digitalisation-and-sustainability-for-an-equitable-and-inclusive-green-deal> (5.06.2023).
- Stavropoulos, S. & D. Skuras. (2016). Firm Profitability and Agglomeration Economies: An Elusive Relationship. *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*, 107 (1), pp. 66–80. <https://doi.org/10.1111/tesg.12125>.
- Stein, M., V. Campitelli & S. Mezzio. (2020). Managing the Impact of Cloud Computing. *The CPA Journal*, 90 (6), pp. 20–27 [online]. <https://www.proquest.com/openview/71aab55d8b7508a7eba25f9bffe58100/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41798> (5.06.2023).
- Steinle, C., Schiele, H. (2002). When do industries cluster?: A proposal on how to assess an industry's propensity to concentrate at a single region or nation, *Research Policy*, 31, (6), 849–858.
- Straits Research. (2022). *Digital Manufacturing Market Size Is Projected to Reach USD 1,370 Billion by 2030, Growing at a CAGR of 16.5%: Straits Research* [online]. <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/07/25/2485295/0/en/Digital-Manufacturing-Market-Size-is-projected-to-reach-USD-1-370-billion-by-2030-growing-at-a-CAGR-of-16-5-Straits-Research.html> (5.06.2023).
- Sukhova, M. (2016). *Digital Transformation: History, Present, and Future Trends* [online]. <https://auriga.com/blog/2016/digital-transformation-history-present-and-future-trends/> (5.06.2023).
- Sun, W., K. Yin & Z. Liu. (2021). Tax Incentives, R&D Manipulation, and Corporate Innovation Performance: Evidence from Listed Companies in China. *Sustainability*, 13 (21), 11819. <https://doi.org/10.3390/su132111819>.
- Sunyaev, A. (2020). Cloud Computing. In: A. Sunyaev. *Internet Computing*, pp. 195–236. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34957-8_7.
- Sureephong, P. et al. (2008). *Cluster Development and Knowledge Exchange in Supply Chain* [online]. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0806/0806.0519.pdf> (5.06.2023).
- Sustainability Dictionary. (2005). *Cradle-to-Cradle* [online]. <https://sustainabilitydictionary.com/2005/12/03/cradle-to-cradle/> (5.06.2023).
- Svahn, F., L. Mathiassen & R. Lindgren. (2017). Embracing Digital Innovation in Incumbent Firms: How Volvo Cars Managed Competing Concerns. *MIS Quarterly*, 41 (1), pp. 239–253.
- TAB. (2020). *Six Ways that a Pilot Program Helps Your Digital Transformation Succeed* [online]. <https://recordsmanagement.tab.com/document-imaging/six-ways-that-a-pilot-program-helps-your-digital-transformation-succeed/> (5.06.2023).
- Tamma, P., E. Schaart & A. Gurzu. (2019). *Europe's Green Deal Plan Unveiled* [online]. <https://www.politico.eu/article/the-commissions-green-deal-plan-unveiled/> (5.06.2023).

- Tardi, C. (2022). *Moore's Law* [online]. <https://www.investopedia.com/terms/m/mooreslaw.asp> (5.06.2023).
- Tarptautinė Ekonominio Bendradarbiavimo Ir Plėtros Organizacija. (2005). *Paris Declaration on Aid Effectiveness: Five Principles for Smart Aid*. High Level Forum, Paris [online]. <https://www.oecd.org/dac/effectiveness/45827300.pdf> (5.06.2023).
- Tarptautinė Ekonominio Bendradarbiavimo Ir Plėtros Organizacija. (2019). *Business Models for the Circular Economy* [online]. <https://www.oecd.org/environment/business-models-for-the-circular-economy-g2g9dd62-en.htm> (5.06.2023).
- Tarptautinė Ekonominio Bendradarbiavimo Ir Plėtros Organizacija. (2020). *Digital Transformation in the Age of Covid-19. Building Resilience and Bridging Divides* [online]. <https://www.oecd.org/digital/digital-economy-outlook-covid.pdf> (5.06.2023).
- Taušová, M. et al. (2019). Recycling of Communal Waste: Current State and Future Potential for Sustainable Development in the EU. *Sustainability*, 11 (10), 2904.
- Tessitore, S., T. Daddi & M. Frey. (2012). Eco-Innovation and Competitiveness in Industrial Clusters. *International Journal of Technology Management*, 58 (1/2), pp. 49–63. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2012.045788>.
- The Canadian Trade Commissioner Service. (YEAR). *Linking In to Global Value Chains: A Guide for Small and Medium-Sized Enterprises* [online]. <https://www.tradecommissioner.gc.ca/guides/gvc-cvm/gvc-guide-cvm-guide.aspx?lang=eng#a3> (5.06.2023).
- The Manufacturer. (2021). *2021 Digital Transformation Assessment. COVID-19: A Catalyst for Change* [online]. <https://www.ibm.com/downloads/cas/MPQGMEN9> (5.06.2023).
- The Recycling Partnership. (2022). *Circular Economy Accelerator: A Recycling Partnership Initiative* [online]. <https://recyclingpartnership.org/accelerator/>.
- Thomas, A., R. Passaro & I. Quinto. (2019). Developing Entrepreneurship in Digital Economy: The Ecosystem Strategy for Startups Growth. In: B. Orlando, ed. *Strategy and Behaviors in the Digital Economy*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85423>.
- Thomas, L. D. W. & E. Autio. (2020). Innovation Ecosystems in Management: An Organizing Typology. In: *Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*. Oxfordas: Oksforso Universiteto Leidykla [online]. https://www.researchgate.net/publication/336603231_Innovation_ecosystems_in_management_An_organizing_typology (5.06.2023).
- Tijan E., A. Agatić & D. Ciscic. (2012). *Single Window Concept in Croatian Seaport Clusters* [online]. https://www.researchgate.net/publication/284169724_Single_Window_Concept_In_Croatian_Seaport_Clusters (5.06.2023).
- Tirabeni, L. et al. (2019). How Can Organisations and Business Models Lead to a More Sustainable Society? A Framework from a Systematic Review of the Industry 4.0. *Sustainability*, 11 (22), 6363. <https://doi.org/10.3390/su11226363>.
- Tofan, T. & A. Jakubavičius. (2018). *Pramonės skaitmenizavimas: iššūkiai ir tendencijos. 21-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas - Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos Verslas XXI amžiuje straipsnių rinkinys [Proceedings of the 21st Conference for Junior Researchers “Science – Future of Lithuania” Business in XXI Century]*. 8–9 February 2018, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp. 1–8.

