



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai

Baigiamasis magistro projektas

Otas Šaulevičius

Projekto autorius

Prof. Mantas Vilkas

Vadovas

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai

Baigiamasis magistro projektas

Įmonių valdymas (6211LX030)

Otas Šaulevičius

Projekto autorius

**Prof.
Mantas Vilkas**

Vadovas

**Doc. dr.
Ramunė Čiarnienė**

Recenzentė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Otas Šaulevičius

LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Otas Šaulevičius

Patvirtinta elektroniniu būdu

Otas Šaulevičius. Lean metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Mantas Vilkas; Kauno technologijos universitetas, Ekonomikos ir verslo fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Vadyba, Verslas ir viešoji vadyba.

Reikšminiai žodžiai: LEAN metodai, skaitmeninės technologijos, integracija, iššūkiai, taupieji principai, skaitmeniniai įrankiai.

Kaunas, 2026. 64 p.

Santrauka

Dinamiškos rinkos laikais, kuomet dažnai keičiasi klientų poreikiai, medžiagų bei produktų tiekimo grandinės bei pačios rinkos poreikiai, taupijų metodų bei lanksčių skaitmeninių įrankių sintezė yra būtinas procesas greitam prisitaikymui ir sėkmingai veiklai. Gamybinėms organizacijoms šis procesas yra būtinas išlikti išmaniomis beisikeičiančių inovacijų fone. Šių dviejų paradigmų integracija į vientisą organizavimo modelį nėra nauja perspektyva, tačiau sėkmingam funkcionavimui reikalinga įveikti esminius iššūkius, tokius kaip struktūrinis organizavimas, kultūrinė transformacija. Mokslinė literatūra pabrėžia, kad vis dar trūksta sociotechninių įvertinimo veiksnių galimoms rizikoms organizacijose.

Tyrimo uždaviniai:

1. Pagrįsti LEAN metodų integracijos su skaitmeninėmis technologijomis iššūkių problematiką;
2. Atlikti LEAN metodų integracijos su skaitmeninėmis technologijomis iššūkių teorinių sprendinių analizę;
3. Pagrįsti LEAN metodų integracijos su skaitmeninėmis technologijomis iššūkių metodologiją;
4. Analizuojant tyrimo rezultatus, pateikti rekomendacijas tobulinti LEAN metodų integraciją su skaitmeninėmis technologijomis organizacijose, išvengiant galimų rizikų.

Darbo objektas - LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracija.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros atranka, analizė ir sisteminimas, kokybinio tyrimo - interviu kūrimas ir vykdymas, kokybinė analizė.

Pagrindiniai darbo rezultatai. Atlikus mokslinės literatūros analizę išskirta, jog pagrindiniai taupijų metodų ir skaitmeninių įrankių integracijos poreikio veiksniai kyla iš dviejų paradigmų ribotumo: LEAN trūksta įrankių, kurie surinktų realaus laiko duomenis, automatizuotų procesus bei galėtų įgalinti efektyvumą greičiau, tuo tarpu skaitmeniniams procesams LEAN padeda optimizuoti skaitmeninius procesus, identifikuojant švaistymus. Pagrindiniai integracijos iššūkiai: paradoksai organizacijos veikloje – LEAN remiasi paprastumu, standartizacija bei centralizuotu valdymu, išmaniosios technologijos remiasi automatizacija ir centralizuotu valdymu. Dėl kultūrinio nesuderinamumo bei strategijos gairių nebuvimo kuriasi organizacinės įtampos. Remiantis moksliniais tyrimais nustatyti kritiniai sėkmės veiksniai, sprendžiant integracijos iššūkius, kurie remiasi integracijos principais, įgalintais sėkmingomis integracijos praktikomis. Mokslinėse publikacijose išskirti pagrindiniai integracijos principai yra suderinamumo principas, laipsniškas diegimas, darbuotojų įgalinimas, standartizavimo principas, o pagrindinės praktikos yra tarpfunkcinės komandos, gebėjimų ugdymas ir mokymai, grįžamojo ryšio ciklai. Empirinio tyrimo metu identifikuoti integracijos iššūkiai: sudėtingas mokymosi procesas, siauras viešinimas, laiko

planavimo iššūkiai, įtraukios motyvacijos nebuvimas, perteklinė skaitmenizacija bei perteklinis darbo optimizavimas. Didelė dalis rastų iššūkių atitinka mokslinėje literatūroje minimus integracijos barjerus. Tiriama organizacija taip pat laikosi teoriniuose sprendiniuose išsikeltų sėkmingos integracijos principų bei praktikų, tokių kaip *PDCA*, tarpfunkcinės komandos, nuolatinis tobulinimas ir standartizavimas, kurie padeda apieti iššūkius. Galiausiai pateiktos rekomendacijos tiriamai įmonei bei tiriamos pramonės šakos atstovams iššūkių sprendimui integracijos kontekste.

Otas Šaulevičius. LEAN Methods and Digital Technologies Integration Challenges.

Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. Mantas Vilkas; School of Economics and Business, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Management, Business and Public Management.

Keywords: LEAN methods, digital technologies, integration, challenges, thrifty principles, digital tools.

Kaunas, 2026. 64.

Summary

In times of dynamic markets, where customer needs, supply chains of materials and products, and the needs of the market itself are often changing, the synthesis of LEAN methods and flexible digital insights is a necessary process for rapid adaptation and successful operation. For manufacturing organizations, this process is necessary to remain smart against the backdrop of changing innovations. The integration of these two paradigms into a single organizational model is not a new prospect, but for successful functioning it is necessary to overcome fundamental challenges, such as structural organization, cultural transformation. Scientific literature emphasizes that there is still a lack of sociotechnical assessment factors for potential risks in organizations.

Research objectives:

1. Substantiate the challenges of integrating LEAN methods with digital technologies;
2. Perform an analysis of applied theoretical solutions to challenges of integrating LEAN methods with digital technologies;
3. Substantiate the methodology for the challenges of integrating LEAN methods with digital technologies;
4. Analyzing the research results, provide recommendations to improve the integration of LEAN methods with digital technologies in organizations, avoiding potential risks.

Object of the study - Integration of LEAN methods and digital technologies.

Research methods: selection, analysis and systematization of scientific literature, development and implementation of qualitative research - interviews, qualitative analysis.

Main results: After conducting an analysis of the scientific literature, it was identified that the main factors behind the need for the integration of LEAN methods and digital tools arise from the limitations of two paradigms: LEAN lacks tools that would collect real-time data, automate processes and enable efficiency faster, while for digital processes, LEAN helps to optimize digital processes by identifying waste. The main integration challenges: paradoxes in organizational activities - LEAN is based on simplicity, standardization and centralized management, smart technologies are based on automation and centralized management. Organizational tensions arise due to cultural incompatibility and the absence of strategic guidelines. Based on scientific research, critical success factors have been identified in solving integration challenges, which are based on integration principles enabled by successful integration practices. The main integration principles identified in scientific publications are the principle of compatibility, gradual implementation, employee empowerment, and the principle of standardization, while the main practices are cross-functional teams, capacity development and

training, and feedback loops. The following integration challenges were identified during the empirical study: a complex learning process, narrow publicity, time planning challenges, lack of inclusive motivation, excessive digitalization and excessive work optimization. A large part of the challenges found correspond to the integration barriers mentioned in the scientific literature. The organization under study also adheres to the principles and practices of successful integration set out in theoretical solutions, such as PDCA, cross-functional teams, continuous improvement and standardization, which help to overcome the challenges. Finally, recommendations are provided for the company under study and representatives of the industry under study to solve the challenges in the context of integration.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Santrumpų ir terminų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos rizikų problematikos analizė	13
1.1. LEAN sistemų bei skaitmeninių inovacijų integracijos poreikio problematika.....	15
1.2. LEAN sistemų bei skaitmeninių inovacijų integracijos rizikos įmonių veikloje	16
2. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių teoriniai sprendiniai	19
2.1. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos samprata	19
2.2. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos kritiniai sėkmės veiksniai	20
2.3. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos praktikos	21
2.3.1. Skaitmeniniai dvyniai	22
2.3.2. Tarpfunkcinės komandos.....	23
2.3.3. Gebėjimų ugdymas ir mokymai	23
2.3.4. Nuolatinis tobulinimas (PDCA) ir grįžamojo ryšio ciklai.....	24
2.3.5. Vizualinis valdymas ir skaitmeninės ataskaitų suvestinės	25
2.3.6. Procesų žemėlapiai ir duomenų integravimas	26
2.3.7. Standartizuota dokumentacija ir duomenys.....	26
2.3.8. Rizikos ir pokyčių valdymas	27
2.4. Teoriniai LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos principai.....	28
2.4.1. Suderinamumo principas	28
2.4.2. Laipsniško diegimo principas.....	29
2.4.3. Darbuotojų įgalinimo principas	29
2.4.4. Standartizavimo principas	30
2.4.5. Nuolatinio tobulinimo principas.....	31
2.4.6. Lankstumo bei atsparumo principas	31
2.4.7. Integruotas žinių valdymo principas	31
2.5. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos teorinis modelis	32
3. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių tyrimo metodologija	34
4. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių tyrimo rezultatai ir diskusija.....	37
4.1. Interviu analizė rezultatai	37
4.1.1. Organizacijos taupieji metodai bei skaitmeniniai įrankiai	38
4.1.2. Integracijos poveikis darbo vietoje.....	40
4.1.3. Skaitmeninių technologijų įtaka LEAN principams.....	42
4.1.4. LEAN metodų įtaka skaitmeniniams procesams.....	45
4.1.5. Integracijos poveikis darbo veikloje.....	47
4.1.6. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai organizacijoje.....	52
4.2. Diskusija	56
4.3. Rekomendacijos	58
Išvados	60
Literatūros sąrašas	61
Informacijos šaltinių sąrašas	64

Priedai.....	65
1 priedas. Pusiau stktūruoto interviu klausimynas (lietuvių kalba).....	65
2 priedas. Pusiau stktūruoto interviu klausimynas (anglų kalba)	66

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Skaitmeninių technologijų diegimas taupiojoje gamyboje (Moraes ir kt., 2023)	20
2 lentelė. Interviu respondentų duomenys	35
3 lentelė. Tyrimo kodų lentelė	37
4 lentelė. Lean metodai ir skaitmenizacija	39
5 lentelė. Poveikis darbo vietoje	41
6 lentelė. Skaitmeninių technologijų įtaka LEAN principams.....	43
7 lentelė. Kompetencijos keitimas dėl LEAN principų diegimo	45
8 lentelė. LEAN metodų įtaka skaitmeniniams procesams.....	46
9 lentelė. Balansas tarp standartizacijos ir skaitmeninio lankstumo	48
10 lentelė. Darbuotojų autonomija LEAN ir skaitmenizacijos integracijos aplinkoje.....	49
11 lentelė. Duomenų iš skaitmeninių sistemų panaudojimas	50
12 lentelė. Įmonės prioritetai LEAN transformacijos aplinkoje	51
13 lentelė. Darbuotojų prisitaikymo iššūkiai	53
14 lentelė. Iššūkiai skaitmeninių įrankių sąsajai su LEAN.....	55

Paveikslų sąrašas

1 pav. Mokslinių publikacijų skaičius, susijęs su projekto tema („Scopus“ duomenų bazės rezultatais)	14
2 pav. „Scopus“ duomenų bazės nagrinėjamos tematikos tyrimai (sudaryta autoriaus).....	14
3 pav. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų iššūkių konceptualus teorinis modelis (sudaryta autoriaus)	33
4 pav. Respondentų naudojamos skaitmeninės technologijos (sudaryta autoriaus)	39
5 pav. Respondentų naudojami LEAN metodai (sudaryta autoriaus).....	39
6 pav. Integracijos proceso hierarchinė diagrama.....	41
7 pav. Skaitmeninių technologijų įtakos LEAN principams hierarchinė diagrama.....	43
8 pav. Kompetencijų keitimas dėl LEAN transformacijos hierarchinė diagrama	46
9 pav. Darbo standartizacijos ir skaitmeninio lankstumo balanso tyrimo hierarchinė diagrama	48
10 pav. Darbuotojų autonomijos LEAN ir skaitmenizacijos integracijos aplinkoje hierarchinė diagrama	49
11 pav. Darbuotojų prisitaikymo iššūkių hierarchinė diagrama.....	53
12 pav. Iššūkių skaitmeninių įrankių sąsajos su LEAN hierarchinė diagrama.....	55

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

PDCA (angl. *Plan – Do – Check – Act*) – nuolatinio tobulinimo metodas, susidedantis iš keturių žingsnių – planavimo, inicijavimo, tikrinimo bei veikimo. Metodas skirtas procesams tobulinti;

DMAIC (angl. *Define – Measure – Analyze – Improve – Control*) – struktūruotas, duomenimis grindžiamas metodas procesams tobulinti;

KPI (angl. *Key Performance Indicator*) – pagrindinis veiklos rodiklis, naudojamas kaip kiekybinio rezultato matavimo matas;

Terminai:

Pramonė 4.0 (angl. *Industry 4.0*) – skaitmeninių procesų realizavimas ir diegimas pramonėje, įgalinant veikti išmaniąsias mašinas, realaus laiko sistemas;

Pramonė 5.0 (angl. *Industry 5.0*) – dirbtinio intelekto realizavimas ir diegimas pramonėje, įgalinant veikti robotizuotus arba autonominius procesų tvarkymo sprendimus;

Daiktų internetas (angl. *Internet of Things*) – išmaniųjų prietaisų tinklas, kurie per interneto sąsają yra valdomi palaikyti vientisą automatizuotą sistemą;

Kibernetinės–fizinės sistemos – sistemos, naudojančios realaus laiko duomenų mainus ir valdymą su tikslu optimizuoti efektyvumą bei našumą programose;

MES/ERP (angl. *Manufacturing Execution System/Enterprise Resource Planning*) – programinės įrangos grupės, atsakingos už įmonės veiklą. ERP sistemos valdo elementus kaip finansus, tiekimą, pardavimus – centrinė duomenų bazė. MES optimizuoja gamybos proceso elementus – planavimą, vykdymą.

Ivadas

Šiuolaikinei verslo aplinkai būdinga sparti technologijų pažanga ir nenumaldomas veiklos efektyvumo siekimas (Bernhard, Dillinger ir Zäh, 2023). Dinamiškame rinkos fone tvarių verslo metodų ir skaitmeninių technologijų sintezė tapo itin svarbia sritimi tiek mokslininkams, tiek verslui (Lorenz, Buess, Macuvele, Friedli ir Netland, 2019). Nepaisant daugelio mokslinių tyrimų išskiriamos integracijos naudos organizacijos procesams efektyvinti, išskiriami bendri integracijos iššūkiai organizacijose: įgūdžių bei kompetencijos stoka, duomenų valdymo klausimai, sisteminio valdymo kompleksiskumas (Schumacher, Hall ir kt, 2023). Šiame baigiamajame darbe nagrinėjama LEAN metodų integracijos su skaitmeninėmis technologijomis iššūkiai įmonių veikloje.

Temos aktualumas. Šios temos pasirinkimą lemia kelios esminės aplinkybės. Pirma, pasaulinė rinka darosi vis konkurencingesnė, verčianti įmones nuolat diegti naujoves ir optimizuoti savo veiklą. LEAN metodai, kurių pagrindinis dėmesys skiriamas švaistymų šalinimui ir efektyvumo didinimui, jau seniai buvo veiklos gerinimo indikatorius. Tačiau skaitmeninių technologijų, tokių kaip daiktų internetas, dirbtinis intelektas (DI) ir didžiųjų duomenų analizė integravimas suteikia naujų kintamųjų. Antra, pramonės šakas apimanti skaitmeninės transformacijos banga suteikia ir galimybių, ir iššūkių. Įmonės daug investuoja į skaitmeninius įrankius ir platformas, kad padidintų produktyvumą, sprendimų priėmimą ir klientų įtraukimą. Norint išnaudoti visą jų potencialą, labai svarbu suprasti, kaip šios skaitmeninės investicijos gali sąveikauti su taupiomis metodikomis bei kaip tai veikia organizacijos darbuotojų darbo aplinką bei prisitaikymą. Tikimasi, kad šio magistrinio darbo išvados darbuotojams praktiškai suteiks veiksmingų įžvalgų, įmonėms, siekiančioms padidinti savo veiklos efektyvumą ir strateginį dinamiškumą, suteiks rekomendacijų kaip efektyviai integruoti taupius metodus su skaitmeninėmis technologijomis bei su kokiais iššūkiais įmanoma susidurti. Galiausiai tikimasi prisidėti prie mokslinių tyrimų spragų užpildymo. Šios žinios gali padėti vadovams kurti ir įgyvendinti strategijas, o tai galiausiai pagerins našumo rodiklius, tokius kaip sąnaudų mažinimas, kokybės gerinimas ir greitesnis pateikimas į rinką.

Tyrimo problema – kokie yra LEAN metodų bei skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai?

Darbo objektas – LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai.

Darbo tikslas – nustatyti LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkius.

Tyrimo uždaviniai:

1. Pagrįsti LEAN metodų integracijos su skaitmeninėmis technologijomis organizacijose iššūkių problematiką;
2. Atlikti LEAN metodų sinergijos su skaitmeninėmis technologijomis iššūkių literatūros analizę;
3. Pagrįsti LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių empirinių tyrimų metodologiją;
4. Atlikti empirinį tyrimą bei nustatyti LEAN metodų integracijos su skaitmeninėmis technologijomis iššūkius ir jų sprendinius.

Tyrimo metodai. Mokslinės literatūros analizė, pusiau struktūrizuoto interviu atlikimas, kokybinis tyrimas, naudojant „MAXQDA“ kodavimo sistemą, rezultatai bei diskusija.

Darbo struktūra. Darbas susidaro iš šių dalių: tyrimo problematikos analizė, literatūros analizė, tyrimo metodologija, empirinis tyrimas bei tyrimo rezultatai ir diskusija.

1. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos rizikų problematikos analizė

LEAN metodai

Tai sistema, kuri pristato gerai subalansuotą vadybinę ir produkcijos filosofiją, kurios tikslas švaistymų eliminavimas, nuolatinis įmonės procesų optimizavimas (*Kaizen*) bei vertės kūrimas klientams, pasitelkiant efektyvų resursų naudojimą (Margherita ir Braccini, 2024). LEAN sistema originaliai kilo iš „Toyota“ įmonės veiklos optimizavimo ir dabar naudojama daugelyje pramonės šakų sumažinti perteklinius švaistymus, darbo procesų optimizavimui bei efektyvaus įmonės darbuotojų įgalinimui. Pasak Holmemo, Ingvaldsen ir Korsen (2021) LEAN filosofija remiasi technologiniu supaprastinimu, universaliais sprendimais ir tiesiogiai dirbančių darbuotojų numanomomis žiniomis ir autonomija. Taupieji metodai, tokie kaip vertės srauto žemėlapis, 5s yra sukurti optimizuoti procesus be būtinos priklausomybės nuo išmaniųjų technologijų. Literatūros apžvalgoje teigiama, kad kompleksinėse produkcijos gamybos aplinkose LEAN metodai padeda valdyti didelį procesinį bei klientų poreikių kintamumą (Schulze ir Dallasega, 2023). Bet LEAN integracija gali susidurti su iššūkiais aplinkoje ypatingai kur gamybos reikalavimai įmonėse yra kintantys ir uniklaūs, vyrauja dažnas inžinerijos procesų kitimas bei projektų valdymas yra labai svarbus įmonės veikloje. LEAN metodai istoriškai yra efektyvesni aplinkose, kur vyrauja pasikartojantys procesai gamyboje ar veikloje. Kai produkto kūrimas arba jo projektavimas skiriasi gamybos proceso etape LEAN įrankiai gali būti suvokiami kaip pernelyg griežti (Margherita ir Braccini, 2024).

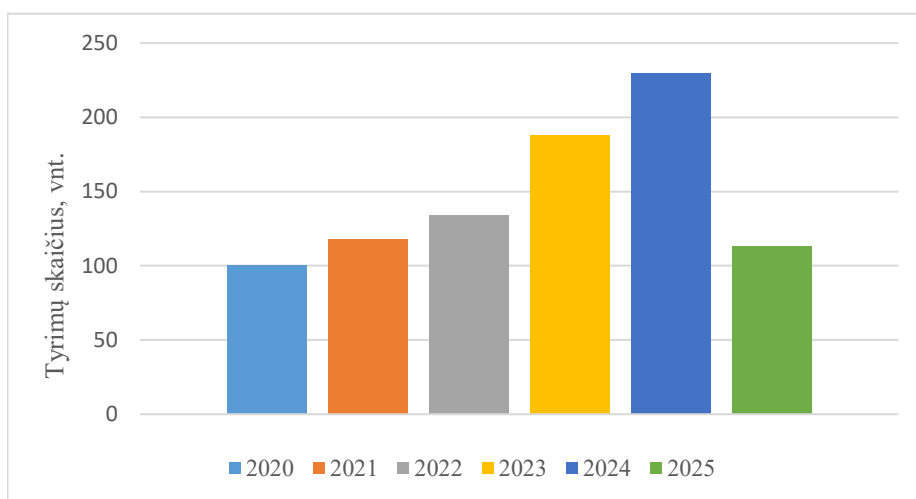
Skaitmeninės technologijos

LEAN sistemos jau ilgą laiką yra naudojamos pramonėje, kuri siekia gerinti savo padėtį rinkoje, pasitelkiant lankstumą, kaštų mažinimo technikas, galutinio produkto gerinimą bei klientų pasitenkinimo kėlimą. Deja, bet šiandieninėje pramonėje, kurioje neretai atsiranda naujų kompleksiškumo elementų, tokių, kaip dirbtinis intelektas (Benslimane, Benabbou, Mouatassim ir Benhra, 2024) gali kilti problemos, kurias LEAN principai vieni gali neišspręsti (Teles, Abe, Nascimento ir Oliveira, 2022). *Pramonė 4.0* bei inovatyvios technologijos iš kitos pusės gali tvariai skaitmenizuoti vis dar archajinius procesus įmonėse, tačiau eliminuoja darbuotojų įsitraukimą bei iniciatyvą optimalios veiklos kūrime įmonėje (Teles ir kt., 2022). Margherita ir Braccini (2024) dėsto, kad skaitmeninės technologijos keičia darbo pobūdį, suteikdamos sistemoms galimybę numatyti, stebėti ir savarankiškai optimizuoti gamybos našumą. Jų tyrimai rodo, kad 4-oji pramonės revoliucija (*Pramonė 4.0*) ne tik suteikia techninių galimybių, bet ir transformuoja organizacinę dinamiką, pakeisdama darbuotojų vaidmenį, perkeldama juos nuo rankinio vykdymo prie analizės, stebėjimo ir sprendimų priėmimo funkcijų. Dieste, Sauer ir Orzes (2022) teigia, kad skaitmeninės technologijos turi didelį potencialą strateginiam tobulėjimui. Tačiau jos taip pat sukelia iššūkius, tokius kaip organizacinę įtampą dėl savo sudėtingumo, kultūrinio poveikio ir integracijos poreikio. Tai parodo, kad nors skaitmeninės technologijos yra būtinos, jų veiksmingam diegimui reikia permąstyti esamus darbo pobūdžius ir įtraukti darbuotojus. Tyrimo autoriai bendrai skaitmenines technologijas laiko ne atskirais sprendimais, o galingais veiksniais, kurie, strategiškai integravus su LEAN metodais, gali paskatinti transformaciją link atsparių, realaus laiko ir į klientą orientuotų operacijų.

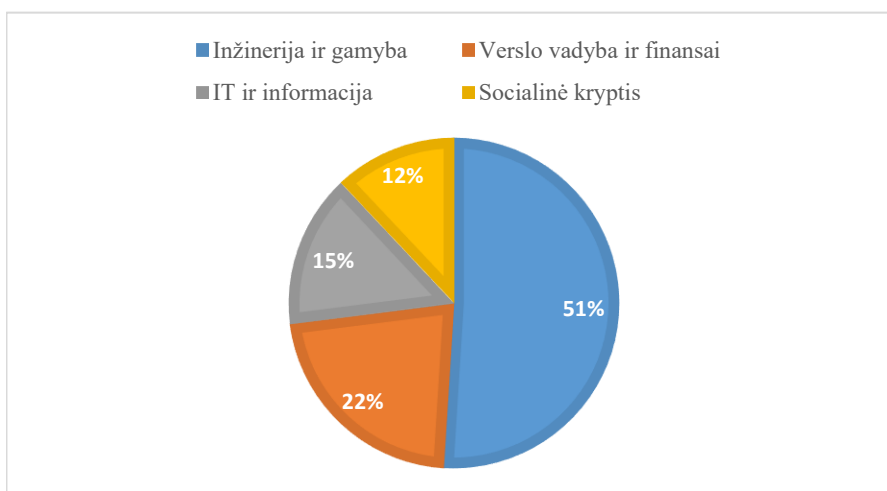
Atlikus literatūrinę apžvalgą, galima daryti prielaidą, jog taupųjų metodų bei skaitmeninių technologijų integracija įmonių veiklos efektyvumo gerinime nėra labai plačiai nagrinėjama tema akademiniam lygmenyje, ypatingai, kas liečia konkrečių praktinių atvejo analizių tyrimų skaičių –

kiek mažiau nei kas penktas (17 proc.) (Hossain ir Purdy, 2024), tačiau tai yra auganti kryptis, pagal tyrimų statistiką (1 pav.). Atlikus bibliografinėje duomenų bazėje „Scopus“ tyrimų apžvalgą, kuriose yra konkrečiai tiriama arba kaip teorinis sprendinys cituojami – LEAN metodų bei skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai, galima išskirti dvi problematikos kryptis – LEAN sistemų bei skaitmeninių inovacijų integracijos rizikų įmonių veikloje problemos bei LEAN sistemų ir skaitmeninių inovacijų integracijos poreikio problematiką.

Pagal „Scopus“ duomenų bazės rezultatus 2021-2025 metais daugiau negu pusę tyrimų (403 iš 789), susijusių su LEAN principų ir skaitmenizacijos integracija tyrimų objektais buvo inžinerijos bei gamybinės įmonės arba praktiniai pavyzdžiai būtent iš inžinerinės sritys (2 pav.), susiję su tematikos taikymu inžinerinėje srityje. Pasak Hossain ir Purdy (2024) daugelyje literatūros integracijos procesai arba santykis tarp LEAN ir skaitmeninių inovacijų yra analizuojami šių dviejų konceptų elementų ryšyje, pavyzdžiui *5s* ir *Kanban* su robotizuotais procesais gamyboje koreliacija, „tėkmės“ konceptas su daiktų interneto sąveika, „Poke-yoke“ ryšys su skaitmeniniu verslu bei kaip šie ryšiai daro įtaką kompanijų veiklos rodikliams (darbuotojų pasitenkinimas, klientų pasitenkinimas bei stabilumas, *KPI*, veiklos efektyvumas).



1 pav. Mokslinių publikacijų skaičius, susijęs su projekto tema („Scopus“ duomenų bazės rezultatai)



2 pav. „Scopus“ duomenų bazės nagrinėjamos tematikos tyrimai (sudaryta autoriaus)

1.1. LEAN sistemų bei skaitmeninių inovacijų integracijos poreikio problematika

Dalis literatūros apžvelgia jau egzistuojančias LEAN praktikas įmonėse, kurios siekia įdiegti skaitmenines technologijas, tokias kaip daiktų internetą, dirbtinio intelekto elementus, duomenų analizės įrankius (Hossain ir Purdy, 2024) kaip poreikį norint prisitaikyti prie besikeičiančių rinkos veiksnių, augančio technologinio spaudimo, klientų individualių poreikių bei konkurencijos sąlygų. Tie patys autoriai teigia, kad inovacijų (*Pramonės 4.0*) įtraukimas sustiprina LEAN galimybes pasiekti didesnę efektyvumą ir lankstumą, sumažina neapibrėžtumą bei padeda greičiau reaguoti į tiekimo, kokybės ar paklausos svyravimus. Kaip vienas didžiausių integracijos poreikių yra įvardinamas organizacijų nesugebėjimas suvaldyti krizių, tokių kaip pasaulinė pandemija (COVID-19) ar tiekimo grandinių problemas, neturint inovatyvių skaitmeninių sprendimų (Benslimane ir kt., 2024). Autorius atskleidė LEAN ribotumą, kai trūksta realaus laiko duomenų, lankstumo ar automatizuotos analizės sprendimų. Šaltinyje pabrėžiama, kad egzistuoja stiprus ryšys tarp LEAN ir skaitmenizacijos – kiekviena iš šių koncepcijų sustiprina kitą. LEAN padeda įmonėms optimizuoti procesus ir nustatyti neefektyvumus, skaitmenizacija suteikia įrankius, leidžiančius tą optimizaciją vykdyti efektyviau ir realiu laiku. Tai reiškia, kad taupūs metodai sukuria pagrindą struktūrizuoti skaitmenizacijai, o *Pramonė 4.0* sustiprina LEAN efektyvumą. Holmemo, ir kt. (2021) atkreipia dėmesį, kad LEAN dažnai yra pirmasis žingsnis organizacijų transformacijoje – jo metodai padeda standartizuoti ir stabilizuoti procesus, o tai būtina sąlyga sėkmingai skaitmeninei plėtrai. Jis teigia, kad be LEAN pagrindo skaitmeninė transformacija rizikuoja tapti fragmentuota, neefektyvi ar nepriimtina organizacijos kultūrai. Panašiai savo publikacijoje dėsto ir Dieste ir kt. (2022), kuris pažymi, kad LEAN ir skaitmenizacijos sąveika leidžia ne tik identifikuoti, bet ir struktūruotai spręsti sisteminės verslo problemas – tai ypač svarbu sektoriuose, kur sudėtingi procesai reikalauja tiek nuoseklumo, tiek technologinės pažangos. Daugelyje atrinktų mokslinių tyrimų skaitmeninės technologijos arba *Pramonė 4.0* terminas yra gretinami su pramonę keičiančiu dirbtiniu intelektu, todėl vieni iš autorių kaip Endrigo Sordan, Andersson, Antony, Loper Primenta ir Oprime (2024) akcentuoja, kad dirbtinis intelektas gali veikti kaip „LEAN akceleratorius“, automatizuodamas vertės srauto analizę, atliekų identifikavimą ar net *Kaizen* ciklą valdymą, tokiu būdu ženkliai sutrumpindamas problemų sprendimo laiką.

