

Primjena analize toka vrijednosti u Lean proizvodnji u odabranom poduzeću

Bogdan, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:711152>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





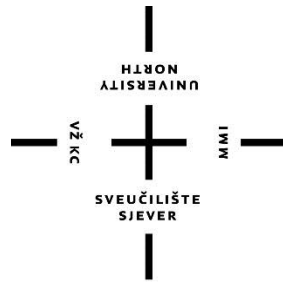
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 258/PS/2018

**Primjena analize toka vrijednosti u lean proizvodnji u
odabranom poduzeću**

Matej Bogdan, 0052/336

Varaždin, srpanj 2018. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 258/PS/2018

Primjena analize toka vrijednosti u lean proizvodnji u odabranom poduzeću

Student

Matej Bogdan, 0052/336

Mentor

Živko Kondić, prof. dr.sc

Varaždin, srpanj 2018. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK MATEJ BOGDAN

MATIČNI BROJ 0052/336

ODJEL 20. SVIBNJA 2018. KOLEGIJA ORGANIZACIJA PROIZVODNJE

NASLOV RADA PRIMJENA ANALIZE TOKA VRIJEDNOSTI U LEAN PROIZVODNJI U ODABRANOM
PODUZEĆU

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Applying a flow analysis of lean production to a selected company

MENTOR ŽIVKO KONDIĆ

ZVANJE PROF. DR. SC.

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. Veljko Kondić, mag. ing. mech., predavač
2. Marko Horvat, dipl. ing., predavač
3. Prof. dr. sc. Živko Kondić, mentor
4. Dr. sc. Zlatko Botak, viši predavač, zamjenski član
5. _____

Zadatak završnog rada

BROJ 258/PS/2018

OPIS

U zadatku je potrebno:

- U uvodnom dijelu završnog rada potrebno je definirati pojam Lean proizvodnje s osvrtom na principe (načela) Leana.
- U drugom dijelu rada potrebno je detaljnije opisati i objasniti pojam "Lean kuće" kroz primjenu nekih od značajnijih alata i metoda.
- Detaljno objasniti pojam 7+1 vrsta gubitaka u proizvodnji (3M).
- Na odabranom procesu proizvodnje potrebno je opisati postupke implementacije Leana kroz opis poduzeća, proizvodnog programa te provesti detaljniju analizu trenutnog stanja toka vrijednosti i prikazati je dijagramski.
- nakon snimke trenutnog stanja toka vrijednosti za odabrani proizvod i za odabrani radni nalog potrebno je razraditi i objasniti postupke poboljšanja te ih prikazati na dijagramu toka vrijednosti.
- U zaključnom dijelu rada potrebno je dati kritički osvrt na završni rad te ukazati na ograničenja tijekom njegove realizacije.

ZADATAK URUČEN

06.07.2018.



Predgovor

Zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su mi tokom studiranja bili potpora i pomogli da uspješno završim studij.

Posebno zahvaljujem svom mentoru Živku Kondiću na ukazanom strpljenju i povjerenju tokom izrade rada. Također, želim se zahvaliti i Tomislavu Vozdeckom iz tvrtke Esco d.o.o na vođenju i savjetovanju kroz projekt.

Sažetak

Tema ovog završnog rada je *Primjena analize toka vrijednosti u lean proizvodnji u odabranom poduzeću*. U početku rada razrađeni su osnovni koncepti i pojmovi lean proizvodnje. Navedeni su i ukratko objašnjeni opći principi leana; definiranje vrijednosti, mapiranje toka vrijednosti, kontinuirani tok proizvodnje, povlačenje proizvodnje i težnja savršenstvu. Nakon toga detaljno je razjašnjena lean kuća; dakle što čini temelje leana, što čini zidove lean kuće, te naposljetku zašto je to sve potrebno (kvaliteta, brzina, cijena).

Nakon objašnjavanja lean kuće, obrađena je tema gubitaka koji se mogu pojaviti u proizvodnji. Ti gubici su poznati kao 3M (Muda, Muri i Mura). Muda predstavlja 8 glavnih gubitaka koji se mogu pojaviti u proizvodnji: Transport, zalihe, nepotrebna kretanja, čekanje, defekti, prekomjerna obrada, prekomjerna proizvodnja te neiskorištenost potencijala zaposlenika. Muri i Mura su zasebne kategorije gubitaka u proizvodnji koje predstavljaju preopterećenje i neravnomjernost u proizvodnji. Sve ove vrste gubitaka su razrađene i sistematizirane.

