

GAMYBOS ĮMONIŲ PROCESŲ OPTIMIZAVIMAS „PRAMONĖ 4.0“ PLATFORMOJE

Olga LINGAITIENĖ, Simona GAIGALAITĖ*

*Vilnius Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas, Vadybos katedra,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

**El. paštas s.gaigalaite@stud.vilniustech.lt*

Santrauka. Nauji pasiekimai informacijos ir komunikacijos technologijų srityje (ICT) daro įtaką ir sparčiai augančiam pramonės sektoriui, atsiranda kvalifikuotų darbuotojų, laiko, darbinės jėgos trūkumas. Ši problema neužtikrina efektyvaus įmonių pajėgumo, o tai neleidžia gauti didesnio kiekio gaminamos produkcijos, o tai atsiliepia ir įmonės pelnui. Šiai problemai išspręsti sukurta nauja platforma, žinoma kaip „Pramonė 4.0“, kuri leidžia skaitmenizuoti, robotizuoti didžiąją dalį gamybinių įmonės įrenginių, kurie gali dirbti visą parą, gamyba vyksta nepertraukiamai, lengviau spręsti su įranga susijusias problemas. Tačiau, skaitmenizavus gamybą, įmonės susiduria su kita problema – kvalifikuotų, išmanančių skaitmenizuotą įrangą darbuotojų trūkumu. Tyrimo metu išsiaiškinta, kaip tinkamai optimizuoti gamybą, kad teiktų optimalų pelną ir leistų darbuotojams realizuoti save.

Reikšminiai žodžiai: Lietuvos gamybos sektorius, „Pramonė 4.0“, skaitmenizacija; optimizavimas.

Įvadas

Paskutinius kelis dešimtmečius, ekonomikai sparčiai augant, vyksta intensyvus naujų technologijų kūrimas ir jų diegimas gamybinėse įmonėse, optimizuojami svarbūs procesai. Pastaruoju metu gamybinėse įmonėse darbuotojai yra skatinami mąstyti, kurti inovacijas, kurios užtikrintų tokios įmonės spartesnę plėtimąsi rinkoje bei pritrauktų naujas investicijas. Šiuo metu Lietuvos įmonėse vyrauja tradicija tampantys „Lean“ sprendimai, tačiau per artimiausius penkerius metus žadami dideli, inovatyvūs gamybos valdymo principų pokyčiai. Įmonės, siekiančios išlikti šioje konkurencingoje rinkoje, turėtų kuo greičiau prisitaikyti prie ketvirtosios pramonės revoliucijos pokyčių. Įgyvendinus ketvirtosios industrinės revoliucijos tikslus, darbuotojai būtų išvaduojami nuo monotoniškos, jiems atsivertę naujos karjeros galimybės. Tai būtų įgyvendinama investuojant į gamybinių linijų atnaujinimą, procesų automatizavimą. Optimizavus įmonių gamybą pagal „Pramonė 4.0“ principus, kiekvienas darbuotojas sukurtų didenę pridėtinę vertę, tai padidintų įmonės pelno rodiklius. Tokį darbo optimizavimą palaiko Europos Sąjunga ir žada skirti paramas verslams, siekiantiems įgyvendinti „Pramonė 4.0“ tikslus nuo 2021 iki 2027 metų. Šio tyrimo tikslas – nustatyti efektyviausią gamybinės įmonės optimizavimo metodą. Šiam tikslui pasiekti išsikelti tyrimo uždaviniai: išsiaiškinti, kokie yra labiausiai paplitę gamybinių įmonių optimizavimo metodai, jų analizė. Tyrimo metodiką sudaro lyginamoji mokslinės literatūros šaltinių analizė, sintezė ir apidendrinimas.

1. Pramonės pagrindiniai aspektai

Nuo 1760 m., prasidėjus pirmajai pramonės revoliucijai Jungtinėse Amerikos Valstijose ir Europoje, vis stengiamasi šį sektorių tobulinti, efektyvinti, automatizuoti. Vis dar yra gana daug gamybinių įmonių, kuriose vyrauja žmogaus darbo jėga, tradicija tampantis „Lean“ modelis. Tačiau nuo 2011 m., atsiradus naujai gamybos valdymo platformai, yra palengvinamas darbuotojų darbas, didžiąją dalį įrenginių skaitmenizuojant. Nauja strategija vadinama „išmaniąja pramone“, kurioje žmonės, įranga ir sistemos kartu sukuria dinaminį gamybos ryšius. „Pramonė 1.0–4.0“ vaizduojama 1 paveiksle.



1 paveikslas. „Pramonė 1.0–4.0“ (Speiser & Lang, 2019)

Pastebimas žmogaus darbo jėgos sumažėjimas nuo „Pramonės 1.0“ iki „Pramonės 4.0“. Dauguma įrangos bei valdymo automatizuojama, o žmonėms suteikiama laisvė nuo sunkaus darbo.

1.1. Europos Sąjungos gamybos perspektyva

Europa visada buvo vienas didžiausių pasaulyje inovacijų centrų. ES rinka, kurią sudaro 28 valstybės ir gyvena 0,5 milijardo gyventojų, yra didžiausia bendra vartotojų rinka visame pasaulyje. Ekonomika yra tik vienas iš ES pagrindinių aspektų. ES pagrindiniai principai grindžiami laisve, taika, lygybe ir demokratija (Buhr & Stehnen, 2018).

