

Lean i pametno brodogradilište

Raič, Domagoj Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:504729>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Domagoj Ivan Raič

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

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

Student:

Domagoj Ivan Raič

Zagreb, 2021.

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

Veliko hvala prof.dr.sc. Nedeljku Štefaniću koji mi je svojim znanjem i sugestijama pomogao u pisanju završnog rada.

Također bih se zahvalio gospodinu Rajku Milošu i svim zaposlenicima brodogradilišta Kraljevica DALMONT d.o.o. na uloženom trudu i vremenu tijekom mog posjeta brodogradilištu.

Domagoj Ivan Raič



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Domagoj Ivan Raič**

JMBAG: **0035210232**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Lean i pametno brodogradilište**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Lean and Smart Shipyard**

Opis zadatka:

Pojava Industrije 4.0 i digitalnih tehnologija je proizvela disruptivne promjene u svim granama industrijske proizvodnje. Brodogradnja, kao jedna od najvažnijih prerađivačkih industrija u Hrvatskoj i Europi, prepoznala je potencijale Industrije 4.0 i pojedinih digitalnih tehnologija poput Big data, Umjetne inteligencije, Virtualne i proširene stvarnosti, Blockchaina i drugih. Jedan od mogućih pristupa povećanju efikasnosti i učinkovitosti brodogradilišta je primjena Lean alata i principa te tehnologija Industrije 4.0.

U radu je potrebno:

- Opisati Lean menadžment te sistematizirati njegove principe i alate
- Detaljno objasniti pojam Industrije 4.0
- Objasniti najmanje tri digitalne tehnologije koje su pogodne za primjenu u brodogradnji
- Postaviti koncept Lean i pametnog brodogradilišta
- Za proizvoljno odabrano brodogradilište, primijeniti koncept Lean i pametnog brodogradilišta
- Kvantificirati postignute rezultate

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

Zadatak zadan:

6. svibnja 2021.

Datum predaje rada:

2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

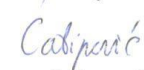
Predviđeni datumi obrane:

2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Zadatak zadao:


Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednik Povjerenstva:


Izv. prof. dr. sc. Ivan Čatipović

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
1. UVOD.....	1
2. LEAN MENADŽMENT, NJEGOVI PRINCIPI I ALATI	2
2.1. Lean menadžment	2
2.2. Principi Lean menadžmenta	5
2.2.1. Vrijednost iz perspektive kupca	6
2.2.2. Tok vrijednosti	6
2.2.3. Protočnost	7
2.2.4. Povlačenje (PULL)	7
2.2.5. Težnja ka izvrsnosti	8
2.3. Alati Lean menadžmenta	8
2.3.1. Kanban	8
2.3.2. Kaizen	13
2.3.3. Poka Yoke	17
2.3.4. SMED(Single-Minute Exchanger of Dies) [16]	21
3. INDUSTRIJA 4.0	25
3.1. Kibernetičko-fizički proizvodni sustavi [22]	27
3.2. Internet stvari [24].....	28
3.3. Internet usluge.....	28
3.3.1. Koncept Web 2.0	28
3.3.2. Servisno orijentirana arhitektura - SOA.....	29
4. Digitalne tehnologije koje su pogodne za primjenu u brodogradnji	30
4.1. Big data u brodogradnji [28].....	30
4.1.1. Primjena velikih skupova podataka u pomorskoj industriji.....	30
4.1.2. Primjena velikih skupova podataka u logistici i transportu	30
4.1.3. Unapređenje energetske učinkovitosti	31
4.1.4. Unapređenje sigurnosti	31
4.2. Virtualna i proširena stvarnost u brodogradnji [29].....	31
4.2.1. Marketing	32
4.2.2. Pregled dizajna brodske konstrukcije	32
4.2.3. Obuka zasnovana na igrama za pomorsku sigurnost	33
4.2.4. Trening za pilote baziran na simulacijama	34
4.2.5. Podrška za održavanje broda.....	34
4.3. BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJA U BRODOGRADNJI [30]	35
4.3.1. Svojstva i principi Blockchain tehnologije	35
4.3.2. Tipovi blockchain mreža.....	38
4.3.3. Blockchain tehnologija u pomorskoj industriji.....	38

5. Koncept Lean i pametnog brodogradilišta.....	41
5.1. Faze implementacije koncepta Lean i pametnog brodogradilišta	42
5.1.1. Definiranje problema i ciljevi koji se žele postići implementacijom.....	42
5.1.2. Definiranje ulaznih podataka i modeliranje koncepta implementacije	43
5.1.3. Uspostavljanje i provjera odabranog modela implementacije	43
5.1.4. Evaluacija i poboljšavanje odabranog optimalnog modela implementacije	44
5.2. Pristup implementaciji koncepta	44
6. PRAKTIČNI DIO	46
6.1. Primjena koncepta Lean i pametnog brodogradilišta.....	46
6.2. O poduzeću	46
6.3. Primjena Lean alata 5S u proizvodni proces brodogradilišta Kraljevica DALMONT d.o.o.....	49
6.3.1. SORTIRANJE.....	49
6.3.2. RED.....	51
6.3.3. ČIŠĆENJE	55
6.3.4. STANDARDIZACIJA.....	56
6.3.5. SAMODISCIPLINA.....	57
6.4. PRIMJENA DIGITALNOG ALATA ZA LAKŠE VOĐENJE PROJEKATA.....	58
6.4.1. Uvođenje programa Microsoft Project.....	58
7. ZAKLJUČAK.....	62

POPIS SLIKA

Slika 1.	Principi Lean menadžmenta [38]	5
Slika 2.	Potrošnja vremena u loše organiziranoj proizvodnji [5]	6
Slika 3.	Prikaz Kanban ploče [7]	10
Slika 4.	Primjer primjene koncepta 5 x zašto [37]	15
Slika 5.	Primjer Ishikawa dijagrama [37]	16
Slika 6.	Demingov Krug [37]	17
Slika 7.	Primjena alata Poka Yoke[14].....	19
Slika 8.	Batiskaf[14]	20
Slika 9.	Pravilno označavanje alata [16]	23
Slika 10.	Prikaz koraka implementacije SMED metode [16].....	23
Slika 11.	3D prikaz vjetroelektrane [29]	32
Slika 12.	Dizajn brodske konstrukcije [29]	33
Slika 13.	Virtualna aplikacija za gašenje požara [29]	33
Slika 14.	Obuka kapetana kroz virtualne simulacije uvjeta plovidbe [29].....	34
Slika 15.	Lean i digitalna transformacija.....	45
Slika 16.	Brodogradilište Kraljevica DALMONT d.o.o.	47
Slika 17.	Putnički brod DA-06 [35].....	48
Slika 18.	Materijal koji više nije za upotrebu.....	49
Slika 19.	Stare cijevi.....	50
Slika 20.	Komponente nisu sistematski posložene.....	51
Slika 21.	Prostorija s alatima	52
Slika 22.	Dobro organizirano radno mjesto.....	53
Slika 23.	Police s materijalima i alatima	54
Slika 24.	Radno mjesto u stolarskoj radionici	55
Slika 25.	Kompresor zraka	55
Slika 26.	Pribor za čišćenje.....	56
Slika 27.	Početni prikaz Microsoft Projecta [37]	58
Slika 28.	Microsoft Project [37]	59
Slika 29.	Ganttov dijagram [37]	60

POPIS TABLICA

Tablica 1. Dio kontrolne liste prije izmjene alata [16].....	24
Tablica 2. Dio kontrolne liste nakon izmjene alata[16]	24

SAŽETAK

Tema ovog rada je optimizacija proizvodnih brodograđevnih procesa primjenom alata Lean menadžmenta i Industrije 4.0. U prvom dijelu rada sistematiziraju se principi Lean menadžmenta i detaljno su predloženi njegovi alati. U nastavku rada je temeljito objašnjen pojam Industrije 4.0, koje su prednosti koje ona donosi te kako će razvoj digitalnih tehnologija i njihova implementacija utjecati na razvoj gospodarstva u svijetu. Nakon dobivanja kvalitetne teorijske podloge kroz prvi dio rada, u drugom dijelu rada praktično je primijenjeno usvojeno znanje postignuto pregledom i detaljnom analizom navedene literature. Razrađen je koncept implementacije Leana i Industrije 4.0 u proizvodni brodograđevni proces. Kreiran je prijedlog Lean i digitalne transformacije proizvodnog brodograđevnog procesa za postizanje veće produktivnosti i efikasnosti kroz razradu detaljnog plana implementacije Lean alata 5S i softverskog programa Microsoft Project.

Ključne riječi: principi i alati Lean menadžmenta, Industrija 4.0, digitalne tehnologije

SUMMARY

The topic of this paper is the optimization of production shipbuilding processes using the tools of Lean Management and Industry 4.0. In the first part of the paper, the principles of Lean management are systematized and its tools are presented in detail. In the continuation of the paper, the concept of Industry 4.0 is thoroughly explained, what are the advantages it brings and how will the development of digital technologies and their implementation affect the development of the world economy. After obtaining quality theoretical background through the first part of the paper, in the second part of the paper the acquired knowledge was practically applied by reviewing and detailed analysis of the listed literature. The concept of implementation of Lean and Industry 4.0 in the shipbuilding production process has been developed. A proposal for Lean and digital transformation of the production shipbuilding process was created to achieve higher productivity and efficiency through the elaboration of a detailed implementation plan for the Lean tool 5S and the Microsoft Project software program.

Key words: principles and tools of Lean management, Industry 4.0, digital technologies

1. UVOD

U današnje vrijeme tvrtke su konstantno u potrazi za kvalitetnim poslovnim rješenjima koji će ih istaknuti i staviti ispred konkurencije. Ako pričamo o konkurentnosti u razgovoru svakako moramo spomenuti primjenu Lean metodologije i prednosti koje nam može donijeti implementacija digitalnih tehnologija koje se pojavljuju razvojem Industrije 4.0.

Upotreba Lean principa i alata u uvjetima suvremenog poslovanja poduzećima donosi mnoge prednosti. U odnosu na tradicionalne poslovne sustave Lean menadžment umanjuje mogućnost grešaka i zastoja u poslovanju te se upotrebom njegovih alata nastoji stvoriti što veća vrijednost za kupce sa što manje utrošenih resursa.

Pojava Industrije 4.0 i digitalnih tehnologija je proizvela disruptivne promjene u svim granama industrijske proizvodnje. Brodogradnja kao jedna od najvažnijih prerađivačkih industrija u Hrvatskoj i Europi, prepoznala je potencijale Lean alata, Industrije 4.0 i pojedinih digitalnih tehnologija poput Big data, Umjetne inteligencije, Virtualne i proširene stvarnosti, Blockchaina i drugih. Jedan od mogućih pristupa povećanju efikasnosti i učinkovitosti brodogradilišta je primjena Lean alata i principa te tehnologija Industrije 4.0.

2. LEAN MENADŽMENT, NJEGOVI PRINCIPI I ALATI

2.1. Lean menadžment

Lean menadžment je poslovna filozofija usmjerena na stvaranje što veće vrijednosti uz primjenu superiornih procesa poslovanja. Riječ je o najraširenijem menadžerskom konceptu današnjice i primjenjuje se gotovo u svakoj industriji. Oni koji razmišljaju na Lean način trude se spoznati što za kupca znači vrijednost i svoje napore ulažu u stvaranje vrijednosti koja će imati što manju količinu otpada i nedostataka. Neovisno o veličini tvrtke, svi gledaju prema budućnosti s neizvjesnošću. Tržišta se mijenjaju i sve su zahtjevnija pa se u takvim uvjetima tvrtke suočavaju s velikim pritiscima i prijetnjama dok im se u isto vrijeme otvaraju mogućnosti i prilike koje vlasnici i menadžeri pokušavaju prije drugih uočiti i iskoristiti. Zahtjevi suvremenih uvjeta poslovanja su orijentirane na način da ako tvrtke žele opstati moraju biti fokusirane na kupce i težiti postizanju poslovne izvrsnosti, posebno u uvjetima krize. Lean menadžment je jedan od načina postizanja tog fokusa. Vitka proizvodnja je filozofija upravljanja poslovnim procesima koja je prepoznatljiva po tome što fokus stavlja na smanjenje osam tipova gubitaka, a zadatak joj je povećanje vrijednosti. Vitka proizvodnja je suprotan pojam od načela masovne proizvodnje koja u zapadnoj industriji predstavlja velike proizvodne sustave s velikim zalihama, velikim proizvodnim serijama, te prekidima i čekanjima u proizvodnom procesu. Vitku proizvodnja predstavlja i pet principa koji zajedno sa osam gubitaka pružaju okvir za upravljanje proizvodnjom na temelju vitke proizvodnje.

Filozofiju vitkog upravljanja većina koristi kao set alata koji pomažu pri identificiranju i kontinuiranom otklanjanju gubitaka, a onda iz toga proizlazi poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenje vremena proizvodnje i sniženje troškova. [1]

Vrste gubitaka

Prekomjerna proizvodnja

Označava ju stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržište, stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva ili koja se kasnije neće ni koristiti, loše predviđanje prodaje i slanje uputa prema previše ljudi.

Čekanje

Vrijeme koje materijal provede čekajući sljedeću operaciju, čekanje na podatke, čekanje radnika na strojevima ili na materijal. Potrebno je detaljno proučiti radnje u operacijama te se sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju.

Transport

Nepotrebno kretanje materijala između operacija ili između skladišnih površina, neuspješna komunikacija, nepouzdanost informacija. Potrebno napraviti bolji raspored pojedinih operacija.

Prekomjerna obrada

Karakterizira ju predetaljna obrada, predimenzionirani strojevi te loš dizajn proizvoda koji zahtjeva previše koraka obrade.

Zalihe

Usljed prekomjerne proizvodnje dolazi do stvaranja nepotrebnih zaliha, zaliha škarta te nepotrebnog transporta

Nepotrebne kretnje

Do nepotrebnog kretanja dolazi zbog lošeg rasporeda strojeva, ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija. Neke stvari se moraju raditi ručno kako bi se kompenzirali nedostaci proizvodnje.

Škart

Do škarta dolazi zbog loše kontrole kvalitete, lošeg održavanja strojeva i nepotpunih, netočnih i nepravodobnih informacija.

Vještina zaposlenika

Pod tom osmom vrstom gubitka misli se na to što zaposlenici nisu uključeni u procese kontinuiranog poboljšavanja kvalitete rada, nedostaje adekvatna edukacija i pojedine uloge u kompaniji nisu jasno određene. [2]

Postoji zablude kako se Lean može implementirati samo u proizvodnim organizacijama što naravno nije točno. Lean pristup može se primijeniti u svim djelatnostima i u svim organizacijskim strukturama. Same organizacijske strukture mogu biti predmet promjena uslijed primjene Lean poslovanja. Lean načinom razmišljanja reduciramo nepotrebne korake u aktivnostima koje stvaraju, ali i u aktivnostima koje ne stvaraju vrijednost za kupce. Aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost za kupca su proizvodnja proizvoda, provjera kvalitete i kvantitete,

isporuka proizvoda, isporuka usluga, razvoj ambalaže, ispunjavanje obrazaca, kontakti s kupcima, prodaja, kontakti s dobavljačima, marketing, odgovaranje na pitanja kupaca. Sve te aktivnosti ne označavaju isključivo proizvodnju. Proizvodnja u organizaciji uopće ne mora postojati. Kad se postigne što manje otpada, oštećenja, zastoja, zaliha, papirologije, pogrešaka, izostajanja s posla, dezinformacija tada se može zaključiti da se organizacija kreće Lean putem. Lean metodologija je još uvijek više zastupljena u proizvodnom sektoru, ali se sve više primjenjuje i u uslužnom sektoru. Usvajanje principa Lean metodologije mijenja način reagiranja tvrtke na neki problem u poslovanju. Na primjer maloprodajne trgovine u današnje vrijeme pružaju kupcima veći izbor nego ikad prije. Lean metodologija u maloprodaji uključuje manje, ali češće narudžbe i brzo nadopunjavanje zaliha. Primjer toga je španjolski modni lanac Zara koja svakih nekoliko dana isporučuje robu trgovinama diljem svijeta, a nekada se roba isporučivala jednom u sezoni. Veoma je kratak vremenski period od trenutka od kad se komad odjeće dizajnira do trenutka kada se isporuči u trgovinu. To omogućuje Zari da prati modne trendove i prilagođava svoju odjeću sukladno zahtjevima tržišta. [1]

Danas je konkurencija ta koja određuje većinu pravila stoga se tvrtke moraju truditi da bi mogle predvoditi konkurenciju ili barem biti u vrhu jer takav položaj omogućava profit i opstanak na tržištu. Činjenica je da je to izuzetno težak zadatak i samo mali postotak u tome i uspijeva, a upravo je Lean sustav upravljanja način na koji se transformacija može uspješno provesti. Takva transformacija zahtijeva veliku volju i predanost svih zaposlenika. Promjena mora proći kroz sve odjele tvrtke, a još važnije, mora proći kroz ljude u tim odjelima. Način razmišljanja i vođenja poslovanja se mora promijeniti. Iz navedenog možemo zaključiti kako su temelj uspješne Lean transformacije upravo vlastiti zaposlenici. U trenutku kada direktor dobije potporu i razumijevanje svojih zaposlenika, napravljeno je pola posla. Druga polovica će doći u određenom vremenu kroz predani rad. Svaki zaposlenik mora doprinijeti Lean transformaciji. Da bi do toga došlo, zaposlenike se mora animirati i uvjeriti da su oni najvažniji resurs tvrtke bez kojeg se promjene neće moći dogoditi. Moraju imati razumijevanja i da je proces u koji se upuštaju dugoročno dobar i isplativ, kako za cijelu tvrtku, tako i za svakog od njih.

