



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Medžiagų srautų optimizavimas pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Modestas Jončas**  
Projekto autorius

**Lekt. Ingrida Venytė**  
Vadovė

---

**Kaunas, 2024**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Medžiagų srautų optimizavimas pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą**

Baigiamasis magistro projektas  
Gamybos inžinerija (6211EX015)

---

**Modestas Jončas**

Projekto autorius

**Lekt. Ingrida Venytė**

Vadovė

**Doc. Kazimieras Juzėnas**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2024**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas  
Modestas Jončas

## **Medžiagų srautų optimizavimas pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą**

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.

Modestas Jončas

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



**Kaunas technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

## **Baigiamojo magistro projekto užduotis**

**Studentui (-ei) – Modestui Jončui**

### **1. Projekto tema –**

Medžiagų srautų optimizavimas pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą  
*(Lietuviškai)*

Optimizing Material Flows in a Manufacturing Company Using Information Systems and Artificial Intelligence Systems

*(Angliškai)*

### **2. Projekto tikslas ir uždaviniai**

Tikslas: atlikti medžiagų srautų optimizavimą gamybos įmonėje, pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą.

Uždaviniai:

1. atlikti procesų optimizavimo metodų bei dirbtinio intelekto panaudojimo gamybos sektoriuje galimybių analizę;
2. įvertinti surinktus duomenis ir nustatyti kaip sumažinti vertės nekurančius judesius;
3. nustatyti kaip įtraukti dirbtinį intelektą į optimizavimo sprendimus;
4. identifikuoti ekonominę naudą įmonei po atnaujintos darbo tvarkos įdiegimo.

### **3. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos**

Vertės nekurančių judesių kiekio mažinimas gamybos įmonėje, kai vykdomas medžiagų srautas tarp darbo vietų. Pasitelkti informacines sistemas ir dirbtinį intelektą, naudojant LEAN metodus.

### **4. Papildomi reikalavimai projektui, ataskaitai ir jos priedams**

Netaikoma

---

Projekto autorius	Modestas Jončas	2023-10-02
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>

---

Vadovė	Ingrida Venytė	2023-10-02
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>

---

Krypties studijų programų vadovė	Regita Bendikienė	2023-10-02
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>

Jončas Modestas. Medžiagų srautų optimizavimas pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą. Magistro baigiamasis projektas, vadovė lekt. Ingrida Venytė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: LEAN; optimizavimas; dirbtinis intelektas; gamyba;

Kaunas, 2024. 56 p.

## Santrauka

Augant žmonių kiekiui pasaulyje, įmonės susiduria su naujomis problemomis, kai didėja užsakymų kiekiai. Susidarius tokiai situacijai, gamybos įmonės turi priimti sprendimus, kaip išpildyti visus užsakovų poreikius pagaminant reikiamą kiekį produkcijos, kadangi nuo to priklauso ir užsakymų kiekis, neišpildžius poreikių, įmonė ateityje gali gauti mažiau užsakymų gamybai. Esant poreikiui išlikti konkurencingiems tarp kitų gamintojų, organizacijos priverstos ieškoti sprendimo būdų, kaip galėtų tapti kuo lankstesnės, tačiau tam skiriant kuo mažesnę kiekį finansų. Procesų optimizavimo tyrimas atliktas tiriant kitų gamybos įmonių praktikas, kai pritaikyti skirtingi metodai, siekiant išsiaiškinti kuris yra tinkamiausias tiriamajai įmonei. Pasirinkta automobilių jutiklių gamybos įmonė, kurioje atlikta vykstančių gamybinių procesų analizė. Pagal gautus duomenis, darbe analizuojami galimi optimizavimo pritaikymo metodai, o rezultate pasirinktas „LEAN“ įrankis, kuris padėjo identifikuoti galimus gamybos neefektyvumus. Procesuose patiriami nuostoliai išsiaiškinti panaudojus „Vertės srauto žemėlapio“ metodą, išskirtas medžiagų srautas ir jame egzistuojantys vertės nekuriantys judesiai tarp darbo vietų. Atlikus literatūros šaltinių apžvalgą, kurie tiria panašaus pobūdžio švaistymus, pasirinktas *Kanban* optimizavimo įrankis, kaip labiausiai tinkantis ištirtoje gamybinėje aplinkoje. Šį įrankį nuspręsta naudoti skaitmeniniu pavidalu, dėl sparčios įmonės informacinių technologijų plėtros. Atlikti tokią užduotį pasirinktas „Microsoft“ kompanijos „Power Apps“ programų rinkinys, kuris leistų įgyvendinti įrankį virtualioje aplinkoje. Į darbų vykdymą integruota dirbtinio intelekto technologija, kuri paspartino darbų atlikimą, kuriant programą „Microsoft Power Apps“ aplinkoje. Sukurta tokia programa, kuri leistų vartotojui nesudėtingai atlikti duomenų apskaitą ir išvengti vertės nekuriančių judesių gamybos procesuose. Įrankio veikimui reikalingos vizualinės ir duomenų įvedimui skirtos priemonės įsigytos skiriant finansines investicijas. Atnaujintas medžiagų srautas su įdiegtomis informacinėmis technologijomis sumažino vertės nekuriančius judesius iki minimalaus kiekio ir leido sutaupyti iki tol patirtus finansinius nuostolius. Gauti rezultatai rodo, kad į proceso optimizavimą investuotų lėšų atsiperkamumas prognozuojamas pradėjus dirbti pagal atnaujintą proceso tvarką.

Jončas Modestas. Optimizing Material Flows in a Manufacturing Company Using Information Systems and Artificial Intelligence Systems. Master's Final Degree Project, supervisor lect. Ingrida Venytė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: LEAN; optimization; manufacturing; artificial intelligence

Kaunas, 2024. 56 p.

### **Summary**

As the global population increases, companies face new challenges with rising order quantities. Manufacturing companies must make decisions on how to meet all customer needs by producing the required quantity products. The order quantity significantly influences the number of orders, and failing to meet these needs may result in fewer orders for the company in the future. To remain competitive among other manufacturers, organizations are forced to find ways to become more flexible. A process optimization study was conducted by examining practices in other manufacturing companies, where different methods were applied to determine the most suitable one for the researched company. The chosen case was an automotive sensor manufacturing company, and analysis of the ongoing production processes was done. Based on the collected data, potential optimization methods were considered, and, as a result, the "LEAN" tool was selected. This tool helped identify possible production inefficiencies. Using the "Value Stream Mapping" method, one of the losses was identified, highlighting material flow and no value-added movements between workplaces. After reviewing literature sources that investigate similar types of waste, the *Kanban* optimization tool was selected as the most suitable. It was decided to use this tool in digital form due to the rapid development of the company's information technology. To accomplish this task, a set of "Microsoft Power Apps" was chosen. The integration of artificial intelligence technology into the execution of tasks accelerated the development of the tool within the "Microsoft Power Apps" environment. The created program allows users to easily manage data and eliminate no value-added movements in production processes. Visual and data input tools necessary for the tool's operation were acquired through financial investments. The updated material flow with implemented information technologies minimized no value-added movements to a minimum and allowed savings in previously incurred financial losses. The results obtained indicate that the return on investment is projected in the near future.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>8</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Procesų tobulinimo metodų bei dirbtinio intelekto panaudojimo gamybos sektoriuje analizė .....</b>	<b>13</b>
1.1. LEAN metodų įsigalėjimas pramonėje .....	13
1.2. Kanban metodo efektyvus panaudojimas procesų spartinime.....	15
1.3. Dirbtinio intelekto pritaikymas gamybinėje aplinkoje .....	16
1.4. LEAN metodų bei dirbtinio intelekto technologijos suderinamumo panaudojimo apžvalgos rezultatai .....	17
<b>2. Procesų optimizavimo metodų pritaikymas gamybos įmonėse.....</b>	<b>18</b>
2.1. LEAN įrankių panaudojimo gamybiniuose procesuose rezultatai .....	21
<b>3. Medžiagų srauto tyrimas pasirinktoje gamybos įmonėje.....</b>	<b>22</b>
3.1. Gamybinės įmonės technologinių procesų apžvalga.....	22
3.2. Medžiagų srauto optimizavimo tarp darbo vietų poreikis tiriamoje įmonėje.....	24
3.3. Medžiagų sraute egzistuojantys vertės nekuriantys judesiai .....	25
3.4. Vertės nekuriančių judesių identifikavimas medžiagų sraute .....	26
3.5. Darbo optimizavimas naudojant informacines sistemas ir dirbtinį intelektą .....	28
3.6. Microsoft programinės įrangos pranašumas prieš kitus konkurentus .....	29
3.7. „Power BI“ programinė įranga .....	29
3.8. „Power Automate“ programinė įranga .....	30
3.9. „Microsoft“ programų panaudojimas tiriamoje įmonėje.....	31
3.10. Medžiagų srauto optimizavimo vykdomų procesų aprašas.....	34
3.11. Microsoft PowerApps programinės įrangos pritaikymas darbui.....	37
3.12. Microsoft programos srautas .....	41
3.13. Programos funkcijos darbinėje aplinkoje .....	45
3.14. Atnaujintos darbo tvarkos pagal Kanban metodą apžvalga .....	50
<b>4. Medžiagų srauto optimizavimo rezultatai bei ekonominė nauda .....</b>	<b>51</b>
4.1. Įvykdyti finansiniai sutaupymai atlikus gamybos procesų optimizavimą.....	52
<b>Išvados .....</b>	<b>53</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>54</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>58</b>
1 priedas. Tiriamojoje situacijoje sukurtas vertės srauto žemėlapis.....	58
2 priedas. Vartotojo klausimai susiję su komponentais.....	59
3 priedas. Dirbtinio intelekto informacijos pateikimas apie vykdomą gamybą .....	60

## Lentelių sąrašas

1 lentelė. Gamybos efektyvumų palyginimas [18].....	20
2 lentelė. Medžiagų srautas saulės jutiklio surinkimo operacijoje .....	27
3 lentelė. Medžiagų srautas saulės jutiklio programavimo operacijoje.....	27
4 lentelė. Saulės jutiklio surinkimo darbo vietos prastovų trukmė .....	28
5 lentelė. Saulės jutiklio programavimo darbo vietos prastovų trukmė .....	28
6 lentelė. Investicijos bei kita finansinė informacija .....	51
7 lentelė. Sandėliavimo lentynų matmenys .....	52



## Paveikslų sąrašas

1 pav. LEAN 5S įrankių žingsniai [36] .....	14
2 pav. OEE rodikliai [37] .....	15
3 pav. Kanban įrankio lentos pavyzdys .....	16
4 pav. Dirbtinio intelekto panaudojimas įvairiose srityse [14].....	17
5 pav. Vertės srauto žemėlapis [35].....	18
6 pav. Vertės srauto žemėlapis įmonėje [16].....	19
7 pav. OEE rodikliai po gamybos optimizavimo sprendimų [19].....	21
8 pav. Įmonėje veikianti automatinė surinkimo linija .....	22
9 pav. Daugiausiai pagaminamų jutiklių rūšių .....	23
10 pav. Saulės jutiklio gamybos technologinis procesas.....	23
11 pav. Medžiagų srauto blokinė schema.....	26
12 pav. Medžiagų sraute esančių judesių palyginimas.....	27
13 pav. „Gartner“ atliktos rinkos analizės rezultatai [25] .....	29
14 pav. Ištrauka iš „Microsoft Power BI“ programos [28] .....	30
15 pav. Ištrauka iš „Microsoft Power Automate“ programos [29].....	31
16 pav. Atnaujintos darbo tvarkos konceptas medžiagų sraute.....	32
17 pav. Gamybos linijos proceso srautas pasibaigus komponentams .....	33
18 pav. Optimizuotas medžiagų srauto procesas.....	35
19 pav. Informacijos srautas tarp gamybos ir Microsoft programų .....	36
20 pav. Optimizuojamos darbo vietos .....	37
21 pav. Duomenų bazės.....	37
22 pav. Kanban linijos duomenų bazė.....	37
23 pav. Gaminių sąrašas .....	38
24 pav. Numatytas gamybos planas .....	38
25 pav. Atliktų veiksmų istorija Kanban duomenų bazėje.....	39
26 pav. Naudojamų komponentų sąrašas .....	40
27 pav. Dirbtinio intelekto siūlomas programos srautas .....	41
28 pav. Programos srauto kūrimas .....	41
29 pav. Kuriamos programos srautas .....	42
30 pav. Duomenų bazės priskirtos prie programos .....	42
31 pav. Informavimo sistema .....	43
32 pav. Microsoft Teams programoje siunčiamas tekstas.....	43
33 pav. Microsoft Outlook programoje siunčiamas tekstas .....	44
34 pav. Planšetės ekrane matomas programos vaizdas .....	44
35 pav. Komponentų administravimo langas planšetiniame kompiuteryje.....	45
36 pav. Išsiskleidžiantis gaminių sąrašas .....	45
37 pav. Matavimo vienetų pasirinkimas.....	46
38 pav. Komponentų administravimo langas .....	46
39 pav. Gamybos kiekių planavimo langas .....	47
40 pav. Komponentų nurašymo langas .....	47
41 pav. Pranešimas Microsoft Teams programoje .....	48
42 pav. Pranešimas Microsoft Outlook programoje.....	48
43 pav. Televizoriuje pavaizduotas Kanban metodas .....	48
44 pav. Lentynos sužymėtos specialiais kodais.....	49

45 pav. Komponentų papildymo langas .....	49
46 pav. Vykdoma komunikacija su dirbtiniu intelektu .....	50

## Įvadas

Dabartiniame žmonių gyvenime egzistuoja daugiavartotojiškumas, todėl jam augant gamybos pramonė privalo prisitaikyti prie naujos paklausos, kad galėtų patenkinti kiekvieno žmogaus poreikį. Augant poreikiams, įmonės privalo ieškoti būdų, kaip juos patenkinti, kad vykdoma veikla neprarastų pelno ir galėtų toliau tiekti prekes laiku. Tokiais atvejais, kai norima didinti gamybos apimtis arba ją optimizuoti siekiant pagaminti kuo daugiau prekių, praeityje įmonės didindavo darbuotojų skaičių, bei įrangos kiekius. Tačiau poreikiai nebūdavo tokie dideli lyginant su dabartimi ir tokie sprendimai galėjo pagerinti gamybinę situaciją. Tokie sprendimo būdai šiame gamybos laikotarpyje jau nebėra tokie efektyvūs ir gamybinės linijos kuriamos su kuo minimalesniu žmonių kiekiu ir didesniu kiekiu robotų, kurie yra greitesni ir tikslesni, bet būtina pabrėžti, kad ne visose srityse žmones galima pakeisti robotais. Pasitaiko situacijų kai robotų funkcinės galimybės yra apribotos ir negali atlikti tokių veiksmų kaip žmones, nes tam nepritaikyta produkcijos darbo aplinka arba gaminio dizainas. Šiomis dienomis plinta ir medžiagų srautas, vykdomas robotais važinėjančiais tarp reikalingų vietų ir tiekiami komponentai į darbo vietas, tačiau tai geriausia įdiegti jau kuriant gamybinių linijų išdėstymą, taip pritaikant aplinką robotams, o įmonė veikianti ilgą laiką, tikrai neturės tam pritaikytos aplinkos. Kai atsitinka minėti faktoriai, ieškoma kitų būdų pagerinti gamybos procesus. Buvo atkreiptas dėmesys į darbuotojų judesius darbo vietoje, bei pačiose gamybinėse patalpose, kai vykdomas medžiagų srautas tarp darbo vietų, todėl atsirado „LEAN“ metodikos, kurios būtent ir skiria dėmesį į minėtas sritis. Minėtos metodikos efektyviausiai padeda optimizuoti žmonių atliekamus darbus. Šiuos metodus buvo pradėta naudoti, kai buvo pastebėta, kad sumažinus darbuotojų judesius arba tinkamai paskirsčius darbus žmonėms, galima paspartinti gamybą ir pagerinti gamybos procesų laikus, taip padidinant įmonės galimybes tiekti didesnius užsakymus klientams ir būti konkurencingesniems. Nuo tokios „LEAN“ metodikos atsiradimo, buvo sukurtas ne vienas metodas, patenkantis į šią sritį, kuriuos galima pritaikyti pagal skirtingas situacijas, kadangi nėra vieno metodo, kuris tiktų visiems optimizavimo klausimams. Šiame darbe aptariamas minėtų metodikų pritaikymas įmonėje ir pritaikytas labiausiai tinkamas įrankis nurodytai situacijai, taip siekiant paspartinti gamybą ir sumažinti vertės nekuriančius judesius. Tarp šių laikų informacinių inovacijų yra ir dirbtinis intelektas, kuris bėgant laikui vis labiau populiarėja tarp visuomenės, taip neaplenkdamas ir gamybinės pramonės. Dirbtinis intelektas gali padėti išspręsti tam tikras problemas ar palengvinti žmonių darbą. Būtent dėl pastarosios priežasties šiame tyrime panaudotas dirbtinis intelektas, kuris padėtų dar labiau paspartinti gamybinius procesus. Šiame projekte pagrindinę rolę atlieką žmones, todėl bus lygiagrečiai naudojami tiek „LEAN“ metodai, tiek dirbtinis intelektas. Didžiausias dėmesys skiriamas į medžiagų srautą tarp darbo vietų, kadangi ši grandinė yra viena iš svarbiausių gamyboje, kurioje gaminiai gaminami ne iš vieno komponento. Tam pačiam darbuotojui rūpinantis gamyba ir reikalingais komponentais, kenkiama gamybos efektyvumo rodikliams, todėl reikia atskirų žmonių, tiekiančių medžiagas į darbo vietas. Įmonėje, kurioje sprendžiama ši problema yra sukuriama daugiausiai vertės nekuriančių judesių, o panaikinus juos, galima ženkliai sutaupyti ne tik laiko, bet ir finansinių lėšų.

Tikslas: atlikti medžiagų srautų optimizavimą gamybos įmonėje, pritaikant informacines sistemas ir integruojant dirbtinį intelektą.

Uždaviniai:

1. atlikti procesų optimizavimo metodų bei dirbtinio intelekto panaudojimo gamybos sektoriuje galimybių analizę;

2. įvertinti surinktus duomenis ir nustatyti kaip sumažinti vertės nekuriančius judesius;
3. nustatyti kaip įtraukti dirbtinį intelektą į optimizavimo sprendimus;
4. identifikuoti ekonominę naudą įmonei po atnaujintos darbo tvarkos įdiegimo.

Hipotezė: Taikant "LEAN" metodus, informacines sistemas bei dirbtinį intelektą galima optimizuoti medžiagų srautą gamyboje ir padidinti gamybos pajėgumus.

## 1. Procesų tobulinimo metodų bei dirbtinio intelekto panaudojimo gamybos sektoriuje analizė

### 1.1. LEAN metodų įsigalėjimas pramonėje

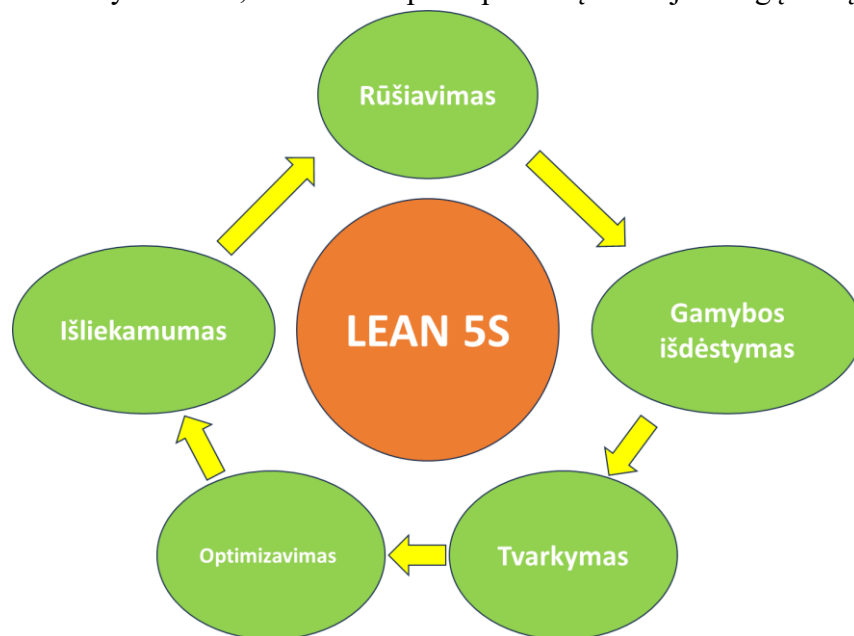
Pastaruoju metu daugėjant žmonių kiekiui pasaulyje, atitinkamai didėja ir įvairių prekių vartojimas, todėl gamybinės pramonės sektoriuose pradedama ieškoti sprendimo būdų, kaip būtų galima optimizuoti egzistuojančius procesus ir pagerinti turimą gamybos efektyvumą, bei efektyviau panaudoti jau esančius gamybinius išteklius, kreipiant dėmesį į įvairių švaistymų mažinimą. Siekiant atlikti minėtus veiksmus, galima naudotis įvairiais gamybos optimizavimo metodais, nes nėra vieno universalus, kuris tiktų visose situacijose ir būtų galima pasiekti geresnių rezultatų. Norint pasiekti geresnių rezultatų, reikia atkreipti dėmesį į gamybinės įrangos linijų korekcijas, produkcijos procesus, bei kokybės kontrolę, o esant galimybei, panaudoti *Kanban* sistemos pritaikymą procesų optimizavime. Būdai gali būti įvairūs: informacinių technologijų diegimas, inžinerinių bei kitų dalyvių, galinčių atlikti vykdomos gamybos procesų analizės, dalyvavimas, taip pat gamybos našumo stebėjimas realiu laiku ir tokiu būdu surinktą informaciją išanalizuoti ir nuspręsti, kokiais būdais galima pagerinti gamybinius procesus [1]. Didžioji dalis šiuolaikinių įmonių negali apsieiti be vienos iš plačiausiai naudojamų gamybinių procesų optimizavimo įrankių – „LEAN“ metodo, nors nuo jos sukūrimo, praėjo ne vieneri metai ir jis buvo išbandytas daugelyje gamybos sričių ir po metodo įdiegimo įmonėse surinkti rezultatai parodo, kad tai yra vienas iš efektyviausių metodų, siekiant atlikti paspartinimus. Panaudojus *Kanban* metodą gamyboje, rezultatai rodo, kad jie padeda sumažinti didžiąją dalį gamybos procesuose egzistuojančių nereikalingų veiksmų, kurie atspindi vertės nekuriančiuose judesiuose, kokybinėse problemose. Dažnai nusprendžiama atlikti turimų gamybinių linijų korekcijas, nes pastebima, kad darbas atliekamas neefektyviai ir taikant „LEAN“ įrankių informaciją, sukuriama U formos linijos, kai eliminuojami vertės nekuriantys veiksniai bei kiti švaistymai, tokiu būdu gamybos procesai tampa našesni ir padidina linijos efektyvumą. Tačiau minėtus įrankius sudaro ne tik *Kanban* metodas. Jų egzistuoja daugiau, pavyzdžiui „Vertės srauto žemėlapis“ principai, *Poka-Yoke*, *DMAIC* ir kiti procesų spartinimo bei tobulinimo įrankiai [2].

Gamyboje naudojant „LEAN“ optimizavimo sistemą, 5S yra vienas iš svarbiausių metodų, be kurių tokią sistemą būtų gana sunku pritaikyti. Toks metodas yra skirtas sukurti darbo vietą, kuri būtų kuo efektyvesnė ir sukurianti minimalų kiekį vertės nekuriančių judesių. Jis kilo iš 5 žodžių sąvokų: surūšiuoti, sutvarkyti, užtikrinti švarą, palaikyti savikontrolę, standartizuoti. Būtent šie punktai nurodo, kaip sukurti darbo vietą taip, kad ji būtų maksimaliai efektyvi, taip pat privaloma įtraukti ir gamybos darbuotojus į standartizavimo procesus, kad tai jiems padėtų geriau suprasti kodėl visa tai yra daroma [3].

5S metodas (žr. 1 pav.), skirstomas į penkis atskirus etapus [4]:

1. **Rūšiavimas.** Identifikuojami darbo vietoje naudojami įrankiai ir surūšiuojami į reikalingų ir nereikalingų kategorijas. Nereikalingus įrankius privaloma pašalinti ir palikti tik tuos, kurie yra būtini naudojimui, taip pat turi būti pažymėtos dedikuotos įrankių vietos, kuriose jie turi būti;
2. **Gamybos išdėstymas.** Visos darbo vietos turi būti tvarkingai išdėstytos, kad būtų lengvai pasiekiamos. Tai sumažina darbuotojų paieškos laiką ir padeda išvengti prastovų (aktualus punktas kai vykdomas medžiagų srautas tarp darbo vietų);
3. **Tvarkymas.** Skatinama švara darbinėje aplinkose, tai apima nuolatinį švaros palaikymą, kad būtų patogų ir saugu dirbti;

4. **Standartizavimas arba optimizavimas.** Darbo vietose sukuriama tvarkos standartai, siekiant procesų nuoseklumo ir klaidų išvengimo. Kai pateikta informacija yra suprantama visiems atsakingiems darbuotojams, užtikrinamas sklandus darbas, kuris eliminuoja klaidas ir užtikrina kokybę;
5. **Savikontrolės palaikymas arba išliekamumas.** Atlikus minėtus 5S punktus, svarbu paskatinti darbuotojus laikytis sukurtų standartų ir juos įtraukti į tolimesnius darbo vietų tobulinimus. Tai yra būtina, kad visi šie principai būtų naudojami ilgą laiką.