Europos Sąjunga siekia sukurti visiškai išplėtotą Bendrąją skaitmeninę rinką. Tokiu tikslu sukurtos kelios iniciatyvos: „Europos pramonės skaitmenizacija“, „Europos platforma nacionalinio skaitmeninimo iniciatyvoms“, „Skaitmeninių inovacijų centrų Europos katalogas“, kurie nulemia:

- papildomą BVP augimą iki 415 mlrd. EUR;
- naujų įmonių ir verslo modelių kūrimosi galimybes;
- leidžia mažoms ar vidutinėms įmonėms augti ir diegti naujoves daugiau nei 500 milijonų žmonių rinkoje;
- susikurta 36 milijonai tiesioginių darbo vietų;
- kuriamos stiprios vertės grandinės, kurios skatina naujoves ir skaitmenizaciją bei palankių tyrimų bazių, kompetencijų ir skaitmeninių inovacijų centrų atsiradimą;
- technologinius proveržius robotikoje, IT, dirbtinio intelekto, kibernetinio saugumo srityse.

Augant skaitmeninimo tendencijai, šie indeksai dar labiau auga. Inovatyvią politiką reikia nustatyti ir įgyvendinti greitu metu. Europos Sąjungai tai reiškia tris dalykus: daugiau naujovių, daugiau Europos ir dar daugiau koordinavimo (Probst et al., 2018).

Taline, skaitmenizacijos viršūnių susitikime, 2017 m. rugsėjį ir Europos Vadovų Tarybos (tų pačių metų spalio mėnesį) susitikimo metu priimtos išvados nurodė, kad reikėtų daugiau investuoti į ekonomikos skaitmenizavimą, šalinti darbuotojų spragas, stiprinti Europos konkurencingumą, gerinti gyvenimo kokybę ir socialinę struktūrą. Europos Vadovų Taryba teigia, kad skaitmeninė transformacija suteiks milžiniškas galimybes diegti naujoves, sustiprins kūrybinę ir kultūrinę įvairovę bei sukurs daugiau naujų darbo vietų.

1.2. Lietuvos gamybos perspektyva

Lietuva pagal patrauklumą gamyboje įvertinta nr. 1 Europoje ir nr. 2 pasaulyje (po Kinijos) pagal gamybos rizikos indeksą (2018 m.).

Gamyba yra didžiausias sektorius Lietuvos ekonomikoje, jis sukuria 20,4 % Lietuvos BVP.

Pagaminta produkcija sudaro daugiau kaip 80 % viso lietuviškų prekių ir paslaugų eksporto. Šis sektorius lemia Lietuvos dinamišką augimą bei yra kritiškai svarbus jos ekonomikai. Po pasaulinės ekonominės krizės (2008–2009 m.) Lietuvos gamyba išaugo 62 % ir gerokai viršija ikikrizinį lygį, kuris 2007 m. buvo tik 52 %.

Kvalifikuoti inžinieriai, technologai, įrenginių operatoriai yra reikalingiausi pramonėje. Nuo 2013 m., augant eksportui, didėjant investicijoms bei atsirandant vis naujoms technologijoms, augant pramonei, išaugo naujos įrangos ir gamyklų operatorių paklausa darbo rinkoje.

Remiantis Lietuvos užimtumo tarybos barometru, dideles įsidarbinimo galimybes pramonės įmonėse turi šie specialistai: elektros, mechanikos, technologijų ir gamybos inžinieriai. Visgi 2018 m. sausio 1 d. Lietuvos pramonėje buvo beveik 22 tūkstančiai laisvų darbo vietų. Pagrindinė priežastis buvo ta, kad vyresni, nedirbantys žmonės neturėjo aukštojo išsilavinimo, tai rodo, kad net automatizuojant gamybą yra reikalingi kvalifikuoti, turintys kelerius metus darbo patirties gamyboje asmenys, kurie būtų motyvuoti išmokti naujus dalykus, išmanytų skaitmenizuotus įrenginius,

mokėtų anglų kalbą (privalumas).

Dabartinė Lietuvos ekosistema yra susijusi su pramonės skaitmenizacija ir priklauso nuo šių veiksmų:

- sprendimų tiekėjų;
- vartotojų;
- remiančių organizacijų.

Pagrindinė kliūtis yra sukurti ryšius tarp skirtingų veiksmų, kad kartu bendradarbiautų, dalintųsi idėjomis, investicijomis bei turima informacija. 2 paveiksle pavaizduota Lietuvos pramonės skaitmenizacijos ekosistema. Šiai problemai išspręsti buvo sukurta „Pramonė 4.0“ platforma. Ji vienija visus pagrindinius suinteresuotus subjektus ir yra pagrindinė sutarimo kūrimo priemonė (Lichteris et al., 2019).