Struktūros ir aiškių starteginių gairių nebuvimas, diegiant naujoves bei inovacijas, integracija gali tapti neefektyvi, o jos nauda – neapibrėžta (Qureshi, Mewada, Buniya ir Qureshi, 2023). Autoriai empiriškai analizavo LEAN kritinius sėkmės veiksnius mažose ir vidutinėse gamybos įmonėse. Nustatyta, kad poreikis kyla ne tik iš technologinio ar efektyvumo siekio, bet ir iš būtinybės struktūruoti integracijos procesą. Pažymima, kad būtina išgryninti veiksnius, susijusius su darbuotojų kompetencijomis, vadovybės įsipareigojimu, kultūriniu atvirumu pokyčiams bei skaitmeninių duomenų valdymu. Kitas svarbus integracijos poreikio aspektas yra vertybių bei kultūros susidūrimas (Margherita ir Braccini, 2024). Šaltiny analizuojant Italijos įmonių praktinę patirtį argumentuojama, kad LEAN remiasi efektyviu žmogaus veiklos įgalinimu, o skaitmeninės technologijos dažnai iškelia automatizaciją ir kontrolę virš darbuotojo sprendimų. Nepaisant to, organizacijos yra priverstos jungti šiuos požiūrius ir kurti įsitraukimo strategiją dėl kultūrinės adaptacijos, nes pasak autorių įmonės dažnai patiria rinkos spaudimą, tačiau ši integracija privalo būti svariai pagrįsta socialiniu ir organizaciniu parengimu. Taip pat dėl darbuotojų vaidmens transformacijos – technologijos suteikia naujas galimybes ir darbuotojai tampa technologijų naudotojais ir sprendimų dalyviais, kas reikalauja naujo darbo dizaino. Skirtingų kultūrų bei struktūrų subalansavimo poreikį pastebi ir Vicente, Godina ir Gabriel (2024). Autorė teigia, kad LEAN grindžiamos sistemos orientuotos į žmogiškuosius

išteklius, procesų stabilumą ir aiškią atsakomybę, o *Pramonės 4.0* technologijos dažnai įterpia papildomą sudėtingumo lygmenį, reikalaujantį naujų kompetencijų bei mąstysenos pokyčių. Galima daryti išvadą, jog integracijos poreikis kyla ne tik dėl siekiamo efektyvumo ar našumo, bet ir dėl būtinybės atsinaujinti organizacijai, kad ji išliktų konkurencinga skaitmeninėje ekonomikoje. Visgi, kaip pabrėžiama daugely šaltinių, vis dar trūksta aiškiai išvystytų integracijos modelių bei gairių, o teoriniai tyrimai dažnai nesuteikia įmonėms pakankamų įžvalgų praktinei integracijai įgyvendinti.

1.2. LEAN sistemų bei skaitmeninių inovacijų integracijos rizikos įmonių veikloje

Problemos, kurios gali kilti įmonių veikloje empiriniais tyrimais apžvelgia šaltiniai, kuriuose yra nagrinėjamas galimas poveikis įmonių veiklos elementuose, jau atlikus taupųjų metodų bei skaitmenizavimosi integracijos procesus. Nepaisant literatūroje pabrėžiamos sinergijos tarp LEAN metodų ir *Pramonės 4.0* technologijų, jų integracija realioje verslo aplinkoje dažnai kelia daug rizikų, kurios gali turėti neigiamų padarinių įmonės veiklos efektyvumui ir stabilumui bei pačių darbuotojų veiklai. Vienas pagrindinių iššūkių kyla iš fundamentalių šių dviejų sistemų skirtumų: LEAN metodika remiasi paprastumu, standartizacija, decentralizuotu sprendimų priėmimu ir darbuotojų įgalinimu, o skaitmeninės technologijos – sudėtingumu, dideliais duomenų kiekiais, centralizuotu valdymu ir automatizacija (Johansson, Bruch, Chrurumalla, Osterman ir Stalberg, 2024). Autoriai teigia, kad šis skirtumas sukelia organizacines įtampas – paradoksus, kurais išreiškiamas nesuderinamumas tarp LEAN kultūros ir skaitmeninių inovacijų reikalavimų. Pavyzdžiui, kai organizacija stengiasi išlaikyti LEAN pagrindu veikiančių komandų autonomiją, tačiau kartu diegia centralizuotą duomenų analizės sistemą, gali kilti „priklausymo“ paradoksas – darbuotojai ima jausti atotrūkį nuo sprendimų priėmimo centro, silpnėja įsitraukimas ir atsakomybės jausmas. Autorė išsamiai išnagrinėjo šią problematiką ir pateikė keturių paradoksų – veiklos, organizavimo, mokymosi ir priklausymo – modelį, kuriuo aiškinamos esminės prieštaros tarp LEAN decentralizacijos ir skaitmeninių sistemų centralizacijos. Jie parodė, kad kai organizacija taiko automatizuotas kokybės kontrolės sistemas, ji gali radikaliai sumažinti darbuotojų įsitraukimą į procesų tobulinimą – taip silpninant LEAN filosofijos tikslus. Dieste ir kt. (2022) papildomai pabrėžia, kad šios įtampos nėra laikinos ar vienkartinės – jos tampa „paradoksinėmis įtampomis“, kurių neišsprendus įmonės rizikuoja patirti „organizacinį driftą“, t. y. nuokrypį nuo tikslų, kai viena sistema silpnina kitą.

Rizikų identifikavimas ypač ryškus Holmemo ir kt. (2021) tyrime, kur aprašoma, kad IT sprendimai dažnai plėtojami atskirai nuo LEAN iniciatyvų. Dėl to, atsiranda koordinavimo spragos, silpnėja darbuotojų pasitikėjimas sistema, o naujai diegiamos priemonės tampa menkai naudojamos praktikoje. Jie taip pat pastebi, kad jei IT sistemos kuriamos be gamybos darbuotojų įsitraukimo, jos dažnai neatitinka realių gamybinės aplinkos poreikių, o tai kelia riziką investicijų neatsiperkamumui. Vicente ir kt. (2024) analizuoja šią problemą iš darbuotojų psichosocialinės perspektyvos: kai technologijos pakeičia žmogų, o ne jį sustiprina, atsiranda technologinis stresas, baimė dėl darbo vietų ir pasipriešinimas inovacijoms. Ši rizika ypač aktuali įmonėse, kuriose LEAN kultūra stipri, o darbuotojai pasiskirstę su savo procesais ir rolėmis.

Galeazzo, Furlan, Tosetto ir Vinelli (2024) Italijos įmonių atvejuose aiškiai nurodo, kad skaitmeninių inovacijų integracija be aiškos komunikacijos ir įtraukimo strategijos dažnai veda į vertybinį konfliktą. Jie teigia, kad integracija neįsitvirtina be darbuotojo įgalinimo kultūros. Tai reiškia, kad integracijos metu gali būti pažeista darbuotojų tapatybė, jų kontrolės jausmas ar net profesinis pasitenkinimas, o tai neigiamai veikia visos sistemos efektyvumą. Schulze ir Dallasega (2023) tyrė

inžinerinės gamybos įmonės, identifikuavo net septynias skirtingas LEAN kliūčių kategorijas: organizacinę, vadybinę, žinių, kultūrinę, klientų, finansinę ir išorinę. Jie įrodė, kad LEAN diegimas be aiškios skaitmeninių priemonių adaptacijos strategijos dažnai sustoja arba tampa formaliu procesu.

Nepaisant to, kad LEAN ir skaitmeninės inovacijos gali veikti sinergiškai, jų integracija organizacijose kelia reikšmingas rizikas, kurios dažnai yra nenumatytos arba nepakankamai įvertintos. LEAN grindžiamas decentralizuotomis sprendimų priėmimo struktūromis, darbuotojų įgalinimu, paprastumu bei lankstumu, o skaitmeninės technologijos – ypač dirbtinis intelektas, automatizuoti sprendimų priėmimo modeliai ir centralizuotos duomenų valdymo sistemos – įneša struktūrinio sudėtingumo, abstrakcijos bei kontrolės, kurie gali kelti įtampą su LEAN principais. Johansson ir kt. (2024) tyrime identifikuojamos keturios paradoksų kategorijos – veiklos, organizavimo, mokymosi ir priklausymo – kurios iškyla, kai LEAN ir skaitmeninės technologijos bando egzistuoti toje pačioje aplinkoje. Pavyzdžiui, kai organizacija įdiegia išmaniąją sistemą, centralizuotai kontroliuojančią kokybės rodiklius, bet kartu tikisi, kad darbo komandos išlaikys iniciatyvą ir savarankiškumą – kyla nesuderinamumas tarp kontrolės ir įgalinimo. Be to, Holmemo ir kt. (2021) atvejo analizė rodo, kad kai IT sistemos vystomos centralizuotai, o taupieji tobulinimo procesai vyksta decentralizuotai, tarp šių dviejų linijų atsiranda atskirtis, kuri lemia silpną sistemos atitikimą realiems poreikiams, darbuotojų motyvacijos kritimą ir sistemos naudojimo mažėjimą. Rizika taip pat kyla tuomet, kai diegiamos skaitmeninės priemonės neatsižvelgia į tai, kaip darbuotojai mokosi, dalyvauja sprendimuose ir prisideda prie procesų tobulinimo. Tokiu atveju, skaitmeniniai sprendimai tampa ne LEAN papildymu, o barjeru. Kaip pažymi Vicente ir kt. (2024), kai diegiamas DI ar kiti automatizavimo sprendimai be aiškaus darbuotojų įtraukimo, jie gali sukelti darbo prasmės praradimą, atsakomybės išskaidymą ir pasipriešinimą pokyčiams.

Dar viena rizikos dimensija yra susijusi su kultūrine adaptacija. Skaitmeninimas dažnai reikalauja naujų kompetencijų, sisteminio mąstymo ir gebėjimo naudotis duomenimis sprendimų priėmimo. Tuo tarpu LEAN istorinis pagrindas remiasi žinių dalinimusi bei mokymuisi iš patirties. Jei šios paradigmos nėra suderinamos – kyla rizika, kad technologija bus atmetama arba taps formaliu, bet neaktyviu procesu. Tai ypač ryšku industrijoje, kur darbuotojų įgūdžiai orientuoti į praktinį veikimą, o skaitmeniniai sprendimai reikalauja abstrakčių analitinių gebėjimų. Todėl skaitmeninių inovacijų diegimas be atitinkamo mokymosi mechanizmo gali lemti technologijų nepanaudojimą arba jų integraciją, kuri iš esmės prieštarauja LEAN koncepcijom.

Galima išskirti bendrus integracijos rizikos veiksnius analizuotuose šaltiniuose:

1. filosofinis prieštaravimas tarp decentralizuoto LEAN ir centralizuoto skaitmeninio valdymo;
2. darbuotojų pasipriešinimas ar kompetencijų trūkumas;
3. technologijų vystymas be sisteminio požiūrio;
4. kultūriniai konfliktai tarp kontrolės ir įgalinimo.

Šios rizikos rodo, kad norint pasiekti sėkmingą LEAN ir skaitmeninių inovacijų integraciją įmonės veiklai optimizuoti, būtina strategiškai planuoti jų sinergiją, įtraukti visas organizacijos grandis, darbuotojų lygmenis ir kurti sąveikias sistemas, kurios stiprintų įmonės poziciją konkurencingoje aplinkoje.

Apžvelgus mokslinėje literatūroje keliamas problemas galima išskirti kelis konceptualius tyrimo klausimus, kurie suteiks pagrindą tolimesnei tyrimo eigai bei teorinių sprendinių ieškojimui bei pateikimui:

- **Tyrimo klausimas nr. 1 (TK₁).** Kokie iššūkiai kyla integruojant LEAN metodus skaitmeniniuose įrankiuose organizacijoje?
- **Tyrimo klausimas nr. 2 (TK₂).** Kokie iššūkiai kyla integruojant skaitmeninius įrankius LEAN metoduose organizacijoje?
- **Tyrimo klausimas nr. 3 (TK₃).** Kokie yra veiksniai lemiantys sėkmingą integraciją, apeinant iššūkius organizacijoje?

2. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių teoriniai sprendiniai

2.1. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos samprata

Organizacijoms susiduriant su didėjančiu spaudimu gerinti efektyvumą ir prisitaikymą prie rinkos pokyčių, mokslininkai ir praktikai tiria, kaip LEAN principai ir skaitmenizacijos sinergija siekia išlaikyti veiklos optimalumą (Kakouris, Athanasiadis, Sfakianaki, 2025). Šiuo metu didelės apimties mokslinių tyrimų nėra, ypač kas liečia taupųjų metodų integraciją su skaitmeniniais sprendimais (Narula ir kt., 2023). Išskiriamos kelios tyrimų spragos, kurios yra mažai ištirtos:

- Tyrimai, kuriuose nagrinėjamas skaitmenizacijos ir LEAN poveikis trūksta išsamumo, nes validumas apribotas;
- Skaitmeninių technologijų prioritizavimas LEAN kontekste vertinamas siaurai;
- Tinkamų gairių arba sistemos modelių, skirto LEAN metodų vertinimui skaitmenizacijos pokyčių kontekste, trūkumas;
- Empirinių analizių trūkumas LEAN metodų bei skaitmenizacijos integracijos kontekste.

Apžvelgus keletą šaltinių, kuriuose nagrinėjami integracijos sprendiniai galima išskirti dvi tyrimų perspektyvas:

1. LEAN yra skaitmeninės transformacijos pagrindas. Taupymo principai pabrėžia procesų stabilumą, perteklinių procesų eliminavimą, srautų optimizavimą ir problemų sprendimą, kurie sukuria būtinas sąlygas prasmingam skaitmeninimui (Cifone, Hoberg, Holweg ir Staudacher, 2021). Šiuo požiūriu organizacijos, turinčios tvarų taupymo diegimą, yra geriau pasirengusios išnaudoti 4-osios pramonės revoliucijos technologijas, tokias kaip daiktų internetas, kibernetinės-fizinės sistemos bei realaus laiko analizės mechanizmus. LEAN neveikia kaip griežta prielaida, o veikia kaip akseleratorius, didinantis skaitmeninių įrankių naudą, užtikrinant kontroliuojamus procesus ir aiškius vertės srautus. Pabrėžiamas principas – „pirmiausia taupymas, tada automatizavimas“, įvardinus riziką, kad nestabilių ar neefektyvių procesų skaitmeninimas tiesiog padidina esamą neefektyvumą (Narula ir kt., 2023). LEAN principai supaprastina skaitmeniniams projektams reikalingų duomenų rinkimą, nes optimizuojami procesai, o tai gali reikšmingai sutrumpinti skaitmeninių sprendimų integravimo trukmę, jie taip pat užtikrina nuolatinį dėmesį klientų vertei ir švaistymų šalinimui, o tai palengvina technologijų, kurios prisideda prie šių tikslų siekimo, identifikavimą (Lorenz ir kt., 2019).
2. *Pramonė 4.0* arba skaitmenizacija yra esminis veiksnys, išplečiantis tradicinio LEAN galimybes. Rinkos vis labiau reikalauja produktų įvairovės, personalizavimo ir trumpesnio pristatymo laiko, vien LEAN įrankių gali nepakakti konkurencingumui išlaikyti. Skaitmeninės technologijos užtikrina geresnį matomumą, pritaikomumą, decentralizaciją ir informacijos srautą – galimybes, padedančias LEAN praktikai vystytis už pradinio į gamybą orientuoto konteksto ribų (Cifone ir kt., 2021). Realaus laiko duomenys, išmanusis automatizavimas, sąveikumas ir nuspėjamoji analizė leidžia efektyviau veikti tokiais LEAN principais kaip „just-in-time“, *Kanban*, *5S*, nuolatinis tobulinimas ir kitais nepastovių sąlygų aplinkoje (Chivukula ir Pattanaik, 2024).

Naujausi tyrimai vis dažniau apibūdina LEAN ir skaitmenines technologijas kaip viena kitą stiprinančias paradigmas, o ne konkuruojančias tarpusavy. Tyrimai rodo, kaip daiktų internetas, didžiųjų duomenų analizė, kibernetinės-fizinės sistemos ir industrinė automatika palaiko LEAN principus, tokius kaip *Kanban*, *Andon*, vertės srauto žemėlapių sudarymą ir „just-in-time“ planavimus (1 lentelė).

1 lentelė. Skaitmeninių technologijų diegimas taupiojoje gamyboje (Moraes ir kt., 2023)

Skaitmeniniai sprendimai	Kibernetinės sistemos	Ryšys ir komunikacija	Duomenų analizė	Industrinė automatika	Administravimo procesų automatizavimas	Modeliavimas ir papildyta realybė
LEAN metodai						
Vertės srauto žemėlapiai	X	X	X	X	X	X
<i>Kanban</i>	X	X	X		X	X
<i>5s</i>		X	X		X	X
„Just In Time“	X	X		X	X	
„Poka Yoke“	X		X		X	X
<i>Andon</i>	X	X	X		X	X
<i>Kaizen</i>	X	X	X	X	X	X
„Pull flow“	X	X	X	X		X

Pasak Moraes, Carvalho ir Sampaio (2023) literatūrinėje apžvalgoje tirtos 53 mokslinės publikacijos, kuriose nagrinėti LEAN praktikų bei išmanųjų technologijų deriniai. Lentelėje matyti rezultatai, kurie apžvelgia taupųjų metodų naudojimą kartu su skaitmeninėmis technologijomis. Ypatingai dažnas taupųjų metodų panaudojimas pastebėtas duomenų analizės, industrinių procesų modeliavimo bei administravimo procesų automatizavimo srityse.

Taip pat pagal Hossain ir Purdy (2024) tyrimo rezultatus labiausiai naudojami LEAN konceptai gamybinėse, pramonės sektoriaus įmonėse pagal vykdytą kiekybinę apklausą buvo nuolatinis tobulinimas, *5S*, *Kanban*, *PDCA* bei vertės srautų žemėlapiai, o labiausiai sutinkamos išmaniosios sistemos yra daiktų internetas, duomenų analitikos įrankiai, imitacinis modeliavimas bei debesų kompiuterija. Dažniausiai sutinkami integracijos deriniai yra realaus laiko duomenys nuolatiniam srautui užtikrinti, daiktų interneto integracija palaikant duomenų mainus tarp gamybos ir kitų skyrių, tobulėjimo galimybė darbuotojams, pasitelkiant mobiliąsias aplikacijas didelės apimties duomenų analizei.

2.2. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos kritiniai sėkmės veiksniai

Nepaisant didėjančio tyrėjų susidomėjimo šia tema (1 pav.), integracijos koncepcija vis dar vystosi, didžiojoje dalyje apžvelgtų mokslinių publikacijų daugiausia dėmesio skiriama LEAN principų arba skaitmeninių įrankių sistemoms, teoriniams mechanizms bei elementams, kurie palaiko šių dviejų paradigmų integraciją (Marinelli, Deshmukh, Janardhanan ir Nielsen, 2021). Tačiau daugelyje šaltinių yra ignoruojami tokie įmonės veiklos elementai kaip žmonių prisitaikymas, pasipriešinimas, kultūrinė strategija bei lyderystė (Chivukula ir Pattanaik, 2024; Moraes ir kt., 2023).

Naujų iniciatyvų, pavyzdžiui, LEAN metodų bei skaitmeninių procesų integracijos sėkmė priklauso nuo faktorių, vadinamų kritiniais sėkmės veiksniais (toliau – *KSV*) (Kakouris ir kt., 2025). *KSV* apibūdinami kaip esminiai organizaciniai veiksmai, reikalingi sėkmei ir konkurencingumui užtikrinti, palaikant organizacijos pokyčių procesus. Alhuraish, Robledo ir Kobi (2017) paskelbė tyrimą, apželgiantį *KSV* diegiant taupųjį valdymą, kurie nagrinėja įvairius *KSV* aspektus taupiojo valdymo kontekste. Pabrėžiami veiksniai, skatinantys efektyvų diegimą: aukščiausios vadovybės

įsipareigojimas ir palaikymas, komunikacija, švietimas ir mokymai bei gerai suplanuoti oficialūs procesai. Nors kai kurie šaltiniai teigia, jog kritiniai sėkmės veiksniai ir įgyvendinimo kriterijai tebėra nepakankamai išplėtoti (Narula ir kt., 2023), daugelyje mokslinių publikacijų egzistuoja nuoseklūs įrodymai, kad integracijos procesas laikomas svarbiu įmonės veiklai bei operaciniam sprendimų priėmimui (Kakouris ir kt., 2025).

Remiantis (Bueno ir kt., 2023) struktūrizuota literatūros apžvalga, kurioje siekiama išskirti sinergijos elementus bei barjerus, rasti šie kritiniai sėkmės veiksniai mokslinėse publikacijose:

- LEAN gamyba implementuota pirmiau skaitmenizacijos;
- Nuolatinio tobulėjimo programos;
- Su skaitmeninėmis sistemomis dirbančių darbuotojų palankumas LEAN diegimui;
- Kolektyvinė integracija tarp skirtingų funkcijų, įrankių;
- Mokymasis, žinių sisteminimas;
- Tarpfunkcinės komandos;
- Sistemų supratimas bei aplinkos veiksmų analizė;
- Prieinamumas bei pagalba.

Tyrimė teigiama, jog diegiant išmaniąsias technologijas kartu su taupiaisiais metodais *KSV* apima mąstysenos keitimą, siekiant nuolatinio tobulėjimo. Teigiama, kad įmonės turi vengti plataus technologijų diegimo neįvertinusios gamybos reikalavimų, nepakeitusios procesų bei valdymo praktikos. Kai kurie šaltiniai tyrimė teigia, jog aukštą skaitmeninės brandos lygį turinčios įmonės turi didesnę galimybę sėkmingai pasiekti LEAN procesų brandą.

Kakouris ir kt. (2025) tyrimė pasitelkus sisteminę literatūros apžvalgą atskirai vertinami *KSV* skaitmeninių technologijų poveikis verslo aplinkoje bei LEAN įrankių arba metodų *KSV* poveikis verslo aplinkoje. Toliau išrinkti bendri veiksniai, kurie yra:

- **Verslo strategija.** Sėkmingam LEAN metodų bei skaitmeninių įrankių deriniui palaikomi tokie veiksniai kaip dėmesys klientui, efektyvi gamyba, pokyčių kultūra, darbuotojų įgalinimas, strateginis lankstumas, trumpalaikės taktikos ir ilgalaikės vizijos balansas;
- **Duomenys bei komunikacija.** Tai yra *KSV*, kuris labiausiai jungia šias dvi paradigmas, nes taupieji metodai reikalauja nuolatinio bendravimo, kurį galima palengvinti pasinaudojant plačiomis duomenų rinkimo galimybėmis, kurias įgalina skaitmeninės technologijos. Šis konkretus veiksnys apima tokius elementus kaip tiesioginis bendravimas, vertikalios informacinės sistemos, atvirumas, išorinis bendravimas ir duomenų kokybė bei analizė.
- **Aukščiausia vadovybė.** Taupųjų metodų ir skaitmeninių įrankių elementai tarpusavyje glaudžiai dera, nes abu pabrėžia įsipareigojimą, aktyvų dalyvavimą ir organizacijos augimui tinkamus vadovavimo stilius. Tinkamas aukščiausiosios vadovybės įsitraukimas ir lyderystė apima aiškia, įkvepiančią viziją, atitinkančią abiejų metodų principus, tvirtą atsidavimą jiems, intelektualinio augimo skatinimą, novatoriško mąstymo palaikymą ir darbuotojų skatinimą, mentorystę, žinių kaupimą ir nuolatinį jų atnaujinimą bei strateginį suderinimą su organizacijos tikslais.

2.3. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos praktikos

Šiame poskyryje nagrinėjamos pagrindinės praktikos, leidžiančios efektyviai integruoti LEAN ir skaitmeninius įrankius arba procesus. Šios praktikos yra ne tik veiklos įrankiai, bet ir struktūrizuoti procesai įmonėse bei organizacinės elgsenos, kurios palengvina bendrą taupųjų principų ir

skaitmeninių technologijų diegimą išvengiant iššūkių. Kiekviena praktika veikia kaip mechanizmas, kuris susieja LEAN filosofiją su technologinėmis galimybėmis, sušvelnina integracijos iššūkius, tokius kaip kultūrinis pasipriešinimas, procesų nestabilumas ar sąveikumo stoka ir palaiko perėjimą nuo tradicinių taupųjų sistemų prie skaitmeniniu būdu pagrįstų LEAN aplinkų. Detaliai nagrinėjant šias praktikas atskirai siekiama pateikti pagrįstą supratimą apie tai, kaip organizacijos gali sistemingai organizuoti LEAN ir skaitmeninę integraciją. Aptiriamos praktikos – nuo LEAN ir skaitmeninės strategijos suderinimo, standartizuotų procesų ir duomenų struktūrų, į žmones orientuoto gebėjimų stiprinimo, realaus laiko veiklos valdymo, skaitmenintų srautų iki nuolatinio tobulinimo procedūrų integravimo su pažangia analitika ir kita – atspindi besikeičiantį efektyvios veiklos pobūdį skaitmeniniame amžiuje. Kiekviena praktika nagrinėjama atsižvelgiant į jos conceptualų pagrindą, aktualumą LEAN metodų ir skaitmeninei integracijai, jos veikimo mechanizmus ir validumą šiuolaikiniuose moksliniuose leidiniuose. Atlikus skirtingų taikomų praktikų integracijos kontekste mokslinių tyrimų apžvalgą, pateikiami pagrindai suprasti veiklos kelius, kuriais integracija sukuria vertę, ir paruošiamas pagrindas tolesnėms diskusijoms apie integracijos iššūkius, teorinius svetus ir laukiamus organizacijos rezultatus.

2.3.1. Skaitmeniniai dvyniai

Skaitmeniniai dvyniai (angl. *Digital Twins*) yra fizinės realios aplinkos ir jos elementų virtualizavimas į skaitmenines kopijas su dvipuse šių subjektų sąveika (Roquini, Oliveira, Bonamigo ir Martelotte., 2025; Meyer, Dotig ir Jochem, 2024). Gamybinių arba išmaniųjų procesų elementų virtualizavimas palengvina automatizavimą, rodiklių stebėjimą bei vertinimą, gedimų nustatymą bei prevenciją ir ankstyvą testavimą, taip pat duomenų valdymą bei darbo jėgos valdymą. Šios praktikos struktūra apima realaus pasaulio duomenų rinkimą, jų apdorojimą pagal algoritmus, skirtus scenarijams imituoti, rizikai įvertinti, našumui analizuoti ir dalinai sąveikauti su gamyba, teikiant gaires vartotojui, kokių pagrįstų veiksmų imtis. Skaitmeniniai dvyniai taip pat gali visiškai sąveikauti su gamyba per elektronines sistemas arba robotinius objektus, kad atliktų automatinis koregavimus (Roquini ir kt., 2025).

Kai kurie tyrimai pabrėžia, jog skaitmeniniai dvyniai yra geras LEAN nuolatinio tobulinimo paradigmos principų, automatinė technologijų bei skaitmeninimo strategijų sintezės pavyzdys. Pasak Roquini ir kt. (2025) pabrėžiama kaip skaitmeniniai dvyniai gali būti LEAN praktikų įgalintojai, automatizuojant realaus laiko duomenų rinkimą ir analizę. Papildant duomenų standartizavimo bei darbuotojų pasirengimo principus. Tyrime pastebimas ryšys tarp skaitmeninių dvynių ir organizacinių veiksnių tokių kaip technologinės brandos, darbuotojų prisitaikymas pramoninėje aplinkoje. Taupųjų metodų bei skaitmenizacijos sinergijos principas užtikrina sklandų bei veikiantį skaitmeninių dvynių integracijos procesą, įgalinant žmones dirbti kartu su mašinomis, įrangos efektyvumo rodiklių stebėseną bei analizę siejant su operatorių, darbuotojų autonomija bei automatizuotų sistemų veikimu, siekiant galutinio efektyvumo.

LEAN metodai, palaikomi technologinių įrankių skaitmeninio dvynio kontekste (Meyer ir kt., 2024):

- **Vertės srautas** – duomenys turi būti optimaliai surinkti bei sisteminami, pasitelkus išmaniuosius jutiklius, lustus, kompiuterius sėkmingai kopijai gauti;
- **Tėkmės (angl. „Flow“) metodas** – skaitmeninio dvynio principas padeda identifikuoti kliūtis, sumažinti laukimo laiką, išvengti sutrikimų ir užkirsti kelią prastovoms, pasitelkus nuolatinio duomenų perdavimo, stebėjimo bei prognozavimo sąsajas;

- **Traukos (angl. „Pull“) metodas** – dėl prognozuojamo modelio įveiklinimo galima vertinti gamybos atsargas realiu laiku, palaiko decentralizuotą kontrolę visoje vertės grandinėje;
- **Nuolatinis tobulinimas** – dėka skaitmeninio dvynio galima identifikuoti silpnas proceso vietas ir įvertinti galimybes modeliuojant skirtingais veiklos parametrais.

2.3.2. Tarpfunkcinės komandos

Nors daugelyje praktikų pirmiausia sutinkami technologinis pasirengimas, veiklos kliūtys bei realizacijos iššūkiai LEAN praktikų bei skaitmeninių technologijų kontekste, kai kuri teorinė literatūra vertina, jog kliūtys, tokios kaip darbuotojų įgūdžių stoka, pasipriešinimas pokyčiams ir nepakankama strateginė integracija stiprėja, kai tobulinimo ir technologijų funkcijos veikia atskirai (Rajak ir kt. 2025). Sėkminga integracija priklauso nuo organizacijos gebėjimo įveikinti darbuotojų patirtį skirtingose funkcijose. Tai svarbu, nes LEAN transformacija tradiciškai orientuota į procesų optimizavimą, srautų koordinavimą ir bendradarbiavimą problemų sprendime, o skaitmeninė transformacija diegia duomenimis pagrįstą sprendimų priėmimą, technologinę infrastruktūrą ir naujas sistemų architektūras. Todėl šių dviejų paradigmų sankirta savaime reikalauja koordinuotų įvairių kompetencijų darbuotojų pastangų. Pavyzdžiui, koordinuotas visų organizacinių padalinių pastangos, siekiant išspręsti technologinio ir procesų suderinamumo, integracijos planavimo klausimus, bendradarbiaujant IT, operacijų ir tobulinimo komandoms gali duoti pamatus sėkmingai integracijai.

Šios įžvalgos atitinka social-techninių sistemų teoriją, kurioje teigiama, kad organizacijos, norėdamos pasiekti aukštus rezultatus, turi bendrai optimizuoti savo socialines ir technines posistemes (Pasmore, 1995). Šiuolaikiniai skaitmenizacijos organizacijose tyrimai remiasi šiuo principu, pabrėždami, kad skaitmeninės technologijos iš esmės keičia darbo struktūras, sprendimų priėmimo procesus ir kompetencijų reikalavimus. Be tarpfunkcinio koordinavimo įmonės rizikuoja nesuderinamumu tarp technologinių galimybių ir organizacinės rutinos, kurias fundamentaliai kuria LEAN. Todėl tarpfunkcinės komandos veikia kaip integracinis mechanizmas, leidžiantis įvairių sričių darbuotojams kolektyviai interpretuoti skaitmeninius duomenis, tobulinti procesus ir užtikrinti suderinamumą tarp LEAN praktikų ir technologinės infrastruktūros.