Ostatak završnog rada temelji se na primjeni lean alata u realnim uvjetima proizvodnje. Analizirano je trenutno stanje u tvrtki te je odabran jedan radni nalog za jedan proizvod. Potrebno je napomenuti da se inače nikad ne radi mapa toka vrijednosti za samo jedan proizvod nego za jednu cijelu vrstu proizvoda. Iznimno, u svrhu izrade ovog rada, iskorišten je samo jedan radni nalog za izradu mape toka vrijednosti. Poblížom inspekcijom rada tvrtke i uvjeta u postrojenju, uočeni gubici su istaknuti i analizirani. Nakon toga dati su prijedlozi kojim bi se ti gubici trebali smanjiti ili čak potpuno ukloniti. Na kraju rada izrađena je mapa budućeg stanja toka vrijednosti koja bi trebala predstavljati stanje lean proizvodnje.

Ključne riječi: Lean proizvodnja, 7 gubitaka, lean kuća, Kaizen

Summary

The topic of this thesis is *the application of value stream analysis in lean manufacturing at chosen company*. First part of this work contains information about basic concepts and ideas of lean manufacturing. Five principles of lean are mentioned and explained; identifying value, mapping the value stream, creating flow, establishing pull and seeking perfection. After that, the house of lean has been elaborated, including all of its tools contained in its foundation (Standardization, Kaizen, 6S), walls (Pull, Continuous flow, Balanced manufacturing, Takt time, Jidoka etc.) and ceiling (Quality, speed, price).

After dealing with the house of lean, the topic of losses has been dealt with. These losses are better known as the 3M (Muda, Muri and Mura). Muda presents 7 (8) main types of losses which can be found in manufacturing process: Transport, Inventory, Motion, Waiting, Defects, Overproduction, Overprocessing and Waste of potential. Muri and Mura are separate categories of losses in manufacturing which represent work overload and unevenness. All of these types of losses have been categorized and explained.

Proceeding part of the thesis presents a turnpoint from theoretical examination to application in real manufacturing conditions. Current state in the company has been analyzed and one work order has been chosen. Process from this work order has been put in a value stream map. Creating value stream map for only one process is not a standard practice, rather it was done only for the purpose of this thesis. Upon closer inspection of company's work, losses in manufacturing have been highlighted and analyzed. Recommendations were issued on how to improve/eliminate losses in manufacturing. Finally, the map of the future value stream has been constructed that should resemble the condition of lean manufacturing.

Keywords: Lean manufacturing, 7 Wastes, The house of lean, Kaizen

Popis korištenih kratica

| | |
|--------------|--|
| TPS | Toyota Production System |
| JIT | Just In Time |
| TPM | Total Productive Maintenance |
| TQM | Total Quality Maintenance |
| SMED | Single Minute Exchange of Die |
| DMADV | Define Measure Analyze Design Verify |
| DMAIC | Define Measure Analyze Improve Control |
| VA | Value-added |
| NVA | Non-value-added |

Popis slika

Slika 2.1 Osnovni principi leana

Slika 3.1 Lean kuća

Slika 3.2 Slikoviti prikaz odnosa standardizacije i Kaizena [2]

Slika 3.3 6S ciklus

Slika 3.4 Primjer Andona u proizvodnoj liniji [2]

Slika 3.5 Primjer Poka-Yoke uređaja [9]

Slika 3.6 Usporedba serijske proizvodnje i jednopredmetnog toka [13]

Slika 3.7. Primjer upotrebe Kanban naljepnica [15]

Slika 3.8 Promjena guma u Formuli 1 [18]

Slika 4.1 Transport u proizvodnji [19]

Slika 4.2 Razina zaliha kamuflira ostale probleme u proizvodnji [20]

Slika 4.3 Nepotrebne i zahtjevne radnje predstavljaju problem za radnika [22]

Slika 4.4 Čekanje u proizvodnji predstavlja problem efikasnosti [24]