2 paveikslas. Lietuvos pramonės skaitmenizacijos ekosistema (sudaryta autorės)

Remiantis 2 paveikslu matyti, jog skaitmeninės technologijos turi didžiausią įtaką sukuriant ryšius tarp tiekėjų bei vartotojų. Skaitmeninės technologijos gali apimti didžiąją dalį gamybinės įmonės vidaus logistikos, pradedant bendrinės informacijos pateikimu vartotojui, automatizacija, baigiant komunikacija su vartotoju dėl gauto produkto kokybės, atsiliepimų. Šiuo atveju akademinės įstaigos taip pat turi didelę svarbą sprendimams. Didžiajai daliai skaitmeninių sprendimų, efektyvinančių gamybą, jų išnamymui bei kokybei įtakos turi akademinės įstaigos. Akademinė įstaigų platus konkrečių studijų, kursų pasirinkimas turi didelę įtaką rengiant kvalifikuotus specialistus, kurie darys įtaką vartotojo galutiniam gaunamam rezultatui iš tiekėjo. Todėl skaitmeninės technologijos bei akademinės įstaigos laikomos didžiausią įtaką turinčiomis Lietuvos pramonės perspektyvai.

1.3. Gamybos procesas

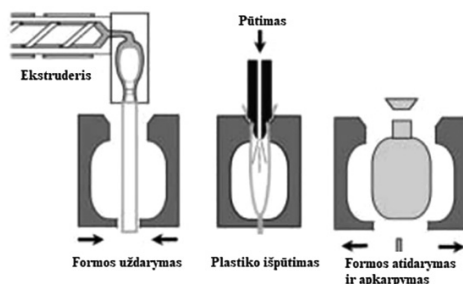
Gamybos procesas yra atliekamas įmonėje, kai perdirbant pusgaminius ar žaliavas gaunami galutiniai produktai arba tolimesnės žaliavos kitiems galutiniams produktams gauti. Šiam procesui naudojami įvairūs įrankiai, gamybinės įrangos, mašinos. Dažniausiai yra pateikiami trys pagrindiniai gamybos sistemų tipai:

- darbo gamyba;
- partijinė gamyba;
- masinė gamyba.

Darbo kūrimą sudaro operatorius ar operatorių grupė, kurie turi atlikti darbą iki galo prieš pradėdami kitą.

Produktus galima gaminti partijomis nuo 200 vnt. iki 800 vnt. arba masine gamyba – pvz., daugiau nei 5000 vienetų. Partijinėje gamyboje galima gaminti ir naudojant įvairias, panašias, nežymiai keičiantis dydžiui ar formai. Partijos gali būti gaminamos vieną kartą, periodiškai arba atsiradus poreikiui. Tokia gamyba reikalauja proceso išdėstymo ir suplanavimo. Masinėje gamyboje yra svarbu labai tiksliai išdėstyti gamybos planus. Dažnai tokios gamyklos yra automatizuojamos ir skiriamos didelės investicijos specialios paskirties įrangai (Rajender, 2006). Šiandien daugumą reikiamų produktų vartotojai yra linkę įsigyti supakuotus į vienokią ar kitokią pakuotę. Ne viena įmonė patiria iššūkius dėl didelio pakavimo priemonių poreikio. Vienos įmonės nusprendžia pakuotes įsigyti jau pagamintas, o kitos dėl nesudėtingo ir lengvai automatizuojamo proceso renkasi pakuotes gamintis pačios (žr. 3 paveikslą).

Pagal 3 paveikslą pateiktą schemą gali būti gaunami stikliniai ar plastikiniai buteliai, taip pat ta pati technologija taikoma ir kitiems, injekciniu būdu gaunamiems gaminiais. Iš dvisraigčio ekstruderio išėjimo angos išeinantis karštas



3 paveikslas. Plastikinio ar stiklinio butelio gamybos procesas

stiklas ar plastikas yra įliejami į formą. Pagal suplanuotą formą oru išpučiamas indas. Vėliau forma yra atidaroma ir nereikalingos indų dalys nukarpomos. Tokia technologija taikoma ne tik stiklui ar plastikui, tačiau ir kitoms medžiagoms, pavyzdžiui, krakmolo turintiems, formuojamiems ar biologiškai iriams gaminiams gauti (Bendoraitienė et al., 2017). Ši technologija jau daugumoje gamybinių įmonių yra visiškai automatizuota ir žmogaus atliekamas darbas yra minimalus, svarbu prižiūrėti procesą. Visiškai optimizavus šį procesą galima nepertraukiama masinė gamyba, todėl įmonėje padidėtų pelnas bei sumažėtų atsakomybė už darbuotojų sveikatą, nes šis procesas vyksta labai aukštoje temperatūroje bei dideliu greičiu.

1.4. „Pramonės 4.0“ idėja

Ankstesnėse pramonės platformose dažnai gamyboje buvo taikoma žmogaus darbo jėga. Tačiau laikui bėgant pastebėta, jog darbuotojas nebegali dirbi tiek, kad pateiktų visą rinką. Siekiant išvengti tokių pasekmių, kad pasiūla atitiktų paklausą, nuspręsta panaudoti naujas technologijas. Taip pradėta ieškoti būdų, kaip automatizuoti gamybą, kad visi procesai vyktų greitai ir vienodai kokybiškai. Išsiaiškinta, kad skaitmenizavus gamybą bus pasiekti gamybos tikslai. Platforma, kuri yra skaitmenizuota, pradėta vadinti „Pramonė 4.0“.