2.3.3. Gebėjimų ugdymas ir mokymai

LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų sinergijai reikalingi organizaciniai gebėjimai, kurie pranoksta tradicinius su LEAN diegimu susijusius įgūdžius. Organizacijoms pereinant į skaitmeninę aplinką, mokymai ir gebėjimų ugdymas tampa esminėmis praktikomis, leidžiančiomis darbuotojams suprasti, naudoti ir optimizuoti skaitmeniniu būdu patobulintus LEAN įrankius. Akademiniame literatūroje vis labiau pabrėžiama, kad vien technologijų diegimas negali pagerinti veiklos rezultatų, jei organizacijos nariai nėra pasirengę interpretuoti skaitmeninės informacijos, sąveikauti su skaitmeninėmis platformomis ir duomenimis pagrįstų įžvalgų paversti LEAN sprendimų priėmimo praktikomis.

Išskiriamos kelios praktikos sėkmingai integracijai gebėjimų ugdymo kontekste:

1. LEAN kompetencijų plėtra skaitmeninėje aplinkoje. Perėjimas nuo įprastų taupųjų principų prie skaitmeniniu būdu palaikomų LEAN praktikų reikalauja, kad darbuotojai įgytų hibridinių kompetencijų, kurios derintų LEAN žinias su skaitmeniniu raštingumu. (Rossi et al., 2022). Daugelis tradicinių LEAN įrankių, tokių kaip vertės srautų žemėlapių sudarymas, vizualinis valdymas, 5S ir standartizuotas darbas vis labiau skaitmeninami naudojant automatizuotą duomenų rinkimą, stebėjimą realiuoju laiku bei integruotas vizualizacijos sistemas. Autoriai

teigia, kad šioms įrankiams tobulėjant, darbuotojai ir vadovai turi išsiugdyti naujus gebėjimus, kad galėtų juos efektyviai naudoti, įskaitant duomenų įvesties supratimą, sąveiką su skaitmeninėmis ataskaitų suvestinėmis procedūras. Nesant tinkamų mokymų, skaitmeninių LEAN įrankių diegimas gali sukelti kompleksškumą, pasipriešinimą ar netinkamą naudojimą, taip susilpnindamas tiek LEAN praktikų, tiek skaitmeninių technologijų efektyvumą. Šiuo būdu gebėjimų ugdymas yra ne tik palaikantis, bet ir transformuojantis: jis leidžia darbuotojams iš naujo interpretuoti tradicinius LEAN principus skaitmeniniame kontekste, užtikrinant, kad pagrindiniai švaistymo eliminavimo, srautų optimizavimo ir nuolatinio tobulinimo tikslai išliktų pagrindiniai, net ir tada, kai įrankiai ir procesai tampa vis labiau automatizuoti ir paremti duomenimis.

2. Skaitmeninis raštingumas yra integracijos prielaida. Skaitmeninės transformacijos iniciatyvos dažnai žlunga ne dėl technologinių trūkumų, o dėl to, kad darbuotojams trūksta gebėjimų suprasti ir taikyti skaitmeninę informaciją. (Sah, Tanha, Sikder ir Habibullah, 2024). Pabrėžiama, kad Pramonės 4.0 aplinka remiasi sistemomis, kurios nuolat generuoja operacinius duomenis įvairiose mašinose, procesuose ir tiekimo grandinės funkcijose. Kad skaitmeninė ir efektyvi integracija LEAN sistemoje veiktų efektyviai, darbuotojai turi turėti įgūdžių interpretuoti šiuos duomenis, nustatyti nukrypimus ir įtraukti skaitmenines įžvalgas į LEAN tobulinimo ciklus.
3. Mokymai skatina pasipriešinimą pokyčiams bei skatina kultūrinį suderinamumą. Mokymai ir gebėjimų ugdymas taip pat atlieka pagrindinį vaidmenį sprendžiant kultūrinius ir elgesio iššūkius, susijusius su LEAN – skaitmenine transformacija. LEAN filosofija tradiciškai remiasi darbuotojų dalyvavimu, decentralizuotu problemų sprendimu ir praktiniu įsitraukimu į fizinius procesus. Skaitmeninių įrankių diegimą darbuotojai gali suvokti kaip trikdantį, keliantį grėsmę nusistovėjusiai rutinai arba mažinančią suvokiamą autonomiją. (Sah ir kt., 2024 bei Rossi et al., 2022). Pabrėžiama, kad mokymai mažina šiuos iššūkius, didindami darbuotojų pasitikėjimą skaitmeninėmis sistemomis ir parodydami, kaip skaitmeniniai įrankiai sustiprina, o ne pakeičia LEAN pagrįstus sprendimų priėmimus.
4. Tarpfunkcinio bendradarbiavimo ir sisteminio mokymosi įgalinimas. Taupiąjų metodų ir skaitmeninimui susiliejant, organizaciniai procesai tampa vis labiau tarpusavyje susiję. Todėl mokymo programos turi vystytis ne tik su užduotimis susijusių įgūdžių ugdymu, bet ir remti platesnį tarpfunkcinį mokymąsi. Apžvelgtoje LEAN įrankių literatūroje nurodoma, kad suskaitmenintos LEAN praktikos dažnai apima integruotas sistemas, tokias kaip kibernetiniai fiziniai tinklai, daiktų interneto (angl. *Internet of Things*) pagrįsta procesų stebėsena ir skaitmeninės veiklos valdymo platformos. Šios sistemos peržengia funkcinės ribas, todėl reikalingas gamybos darbuotojų, IT specialistų, inžinierių ir duomenų analitikų bendradarbiavimas. Mokymo programos, skatinančios tarpfunkcinių gebėjimų ugdymą, leidžia darbuotojams suprasti ne tik savo vaidmenį, bet ir tai, kaip skaitmeninės LEAN sistemos veikia visoje vertės grandinėje. Šis sisteminis gebėjimas pagerina suderinamumą, sumažina bendravimo kliūtis ir pagreitina problemų sprendimą tarp funkcijų.

2.3.4. Nuolatinis tobulinimas (PDCA) ir grįžamojo ryšio ciklai

Grįžamojo ryšio ciklai ir nuolatinio tobulinimo ciklai, ypač *PDCA* (angl. *Plan–Do–Check–Act*) metodologija, sudaro LEAN veiklos valdymo pagrindą ir tampa dar svarbesni, kai organizacijos integruoja skaitmenines technologijas į savo operacines sistemas. Ketvirtosios pramonės revoliucijos įrankių, tokių kaip duomenų rinkimas realiuoju laiku, skaitmeninės ataskaitų suvestinės, daiktų interneto sistema, jutikliai ir automatizuota analizė nepakeičia *PDCA*, o ją transformuoja ir stiprina

(Rossi et al., 2022). Ketvirtosios pramonės revoliucijos technologijos iš esmės praplečia *PDCA* „tikrinti“ ir „veikti“ etapus, įgalindamos nuolatinį duomenimis pagrįstą procesų veiklos patvirtinimą. Pasak autorių, skaitmeniniai įrankiai leidžia organizacijoms pereiti nuo periodinio, rankinio vertinimo prie stebėjimo realiuoju laiku, kai nukrypimai, švaistymai ar kokybės problemos nedelsiant nustatomos per skaitmeninius grįžtamojo ryšio ciklus. Tai padidina problemų identifikavimo tikslumą ir greitį, todėl *PDCA* ciklai gali vykti greičiau ir tiksliau nei tradicinės *LEAN* sistemos, kurios remiasi rankiniu duomenų surinkimu. Skaitmeninės technologijos stiprina *LEAN* grįžtamojo ryšio ciklus, generuodamos detalesnius, nuoseklesnius ir objektyvesnius duomenis, o tai sumažina neaiškumus, kurie dažnai kyla, kai tobulinimo sprendimai priklauso nuo darbuotojo sprendimų ar atsitiktinių matavimų. Kai *PDCA* ciklai yra paremti skaitmeninių duomenų srautais, organizacijos gali sistemingai patvirtinti įdiegtų atsakomųjų priemonių efektyvumą, palyginti su rezultatais prieš ir po patobulinimų bei nuolat tobulinti *LEAN* įrankius, tokius kaip vertės srauto žemėlapiai, vizualinis valdymas ir darbo standartizavimas. Tai sukuria glaudžiai susietą *LEAN* ir skaitmeninio tobulinimo sistemą, kurioje kiekvienas ciklas yra pagrįstas kiekybiškai įvertinamais, atsekamais įrodymais.

Tačiau sėkminga *PDCA* integracija su skaitmeninėmis technologijomis nėra be iššūkių. Daugelis organizacijų neišnaudoja viso skaitmeninių grįžtamojo ryšio ciklo potencialo, nes esamos tobulinimo procedūros nėra pritaikytos skaitmeninių duomenų srautams (Rajak ir kt., 2025). Identifikuotos kelios kliūtys, trukdančios kurti efektyvius *PDCA* ciklus hibridinėse *LEAN* bei *Pramonės 4.0* aplinkose, įskaitant duomenų sistemas, skaitmeninių metrikų ir *LEAN KPI* (angl. *Key Performance Indicators*) nesuderinamumą ir nepakankamą skaitmeninės informacijos integravimą į įprastinę tobulinimo veiklą. Pasak autorių, organizacijos dažnai renka didelius duomenų kiekius, tačiau neįtraukia šių įžvalgų į struktūrizuotus *PDCA* ciklus, todėl tobulinimo aplinka yra su daugybe duomenų, bet su mažai įžvalgų, o skaitmeniniai įrankiai generuoja informaciją, kuri nevirsta praktiniu mokymusi. Šis atotrūkis silpnina „tikrinti“ etapą, kuriame būtinas tikslus vertinimas, ir neleidžia „veikti“ etapui atlikti tikslių, įrodymais pagrįstų taisomųjų veiksmų.

2.3.5. Vizualinis valdymas ir skaitmeninės ataskaitų suvestinės

Skaitmeninės technologijos vis labiau keičia tradicines *LEAN* priemones, įskaitant vizualinį valdymą, sudarydamos sąlygas įgalinti informacijos srautą realiuoju laiku bei pasiekti didesnę veiklos skaidrumą. Literatūros apžvalgoje apie taupiuosius metodus pabrėžiama, kad daugelis pagrindinių *LEAN* praktikų, istoriškai pagrįstų fizinėmis lentomis, rankiniais indikatoriais ir vizualiniais ženklais, palaipsniui pereina prie skaitmeninių formatų, tokių kaip ataskaitų suvestinės, automatizuoti ekranai ir jutikliais valdomos vizualizacijos sistemos, kurios leidžia greičiau aptikti nukrypimus ir tiksliau priimti sprendimus *Pramonės 4.0* aplinkoje (Rossi et al., 2022). Skaitmeninimas stiprina *LEAN* vizualinį valdymą, sudarydamas sąlygas nuolatiniam duomenų rinkimui, geresniam procesų stebėjimui ir pagrindinių veiklos rodiklių integravimui į centralizuotas vizualines platformas, taip palaikydamos didesnę reagavimą ir suderinamumą tarp fizinių operacijų ir skaitmeninių stebėjimo sistemų (Marinelli ir kt., 2021). Pavyzdžiui, užuot rankiniu būdu atnaujinusi valandinius gamybos skaičiavimus, automatizuota jutiklių sistema renka realaus laiko duomenis iš mašinų ir vizualizuoja absoliutaus našumo efektyvumą centrinėje ataskaitų suvestinėje, prieinamoje operatoriams ir vadovams. Šio tipo transformacija atspindi abejose apžvalgose aprašytą pokytį: efektyvios vizualinės valdymo priemonės keičiasi nuo statinių, rankinių sistemų prie tarpusavyje sujungtų, realaus laiko skaitmeninių ekranų, kurie palaiko greitesnį problemų sprendimą.

2.3.6. Procesų žemėlapiai ir duomenų integravimas

Procesų žemėlapių sudarymas – vienas iš fundamentalių metodų LEAN srityje – įgauna naują strateginę reikšmę, kai yra derinamas su *Pramonės 4.0* duomenų galimybėmis. Tradiciškai LEAN įrankiai, tokie kaip vertės srautų žemėlapių sudarymas, rėmėsi rankiniu stebėjimu, naudotojo indėliu ir statine dokumentacija, o tai riboja atnaujinimų dažnumą ir tikslumą (Rossi et al., 2022). Pažymima, kad skaitmeninių technologijų įtaka paverčia vertės srautų žemėlapi dinamišku, duomenimis praturtinta sistema, leidžiančią procesų žemėlapiams atspindėti realaus laiko veiklos sąlygas, o ne tik trumpalaikius kokybinius vertinimus. *Pramonės 4.0* aplinkoje jutikliai, daiktų interneto įrenginiai, kibernetinės-fizinės sistemos ir integruoti *MES* (angl. *Manufacturing Execution System*) arba *ERP* (angl. *Enterprise Resource Planning*) duomenų srautai tiesiogiai tiekiami į procesų vizualizacijas, suteikdami organizacijoms galimybę stebėti procesų ciklą laikus, mašinų panaudojimą, nebaigtų darbų lygius, klaidų dažnį ir resursų srautus žymiai tiksliau. Ši patobulinta duomenų integracija stiprina LEAN filosofiją, sumažindama subjektyvų šališkumą, paspartindama vertės nekuriančios veiklos nustatymą ir sudarydama sąlygas tikslesnei pagrindinių priežasčių diagnostikai. Įterpiant realaus laiko duomenis tokius kaip jutiklių informacija, kibernetinės-fizinės sistemos ir tarpusavyje sujungtos informacinės sistemos, procesų žemėlapiai iš statinių diagnostikos įrankių išsivysto į dinamiškus, nuolat atnaujinamus veiklos rezultatų vaizdus. Šis duomenimis pagrįstas patobulinimas padeda siekti LEAN tikslų, gerinant procesų skaidrumą, sudarant sąlygas greičiau nustatyti nuostolius ir nukrypimus bei stiprinant faktais pagrįstą sprendimų priėmimą. Be to, procesų žemėlapių sudarymo integravimas su skaitmeninėmis duomenų infrastruktūromis palengvina glaudesnius grįžtamojo ryšio ciklus ir palaiko nuolatinio tobulinimo veiklą, nes veiklos išvalgas galima stebėti ir imtis veiksmų beveik realiuoju laiku (Tortorella, CawleyVergara, Garza-Reyes ir Sawhney, 2023). Pabrėžiama, kad skaitmeninis žemėlapių sudarymas skatina tvirtesnę tarpfunkcinį suderinamumą: skirtingų departamentų komandos gali gauti bendras, naujausias išvalgas apie procesus, palengvindamos bendradarbiavimą sprendžiant problemas ir palaikydamos nuolatinio tobulinimo iniciatyvas. Įtraukdamos automatizuotus duomenų srautus į LEAN žemėlapių sudarymo praktikas, įmonės gali pereiti nuo periodinių tobulinimo programų prie nuolatinio, visoje sistemoje vykstančio optimizavimo. Procesų žemėlapių sudarymo ir skaitmeninių duomenų integravimo sinergija sudaro esminį LEAN ir skaitmeninės integracijos mechanizmą, sujungiantį tradicinį procesų optimizavimą su kylančiomis *Pramonės 4.0* galimybėmis ir sudarantį sąlygas reaguojančiam, skaidresniam ir įrodymais pagrįstam operacijų valdymui.

2.3.7. Standartizuota dokumentacija ir duomenys

Duomenų bei dokumentacijos standartizavimas yra vienas pagrindinių veiksmų sėkmingai LEAN metodų bei skaitmeninių technologijų integracijai, nes abi paradigmos priklauso nuo operacinės informacijos tikslumo, nuoseklumo ir patikimumo. LEAN sistemose standartizacija suteikia pagrindą stabilumui, pasikartojamumui ir švaistymų mažinimui, o *Pramonės 4.0* aplinkoje standartizuoti duomenys užtikrina, kad skaitmeninės technologijos, tokios kaip daiktų internetas, jutikliai, *MES* sistemos ir analizės platformos, gali efektyviai veikti įvairiuose procesuose ir įrangoje. Duomenų struktūrų, dokumentacijos formatų ir informacijos srautų nenuoseklumas yra viena iš pagrindinių kliūčių, trukdančių sėkmingai įdiegti skaitmeniniu būdu pagrįstas LEAN praktikas (Rajak ir kt., 2025). Autoriai teigia, kad be standartizuotų duomenų rinkinių ir aiškiai dokumentuotų procedūrų skaitmeniniai įrankiai negali palaikyti taupiąjų tikslų, tokių kaip veiklos stebėjimas realiuoju laiku, pagrindinių priežasčių analizė (angl. *root cause analysis*) ar automatizuota sprendimų parama, nes duomenys tampa fragmentiški, nepatikimi arba nesuderinami. Tyrime taip pat pabrėžiama, kad

duomenų standartizavimas yra būtinas norint įveikti sąveikumo iššūkius. Kai skaitmeniniai elementai integruojami į *Šešių Sigma* metodikas, analitiniai rezultatai, tokie kaip defektų tendencijos, procesų pajėgumų indeksai arba ciklo laiko skirtumai, turi būti palyginami skirtingose sistemose. Standartizuotų duomenų formatų nebuvimas lemia nesuderintus *KPI*, pasikartojantį darbą ir sprendimų priėmimo vėlavimus, o tai galiausiai kenkia nuolatinio tobulėjimo kultūrai, kurios tikimasi iš LEAN principais veikiančių organizacijų. Dėl to standartizacija tampa ne tik techniniu reikalavimu, bet ir struktūriniu organizacijos mokymosi, žinių dalijimosi ir tarpfunkcinio derinimo veiksmu.

Kitų tyrimų autoriai taip pat antrina principui, kad standartizacija įvardijama kaip esminė sąlyga skaitmeniniam tradicinių taupųjų įrankių, tokių kaip vertės srauto žemėlapių sudarymas, *5S* auditai ir vizualinės valdymo lentos, tobulinimui (Rossi et al., 2022). Tyrimo apžvalga rodo, kad skaitmeniniai LEAN įrankiai labai priklauso nuo suderintų duomenų įvesties, kad galėtų sugeneruoti prasmingas realaus laiko ataskaitų suvestines, nuspėjamąją analizę ir automatizuotus įspėjimus. Pavyzdžiui, skaitmeninis vertės srauto žemėlapis gali atspindėti tikrąją operacijų būseną tik tuo atveju, jei procesų laikas, atsargų lygiai ir srautų sekos yra registruojamos vienodai. Autoriai teigia, kad dokumentacijos standartizavimas užtikrina skaidrumą ir sumažina dviprasmybes, užtikrindamas, kad skaitmeniniai procesų vaizdai tiksliai atspindėtų fizinius darbo eigą – reikalavimas, kuris tampa būtinas kiberfizinėms sistemoms ir skaitmeniniams dvyniams.

2.3.8. Rizikos ir pokyčių valdymas

Pokyčių ir rizikos valdymas yra labia svarbūs elementai integruojant LEAN metodus su skaitmeninėmis technologijomis, nes abu metodai reikalauja, kad organizacijos pritaikytų procesus, struktūras ir darbo jėgos pajėgumus prie naujų technologinių ir veiklos galimybių. Skaitmeninių įrankių integracija į tradicines LEAN praktikas, sukelia organizacinių, kultūrinių ir technologinių rizikų rinkinį, kurį reikia sistemingai valdyti siekiant užtikrinti ilgalaikę vertę (Gomaa, 2025). Autorius pabrėžia, kad perėjimas prie taupųjų metodų ir skaitmeninės integracijos yra daugiasluoksnė transformacija, reikalaujanti koordinuoto pokyčių valdymo strateginiais, veiklos ir žmogiškųjų išteklių aspektais. Taip pat pabrėžiama, kad technologiniai atnaujinimai, tokie kaip daiktų internetu pagrįsta stebėsena, kibernetinės-fizinės sistemos ir pažangi analizė, reikalauja ne tik naujų techninių kompetencijų, bet ir kultūrinės aplinkos, kuri priimtų nuolatinį eksperimentavimą, duomenimis pagrįstą sprendimų priėmimą ir besikeičiančias darbo rutinas. Todėl organizacijos turi proaktyviai valdyti riziką, susijusią su darbuotojų pasipriešinimu, skaitmeniniu kompleksiskumu ir darbo srauto iššūkiais, užtikrindamos, kad LEAN principai ir toliau būtų veiklos stabilumo gairės technologinių perėjimų metu.

Rizikos valdymas yra vienas pagrindinių sėkmingos LEAN ir skaitmeninių technologijų integracijos reikalavimas. Sisteminiame literatūros apžvalgoje nurodomos kelios pasikartojančios rizikos, įskaitant technologinės integracijos sutrikimus, kibernetinio saugumo problemas, skaitmeninių sistemų sąveikumo trūkumą ir neaiškumą dėl skaitmeninių investicijų grąžos (Saad, Bahadori, Bhovar ir Zhang, 2024). Ši rizika gali pakenkti LEAN našumui, sutrikdydama procesų stabilumą, apsunkindama standartinį darbą arba generuodama nenuoseklius duomenis sprendimų priėmimui. Apžvalgoje pabrėžiama, kad organizacijos, integruojančios LEAN ir skaitmeninius procesus turi taikyti struktūrizuotą rizikos vertinimo praktiką, kad numatytų sutrikimus, patvirtintų skaitmeninius įrankius prieš diegimą ir išlaikytų veiklos atsparumą. Taip pat pokyčių valdymas yra labai svarbus įveikiant socialines ir technines kliūtis, tokias kaip darbuotojų pasipriešinimas automatizavimui ir baimė dėl didesnio skaidrumo, kurį sukuria realaus laiko skaitmeninė stebėsena. Kai ignoruojama

rizika, susijusi su pasipriešinimu, įgūdžių trūkumu ar technologijų priėmimu, taupiuosius įrankius sunku taikyti, o skaitmeninės sistemos nepasiekia numatyto funkcionalumo. Ir atvirkščiai, kai pokyčių valdymas integruojamas į transformacijos projektus – pasitelkiant komunikacijos strategijas – įmonių grįžtamasis ryšys yra apie žymiai sklandesnį perėjimą nuo tradicinių LEAN sistemų prie kombinuotų architektūrų.

2.4. Teoriniai LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos principai

LEAN metodų bei skaitmeninių technologijų integracija reikalauja koordinuoto sociotechninio požiūrio, kuris susideda iš žmonių gebėjimų, skaitmeninio intelekto bei kokybės vystymosi kartu. LEAN savo filosofija užtikrina veiklos stabilumą, švaistymų eliminavimą bei tobulėjimo kultūrą. Skaitmeninės technologijos teikia realaus laiko analizę, automatizavimo galimybes. Siekiant išvengti integracijos iššūkių būtinas pagrindinių teorinių principų rinkinys. Nagrinėjant mokslinius tyrimus išskirti keli esminiai principai, kurie pabrėžia darbuotojų įgalinimo, integruoto žinių valdymo, nuolatinio tobulinimo, standartizacijos, informacijos srautų tikslumą bei kokybės ir sąveikumo veiksnius.

2.4.1. Suderinamumo principas

Technologinės investicijos, operaciniai procesai bei LEAN strateginiai tikslai turi vystytis nuosekliai šalia vienas kito, bet ne atskirai, tai užtikrina derinimo principas. Šis principas pabrėžia, jog skaitmeninė transformacija nėra įprastas techninis patobulinimas, bet orientuota į LEAN procesus bei žmones filosofija (Saad ir kt., 2024). Strateginių bei operacinių gairių neatitikimas LEAN bei skaitmeninių įrankių sandūroje yra esminė kliūtis sėkmingai integracijai. Nekoordinuotas diegimas dažnai veda prie „skaitmeniniu būdu pagreitinato švaistymo“ paradokso, kai naujos technologijos sustiprina esamus neefektyvumus, o ne pašalina, nes jos įdiegiamos į nestabilius, prastai standartizuotus procesus, kurie pažeidžia pagrindinius taupiuosius principus. Pasak Moraes ir kt. (2023) dažnai ignoruojama sociotechninių, tokių kaip darbuotojų įgalinimo, nuolatinio tobulinimo rutinų pagrindai, kurie būdami stabilūs įgalintų sėkmingą skaitmeninių technologijų integraciją.

Tyrimuose pabrėžiama esminė išvada, jog sėkmingai dviejų paradigmų integracijai reikalingas strateginis bei operacinis suderinamumas skirtinguose organizacijos lygmenyse. Strateginio lygmens suderinimas užtikrina, kad skaitmeniniai įrankiai remia ilgalaikius LEAN tikslus – srautą, stabilumą, klientų pasitikėjimą. Operacinio lygmens suderinimas reikalauja, jog taupieji metodai būtų standartizuoti bei aiškiai dokumentuoti prieš diegiant *Pramonės 4.0* įrankius. Be stabilumo išmaniosios technologijos rizikuoja į automatizuotas sistemas įtraukti nepastovumą, klaidas bei švaistymą. Iš kultūrinės perspektyvos operaciškai suderintas skaitmeninimas sustiprina LEAN principus, tokius kaip – problemų sprendimą, komandinį įsitraukimą bei atsakomybės prisiėmimą.

Moraes ir kt. (2023) teigia, kad į žmogų orientuotos filosofijos ir technologijomis pagrįstos transformacijos nesuderinamumas gali sukelti įtampas, pasipriešinimą bei sumažinti tobulėjimo galimybes, jei jis nebus sąmoningai valdomas. Taigi suderinamumas užtikrina, kad skaitmeninės technologijos išliktų pagrįstos LEAN vertybėmis, kartu sudarydami sąlygas technologinei plėtrai.

2.4.2. Laipsniško diegimo principas

Kontroliuojamas naujų pajėgumų diegimas organizacijoje etapais užtikrina sėkmingą LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integraciją. Nediegiant skaitmeninių sistemų didelio masto iniciatyvų metu, bet laipsniškai įdiegiant pagrindinius skaitmeninius pajėgumus, ištestavus bei patvirtinus jų stabilumą ir tik tada pereiti prie sudėtingesnių įrankių. Pasak Cudney (2025) pažangūs skaitmeniniai metodai, tokie kaip realaus laiko analizė, kibernetinė-fizinė stebėseną, dirbtiniu intelektu pagrįstas aptikimas ir išmanioji automatizacija, turi būti palaipsniui diegiami stabiliuose procesuose, standartizuoto darbo ir patikimų „LEAN 6 Sigma“ procedūrų pagrindu, užtikrinant, kad technologijos stiprina, o ne sutrikdo procesų našumą. „LEAN 6 Sigma“ suteikia disciplinuotą tobulinimo struktūrą – *DMAIC* ciklus, pagrindinių priežasčių analizę (ang. *Root-Cause Analysis*). Laipsniškas diegimas sumažina proceso nestabilumą, užtikrindamas, kad kiekvienas skaitmeninio diegimo etapas sustiprintų esamus „LEAN 6 Sigma“ pajėgumus. Pavyzdžiui, ankstyva kokybės integracija paprastai sutelkta į duomenų rinkimo skaitmeninimą, rankinio matavimo veiksmų automatizavimą arba jutiklių integravimą, siekiant pagerinti tikslumą ir sumažinti skirtumus „matavimo“ ir „kontrolės“ etapuose *DMAIC* procese. Tik tada, kai šie pagrindai yra stabilūs, organizacijos pereina prie pažangesnių skaitmeninių funkcijų, tokių kaip ataskaitų suvestinės, anomalijų aptikimo algoritmų arba nuspėjamosios analizės. Ši etapais vykdoma progresija užtikrina, kad tobulinimo komandos visiškai suprastų, kaip skaitmeniniai įrankiai sąveikauja su LEAN metodais, vengdamos per anksti diegti sudėtingas sistemas, kurios gali varginti operatorius papildomomis užduotimis arba iškreipti sprendimų priėmimą. Laipsniškas diegimas taip pat palaiko organizacijos mokymosi kultūrą, leidžiant komandos įsisavinti kiekvieną skaitmeninę naujovę. „LEAN 6 Sigma“ praktikuotojai lavina naujus įgūdžius – koreguoja standartines veiklos procedūras, tobulina duomenų valdymo protokolus ir atlieka validaciją, kuri parodo, kad nauji įrankiai iš tikrųjų pagerina procesų pajėgumus. Šis laipsniškas mokymosi ciklas atspindi LEAN nuolatinio tobulinimo filosofijos esmę, kur eksperimentavimas, patvirtinimas ir tobulinimas yra esminiai komponentai. Mažais žingsneliais taikydamos skaitmeninį diegimą, organizacijos sustiprina *PDCA* arba *DMAIC* tobulinimo ciklus, o ne apeina juos pernelyg sparčiais technologiniais pokyčiais. Cudney (2025) taip pat pabrėžia, kad etapinė integracija mažina operacines bei strategines rizikas. Pažangių įrankių diegimas į nestandartizuotus procesus įprastai sukuria naujų rūšių švaistymų, kaip netikslūs skaitmeniniai rezultatai ar nepatikimi duomenų šaltiniai. Laipsniškas diegimas sumažina tokią riziką, užtikrindamas, kad kiekvienas skaitmeninis modelis būtų patvirtintas stabilioje LEAN aplinkoje prieš plečiant jį į platesnes, tarpusavyje sujungtas sistemas.

2.4.3. Darbuotojų įgalinimo principas

Darbuotojų įgalinimas organizacijos procesų aplinkose yra viena iš pamatinių LEAN filosofijų, nes jie yra pirmieji, kurie gali pastebėti nereikalingus švaistymus, siūlyti savo darbo vietos optimizavimo sprendimus. Kompanijoms judant link skaitmenizuotos produkcijos šis principas tampa dar labiau kritiškai svarbus – išmaniosios technologijos didina informacijos sklaidos apimtį bei greitį, kartu įgalindama darbuotojus, kurie gali interpretuoti, pritaikyti ir naudoti šią informaciją pasiekti norimus patobulinimus.

Darbuotojų įveiklinimas turi likti centralizuotas integruojant taupiuosius metodus su skaitmeniniais įrankiais, ypač kur naujos technologijos keičia fizinius ir pažintinius reikalavimus darbo vietoje (Wang, Rhardjo, Rovira, 2022). Kombinuojant „LEAN 6 Sigma“ įrankius, kaip vertės srautų žemėlapius su skaitmeniniu simuliaciniu ir į darbuotoją orientuoti projektavimo principai leidžia

operatoriams aktyviai dalyvauti pertvarkant savo darbo procesą. Kaip tyrime pabrėžia Wang ir kt. (2022) skaitmeninė vizualizacija, ergonominis modeliavimas ir interaktyvus žemėlapių sudarymas leidžia darbuotojams nustatyti neefektyvumą, įvertinti ergonominę riziką ir kartu kurti optimizuotus darbo vietų išdėstymus. Šis įsitraukimo požiūris stiprina projekto techninę kokybę, darbuotojų atsakomybės jausmą, mažinant pasipriešinimą pokyčiams bei didinant tobulinimo tvarumą.

