

Primjena Digitalnog Vitkog menadžmenta u procesu montaže

Biondić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:490518>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-20**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Biondić

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Nedjeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Ivan Biondić

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru i profesoru dr.sc. Nedeljku Štefaniću, dipl.ing. na susretljivosti i pruženoj pomoći tijekom izrade ovog rada, ali i čitavog studija.

Zahvaljujem zaposlenicima poduzeća PRO-KLIMA d.o.o., posebno Marku Škiljanu i Vjekoslavu Krleži. Zahvaljujem svojim prijateljima i obitelji na pruženoj podršci i vjeri. Posebno zahvaljujem svojim roditeljima i bratu koji su mi pružali podršku u svim mojim životnim uspjesima, pa tako i u akademskim.

Ivan Biondić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	602 - 04 / 20 - 6 / 3
Ur. broj:	15 - 1703 - 20 -

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN BIONDIĆ** Mat. br.: **0035188522**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena Digitalnog Vitkog menadžmenta u procesu montaže**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Application of Digital Lean Management in the assembly process**

Opis zadatka:

Kako bi se uspješno provela digitalna transformacija poduzeća, potrebno je provesti optimizaciju proizvodnih i uslužnih procesa u poduzeću. U praksi se Vitki menadžment pokazao kao najefikasniji menadžerski pristup poboljšavanju i unaprjeđivanju procesa. Veliki broj alata, razvijena metodologija te razvijen sustav praćenja pokazatelja uspješnosti čini ovaj pristup vrlo pogodnim za primjenu u procesu digitalne transformacije poduzeća.

U radu je potrebno obraditi sljedeće:

1. Definirati i detaljno objasniti pojmove: Industrija 4.0, Vitki menadžment, Pametna tvornica.
2. Opisati pojam procesnog pristupa proizvodnji.
3. Definirati pojam digitalna transformacija te opisati postojeće modele digitalne transformacije za proizvodna poduzeća.
4. Opisati i objasniti najmanje tri alata Vitkog menadžmenta kojima se uspješno poboljšavaju procesi.
5. Opisati i objasniti koncept Digitalnog Vitkog menadžmenta, te opisati metodologiju njegove primjene u poduzeću.
6. Za proizvodljivo odabrano poduzeće i proces montaže primijeniti odabranu metodologiju Digitalnog Vitkog menadžmenta, te komentirati dobivene rezultate.
7. Razviti sustav praćenja pokazatelja uspješnosti provedbe digitalne transformacije te izraditi programsku podršku.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. travnja 2020.

Rok predaje rada:
2. srpnja 2020.

Predviđeni datum obrane:
6. srpnja do 10. srpnja 2020.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednica Povjerenstva:
prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KRATICA	V
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD	1
2. VITKO UPRAVLJANJE	2
2.1. Uvod u vitko upravljanje	2
2.2. Principi vitkog upravljanja	3
2.2.1. Vrijednost	3
2.2.2. Tok vrijednosti	4
2.2.3. Protočnost.....	5
2.2.4. Povlačenje	7
2.2.5. Izvrsnost	7
2.3. Industrija 4.0.....	8
2.3.1. Pojam Industrija 4.0	8
2.3.2. Temelji Industrije 4.0	9
2.4. Pametna tvornica	12
2.4.1. Dizajn Pametne tvornice	12
2.4.2. Glavne značajke Pametne tvornice	13
2.5. Procesni pristup	15
2.5.1. Poslovni procesi	15
2.5.2. Cilj procesnog pristupa.....	15
2.5.3. Principi	15
2.5.4. Ključni elementi	16
2.5.5. Prednosti.....	17
3. ALATI VITKOG UPRAVLJANJA.....	18
3.1. Pristupi i sredstva u primjeni vitkog upravljanja.....	18
3.2. Mapiranje toka vrijednosti – VSM	20
3.3. 5S alat vitkog upravljanja	21
3.4. Kaizen.....	24

4. DIGITALIZACIJA.....	28
4.1. Proces digitalizacije.....	28
4.2. Tehnologije digitalizacije.....	29
4.2.1. Internet stvari (IoT).....	29
4.2.2. Umjetna inteligencija.....	32
4.2.3. Virtualna stvarnost.....	35
4.3. Digitalno vitko upravljanje.....	36
4.4. Koncept utjecaja digitalizacije na vitku proizvodnju.....	37
5. PRAKTIČNI DIO.....	39
5.1. O kompaniji.....	39
5.2. Analiza stanja prije uvođenja digitalne vitke proizvodnje.....	40
5.2.1. Opis procesa analize.....	40
5.2.2. Opis procesa montaže prije uvođenja vitkog upravljanja.....	41
5.2.3. Mjerenja postojećeg stanja.....	43
5.2.4. Troškovi stanja prije uvođenja vitkog upravljanja i digitalizacije.....	45
5.2.5. Analiza troškova stanja prije uvođenja vitkog upravljanje i digitalizacije.....	46
5.3. Uvođenje digitalne vitke proizvodnje.....	47
5.3.1. Praćenje dnevnog plana rada.....	47
5.3.2. Opis optimizacije procesa upotrebom vitkog upravljanja i digitalizacije.....	49
5.3.3. Mjerenje poboljšanog stanja.....	54
5.3.4. Troškovi poboljšanog stanja.....	55
5.4. Usporedba rezultata postojećeg i poboljšanog procesa.....	58
6. SUSTAV ZA DALJNJA POBOLJŠANJA.....	59
6.1. Integrirani sustav praćenja proizvodnje.....	59
6.2. Programska podrška.....	60
7. ZAKLJUČAK.....	63
LITERATURA.....	64

POPIS SLIKA

Slika 1.	Principi vitkog upravljanja.....	3
Slika 2.	Gubiteci u toku vijednosti [1]	5
Slika 3.	Tradicionalna i vitka protočnost – primjer [4]	6
Slika 4.	Fizičko-digitalno-fizička petlja [5]	8
Slika 5.	9 tehnologija Industrije 4.0 [7].....	10
Slika 6.	Autonomna robotska ruka proizvođača Kuka [8]	11
Slika 7.	Koraci pri izradi VSM [15].....	21
Slika 8.	Koraci u alatu vitkog upravljanja 5S [17].....	22
Slika 9.	PDCA ciklus [21].....	26
Slika 10.	Razvoj industrije [23]	29
Slika 11.	Glavni predvodnici tehnologije virtualne stvarnosti [33]	36
Slika 12.	Utjecaj digitalizacije na vitku proizvodnju [35]	37
Slika 13.	Sjedište poduzeća <i>PRO-KLIMA</i> [37]	40
Slika 14.	Izgled radnog prostora prije uvođenja vitke proizvodnje	41
Slika 15.	Proizvodni tokovi prije uvođenja vitke proizvodnje.....	44
Slika 16.	Program za praćenje dnevnog plana rada	48
Slika 17.	Program za praćenje dnevnog plana predmontaže.....	49
Slika 18.	Izgled radnog prostor nakon uvođenja vitke proizvodnje.....	50
Slika 19.	Radni prostor nakon uvođenja vitke proizvodnje	51
Slika 20.	Komponente semafora	52
Slika 21.	Stanica sa semaforom	54
Slika 22.	ERP sustav [39].....	61

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Primjena IoT [29]	31
Tablica 2.	Proces montaže.....	42
Tablica 3.	Mjerenje prije upotrebe vitkog upravljanja	43
Tablica 4.	Troškovi rada.....	45
Tablica 5.	Troškovi papira i tonera	45
Tablica 6.	Prijeđeni put u procesu montaže	46
Tablica 7.	Ukupni troškovi.....	47
Tablica 8.	Proces montaže nakon uvođenja vitkog upravljanja	52
Tablica 9.	Mjerenje nakon upotrebe vitkog upravljanja	55
Tablica 10.	Troškovi rada nakon upotrebe vitkog upravljanja.....	56
Tablica 11.	Troškovi digitalizacije.....	56
Tablica 12.	Troškovi papira i tonera nakon poboljšanja	57
Tablica 13.	Ukupni troškovi u poboljšanom procesu.....	57
Tablica 14.	Usporedba troškova i uštede	58

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
BPI	<i>Business Process Improvement</i> – poboljšanje poslovnog procesa
CRM	<i>Customer Relationship Management</i> – upravljanje odnosima s kupcima
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i> – je metoda kvalitete koja se koristi za nove procese; kratika predstavlja pet faza projekta: definirati, izmjeriti, analizirati, dizajnirati, potvrditi
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> – je strategija kvalitete utemeljena na podacima za poboljšanje procesa; kratika predstavlja pet faza projekta: definirati, izmjeriti, analizirati, poboljšati, kontrolirati
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> – skup računalnih programa koji služe za planiranje resursa u poduzeću
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> – dodatna usluga na GSM mreži koja dodanim protokolom za paketni prijenos omogućuje kraće vrijeme uspostave veze, te brži i sigurniji prijenos podataka
GSM	<i>Global System for Mobile communications</i> – međunarodni sustav mreža digitalne mobilne telefonije
IoT	<i>Internet of things</i> – Internet stvari, označava povezivanje uređaja putem interneta
IT	<i>Information Technology</i> – Informacijska tehnologija
JIT	<i>Just-in-Time</i> – točno na vrijeme
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> – ekran temeljen na tehnologiji tekućih kristala
LTE	<i>Long Term Evolution</i> – dugoročna evolucija je ime za bežičnu telekomunikacijsku tehnologiju
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> – Tehnološki institut Massachusetts
NFC	<i>Near Field Communication</i> – bežična tehnologija prijenosa podataka na male udaljenosti između dva uređaja
NVAA	<i>Non-Value Adding Activities</i> – aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost, ali su potrebne u operativnom dijelu lanca
NVAT	<i>Non-Value Adding Time</i> – vrijeme koje ne dodaje vrijednost, ali je potrebno u operativnom dijelu
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> – ponavljajući četvero fazni model (planiranje, provođenje, provjera, djelovanje) koji se koristi za postizanje kontinuiranog poboljšanja u upravljanju poslovnim procesima
PQ	<i>Product/Quantity</i> – proizvod/količina

SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> – promjena alata u jednoj minuti; metoda u vitko proizvodnji koja se koristi za brzo, pojednostavljeno i učinkovito postavljanje proizvodnje i prelazak s jednog procesa/proizvoda na drugi
SPC	<i>Statistical Process Control</i> – statistička kontrola procesa
TPC	<i>Total Productive Maintenance</i> – cjelovito učinkovito održavanje
TPS	<i>Toyota Production System</i> – Toyota-in proizvodni sustav
TQC	<i>Total Quality Control</i> – potpuna kontrola kvalitete
TQM	<i>Total Quality Management</i> – potpuno upravljanje kvalitetom
VAA	<i>Value Adding Activities</i> – aktivnosti koje stvaraju i donose vrijednost
VAT	<i>Value Adding Time</i> – vrijeme dodavanja vrijednosti
VMS	<i>Value Stream Mapping</i> – Mapiranje toka vrijednosti
WA	<i>Waste Activities</i> – aktivnosti koje ne donose vrijednost proizvodu ili usluzi
WT	<i>Waste Time</i> – vrijeme čistih gubitaka

SAŽETAK

Tema diplomskog rada je „Primjena digitalnog vitkog menadžmenta u procesu montaže“. Pomoću dostupne i relevantne literature opisana su značenja vitke proizvodnje i njezini alati, digitalizacija i njezine tehnologije te kao ključni dio rada digitalna vitka proizvodnja i njena primjena. Radom su prikazane metode koje se koriste pri vitkom upravljanju kao i tehnologije i metode za digitalnu transformaciju. U praktičnom djelu rada uočava se problematika procesa montaže te se pomoću digitalne vitke proizvodnje poboljšavaju praćeni proizvodni procesi. Na kraju rada predložena je daljnja optimizacija procesa pomoću integriranog sustava koji omogućuje potpunu digitalizaciju poduzeća.

Ključne riječi: *vitko upravljanje, digitalizacija, digitalno vitko upravljanje, Industrija 4.0*

SUMMARY

The subject of the graduate thesis is "Application of the digital lean management in the assembly process". Using the available and relevant literature, the meaning of the lean management and its tools, digitalization and its technologies, and as a key part of the paper, digital lean manufacturing and its application are described. The paper presents methods used in the lean management as well as technologies and methods used for digital transformation. In the practical part of the paper, the problems of the assembly process are noticed, and the monitored production processes are improved using the digital lean manufacturing. At the end of the paper, further process optimization is proposed using an integrated system that allows complete digitalization of the company.

Key words: *lean management, digitalization, digital lean management, Industry 4.0*

1. UVOD

Diplomski rad će svojom tematikom obuhvatiti područja vitkog upravljanja, digitalizacije, vitke digitalizacije te njihove pripadajuće metode i alate za korištenje. U praktičnom dijelu rada pokušati će se napraviti optimizacija procesa montaže u poduzeću *PRO-KLIMA d.o.o.* uz korištenje filozofije digitalne vitke proizvodnje.

Tržišna očekivanja i zahtjevi u današnje vrijeme sve su dinamičniji, zahtijevaju se novi sofisticiraniji proizvodni procesi, novi stilovi upravljanja, i stoga je potrebno konstantno optimizirati i unaprijeđivati odnose s poslovnim partnerima te vršiti edukacije vlastitih zaposlenika. Digitalizacija procesa se nameće kao glavni pokretač u tržišnoj utrci, implementacijom se omogućuje poboljšana kvaliteta procesa i njihovo praćenje.

U prvom dijelu rada dan je uvid u nastanak vitkog načina upravljanja, njegovih principa, alata i gubitaka s kojima se poduzeće susreće. Filozofija vitkog upravljanja i danas je aktualna u poduzećima, a nastala je u Toyota-i. Začetnikom vitkog upravljanja smatra se Taiichi Ohno i *Toyota Production System* koji u korijenu sadrži temelje vitkog upravljanja. U nastavku je prikazana digitalizacija današnjih procesa i tehnologije pomoću kojih se ostvaruje. Digitalizacija postrojenja svojom sinergijom s vitkim upravljanjem na današnjem dinamičnom tržištu predstavlja konkurentnu prednost nad poduzećima koja nisu spremna za digitalnu transformaciju. U praktičnom dijelu rada izvršiti će se analiza stanja prije uvođenja vitkog upravljanja i prikaz izazvanih troškova poslovanja, a potom će se primjeniti digitalno vitkog upravljanje te analizirati novo stanje procesa i troškovi prouzrokovani digitalizacijom i promjenom radnog okruženja. Na temelju analiza stanja prije i nakon uvođenja digitalnog vitkog upravljanja biti će prikazani rezultati na financijskom kontu poduzeća. U završnom dijelu rada biti će predstavljen prijedlog daljnjeg poboljšanja koje će imati uporište u daljnjoj digitalnoj transformaciji i vitkoj proizvodnji.

2. VITKO UPRAVLJANJE

2.1. Uvod u vitko upravljanje

Vitka proizvodnja (eng., *Lean Manufacturing*) je filozofija upravljanja poslovnim procesima koja svoje početke nalazi u Toyota Production System-u (TPS), Japan. Prepoznatljiva je po fokusiranju na smanjenju sedam (kasnije dodan osmi) tipova gubitaka, a zadatak joj je povećati vrijednost što se tiče kupca ili svakog sljedećeg u lancu dodavanja vrijednosti [1]. Pojam vitka proizvodnja je suprotan od načela masovne proizvodnje koja već dugo dominira u zapadnoj industriji označavajući velike proizvodne sustave s ogromnim zalihama, velikim proizvodnim serijama, prekidima i čekanjima u proizvodnom procesu. Japansku filozofiju proizvodnje istraživao je međunarodni program motornih vozila, koji je osnovao „Massachusetts Institute of Technology” kako bi se identificirali trendovi u globalnoj automobilskoj industriji. Kao rezultat njihovog referentnog istraživanja najvećeg proizvođača automobila, definirali su pet načela koncepta vitkog upravljanja, koji zajedno sa sedam (kasnije osam) gubitaka identificiranih u Toyota-i, pružaju okvir za upravljanje proizvodnjom na temelju vitke proizvodnje [2].

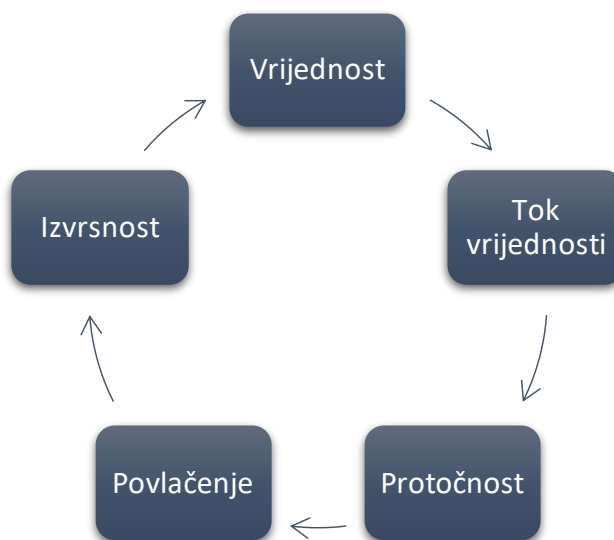
Većina filozofiju vitkog upravljanja koristi kao set alata koji pomažu pri identifikaciji i kontinuiranom otklanjanju gubitaka, a za posljedicu korištenja ima poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenja vremena proizvodnje i sniženje troškova [1].

Taiichi Ohno s već spomenutim Toyota Production System-om, dolazi do identifikacije sedam (osmi tip je dodan kasnije) tipova gubitaka [3]:

1. prekomjerna proizvodnja – stvaranje proizvoda koji čekaju izlaz na tržište, prekomjerna dokumentacija i kopije;
2. čekanje – vrijeme koje materijal provede čekajući za sljedeću operaciju, čekanje na podatke, čekanje radnika, kašnjenje;
3. transport – loše mapiranje kretanje materijala unutar proizvodnje i dizajna postrojenja, predugi putevi između operacija;
4. prekomjerna obrada – lošom komunikacijom se dovodi do ponavljanja operacija, ljudska greška;
5. zalihe – uslijed prekomjerne proizvodnje stvaraju se nepotrebne zalihe, zalihe škarta, višak transporta;

6. nepotrebne kretnje – do nepotrebnih kretnji dolazi zbog loše postavljene stanice za rad, lošeg plana proizvodnje ili ukupno lošeg standarda;
7. defektni proizvodi/škart – dolazi do škarta zbog loše kontrole kvalitete, lošeg održavanja strojeva, nedostatka dokumentacije, niski operativni standardi;
8. vještine zaposlenika – neuključenost zaposlenika u procese poboljšavanja kvalitete rada, nedostatak adekvatnog treninga, nejasne pojedine uloge u kompaniji.

U nastavku slijedi opis pet glavnih načela vitkog upravljanja (proizvodnje), određivanja vrijednosti objekta koji definira kupac, mapiranje toka vrijednosti, protočnost, povlačenje i izvrsnost (Slika 1).



Slika 1. Principi vitkog upravljanja

2.2. Principi vitkog upravljanja

2.2.1. Vrijednost

Vrijednost je prvi od pet principa vitkog upravljanja, odnosno vitke proizvodnje. Obuhvaća vrijednost proizvoda ili usluge, a u današnje vrijeme pojam vrijednosti obuhvaća proizvod i uslugu.

Rečenu vrijednost definira krajnji kupac i to u određenom vremenu. Promišljanje vitke proizvodnje tako mora početi od svjesnog preciznog pokušaja određivanja proizvoda s određenim mogućnostima koje proizvod nudi, te takav proizvod ili uslugu ponuditi po određenim cijenama počevši s dijalogom s kupcem [4].