Slika 4.5 Defekti prikazani kao santa leda [26]

Slika 4.6 Oslobođanje procesa od svih nepotrebnih aktivnosti [24]

Slika 4.7 Prekomjerna proizvodnja uzrokuje niz drugih problema [29]

Slika 5.1. Krtačka – opruga za pritiskanje četkica elektromotora [33]

Slika 0.2 Udio kupaca po državama [33]

Slika 0.3 Organizacijska struktura tvrtke Esco d.o.o. [33]

Slika 5.4 Proizvodni asortiman odjela Opruge [33]

Slika 5.5 Dvostruka torziona opruga – dvokraka [33]

Slika 5.6 Proizvodni asortiman odjela Prosijecanje i savijanje (proizvodi iz žice i trake) [33]

Slika 0.7 Odjel toplinske obrade

Slika 0.8 Proizvodni pogon

Slika 0.9 Priprema materijala

Slika 0.10 Namještanje stroja

Slika 0.11 Kontrola kvalitete

Slika 0.12 Pakiranje

Slika 0.13 Međuskladišta

Slika 0.14 Skladište materijala i gotovih proizvoda

Slika 0.15 Primjer radnog naloga

Slika 5.16 Odnos VA-NVA

Slika 5.17 Narudžbenica [34]

Slika 5.18 Otpremnica [34]

Slika 5.19 Stvarni odnos VA/NVA/WASTE

Slika 0.1 Improvizirani Poka-Yoke uređaj

Slika 0.2 Automatizirana (Jidoka) proizvodnja

Popis tablica

Tablica 0.1 Primjer Heijunka kutije [16]

Tablica 0.2 Učinak radnika po smjeni [34]

Sadržaj

| | |
|--|-----------|
| POPIS SLIKA..... | 9 |
| POPIS TABLICA..... | 11 |
| 1. UVOD..... | 14 |
| 2. LEAN PROIZVODNJA I OPĆI PRINCIPI LEAN PROIZVODNJE..... | 16 |
| 2.1. ŠTO JE LEAN?..... | 16 |
| 2.2. THE TOYOTA WAY..... | 17 |
| 2.3. OPĆI PRINCIPI LEAN PROIZVODNJE..... | 19 |
| 3. LEAN KUĆA..... | 23 |
| 3.1. STANDARDIZACIJA..... | 24 |
| 3.2. KAIZEN..... | 26 |
| 3.3. 6S..... | 28 |
| 3.4. JIDOKA..... | 32 |
| 3.5. POKA-YOKE..... | 33 |
| 3.6. 5WHY (5 ZAŠTO)..... | 34 |
| 3.7. JUST IN TIME..... | 34 |
| 3.8. VUČENJE PROIZVODNJE..... | 36 |
| 3.9. KONTINUIRANI TOK PROIZVODNJE..... | 36 |
| 3.10. TAKTNO VRIJEME..... | 38 |
| 3.11. KANBAN..... | 39 |
| 3.12. UJEDNAČAVANJE PROIZVODNJE (HEIJUNKA)..... | 40 |
| 3.13. SMED (BRZA IZMJENA ALATA)..... | 42 |
| 4. GUBICI U PROIZVODNJI (3M)..... | 44 |
| 4.1. MUDA..... | 44 |
| 4.1.1. <i>Transport</i> | 44 |
| 4.1.2. <i>Zalihe</i> | 46 |
| 4.1.3. <i>Nepotrebna kretnja</i> | 47 |
| 4.1.4. <i>Čekanje</i> | 48 |
| 4.1.5. <i>Defekti (Popravci)</i> | 49 |
| 4.1.6. <i>Prekomjerna obrada</i> | 51 |
| 4.1.7. <i>Prekomjerna proizvodnja</i> | 52 |
| 4.1.8. <i>Neiskorištenost potencijala zaposlenika</i> | 53 |
| 4.2. MURI..... | 55 |
| 4.3. MURA..... | 56 |
| 5. IMPLEMENTACIJA LEANA U ODABRANOM PODUZEĆU..... | 57 |
| 5.1. O PODUZEĆU ESCO – FOFONJKA D.O.O..... | 57 |
| 5.2. PROIZVODNI PROGRAM..... | 59 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3. ANALIZA TRENUTNOG STANJA TOKA VRIJEDNOSTI | 63 |
| 6. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA | 77 |
| 7. ZAKLJUČAK | 85 |
| 8. LITERATURA | 87 |