Lean menadžment je kreiranje veće vrijednosti za kupca sa što manje resursa. Lean organizacija mora znati koje vrijednosti njihovi kupci zahtijevaju te ključne procese fokusira na način da kontinuirano dodaje vrijednost i eliminira gubitke. Cilj je iz radnog procesa učiti i naučeno primijeniti u svrhu napretka. [1]

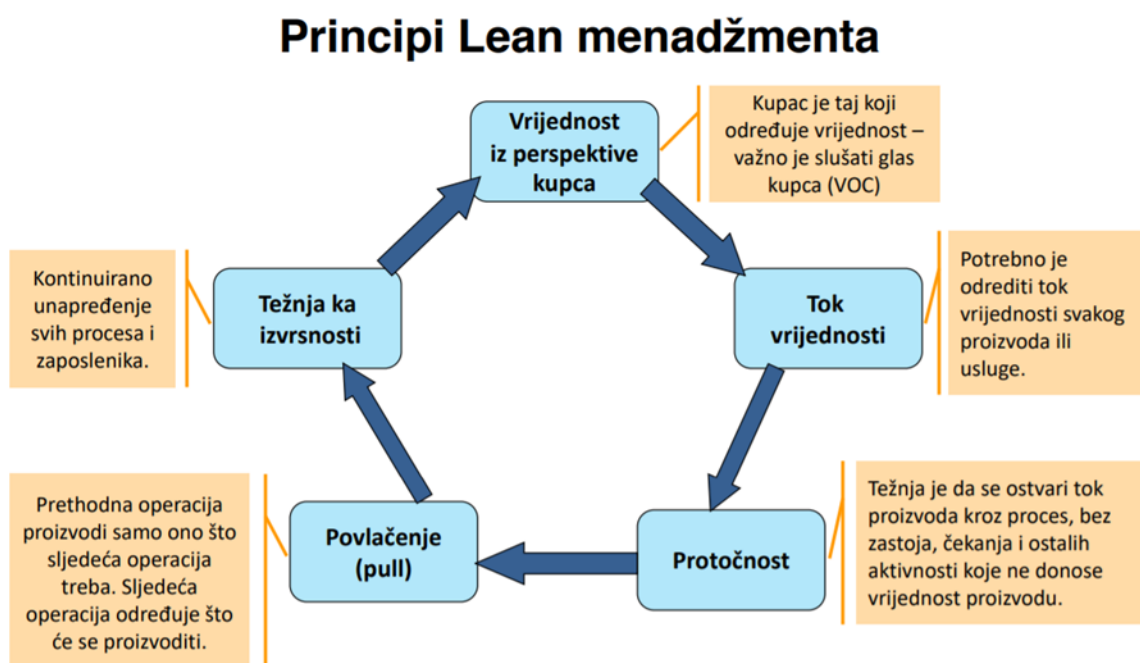
Lean menadžment ima 3 ključne sastavnice:

- 1) **Efikasnost tijekom poslovnog procesa**
- 2) **Transparentnost poslovnog procesa**
- 3) **Tvrtke stalno uče i time postižu konkurentne prednosti**

Lean donosi principe i alate koji doprinose tome da se na kvalitetan i brz način odgovara na sve promjene te da se istovremeno razmišlja što se sve može raditi bolje. Riječ je o konkretnim principima i alatima koji doprinose radu na učinkovitiji način, isključujući nepotrebno trošenje resursa i vremena. Postoje razni alati optimizacije procesa u vitkoj proizvodnji kao i mogućnosti optimizacije digitalnom transformacijom koja omogućuje da su procesi u tvrtkama potpomognuti tehnologijama koje dodatno optimiziraju procese. Digitalna transformacija se može provoditi u svim odjelima tvrtke čime se menadžmentu osigurava kvalitetnije praćenje procesa zbog veće baze podataka iz koje se mogu donositi pravovremene odluke za daljnje poslovanje. [1]

2.2. Principi Lean menadžmenta

Womack i Jones definirali su pet principa Lean proizvodnje u svojoj knjizi "The Machine That Changed the world". Pet principa smatraju se receptom za poboljšanje učinkovitosti na radnom mjestu.



Slika 1. Principi Lean menadžmenta [38]

2.2.1. Vrijednost iz perspektive kupca

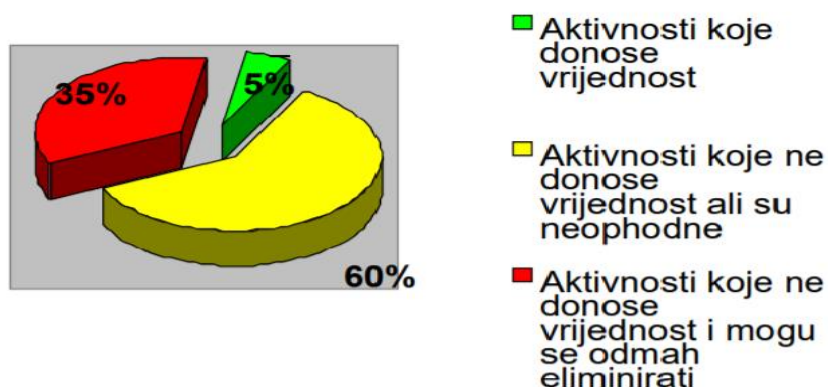
Vrijednost leži u problemu koji pokušavate riješiti za kupca. Točnije u dijelu rješenja koji je vaš kupac spreman platiti. Bilo koja druga aktivnost ili postupak koji ne donosi vrijednost krajnjem proizvodu smatra se otpadom. Najvažnije je otkriti stvarne ili sakrivene potrebe kupca. Ponekad kupci možda ne znaju što žele ili to ne mogu objasniti. To je osobito uobičajeno kada su u pitanju novi proizvodi ili tehnologije. Postoje mnoge tehnike kao što su intervjui, ankete, demografske informacije i web analize koje mogu pomoći u dešifriranju i otkrivanju onoga što kupci smatraju vrijednim. Pomoću ovih kvalitativnih i kvantitativnih tehnika može se otkriti što kupci žele, kako žele isporuku proizvoda ili usluge i cijenu koja im je za proizvod prihvatljiva. [4]

2.2.2. Tok vrijednosti

Ovo je točka u kojoj doslovno treba mapirati tijek rada svoje tvrtke. Mora uključivati sve radnje i ljude uključene u isporuku krajnjeg proizvoda kupcu. Na taj ćemo način moći identificirati koji dijelovi procesa nemaju vrijednost. Primjena Lean principa mapiranja toka vrijednosti pokazat će gdje se vrijednost generira i u kojem omjeru različiti dijelovi procesa proizvode ili ne proizvode vrijednost. Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost dijele se na:

- 1) Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, ali su neophodne
- 2) Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i nisu neophodne

Druga kategorija je čisti otpad i treba ga eliminirati, a prvi treba smanjiti što je više moguće. Smanjivanjem i uklanjanjem nepotrebnih procesa ili koraka možete osigurati da korisnici dobivaju upravo ono što žele, a istovremeno smanjiti troškove proizvodnje tog proizvoda ili usluge. [5]



Slika 2. Potrošnja vremena u loše organiziranoj proizvodnji [5]

Kad se mapira tok vrijednosti, bit će puno lakše vidjeti koji su procesi u vlasništvu kojih timova i tko je odgovoran za mjerenje, vrednovanje i poboljšanje tog procesa. Ova šira slika omogućit će da se otkriju koraci koji ne donose vrijednost i njihovo uklanjanje. [4]

2.2.3. Protočnost

Nakon što je otpad uklonjen iz toka vrijednosti, sljedeći korak je osigurati da preostali koraci teku nesmetano, bez prekida, kašnjenja ili uskih grla. Koraci koji stvaraju vrijednost trebaju se odvijati bez praznog hoda kako bi proizvod ili usluga tekli glatko prema kupcu. To zahtijeva razbijanje razmišljanja na način da svaki odjel radi za sebe i ne dijeli informacije s drugim odjelima i ulaganje napora da svi odjeli međusobno surađuju, što može biti jedan od najvećih izazova za prevladavanje Lean programa. Međutim, studije pokazuju da će to također dovesti do ogromnih dobitaka u produktivnosti i učinkovitosti, ponekad čak do 50 postotnog poboljšanja ili više. [6]

2.2.4. Povlačenje (PULL)

U proizvodnom procesu po principu povlačenja narudžba kupca pokreće aktivnosti u procesu. Proizvodnja ne počinje dok to nije zatraženo od strane kupca. Aktivnosti se provode samo kada je to potrebno i kada je iduća operacija spremna prihvatiti radni komad iz prethodne operacije. Povlačenje je usko povezano sa stvaranjem protoka, zahtijeva od tvrtki korištenje proizvodnih sustava zasnovanih na povlačenju. Tradicionalni proizvodni sustavi koriste sustav “guranja” (PUSH) prema kupcu koji započinje kupnjom potrošnog materijala i nastavlja guranjem materijala kroz proizvodni proces, čak i kad nema narudžbe. Iako je push sustave lako stvoriti, oni često rezultiraju velikim količinama materijala između ulaza i izlaza proizvodnog procesa. Sustav za povlačenje, međutim, povlači narudžbu kupca iz skladišta za otpremanje, koja zatim potiče proizvodnju novih artikala i signalizira da je potrebno kupiti dodatne zalihe. Lean proizvodni alati poput Kanbana koji ćemo u nastavku detaljnije obraditi mogu pomoći tvrtkama da uspostave sustav povlačenja za kontrolu protoka materijala u proizvodnom sustavu. Koristeći pull sustav poduzeća će imati brži odgovor na neočekivane potrebe u potražnji. Smanjuju se zalihe gotovih proizvoda te zalihe između pojedinih operacija.

Osnovni preduvjeti za sustav povlačenja su:

- Visoka pouzdanost i efikasnost strojeva
- Proizvodnja bez grešaka
- Standardizirane operacije i procedure
- Brza izmjena i namještanje alata

- Dobar razmještaj strojeva
- Proizvodnja u taktu [4] [5]

2.2.5. *Težnja ka izvrsnosti*

Cilj Lean-a jest zadovoljiti zahtjeve kupca na efikasan način, odnosno stvoriti dobro organizirano poduzeće kroz kontinuirani proces učenja i konstantnog unapređenja svih zaposlenika. Lean omogućuje menadžerima da otkriju neučinkovitosti u svojoj organizaciji i pruže bolju vrijednost korisnicima. Principi potiču stvaranje boljeg tijeka u radnim procesima i razvoj kulture stalnog poboljšanja. Prakticiranjem svih 5 principa, organizacija može ostati konkurentna, povećati vrijednost isporučenu kupcima, smanjiti troškove poslovanja i povećati njihovu profitabilnost. [4]

2.3. **Alati Lean menadžmenta**

Snaga Leana je u tome što obuhvaća kompletnu tvrtku i svi njegovi alati su primjenjivi u svim djelatnostima i u svim odjelima. Lean predstavlja pojam vitkog poduzeća. Pojam vitak znači da se brojnim Lean alatima iz poslovanja izbacuje sve ono što ga opterećuje i ne donosi dodanu vrijednost ili ne povećava vrijednost isporučenu kupcu. Neki od najvažnijih alata su Kanban, Kaizen, Poka Yoke, SMED i 5S.

2.3.1. *Kanban*

Kanban je alat Lean menadžmenta. Krajem četrdesetih godina 20. stoljeća razvio ga je inženjer i biznismen Taiichi Ohno u Toyoti u svrhu razvoja automobilske industrije u Japanu. Stvoren je kao jednostavan sustav planiranja, čiji je cilj bio optimalni nadzor i upravljanje radom i zalihama u svakoj fazi Lean proizvodnje. Ključni razlog za razvoj Kanban metodologije bila je nezadovoljavajuća produktivnost i efikasnost Toyote u usporedbi s američkim automobilskim konkurentima. Kanban metodologijom Toyota je postigla fleksibilnost i efikasnost sustava kontrole proizvodnje koji je rezultirao povećanjem produktivnosti, istovremeno smanjujući trošak sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda. Kanban je vremenom postao efikasan način upravljanja raznim proizvodnim sustavima. Kanban menadžerima projekata omogućava efikasno upravljanje i praćenje svojih projekata. Odrađivanje posla na brz i efikasan način veoma često može biti izazovno. Kanban metodologija predlaže pristup upravljanja s kontinuiranim poboljšanjem bez preopterećenja razvojnog tima koji se fokusira na produktivnost i efikasnost. Ovim ilustrativnim pristupom napredak cijelog projekta može se lako razumjeti na prvi pogled. Kanban sustav kontrolira cjelokupni lanac vrijednosti od

dobavljača do krajnjeg potrošača. Na ovaj način pomaže u izbjegavanju problema opskrbe i prekomjernog skladištenja robe u različitim fazama proizvodnog procesa. Kanban metodologija zahtjeva kontinuirano praćenje procesa. Posebno treba posvetiti pažnju kako bi se izbjegla uska grla koja mogu usporiti proizvodni proces. Cilj je s kraćim rokovima isporuke postići veću produktivnost. Gotovo svaka poslovna funkcija može imati koristi od primjene principa Kanban metodologije.

Specifična karakteristika Kanban metodologije je njegoa kompatibilnost s postojećim organizacijskim postavkama. Za razliku od drugih popularnih alata, Kanban vjeruje u uvođenje vrlo malih, ali značajnih promjena u postojeći koncept. Ovaj pristup posebno odgovara tradicionalnijim organizacijama gdje se hijerarhija i uloge funkcionalnih menadžera smatraju posebno važnim. [7]

Kanban ploča

Kanban metodologija zasniva se na korištenju Kanban *ploče*. To je alat koji vizualizira čitav projekt kako bi se jednostavno pratio njegov tok. Kroz ovaj grafički pristup novi član može razumjeti što se trenutno događa, koji su zadaci završeni, a koji zadaci se tek trebaju realizirati u budućnosti. [7]

Kanban sustavi su jednostavni po dizajnu i fleksibilni po prirodi. Jednostavnim definiranjem koraka procesa u kolone i dokumentiranjem radnih zadataka karticama možete početi prepoznavati prednosti Kanban metodologije. [7]

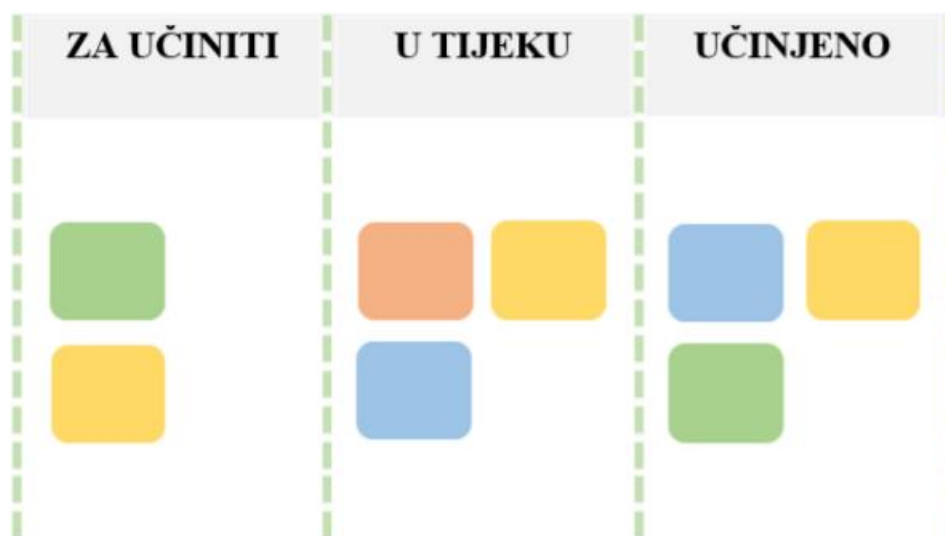
Ono što Kanban ploču čini posebnom je njezina jednostavnost i sposobnost da se projekt prikaže na praktičan način. Svaka kolona je faza projekta tako da članovima tima i menadžeru daje pregled na prvi pogled. Timovi mogu vidjeti koji zadaci su im dodijeljeni, a menadžeri mogu pratiti napredak zadataka na projektu.

Osnovni elementi Kanban ploče su:

- Kolone – predstavljaju definirane korake u procesu
- Kartice – predstavljaju radne zadatke koji se kreću kroz proces

Kanban ploča ukazuje na:

- zadatke koje treba obaviti u budućnosti
- trenutne zadatke koji se izvršavaju
- zadatke koji su završeni



Slika 3. Prikaz Kanban ploče [7]

Podijeljene kolone su međusobno povezane i zadaci se postepeno povlače iz krajnje lijeve kolone koja predstavlja zadatke koje treba izvršiti u krajnju desnu kolonu koja predstavlja izvršene zadatke. Kanban sustav mjeri radni ciklus koji se završava principom Work in Progress (WIP). WIP ima određena ograničenja i unaprijed definiran specifični status. Za sam tim je izuzetno bitno da se zadatke u tijeku izvršava po propisanom redosljedu. [7]

WIP ograničenja

Kanban metodologija zahtjeva stroga ograničenja obujma nedovršenog posla u bilo kojem trenutku. Timovi dodjeljuju ograničenje broju kartica u bilo kojoj koloni aktivnog rada. Kada je ograničenje ispunjeno, nijedan novi zadatak ne može ući u kolonu dok se zadatak ne dovrši i premjesti u sljedeću kolonu. Ovaj sustav pomaže timovima da identificiraju uska grla i potiče članove timova da se okupe kako bi ih ispravili. [7]

Kanban kolone

Kao što je gore već spomenuto, kolone se nalaze na ploči i predstavljaju način za razbijanje različitih faza u toku projekta. Kartice su organizirane pod naslovima kolona i premještaju se u sljedeću kolonu desno da bi se naznačilo gdje su u proizvodnom ciklusu. [7]

Kartice Kanban

Kanban kartice se postavljaju na Kanban ploči i svaka predstavlja individualni zadatak. Svaka kartica je ispunjena informacijama vezanim za taj zadatak, poput njenog naziva i kratkog opisa.