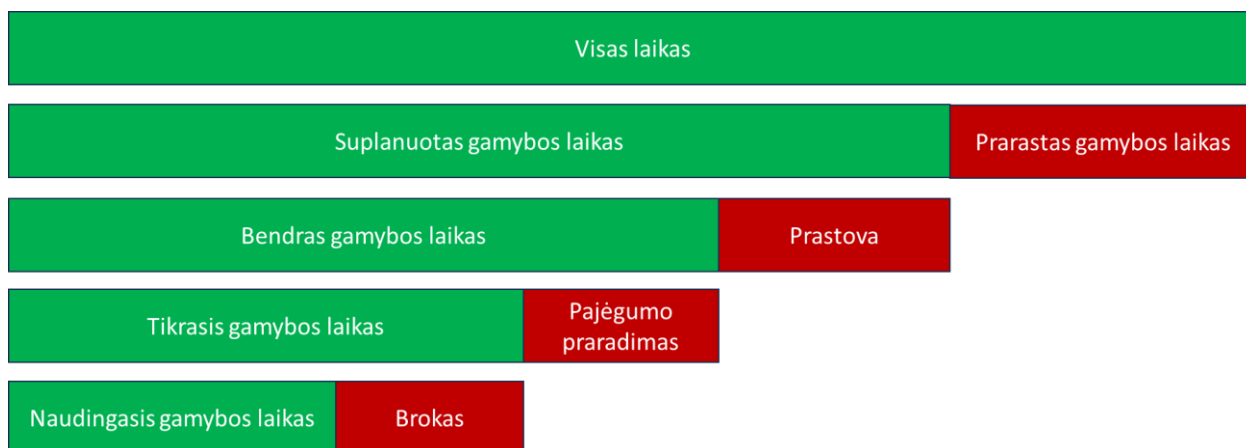


1 pav. LEAN 5S įrankių žingsniai [36]

Tačiau „LEAN“ metodams prireikė laiko, kad susiformuotų. Jie yra kilę iš Toyota gamybos sistemos (TGS). Būtent ši sistema iš kurios kilo tiriamą metodų grupę, buvo sukurta Japonijoje, Toyota automobilių gamybinėje įmonėje. Ji sukurta gamykloje dirbančių inžinierių Taiichi Ohno ir Shigeo Shingo, kartu su kitais įmonėje dirbančiais inžinieriais [5]. Šis gamybinės pramonės optimizavimo būdas yra laikomas ankstyvąja „LEAN“ sistemos pradžia, kuris leido integruoti didžiąją dalį sistemos principų ir gerųjų praktikų. Nuo Toyota gamybos sistemos sukūrimo pradžios, kiekvienais metais buvo galima pastebėti augantį, tokią sistemą naudojančių pramonės sektoriaus įmonių, skaičių, taip pat nors ir ne taip plačiai, bet paplito kituose įvairiuose paslaugų sektoriuose. Ši sistema sukurta atlikus situacijos analizę gamyboje, norint padidinti efektyvumą, sumažinti netinkamai panaudotų žaliavų atliekas, pagerinti gaminamos produkcijos kokybę, panaikinti vertės nekuriančius judesius ir vienas iš svarbiausių punktų, turėti galimybę būti lanksčiai įmonei, kuri atsiradus didesniems kiekio poreikiams nei įprastai, būtų pajėgi pagaminti klientų pateiktus užsakymus. Vis dėlto, reikėtų nepamiršti, kad ši sistema, iš kurios kilo „LEAN“ metodas, neapibrėžta ties vienu principu ir jį apima daugelis kitų įrankių, kurie padeda gerinti gamybos procesus, optimizuoti gamybos grandinę. Kiekvienas įrankis turėtų būti pritaikomas tik įsivertinus gamybos situaciją įmonėje ir pagal atliktas situacijos analizes būtų galimas naudoti kaip dalis gamybos spartinimo arba optimizavimo strategijos [6].

„Overall Equipment Effectiveness“ (toliau – OEE arba lietuviškai „Bendrasis įrangos efektyvumas“) terminas naudojamas, kaip bendrajam įrenginių pajėgumui apibūdinti, nurodant tikrąjį įrangos pajėgumą (žr. 2 pav.). Šis rodiklis puikiai atspindi gamybos rezultatus, kai norima sužinoti kiek

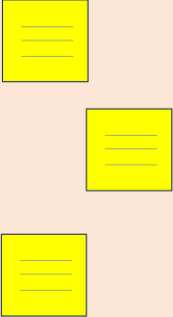

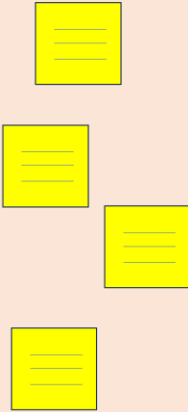
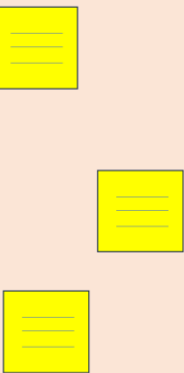
suplanuoto gamybos laiko įranga buvo naudojama pagal planą, išlaikant produktyvumą ir tokie rezultatai yra apibrėžiami procentais [7]. Jeigu remiantis šiuo rodikliu, bendras rezultatas siekia 100% procentų, tuomet tai parodo, kad gamyba vyko didžiausiu įmanomu pajėgumu, neįvyko nei vienas neplanuotas sustojimas ir nebuvo nei vieno brokuoto gaminio. Šis rodiklis apskaičiuojamas įvertinant tris gamybinius rodiklius: linijos našumą, dirbtą laiką bei galutinę kokybę, todėl norint pasinaudoti šia formule, būtina nustatyti ciklo laikus. Kai ciklas yra mažesnis nei planuotas, dėl neplanuotų sustojimų dėl prastovų ir kitų priežasčių, bei kokybės problemų, kai per tą laiką pagaminami gaminiai yra netinkami pardavimui ir naudojimui. Būtent į šį rodiklį gali patekti ir medžiagų srautas, kadangi dėl jo gali atsirasti prastovos ir dėl šios priežasties atsiranda anksčiau minėti veiksniai. Šis rodiklis skaičiuojamas pagal tokią formulę  $OEE = \text{Gamybos laikas} \times \text{Produktyvumas} \times \text{Gaminų kokybė}$  [8].



2 pav. OEE rodikliai [37]

## 1.2. Kanban metodo efektyvus panaudojimas procesų spartinime

Pramonėje neretai sutinkamas ir iš „LEAN“ metodų kilęs *Kanban* įrankis, padedantis pagerinti našumo, kokybės ir procesų trukmės rodiklius, o įrankio panaudojimas yra gana platus. Jį galima įdiegti ne tik gamybinėse linijose, kur yra surinkinėjami gaminiai, bet projektų arba kitų gamybinių procesų, kurie yra gamybos dalis, valdyme. Tokio įrankio pagrindinė esmė – vizualizacija ir norint ją naudoti, reikia turėti tam skirtas priemones: lentą bei korteles, kuriose būtų galima žymėti informaciją (žr. 3 pav.). Jų pagalba būtų galima vaizdinėmis priemonėmis pavaizduoti tiriamo proceso darbo srautą arba projekto užduotis. Pasitelkus tokią priemonę, palengvinamas informacijos suvokimas, apie užduočių kiekį, jų statusą ir nebaigtus darbus iki tikslo įgyvendinimo pabaigos [9]. Naudojant šį principą, sukuriama galimybė valdyti atliekamų darbų srautus, rezultate pagerinant gamybos efektyvumo rodiklius arba projektų valdymą. Vizualinę priemonę patariama naudoti ir darbų prioretizavimui, kai lentoje matoma informacija, kurios užduotys yra svarbiausios ir kurioms reikia skirti didžiausią dėmesį, dėl šios priežasties tai padeda efektyviau valdyti projekto įvykdymo laikus ir panaudoti turimus išteklius. Dar vienas teigiamas reiškinys, kurį suteikia *Kanban* įrankis, tai darbų eigos aiškumas. Vaizdinės priemonės darbuotojams padeda geriau suprasti, kokia yra užduoties būseną, kokios užduotys yra padarytos ir laukiančios savo eilės. Taip išvengiama perteklinio darbo arba kitų vertės nekurančių judesių. Atlikus visus darbus, panaudojus *Kanban* įrankį, turime galimybę turėti atliktų darbų atsekamumą ateityje ir identifikuoti eigoje iškilusias problemas, suprasti ką būtų galima daryti geriau sekantį sykį ir taip padidinti vykdomų darbų efektyvumą [10].

Darbų sąrašas	Atliekami darbai	Patvirtinimas	Užbaigimas
			

**3 pav.** Kanban įrankio lentos pavyzdys

Atlikus visas projekto užduotis ir jeigu tai susiję su atnaujinamais procesais, dažnu atveju susiduriama su problema, kai darbuotojai nesilaiko naujos tvarkos ir pastebima tendencija, kuomet patobulintas procesas grįžta į pirminę stadiją. Įdiegus naujas sistemas į darbo procesą, reikėtų atsižvelgti į žmogiškojo faktoriaus riziką, jeigu galimybę suklysti yra, tai būtent taip ir atsitiks. Tokie faktoriai dažniausiai sutinkami gamyboje, kur vyksta medžiagų srautas ir sraute dalyvauja žmonės. Minėtos priežastys gali nutikti tuomet, kai komponentus tiekiantys žmonės, neturi jokios informacinės sistemos, informuojančios apie žaliavų trūkumą darbo vietose arba sistemos veikimas yra netinkamas. Didžiausią neigiamą įtaką produkcijos linijose daro prastovos, kai atsiranda komponentų trūkumas ir darbas linijoje yra sustabdomas, o prastovos turi poveikį gamybos efektyvumo rodikliams [11]. Pasitelkus anksčiau minėtą *Kanban* metodą, galima įdiegti optimalų darbo srautą, kuris leistų sumažinti prastovų laikus ir taip padidinti vykdomos gamybos efektyvumą. Standartiškai tokiam įrankiui reikia fizinės lentos, kurioje būtų galima sekti gamybos statusą, tačiau su dabartinėmis technologijomis įmanomas skaitmeninis variantas. Naudojant tokią vizualizacijos priemonę, sunaudojus komponentus, galima perteikti informaciją apie trūkumą tiems žmonėms, kurie yra atsakingi už medžiagų srautą tarp darbo vietų, atsiranda galimybė dirbti be pertraukimų. Dėl minėtų priežasčių, pradėjus *Kanban* metodą naudoti gamyboje, pastebima, kad tai yra nepamainomas optimizavimo įrankis, kuris prisideda prie gamybos optimizavimo ir užtikrina, kad kiekvienoje darbo vietoje būtų reikiamas kiekis naudojamų medžiagų bei procesai būtų nepriklausomi aplinkinių priežasčių [12].

### 1.3. Dirbtinio intelekto pritaikymas gamybinėje aplinkoje

Šiomis dienomis siekiama sukurti autonominių dirbtinį intelektą, kuris galėtų priimti sprendimus ir veikti be visiškai jokio žmogaus įsikišimo. Dabar tokia technologija mūsų kasdieninėje veikloje skinasi vis platesnį kelią ir neaplenkia gamybos pramonės, kadangi jo panaudojimas yra gana platus, todėl gali būti pritaikomas ne tik įprasto žmogaus gyvenime, bet ir gamybos procesuose (žr. 4 pav.). Ši naujoji technologija yra tokia universali, kad gali apimti daugybę sričių, kuriose gali padėti efektyviau valdyti gamybinius procesus [13]:

1. **Sandėlio valdymas.** Šioje srityje dirbtinis intelektas gali būti naudojamas nustatant sandėliavimo vietas, kuriose būtų laikomi gaminiai/žaliavos ir valdyti kiekius, kad būtų galima išvengti



medžiagų pertekliaus, kai dėl nepanaudoto kiekio užšaldomi įmonės pinigai, taip pat ir trūkumo, kai gamyba stabdoma dėl komponentų trūkumo;

2. **Poreikių iš kliento prognozavimas.** Viena iš naudingiausių funkcijų yra užsakymų prognozavimas. Dirbtinis intelektas išanalizavęs gamybos duomenis, gali pateikti naudotojui, kokie preliminarūs užsakymai numatomi ateityje, taip užtikrinant gamybos resursą, numatyto produkto gamybai. Ši sistema gali būti naudojama tik kaip pagalbiniė priemonė, visiškai patikėti prognozavimą būtų rizikinga;
3. **Kokybės užtikrinimas.** Gamybos procesuose naudojamos kameros, nustatančios defektus. Šiuo metu rinkoje galima rasti ir tokių kamerų, kurios turi dirbtinio intelekto papildinius, kurie gali nustatyti brokuotus gaminius, prieš tai jį apmokinus, kokie yra blogi gaminiai, kad galėtų atskirti brokuotus gaminius pagal naudotojo nustatytus reikalavimus;
4. **Gaminiam skirtų komponentų kiekio palaikymo planavimas.** Išmanioji technologija padeda ne tik numatyti ateities poreikius, bet ir naudojamų komponentų kiekį, kai gaunami gamybos užsakymai. Turint reikalingą komponentų kiekį įmonėje, išvengiama prastovų dėl jų trūkumo. Tai gali pasitarnauti ir paskirstant resursus po gamybą, kad būtų užtikrintas gamybos efektyvumas.



4 pav. Dirbtinio intelekto panaudojimas įvairiose srityse [14]

#### 1.4. LEAN metodų bei dirbtinio intelekto technologijos suderinamumo panaudojimo apžvalgos rezultatai

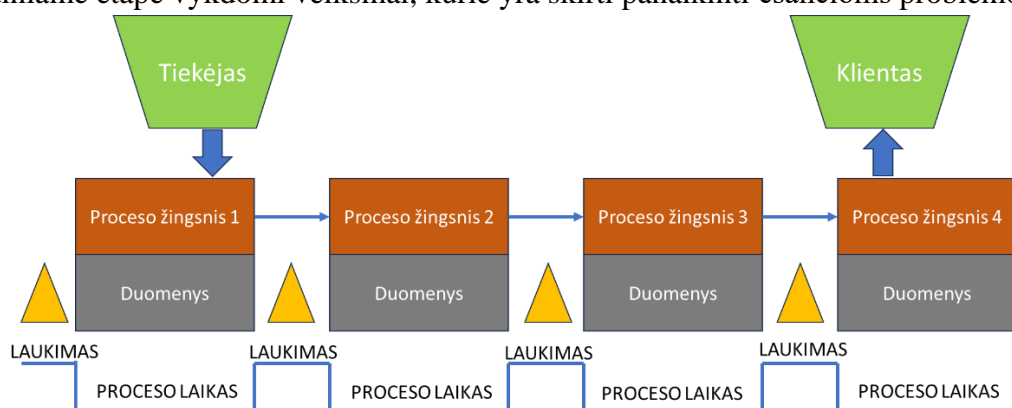
Kaip rodo sukaupta informacija, vis daugiau įmonių siekia pritaikyti praktiką, kai naudojami anksčiau minėti metodai, nes tai efektyviai gali padėti žmonėms atlikti duomenų analizes, sumažina švaistymus, bei išlaidas ir padidina įvairių procesų efektyvumą. Dirbtinis intelektas gali būti panaudojimas įvairiose pramonės srityse, kadangi tai gali suteikti realaus laiko informaciją ir pranešti darbuotojui apie iškilusias problemas arba gamybos proceso pokyčius, taip sukuriant galimybę išvengti didelių išlaidų, dėl netinkamai vykdomo darbo.

Atlikus mokslinių darbų analizę, galima pastebėti, kad tiek „LEAN“ metodai, tiek dirbtinis intelektas yra šių dienų gamybos optimizavimo klausimų sprendimo palengvinimas, todėl šiame darbe bus atliekamas tokių metodų panaudojimas, optimizuojant medžiagų srautus, pasitelkus dirbtinio intelekto pagalbą, kuris padėtų žmonėms dar sparčiau vykdyti gamybą, kai gamyba yra veikianti be prastovų ir kitų vertės nekuriančių trūkumų.

## 2. Procesų optimizavimo metodų pritaikymas gamybos įmonėse

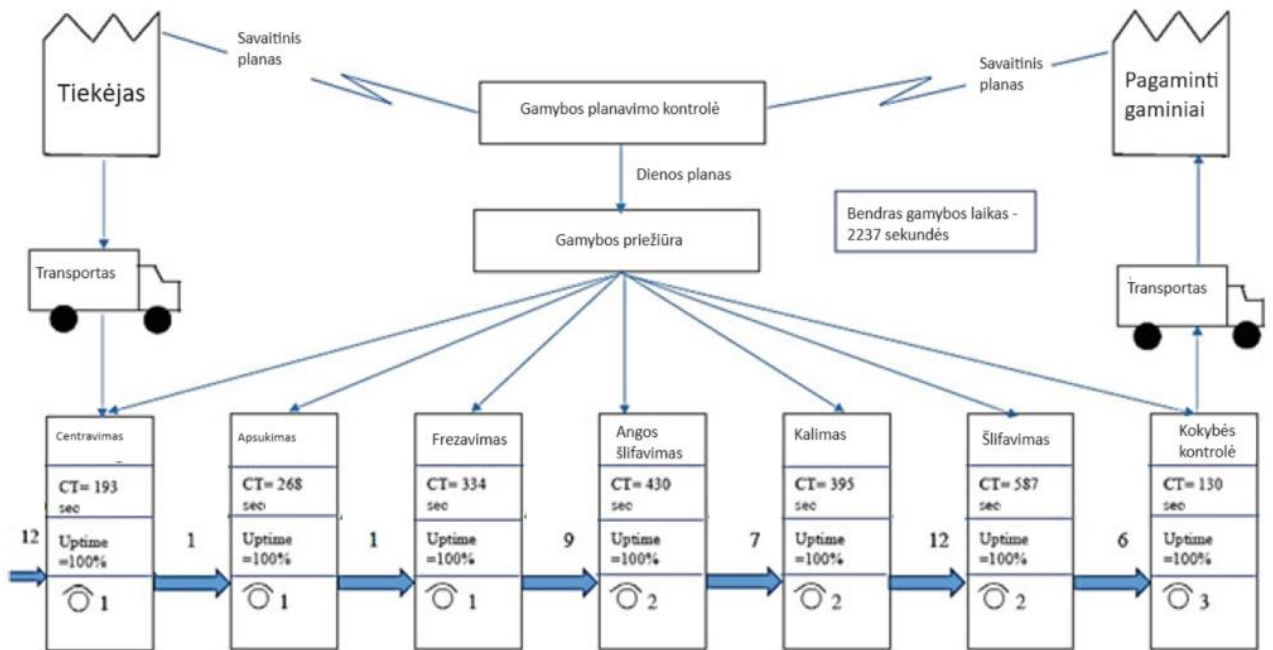
Gamybinės įmonės, siekiančios iš turimų resursų išgauti kuo didesnę efektyvumą, analizuoja rinkoje naudojamus metodus, tam, kad rastų geriausiai tinkančias metodikas ir pasiektų savo išskeltus tikslus. Kai susiduriama su neefektyvia ir nuostolinga gamyba, nelieka kitos išeities, kaip ieškoti vadybinių metodų. Viena iš labiausiai įmonėse paplitusių metodikų yra „Value Stream Mapping“ (toliau – VSM arba lietuviškai „Vertės srauto žemėlapis“), kuri padeda suprasti vykdomus procesus, juos suplanuoti ir pamatyti [15], kuriuose procesuose atliekamas naudingas darbas, o kur dirbama nuostolingai (5 pav.). Vertės srauto metodas dažniausiai yra taikomas etapais.

1. Pačioje tyrimo pradžioje naudojami specialieji simboliai ir numatytas metodas, tam kad būtų galima sukurti vizualinę diagramą, kuri atspindėtų esamą situaciją;
2. Atlikus gamybinių procesų analizę, identifikuojami butelio kakliukai, tai yra tokios proceso vietos, kuriose dirbama neefektyviai ir pristabdant kitas darbo vietas nuo efektyvesnio darbo;
3. Vizualiniais metodais suformuojamas norimų rezultatų planas, etapais kaip turėtų vykti procesai pagal planą;
4. Paskutiniame etape vykdomi veiksmai, kurie yra skirti panaikinti esančioms problemoms.



5 pav. Vertės srauto žemėlapis [35]

Pritaikius „Vertės srauto žemėlapi“ metodą konkrečiame procese, dažniausia nauda gaunama pašalinus arba patobulinus neefektyvius procesus, taip gaunant greitesnę užsakymų pristatymą klientams bei gamybinių atliekų sumažinimą iki minimalaus kiekio. Tokio metodo panaudojimą aprašė Abhišek Deokar ir H. Abdul Zubar. Autoriai tyrimo metu siekė iširti, kaip įmonė įgyvendino „LEAN“ metodus, panaudojant „Vertės srauto žemėlapi“ pramonėje [16]. Pagrindinis dėmesys šiame tyrime buvo skiriamas esamų produktyvumo rodiklių padidinimui, paspartinti gamybos procesų laiką ir pašalinti švaistymus procesuose. Toks įrankis buvo bandytas pritaikyti variklio skyriaus, stūmoklių gamybos linijoje. Atlikta analizė parodė, kas gamybos linijoje yra „butelio kakliuko“ operacija (6 pav.), trunkanti ilgiausiai lyginant su kitais gamybos procesais, ją identifikavus suformuotas norimų rezultatų planas ir pradėta dirbti pagal jį. Toks metodas padėjo optimizuoti vykstantį gamybos procesą, kuris lėmė pačio proceso trukmės mažėjimą ir didesnę gamybos efektyvumą. Ilgiausios trukmės procesas rastas angų gręžimo, kalimo ir šlifavimo operacijose, pritaikius metodą įvykdytas sumažėjimas angų gręžimo operacijoje 56 sekundėmis, kalimo operacijoje 227 sekundėmis ir paskutiniame šlifavimo procese 155 sekundėmis. Sumažinus ciklo laikus, bendras produktyvumas padidėjo 24 vienetais. Didžiausias privalumas taikant tokį metodą, kad dažniausiai nereikia pirkti naujos įrangos, darbuotojai dirba tuo pačiu tempu, tačiau pagal standartizuotą darbo metodiką.



6 pav. Vertės srauto žemėlapis įmonėje [16]

Tačiau viena iš alternatyvų „Vertės srauto žemėlapiui“, esanti toje pačioje „LEAN“ optimizavimo įrankių kategorijoje yra *Kanban* sistema, kuri yra paprastesnė ir aiškiau suprantama paprastam vartotojui. Tokios sistemos panaudojimas aprašomas Nor Azian Abdul Rahman ir Mohd Yusri Ibrahim straipsnyje [17], kuris aprašo minėtos *Kanban* sistemos pritaikymą gamybinėse įmonėse, siekiant sumažinti atsargų švaistymą, bei sąnaudas. Straipsnyje pateiktas atvejis, kai *Kanban* sistema buvo pritaikyta gamybos procesui (detalesnė informacija apie gamybos procesus nepateikiama) ir tai atnešė visokeriopos naudos mažinant produkcijos atliekas, išlaidas, nuostolius bei atsiradusį lankstumą, galint prisitaikyti prie rinkos pokyčių. Pastebėti veiksniai, kurie tapdavo kliūtimis diegiant tokią sistemą, tokie kaip kokybės kontrolės stoka, darbuotojų įsitraukimo nebuvimas, netinkamas atsargų valdymas. Verta paminėti, kad tyrimas buvo atliktas skirtingų dydžių įmonėse, kurių darbuotojų skaičius neviršija 250 žmonių, o generuojamas metinis pajamų pelnas, ne didesnis nei 50 mln. eurų.

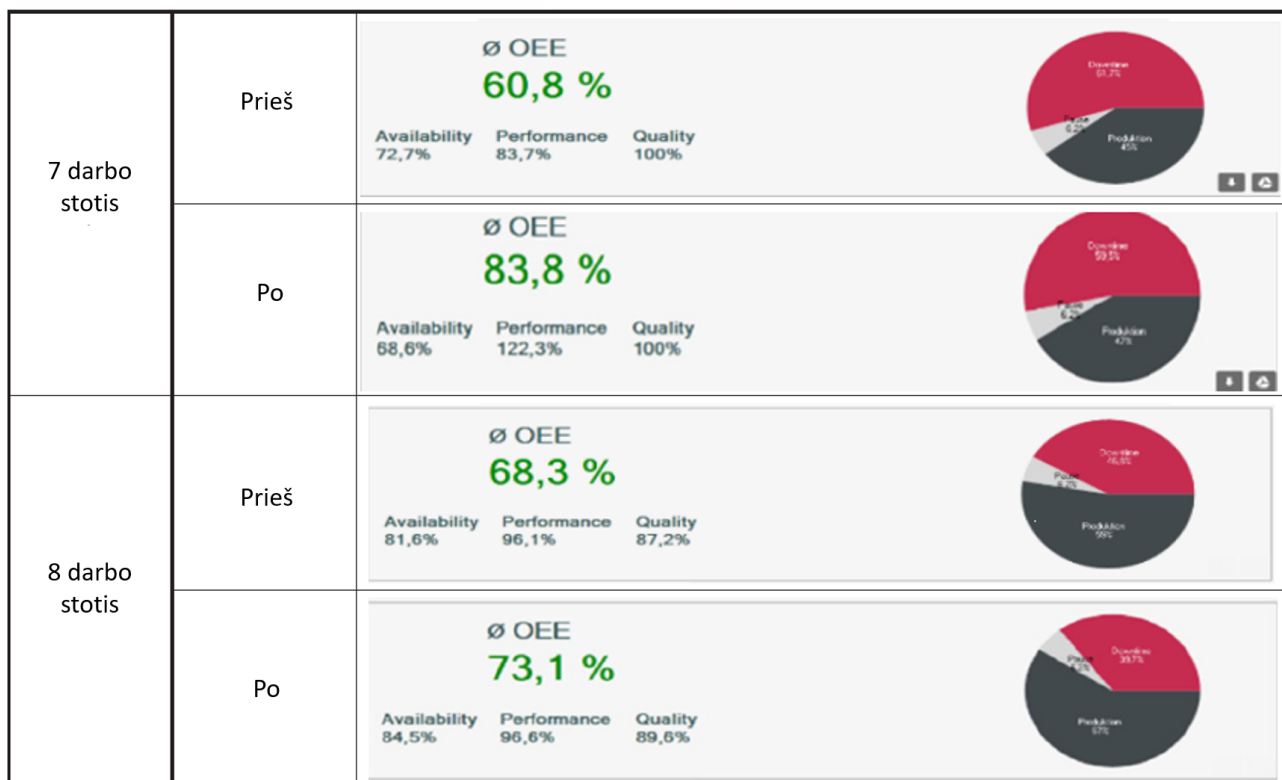
Kita situacija apie optimizuojamus gamybinius procesus, buvo aprašyta M. Pekarcikova, P. Trebuna ir kt. autorių straipsnyje. Atlikta analizė medicinos priemonių gamybos įmonėje, kurioje vykdomi įvairūs ir skirtingos trukmės procesai. Pagrindė įmonėje dominuoja automatinė įranga, tačiau įvykus gedimui, yra galimybė pereiti prie rankinio darbo, kadangi didžioji dalis įrangos yra automatinės ir jų procesai yra stabilūs. Iš gautų analizės rezultatų galima daryti prielaidą, kad pagrindiniai švaistymai vykdomi tarp darbo vietų, kur vyksta medžiagų srautas. Sukurtas simuliacijos modelis, kuris parodo kokia eilės tvarka vyksta procesai, identifikuoja ciklo laikus. Įvykdyta simuliacija parodė, kad gamyba yra neefektyvi ir yra nepajėgi pilnai išpildyti užsakymus, atsiranda vėlavimai, todėl buvo nuspręsta pasinaudoti *Kanban* metodu, įvedant elektroninę metodo versiją. Šio metodo pagrindinė užduotis buvo stebėti medžiagos kiekius tarp operacijų. Įprastinis *Kanban* skiriasi nuo pastarojo tuom, kad fizinės kortelės pakeistos brūkšniniais kodais [18].