1. Uvod

Neovisno o veličini i djelatnosti kompanije, tvrtke, tvornice itd., potrebno je da ista uvijek gleda prema poboljšanju kvalitete proizvoda i povećanju profita. U današnjem informatičkom dobu, pristup informacijama dostupan je svima koji to žele. Takvo stanje dovodi do povećanja konkurencije na tržištu, koje je s vremenom sve nemilosrdnije. Ali kolike god su prijetnje i opasnosti ovakvog raspleta događaja, tolike su i prilike i prednosti, te su tvrtke koje uspiju iskoristiti te prilike one tvrtke koje su korak ispred konkurencije. No čak i ako se neke tvrtke probiju iznad drugih, veliko je umijeće zadržati tu poziciju. U tim situacijama do izražaja dolaze kvalitetni dugoročni planovi i strategija razvoja tehnologija i zaposlenika. To ne znači da se tvrtka mora strogo držati postavljene strategije, nego dapače, strategija se mora prilagođavati predstojećim unutarnjim i vanjskim faktorima. Unutarnji faktori (kvalitetni ljudski resursi, proizvodni sustav, marketing) se dobrom organizacijom mogu relativno normalizirati. Problem su vanjski faktori (konkurencija, tržište, kupci, dobavljači itd.) koji mogu biti izrazito promjenjivi i neizvjesni.

Kada je riječ o poboljšanju efikasnosti u nekoj tvrtki, postalo je neefikasno poboljšati/optimizirati samo jednu određenu operaciju koja je bila lošija jer će se kad-tad ponovo pojaviti taj problem. Tajna uspješnog poboljšanja efikasnosti tvrtke je optimiziranje cjelokupnog sustava. U tu optimizaciju sustava moraju biti uključeni svi, od najvišeg menadžmenta tvrtke pa sve do zaposlenika i suradnika. Kada se govori o uvođenju poboljšanja u sustav, nije dovoljno oslanjati se samo na vlastito znanje i sposobnosti, već je potrebno ugledati se na kompanije koje su prošle slične prilagodbe uspješno i izvući pouke iz toga. Vjerojatno najpoznatija kompanija po pitanju inovacija u organizaciji je Toyota koja je razvila cijeli sustav TPS (Toyota Production System) koji ustvari utjelovljuje lean (vitku) proizvodnju.

Lean je skup alata koji služi za poboljšanje organizacije i kvalitete proizvodnje, moglo bi se reći da je lean taj korak između prosječne tvrtke i one uspješne. Implementacija lean proizvodnje se ne događa preko noći, ona može potrajati i relativno dug vremenski period čak i u onim tvrtkama gdje su i vodstvo i radnici željni prihvatiti ga. Lean proizvodnja unosi brojne radikalne promjene u konzervativne pogone te stoga neki radnici, pa čak i menadžment tvrtke nisu skloni istome. Za radnike je potrebno da shvate da su oni vrlo važan dio poduzeća te da će im lean pomoći da još više i na lakši način doprinesu tvrtki. Možda će im to biti teško prihvatiti u početku jer su navikli na kratkoročna i instantna poboljšanja, no moraju shvatiti da je lean dugoročno isplativ i održiv.

Tematika ovog rada je implementacija leana u proizvodnju kao i općenito značenje leana i opis lean alata. Rad se sastoji od četiri međusobno povezane cjeline. U prvom dijelu pokriveno je opće teorijsko razmatranje lean proizvodnje i principa, kao i svih alata (Kaizen, Jidoka, JIT, Vučenje proizvodnje, Heijunka, Poka-Yoke, Kanban, 6S i dr.). U drugom dijelu govorit će se o općim gubicima koji se mogu pojaviti u toku proizvodnje i metodologijama njihovog uklanjanja. Treća cjelina prezentira opće podatke i stanje proizvodnje u proizvoljno odabranoj tvrtki (Esco-Fofonjka d.o.o. iz Bjelovara) te se na temelju primjera radnog naloga izrađuje mapa toka vrijednosti. Opisani su gubici i gdje nastaju. U zadnjem dijelu rada, predložena su poboljšanja trenutnog sustava. Neki prijedlozi tiču se općeg stanja tvrtke, dok je naglasak stavljen na proizvodni proces prikazan odabranim radnim nalogom. Predloženi su načini za smanjenjem uočenih gubitaka i izrađena je poboljšana mapa protoka vrijednosti.