Ovako prikazani zadaci će biti dodijeljeni članovima projektnog tima koji su od tog trenutka odgovorni za njihovo izvršavanje do zadanog roka.

Na prednjoj strani Kanban kartice potrebno je unijeti detalje koji olakšavaju svakom tko promatra ploču da razumije ključne detalje tog projektnog zadatka.

Detalji projektnog zadatka su:

- Naziv – ukazuje na to o kojem se projektnom zadatku radi
- Dodjela kartice – tko radi na tom zadatku
- Tip kartice – o kakvom se poslu radi
- Datum dospijeca – definirani rok dospijeca za taj radni zadatak

Detaljnije informacije Kanban kartice su:

- Opis kartice – što je točno uključeno u konkretni projektni zadatak i koji je cilj ili željeni krajnji rezultat
- Prilozi ili datoteke – da li postoje dokumenti, veze ili vizualni elementi koji su korisni za dovršavanje ovog radnog zadatka
- Povijest komentara – komentari koje je tim dodao [7]

PRINCIPI KANBAN METODOLOGIJE

Kanban metodologija prati niz principa za upravljanje i poboljšanje poslovnih procesa. To je evolucijska metoda koja promovira postepena poboljšanja procesa organizacije. Ako se ovi principi slijede, može se uspješno koristiti Kanban za maksimiziranje prednosti poslovnog procesa.

Četiri osnovna principa Kanban metodologije:

- Pokretanje postojećeg toka posla
- Pristajanje na postepene promjene
- Poštivanje trenutne uloge, odgovornosti i naziva poslova
- Poticanje liderstva na svim nivoima

Pokretanje postojećeg toka posla

Kanban metoda snažno naglašava da se postojeće postavke ili procesi ne mijenjaju odmah. Kanban metodologija se mora primijeniti direktno na trenutni tok posla. Sve postepene promjene mogu se odvijati postepeno tijekom određenog vremenskog perioda.

Pristajanje na postepene promjene

Kanban metodologija potiče na male postepene promjene umjesto na radikalne promjene koje bi mogle dovesti do otpora u timu i tvrtki. Sve potrebne promjene mogu se odvijati postepeno tijekom određenog vremenskog perioda tempom koji timu odgovara.

Poštivanje trenutnih uloga, odgovornosti i naziva poslova

Kanban sam po sebi ne nameće nikakve organizacijske promjene. Nije potrebno mijenjati postojeće uloge i funkcije koje se možda dobro izvode. Tim će zajednički identificirati i primijeniti sve potrebne promjene. Ova tri principa pomažu tvrtkama da prebrode tipični emocionalni otpor i strah od promjena koji obično prate bilo kakve inicijative za promjene u tvrtki.

Poticanje liderstva na svim nivoima

Kanban metodologija potiče kontinuirano usavršavanje na svim nivoima organizacije i po ovoj metodologiji lideri ne moraju poticati samo od viših menadžera. Ljudi na svim nivoima mogu doprinijeti idejama i na taj način pokazati interes za provođenje promjena kako bi kontinuirano poboljšavali način na koji isporučuju svoje proizvode i usluge.

Timovi koji primjenjuju Kanban mogu se pohvaliti sljedećim vrijednostima:

- **Transparentnost** – otvoreno razmjenjivanje informacija korištenjem jasnog i svima prihvatljivog jezika poboljšava protok poslovne vrijednosti
- **Ravnoteža** – različiti aspekti, pogledi i sposobnosti moraju biti uravnoteženi za postizanje efikasnosti
- **Suradnja** – Kanban metodologija je stvorena da poboljša način na koji ljudi zajedno rade
- **Fokus na kupcu** – Kanban sustav ima za cilj optimizaciju toka vrijednosti za kupce koji su van sustava, ali mogu biti interni ili eksterni u odnosu na organizaciju u kojoj sustav postoji
- **Tijek posla** – jasno definirati kako će teći projektni zadatak
- **Liderstvo** – sposobnost poticanja drugih da djeluju primjerima, riječima i razmišljanjem potrebno je na svim nivoima kako bi se ostvarilo kontinuirano poboljšanje koje donosi vrijednost
- **Razumijevanje** – individualno i organizacijsko poznavanje polazne točke neophodno je za napredak i poboljšanje

- **Dogovor** – svi koji su uključeni u sustav posvećeni su poboljšanju i slažu se da se zajednički kreću prema ciljevima poštujući i uvažavajući razlike u mišljenjima i pristupu
- **Poštovanje** – ova metodologija potiče razumijevanje i pokazivanje obzira prema ljudima [7]

2.3.2. *Kaizen*

Iako svoje porijeklo vodi iz japanskog tradicionalnog vrijednosnog sustava i kulture iz perioda od 17. do polovine 20. stoljeća, Kaizen je zapravo moderna poslovna filozofija. Počeci njenog uspona u poslovnom svijetu pojavljuju se krajem 20. stoljeća kada su američki poslovni analitičari proučavali razloge uspjeha japanske autoindustrije. Proučavajući uspjeh Toyote na svjetskom, a posebno američkom automobilskom tržištu došli su do zaključka da produktivnost Japanaca proizlazi iz načela koje je 1991. godine definirao osnivač Kaizena Masaki Imai koji je osnivač Kaizen instituta u Tokiju. Zasniva se na tvrdnji da nijedan dan u kompaniji ne smije proći bez ikakvog poboljšanja. Kaizen kao pristup razvoja kompanija koristi politiku malih koraka. Prvi put primijenjen je poslije drugog svjetskog rata u Toyoti koja je bila gotovo razrušena i uništena. Ovoj kompaniji je omogućio da se postepeno razvije u vodeću korporaciju sa statusom simbola kvalitete u automobilskoj industriji. Toyota je zasnovana na postepenom, ali kontinuiranom i stabilnom razvoju te stalnom usavršavanju svih aktivnosti vezanih za realizaciju postavljenih ciljeva. Ovakva poslovna filozofija se pokazala veoma uspješnom, kako u razvoju kompanije, tako i u osobnom razvoju zaposlenika. Imai je analizirajući uspjeh Toyote istaknuo značaj Lean menadžmenta u ovoj kompaniji gdje su radnici motivirani da svakodnevno unaprjeđuju svoja znanja, ali i da predlažu inovacije. Na toj osnovi je Eiji Toyoda bivši predsjednik ove kompanije kreirao i interni slogan Toyote koji glasi „U Toyoti Kaizen je u zraku“. Za Kaizen kao suvremenu poslovnu filozofiju njen utemeljitelj je rekao da predstavlja stalni rad na tome da čovjek bude bolji. Dakle Kaizen je prije svega svakodnevno i kontinuirano poboljšanje. Ako je pojedinac bolji nego prije tri mjeseca, a za tri mjeseca ostane na istom nivou, onda to nije Kaizen. Kaizen je poboljšanje svih, ne samo na nivou radnika u proizvodnji, već i upravljanja, menadžmenta, marketinga i ostalim nivoima. Kaizen je mala promjena, ali kad se primjeni na strategiju ona je velika strateška promjena. Primjenu principa Kaizena moguće je provesti samo postepeno i potrebno je vrijeme i strpljenje. Konkretna način uvođenja Kaizena uvjetovan je mogućnošću za promjene u tvrtki, a time i u organizacijskoj strukturi. [8]

Implementacija Kaizena je proces koji može teći u dva smjera:

- 1) odozgo prema dolje (top-down) - u okviru procesa odozgo prema gore gornji menadžerski sloj pokreće i potiče uvođenje, postavlja vizije i definira ciljeve, provjerava napredak u primjeni i postizanje ciljeva, u konfliktnim situacijama posreduje, smiruje i odlučuje
- 2) odozdo prema gore (bottom -up) - prilikom procesa odozdo prema dolje naglašava se da su svi radnici odgovorni za primjenu Kaizena i za stalno poboljšanje. Sugestijama se aktivno uključuju u unapređenje kvalitete rada u tvornici. Srednji menadžment ima funkciju veze. S jedne strane potiču zadane ciljeve top menadžmenta, pomažu pri uvođenju i provjeravaju napredak. S druge strane, otvoreni su za ideje i zahtjeve zaposlenih i izvještavaju top menadžment o prijedlozima za poboljšanje. [8]

U okviru svih kompanija koje su uvele Kaizen radnici se ohrabruju da daju svoje sugestije za poboljšanje poslovnog procesa. Po Kaizenu se pola menadžmenta sastoji od održavanja postojećih sredstava i proizvodnje, a druga polovica je poboljšanje. Postoje dvije vrste poboljšanja. Jedan je Kaizen i ne traži mnogo novca, a drugi je inovacija koja traži mnogo novca i napredak se kupuje novcem, kupovinom novih strojeva koji su po pravilu skupi, zapošljavanjem više ljudi, investiranjem u nove tehnologije. Tipični menadžer u Japanu razmišlja kako da dovede do poboljšanja s onim što već ima. Japanski menadžeri svojim zaposlenicima kažu: “Mi nemamo mnogo novca za dati, ali vi i dalje morate biti bolji. A kad nemate novca, koristite mozak, a ako nemate mozak onda se znojite”. Filozofija vlasnika Suzukija koju je prenosio na svoje zaposlenike je bila da koji god posao rade trebaju razmišljati kao da je to najgori način. Takav način razmišljanja vas tjera da napredujete. [9]

Prema Kaizenu najbitnija stavka kompanije je tvornica i kada god se pojavi neka vrsta abnormalnosti prvo se ide u tvornicu. Tvornica je osnova proizvodnje. Kompletan menadžerski, upravljački sloj, služi tome da bi proces koji se odvija u tvornici tekao bez smetnji. U radionici postoje samo dvije vrste aktivnosti, ili radnik dodaje vrijednost ili ne. Ljudi koji ne rade ne dodaju novac i to je ono što kupac neće platiti, a samim tim ni radnik nije zaradio svoju plaću. Što god se dešava u tvornici je ogledalo kvalitete menadžmenta. Kad ste u tvornici vidite i menadžera koji je zaposlen, menadžeri grade ili ruše kompaniju. Ako neko drugi izvještava menadžera, ti podaci ne mogu u potpunosti prikazati pravo stanje stvari. Ako nešto ne funkcionira kako treba u tvornici potrebno je provjeriti inventar, strojeve i alat. Ako se i dalje

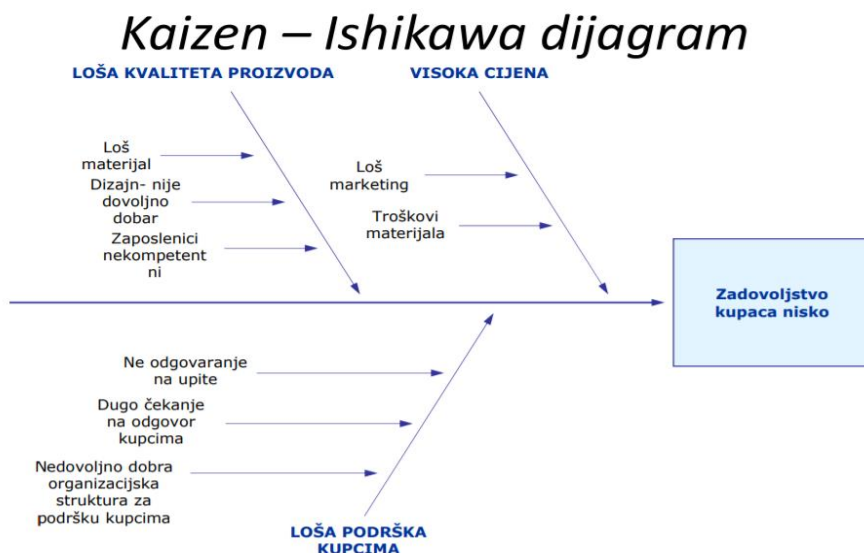
ne može otkriti razlog što nije u redu, treba se pitati zašto i to ne jednom, već pet puta. To je jedan od Kaizen alata za pronalaženje uzroka problema. [9]

5 x zašto koncept – odgovor na prvo pitanje rijetko otkriva pravi uzrok problema.

	Nivo problema	Rješenja na odgovarajući nivo problema
Zašto	Mrlja ulja je na podu pogona	Očistiti ulje
Zašto	Zato jer iz stroja curi ulje	Popraviti stroj
Zašto	Zato jer je brtva dotrajala	Zamijeniti brtvu
Zašto	Zato jer smo kupili brtve od lošeg materijala	Promijeniti specifikacije brtve
Zašto	Zato jer imamo dobar ugovor (povoljnu cijenu) sa dobavljačem	Promijeniti poliziku nabave
Zašto	Zato jer voditelj nabave ima "naredbu" o smanjenju troškova (kratkoročnom)	Promijeniti strategiju rezanja troškova (npr. nikako ne na uštrb kvalitete)

Slika 4. Primjer primjene koncepta 5 x zašto [37]

Drugi koristan alat za identificiranje svih mogućih uzroka problema je Ishikawa dijagram čiji izgled nalikuje ribljoj kosti. Koraci primjene Ishikawa dijagrama su identifikacija problema, napisati glavne uzroke problema na „kosti“ Ishikawa dijagrama, za svaki problem utvrditi uzroke i to ponavljati za svaki od njih sve dok se ne utvrdi glavni uzrok problema. [10]



Slika 5. Primjer Ishikawa dijagrama [37]

Nakon što se otkrije problem, navodi se otklanjanje problema te se napravi plan mjera, evaluacija i standardizacija kako ne bi došlo do ponavljanja problema.

Kaizen model – Demingov krug (PDCA)

Proces kontinuiranog poboljšanja temelji se na konceptu koji je 50-tih godina prošlog stoljeća razvio američki stručnjak za kvalitetu William Deming. Demingov krug poznat je kao model kontinuiranog usavršavanja. Upravo su u Japanu njegovi koncepti i metode naišli na veliki odjek. Tamo su se tijekom godina dalje razvijali i usavršavali. Demingov koncept može se predočiti jednostavnom slikom u takozvanom Demingovom krugu. Demingov krug opisuju četiri zadatka koji se uvijek iznova javljaju i koji se odvijaju u beskonačnom procesu potičući time kontinuirano poboljšanje. [11]

Četiri zadatka u Demingovom krugu:

1) Planiranje

Identifikacija izvora mogućih rizika, procjena potencijalnih učinaka tih ugroza i planiranje adekvatnih mjera i aktivnosti za njihovo smanjivanje i eliminiranje.

2) Primjena planova

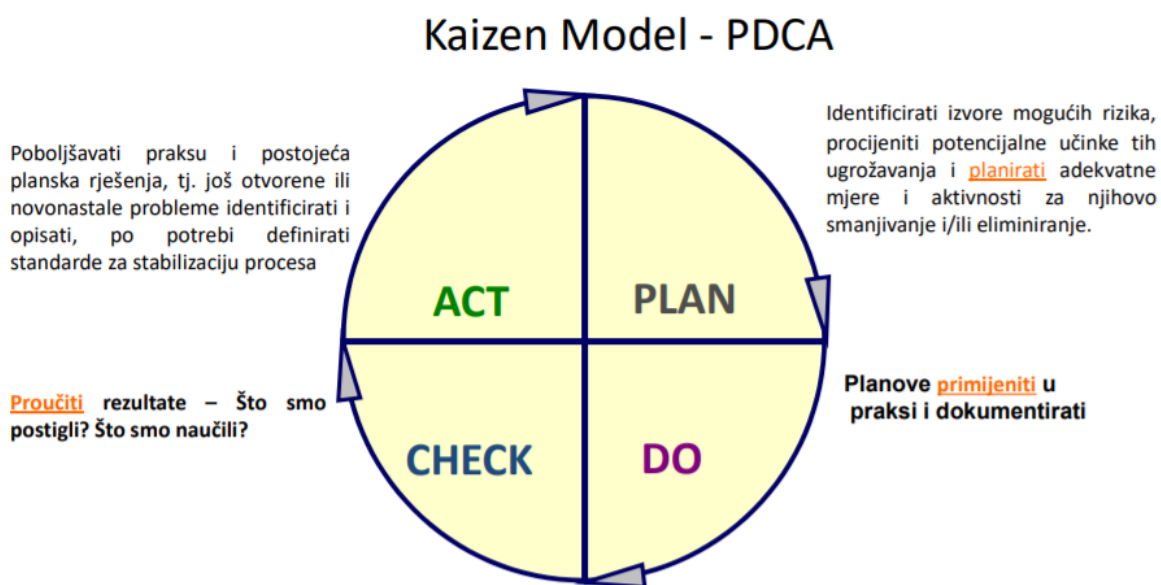
Planove primijeniti u praksi i dokumentirati ih. Važno je primijeniti mjere o kojima je odlučeno, provjeriti hoće li funkcionirati i prikupiti sve podatke o procedurama jer su potrebne za narednu fazu.

3) Provjera

Nadziranje i mjerenje procesa i proizvoda s obzirom na postavljenu politiku, ciljeve i zahtjeve

4) Djelovanje

Poduzimanje radnji za daljnje poboljšanje procesa i identifikaciji eventualnih novonastalih problema. [12]



Slika 6. Demingov Krug [37]

2.3.3. Poka Yoke

2.3.3.1. Razvoj Lean alata Poka Yoke

Poka u prijevodu znači greška, a yoke znači sprečavanje. Poka Yoke je razvio Shigeo Shingo u periodu od 1950. do 1977. godine kao sustav sprječavanja grešaka u proizvodnom procesu. To je organizacijska metoda koju je Shingo integrirao u Toyotin proizvodni sustav. Poka Yoke je jedan od najpoznatijih mehanizama za eliminaciju grešaka u proizvodnji. Svaki mehanizam u vitkoj proizvodnji koji pomaže operateru na stroju da izbjegne grešku možemo smatrati Poka Yoke mehanizmom. Cilj ove metode je eliminiranje nedostataka proizvoda na način da se

sprječava nastanak ljudskih pogrešaka u proizvodnji. Nehotične greške poput zaboravljanja, zamjene ili pogrešno shvaćenog zadatka odlika su radnika u proizvodnji. Ovakve greške direktno utječu na kvalitetu proizvoda. Cilj metode Poka Yoke je odstranjivanje grešaka uzrokovanih ljudskim faktorom kako bi se odstranio i njihov negativan utjecaj na konačni proizvod. [13] [14]

2.3.3.2. Poka Yoke u proizvodnji

Proizvodnja s nula grešaka sastoji se od tri komponente:

1) Analiza uzroka

Cilj je ispitati i otkriti uzroke grešaka, a ne posljedice. Na taj način moguće je spriječiti grešku prije nego ona nastane te odstraniti negativan rezultat greške iz procesa proizvodnje. Ova metoda ide i korak dalje i nastoji da ne spriječi samo utjecaj greške na proizvod, nego da grešku u potpunosti eliminira.