**1 lentelė.** Gamybos efektyvumą palyginimas [18]

	<b>Kelioniniai maišeliai</b>	<b>Kūdikų maišeliai</b>	<b>Vienkartiniai maišeliai</b>	<b>Lovoms skirti apvalkalai</b>	<b>Maišeliai su išleidimo vožtuvais</b>	<b>Maišeliai su laikikliu</b>
<b>Pirmoji simuliacija (prieš Kanban)</b>	51%	45%	54%	53%	45%	52%
<b>Antroji simuliacija (su Kanban)</b>	76%	88%	87%	87%	76%	87%
<b>Skirtumas</b>	25%	43%	33%	34%	31%	35%

Straipsnyje pateikti rezultatai po *Kanban* elektroninės sistemos įvedimo, leidžia pastebėti, kad papildomos vizualinės priemonės įdiegimas padidino gamybos našumą nedarant esminių pakeitimų procesuose, nekeičiant jų trukmės, tik optimizuojant medžiagų srautus.

Įmonėse kilus sunkumų konkuruojant su kitais konkurentais, kurie gamina panašų ar tą patį produktą, susiduriama su problemomis, sprendžiant kaip reikėtų optimizuoti gamybą, kad ji taptų efektyvesnė ir leistų išlikti konkurencingiems rinkoje. „LEAN“ optimizavimo įrankiai puikiai pasitarnauja tokiose situacijose, kai gamybos optimizavimas atliekamas skiriant kuo mažiau lėšų tokiems darbams, nes akcentuojamos bėdos sprendžiamos pašalinant vertės nekuriančius judesius. Optimizavimo būdą, kai šis sprendžiamas pasirinkus *OEE* įrankį, ištyrė I.Šajdlerova, V. Schindlerova ir kt. autoriai, kuriame buvo išanalizuota situacija prieš įrankio panaudojimą ir naudojant gamyboje. Jame aptariama, kai būtent *OEE* įrankis gali būti panaudotas gamybos ciklo stebėjimui ir vertinimui, neplanuotų sustojimų ir problemų identifikavimui bei sprendimų priėmimui procesų tobulinime, be to straipsnyje pateikti ir kiti susiję gamybos procesų efektyvumo vertinimo rodikliai, aptartos vietos kuriose egzistuoja produktyvumo problemos. Atlikta analizė pieno apdirbimo įmonėje, kurioje vykdoma mažos apimties gamyba, parodė, kad nusipirkti naują įrangą ir įsidiesti naują informacinę sistemą neužtenka, todėl įmonė nusprendė pasinaudoti *OEE* įrankiu gamybos procese (7 pav.), kad atliktų gamybos efektyvumo stebėjimus, tačiau iš turimų gamybos įrašų, šių rodiklių apskaičiuoti nebuvo įmanoma, nes iš esmės sukuriama įrašai dėl neteisingo pateikimo ir formato buvo nepanaudojami, todėl teko atlikti sistemos konfigūraciją. Toks faktorius parodo, kad labai svarbu pasirinkti tokią sistemą, kuri būtų universali ir leistų esant poreikiui panaudoti duomenis *OEE* ir kt. rodiklių skaičiavimui. Kai sistema pilnai sukonfigūruota, galima pradėti *OEE* skaičiavimus, kurie parodo kuriose gamybos vietose reikėtų atlikti optimizavimus ar kitus veiksmus, tam, kad paspartinti gamybą. Kaip pavyzdys, jeigu matoma, kad įranga veikia ne pagal numatytą planą su gedimais, galima skirti prioritetą reguliariems savaitiniams techninės priežiūros darbams, tam, kad padidinti *OEE* efektyvumo rodiklius, padidinus įrangos prieinamumo procentinę dalį [19].



7 pav. OEE rodikliai po gamybos optimizavimo sprendimų [19]

Naudojantis *OEE* rodiklio stebėjimo sistema, pastebima, kokios gamybos proceso vietos yra neefektyvios. Patobulinus tokias vietas, galima paspartinti gamybą. Į šią sistemą patenka tokie rodikliai kaip prieinamumas, efektyvumas ir kokybė, kurie yra *OEE* rodiklio rezultato dedamosios dalys.

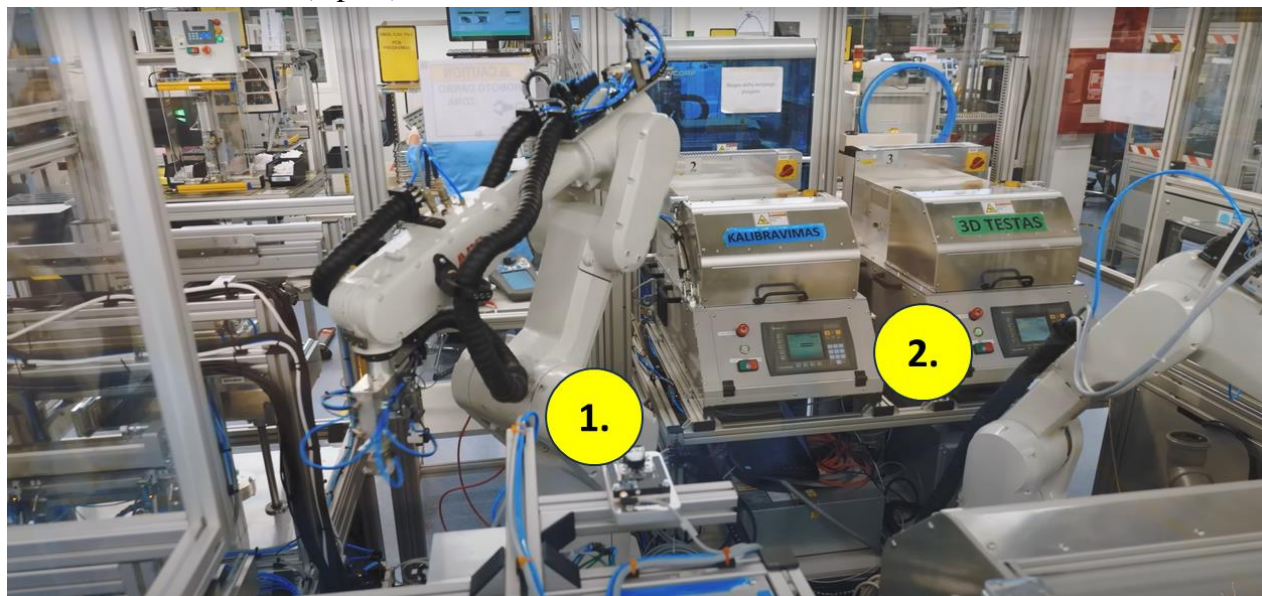
## 2.1. LEAN įrankių panaudojimo gamybinuose procesuose rezultatai

Remiantis atliktos literatūros šaltinių analize, apie optimizavimo įrankių panaudojimą, galima teigti, kad tokios gamybinės įmonės kurios susiduria su nestabiliu ir neefektyviu procesu, prieš panaudojant minėtus „LEAN“ įrankius, turėtų atidžiai įvertinti jų tinkamumą savo gamybiniams procesams. Mažos apimties įmonėse dažniausiai galima susidurti su turimos įrangos nusidėvėjimu ir finansinių lėšų trūkumu ją atnaujinti, taip pat su darbuotojų prisitaikymu prie įdiegtų patobulinimų. Susiduriama su atnaujintos sistemos nesilaikymu, kai dirbti su naująja sistema yra nepatogu ir neįprasta, lyginant su senąja tvarka, prie kurios buvo įprasta. Siekiant užtikrinti „LEAN“ metodika paremtų įrankių diegimą į gamybą sklandumą, rekomenduojama kuo platesnė komunikacija su darbuotojais apie planuojamus atnaujinimus ir juos diegti mažais etapais, kad darbuotojai lengviau priprastų prie naujos gamybos tvarkos.

### 3. Medžiagų srauto tyrimas pasirinktoje gamybos įmonėje

#### 3.1. Gamybinės įmonės technologinių procesų apžvalga

Tyrimas atliekamas UAB „Littelfuse LT“ įmonėje, kuri yra tarptautinė įmonė, kilusi iš Jungtinių Amerikos Valstijų ir įkūrusi padalinį Lietuvoje. Šios įmonės gaminamų gaminių spektras yra platus, gaminami ir projektuojami komponentai nuo kasdien naudojamų elektronikos įrenginių iki naujausių transporto priemonių ir gamybinės įrangos. Ši automobilių komponentų gamybos įmonė, tam, kad galėtų tiekti gaminius, privalo atitikti standartus norint užtikrinti parduodamų gaminių kokybę. Dėl minėtos priežasties, įmonė yra atitinkanti IATF 16949, ISO 9001, ISO 14000 ir kitus automobilių pramonės standartus. Tokie standartai yra skirti kokybės valdymui gamyboje, kurie užtikrina nuolatinį procesų tobulinimą, akcentuoja brokuotų gaminių prevenciją, bei įvairių atliekų, kurios nekuria finansinės vertės, mažinimą automobilių pramonės komponentų tiekimo grandinėje. Gamybos patalpos susidaro iš įvairių gaminių surinkimo linijų, kuriose dirbama pagal skirtingus principus, egzistuoja 3 gamybos linijų tipai: rankinis surinkimas, pusiau automatinis surinkimas bei automatinis surinkimas (8 pav.).



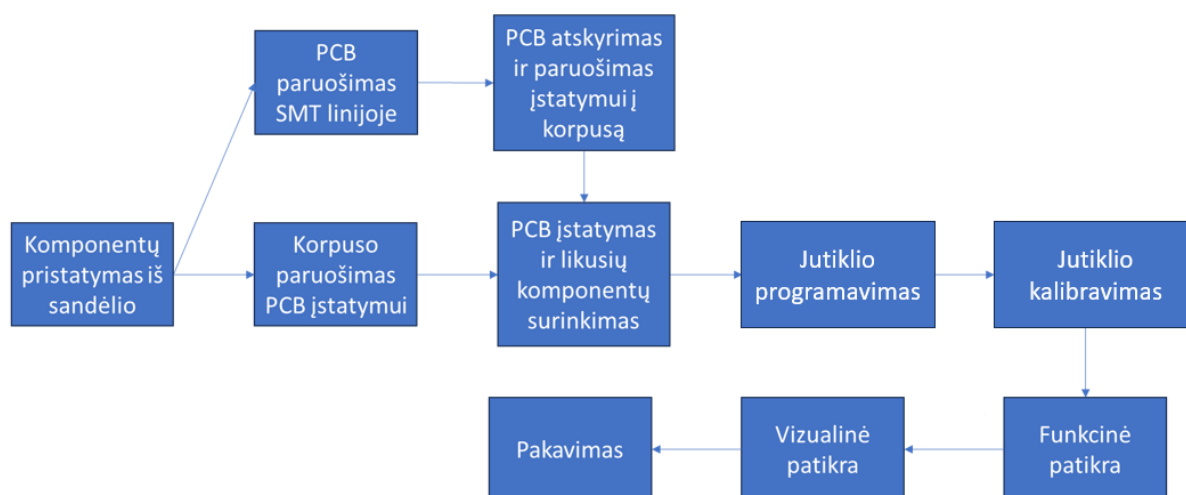
**8 pav.** Įmonėje veikianti automatinė surinkimo linija. 1 – gaminių perkėlimo robotas, 2 – gaminių apdorojimo stotis

Užimamas gamybos plotas Kauno padalinyje yra apie 8,200 m<sup>2</sup> ir visas šis plotas panaudotas gamybinėms linijoms, kuriose stovi įvairių tipų įrenginiai, tokie kaip litavimo robotai, plastiko liejimo įrenginiai ir kiti [21]. Kai gaminiai yra unikalūs, natūralu, kad didžioji dalis įrenginių yra ne tik standartiniai, bet ir būtent pritaikyti prie konkrečių gaminių bei gamybos kiekių. Didelė gamybos apimtis parodo, kad įmonė turi daug įvairios įrangos, kuri leidžia būti konkurencingai rinkoje ir pasiūlyti platų galimybių spektrą. Taip pat kitas svarbus aspektas, gamybinėse linijose pagaminami dideli kiekiai, todėl įmonė privalo naudoti „LEAN“ metodus, tam, kad užtikrintų efektyvią gamybą, kokybiškus gaminius, bei spėtų patenkinti kliento poreikius. Darbo vietose visur galima pastebėti „LEAN“ tvarką, darbuotojai dirba pagal nustatytą procesą, darbo aplinkoje palaikoma tvarka bei švara, visi darbai reikalingi įrankiai turi pažymėtas savo vietas, tam, kad būtų galima lengviau rasti įrankį ir taip išlaikyti pastovų gamybos proceso laiką. Procesų optimizavimui naudojami anksčiau ištirti metodai, tokie kaip OEE, VSM, bei šiame darbe nepaminėti žuvies kaulo diagrama, FIFO principai, ganto grafikai ir kiti.



**9 pav.** Daugiausiai pagaminamų jutiklių rūšių. 1 – tiriamasis saulės jutiklio gamybinis procesas, 2 – dalis indikuojanti skysčio lygį, 3 – diržo sagties įstatymo vieta.

Įmonės gaminamų produktų spektras pasižymi įvairove, bei gebėjimu prisitaikyti pagal klientų pageidavimus t.y. gaminti produkcijos ir didelius, ir mažus kiekius. Pateiktame paveikslėlyje (žr. 9 pav.) išskirti 3 gaminių tipai, kurių yra parduodama daugiausiai (saulės, skysčio lygio, diržų sagties jutikliai). Atlikus parduodamų jutiklių 2022 metais analizę ir palyginus su kitais užsakymais, nustatyta, kad daugiausiai buvo parduota saulės jutiklių, todėl galima teigti, kad medžiagų srautas įmonėje, skirtas pagaminti šios rūšies gaminį buvo didžiausias. Šis jutiklis yra nedidelis produktas, montuojamas automobilio priekinėje panelėje, gerai matomoje vietoje, kur neblokuojami patektų saulės spinduliai ir kiti šviesos šaltiniai. Populiariausi kelių zonų jutikliai nustato, koku intensyvumu spinduliuotė veikia automobilį, kuria kryptimi ir leidžia nustatyti transporto priemonėje klimato kontrolės sistemą, taip kompensuojant šiluminės automobilio apkrovas, skirtingose salono zonose užtikrinant keleivių aukštą komforto lygį. Jutiklis nustatęs intensyvumą ir kryptį, perduoda signalus transporto priemonės klimato kontrolės sistemai, kuri turi apskaičiuoti ir kompensuoti saulės šiluminę apkrovą salone [22]. Tokio gaminio medžiagų eiga ir gamybos technologinis procesas pateikiamas iliustracijoje (10 pav.).



**10 pav.** Saulės jutiklio gamybos technologinis procesas

Kadangi šios rūšies gaminys yra vienas iš geriausiai parduodamų jutiklių, jo gamybos procesą ir bus apibūdintas. Iš sandėlio į gamybą pristatomi komponentai į pirmąsias dvi darbo vietas: SMT liniją ir korpuso paruošimo. Kai SMT linijoje PCB plokštės yra pagaminamos, jos gabenamos iš minėto cecho

į gamybinių, kuriame PCB plokštė atskiriama į atskiras mažas plokšteles, o tuo metu lygiagrečiai ruošiami korpusai plokštelių įstatymui. Atlikus minėtas operacijas, abu paruoštieji komponentai sudedami į vieną surinkimą ir uždedami likusieji trūkstami komponentai. Jutikli visišškai surinkus, atliekamas kalibravimas, kad funkcinis veikimas atitiktų kliento reikalavimus. Po kalibravimo yra programuojama, šiame procese į jutiklį įdiegiama užsakyme nurodyta informacija. Kai šis procesas atliktas, visi jutikliai be išimties patikrinami galutiniame funkcinės patikros įrenginyje. Siekiant išvengti brokuotų jutiklių išsiuntimo, taip pat atliekama ir 100% vizualinė kontrolė, tokiu būdu darbuotojas dar sykį vizualiai patikrina jutiklį ar ant jo neatsiradę kokių nors defektų, visa reikiama informacija būna pažymėta ant korpuso. Jeigu defektų nepastebima, toks jutiklis yra pakuojamas į dėžę. Vizualinė patikra yra paskutinis etapas, kuriame galima pašalinti blogus jutiklius iš gamybinio proceso. Šio gaminio gamyba susideda iš daugelio darbo vietų, kuriose naudojami komponentai, surinkti visą veikiančią produktą, todėl yra labai svarbus optimizuotas medžiagų srautas, kad procesas galėtų vykti be prastovų ir neplanuotų sustojimų dėl komponentų trūkumo. Svarbu nepamiršti, kad darbo vietai skirtų darbuotojų, kurie nuolatos stebėtų komponentų kiekį, nėra paskirta, o už visos gamybos kiekio palaikymą, kurią sudaro ne viena dešimtis produktų, yra atsakingas ribotas kiekis žmonių, todėl rizika sustoti gamybai dėl priemonių trūkumo yra reali.

### **3.2. Medžiagų srauto optimizavimo tarp darbo vietų poreikis tiriamoje įmonėje**

Automobilių gamyba yra priklausoma nuo pirkėjų užsakymų kiekio, todėl užsakymai yra kintantys ir įmonė privalo būti lanksti dėl kintančių poreikių. Gamybos planavimas numatant užsakymo poreikius iš dalies gali padėti juos išpildyti, tačiau nusimačius per dideles produkcijos apimtis, gali kilti rizika užšaldyti lėšas, kai komponentai nepanaudojami gamyboje ir sandėliuojami tolimesniems užsakymams. Neparduoti komponentai neneša pelno ir užšaldo lėšas iki kol bus panaudoti.

Įmonė yra įsidiegusi „LEAN“ metodiką, kuri padeda tobulinti procesus, kad jie vyktų maksimaliai efektyviai ir taip užtikrintų stabilų procesą. Siekiant efektyvesnio darbo šioje srityje, už patobulinius yra paskirti tam tikri darbuotojai, kurie yra atsakingi už „LEAN“ įrankių naudojimą. Kaip ir minėta anksčiau, darbuotojams taip pat leidžiama reikšti savo pasiūlymus, nes jie turi priskirtas darbo vietas ir gali geriau numatyti, kokių veiksmų reikėtų imtis, kad darbas vyktų dar efektyviau. Tokius pasiūlymus gavę už įmonės patobulinius atsakingi asmenys priima sprendimus, kokius optimizavimo įrankius pritaikyti pasiūlymo įgyvendinimui.

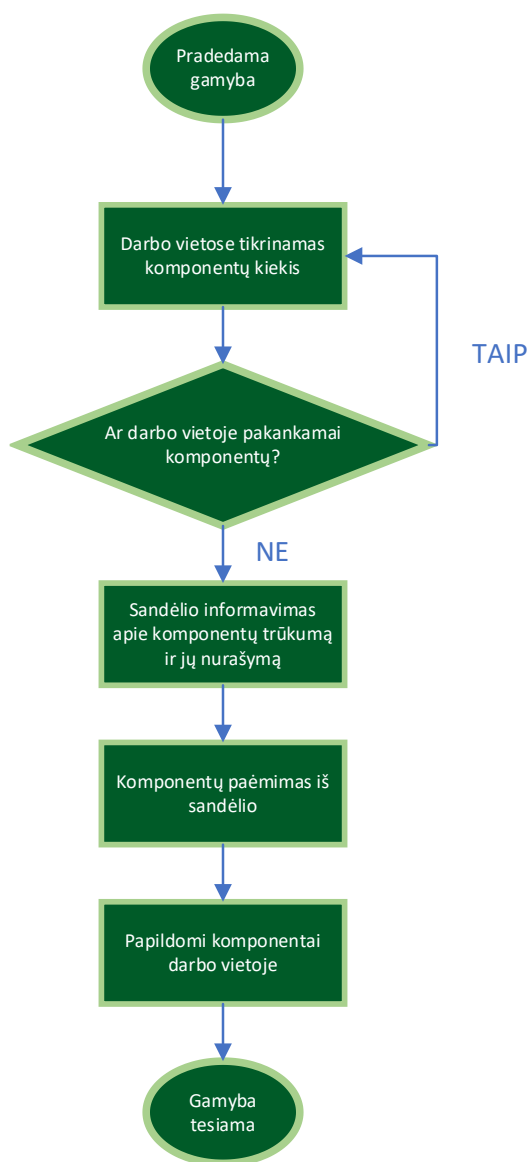
Kita dėmesio verta vieta gamyboje yra medžiagų srautas, kuris vyksta tarp sandėlio ir gamybos darbo vietų (žr. 1 priedą) tačiau šis srautas šiuo metu yra mažiausiai optimizuotas naudojant „LEAN“ metodiką ir būtent dėl šios priežasties identifikuojamas didelis kiekis vertės nekuriančių judesių. Norint, kad ir ši gamybos sritis dirbtų maksimaliai efektyviai, reikia pritaikyti optimizavimui naudojamus įrankius. Panaudojus vertės srauto žemėlapiu sudarymą, identifikuotos visos gamybos linijoje esančios operacijos ir pastebima, kad mažiausias gamybos efektyvumas ties jutiklio komponentų surinkimu ir jo elektrinės dalies procesu, prie šito butelio kakliuko taip pat prisideda ir medžiagų srautas, dėl kurio patiriamos įrangos prastovos, jeigu darbo vietose baigiasi komponentai. Užtikrinus pastovų komponentų kiekį darbo vietoje, rizika įvykti neplanuotai prastovai būtų sumažinta iki minimalios, todėl būtinas pakeitimų įdiegimas į proceso srautą. Vienas iš pavyzdinių metodų, kuris galėtų būti panaudotas – *Kanban* sistema, kai už medžiagų srautą atsakingas darbuotojas, turėtų vizualinę informaciją, kurioje trūksta gamybai skirtų komponentų ir galėtų imtis atitinkamų veiksmų. Pritaikius tokią sistemą, galima sėkmingai sumažinti vertės nekuriančius judesius iki minimalaus kiekio ir taip dar labiau paspartinti esamą gamybą. Svarbu, kad darbuotojai



laikytusi sistemos tvarkos, nes kitaip ji taptų bereikšmė ir leistų vėl iš naujo atsirasti nereikalingiems judesiams.

### **3.3. Medžiagų sraute egzistuojantys vertės nekuriantys judesiai**

Šiuo metu medžiagų srautui vykdyti, vienoje pamainoje paskirti du darbuotojai, kurie yra atsakingi už reikiamo komponentų kiekio palaikymą darbo vietose. Atlikus tyrimą įmonėje nustatyta, kad pastarieji dirba nesistemiškai. Egzistuoja informacijos trūkumas, kurioje vietoje vykdoma gamyba ir kokie likę kiekiai yra darbo vietoje, todėl jokia informacija neperduodama iš darbo vietų, kur reikia papildyti reikalingus komponentus, vienintelė turima informacija, pagal kurią jie vadovaujasi yra vizualinė patikra. Atvykus į darbo vietą patikrinamos dėžės, kuriose laikomi komponentai arba paklausama darbo vietoje esančio darbuotojo apie komponentų poreikį, jeigu darbo priemonių yra pakankamai, šis tikrina kitą darbo vietą iki kol bus surastas trūkumas arba užsiimama kitais darbais, tokiais kaip atliekų šalinimas ir panašiai. Esant nepakankamam kiekiui darbuotojas vyksta iki sandėlio ir paėmęs reikiamus komponentus grįžta į darbo vietą. Būtent toks judėjimas tarp darbo vietų ir jokio naudingo darbo neatlikimas, kai nėra pildomos darbo priemonės, traktuojamas kaip vertės nekuriantis judesys, kuris neneša jokios finansinės naudos, bet gali padaryti ir žalą, jeigu dėl tokios informacijos nebuvimo linija priverčiama sustoti, kol bus reikalingas kiekis darbo priemonių (žr. 11 pav.).