Kako bismo odredili što je to što određuje vrijednost nekog proizvoda, danas, u trenutku pisanja rada, sve više pažnje i studija unutar kompanija se posvećuje digitalnoj tehnici upravljanja odnosima s kupcima (eng., *Customer Relationship Management*). Tehnika i prikupljene analize ostvarene putem CRM-a, redefiniiraju vrijednost prema kupcima i time pravovremeno mjenjaju fokus.

Nakon određivanja vrijednosti, pitanje je kako odrediti cijenu danog proizvoda, imajući na umu troškove. Polazište je uspoređivanje s drugim proizvodima na tržištu (eng., *benchmark*) i smanjivanje troškova na djelatnostima koje ne generiraju vrijednost, odnosno jesu gubitci. Određivanje tih gubitaka provesti će se kroz idući princip, a to je određivanje toka vrijednosti [4].

2.2.2. Tok vrijednosti

Tok vrijednosti je definiran kao set svih djelatnosti potrebnih kako bi se napravio proizvod koji je protekao kroz tri koraka upravljanja. Prvi korak predstavlja inženjersko rješavanje problema do stavljanja proizvoda na tržište. Drugi korak je zaprimanje narudžbi kroz detaljno postavljeno vrijeme isporuke putem informatičkog menadžmenta, dok treći korak predstavlja fizičko izvršavanje zadataka od sirovog materijala do izrađenog proizvoda, pa sve do kupca [4]. Zadatak određivanje toka vrijednosti je sagledavanje svih gubitaka u lancu vrijednosti i njihovo otklanjanje.

Postoje tri kategorije aktivnosti kod analiziranja cijelog lanca vrijednosti potrebnog za dobivanje željenog proizvoda ili usluge (Slika 2):

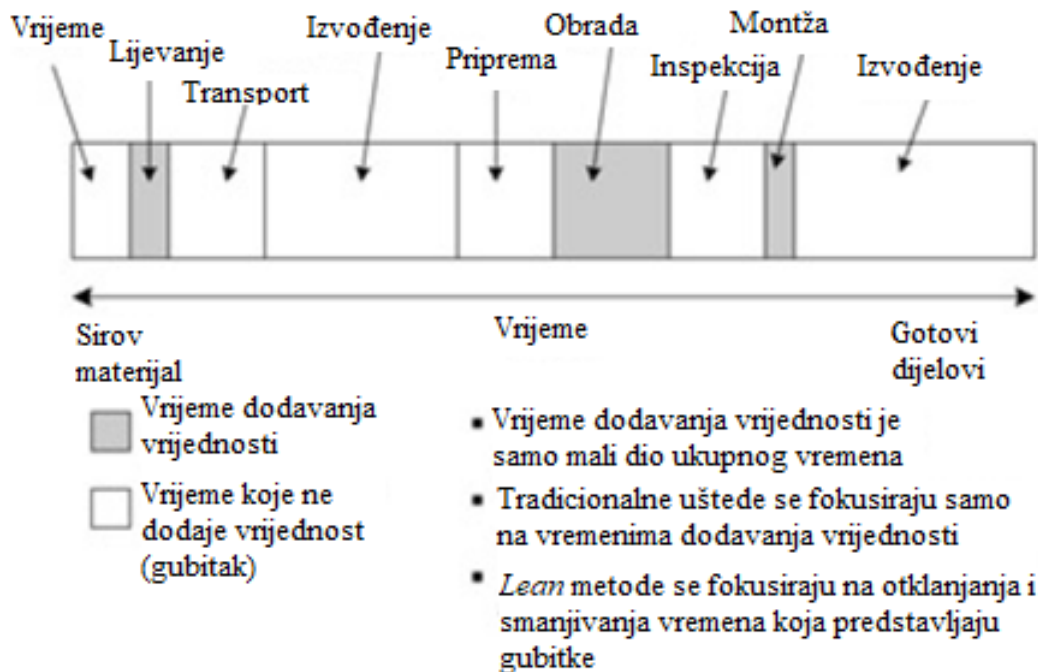
1. aktivnosti koje stvaraju i donose vrijednost (eng., *Value Adding Activities (VAA)*);
2. aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost, ali su potrebne u operativnom dijelu lanca (eng., *Non-Value Adding Activities (NVAA)*);
3. aktivnosti koje apsolutno ne donose vrijednost proizvodu ili usluzi (eng., *Waste Activities (WA)*).

Prvo se otklanja kategorija vrijednosti koje ne donose vrijednost, tj. direktni gubitci – gubitak tipa dva, zatim pokušavaju reducirati aktivnosti druge kategorije tipa jedan [4].

Kao metriku vitkog upravljanja uzima se vrijeme izrade u stvaranju toka vrijednosti, odnosno stvaranju i proizvodnji proizvoda ili usluga. Tako slijedi tri kategorije vremena:

1. vrijeme dodavanja vrijednosti (eng., *Value Adding Time (VAT)*);
2. vrijeme koje ne dodaje vrijednost, ali je potrebno u operativnom dijelu (eng., *Non-Value Adding Time (NVAT)*);
3. vrijeme čistih gubitaka (eng., *Waste Time (WT)*).

Dan je primjer iz literature proizvodnje u Toyota-i (Slika 2).



Slika 2. Gubitci u toku vijednosti [1]

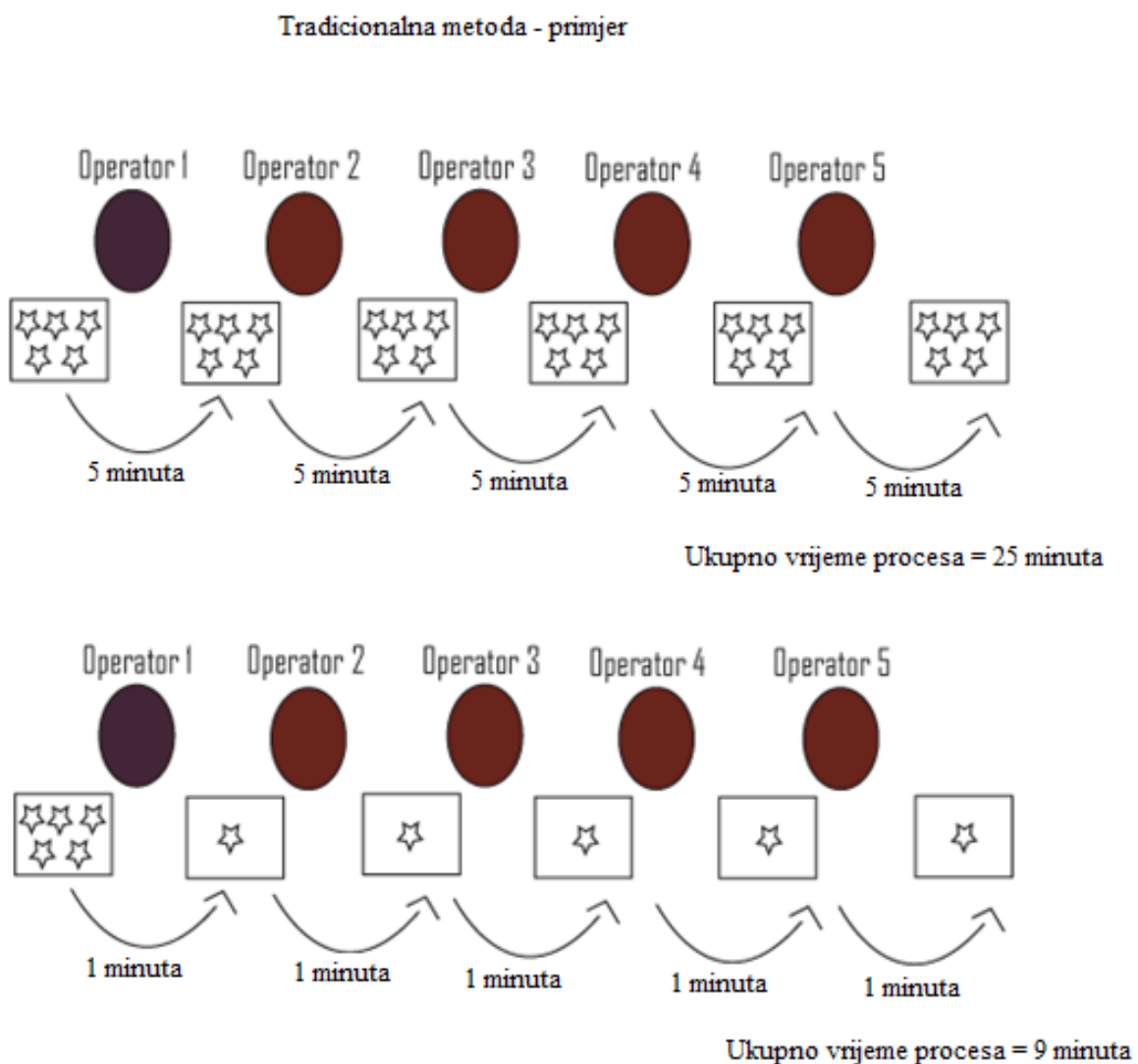
2.2.3. Protočnost

Ovaj princip sa svojom ulogom koja se aktivira kada su prijašnja dva principa ispunjena, odnosno kada se odredi ciljana vrijednost i otklone gubitci u procesima, kada je bitno osigurati da oni koraci koji stvaraju vrijednost, teku. Primjer protočnosti može se naći u davnim tvornicama Henry Forda i njegove montažne kontinuirane linije. Osmišljeno prema Womacku i Jamesu, protočnost treba obaviti kompletno i zajedno u tri koraka [4]:

1. fokusirati se isključivo na vrijednosni objekt i nikad ga ne ispuštati iz vida od početka do kraja svih procesa kroz koji prolazi;
2. ignorirati tradicionalne pristupe i ograničenja poslova, karijera, funkcija i rada, te time otkloniti sve prepreke kontinuiranoj protočnosti;

3. ponovno razmisliti o specifičnim načinima dosadašnjeg rada i korištenih alata kako bi se otklonila povratnost u procesu, smanjio otpad (škart) i otklonila nepotrebna zaustavljanja.

Glavna razlika tradicionalnog načina u protočnosti i načina protočnosti vitke proizvodnje je između skupa proizvoda (eng., *batch*), gdje, npr. svaki operator ima skup proizvoda s kojima radi nasuprot protočnosti vitke proizvodnje gdje svaki operator radi s jednim proizvodom (Slika 3). Na slici je vidljivo poboljšanje prolaznog vremena proizvoda kroz sve stadije procesa sa znatno manjim vremenom potrebnim za njegov prolaz.



Slika 3. Tradicionalna i vitka protočnost – primjer [4]

2.2.4. Povlačenje

Povlačenje (eng., *pull*) najjednostavnije znači da nitko uzvodno u lancu stvaranja vrijednosti ne bi trebao proizvesti proizvod ili uslugu sve dok kupac ne izrazi želju za određenim proizvodom ili uslugom.

Najbolji način za razumijevanje logike i izazova principa povlačenja i razmišljanja je započeti s krajnjim kupcem dajući zahtjev za određenim proizvodom i raditi unatrag kroz sve korake koji su potrebni za isporuku željenog proizvoda kupcu [4].

Potrebno je pravovremeno odreagirati na zahtjeve kupaca i naučiti povući vrijednost proizvoda kroz njen tok. Vitko upravljanje je pristup upravljanju dobiti vrijednost u obliku objekta ili usluge kada je tražen od kupca u usporedbi s tim da objekt ili usluga budu plasirani (eng., *pushed*) na tržište u trenutku kada njihova vrijednost još nije prepoznata.

2.2.5. Izvrsnost

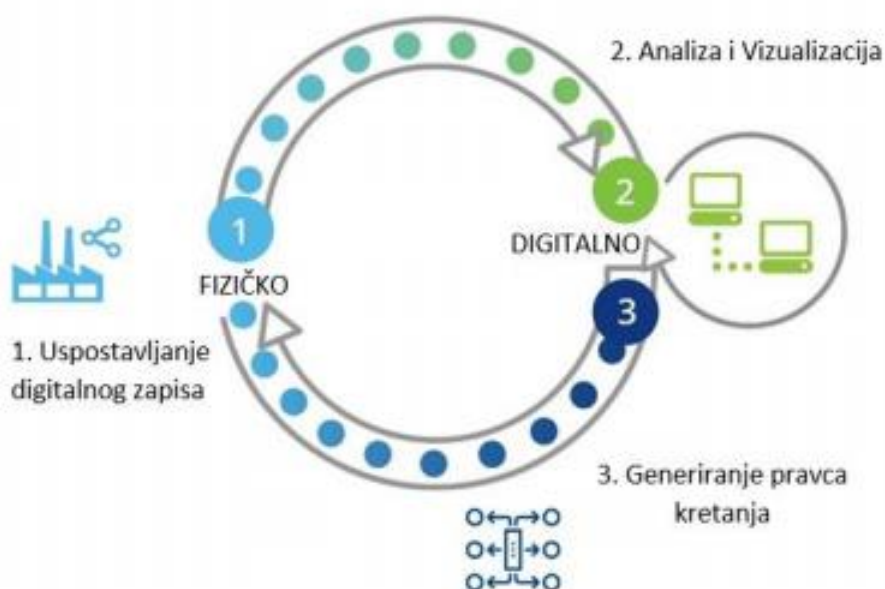
Izvrsnost, kao peti i zadnji princip vitkog upravljanja, predstavlja kontinuirano unaprijeđenje (prema Toyota Production System, jpn., *Kaizen*). Ona obuhvaća prva četiri principa koji u svom krugu poboljšavanja procesa nailaze na nove gubitke. Težnja izvrsnosti dakle, kontinuirano određuje vrijednost za kupca, sagledava tok vrijednosti, osigurava protočnost i povlačenje koje se svakim prolazom i periodom mogu unaprijediti. Prema [4], najbitnija stavka izvrsnosti je transparentnost koja omogućava analizu svih sudionika, zaposlenika, kupaca, pa sveobuhvatno do distributera i nabavljača, a temelju nje jednostavnije načine otkrivanja vrijednosti. Ovaj princip osigurava primarno održivost poslovanja i time kao peti temelj određuje filozofiju vitkog upravljanja.

2.3. Industrija 4.0

2.3.1. Pojam Industrija 4.0

Industrija 4.0 smatra se novom industrijskom revolucijom. Događaju se promijene u funkcioniranju poduzeća, organizacije moraju odlučiti kako i gdje uložiti, odabrati koje su nove tehnologije najbolje za zadovoljavanje potreba proizvodnje. Bez potpunog razumijevanja promjena i mogućnosti koje donosi Industrija 4.0 poduzeća riskiraju da izgube konkurentnost na današnjem dinamičnom tržištu. Za menadžere poslovanja uvođenje tehnologija znači prelazak s tradicionalne komunikacije i zapisivanje podataka na pristup podacima i inteligenciji u stvarnom vremenu. Integracijom digitalnih informacija iz različitih izvora i lokacija omogućeno je da se donose pravovremene odluke i djelovanje u fizičkom svijetu [5].

Koncept Industrije 4.0 uključuje i proširuje digitalnu povezanost u kontekstu fizičkog svijeta u digitalnim poduzećima. To pokreće fizički postupak proizvodnje, distribucije i performansi u neprekidnom ciklusu poznatom kao fizičko-digitalno-fizička petlja (Slika 4). Tehnologije Industrije 4.0 kombiniraju digitalne informacije iz različitih fizičkih, digitalnih izvora i lokacija. Nekoliko najvažnijih tehnologija u Industriji 4.0 su Internet stvari, umjetna inteligencija, robotika, proširena stvarnost, pametne tvornice, 3D printeri [6].



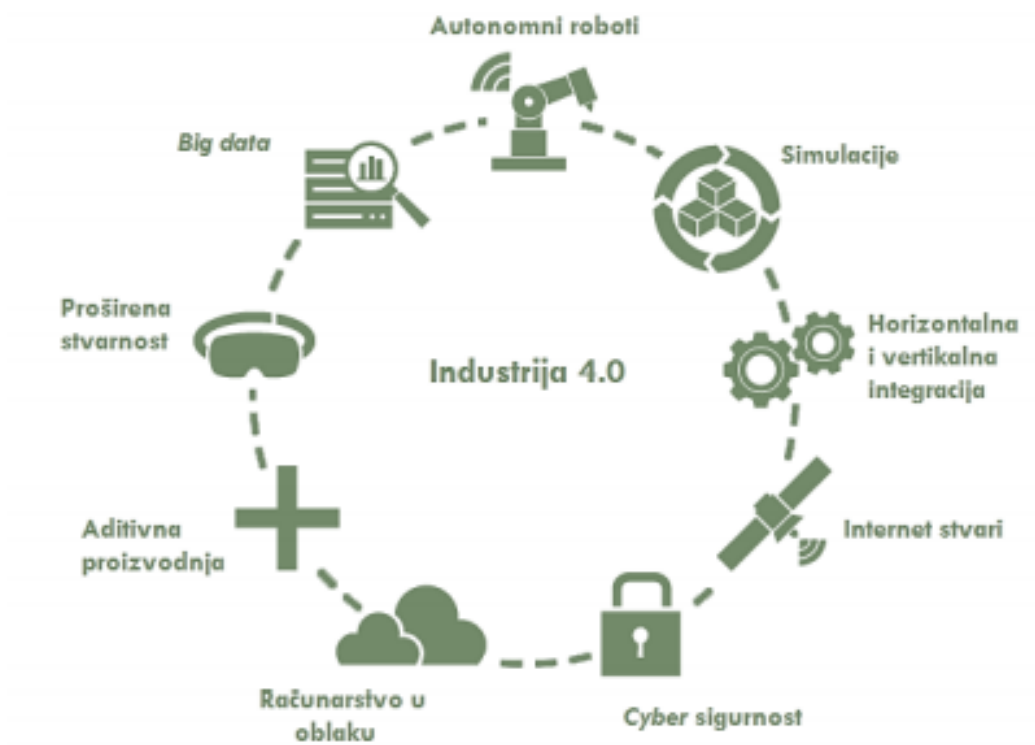
Slika 4. Fizičko-digitalno-fizička petlja [5]

Primjenom tehnologija u tvornicama i opskrbnim mrežama može se primjetiti kako je Industrija 4.0 preoblikovala ne samo proizvode koje proizvodi već i način isporuke, komunikacije i odnose s kupcima i dobavljačima koji se nalaze u lancu proizvodnje. Daljnom upotrebom tehnologija mogu se temeljito promjeniti način na koji se tvrtke povezuju sa svojim klijentima, kroz dublje odnose s kupcima i povećanu učinkovitost [6].

2.3.2. Temelji Industrije 4.0

Tehnološki napredak potaknuo je povećanje industrijske produktivnosti od početka industrijske revolucije. Tvornice pare pokretale su tvornice u devetnaestom stoljeću, električna energija je dovela do masovne proizvodnje u ranom dijelu dvadesetog stoljeća i industrija se počela automatizirati 1970-ih. Međutim u desetljećima koja su uslijedila industrijski tehnološki napredak bio je samo inkrementalni, posebno u usporedbi s probojem koji je transformirao IT, mobilna komunikacija i e-trgovina.

Mnoge tehnologije (Slika 5) koje čine temelj Industrije 4.0 već se koriste u proizvodnji, ali s Industrijom 4.0 transformirat će proizvodnju: izolirano, optimizirane ćelije objedinit će se kao potpuno integrirana, automatizirana i optimizirana proizvodnja protoka, što dovodi do veće učinkovitosti i promjene tradicionalnih proizvodnih odnosa među dobavljačima, proizvođačima i kupcima – kao i između stroja i ljudi [7].