2) Totalna kontrola

Jednostavnim i jeftinim pravilima Lean alata Poka Yoke moguće je greške spriječiti u istom koraku procesa proizvodnje u kome nastaju. Jednostavna pravila omogućavaju kontrolu svakog pojedinačnog komada na ekonomičan način.

3) Pravovremena korekcija

Smanjuje se vrijeme od otkrivanja greške do njenog otklanjanja određenim korektivnim metodama.

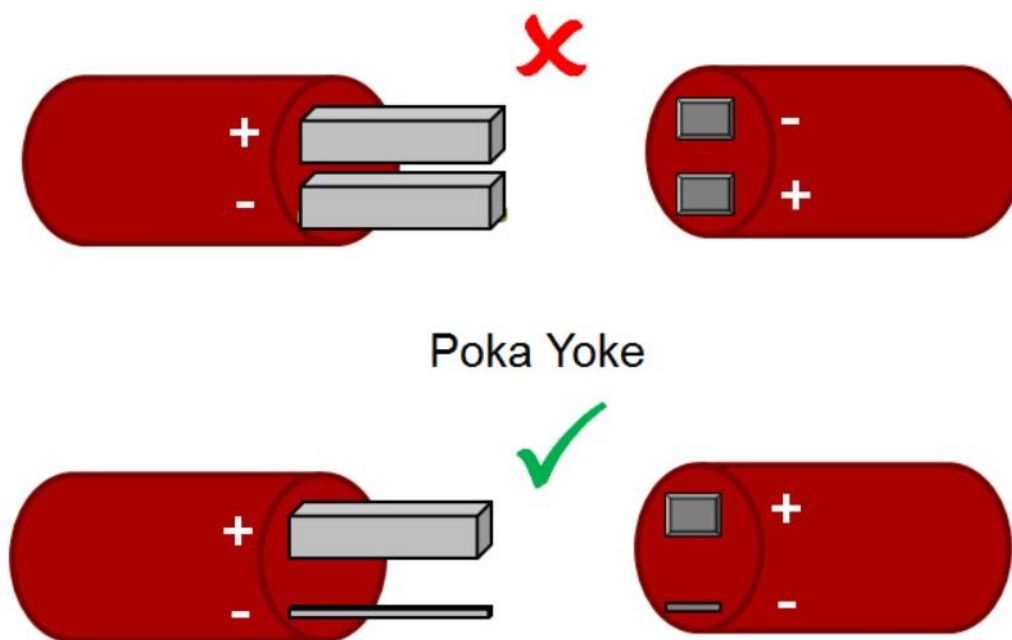
Greške u proizvodnji koje nisu otkrivene na vrijeme predstavljaju gubitke i smanjuju kvalitetu koju kupac gotovog proizvoda očekuje. Budući da Poka Yoke metoda želi potpuno eliminirati greške u proizvodnji, čak i male količine škarta predstavljaju neprihvatljiv rezultat procesa proizvodnje. Zbog toga tvrtka koje se želi nametnuti na svjetskom tržištu treba praktično primijeniti filozofiju koja se krije iza proizvodnje s nula grešaka. Po Poka Yoke metodi smatra se da nijedan čovjek bezobzira koliko se trudio ne može raditi i obavljati određene zadatke bez da u određenom trenutku učini neku vrstu greške koja će utjecati na konačni rezultat obavljenog zadatka. Iz tog razloga Poka Yoke se služi primjenom tehničkih rješenja koja sprječavaju ljudsku grešku, bilo da se radi o proizvodnji, montaži ili upotrebi određenog proizvoda. Takva tehnička rješenja najčešće su veoma jeftina, jednostavna i lako primjenjiva. Primjenom

praktičnih metoda se u proizvodnim procesima može spriječiti nastanak greške, a time i proizvodnja škarta, što proizvodnju čini efikasnijom i ekonomičnijom. [14]

Da bi se pravilno postavio Poka Yoke sustav u cilju sprječavanja potencijalnih grešaka, potrebno je proći kroz sljedećih pet koraka:

- 1) definiranje potencijalnih grešaka
- 2) uočavanje izvora grešaka
- 3) razvoj načina za sprječavanje i detektiranje grešaka
- 4) izbor i testiranje rješenja
- 5) implementiranje rješenja

Za pronalazak tehničkih rješenja preporučuje se Brainstorming metoda, sastavljanje tima koji će uočavati moguće greške u sustavu koji će nedvojbeno identificirati veći broj potencijalnih grešaka od pojedinaca koji rješavaju određeni zadatak te će za rješenje jednog problema pronaći više potencijalnih rješenja. Od dobivenih potencijalnih rješenja potrebno je izdvojiti ono najbolje i primijeniti ga. Cilj je pronalazak rješenja koje onemogućuje nastanak greške. Za primjer je moguće uzeti sklapanje sistema prikazanog na slici.



Slika 7. Primjena alata Poka Yoke[14]

Sa slike možemo vidjeti da je u prvom slučaju moguće spajanje komponenti bezobzira na međusobni položaj polova prikazanih komponenti. Na taj način je moguće negativni pol jedne komponente postaviti u utor za pozitivnu, a pozitivnu u utor za negativnu što je pogrešno. Primjenom Poka Yoke rješenja određuju se različite dimenzije pozitivnoj i negativnoj elektrodi tako da pogrešno spajanje komponenti nije moguće. [14]

Kod nekih sustava ipak nije moguće u potpunosti spriječiti grešku na način na koji je to učinjeno u prethodnom primjeru. Zbog toga se traže rješenja koja će pomoći u zapažanju greške. To su najčešće sustavi koji analiziraju oblik izrađene komponente, njegovu boju, dimenzije ili neke druge fizičke atribute. Nakon analize grešaka i formiranja načina za njihovo sprječavanje i detektiranje, potrebno je rješenje napraviti i ispitati. Cilj je da rješenje bude jednostavno i ekonomično u skladu s principima Poka Yoke metode. Rješenje treba biti ugrađeno u proces i ne smije ometati njegov tok. [14]

Rezultati pravilne primjene metode Poka Yoke su jednostavni i učinkoviti. Naizgled veliki i zahtjevni problemi mogu se nekada riješiti na veoma jednostavan način. Primjer jednog takvog rješenja je batiskaf prikazan na slici. [14]



Slika 8. Batiskaf[14]

Batiskaf je električno pogonjena podmornica namijenjena za istraživanje velikih oceanskih dubina. Kada zaroni u velike dubine, sudbina batiskafa i sve posade koja je u njemu ovisi o električnoj energiji. Teret koji zadržava batiskaf pod vodom drže elektromagneti. U slučaju nestanka električne energije ili kvara na električnom sustavu, elektromagneti će jednostavno

otпустити teret. Na taj način batiskaf izranja na površinu i sprječava tragediju koja bi se u suprotnom slučaju dogodila. [14] [15]

Senzori za prepoznavanje grešaka implementirani u Poka Yoke sustav dijele se u dvije grupe:

- **kontrolni senzori**

Kontrolni senzori koriste se za zaustavljanje strojeva ili dijelova proizvodnog pogona kako bi se uklonile nepravilnosti u radu zbog kojih nastaju greške u proizvodnji. Na ovaj način se sprječava nastajanje serije proizvoda s greškom.

- **senzori upozorenja**

Predstavljaju alternativu kontrolnim sensorima. Uključuju se prije nego greška nastane i svjetlosnim ili zvučnim signalom informiraju radnika da je došlo do određenog odstupanja u proizvodnji. Nastavak rada pod ovakvim uvjetima je moguć te zbog toga radnik obavezno mora obraćati pažnju na upozorenja koja dobije od sustava. Mora se uzeti u obzir da radnik može ne primijetiti signal zbog rada u bučnom okruženju te se iz tog razloga kontrolni senzori smatraju boljom opcijom i treba ih primjenjivati gdje god je to moguće. Ako su greške u procesu proizvodnje rijetke, prednost treba dati sensorima upozorenja kako se ne bi ometao tijek proizvodnje. [14]

Greške su sastavni dio proizvodnog procesa. Težiti izbjegavanju grešaka znači težiti usavršavanju procesa i maksimalnom iskorištavanju postojećih proizvodnih kapaciteta. Japanska industrija prepoznala je mogućnost stvaranja metoda koje bi u potpunosti otklonile greške te ih na taj način vratila u sami vrh svjetskog tržišta. Povećanjem kvalitete proizvoda smanjuje se potreba za kontrolom u proizvodnom procesu. Suvremeno tržište zahtijeva kvalitetan proizvod po najnižoj mogućoj cijeni. Iz tog razloga Poka Yoke kao metodu potpunog otklanjanja grešaka iz proizvodnog procesa treba primjenjivati gdje god je to moguće. [14]

2.3.4. SMED(Single-Minute Exchanger of Dies) [16]

Kako bi bilo moguće proizvesti brzo sa što manjim zalihama potrebno je već u ranom stadiju primijeniti SMED metodu kao jednu od temeljnih Toyotinih proizvodnih alata. Sve do pojave ove metode vrijeme pripreme i rasporede radnog mjesta nije se dovoljno uzimalo u obzir. SMED metoda omogućava izmjenu alata u kratkom vremenskom periodu čime se postiže minimum utroška vremena izrade, oslobađa kapacitet proizvodnje i omogućava proizvodnju širokog

asortimana unutar kratkog vremenskog perioda. To rezultira povećanjem fleksibilnosti i produktivnosti.

Primjenom SMED metode moguće je postići sljedeće uštede na način da:

- u proizvodnom procesu nema više specijalista za izmjene alata
- uštedeno vrijeme se može iskoristiti u planiranju o daljnjim poboljšanjima
- zalihe proizvoda su smanjene jer se može znatno brže reagirati na svaku potrebu
- nekvalitetan proizvod se odmah uočava na sljedećoj operaciji jer se smanjivanjem zaliha ubrzava tok materijala.

Uzroci gubitka vremena

Da bi se napravila analiza na osnovi koje se mogu identificirati najčešći uzroci gubitka vremena potrebno je izvršiti snimanje od nekoliko izmjena alata. Snimanje se bilježi u snimačke liste. Na osnovu njih kreira se dokumentacija iz koje se analizom utvrđuju koje se pogreške javljaju tijekom izvođenja pojedine operacije.

Najčešći uzroci gubitka vremena su:

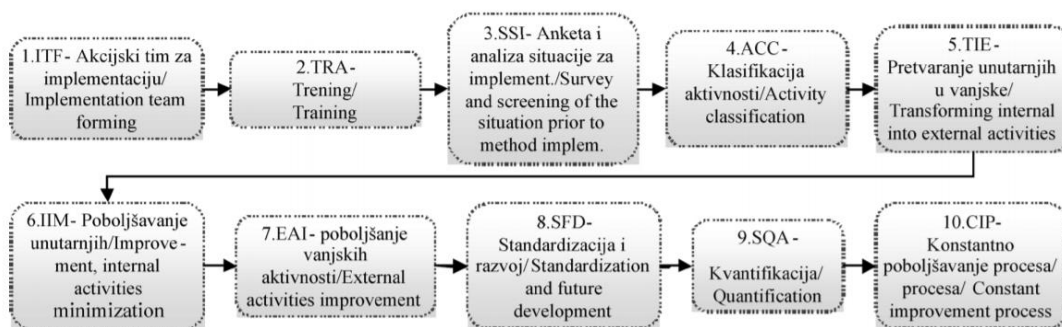
- krivi redoslijed zahvata pri izmjeni alata
- pogreške pri spajanju konektora na alate za lijevanje i obrezivanje jer oznake ne postoje ili nisu ispravno postavljene
- mjesto izmjene alata je nespremno, dolazi do nepredviđenih zastoja pri samoj izmjeni
- transportna sredstva zauzeta, pa se time i vrijeme izmjene nepotrebno produžuje
- izmjeni alata pristupa samo jedan operater
- alat je nepripremljen pa se tek pri startu uočavaju nepravilnosti.

Kako bi se nepotrebno gubljenje vremena izbjeglo potrebno je osigurati da svi alati koji dolaze na zamjenu budu pregledani i označeni pravilnom oznakom. Oznaka se sastoji od šifre alata, datuma pregleda, napomena i natpisa da je alat pregledan kako je prikazano na slici.



Slika 9. Pravilno označavanje alata [16]

Kako bi SMED metodu bilo moguće čim jednostavnije implementirati na slici je dan prikaz implementacije u deset koraka.



Slika 10. Prikaz koraka implementacije SMED metode [16]

U prvoj fazi formira se akcijski tim za primjenu SMED metode. Druga i treća faza su analitičke faze u kojima se odvijaju procesi treninga i analize problema kako bi se otklonili mogući nesporazumi i dao odgovor na pitanja vezana za primjenu metode. To su posebno važni koraci jer se time omogućuje brža i jednostavnija primjena metode nakon što su svi članovi tima detaljno upoznati s njom. U četvrtoj fazi vrši se klasifikacija na vanjske i unutarnje aktivnosti. Peta faza nastoji što više unutarnjih aktivnosti pretvoriti u vanjske. Pod vanjske aktivnosti

podrazumijevaju se sve one aktivnosti koje se mogu obaviti dok stroj radi, a unutarnje aktivnosti mogu se izvoditi isključivo kada stroj ne radi. Šesta i sedma faza obuhvaćaju aktivnosti vezane uz poboljšanje vanjskih i unutarnjih aktivnosti iz prethodnih faza. Standardizacija predstavlja osmu fazu. Deveta faza predstavlja kvantifikaciju, a zadnja deseta faza obuhvaća proces konstantnog poboljšanja na osnovi podataka prikupljenih kroz sve prethodne faze. Kako bi se osigurala kvalitetna provedba SMED-a kreirane su tablice koje se ispunjavaju prije i nakon izmjene alata.

Tablica 1. Dio kontrolne liste prije izmjene alata [16]

Stroj / Machine	Komada / Pieces	Količina / Unit	Veličina / Size	Potvrda / Attestation	Komentar / Comments
Klip / Piston	1	mm	80	√	
Motka / Plunger rod	1	mm	800		
Komora / Chamber	1	mm	100	√	
Stezaljke / Clamps	—	32	—	√	
Valjak / Stationary platen	4	Pieces	A		
Izbacivač / Ejector	4	Pieces	B	√	
Crijevo hladna voda / Gut cold water	2	Pieces	—		

Tablica 2. Dio kontrolne liste nakon izmjene alata[16]

OPERACIJA / OPERATION	TJEDAN/WEEK				
	1	2	3	4	5
Provjera dušika / Nitrogen pressure check	—	—	—	—	—
Zamjena ili postavljanje / Datumara/ date code set up	—	—	—	—	—
Protok vode / Water flow	—	—	—	—	—
Klip / Piston	—	—	—	—	—
Razbijač / Bruiser	—	—	—	—	—
Alat / Stationary tool	—	—	—	—	—

Primjenom SMED metode postižu se sljedeća unaprjeđenja:

- skraćenje vremena izmjene alata
- povećanje fleksibilnosti strojeva
- povećanje produktivnosti strojeva radi skraćanja vremena izmjene alata jer se u vremenu koje je uštedeno može normalno proizvoditi

3. INDUSTRIJA 4.0

Industrija je na sajmu u Hannoveru 2011. dobila snažan poticaj kada je termin Industrija 4.0 promoviran u vidu nove njemačke strategije razvoja industrije. Termin se povezuje s pojmom industrijske revolucije kako su nazivane značajne promjene u industriji tijekom povijesti. Pojam revolucija označava skokovitu promjenu koja značajno utječe na život ljudi, mijenja društvene i socijalne odnose te obrazovni sustav. Ako se odnosi na industriju onda donosi znatne promjene tehnologije, procesa i načina rada. [18]

Prva industrijska revolucija započela je u Engleskoj oko 1750. godine. i trajala je između 1820. i 1840. godine i smatramo je jednom od prekretnica u povijesti čovječanstva. Tijekom tog razdoblja dolazi do prijelaza poljoprivrednog i zanatskog gospodarstva na ono u kojem prevladava industrija i proizvodnja strojeva. Industrijska revolucija dobila je snažan poticaj otkrićem parnoga stroja koji se vrlo brzo počeo primjenjivati u industriji. Parni stroj u Hrvatskoj je prvi put korišten u tvornici papira u Rijeci 1835. godine. Industrijska revolucija je poticaj za globalni rast gospodarstva i povećanje proizvodnje. Uzorkovano je poboljšanje sustava transportne komunikacije te razvoj bankovnih i drugih financijskih sustava za neometano upravljanje poslovnim tvrtkama. [17] [19]

U drugoj polovici 19. stoljeća i na početku 20. stoljeća dolazi do novih spoznaja o znanosti i značajnih tehničkih otkrića. U gospodarstvu dolazi do velikih promjena, to se razdoblje naziva Druga industrijska revolucija.