- Tristão, H. M. et al. (2013). Innovation in Industrial Clusters: A Survey of Footwear Companies in Brazil. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8 (3), pp. 45–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000400005>.
- Tsakalerou, M. & S. Akhmedi. (2021). Agents of Innovation: Clusters in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 55, pp. 319–327. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.045>.
- Tsionas, M. & A. G. Assaf. (2021). Revenue Functions for Hotels within Clusters. *International Journal of Hospitality Management*, 98, 103016. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2021.103016>.
- Tu, H. (2011). *Cluster Marketing Models and Strategies: The Implications Thereof in the Chinese High-Tech Industry* [online]. <http://t.www.na-businesspress.com/IJCM/TuWeb.pdf> (5.06.2023).
- Tushman, M. L. & P. Anderson. (1986). Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, 31 (3), pp. 439–465.
- Tüzel, S. (2013). An Investigation of Prospective Turkish Teachers' Views Regarding Multimodal Literacy Teaching. *Journal of Theory and Practice in Education*, 9 (2), pp. 133–151.
- Uçar, E., M.-A. Le Dain & I. Joly. (2020). Digital Technologies in Circular Economy Transition: Evidence from Case Studies. *Procedia CIRP*, 90, pp. 133–136. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.058>.
- Ularu, E. G. et al. (2012). Perspectives on Big Data and Big Data Analytics. *Database Systems Journal*, 3 (4), pp. 3–14.
- Utterback, J. M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston: Harvard Business Scholl Press.
- Valatsas, D. (2019). *Green Deal, Greener World* [online]. <https://foreignpolicy.com/2019/12/17/united-states-democrats-green-new-deal-eu-europe-technically-feasible-environment-progress/> (5.06.2023).
- Valuckas, G. (2021). *Stringančios tiekimo grandinės Vakarų Europos pramonėje – kaip iš to laimėti Lietuvos gamintojams?* [online]. <https://www.pbs.lt/2021/03/31/stringancios-tiekimo-grandines-vakaru-europos-pramoneje-kaip-is-to-laimeti-lietuvos-gamintojams/> (5.06.2023).
- Van de Vrande, V. et al. (2009). Open Innovation in SMEs: Trends, Motives and Management Challenges. *Technovation*, 29 (6–7), pp. 423–437. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.10.001>.
- Van der Reijden, R. et al. (2021). *Transforming Industrial Clusters to Implement the European Green Deal* [online]. https://www.diw.de/documents/dokumentenarchiv/17/diw_01.c.817688.de/cfm_industrial_clusters_briefing_jan2021.pdf (5.06.2023).
- Van Langen, S. K. et al. (2021). Promoting Circular Economy Transition: A Study about Perceptions and Awareness by Different Stakeholders Groups. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128166. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128166>.
- Verstraeten-Jochensen, J. et al. (2018). IMPACT: A Tool for R&D Management of Circular Economy Innovations. *Procedia CIRP*, 69, pp. 769–774. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.096>.
- Vial, G. (2019). Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda. *Journal of Strategic Information Systems Review*, 28 (2), pp. 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>.