Slika 5. 9 tehnologija Industrije 4.0 [7]

Autonomni roboti se koriste u mnogim industrijama za rješavanje složenih zadataka, ali roboti se razvijaju za još veću korisnost, postaju autonomniji i fleksibilniji. Cilj je da međusobno komuniciraju i sigurno rade zajedno s ljudima i uče od njih. Roboti će koštati manje i imati veći raspon sposobnosti od onih koji se danas koriste u proizvodnji. Primjer autonomnih robota su od europskog proizvođača robotske opreme Kuka koja nudi robote koji međusobno autonomno djeluju (Slika 6). Roboti su međusobno povezani tako da mogu raditi zajedno i automatski prilagoditi svoje radnje kako bi se sljedeći nedovršeni proizvod uklapao u plan rada. Senzori i upravljačke jedinice omogućuju usku suradnju s ljudima [7].



Slika 6. Autonomna robotska ruka proizvođača Kuka [8]

Simulacije se rade u fazi inženjeringa kao trodimenzionalne simulacije proizvoda, materijala i proizvodnih procesa. U budućnosti će se simulacije više koristiti u operacijama postrojenja. U takvom načinu korištenja simulacija će utjecati na podatke u stvarnom vremenu kako bi se zrcalio fizički svijet u virtualnom modelu, koji može uključivati strojeve, proizvode i ljude. To operatorima omogućuje testiranje i optimiziranje postavki stroja za sljedeći proizvod u linije prvo u virtualnom svijetu, a potom u fizičkom svijetu, čime se smanjuju vremena postavljanja stroja i povećava kvaliteta. Primjer je suradnja Siemens i njemačkog dobavljača strojnih alata koji su razvili virtualni stroj koji može simulirati obradu dijelova koristeći podatke iz fizičkog stroja. To snižava vrijednost vremena postavljanja za stvarni postupak obrade i do 80%.

Horizontalna i vertikalna integracija u većini današnjih IT sustava nije u potpunosti integrirana. Poduzeća, dobavljači i kupci rijetko su usko povezani. Niti su odjeli poput inženjerstva, proizvodnje i usluga. Funkcije od poduzeća do razine prodavaonice nisu u potpunosti integrirane. Ali s Industrijom 4.0 poduzeća, odjeli i funkcije postat će više kohezivnije, na način da će koristiti univerzalne mreže za integraciju podataka. Platforma za suradnju europskih i obrambenih industrija, Air Design služi kao zajednička četiri radna prostora za dizajn i proizvodnju suradnje te je dostupna kao usluga u privatnom oblaku. Upravlja složenim zadatkom razmjene podataka o proizvodu i proizvodnji više partnera.

Računarstvo u oblaku koristi se kao softver temeljen na oblaku za neka poduzeća i analitiku aplikaciji. S Industrijom 4.0 trebati će povećanje memorije za zabilježavanje podataka koji se odnose na proizvodnju, dolazi do povećane razmjene podataka putem web lokacija i granica poduzeća. U isto vrijeme karakteristike oblačnih tehnologija će se poboljšati, postizujući rezultate od samo nekoliko milisekundi. Kao rezultat toga, strojni podaci i funkcionalnost će se sve više raspoređivati na oblaku, što omogućava više usluga usmjerenih na podatke za proizvodne sustave. Čak i sustavi koji prate procese upravljanja mogu postati temeljni u oblaku.

Aditivna proizvodnja se tek počela usvajati u proizvodnju, primjeri aditivne proizvodnje su trodimenzionalni tisak koji se koristi uglavnom za prototipiranje i proizvodnju pojedinačnih komponenti. Metode proizvodnje aditiva široko će se koristiti za proizvodnju malih serija po mjeri. Proizvodi koji će nuditi građevinske prednosti, složene i lagane dizajne. Visokokvalitetni, decentralizirani sustavi za proizvodnju aditiva smanjiti će prometne udaljenosti i zalihe na skladištu. Aditivna proizvodnja već se koristi u zrakoplovnoj industriji za proizvodnju novo dizajniranih elemenata koji smanjuju težinu zrakoplova, direktno utjecajući na smanjenje troškova za sirovine poput titana [7].

Industrije i zemlje biti će primorane pokrenuti Industriju 4.0 ukoliko žele biti konkurentne na tržištu i optimizirati troškove proizvodnje i rada. Industrije s visokom razinom varijanti proizvoda, poput automobilske industrije i industrije hrane i pića, dobiti će veći stupanj fleksibilnosti koji povećava produktivnost. Također industrije koje zahtijevaju visoku kvalitetu kao što su proizvođači poluvodiča i farmaceutski proizvodi, imati će koristi poboljšanja usmjerenih na analizu podataka koji smanjuju stope pogreške [7].

2.4. Pametna tvornica

2.4.1. Dizajn Pametne tvornice

Dizajn i razvoj Pametne tvornice zahtijeva definiranje koncepta. Vizija pametnog okruženja opisuje fizički svijet, koji je usko i nevidljivo isprepleten sa sensorima, aktuatorima i računalnim elementima koji su neprimjetno ugrađeni u predmete svakodnevnog života. Oni su međusobno povezani u mrežu. Nakon razvoja digitalnih i virtualnih tvornica sljedeći korak u evoluciji tvornica je fuzija fizičkog i virtualnog svijeta pod takozvanom Pametnom tvornicom [9].

Pametna tvornica je fleksibilan sustav koji može samo-optimizirati karakteristike preko mreže, prilagoditi se i učiti iz novih uvjeta u realnom ili gotovo realnom vremenu te samostalno upravljati cjelokupnim proizvodnim procesima [10].

Mnogi proizvođači već koriste komponente Pametne tvornice u naprednim područjima planiranja i prikazima korištenja podataka o proizvodnji i zalihama u stvarnom vremenu ili u proširenoj stvarnosti za održavanje. Prava Pametna tvornica je više holistički pothvat, krećući se od prodavaonice prema utjecaju poduzeća i na širi ekosustav. Pametna tvornica je sastavni dio šire digitalne mreže i ima višestruke aspekte te se stoga proizvođači mogu učinkovitije prilagođavati promjenljivoj tržištu. Koncept prihvatanja i implementacije Pametne tvornice kao rješenje može se osjećati kao komplicirano čak i nepremostivo rješenje. Međutim, brze promjene tehnologije i trendovi su pomak prema fleksibilnijem, adaptivnom proizvodnom sustavu koji se nameće kao imperativ za proizvođače ukoliko žele ostati konkurentni ili nadmašiti svoju konkurenciju [10].

2.4.2. Glavne značajke Pametne tvornice

Kao što se i mnogi proizvođači suočavaju s brojnim organizacijskim i ekosistemskim promjenama osjeća se sve veći pritisak na njihovo poslovanje, rješenje se nalazi u konceptu Pametne tvornice. Fleksibilni sustav koji može samostalno optimizirati karakteristike koristeći širu mrežu, samoprilagođavajući se, učeći u novim uvjetima u stvarnom vremenu te autonomno pokretati cjelokupni proizvodni sustav zove se Pametna tvornica. Prilagodljiva povezana proizvodnja koristi pet načina koji mogu uspješno riješiti neke od problema. Sposobnost prilagođavanja i učenja iz podataka u sustavu može tvornicu učiniti odgovornijom, proaktivnijom i prediktivnijom, te omogućuje organizaciji da izbjegne zastoje i druge operativne tehnološke izazove s produktivnošću. Kao dio svojih napora za implementaciju pametne tvornice tijekom proizvodnje klima uređaja vodeća elektronička tvrtka koristila je potpuno automatizirani proizvodni sustav, Internet Stvari tehnologiju i integrirani stroj. Prednosti automatizacije ima utjecaj i na niža vremena isporuke za kupce što ima za rezultat i niže ukupne troškove, a proizvodi su kvalitetniji. Proizvodni kapaciteti su poboljšani za 25%, neispravnost proizvoda smanjena je za 50%. Glavne značajke Pametne tvornice su: povezanost, optimizacija, transparentnost, proaktivnost i agilnost. Svaka od ovih značajki može imati veliku ulogu u omogućavanju bolje informiranosti i poboljšanju procesa proizvodnje [10].

Povezanost je najvažnija značajka Pametne tvornice, njena povezana priroda je jedan od presudnih izvora vrijednosti poduzeća. Tvornice zahtijevaju povezivost temeljnih procesa i materijala koje treba obraditi, generiranjem podataka u realnom vremenu potrebno je za pravovremeno donošenje odluka. U postojećim Pametnim tvornicama ugrađeni su pametni senzori kako bi se neprekidno u sustav povlačili skupovi podataka iz novih i tradicionalnih izvora, osiguravajući da se podaci stalno ažuriraju i odražavaju trenutne uvjete. Integriranje podataka iz operacija i poslovnih sustava te dobavljača, kupaca omogućuje holistički prikaz opskrbnog i procesnog lanca, što ima za rezultat veću učinkovitost mreže.

Optimizacija omogućuje da se operacije izvode uz minimalnu ručnu intervenciju i osigurava visoku pouzdanost procesa. Automatizirani tijekovi rada, sinkronizacija imovine, poboljšano praćenje i optimizirana potrošnja energije u Pametnoj tvornici mogu povećati prinos, kvalitetu rada kao i smanjenje troškova otpada.

Transparentnost snimljenih podataka u Pametnoj tvornici su neophodni, radi vizualizacije podataka u stvarnom vremenu koji će olakšati menadžmentu pri donošenju ispravnih odluka za danji razvoj proizvodnih i poslovnih procesa.

Proaktivnost sustava omogućuje da zaposlenici interaktivno sa sustavima mogu predviđati i djelovati prije nego što se pojave pitanja ili izazovi. Značajka proaktivnosti može uključivati identifikaciju anomalija, ponovno punjenje i nadopunjavanje inventara, prediktivno rješavanje pitanja kvalitete, nadzor nad pitanjima sigurnosti i održavanja. Sposobnost tvornice da predvidi buduće rezultate na temelju povijesnih podataka i podataka u stvarnom vremenu mogu poboljšati iskorištenje, rad i kvalitetu te sprječavanje potencijalnih problema.

Agilnost omogućava da si Pametna tvornica prilagodi raspored i promjene proizvoda uz minimalnu intervenciju. Napredne Pametne tvornice mogu samostalno konfigurirati opremu i materijalne tokove na proizvodu koji se proizvodi. Uz to agilnost može povećati tvornički rad i produktivnost minimizirajući promjene zbog zakazivanja ili promjene proizvoda, također povećava se fleksibilnost pri naručivanju proizvoda [10].

Glavne značajke omogućuju proizvođačima veću vidljivost kroz njihovu imovinu i sustave te im dopuštaju kvalitetnije snalaženje u novim izazovima s kojima se sve više suočavaju tradicionalne tvorničke strukture. Što u konačnici vodi do povećanja produktivnosti i poboljšane reakcije u odnosima dobavljača i kupca [10].

2.5. Procesni pristup

2.5.1. Poslovni procesi

Za učinkovitost proizvodnog poduzeća potrebno je utvrditi brojne međusobno povezane radnje i da se njima upravlja. Proces je radnja koja koristi sredstva i kojom se upravlja radi preoblikovanja ulaznih veličina u izlazne veličine. Pritom je uobičajeno da izlaz iz jednog procesa znači izravan ulaz u sljedeći proces. Procesni pristup sastoji se od povezivanja i koordinacije različitih dijelova poduzeća u međuzavisnu cjelinu, pri čemu se uzima u obzir uloga svake pojedine aktivnosti i njezin utjecaj na poduzeće u cjelini. Time se omogućava usklađivanje organizacijskih sustava prema poslovnim procesima, koji postaju vidljivi, a organizacija učinkovita [11].

Načelo procesnog pristupa je načelo suvremenog menadžmenta poslovnih sustava. U svakoj organizaciji postoji mreža procesa, koja može biti vrlo složena. Svaki proces ima ulazne elemente i uključuje osobe ili druge resurse. Da bi se rasčistili međudnosi, odgovornosti i ovlaštenja, procesi trebaju imati odgovorne osobe za procese. Jednom kada se definiraju ulazi, mogu se odrediti neophodne radnje i resursi potrebni za proces, u svrhu postizanja željenog rezultata. Procese treba dokumentirati u mjeri da se osigura i podrži učinkovit i djelotvoran rad [12].

2.5.2. Cilj procesnog pristupa

Procesni pristup je osmišljen u svrhu stvaranja horizontalnih odnosa u organizacijama. Jedinice i osoblje koji su uključeni u isti postupak mogu ih koordinirati. Oni mogu riješiti probleme bez najvišeg menadžmenta, također procesni pristup omogućuje brži utjecaj na rezultat. Upravljanje procesima za razliku od funkcionalnog pristupa omogućuje da se ne fokusira na rad od svake jedinice, već na rezultate cijele organizacije, čime se mijenja koncept strukture organizacije. Proces postaje glavni ustroj organizacije. U skladu s jednim od principa pristupnog procesa organizacija se ne sastoji od jedinica već od procesa [13].

2.5.3. Principi

Postoji nekoliko načela procesnog pristupa proizvodnji. Primjena ovih načela može značajno poboljšati radnu učinkovitost. Međutim, procesni pristup zahtijeva visoku korporativnu

strukturu. Prijelaz s funkcionalnog na upravljanje procesima zahtijeva timski rad zaposlenika.

Učinkovitost načela ovisiti će o sposobnosti organizacije da postigne timski rad na zaposlenike.

Pri provođenju procesa važno je sljediti sljedeća načela [13]:

- procesni odnos – organizacija je mreža procesa. Svaka aktivnost u kojoj se odvija je proces. Svi su procesi organizacije međusobno povezani;
- potražnja za procesima – svaki proces treba imati cilj, a za njegovim rezultatima treba tražiti. Rezultati procesa moraju imati vlastitog unutarnjeg ili vanjskog potrošača;
- proces dokumentiranja – aktivnosti procesa moraju se dokumentirati. Omogućuje standardizaciju postupaka, te se dobiva osnova za promjene i daljnje poboljšanje procesa;
- kontrola procesa – svaki postupak ima početak i kraj koji definira opseg procesa. Unutar okvira svakog postupka treba utvrditi pokazatelje koji karakteriziraju proces i njegove rezultate;
- odgovornost za postupak – u postupak mogu biti uključeni različiti stručnjaci i zaposlenici, ali jedna osoba treba biti odgovorna za proces i njegove rezultate.

2.5.4. Ključni elementi

Procesni pristup uključuje brojne ključne elemente. Ne može se implementirati u organizaciju bez sljedećih elemenata [13]:

- ulaz;
- izlaz;
- resursi;
- vlasnik procesa;
- obrada kupaca i dobavljača;
- pokazatelji procesa.

Elementi koji se mijenjaju tijekom izvođenja radnji ulaz su procesa. Ulazni procesi mogu biti materijali, oprema, dokumentacija, razne informacije, osoblje, financije itd.

Očekivani rezultati, rezultati su procesa. Izlaz može biti materijalni proizvod, razne usluge ili informacije.

Resursi su elementi potrebni za proces, ne mijenjaju se u procesu. Procesni pristup određuje raspodjelu, dokumentaciju, financije, osoblje, infrastrukturu, okruženje itd.

Vlasnik procesa je koncept uveden kao jedan od najvažnijih. Svaki postupak mora imati svog vlasnika. To je osoba koja posjeduje potrebne resurse i odgovorna je za konačni rezultat procesa.

Svaki postupak mora imati dobavljače i kupce. Dobavljači daju ulaze u postupak. Kupci su zainteresirani za rezultate. Proces mogu imati vanjske i unutarnje dobavljače i kupce. Ako u procesu nema kupaca, postupak neće biti potreban.

Pokazatelji su potrebni za dobivanje informacija o procesu i donošenje odgovarajućih odluka menadžmenta. To su set kvantitativnih i kvalitativnih parametara koji karakteriziraju proces i njegov rezultat [13].

2.5.5. Prednosti

Brojne su prednosti procesnog pristupa u odnosu na funkcionalni pristup. Te su prednosti pojavljuju zbog horizontalne komunikacije između organizacijskih jedinica. Glavne prednosti procesnog pristupa su [13]:

- koordinacija aktivnosti između organizacijskih jedinica unutar okvira procesa;
- orijentacija rezultata na proces;
- poboljšanje učinkovitosti i efikasnosti organizacije;
- jasnoća aktivnosti za postizanje rezultata;
- poboljšanje predvidljivosti rezultata;
- utvrđivanje mogućnosti za poboljšanje procesa;
- uklanjanje prepreka između organizacijskih jedinica;
- smanjenje nepotrebnih vertikalnih odnosa;
- izostavljanje neiskorištenih procesa;
- smanjenje gubitka vremena i materijala.

3. ALATI VITKOG UPRAVLJANJA

3.1. Pristupi i sredstva u primjeni vitkog upravljanja

Kako filozofija vitkog upravljanja potiče svakodnevna poboljšanja i promjene, tako se i broj alata kojima se provodi vitka proizvodnja svakodnevno povećava. Upravo je to razlog osmišljavanja velikog broja alata pomoću kojih se može usavršiti proces pa tako i sami proizvodi, a smanjuju se ili u potpunosti uklanjaju gubici. Svaki novi pristup koji pridonosi nova poboljšavanja zapravo je novi alat.

Budući da su promjene teške, samom tehničkom upotrebom alata vitkog upravljanja neće se stvoriti traženo prihvaćanje za održavanje promjene. Pri implementaciji vitkog upravljanja najviše napora se ulaže u proces prihvaćanja, a kako bi se postigla održivost promjena potrebna je i tehnička podrška i podrška od strane korisnika [14].

Prema Plenertu alati vitkog upravljanja koje poduzeća mogu primjenjivati da bi eliminirali otpad i poboljšala poslovni proces su sljedeći [14]:

1. Value Stream Mapping – mapiranje toka vrijednosti, mapiraju se sve aktivnosti kako bi se eliminirale one koje ne dodaju vrijednost;
2. Systems Flow Chart – dijagram toka sustava,
3. Spaghetti Chart – špageti dijagram, vizualno prikazivanje toka aktivnosti kroz proces;
4. Future State Value Stream Map – buduće stanje mape toka vrijednosti;
5. TAKT Time – mjerenje vremena, računa vrijeme potrebno za svaku aktivnost, zadatak, najčešće se koristi u proizvodnji;
6. Lean Action Item List or Lean Newspaper;
7. Lean Events;
8. 5S – kroz 5 koraka se postiže povećanje produktivnosti, sigurnosti, kvalitete i pouzdanosti strojeva;
9. Cell Design;
10. JIT (Just-in-Time) – točno na vrijeme;
11. Poka-Yoke – spriječavanje slučajnih grešaka;
12. PQ Analysis (Product/Quantity) – analiza proizvod/količina;

13. Six Sigma – fokusirana je na poboljšanje procesa primjenom DMAIC ili DMADV;
14. SPC (Statistical Process Control) – statistička kontrola procesa;
15. TPM (Total Productive Maintenance) – cjelovito učinkovito održavanje, stalno poboljšanje uspješnosti pogona i strojeva;
16. Visual Workplace – vizualni uređaji se postavljaju na mjesto upotrebe, tako da su zaposlenicima dostupne ključne informacije, poboljšava produktivnost, isporuku na vrijeme;
17. 7 Wastes;
18. Kaizen – koncept kontinuiranog poboljšanja;
19. Design for Manufacturing;
20. SMED (Single Minute Exchange of Die) – promjena alata u jednoj minuti;
21. TQM (Total Quality Management) – potpuno upravljanje kvalitetom, pristup koji je dugoročno orijentiran poboljšanju kvalitete kako bi se zadovoljile potrebe potrošača;
22. TQC (Total Quality Control) – potpuna kontrola kvalitete;
23. Business Process Improvement (BPI) – poboljšanje poslovnog procesa;
24. Kanban – kartica, sustav pomoću kojeg se smanjuju zalihe u proizvodnji i zadržavaju na najnižem nivou;
25. Jidoka – služi za označavanje, vizualizaciju problema;
26. Standard Work – standardni rad;
27. Brainstorming – metoda za pronalaženje ideja, rješenja.