Brojna tehnička otkrića Druge industrijske revolucije:

- otkriven je prvi izvor nafte u SAD-u nakon čega nafta postepeno postaje najvažniji izvor pogonske energije u svijetu
- 1869. sagrađena prva transkontinentalna željeznička pruga koja je povezivala istočnu i zapadnu obalu Amerike
- Godine 1879. američki izumitelj Thomas Alva Edison izumio je prvu električnu žarulju
- Nikola Tesla je 1887. godine izumio motor na izmjeničnu struju. Taj je motor osnova današnje pogonske elektrotehnike.
- engleski inženjer Sir Henry Bessemer 1856. godine našao je postupak za proizvodnju čelika iz rastaljenog sirovog željeza. Taj pronalazak je poticaj za razvoj teške industrije.
- 1876. američki fizičar Alexander Graham Bell razvio je prvi upotrebljivi telefon Taj je izum unaprijedio veze među ljudima.

Druga industrijska revolucija uzrokovala je velike promjene u načinu života. Nastavljene su migracije sa sela u gradove. Oko velikih industrijskih središta povećavala se gustoća naseljenosti. Najnovija tehnička i druga dostignuća prikazivana su u javnosti na povremenim svjetskim gospodarskim izložbama. Nagli razvoj industrije imao je i svoje loše strane kao što su prezasićenost, borba za tržište i povremene gospodarske krize. [20] [21]

Treća industrijska revolucija ili digitalna revolucija započela je u drugom dijelu 20. stoljeća, a pokrenula ju je izrada prvog PLC-a. Treću industrijsku revoluciju karakterizira širenje automatizacije i digitalizacije korištenjem elektronike i računala, izumom interneta i otkrićem nuklearne energije. Ovo razdoblje označava uspon elektronike, od računala do novih tehnologija koje nude automatizaciju industrijskih procesa. Napredak u telekomunikacijama doveo je do raširene globalizacije koja je industrijskim granama omogućila proizvodnju izvan matične zemlje. [21]

Pojava četvrte industrijske revolucije nije određena izumom nekog revolucionarnog proizvoda, uređaja ili postupaka. Industrija 4.0 ne oslanja se na nešto novo otkriveno što je potaklo poseban razvoj industrije i društva kao u prethodnim industrijskim revolucijama. Sve tehnike na koje se ona oslanja već su u uporabi te ih samo treba primijeniti što je standardni proces razvoja novih tehničkih rješenja i dostignuća. Industrija 4.0 označava poticanje kompletne automatizacije procesa proizvodnje korištenjem modernih proizvodnih sredstva objedinjenih pod nazivom kibernetičko-fizički proizvodni sustavi jer integriraju računalnu tehniku, prijenos i obradu podataka sa suvremenim mehaničkim sustavima. Ova koncepcija razvoja industrije u centar stavlja „pametnu“ tvornicu koja koristi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju za upravljanje proizvodnim i poslovnim procesima s ciljem superiornosti na tržištu ostvarivanjem poboljšane kvalitete, nižih troškova i fleksibilnije proizvodnje. Za takav plan razvijena je oprema u svim područjima, integrirana s informatičkim sustavima u kojima je moguće sve umrežiti, pravovremeno ažurirati i prilagoditi traženim zahtjevima. [18]

Pametna tvornica nije izolirana od društvenih promjena, ukupnog razvoja gospodarstva, razvoja znanosti i obrazovanja te svi ti elementi utječu na njeno proizvodno poslovno ponašanje. Razvoj inovacija i gospodarski razvoj leži u istaknutoj ulozi sveučilišta, industrije i vlade da stvore nove institucionalne i društvene okvire za proizvodnju, prijenos i primjenu znanja. U tom kontekstu tvornica koja uči označava proizvodni sustav koji se na temelju podataka iz okruženja prilagođava kako bi odgovorio svim izazovima kao što su promjenjivi zahtjevi tržišta, kooperacijski procesi, zakonske i financijske promjene. [18]

Kibernetičko-fizički proizvodni sustavi (CPPS), Internet stvari (IoT), Veliki skupovi podataka (Big data), Internet usluge (IoS) i Virtualna i proširena stvarnost su jedni od ključnih pojmova vezanih za Industriju 4.0. Ona predstavlja razvoj koji mijenja tradicionalne industrije i uključuje cikluse dizajna, tehnologije i inovacije koji su ključni dio strategije za očuvanje konkurentnosti u budućnosti. Pametni proizvodi iz pametne tvornice dopustit će "last minute" promjene zahtjeva kupaca. Ovaj dinamičan poslovni i inženjerski pristup omogućuje proizvodnju, isporuku i fleksibilnost na smetnje i kvarove tijekom proizvodnje.

3.1. Kibernetičko-fizički proizvodni sustavi [22]

Pojam kibernetičko-fizičkih proizvodnih sustava (CPPS) odnosi se na novu generaciju sustava s integriranim računskim i fizičkim sposobnostima koje mogu stupiti u interakciju s ljudima kroz mnoge nove mehanizme. CPPS se sastoji od autonomnih i kooperativnih elemenata i podsustava koji se međusobno povezuju ovisno o situaciji preko svih razina proizvodnje, od procesa preko strojeva do proizvodnih i logističkih mreža. Modeliranje njihovog rada i predviđanje njihovog pojavnog ponašanja postavlja niz osnovnih istraživačkih zadataka usmjerenih na primjenu i kontrolu bilo koje razine ovih sustava. Sposobnost interakcije s fizičkim svijetom i proširenje njegovih sposobnosti računanjem, komunikacijom i kontrolom ključni su čimbenik za budući razvoj tehnologije.

Tri glavne karakteristike CPPS:

- 1) Sposobnost stjecanja informacija od svog okruženja, autonomnog i usmjerenog djelovanja prema rješavanju određenog problema
- 2) Sposobnost uspostavljanja i korištenja veza s drugim elementima sustava za suradnju uključujući i ljude te korištenja znanja i usluga dostupnih na internetu
- 3) Prilagođavanje na unutarnje i vanjske promjene

Prilike i istraživački izazovi kibernetičko-fizičkih proizvodnih sustava uključuju projektiranje i razvoj zrakoplova i svemirskih vozila nove generacije, hibridnih i električnih vozila, potpuno autonomnu gradsku vožnju i proteze kojima se može upravljati preko moždanih signala.

3.2. **Internet stvari [24]**

Internet stvari (Internet of Things - IoT) je koncept koji predstavlja povezivanje cijeloga svijeta i svih stvari na internet bez nužnog posredovanja čovjeka. Princip rada temeljen je na prikupljanju podataka pomoću senzora i slanje istih na obradu računalu koje potom prema zadanom algoritmu odlučuje o daljnjim postupcima. Primjer bi bio senzor za vlagu tla koji podatke šalje računalu koje bi prema tome moglo upravljati navodnjavanjem. Dodavanjem prognoze vremena i povezivanjem više farmi prikupili bi se podaci koji bi se uz napredne algoritme obrađivali pomoću super računala koja bi omogućili optimizaciju potrošnje vode uz maksimalne prinose. Korištenjem Interneta stvari zaobilazi se potreba za čovjekom te se internetom povezuju mnoge stvari koje prije nisu bile moguće. Napredak tehnologije i povezivanje sve većeg broja stvari na internet otvara brojne mogućnosti. Praćenje imovine preko interneta, povećanje energetske učinkovitosti, poboljšanje zdravstvene skrbi, upozorenja o mogućem potresu, poboljšana sigurnost građana s ciljem smanjenja kriminala, nadzor kvalitete okoliša, pametne kuće samo su neke od prednosti koje nudi Internet stvari.

3.3. **Internet usluge**

Internet usluge (Internet of Services - IoS) omogućuju davateljima usluga da ponude svoje usluge putem interneta. Internet usluga sastoji se od sudionika, infrastrukture za usluge, poslovnih modela i same usluge. Pojedinačne usluge i specifične usluge s dodanom vrijednosti nude se prilagođene korisnicima i potrošačima od različitih dobavljača putem raznih kanala. Tvornice mogu ponuditi posebne proizvodne tehnologije orijentirane prema zahtjevima potrošača. Internet usluge definira se kao platforma preko koje se nude i koriste interne i međuorganizacijske usluge od sudionika u vrijednosnom lancu. [25]

IoS je spoj dva osnovna koncepta Web 2.0 i SOA.

3.3.1. **Koncept Web 2.0**

Koncept Web 2.0 je dominantan model tehnološki usmjerenih web aplikacija sa servisima koji su orijentirani na ponašanje korisnika i imaju fleksibilniji pristup stvaranju, pohrani, distribuciji i korištenju informacija. Uspostava Web 2.0 tehnologija u poduzeće rezultirala je promjenama u svim poslovnim aktivnostima. Ovaj poslovni pristup stavlja naglasak na zajedničku kreativnost zaposlenika koji kroz suradnju i individualni doprinos stvaraju nove sadržaje i znanje. Web 2.0 tehnologija u poslovnim aktivnostima može uzrokovati unapređenje, suradnju između zaposlenika i poduzeća te s njihovim klijentima i poslovnim partnerima. [26]

3.3.2. Servisno orijentirana arhitektura - SOA

Rješenja servisno orijentirane arhitekture stvaraju jedinstveni, centralni servisni sloj postojećih i budućih aplikacija određujući time katalog poslovnih funkcionalnosti dostupan svim aplikacijama tvrtke. Servisno orijentirana arhitektura zasnovana je na reorganizaciji aplikacija u grupe funkcionalnosti koje nazivamo servisima. Servis je zapravo aplikacija izložena preko standardiziranog sučelja te na taj način dostupna i razumljiva ostalim sustavima u okruženju.

Budući da na jednoj strani imamo biznis, a na drugoj tehnologiju njihovim spojem dobit ćemo aplikacije koje se mogu slagati na način na koji proizvođaču i proizvodnom pogonu najviše odgovara. Aplikacije se sastoje od dostupnih komponenata i servisa što daje jednu novu razinu kombinacija i unificiranja procesa za svaku kompaniju posebno. Bitno je napomenuti da se unutar jedne organizacije koja koristi SOA koncept sve aplikacije mogu koristiti i davati servise u jednom integriranom kanalu komunikacije koji se naziva Enterprise Service Bus. [27]

4. Digitalne tehnologije koje su pogodne za primjenu u brodogradnji

Pomorska trgovina čini više od 90 posto svjetske trgovine u smislu volumena. Zbog veličine mreže u kojoj pomorske logističke tvrtke djeluju, suočene su s velikim strateškim, taktičkim i operativnim problemima. Donošenje odluka o pomorskoj logistici kako bi se osigurala sigurnost, smanjili troškovi i poboljšala produktivnost uzima u obzir promjenu velikog broja osjetljivih parametara. Međutim, razvojem navigacijskih sustava, senzora i sustava za praćenje, pomorska se industrija počela je koristiti prednosti digitalnog doba. Rastuća količina dostupnih podataka glede performansi broda i plovidbe donosi široki niz mogućnosti, od praćenja plovila u stvarnom vremenu do izvlačenja znanja analizom podataka. [27]

4.1. Big data u brodogradnji [28]

Pomorska industrija je složeni sustav koji zahtijeva brzu prilagodbu u promjenjivim uvjetima u kojima je potrebno uzeti u obzir velik broj parametara prilikom donošenja odluka. Napretkom navigacijskih sustava generira se značajna količina podataka o performansama broda i navigaciji. Analitički alati za velike skupove podataka omogućuju analizu tih podataka kako bi se dobilo razumijevanje potrebno za donošenje odluka. Razvojem tehnologije količina podataka generirana od bezbroj sustava, senzora i uređaja ubrzano raste. Pojam Big Data u početku se koristio za opisivanje tako velikih i složenih skupova podataka da ih tradicionalni softver ne može obraditi. Danas, to je koncept koji nadilazi pitanje bavljenja velikim količinama podataka. Sada kada su rješenja za analizu velikih podataka dostupna, fokus se pomaknuo na vrijednost koja može biti ostvarena. Današnji izraz Big Data ne odnosi se samo na same podatke, nego i na napredne trendove u tehnologiji koji imaju za cilj iskoristiti mogućnosti koje takvi podaci mogu ponuditi, što je novi pristup u razumijevanju svijeta i donošenju odluka.

4.1.1. Primjena velikih skupova podataka u pomorskoj industriji

Kod navigacijskih sustava generira se značajna količina podataka. Navigacijski sustavi sastoje se od radara, elektronskog prikaza karata, informacijskih sustava i sustava automatskog upravljanja. Plovila posebne namjene će zahtijevati i dodatne instrumente bitne za njihovo poslovanje kao na primjer radari za valovima i detektori izlivanja ulja.

4.1.2. Primjena velikih skupova podataka u logistici i transportu

Analitika velikih skupova podataka donosi mnoge prednosti u logistici i transportu. Podaci se prikupljanju od velikih mreža senzora i uređaja. Efikasni su i u njihovoj obradi u stvarnom vremenu s ciljem praćenja prometa i predviđanja situacija radi poboljšanja kvalitete usluga i

prihoda tvrtki. Ova tehnologija može značajno smanjiti vrijeme transporta jer se s obzirom na situaciju mogu optimizirati pomorske rute. Smanjuje se provedeno vrijeme u kojem je brod usidren izvan luke jer mora čekati slobodno mjesto.

Optimizacija rute također štedi mnogo goriva što ne samo da smanjuje financijske troškove nego i zagađenje okoliša.

4.1.3. Unapređenje energetske učinkovitosti

Podaci o performansama broda i navigaciji mogu se koristiti za razvijanje strategija kojima se može povećati energetska učinkovitost broda. Najbitniji faktori za povećanje energetske učinkovitosti su praćenje potrošnje goriva, raznih emisija, uporabe rasvjeta, grijanja i sličnih procesa.

4.1.4. Unapređenje sigurnosti

Primjenom velikih skupova podataka povećava se sigurnost plovidbe na moru na način da sustav prikuplja podatke od senzora protoka, tlaka i temperature na svim motorima i pumpama. Ti se podaci analiziraju i otkrivaju nepravilnosti koje bi mogli dovesti do potencijalnog kvara. Također daje informacije ukoliko brod skrene od zadane rute. Pomoću velikih skupova podataka se smanjuje i vjerojatnost od sudara.

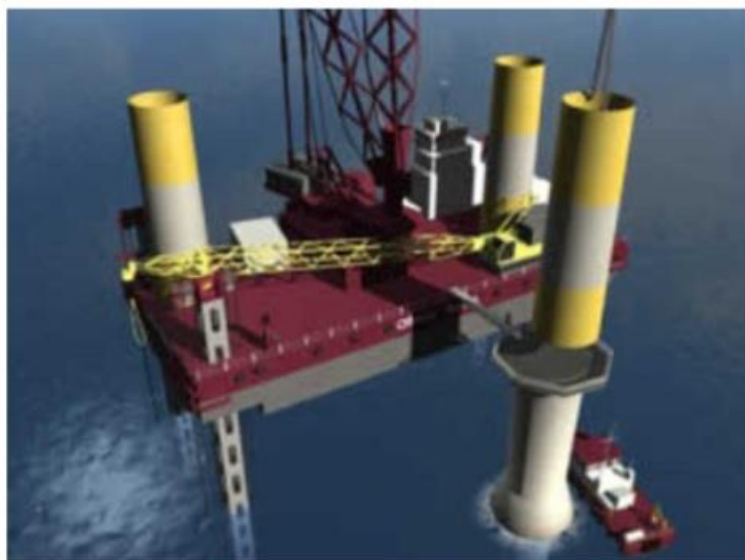
Pomorska industrija mogla bi imati velike koristi od primjene tehnologije velikih skupova podataka, ali potrebno je prevladati brojne izazove da bi se iskoristio njezin puni potencijal jer posebno u pomorskoj industriji nedostaju stručnjaci za to područje.

4.2. Virtualna i proširena stvarnost u brodogradnji [29]

U usporedbi s drugim sektorima u pomorskom sektoru nalazimo neke jedinstvene zahtjeve i uvjete koji su iznimno izazovni kao što su na primjer proizvodnja s ograničenim brojem serija, iznimno složenim proizvodima, radom u prilično teškim okruženjima te visokim ekonomskim i ekološkim rizicima. Pomorski sektor sa svojim širokim spektrom popratnih uvjeta može imati velike koristi od virtualne i proširene stvarnosti. Ne postoji faza u životnom ciklusu broda ili pomorske konstrukcije koja ne bi profitirala od 3D modeliranja, simulacija, virtualne i proširene stvarnosti. Neki od benefita koji se mogu primjenjivati na pomorski sektor su marketing, pregled dizajna brodske konstrukcije, obuka zasnovana na igrama za pomorsku sigurnost i podrška za održavanje broda.

4.2.1. Marketing

Računalna grafika igra važnu ulogu ne samo za kupca, već i za informiranje građana o budućim projektima poput vjetroelektrane na moru. Virtualni proizvod je predstavljen s unaprijed definiranim postavkama gledišta, svjetala i nekim animacijama. Slika prikazuje primjer instalacije vjetroelektrane na moru.



Slika 11. 3D prikaz vjetroelektrane [29]

4.2.2. Pregled dizajna brodske konstrukcije

Integracija virtualne stvarnosti je standardni dio postupka projektiranja. Konstruiranje i proizvodnja uključuje veći broj sudionika od kojih svaki zahtjeva drugačije, specijalizirane podatke i informacije koje se odnose na razvoj proizvoda. Svi oni moraju biti u mogućnosti efikasno djelovati i zato je vrlo bitno da mogu razmjenjivati podatke o proizvodu u što kraćem roku. U brodogradnji se virtualna stvarnost koristi u svakom stadiju procesa konstruiranja. Virtualna stvarnost koristi se i kao alat koji omogućuje perspektivu iz prvog lica što inženjerima olakšava komunikaciju s kupcem jer je u mogućnosti u tijeku procesa konzultirati se i prilagođavati njegovim zahtjevima.