Darbuotojų įveiklinimas yra stiprinamas net pasitelkus itin išmanius skaitmeninius įrankius tokius kaip dirbtinis intelektas, kuris didina sprendimų priėmimo gebėjimus (Tashkinov, 2024). Pavyzdžiui, tyrime apibūdinama DI pagrįstos stebėjimo sistemos, generuojančios realaus laiko įžvalgas, susijusias su probleminėmis anomalijomis gamybiname procese, švaistymų modeliais ir įrangos būkle. Skaitmeniniu intelektu pagrįstos įžvalgos padeda operatoriams priimti savalaikius ir tikslesnius sprendimus atliekant kasdienes užduotis, tobulinant veiklą. Dirbtinis intelektas veikia kaip sprendimų palaikymo mechanizmas, suteikiantis darbuotojams galimybę anksčiau identifikuoti sutrikimus ir veiksmingiau dalyvauti pagrindinių priežasčių analizėje. Tai atitinka LEAN požiūrį į problemų sprendimo įgūdžių ugdyme, suteikiant darbuotojams galimybę aktyviai prisidėti prie sistemos stabilumo.

Darbuotojų įgalinimas nėra kultūros stiprinimas organizacijoje, o struktūrinis sėkmingos LEAN ir skaitmeninės integracijos reikalavimas. Ketvirtosios pramonės revoliucijos technologijos įneša naujų sudėtingumo, duomenų intensyvumo ir užduočių tarpusavio priklausomybės formų. Jei darbuotojai neįtraukiami į technologinį pertvarkymą arba jei skaitmeninės sistemos riboja jų autonomiją, LEAN tobulinimo kultūra silpnėja, o skaitmeniniai įrankiai rizikuoja neatitikti realių veiklos poreikių.

2.4.4. Standartizavimo principas

Standartizacijos principas yra vienas esminių užtikrinančių nuoseklią LEAN metodų integraciją su skaitmeninėmis technologijomis, nes jis suteikia stabilią procesų architektūrą, kuria remiantis technologiniai įrankiai gali efektyviai veikti. Integracijos kontekste standartizacija pabrėžiama kaip būtina sąlyga norint pasiekti nuoseklų procesų vykdymą ir nuspėjamą sistemos elgseną, o visa tai yra būtina, kad pažangūs skaitmeniniai įrankiai veiktų nesukeldami kintamumo vertės sraute. Pasak Valamede ir Akkari (2020) integracija remiasi standartizuotais LEAN įrankiais, tokiais kaip „Just In Time“, *Kanban*, vertės srautų žemėlapiams, kad sukurtų struktūrizuotus ir skaidrius gamybos procesus, kuriuos skaitmeninės technologijos, tokios kaip debesų kompiuterija, didžiųjų duomenų analizė ir virtualus modeliavimas gali papildyti stebėsena realiuoju laiku, automatizuotų sprendimų priėmimu ir gerinamu atsekamumu. Jų integracijos sistema pabrėžia, kad standartizuotos veiklos procedūros sumažina skirtumus ir įgalina integraciją tarp procesų, įrenginių ir suinteresuotųjų šalių, o tai yra vienas iš pagrindinių veiksnių reikalingų veiksmingam technologijų integravimui į taupiąsias sistemas (Moraes ir kt., 2023). Pabrėžiama, kad skaitmeninės transformacijos iniciatyvos dažnai žlunga, kai LEAN pagrindai, ypač standartizuoti procesai ir dokumentacija, yra silpnai integruoti arba nenuoseklūs, nes skaitmeninės technologijos priklauso nuo aukštos kokybės, stabilų ir struktūrizuotų duomenų įvesties, kad būtų palaikoma automatizacija, kibernetinės-fizinės sistemos ir intelektualūs sprendimų priėmimo mechanizmai. Publikacijose teigiama, kad standartizuotas darbas leidžia vertikalčiai ir horizontalčiai integracijai sklandžiai įsigalėti visoje gamyboje, užtikrinant, kad tokie technologiniai įrankiai kaip daiktų interneto sistemos, jutikliai, realaus laiko analizės platformos ir gamybos vykdymo sistemos galėtų veiksmingai padidinti švaistymų eliminavimą ir srautų efektyvumą nesukeldamos naujų procesų nestabilumo formų.

2.4.5. Nuolatinio tobulinimo principas

Viena pagrindinių LEAN filosofijų yra nuolatinio tobulinimo principas (*Kaizen*). Jo aktualumas tampa labai svarbus integruojant skaitmeninius procesus organizacijose. LEAN aplinkoje nuolatinis tobulinimas remiasi dažnu problemų identifikavimu, struktūrizuotomis problemų sprendimo praktikomis, bendru mokymusi ir laipsnišku procesų tobulinimu. Organizacijoms pradėjus diegti skaitmenines technologijas, ypač dirbtinį intelektą, realaus laiko jutiklius ir automatizuotą analizę į savo veiklą, mechanizmai, kuriais praktikuojamas *Kaizen*, vystosi tiek apimtimi, tiek savo gyliu. Todėl LEAN ir skaitmeninių metodų integravimas transformuoja nuolatinį tobulinimą iš daugiausia žmonių valdomos, periodinės veiklos į dinamiškesnę ir duomenimis praturtintą sistemą (Tashkinov, 2024). Pabrėžiama, kad ateinantys itin išmanūs sprendimai tokie kaip dirbtinio intelekto įrankiai stiprina *Kaizen* principo procesus, suteikiant greitesnę, tikslesnę reakciją sprendžiant problemas bei tobulėjimo galimybes. Dėka tokių pajėgumų, kuriuos turi dirbtinis intelektas, kaip anomalijų aptikimas ir automatinis dokumentų atpažinimas galima kurti realaus laiko įžvalgas, kurios leidžia organizacijos tobulinimo komandoms spręsti problemas, kol jos netapo reikšmingos operaciniu požiūriu. Pavyzdžiui, automatizuojant dalį *PDCA* ciklo „patikrinimo“ etapo, dirbtinis intelektas suteikia tiesioginį matomumą apie srauto, ciklo laiko, kokybės ar mašinų našumo nukrypimus. Tai pagreitina „veiksmo“ etapą, leidžiant komandoms greitai įgyvendinti koregavimus ir taip sutrumpinti nuolatinio tobulinimo ciklą. Skaitmeniniai sprendimai stiprina ir struktūrizuotus tobulinimo metodus tokius kaip *DMAIC*. Automatizuotas duomenų rinkimas ir pažangi analizė stiprina procesų matavimų tikslumą ir patikimumą, kurie yra labai svarbūs apibrėžiant tobulinimo prioritetus ir patvirtinant įdiegtų sprendimų poveikį. Pasak Cudney (2025), technologijų kokybės įrankiai įgalina „LEAN 6 Sigma“ praktikuotojus eliminuoti rankinio duomenų tvarkymo praktikas, taip pagerinant „matavimo“, „analizės“ ir „kontrolės“ etapų kokybę. Įtraukdamos skaitmeninius grįžtamojo ryšio ciklus į LEAN procedūras, organizacijos gali nuolat stebėti procesų galimybes, anksčiau aptikti klaidas ir išlaikyti ilgalaikę kontrolę atlikus patobulinimus. Šis skaitmeninis papildymas daro *Kaizen* nuoseklesnį, pritaikomesnį ir mažiau priklausomą.

2.4.6. Lankstumo bei atsparumo principas

Organizacijoms pereinant prie adaptyvesnių gamybos sistemų operacinio lankstumo bei atsparumo principas tampa vis svarbesniu jų veikloje integruojant taupiuosius metodus su išmaniais įrankiais (Moraes ir kt., 2023). LEAN galimybės kaip švaistymų mažinimas, procesų stabilizavimas bei vizualė kontrolė – sukuria organizacijos atsparumo pagrindą, leidžiantį įmonėms efektyviau reaguoti į aplinkos veiksnius bei rinkos kintamumą. Pasak Moraes ir kt. (2023) empirinio tyrimo pavyzdžio kompanijos, kurių LEAN principų brandumas buvo aukštesnis patyrė žymiai silpnesnį poveikį veiklai, krizių, tokių kaip COVID-19 pandemija atžvilgiu. Pažymima, kad lankstumas yra esminis būsimų gamybos sistemų aspektas, pažymint, kad *Pramonės 5.0* revoliucija pabrėžia atsparumą ir prisitaikymą – kartu su žmogiškuoju požiūriu – kaip esminius tvarios skaitmeninės transformacijos veiksnius, kuriuos LEAN fundamentaliai stiprina nuolatinio tobulėjimo ir struktūrizuotomis problemų sprendimo principais.

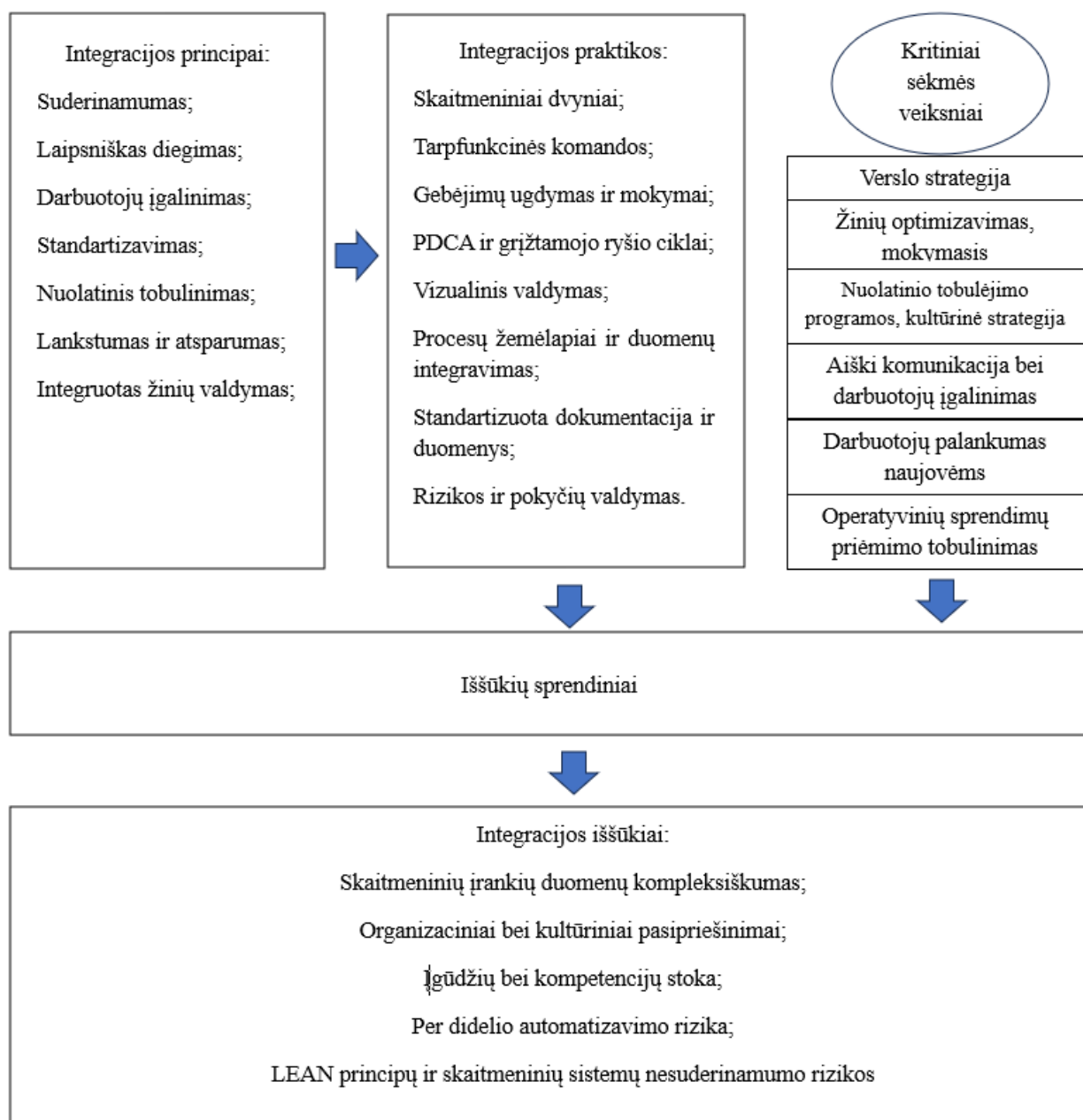
2.4.7. Integruotas žinių valdymo principas

Taupusis valdymas remiasi sistemingu žinių kūrimu – taikant standartinį darbą, problemų sprendimo rutinas, mokymus ir vizualinę komunikaciją – siekiant užtikrinti, kad operacinis mokymasis nuolat vyktų. Skaitmeninėms technologijoms įsigalint *Pramonės 4.0* aplinkoje, gamybos procesai

sudėtingėja, todėl pažangesnės, tarpusavyje susietos valdymo formos yra būtinos. Ne viename moksliniame tyrime, kaip ir anksčiau darbe yra minima, kad sėkmingai LEAN bei skaitmeninių metodų integracijai reikalingos žinios bei mokymasis darbuotojų aplinkoje, todėl organizacijos gebėjimas sujungti žmonių žinias, struktūrizuotą procedūrinę informaciją ir skaitmeninį intelektą į vientisą bei prieinamą žinių sistemą formuoja tvarų žinių valdymo paketą (Silva, Nakandala ir Yang, 2025). Longo, Nicoletti ir Padovano (2019) kaip pavyzdį pateikia į paslaugas orientuoto skaitmeninio dvynio pavyzdį. Tyrime skaitmeninis dvynys yra apibūdinamas kaip architektūra, kuri renka, analizuoja bei išduoda realaus laiko operacinius duomenis visoje organizacijoje, tokius kaip informaciją apie procesus, mašinų būklę, išteklių reikalavimus – yra įgalinamas žinių prieinamumas. Toks žinių prieinamumas yra būtinas LEAN aplinkoje, kur švaistymų identifikavimas, problemų sprendimas ir srautų stabilizavimas priklauso nuo tiesioginių ir tikslų įžvalgų apie sistemos būseną. Skaitmeninis dvynys derina realaus laiko jutiklius su dirbtiniu intelektu ir procesų išgavimo metodais, leisdamas organizacijoms išgauti gilesnių žinių apie procesų nukrypimus ir tobulinimo galimybes.

2.5. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos teorinis modelis

Remiantis apžvelgtais mokslinės literatūros tyrimais sudaromas teorinis konceptualus modelis (3 pav.), kuris formuoja teorinius svertus empiriniui tyrimui. Konceptuali sistema pateikta kaip keturių sluoksnių vertikalus modelis, kuriame kiekvienas sluoksnis daro poveikį kitam esančiam rodyklės kryptimi. Išskiriami 5 sluoksniai – integracijos praktikos, integracijos principai, iššūkiai, kritiniai sėkmės veiksniai bei iššūkių sprendiniai. Praktikos (pvz. tarpfunkcinės komandos, nuolatinis tobulinimas, rizikos ir pokyčių valdymas, procesų žemėlapiai) yra operacinė veikla, kurią organizacijos atlieka integruodamos LEAN metodus ir skaitmeninius įrankius. Šios praktikos vadovaujasi pagrindiniais integracijos principais, kurie formuoja kaip taikoma praktika. Pavyzdžiui, gebėjimų ugdymas ir mokymai kuriami vadovaujantis integruoto žinių valdymo bei darbuotojų įgalinimo principais. Principai (darbuotojų įgalinimo, lankstumo bei atsparumo ir nuolatinis tobulinimas) apibrėžia, kaip turėtų vykti integracija. Įgyvendinant principus, organizacijos susiduria su iššūkiais, kurie sustiprėja, jeigu principai nėra iki galo pritaikyti, todėl integracijos praktikos privalo vadovautis fundamentaliais principais. Pavyzdžiui, standartizuotų duomenų praktika pabrėžia duomenų fragmentacijos ir prasto sąveikumo barjerą, kurį galima išspręsti pritaikius reikiamą principą. Iššūkiai (kultūrinis pasipriešinimas, silpna standartizacija, nesuderinamumas) pateikia barjerus, kurie trukdo integracijai. Norinti pereiti šias kliūtis, reikia taikyti kritinius sėkmės veiksnius, rekomenduojamus mokslinėje literatūroje, kurie formuoja praktinius veiksnius sėkmingam sprendinių įgyvendinimui. Kritiniai sėkmės veiksniai yra sąlygos sėkmingai integracijos praktikų įgalinimui sprendžiant bei eliminuojant integracijos iššūkius. *KSV* sustiprina veiksmingą praktiką bei principus, sudardant sąlygas integracijai veikti. Pavyzdžiui, darbuotojų palankumas naujovėms leidžia praktikuoti gebėjimų ugdymą, atitinkantį darbuotojų įgalinimo principą.



3 pav. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų iššūkių konceptualus teorinis modelis (sudaryta autoriaus)

3. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių tyrimo metodologija

Įvertinus tyrimo tikslą bei objektą, empirinei analizei atlikti yra pasirinktas kokybinis tyrimas, kuris sudarytas iš pusiau struktūrizuoto interviu su pasirinktais įmonės darbuotojais. Tyrimo instrumentarius yra sudaromas pagal antrame skyriuje pateiktą teorinį modelį. Siekiama išsiaiškinti ar organizacija susiduria su teorijoje išsikeltais iššūkiais ir ar ji naudoja tvarias integracijos praktikas, įgalintas principais bei *KSV*.

Tyrimo metodas. Tyrimo pobūdis yra taikomasis praktinis, nes analizei naudojami surinkti duomenys iš realios gamybos įmonės, taip pat kokybiniame tyrime daromas interviu su pasirinktos gamybinės įmonės respondentais. Tyrimo metu tikimasi teorinių įnašų į mokslinę metodologiją, nes šiuo metu ši sritis nėra labai plačiai ištyrinėta taip pat sukurti praktinę sistemą, padedančią vadovams veiksmingai įgyvendinti LEAN metodų ir skaitmenizacijos integraciją įmonėje bei pateikti reikšmingų strateginių rekomendacijų pramonės atstovams skatinti integruotų taupijų ir skaitmeninių strategijų priėmimą ir įgyvendinimą. Įmonėje, kurioje bus atliekamas kokybinis tyrimas šiuo metu vyksta verslo procesų transformavimas LEAN principų pagrindu. Šios transformacijos metu yra labai akcentuojami valdymo, realizavimo bei skaitmeninių procesų efektyvinimas įmonės veikloje, todėl darbo patirtis šioje įmonėje reikšmingai padėjo suteikti įžvalgų kokybinio tyrimo metu.

Tirta mokslinė literatūra pabrėžia operacinių strategijų vystymą be sisteminio požiūrio, kultūrinius konfliktus, darbuotojų pasipriešinimą bei kompetencijų trūkumą. Remiantis šiais iššūkiais tyrime klausimai koduojami pasitelkiant sociotechninę perspektyvą (Zhao, 2024). Sociotechninė kodavimo perspektyva remiasi socialiniais ir techniniais veiklos rezultatais. Ši perspektyva reikalauja, kad tyrėjas koduotų duomenis atskirdamas, o vėliau susiedamas: techninius elementus (skaitmeninius įrankius, sąveikumą, duomenų sistemas), socialinius elementus (žmones, kompetencijas, įgalinimą bei pasipriešinimą) bei organizacinius elementus (kultūrą, valdymą, struktūras). Sociotechninio kodavimo metodas padeda nustatyti ne tik kokios technologijos naudojamos organizacijoje, bet kaip jos sąveikauja su darbuotojų darbo praktika, sprendimų priėmimu bei darbo rutina. Tai labai svarbu šiame tyrime, kur LEAN metodų bei skaitmeninės integracijos kontekste nesėkmės kyla dėl skaitmeninių technologijų ir žmonių pasirengimo nesuderinamumo. Šiame tyrime klausimai grupuojami išskiriant techninius integracijos įgalintojus bei barjerus, vėliau išskiriami žmogiški bei kultūriniai veiksniai kaip integracijos barjerai, kaip atskira kategorija išskiriama tarpusavio priklausomybių analizė, pvz. kaip LEAN metodai veikia skaitmeninius įrankius bei kaip išmanios sistemos veikia taupiuosius metodus. Kodų kategorijos bei klausimai pateikiami prieduose.

Duomenų rinkimo metodai. Duomenys renkami iš automatizacijos sektoriuje gerai žinomos įmonės respondentų. Įmonė turi per 5000 darbuotojų globaliai 25 pasaulio šalyse, kurie teikia gamybinius inžinerinius sprendimus logistikos įmonėm. Kompanija šiuo metu diegia LEAN procesus ir darbo optimizavimo strategijas. Tyrimo populiaciją sudaro 9 savo srities specialistai iš skirtingų realizacijos departamentų (2 lentelė).

Interviu dalyvių atranka buvo vykdoma atsižvelgiant į ilgą darbo patirtį įmonėje, žinias apie LEAN ir turimą patirtį įmonės transformacijoje, taip pat buvo siekiama apžvelgti skirtingus įmonės veiklos realizacijos departamentus, tokius kaip verslo procesų ir inovacijų, techninį – inžinerinį, žmogiškųjų išteklių – administracinį, todėl imties atrankos tipas buvo netikimybinė tikslinė (Rupšienė, 2007). Daliai interviu respondentams surasti pasitelktas sniego gniūžtės metodas, nes interviu metu pastebėta, jog respondentai nebūtinai žino LEAN transformacijos elementus, todėl pasitelkta kai

kurių pašnekovų rekomendacijomis tolimesnių interviu atrankai, siekiant gauti įvairesnius bei tikslesnius duomenis bei gauti naudingų įžvalgų iš skirtingų sričių departamentų, suprasti kaip integracija veikia atskiras įmonės sritis ir kokios problemos kyla integracijos metu.

2 lentelė. Interviu respondentų duomenys

Tyrimo respondento kodas	Respondento pareigos
T1	LEAN implementavimo ekspertas įmonėje
T2	Automatikų komandos vadovas
T3	Projektuotojų komandos vadovas
T4	Verslo procesų tobulinimo departamento vadovas
T5	Automatikos specialistas
T6	Ofiso koordinatore
T7	Mechaninės instaliacijos vadovas
T8	Skaitmeninių įrankių koordinadorius
T9	Elektroninės instaliacijos specialistas

Pusiau struktūrizuoti interviu atliekami mišriu būdu – gyvai bei „Microsoft Teams“ platformoje lietuvių arba anglų kalbomis. Vidutinė interviu trukmė – 35 min. Atliekant interviu buvo laikomasi iš anksto sudaryto interviu plano su klausimynu. Pokalbių metu, esant poreikiui, respondentams užduodami papildomi, patikslinamieji klausimai. Verta paminėti, kad kai kurie klausimai nebuvo atsakyti dėl nekompetencijos arba žinių trūkumo to klausimo atžvilgiu.

Tyrimo etika. Kadangi visi interviu buvo įrašinėjami, pasitelkiant „Screen Pal“ programinę įrangą, siekiant kaip įmanoma tiksliai susisteminti gautą informaciją, buvo laikomasi interviu etikos gairių. Tyrime respondentams prisikiriamas kodas, išlaikant jų anonimiškumą, taip pat dalyviai išsamiai supažindinami su visa tyrimo medžiaga ir tyrimo tikslu bei uždaviniais, gauta informacija iš jų nėra suasmeninama. Taip pat dalyviai turėjo laisvą valią nutraukti interviu bet kuriuo jo metu.

Tyrimo eiga

Tyrimo pasiruošimo etape sudaromas interviu klausimynas (1 priedas) pagal atliktą mokslinės literatūros analizės problematiką bei teorinius sprendinius, išsikeltus antrame skyriuje. Klausimyno pagrindas formuojamas pagal sociotechninę perspektyvą aptartą anksčiau. Klausimynas sudaromas anglų bei lietuvių kalbomis, nes siekiant gauti kuo platesnę tyrimo imtį į tyrimą įtraukiami užsienio departamentų darbuotojai. Toliau vyksta respondentų atranka, pasitelkiant aukščiau minėtus kriterijus pradedama interviu dalyvių atranka. Su respondentais yra susisiekiama gyvai įmonėje arba išsiunčiama interviu užklausa per „Microsoft Teams“ programą. Užklauso laiške patikslinama, kokių tikslu atliekamas interviu, koks bus jo turinys, tikslas, uždaviniai. Ne visi pakviesti darbuotojai sutiko atlikti interviu – 9 iš 15 pakviestų dalyvių patvirtino dalyvavimą bei tuomet buvo planuojamas interviu laikas ir vieta.

Interviu inicijuojami su kiekvienu respondentu atskirai, naudojantis „Microsoft Teams“ pokalbių platforma bei garso įrašymo sistema – „ScreenPal“. Interviu medžiaga buvo transkribuojama pasitelkiant „MeetGeek“ programą. Svarbios pokalbių citatos išskiriamos rankiniu būdu, siekiant išgryninti svarbius duomenis.

Po interviu atlikimo sekė gautų duomenų analizė. Analizuojami interviu transkriptai kokybinės turinio analizės būdu, naudojantis programa „MAXQDA“, kuri suteikia galimybę sistemingai struktūrizuoti duomenis bei grupuoti informaciją pagal interviu klausimuose išsikeltas temas bei kategorijas, kurios perteikia pagrindinius kokybinės analizės aspektus. Po analizės gautos įžvalgos yra susiteminamos bei atliekama diskusija, kurioje lyginama informacija rasta teoriniuose sprendiniuose bei gauta tyrimo metu. Vėliau pateikiamos tolimesnės rekomendacijos.

Galiausiai, išvadose glaustai pateikiami duomenų analizės rezultatai ir įžvalgos. Išvadose pabrėžiami pagrindiniai tyrimo rezultatai, atsakymai į išsikeltus uždavinius bei sprendiniai, kurie gali būti panaudoti, siekiant spręsti LEAN metodų bei skaitmenizacijos integracijos iššūkius, remiantis profesinę patirtį turinčių tyrimo dalyvių nuomone.

4. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkių tyrimo rezultatai ir diskusija

4.1. Interviu analizė rezultatai

Atlikus interviu, transkribuoti pokalbiai analizuojami pasitelkiant „MAXQDA“ kompiuterinę programą, kuri leidžia sistemingai struktūrizuoti duomenis. Duomenys suskirstyti į kategorijų grupes – kodus, kurie atspindi pagrindinius analizės aspektus, o subkodai juos detalizuoja pagal interviu metu paminėtus elementus (3 lentelė). Kodai yra sudaryti remiantis pirmame ir antrame priede pateiktais grupavimo perspektyvos grupėmis, kurių kodavimo pagrindai aptarti trečiame skyriuje. Interviu rezultatų kodų sistemų ryšiai pavaizduoti hierarchinėse kodų diagramose. Kodų hierarchinėse diagramose ryškesnės ryšių linijos rodo dažniau minima kodą arba subkodą. Išskirtos šešios pagrindinės kategorijų grupės: respondentų naudojami LEAN metodai, naudojamos skaitmeninės technologijos, jų poveikis darbo vietoje, skaitmeninių technologijų įtaka LEAN principams, LEAN metodų įtaka skaitmeniniams procesams, integracijos poveikis veikloje bei integracijos iššūkiai.

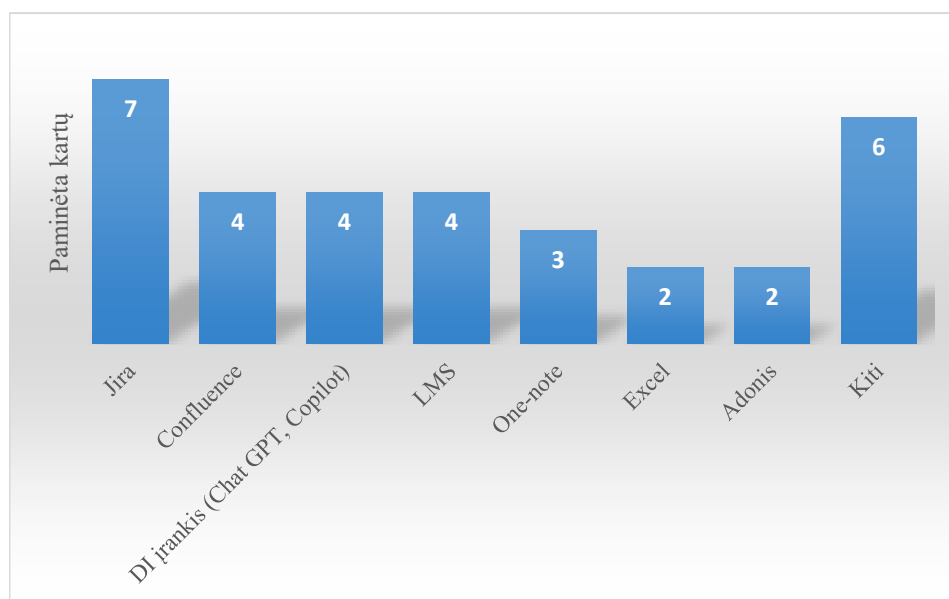
3 lentelė. Tyrimo kodų lentelė

Kodas	Subkodas
Darbuotojų prisitaikymo iššūkiai	Laiko planavimas
	Skatinimas įsitraukti
	Mokymosi procesas
Iššūkiai skaitmeninių įrankių sąsajai su LEAN	Siauras viešinimas
	Perteklinis darbo optimizavimas
	Administraciniai prisitaikymai
	Perteklinė skaitmenizacija
	Esamų įrankių optimizavimas
Įmonės prioritetai LEAN transformacijos aplinkoje	Ilgalaikiai indikatoriai
	Produktyvumo augimas ilgalaikėje kultūrinėje strategijoje
	Trumpalaikiai indikatoriai
Duomenų iš skaitmeninių sistemų panaudojimas	Kontrolės ir tobulėjimo galimybė
	Tobulėjimo įrankis
	Kontrolės įrankis
Darbuotojų autonomija LEAN ir skaitmenizacijos integracijos aplinkoje	Žmogaus asmenybės įtaka
	Neapibrėžtos galimybės
	Teigiamos galimybės
	Individualumas dėka skaitmeninio įrankio
Balansas tarp standartizacijos ir skaitmeninio lankstumo	Mokymosi ir tobulėjimo etapas
	Darbui iššūkių nekelia
	Balansas teigiamas
	Neaiškus poveikis
LEAN transformacijos poveikis sąrankai su skaitmeniniais įrankiais	-

Kompetencijos keitimas dėl LEAN pokyčių	Kompetencijos keitimas dėl mokymosi
	Kompetencijos keitimas dėl prisitaikymo
	Kompetencija nekeista
Skaitmeniniai įrankiai kuriant LEAN metodą	-
DI įtaka darbo pobūžiui	-
Tvarių darbo įpročių keitimas dėl skaitmenizacijos	Jaučiama nauda
	Auganti nauda
	Neutralus
LEAN metodai skaitmeniniuose įrankiuose	<i>Gemba</i> LEAN metodas
	„Poke-yoke“ LEAN metodas
	„Tėkmės“ LEAN metodas
	<i>Andon</i> LEAN metodas
	„Traukos“ LEAN metodas
	<i>Kanban</i> metodo palaikymas
	<i>Kaizen</i> metodo palaikymas
	<i>5S</i> metodo palaikymas
Nauji skaitmenizacijos sprendimai	-
Prisitaikymas prie lean naujovių	-
LEAN metodų įtaka darbo vietoje	-
Integracijos procesas	DI įrankio pritaikymas
	LEAN principų pasitelkimas
	Skaitmeninių įrankių pasitelkimas
Skaitmeniniai įrankiai	-

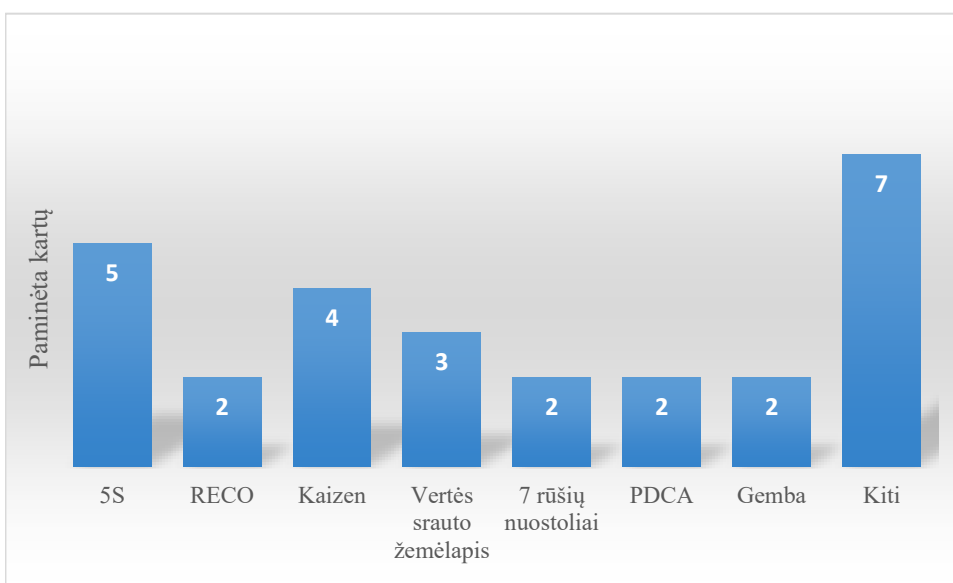
4.1.1. Organizacijos taupieji metodai bei skaitmeniniai įrankiai

Šiame poskyryje pateikiami tiriamoje organizacijoje, darbuotojų nuomone, taikomi LEAN metodai bei skaitmeniniai įrankiai bei jų integravimo pavyzdžiai. 4 paveiksle pateikti dažniausiai respondentų įmonėje naudojamos skaitmeninės technologijos. Dažniausiai paminėtas įrankis yra „Jira“, taip pat dažnai naudojami DI įrankiai. Galima daryti prielaidą, jog didžioji dalis paminėtų skaitmeninių įrankių yra duomenų analizės bei stebėsenos technologijos.