„Pramonės 4.0“ platforma yra siekiama padidinti pramonės įmonių konkurencingumą ir produktyvumą, skatinti integraciją į skaitmeninių sprendimų ir naujų technologijų atsiradimą pramonėje. Ši platforma yra vieta ankstyvajam etapui ir aktyvi įtraukiant pagrindines suinteresuotąsias šalis (taip pat įskaitant ir verslą) įvairiais būdais į „Pramonė 4.0“ (del val Román, 2016). Tikimasi, kad „Pramonė 4.0“ paveiks keturias ilgalaikių santykių paradigmos permainas, kurios pakeis Europos gamybos aplinką:

- gamyklos ir gamtos: išteklių naudojimo efektyvumo ir gamybos sistemų tvarumo patobulinimai;
- gamyklos ir vietos bendruomenės: padidintas geografinis artumas ir priimtumas, klientų integracija į projektavimo ir gamybos procesus;
- gamyklos ir vertės grandinės: paskirstyta ir reaguojanti gamyba bendradarbiaujant, leidžianti masiškai pritaikyti produktus ir paslaugas;
- gamyklos ir žmonių: į žmones orientuotos sąsajos ir pagerėjusios darbo sąlygos (Santos et al., 2017).

„Pramonė 4.0“ tikslas – padidinti gamybos procesų ir tiekimo grandinių skaitmenizavimą, palengvinant žmonių, mašinų ir gaminių ryšius, taip sudarant sąlygas dalyvaujantiems subjektams realiuoju laiku gauti informaciją apie gaminių ir gamybą bei vykdyti autonominius darbo procesus vertės grandinėse. Europos pramonės sektorius tikisi, kad iki 2030 m. gamyba augs, jei bus skaitmenizuotos pagrindinės gamybinės linijos (Keller et al., 2014).

Prieš kelerius metus Europos Sąjunga nagrinėjo „Pramonės 4.0“ temą, kurios šūkis „Pažangi gamyba“, ir Europos Komisija pabrėžė, kad skaitmeninės technologijos, tokios kaip naujas pramoninis internetas, išmaniosios programėlės, automatizuotos gamyklos, robotika ir 3D spausdinimas yra priemonės padidinti Europos pramonės produktyvumą. Vykdamas DG GROW veiklą, buvo nustatytas strateginis tikslas padidinti taip pat pramonės dalį BVP nuo maždaug 15 % iki 20 % (Europos Komisija, 2014).

Komisija apibrėžė skaitmenizacijos tikslus:

- greitesnis pažangios gamybos technologijos komercializavimas;
- pažangios gamybos įgūdžių skatinimas;
- pažangios gamybos technologijos paklausos trūkumų mažinimas.

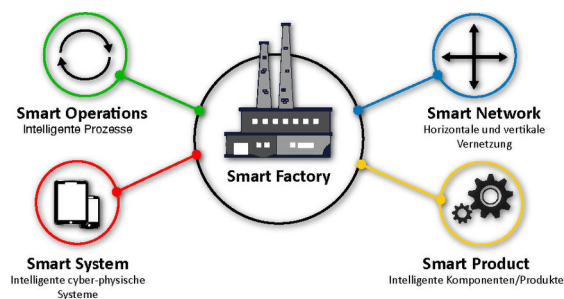
Lietuvoje įvykus daugeliui „Pamonės 4.0“ apskritojo stalo diskusijų ir technologinių prognozių analizių, darbo grupės susitarė dėl šių technologijų, kurios turės didžiausią poveikį Lietuvos pramonės skaitmenizavimui iki 2030 metų. Tarp Lietuvos būsimų investicijų į mokslinius tyrimus ir plėtrą prioritetų yra aiškus ryšys su toliau aprašytais technologijomis. Šis sąrašas taip pat taps vadovu ir kitam finansavimo laikotarpiui, 2021–2026 metams. Vis dar išlieka didelis iššūkis, kaip paversti dabartines ir būsimas viešąsias investicijas į MTEP, atliktas pagal intelektinės specializacijos strategiją, komerciniais produktais, kurie yra įdiegiami ir išbandomi Lietuvos pramonės įmonėse, o vėliau padidinami visame pasaulyje.

Svarbiausios skaitmenizacijos sritys yra:

- priedų gamyba;
- automatizacija;
- robotika;
- mechatronika;
- išmanieji sensoriai;
- fotonika;
- daiktų internetas (IoT);
- kibernetinis saugumas;
- debesų gamyba (*Cloud Manufacturing* (CMfg));
- automatinės sandėlio valdymo sistemos (WMS);
- dirbtinis intelektas;
- virtuali realybė (VR);
- verslo valdymo sistemos (BMS) (Andersson et al., 2017).

Skaitmenizacijos atėjimą į industrines įmones lemia skirtingų sričių modernizacija, todėl tai ir sukelia problemas darbuotojams įmonėse, kurie neturi kompetencijų su jomis.

4 paveiksle vaizduojama išmaniosios gamyklos struktūra. Ją sudaro išmaniosios operacijos, tinklas, sistemos, produktas. Juos pasitelkus, galima įvesti skaitmenizaciją į gamybą.