- Vigna, I., R. Lollini & R. Perneti. (2021). Assessing the Energy Flexibility of Building Clusters under Different Forcing Factors. *Journal of Building Engineering*, 44, 102888.
- Von Preussen P. W. & D. Beimbörn. (2019). Turning Mentoring Around – A Case-Based Analysis of the Outcomes of Digital Reverse Mentoring. *AMCIS 2019 Proceedings*. 21. [online]. https://aisel.aisnet.org/amcis2019/org_transformation_is/org_transformation_is/21 (5.06.2023).
- Vuelvas, J., F. Ruiz & G. Gruosso. (2021). A Time-of-Use Pricing Strategy for Managing Electric Vehicle Clusters. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 25, 100411 [online]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352467720303428> (5.06.2023).
- Vukusic, D., Z. Crnecki & S. Bischof. (2022). Eco-Economic Decoupling: Perception of Croatian Automotive Cluster. In: M. Machrafi, D. Uckar & T. Susak, eds. *Economic and Social Development*. 79th International Scientific Conference on Economic and Social Development – Rabat, 25–26 March, 2022 [online]. https://www.researchgate.net/profile/Venelin-Terziev/publication/359626088_SHARED_KNOWLEDGE_AND_CHANGES_IN_THE_HIGHER_EDUCATION_SYSTEM_IN_BULGARIA/links/6245c9d98068956f3c5c6a90/SHARED-KNOWLEDGE-AND-CHANGES-IN-THE-HIGHER-EDUCATION-SYSTEM-IN-BULGARIA.pdf#page=7 (5.06.2023).
- Wen, Z. & X. Meng. (2015). Quantitative Assessment of Industrial Symbiosis for the Promotion of Circular Economy: A Case Study of the Printed Circuit Boards Industry in China's Suzhou New District. *Journal of Cleaner Production*, 90, pp. 211–219.
- Westerman, G. et al. (2011). *Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations*. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting, pp. 1–68.
- Wilts, H. et al. (2021). Artificial Intelligence in the Sorting of Municipal Waste as an Enabler of the Circular Economy. *Resources*, 10 (4), 28. <https://doi.org/10.3390/resources10040028>.
- Witjes, S. & R. Lozano. (2016). Towards a More Circular Economy: Proposing a Framework Linking Sustainable Public Procurement and Sustainable Business Models. *Resources, Conservation and Recycling*, 112, pp. 37–44.
- Wolf, S. et al. (2021). The European Green Deal – More Than Climate Neutrality. *Intereconomics*, 56 (2), pp. 99–107.
- Woods, T. (2016). *The Innovator's Dilemma: Narrow Theory, Widely Applied* [online]. <https://blog.hypeinnovation.com/the-innovators-dilemma-narrow-theory-widely-applied> (5.06.2023).
- Woolthuis, R. K., M. Lankhuizen & V. Gilsing. (2005). A System Failure Framework for Innovation Policy Design. *Technovation*, 25 (6), pp. 609–619. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2003.11.002>.
- Wroblewski, M. T. (2018). *What Is the Magic Bullet Theory of Mass Media?* [online]. <https://smallbusiness.chron.com/magic-bullet-theory-mass-media-3346.html> (5.06.2023).
- Xiong, Y. (2020). Research on the Innovation of Resource Value Cost Accounting Based on Circular Economy under Big Data Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1648, 032173 [online]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1648/3/032173/meta> (5.06.2023).
- Xu, X. et al. (2020). Data-Driven Game-Based Pricing for Sharing Rooftop Photovoltaic Generation and Energy Storage in the Residential Building Cluster Under Uncertainties. *IEEE Transactions for Industrial Informatics*, 17 (7), pp. 4480–4491.