4 pav. Respondentų naudojamos skaitmeninės technologijos (sudaryta autoriaus)

Tuo tarpu interviu dalyvių dažniausiai naudojami LEAN metodai yra *5S*, *Kaizen* bei vertės srauto žemėlapiai (5 pav.). Verta paminėti, jog LEAN principų imtis atsakymuose yra gana plati ir skirtinga.



5 pav. Respondentų naudojami LEAN metodai (sudaryta autoriaus)

4 lentelėje yra pateikiami aukščiau nurodytų taupųjų metodų bei skaitmeninių įrankių integracijos pavyzdžiai iliustruojant respondentų citatomis. Citatos grupuojamos į subkodus pagal skaitmeninių įrankių arba LEAN metodų didesnę įtaką integracijoje. Atskirai išskirtas DI elementų pritaikymas integracijoje, nes jis paminėtas ne viename interviu.

4 lentelė. Lean metodai ir skaitmenizacija

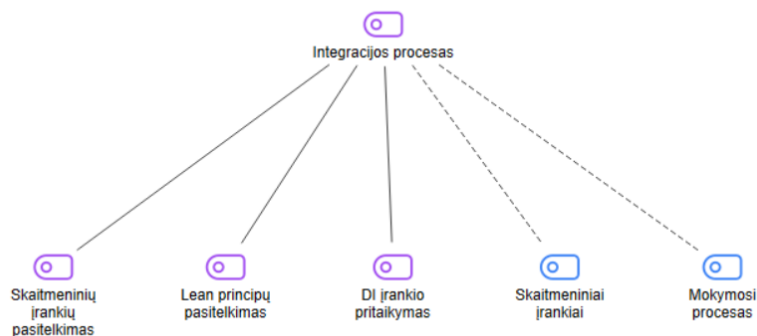
Subkodas	Interviu citata
----------	-----------------

Skaitmeninių įrankių pasitelkimas	„<.> Taip, mes dažnai naudojame „Adonis“ procesų įrašymui, kaip galbūt supratote čia, <i>GMR</i>, ir tai aš darau. Taigi visi skirtingi procesai, susiję su paleidimu, elektros instaliacija, mechaniniu montavimu, <i>PMC</i>, sistemų inžinerija, techninė įranga ir t. t., yra įrašomi „Adonis“. <.> Mes planuojame naudoti „Adonis“, kad atpažintume „taskus“ ar sunkumus, kuriuos būtų galima patobulinti, ar iškilusius sunkumus ir pan. <.> „Jira“ sistemoje turime temų saugyklą, kurioje galime talpinti visas idėjas ir viską, kad visi LEAN rato nariai galėtų ten kurti savo naujų idėjų užklausas ir jas aptarti, „Confluence“ sistemoje rizikos valdymo sistema naudojame savo kas dvi savaites vykstantiems RECO susitikimams, „LEAN RECO“ susitikimams, kuriuose aptariame punktus ir suskirstome juos į vykdomus, atliktinus, atliktus ir taip toliau.“ (T8); „<.> LMS ir „Jira“ seka tokius dalykus, taip pat sekti saito progresą juose patogiu.“ (T5); „Išmokytų pamokų procesas vyksta per „Jira“. <.> Taigi, manau, kad tai taip pat vienas iš jų – „Excel“, kuriame taip pat fiksuojame duomenis, bet tai nėra pats geriausias skaitmeninis įrankis. Atsiliepimams rinkti naudojama „Microsoft Forms“. Tada duomenys analizuojami naudojant „Copilot“, kad būtų galima juos sugrupuoti ir nustatyti tobulintinas sritis.“ (T4); Darbų paskisirstymas, skirtingų grupių kanalų formavimas per „MS Teams“ – darbo optimizavimas ir aiški sklaida, copilot naudojamas kaip papildinys sukurti LMS „exporta“ brėžiniams, tai padeda taupyti laiką.“ (T3).
Lean principų pasitelkimas	„<.> yra sukurti šablonai, kad darbas su išvardintais įrankiais būtų sklandesnis.“ (T9); „Nuolatinis tvarkos palaikymas – turint tiek skirtingų darbo sričių neišvengiamame ir daug skirtingų excelių, kurie laiko skirtingą informaciją. Visgi, nuo mano darbo pradžios daugelį excelių pavyko panaikinti kaip perteklinius, sujungti tuos, kurie laikė artimą informaciją ir pridėti formulių, kurios automatiškai apskaičiuoja informaciją, kurią anksčiau apdorodavo ranka.“ (T6); „<.> informacijos susiejimas pagerina darbo eigą, galbūt naudojant „srauto“ metodą. Naudodamiesi šiais sprendimais galite filtruoti tai, ko reikia tik jums arba darbo užduočiai.“ (T7).
DI įrankio pritaikymas	„Taigi, šiuo metu dirbame su dirbtinio intelekto agentu „Copilot“ sistemoje. Stengiamės apmokyti agentą, kad jis galėtų padėti jums taikyti visus taupymo metodus, įrankius ir mąstymą jūsų kasdiniame darbe. Pavyzdžiui, jei turite problemų arba bandote įgyvendinti „DMAIC“ projektą, galite paprašyti šio dirbtinio intelekto agento palaikymo ir pagalbos. <.> ir mes pradėjome nuo to. Mes suteikėme šiam agentui visą šią patirtį, kaip jums sakiau, kaip mąstyti šiuo moksliniu požiūriu. Mąstyti su „PDCA“ ir „DMAIC“, elgti kaip taupymo specialistas, bet taip pat ir kaip koučeris. <.> mokome visus žmones, kuriuos turime, ir bandome rasti sprendimą, kaip žmonės ateityje galėtų bendrauti su šiuo DI agentu, ugdydami visą LEAN mąstymą.“ (T1).

Respondentai interviu atsakymuose apžvelgė kelis skaitmeninius įrankius, kurie padeda laikytis LEAN metodų praktiką, pvz. „Adonis“ programa yra pasitelkiama procesų aprašymui bei sričių tobulinimo iniciatyvoms. „Jira“ naudojama kaip idėjų talpykla bei ugdymo platforma: „Išmokytų pamokų procesas vyksta per Jira“. Kai kurie respondentai naudoja LEAN metodais optimizuoti skaitmeninių įrankių sąranką – nuolatinis tvarkos palaikymas (5S elementas), šablonų sukūrimas darbui su įrankiais (standartizavimas). Pastebėta, kad dažnas respondentas paminėjo ir DI intelekto įrankius, pvz. *Chat GPT* arba *Microsoft Copilot* kaip priemonę integruoti LEAN principus kartu su išmaniomis sistemomis. Galima daryti apibendrinimą, jog didžioji dalis apklaustųjų mato skaitmeninius įrankius naudojamus įmonėje, kaip integracijos įgalintojus.

4.1.2. Integracijos poveikis darbo vietoje

Šiame poskyriuje apžvelgiami LEAN transformacijos bei naujų skaitmeninių sprendimų taikymo įmonės veikloje įtaka respondentų darbo vietoje integracijos metu, siekiant išsiaiškinti interviu dalyvių LEAN metodų naudojimo įpročius kasdiniuose darbo procesuose, taip pat kasdinių arba naujų skaitmeninių priemonių įtaką darbo vietoje. Lentelėje yra poveikio darbo vietoje kodai su juos pagrindžiančiomis citatomis.



6 pav. Integracijos proceso hierarchinė diagrama

5 lentelė. Poveikis darbo vietoje

Kodas	Interviu citata
Nauji skaitmenizacijos sprendimai	„<..> taip, tai potencialiai būtų dirbtinio intelekto įrankis iš „Copilot“.“ (T8); „Jie įdiegė ataskaitų suvestinę, kuri yra „Confluence“.“ (T4); „Niekas naujo neatsirado, neturiu ką pakomentuoti.“ (T9); „<..> mūsų darbo funkcijas gebame atlikti su esamais įrankiais.“ (T3); „Vienas iš naujų sprendinių, bent mano darbe, bus „Tribepad“ platforma.“ (T6); „Tai taip, kur pakomentavau, tai RECO, tie „leadership at work“, tą pati „skills matricą.“ Yra pasikeitimas, nežinau, skaitai, neskaitai, kur <..> vis siunčia apie PDI, ten kur reminderis ir ten, kad yra pakeistas truputį procesas, tai tą patį PDI visa truputį perdaro, kad jisai efektyvesnis būtų ir toks labiau orientuotas į įmonės tikslus.“ (T2).
Prisitaikymas prie LEAN naujovių	„<..> taip, kaip ir sakiau, manau, kad žmonės labiau linkę ir noriai dalijasi idėjomis. <..> Galbūt tai didelis patobulinimas, kurį reikėtų įgyvendinti, ir manau, kad tai sulaukia daugiau teigiamo pripažinimo, todėl idėjos ir minčių dalijimasis dabar yra atviresnis ir pozityvesnis.“ (T8); „<..> manau tai įtraukia labiau į įmonės vidų ir procesus ir tu pasijunti to dalimi.“ (T5); „Manau, kad, kiek matau, žmonėse vyrauja gana gera kultūra, kai jie priima dalykus ir stengiasi būti efektyvesni.“ (T4); „Visi sako, kad tai išeis į naudą. Kol kas labai daug naujovių nėra, tad prisitaikymas lengvas.“ (T9); „Kadangi mūsų departamente darbo procesai yra paremti standartizacija, prisitaikyti prie LEAN nebūtų sunku. Esmė įmonei – tapti greitesne, optimizuot procesus, kad taupyti kaštus, būtų patrauklesnei klientui.“ (T3); „Kaip minėjau, išorinio (ne komandos) poveikio dar nepajutome.“ (T6); „Turite būti atsargūs, kiek laiko praleidžite tam, kiek laiko galiausiai laimite. Ir galiausiai, jūs taip pat turite atsižvelgti į tai, kad neturėtumėte leisti savo dienos vien tik įvesdami informaciją į šį įrankį. Jums taip pat reikia laiko, kurį sutelktumėte į savo prioritetus.“ (T7).
LEAN metodų įtaka darbo vietoje	„<..> taigi, kalbant apie LEAN apskritai, manau, kad visi LEAN įrankiai ir metodai neturi vienareikšmės koreliacijos su jokiai skaitmeniniu įrankiu. Taigi, vėlgi norime pasidalyti tuo, ką norime pasakyti apie šią LEAN mąstyseną, kad iš tikrųjų turite atskirti procesą ir įrankius. Taigi stenkitės sutelkti dėmesį į procesą, o procesas taip pat gali būti LEAN įrankiai, LEAN metodai ir pan. <..> įrankis yra tik skaitmeninė versija to, ką darote žingsnis po žingsnio, <..> visuose šiuo metu naudojamuose įrankiuose ir metoduose naudojame įprastus skaitmeninius įrankius informacijai dalytis, bet nesikoncentruojame į įrankių optimizavimą kurdami kokią nors programinę įrangą ar skaitmeninį darbo eigos valdymą. <..> Taigi, mes tikrai stengiamės, kad tai veiktų su įrankiais, kuriuos šiuo metu turime, tokiais kaip „PowerPoint“, baltoji lenta ir pan., o tada galbūt antrame žingsnyje pagalvojame apie kokius nors skaitmeninius sprendimus.“ (T1); „<..> Pats įgyvendinimas šiuo metu yra gana sudėtingas, nes neturime suplanuotų valandų vien tik LEAN. <..> LEAN yra tarsi durų atvėrėjas, kaip galima sakyti. Taigi, su pavadinimu LEAN žmonėms lengviau nueiti pas savo viršininką ir pasakyti: „Ei, turiu idėją. Norėčiau ją įtraukti į LEAN ratą. Ar galiu skirti porą valandų, kad pabandyčiau ką nors patobulinti?“ Girdėjau, kad šiek tiek padeda gauti viršininko pritarimą, kad galėtumėte tobulėti, taip pat skirti šiek tiek laiko tobulinimui skirtoms temoms. Taip, naudojant PDCA, „Excel“ skaičiavimo sistemą, kurią turime, padeda tai, kad turite skaičių, pavyzdžiui, pinigų sumą, kurią galima potencialiai sutaupyti.“ (T8); „<..> Atsirado daugiau meetingų dėl reguliarių update’u saite kas vyksta.“ (T5); „Taigi, verslo analitikos komanda įsitraukia į įvairias iniciatyvas, kuriose jie nagrinėja

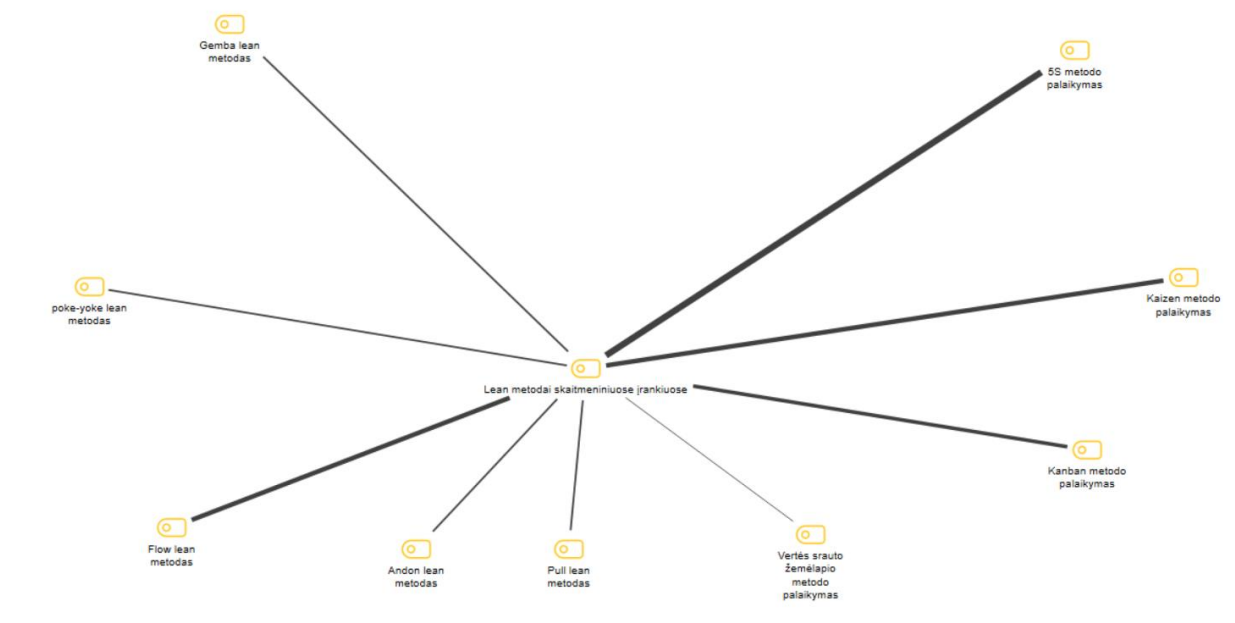
	kažką. Pavyzdžiui, mes nagrinėjome naujų darbuotojų adaptaciją. Taigi, žinote, viskas – nuo pokalbių dėl darbo proceso iki kvalifikacijos patikrinimo ir tinkamumo užtikrinimo, kas vyksta pirmąją darbo dieną, žinote, darbo užmokesčio nustatymas, IT įranga ir visi kiti tokie dalykai. Taigi, mes visa tai išsamiai aptarėme. Tada viskas buvo suskirstyta į etapus, kad galėtume peržiūrėti, kas ką ir kada turėtų daryti, ir kokie įvesties bei išvesties duomenys pasiekia kiekvieną asmenį.“ (T4); „<..> mes pradėdam taikyti tam tikrą sistemingą dalių sekimą ir skirstymą <i>LMS</i>“ (T9). „<..> Jokio žymaus pokyčio tiek aš, tiek mano komandos nariai nepajutom“. (T3); „<..> Kol kas įmonės transformacijos procesas nedarė įtakos būtent mūsų komandai – darbai tęsiasi kaip ir anksčiau“. (T6); „<..> turim tą <i>RECO</i>, kas irgi kažkiek pakeitė ir tada tu prieš tos <i>RECO</i> vis tiek padarai pasiruošimą, biški pasiplanuoji, apgalvoji, problemas visokias ir panašiai, kad galėtum jas efektyviai iškelti ir greitai prabėgti prie tų sprendimų.“ (T2); „<..> bet man svarbiausia, ką išsinešiau iš tų transformacijos pokalbių, yra tai, kad turime apibrėžtą eskalavimo būdą. Kai kurie sprendimai priimami komandoje su viršininku arba su kolegomis. Jei galite ką nors nuspręsti ar išspręsti, tai išsprendžiama iš karto. <..> yra ryšys tarp standartizacijos ir progreso srauto, kaip tai susiję su <i>LMS</i> ir „Jira“.“ (T7).
--	---

Tyrimo dalyvių atsakymai dėl naujų skaitmeninių sprendimų darbo vietoje išsiskyrė. Beveik pusę respondentų atsakė, kad jokie nauji skaitmeniniai sprendimai nėra naudojami integracijoje su taupiaisiais metodais: „nieko naujo neatsirado, neturiu ką pakomentuoti.“ Dalis apklaustųjų įvardino ne tik naujus konkrečius skaitmeninius įrankius, kuriuos taiko dėl LEAN metodų plėtojimo, bet ir įvardina kaip jie padeda darbo optimizavimo kontekste: „Tai taip, kur pakomentavau, tai *RECO*, tie „leadership at work“, ta pati „skills matrica“. Yra pasikeitimas, nežinau, skaitai, neskaitai, kur <..> vis siunčia apie *PDI*, ten kur priminimas ir ten, kad yra pakeistas truputį procesas, tai tą patį *PDI* visą truputį perdaro, kad jisai efektyvesnis būtų ir toks labiau orientuotas į įmonės tikslus.“ Pereinant prie prisitaikymo prie taupųjų metodų apžvalgos respondentų atsakymuose vyrauja beveik teigiama nuomonė dėl jau taikomų ar tik diegiamų metodų: „Visi sako, kad tai išeis į naudą. Kol kas labai daug naujovių nėra, tad prisitaikymas lengvas.“ Taip pat pažymima, jog darbuotojai organizacijoje dalinasi efektyvesnio darbo idėjomis ir vyrauja pozityvus nusiteikimas pasikeitimams: „žmonės labiau linkę ir noriai dalijasi idėjomis. <..> Galbūt tai didelis patobulinimas, kurį reikėtų įgyvendinti, ir manau, kad tai sulaukia daugiau teigiamo pripažinimo, todėl idėjos ir minčių dalijimasis dabar yra atviresnis ir pozityvesnis.“ Galima vertinti, jog įmonėje vyrauja brandi priėmimo kultūra taupųjų metodų atžvilgiu. Tuo tarpu taupųjų metodų įtakos respondentų darbo vietos kontekste gauta įvairių atsakymų. Dėl įmonėje vykstančios LEAN transformacijos darbuotojams yra sudaromos prielaidos sąlygos pasiekti aukštesnio lygio vadovus dėl problemų pateikimo arba darbo srities optimizavimo: „Girdėjau, kad šiek tiek padeda gauti viršininko pritarimą, kad galėtumėte tobulėti, taip pat skirti šiek tiek laiko tobulinimui skirtoms temoms“; „bet man svarbiausia, ką išsinešiau iš tų transformacijos pokalbių, yra tai, kad turime apibrėžtą eskalavimo būdą. Kai kurie sprendimai priimami komandoje su viršininku arba su kolegomis. Jei galite ką nors nuspręsti ar išspręsti, tai išsprendžiama iš karto“. Keli pašnekovai pamini reguliarius pokalbius – *RECO* susitikimus, per kuriuos siekiama greitai išspręsti susidariusią kritinę situaciją. Kiti mini kelias sritis, kas keitėsi darbo aplinkoje – nuo darbuotojo adaptacijos, kvalifikacijos iki darbo užmokesčio kitimų. Pora respondentų pabrėžia, jog jiems jokie pasikeitimai įtakos darbo vietai nedarė. Galima daryti prielaidą, jog didžiajai daliai apklaustųjų taupieji metodai įdiegti į organizacijos procesus vienaip ar kitaip darė poveikį darbo vietoje ir didžiajai daliai – teigiamą.

4.1.3. Skaitmeninių technologijų įtaka LEAN principams

Šiame poskyryje siekta išsiaiškinti įmonėje naudojamų arba planuojamų diegti skaitmeninių įrankių poveikį taupiesiems metodams. Taip pat aiškinasi ar dėl išmaniųjų technologijų naudojimo tenka keisti esamus tvarius darbo įpročius, kurie iš esmės yra efektyvūs ir pripažinti darbdavio arba vadovo bei pačios organizacijos. Taip pat tirtas atskiras elementas – dirbtinio intelekto kaip skaitmeninės

technologijos įtaka darbo pobūdžiui. 7 paveiksle pateiktoje hierarchinėje kodų diagramoje matyti, jog LEAN metodai, kurie daugiausiai palaikomi skaitmeninių įrankių integracijos metu. Daugiausiai palaikomas metodas yra 5S. Programos, kurios respondentų įvardytos palaiko 5S – *OneNote*, *Confluence*, įgūdžių matrica ir kitos. Kiti kelis kartus paminėti metodai yra *Kaizen*, *Kanban* bei „Tėkmės“ metodai.



7 pav. Skaitmeninių technologijų įtakos LEAN principams hierarchinė diagrama

6 lentelėje yra pateikiami taupieji metodai taikomi skaitmeniniuose įrankiuose integracijoje, tvarių darbo įpročių keitimo dėl skaitmenizacijos bei DI įtakos darbo pobūdžiui pavyzdžiai, iliustruojant respondentų citatomis.

6 lentelė. Skaitmeninių technologijų įtaka LEAN principams

Subkodas	Interviu citata
Lean metodai skaitmeniniuose įrankiuose	„<..> Teams „catch-upai“ palaiko <i>Gemba</i> , <..> Chat gpt palaiko „flow“ bei „poke-yoke“ LEAN metodą nes mažina klaidų riziką ir darbo srautą užtikrina.“ (T6); „<..> „Jira“ bei „one note“ gairės palaiko „flow“ metodą.“ (T5); „<..> „MS Project“ leidžia matyti suplanuotas projekto užduotis ir kada jos turi būti pradėtos ir užbaigtos. Taip optimaliau paskirtsomi inžinieriai su atinkamomis užduotimis, kas leidžia sklandžiau atlikti visas projekte reikiamas užduotis.“ (T3); „<..> „MS Teams“ leidžia greitai eskaluoti problemą, pasiekti reikiamus žmones reikiamu metu.“ (T3); „<..> LMS palaiko „supply management“ arba „pull.““ (T5); „<..> „Jira“ palaiko <i>Kaizen</i> ir <i>Kanban</i> lentas.“ (T4); „<..> „Copilot“ naudojamas sukurti <i>LSP</i> papildinį, nereikia naudoti laiko skaičiavimus ranka.“ (T3); „<..> „Lessons learnt“ procesai palaiko <i>Kaizen</i> principus<..>“ (T2); „<..> „Onenote“ palaiko 5s<..>“ (T5); „<..> „One note“ ir „Confluence“ palaiko 5s. Darbų struktūrizacija ir aprašymas darbo vietos.“ (T6); „<..> Galbūt tada „skills matric1“ galima pridėti į 5s.“ (T3); „<..> Projekto planas, susietas su LMS ir „Jira“ – „Confluence“ kaip centrinė valdymo lenta ir informacijos saugykla. Palaiko vizualinį valdymą.“ (T7).
Tvarių darbo įpročių keitimas dėl skaitmenizacijos	
Teigiamas (auganti nauda)	„<..> Manau, kad dabar pasiekėme tašką, kai bandomė automatizuoti daugiau procesų, kad jie būtų patikimesni. Tačiau dar reikia nueiti ilgą kelią, nes daug procesų vis dar remiasi el. laiškų siuntimu, dokumentų pridėjimu ir panašiais dalykais. Yra keletas procesų, kuriuose, pavyzdžiui, jei kas nors nori mokymo užklauso, jie pereina per „Microsoft Forms“, kur tada patenka pas mus, o tai vėliau automatizuojama į mūsų el. laiškus ir panašius dalykus<..>“ (T4); „<..> tai va

	tas va žinai įpročio reikalas, tai jo, aš suprantu, kad kartais ranka ten kažką žinai lengviau ir greičiau padarysi, bet kartais reikia pasidaryti ilgesnį procesą, kad paskui ilgai būtų geriau.“ (T6).
Teigiamas (egzistuojanti nauda)	„<..> iki šiol procesas buvo toks: rinkdavome sąskaitas, jas nuskaitydavome, užpildydavome formą, atsispausdindavome ir taip toliau. Dabar yra skaitmeninė versija – programėlė išmaniajame telefone, įmonės išmaniajame telefone, ir galima tiesiog nufotografuoti sąskaitas, įterpti išlaidų centrą ir pan.“ (T1); „<..> dėl skaitmeninių pokyčių kaip tik atsirado ir leido suformuoti tvarius darbo įpročius. Gali iš namų dirbti, turėti gyvenimo – darbo balansą.“ (T3).
Neutralus	„Visada galvoji, kad savo darbo vietą sieki išnaudoti optimaliai kiek gali, aišku ateinančioms nauji išmanūs reikalavimai kažkiek keičia tą pobūdį, nes reik prie jų prisitaikyti, o prisitaikymo laikas panaikina tavo buvusį įdirbį.“ (T9).
DI įtaka darbo pobūžiui	„Kalbant apie tai, ateityje naudosime dirbtinį intelektą potencialiai duomenų analizei ir apdorojimui, nes turime daug darbų, kuriuose eksportuojami duomenys iš LMS, tada jie perduodami, vėl importuojami ir paskirstomi skirtingoms vietoms ir panašiai. Taigi, idėja yra, arba šiuo metu ji pradedama, kad galėtume tam naudoti dirbtinio intelekto įrankį.“ (T8); „Kol kas nekeičia, tiesa kartais pasitarnauja išspręsti techninę problemą greičiau.“ (T5); „Taigi tai turės didžiulį skirtumą. Kai turėsime licencijas, planuojame sudaryti darbo grupę, kuri išnagrinės įvairias verslo sritis ir kaip galėtume geriausiai dirbti kartu ateityje. Taigi, per ateinančius šešis–dvylika mėnesių tikėčiausi pamatyti reikšmingų pokyčių.“ (T4); „Nekeičia, pernelyg daug nesinaudoju <..>“ (T9); „DI integracija darbo aplinkoje pakolka tik atsiranda, todėl ryškesnio pokyčio taip ir nėra. Tačiau ateityje šis įrankis vienareikšmiškai leis greičiau ir patogiau dirbti su gaunama informacija.“ (T3); „Irgi kalbėjom apie dirbtinį intelektą, tai sakau, aš jį naudoju, aš jo visai nebijau ir man negėda <..>“ (T6); „Keičia naudoju. Tikiuosi, kad keis daugiau ateity ir plačiau naudosim, nes kaip ir nauda, tai turbūt aiškiai yra.“ (T2); „Aš asmeniškai ne, labai, labai retais atvejais.“ (T7).