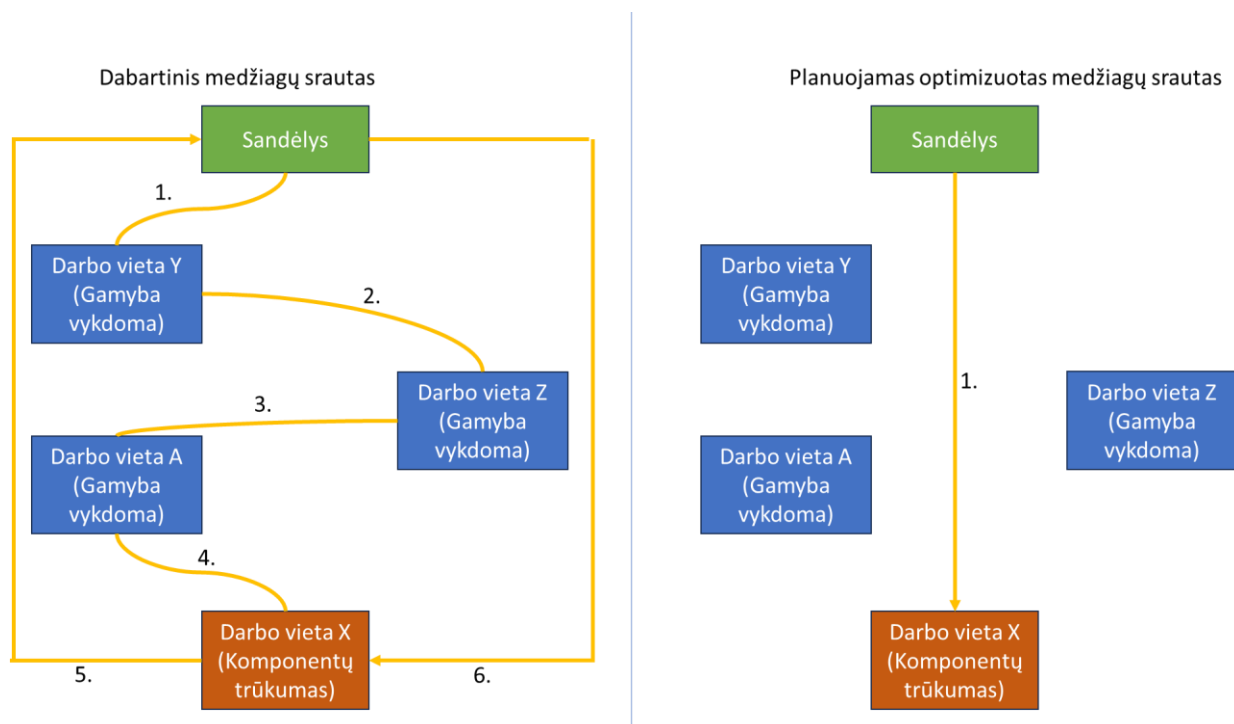


11 pav. Medžiagų srauto blokinė schema

### 3.4. Vertės nekuriančių judesių identifikavimas medžiagų sraute

Norint nustatyti, kurioje vietoje, atliekant medžiagų srauto darbus yra didžiausias vertės nekuriančių judesių kiekis, atliekama detali proceso analizė. Pirmiausiai išsiaiškinta, koku principu atliekamas srautas, tuomet pastebėta, kad dabartiniame sraute yra dvi vietas, kuriose sutinkami vertės nekuriantys judesiai. Didžiausia problema pastebėta, kad darbuotojai atsakingi už šį darbą, neturi jokios informacijos apie sunaudotus komponentus, todėl yra vaikštoma iš vienos darbo vietos ir vizualiai tikrinami kiekiai, tokio judesio būtų galima išvengti įdiegus informacinę sistemą, kurioje būtų matomas poreikis, taip eliminuojant vizualinę patikrą ir nereikalingus judesius, kadangi į nurodytą vietą komponentai būtų nešami tik esant užsakymui iš darbo vietos. Tokiu atveju, kai patikrinus komponentai yra pasibaigę ir reikalingas papildymas, sukuriama kitos rūšies vertės nekuriantis judesys, kuomet darbuotojas turi iš sandėlio paimti komponentus ir pristatyti juos į vietą, o tuo tarpu gamyba yra sustojusi ir linija turi prastovą, kitos darbo vietos, kuriose taip pat reikalingas papildymas irgi laukia, kol bus pastebėtas trūkumas, todėl gaunama grandininė reakcija, kai dėl vienos sustojusios vietos, kitos taip pat privalo sustoti, taip sukuriama nuostolis įmonei, kai gamyba nevykdoma dėl komponentų trūkumo. Iliustracijoje matomas pavyzdys, kaip šiuo metu atliekamas

medžiagų srautas, kokį kelią nueina darbuotojas, kol pasiekia reikiamą darbo vietą, kurioje trūksta komponentų kiekis. Atliekami net 5 vertės nekuriantys judesiai, tačiau įdiegus planuojamą sistemą liks tik 1 judesys, kurio metu bus transportuojami komponentai į darbo vietą (12 pav.).



12 pav. Medžiagų sraute esančių judesių palyginimas

Siekiant įsitikinti dėsningumu, atliktas tyrimas, kai buvo paprašyta darbuotojų papildžius komponentais darbo vietą, pasižymėti nurodytoje vietoje. Viso proceso stebėjimo metu gamyba vyko tuo pačiu režimu, reikalingas pagaminti kiekis nepakito, tačiau rezultatai įrodė problemos egzistavimą įmonėje (žr. 2 lentelę), komponentai buvo pildomi kiekvieną dieną, skirtingais laikais. Tyrimo metu buvo stebimos 2 darbo vietos, saulės jautiklių gamybiniame ceche, kuriuose sunaudojama daugiausiai komponentų gaminant jutiklius.

2 lentelė. Medžiagų srautas saulės jutiklio surinkimo operacijoje

Data	2023-08-30							
Laikas	15:40	17:00	17:35	18:40	19:25	20:05	21:15	22:10
Data	2023-08-31							
Laikas	09:25	12:30	14:05	14:35	16:50	20:10	-	-
Data	2023-09-01							
Laikas	06:15	07:30	08:50	10:00	11:30	13:30	14:20	-

3 lentelė. Medžiagų srautas saulės jutiklio programavimo operacijoje

Data	2023-08-30												
Laikas	16:00	17:05	19:10	19:30	20:35	22:05	22:45	-	-	-	-	-	-
Data	2023-08-31												
Laikas	09:40	11:35	12:30	13:56	14:40	15:45	16:45	17:50	18:00	20:05	20:33	21:16	22:10

<b>Data</b>	<b>2023-09-01</b>												
<b>Laikas</b>	08:44	11:41	11:48	13:38	14:30	16:40	-	-	-	-	-	-	-

Lentelėse matomi laikai iš trijų dienų laikotarpio, kuriuose galima įžvelgti, kad neegzistuoja joks dėsningumas, kada buvo pildomi komponentai, nėra nustatyto grafiko ir darbas atliekamas pačių darbuotojų nuožiūra. Dėl šios priežasties, linijos patyrė prastovas (žr. 4 lentelę), o įmonė nuostolius dėl sustojusių gamybos linijų. Prastovos identifikuotos darbuotojų pagalba, nes pastarieji buvo instrukuoti, kaip rinkti reikiamą informaciją. Per visą laikotarpį užfiksuota ne viena skirtingos trukmės prastova, viena darbo vieta nedirbo dėl trūkstamų komponentų 179 minutes, o kita šiek tiek mažiau, 120 minučių.

**4 lentelė.** Saulės jutiklio surinkimo darbo vietos prastovų trukmė

<b>Data</b>	<b>2023-08-30</b>				<b>Viso per nurodytą laikotarpį</b>
<b>Prastovų trukmė</b>	15 min	9 min	22 min	-	179 min
<b>Data</b>	<b>2023-08-31</b>				
<b>Prastovų trukmė</b>	30 min	17 min	14 min	5 min	
<b>Data</b>	<b>2023-09-01</b>				
<b>Prastovų trukmė</b>	15 min	20 min	8 min	24 min	

**5 lentelė.** Saulės jutiklio programavimo darbo vietos prastovų trukmė

<b>Data</b>	<b>2023-08-30</b>				<b>Viso per nurodytą laikotarpį</b>
<b>Prastovų trukmė</b>	24 min	5 min	13 min	-	116 min
<b>Data</b>	<b>2023-08-31</b>				
<b>Prastovų trukmė</b>	19 min	10 min	5 min	8 min	
<b>Data</b>	<b>2023-09-01</b>				
<b>Prastovų trukmė</b>	10 min	13 min	9 min	-	

Siekiant išvengti minėtų priežasčių ir įvesti tokią darbo tvarką, pagal kurią medžiagų srautas būtų vykdomas sistemingai, nuspręsta pasinaudoti *Kanban* įrankiu, kuris padėtų darbuotojams matyti aktualią medžiagų srauto informaciją, kada ir kur reikalingas komponentų papildymas, taip eliminuojant vizualinės patikros faktorių.

### **3.5. Darbo optimizavimas naudojant informacines sistemas ir dirbtinį intelektą**

Naudoti *Kanban* metodą, toks koks jis yra originaliai sukurtas, naudojant tik lapelių ir lentos principą būtų neefektyvu ir nešiuolaikiška, kadangi šioje situacijoje fizinių lapelių pildymas atneštų ne tiek daug naudos, kiek galima gauti iš tiesų naudojant informacines technologijas, todėl gamybos optimizavimui po atliktos internete esančios pasiūlos analizės, nuspręsta panaudoti dvi programas, sukurtas „Microsoft“ kompanijos, priklausančias „Power“ programų grupei – „Power BI“ ir „Power

automate“. Šios dvi programos labiausiai atitiko lūkesčius iškeltiems reikalavimams. Pagrindinės sąlygos programoms buvo šios [24]:

1. Paprastas ir suprantamas duomenų atvaizdavimas;
2. Nesudėtinga konfigūracija, nereikalaujanti daug laiko resurso;
3. Suderinamumas su kitomis programomis (pvz. „Excel“; „Microsoft Teams“ ir kitomis);
4. Dirbtinio intelekto įtraukimas;
5. *Kanban* metodo virtualus atvaizdavimas

### 3.6. Microsoft programinės įrangos pranašumas prieš kitus konkurentus

„Gartner“ įmonė, kuri atlieka analizes yra labai populiarus esamos rinkos tyrimo ir analizės įrankis, kuris naudojamas programinės įrangos bei technologijų palyginimui ir įvertinimui. Toks įvertinimas atliekamas įvairiems technologijų kūrėjams, tarp kurių yra ir kiti rinkos lyderiai. Duomenys yra gana tikslūs, kadangi atliekama išsami nurodytos rinkos analizė, kuri apima rinkos poreikių supratimą. Atlikus rinkos tyrimą, surenkami duomenys iš jau esančių vartotojų, tokie kaip atsiliepimai, įgyvendinimo laikas ir kitus rodiklius. Turint informaciją, įmonės ekspertai kruopščiai įvertina kiekvieną vertinamą programinės įrangos įmonę, atsižvelgiant į įmonės strategijas, techninį suderinamumą su kitomis programomis ir kitus veiksniai. Remiantis ekspertų išvadomis, sudaromi grafikai (žr. 13 pav.), kurie padeda vizualiai palyginti programines įrangas ir priimti atitinkamus sprendimus. Būtent dėl šios priežasties atliekant programinės įrangos atranką, pasitelktos „Gartner“ įmonės atliktos analizės, kadangi jos atliekamos kiekvienais metais, surinkti duomenys yra vieni iš tiksliausių, kurie gali padėti išsirenkant tiekėją. Iš grafiko matoma, kad šiuo metu esančioje rinkoje dominuoja „Microsoft“ įmonė, kuri ir labiausiai atitiko keliamus kriterijus programinei įrangai, kuri bus naudojama medžiagų srauto optimizavime.



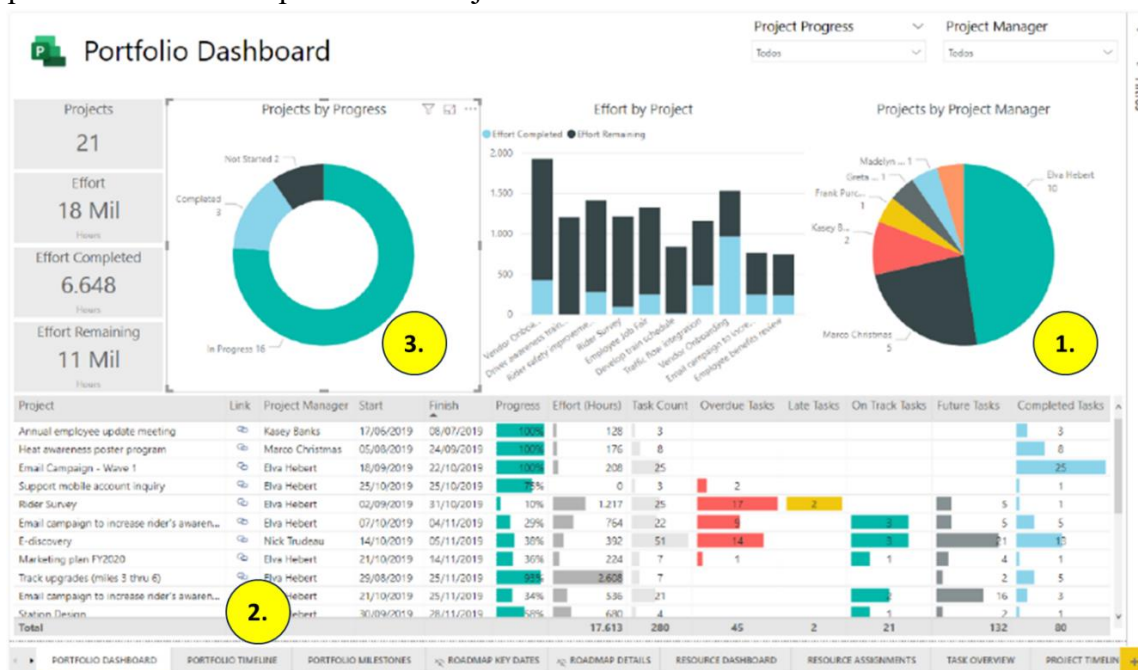
13 pav. „Gartner“ atliktos rinkos analizės rezultatai [25]

### 3.7. „Power BI“ programinė įranga

Kompanijos „Microsoft“ sukurta „Power BI“ yra duomenų analizės ir surinktos informacijos vizualizavimo programa (14 pav.), ji turi galimybę padėti gauti vartotojui naudingą informaciją ir pavaizduoti visą tai grafiškai, o svarbiausia, kad grafinis dizainas gali taip pat būti koreguojamas programos vartotojo, siekiant kuo paprastesnio išdėstymo greitesniam informacijos įsisavinimui. Ši programinės įrangos platforma naudojama daugelyje šiuolaikinių įmonių, [26]

Svarbiausios „Microsoft Power BI“ programos funkcijos [27]:

1. Dalinimasis. Programinė įranga yra aktyvi ir reikalaujanti interneto prieigos, todėl tai leidžia vartotojams iš surinktų duomenų kurti įvairių rūšių ataskaitas ir suteikti prieigą kitiems įmonėje dirbantiems kolegoms arba esant poreikiui ir klientui.
2. Duomenų panaudojimas. Pilna prieiga prie įvairių duomenų šaltinių kitose programose, taip pat yra galimybė importuoti duomenis mechanškai, kas suteikia šiai programai lankstumo lyginant su kitomis.
3. Vizualizacija. Didelis pasirinkimas diagramų, grafikų ir kitų vizualizacijų, kurios leidžia vaizduoti duomenis aiškiai ir suprantamai.
4. Pasiiekiamumas. Duomenys programoje prieinami iš bet kurios vietos, kadangi jos yra prieinamos ir mobiliuosiuose įrenginiuose, o tai leidžia stebėti sudarytas ataskaitas ir būnant ne darbo vietoje.
5. Dirbtinio intelekto įskiepis. Programoje galima panaudoti dirbtinio intelekto funkcijas, sudarant galimybę apmokyti naudojantis mašininio mokymosi modelius, kurie padeda paruošti duomenis ir pateikti vartotojui.



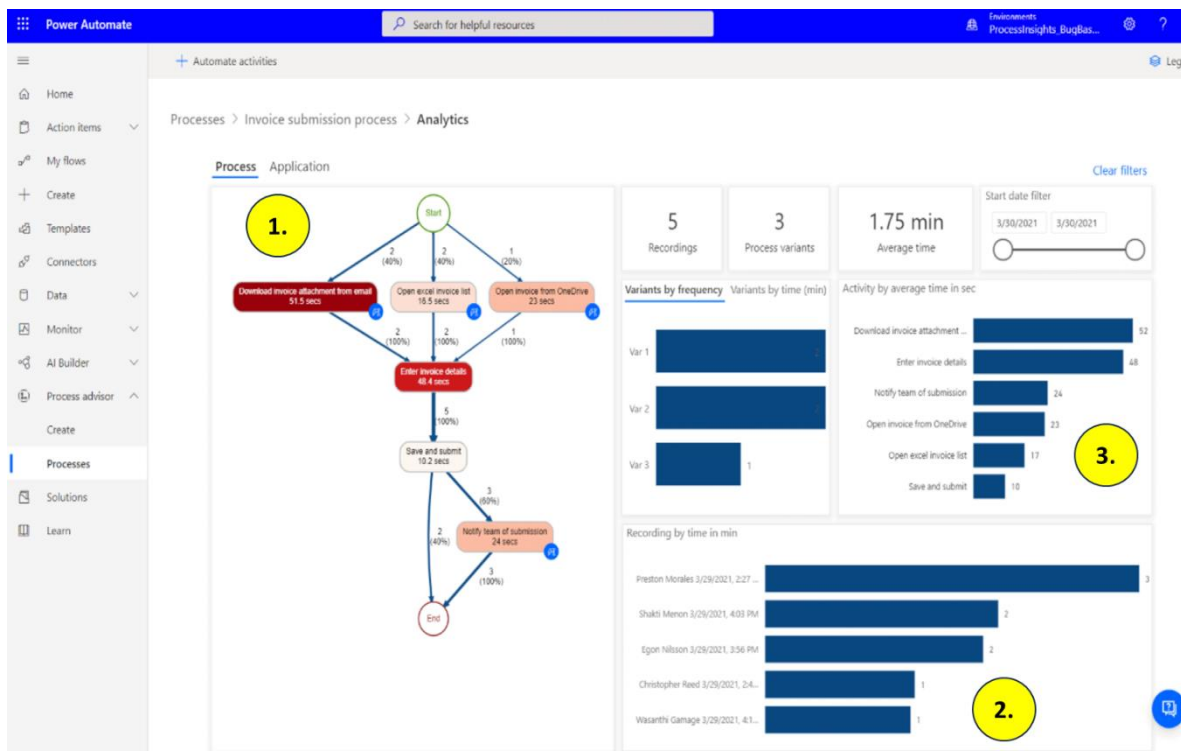
14 pav. Ištrauka iš „Microsoft Power BI“ programos. 1 – skritulinė diagrama vaizduojanti asmenims priskirtų darbų kiekį, 2 – darbų sąrašas, 3 – darbų būsenos [28].

### 3.8. „Power Automate“ programinė įranga

„Power Automate“ programos galimybės taip pat yra plačios, leidžiančios automatizuoti įmonėse naudojamus procesus bei jų tam tikras užduotis, integruojant kitų programų sistemas (15 pav.). Dažniausiai ši programa naudojama optimizuoti darbo srautus, sumažinti vertės nekurančių judesių kiekį ir padidinti kitų darbo procesų efektyvumą. Šiomis dienomis tai labai populiaru ir plačiai paplitusi programa, kuri leidžia automatizuoti užduotis bei užtikrinti efektyvų darbą su gaunamais duomenimis ir kitomis sistemomis.

Svarbiausios ir įmonėms patraukliausios „Microsoft Power Automate“ savybės:

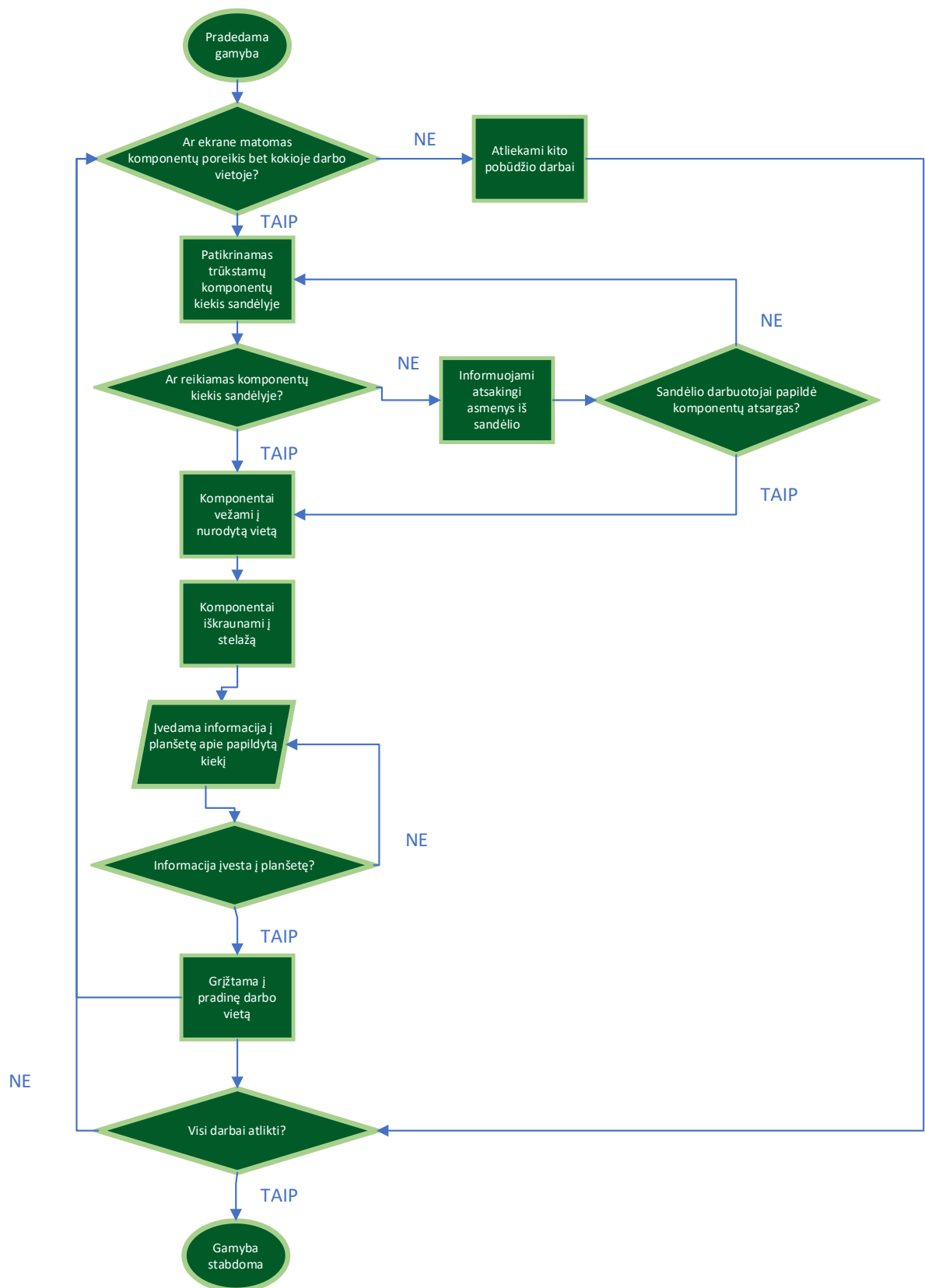
1. **Platus veiksmų pasirinkimas.** Galima atlikti daugybę veiksmų, kurie leidžia atlikti įvairias paskirtas užduotis, tokias kaip duomenų siuntimas ir jų gavimas, pranešimų siuntimas pasirinktiems kontaktams.
2. **Paprastumas.** Vartotojai be programavimo žinių turi galimybę kurti automatizuotus darbo srautus, naudojant lengvai suprantamą vizualinę kūrimo aplinką.
3. **Integracija.** Galimas palaikymas su įvairiomis kitomis „Microsoft“ sukurtomis ir kitų trečiųjų šalių programomis.



15 pav. Ištrauka iš „Microsoft Power Automate“ programos. 1 – darbų proceso struktūra, 2 – darbuotojų atliktų veiksmų kiekis, 3 – atliktų veiksmų rūšys, bei jų kiekiai [29]

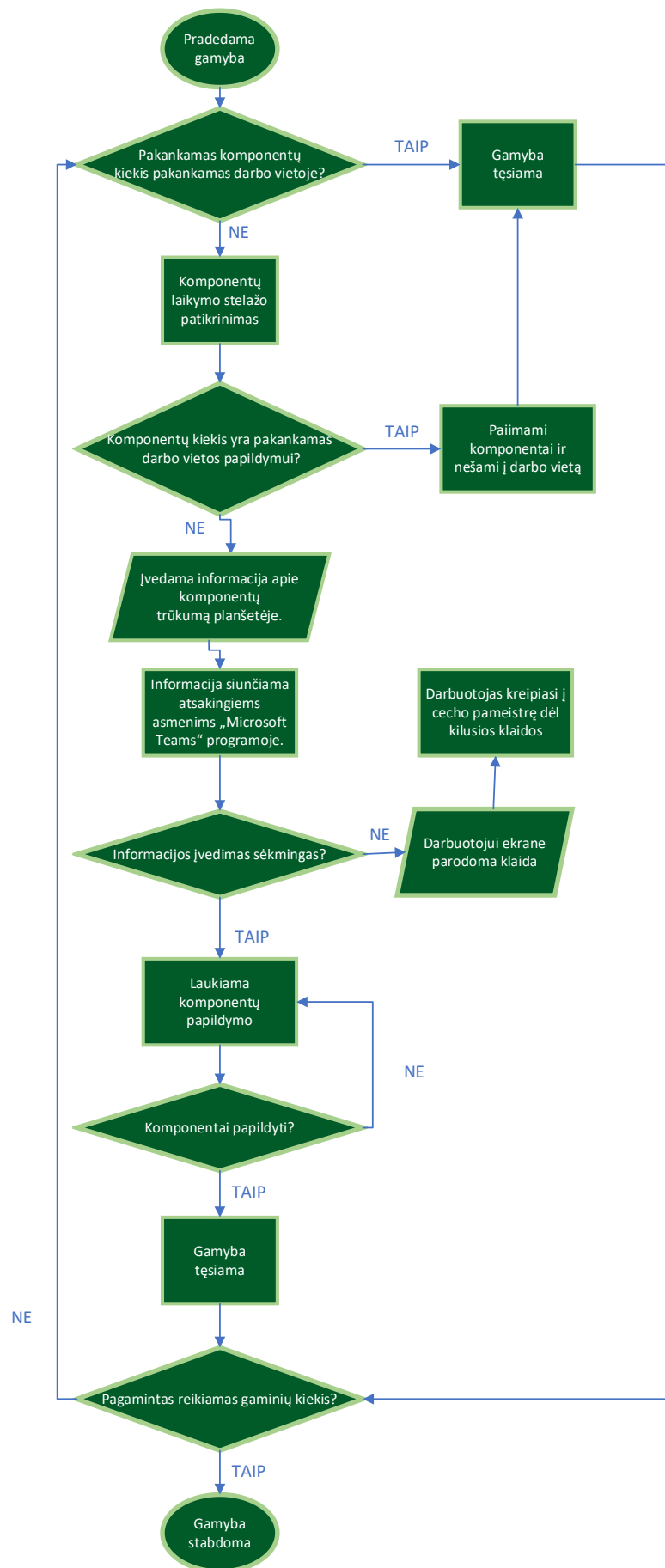
### 3.9. „Microsoft“ programų panaudojimas tiriamoje įmonėje

Atlikus analizę nustatyta, kad darbe reikalavimus geriausiai išpildys „Microsoft“ programos, tačiau prieš pradėdant diegti ją į gamybą, privalomas koncepto sukūrimas, kuris nurodytų, kaip ir kas turėtų būti pavaizduojama darbuotojams šių programų pagalba. Sukurtas pirminis proceso srauto konceptas, blokinės schemas pavidalu, kaip turėtų vykti darbas atnaujinta tvarka [30]. Kadangi sistema bus diegiama ne gamybinėje linijoje, bet ir darbo vietoje, kurie yra atsakingi už komponentų kiekį, sukurtos dvi blokinės schemas:



16 pav. Atnaujintos darbo tvarkos konceptas medžiagų sraute





17 pav. Gamybos linijos proceso srautas pasibaigus komponentams

Sukūrus planuojamos darbo tvarkos konceptą, įsigytos vizualinės ir duomenų įvedimo priemonės. *Kanban* lentos metodas bus vaizduojamas televizoriuje, kuris bus įdiegtas medžiagų srauto paskirstytojų darbo vietoje, tam, kad informacija būtų lengviau pasiekama pasitelkiant „Microsoft Power BI“ programą, nes gamybinėse linijose esančiame planšetiniame kompiuteryje bus galima nurodyti komponentų poreikį, jame taip pat įdiegtas „Microsoft“ papildinys, kuris susietas su pastarąja programa. Siekiant kuo efektyvesnio optimizavimo programos panaudojimo, nuspręsta, kad kai tik operatorius pateiks informaciją apie trūkumą, tai bus atvaizduojama televizoriuje esančioje programoje ir automatiškai pasirinktam tuo metu pamainoje dirbančiam darbuotojui, siunčiamas pranešimas į asmeninę „Microsoft Teams“ paskyrą. Rezultate matomas dar greitesnis reakcijos laikas, kadangi įmonė suteikia darbuotojams mobiliuosius įrenginius su įdiegtomis „Microsoft Teams“ programėlėmis.