Slika 12. Dizajn brodske konstrukcije [29]

4.2.3. Obuka zasnovana na igrama za pomorsku sigurnost

Industrija video igara ne utječe samo na industrijske aplikacije s pristupačnim vrhunskim grafičkim pločama, već i sa snažnim softverskim platformama. Softver za razvoj i upravljanje videoigrama pokušava što bliže opisati interakcije i ponašanja u stvarnosti. Ova specifična mješavina igre i ozbiljnih simulacija nudi zanimljivu perspektivu za interaktivni trening. Ozbiljan pristup igri nudi obuku posade na brodu, pokazuje računalnu brodsku virtualnu aplikaciju za gašenje požara koja je dio tečaja za posadu kako bi se bolje snalazili ukoliko dođe do takve situacije. Inače je izrada takvog okruženja za obuku izrazito komplicirana i uključuje mnogo utrošenog vremena.



Slika 13. Virtualna aplikacija za gašenje požara [29]

4.2.4. *Trening za pilote baziran na simulacijama*

Trening baziran na simulacijama najsvremenija je stvar za pilote zrakoplova kao i za nautičke časnike. Taj oblik treninga je još važniji za novu vrstu plovila kao što je WIG plovilo kojim je prilično teško upravljati i koji radi na velikim brzinama. Na temelju MATLAB simulacija oponašaju se uvjeti koji se realiziraju pri velikim brzinama. Jedan od izazova je zamijeniti složene jednadžbe gibanja aproksimacijama koje su dovoljno točne, a rješive u stvarnom vremenu. Situacija u kojoj je također potrebno imati dobro obučeno osoblje su kapetani podvodnih vozila gdje simulatori također mogu ponuditi iznimno učinkovit i jeftin pristup za njihovo osposobljavanje. Simulatori ne služe samo za obuku kapetana podvodnih vozila već i za njihov razvoj. Oni pomažu inženjerima u pogledu informiranja o ponašanju, na primjer upravljivosti, projektiranog vozila.



Slika 14. Obuka kapetana kroz virtualne simulacije uvjeta plovidbe [29]

4.2.5. *Podrška za održavanje broda*

Proširena stvarnost označava tehnologiju gdje se digitalni sadržaj kombinira sa stvarnim objektima. Ovaj pristup može biti iznimno koristan za podršku posadi broda s ograničenim resursima i sposobnostima sa sustavom pomoći za popravke ili operacije održavanja. Na primjer ovaj sustav može predstaviti alate i procedure za popravak pumpi ili filtera.

4.3. BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJA U BRODOGRADNJI [30]

Blockchain je inovativna tehnologija koja može transformirati mnoge postojeće poslovne procese i omogućiti nove. Prepoznata je kao praktično rješenje različitih poslovnih problema. Upotreba Blockchain tehnologije u pomorskoj industriji omogućit će brže, sigurnije i učinkovitije poslovanje. Iznos kapitala i vremena uštedenog korištenjem ove tehnologije značajan je u usporedbi s trenutnim troškovima u pomorskoj industriji. Blockchain tehnologija ima potencijal transformirati pomorsku industriju poboljšavajući različite aspekte procesa te tijekom rada koji trenutno koriste vlade, pomorske institucije, vlasnici brodova i drugi sudionici uključeni u pomorsku industriju. Ova tehnologija i nove aplikacije koje ona omogućuje se polako, ali sigurno predstavljaju u raznim industrijama. Brojne su mogućnosti za implementaciju ove tehnologije. Nekoliko svjetski poznatih tvrtki su već pokrenuli potrebne poslovne promjene kako bi započeli implementaciju ove tehnologije. Relevantan primjer je zajedničko ulaganje tvrtki IBM i Maersk za usvajanje rješenja u pomorskom transportu baziranih na Blockchain tehnologiji koje je rezultiralo padom administrativnih troškova od nekoliko posto u odnosu na vrijednost transportnih dobara.

Blockchain je distribuirana baza podataka koja ima veliki broj korisnika u mreži i svaki ima potpunu bazu sa svim transakcijskim podacima. Blockchain dirigira razne protokole oko toga kako se veliki broj korisnika sinkronizira i kako postižu konsenzus oko toga koja je trenutna verzija baze podataka koju svaki korisnik ima kod sebe. Blockchain osim što je distribuiran, on osigurava i slijedni zapis podataka na način da se točno zna koji blok u lancu je došao prije, a koji kasnije i on točno opisuje slijed dolazaka transakcija u bazu podataka. Ova tehnologija je vrlo kompleksan sustav koji prati sve transakcije i u koji svi prema određenim principima mogu zapisivati transakcije. Blockchain pruža alternativu klasičnom sustavu tako što eliminira treću, centraliziranu stranu kojoj treba vjerovati i mijenja ju s decentraliziranom mrežom računala koja potvrđuju transakcije na bazi specifičnog algoritma.

4.3.1. Svojstva i principi Blockchain tehnologije

4.3.1.1. Svojstva

Decentralizacija

Podaci se repliciraju u distribuiranoj mreži čvorova čime se uklanja nekoliko rizika koji su prisutni kada su podaci centralno pohranjeni. Ne postoji točka kvara.

Otpornost na neovlaštenu promjenu podataka

Konsenzus protokol koji se koristi za potvrdu blokova podataka dodanih u glavnu knjigu i decentralizacija čine neovlaštenu promjenu pohranjenih podataka vrlo teškom.

Sigurnost

Za nepromjenjivost podataka koriste se digitalni potpisi i jaki kriptografski kodovi za potpisivanje i provjeru podataka unesenih na mrežu. Svaki korisnik ima privatni ključ koji se koristi za generiranje potpisa za svaku blockchain transakciju. Potpis se koristi za potvrdu da je transakcija došla od određenog korisnika i dopušta njegovu provjeru valjanosti te se ne može promijeniti. Svi podaci koje čini blockchain su na taj način kodirani. Kako bi izveli neke preinake podataka potreban je privatni ključ koji odgovara tim podacima čime se dokazuje da osoba koja ih mijenja ima dozvolu za to. U protivnom čvor blockchaine koji je primio zahtjev će taj zahtjev jednostavno smatrati nevažecim.

4.3.1.2. *Principi*

Otvorenost

Blockchain je otvoren i dostupan svima. U javnim blockchainovima to znači da doslovno bilo tko može sudjelovati u razvoju i održavanju blockchain koda, pri pokretanju čvora i potvrđivanju transakcija ili ga jednostavno koristiti u svrhu pohrane podataka, provjeru dokumenata ili provođenje bilo kakve transakcije koju dopušta određena blockchain mreža. U blockchainovima koje vodi organizacija za privatnu upotrebu, blockchain je dostupan svima koji su dobili dopuštenje za pregled. To znači da svatko na mreži može pratiti promijene na dijeljenoj glavnoj knjizi. Kod se redovito objavljuje kako bi se povećalo povjerenje u sustav pružajući transparentan uvid u to kako kod funkcionira. Sigurnost se također povećava dopuštajući da kod bude provjeren od strane mnogih programera te ga se time čini manje osjetljivim na greške i zlonamjerne izmjene. Otvorenost blockchain sustava smanjuje prepreke za sam ulazak i potiče rast ekosustava. Blockchain sustav otvoren je prema početnicima, poslovnim tvrtkama i pojedincima.

Transparentnost

Blockchain čini podatke otvorenim i transparentnim. Svi sudionici mogu vidjeti podatke i transakcije pohranjene u zajedničkoj glavnoj knjizi u stvarnom vremenu. Mogu pristupiti informacijama koje ih zanimaju pomoću alata poput istraživača blokova koji pretražuju blockchain blokove i ispisuju njihov sadržaj. Konsenzus o sadržaju blockchaine garantira da svi sudionici dijele isti pogled čak i ako nemaju povjerenja jedno u drugog.

Integritet mreže

Integritet je ugrađen u svaki korak procesa i distribuiran u sustav. Na taj način ne ovisi o pojedincu ili instituciji. Ovaj princip podrazumijeva da je mreža decentralizirana te svi korisnici zajedno održavaju integritet mreže. Povjerenje dolazi iznutra od pojedinaca koji koriste mrežu. Članovi mreže mogu dijeliti podatke putem mreže računajući na to da će se i druga strana pridržavati ovog principa.

Distribuirana moć

Ne postoji središnja točka kontrole u potpuno decentraliziranoj mreži ravnopravnih partnera. To znači da niti jedan pojedinac ili organizacija ne mogu ugasiti mrežu. Kad bi netko pokušao nadjačati blockchain, troškovi bi premašili benefite.

Vrijednost

Vrijednost blockchaina dolazi od njegovih korisnika i tehnologije. U javnim blockchainovima korisnici su potaknuti na sudjelovanje u mreži nagrađivanjem za to u obliku temeljne kriptovalute. Vrijednost kriptovalute proizlazi iz činjenice da je njegova ponuda kodirana u izvornom kodu blockchaina ograničena. To je rijedak resurs koji se može koristiti kao način plaćanja i može se prenijeti elektronički između dva korisnika koji nemaju međusobnog povjerenja bez posredovanja financijskih institucija. Blockchain se često naziva Internet vrijednosti (Internet of Value) jer omogućuje dodavanje vrijednosti informacijama koje se razmjenjuju između strana. Blockchain je revolucionaran kao i Internet za globalnu razmjenu informacija.

Privatnost

Privatnost je princip koji kaže da bi pojedinac trebao biti vlasnik svojih podataka. U današnje vrijeme mnoge institucije i tvrtke prikupljaju podatke o različitim pojedincima ili drugim tvrtkama i institucijama bez njihovog znanja ili pristanka. Budući da su podaci u blockchainu trajno zapisani potrebna je posebna briga za zaštitu privatnosti. Osjetljivi podaci stoga se nikada ne pohranjuju izravno na blockchain, već se digitalni otisak podatka šifrira, potpiše i pohranjuje na blockchainu. To je dovoljno za provjeru autentičnosti dokumenta, podrijetlo i točan trenutak kada je pohranjen. Na taj način dokument može biti sigurno i privatno pohranjen te pojedinac može sam odlučiti koji će podaci biti dopušteni za upotrebu institucijama, tvrtkama ili drugim osobama.

4.3.2. Tipovi blockchain mreža

Blockchain mreže klasificiraju se kao privatne ili javne ovisno o stupnju otvorenosti sustava prema njegovim sudionicima.

Javne mreže

U javnom blockchainu svatko može sudjelovati i kao korisnik i kao programer. Kod i pravila kodirana unutar mreže su potpuno transparentna. Svatko može objaviti i potvrditi transakcije te bilo koji čvor može se pridružiti mreži bez dopuštenja. Sve transakcije mogu promatrati svi čvorovi u mreži. U javnim blockchainovima sudionici koji pokreću čvorove i potvrđuju transakcije su potaknuti nagrađivanjem u obliku temeljne kriptovalute. Primjeri javnih lanaca koji rade na otvorenim ravnopravnim vezama mreže su Ethereum i Bitcoin.

Privatne mreže

U privatnom blockchainu postoji administrator koji regulira pristup blockchainu. Privatni lanci funkcioniraju na jednom čvoru upravljanom od strane administratora ili na više čvorova kojima upravljaju sudionici koje je administrator odobrio. Svi korisnici blockchaine moraju vjerovati administratoru. Privatni blockchainovi ne moraju poticati sudionike na pokretanje čvorova i provjeru valjanosti transakcije. Nije potrebno provoditi složene protokole konsenzusa poput onih koji se koriste u javnim blockchainovima. Ova vrsta blockchaine česta je u industrijskim okruženjima u kojima se sudionici mreže dobro poznaju.

Ovisno o dopuštenju blockchainovi se također dijele na one za koje je potrebno dopuštenje pri obavljanju operacija i one gdje dopuštenje nije potrebno. U blockchainovima u kojima dopuštenje nije potrebno svi su korisnici jednaki i mogu obavljati iste operacije bez ikakve potrebe za administracijom. Najpopularniji oblici ove vrste su Bitcoin i Ethereum. U blockchainovima u kojima je dopuštenje potrebno su obično privatni, kod njih administrator kontrolira koje su operacije dopuštene za svakog korisnika u blockchainu.

4.3.3. Blockchain tehnologija u pomorskoj industriji

Ogroman utjecaj koju bi blockchain tehnologija mogla imati u pomorskoj industriji proizlazi iz gore navedenih svojstava i principa koji određuju njihovu upotrebu. U pomorskoj industriji blockchain tehnologija omogućava mehanizam za provjeru kredibiliteta partnera, dobavljača i pružatelja usluga. Također dodaje povjerenje u autentičnost prikupljenih podataka u transakcijama između sudionika. Pomorske tvrtke sve više shvaćaju potencijal ove tehnologije koja održava ovjerenu povijest informacija i ima automatizirano izvršavanje i izvještavanje o transakcijama između sudionika. To potencijalno može smanjiti svakodnevne troškove

poslovanja u industriji i također povećati vremensku učinkovitost. Pomorske tvrtke i druge organizacije mogli bi brže dijeliti svoje podatke o svom proizvodnom procesu, održavanju i programu isporuke, statusu svojih isporuka, statusu i stanju plovila te promjeni posade. Broj bitnih dokumenata u smislu dostave mogao bi se u potpunosti eliminirati, na primjer otpremnice koje se moraju izdavati za svaki teret više ne bi postojale.

Transportna industrija je i dalje tradicionalno orijentirana industrija unatoč brojnim tehnološkim revolucijama. Trenutno transport uključuje veliki broj papirnatih dokumenata uključujući ugovore, otpremnice, dokumente od lučke uprave i druge dokumente koji se odnose na transport i teret. Mnoga tehnološka rješenja sustava koje koriste transportne tvrtke su zastarjela i većina transportnih tvrtki koristi skupe kurire za prijevoz njihovih vrijednih dokumenata. Blockchain tehnologija može se koristiti za praćenje tereta, omogućava sustav komunikacije gdje jedino sudionici mogu vidjeti njen sadržaj (end to end metoda) i bilježi podatke o plovidbi. Preko blockchain tehnologije omogućuje se primjena pametnih ugovora i polica pomorskog osiguranja. To dovodi do automatizacije i digitalizacije u smislu obrade dokumenata što rezultira smanjenjem troškova kretanja tereta. Neke pomorske tvrtke poput Maersk primijetili su prednosti blockchain tehnologije i odlučili su implementirati TradeLens, digitalnu platformu za transport zasnovanu na blockchainu, u njihove operacije. Implementacija na eksperimentalnoj i prototipnoj razini već je učinjena, a to uključuje i pametne ugovore poznatije pod nazivom CargoX. Još jedan pozitivan utjecaj blockchain tehnologije je briga o okolišu. U pomorskoj industriji velika količina papirnatih ugovora i druge papirologije bi se mogla zamijeniti blockchain tehnologijom i time smanjiti upotrebu papira. Budući da su transportna i pomorska industrija globalne industrije, značajna količina upotrebe fosilnih goriva mogla bi se smanjiti primjenom ove vrste digitalizacije.

Pametni ugovori - Otpremnice

Otpremnica je jedan od najznačajnijih i najvrjednijih dokumenata u pomorskoj industriji. Ona potvrđuje da je teret otpremljen i može sadržavati pojedinosti poput količine, opisa, težine te utovarnu i istovarnu luku tereta. Međunarodna trgovina i pomorska industrija uključuje mnoge aktere koji se još uvijek oslanjaju na papirnatu dokumentaciju. Pametni ugovori mogu primjenom niza pravila s kojima se svaki sudionik uključen u proces slaže znatno ubrzati proces ugovaranja. U trenutku kad su unaprijed definirani uvjeti kodirani u pravila, ugovor se automatski izvršava i na taj način se vrijeme izvršenja skraćuje s nekoliko dana na nekoliko minuta. Ovo je značajna ušteda vremena kada uzmemo u obzir sav teret koji se otprema i

količinu izdanih otpremnica. Pametni ugovor je najjednostavniji tip decentralizirane automatizacije.

Pomorska i transportna industrija oprezno i stalno testiraju inovativne i moderne tehnologije. Novi trend digitalizacije pogađa cijeli svijet i industriju skupa s njim. Pomorska industrija i njezini sudionici pokušavaju implementirati te tehnologije u svoje poslovanje kako bi pobijedili konkurenciju. Implementacija modernih tehnologija može biti prilično skupa, ali ako su njezine mogućnosti temeljito istražene mogu donijeti financijske benefite. Ukoliko se u tehnologiju investira bez prethodnog temeljnog istraživanja to može dovesti do velikih financijskih gubitaka, pa i bankrota. Blockchain tehnologija nudi novi i pouzdan sustav za pomorsku industriju. Možemo zaključiti da će blockchain tehnologija u budućnosti biti uključena u pomorsku i transportnu industriju jer zadovoljava nekoliko kriterija za omogućavanje brzog, sigurnog, transparentnog, isplativog i pouzdanog transporta. Kad se broj korisnika ove tehnologije poveća možemo očekivati nove inovacije u smislu logistike, transporta i financija. Propisi za korištenje blockchain tehnologije bi trebali biti stvoreni na globalnoj razini kako bi se spriječila zlouporaba i povećalo međusobno funkcioniranje. Možemo reći da se primjenom blockchain tehnologije može postići veliki napredak industrije u svijetu.