Interviu metu siekta išsiaiškinti ar skaitmeninių įrankių naudojimas ar diegimas iš esmės keičia įmonės darbuotojų susiformavusius individualius arba komandinius darbo įpročius, kurie yra organizaciniu mastu pripažinti kaip efektyvūs ir priimtini. Tuo siekiama surinkti informaciją, kuri parodys ar skaitmenizacija nekėlė iššūkių arba organizacinių įtampų dar iki LEAN metodų diegimo, bet palaikė esminę LEAN filosofiją – tvarų darbą. Tai duotų išankstinį vertinimą apie kultūrinę brandą. Pokalbių metu išskirti treji subkodai, apibūdinantys darbuotojų nuomonę ir emocijas dėl tvarių darbo įpročių keitimo. Didžioji dauguma respondentų atsakė, jog skaitmenizacija ir išmanūs įrankiai duoda teigiamą poveikį palaikant tvarius darbo įpročius ir mato augančią naudą bei teigiamas perspektyvas: „manau, kad dabar pasiekėme tašką, kai bandome automatizuoti daugiau procesų, kad jie būtų patikimesni. Tačiau dar reikia nueiti ilgą kelią, nes daug procesų vis dar remiasi el. laiškų siuntimu, dokumentų pridėjimu ir panašiais dalykais.“ Kai kurie naudą mato jau dabar: „<..> dėl skaitmeninių pokyčių kaip tik atsirado ir leido suformuoti tvarius darbo įpročius. Gali iš namų dirbti, turėti gyvenimo – darbo balansą.“ Vienas respondentas išliko neutralaus vertinimui, teigiantis, kad prisitaikymo laikas panaikina buvusį įdirbį. Kadangi teorinių sprendinių apžvalgoje kaip atskiras labai naujas skaitmeninis procesas, darantis poveikį LEAN metodų integracijai minimas dirbtinis intelektas, siekta išsiaiškinti kaip tai veikia interviu dalyvių darbo pobūdį. Daugelis atsakymų yra teigiami ir su aiškia tobulėjimo perspektyva ateityje bei jau žinomas sritis, kur galima bus patobulėti bei tvariai keisti darbo įpročius: „Keičia naudoju. Tikiuosi, kad keis daugiau ateity ir plačiau naudosim, nes kaip ir nauda, tai turbūt aiškiai yra.“; „Kai turėsime licencijas, planuojame sudaryti darbo grupę, kuri išnagrinės įvairias verslo sritis ir kaip galėtume geriausiai dirbti kartu ateityje. Taigi, per ateinančius šešis–dvylika mėnesių tikėčiausi pamatyti reikšmingų pokyčių.“ Keli respondentai išliko konservatyvios nuomonės bei paminėjo, jog DI sprendimais daug nesinaudoja.

4.1.4. LEAN metodų įtaka skaitmeniniams procesams

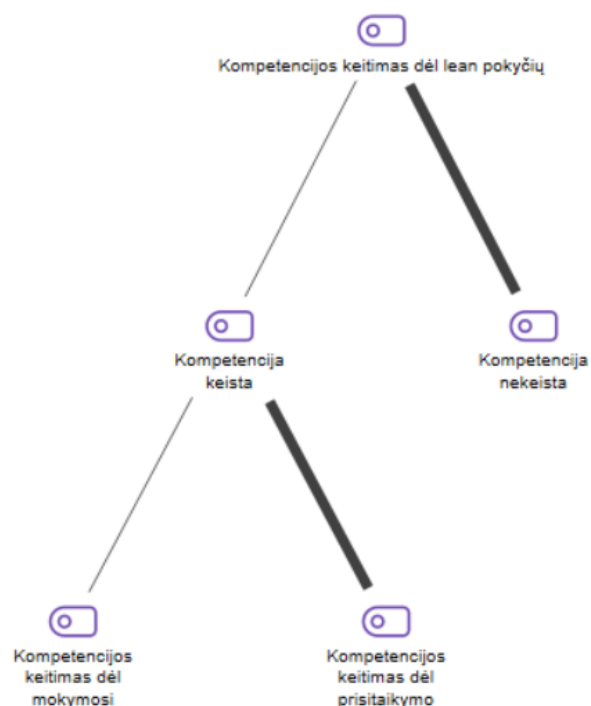
Šiame poskyryje siekta išsiaiškinti įmonėje naudojamų arba planuojamų diegti taupųjų metodų įtaką skaitmeniniams įrankiams. Aiškinasi ar dėl taikomų LEAN metodų darbuotojams teko keisti organizacijoje įgytas kompetencijas, kurias netiesiogiai suformavo įmonėje naudojami skaitmeniniai sprendimai. Taip pat aiškinasi ar taupieji metodai prisidėjo prie naujų skaitmeninių įrankių atsiradimo ar esamų įrankių tobulinimo. Galiausiai siekta išsiaiškinti kaip LEAN transformacija įmonėje veikia darbuotojų naudojimąsi skaitmeniniais įrankiais.

7 lentelėje yra pateikiami respondentų atsakymai dėl kompetencijos keitimo, kurį sąlygoja taupieji principai. Atsakymai grupuoti subkodais, o kompetencijos keitimo priežasčių argumentai iliustruojant interviu dalyvių citatomis.

7 lentelė. Kompetencijos keitimas dėl LEAN principų diegimo

Subkodas	Interviu citata
Kompetencija nekeista	„Kompetencijų konkrečiai keisti neteko.“ (T9); „Keisti kompetencijų dėl esamų LEAN metodų neteko.“ (T3); „Neteko <..>“ (T6).
Kompetencijos keitimas dėl prisitaikymo	„Teko, nes aš esu atrinktas į LEAN koordinavimo komandą („LEAN circle“) ir reikės koordinuoti mūsų inžineriniam departamentui kaip mažinti švaistymus tiek laiko, tiek materialius.“ (T5); „Nesu to daręs, nes ankstesniuose versluose turiau nemažai patirties su LEAN. Tačiau žinau, kad vedėme sesijas tiek apie priežasčių analizę, tiek apie procesų žemėlapių sudarymą. Esame surengę nemažai sesijų šia tema <..>“ (T4); „<..> Tai irgi kaip minėjau, kad reikėjo, kai tą įgūdžių matricą dariau, vis tiek nori nenori, tau reikėjo kažkokį papildomą „know-how“ turėti, būtent irgi ateinantys dalykai dėl tų „LEAN diržų“ irgi kažkiek turėsi keisti, manau.“ (T2).
Kompetencijos keitimas dėl mokymosi	„Taip, taip, žinoma, nes susidūriau su šiuo nauju iššūkiu diegti LEAN metodus, o aš neturėjau tiek daug patirties su jais kaip, pavyzdžiui, buvusioje įmonėje, per daugelį metų turėjau daug ko išmokti ir diegdamas LEAN<..> visi LEAN įrankiai, technikos, mąstysena ir elgesys yra apie mokymąsi, visada stengiesi ko nors išmokti. Taip pat ir iš mano pusės, ir iš žmonių, kuriuos mokai, stengiesi išmokti ko nors naujo, nes visos problemos, su kuriomis susiduriate, yra naujos, patobulinimai, kuriuos bandote pastebėti naujose situacijose, yra nauji, kaip dabar su visa dirbtinio intelekto aplinka.“ (T1); „<..> taip pat turėjau išmokti, kaip tai vadinasi, tarpininkauti, vesti grupę per skirtingus taskus ir per susitikimus ir panašiai. Taigi, tai yra kažkas, ko man taip pat teko išmokti. Ir tai buvo sritis, kurioje aš vis dar mokausi vesti „Lean Circle“ grupę per susitikimus ir idėjas, taigi tai yra kažkas, ko šiuo metu vis dar mokausi, labai įdomu, bet kartu ir sudėtinga.“ (T8).

Vertinant kompetencijų keitimo dažnį, didesnė dalis respondentų paskutiniu metu keitė kompetencijas dėl LEAN metodų atsiradimo. Pastebėta bei išskirta, jog didesnė dalis tyrime dalyvavusių darbuotojų keitė savo kompetencijas dėl prisitaikymo veiksnio. Prisitaikymas, nes keli jų paminėjo, jog jiems reikėjo kažką keisti savo kompetencijose dėlto, tačiau mokymosi elementas nebuvo paminėtas. Pora darbuotojų pabrėžė mokymosi galimybę su kompetencijų pasikeitimu: „Ir tai buvo sritis, kurioje aš vis dar mokausi vesti „Lean Circle“ grupę per susitikimus ir idėjas, taigi tai yra kažkas, ko šiuo metu vis dar mokausi, labai įdomu, bet kartu ir sudėtinga.“ Keli respondentai kompetencijų dėl naujų diegtų metodų nekeitė.



8 pav. Kompetencijų keitimas dėl LEAN transformacijos hierarchinė diagrama

8 lentelėje yra pateikiami respondentų atsakymai į taupųjų metodų įtakos pasiskirstymą skaitmeniniuose įrankiuose. Atsakymai grupuoti subkodais, o argumentai pateikiami interviu dalyvių citatomis.

8 lentelė. LEAN metodų įtaka skaitmeniniams procesams

Kodas	Interviu citata
Skaitmeniniai įrankiai LEAN metodų pagrindu	„na, mes iš tikrųjų neįdiegėme jokių skaitmeninių technologijų dėl LEAN ar tik dėl LEAN. Taigi, mes naudojame tai, ką turime, ir naudojame įrankius, kurie yra. Taigi šiuo metu dirbame su tuo, ką turime. Bet taip, kalbant apie technines dalis, galbūt patobulėsime, kaip minėjau, pavyzdžiui, ataskaitas iš „BET“ ar „Eplan“. Galbūt tai šiek tiek pasikeis dėl mūsų LEAN temų.“ (T8); „<..> RECO msusitikimai buvo diegti „7 kodėl“ metodu pagrindu mano manymu.“ (T5); „<..> Dėl vertės srauto žemėlapių sudarymo mes turime „Copilot“ duomenims rinkti.“ (T4); „Įgūdžių matricos kūrimas pasitelkiant 5s <..> confluence tobulinimas pasitelkiant „lessons learned“ (Kaizen).“ (T2); „Kaizen pagrindu atsirado „Joure fix“ reguliarus susitikimai su vadovu <..>“ (T7).
LEAN transformacijos įtaka darbuotojų veiklai su skaitmeniniais įrankiais	„<..> turime būti lankstūs ir naudoti skaitmeninius sprendimus, nes žmonės yra išsibarsę po visą pasaulį. Ir tai iš tiesų yra naujas darbo su visais LEAN dalykais būdas, kai turime rasti Lean arba skaitmeninius sprendimus, nes žmonės nėra vienoje patalpoje.“ (T1); „Taigi, manau, kad tikriausiai būtų atvirkščiai, pavyzdžiui, galėtume naudoti septynis būdus, kaip galėtume naudoti tą metodą, ir analizuoti procesus, kuriuos turime, ir pažiūrėti, ar yra laukimo laiko, ar yra panašių užduočių, kurios neturi prasmės, ar užduočių, kurias atlieka skirtingi vaidmenys, dubliuojasi. Visa tai būtų švaistymas, ir manau, kad šiuo atveju LEAN metodai pagerintų „Adonis“ procesus <..> dabar turiu naudoti „Jira“, „Confluence“ ir daug daugiau. Taigi, bilietų rinkimui ir RECO ataskaitų suvestinei. Ir aš visada turiu ten nueiti bent du kartus per savaitę, kad atnaujinačiau visus bilietus, jei kas nors nutiko, patikrinčiau valdybą ir pasiruoščiau susitikimams ir panašiai.“ (T8); „Šiek tiek atsirado tu naujovių, kas liečia LMS pavyzdžiui. Task’u priskyrimas ir trackingas ten pasikeitė.“ (T5); „<..> jie sukūrė visą šią ataskaitų suvestinę, kurioje nagrinėjami KPI, kad būtų aiškiai parodyta, kaip skaitmeninės technologijos

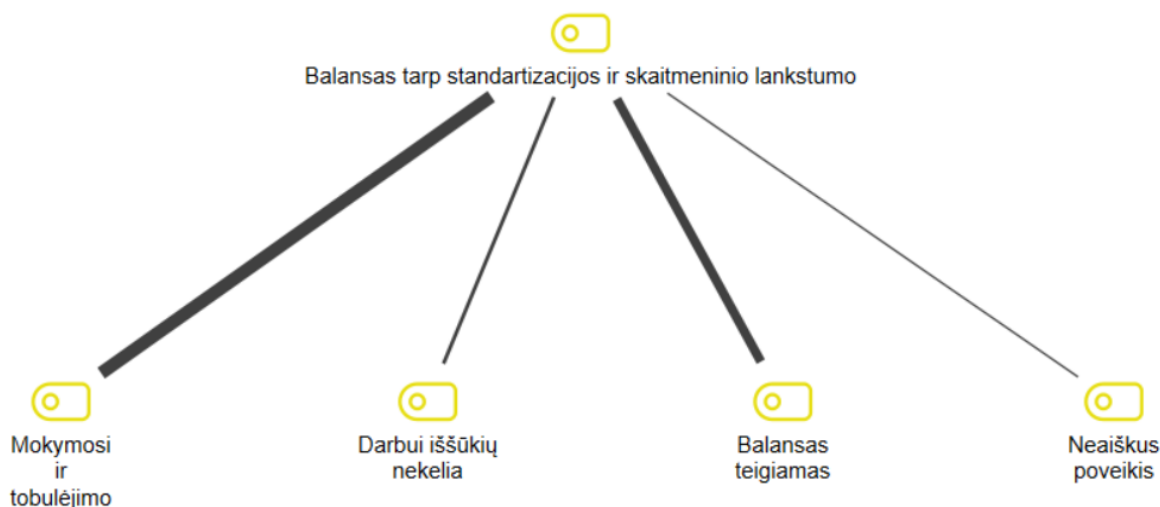
	veikia tvarios gamybos principus, atsižvelgiant į skirtingus skyrių statuso organizavimo lygius <..> manau, kad mąstymo procesas, metodologija, kurią jie bando įdiegti žmonėms, skatina struktūrizuotesnį skaitmeninių įrankių naudojimą.“ (T4); „Nedaro.“ (T6); „ir norint pritapti ir sugebėti su jais dirbti, reikia išmokti darbo metodus ir panašius dalykus <..> jums tereikia išmokti standartinį mąstymo procesą, kad pritaptumėte prie įmonės procesų ir galėtumėte prie jų prisidėti.“ (T7).
--	---

Tyrimo metu paaiškėjo, jog beveik pusę respondentų neturėjo aiškaus atsakymo dėl konkretaus LEAN metodo pasitelkimo būdo, diegiant arba optimizuojant skaitmeninius įrankius, tai duoda prielaidą suprasti, jog įmonėje skaitmeniniai įrankiai yra tvarių sprendimų įgalintojai, o ne atvirkščiai. Tam iš esmės antrina ir atsakę dalyviai: „na, mes iš tikrųjų neįdiegėme jokių skaitmeninių technologijų dėl LEAN ar tik dėl LEAN. Taigi, mes naudojame tai, ką turime, ir naudojame įrankius, kurie yra“. Konkrečiai atsakiusieji, kokie įrankiai atsirado dėl taupųjų metodų, paminėjo daugiausia skaitmeninius metodus, įgalinančius LEAN filosofiją – „RECO“ pokalbiai per „Microsoft Teams“ platformą kaip „Joure fix“ reguliarius susitikimus per tą pačią pokalbių platformą, bet ne technologiniuose procesuose padedančius techninius sprendimus. Tyrimo dalyviai vieningai sutaria, kad LEAN transformacija daro tiesioginę įtaką veiklai su skaitmeninėmis technologijomis naudojamomis organizacijoje kartu ugdant apibrėžtą bei aiškų įrankių naudojimą: „jie sukūrė visą šią ataskaitų suvestinę, kurioje nagrinėjami KPI, kad būtų aiškiai parodyta, kaip skaitmeninės technologijos veikia tvarios gamybos principus, atsižvelgiant į skirtingus skyrių statuso organizavimo lygius“ bei organizacinį mąstymo procesą: „jums tereikia išmokti standartinį mąstymo procesą, kad pritaptumėte prie įmonės procesų ir galėtumėte prie jų prisidėti.“

4.1.5. Integracijos poveikis darbo veikloje

Šiame poskyryje apžvelgiami socialiniai veiksniai integracijos aplinkoje. Siekiama išsiaiškinti kaip organizacija, kurioje vyksta LEAN metodų bei skaitmeninių technologijų integracija sprendžia teorinius iššūkius tokius kaip kultūrinius konfliktus tarp kontrolės ir įgalinimo, decentralizacijos ir centralizacijos filosofijų skirtumus, darbuotojų pasipriešinimo ir kitus. Šie veiksniai tyrime išskirti į kelis kodus – balansas tarp standartizacijos ir lankstumo, darbuotojų autonomija, kontrolės ir įgalinimo priešara bei kultūrinis suderinamumas.

Tyrimo metu iš skirtingų įmonės realizacijos departamentų darbuotojų siekta sužinoti kaip integracijos metu jie palaiko darbo lankstumą tarp kontrolės (skaitmeniniai sprendimai) ir įgalinimo (taupieji metodai). 9 paveiksle pateiktoje hierarchinėje kodų diagramoje matomas darbuotojų nuomonės dėl balanso palaikymo. Išskiriami keturi subkodai (9 lentelė). Visi respondentai neįvardino nei vieno neigiamo balanso veiksnio. Didelė dalis išskiria balansą tarp dviejų paradigimų integracijoje kaip mokymosi bei tobulėjimo etapą: „Atlikome SWOT analizę, išnagrinėjome sritis, kurias reikia tobulinti. Taip pat peržvelgėme 2030 m. strategiją ir įvertinome naujas technologijų augimo sritis“. Kita tokio pat dydžio imtis jau dabar mato teigiamą balansą LEAN transformacijai dar tik įpusėjus: „Įdiegtos priemonės padeda inžinieriam optimaliai dirbti ir neigiamų signalų, kurie turėtų įtakos produktyvumui kol kas nematyti.“ Vienas respondentas paminėjo, jog dar anksti vertinti ir sunku pasakyti kaip programinės įrangos įrankiai palaiko ar trukdo procesų decentralizacijai. Galiausiai pora tyrimo dalyvių paminėjo, jog balansas yra neutralus, t.y iššūkių nekeliantis: „Didelių iššūkių nėra kol kas. Aišku norėtusi išsamiau pažinti kai kurias platformas, tačiau turim koncentruotis į konkrečių uždavinių sprendimą.“



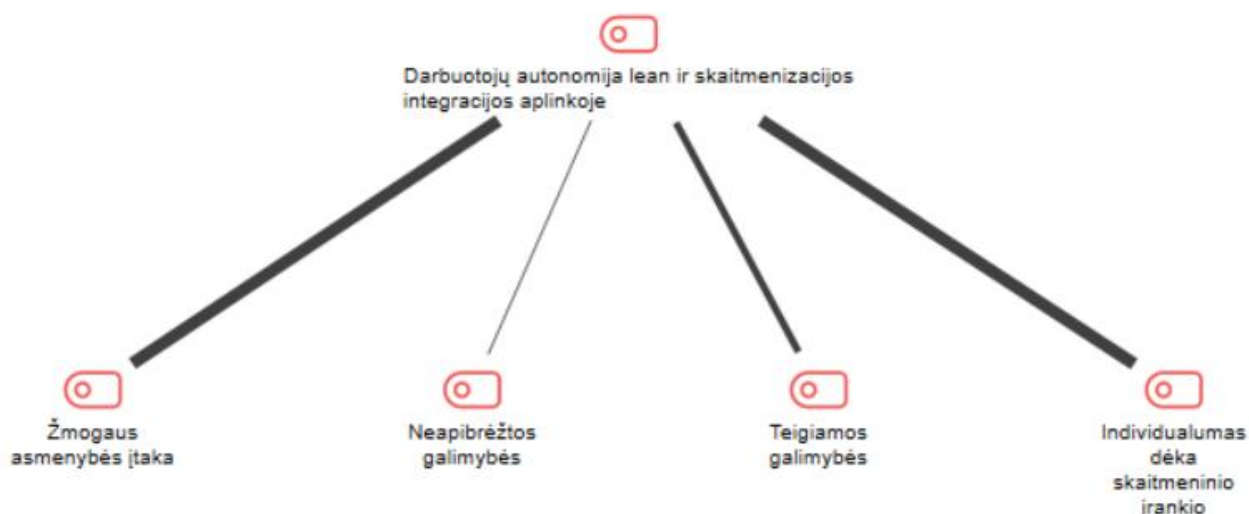
9 pav. Darbo standartizacijos ir skaitmeninio lankstumo balanso tyrimo hierarchinė diagrama

9 lentelė. Balansas tarp standartizacijos ir skaitmeninio lankstumo

Subkodas	Interviu citata
Neaiškus poveikis	„Centralizuotos ir decentralizuotos sistemos temą aptariame dažnai, nes labai sunku rasti globaliai centralizuotą standartą. Tačiau kaip programinės įrangos įrankiai palaiko ar trukdo šiai temai, iki šiol nesusidūriau. Dar nežinau.“ (T1).
Balansas teigiamas	„Nesu visiškai tikras, nes mums šiuo metu tai nėra didelis konfliktas. Taip, dar nemačiau jokio konflikto, kur, pavyzdžiui, taupūs metodai ir patobulinimai prieštarautų standartizuotiems skaitmeniniams įrankiams.“ (T8); „Įdiegtos priemonės padeda inžinieriam optimaliai dirbti ir neigiamų signalų kurie turėtų įtakos produktyvumui kol kas nematyti.“ (T3); „<.> tu pasiėmi procesą, kaip sakiau įsivertinį, kas jame vyksta ir panašiai ir tai darydamas matai, - ar tu gali standartizuoti ir apibrieži, ar tau ten reikia turėti lankstumo kažkur į toje vietoje ir tu negali konkrečiai sudėlioti žingsnių, o turi ta prasme pagal kintamus faktorius kažkokius tai žiūrėti žinai, tai sakyčiau gal, kad kol kas nematau tame problemos, yra tas balansas.“ (T2).
Darbui iššūkių nekelia	„Didelių iššūkių nėra kol kas. Aišku norėtusi išsamiau pažinti kai kurias platformas, tačiau turim koncentruotis į konkrečių uždavinių sprendimą.“ (T5); „Bet visada atsitinka tokioje situacijoje, kur tu turi suktis iš situacijos, tu žinai, kad nėra procedūros kai kuriems dalykams. Tu turi čia ir dabar kažką išspręsti. Tai visada turi būti tas balansas. Būtent tokioje kaip mūsų pozicijoje, čia kitaip ir negali, tu negali viską standartizuoti, nes tiesiog ta diena nuo dienos skiriasi. <.> tai sakau, čia tik tai balansuoti tarp šitų dviejų dalykų, jūs tenktės ką įmanoma standartizuoti, o ko neina, tai turi tiesiog prisitaikyti prie to.“ (T6);
Mokymosi ir tobulėjimo etapas	„Atlikome SWOT analizę, išnagrinėjome sritis, kurias reikia tobulinti. Taip pat peržvelgėme 2030 m. strategiją ir įvertinome naujas technologijų augimo sritis. Ir tada nusprendėme: „Gera, štai ką mes darome, kas veikia gerai.“ Tai yra mūsų standartiniai pagrindiniai procesai. Puiku. Pradėkime nuo to. Ir tada turime šią spragą. Ir tada turime veiksmų planą, kuriame dirbame su konkrečiais dalykais toje spragoje, tai galėtų būti naujų skaitmeninių įrankių naudojimas, tai galėtų būti besikeičiantis procesas, tai galėtų būti tai, kad turime kurti turinį ir mokyti žmones įvairių dalykų, bet visa tai jau suplanuota.“ (T4); „<.> siekiama diskutuoti esminiais klausimais ir tobulinti sritis.“ (T7); „<.> Kai vyskta apsimokymai naudotis nauju įrankiu visada siekiu patyrinėti naujo įrankio galimybes, bet tuo pačiu per daug neeksperimentuoju, nes pas mus yra aiškiai išreikšti standartai.“ (T9).

Darbuotojų autonomijos LEAN ir skaitmenizacijos integracijos aplinkoje aiškintasi ar diegiamos bei egzistuojančios skaitmeninės priemonės atsižvelgia į tai, kaip darbuotojai mokosi, dalyvauja sprendimuose ir prisideda prie procesų tobulinimo, ar išlaikoma darbuotojų autonomija bei

individualumas. Pokalbių metu išskirti keturi subkodai (10 pav.). 10 lentelėje yra pateikiamos subkodus pagrindžiančios citatos iš pokalbių su tyrimo dalyviais.



10 pav. Darbuotojų autonomijos LEAN ir skaitmenizacijos integracijos aplinkoje hierarchinė diagrama

Kaip matoma iš hierarchinės kodų diagramos pagrindinius autonomijos veiksnius bei galimybes LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos aplinkoje respondentai išskiria šiuos: žmogaus asmenybės įtaka bei individualumas dėka skaitmeninio įrankio. Dalis respondentų nepabrėžė konkretaus autonomijos veiksnio ar galimybės integracijoje. 10 lentelėje yra pateikiami tyrimo dalyvių atsakymai. Atsakymai grupuoti subkodais, o argumentai pateikiami interviu dalyvių citatomis.

10 lentelė. Darbuotojų autonomija LEAN ir skaitmenizacijos integracijos aplinkoje

Subkodas	Interviu citata
Individualumas dėka skaitmeninio įrankio	„Taigi, kai pagalvoju, kad viskas turi būti skaidru, norint įdiegti visus „Jira“ ir panašiai patobulinimus, manau, kad kai kuriems žmonėms tai gali būti sunku, ir tikiuosi, kad jie neįsivaikys kaltės ar panašiai. Kita vertus, manau, kad dirbtinis intelektas, naudojant „Copilot“ galėtų jiems labai padėti. Nes kai žmonės nežino, kokį metodą jie turėtų naudoti ar kaip turėtų pradėti ir panašiai, jie dažnai droviasi ir nesidalija savo informacija ar panašiai.“ (T1); „<..> manau, kad žmonėms geriau suteikti galimybių prisidėti, išsakyti savo nuomonę ir nueiti ten pasakyti: „Galiu padėti ir panašiai, naudojantis visais šiais skaitmeniniais įrankiais. <..> jei turi „Jira“ bilietą, įkelk jį. Turi problemą. Nežinau, kokią. Ją reikia išspręsti. Yra įvairių žmonių, kurie galėtų į tai atkreipti dėmesį. Tarkime, kad tai yra plėtros skyrius, ir jūs tiesiog įtraukiate tai į plėtros skyrių.“ (T7).
Teigiamos galimybės	„<..> iš LEAN mąstymo semiamasi idėjų, ir manau, kad „LEAN mąstymas padeda orientuotis tobulėjimui ir paskatina žmones susimąstyti apie savo problemas ir galbūt pabandyti pagalvoti apie tikrąją problemos priežastį arba kodėl man reikia atlikti papildomą darbą.“ (T8); „Mes galiausiai esame tie, kurie naudosimės įrankiais, tad manau, kad problemos sprendžiamos tam tikra veiksmų seka dėl LEAN, tai galbūt gali būti lėčiau, bet efektyviau.“ (T9); „Mano nuomone tai suteikia daugiau galimybių įsitraukti į problemų sprendimą, kas gali kurti didesnę pridėtinę vertę.“ (T3).
Neapibrėžtos galimybės	„<..> galiausiai tu turi atlikti uždavinius tam tikra tvarka arba standartu. Nežinau kas yra autonomija, kai nuo pradžios dirbi su standartu ir jo palaikymu. Kartais kai kurie LEAN metodai yra ilgi, o skaitmeninis įrankis paprastas naudoti, tas gali varginti.“ (T5); „<..> Dėlto kartais galvoju, kad taip, gal, žinai, yra dalykai, kurie yra per LEAN, kad nu jie yra

	pertekliniai. Iš kitos pusės aš matau ir jų naudą, nu va pvz., va kaip ir pas mumis yra PDI. PDI arba „one-to-one“ „lead`u“ su žmonėmis. PDI man atrodo perteklinis dalykas, man atrodo jisai nereikalingas ypač mažose komandose.“ (T6).
Žmogaus asmenybės įtaka	„Manau, kad jei pastaraisiais metais atsirado naujas procesas su visiškai nauja priemone, skirta įgyti naujų įgūdžių, pavyzdžiui, MVI diegimas, tai tampa sunkiau, nes reikia išmokyti naudotis nauja programine įranga, galbūt reikia išmokyti įgūdžių, o tada pokyčių procesas yra šiek tiek sudėtingesnis. Taigi, tai yra skirtumas tarp to, kiek pasipriešinimo ar vidinio pasipriešinimo yra žmogaus galvoje, kiek naujų dalykų turiu išmokyti, ar tai kažkas, su kuo jau esi susipažinęs.“ (T1); „Manau, kad tai priklauso nuo asmenybės. Man sakyčiau, kad taip, tai neabejotinai suteikia daugiau galimybių, nes aš mieliau dalyvauju pokyčių vykdyme, dalykų įgyvendinime, gerinime, efektyvumo didinime. Manau, kad kitiems tai gali atrodyti atvirkščiai, kai, žinote, tai tampa labai procesu pagrįsta <..>“ (T4); „Ne visiems žmonėms yra tokios situacijos, ne visi yra teamleadai tokie ir ne visi yra darbuotojai tokie. Ir kartais tas PDI yra vienintelis šansas, kada žmogus gali pasikalbėti su savo vadovu.“ (T6); „Jeigu pats nori kažkokią tai įtaką daryti, prisigalvoti dalykų, pats prisiimti tų darbų, kur tu pavyzdžiui savo kasdienybėje matai tą neefektyvumą ir panašiai. Ir tu gali irgi užsiimti tų problemų sprendimu, kas, manau, vykstant visai tai transformaciją ir LEAN diegimui, išsprendus kažkokias rimtas problemas su gerais pasiūlymais netgi ir galimybių visokių atidarytų.“ (T2).