Gamybinėje darbo vietoje, pradėjus darbą patikrinamas komponentų kiekis plastikinėse talpose, jeigu darbuotojas atlikęs vizualinę patikrą mato, kad kiekis mažas arba jų išvis nėra, planšetiniame kompiuteryje pasirenka koks gaminys yra gaminamas ir įveda kokio komponento trūksta. Atlikus šią užduotį, jeigu darbo priemonių dar yra, netrukdomas gali tęsti darbus iki kol bus atliktas papildymas, taip sumažinant prastovos riziką iki minimalios (žr. 17 pav.).

Pagal sukurtą optimizavimo konceptą, televizoriaus ekrane matomas komponentų trūkumas. Tokia informacija gali būti pateikiama ne tik iš gamybinės darbo vietos, bet ir iš kitų galimų informacijos šaltinių, kurių duomenų bazės yra susietos su pagrindine programa..

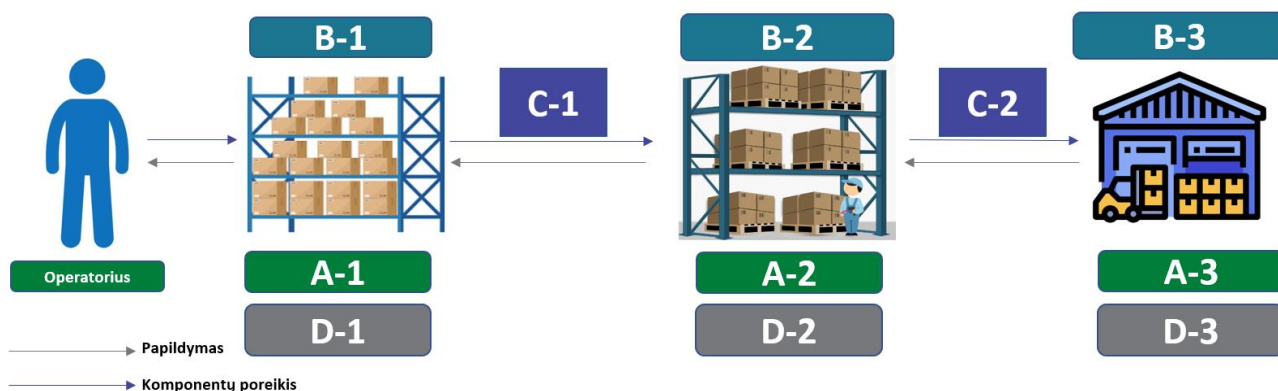
1. Informacija iš gamybinės darbo vietos.
2. Gamybos meistrės arba pameistrių įvedama informacija apie planuojamus savaitės produkcijos kiekius.
3. Dirbtinis intelektas išanalizavęs pateiktus kiekius, geba prognozuoti ateities kiekius, todėl net ir neatlikus mechaninio duomenų įvedimo, šis dirbtinio intelekto papildinys apskaičiavęs kada reikalingas papildymas, automatiškai išsiųs pranešimą atsakingam darbuotojui.

Kai informacija pateikta iš bet kurio anksčiau paminėto šaltinio, automatiškai sistemoje patikrinama ar tarpinėje stotelėje tarp sandėlio ir gamybos darbo vietos medžiagų sraute yra reikiamas kiekis komponentų, jeigu ne, siunčiamas užsakymas į sandėlį. Komponentams esant tarpinėje stotelėje darbuotojas jau gali transportuoti trūkstamą kiekį į nurodytą darbo vietą. Svarbu paminėti, kad tuo pačiu metu tas pats papildymas nebus atliekamas dviejų žmonių, kadangi užduotis bus priskirta tik vienam asmeniui. Atlikus pristatymą, kompiuterio ekrane patvirtinama apie sėkmingą papildymą, lygiagrečiai sistemoje atsinaujina darbo vietoje esantis komponentų kiekis (žr. 16 pav.). Būtent tokiu būdu eliminuojamas medžiagų sraute egzistuojantys vertės nekuriantys judesiai ir atliekamas optimizavimas.

### **3.10. Medžiagų srauto optimizavimo vykdomų procesų aprašas**

Nustačius optimizuoto proceso eigą ir susidarius planą, kokia eiga darbai turėtų vykti, pradėjus pastebėta, kad egzistuoja dar viena galimybė labiau optimizuoti šį srautą, kuri padės įmonei išleisti mažiau finansinių lėšų eksploatacijai [31]. Sandėlyje turint nepanaudotos vietos, nuspręsta, kad įmanoma įkurti tarpinę stotelę tarp darbo vietos ir sandėlio. Dabartiniame gamybos išdėstyme, kai kurie komponentai yra laikomi gamybiniuose cechuose, tarp jų ir optimizuojamos linijos, todėl darbai

atliekami lygiagrečiai, neatsižvelgiant į tai, kad tarpinė stotelė atsiras kartu su naująja sistema, tačiau ją ruošiant tokiam darbui. Tai svarbus aspektas įmonei, kuri neturi savo patalpų ir jas nuomojasi, todėl kiekvienas kvadratinis metras yra svarbus ir turi savo kainą, o jeigu plotas užimamas, jis turėtų nešti pilną, pavyzdžiui tame plote įrengus gamybinę liniją ar įrangą (žr. 18 pav.). Tokiu būdu, atsiradus komponentų poreikiui, darbuotojas galės tiesiai iš tarpinės stotelės gabenti komponentus į darbo vietą. Panaikinamas dar vienas judesys, kai pačioje pradžioje vykstama į gamyboje esantį stelažą ir tik tuomet į darbo vietą. Įrengus tarpinę stotelę pagreitėja sandėlio reakcijos laikas, kadangi naujoji suplanuota komponentų laikymo vieta yra artimesnė, nei prieš tai buvusi vieta, todėl nauda pasiekama medžiagų sraute dar viename taške.



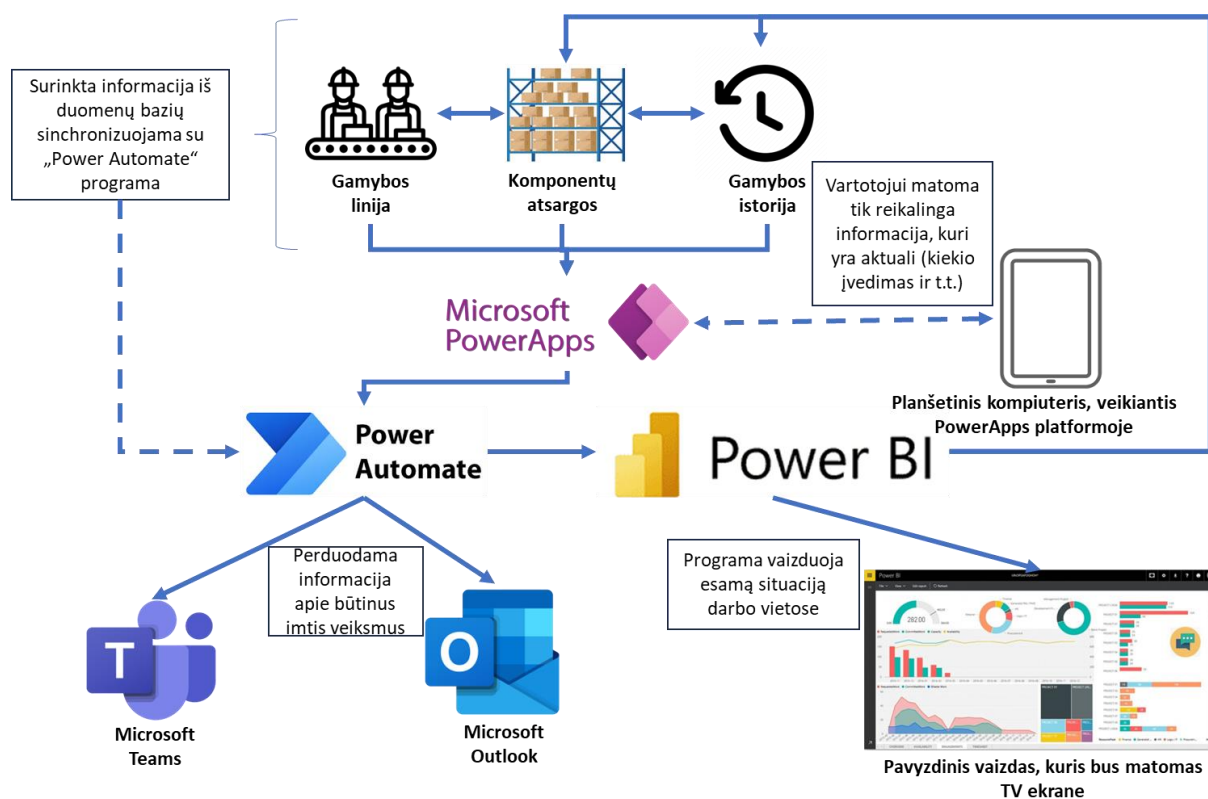
18 pav. Optimizuotas medžiagų srauto procesas

Ilustracijoje (18 pav.) žymimų pozicijų paaiškinimas:

- A-1:** Komponentai gamyboje, esantys prie darbo vietos;
- A-2:** Komponentų tarpinė stotelė tarp sandėlio ir gamybos patalpų;
- A-3:** Gamybos komponentų sandėlis;
- B-1:** Prie sandėliavimo lentynos primontuotoje planšetėje operatorius pažymi planšetėje koks komponentas buvo paimtas;
- B-2:** Stotelėje televizorius atvaizduojantis *Kanban* sistemą su komponentų papildymo poreikiu. Taip pat siunčiama žinutė paskirtam darbuotojui „Microsoft Teams“ programoje;
- B-3:** Esant komponentų trūkumui, sandėlis gauna informacija apie reikalingą papildymą komponentų tarpinėje stotelėje;
- C-1:** Sistemoje įvesta nurodyto komponento informacija, apie minimalų kiekį, kuris palaikomas darbo vietoje bei planuojami gamybos kiekiai. Pagal turimą informaciją dirbtinis intelektas prognozuoja kada ir kokius komponentus reikės papildyti;
- C-2:** Tarpinėje stotelėje įvesta informacija apie minimalų palaikomą komponento kiekį;
- D-1:** Atnešus trūkstamą komponentą planšetėje pažymima koks komponentas buvo papildytas;
- D-2:** Darbuotojas gavęs žinutę, pasirūpina trūkstamo komponento nugabenimu į darbo vietą;
- D-3:** Pildomi komponentai nurašomi nuo komponentų apskaitos sistemos ir gabenami į tarpinę stotelę.

Atlikus darbo vietos analizę, kurioje matomas dažniausias komponentų poreikis, apibrėžta kaip turėtų atrodyti medžiagų srauto optimizavimas, kokia informacija turėtų būti atvaizduojama ir įvedama programoje. Turint optimizavimo viziją, atliktas tyrimas, kaip numatytas srautas galėtų būti

pritaikomas „Microsoft PowerApps“ programų pakete. Sukurta schema (žr. 19 pav.), nurodanti kaip vyks komunikacija tarp programų ir kokia informacija bus pavaizduojama vartotojams, esantiems gamybos linijoje arba atsakingiems darbuotojams už medžiagų srautą.



**19 pav.** Informacijos srautas tarp gamybos ir Microsoft programų

Naudojant „Microsoft PowerApps“ programinės įrangos paketą, remiantis sukurta iliustracija (19 pav.) procesas gali būti išdėstomas taip [32]:

1. Medžiagų poreikio darbo vietoje nustatymas. Programoje nustatoma, kokie komponentai dažniausiai naudojami, įtraukiant sunaudojamus kiekius.
2. Optimizuota tiekimo grandinė. Į šį programinį paketą galima integruoti sukurtus algoritmus, kurie naudoja medžiagų poreikio darbo vietose prognozes, pasitelkiant ir dirbtinį intelektą, kad būtų nustatyta optimali tiekimo grandinė.
3. Duomenų vizualizacija. Programoje sukuriamos vizualizacijos, kuriose perteikiama informacija apie vykstantį medžiagų srautą ir atvaizduojama gerai matomoje vietoje, pavyzdžiui televizoriuje.
4. Programų komunikacija su darbuotojais. Tai leidžia komunikuoti su darbuotojais, turint sukurtas duomenų vizualines programas, kurios gali būti naudojamos gamybos linijoje arba atsakingiems asmenis, kurie dalyvauja medžiagų sraute, taip pat rodoma informacija apie turimas atsargas, planuojamus pagaminti kiekius ir kitus svarbius duomenis.
5. Nuolatinis informacijos atnaujinimas. Nesudėtingas veikimas, leidžia greitai pakeisti programos funkcionalumą, galimas lankstus prisitaikymas prie besikeičiančių poreikių. Taip pat svarbu paminėti, kad programų tarpusavio komunikacija yra sparti, todėl atsiradus komponentų poreikiui, informacija akimirksniu pasiekia adresatus, kurie yra atsakingi už medžiagų srautą gamyboje.

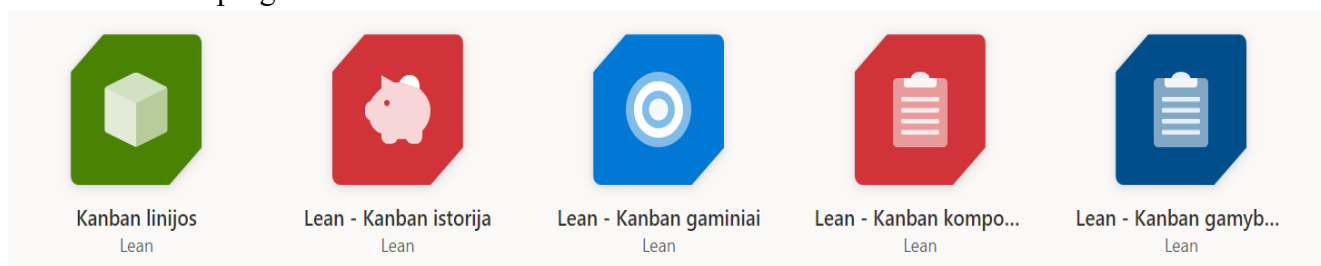
### 3.11. Microsoft PowerApps programinės įrangos pritaikymas darbui.

Prieš diegiant medžiagų srauto atnaujinimą visoje gamyboje, pradžioje nuspręsta optimizuoti saulės jutiklio gamybos technologinį procesą (žr. 10 pav.). Šią užduotį suplanuota atlikti tik daugiausiai medžiagų suvartojančiose darbo vietose, kuriose atsispindi didžiausias vertės nekuriančių judesiu kiekis. Nuspręsta optimizuoti procesus, kuriuose atliekamas PCB įstatymas ir kitų likusių komponentų surinkimas į korpusą, jutiklio elektrinės dalies konfigūracijos ir viršutinio dangtelio uždėjimas (žr. 20 pav.). Optimizuojamos tik šios darbo vietos, tam, kad įsitikinti medžiagų srauto optimizavimo rezultatais ir nauda įmonei. Tik po gautų rezultatų bus sprendžiama kuriose vietose bus įdiegiamas naujasis procesas. Komponentų apskaitos programa nesusieta su „Microsoft“ programomis todėl, kad tokia sistema yra susieta su visu „Littelfuse“ įmonių tinklu ir pakeitimus reikėtų atlikti visose veikiančiose gamyvklose, tačiau atlikus bandymą dirbti su nauja darbo tvarka ir jai pasiteisinus, ateityje bus svarstoma pereiti prie tokios darbo sistemos.



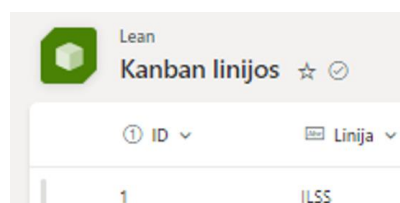
20 pav. Optimizuojamos darbo vietos

„Microsoft“ programos sklandžiam veikimui ir informacijos sinchronizavimas iš įvairių informacijos šaltinių, reikalinga sukurti skirtingas duomenų bazes, kuriose būti talpinami gamybiniai duomenys. Dėl šios priežasties sukurtos „Microsoft List“ bazės (21 pav.), kuriose bus talpinama informacija, leidžianti veikti programai:



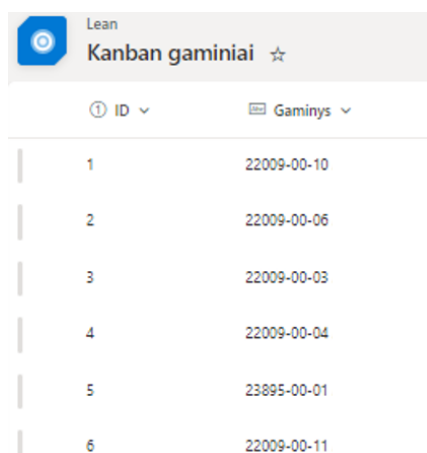
21 pav. Duomenų bazės

1. **Kanban linijos.** Duomenų bazėje matomos visos tokią sistemą naudojančios darbo vietos (22 pav.). Šiuo metu egzistuoja tik viena linija, tačiau esant poreikiui pridėti papildomas, tai bus galima padaryti toje pačioje duomenų bazėje, kadangi įdiegta galimybė pasirinkti linijas iš išsiskleidusio sąrašo.



22 pav. Kanban linijos duomenų bazė

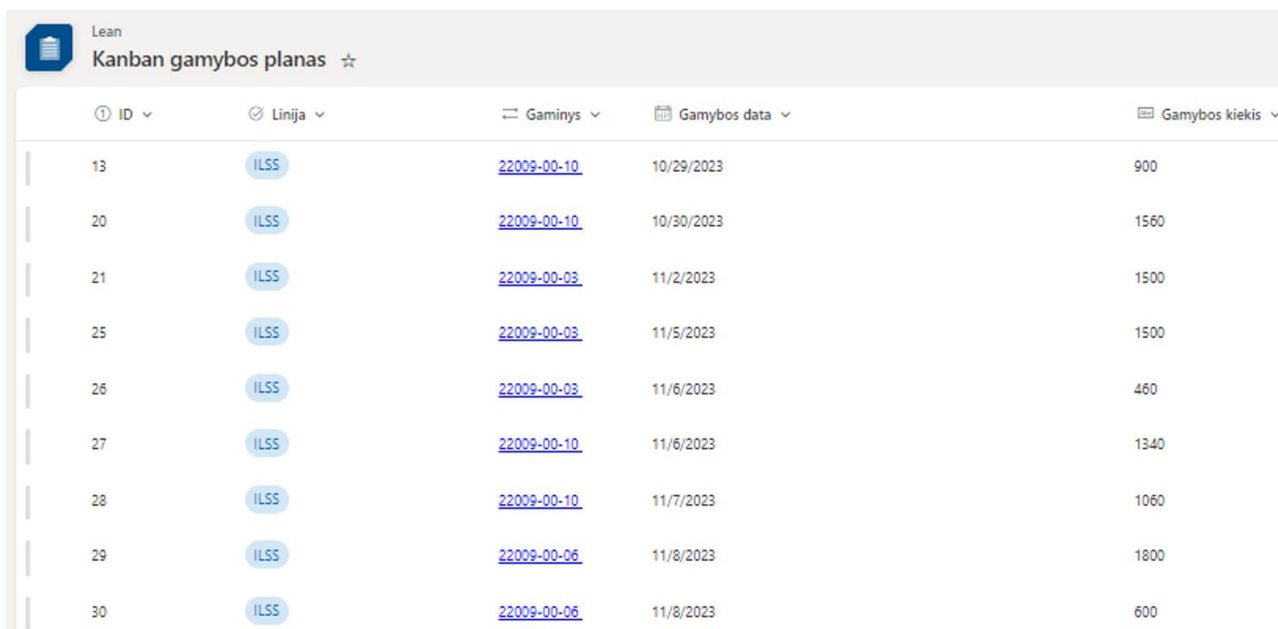
2. **Kanban gaminiai.** Visi gaminiai, kurie yra gaminami optimizuotoje darbo vietoje, suvedami į šią duomenų bazę, su tiksliais pavadinimais, vidiniais gaminių numeriais (23 pav.). Vedama į bendrąjį sąrašą, nepriskiriant prie linijų, kadangi priskyrimas galimas tik kitose duomenų bazėse.



ID	Gaminys
1	22009-00-10
2	22009-00-06
3	22009-00-03
4	22009-00-04
5	23895-00-01
6	22009-00-11

23 pav. Gaminių sąrašas

3. **Kanban gamybos planas.** Papildoma duomenų bazė, kuri bus prieinama tik nurodyto cecho meistrams (-ams) arba pameistrėms (-iams). Čia bus įvedamas planuojamas pagaminti kiekis, kuris leis programai apskaičiuoti, kiek reikės komponentų, kad būtų galima įvykdyti savaitės planą laiku (24 pav.). Savaitės trukmės laikotarpis pasirinktas dėl lankstumo, jeigu atsirastų poreikis keisti gamybos kiekius, todėl tai yra tiksliau nei planavimas ilgalaikiam laikotarpiui. Gamybos kiekis priskiriamas pasirinktam periodui, todėl vartotojui planšetėje pasirinkus skirtingą periodą, matoma kita informacija, taip atlikta, norint išvengti informacijos dubliavimosi.



ID	Linija	Gaminys	Gamybos data	Gamybos kiekis
13	ILSS	22009-00-10	10/29/2023	900
20	ILSS	22009-00-10	10/30/2023	1560
21	ILSS	22009-00-03	11/2/2023	1500
25	ILSS	22009-00-03	11/5/2023	1500
26	ILSS	22009-00-03	11/6/2023	460
27	ILSS	22009-00-10	11/6/2023	1340
28	ILSS	22009-00-10	11/7/2023	1060
29	ILSS	22009-00-06	11/8/2023	1800
30	ILSS	22009-00-06	11/8/2023	600

24 pav. Numatytas gamybos planas






4. **Kanban istorija.** Pateikiama programos veikimo istorija, kurioje parodoma, kada buvo atlikti komponentų papildymai darbo vietose, paimami komponentai gamybai (žr. 25 pav.). Pateikiama informacija nurodo, kokioje darbo vietoje atliktas pildymas/paėmimas, su koku komponentu atlikti veiksmai, minimalūs ir maksimalūs kiekiai, papildymo poreikis bei sukūrimo data. Ši duomenų bazė naudojama dirbtinio intelekto gamybos kiekių prognozėms, pagal istoriją dirbtinis intelektas apmokinamas, pateikiama informacija kokie kiekiai praityje pagaminti.

The screenshot shows a web application interface for 'Kanban istorija'. The table below represents the data shown in the application. Each row corresponds to a specific movement of a component, with columns for date, line, movement type, product, component, location, measure, current quantity, usage, minimum, maximum, and a 'Sukurta' (Created) field with a relative time indicator.