4 paveikslas. Išmaniosios gamyklos struktūra

„Pramonė 4.0“ pristatoma kaip bendras pokytis skaitmeninant ir automatizuojant kiekvieną įmonę, taip pat jose vykstančius gamybos procesus. Didelės tarptautinės įmonės, patobulinusios, turinčios aukštus tyrimų ir plėtros standartus, priims „Pramonės 4.0“ idėją ir taps konkurencingesnės rinkoje (Munodawafa & Johl, 2018).

„Pramonės 4.0“ koncepcija kartu su pastarųjų metų technologiniais pasiekimais ir gamybos sistemų, kuriose realusis pasaulis yra sujungtas su virtualiuoju, užtikrina efektyvesnę turimos informacijos panaudojimą. Praktiškai, norint planuoti gamybą pagal „Pramonė 4.0“ koncepciją, planuojama, kad tai užtruks 10–20 metų. Tačiau tikimasi, kad ateities gamyklos bus savarankiškos ir pačios planuos, organizuos ar net kontroliuos gamybos procesą. Štai kodėl „Pramonės 4.0“ idėja gali būti pagrindinė įgyvendinant strategiją, vadinamą masiniu pritaikymu, kuri yra orientuota įgyvendinti individualių klientų poreikius.

1.5. Lietuvos pramonės skaitmenizacijos grėsmės ir silpnybės

Pastaruosiu metu Lietuvoje daug gyventojų dirba gamybinėse įmonėse. Jie buvo nepakeičiama darbo jėga daugelį dešimtmečių. Pakeitus darbuotojus robotais, įvedus dirbtinį intelektą į įmones, pasikeis ir darbo sąlygos darbuotojams. Daug darbo vietų išnyks, tai turės poveikį ne tik Lietuvos, bet ir kitų šalių gyventojams.

- Vietinėje pramonėje vyrauja mažos ir vidutinės įmonės, turinčios žemo lygio technologinę parengtį, kuri šiuo metu yra ribotos investicijos į bendrą gamybos progresą.
- Gamyboje vyrauja mažos pridėtinės vertės produktų gamyba pagal sutartis, o tai riboja poreikį moderniausiems technologiniams sprendimams ir nereikalauja daug lietuvių bendradarbiavimo mokslinių tyrimų ir pramonės srityse.
- Nepakankamai subalansuota darbo rinkų padėtis ir neatitikimai tarp švietimo ir pramonės poreikių.
- Suskaidyta skaitmeninio skatinimo sistema, susidedanti iš daugelio elementų, sąsajos tarp jų veikia silpnai. Lėtai besivystanti partnerystės kultūra, trukdanti didžiųjų žmonių ir ekosistemos bendradarbiavimui, taip pat įprastų B2B santykių dalyviai (Machado et al., 2019; Lichteris et al., 2019).

Nors vyrauja mažos ir vidutinės įmonės, visgi Lietuvoje yra ir užsienio kapitalo įmonių. Automatizuojant šias didžiąsias, dažnai tarptautines gamyklas, darbuotojai nebeatlieka sunkių mechaninių užduočių – juos pakeitus skaitmenizuotais įrenginiais daug lietuvių atleidžiama. Įmonių ekonomika gerėja, tačiau nekvalifikuoti darbuotojai susiduria su sudėtingesnėmis darbo paieškomis. Siekiant, kad tokia padėtis netaptų sunkesnė, turėtų būti atitinkamai skatinami darbuotojai siekti išsilavinimo ar kelti savo kompetencijas.

2. Metodologija

Kadangi šio straipsnio tema yra palyginti nauja, bet labai aktuali, literatūros apžvalga yra itin svarbu. Tam reikia kelti žinių lygį ir inicijuoti naujus tyrimus. Šio straipsnio tikslas yra išsiaiškinti, kas jau yra ištirta ir kokia yra tikroji „Pramonės 4.0“ svarba šiuolaikiniame industrijos sektoriuje, koks yra jos poveikis pokyčiams ir priėmimui organizacijose ir žmonių aplinkai, sukuriantiam pridėtinę vertę. Siekiant šio tikslo, buvo atlikta išsami žurnalų straipsnių, konferencijų pranešimų ir knygų analizė (Uhlemann et al., 2017). Europos Sąjungos šalys pabrėžė, kad technologijos yra vienas svarbiausių veiksnių, susijusių su Europos ekonomikos stiprinimu bei naujų darbo vietų kūrimu.

Literatūros lyginimo tyrimas grindžiamas Europos Komisijos bei kitų susijusių organizacijų ir technologinių platformų išleistais leidiniais. Šie leidiniai yra apžvalginiai apie „Pramonės 4.0“ strateginius, technologinius planus. Ši tyrimą sudarys straipsniai prieš „Pramonė 4.0“ atsiradimą ir po jo (2011 m.) ir nagrinėti šaltiniai pateikiami (Roblek et al., 2016). Abiejų laikotarpių publikacijose atlikta citavimo analizė leido įvertinti evoliucijos kelius ir jų suartėjimo su „Pramonė 4.0“ laipsnį. Nors Europos Komisija ir ETPS paskelbė daugybę technologinių planų, šis tyrimas buvo skirtas tiems, kurie nagrinėja padarinius pramonei ir gamybai, ir buvo skirtas kaip preliminarini veiksnių planų analizė, taigi nėra išsami. Be to, taip pat buvo peržiūrėti moksliniai leidiniai, kuriuose nagrinėjama „Pramonės 4.0“ tema, siekiant suskirstyti į ketvirtosios pramonės revoliucijos variklius ir galimus laimėjimus (Lu, 2017; Probst et al., 2018).