Keli respondentai paminėjo, jog būtent skaitmeniniai sprendimai, naudojami įmonėje integracijos aplinkoje skatina individualų prisidėjimą prie procesų integracijoje: „manau, kad žmonėms geriau suteikti galimybių prisidėti, išsakyti savo nuomonę ir nueiti ten pasakyti: „Galiu padėti ir panašiai, naudojantis visais šiais skaitmeniniais įrankiais.“ Dalis pabrėžia, jog tai susiję su žmogaus asmens savybėmis, o ne dėl integracijos ar taupijimų metodų suteiktų galimybių: „Manau, kad tai priklauso nuo asmenybės. Man sakyčiau, kad taip, tai neabejotinai suteikia daugiau galimybių, nes aš mieliau dalyvauju pokyčių vykdyme, dalykų įgyvendinime, gerinime, efektyvumo didinime. Manau, kad kitiems tai gali atrodyti atvirkščiai, kai, žinote, tai tampa labai procesu pagrįsta <..>“. Kai kurie dalyviai negalėjo įvertinti konkrečių galimybių individualumui skatinti, tačiau įvardino, jog integracija autonomiją suteikia įmonės veikloje: „Mano nuomone tai suteikia daugiau galimybių ištraukti iš problemų sprendimą, kas gali kurti didesnę pridėtinę vertę.“ Tiesa dalis mato kol kas neapibrėžtas galimybes: „<..> galiausiai tu turi atlikti uždavinius tam tikra tvarka arba standartu. Nežinau kas yra autonomija, kai nuo pradžios dirbi su standartu ir jo palaikymu. Kartais kai kurie LEAN metodai yra ilgi, o skaitmeninis įrankis paprastas naudoti, tas gali varginti.“

11 lentelė. Duomenų iš skaitmeninių sistemų panaudojimas

Subkodas	Interviu citata
Kontrolės įrankis	„Sakyčiau, mums tai tikriausiai yra didesnė kontrolė. Pavyzdžiui, jei pažiūrėsite į mokymosi centrą, pamatysite, kad ten dabar įkėlėme visus mokymų įrašus. Ten turime ataskaitas, kad galėtume matyti, kas baigė privalomus mokymus, o kas ne, kam ir kada reikia pakartotinių mokymų.“ (T4); „Manau abu, mano konkrečiu atveju kontrolė labai svarbu. Su savo naudojamais įrankiais nelabai ir tobulėju.“ (T9).
Tobulėjimo įrankis	„Mūsų komandoje visi duomenys naudojami kaip postūmis tobulėjimui ir geresniam darbo laiko panaudojimui.“ (T3).
Kontrolės ir tobulėjimo galimybė	„Taip, sakyčiau, abu. Pavyzdžiui, mes naudojame „Adonis“ duomenis, kad pamatytume, kur galima tobulėti. O „Confluence“ mes naudojame labiau kaip kontrolės įrankį progresui stebėti ir panašiai.“ (T8); „Manau abu, su kontrolės įrankiais gali tobulėti ir niekas nedrausia tau pažinti jų fundamentalumo.“ (T5); „Sakyčiau abu, dėl to, kad tas kontrolės įrankis, gal sakyčiau kokybės kontrolė, kad, nežinau, yra, tarkim, kalbant apie sąskaitas, sąskaitas faktūras. Tu susivedi informaciją ir tu matai, kada kas yra, ar apmokėta, ar nemokėta, kada turi būti kokie terminai, tu matai visą tą informaciją vienoje vietoje ir tu žinai kokioje tu esi padėtyje ir ką tau reikia daryti. <..> ir man sakau, kada tu matai visą tą informaciją, tokioje duombazėje, žinai, vis tiek tu matai tas vietas, kur gal mes galėtume pagerinti tą situaciją, kur mes galėtume padaryti tokias aplinkybes, tokią aplinką žmogui, kad jisai nebūtų perdegęs ir išnaudojamas.“ (T6); „Priemonė tobulėjimui aš manau vyksta prieš tai, o kaip tada pramoksti

	naudotis mano paminėtais įrankiais, kaip „Jira“, LMS, kur tu matai jau kaip tau ir ką reikia daryti, tai čia jau gaunasi ta kontrolės kokybė, sakykim. O ta priemonė tobulėjimui įvyksta prieš tai, kada tu identifikuoji kartu įsikeli problemas, jas išsprendi, sugalvoji kaip padaryti, kad būtų gerai ir tada jau tą visą darbą apsibrėži, standartizuoji ir laikaisi. Tai tie vat įrankiai, kur tu gauni jau guideline'ą tai kontrolė, bet iki guideline'o kas vyks identifikavus problemas tai yra tabulėjimas.“ (T2); „Manau, kad tai abu dalykai. Nes jums taip pat reikia pačių duomenų, kaip jau kalbėjau apie progreso stebėjimą. Jums reikia duomenų, tarkime, progreso stebėjimui ir panašioms dalykams. <..> Galite juos naudoti kaip patobulinimą, jei tiesiog pagalvosite apie LMS ir pasakysite, kad turite LMS užduotį, kurioje kažkas yra dokumentuota, ten turėjome problemą, turėjome dalį, kuri sugedo, ir tada galite sukurti kokiąsą bilietą.“ (T7).
--	--

11 lentelėje yra pateikta respondentų atsakymų apžvalga išskirta svarbiausiomis citatomis, pagrindžiančiomis skaitmeninių sistemų duomenų panaudojimą organizacijoje. Aiškinasi ar duomenys yra naudojami kaip ir tobulėjimo įrankis ar tik kontrolės įrankis darbuotojų atžvilgiu. Daugiau negu pusę apklaustųjų sakė, kad egzistuoja abudu deriniai – darbuotojai jaučiasi tobulėjantys, pasitelkę skaitmenines technologijas: „Taip, sakyčiau, abu. Pavyzdžiui, mes naudojame „Adonis“ duomenis, kad pamatytume, kur galima tobulėti. O „Confluence“ mes naudojame labiau kaip kontrolės įrankį progresui stebėti ir panašiai.“ Keli mano, jog duomenys naudojami tik kaip kontrolės įrankiai: „Manau abu, mano konkrečiu atveju kontrolė labai svarbu. Su savo naudojamais įrankiais nelabai ir tobulėju.“ Vienas darbuotojas pabrėžia, jog visi duomenys yra tobulėjimo galimybė jo darbo vietoje.

12 lentelė. Įmonės prioritetai LEAN transformacijos aplinkoje

Subkodas	Interviu citata
Ilgalaikiai indikatoriai	„Taigi, pirmiausia ilgalaikėje perspektyvoje pokyčiai yra svarbesni. Štai kodėl mes visi pradėjome šią LEAN kelionę, nes LEAN pokyčiai, LEAN mąstysena visada yra ilgalaikis pagerėjimas. Tačiau, žinoma, visada turime stebėti trumpalaikius dalykus, tokius kaip EBIT, produktyvumas ir panašiai, nes tai yra svarbūs finansiniai skaičiai. Tačiau pirmiausia tai svarbu ilgalaikėje perspektyvoje. Šis kultūrinis pokytis yra tikrai svarbus. Ir todėl mes ieškome visų šių LEAN partnerių, LEAN meistrų ir panašiai. Taigi ilgalaikiai KPI yra svarbesni. (T1); „Įmonė labiau orientuojasi į ilgalaikius pokyčius.“ (T3); „Tai man atrodo, ši įmonė iš esmės yra linkusi į ilgalaikius sprendimus.“ (T6).
Trumpalaikiai indikatoriai	„Taip, šiuo metu sakyčiau, kad labiau susiję su pirmuoju aspektu, pavyzdžiui, greitos pergalės visada yra svarbios. Šiuo metu taip pat turime parodyti tam tikrus patobulinimus, turinčius realią vertę čia, GMR, kad pateisintume, kodėl skiriame laiko taupymo temoms ir galbūt netgi galėtume vykdyti taupymą kitais finansiniais metais. Taigi mūsų vadovas nori matyti panašius skaičius ir nori matyti, kad taupymas iš tikrųjų gerėja ir leidžia sutaupyti. Šiuo metu tai labiau trumpalaikis dėmesys.“ (T8); „Šiuo metu manau trumpalaikiai, mes siekiame greitu rezultatu su šia transformacija, žiūrėsim ką tai duos artimiausiu metu.“ (T5); „Dabar su šia LEAN transformacija manau trumpalaikiai, tačiau vertybės įmonėje paremta ilgalaikė perspektyva.“ (T9); „Akcentuoja, kad ilgalaikiai, bet man asmeniškai taip atrodo, kad siekia greitų rezultatų čia ir dabar su ta transformacija.“ (T2); „Na, sakyčiau, kad pastaraisiais metais tai tikrai buvo trumpalaikės pergalės, nes, žinote, turime savo strategiją iki 2030 metų <..> todėl sakyčiau, kad mes sutelkiame dėmesį į savo strategiją, kuri dabar yra trumpalaikė strategija, bet taip pat žinome, kad turime, tarkime, ilgą savo įmonės istoriją, kuri labiau orientuota į ilgalaikius dalykus, tokius kaip įmonės vertybės ir įmonės kultūra ir panašiai.“ (T7).
Produktyvumo augimas ilgalaikėje kultūrinėje strategijoje	„Matau abu. Prieš šešerius metus dalyvavau diegiant kultūrą ir vertybes, tad tai tikrai buvo ilgalaikė vizija – pameistrystės programos trumpalaikėje perspektyvoje, o socialinės atsakomybės sklaida ilgalaikėje perspektyvoje. Matau daug to, bet labiau operaciniu lygmeniu. Taip, tai tikrai trumpalaikė perspektyva, jei žiūrite į tai iš projekto perspektyvos, svarbiausia yra pasiekti tikslą. Žinote, skyriaus panaudojimas yra užtikrinti, kad neviršytume valandų, kai įgyvendiname projektą ir panašiai. Taigi, iš savo padėties matau abu.“ (T4).

Galiausiai aiškinasi organizacijos, kurioje dirba respondentai, ilgalaikės perspektyvos tikslai. Kadangi vienas iš kritinių sėkmės veiksnių iššūkiams integracijoje išspręsti yra tvari verslo strategija,

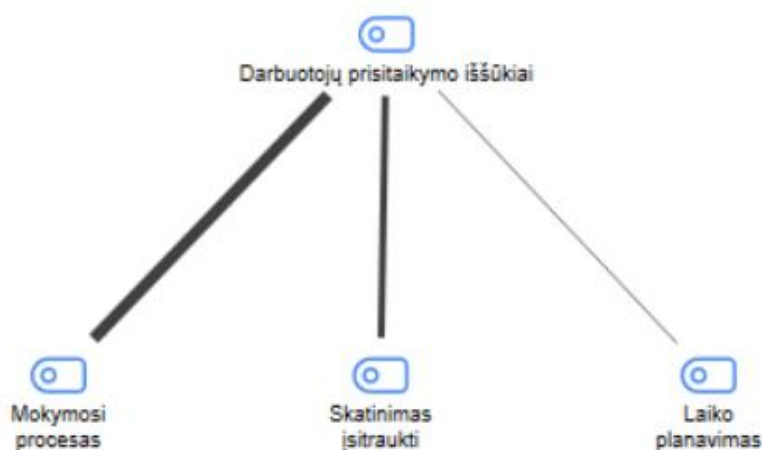
dalyviai pasidalino, jų nuomone, įmonėje akcentuojamais tikslais. Išskirti keli subkodai šioje kategorijoje – ilgalaikiai indikatoriai, trumpalaikiai indikatoriai bei produktyvumo augimas ilgalaikėje kultūrinėje strategijoje. 12 lentelėje yra pateikta respondentų atsakymų apžvalga išskirta svarbiausiomis citatomis, pagrindžiančiomis verslo strategijos kryptį.

Daugiau negu pusę darbuotojų manė, jog kompanijoje yra akcentuojami trumpalaikė perspektyva: „Šiuo metu taip pat turime parodyti tam tikrus patobulinimus, turinčius realią vertę čia, *GMR*, kad pateisintume, kodėl skiriame laiko taupymo temoms ir galbūt netgi galėtume vykdyti taupymą kitais finansiniais metais. Taigi mūsų vadovas nori matyti panašius skaičius ir nori matyti, kad taupymas iš tikrųjų gerėja ir leidžia sutaupyti. Šiuo metu tai labiau trumpalaikis dėmesys.“ Tačiau nors daugelis pabrėžia, kad įmonei su vykstančia LEAN transformacija procesuose svarbu trumpalaikiai indikatoriai, tokie kaip greiti rezultatai, pelno padidėjimas, tačiau vertybės pagrįstos ilgalaikė perspektyva: „Dabar su šia LEAN transformacija manau trumpalaikiai, tačiau vertybės įmonėje paremta ilgalaikė perspektyva.“ Tas duoda pagrindo manyti, jog integracijos aplinkoje kultūriniai konfliktai tarp kontrolės ir įgalinimo netaps iššūkiu. Keli pabrėžia, kad nors vykstant ir LEAN transformacijai įmonės prioritetu išlieka ilgalaikiai prioritetai: „Taigi, pirmiausia ilgalaikėje perspektyvoje pokyčiai yra svarbesni. Štai kodėl mes visi pradėjome šią LEAN kelionę, nes LEAN pokyčiai, LEAN mąstysena visada yra ilgalaikis pagerėjimas.“ Būtent verslo procesų tobulinimo departamento vadovas pabrėžė, jog mato sinergiją tarp trumpalaikių bei ilgalaikių veiksmų: „Matau abu. Prieš šešerius metus dalyvavau diegiant kultūrą ir vertybes, tad tai tikrai buvo ilgalaikė vizija – pameistrystės programos trumpalaikėje perspektyvoje, o socialinės atsakomybės sklaida ilgalaikėje perspektyvoje.“

4.1.6. LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų integracijos iššūkiai organizacijoje

Tyrime apžvelgus integracijos poveikį darbuotojų darbo vietoje, skaitmeninių technologijų įtaką tvariems darbo principams, taupijusių metodų poveikį veiklai su išmaniosiomis sistemomis bei integracijos poveikį įmonės veikloje galima išskirti esminius integracijos iššūkius. Išskiriami dviejų kategorijų iššūkiai: darbuotojų prisitaikymo iššūkiai bei skaitmeninių įrankių sąsajos su LEAN iššūkiai.

11 paveiksle yra pateikti pagrindiniai darbuotojų prisitaikymo iššūkiai. Sugrupavus bei išanalizavus atsakymus išskiriamos trys subkategorijos: Mokymosi proceso, skatinimo įsitraukti bei laiko planavimo iššūkiai.



11 pav. Darbuotojų prisitaikymo iššūkių hierarchinė diagrama

13 lentelėje yra pateikta respondentų atsakymų apžvalga išskirta svarbiausiomis citatomis, pagrindžiančiomis prisitaikymo iššūkių subkodus.

13 lentelė. Darbuotojų prisitaikymo iššūkiai

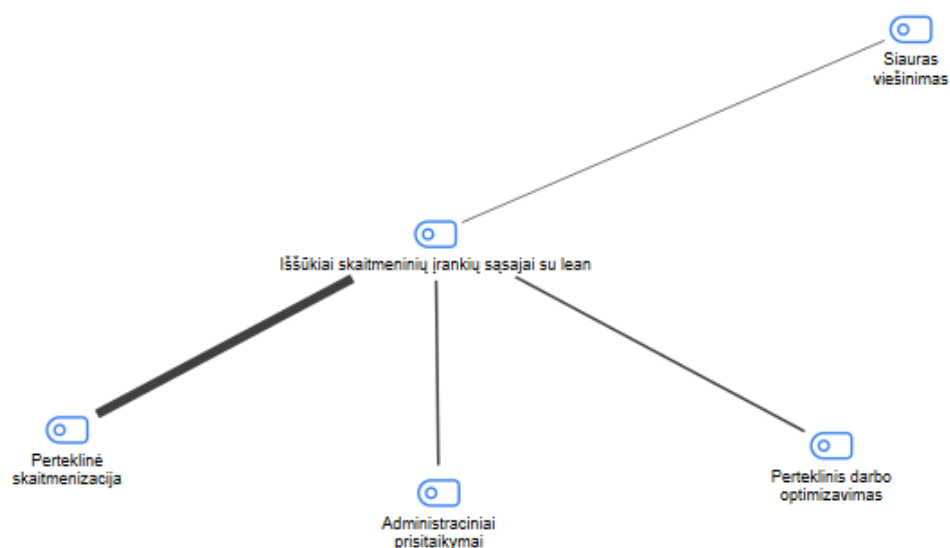
Subkodas	Interviu citata
Laiko planavimas	„<..> Kadangi turim vis daugiau RECO skambučių, taip pat naujų mokymų, nukenčia laikas įsigilinti į naujus techninius sprendimus pristatomus „RnD“ departamento, tas kartais jaučiasi. <..>“ (T5); „<..> Manau, kad turime per mažai laisvės tvarkantis su „Confluence“. Nes daugumai projektų „Confluence“ nėra. Tada pirmiausia reikia kažkur nueiti ir paprašyti, kad kas nors sukurtų „Confluence“ lentą bei švaistyti laiką dėlto. Tiesiog sukonfigūruok ją taip, kaip nori, suteik tau teises ir pakviesk visus projekto komandos narius ir viską. Tada sakau: „Man nerūpi, aš tiesiog padarysiu tai „Jira“.“ (T7).
Skatinimas įsitraukti	„<..> Taigi, kaip žinote, mes pradėdame nuo idėjos ir iki šiol stengiamės, kad visi teiktų idėjas, kad visi žinotų, jog yra vieta, kur jie gali kreiptis su savo idėjomis, kad idėjos neliktų nuošalyje, ir kad jie turėtų ką nors, kam galėtų pasiūlyti savo problemą ar temą. Pats įgyvendinimas šiuo metu yra gana sudėtingas, nes neturime suplanuotų valandų vien tik LEAN. <..> taigi, turime problemą, kai visi „Adonis“ dokumentai turi nuorodą, pavyzdžiui, į „Doxis“ ar „Jira“ nuorodas ir panašiai. Šiuo metu problema yra ta, kad mums reikia šios informacijos, jei dokumentas pasikeičia arba bent jau pasikeičia dokumento nuoroda, arba jis naudojamas kitaip, arba nebenaudojamas. Taigi, manau, kad naudodami „Adonis“ kaip skaitmeninio proceso, turime paskatinti žmones labiau dalytis informacija apie dokumentus arba apskritai apie darbo būdą.“ (T8); „<..> Manau, kad centre mes gana gerai stengiamės būti iniciatyvūs, žvelgti į procesą, suprasti, kada reikia ką nors keisti. Dėl LEAN pokyčių kartais atsiranda tam tikrų barjerų, bet verslo analitikos komanda įsitraukia į įvairias iniciatyvas, kuriose jie nagrinėja kažką. Pavyzdžiui, mes nagrinėjome naujų darbuotojų adaptaciją. Taigi, žinote, viskas – nuo pokalbių dėl darbo proceso iki kvalifikacijos patikrinimo ir tinkamumo užtikrinimo, kas vyksta pirmąją darbo dieną, žinote, darbo užmokesčio nustatymas, IT įranga ir visi kiti tokie dalykai.“ (T4); „<..> Ir sakau, aš visą laiką ir linkstu prie to, kad nu standartizuojam, padarom tą, vien tam, kad mes bent vienoj vietoj turėtume kažkoko aškurmo, nes šiaip yra labai platu.“ (T6).
Mokymosi procesas	„<..> Mūsų mokymai yra pagrįsti PDCA, nes norime išmokyti čia esančius žmones tokio mokslinio požiūrio, pagalvoti apie tai, kokia yra dabartinė padėtis? Analizuojant dabartinę padėtį, suprantant problemą, suprantant pagrindines priežastis. Ir tada, taikant šį mokslinį požiūrį, pabandyti iškelti hipotezę ar atlikti eksperimentus. Ir jei rezultatas yra toks, kokio tikėjotės, tada jį įdiekite, pasidalykite juo su savo komanda, pabandykite švęsti sėkmę ir standartizuoti. <..> Mes tikrai stengiamės išlaikyti viso DI kūrimo greitį, kuris įvyko per

	pastarąjį mėnesį ar metus, kai pradėjome su tuo dirbti, ir mes išsiaiškinsime, kaip tai veiks. Taigi, mes pradėdame dirbti su jais. Tai nėra pasaulinis standartas, nes norime, kad visi žmonės tai darytų nuo šiol. Mes nuolat mokomės. Stengiamės iš tikrųjų išnaudoti šiuolaikines technologijas, taip pat ir skaitmeninio signalo požiūriu, ir išbandyti tai. <..> Manau, kad jei pastaraisiais metais atsirado naujas procesas su visiškai nauja priemone, skirta įgyti naujų įgūdžių, pavyzdžiui, MVI diegimas, tai tampa sunkiau, nes reikia išmokti naudotis nauja programine įranga, galbūt reikia išmokti įgūdžių, o tada pokyčių procesas yra šiek tiek sudėtingesnis.“ (T1); „<..> Taip pat turėjau išmokti, kaip tai vadinasi, tarpininkauti, vesti grupę per skirtingus taškus ir per susitikimus ir panašiai. Taigi, tai yra kažkas, ko man taip pat teko išmokti. Ir tai buvo sritis, kurioje aš vis dar mokausi vesti „LEAN Circle“ grupę per susitikimus ir idėjas, taigi tai yra kažkas, ko šiuo metu vis dar mokausi, labai įdomu, bet kartu ir sudėtinga.“ (T8); „<..> Taigi, jei norite naudoti įrankius, kad informuotumėte kitus, arba tiesiog dokumentuoti tai, ką padarėte, arba norite mąstyti ir dirbti su savim, o ne tik rašyti įrankiais <..> Taip. Ir būtent to man asmeniškai reikėjo, kad išmokčiau atskirti šias veiklas ir tiesiog sąmoningai apie tai galvoti. <..> O galbūt jūsų komandos kolegės dirba tam tikru būdu, tarkime, kitaip valdo projektus. Ir norint pritapti ir sugebėti su jais dirbti, reikia išmokti jų darbo metodus ir panašius dalykus.“ (T7).
--	--

Tyrimo pastebėta, jog dažniausiai paminėtas prisitaikymo iššūkis integracijoje yra mokymosi procesas. Keli respondentai pasakojo, jog teko susipažinti su taupųjų metodų fundamentalumais, gilintis į teoriją bei susipažinti su taikymo įrankiais, tokiais kaip PDCA, tarpfunkcinio komandų patikomis – „LEAN Circle“: „Ir tai buvo sritis, kurioje aš vis dar mokausi vesti „Lean Circle“ grupę per susitikimus ir idėjas, taigi tai yra kažkas, ko šiuo metu vis dar mokausi, labai įdomu, bet kartu ir sudėtinga.“ Tačiau pabrėžiama, jog pagrindinis barjeras mokymuisi yra skaitmeninis įrankis: „tai tampa sunkiau, nes reikia išmokti naudotis nauja programine įranga, galbūt reikia išmokti įgūdžių, o tada pokyčių procesas yra šiek tiek sudėtingesnis.“ Maža arba nepakankama motyvacija darbuotojams įsitraukti yra kitas barjeras pastebėtas respondentų tarpe: „Taigi, manau, kad naudodami „Adonis“ kaip skaitmeninio proceso, turime paskatinti žmones labiau dalytis informacija apie dokumentus arba apskritai apie darbo būdą.“ Pabrėžiama, kad trūksta lygiareikšmio komandos narių įsitraukimo tobulinti procesą, reikalingas papildomas skatinimas: „<..> Ir sakau, aš visą laiką ir linkstu prie to, kad nu standartizuojam, padarom tą, vien tam, kad mes bent vienoj vietoj turėtume kažkoko askumo, nes šiaip yra labai platu.“ Galiausiai, kai kurie tyrimo dalyviai pabrėžia, jog laikas gali būti barjeru prisitaikant prie integracijos proceso: „<..> Manau, kad turime per mažai laisvės tvarkantis su „Confluence“. Nes daugumai projektų „Confluence“ nėra. Tada pirmiausia reikia kažkur nueiti ir paprašyti, kad kas nors sukurtų „Confluence“ lentą bei švaistyti laiką dėlto.“

12 paveiksle yra pateikti darbuotojų patiriami iššūkiai skaitmeninių įrankių sąsajai su LEAN principais. Sugrupavus bei išanalizavus atsakymus išskiriamos keturios subkategorijos: siauras viešinimas, esamų įrankių optimizavimas, perteklinis darbo optimizavimas, perteklinė skaitmenizacija bei administraciniai prisitaikymo iššūkiai.

14 lentelėje yra pateikta respondentų atsakymų apžvalga išskirta svarbiausiomis citatomis, pagrindžiančiomis prisitaikymo iššūkių subkodus.



12 pav. Iššūkių skaitmeninių įrankių sąsajai su LEAN hiererchinė diagrama

14 lentelė. Iššūkiai skaitmeninių įrankių sąsajai su LEAN

Subkodas	Interviu citata
Siauras viešinimas	„<..> Bet, mano nuomone, pagrindinė mūsų transformacijos problema yra ta, kad bandome atlikti labai, labai didelius pokyčius su daugeliu žmonių. Taigi visada reikia laiko, kad perduotumėte jiems žinią, tai yra tai, ką mes norime daryti. Jums reikia jūsų indėlio, kad jūs, nežinau, padarytumėte tai šiek tiek kitaip. Prašau, darykite tai šiek tiek kitaip. Tai yra naujas įrankis, išmokite naują įrankį, kad tai padarytumėte. Reikia laiko išmokti ir perteikti tuos dalykus, kurių tikimasi, kad dirbsite kitaip. Taip, gerai, tai kokius abipusius pardavimus turėtume sujungti?..“ (T7).
Perteklinis darbo optimizavimas	„<..> tai Lietuvos ofise mes dar nelabai darom, bet austrai čia jau pradėjo šitą daryti. Čia irgi iš Leano yra atėjęs „leadership at work.“ Ir turim su „leadership“ komanda du savaitinius skambučius. Tai toks atrodo priverstinis dalykas biški toks, kad ir jeigu neturi ką pasakyti, žinai, turi ten būti ir sėdėti. Bet iš kitos pusės ir gerai, nes jeigu nėra kažko svarbaus, kažko, ką reikia spręsti, daryti, tai ten penkias minutes užtrunka tas skambutis. <..> Aš gal sakyčiau, apskritai, leano diegime turbūt didžiausias ir pagrindinis iššūkis problema, kurią reikia išspręsti diegiant, tai aiškiai nupiešti vertę kiekvieno dalyko, kurį tu įdiegi tiems žmonėms, kurie tuo naudosis. Nes jeigu tau pavyzdžiui kažką tai perša ir tu nematai naudos tame, tai tu netaikysi ir tau bus neįdomu.“ (T2).
Administraciniai prisitaikymai	„<..> Pats įgyvendinimas šiuo metu yra gana sudėtingas, nes neturime suplanuotų valandų vien tik LEAN, tarkime, GMR, ir visi turi pažiūrėti, ar yra laisvo laiko, ir panaudoti jį LEAN temoms ir patobulinimams, tad šiais finansiniais metais tai šiek tiek sudėtinga, bet mes dirbame ties tuo ir tai labai naudinga, nes LEAN yra tarsi durų atvėrėjas, kaip galima sakyti. <..>“ (T8); „Su šiuo įrankiu „onboarding“ procesas bus sklandesnis ir daroma mažiau klaidų. Niekas kitas nežinojo, tai dėl to yra iš Anglijos atėjęs TREADPAD, tai jis yra jau čia kelis metus naudojamas įrankis, bet jis dabar tiesiog yra labai išstobulintas <..>“ (T6).
Perteklinė skaitmenizacija	„<..> Kitas dalykas yra tai, kad naudodami taupymo įrankius realiuose procesuose, mes peržiūrime procesus, kokie įrankiai ten naudojami, ir stengiamės juos sumažinti. <..> tai yra tam tikros medijos pertraukos. Jei pažvelgsite į procesus, skaičiuosite pertraukų tarp įrankių ar medijų skaičių. Taigi, jei ką nors pakeisite iš „whiteboard“ į „PowerPoint“, tada iš „PowerPoint“ į „Excel“, iš „Excel“ į SAP ir taip toliau, kiekvieną kartą, kai pakeisite programinės įrangos tipą, turėsite savotišką medijos pertrauką. Ir procesas yra tikrai prastas, kuo didesnis šis skaičius. <..> tai nėra todėl, kad manome, jog visi įrankiai yra nereikalingi, nes visada keičiant šio tipo įrankį, visada pridėdant bet kokią įrankį proceso metu, tai sukelia daugiau painiavos, žmonėms reikia išmokti įrankius, programinę įrangą ir taip toliau. Ir kaip

	jau minėta, įmonėje turime labai daug įrankių, manau, daugiau nei 600 skirtingų programinės įrangos licencijų. <..>“ (T1); „<..>Dėlto kartais galvoju, kad taip, gal, žinai, yra dalykai, kurie yra per LEAN, kad nu jie yra pertikliniai. Iš kitos pusės aš matau ir jų naudą, nu va pvz., va kaip ir pas mumis yra PDI. PDI arba „one-to-one“ vadovų su žmonėm. PDI man atrodo pertiklinis dalykas, man atrodo jisai nereikalingas ypač mažose komandose.“ (T6); „<..>Nežinau, ką dabar galvoti apie „Confluence“, nes kartais labai gerai, kad ją turi, nes informacija pateikiama taip, kaip tau reikia, arba apibrėži ją darbo grupėje, tarkime, komandoje ar projekto komandoje ar kur kitur, ir viskas yra vienoje vietoje, bet jei sakai: „Na, aš turėjau tą patį „Jira“, tik kitaip pavaizduotą, kodėl dabar turiu du įrankius tam pačiam dalykui?“ Štai kodėl man vis dar šiek tiek neaišku dėl „Confluence“.“ (T7).
--	--

Daugiausia respondentų paminėtas sąsajos iššūkis buvo perteklinė skaitmenizacija. Pabrėžiama, jog kai kuri programinė įranga bei procesai persidengia tarpusavyje ir darbuotojų diskutuojama kaip atmetini veiklai: „Nežinau, ką dabar galvoti apie „Confluence“, nes kartais labai gerai, kad ją turi, nes informacija pateikiama taip, kaip tau reikia, arba apibrėži ją darbo grupėje, tarkime, komandoje ar projekto komandoje ar kur kitur, ir viskas yra vienoje vietoje, bet jei sakai: „Na, aš turėjau tą patį „Jira“, tik kitaip pavaizduotą, kodėl dabar turiu du įrankius tam pačiam dalykui?“ Kiti mano, jog organizacija turi per daug įrankių funkcijoms atlikti, kas gali teikti sąlygas kurtis švaistymams: „Jei pažvelgsite į procesus, skaičiuosite pertraukų tarp įrankių ar medijų skaičių. Taigi, jei ką nors pakeisite iš „whiteboard“ į „PowerPoint“, tada iš „PowerPoint“ į „Excel“, iš „Excel“ į *SAP* ir taip toliau, kiekvieną kartą, kai pakeisite programinės įrangos tipą, turėsite savotišką medijos pertrauką. Ir procesas yra tikrai prastas, kuo didesnis šis skaičius.“ Pastebėta ir administracinių prisitaikymo iššūkių. Egzistuoja nesuderinamumas tarp departamentų, kas liečia naujo skaitmeninio įrankio taikymą: „Niekas kitas nežinojo, tai dėl to yra iš Anglijos atėjęs TREADPAD, tai jis yra jau čia kelis metus naudojamas įrankis, bet jis dabar tiesiog yra labai išstobulintas <..> “. Taip pat kai kurie departamentai nėra apsibrėžia darbo apskaitos tvarkymo dėl LEAN metodų taikymo ugdymo seminarų, komandų laiko. Taip pat tyrime pastebėta, jog egzistuoja darbuotojų nepasitenkinimas perteklinio darbo optimizavimo veiksniais. Dėl LEAN transformacijos įdiegti reguliarūs susitikimai kartais nebūna efektyvūs: „Čia irgi iš LEAN yra atėjęs leadership at work. Ir turim su „leadership'o“ komanda du savaitinius skambučius. Tai toks atrodo priverstinis dalykas biški toks, kad ir jeigu neturi ką pasakyti, žinai, turi ten būti ir sėdėti.“ Siauras viešinimas taip pat dar vienas tyrime atrastas elementas, kuris nepaliečia visų darbuotojų ir dėlto kyla nesuderinamumas: „Tai yra naujas įrankis, išmokite naują įrankį, kad tai padarytumėte. Reikia laiko išmokyti ir perteikti tuos dalykus, kurių tikimasi, kad dirbsite kitaip.“

4.2. Diskusija

Tyrimo rezultatai patvirtino prielaidą, jog LEAN metodai bei skaitmeninės technologijos yra ne konkuruojančios, bet viena kitą papildančios paradigmos. Tyrimo respondentai pažymėjo, jog LEAN metodai padeda organizacijoje struktūrizuoti procesus, aiškiai identifikuoti švaistymus ir standartizuoti veiklą, o skaitmeninės technologijos suteikia galimybę šiuos procesus stebėti realiuoju laiku, greičiau priimti sprendimus, vadovaujantis išmaniųjų įrankių lankstumu. Šie rezultatai sutampa su literatūroje pateikiamu požiūriu, kad LEAN yra skaitmeninių technologijų plėtojimosi pagrindas. Tyrimo metu aiškintasi, kuri iš dviejų paradigmų stiprina integraciją labiau bei kuri yra viena kitos įgalintoja – taupieji metodai skaitmenizacijos ar atvirkščiai. Tuo siekta sužinoti, kurioje kryptyje iššūkių yra daugiau integracijoje. Interviu dalyvių klausta apie integracijos poveikio veikloje elementus – darbuotojų įgalinimą, mokymąsi, savarankiškumą, kultūrinę strategiją organizacijoje bei pačios darbo vietos elementus – prisitaikymą, kompetencijos keitimą. Aiškintasi ar yra laikomasi

esminių tvarių integracijos praktikų bei principų, paminėtų teoriniuose sprendiniuose, kurie formuoja esminius kritinius sėkmės veiksnius iššūkių sprendimui.