- Yim, D. S., W. Kim & Y. Nam. (2020). The Strategic Transformation from Innovation Cluster to Digital Innovation Cluster During and After COVID-19. *Asian Journal of Innovation and Policy*, 9 (2), pp. 164–186. <https://doi.org/10.7545/ajip.2020.9.2.164>.
- Yoo, Y. et al. (2010). *The Next Wave of Digital Innovation: Opportunities and Challenges: A Report on the Research Workshop 'Digital Challenges in Innovation Research'* [online]. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=16221 (5.06.2023).
- Yoo, Y. et al. (2012). Organizing for innovation in the digitized world. *Organization Science*, 23 (5), pp. 1398–1408. <https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0771>
- Yoon, P. & M. Molina. (2003). *Knowledge Sharing and Business Clusters*. Proceedings of the Pacific Asian Conference on Information Systems (PACIS), AIS Electronic Library.
- Zainuddin, E. & P. Gonzalez. (2011). *Configurability, Maturity, and Value Co-Creation in SaaS: An Exploratory Case Study*. Proceedings of the 32nd International Conference in Information Systems (ICIS), AIS Electronic Library.
- Zakaria, R. B. B. (2019). *An Exploration on the Relationship between Organisational Innovation & Privatisation and Technological Innovation & Digitisation & Digitalisation: The Vase of Telekom Malaysia Berhad*. London: Brunel University London [online]. <https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/21461> (5.06.2023).
- Zeng, Q., W. Chen & L. Huang. (2008). E-Business Transformation: An Analysis Framework Based on Critical Organizational Dimensions. *Tsinghua Science and Technology*, 13 (3), pp. 408–413.
- Zenker, A. et al. (2019). *Cluster Programmes in Europe and Beyond*. European Observatory for Clusters and Industrial Change [online]. https://clustercollaboration.eu/sites/default/files/news_attachment/cluster_programmes_in_europe_and_beyond_0.pdf (5.06.2023).
- Zhang, A. et al. (2019). Barriers to Smart Waste Management for a Circular Economy in China. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118198. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118198>.
- Zhang, J., N. Wang & J. Hong. (2013). Comprehensive Evaluation of the Development of Industry Cluster Circular Economy. *Advanced Materials Research*, 779–780, pp. 1777–1780.
- Zheng, G. & X. Chen. (2006). The Cluster Marketing Formation and Development of Exploration. *Commercial Economics Review*, 24 (7), pp. 78–80.
- Zhu, C., A. Liu & G. Chen. (2018). High Performance Work Systems and Corporate Performance: The Influence of Entrepreneurial Orientation and Organizational Learning. *Frontiers of Business Research in China*, 12, 4 [online]. <https://fbr.springeropen.com/articles/10.1186/s11782-018-0025-y> (5.06.2023).
- Zimmermann, A. et al. (2015). *Digital Enterprise Architecture – Transformation for the Internet of Things*. IEEE 19th International Enterprise Distributed Object Computing Workshop. <https://doi.org/10.1109/EDOCW.2015.16>.
- Zittrain, J. (2006). The Generative Internet. *Harvard Law Review*, 119, pp. 1974–2040.
- Žiedinės Ekonomikos Finansavimo Gidas. (2021). *Public Guarantees* [online]. <https://www.circularcityfundingguide.eu/funding-types-and-their-applicability/guarantees/public-guarantees/> (5.06.2023).

Žinių Ekonomikos Forumas. (2012). *Klasterių studija* [online]. https://eimin.lrv.lt/uploads/eimin/documents/files/Inovacijos/tyrimai_analizes/Klasteriu_studija_2012.pdf (5.06.2023).

SUMMARY

TRANSFORMING BUSINESS MODELS IN CLUSTERS: DIGITALIZATION, THE CIRCULAR ECONOMY AND THE EUROPEAN GREEN DEAL

The monograph prepared by the group of researchers examines the problem of improving the transformation of business models in clusters. The importance of this issue is manifested in the fact that in the conditions of globalization, with increasing international competition, there is a need to improve business models focused on international value chains, to transform them taking into account the challenges posed by digitization, the circular economy and the green deal, the impact of which on the transformation of business models in clusters has not yet been holistically examined.

The monograph summarizes the authors' long-term research related to the evolution of cluster business models in the context of digital transformation, circular economy and the European Green Deal. Holistic paradigms formed on the basis of research, that clusters are groups of companies, organizations or other competitive entities operating in a certain geographical region or economic sector, are considered a form of business organization that increases business productivity in modern economic conditions, promotes innovative new partnerships even between competitors and significantly expands business opportunities as it allows participating entities to share resources, develop new technologies and benefit from synergies in implementing projects that promote knowledge development, dissemination and innovation.

The material of the monograph can be used both in institutions performing the functions of state management and in business organizations, especially in improving the business development policy for the creation and activation of a stable and competitive economy, and in making effective managerial and economic decisions

related to international development, conditioned by profound phenomena occurring in the economy and in society due to the use of digital technologies and trends in the formation of sustainable economic systems.

The material of the monograph should be used in studies conducted at universities and other higher education institutions, primarily in economic and managerial profile study programs. The material of the monograph is also intended to familiarize specialists working in the management and administration, business sectors with new theoretical approaches to the patterns of evolution of cluster business models in the context of digital transformation, circular economy and the European Green Deal.

Keywords: business models, cluster, Green Deal, innovation, digitalization

This book analyses the evolution of cluster business models in the context of digital transformation, circular economy and the European Green Deal. Holistic paradigms formed on the basis of research, that clusters are groups of companies, organizations or other competitive entities operating in a certain geographical region or economic sector, are considered a form of business organization that increases business productivity in modern economic conditions, promotes innovative new partnerships even between competitors and significantly expands business opportunities as it allows participating entities to share resources, develop new technologies and benefit from synergies in implementing projects that promote knowledge development, dissemination and innovation.