Date	Line	Movement type	Products	Component	Location	Measure	Current q...	Usage	Min	Max	Sukurta
8/6/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-10	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	8	4	5	10	3 days ago
8/7/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-10	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	4	-4	5	10	3 days ago
8/8/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-10	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	2	-2	5	10	3 days ago
8/9/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-03	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	1	-7	5	10	3 days ago
8/10/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-03	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	0	-1	5	10	3 days ago
8/11/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-03	Skirtukai ILSS 22214-06-01	ILSSLED1	Dėžės	0	-2	1	2	3 days ago
8/12/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-10	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	10	8	5	10	3 days ago
8/13/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-03	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	3	3	5	10	3 days ago
8/14/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-03	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	8	5	5	10	3 days ago
8/15/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-03	Skirtukai ILSS 22214-06-01	ILSSLED1	Dėžės	2	2	1	2	3 days ago
8/16/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-10	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	4	-6	5	10	3 days ago
8/17/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-06	LED dangtelis ILSS 22012-06-01	ILSSLED2	Dėžės	1	-1	1	2	3 days ago
8/18/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-06	Bump top cover 22011-06-02	ILSSTP2	Dėžės	2	-4	5	10	3 days ago
8/19/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-03	Skirtukai ILSS 22214-06-01	ILSSLED1	Dėžės	2	0	1	2	3 days ago
8/20/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-03	Skirtukai ILSS 22214-06-01	ILSSLED1	Dėžės	0	-2	1	2	3 days ago
8/21/2023	ILSS	Nurasyta	22009-00-03	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	4	-4	5	10	3 days ago
8/22/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-10	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	6	2	5	10	3 days ago
8/23/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-03	Flat top cover 22011-06-01	ILSSTP1	Dėžės	5	1	5	10	3 days ago
8/24/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-03	Skirtukai ILSS 22214-06-01	ILSSLED1	Dėžės	1	1	1	2	3 days ago
8/25/2023	ILSS	Atnešta	22009-00-06	Bump top cover 22011-06-02	ILSSTP2	Dėžės	5	3	5	10	3 days ago

25 pav. Atliktų veiksmų istorija Kanban duomenų bazėje

5. **Kanban komponentai.** Komponentai, kurie yra reikalingi pagaminti nurodytus gaminius, taip pat įrašyti šioje duomenų bazėje. Dėl didesnio efektyvumo, prie pasirinkto komponento parodoma nuotrauka, kuri leistų įsitikinti darbuotojui, kad pildomas komponentas yra tikrai teisingas (žr. 26 pav.). Nurodoma aktuali informacija iš darbo vietų, kokie kiekiai yra ceche, dienų papildymui sekcija nurodo, kiek dienų reikia papildyti atsargas, jeigu sandėlyje nepakankamas likutis, taip pat saugus kiekis, kuris turėtų būti palaikomas nuolatos, siekiant išvengti linijos sustojimų. Nurodoma koks kiekis yra vienoje dėžėje, bei ar tuo metu reikalingas papildymas darbo vietoje

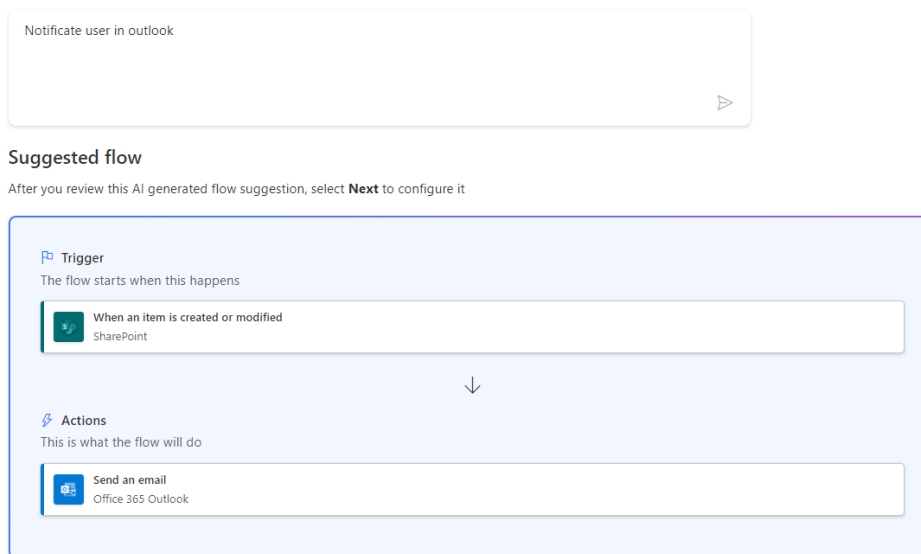
Linijos	Gaminys	Komponentas	Komponento foto	Lokacija	Matavimo ...	Kiekis	Min	Max	Papild...	YraKo...	DienuPapildy...
ILSS	22009-00-10	Fiat top cover 22011-06-01		ILSSTP1	Dežės	4	5	10	Reikia	2,112	1
ILSS	22009-00-06	LED dangtelis ILSS 22012-06-01		ILSSLED2	Dežės	2	1	2	Nereikia	10,000	2
ILSS	22009-00-06	Bump top cover 22011-06-02		ILSSTP2	Dežės	6	5	10	Nereikia	2,376	1
ILSS	22009-00-03	Fiat top cover 22011-06-01		ILSSTP1	Dežės	8	5	10	Nereikia	4,224	1
ILSS	22009-00-04	LED dangtelis ILSS 22012-06-01		ILSSLED2	Dežės	2	1	2	Nereikia	10,000	2

26 pav. Naudojamų komponentų sąrašas



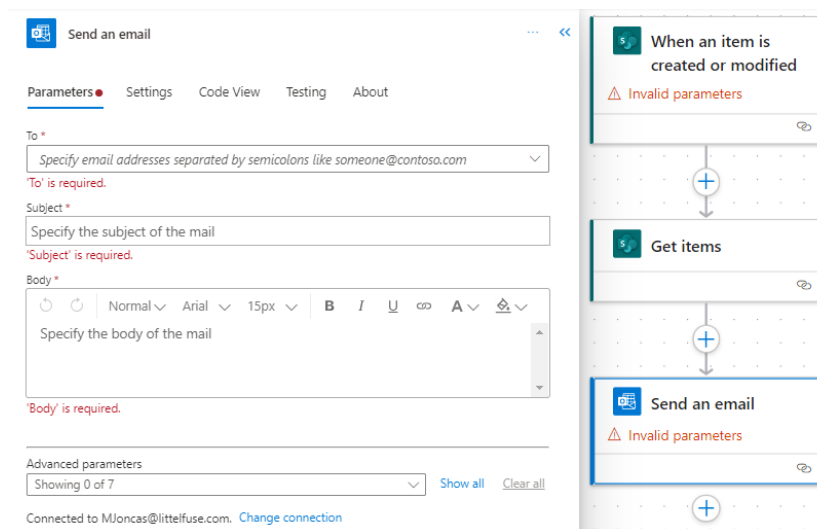
### 3.12. Microsoft programos srautas

Turint sukonfigūruotas anksčiau minėtas duomenų bazines, galima sukurti programos srautą, pagal kurį veiks darbo vietose planšetėse naudojama programa (žr. 21 pav.) Šiame etape, nuspręsta naudoti „Microsoft Copilot“ papildinį, kuris remiasi dirbtiniu intelektu, būtent pastarajam padedant, buvo sukurtas programinis kodas. Kadangi programa kuriama toje pačioje platformoje, kurioje veikia ir „Copilot“ papildinys, todėl dirbtinio intelekto suteikiami duomenys yra vieni iš tiksliausių, kuriant programos srautą „Microsoft“ aplinkoje [33]. Dirbtinio intelekto informacijos pateikimo lange, įvedama informacija, kokią užduotį norima atlikti. Pagal pateiktą užduotį pateikiamas siūlomas sprendimo būdas, kurį galima patvirtinti arba koreguoti (žr. 27 pav.).



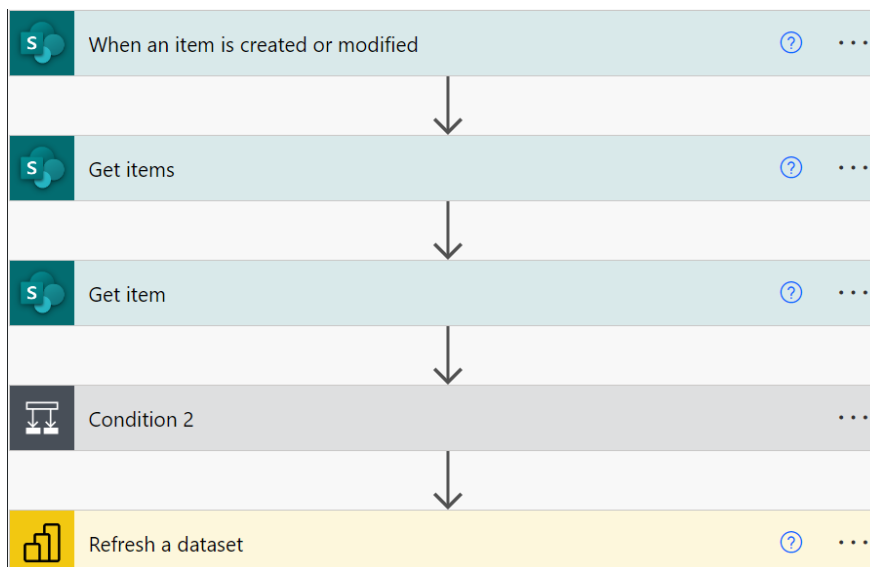
27 pav. Dirbtinio intelekto siūlomas programos srautas

Patvirtinus siūlomą srautą, programos srautas koreguojamas pagal poreikius ir sudarytą veiksmų planą. Pridedami papildomi veiksmai, kurie siųstų signalus apie tam tikro veiksmo atlikimą. Optimizavimo darbe reikalingas pranešimų išsiuntimas, kai komponentų kiekis netenkina numatytų sąlygų, todėl sukurtas srautas turi gauti informaciją iš duomenų bazės, kad galėtų atlikti tokį veiksmą (žr. 28 pav.).

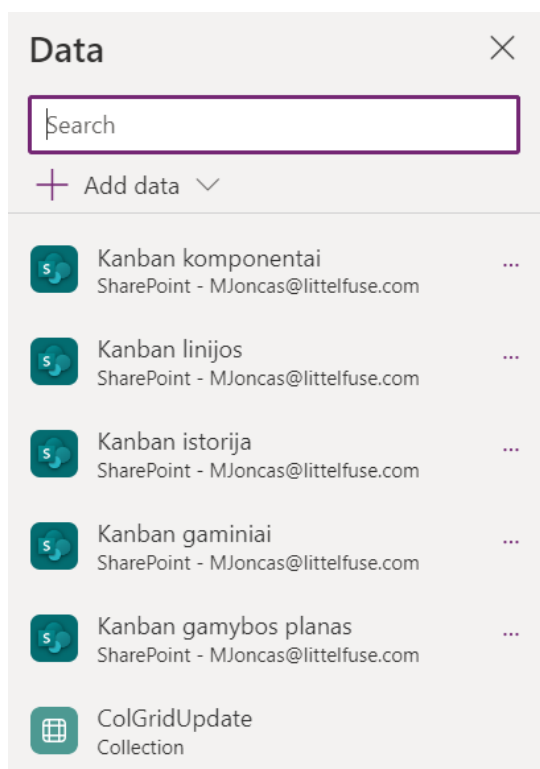


28 pav. Programos srauto kūrimas

Pasitelkus „Copilot“ dirbtinį intelektą, sukurtas programos srautas, kuriame egzistuoja 5 sekcijos ir jos atlieka skirtingus veiksmus. Duomenys atsiunčiami š skirtingų duomenų bazių (žr. 29 pav.), kurios minėtos ankstesniame skyriuje. Paskutinė sekcija naudojama būsenos atnaujinimui, todėl darbuotojui pateikiama informacija yra nuolat atnaujinama.

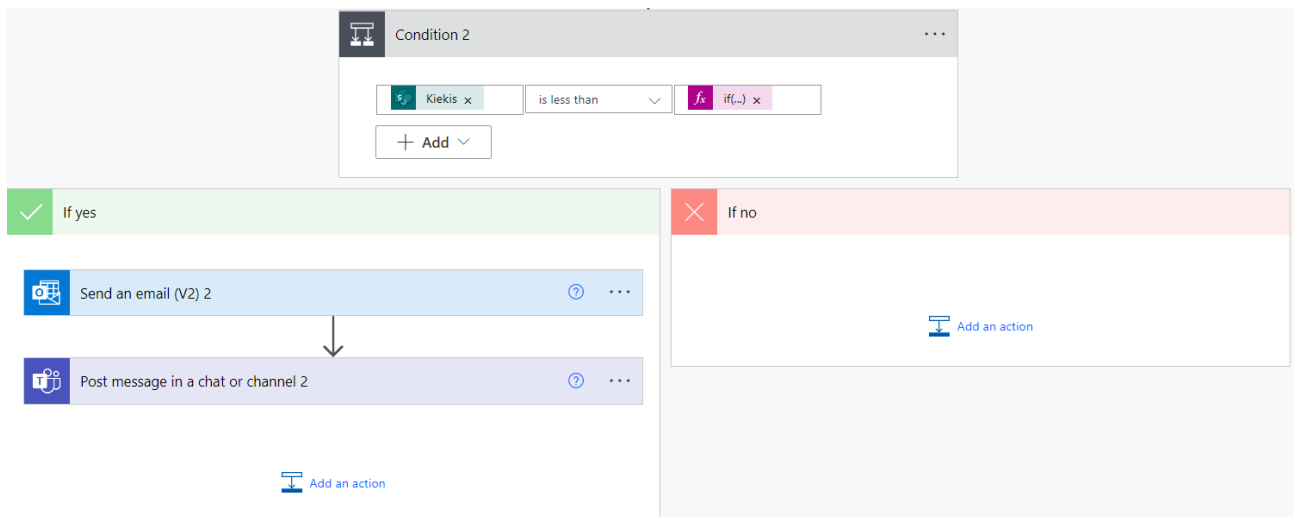


29 pav. Kuriamos programos srautas



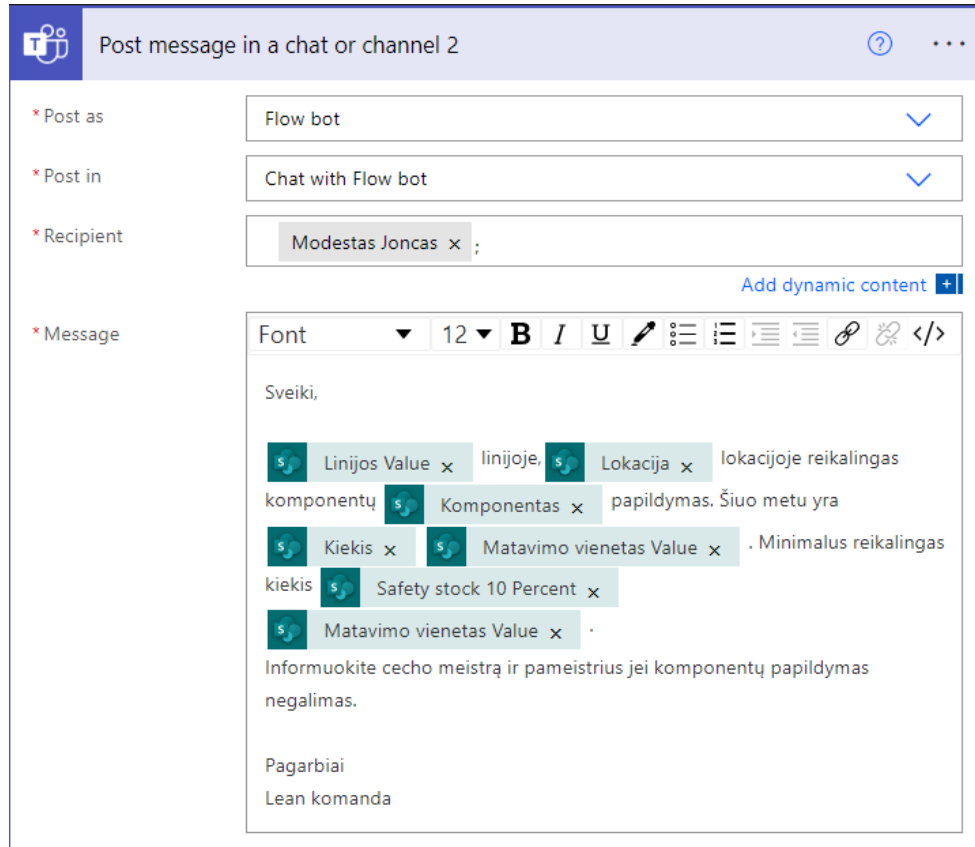
30 pav. Duomenų bazės priskirtos prie programos

Sukurta programa, kuri informuotų parinktus darbuotojus apie reikalingus komponentų papildymus darbo vietose, tačiau, kad tai vyktų sklandžiai, sukurtas algoritmas, tikrinantis turimus kiekius. Jeigu kiekis yra mažesnis nei nurodyta duomenų bazėje, „Microsoft Power Automate“ programa yra puikiai suderinama su tokiomis programomis kaip „Microsoft Teams“ ir „Microsoft Outlook“ (žr. 31 pav.), todėl jeigu patikrintas kiekis netenkina numatytųjų sąlygų, išsiunčiami pranešimai.

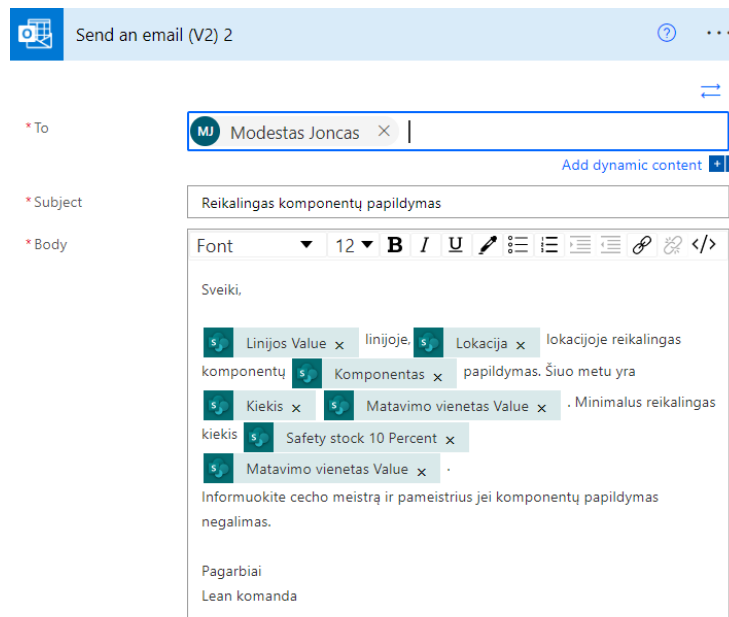


31 pav. Informavimo sistema

Siųsti pranešimus į abi programas, nuspręsta dėl spartesnio informacijos pateikimo, kadangi šie darbuotojai ne visada gali būti prie kompiuterio, kuriame pastebės pranešimą iš „Microsoft Outlook“ programos, o „Microsoft Teams“ programos yra standartiškai įdiegtos visuose darbuotojų telefonuose, kurie yra skirti darbo reikmėms, todėl informacija bus pastebėta greičiau. Tikimybė pastebėti reikiamą pranešimą ženkliai didesnė, nei informuojant tik vienoje platformoje (žr. 32 pav.). Abiejose programose sukurtas tekstas, su kintančiomis eilutėmis, kurios priklauso pagal siunčiamos informacijos pobūdį. Programa sinchronizuoja kiekius esančius linijose, kurie nurodomi duomenų bazėse ir tuomet sugeneruotas tekstas, siunčiamas atsakingam darbuotojui.

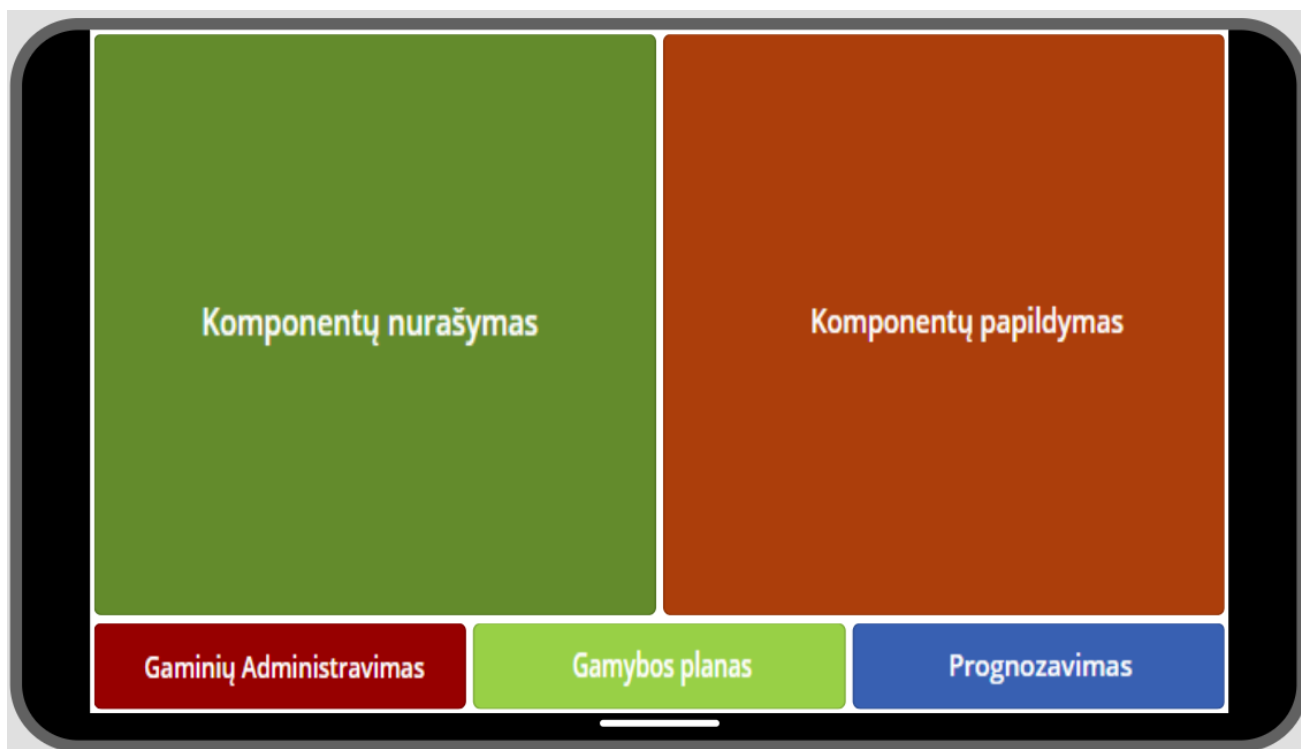


32 pav. Microsoft Teams programoje siunčiamas tekstas



33 pav. Microsoft Outlook programoje siunčiamas tekstas

Pranešimams pasiekus adresatus, informacija yra visada atnaujinama ir duomenų bazėje esantys kiekiai tikrinami nuolatos, siekiant užtikrinti reikiamus kiekius darbo vietose. Sujungus visas sukurtas platformas, gaunamas galutinis vaizdas, kurį mato darbuotojas planšetės ekrane (žr. 34 pav.). Siekiant kuo aiškesnio išdėstymo, ekrane nėra perteklinės informacijos ir vaizduojami tik aktualūs pasirinkimai. Skiltims skirti plotai tokio dydžio, kad būtų patogų pasirinkti iškart priėjus prie planšetės.



34 pav. Planšetės ekrane matomas programos vaizdas

### 3.13. Programos funkcijos darbinėje aplinkoje

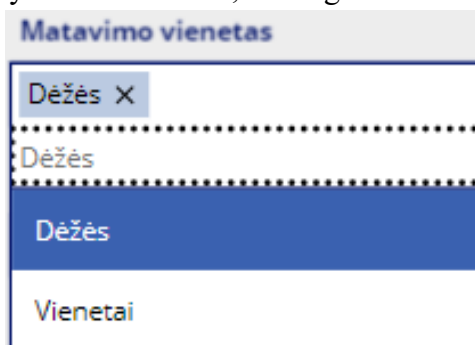
Naudojant „Microsoft“ platformą, tarpusavyje su kitomis susietomis programomis duomenys sinchronizuojami lengvai ir paprastai, tereikia programiniame kode įrašyti sąlygą tokiam veiksmui atlikti. Planšetiniame kompiuteriui esant gamyboje ir norint patekti į gaminių administravimo skiltį, neprivaloma eiti į darbo vietą ir joje atlikti pakeitimus. Dėl programos lankstumo, darbuotojai, kurie turi tam prieigą, gali atlikti veiksmus iš savo darbo vietos ir taip išvengti vertės nekuriančio judesio bei skirti sutaupyta laiką kitoms užduotims atlikti. Šis lankstumas yra įmanomas todėl, kad tai yra internetinėje naršyklėje veikianti programa, kuri yra suderinama su įvairiais įrenginiais tiek planšetiniais kompiuteriais, tiek stacionariais kompiuteriais ir mobiliaisiais telefonais.

35 pav. Komponentų administravimo langas planšetiniame kompiuteryje

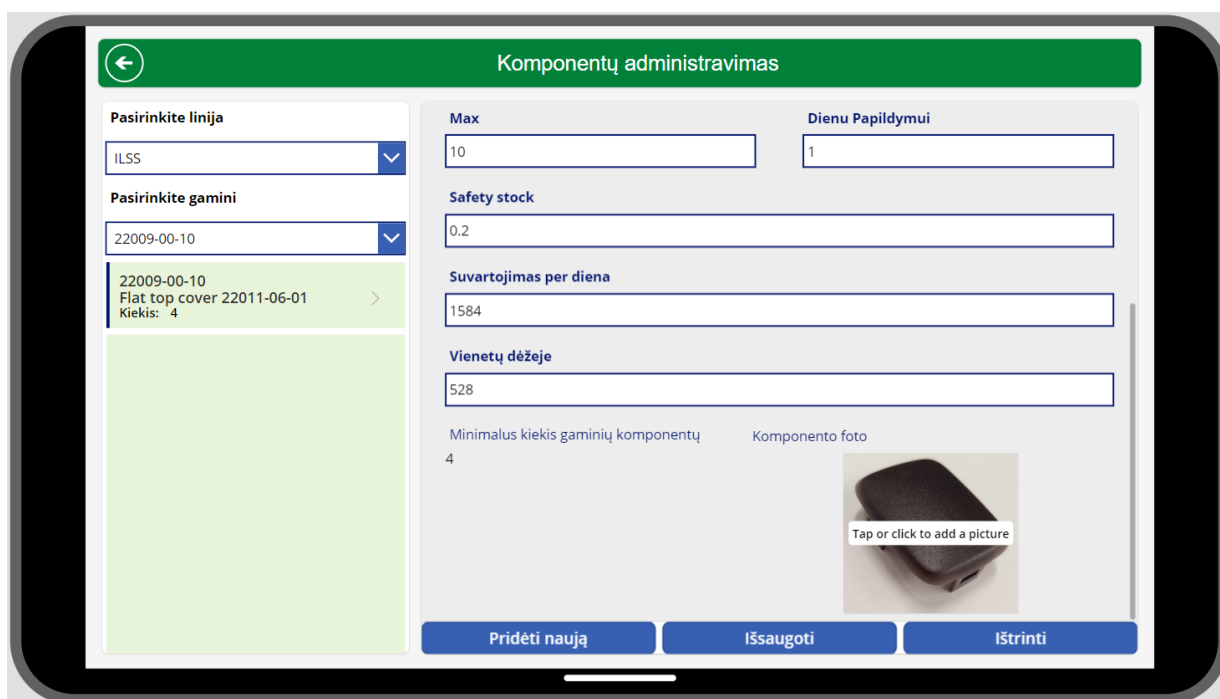
Komponentų administravimo lange sukurtas paprastas informacijos išdėstymas, siekiant išvengti perteklinės informacijos ir aiškesnio supratimo vartotojui (35 pav.). Prie šios programos skilties prieigą turi ne visi, o tik už programą atsakingi darbuotojai, bei meistrės (-ai) ir pameistrės (-iai), kadangi šioje vietoje galima atlikti esminius pakeitimus, pakeičiant informaciją apie gaminius, tam nereikia atsidaryti programinių kodų. Norint pridėti gaminį, iš išsiskleidžiančio lango pasirenkamas gaminys, prie kurio norima pridėti naują komponentą arba pakoreguoti esamų komponentų informaciją (žr. 36 pav.).