Ključna stvar je da zaposlenici imaju potrebna znanja, da zaposlenici prihvate primjenu vitkog upravljanja. Ispunjenjem preduvjeta i primjenom nekih od alata vitkog upravljanja organizacija ima potencijala optimizirati svoje poslovanje. Primjenom alata vitkog upravljanja i prihvaćanjem organizacije postižu se najbolji rezultati, eliminiraju se nepotrebni procesi i koraci, koji štede vrijeme, resurse, novac, što u konačnici dovodi poduzeće do bolje pozicije na tržištu, veće konkurentnosti, te i profitabilnosti. U nastavku su objašnjeni neki od alata vitkog upravljanja, kako se primjenjuju, njihove važne značajke, prednosti koje se ostvaruju primjenom.

3.2. Mapiranje toka vrijednosti – VSM

VSM (eng., *Value Stream Mapping*) je alat koji služi za analizu protoka informacija potrebnih za isporuku proizvoda kupcu. Prednost upotrebe ove metode omogućuje zaposleniku da ima uvid u tokove procesa i protok komunikacije u toku procesa ili protoka vrijednosti. S obzirom na sposobnost prikupljanja, analiziranja i predstavljanja podataka u malom vremenskom razdoblju, metoda mapiranja stekla je popularnost u stalnom poboljšavanju. Zadatak VSM alata je identificirati mogućnosti za poboljšanje u budućem vremenskom razdoblju. Budući da je VSM analitička metoda, a temelji se na razini dostupnih podataka, može se koristiti pri obradi procesa, proizvodnih linija ili cijeloj tvornici [15].

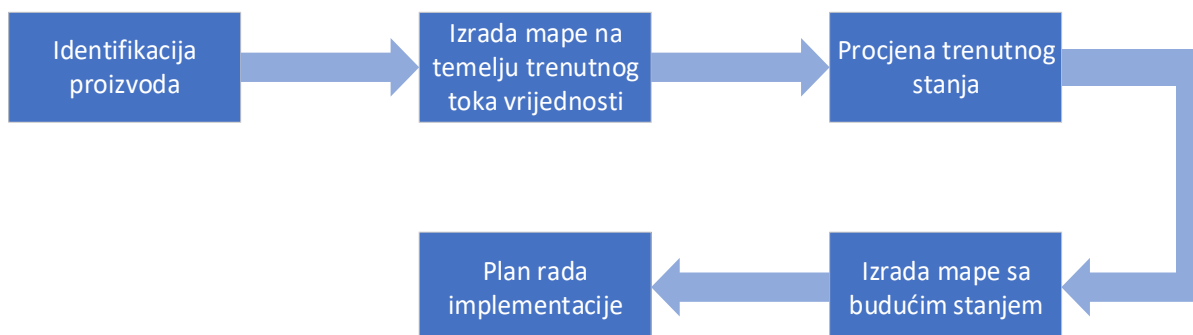
Svrha korištenja VSM alata je vizualizacija tokova materijala i informacija koji se javljaju kada proizvod prolazi tokom vrijednosti. Prati se putanja proizvodnje proizvoda od kupca do dobavljača i pažljivo crta vizualni prikaz svakog procesa u toku materijala i informacija. Zatim je potrebno postaviti ključna pitanja te pomoću njih nacrtati novu mapu stanja koja prikazuje kako bi izgledali novi tokovi materijala i informacija.

Pri korištenju metode potrebne su pripreme za prikupljanje više informacija vezanih za stanje u poduzeću. Polazna točka procesa poboljšanja biti će poznavanje trenutne situacije i mjesta koja se moraju poboljšati. Za crtanje mape toka vrijednosti vrlo je važno koristiti promatračke vještine i dokumentirati kako poduzeće izgleda i ne zanemariti ili sakriti stvarno stanje. Na temelju principa vitke proizvodnje izrađuje se protok vrijednosti. Vrijednosti su navedene u nastavku [15]:

- određivanje vrijednosti iz perspektive kupca;
- prepoznati tok vrijednosti;
- eliminirati otpad;
- osigurati da rad može proticati;
- rad treba poticati;
- težiti do razine savršenstva.

Izrada mape toka vrijednosti sastoji se od 5 osnovnih koraka (Slika 7), identifikacija proizvoda, izrada mape na temelju trenutnog toka vrijednosti, procjena trenutnog stanja, izrada mape s budućim stanjem, plan rada i implementacije. Aktivnosti izrade sadašnje mape i buduće mape

su izmješane, rade se iteracije poboljšavanja kako bi se postiglo optimalno rješenje. Zadnji korak je izrada plana na koji način će se sve što je predloženo u budućoj mapi u stvarnosti primijeniti na proces.



Slika 7. Koraci pri izradi VSM [15]

Mapiranje toka vrijednosti je jedan od važnijih alata u vitkoj proizvodnji te omogućuje poduzećima da se kontinuirano poboljšavaju prema filozofiji vitkog upravljanja. Učinkovitost je veća kada tim prolazi kroz proizvodni proces, komunicira s radnicima i promatra kako je proizvod pretvoren iz sirovine u gotov proizvod. Mapa toka mora biti napravljena na način da ju operatori, uprava, dobavljači i kupac lako razumiju, što pomaže u prepoznavanju stvarnih problema iz trenutnog tijeka procesa i stvaranju vizije kako bi proces treba izgledati pri optimizaciji. Za postizanje optimizacije, uz VSM se koriste i druge metode kao što su 5S, Kaizen, zajedničkom upotrebom ostvaruje se produktivno održavanje i smanjuje vrijeme od pripreme plana optimizacije do njenog ostvarivanja [15].

3.3. 5S alat vitkog upravljanja

Za uvođenje vitkog upravljanja u poduzeće vrlo važan je alat 5S. Njegovom primjenom u poduzeću se povećava sigurnost, povećava se produktivnost, kao i kvaliteta proizvoda. Proviđa se primjenom pet koraka koji su jednostavni za primjenu. Prilikom provođenja 5S potrebno je napraviti plan, što se mora unaprijediti, odrediti kriterij, te bilježiti rezultate, da bi se mogla mjeriti uspješnost, te da bi se znalo u idućem procesu na što je potrebno obratiti pažnju. Ne provodi se samo jednom, nego je potrebno kontinuirano provođenje i mjerenje rezultata.

Kraticom 5S (Slika 8), koja predstavlja početna slova pet japanskih riječi, opisuju se koraci u organizaciji radnog mjesta [16]:

- Seiri (engl., *sort*) – sortirati;

- Seiton (engl., *straighten*) – staviti u red;
- Seiso (engl., *scrub*) – očistiti;
- Seiketsu (engl., *standardize*) – standardizirati;
- Shisuke (engl., *sustain*) – održati.



Slika 8. Koraci u alatu vitkog upravljanja 5S [17]

Redom će biti objašnjeni koraci u alatu vitkog upravljanja 5S [16]:

1. Sortirati - znači razlikovati potrebne od nepotrebnih stvari te se rješavati onoga što nije potrebno. Načini primjene su sljedeći:
 - ukloniti predmete koji se više ne upotrebljavaju – materijale kojima je istekao rok trajanja, oštećenu opremu, suvišnu opremu, mjerenja koja se više ne koriste i sl.;
 - zamoliti radnike da označe sve predmete koji se više ne upotrebljavaju – ova mjera poboljšava razumijevanje potrebe i upotrebe;
 - razvrstati svu opremu i materijale prema učestalosti upotrebe kako bi se lakše odlučilo treba li nešto ukloniti – postaviti crvenu oznaku na stavkama koje treba ukloniti;
 - uspostaviti „područje skladištenja“ za stavke koje je teško klasificirati – držati stavku određeno vrijeme na tom području kako bi se omogućio pregled i drugim radnicima koji nisu u 5S timu.

2. Staviti u red - predstavlja praksu urednog skladištenja tako da se pravi predmet može odabrati u pravom trenutku (bez otpadaka) i u pravo vrijeme. Načini primjene su sljedeći:
 - identificirati i dodijeliti mjesto za sve materijale potrebne za rad;
 - dodijeliti fiksna mjesta i fiksnu količinu;
 - teške predmete postaviti na visinu s koje ih je lako dohvatiti;
 - odlučiti kako stvari treba odložiti i pridržavati se tih pravila.
3. Očistiti - znači stvoriti čisto radno mjesto bez otpadaka, prljavštine i prašine, kako bi se potencijalni problemi lakše uočili (npr. curenje, prosipanje, prekomjerna šteta, oštećenja itd.). Načini primjene su sljedeći:
 - identificirati izvor prljavštine te prilagoditi proces da se ona ukloni;
 - u svakom trenutku koristiti samo jednu radnu akciju na radnome mjestu;
 - držati alat i opremu čistom i u najboljem mogućem stanju, tako da je spremna na korištenje u bilo kojem trenutku;
 - čišćenje treba biti dnevna aktivnost, najmanje 5 minuta u danu;
 - koristiti liste s potpisom ili inicijalima koji pokazuju kada je radni prostor pregledan i koji ga je radnik pregledao;
 - uspostaviti dobro osvjetljenje jer se u protivnom prašina i nečistoće teško uočavaju.
4. Standardizirati - znači uspostaviti standarde za uredno i čisto radno mjesto. Načini primjene su sljedeći:
 - istaknuti nepravilnosti vidljive menadžmentu;
 - držati različita područja u skladu jedno s drugim;
 - standardizirati s obzirom da standardizacija osigurava lakše preseljenje radnika s jednog radnog mjesta na drugo;
 - kreirati pravila kako održavati standard radnog mjesta s jasno definiranim ulogama i odgovornostima;
 - olakšati svima prepoznavanje normalnog i nenormalnog stanja, odnosno postaviti fotografije na zid kako bi se omogućio vizualni podsjetnik.
5. Održati - predstavlja uspostavu ponašanja i navika za dugoročno održavanje postavljenih standarda, odnosno poimanje organizacije radnih mjesta ključem uspjeha poslovnog procesa. Ovo je ujedno i najteža faza svih procesa. Načini primjene su sljedeći:

- uspostavljanje i održavanje odgovornosti, što zahtijeva predanost menadžmenta;
- svi zaposlenici u organizaciji moraju se pridržavati pravila i to im mora postati navika;
- sudjelovanje svih zaposlenika u stvaranju dobrih navika;
- redovite revizije i pregledi;
- utvrđivanje izvora uzroka svih problema;
- Cilj je kontinuirano poboljšanje.

Primjenom metode 5S postiže se puno akcija za optimalniji rad poduzeća, povećava se sigurnost poduzeća, olakšava se pronalaženje materijala, alata, opreme, smanjuje se mogućnost grešaka, povećava se učinkovitost i još mnogo toga. Potrebno je poticati zaposlenike za unaprijeđenje trenutnog stanja, jer bez prihvatanja zaposlenih i njihovog truda neće se postići željeni cilj. Ovaj proces je potrebno redovito provoditi kako se poduzeće ne bi vratilo na stari način poslovanja, te kako bi se došlo do željenog cilja.

3.4. Kaizen

Kaizen, u prijevodu „Promjena na bolje“, označava japansku poslovnu filozofiju života i rada: potraga za neprestanim poboljšavanjem i unapređivanjem raznih procesa u poduzeću. Prisutna je u najvećem broju japanskih poduzeća i može bitno pridonjeti uspješnosti i konkurentnosti poduzeća. Pojam Kaizen je kreirao već spomenuti Taiichi Ohno. Kaizen dakle označava težnju stalnog poboljšavanja i pri tome se ne misli na radikalnu promjenu procesa proizvodnje. Cilj Kaizen filozofije je smanjenje gubitaka unutar poduzeća, tj. eliminacija momenata koji uključuju troškove, a da se na taj način ne generiraju novi troškovi. Takav način razmišljanja se ne odnosi samo na radno mjesto u poduzeću već obuhvaća i dobavljače i zdravlje pojedinih radnika, a može se primjeniti i općenito na cjelokupan način razmišljanja jedne osobe koja teži za konstantnim poboljšanjem kvalitete svoga života [18].

Kaizen filozofija razmišljanja, djelovanja, vodi zaposlenike i prema osjećaju zajedništva u radnom sustavu. Karakteristike Kaizen metodologije su [19]:

- poboljšanja zasnovana na mnogim malim promjenama;
- ideje dolaze od samih radnika;
- mala poboljšanja ne zahtijevaju velike investicije;

- poboljšanja proizlaze iz sposobnosti postojeće radne snage;
- svi zaposlenici traže način da poboljšaju svoje sposobnosti;
- neprestano isticanje procesa.

Ciljevi Kaizena uključuju: eliminaciju otpada, „just in time“ isporuku, standardiziranje radnih procedura, optimizaciju razina proizvodnje. Kaizen se može definirati i kao „rastavljanje na sastavne dijelove i ponovno sastavljanje“. To bi značilo da se neki proces mora promatrati kako bi se mogao rastaviti na aktivnosti te onda zasebno unaprjeđenje svake aktivnosti kako bi se proces sastavio i bio jednostavniji i lakši za zaposlenike. Ukoliko se žele postići uspješni rezultati onda Kaizen mora biti adekvatno pripremljen, efikasno vođen i implementiran. Razlikujemo 3 cjeline Kaizen događaja, a to su [20]:

- vrijeme za pripremu – 40%;
- vrijeme za pronalaženje rješenja – 40%;
- vrijeme za implementaciju – 20%.

U Kaizen metodologiji, osnovu za uspješno unaprjeđenje kvalitete predstavlja Demingov krug koji se sastoji od sljedećih faza: Plan, Do, Check, Act (PDCA). PDCA krug (Slika 9) predstavlja neprekidni cklus koji se stalno ponavlja i samim time poboljšanja postaju dio svakodnevnog života. Organizacija na taj način bolje upoznaje vlastito funkcioniranje, samim time i zahtjeve kupca [19].



Slika 9. PDCA ciklus [21]

Planiranje (eng., *Plan*) – Potrebno je definirati problem, odrediti uzroke problem i razraditi plan aktivnosti za njegovo rješavanje, odrediti ciljeve kvalitete i kritične faktore uspjeha, analizirati potrebne podatke, generirati moguća rješenja, izvršiti izbor odgovarajućeg rješenja i razraditi plan implementacije.

Provođenje (eng., *Do*) – provodi se provjera predloženih unapređenja i prikupljaju se dobiveni rezultati. Svi zaposleni prolaze obuku koja se odnosi na primjenu metoda i tehnika u unapređenju kvalitete. Odrediti osnovne pokazatelje uspješnosti u procesu unapređenja kvalitete i formirati projektni tim koji će upravljati procesom.

Provjera (eng., *Check*) – Izvršava se pilot projekt i prikupljaju se podaci o vrijednostima pokazatelja uspješnosti. Analiziraju se prikupljeni podaci i izvode zaključci.

Djelovanje (eng., *Act*) – pristupa se implementaciji poboljšanja. Postoje dvije mogućnosti: prihvatiti ili odbiti predloženo rješenje. Procedure rada prihvaćenog rješenja se standardiziraju i zaposlenici moraju točno znati na koji način će ih primjenjivati u budućem radu. Ciklus je potrebno ponoviti određeni broj puta pod različitim uvjetima u cilju utvrđivanja točnosti dobivenih rezultata [19].

Važno je napomenuti kako je kod Kaizen metode bitno educirati zaposlenike o statičkim i kvalitativnim metodama koje će se primjenjivati u daljnjem poslovanju i rješavanju problema. Ponekad je potrebno, zbog nedostatka znanja zaposlenih u poduzeću, angažirati stručnjake izvan poduzeća. Kaizen zahtijeva angažiranje svih zaposlenika u organizaciji (od generalnih direktora pa sve do čistačica), a uloge određenih pojedinaca se razlikuju.

4. DIGITALIZACIJA

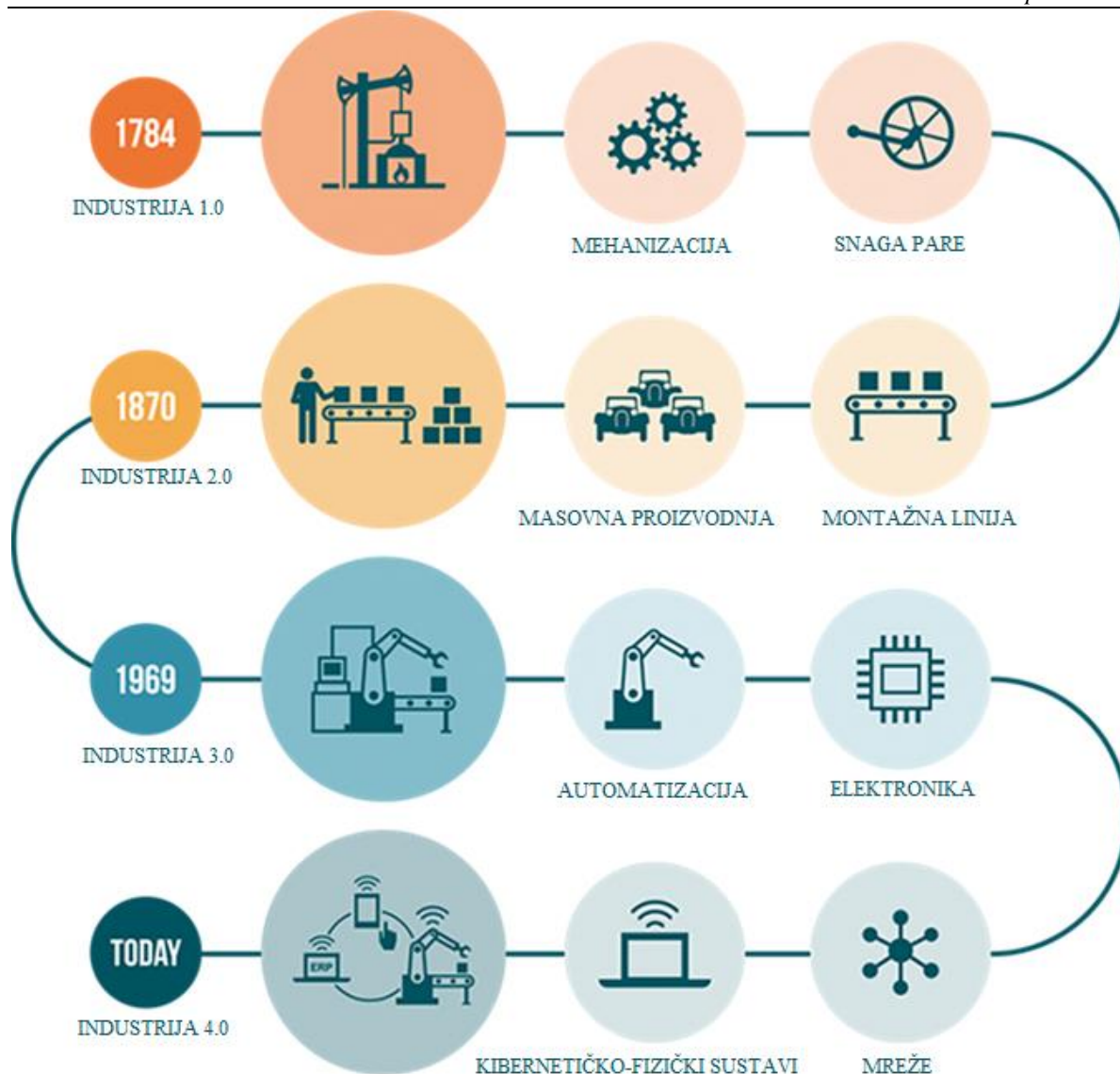
4.1. Proces digitalizacije

Digitalizacija je poslovni proces koji koristi nove trenutno disruptivne tehnologije kako bi se promijenio model poslovanja kompanije. Iza pojma digitalizacije stoji i pojam digitalna transformacija. Ovi pojmovi su nastali nakon inicijalnog pojma Industrija 4.0. Naziv Industrija 4.0 predstavlja sinonim za četvrtu industrijsku revoluciju koja se temelji na kibernetičko – fizičkom proizvodnom sustavu tj. na modelu pametne tvornice. Termin *Industrie 4.0* predstavljen je 2011. godine kao dio nove njemačke industrijske strategije na sajmu *Hannover Messe* [22].