2. Lean proizvodnja i opći principi lean proizvodnje

2.1. Što je lean?

Lean proizvodnja se može definirati kao sistematska metoda uklanjanja gubitaka u proizvodnom sustavu bez smanjenja proizvodnih kapaciteta. Lean ističe radnje koje dodaju vrijednost i nastoji ukloniti gubitke uzrokovane radnjama koje ne dodaju vrijednost i koje kupac nije voljan platiti. Cijeli koncept lean proizvodnje je deriviran iz sustava proizvodnje koji je Toyota usavršila (TPS) i kojeg primjenjuje u svim svojim poslovima i kompanijama. Prema nekim autorima, lean se čak i poistovjećuje sa Toyota proizvodnim sustavom. Glavna svrha ovog proizvodnog sustava je pružanje zadovoljavajuće usluge kupcima uz stjecanje profita. Dakle, kupac je na prvom mjestu. Sve što se radi mora biti za kupčevo zadovoljstvo, ukoliko to nije, smatra se gubitkom. Budući da nisu uvijek poznate želje kupaca, potrebno je provoditi ispitivanja i anketiranja kupaca te imati dobru komunikaciju na toj relaciji kako bi kupac dobio točno onakav proizvod kakav želi. Tri glavna čimbenika koja kupca najviše zanimaju su cijena, rok isporuke i kvaliteta proizvoda. Kada se govori o kvaliteti u leanu, ona je ugrađena u sam proizvod koristeći alate kao što su Jidoka, Poka-Yoke i dr.. Kako bi se osigurale dostave u što kraćem roku, koriste se alati poput JIT-a, Pull proizvodnje i taktnog vremena. Smanjenje cijene proizvoda ne postiže se smanjenjem željenog profita tvrtke nego smanjenjem gubitaka u proizvodnji.

Realno, tvrtke postoje da bi zarađivale novac, ukoliko ne mogu zaraditi novac od svojih usluga, neće biti u mogućnosti isplatiti plaće radnicima, održavanje pogona i dr., te će s vremenom propasti. Što je tvrtka efikasnija, to će ostvarivati veći profit i radnici će biti zadovoljniji (u idealnom slučaju). Tradicionalni pogled na zarađivanje profita bio je da je cijena prodaje jednaka cijeni proizvodnje uz dodatak profita kojeg tvrtka želi ostvariti od prodaje. No u današnjem slobodnom globalnom tržištu taj koncept više ne važi. Danas cijenu proizvoda ne određuju same tvrtke već je regulirano općom cijenom na tržištu. Količina profita koju tvrtka ostvaruje jednaka je razlici cijene na tržištu i troškova proizvodnje. Ukoliko su troškovi proizvodnje veći od cijene na tržištu, tvrtka neće biti konkurenta i gomilat će gubitke. Budući da svaka tvrtka ima ambicije ostvarivanja što većeg profita, cilj je smanjiti troškove proizvodnje. Cijena proizvodnje raste proporcionalno sa gubicima pa je jedino logično da je potrebno smanjiti gubitke kako bi se smanjila i cijena proizvodnje. Upravo to je poanta leana.

Jedna od odlika leana je da uključuje sve u tvrtki, od glavnog direktora do čistača. Svatko na svoj način doprinosi unaprjeđenju tvrtke kao kolektiva. TPS je nastao po uzoru na Fordovu pokretnu traku, uz određene preinake. U Fordu, planiranje proizvodnje se oslanjalo na stručnjake

i inženjere koji su osmišljavali planove i davali radnicima naredbe što da rade. TPS, odnosno lean ima drugačiji mentalitet. Namjera leana je da uključi sve zaposlenike u svoju provedbu. Čak i obični radnici su uključeni u provođenje lean alata, npr. 6S, Kaizen, TPM (Total Productive Maintenance), krugovi kvalitete i dr.. Lean je baziran na otkrivanju i rješavanju problema.