3. Rezultatai

Šioje dalyje apibendrinama pasirinktų dokumentų informacija apie platformos „Pramonė 4.0“ privalumus optimizuojant gamybą. Apžvelgiami straipsniai prieš šios sąvokos atsiradimą ir po jo.

„Pramonės 4.0“ diegimo variklius galima suskirstyti į keturias rūšis: organizacinius, technologinius, inovacinius ir operatyvinius. Organizaciniai varikliai yra susiję su naujomis darbo formomis ir bendradarbiavimu, o technologinius variklius lemia kelių srautų suartėjimas.

Inovacijų varikliai verčia kurti naujus verslo modelius ir išplėsti inovacijų tinklus. Galiausiai – operatyviniai varikliai kyla iš nuolatinio organizacijų poreikio gerinti savo veiklos rezultatus, kad išliktų konkurencingi. Šeši pagrindiniai projektavimo principai paremti konceptualizavimu ir „Pramonė 4.0“ įgyvendinimu: sąveika, virtualumu, realiojo laiko galimybėmis, decentralizacija, orientacija į paslaugas ir moduliškumu. Šie projektavimo principai gali padėti organizacijoms nustatyti tinkamiausius sprendimus jų verslui. Šios realizacijos atspindi galimą materializaciją ir galimus scenarijus „Pramonės 4.0“ bandymams įgyvendinti įmonėse. Apskritai jie pabrėžia vis didėjančius bendradarbiavimo tinklus, pasiūlos ir paklausos sinchroniškumą, produkto ir paslaugos personalizavimo plėtrą, decentralizavimą ir platų duomenų naudojimą vairuojant eksploatacines savybes.

Planuose daugiausia dėmesio skiriama aštuonioms pagrindinėms „Pramonės 4.0“ technologijoms: įterptosioms sistemoms, kibernetinėms-fizinėms sistemoms, daiktų internetui, jutimui, debesų kompiuterijai / paslaugoms, agentais pagrįstoms sistemoms, robotų ir priedų gamybai.

Inerneto (IoT) plėtrą Vokietijoje pavadino „Pramonė 4.0“. IoT yra pagrindinė visų išmaniųjų įrenginių, kurie yra pagrindinės dalys projektuose, integravimo koncepcija. Skaitmeninimas, apimantis internetą ir mobiliąsias technologijas bei spartųjį ryšį, padėjo pakeisti senus verslo struktūros modelius (Zoroja, 2015).

Kiekvienas skaitmenizuotas objektas gali būti sujungtas į tinklą, kad įmonėse matytųsi pokyčiai ir atsiskirtų valdymo modeliai. Ši „išmanioji ekonomika“ pakeis pridėtinės vertės kūrimo būdą. Gamybos šaltiniai gali keistis, bet papildomos paslaugos bus prieinamos internetu.

1 lentelė. Gamybą optimizuojantys veiksniai (Lichteris et al., 2019; Rajnai & Kocsis, 2017; Ivanov et al., 2016)

Veiksny	Paaškinimas
Priedų gamyba	Yra grindžiamas priedų gamybos principu, ją sudaro struktūra, perimta tiesiogiai iš skaitmeninio modelio. Ši technologija pralenkia kitas šiuo metu populiarėjančias technologijas, tokias kaip 3D spausdinimas, greitasis prototipų nustatymas (RP), tiesioginė skaitmeninė gamyba (DDM). Priklausomai nuo technologijos, priedų gamyba gali būti nesudėtinga, papildyta kitomis technologijomis, pvz., lazeriais sudėginant ar tirpinant medžiagas
Automatizacija	Tai technologija, kurios metu procesas gali vykti ir be žmogaus dalyvavimo jame. Tai pakeičia darbuotojus, kontroliuojančius įrangą ar užduotis. Taip pat pramonės aplinka glaudžiai susijusi su medžiagų tvarkymu ir kokybės kontrole Tačiau ne visi procesai gali būti automatizuoti. Nors ir nebereikalauja gamyba tiek daug darbo jėgos, vis dar svarbu prižiūrėti darbuotojų operacijas, kurios yra brangios ar potencialiai keliančios pavojų
Robotizacija	Tai integruota inžinerinių disciplinų sritis, kuri susijusi su robotų kūrimu ir projektavimu. Specializuojasi kuriant ištais robotų sistemas, pramoniniai – yra programuojamos mechatroninės sistemos. Paprastai pramoniniai robotai turi daug įvairių programų ir yra pranašesni už darbuotojus dėl savo ištvermės, greičio ir tikslumo. Taip pat jų privalumas yra tai, kad jie gali atlikti sudėtingas ar pavojingas užduotis
Daiktų internetas (IoT)	Tai tinklas, kuris yra sujungtas iš fizinių prietaisų. Tokiame tinkle gali būti elektronikos, programinė įranga, jutikliai, pavaros ir jungiamieji komponentai, kuriais jie gali susisiekti ir keistis duomenimis Pramoninis daiktų internetas yra laikomas daiktų interneto pogrupiu ir yra sinonimas „Pramonei 4.0“. Tikimasi, kad IoT padidins įmonių produktyvumą. Gamyboje remiasi kibernetinių ir fizinių sistemų koncepcija
Kibernetinis saugumas	Tai yra apsauga nuo kibernetinių išpuolių ir apsaugo duomenis. Analitikai skatina holistinį požiūrį į kibernetinį saugumą, kai yra stengiamasi suskaitmeninti pramonę. Todėl yra stengiamasi apsaugoti nuo galimų grėsmių išmaniąsias gamyklas, produktų pažeidžiamumus ir kitas gamybos paradigmas
Dirbtinis intelektas	Tai apibūdina programinės įrangos sugebėjimą imituoti protinius žmonių sugebėjimus. Gamyboje tai leidžia robotams atlikti užduotis, kurias anksčiau atlikdavo žmogus. Tai optimizuotų įmonę ir padidintų jos našumą