5. Koncept Lean i pametnog brodogradilišta

Lean proizvodnja smatra se odgovarajućom metodologijom za poboljšanje produktivnosti i smanjenje troškova u proizvodnim tvrtkama različitih industrija. Karakterizira ju pristup koji se bazira na identifikaciji i stvaranju vrijednosti nizom Lean alata koji su usredotočeni na održavanje nesmetanog tijeka proizvodnog procesa. Nesmetani tijek proizvodnog procesa se održava smanjenjem proizvodnog otpada, to jest reduciranjem aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i koje uzrokuju nepotrebno vrijeme čekanja čime se postiže povećanje produktivnosti i efikasnosti. Kaizen, 5S, Kanban, Mapiranje toka vrijednosti, Heijunka su neki od Lean alata koji se mogu primjenjivati za optimizaciju brodograđevnih procesa. [31]

Nadogradnja na primjenu Lean metodologije u proizvodnim brodograđevnim procesima uvođenjem značajki Industrije 4.0 doveli su nas do potpuno novog koncepta pod nazivom Lean i pametno brodogradilište. Ulazak brodogradnje u Industriju 4.0 može dovesti do povijesnih promjena. Dolazi do mnogo promjena u međunarodnoj brodogradnji koje se razlikuju od promjena koje su donijele prethodne tri revolucije. Brodogradilišta koja su krenula ulagati i primjenjivati revolucionarne promjene ove industrije počela su uživati njene benefite, kako u smislu optimizacije proizvodnog procesa tako i u financijskom smislu. Vjeruje se da je budućnost moderne brodograđevne industrije na dobrom putu te da će doći do povećanja prodajne vrijednosti. Naravno i zahtjevi za projektiranje i konstruiranje će biti složeniji. Cilj implementacije Industrije 4.0 u brodogradnju je stvaranje pametnog brodogradilišta koje će karakterizirati prilagodljivost, učinkovitost, ergonomija, ali i integracija između brodovlasnika i brodograditelja. Suradnja brodogradilišta s dobavljačima i poslovnim partnerima je jako bitna. Velika transformacija koju Industrija 4.0 unosi u brodogradnju rezultira zahtijevanjem brodovlasnika za pouzdanijim, energetski učinkovitijim brodovima s boljim općim performansama i manjim operativnim troškovima. Procjena je da će svi brodovi izgrađeni nakon 2025. godine imati barem 30% manju potrošnju goriva. Brodograditelji moraju projektirati i graditi brodove brže i bolje nego ikad prije što zahtijeva potpuno drugačiji pristup projektiranju i izgradnji brodova. Bitno je poboljšati suradnju između tvrtki, sinkronizaciju i produktivnost te održavanje i podršku tijekom životnog ciklusa broda. To se će se postići optimizacijom brodograđevnog procesa koju Industrija 4.0 omogućava. [32]

Neke značajke Industrije 4.0 koje su korisne za implementaciju u brodograđevnoj industriji:

- Internetske mreže
- Identifikacija i klasifikacija brodograđevnih standarda

- Bežični senzori
- Softver i hardver
- Horizontalna i vertikalna integracija
- Pametne usluge
- Interakcija između čovjeka i stroja
- Sigurna i ekološki prihvatljiva proizvodnja
- Tehnologija digitalnog modeliranja
- Virtualizacija
- Tehnologija vizualizacije
- Računalni oblak
- Veliki skupovi podataka
- Sigurnost i zaštita podataka
- Osposobljavanje i kontinuirani profesionalni razvoj

Budući da je potpuna implementacija Industrije 4.0 još daleko, ključno je pronaći način na koji će se organizirati rad da bi brodogradilišta preživjela ovo prijelazno razdoblje transformacije i prilagodbe. Rješenje leži u digitalizaciji brodogradilišta. Ključ uspjeha je dostupnost, razmjena i obrada svih relevantnih podataka i informacija u brodograđevnom procesu. To uključuje prikupljanje velikih skupova podataka, standarda, normi te praćenje procesa s jasnim smjernicama i kontrolom nad njima. Najvažnije za brodogradilište su učinkoviti proizvodni procesi koji su glavni čimbenik konkurentnosti. [32]

5.1. Faze implementacije koncepta Lean i pametnog brodogradilišta

5.1.1. Definiranje problema i ciljevi koji se žele postići implementacijom

Ova prva faza uključuje upoznavanje s objektima brodogradilišta, njihovim procesima, materijalima i protokom informacija te njihovo vrednovanje kako bi se definirali ciljevi i rokovi.

1) Definirati probleme u procesu i njihove uzroke. Potrebno je jasno definirati probleme postojećih procesa proizvodnje u brodogradilištu, koji su uzroci i što se mora poboljšati.

2) Definirati koji su ciljevi i koji je stupanj implementacije koji je potrebno postići, jasno definirati poboljšanja i što se očekuje od implementacije ovog koncepta u brodograđevni proces.

3) Kreirati dijagrame toka s jasno definiranom podjelom odgovornosti i utvrđenim rokovima provedbe.

Kao dio ove faze mogu se koristiti različite vrste dijagrama toka, dijagrama i softverskih alata za modeliranje i simulaciju. Eru digitaliziranog integriranog brodogradilišta budućnosti karakterizirat će veliki broj IT rješenja posvećenih specifičnim dijelovima proizvodnih procesa integriranih u velike skupove podataka.

5.1.2. Definiranje ulaznih podataka i modeliranje koncepta implementacije

Glavni ciljevi ove faze su idejni plan modela implementacije prema prikupljenim relevantnim ulaznim podacima i evaluacija modeliranog koncepta implementacije.

1) Definiranje i priprema ulaznih podataka i preliminarnog modela implementacije

2) Idejno planiranje modela implementacije počinje s odabirom alata za implementaciju i projektiranjem plana kako će se odabrani alat implementirati na određeni brodograđevni proces.

3) Evaluacija eventualnih alternativa razvijenom modelu implementacije

4) Odabir modela implementacije.

Metode i alati koji se koriste u ovoj fazi su CAD, alati za 3D modeliranje, alati za simulacijsko modeliranje, alati za upravljanje životnim ciklusom proizvoda i alati dijagrama toka.

5.1.3. Uspostavljanje i provjera odabranog modela implementacije

Glavni ciljevi ove faze su uspostava i provjera modela implementacije na brodograđevne procese.

Zadaci ove faze su:

1) Identifikacija i sistematizacija prikupljenih podataka te evaluacija odabranih sortiranih podataka

2) Utvrđivanje odabranih podataka i priprema alata za implementaciju

3) Provjera prikupljenih i odabranih podataka u modelu implementacije

4) Definiranje ograničenja i eliminacija pogrešaka iz modela implementacije

5.1.4. Evaluacija i poboljšavanje odabranog optimalnog modela implementacije

Glavni ciljevi ove faze su analiza i poboljšanje odabranog modela implementacije na brodograđevne procese.

- 1) Evaluacija i analiza odabranog optimalnog modela implementacije
- 2) Uvođenje eventualnih poboljšanja u odabrani model implementacije
- 3) Ponovni izračun i ponovna provjera funkcionalnosti odabranog modela
- 4) Primjena odabranog modela

5.2. Pristup implementaciji koncepta

Primjena koncepta Lean i pametnog brodogradilišta je dugotrajna i kompleksna, a pristup implementaciji koncepta trebao bi biti formiran prema sljedećim koracima.

1. Pripremanje brodogradilišta i brodograđevnih standarda neophodnih za siguran protok podataka i informacija.
2. Primjena alata Lean menadžmenta. Mapiranje toka vrijednosti proizvodnog procesa, proizvodnja brodogradilišta treba smanjiti vrijeme isporuke povećanjem produktivnosti da bi imali zadovoljne kupce.
3. Eliminirati gubitke reduciranjem aktivnosti koje ne donose vrijednost. Na primjer električnu energiju se može uštedjeti korištenjem senzora za automatsko isključivanje napajanja tijekom treće smijene i tijekom vikenda.
4. Jako bitno je povećanje razine znanja i vještina zaposlenika za rad u digitaliziranom okruženju. Brodogradilište koje odluči primijeniti koncept Lean i pametnog brodogradilišta morat će imati tehničke stručnjake s vrlo dobrim informatičkim sposobnostima.
5. Ovaj koncept teži umrežavanju i digitalnom povezivanju cijelog brodograđevnog procesa od projektiranja, opskrbe, planiranja, financija i proizvodnje primjenom bežičnih tehnologija. Brodogradilište mora razviti novi model koji će biti sposoban funkcionirati u digitalnoj brodograđevnoj industriji.
6. Veliki fokus mora biti na sigurnosti, to jest zaštiti razmijenjenih podataka i informacija.
7. Razvoj ovog koncepta bit će određen stupnjem integracije cijelog brodograđevnog sektora. Integracije brodogradilišta, dobavljača, klasifikacijskih društava i operatera u lukama. [32]

BRODOGRADILIŠTE 4.0	
LEAN TRANSFORMACIJA	DIGITALNA TRANSFORMACIJA
<ul style="list-style-type: none"> • 5S • Kaizen • Kanban • Poka Yoke • SMED 	<ul style="list-style-type: none"> • Kibernetičko fizički proizvodni sustavi (CPPS) • Internet stvari (IoT) • Internet usluge (IoS) • Veliki skupovi podataka (Big data) • Virtualna i proširena stvarnost
METODOLOGIJA LEAN I DIGITALNE TRANSFORMACIJE	
<ul style="list-style-type: none"> •povećana produktivnost •povećana efikasnost •brži odgovor na promjene •ekonomski rast i razvoj 	

Slika 15. Lean i digitalna transformacija

6. PRAKTIČNI DIO

6.1. Primjena koncepta Lean i pametnog brodogradilišta

Primjena koncepta bit će prikazana na primjeru brodogradilišta Kraljevica DALMONT d.o.o.

6.2. O poduzeću

Brodogradilište Kraljevica 1729. godine osnovao je car Karlo VI. Ono je prvo brodogradilište na istočnoj obali Jadranskog mora i smatra se kolijevkom industrijalizacije i razvoja hrvatskog gospodarstva.

U gotovo 300 godina postojanja brodogradilište je prolazilo kroz razne krize i iskušenja, a egzistenciju su održavali zahvaljujući svojim djelatnicima koji nisu posustajali te su kontinuirao tražili poslovne prilike, a gradu Kraljevici i ostatku stanovništva osigurali ekonomski razvoj i napredak.

Pravi procvat ovo brodogradilište doživjelo je sredinom 19. stoljeća kada u njemu djeluju braća Pritchard, britanski brodograditelji, koji su pokrenuli gradnju parobroda za ratnu mornaricu i gradnju jedrenjaka.

Tijekom 1. svjetskog rata gradili su manje ratne brodove za Austro-Ugarsku mornaricu, a tijekom 2. svjetskog rata pri bombardiranju i miniranju uništeno je oko 60% brodogradilišnih kapaciteta pa je nakon završetka rata brodogradilište Kraljevica rekonstruirano, prošireno i modernizirano.

Ovo brodogradilište je poznato po tome da je 1947. kao prvo brodogradilište u bivšoj državi izgradilo brod tehnologijom zavarivanja. [36]

Od 1946. do 2008. u ovom se brodogradilištu izgradilo ukupno 197 brodova različite namjene. Od trgovačke flote do putničkih brodova, trajekata i vojnih plovila. Nakon 283 godine neprekidnoga rada Brodogradilište Kraljevica vladinom odlukom o stečaju prestaje postojati 2012. godine. [36]

2014. godine preuzima ga trgovačko društvo Dalmont d.o.o. iz Rijeke sa sjedištem u Kraljevici. Dalmont d.o.o. je tijekom poslovne suradnje s brodogradilištem Kraljevica postao njegov glavni kooperant na temelju dugogodišnjeg i profesionalnog poslovanja u izgradnji i remontu brodova. Društvo je privatno vlasništvo direktora i člana uprave gospodina Ivana Ivića. [35]



Slika 16. Brodogradilište Kraljevica DALMONT d.o.o.

Nakon izgradnje serije manjih brodova unutar samog brodogradilišta, vođeni željom za daljnjim stvaranjem i razvojem Dalmont d.o.o. dana 21. listopada 2014. godine potpisuje ugovor o prijenosu koncesije. [35]

Time se od strane Dalmonta d.o.o. preuzima i cjelokupno brodogradilište Kraljevica, najstarije brodogradilište na istočnome Jadranu s kontinuiranom tradicijom brodogradnje. Preuzimanjem brodogradilišta spojeno je znanje i iskustvo stečeno u brodograđevnoj djelatnosti te višestoljetna tradicija izgradnje brodova i plovila. [35]

U dosadašnjem radu brodogradilišta vrijedi istaknuti RO-RO putnički brod DA-06 za naručitelja Rapsku plovidbu d.d. Direktor brodogradilišta Dalmont Ivan Ivić istaknuo je tijekom porinuća da ovaj trajekt, prvi brod koji se porinuo u okviru Dalmonta koji djeluje na mjestu nekadašnjeg Brodogradilišta Kraljevica, predstavlja sve ono za što su se zalagali u Dalmontu od osnutka prije 25 godina. [35]



Slika 17. Putnički brod DA-06 [35]

Trajekt je duljine 79 metara, a širine 17,5 metara. Moći će prevoziti 100 automobila i 595 putnika ljeti i 495 zimi na liniji između Stinice i Mišnjaka na Rabu. Na njemu će raditi 10 članova posade. Vrijednost trajekta je 7,9 milijuna eura, a gradnja se financira iz vlastitih sredstava Rapske plovidbe i kreditima HBOR-a, Erste banke i BKS banke iz Rijeke. [35]

6.3. Primjena Lean alata 5S u proizvodni proces brodogradilišta Kraljevica DALMONT d.o.o.

5S je Lean alat koji potiče iz Toyotinih proizvodnih pogona, a glavni mu je cilj poboljšanje uvjeta rada unutar tvornice ili bilo koje druge organizacije. To je alat koji se u većini slučajeva uvodi prvi jer su dobri uvjeti za rad preduvjet za kvalitetno i efikasno odvijanje proizvodnog procesa.

Provođenje 5S alata odvija se kroz pet faza. Prve tri faze služe za stvaranje optimalnog radnog okruženja, a posljednje dvije za održavanje postignutog u prve tri faze.

6.3.1. SORTIRANJE

Kretanjem u organizaciju radnog prostora, prva stvar je da sortiramo sve što se nalazi u tom radnom prostoru. Treba označiti predmete koji se i dalje koriste i neophodni su za odvijanje proizvodnog procesa, a posebno označiti predmete koji više nisu potrebni i nemaju nikakvu vrijednost. Nepotrebne dijelove, alate, opremu i ostale predmete nužno je otkloniti iz radnog prostora jer oni narušavaju produktivni radni ambijent. Na predmete koje trebamo otkloniti iz radnog prostora treba staviti crvenu karticu na kojoj se navodi zašto je oznaka stavljena i koje su daljnje radnje koje će se odvijati s navedenim predmetom.



Slika 18. Materijal koji više nije za upotrebu

Na slici je prikazan materijal koji se više ne koristi i treba ga otkloniti jer bespotrebno zauzima radni prostor.



Slika 19. Stare cijevi

Stare cijevi koje su izvađene prilikom postupka remonta broda blokiraju transportni put te ih treba otkloniti iz radnog okruženja.

Sortiranje je izuzetno bitna stavka efikasnog odvijanja proizvodnog procesa i ukoliko nije provedeno na odgovarajući način može doći do situacije gdje tvornica postaje pretrpana te je u njoj otežan rad, troši se vrijeme na traženje materijala, dijelova i alata. Može doći do gomilanja materijala u pogonu, nepotreban inventar i proizvodna oprema se održavaju bez potrebe te nepotrebna proizvodna oprema može onemogućiti postizanje poboljšanja u tijeku odvijanja procesa.

6.3.2. RED

Ovo je korak koji je najizazovniji za radni prostor. Potrebno je sve predmete koji su sortirani organizirati na način da se ostvari najbolja moguća protočnost radnog prostora. Ne postoji univerzalni recept za njegovu provedbu, već je potrebno voditi računa o specifičnostima poslovanja i rad organizirati na najefikasniji mogući način.

Prijedlog je sistematski posložiti sve komponente u radnom okruženju da ih svatko može naći.



Slika 20. Komponente nisu sistematski posložene

Alati koji se često koriste moraju biti smješteni u blizini mjesta gdje se koriste. Polica s nekim od alata koji se koriste je u zasebnoj prostoriji i udaljena je od radnog mjesta.



Slika 21. Prostorija s alatima

Potrebno je često korišteni alat smjestiti na lako dostupnom mjestu da se izbjegne nepotrebno saginjanje, istezanje i pretjerano hodanje.



Slika 22. Dobro organizirano radno mjesto

Na ovoj slici je prikazan ispravan način primjene 5S alata gdje je potreban materijal na dohvat ruke radniku i ne mora gubiti vrijeme i energiju da bi došao do njega.

Stvari treba etiketirati kako se ne bi zaboravilo gdje stoje. Dakle često korištena oprema, alat, materijali i njihovo mjesto skladištenja moraju biti jasno označeni.



Slika 23. Police s materijalima i alatima

Na polici su komponente koje iako imaju nekakvu logiku slaganja nisu jasno označene što otežava njihovu potragu.

Da bi ova faza ispunila svoj puni potencijal bitno je uključiti radnike u sam proces, educirati ih kako bi shvatili važnost i benefite ovog koncepta.

6.3.3. ČIŠĆENJE

Otpad i prljavština u radnom prostoru su neprihvatljivi. Ova faza podrazumijeva održavanje skladišta i radnog mjesta čistim, oslobođene transportne puteve te stavljanje alata i materijala na označene pozicije.



Slika 24. Radno mjesto u stolarskoj radionici

Do situacija u kojima se radno okruženje ne čisti nekoliko dana ne smije dolaziti te je nužno radnicima ukazati na važnost održavanja radnog mjesta čistim.



Slika 25. Kompresor zraka

Prijedlog je učestalije korištenje kompresora zraka da bi se omogućili kvalitetniji uvjeti za rad te pribor za čišćenje za održavanje prostora i opreme čistim svaki dan.



Slika 26. Pribor za čišćenje

Implementacijom Lean alata 5S ovaj korak postaje dio svakodnevne rutine i obveze zaposlenika te ne predstavlja dodatno opterećenje u radu. Prijedlog je napraviti vrlo jednostavnu listu s popisom zadataka kako bi zaposlenici pratili i kontrolirali izvršenje svojih aktivnosti.