36 pav. Išsiskleidžiantis gaminių sąrašas

Dėl komponentų skirtingų įpakavimo rūšių, atlikta funkcija, kuri leidžia pasirinkti, koks komponento matavimo vienetas (žr. 37 pav.), kadangi tarp naudojamų žaliavų gali detalių, kurios dėžėje yra palaidos ir prieš papildymą nebus skaičiuojama, koks tikslus kiekis yra papildytas, todėl pildoma į atskirą darbo vietoje esančią skirtingą dėžutę. Kiti komponentai, kurie kaip pavyzdys yra sudėti tvarkingai padėkluose, galima žymėti ir vienetais, kadangi žinomas tikslus kiekis.

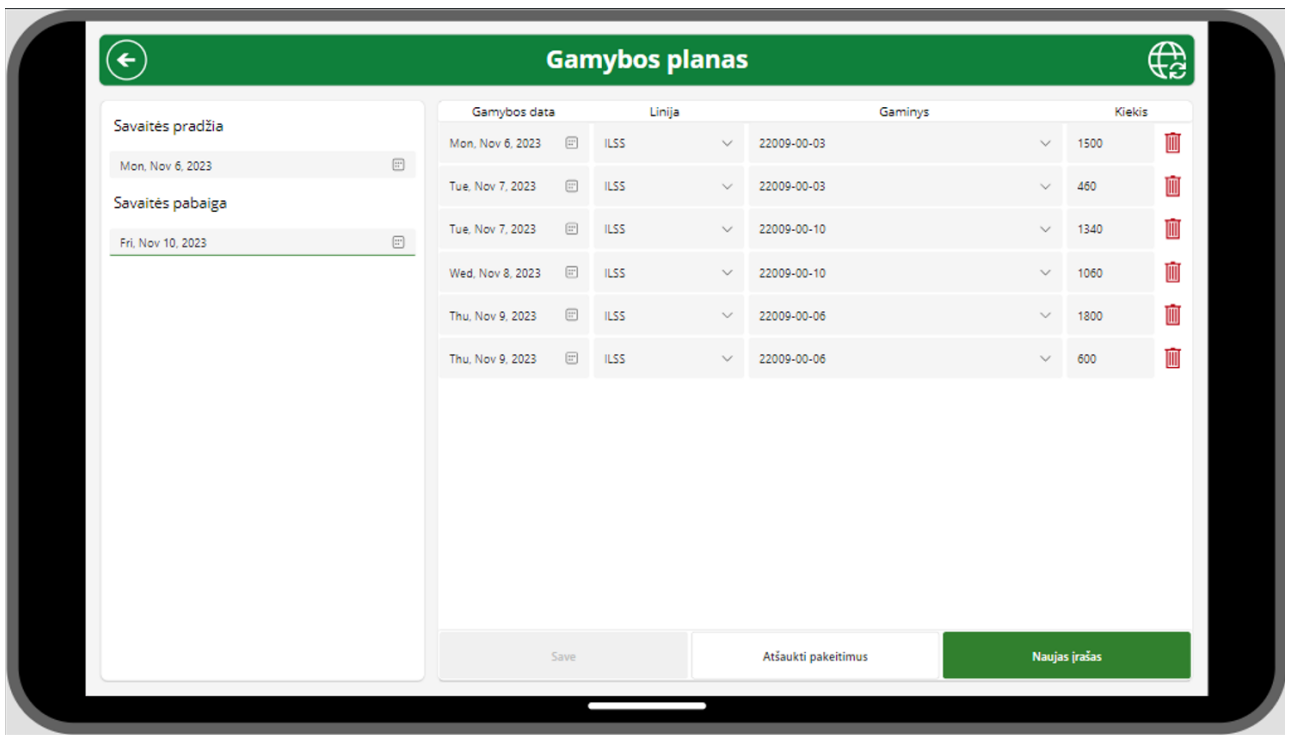


37 pav. Matavimo vienetų pasirinkimas



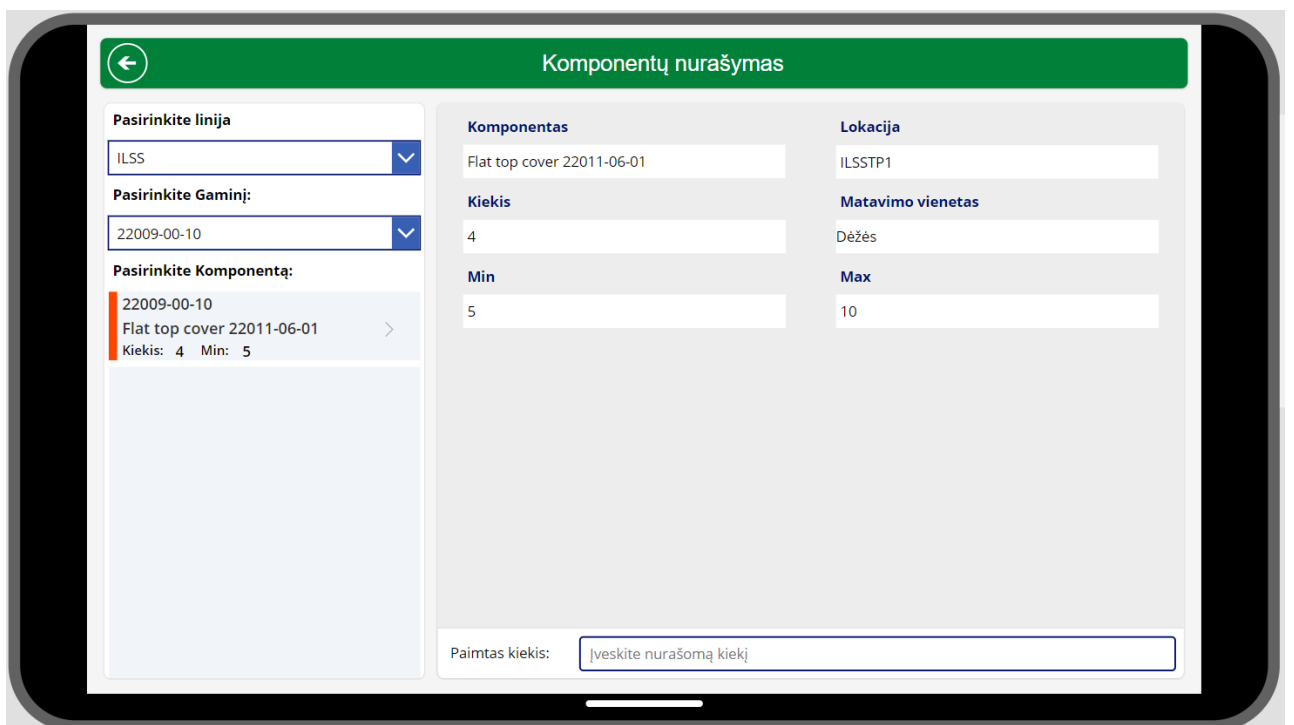
38 pav. Komponentų administravimo langas

Gamybos plano langas, kuris yra prieinamas tik prieigą turintiems darbuotojams, taip pat yra lengvai valdomas. Norint suplanuoti gamybinius kiekius, informacija su gaminių pavadinimais, kiekiais ir kurią dieną planuojama gaminti gaminį, suvedama į skirtingas eilutes (žr. 39 pav.), planas gali būti suvedamas pasirinktinam laikotarpiui. Tai yra neapribojama, tačiau pasirinkus gamybos laikotarpį įrašai yra filtruojami ir pasiekiami tik tam periodui aktualia informacija. Pagal turimus gamybos kiekius, programa gali atlikti skaičiavimus, kiek ir kokių komponentų gali prireikti darbo metu nustatytam kiekiui pagaminti. Apie pagamintą kiekį gaminių, programa gauna informaciją iš komponentų nurašymo lango, pagal sunaudotus komponentus. Ši programos funkcija atliekama iš bet kurios darbo vietos, kurioje yra interneto prieiga.



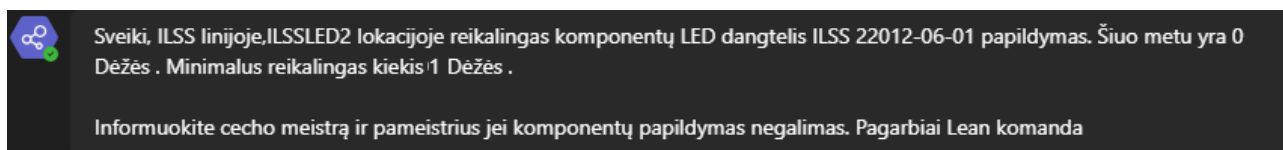
39 pav. Gamybos kiekių planavimo langas

Pasibaigus komponentams darbo vietoje, atidaromas programoje esanti komponentų nurašymo langas. Pasirenkamas gaminys kuris yra gaminamas ir įvedamas paimtas komponentų kiekis, kitos funkcijos apart kiekio įvedimo yra apribotos (žr. 40 pav.). Pateikiama informacija, kiek sandėliavimo lentynose dar yra nepanaudotų komponentų. Tik atlikus nurašymą, su komponentais grįžtama į darbo vietą.

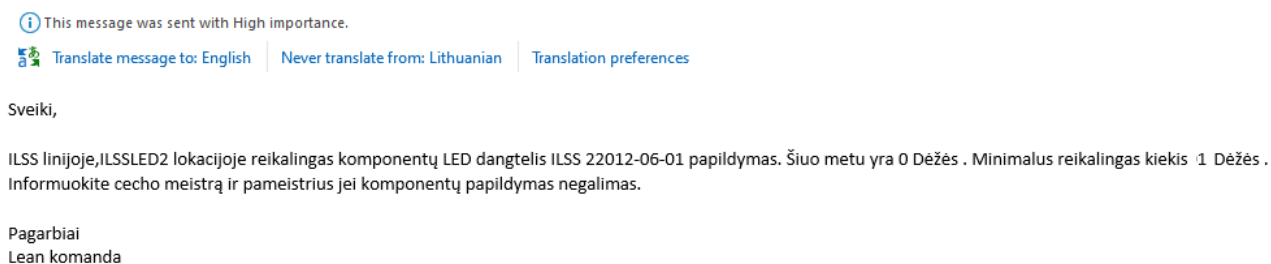


40 pav. Komponentų nurašymo langas

Programai indikuojant komponentų trūkumą darbo vietoje, pirmiausiai išsiunčiami pranešimai į „Microsoft Teams“ (žr. 41 pav.) ir „Microsoft Outlook“ (žr. 42 pav.) programas. Laiškai gaunami kaip didelės svarbos, kad atkreiptų dėmesį ir išsiskirtų tarp kitų elektroninio pašto žinučių. Pranešimuose siunčiama tik reikiama informacija, pagal anksčiau sukurtus šablonus.



**41 pav.** Pranešimas Microsoft Teams programoje



**42 pav.** Pranešimas Microsoft Outlook programoje

Pranešimus gauna paskirti darbuotojai, tačiau informaciją apie trūkstamus komponentus pateikiama ir televizoriaus ekrane (žr. 43 pav.), kuriame nurodomos darbo vietos ir jose likę atsargų kiekiai, todėl įdiegiamas dar vienas saugiklis kuris leidžia užtikrinti, kad informaciją apie trūkumą bus pastebėta ir reagavimo laikas taps greitesnis, kad būtų išvengta linijos sustojimų. Informacijos pateikimui televizoriaus ekrane, naudojama „Microsoft PowerBI“ programa.

**Littelfuse®** **KANBAN - KOMPONENTŲ PAPILDYMAS**

Gaminys	Linija	Lokacija	Skaičiuojama	Esamas kiekis	Min	Reikalinga
22009-00-06 Bump top cover 22011-06-02	ILSS	ILSSTP2	Dežės	1.00	5.00	9.00
22009-00-10 Flat top cover 22011-06-01	ILSS	ILSSTP1	Dežės	1.00	4.00	9.00
23895-00-01 Bump top cover 22011-06-02	ILSS	ILSSTP2	Dežės	1.00	3.00	3.00
LED dangtelis ILSS 22012-06-01	ILSS	ILSSLED2	Dežės	0.00	1.00	2.00
22009-00-11 Flat top cover 22011-06-01	ILSS	ILSSTP1	Dežės	0.00	1.00	2.00

**43 pav.** Televizoriuje pavaizduotas Kanban metodas

Gavus pranešimą apie reikiamą papildymą, darbuotojas komponentus pristatoma į nurodytą darbo vietą ir sandėliavimo lentynose sukraunamos pristatytos dėžės. Sukurtos etiketės, atitinkančios programoje esantį lokacijos kodą, nurodančios kurioje vietoje reikalingas papildymas (žr. 44 pav.). Darbuotojas žinodamas reikiamo komponento ir darbo vietos kodą, nesunkiai atranda skirtą vietą, taip sutaupomas laikas vietos ieškojimui.



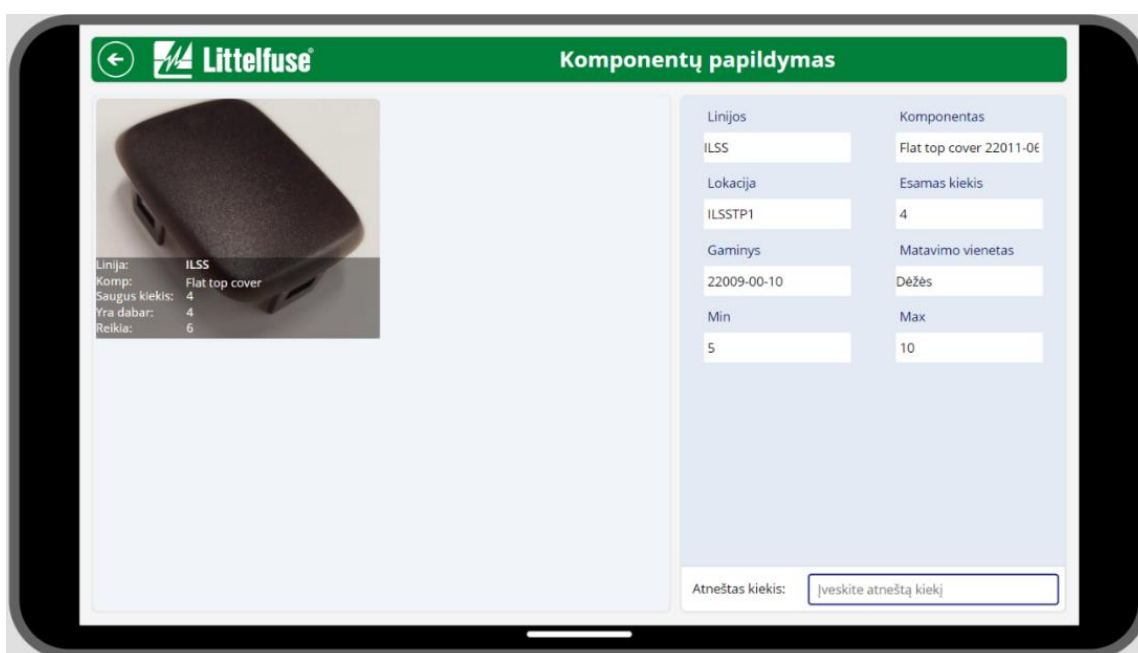
Lentynų žymėjimo tvarka įvesta sutartinė, pagal komponentų rūšį:

1. ILSLEDX. X – kintamas skaičius, priklausomas nuo tos pačios rūšies komponentų. Žymimi skirtukai
2. ILSSTPX. X – kintamasis skaičius, taip pat priklausomas nuo komponentų rūšies. Žymimi viršutiniai dangteliai.



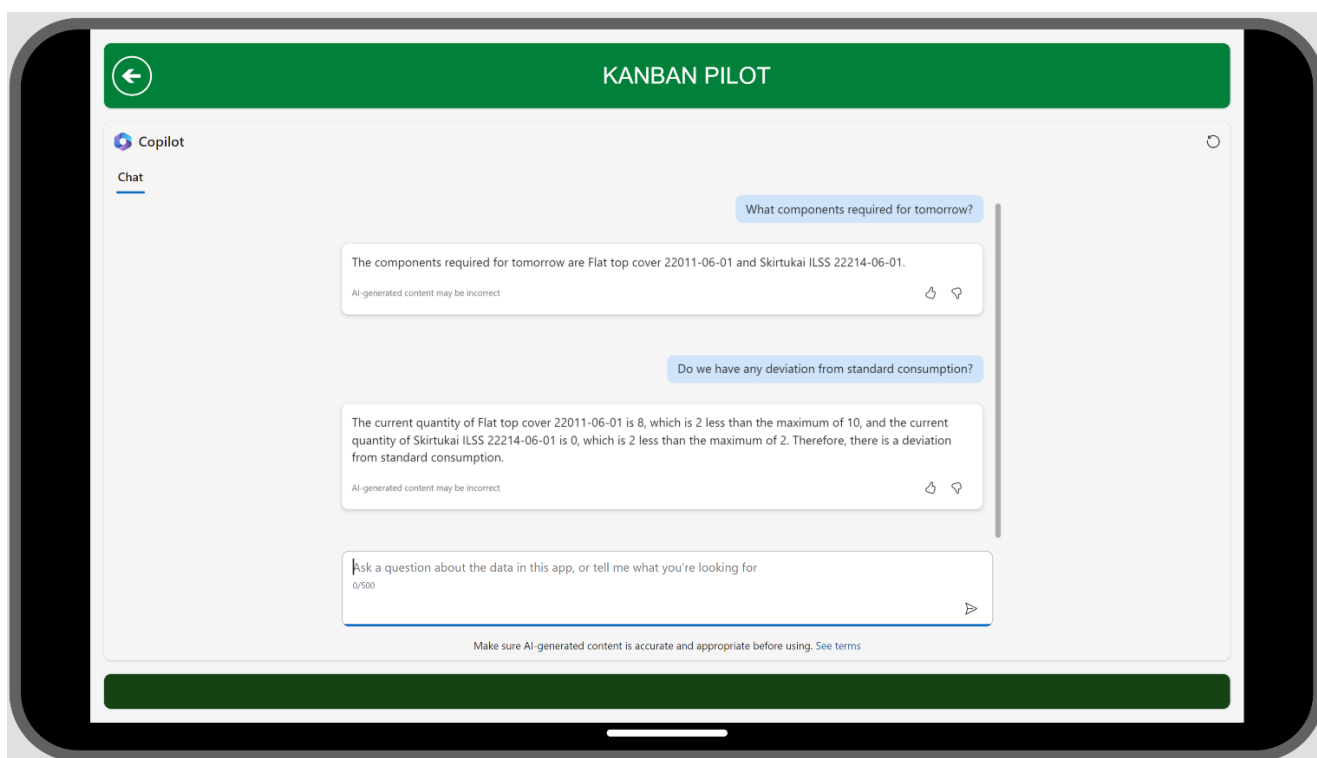
**44 pav.** Lentynos sužymėtos specialiais kodais. 1 – komponento vietos žymėjimo kodas, 2 – komponentų dėžės.

Atlikus dėžių iškrovimą, planšetėje privaloma pasižymėti, koks komponento tipas ir jo kiekis yra papildytas. Lengvesnei identifikacijai prie komponentų pavadinimų matomos nuotraukos (žr. 45 pav.). Pasirinkimas atliekamas paspaudus ant nuotraukos ir tada suvedamas atneštas kiekis. Šiame programos lange funkcijos taip pat apribotos ir leidžiamas tik pasirinkto komponento kiekio įvedimas.



**45 pav.** Komponentų papildymo langas

Pagrindiniame programos ekrane yra prognozavimo skiltis (žr. 34 pav.). Skiltyje panaudotas „Microsoft Copilot“ papildinys, kuris susietas su *Kanban* istorijos duomenų baze. Remiantis turimais duomenimis, papildinyje veikiantis dirbtinis intelektas mokosi iš esamos gamybos, kokių gamybos kiekių bei komponentų sunaudojimo galima tikėtis ateityje. Norint gauti norimą informaciją iš dirbtinio intelekto, jam rašoma žinutė anglų kalba (papildinys šiuo metu vis dar nepalaiko lietuvių kalbos). Tiriama įmonė yra tarptautinė, todėl darbuotojai naudoja tiek gimtąją lietuvių, tiek anglų kalbas. Dirbtinis intelektas gavęs užklausą iš darbuotojo, atlieka apdorojimą iš turimų duomenų bazių ir sukauptų žinių apmokinimo metu ir pateikia atsakymą (žr. 46 pav.). Klausimai gali būti įvairūs, susiję su gamyba. Ši technologija sukuria darbuotojui tokią galimybę, kuri leidžia numatyti komponentų poreikį sekančiais dienai arba nurodyti darbo vietoje egzistuojančius realius komponentų kiekius.



46 pav. Vykdoma komunikacija su dirbtiniu intelektu

### 3.14. Atnaujintos darbo tvarkos pagal Kanban metodą apžvalga

Įdiegta nauja darbo tvarka optimizuotame medžiagų sraute, pasitelkiant „Microsoft“ programos platformą, už medžiagų srautą atsakingiems darbuotojams leidžia atsisakyti vizualinės patikros, kad sužinotų ar linijoje netrūksta komponentų. Visa informacija skaitmenizuota ir pasiekama tiesiai iš jų darbo vietų, kuri yra netoli sandėlyje esančios tarpinės komponentų paskirstymo stotelės. Sukurta galimybė cecho meistrams arba pameistriams sudarinėti gamybos planus. Gamybos darbuotojai, apie komponentų trūkumą darbo vietoje, informaciją gali pateikti ženkliai greičiau nei tai buvo daroma iki optimizavimo darbų, informuojant pameistrį žodžiu. Sukurtos duomenų bazės, kurios sinchronizuojamos su programa bei dirbtinio intelekto papildiniu esančiu joje. Darbuotojas prognozavimo skiltyje gali užduoti įvairius su gamyba susijusius klausimus. Sukurta programa yra visiškai nesudėtinga, siekiant išvengti informacijos pertekliaus, taip greičiau pasirenkant reikiamą skiltį ir surenkant reikalingą informaciją.

#### 4. Medžiagų srauto optimizavimo rezultatai bei ekonominė nauda

Darbuotojams dirbant pagal naująją darbo tvarką, medžiagų srautas tapo efektyvesnis, vertės nekuriantys judesiai eliminuoti iki minimalaus kiekio. Norint patikrinti koks komponentų kiekis yra darbo vietoje, nereikia atlikti vizualinės patikros, užtenka patikrinti televizorių, kuriame *Kanban* principu pateikiama visa reikalinga informacija. Dirbant su naujomis informacinėmis technologijomis darbuotojai nusiskundimų neturi, programa puikiai suprantama tiek gamybos darbuotojams, tiek atsakingiems už medžiagų srautą. Darbo vietoje esant pastoviam komponentų kiekiui, pastebima, kad sumažėjo prastovų trukmė, kuri susijusi su komponentų trūkumu, o tai leidžia užtikrinti į duomenų bazę įvesti gamybos plano duomenys.

**6 lentelė.** Investicijos bei kita finansinė informacija

<b>Investicijos</b>	
Planšetinis kompiuteris Samsung Galaxy Tab	168 €
TV Samsung	600 €
Sieninis laikiklis televizoriui	30 €
<b>Kita finansinė informacija</b>	
Gamybos patalpų nuomos kaina už m <sup>2</sup>	7,00 €
Vidutinis gamybos darbuotojo darbo užmokestis po mokesčių	800 €
Valandinis darbo užmokesčio įkainis	5 €
Siuntimo kaštai į JAV, paletė	1000 €
Siuntimo kaštai į Meksiką, paletė	4000 €

Linijos prastovų kaina, apskaičiuojama įtraukiant valandinį darbo užmokestį ir prastovų trukmę. Valandinis darbo užmokestis dauginamas iš 3, nes tolimesni procesai yra sustabdyti ir operatoriai neatlieka jokio darbo. Tyrimo metu gauta prastovų trukmės kainos dvejoms darbo vietoms apskaičiuojamos 1 formulėje:

(1)

$$\text{Darbo vietos prastovų kaina (min)} = \left( \frac{\text{Valandinis darbo užmokesčio įkainis} \times 3}{60} \right) \times \text{Prastovų trukmė}$$

$$\text{Surinkimo darbo vietos prastovų kaina (EUR)} = \left( \frac{5 \times 3}{60} \right) \times 179 = 44.75 \text{ €}$$

$$\text{Programavimo darbo vietos prastovų kaina (EUR)} = \left( \frac{5 \times 3}{60} \right) \times 116 = 29 \text{ €}$$

Gauti rezultatai parodė, kad per stebimą laikotarpį (2023.08.30 – 2023.09.01) įmonė patyrė 73,75€ žalą dėl produktyvumo rodiklių sumažėjimo nurodytose darbo vietose. Pagal sutartį su esamais užsakovais, pastarieji apmoka gaminių siuntimo išlaidas, tačiau kai dėl įvykusių prastovų nepagaminamas reikiamas kiekis, įmonė privalo apmokėti siuntimą, suma priklauso galutinio taško, todėl bendra prastovų žala įskaitant siuntimo kaštus į vieną iš užsienio valstybių (JAV arba Meksiką) apskaičiuojama 2 formulėje:

(2)

$$\text{Linijos prastovų kaina (EUR)} = \left( \left( \frac{\text{Valandinis darbo užmokesčio įkainis} \times 3}{60} \right) \times \text{Prastovų trukmės suma} \right) + \text{Siuntimo kaštai}$$

$$\text{Linijos prastovų kaina (EUR)} = \left( \left( \frac{5 \times 3}{60} \right) \times 295 \right) + 1000 = 1073.75 \text{ €}$$

$$\text{Linijos prastovų kaina (EUR)} = \left( \left( \frac{5 \times 3}{60} \right) \times 295 \right) + 4000 = 4073.75 \text{ €}$$

Gauti rezultatai rodo, kad pavėluotas vienos siuntos išsiuntimas į JAV įmonei kainuoja 1073.75€, o į Meksiką 4073.75€. Atliktas medžiagų srauto optimizavimas padeda išvengti minėtų išlaidų, dėl prastovų sumažinimo iki minimalaus kiekio.