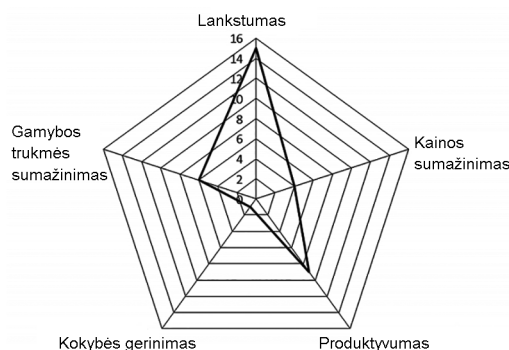
Daiktų internetas, robotizacija ir jutimo technologijos taip pat buvo aptiktos planuose iki 2011 m., o tai rodo, kad tokių technologijų pritaikymas nebuvo ypač propaguojamas atsiradus „Pramonei 4.0“. Agentų pagrindu sukurtos sistemos ir priedų gamybos technologijos dažniau aptinkamos naujausiose gairėse, nors aprašytos ir ne išsamiai, tačiau tai gali būti dėl jų taikymo specifiškumo (Lingman et al., 2013; Lichteris et al., 2019).

2 lentelė. Gamybos optimizavimo įdiegus „Pramonė 4.0“ platformą rezultatai

Darbuotojų skaičius	Įdiegus „Pramonė 4.0“ platformą gamybinėse įmonėse sumažėjo darbuotojų skaičius. Tačiau atsirado kvalifikuotų darbuotojų, galinčių dirbti ir suprantančių skaitmenizuotą įrangą, poreikis (Schwab & Samans, 2016)
Pelnas	Skaitmenizavus gamybą, įrenginiai gali dirbti nepertraukiamai, tai garantuoja, kad gamyba vyksta optimaliu greičiu. Taip yra pagaminamas didesnis kiekis produktų, o tai lemia didesnę įmonės pelną

Preliminariuose svarstymuose pastebėta, kad daugelis autorių apibūdina „Pramonės 4.0“ technologijų panaudojimą gamybos procesuose, nenurodydami konkrečiai „planavimo ir valdymo“ tezėse, reikšmiuose žodžiuose ar pavadinime. Panašiai kai kurie autoriai pranešė apie su „Pramonė 4.0“ susijusių technologijų naudojimą nenaudodami darbo „Pramonė 4.0“ (Moeuf et al., 2018).

Analizės metu pastebėti ir projektavimo principai. Visuose apžvelgtuose planuose matomas noras gamybos procesus sujungti. Tai pastebėta ir prieš „Pramonės 4.0“ atsiradimą, ir po 2011 metų. Matoma, kad sujungimas buvo planuojamas ilgai, tačiau tai įgyvendinti tapo įmanoma tik skaitmenizavus didžiąją dalį gamybos ir toliau taikant platformą „Pramonė 4.0“.



5 paveikslas. Skaitmenizuotos gamybos privalumai įmonei

5 paveiksle pavaizduoti pagrindiniai gamybos taškai, kuriuos siekiama optimizuoti ir efektyvinti įdiegus „Pramonė 4.0“ platformą. Pastebėta, kad didžiausias pokytis šioje platformoje įvyktų gamybos lankstumo požiūriu. Taip pat tikimasi, kad robotizavus gamybą ji galės vykti greičiau ir didesne apimtimi, nepertraukiamai, taip bus padidintas produktyvumas bei sumažinama gamybos trukmė, kaina. Tačiau manoma, kad kokybė neturėtų žymiai keistis, jos gerėjimas numatomas minimalus.

Vadovaujantis planais 2030-iems metams, Lietuva dominuos smulkiais, išmaniomis gamyklomis, kurios daugiausiai užsiima nišiais, aukštos kokybės gaminiais. Tokioms automatizuotoms smulkiosioms įmonėms yra daug lengviau diferencijuoti ir prisitaikyti prie rinkos poreikių. Taip pat žadama, kad Lietuva išlaikys savo pozicijas kuriant naujas, modernias technologijas, kuriomis naudojasi tiek Europos šalys, Jungtinės Amerikos Valstijos, tiek Azija (Lichteris et al., 2019).