Industrija 4.0 predstavlja strateški pristup povezivanja sustava baziranih na internet tehnologiji s ciljem uspostave komunikacije između strojeva, ljudi, proizvoda i poslovnih sustava.

Povijesno, prvu industrijsku revoluciju karakterizira pojava mehanizacije, odnosno uvođenje strojeva u proizvodnju. Druga industrijska revolucija nastupila je pojavom podjele rada, pokretnih traka. To je bilo vrijeme masovne proizvodnje, a glavni principi su se temeljili na taylorizmu i centraliziranom upravljanju. S vremenom se proizvodnja odmicala od masovne prema pojedinačnoj, pojavom mikroprocesora dolazi do automatizacije proizvodnog procesa. Pojam vitke proizvodnje javlja se već 70-tih godina.

Danas smo svjedoci 4. industrijske revolucije koju karakterizira samostalno upravljanje, koncept pametne tvornice te kibernetičko – fizički informacijski sustav. Novost koju donosi Industrija 4.0 je integracija interneta stvari i interneta usluga u proizvodni okoliš (Slika 10).



Slika 10. Razvoj industrije [23]

U nastavku poglavlja biti će prikazane tehnologije koje su pokretači digitalne transformacije i njihove potencijalne primjene.

Prema Klausu Schwabu, četvrta industrijska revolucija nije samo pojam za povezivanje strojeva, sustava i ljudi, već i šire, sve do sekvenciranja gena i nanotehnologije [24].

4.2. Tehnologije digitalizacije

4.2.1. Internet stvari (IoT)

Internet stvari (eng., *Internet of things*) označava povezivanje uređaja putem interneta. Predstavlja mrežnu infrastrukturu u kojoj fizičke i virtualne stvari svih vrsta komuniciraju i

nevidljivo su integrirane. Spajanje uređaja može biti bežično i omogućava nove mogućnosti za međusobnu interakciju, ne samo između različitih sustava nego i donosi nove mogućnosti njihove kontrole, praćenje i pružanje naprednih usluga [25].

Internet stvari opisuje sustav u kojem su stavke u fizičkom svijetu i senzori spojeni na internet putem bežičnih i žičanih internetskih veza. Ti senzori mogu koristiti različite vrste lokalnih priključaka kao što su NFC, Wi-Fi, Bluetooth. Senzori mogu imati i povezivost širokog područja kao što su GSM, GPRS, 4G i LTE. Internet stvari omogućuje razne pogodnosti kao što su [267]:

- Povezivanje neživih i živih bića. Rana ispitivanja i implementacija IoT mreže započela je povezivanjem industrijske opreme. Danas se vizija IoT-a proširila kako bi povezala industrijsku opremu sa svakodnevnim objektima. Vrste predmeta kreću se od plinskih turbina, automobila pa sve do komunalnih brojila. Također može uključivati žive organizme kao što su biljke, domaće životinje i ljudi. Npr. senzori praćenja krava u Essexu koriste prikupljene podatke kako bi pratili kretanje krava u krdu te za suzbijanje potencijalnih bolesti.
- Korištenje senzora za prikupljanje podataka. Fizički predmeti koji su povezani mogu imati jedan ili više senzora. Svaki senzor prati specifična stanja kao što su lokacije, vibracije, gibanje i temperature. U IoT, senzori se povezuju jedni s drugima te sa sustavima koji mogu raspoznati informacije iz senzora podataka. Senzori će pružiti nove informacije sustavima i zaposlenicima poduzeća.
- Objekti s podrškom za IoT mogu dijeliti informacije o svom stanju i okolini s ljudima, softverskim sustavima i drugim strojevima. Te se informacije mogu dijeliti u stvarnom vremenu ili prikupljati i dijeliti u definiranim intervalima. U budućnosti će sve imati digitalin identitet i povezivost, što znači da će moći prepoznati, pratiti i komunicirati s objektima.

Internet stvari nije sama tehnologija već heterogena povezana smjesa hardwarea i softwarea. Također, internet stvari omogućava objektima osjetljivost putem senzora i direktnu daljinsku kontrolu u postojećim mrežnim infrastrukturama na kojima se bazira i time stvara novu povezanost između fizičkog svijeta i digitalnog s ciljem poboljšanja efikasnosti i točnosti [27]. Ključne karakteristike interneta stvari [28]:

1. međusobna povezanost (eng., *Interconnectivity*) – povezanost između uređaja, strojeva, senzora, mreža i ljudi;
2. objektom povezane usluge;
3. heterogenost – uređaji u IoT-u su različiti s obzirom da se baziraju na drugačijem hardware i softwaru, te različitim platformama i mrežama;
4. dinamične promjene – npr. geografske ili lokalne promjene pozicije, spojen uređaj ili odspojen, raznorazne regulacije poput brzine. Dinamične promjene i u smislu napretka tehnologije koji se adaptira na postojeće sustave IoT-a;
5. veličina – broj uređaja povezanih na internet raste, a time i broj podataka koji treba biti obrađen (eng., *Data Analytics*);
6. sigurnost – dizajn ovakvih sustava oblikuje nova grana brzo rastuće tehnologije *cyber* sigurnost;
7. povezanost – glavna karakteristika koja omogućava mrežni pristup i kompatibilnosti u smislu iskorištavanja podataka.

Kako bi bolje razumjeli povezanost i integriranost važno je objasniti standardnu strukturu internet stvari.

Arhitektura internet stvari sastoji se od raznih tehnoloških slojeva koji su podrška sustavu internet stvari. Svi slojevi međusobno komuniciraju i mogu se podesiti, modularni slojevi mogu rasti [29].

Tablica 1 prema [29] daje prikaz primjena tehnologija koju nudi digitalizacija kroz internet stvari.

Tablica 1. Primjena IoT [29]

Primjene	Opis i primjeri
Pametan život (eng., <i>Internet of Smart Living</i> <i>(IoSL)</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • daljinski upravljani kućni uređaji – pomažu kod uštede energije • pametni uređaji – hladnjaci s pametnim LCD ekranom i slično • sigurnosni nadzor • kontrola energenata i potrošnje vode

Primjene	Opis i primjeri
Pametni grad (eng. <i>Internet of Smart City</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • pametno upravljanje javnom rasvjetom • sigurnosni nadzor – protupožarne kontrole, javne obavijesti • transport – upozorenja o klimatskim promjenama na cestama, nesrećama • pametan parking – nadzor mjesta u realnom vremenu • upravljanje otpadom
Pametni okoliš (eng., <i>Internet of Smart Environment</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • nadzor zagađenosti zraka • detekcija požara šuma • nadzor vremena • ispitivanja i kontrola pitke vode • kontrola razina rijeka kako bi se spriječile poplave
Internet zdravijeg života (eng., <i>Internet of Smart Health</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • nadzor pacijenata • kontrola uvjeta u medicinskim hladnjacima
Internet pametnih energeneta (eng., <i>Internet of Smart Energy</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • pametna električna mreža • nadzor i analiziranje vjetroturbina • kontrolori izmjenične struje koji odlučuju o potrebnoj energiji i smanjuju gubitke
Pametna agronomija (eng., <i>Internet of Smart Agriculture</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • zelene kuće – kontrola mikro-klimatskih uvjeta • praćenje životinja – pozicije i identifikacija • nadzor polja

Dani primjeri su samo mali uvid u mnogobrojne prilagodbe tehnologije interneta stvari na svakodnevni život. Trend *startup* kompanija koje se bave primjenama disruptivnih tehnologija je sveprisutan i njihov broj velik.

4.2.2. Umjetna inteligencija

Dio računalne znanosti koji se bavi razvojem sposobnosti računala da obavljaju zadaće za koje je potreban neki oblik inteligencije, tj. da se mogu snalaziti u novim prilikama, učiti nove

koncepte, donositi zaključke, razumjeti prirodni jezik, raspoznavati prizore i dr. naziva se umjetna inteligencija (eng., *Artificial Intelligence*). Naziv se također rabi za označivanje svojstva svakoga neživog sustava koji pokazuje inteligenciju (inteligentni sustav); obično su to računalni sustavi, dok se izraz katkad neutemeljeno primjenjuje na robote, koji nisu nužno inteligentni. Intelligentnim sustavom smatra se svaki sustav koji pokazuje prilagodljivo ponašanje, uči na temelju iskustva, koristi velike količine znanja, pokazuje svojstva svjesnosti, komunicira s čovjekom prirodnim jezikom i govorom, dopušta pogreške i nejasnoće u komunikaciji ili dr. Funkcije inteligentnog sustava jesu: prikupljanje i obradba informacija, interakcija s radnom okolinom, komunikacija s čovjekom ili s drugim inteligentnim sustavima, prikupljanje i obrada znanja, zaključivanje, te planiranje. Dok se pod ljudskom inteligencijom smatraju čovjekove mogućnosti da istodobno pokazuje različite inteligentne oblike i obavlja takve funkcije, današnji su inteligentni sustavi ponajprije specijalizirani za pojedinu mogućnost [30].

Rad i imitacija rada ljudskog mozga računalom stalna je inspiracija za znanstvenike. U početnim stadijima razvoja umjetne inteligencije 60-tih godina (paraleleno razvoju računala) prevladavalo je mišljenje da je pitanje vremena kada će ljudski rod biti u mogućnosti proizvesti računalo koje će biti u stanju imitirati rad ljudskog mozga, te da je taj problem jedino povezan s brzinom procesora računala. Posljedica dugogodišnjeg intenzivnog istraživanja iz područja, je razvoj raznih metoda umjetne inteligencije koje su prikladne za rješavanje specifičnih problema, a njihov način rješavanja problema može se smatrati inteligentnim. Neke vrste metoda umjetne inteligencije su sljedeće [31]:

- Neuronske mreže – Originalna ideja za umjetnu neuronsku mrežu generirala se iz niza pokušaja modeliranja biofiziologije mozga čovjeka, s ciljem razumijevanja i objašnjenja kako isti funkcionira. Ta ideja podrazumijeva kreiranje modela sposobnog procesuirati (prihvaća, obrađuje, generira, pohranjuje i prenosi) informacije, analogno aktivnostima mozga čovjeka. Naime, ako se određena točka u mozgu čovjeka zamijeni neuronom, onda se aktivnost neurona može modelirati kao zbroj "otežanih" ulaza neurona. Otežani ulazi jesu ulazi pomnoženi određenim faktorima koji se nazivaju težine neurona. Prema tome aktivnost umjetnog neurona ovisi o broju ulaza (veza) iz okoline (okruženja) neurona, intenzitetu tih veza (iznosu težinskih faktora), te o pragu osjetljivosti koji stanje neurona mora dosegnuti prije nego što "ispali impuls" preko svog izlaza u okolinu neurona koju čine ostali neuroni umjetne neuronske mreže. Danas se neuronske mreže primjenjuju u područjima kao što su:

klasificiranju signala, kontroli vođenja sustava, robotici, području identifikacije složenih dinamičkih sustava, u medicinskoj dijagnostici, itd.

- Genetički algoritmi – temelje se na modelima prirodne evolucije, a spadaju u područje tzv. evolucijskog računarstva (engl., *evolutionary computation*). Inteligencija se u ovom području definira kao sposobnost prilagodbe ponašanja sustava okolini koja se stalno mijenja. Način ponašanja nekog individualnog organizma u okolini temelji se na tzv. induktivnom zaključivanju o još nepoznatim aspektima okoline. Ako organizam preživi, te ako se reproducira kroz više generacija, kaže se da je taj organizam sposoban učenju predviđanja promjena u njegovoj okolini. Ta sposobnost organizma zove se evolucijska prikladnost (engl., *evolutionary fitness*) te predstavlja kvantitativnu mjeru za sposobnost organizma za predviđanje promjena u njegovoj okolini. Metode evolucijskog računarstva simuliraju prirodnu evoluciju stvaranjem populacija jedinki, procjenjuju evolucijske prikladnosti, generiraju nove jedinke primjenom genetičkih operatora, ponavljajući proces dok se ne postigne zadovoljavajući nivo prilagodbe. Najčešća je primjena genetičkih algoritama u području inženjerstva pri rješavanju raznih problema optimalizacije. U novije se vrijeme genetički algoritmi upotrebljavaju za optimalizaciju parametara algoritama neuronskih mreža i neizrazite logike u procesu učenja.
- Ekspertni sustavi – računalni programi koji na temelju ugrađenog ljudskog znanja (najčešće u obliku pravila) rješavaju određeni problem iz specifičnog područja. Ugrađeno znanje osim činjenica, sadrži i informacije o tome kako se te činjenice povezuju u logičan slijed zaključivanja. Najvažnije komponente u strukturi svakog ekspertnog sustava su baza znanja i mehanizam zaključivanja. Baza znanja u kodiranom obliku sadrži zbirku potrebnih elemenata znanja iz područja razmatranog problema. Zadatak komponente zaključivanja je izabrati elemente znanja iz baze znanja, te ih na kraju povezati u suvisli zaključak. Kvaliteta zaključka koji donosi mehanizam zaključivanja, ovisi o tzv. komunikacijske komponente ekspertnog sustava, čiji je zadatak osigurati potrebne informacije najčešće putem dijaloga (pitanje – odgovor) s korisnikom. Važno je napomenuti da mehanizam zaključivanja ne ovisi o vrsti razmatranog problema za razliku od baze znanja. Zbog poboljšanja efikasnosti, često ekspertni sustavi uključuju ovdje nabrojane metode umjetne inteligencije čime se dobivaju tzv. hibridni ekspertni sustavi. Najčešća primjena ekspertnih sustava je u

sljedećim područjima: medicina, kemijska industrija, poljoprivreda, računalne znanosti, meteorologija, procesna industrija, vojna industrija itd.

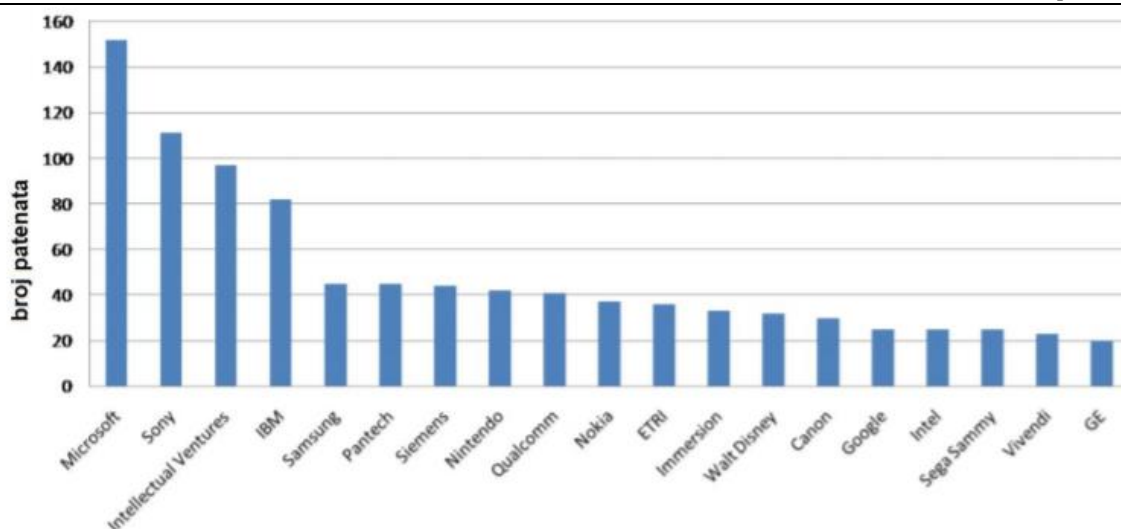
Primjena aplikacija koje će spadati u razvijenu umjetnu inteligenciju su neograničene. Nema segmenta života u kojem ne bismo mogli iskoristiti pametne sustave. Zato ne čudi činjenica da se u polje razvitka umjetne inteligencije ulaže jako puno novaca, te se očekuje jako puno u narednim godinama.

4.2.3. Virtualna stvarnost

Virtualna stvarnost, prividan okoliš simuliran s pomoću računala te posebnih računalnih periferija i programa, unutar kojega je korisniku omogućen privid boravka, kretanja i opažanja. To se trodimenzionalno multimedijско okružje ostvaruje vizualizacijom stvarnog ili zamišljenog okružja, slika kojega se predočuje na zaslonu računala ili posebnim stereoskopskim uređajima, doživljaj se dopunjuje zvukovima, vibracijama, a iskušavaju se i mogućnosti pobuđivanja taktilnih i mirisnih osjeta [32].

Virtualna stvarnost omogućava korisnicima novu razinu interakcije s računalom, a pokazuje se posebno korisnom u edukativne svrhe jer dovodi do znatnih ušteda pri uvježbavanju složenih poslova. Zbog toga se rabi npr. za uvježbavanje upravljanja vozilima (automobilom, brodom, zrakoplovom), iskušavanju borbene taktike, predočavanju projektiranih građevina, kao pomoć pri snalaženju u nepoznatom stvarnom okruženju i dr. [32].

Danas, virtualna stvarnost ima sve veću primjenu u različitim područjima, upravo zahvaljujući prenosivim uređajima za stvaranje virtualnog okruženja. Slika 11 prikazuje glavne predvodnike tehnologije virtualne stvarnosti prema broju patenata.



Slika 11. Glavni predvodnici tehnologije virtualne stvarnosti [33]

4.3. Digitalno vitko upravljanje

Digitalna transformacija omogućuje poduzećima da uspostave pametne tvornice ili prilagodljive proizvodne i logističke mreže, koje se naziva i Industrija 4.0. U biti, Industrija 4.0 uključuje tehničku integraciju cyber fizičkih sustava u proizvodnju i logistiku, te upotrebu Interneta stvari i usluga u industrijskim procesima. To će imati posljedice na stvaranje vrijednosti, poslovne modele, niže usluge i organizaciju rada. Kao rezultat toga, procesi dodavanja vrijednosti poboljšati će se sami. To znači da je temeljna ideja neprekidnog poboljšanja skroz povezana s ljudskim bićem. Samoorganizirano poboljšanje operativnog procesa, kretanje materijala, protoka proizvodnje i aktivnosti lanca opskrbe dovest će do takozvane Pametne tvornice. Jasno je da klasični principi vitkog upravljanja predstavljaju osnovu kako bi se izbjegle aktivnosti bez dodavanja vrijednosti. Također, vitko upravljanje će se kontinuirano razvijati s mogućnostima Industrije 4.0 i objašnjava da će trebati optimizirati procese i strukture u prvome koraku u skladu s principima vitkog upravljanja. U drugom koraku treba procijeniti odgovarajuću tehnologiju Industrije 4.0 koja će podržati uspostavljene procese i strukture vitkog upravljanja. Zbog uvođenja Industrije 4.0, može se dostići potpuno nova razina vitkog upravljanja, jer su sada dostupni podaci te računalna podrška za daljnju obradu i analizu. To omogućuje poduzećima da skupljaju otpad kojeg prije nije bilo moguće izbjeći. Podaci se prelijevaju u proizvode i iz njih će se omogućiti da se upotreba u proizvoda u lancu vrijednosti usmjeri na bezbroj novih načina i na taj način će se otpad smanjiti ili u potpunosti eliminirati [34].