6.3.4. STANDARDIZACIJA

Ovaj korak predstavlja okosnicu primjene metodologije 5S. Nakon što smo sortirali i uveli red te održavamo skladište čistim, prostori za standardizaciju jasnije su vidljivi. Trebaju se definirati koraci koji postaju dio dnevne, tjedne ili mjesečne rutine. Prijedlog je napraviti listu s popisom zadataka radi lakšeg praćenja i kontrole te plakate s procedurama koji su uočljivi. Također, nužno je provoditi redovne edukacije zaposlenika i to ne samo po pitanju redovnih

aktivnosti, već i kako postupiti u slučaju određenih poteškoća kao na primjer što poduzeti kad dođe do oštećenja dizalice ili koji su koraci kada se kemikalija razlije u skladišnom prostoru.

6.3.5. SAMODISCIPLINA

Samodisciplina je najveći izazov svakog poslovanja pa tako i kod primjene 5S alata. Stoga je nužno uvesti redovne kontrolne točke ili čak nenajavljene provjere provođenja procesa kako bi se održavala razina svjesnosti i važnosti provođenja ovog alata. Ukoliko je vidljivo da postoje poteškoće u provođenju, bitno je utvrditi razloge te prilagoditi alat trenutnim uvjetima i mogućnostima. Potrebno je poticati zaposlenike na način da se napominje značaj ovog alata i omogućiti dovoljno vremena za njegovu implementaciju.

Možemo reći da je primjena ove metodologije izvrstan pristup poboljšanjima budući da je jednostavna, a njezina implementacija ne zahtijeva velike troškove. Iako je ovaj alat vrlo jednostavan i praktičan za primjenu, vrlo je važna organizacija i angažman zaposlenika kako bi se mogao iskoristiti njen puni potencijal.

6.4. PRIMJENA DIGITALNOG ALATA ZA LAKŠE VOĐENJE PROJEKATA

6.4.1. Uvođenje programa Microsoft Project

Brodogradilište Kraljevica DALMONT d.o.o. plan i program vođenja projekata imaju koncipiran na način da je organizacija projekta većinom u papirnatom obliku, a neki se dijelovi projekta odvijaju samo na temelju usmene predaje što otvara prostor za pogrešno razumijevanje dogovorenog plana koje može dovesti do pojave nepravilnosti u vođenju projekta i usporavanja razvoja samog projekta.

Prijedlog digitalizacije sustava je softverski proizvod za upravljanje projektima koji je razvio Microsoft i koji je dio Microsoft Office paketa koje se u brodogradilištu primjenjuje pa će i sam proces prilagodbe biti bezbolniji. Microsoft Project je sustav koji ima široki spektar mogućnosti.

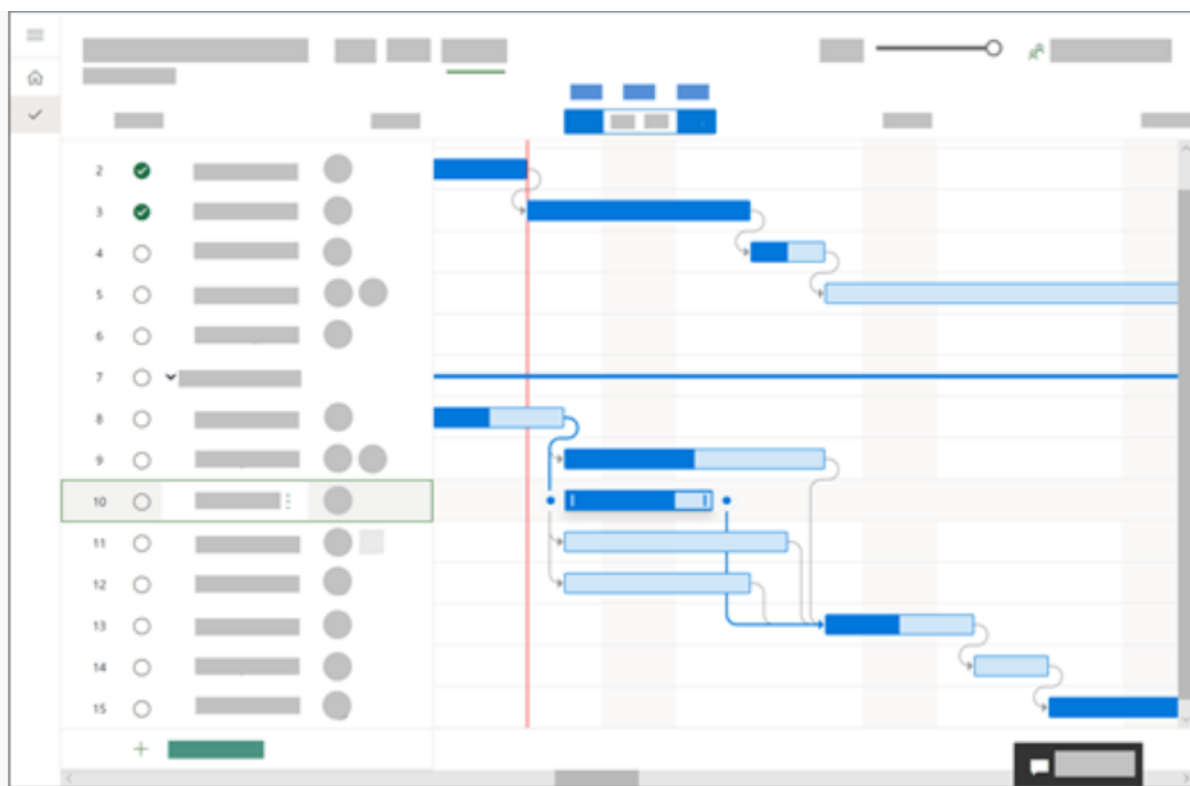
The screenshot displays the Microsoft Project interface with a company name 'Tvrtka' and a search icon. It is divided into four main sections:

- Plan marketinške kampanje:** A Gantt chart showing tasks like 'Marketing Campaign Planning', 'Review Business Strategy', 'Develop Campaign Concepts', 'Create Implementation Strategy', 'Communicate and Train Internal Organization', 'Customer Relationship Management', and 'Analyze Regional/Global Business Models'.
- Plan za razvoj softvera:** A Gantt chart for software development tasks including 'Software Development', 'Analysis/Software Requirements', 'Design', 'Development', 'Testing', 'Documentation', and 'Plan'.
- Upravljanje agilnim projektima:** A guide titled 'Korišćenje programa Project za upravljanje agilnim projektima' with instructions on creating and managing sprints, accompanied by a 'Sprint Status' bar chart and a 'Remaining WBS' line graph.
- Stvaranje proračuna:** A guide titled 'STVARANJE PRORAČUNA' with steps to create budget resources, assign them to tasks, add budget work and cost, and identify the budget. It includes a bar chart for budget work and a table for labor costs.

Resource	Budget Type	Budget Work	Work
Jon			72 hrs
Sonia			72 hrs
Brian			52 hrs
Budget	30,000 hrs		

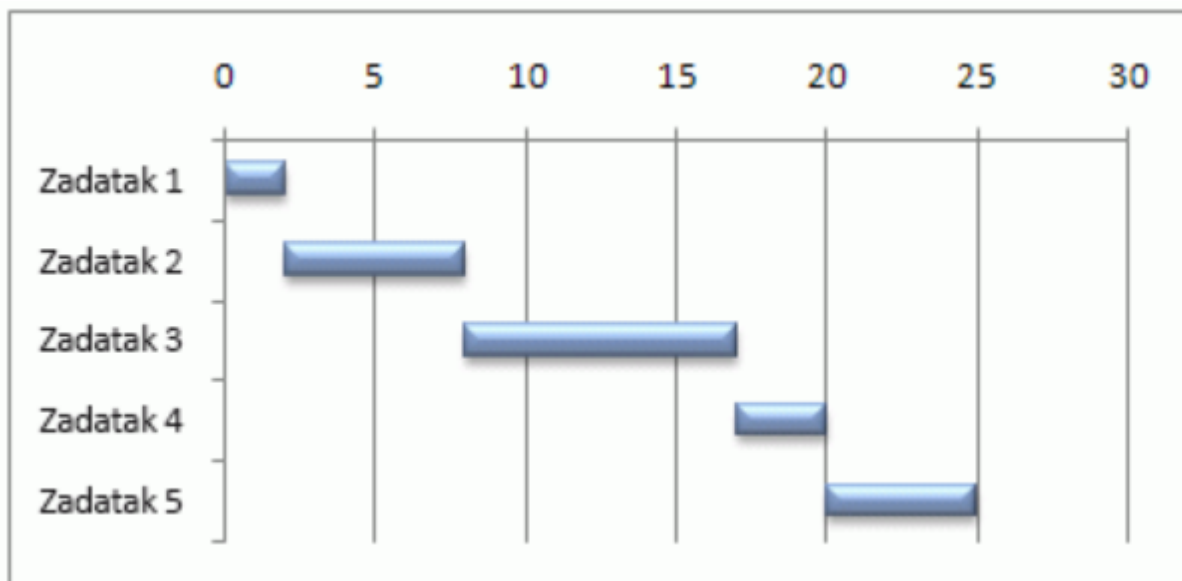
Slika 27. Početni prikaz Microsoft Projecta [37]

Ovaj sustav osmišljen je da pomogne voditelju projekta u izradi rasporeda, dodjeljivanju zadataka, praćenju napretka, upravljanju proračunom i analiziranju radnog opterećenja.



Slika 28. Microsoft Project [37]

Microsoft Project svojim inovativnim i intuitivnim dizajnom omogućuje vrlo jednostavno vođenje projektom. Smanjit će se vrijeme obuke zaposlenika pošto se u ovom alatu koriste svima poznate značajke planiranja rasporeda za voditelje projekata kao što je prikaz vremenske crte (Ganttovi dijagrami). [37]



Slika 29. Ganttov dijagram [37]

Značajka Microsoft Power BI omogućuje obogaćene interaktivne nadzorne ploče koje vizualiziraju sve aspekte projekta. Microsoft Project omogućava ugradnju prilagodljivih predložaka pa nema potrebe za stvaranjem novih planova upravljanja projektima. [37]

U projekt se mogu dodavati osobe i omogućiti svima uvide u razvoj projektnog zadatka. Svim članovima tima može se omogućiti uređivanje zadataka da bi suradnja bila jednostavnija. [37]

Za primjer na kojem ćemo objasniti funkcioniranje alata Microsoft Project uzet ćemo projekti zadatak implementacije 5S alata u proizvodni pogon brodogradilišta.

Voditelj projekta unosi zadatke u Microsoft Project alat, dakle glavni zadaci su sortiranje, red, čišćenje, standardizacija i samodisciplina.

Nakon toga zadaje kada se s određenim zadatkom počinje i koliki je planirani vremenski rok za izvršavanje zadatka. U trenutku kada su početak zadataka i krajnji rok izvršenja zadataka određeni oni se pojavljuju na Ganttovom dijagramu. Ukoliko voditelj projekta odredi da su rokovi izvršenja fiksni kada dođe do prekoračenja roka ovaj alat odmah upozorava da je do njega došlo. Unutar svakog zadatka mogu se odrediti podzadaci na koje se također mogu postaviti rokovi izvršenja. Podzadaci mogu biti određeni dijelovi proizvodnog brodograđevnog pogona čime bi voditelj projekta odredio gdje će se sve određeni zadatak izvršavati. Za svaki zadatak i podzadatak mogu se staviti bilješke gdje voditelj projekta može detaljno obrazložiti što u određenom zadatku i podzadatku zahtijeva. Time se osigurava da će zaposlenik u svakom

trenutku znati što se od njega traži. Kako proces izvršavanja teče, voditelj projekta može na Ganttovom dijagramu odrediti u kojoj je fazi određeni zadatak ili podzadatak te označiti ukoliko je izvršen. Zadatke se može međusobno povezati na način da završavanje jednog zadatka automatski omogućuje pokretanje drugog zadatka.

Voditelj projekta u alatu Microsoft Project ima mogućnost popisivanja svih zaposlenika i njihovih radnih vremena te ih vrlo jednostavno može dodijeliti zadacima, zaposlenici također imaju uvid u projekti zadatak te u svakom trenutku mogu znati koje su im trenutne obaveze u projektnom zadatku. Unutar projekta mogu se napraviti izvještaji koji zaposlenicima mogu dati jasniju sliku kakav je napredak i u kojoj je fazi određeni podzadatak, zadatak ili kompletni projekt.

Implementacija Microsoft Project alata će olakšati i poboljšati komunikaciju unutar brodogradilišta. Sami dogovori i organizacija projektnih zadataka će biti puno jednostavniji i umanjit će količinu potencijalnih nepravilnosti i nesporazuma u okviru dogovaranja projekata. Zaposlenici će imati jasniju predodžbu njihovih obaveza i kontinuirano će imati uvid u napredak projekta. Navedena poboljšanja su razlog zašto bi bilo korisno uvesti ovaj digitalni alat u brodogradilište Kraljevica DALMONT d.o.o.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazane su pogodnosti koje pruža implementacija alata Lean menadžmenta i značajki Industrije 4.0. Lean i digitalnu transformaciju koju ove metodologije omogućavaju svrstavaju ih u sam vrh poslovnih strategija za ekonomski rast i razvoj poduzeća.

Lean proizvodnja smatra se odgovarajućom metodologijom za poboljšanje produktivnosti i smanjenje troškova u proizvodnim tvrtkama različitih industrija. Karakterizira ju pristup koji se bazira na identifikaciji i stvaranju vrijednosti nizom Lean alata koji su usredotočeni na održavanje nesmetanog tijeka proizvodnog procesa.

Nadogradnja na primjenu Lean metodologije u proizvodnim brodograđevnim procesima uvođenjem značajki Industrije 4.0 doveli su nas do potpuno novog koncepta pod nazivom Lean i pametno brodogradilište. Cilj implementacije Industrije 4.0 u brodograđevnu industriju je stvaranje pametnog brodogradilišta koje će karakterizirati prilagodljivost, učinkovitost, ergonomija i integracija između brodovlasnika i brodograditelja.

Prijedlog implementacije značajki koncepta Lean i pametnog brodogradilišta u brodogradilište Kraljevica DALMONT d.o.o. prikazan u praktičnom dijelu je dobar put prema Lean i digitalnoj transformaciji brodogradilišta koja vodi prema povećanoj produktivnosti, efikasnosti, bržem odgovoru na promjene te u konačnici ekonomskom rastu i razvoju.

LITERATURA

- [1] <https://esavjetovanje.hr/lean-management/>
- [2] https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10_05_2012__16882_UZIP_-_Lean_proizvodnja.pdf
- [3] Mladen Žvorc, mag. oec. Lean menadžment u neproizvodnoj organizaciji, 2013.
- [4] <https://kanbanize.com/lean-management/what-is-lean-management>
- [5] Prof.dr.sc Nedeljko Štefanić, doc.dr.sc Miro Hegedić , Materijali s predavanja „Upravljanje znanjem i promjenama“
- [6] <https://theleanway.net/The-Five-Principles-of-Lean>
- [7] <https://project-management-srbija.com/project-management/kanban-metodologija>
- [8] KAIZEN KAO POSLOVNA FILOZOFIJA U SPORTSKIM ORGANIZACIJAMA, Milan Nešić, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad
- [9] KAIZEN - JAPANSKA POSLOVNA FILOZOFIJA , Vladan Joksimović ,Milan Stevanović , Zoran Marjanović
- [10] N. ŠTEFANIĆ et. al., Models and Methods of Production Management
- [11] <https://bs.warbletoncouncil.org/circulo-deming-4561>
- [12] https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10_05_2012__16882_UZIP_-_Lean_proizvodnja.pdf
- [13] <http://www.cimlss.rs/poke-yoke/>
- [14] <https://alatnica.home.blog/2019/01/11/poka-yoke/>
- [15] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=6272>
- [16] M. PERINIĆ et. al., Primjena SMED metode kao jednog od bitnih alata za unaprjeđivanje proizvodnje
- [17] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=27361>
- [18] Gojko Nikolić, Industrija i obrazovanje
- [19] https://www.researchgate.net/publication/336675822_The_First_Industrial_Revolution_Creation_of_a_New_Global_Human_Era
- [20] https://hr.wikipedia.org/wiki/Druga_industrijska_revolucija
- [21] <https://manufacturingdata.io/newsroom/timeline-of-revolutions/>
- [22] Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges, László Monostori
- [23] The Impact of Control Technology, T. Samad and A.M. Annaswamy, 2011.
- [24] Filipović A. M. , Bralić V. , Malešević N. , Internet stvari i moguće ugroze -Stručni rad

-
- [25] Buxmann P., Hess T., Ruggaber R.: Internet of Services, 2009.
- [26] Tihomir Orehovački, Mario Konecki, Zlatko Stapić – Primjena Web 2.0 Tehnologija u poslovanju
- [27] <https://www.svgroup.hr/rjesenja/service-oriented-architecture-soa/>
- [28] Maris Mirović, Mario Miličević , Ines Obradović – Veliki skupovi podataka u pomorskoj industriji
- [29] Virtual and augmented reality for the maritime sector – applications and requirements, Uwe Freiherr von Lukas
- [30] Blockchain technology in maritime industry, Ivan Peronja , Kristijan Lenac , Roko Glavinović
- [31] Lean and Smart Manufacturing Networks in the Shipbuilding Sector, Anatoli Beifert, Gunnar Prause
- [32] TOWARD SHIPBUILDING 4.0 - AN INDUSTRY 4.0 CHANGING THE FACE OF THE SHIPBUILDING INDUSTRY , Venesa Stanić, Marko Hadjina, Nikša Fafandjel, Tin Matulja
- [33] https://e-ucenje-arhiva.fsb.hr/pluginfile.php/101449/mod_resource/content/1/UZIP_Kaizen.pdf
- [34] https://e-ucenje-arhiva.fsb.hr/pluginfile.php/100921/mod_resource/content/0/UZIP%20predavanja%20od%20TPS%20do%20Leana%201-32c.pdf
- [35] <https://dalmont.hr/hr/>
- [36] https://hr.wikipedia.org/wiki/Brodogradili%C5%A1te_Kraljevica
- [37] <https://www.microsoft.com/hr-hr/microsoft-365/project/project-management-software>