Išvados

Išsiaiškinta, kad ekonomikai sparčiai augant vyksta intensyvus naujų technologijų kūrimas ir jų diegimas gamybinėse įmonėse, optimizuojami svarbūs procesai. Svarbiasios priemonės, reikalingos optimizuoti gamybai, kad ji būtų efektyvi, yra robotai, 5G, duomenų debesijoje saugojimas, automatizuota įtranga su duomenų rinkimu, pritaikytas dirbtinis intelektas, užtikrintas kibernetinis saugumas ir kitos.

Tyrimo metu atliktas literatūros lyginimo tyrimas bei susintetintas apibendrinimas, grindžiamas Europos Komisijos bei kitų susijusių organizacijų ir technologinių platformų išleistais leidiniais. Išsiaiškinta, jog tikėtasi didesnio industrializacijos pokyčio nuo 2011 m. iki 2018 m., tačiau analizuotuose literatūros šaltiniuose numatyta, kad bus ryškus skaitmenizacijos pokytis per ateinantį dešimtmetį, bei tikimasi, kad robotizacijos bei automatizacijos kainos nekils taip sparčiai kaip infliacija.

Ištirta, kad optimizavus įmonių gamybą remiantis „Pramonė 4.0“ principais, kiekvieno darbuotojo sukuriama pridėtinė vertė padidėtų, taip sukurdamą pelną. Norėdamos pasiekti šį tikslą, įmonės prašo ir Europos Sąjungos paramos, kad padėtų įgyvendinti automatizacijos projektus bei įdarbinti, apmokyti darbuotojus dirbti pagal reikalingą kvalifikaciją, bendradarbiauja su Lietuvos universitetais.

Literatūra

- Andersson, D., Bein, T., Dal Molin, R., Dettmann, W., Fonseca, L., Groppo, R., Günzler, R., Hirschl, C., Kircher, R., Lanting, C., Lionetto, A., Lugert, G., Moore, E., Neul, R., Pötter, H., Rzepka, S., Salbert, T., Bierau-Delpont, F., Dokic, J., ... Weiler, P. (2017). *Strategic research agenda of the European technology platform on smart systems integration*. EPoSS. <https://www.smart-systems-integration.org/system/files/document/2017%20EPoSS%20SRA.pdf>
- Bendoraitienė, J., Lekniūtė, E., Litviak, V. V., & Moskva, V. V. (2017). Ekstruziniu būdu gauto katijoninio krakmolo savybės. *Chemini technologija*, 1(1), 47–54.
- Buhr, D., & Stehnken, T. (2018). Industry 4.0 and european innovation policy. *Diskurs, Wiso*, 12, 1–32.
- del val Román, L. J. (2016). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In *Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática* (pp. 1–10), Informes CODDII.
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., & Ivanova, M. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54(2), 386–402. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.999958>

- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., & Friederichsen, N. (2014). How virtualization, decentrazliation and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44.
- Lichteris, E., Izgorodin, A., & Jakubavičius, A. (2019). *Lithuanian industry digitisation Roadmap*. https://industrie40.lt/wp-content/uploads/2019/03/Lithuanian-Industry-Digitisation-Roadmap-2019-2030_final.pdf
- Lingman, P., Gustafsson, J., Johansson, A., Ventä, O., Vilkkö, M., Saari, S., Tornberg, J., & Siimes, A. (2013). *European Roadmap for industrial process automation* (Technical Report No. 52). [http://www.processit.eu/Content/Files/Roadmap for IPA_130613.pdf](http://www.processit.eu/Content/Files/Roadmap%20for%20IPA_130613.pdf)
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D., Almström, P., Centerholt, V., & Hallin, M. (2019). Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: Challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia CIRP*, 81, 1113–1118. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.262>
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118–1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Munodawafa, R. T., & Johl, S. K. (2018). Eco-innovation and Industry 4.0: A Big Data Usage conceptual model. *SHS Web of Conferences*, 56, 05003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20185605003>
- Probst, L., Lefebvre, V., Christian, M.-D., UnluBohn, N., Klitou, D., & Conrads, J. (2018). *Digital transformation scoreboard 2018 – EU businesses go digital: Opportunities, outcomes and uptake*. European Union. <https://doi.org/10.2826/691861>
- Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2017). Labor market risks of Industry 4.0, digitization, robots and AI. In *SISY 2017 – IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics* (pp. 343–346), Subotica, Serbia. <https://doi.org/10.1109/SISY.2017.8080580>
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 1–11. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.093>
- Schwab, K., & Samans, R. (2016). Global challenge insight report: The future of jobs. *World Economic Forum*, 1–167. <https://doi.org/10.1177/1946756712473437>
- Speiser, M., & Lang, P. (2019). *OECD future of education and skills 2030: Concept note*. OECD. http://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/knowledge/Knowledge_for_2030_concept_note.pdf
- Uhlemann, T. H. J., Lehmann, C., & Steinhilper, R. (2017). The digital twin: Realizing the Cyber-physical production system for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 61, 335–340. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.152>
- Zoroja, J. (2015). Fostering competitiveness in European countries with ICT: GCI Agenda. *International Journal of Engineering Business Management*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.5772/60122>