Industrija 4.0 omogućuje smanjenje navedenih klasičnih osam gubitaka vitkog upravljanja na različite načine. Općenito, moglo bi se reći da prepoznata poboljšanja dovode do proizvodnje koja koristi resurse u skladu s potrebama kupaca, ali i do poboljšane logistike i transporta. Znanje o sinergiji klasičnih načela vitkog upravljanja s digitalnom tehnologijom još se ne koristi u punom potencijalu. Razumna kombinacija vitkog upravljanja i Industrije 4.0 pokazuje veliki potencijal za uspješnost i optimizaciju poduzeća gdje se primjenjuju [34].

Kako bi poboljšali procese dodavanja vrijednosti, nove su tehnologije samo jedan element na putu do operativne izvrsnosti. Da bi postigli snažan financijski utjecaj poboljšanja analitike, proizvođači moraju uzeti u obzir i ljudski faktor. Novi horizont analitike postići će svoj puni potencijal samo kada proizvođači poboljšaju vještine u čitavim organizacijama, tako da nove metode i rješenja postaju dio svakodnevnice rutine. To znači, također u skladu s klasičnim principima razmišljanja vitkog upravljanja u tvrtkama koje prolaze kroz digitalnu transformaciju potrebno je uspostaviti odgovarajuću kulturu. Treba učiti na greškama ranih implemenatcija. Potrebno je utvrditi moguće razloge neuspjeha i razviti strategiju za njihovo pretvaranje u faktore uspjeha [34].

4.4. Koncept utjecaja digitalizacije na vitku proizvodnju

Vizija Industrije 4.0 i vitke proizvodnje međusobno se susreću u industrijskim poduzećima. U trenutnom stanju istraživanja nedostaje utjecaj rješenja Industrije 4.0 na postojeću vitku proizvodnju i nadolazeću Industriju 4.0 usmjerenu na IT tehnologiju. Identificirani alati vitkog upravljanja navedeni su u lijevom stupcu utjecaja matrice Industrije 4.0 na vitke proizvodne sustave kao što je prikazano na (Slika 12).

Lean metodologija, alati	Prikupljanje i obrada podataka				Komunikacija stroj - stroj		Interakcija čovjek - stroj	
	Senzori	Računalni oblak	Veliki podaci	Analitika	Vertikalna integracija	Horizontalna integracija	Virtualna stvarnost	Proširena stvarnost
5S	•	•	•	•	•	•	••	•••
Kaizen	•	••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Jidoka	•	•••	•••	•••	••	••	••	•
Standardizacija	••	•••	•••	•••	••	••	•••	•••
Odvajanje čovjeka od stroja	•	•	•	•	•	•	•••	•••
Zaposlenici i timski rad	•	•	•	•	•	•	•••	•••
Smanjenje otpada	•	•	••	•••	•••	•••	•	•

Slika 12. Utjecaj digitalizacije na vitku proizvodnju [35]

Na slici (Slika 12) su tehnologije ocijenjene procijenjenim utjecajem imenovanih alata vitke proizvodnje. Kod ocjenjivanja „●“ znači da može doći do slabog pozitivnog utjecaja tehnologije Industrije 4.0 na ocjenjivani alat. Dvije oznake „●●“ pokazuju visoko procijenjeni mogući utjecaj, a tri oznake „●●●“ predstavljaju najveći mogući utjecaj tehnologije na odgovarajućem alatu vitke proizvodnje. Prikazana (Slika 12), podržati će razvojnu odluku za industrijska rješenja 4.0 u ranoj fazi. Postojeći procesi mogu se analizirati na potpori tehnologijama Industrije 4.0 na temelju procijenjenih utjecaja [35].

5. PRAKTIČNI DIO

5.1. O kompaniji

Proizvodno poduzeće u kojem je odrađen praktični dio diplomskog rada bila je PRO-KLIMA d.o.o. Proizvodno postrojenje smješteno je u naselju Gradna, koje se nalazi u sastavu grada Samobora, a posjeduju i podružnicu u gradu Splitu. PRO-KLIMA svojim klijentima nudi:

- učinkovite sustave ventilacije i klimatizacije i za najzahtjevnije životne i radne prostore u industrijskim, javnim i komercijalnim zgradama;
- pomoć pri projektiranju;
- puštanje u pogon;
- servis i održavanje.

Poduzeće je osnovao samostalni poduzetnik 1967. godine kao obrtničku radionicu. Svojom predanošću, vizijom te bliskom suradnjom sa zaposlenicima učinio je nakon 40 godina PRO-KLIMU vodećim poduzećem regije. Poduzeće od samih početaka odlikuje predanost kvaliteti i stručnosti uz visoku razinu kolegijalnosti i intezivne suradnje. Svojom radom PRO-KLIMA je od 2015. godine postigla poziciju ključnog proizvođača na europskom tržištu [36].

Danas je članica Wolf grupacije, te kao članica teže profesionalizmu, fleksibilnosti i prilagodljivosti nudeći po mjeri izrađene proizvode visoke kvalitete. Proizvode karakterizira visoka adaptivnost i kvaliteta. Potporu pruža visoki stupanj automatizacije i digitalizacije, čime se ostvaruje veća iskoristivost i učinkovitost proizvodnih procesa [36].

Vizija kompanije [36]: „Želimo ostvarivati rast, profitabilnost i zadovoljstvo naših klijenata i djelatnika i etablirati se na tržištu kao jedan od top 5 isporučitelja tehnologije visoke dodane vrijednosti poput industrijskih rješenja i bazenske tehnologije. Pritom stalno gradimo svoje znanje i inovativnost kroz praćenje najmodernijih tehnologija i trendova na tržištu.“



Slika 13. Sjedište poduzeća *PRO-KLIMA* [37]

U PRO-KLIMI je proveden praktični dio rada, analizirani su procesi montaže klima komora, tok materijala, utrošeno vrijeme i analiza troškova prije uvođenja digitalne vitke proizvodnje i poboljšanih procesa.

5.2. Analiza stanja prije uvođenja digitalne vitke proizvodnje

5.2.1. Opis procesa analize

Pri analizi postojećeg stanja, bilo je potrebno sagledati cjelokupni proces prije uvođenja vitkog upravljanja i upotrebe digitalizacije, kako bi se što kvalitetnije moglo pristupiti potencijalnim rješenjima za poboljšanje procesa.

Upoznavanjem s vitkim upravljanjem, uočena je problematika organizacije radnog prostora, toka materijala i potreba za digitalnom transformacijom radi smanjenja troškova proizvodnje i povećanja proizvodnih kapaciteta. U organizaciji radnog prostora i toka materijala uočeni su tokovi materijala koji se mogu reducirati boljom organizacijom prostora, na slici (Slika 14) prikazan je radni prostor. U daljnjem izlaganju biti će predložen izgled proizvodnog sustava i tok materijala za proces montaže klima komora prije uvođenja vitkog upravljanja. Potom

analiza troškova koji su bili uzrok manjka digitalizacije, te njihovo smanjenje uvođenjem digitalizacije.



Slika 14. Izgled radnog prostora prije uvođenja vitke proizvodnje

5.2.2. Opis procesa montaže prije uvođenja vitkog upravljanja

U proizvodnoj hali se nalazi više radnih prostora predviđenih za obavljanje procesa montaže. Svaki radnik ima svoj radni prostor. Radnici samostalno odlaze po potrebne elemente za sklapanje, čime se povećava vrijeme potrebno za sklapanje, jer moraju napusiti radno mjesto kako bi osigurali materijale za proces montaže. Proces odlaska po potrebne materijale ponavlja se nakon završetka određenih procesa sklapanja. Tablica 2 prikazuje radnje procesa montaže kronološkim redom.

Tablica 2. Proces montaže

Proces montaže prije uvođenja vitkog upravljanja	
Broj aktivnosti	Opis aktivnosti
1.	Priprema radnog mjesta
1.1	Čitanje nacrtu
1.2	Priprema koza
1.3	Dovoz kolica sa elementima
1.4	Dovoz kolica sa profilima
2.	Postavljanje konstrukcije
2.1	Priprema materijala za profile
2.2	Sklapanje profila
2.3	Navlačenje brtvne gume na profil
2.4	Montaža
3	Postavljanje panela klime opreme
4	Fiksiranje postolja na klima uređaj
4.1	Odlazak po postolje
4.2	Priprema mjesta za postavljanje postolja
4.3	Fiksiranje
5	Postavljanje pregradnih panela
6	Postavljanje vodilica za komponente
6.1	Odlazak po vodilice
6.2	Sortiranje vodilica
6.3	Postavljanje vodilica
7	Ubacivanje komponenta iz skladišta
7.1	Odlazak u prostor predpripremljenih komponenti
7.2	Povratak sa komponentama na mjesto montaže
7.3	Montaža
8	Zatvaranje sa ostatkom panela
9	Pregled klima komore prije prelaska na drugi odjel

Iz opisa procesa je vidljivo kako radnik više puta mora napuštati svoje radno mjesto radi osiguravanja materijala za montažu. Također je vidljivo da neki od elemenata nisu predpripremljeni što uzrokuje da na vrijeme transporta treba dodati i vrijeme predpripreme elemenata. Kao primarna problematika nametnulo se smanjenje transportnih tokova, te organizacija radnog prostora kako radnik ne bi imao nepotrebne odlaske s radnog mjesta. Primjenom vitke filozofije dolazi se do potencijalnih rješenja. Jedno od rješenja je osiguravanje dodatnog mjesta u radnom prostoru koji će radniku omogućiti sve potrebne elemente na jednom mjestu. Time se skraćuju i eliminiraju nepotrebni transportni putevi, čekanje na elemente i radnje vezane uz predpripremu elemenata.

5.2.3. Mjerenja postojećeg stanja

Detekcijom stanica u procesu montaže, napravljena su mjerenja vremena potrebnog za pojedine stanice u procesu montaže prije uvođenja vitkog upravljanja. Tablica 3 prikazuje vrijeme utrošeno po pojedinoj operaciji u procesu montaže, vrijeme je izraženo u minutama.

Tablica 3. Mjerenje prije upotrebe vitkog upravljanja

Proces montaže prije uvođenja vitkog upravljanja (izraženo u minutama)							
Broj aktivnosti	Opis aktivnosti	Mjerenje 1	Mjerenje 2	Mjerenje 3	Mjerenje 4	Mjerenje 5	Prosjek
1	Priprema radnog mjesta	52	56	54	62	65	57,8
1.1	Čitanje nacрта	5	5	5	5	5	5
1.2	Priprema koza	2	2	2	2	2	5
1.3	Dovoz kolica sa elementima	35	40	37	42	38	38,4
1.4	Dovoz kolica sa profilima	10	9	10	13	11	10,6
2	Postavljanje konstrukcije	120	124	125	124	126	121,8
2.1	Priprema materijala za profile	10	10	10	12	10	10,4
2.2	Sklapanje profila	25	24	25	28	23	25
2.3	Navlačenje brtvene gume na profil	25	25	30	24	28	26,4
2.4	Montaža	60	65	60	60	65	62
3	Postavljanje panela klime opreme	45	40	48	44	45	44,4
4	Fiksiranje postolja na klima uređaj	35	35	36	40	39	37
4.1	Odlazak po postolje	10	10	10	10	10	10
4.2	Priprema mjesta za postavljanje postolja	15	15	14	20	17	16,2
4.3	Fiksiranje	10	10	12	10	12	10,8
5	Postavljanje pregradnih panela	185	190	180	200	184	187,6
6	Postavljanje vodilica za komponente	155	159	170	155	161	160
6.1	Odlazak po vodilice	5	5	5	6	5	5,2
6.2	Sortiranje vodilica	30	28	35	32	31	31,2
6.3	Postavljanje vodilica	120	126	130	117	125	123,6
7	Ubacivanje komponenta iz skladišta	450	469	460	457	456	458,4
7.1	Odlazak u prostor predpripremljenih komponenti	15	15	14	17	15	15,2
7.2	Povratak sa komponentama na mjesto montaže	15	14	16	15	14	14,8
7.3	Montaža	420	440	430	425	427	428,4
8	Zatvaranje sa ostatkom panela	210	205	210	220	225	214
9	Pregled klima komore prije prelaska na drugi odjel	15	14	15	16	15	15
Ukupno vrijeme:		1267	1282	1296	1318	1306	1296

Traženo prosječno vrijeme \bar{x} računa se na sljedeći način:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

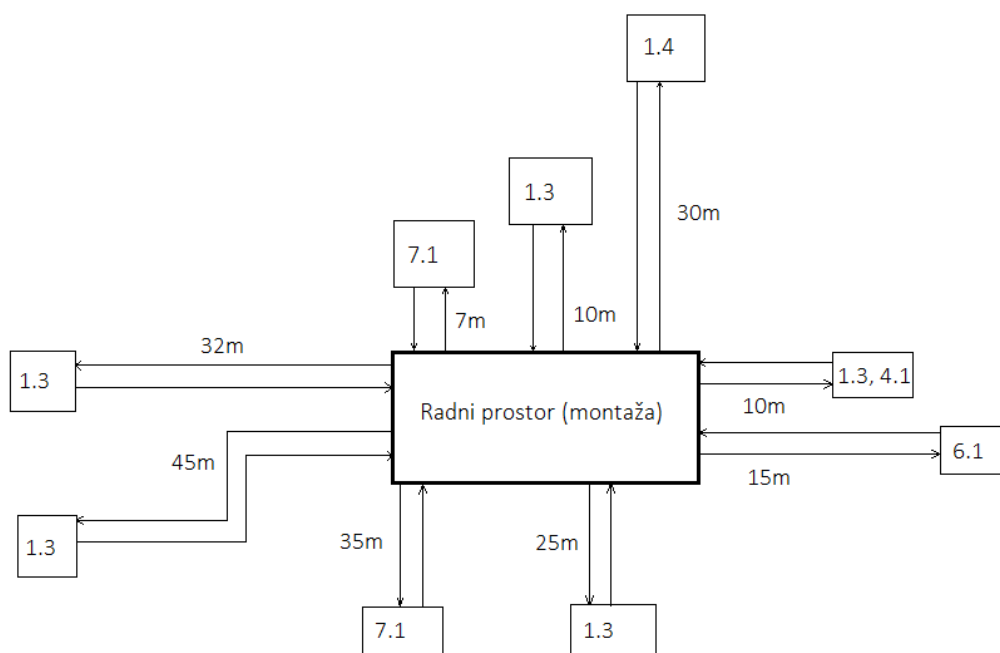
gdje su:

x_1 - rezultat prvog mjerenja,

x_n - rezultat n -tog mjerenja,

n - broj mjerenja.

Iz tablice možemo očitati da prosječno vrijeme trajanja cjelokupnog procesa montaže iznosi 1296 minuta rada što je ekvivalent 21.6 sati. Optimizacija upotrebom vitkog upravljanja biti će orijentirana na smanjenje transporta materijala unutar skladišta te organizaciju pripreme elemenata za montažu, kako bi radnici imali spremne elemente za montažu bez dodatnih kretanja unutar proizvodnog postrojenja. Kako bi se olakšala vizualizacija proizvodnog sustava, a time i bolja percepcija potencijalnih rješenja, na slici (Slika 15) su prikazane radne stanice prije uvođenja vitkog upravljanja.



Slika 15. Proizvodni tokovi prije uvođenja vitke proizvodnje

Prijedlog rješenja digitalizacije biti će usmjeren na redukciju papira i tonera, kako bi se smanjili troškovi. Sustav će sadržavati program u kojem će se nalaziti dnevni planovi, redosljedi

sklapanja te oznake o statusu završenosti komore. Oznake će signalizirati u kojem je statusu proizvodnje komora. U nastavku analize sljede izračuni troškova stanja prije uvođenja vitkog upravljanja i digitalizacije.

5.2.4. Troškovi stanja prije uvođenja vitkog upravljanja i digitalizacije

Troškovi postojećeg procesa montaže računati će s prosječnim vremenom montaže od 21,6 sati. Cijena rada je 160 kuna po satu. Ukupni troškovi rada su prikazani u Tablica 4.

Tablica 4. Troškovi rada

Trošak vremena rada na godišnjoj razini	
Broj radnih naloga u 2019.	750
Prosječan broj radnih naloga po danu	2,05
Utrošeno vrijeme po radnom nalogu	21,6
Cijena rada po satu	160
Trošak rada:	2 592 000

Daljnja analiza troškova je usmjerena na troškove prouzrokovana nedostatkom digitalizacije. Troškovi koji će biti prikazani su troškovi papira i tonera na godišnjoj razini prije uvođenja digitalizacije. U tablici (Tablica 5) prikazani su ukupni troškovi bez digitalizacije, a odnosi se na godišnju kupnju papira i tonera.

Tablica 5. Troškovi papira i tonera

Trošak papira i tonera godišnje	
Broj narudžbi paketa papira mjesečno	70
Količina paketa na godišnjoj razini	840
Cijena jednog paketa papira u kunama	19
Broj narudžbi tonera mjesečno	9
Količina tonera na godišnjoj razini	108
Cijena jednog tonera u kunama	400
Godišnji trošak na papir u kunama	15 960
Godišnji trošak na tonere u kunama	43 200
Ukupni troškovi :	59 160 kn

Troškovi nastali kupovinom papira i tonera za printanje na godišnjoj razini iznose 59 160 kuna. Zadatak digitalizacije je smanjenje tih troškova. Za potpuno sliku stanja troškova i utrošene

energije prije uvođenja digitalizacije i vitkog upravljanja, napravljena je analiza godišnje prijeđenih kilometra radi transporta i pripreme elemenata između stanica. U tablici (Tablica 6) prikazani su ukupni prijeđeni kilometri u godini dana za svrhu procesa montaže.

Tablica 6. Prijeđeni put u procesu montaže

Prijeđeni put u procesu montaže	
Broj koraka po jednom procesu	730
Prijeđenih metara po jednom procesu (Pretpostavka - 1 korak 0.6 [m])	438 m
Broj radnih naloga godišnje	750
Broj radnih naloga po danu	2,05
Ukupni prijeđeni put godišnje [km]	328,5

Opis transportnog toka po jednom procesu montaže (Slika 15):

- 1.3 – dovoz kolica s elementima, vrši se na pet lokacija, ukupni prijeđeni put iznosi 244 m;
- 1.4 – dovoz kolica s profilima, ukupni prijeđeni put iznosi 60 m;
- 4.1 – dovoz postolja, ukupni prijeđeni put iznosi 20 m;
- 6.1 – dovoz vodilica, ukupni prijeđeni put iznosi 30 m;
- 7.1 – dovoz predpripremljenih elemenata, vrši se na dvije lokacije, prijeđeni put iznosi 84 m.

Izračunata vrijednost prijeđenog puta radnika na godišnjoj razini za aktivnosti u procesu montaže prije uvođenja vitkog upravljanja i digitalizacije iznosi 328,5 kilometara. Orijentacija vitke proizvodnje biti će smanjenje prijeđenog puta, kako bi se smanjilo vrijeme, troškovi i omogućilo povećanje proizvodnog kapaciteta.

5.2.5. Analiza troškova stanja prije uvođenja vitkog upravljanje i digitalizacije

Ukupni troškovi nastali upotrebom papira, tonera i transportnim putevima unutar aktivnosti procesa montaže prikazani su u tablici (Tablica 7).

Tablica 7. Ukupni troškovi

Ukupni troškovi, godišnje	
Trošak rada	2 592 000 kn
Trošak papira	15 960 kn
Trošak tonera za printer	43 200 kn
Prijeđeni put	328.5 km
Ukupni trošak:	2 651 160 kn

Ukupni troškovi rada uključenih u proces montaže i troškova na korištenja papira i tonera za printera iznose 2 651 160 kuna. U nastavku rada biti će prikazana rješenja za optimizaciju postojećih procesa i digitalizaciju dijela papirologije.