Toyota je izgradila reputaciju vođe u automobilskoj industriji izgradnjom kvalitetnih automobila po najnižim mogućim cijenama. To je željeni rezultat tvrtke, no ne i glavni fokus. Fokus je da se radnike ujedini kao članove tima. Ti članovi tima će implementirati Kaizen kako bi donosili poboljšanja u svaki aspekt proizvodnje. U tradicionalnom sustavu, smatra se pohvalno da ukoliko radnik uoči kvar isti i prijavi. U leanu se to smatra očekivanim te se radnike ohrabruje da taj kvar i riješe jer kvarovi nisu da se samo otkrivaju nego da se otklanjaju. [1]

2.2. The Toyota Way

Toyota način vođenja proizvodnje nije sustav, proces niti program već stanje uma gdje tvrtku ili pojedinca misao i interakcija vode kako će postupati međusobno i kako će upravljati svaki dan. Upravljanje Toyota načinom temelji se na dva osnovna principa:

- Poštovanje prema ljudima
- Kontinuirana poboljšanja

Tradicionalna poduzeća današnjice, pogotovo ona u proizvodnoj industriji su strukturirana tako da menadžment bude na vrhu, zatim slijede inženjerstvo, nadglednici, zaposlenici te zatim na kraju kupci. U ovom odnosu, zaposlenik je taj koji je najbliži kupcu, no odluke za proizvode i usluge dolaze od uprave. Zatim se procesi determiniraju od strane inženjerstva koji zatim odrede korake koje radnici moraju izvršiti da bi ugradili kvalitetu u proizvod. Osnovna filozofija ovih kompanija je da su najvažniji ljudi gore na vrhu, odnosno menadžment, jer oni donose sve odluke, a zatim te odluke izvršavaju radnici. Često ova filozofija vodi sve do kupaca te menadžment ustvari govori kupcima kakav će proizvod dobiti. To je moderni ekvivalent izreci „*možete dobiti proizvod u kojoj god boji hoćete, dok god je crn*“. U ovim organizacijama nema poštovanja za individualnost svake osobe unutar kompanije.

Kupac zna najbolje. Sa poslovnog gledišta, tvrtke postoje da bi usluživale kupce i kupci su jedini razlog zašto one postoje. Kupci diktiraju koju razinu kvalitete i kvantitete žele. Bez kupaca, nema ni posla.

Genchi Gembutsu (Idi, Vidi, Djeluj!) još je jedan u nizu koncepata koji se koristi u Toyoti kada se pojave problemi i njegova primjena se shvaća krajnje ozbiljno. Ovaj koncept je za one koji djeluju kako bi spriječili ili riješili probleme, što je samo srce Toyota načina. Svaki postupak

pri proizvodnji u Toyoti uključuje i kupca, kad god oni imaju problem, to znači da i krajnji kupac ima problem. Dužnost vođe je da taj problem eliminira. Taiichi Ohno ovaj postupak sumirao je jednom rečenicom: „*Nijedan otkriveni problem koji zaustavi liniju ne bi trebao čekati dulje od sutra ujutro da bude popravljen.*“ [2]

Toyota način je skup principa i obrazaca ponašanja koji označavaju Toyotin upravljački pristup i proizvodni sustav. Toyota način služi da se pruže alati za ljude koji kontinuirano poboljšavaju svoj posao. Postoji četrnaest principa koji su stupovi Toyota načina, a oni se mogu podijeliti u četiri skupine:

I. Dugoročna filozofija

- a. Temeljenje upravljačkih odluka na dugoročnoj filozofiji, čak i na račun kratkoročnih financijskih ciljeva;

II. Dobro odrađeni procesi će dati dobre rezultate

- a. Kreiranje kontinuiranog toka proizvodnje da bi se ukazali svi problemi (eliminiranje gubitaka kroz implementaciju Kaizena);
- b. Korištenje vučenja proizvodnje kako bi se izbjegla suvišna proizvodnja;
- c. Heijunka - izjednačavanje proizvodnje, proizvodnja ujednačenim tokom bez zastoja;
- d. Jidoka - zaustavljanje pogona i popravljavanje grešaka čim se uoče ;
- e. Standardiziranje ;
- f. Korištenje vizualne kontrole (Kanban, 6S) ;
- g. Korištenje pouzdanih, temeljito testiranih tehnologija koje poslužuju ljude i procese;