Siekiant dar sklandesnio medžiagų srauto, atliktas keturių sandėliavimo lentynų perkėlimas į nenaudojamą sandėlio plotą, kuris yra arčiau komponentų paskirstytojų darbo vietas. Išmatuoti sandėliavimo lentynų matmenys, tikslesniems vietos sutaupymo skaičiavimams.

**7 lentelė.** Sandėliavimo lentynų matmenys

<b>Sandėliavimo lentynos</b>	
Ilgis	105 cm
Plotis	68 cm
Lentynų kiekis	4 vnt

Apskaičiuojamas gamybinėse patalpose keturių sandėliavimo lentynų užimamas plotas, pagal 3 formulę

$$\text{Užimamas plotas (m}^2\text{)} = \text{Ilgis} \times \text{Plotis} \quad (3)$$

$$\text{Užimamas plotas (m}^2\text{)} = (1,05\text{m} \times 0,68\text{m}) \times 4 = 2,856 \text{ m}^2$$

Lentynų užimamo ploto kaina apskaičiuojama pagal 4 formulę

$$\text{Užimamo ploto kaina (EUR)} = \text{Plotas (m}^2\text{)} \times \text{Kaina už m}^2 \text{ (€)} \quad (4)$$

$$\text{Užimamo ploto kaina (EUR)} = 2,856 \times 7 = 19,99 \text{ €}$$

#### **4.1. Įvykdyti finansiniai sutaupymai atlikus gamybos procesų optimizavimą**

Atliktas skaičiavimas parodo, kad per mėnesį už sandėliavimo lentynų laikymą gamybinėse patalpose įmonė sumoka 19,99 €, o per metus - 239,40 €. Iškelus lentynas iš gamybinių patalpų, sukuriamas efektyvesnis medžiagų srauto procesas ir realizuojamas sandėlyje esantis nepanaudotas plotas, už kurį mokama nuoma. Toks sprendimas sukuria galimybę sutaupyti minėtas sumas ir jas investuoti kitur. Atlaisvintą plotą gamybinėse patalpose, ateityje bus galima panaudoti naujųjų linijų įkūrimui, prisidedant prie verslo plėtros ir ilgalaikio medžiagų srauto efektyvumo padidinimo. Tai ne tik sumažins išlaidas, bet ir padidins bendrą gamybos pajėgumą bei prisidės prie įmonės ilgalaikės strategijos įgyvendinimo, siekiant pristatyti gaminius užsakovui laiku. Į atnaujintą medžiagų srauto proceso optimizavimą reikalingos 798€ investicijos, kurios skirtos išvengti nuostolių už laiku neišsiųstus gaminius bei neefektyviai išnaudojamą plotą gamyboje. Priklausomai nuo nuostolių tipo, atsipirkimas galimas ir tokiu atveju, kai išvengiama neproduktyvios gamybos ir siunta išsiunčiama laiku. Atsižvelgiant į patalpų nuomos tendencijas, kaina už nuomą ateityje gali didėti, todėl pritaikant šį optimizavimo būdą sutaupymai prognozuojami dar ženkliesni.

## Išvados

1. Atlikto procesų optimizavimo metodų tyrimo metu, nustatyta, kad mažiausiai finansinių lėšų reikalaujantis ir dažnu atveju efektyviausias metodas yra „LEAN“. Pastarajam priklauso daug kitų rūšių metodų, kurie yra pritaikomi pagal individualią gamybos situaciją. Gamybinėse įmonėse pradėjus dirbti pagal „LEAN“ metodo atnaujintą darbo tvarką, pastebimi ženklūs gamybos efektyvumo padidėjimai. Dirbtinis intelektas gali veikti kartu su numatytais „LEAN“ įrankiais, analizuojant ir pateikiant jau apdorotą informaciją vartotojui, taip pat sumažinti žmogiškojo faktoriaus riziką suklysti ir užduotis atlikti efektyviau.
2. Iš surinktų duomenų tiriamojoje įmonėje pastebėta, kad egzistuoja didelis vertės nekuriančių judesių kiekis medžiagų sraute. Srauto optimizavimui pasirinktas vienas iš „LEAN“ įrankio metodų – *Kanban*. Vertės nekuriantiems judesiams nustatyti panaudotas „Vertės srauto žemėlapis“, statistikos duomenų rinkimas, atliktas gamybos proceso tyrimas. Šis metodas pasirinktas, kaip vizualinės priemonės sukūrimas, kuris nurodo vartotojui apie esamas neatliktas darbo užduotis ir užduotį atlikti tik tada kai to reikia, eliminuojamas vizualinės patikros veiksmas. Vizualinė patikra sukūrė didelį kiekį vertės nekuriančių judesių, kurie turėjo įtakos gamybos efektyvumo rodikliams.
3. Panaudojus *Kanban* metodą virtualioje aplinkoje, „Microsoft“ programa suteikia galimybę naudoti dirbtinį intelektą, kuris buvo panaudotas kuriant pagrindinę *Kanban* optimizavimo programą. Sukurta skiltis naudojanti „Microsoft Copilot“ programos papildinį, kuri skirta gamybos prognozavimui, darbuotojams suteikta galimybė užduoti klausimus susijusius su gamyba. Dirbtinio intelekto sugeneruoti atsakymai gali padėti darbuotojams anksčiau laiko pasiruošti numatyti gamybai.
4. Atlikus atnaujintos darbo tvarkos įdiegimą, medžiagų srautas pradėtas vykdyti pagal *Kanban* metodo principus, panaikinti vertės nekuriantys judesiai, dėl kurių gamybos linijose būdavo sukuriamos prastovos. Reikalingos vienkartinės investicijos metodo diegimui į gamybos procesą - 798€. Eliminavus prastovas, pagerinti gamybos efektyvumo rodikliai, siuntos išsiunčiamos laiku, įmonei nebetenka mokėti išlaidų už siuntas, galimas sutaupymas, priklausomai nuo situacijos, sutaupoma nuo 1000 € iki 4000 € už siuntą. Atlikus analizę tiriamojoje įmonėje pastebėta, kad sandėlyje neišnaudojamas tuščias plotas, ir užimama vieta papildomai gamyboje. Perkėlus komponentų sandėliavimo lentynas į sandėlį, per mėnesį sutaupoma nuo 20€. Atlaisvintas plotas gamyboje, gali būti panaudojamas gamybos linijoms, kurios suteikia papildomas pajamas įmonei, priešingai nei sandėliavimo lentynos.

## Literatūros sąrašas

1. ADEODU, Adefemi; KANAKANA-KATUMBA, Mukondeleli Grace and RENDANI, Maladzhi. Implementation of Lean Six Sigma for Production Process Optimization in a Paper Production Company. *Journal of Industrial Engineering and Management*, Sausio 01, 2021, vol. 14, no. 3. pp. 661-680. Prieiga per internetą <<https://www.econstor.eu/handle/10419/261773>> CrossRef. ISSN 2013-0953. [Žiūrėtas 2023-09-15]
2. T. ADESTA, Erry Yulian; ir PRABOWO, Herry Agung. The Evaluation of Lean Manufacturing Implementation and their Impact to Manufacturing Performance. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, Lapkričio 29, 2018, vol. 453, no. 1. pp. 12031. Prieiga per internetą <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/453/1/012031>> CrossRef. ISSN 1757-8981. [Žiūrėtas 2023-09-15].
3. OTENŠLÉGROVÁ, Pavla; and MARTINEZ, Felipe. From 5s Methodology to Lean Layout: Evidence from Automobile Industry. Prieiga per internetą <[https://msed.vse.cz/msed\\_2018/article/74-Otenslegrova-Pavla-paper.pdf](https://msed.vse.cz/msed_2018/article/74-Otenslegrova-Pavla-paper.pdf)> CrossRef. Žiūrėtas [2023-10-01]
4. GUPTA, Shaman; and CHANDNA, Pankaj. A Case Study Concerning the 5S Lean Technique in a Scientific Equipment Manufacturing Company. *Grey Systems*, Liepos 06, 2020, vol. 10, no. 3. pp. 339-357. Prieiga per internetą <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/GS-01-2020-0004/full/html>> CrossRef. ISSN 2043-9377. [Žiūrėtas 2023-10-02]
5. THUN, Jörn-Henrik; DRÜKE, Martin and GRÜBNER, André. Empowering Kanban through TPS-Principles - an Empirical Analysis of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, Gruodžio 1, 2010, vol. 48, no. 23. pp. 7089-7106. Prieiga per internetą <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903436695>> CrossRef. ISSN 0020-7543. [Žiūrėtas 2023-09-27]
6. INOUE, Luiz C. G. V.; and SINHA, Roopak. Real-Time OEE Visualisation for Downtime Detection. Piscataway: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), Sausio 01, 2022. Prieiga per internetą <<https://search.proquest.com/docview/2754963786>>. [Žiūrėtas 2023-10-01]
7. SINGH, Sandeep; KHAMBA, Jaimal S. ir SINGH, Davinder. Analysis and Directions of OEE and its Integration with Different Strategic Tools. London, England: SAGE Publications, Apr 01, 2021. Prieiga per internetą <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0954408920952624>> CrossRef. ISBN 0954-4089. [Žiūrėtas 2023-09-16]
8. PALANGE, Atul; ir DHATRAK, Pankaj. Lean Manufacturing a Vital Tool to Enhance Productivity in Manufacturing. *Materials Today : Proceedings*, 2021, vol. 46. pp. 729-736. Prieiga per internetą <<https://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>> CrossRef. ISSN 2214-7853. [Žiūrėtas 2023-09-15].
9. DAMIJ, Nadja; ir DAMIJ, Talib. An Approach to Optimizing Kanban Board Workflow and Shortening the Project Management Plan. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Lapkričio 09, 2021. pp. 1-8. Prieiga per internetą <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9611021>> CrossRef. ISSN 0018-9391. [Žiūrėtas 2023-09-16]
10. HTUN, Arkar; and KHAING, Cho C. Lean Manufacturing, just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS). 2019. pp. 1-6 Prieiga per internetą <

- <https://ijsetr.com/uploads/165423IJSETR17537-99.pdf>>. ISSN 2319-8885. [Žiūrėtas 2023-09-18]
11. BRAGLIA, Marcello; GABBRIELLI, Roberto and MARRAZZINI, Leonardo. Rolling Kanban: A New Visual Tool to Schedule Family Batch Manufacturing Processes with Kanban. *International Journal of Production Research*, Liepos 02, 2020, vol. 58, no. 13. pp. 3998-4014. Prieiga per internetą <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2019.1639224>> CrossRef. ISSN 0020-7543. [Žiūrėtas 2023-09-18]
  12. GOLCHEV, Riste, Bojan JOVANOSKI, Valentina GECHEVSKA, ir Robert MINOVSK. „Kanban simulation model for production process optimization“. *Journal of Engineering Management and Competitiveness*, Sausio 01, pp. 55–60. Prieiga per internetą <<https://doi.org/10.5937/jemc1502055G>> [Žiūrėtas 2023-09-23].
  13. ZEBE, Gordana, et al. Technology Mining: Artificial Intelligence in Manufacturing. *Technological Forecasting & Social Change*, Spalio 1, 2021, vol. 171. pp. 120971. Prieiga per internetą <<https://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120971>> CrossRef. ISSN 0040-1625. [Žiūrėtas 2023-09-27]
  14. Bowman, J. (2023, Lapkričio 20). How Artificial Intelligence Is Used in Manufacturing. <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/information-technology/ai-stocks/ai-in-manufacturing/>
  15. BUGVI, Salman A., et al. Performance Improvement through Value Stream Mapping – A Manufacturing Case Study. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM Press), -11-30, 2021. Prieiga per internetą < <https://www.ukm.my/jkukm/wp-content/uploads/2021/3304/22.pdf>>. [Žiūrėtas 2023-09-30]
  16. HIREMATH, Somashekhar S.; SHANMUGAM, N. S. and BAPU, B. R. R. *Advances in Manufacturing Technology Singapore: Springer Singapore Pte. Limited*, Sausio 01, 2019. Implementation of Lean Concepts using Value Stream Mapping in Automotive Firm, pp. 141-147. Prieiga per internetą <[http://ebookcentral.proquest.com/lib/SITE\\_ID/reader.action?docID&#61;5755014&#61;155](http://ebookcentral.proquest.com/lib/SITE_ID/reader.action?docID&#61;5755014&#61;155)>. ISBN 9811363730. [Žiūrėtas 2023-10-01]
  17. RAHMAN, Nor Azian Abdul; SHARIF, Sariwati Mohd and ESA, Mashitah Mohamed. Modeling the Relationship between Bank Efficiency, Capital and Risk in Albanian Banking System. *Procedia Economics and Finance*, 2013, vol. 7. pp. 174. Prieiga per internetą <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567113002323>> ISSN 2212-5671. [Žiūrėtas 2023-10-03]
  18. PEKARCIKOVA, M., et al. Material Flow Optimization through E-Kanban System Simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, Birželio 01, 2020, vol. 19, no. 2. pp. 243-254. Prieiga per internetą <<https://search.proquest.com/docview/2418803651>> CrossRef. ISSN 1726-4529. [Žiūrėtas 2023-10-03]
  19. ŠAJDLEROVÁ, Ivana; SCHINDLEROVÁ, Vladimíra and KRATOCHVÍL, Jiří. Potential and Limits of overall Equipment Effectiveness in the Total Productivity Management. *Advances in Science & Technology, Research Journal*, Birželio 01, 2020, vol. 14, no. 2. pp. 19-26. Prieiga per internetą <<https://doaj.org/article/0fac7f9d33764688b6a184586f4e7fc3>> CrossRef. ISSN 2080-4075. [Žiūrėtas 2023-10-11]

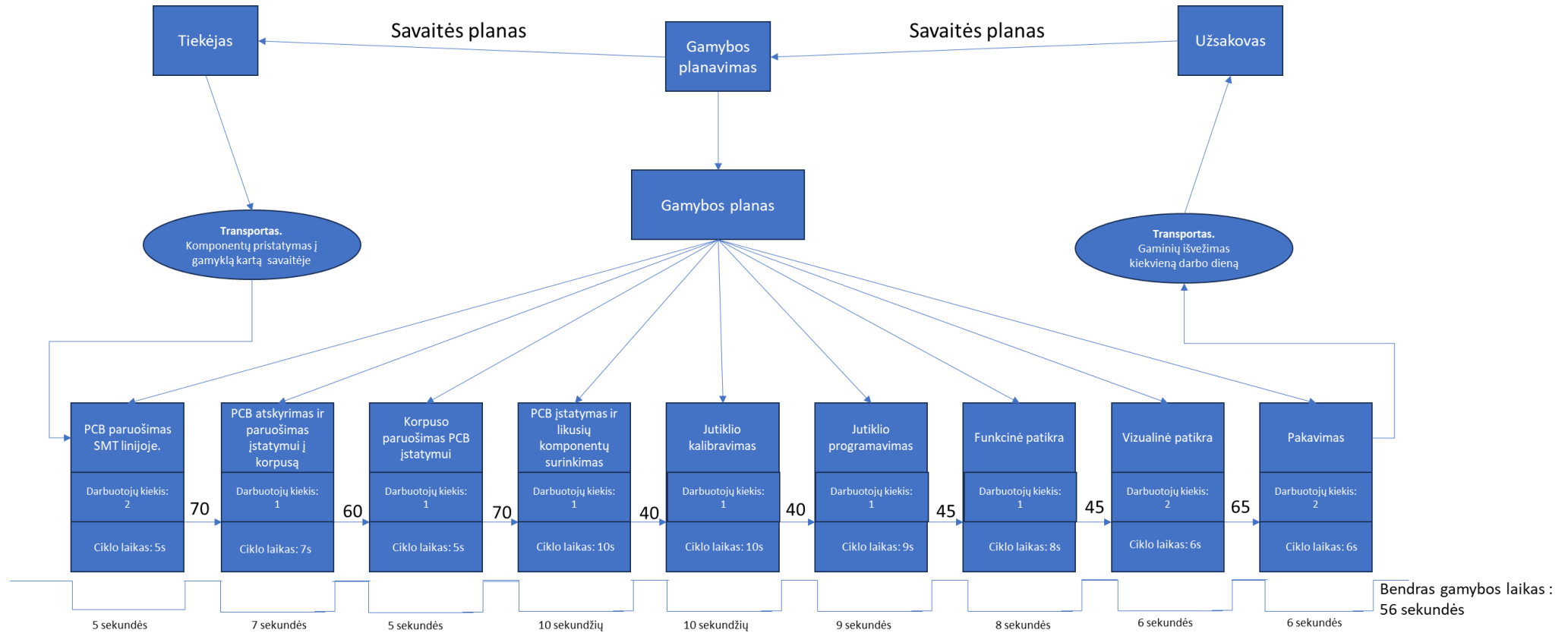
20. Littelfuse announces acquisition of accel. (2012, Birželio 1). Littelfuse. <https://www.littelfuse.com/about-us/history-and-culture/acquisitions/littelfuse-announces-acquisition-of-accel.aspx>
21. Sensing solutions for passenger and safety and automotive powertrain. (2018, Gruodžio 01). Littelfuse. <https://www.littelfuse.com/~-/media/commercial-vehicle/brochures/automotive-sensor-products-solutions-brochure.pdf>
22. Automotive sensor products. (2018). Littelfuse. <https://www.littelfuse.com/media?resourcetype=datasheets&itemid=c2981079-b636-405e-ac99-955167a31199&filename=littelfuse-sensor-automotive-solar-ambient-multidirectional-datasheet>
23. BABOR, Majharulislam, et al. Modeling and Optimization of Bakery Production Scheduling to Minimize Makespan and Oven Idle Time. Scientific Reports, Sausio 05, 2023, vol. 13, no. 1. pp. 235. Prieiga per internetą <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36604451>> MEDLINE. ISSN 2045-2322. [Žiūrėtas 2023-10-18]
24. „Microsoft Power Platform“ dokumentacija. (2023). Microsoft. <https://learn.microsoft.com/lt-lt/power-platform/>
25. Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms. (2023). Clumber. <https://www.climber.fi/qlik-in-2023-gartner-magic-quadrant-for-analytics-and-business-intelligence-platforms/>
26. BECKER, Louis T.; ir GOULD, Elyssa M. Microsoft Power BI: Extending Excel to Manipulate, Analyze, and Visualize Diverse Data. Serials Review, Liepos 03, 2019, vol. 45, no. 3. pp. 184-188. Prieiga per internetą <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00987913.2019.1644891>> CrossRef. ISSN 0098-7913. [Žiūrėtas 2023-10-19]
27. Create a data-driven culture with BI for all. (2023). Microsoft. <https://powerbi.microsoft.com/en-us/why-power-bi/>
28. „Power BI“ šablono lokalizuoti Project žiniatinklyje. (2022). Microsoft. <https://support.microsoft.com/lt-lt/office/-power-bi-%C5%A1ablono-lokalizuoti-project-%C5%BEiniatinklyje-941047e5-24ef-4493-aea3-3f1a3276b685>
29. Software quality and RPA. (2022). Laberit. <https://www.laberit.com/en/microsoft-power-automate/>
30. SENAPATHI, Mali; and DRURY-GROGAN, Meghann L. Systems Thinking Approach to Implementing Kanban: A Case Study. Journal of Software : Evolution and Process, Balandis, 2021, vol. 33, no. 4. pp. n/a. Prieiga per internetą <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smr.2322>> CrossRef. ISSN 2047-7473. [Žiūrėtas 2023-11-03]
31. THIEDE, Sebastian, et al. Integrative Simulation of Information Flows in Manufacturing Systems. Procedia CIRP, 2019, vol. 81. pp. 647-652. Prieiga per internetą <<https://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.170>> CrossRef. ISSN 2212-8271.
32. GURCAN, Fulya; ir TAENTZER, Gabriele. Using Microsoft PowerApps, Mendix and OutSystems in Two Development Scenarios: An Experience Report. Piscataway: IEEE, Spalis 2021. Prieiga per internetą <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9643832>>. [Žiūrėtas 2023-11-03]
33. MORADI DAKHEL, Arghavan, et al. GitHub Copilot AI Pair Programmer: Asset Or Liability?. The Journal of Systems and Software, Rugšėjis 2023, vol. 203. pp. 111734. Prieiga per internetą



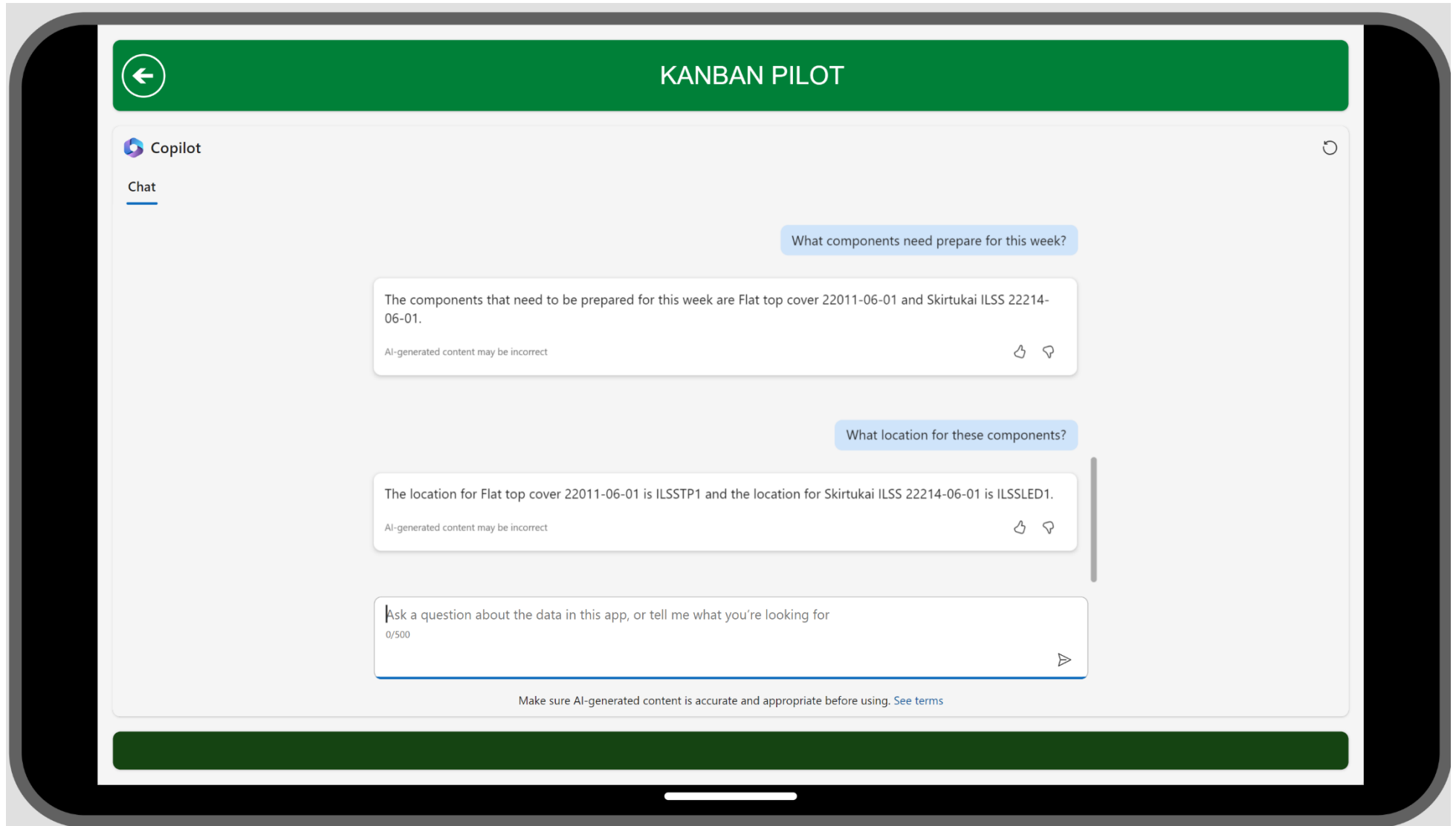
- <<https://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2023.111734>> CrossRef. ISSN 0164-1212. [Žiūrėtas 2023-11-04]
34. LEFFLER, David. Technical Issues: Creating a Troubleshooting System with Microsoft Outlook. Internet Reference Services Quarterly, Sausio 03, 2023, vol. 27, no. 3. pp. 179-196. Prieiga per internetą <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10875301.2023.2212263>> CrossRef. ISSN 1087-5301. [Žiūrėtas 2023-11-05]
35. Value Stream Mapping. (2021). Goleansixsigma. <https://goleansixsigma.com/value-stream-mapping/>
36. Griffiths, B. (2021, Sausio 07). Leantransitionsolutions. <https://leantransitionsolutions.com/5S-Process/What-is-Lean-5S>
37. OEE Factors. (2023). OEE. <https://www.oee.com/oee-factors/>

## Priedai

### 1 priedas. Tiriamojoje situacijoje sukurtas vertės srauto žemėlapis



## 2 priedas. Vartotojo klausimai susiję su komponentais



### 3 priedas. Dirbtinio intelekto informacijos pateikimas apie vykdomą gamybą