Apibendrinus, kas yra labiau pasitelkiama integracijoje – LEAN metodai skaitmeniniuose įrankiuose ar skaitmeniniai įrankiai taupijų metodų palaikyme, tyrime tapo aišku, jog nauji skaitmeniniai sprendimai dėl LEAN metodų neatsirado, o LEAN metodai yra įgalinami pasitelkus egzistuojančias sistemas įmonėje, įskaitant ir dirbtinio intelekto sprendimus. Taupiesiems metodams įsigalėti yra sudėtingiau jau veikiančiuose skaitmeniniuose procesuose įmonėje, dėl savo filosofškai mažo lankstumo galimybių, todėl dalis respondentų nurodė atvejus, kai skaitmenizacija buvo vykdoma paraleliai arba net prieš LEAN principų įtvirtinimą, o tai lėmė perteklinį sudėtingumą, neefektyvų sistemų naudojimą ir ribotą realią naudą. Ši įžvalga atitinka mokslinėje literatūroje akcentuojamą „pirmiausia LEAN, vėliau automatizavimas“ principą (Narula ir kt., 2023).

Apžvelgus integracijos įtaką respondentų darbo vietoje ir iš to kylančius iššūkius, tyrimas atskleidė, kad darbuotojai pokyčius priima teigiamai ir įmonėje vyrauja brandi priėmimo kultūra taupijų metodų atžvilgiu. Tai palaiko darbuotojų palankumo naujovėms kritinį sėkmės veiksnį. Respondentai taip pat paminėjo, jog įmonėje vyrauja vadovybės pritarimas idėjų siūlymui bei jų realizacijai reguliarių susitikimų metu – tai formuoja lietartūroje išskirta aukščiausios vadovybės įsitraukimo bei skatinimo kritinį sėkmės veiksnį. Bet gauta atsakymų, kuriuose teigiama, jog jokio pokyčio darbo vietoje nei LEAN principai, nei integracijai pašnekovams nesukėlė, tai gali sukelti vėlesnius iššūkius, susijusius su darbuotojų įsitraukimu ir priešinimusi – nepalaikomas darbuotojų mokymo praktika bei suderinamumo principas, nes skirtingi organizacijos realizacijos departamentai veiks nevienodais procesais ir integruotais skirtingu metu. Kitame svarbiame аспекte – kompetencijų keitime didžioji dalis pašnekovų turėjo keisti savo kompetencijas dėl LEAN metodų atsiradimo ir taikymo, kas yra dažnesnis skaitmeninimo veiksnys. Be to, didesnė dalis tyrime dalyvavusių darbuotojų įvardijo, kad keitė savo kompetencijas dėl pritaikymo prie naujos rutinos, apeinant mokymosi ir ugdymo principą. Kalbant apie dirbtinio intelekto įrankių įtaką darbo vietoje galima išskirti dvi perspektyvas – respondentai, kurie neturėjo išreikšto pokyčio dėl LEAN metodų – įrankiu optimizuoti darbą naudojos mažiau. Respondentai nurodė, kad DI yra tik ateinantis išmanusis įrankis organizacijoje, tačiau pabrėžė, kad kol egzistuoja tiesioginė vartotojų sąsaja su juo, tai gali būti gera perspektyva įgalinti darbuotojus ieškoti sprendimų jo pagalba bei geriau suprasti procesų keitimąsi taupijų metodų pagrindu, kada įmonėje DI pagalba bus sukurti vadinamieji „agentai“ skirtingiems realizacijos departamentams darbui efektyvinti.

Apibendrinus integracijos poveikio veikloje elementus, kuriose pabrėžiami socialiniai veiksniai galima teigti, jog didelė dalis darbuotojų balansą tarp taupijų metodų suteikimo veiklos standartizacijos bei skaitmeninių įrankių lankstumo mato kaip mokymosi ir tobulėjimo galimybę, tai iš esmės atitinka lankstumo bei nulinio tobulinimo principus, kurie stiprina tarpfunkcines komandas (inicijuojami „RECO“ skambučiai), *PDCA* procesą tiriamoje įmonėje. Dėl individualių darbuotojų sprendimų išlaikymo bei autonomijos integracijos kontekste įmonės respondentai kaip esminius veiksnius pabrėžė asmenybės įtaką bei individualumą dėka skaitmeninio įrankio. Šios prielaidos iš esmės rodo, kad tiriamą organizaciją juda tinkama linkme LEAN transformacijoje skaitmeniniame kontekste, nes pagal mokslinės literatūros iškeltus barjerus sėkmingai integracijai būtent skaitmeniniai įrankiai gali riboti mokymosi procesą, sudėtingais duomenų apdorojimais ar vartojimo sąsaja. Dažnai pasikartojęs atsakymas – jog autonomija įmonės veikloje priklauso nuo asmenybės, duoda suprasti organizacijos strategiją, kurioje vyrauja laisvas sprendimų pasirinkimas darbo funkcijose – svarbus kultūrinis veiksnys, kuris atspindi dar vieną kritinį sėkmės veiksnį integracijoje.

Į darbuotoją orientuota verslo strategija pagrindžia darbuotojų apklausos rezultatai, kuriose vertinama organizacijos strategija. Nors vykstančioje LEAN transformacijoje daugelis pabrėžia, kad įmonė akcentuoja trumpalaikius indikatorius strategijoje – pvz. pelnas arba našumas, beveik kiekvienas respondentas greta pamini įmonės vertybes, orientuotas į komunikaciją, komandiškumą.

Įvertinus visų sociotechninės perspektyvos kategorijų analizes projekte, tiriama organizacija iš esmės tvariai laikosi teoriniame modelyje pateiktos koncepcijos integracijos kontekste, tačiau išryškinami keli barjerai bei iššūkiai. Svarbi diskusijos kryptis susijusi su žmogiškųjų veiksmų vaidmeniu. Kompetencijų trūkumas, nepakankami mokymai ir ribotas žmonių įsitraukimas tampa esminiais barjeriais integracijai. Nors technologijos sudaro prielaidas efektyvesniems PDCA ciklams, realaus laiko grįžtamojo ryšio mechanizmams ir pažangiai analitikai, jų potencialas lieka neišnaudotas, jei darbuotojai nesupranta, kaip šiuos duomenis taikyti LEAN sprendimų priėmimo. Tyrimas parodė, jog dėl LEAN metodų taikymo bei skaitmeninių įrankių keitimosi arba naujų taikymo, ne visi respondentai turėjo keisti kompetencijas, tai ateityje gali privesti prie nesuderinamumo principo bei pakenkti tokioms praktikoms kaip tarpfunkcinės komandos, nes bendradarbiavimas problemų sprendime tampa lėtas dėl skirtingų kompetencijų. Mokymosi iššūkiai bei nelygiavertis darbuotojų įsitraukimas gali pakenkti laipsniško diegimo bei darbuotojų įgalinimo principams. Perteklinė skaitmenizacija bei perteklinis darbo optimizavimas yra daugiausiai kartų paminėti techniniai barjerai, kur tiriamoje organizacijoje respondentai išskyrė, jog įmonėje egzistuoja per daug įrankių bei licenzijų, kuriose darbas yra kartojamas daugiau nei kartą bei funkcionalumas gali būti apjungtas. Tai patvirtina mokslinėje literatūroje surastą informaciją (Scriven, Ledwith ir Nagle, 2024). Galima patvirtinti, jog empiriniame tyrime nagrinėta organizacija susiduria su mokslinėje literatūroje rasta iššūkiais ir integracijos barjeriais, todėl empirinio tyrimo rezultatai gali būti laikomi patikimais bei atspindinčiais praktinius aspektus.

Apribojimai. Išskiriami dviejų kryptių tyrimo apribojimai – nagrinėta tyrimo imtis bei tyrimo turinys. Nors tyrimo imčiai pasirinkta skirtingų kompetencijų bei žinių specialistai globalioje kompanijoje – respondentai iš 3 šalių, skirtingose įmonės sektoriuose, siekiant absoliučiai įvertinti organizacijos sritis integracijoje, toks duomenų rinkimas gali atspindėti tik tos įmonės sąlygas, praktikas bei kultūrą, ignoruojant duomenis, kurie nėra pritaikomi visoje konkrečioje pramonės šakoje – šiuo atveju gamyboje. Tyrimo turinyje daugiausia atsižvelgta tik į sociotechninius veiksmus, beveik nevertinama techninių iššūkių literatūra bei duomenys iš interviu, kurie fundamentaliai pagrįstų kaip konkrečių skaitmeninių technologijų vartojimas organizacijose palaiko ar stiprina taupiąjų metodų techninius principus.

4.3. Rekomendacijos

Tyrime dalyvavusiai organizacijai bei visoms toje pačioje pramonės šakoje priklausančioms įmonėms bei darbuotojams teikiamos rekomendacijos pagal atlikto empirinio tyrimo rezultatus bei remiantis teorine literatūros analize:

- Aiški komunikacija bei viešinimas. Informacijos sklaida, susijusi su procesų tobulinimu bei keitimu organizacijoje labai stipriai susijusi su teisingu interpretavimu bei tos informacijos panaudojimu. Įmonėms, einančioms per integracijos procesus labai svarbu į viešinimo ratą įtraukti visų departamentų darbuotojus bei pateikti skaidrią informaciją ir tiksliai paaiškinti kaip ta informacija paveiks darbuotojus.
- Operatyvinių sistemų priėmimo tobulinimas. Technologiniai sprendimai dažnai diegiami greičiau nei organizacija pasirengia juos priimti, o tai sukuria atotrūkį tarp sistemos

funkcionalumo ir realaus jos naudojimo kasdienėje veikloje, todėl operatyvinių sistemų priėmimo tobulinimas turėtų būti grindžiamas socio-techniniu požiūriu, kuriame technologinis sprendimas derinamas su darbuotojų kompetencijomis, darbo procesais ir organizacine kultūra.

- Efektyvios mokymo ir ugdymo programos. Neegzistuojant tinkamiems mokymams, skaitmeninių LEAN įrankių diegimas darbuotojams gali sukelti kompleksškumą, pasipriešinimą bei netinkamą jų naudojimą. Gebėjimų ugdymas leidžia darbuotojams interpretuoti tradicinius LEAN principus skaitmeniniame kontekste.
- Darbuotojų įgalinimo būtinybė. Darbuotojų įtraukimas į pokyčius yra viena esminių kryptų, nes būtent naujų procesų teigiamas priėmimas formuoja sėkmingą integracijos praktiką. Būtina orientuoti darbuotojų įgūdžius į praktinio veikimo galimybės naujoje integracijos aplinkoje.
- Vadovybės įsitraukimas bei lyderystė. Procesų diegimo spragos be aiškaus koordinavimo pažymima kaip viena esminių integracijos problemų. Aukščiausia organizacijos vadovybė integracijos kontekste privalo skatinti bei palaikyti darbuotojus, vesti aiškią komunikaciją, apibrėžti viziją, kuri atitiktų strateginį suderinamumą su organizacijos tikslais.

Išvados

1. Besikeičiančios rinkos sąlygos, dideli technologiniai spaudimai bei ateinančios *Pramonės 5.0* reikalavimai diktuoja poreikį organizacijoms integruoti taupiuosius metodus kartu su skaitmeninėmis technologijomis. Daugelis autorių mokslinėje literatūroje sutaria, jog LEAN metodų bei skaitmeninių įrankių taikymas kartu yra būdas organizacijoms įveikti rinkos iššūkius, nes šios paradigmos kompensuoja viena kitos ribotumus. Tyrėjai pabrėžia, kad nors integracija yra būtina organizacijoms išlikti konkurencingomis, bet taupieji metodai remiasi žmogaus veiklos įgalinimu, o skaitmeninės technologijos remiasi kontrole bei automatizacija virš darbuotojų sprendimų, dėl to kyla organizacinės įtampos, kurios gali sukelti kultūrinius konfliktus, darbuotojų pasipriešinimą bei kompetencijų trūkumą.
2. Atlikus literatūros analizę teoriniuose sprendiniuose pabrėžiama, jog norint įveikti integracijos barjerus organizacijos turi remtis kritiniais sėkmės veiksniais, reikalingais konkurencingumui užtikrinti ir palaikyti organizacijos pokyčių procesus. Tyrimuose labiausiai minimi kritiniai sėkmės veiksniai integracijos kontekste yra vadovybės palaikymas, mokymai, verslo strategija, aiški duomenų integracija, oficialūs procesai bei komunikacija. Efektyviam pritaikymui, išvengiant iššūkių, organizacijos turi vadovautis esminiais integracijos principais, koordinuotų sociotechniniu požiūriu. Literatūroje pateikiami tokie principai kaip suderinamumas, laipsniškas diegimas, darbuotojų įgalinimo, nuolatinio tobulinimo ir kiti principai. Principai įgalina organizacines elgesnas bei procesus – integracijos praktikas, kurios mokslinėje literatūroje išskirtos šios – tarpfunkcinės komandos, *PDCA*, gebėjimų ugdymas ir mokymai, procesų žemėlapiai ir duomenų integravimas.
3. Empirinis tyrimas, atliktas pasitelkus kokybinio tyrimo metodą, kurio metu buvo atliekamas pusiau struktūrizuotas interviu. Tyrimo metodas leido išsamiau apžvelgti atrinktų respondentų ekspertines įžvalgas bei patirtis integracijos kontekste organizacijos veikloje. Struktūrizuotas klausimynas buvo sudarytas remiantis išsikelta tyrimo problematika bei teoriniais sprendiniais. Duomenų sisteminimas bei tyrimo analizė atlikta naudojant „MAXQDA“ programinį paketą. Tyrime dalyvavo skirtingų organizacijos veiklos realizacijos departamentų atstovai, kurių anonimiškumas užtikrintas viso tyrimo metu.
4. Atlikus LEAN metodų ir skaitmeninių technologijų iššūkių empirinio tyrimo analizę identifikuoti pagrindiniai iššūkiai, kurie suskirstyti į dvi grupes – darbuotojų prisitaikymo iššūkiai integracijos aplinkoje bei skaitmeninių įrankių sąsajos su LEAN metodais iššūkiai. Pagrindiniai darbuotojų prisitaikymo iššūkiai yra mokymosi procesas, silpnas skatinimas įsitraukti bei neapibrėžtas laiko planavimas. Sąsajos iššūkiai dengia siaurą viešinimą, perteklinę skaitmenizaciją, administracinius prisitaikymus bei perteklinį darbo optimizavimą. Tyrime rasti iššūkiai iš esmės atitinka problematiką bei teorinėje dalyje mokslinių šaltinių pabrėžtiems barjerams – skaitmeninių duomenų kompleksiskumas atitinka perteklinę skaitmenizaciją, kultūrinis pasipriešinimas atitinka silpną skatinimą įsitraukti, siauras viešinimas – aiškos komunikacijos nebuvimas. Mokslinėje literatūroje neišskirti iššūkiai – administracinis prisitaikymas bei laiko planavimas. Pateiktos praktinės gairės, kurios turi padėti pasiekti sėkmingą LEAN principų bei skaitmeninių technologijų integraciją iššūkių kontekste: aiški komunikacija bei viešinimas, operatyvinių sistemų priėmimo tobulinimas, efektyvios ugdymo bei mokymo programos, darbuotojų įgalinimas bei vadovybės įsitraukimas ir lydersytė.

Literatūros sąrašas

1. Alhuraish, I., Robledo, C., & Kobi, A. (2017). A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors. *Journal of Cleaner Production*, 164, 325–337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.146>
2. Benslimane, T., Benabbou, R., Mouatassim, S., & Benhra, J. (2024). Understanding the relationship, trends, and integration challenges between lean manufacturing and Industry 4.0: A literature review. *International Journal of Production Management and Engineering*, 12(2), 195–209. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2024.21473>
3. Bernhard, O., Dillinger, F., & Zäh, M. (2023). Methodology for Transformation Processes in the Context of Lean 4.0 in Manufacturing Companies. *Procedia CIRP*, 120, 487–492. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.024>
4. Bueno, A., Goyannes Gusmão Caiado, R., Guedes de Oliveira, T. L., Scavarda, L. F., Filho, M. G., & Tortorella, G. L. (2023). Lean 4.0 implementation framework: Proposition using a multi-method research approach. *International Journal of Production Economics*, 264, Article 108988. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108988>
5. Chivukula, K., & Pattanaik, L. N. (2024). Effects of Industry 4.0 technologies on lean manufacturing and organizational performances: An empirical study using structural equation modelling. *International Journal of Performability Engineering*, 20(6), 355–366. <https://doi.org/10.23940/ijpe.24.06.p3.355366>
6. Cifone, F. D., Hoberg, K., Holweg, M., & Staudacher, A. P. (2021). ‘Lean 4.0’: How can digital technologies support lean practices? *International Journal of Production Economics*, 241, Article 108258. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108258>
7. Dieste, M., Sauer, P. C., & Orzes, G. (2022). Organizational tensions in industry 4.0 implementation: A paradox theory approach. *International Journal of Production Economics*, 251, Article 108532. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108532>
8. Dillinger, F., Kagerer, M., & Reinhart, G. (2021). Concept for the development of a Lean 4.0 reference implementation strategy for manufacturing companies. *Procedia CIRP*, 104, 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.056>
9. Endrigo Sordan, J., Andersson, R., Antony, J., Lopes Pimenta, M., & Oprime, P. C. (2024). [Rev. of How Industry 4.0, artificial intelligence and augmented reality can boost Digital Lean Six Sigma]. *Total Quality Management & Business Excellence*, 35(13–14), 1542–1566. <https://doi.org/10.1080/14783363.2024.2375299>
10. Galeazzo, A., Furlan, A., Tosetto, D., & Vinelli, A. (2024). Are lean and digital engaging better problem solvers? An empirical study on Italian manufacturing firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 44(6), 1217–1248. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2023-0477>
11. Goma, A. H. (2025). Lean 4.0: A strategic roadmap for operational excellence and innovation in smart manufacturing. *International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE)*, 13(5), 1–20. <https://doi.org/10.35940/ijese.D2592.13050425>
12. Holmemo, M. D.-Q., Ingvaldsen, J. A., & Korsen, E. B. H. (2021). When Digital Lean Tools Need Continuous Improvement. In E. Alfnes et al. (Eds.), *Learning in the Digital Era* (Vol. 610, pp. 165–171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92934-3_17

13. Hossain, M. M., & Purdy, G. (2024). Role of Industry 4.0 in zero-defect manufacturing: A systematic literature review and a conceptual framework for future research directions. *Manufacturing Letters*, 41, 1696–1707. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2024.09.197>
14. Johansson, P. E., Bruch, J., Chirumalla, K., Osterman, C., & Ståhlberg, L. (2024). Integrating advanced digital technologies in existing lean-based production systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 44(6), 1158–1191. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2023-0434>
15. Kakouris, A., Athanasiadis, V., & Sfakianaki, E. (2025). Industry 4.0 and lean thinking: the critical success factors perspective. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 42(6), 1625–1671. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2023-0389>
16. Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2019). Ubiquitous knowledge empowers the Smart Factory. *Annual Reviews in Control*, 47, 221–236. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.01.001>
17. Lorenz, R., Buess, P., Macuvele, J., Friedli, T., & Netland, T. H. (2019). Lean and Digitalization—Contradictions or Complements? In *Advances in Production Management Systems* (Vol. 566, pp. 77–84). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30000-5_10
18. Margherita, E. G., & Braccini, A. M. (2024). Exploring tensions of Industry 4.0 adoption in lean production systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 44(6), 1127–1157. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2023-0354>
19. Marinelli, M., Deshmukh, A. A., Janardhanan, M., & Nielsen, I. (2021). Lean manufacturing and Industry 4.0 combinative application. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 288–293. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.034>
20. Meyer, M., Dötig, F., & Jochem, R. (2024). Developing a lean digital twin framework. *Procedia CIRP*, 130, 791–796. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.166>
21. Moraes, A., Carvalho, A. M., & Sampaio, P. (2023). Lean and Industry 4.0: A Review of the Relationship. *Machines*, 11(4), 443. <https://doi.org/10.3390/machines11040443>
22. Narula, S., Puppala, H., Kumar, A., Luthra, S., Dwivedy, M., Prakash, S., & Talwar, V. (2023). Are Industry 4.0 technologies enablers of lean? *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(1), 115–138. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2021-0085>
23. Pasmore, W. A. (1995). Social science transforms organizational design. *Organization Science*, 6(3), 272–286. <https://doi.org/10.1287/orsc.6.3.272>
24. Qureshi, K. M., Mewada, B. G., Buniya, M. K., & Qureshi, M. R. N. M. (2023). Analyzing Critical Success Factors of Lean 4.0 Implementation. *Sustainability*, 15(6), 5528. <https://doi.org/10.3390/su15065528>
25. Rajak, S., Kumar, P., Modi, A., Swarnakar, V., Antony, J., & Sony, M. (2025). An assessment of barriers to integrate lean six sigma and industry 4.0. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 38(3), 386–407. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2024.2335969>
26. Roquini, P. H. C., Oliveira, J. M. S. de, Bonamigo, A., & Martelotte, M. C. (2025). Digital twin technologies in manufacturing operations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 43(1), 1–20. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2024-0430>
27. Rossi, A. H. G., et al. (2022). Lean Tools in the Context of Industry 4.0. *Sustainability*, 14(19), 12295. <https://doi.org/10.3390/su141912295>
28. Rupšienė, L. (2007). *Kokybinio tyrimo duomenų rinkimo metodologija*. Klaipėdos universiteto leidykla.

29. Saad, S. M., Bahadori, R., Bhovar, C., & Zhang, H. (2024). Industry 4.0 and Lean Manufacturing. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(5), 997–1024. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2022-0021>
30. Sah, B. P., Tanha, N. I., Sikder, M. A., & Habibullah, S. M. (2024). The integration of Industry 4.0 and lean technologies in manufacturing industries: A systematic literature review. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*, 1(3), 14–25. <https://doi.org/10.62304/ijmisds.v1i3.164>
31. Schulze, F., & Dallasega, P. (2023). Barriers to lean implementation in engineer-to-order manufacturing. *Production Planning & Control*, 34(1), 91–115. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1888159>
32. Schumacher, S., Hall, R., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2023). Lean Production Systems 4.0. *International Journal of Production Research*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2159562>
33. Scriven, P., Ledwith, A., & Nagle, T. (2024). Towards a lean digital transformation research framework. *Journal of Decision Systems*, 33(sup1), 63–77. <https://doi.org/10.1080/12460125.2024.2354608>
34. Silva, N., Nakandala, D., & Yang, R. (2025). A Novel Lean-Centric Readiness Model. *Journal of Industrial Engineering & Management*, 18(3), 459–495. <https://doi.org/10.3926/jiem.8651>
35. Tashkinov, A. G. (2024). The implementation of lean and digital management techniques using artificial intelligence. *Discover Artificial Intelligence*, 4(1), Article 94. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00186-5>
36. Teles, N. C. F., Abe, J. M., do Nascimento, S. S., & Corrêa de Oliveira, C. (2022). The synergy of Lean Manufacturing methodology in the context of Industry 4.0: An integrative review. *Research, Society and Development*, 11(13), e353111335449. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35449>
37. Tortorella, G. L., Cawley Vergara, A. M., Garza-Reyes, J. A., & Sawhney, R. (2023). *Lean 4.0: A systematic literature review on the interaction between lean production and Industry 4.0 pillars*. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(6), 1217–1242. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2022-0144>
38. Valamede, L. S., & Akkari, A. C. S. (2020). Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(5), 851–868. <https://doi.org/10.33889/ijmems.2020.5.5.066>
39. Vicente, I., Godina, R., & Teresa Gabriel, A. (2024). Applications and future perspectives of integrating Lean Six Sigma and Ergonomics. *Safety Science*, 172, Article 106418. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106418>
40. Wang, F.-K., Rahardjo, B., & Rovira, P. R. (2022). Lean Six Sigma with Value Stream Mapping in Industry 4.0. *Sustainability*, 14(17), 11020. <https://doi.org/10.3390/su141711020>
41. Zhao, X. (2024). Optimizing Big Data Capabilities and Management in Manufacturing Firms. *Transformations in Business & Economics*, 23(2), 141.

Informacijos šaltinių sąrašas

1. Cudney, E. (2025). Integrating Quality 4.0 Techniques into the Lean Six Sigma Framework [žiūrėta 2025-11-28]. Prieiga per internetą: <https://www.qualitymag.com/articles/>

Priedai

1 priedas. Pusiau struktūruoto interviu klausimynas (lietuvių kalba)

Kategorija	Klausimai
Skaitmeninių įrankių bei taupųjų metodų apibrėžimas įmonės veikloje	Apibūdinkite su kokiom LEAN technikomis, tvariais sprendimais tenka susidurti dirbant įmonėje?
	Apibūdinkite su kokio tipo skaitmeninėm, išmaniosiomis technologijomis tenka naudotis darbo vietoje?
	Kaip savo darbo vietoje tvarių darbo metodus (LEAN metodus) integruojat į skaitmeninius įrankius, išmaniąsias technologijas?
Integracijos poveikis darbo vietoje	Kaip darbo procesus jūsų darbo vietoje keičia LEAN transformacija įmonėje?
	Ar lengvai prisitaikote prie LEAN naujovių įmonėje? Kokį poveikį įmonėje daro lean transformacija?
	Kokie nauji skaitmenizacijos sprendimai atsirado arba planuoja atsirasti jūsų darbo vietoje? Kaip priėmat juos?
Skaitmeninių technologijų įtaka LEAN principams	Kokie jūsų darbo vietoje naudojami skaitmeniniai įrankiai palaiko x tvarųj metodą?
	Kokie jūsų darbo vietoje naudojami skaitmeniniai įrankiai palaiko y tvarųj metodą?
	Kokie jūsų darbo vietoje naudojami skaitmeniniai įrankiai palaiko z tvarųj metodą?
	Ar dėl skaitmenizacijos procesų tenka keisti tvarių darbo įpročius, kurie iš esmės darbo vietoje yra efektyvūs? Kokius?
	Ar ateinantys itin išmanūs sprendimai, pvz DI intelektas nekeičia jūsų darbo pobūdžio? Jūsų darbo srauto proceso? Jei taip, kaip?
LEAN metodų įtaka skaitmeniniams procesams	Ar prieš diegiant skaitmenines technologijas buvo pasitelkti LEAN metodai? Kokie?
	Ar jums teko per paskutinius metus keisti kompetencijas dėl LEAN metodo diegimo jūsų darbo vietoje? Kokio metodo?
	Ar lean transformacija/ nauji diejami tvarūs metodai daro įtaką jūsų veiklai su skaitmeniais įrankiais naudojamais įmonėje.
Integracijos poveikis veikloje	Kaip jūsų komandoje pavyksta palaikyti balansą tarp darbo standartizacijos (pvz., LEAN metodų) ir lankstumo, kurį suteikia naujos skaitmeninės priemonės?
	Ar manote, kad LEAN metodai ir skaitmenizacija suteikia daugiau galimybių darbuotojams įsitraukti į problemų sprendimą, ar labiau riboja jų autonomiją?
	Kaip jūsų komandoje naudojami duomenys iš skaitmeninių sistemų – ar labiau kaip kontrolės įrankis, ar kaip priemonė tobulėjimui?
	Ar įmonėje labiau akcentuojami trumpalaikiai našumo rodikliai (pvz., produktyvumo didinimas) ar ilgalaikiai pokyčiai, tokie kaip kultūros transformacija?

2 priedas. Pusiau stktūruoto interviu klausimynas (anglų kalba)

Kategorija	Klausimai
Defining digital tools and LEAN methods in company operations	Describe what LEAN techniques and sustainable solutions you encounter while working in a company?
	Describe what type of digital and smart technologies you use in your workplace?
	How do you integrate sustainable working methods (LEAN methods) into digital tools and smart technologies in your workplace?
The impact of integration in the workplace	How is the LEAN transformation of your company changing your work processes?
	Do you easily adapt to LEAN innovations in your company? What impact does lean transformation have on your company?
	What new digitalization solutions have emerged or are planned to emerge in your workplace? How do you accept them?
The influence of digital technologies on LEAN principles	What digital tools are used in your workplace that support sustainable approach x?
	What digital tools are used in your workplace that support sustainable approach y?
	What digital tools are used in your workplace that support sustainable approach z?
	Are digitalization processes forcing you to change sustainable work habits that are inherently efficient in the workplace? Which ones?
	Are upcoming super-smart solutions such as AI changing the nature of your work? Your workflow process? If so, how?
The impact of LEAN methods on digital processes	Were LEAN methods used before implementing digital technologies? Which ones?
	Have you had to change your competencies in the last year due to the implementation of the lean method in your workplace? Which method?
	Does the lean transformation/new sustainable methods implemented affect your activities with digital tools used in the company?
The impact of integration in practice	How does your team manage to maintain a balance between work standardization (e.g. LEAN methods) and the flexibility offered by new digital tools?
	Do you think that LEAN methods and digitalization provide more opportunities for employees to be involved in problem solving, or do they limit their autonomy?
	How does your team use data from digital systems – more as a control tool or as a means for improvement?
	Does the company place more emphasis on short-term performance indicators (e.g., increasing productivity) or long-term changes, such as cultural transformation?