III. Dodavanje vrijednosti organizaciji educiranjem radnika

- a. Usavršavanje voditelja koji temeljito obavljaju svoj posao, žive po Toyotinoj filozofiji i prenose ju na druge;
- b. Razvijanje educiranih ljudi i timova koji slijede filozofiju kompanije;
- c. Poštivanje mreže partnera i dobavljača pomažući im da se poboljšaju;

IV. Kontinuirano rješavanje korijena problema unaprjeđuje organizacijsko znanje

- a. Samostalno uviđanje i rješavanje problema ;
- b. Polako i savjesno donošenje odluka, razmatranje svih opcija, brzo implementiranje odluka;
- c. Stvaranje organizacije koja kontinuirano uči i popravlja svoj učinak. [3]

2.3. Opći principi lean proizvodnje

Tvrdnja da je smisao lean proizvodnje uklanjanje gubitaka je samo djelomično točna. Naime, lean bi više trebao biti orijentiran na sprečavanje nastanka gubitaka. Prema J. Womacku [4], postoji pet osnovnih principa lean proizvodnje, a to su:

1. Definiranje vrijednosti (prema kupcu)
2. Mapiranje toka (lanca) vrijednosti („*value stream*“)
3. Kontinuirani tok proizvodnje („*flow manufacturing*“)
4. Povlačenje proizvodnje za kupca („*pull production*“)



Slika 2.1 Osnovni principi leana

5. Težnja savršenstvu (*Kaizen*)

Ovi lean principi mogu biti korišteni za definiranje cilja bilo kojeg lean sustava koji mora jasno odrediti vrijednost kako bi posložio sve aktivnosti u toku vrijednosti za određeni proizvod i omogućio bezbrižno „povlačenje“ proizvoda na zahtjev kupca te konstantno težiti poboljšanju tog sustava. Taj ciklus prikazan je iznad na slici 2.1.

Studije pokazuju da je udio vremena u kojem se dodaje vrijednost proizvodu samo 5% ukupnog vremena proizvodnje. Ostatak vremena je čisti gubitak (jap. *Muda*); čekanje,

prekomjerna obrada, transport i mnoge druge stvari koje kupac ne želi platiti. Lean proizvodnja nije lov na greške nego služi za dodavanje vrijednosti proizvodu, stoga se na tok vrijednosti gleda iz perspektive proizvoda (vrijednosti) i to je početna točka svake lean transformacije. Sljedeća točka je definiranje trenutnog stanja sustava i izrada realizacijskog plana za željeno buduće stanje. Budući da „*one-piece-flow*“ (komad po komad) proizvodnja nije uvijek moguća zbog raznih razloga, potrebno je postići tok proizvoda od jednog koraka do drugog, nastojeći da svaki korak dodaje vrijednost proizvodu. Nikad se ne smije odgađati korak koji dodaje vrijednost sa onim korakom koji ju ne dodaje. Ukoliko je neki korak koji ne dodaje vrijednost nužan, korisno ga je paralelno upariti sa nekim korakom koji dodaje vrijednost. Jedan od najvećih gubitaka u svakom sustavu su zalihe jer one skrivaju mnoge probleme proizvodnje te uzrokuju mnoge druge. Zalihe zauzimaju prostor, zahtijevaju slaganje, sortiranje i transport trošeći pritom kapital. Taj princip zaliha nije isplativ. Idealni slučaj bio bi da kupac pošalje narudžbu i tvrtka proizvede istu no to je zasad u mnogim industrijama neizvedivo, no s razvijanjem lean tehnologija možda jednog dana postane svakodnevna praksa. Primjer toga su knjige, odnosno knjižnice. U prošlosti je bila praksa da ukoliko kupac želi kupiti neku knjigu, mora otići u knjižnicu provjeriti ima li tamo knjigu koju traži i kupiti. S vremenom, kupac je dobio mogućnost da mu se ta knjiga dostavi poštom na kućni prag u roku nekoliko dana. Danas su stvari još naprednije, ukoliko kupac želi kupiti neku knjigu, u mogućnosti ju je preuzeti sa interneta gotovo instantno.