5.3. Uvođenje digitalne vitke proizvodnje

5.3.1. Praćenje dnevnog plana rada

Analizom stanja prije uvođenja vitke proizvodnje utvrđene su potencijalne radnje koje će doprinjeti optimizaciji procesa na način da će se smanjiti nepotrebna kretanja unutar procesa za smanjenje prijeđenog puta, što će direktno utjecati na smanjenje vremena cjelokupnog procesa, a time i troškova. Za smanjenje troškova papira i tonera za printere, primjeniti će se digitalni oblik dnevnih planova, redoslijeda sklapanja te oznaka završenosti komore.

Za digitalnu podršku korišten je program google sheets. U programu je napravljena tablica u koju se unose podaci potrebni za praćenje dnevnog plana rada. Aktivnosti koje se unose u program su:

- Unošenje broja otvorenog radnog naloga.
- Upisivanje segmenata, pozicija za sklapanje te unos planskog vremena sklapanja.
- Nakon otvaranja radnog naloga, logističar transportira elemente potrebne za montažu. Kada završi transport, unosi u program kvačicu da su elementi dostavljeni.
- Sljedi proces montaže, unosi se u program vrijeme početka sklapanja, te po završetku vrijeme završetka sklapanja. Također po završetku se unosi kvačica da je segment završen.
- U zadnjem stupcu se unosi datum i sat isporuke.

Statuse aktivnosti radnici mogu pratiti na semaforima postavljenim po proizvodnoj hali. Prikaz programa nalazi se na slici (Slika 16).

Datum: 18.06.2020.		Kapacitet: 15/135		Planski sati: 156		Proizvodnja		Logistika				Skapanje		Ejzavrenje (DA/NE)	Datum i sat isporuke	Nedostatak na isporuci	Napomene vezane za isporuku segmenata
Ime	Nalog	Pozicija	Segment	Planski sati	Broj radnika	Način transporta		Nabavne komp.	Boles	Segment završen	POČETAK	ZAVRŠETAK					
						kocka "K" štampa "S"	paleta				paleta objijena KOLETA	Start	Stop				
BE3		18	1	2		K		<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	1	<input checked="" type="checkbox"/>	-->06:00	8:30	<input type="checkbox"/>	25.06.		
			2	2				<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	6	<input checked="" type="checkbox"/>	-->06:00	08:00	<input checked="" type="checkbox"/>			
		19	1	3				<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	5	<input checked="" type="checkbox"/>	-->06:00	09:30	<input type="checkbox"/>			
			2	1				<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	11	<input checked="" type="checkbox"/>	-->06:00	07:00	<input type="checkbox"/>			
BE2	4533	1	1	2				<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	3	<input checked="" type="checkbox"/>	17.06. 20:30	08:30	<input type="checkbox"/>			
			2	6		K		<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	2	<input checked="" type="checkbox"/>	06:00	08:30	<input checked="" type="checkbox"/>	25.06.		
			3	8		K		<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	7	<input checked="" type="checkbox"/>	06:00	12:00	<input type="checkbox"/>	25.06.		naručene grede
			4	8		K		<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	10	<input checked="" type="checkbox"/>	07:30	11:30	<input type="checkbox"/>	25.06.		
			5	11			DA	<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	4	<input type="checkbox"/>	07:30		<input type="checkbox"/>	25.06.	ispravak panela sa uvodnicama	Skinuti ručke sa demontažnih panela i zavezati ih za trokut i poslikati.
			6	10		K		<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	3	<input type="checkbox"/>	08:00		<input type="checkbox"/>	25.06.		
			7	11			DA	<input checked="" type="checkbox"/>	U BOXU	11	<input type="checkbox"/>	08:30		<input type="checkbox"/>	25.06.	ispravak panela sa uvodnicama	Skinuti ručke sa demontažnih panela i zavezati ih za trokut i poslikati.
			8	10		K		<input checked="" type="checkbox"/>		1	<input type="checkbox"/>	08:30		<input type="checkbox"/>	25.06.		naručene grede
ONE-1	5212	1	1	10		K		<input checked="" type="checkbox"/>		6	<input type="checkbox"/>	09:30		<input type="checkbox"/>	26.06.		
			2	10		K		<input checked="" type="checkbox"/>		2	<input type="checkbox"/>	11:30		<input type="checkbox"/>	26.06.		
		2	1	8		K		<input checked="" type="checkbox"/>		5	<input type="checkbox"/>	12:00		<input type="checkbox"/>	26.06.		
			2	6		K		<input checked="" type="checkbox"/>		7	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			3	7		K		<input checked="" type="checkbox"/>		10	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			4	7		K		<input checked="" type="checkbox"/>		4	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			5.1	5			DA	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			5.2	5			DA	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			6	8		K		<input checked="" type="checkbox"/>		3	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			7.1	5			DA	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			7.2	5			DA	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		
			8	6		K		<input checked="" type="checkbox"/>		1	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	26.06.		

Slika 16. Program za praćenje dnevnog plana rada

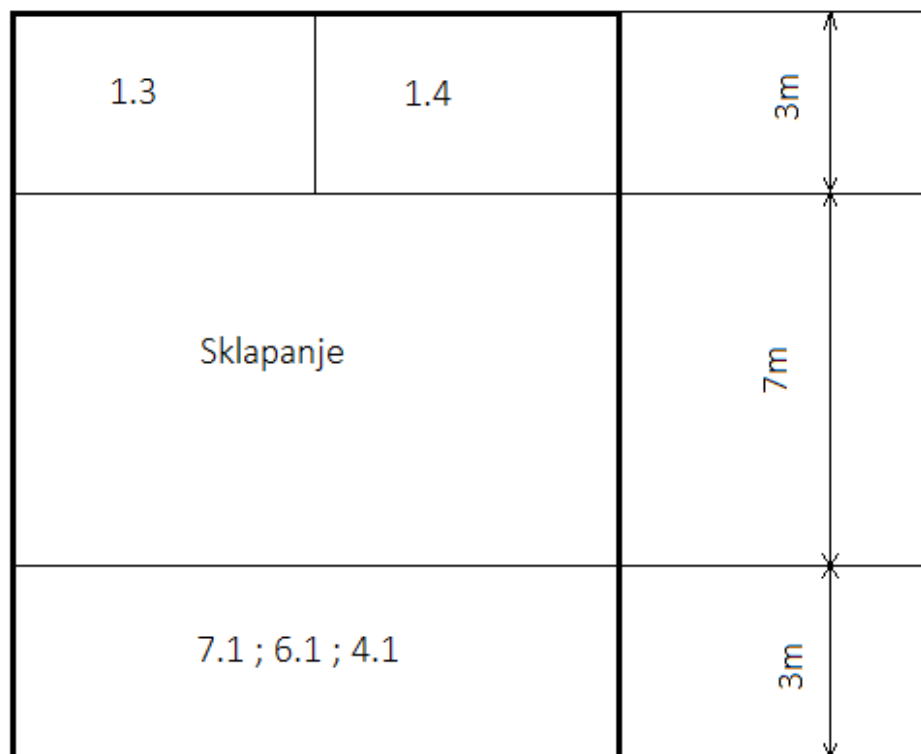
Uveden je i podprogram za dnevni plan predmontaže (Slika 17), u kojem se prate statusi završenosti elemenata koje je potrebno predmontirati. Način rada je sličan kao i za dnevni plan, unosi se radni nalog, segmenti i pozicija, potom se označuju kvačice po završetku aktivnosti. U zadnjem stupcu se unosi planirano vrijeme sklapanja.

DATUM:		17.06.2020																
NALOG				PLASTIFIKACIJA		PREDMONTAŽA											Planirano sklapanje	
Ime	Nalog	Pozicija	Segment	Paneli	Ostalo	Punjenje panela	Vrata	Profili	Postolje	Kada	Krov	Eliminator kapljica	Iznutrice	Haube	Zaluzije	Filter		Platina i Prirubnice
BE3-4	2122005399	16	1	X	X	✓	☐	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	SKL	✓	X	18.6
	2122005399		2	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	✓	18.6
BE3-4	2122005399	17	1	X	X	✓	☐	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	SKL	✓	X	18.6
	2122005399		2	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	✓	18.6
BE3-4	2122005399	18	1	X	X	✓	☐	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	SKL	✓	X	18.6
	2122005399		2	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	✓	18.6
BE3-4	2122005399	19	1	X	X	✓	☐	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	SKL	✓	X	18.6
	2122005399		2	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	✓	18.6
BE2	2122004533	1	1	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	✓	X	18.6
	2122004533		2	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	18.6
	2122004533		3	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	SKL	X	✓	18.6
	2122004533		4	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	SKL	✓	X	18.6
	2122004533		5	X	X	✓	X	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	18.6
	2122004533		6	X	X	✓	☐	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	X	X	X	18.6
	2122004533		7	X	X	✓	X	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	18.6
	2122004533		8	X	X	✓	☐	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	✓	18.6

Slika 17. Program za praćenje dnevnog plana predmontaže

5.3.2. Opis optimizacije procesa upotrebom vitkog upravljanja i digitalizacije

Pregledom skice izgleda procesa montaže sa svim tokovima (Slika 15), donosi se odluka o kreiranju radnih prostora koji će sadržavati prostor za sve elemente potrebne za montažu i radni prostor u kojem će se vršiti montaža. Elementi koji zahtijevaju predmontažu bi se odvijali na za to predviđenim mjestima neovisno o samom procesu montaže, a ovisno o narudžbi. Zaključno ti elementi bi se nakon sklapanja transportirali u novi prostor za montažu prije samog procesa montaže. Slika 18 i Slika 19 prikazuju novi izgled radnog prostora s upisanim radnjama.



Slika 18. Izgled radnog prostor nakon uvođenja vitke proizvodnje



Slika 19. Radni prostor nakon uvođenja vitke proizvodnje

Kao što je prikazano na slikama (Slika 18 i Slika 19) izbačeni su putevi koji su oduzimali vrijeme prilikom procesa bez utjecaja vitke proizvodnje. U radnom prostoru označeni su prostori za dostavu montažnih dijelova. Promjenjeni proces montaže ima novi redoslijed operacija prikazanih u Tablica 8.

Tablica 8. Proces montaže nakon uvođenja vitkog upravljanja

Proces montaže nakon uvođenja vitkog upravljanja	
Broj aktivnosti	Opis aktivnosti
1	Priprema radnog mjesta
2	Postavljanje konstrukcije
3	Postavljanje panela klima komore
4	Fiksiranje postolja na klima uređaj
5	Postavljanje pregradnih panela
6	Postavljanje vodilica za komponente
7	Ubacivanje komponenata iz skladišta
8	Zatvaranje komore sa ostatkom panela
9	Pregled od strane voditelja proizvodnje

U tablici se vidi smanjenje aktivnosti prouzrokovane prijednim putevima za prijenos materijala iz skladišta na radno mjesto. U nastavku biti će prikazana mjerenja na novom procesu montaže, a kasnije i usporedba s procesom bez vitkog upravljanja i digitalizacije.

Kao poboljšanje procesa prouzrokovana digitalizacijom, smanjilo se vrijeme montaže jer radnici nisu primorani više skupljati papirologiju (dnevni rad, redoslijed sklapanja i oznake završenosti komore). Prikaz monitora koji je zamjenio navedene papire nalazi se na slijedećim slikama (Slika 20 i Slika 21).

Paneli i profili, iznutrice
MATERIJAL DOSTAVLJEN
NEMA MATERIJALA
Komponente
KOMPONENTE DOSTAVLJENE
DOSTAVITI KOMPONENTE
NE DOSTAVLJATI KOMPONENTE
Komora
Sklapanje završeno
Sklapanje u tijeku
Segment odvezen

Slika 20. Komponente semafora

1. Radnik sklapanja:

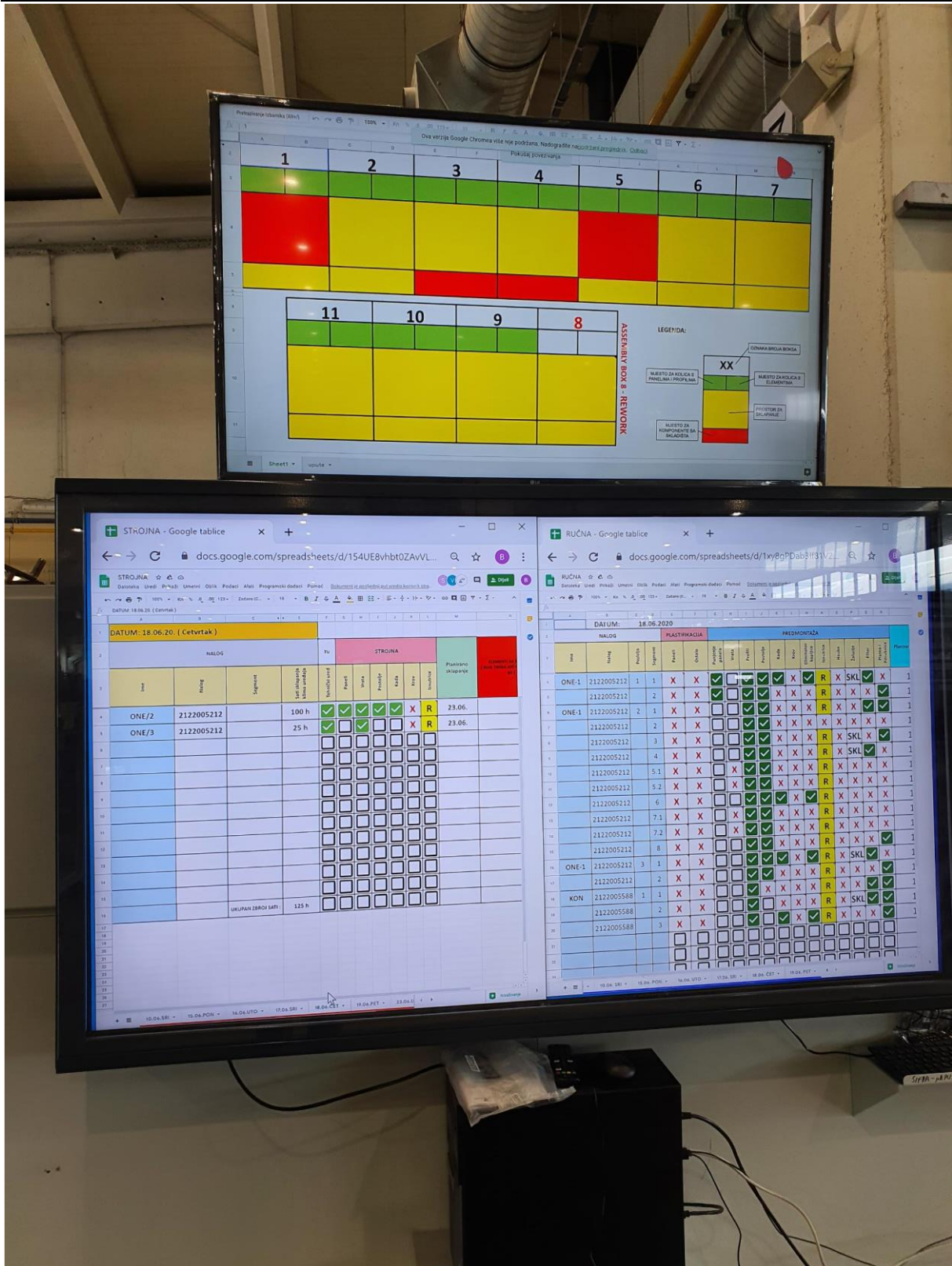
- kada se komora počne sklapati – stavlja žutu boju na mjesto za sklapanje;
- kada je komora završena i spremna za prijevoz na kalibriranje – stavlja zelenu boju na mjestu za sklapanje;
- kada su kolica s panelima i profilima prazna – stavlja crvenu boju na mjestu za kolica s panelima i profilima;
- kada je potrebno dostaviti komponente sa skladišta u radni prostor – stavlja crvenu boju na mjesto za komponente sa skladišta;
- kada je započelo sklapanje, a radnik ne želi da mu se dostave komponente (radi prostora za sklapanje) – stavlja žutu boju na mjesto za komponente sa skladišta.

2. Logističar:

- kada je crvena boja na mjestu za kolica s panelima i profilima – odvozi prazna kolica i dovozi puna;
- kada je odveo puna kolica s panelima i profilima i/ili kolica s elementima na njihovo mjesto – stavlja zelenu boju.

3. Logističar – dijelovi sa skladišta i odvoz komora:

- kada je na mjestu za sklapanje zelena boja – odvozi segment na cjevanje ili kabliranje;
- kada je segment maknut iz mjesta za sklapanje – stavlja crvenu boju;
- kada je crvena boja na mjestu za komponente sa skladišta – mora dostaviti komponente na to mjesto;
- kada dostavi komponente na mjesto za komponente sa skladišta – stavlja zelenu boju;
- kada je žuta boja na mjestu za komponente sa skladišta – logističar ne dostavlja komponente na to mjesto.



Slika 21. Stanica sa semaforom

5.3.3. Mjerenje poboljšanog stanja

Nakon uvođenja nove organizacije radnog prostora i predpripreme elemenata napravljeno je mjerenje procesa montaže. Rezultati mjerenja su izraženi u minutama. Rezultati mjerenja se nalaze u Tablica 9.

Tablica 9. Mjerenje nakon upotrebe vitkog upravljanja

Nakon optimizacije procesa - mjerenje vremena u procesu montaže (izraženo u minutama)							
Broj aktivnosti	Opis aktivnosti	Mjerenje 1	Mjerenje 2	Mjerenje 3	Mjerenje 4	Mjerenje 5	Prosjek
1	Priprema radnog mjesta	10	10	10	10	10	10
2	Postavljanje konstrukcije	60	62	58	60	60	60
3	Postavljanje panela klima kmore	30	30	32	28	30	30
4	Fiksiranje postolja na klima uređaj	15	17	16	15	16	15,8
5	Postavljanje pregradnih panela	120	115	120	124	118	119,4
6	Postavljanje vodilica za komponente	120	120	110	118	123	118,2
7	Ubacivanje komponenata iz skladišta	420	400	415	430	420	417
8	Zatvaranje komore sa ostatkom panela	180	185	188	182	180	183
9	Pregled od strane voditelja proizvodnje	15	15	15	15	15	15
Ukupno vrijeme:		970	954	964	982	972	968,4

Prosječno trajanje procesa je izračunato po istoj formuli kao i za prethodno stanje, rezultat je 968.4 minute što je približno 16 sati rada. U nastavku će biti uspoređeni troškovi prije i nakon uvođenja digitalne vitke proizvodnje.

5.3.4. Troškovi poboljšanog stanja

Za izračun troškova u poboljšanom stanju uzeti su podaci o broju naloga iz 2019. godine. U tablicu (Tablica 10) su uneseni troškovi u prethodnom stanju i napravljen je izračun ušteda direktno povezan s digitalnom vitkom proizvodnjom.

Tablica 10. Troškovi rada nakon upotrebe vitkog upravljanja

Trošak vremena rada na godišnjoj razini	
Broj radnih naloga u 2019.	750
Prosječan broj radnih naloga po danu	2,05
Utrošeno vrijeme po radnom nalogu	16
Cijena rada po satu	160
Trošak rada prethodnog stanja	2 592 000
Trošak rada novog stanja:	1 920 000
Razlika troškova (ušteda):	672 000

Troškovi rada nakon uvođenja digitalne vitke proizvodnje iznose 1 920 000 kuna. Optimizacija je direktno utjecala s uštedom od 672 000 kuna na godišnjoj razini. Za potrebu digitalizacije poduzeće je trebalo investirati u opremu i edukaciju potrebnu za provedbu, u Tablica 11 se nalaze troškovi poduzeća povezani s digitalizacijom.

Tablica 11. Troškovi digitalizacije

Troškovi digitalizacije			
Naziv Troška	Količina	Cijena	Ukupna cijena
1. Trošak opreme			
Veliki monitori (TV)	2	6 500	13 000 kn
Mali monitori (TV)	4	4 000	16 000 kn
Tablet	4	1 000	4 000 kn
Ukupni trošak opreme:	33 000 kn		
2. Troškovi edukacije			
Cijena sata edukacije kn/h	160		
Broj zaposlenika	24		
Utrošeno sati rada za edukaciju po osobi	4		
Ukupni trošak edukacije:	15 360 kn		
Ukupni trošak digitalizacije:	48 360 kn		

Uvođenjem digitalizacije prouzrokovani su troškovi opreme u iznosu od 33 000 kuna, dok su troškovi edukacije zaposlenika 15 360 kuna. Ukupni troškovi digitalizacije su 48 360 kuna u godini uvođenja.

Digitalizacija nije upotpunosti provedena što će biti prijedlog daljnjeg poboljšanja. Još uvijek se koriste papiri i toneri za radne naloge i nacрте, ali troškovi nastali za kupovinu papira i tonera za printanje su umanjeni i prikazani u Tablica 12.

Tablica 12. Troškovi papira i tonera nakon poboljšanja

Trošak papira i tonera godišnje	
Broj narudžbi paketa papira mjesečno	45
Količina paketa na godišnjoj razini	540
Cijena jednog paketa papira u kunama	19
Broj narudžbi tonera mjesečno	6
Količina tonera na godišnjoj razini	72
Cijena jednog tonera u kunama	400
Godišnji trošak na papir u kunama	10 260
Godišnji trošak na tonere u kunama	28 800
Ukupni troškovi:	39 060

Ukupni troškovi nakon digitalizacije iznose 39 060 kuna, uočava se smanjenje troškova od 20 100 kuna. Daljnjom digitalizacijom procesa troškovi se mogu još minimizirati.

U Tablica 13 uneseni su svi troškovi nastali uvođenjem digitalnog vitkog upravljanja na godišnjoj razini.

Tablica 13. Ukupni troškovi u poboljšanom procesu

Ukupni troškovi, godišnje	
Trošak rada	1 920 000 kn
Trošak papira	10 260 kn
Trošak tonera za printer	28 800 kn
Trošak digitalizacije	48 360 kn
Ukupni trošak:	2 007 420 kn

Digitalnom vitkom proizvodnjom smanjili su se troškovi rada, papira i tonera za printanje.

5.4. Usporedba rezultata postojećeg i poboljšanog procesa

Nakon prikupljenih troškova i podataka prije i nakon uvođenja digitalne vitke proizvodnje napravljena je analiza ušteta vremena i troškova. Uzeti su parametri za proces montaže i zaključci su doneseni s obzirom na optimizaciju procesa montaže. Prikaz svih troškova i ušteta prikazani su u Tablica 14.

Tablica 14. Usporedba troškova i uštete

Ukupni troškovi i uštete	
1. Troškovi prije poboljšanja, godišnje	
Troškovi rada	2 592 000 kn
Troškovi papira	15 960 kn
Troškovi tonera za printanje	43 200 kn
Prijeđeni put	328.5 km
Ukupni troškovi prije poboljšanja:	2 651 160 kn
2. Troškovi nakon poboljšanja, godišnje	
Troškovi rada	1 920 000 kn
Troškovi papira	10 260 kn
Troškovi tonera za printanje	28 800 kn
Troškovi digitalizacije	48 360 kn
Ukupni troškovi nakon poboljšanja:	2 007 420 kn
Razlika u troškovima:	643 740 kn
Ušteta u prijeđenom putu:	328.5 km

Ušteta u troškovima prije i nakon uvođenja digitalnog vitkog upravljanja iznosi 643 740 kuna, uz troškove eliminirani su transportni putevi od 328.5 kilometara koji su ulazili u proces montaže. Odluke o uvođenju digitalnog vitkog upravljanja pokazale su se ispravnima. Smanjili su se troškovi i povećali su se kapaciteti. Daljnja optimizacija uključuje digitalizaciju radnih naloga i nacrtu koji su trenutačno u papirnatom obliku.

6. SUSTAV ZA DALJNJA POBOLJŠANJA

6.1. Integrirani sustav praćenja proizvodnje

Stvaranje integriranog sustava upravljanja proizvodnjom, može se smatrati kao povezanost između organizacijskih sustava i procesa u jedan zajednički okvir, čime se omogućuje lakše ostvarivanje ciljeva poslovanja. Osnovne prednosti koje implementacija integriranog sustava upravljanja donosi jednom poduzeću mogu se sažeti u sljedeće [38]:

- Jednostavniji i koncentriraniji sustav upravljanja organizacijom.
- Redukciju u broju politika, procedura i zapisa koje rezultira lakšom implementacijom i održavanjem. Manifestira se, također, kroz smanjenu uporabu papirologije u organizaciji.
- Smanjenje troškova i učinkovitiji reinženjering zahvaljujući smanjenju broja audita.
- Učinkovitiji interni audit kao i priprema za ocjenu treće strane.
- Lakše prihvaćanje od strane zaposlenika budući da se tri cilja (zadovoljstvo kupaca, zaštita okoliša i sigurnost zaposlenika) očituju u svim operacijama.
- Vremensku uštedu.
- Poboljšanje komunikacije kroz organizacijske razine.
- Omogućuje olakšan nadzor nad ukupnim poslovanjem.
- Povećava povjerenje kupaca kao i pozitivan marketinški stav.

Prijedlog za daljnju digitalnu transformaciju u poduzeću PRO-KLIMA usmjeren je na digitalizaciju radnih naloga i nacрта u integrirani sustav koji bi sadržavao spomenute dnevne planove rada s nadogradnjom unosa radnih naloga i nacрта po aktivnostima u procesu. Sustav bi imao mogućnost u pojedinim procesima zabilježavati kroz programsku podršku početna i krajnja vremena pojedinih aktivnosti. Radni nalog bi digitalno putovao od aktivnosti do aktivnosti, trenutno radnici koriste papirnati oblik. Ulaz u proces je unos radnog naloga u program i početak vremena proizvodnje, izlaz iz procesa zatvaranje radnog naloga i konačno vrijeme proizvodnje. Između ulaza i izlaza bila bi praćena vremena pojedinih stanica u procesu. Time bi se osigurala standardizacija proizvodnje, regulirali kapaciteti te u konačnici reducirali troškovi prouzrokovani kupovinom papira i tonera za printanje. Cjelokupni proces imao bi

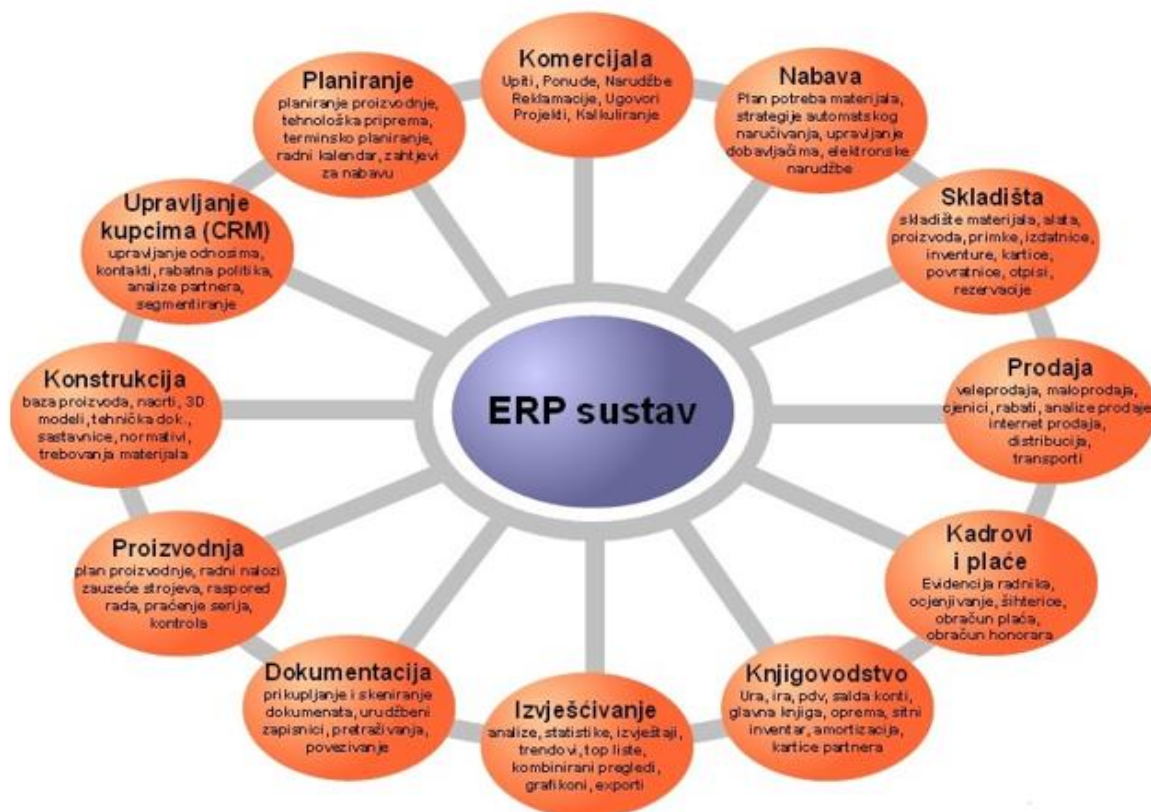
digitalnu podršku. Nacrti potrebni radnicima za sklapanje, nalazili bi se pri otvaranju aktivnosti na stanicama u proizvodnom toku. Tehnička podrška za prikaz nacrti bila bi postojeća ili eventualna nabava dodatne opreme u obliku monitora u svim radnim prostorima. Smanjenjem nabave papira i tonera za printanje potrebnih u trenutnom stanju proizvodnog procesa dodalo bi na važnosti primjene održivog načina poslovanja.

Održivi način upravljanja proizvodnjom podrazumijeva, smanjenje emisije štetnih plinova, količine fosilnih goriva, potrošene vode za proizvodnju određenog proizvoda te time očistiti nečisti zrak i lokalne rezerve vode.

Postojeće plansko vrijeme imalo bi svoje stvarno vrijeme izrade pri završetku, nakon prikupljanja dovoljne količine podataka vezane uz vrijeme početka i završetka proizvodnje, omogućila bi se standardizacija procesa. Važnost standardizacije je dnevna, mjesečna i godišnja procjena iskoristivosti kapaciteta. Također pomoću programa mogla bi se predvidjeti proizvodnja za naredne proizvodne periode, čime bi se omogućilo menadžmentu pravovremena narudžba sirovina i materijala, potreba za skladištima bi se smanjila, a time i osigurala veća površina za proizvodne prostore. U završnom poglavlju sljedi programska podrška predviđenom za integraciju sustava.

6.2. Programska podrška

Program bi sadržavao ERP sustav (Enterprise Resource Planning), to je skup računalnih programa koji digitaliziraju sve odjele poduzeća i povezuju poduzeće u jednu integralnu cjelinu. ERP služi kao podrška za izvršenje, odlučivanje, upravljanje i vođenje u poduzećima. Prvenstveno je namijenjen za poduzeća gdje je proizvodnja osnovna djelatnost. Čini ga cjelina sastavljena od modula koji pokrivaju sve funkcije poduzeća. Moduli su izmjenjivi i kombiniraju se prema potrebama poduzeća, a najčešći su planiranje, konstrukcija, proizvodnja, dokumentacija, izvješćivanje, knjigovodstvo, prodaja, skladište, nabava, itd.[39].



Slika 22. ERP sustav [39]

Prijedlog ERP programa za digitalnu transformaciju temelji se na računalstvu u oblaku. Potencijalno programsko rješenje je Pantheon Manufacture, program za vođenje proizvodnje pomoću kojega se procesi u poduzeću mogu voditi cjelovito i učinkovito. Program omogućuje praćenje i optimizaciju cijelog puta izrade proizvoda od sirovine, poluproizvoda do konačnog proizvoda. Karakteristike programa su sljedeće [40]:

- Brži i pojednostavljeni procesi – praćenje materijala, zaposlenih i operacija od sirovina do konačnog proizvoda.
- Preciznije planiranje – pregled potrebnih kapaciteta i raspoloživih radnih resursa, optimalnije planiranje.
- Preciznije određivanje rokova izvedbe – mogućnost praćenja statusa i stupnja izvedbe u roku.
- Pouzdano poslovno odlučivanje – mogućnost praćenja procesa, rokova i učinkovitosti zaposlenih u jednom sustavu. Donošenje odluka na temelju relevantnih podataka.
- Učinkovit rad odjela.

- Pregledno vođenje proizvodnih jedinica – služi za uvođenje elektroničke dokumentacije. Mogućnost povezivanja proizvodnog sustava i proizvodne jedinice.

Program sadržava sve potrebne značajke za integraciju i poboljšanje proizvodnje u PRO-KLIMI. Troškovi implementacije Pantheon Manufacture iznose 21 000 kuna, što je manje od trenutanih troškova na nabavu papira i tonera za printanje. Platforma također osigurava virtualnu memoriju, koja se može nadograđivati usljed iskorištenja kapaciteta. Implementacijom bi se omogućila potpuna digitalizacija poduzeća, reducirali troškovi i optimizirali procesi.

7. ZAKLJUČAK

Vitko upravljanje i digitalizacija svojom sinergijom omogućuju poslovnim subjektima lakšu prilagodbu poslovnim trendovima i konkurentnost na tržištu. Poboljšanja procesa ključ su uspjeha i napretka, a izravno su vezana za primjenu metoda optimizacije. U radu su spomenute razne metode optimizacije u vitkoj proizvodnji te mogućnosti optimizacije procesa digitalnom transformacijom. Detaljno su opisani alati vitkog upravljanja VSM, Kaizen i 5S.

Upotreba vitkog upravljanja poznata je poduzećima dugi niz godina, ali i danas se koristi kako bi ostvarili konkurentnost i smanjili nepotrebne troškove, što znači da i danas osigurava uspješnost poduzeća koja ga implementiraju. Razlika u korištenju vitke proizvodnje u prošlosti i danas je u prisutnosti digitalizacije koja omogućuje da su procesi u poduzeću potpomognuti tehnologijama koje dodatno poboljšavaju procese. Digitalna transformacija se može provoditi na svim odjelima poduzeća, ne samo na proizvodnom već i u financijskom i poslovnom. Visokom menadžmentu se osigurava kvalitetnije praćenje procesa radi veće baze podataka iz koje se mogu donositi pravovremene odluke za daljnje poslovanje poduzeća. Spomenuta baza podataka digitalizacijom omogućava prednost na tržištu jer se ispravnim korištenjem prikupljenih podataka može vršiti standardizacija i optimizacija procesa te se strojnom analizom mogu predvidjeti budući troškovi.

U praktičnom djelu rada napravljena je analiza procesa u poduzeću *PRO-KLIMA* gdje su izravno kroz analizu troškova prikazane prednosti digitalnog vitkog upravljanja. Poduzeća prilikom prelaska na vitko upravljanje i digitalnu transformaciju nailaze na prepreke ljudske prirode jer se zaposlenici teže prilagođavaju na promjene, naročito zaposlenici koji su pri kraju radnog vijeka. Stoga vrijeme potrebno za uvođenje ovisi o karakteru i spremnosti zaposlenika da promjeni stare navike rada i prihvati nove. Na kraju rada predložena je daljnja optimizacija procesa u poduzeću, orijentirana je na potpunu digitalizaciju poslovanja pomoću integriranog sustava koji ima zadatak povezati sve odjele u jednu funkcionalnu cjelinu.

LITERATURA

- [1] Piškor M., Kondić V.: Lean Production kao jedan od načina povećavanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu, Varaždin, 2010.
- [2] Štefanić N., Gjeldim N., Mikac T: Lean concept application in production business, Tehnički vjesnik, 2010.
- [3] Taiichi Ohno: Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity Press, Portland, Oregon, 1978.
- [4] Womack James P., Jones Daniel T.: Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Free Press, New York, 2003.
- [5] Cotteleer M., Sniderman B.: Forces of change: Industry 4.0., Deloitte Insights, 2017.
- [6] Taliaferro A., Roziere L., Ahmed U., Dayal A., Lee J.: Delivering digital talent: Preparing the logistics and distribution workforce for Industry 4.0 and the connected supply network, Deloitte Development LLC, 2018.
- [7] Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnisch M.: Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, 2015.
- [8] <https://www.kuka.com/en-ca/industries/solutions-database>
(pristupljeno 19. lipnja 2020.)
- [9] Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E.: Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing, The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems, Tokyo, 2008.
- [10] Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: The smart factory: Responsive, adaptive, connected manufacturing, Deloitte Insights, 2017.
- [11] Sikavica P.; Hernaus T.: Dizajniranje organizacije: strukture, procesi, poslovi, Novi informator, str. 299, Zagreb, 2011.
- [12] <https://www.svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/497-procesni-pristup> (pristupljeno 20. lipnja 2020.)
- [13] https://www.kpms.ru/EN_general_info/EN_process_approach.htm
(pristupljeno 20. lipnja 2020.)
- [14] Plenert G.: Reinventing Lean, Introducing Lean Management into the Supply Chain, Butterworth-Heinemann, 2006.

- [15] Manjunath M., Shiva Prasad H. C., Keerthesh Kumar K. S., Deepa Puthran: Value Stream Mapping: A Lean Tool, The International Journal Of Business & Management, 2014.
- [16] <http://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/5s/> (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [17] <https://www.5stoday.com/what-is-5s/> (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [18] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Kaizen> (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [19] http://repositorij.fsb.hr/2141/1/21_02_2013_zavrzni_sabol_mate.pdf (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [20] <http://tps-lean-posao.blogspot.com/2013/01/29-kaizen.html> (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [21] http://centroszet.hu/tananyag/minoseg%20jo/332_pdca_elv_shewartdeming_ciklus.html (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [23] <https://www.shutterstock.com/image-vector/industrial-revolution-stages-steam-power-cyber-524444983> (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [24] Schwab Klaus: The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, Geneva, 2014.
- [25] https://hr.wikipedia.org/wiki/Internet_stvari (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [26] https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf (pristupljeno 13. travnja 2020.)
- [27] Gokhale P., Bhat O., Bhat S.: Introduction to IOT, International Advanced Research Journal in Science, 2018.
- [28] Vermesan O., Friess P.: Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment, River Publishers Series in Communication, 2014.
- [29] Keyur K. Patel¹, Sunil M. Patel²: Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges, Faculty of Technology and Engineering-MSU, Vadodara, Gujarat, 2016.
- [30] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63150> (pristupljeno 14. travnja 2020.)
- [31] Lisjak D.: Primjena metoda umjetne inteligencije pri izboru materijala, Doktorski rad, FSB, Zagreb, 2004.
- [32] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=64795> (pristupljeno 14. travnja 2020.)
- [33] <https://www.hypergridbusiness.com/2015/05/sony-leads-virtual-reality-patent-race/> (pristupljeno 14. travnja 2020.)

-
- [34] Scheel O., Monahan S., Eitelwein O., Koelbli M.: Digital Lean - The Next Stage in Operations Optimization, AT Kearney, 2015.
- [35] Wagner T., Herrmann C., Thiede S.: Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems, Procedia CIRP, 2017.
- [36] <http://www.proklima.hr/hr/o-nama/povijest/> (pristupljeno 21. lipnja 2020.)
- [37] https://www.cleanroomtechnology.com/news/article_page/Wolf_acquires_Croatian_air_handling_and_ventilation_systems_manufacturer_Pro-Klima/106760 (pristupljeno 21. lipnja 2020.)
- [38] Lulić L.: Potencijali primjene integriranih sustava upravljanja u naftnoj industriji, Poslovna izvrsnost, Zagreb, 2014.
- [39] <https://cimermansoftware.hr/erp-sustavi/> (pristupljeno 25. lipnja 2020.)
- [40] <https://www.datalab.hr/pantheon/manufacture/> (pristupljeno 25. lipnja 2020.)