Definiranje vrijednosti (prema kupcu)

Vrijednost je uvijek definirana kupčevom potrebom za određenim proizvodom. Svaka tvrtka mora shvatiti koliko kupac cijeni proizvod koji će oni proizvesti, odnosno koliko je spreman platiti za neki proizvod ili uslugu. Nakon što se utvrdi koliko je kupac spreman platiti, na proizvođaču je da proizvede proizvod ili ponudi uslugu za te novce te shodno tome minimizira troškove i gubitke kako bi stekao što veći profit. Ukoliko tvrtka ne stavi na prvo mjesto zadovoljenje potreba i želja kupaca, odnosno zanemari ih i ponude im ono što njima (tvrtki) najviše odgovara, takva situacija će s vremenom dovesti do nezadovoljstva kupaca i odabira konkurentske tvrtke za buduće suradnje.

Mapiranje toka vrijednosti

Nakon što je određena vrijednost, sljedeći korak je mapiranje toka vrijednosti, odnosno svih koraka u procesu proizvodnje (od ulaza sirovine do izlaska gotovog proizvoda) da bi se dobio konačan proizvod. Mapiranje toka vrijednosti je jednostavno i otkrivajuće iskustvo koje

identificira sve aktivnosti koje proizvod prolazi u bilo kojem procesu. Taj proces može biti proizvodnja, administracija, dostava, dizajn, služba za korisnike i dr. Ideja je da se na jednu stranicu nacrtaju „karta toka“ materijala/proizvoda kroz proces. Cilj je identificirati svaki korak koji ne donosi vrijednost te zatim pronaći načine da se ti štetni koraci eliminiraju. Mapiranjem određenog procesa se dolazi do boljeg shvaćanja (ne) funkcioniranja tog sustava.

Nakon što se definira mapa trenutnog stanja toka vrijednosti, potrebno je izraditi mapu budućeg (željenog) stanja toka vrijednosti. To je stanje toka vrijednosti do kojeg je potrebno doći u određenom vremenskom periodu.

Kod mapiranja toka vrijednosti, mogu se pojaviti tri tipa aktivnosti:

1. Aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodu (eng. Value-added activity-VA) su one aktivnosti koje predstavljaju direktnu fizičku transformaciju materijala u konačan proizvod kakav kupac želi i koje je spreman platiti.
2. Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu (eng. Non-value-added activity-NVA) su one aktivnosti kojima se ne obrađuje direktno proizvod ali su neophodne da bi se postigla tražena kvaliteta proizvoda ili zadovoljili određeni tehnički aspekti, a kupac ih nevoljko plaća.
3. Aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak (eng. Wasteful activity-WASTE) su one aktivnosti koje ne donose nikakvu vrijednost proizvodu, niti su nužne za bilo koji aspekt proizvodnje proizvoda ili pružanje usluge. Ovakve aktivnosti potrebno je potpuno eliminirati iz procesa jer troše kapital i resurse tvrtke a kupci ih, razumno, ne žele platiti.

Kontinuirani tok proizvodnje

Nakon što se uklone gubici iz toka vrijednosti, sljedeći korak je nastojanje da ostatak proizvodnje teče glatko bez prekidanja, kašnjenja ili uskih grla. Ukoliko se tok vrijednosti prekine iz nekog razloga, to će značiti pojavljivanje gubitaka. Svaki aspekt proizvodnje i transporta mora teći sinkronizirano sa ostalim elementima. Pažljivo kreiran proizvodni tok duž cijelog toka vrijednosti minimizirati će gubitke i maksimizirati vrijednost za kupca. Ovaj poduhvat često zahtjeva potpunu reorganizaciju proizvodnog pogona i velika kapitalna ulaganja u svoje postavljanje.

Povlačenje proizvodnje

Nakon što je implementiran kontinuirani tok proizvodnje, vrijeme do kojeg proizvod može biti stavljen na tržište ili dostavljen kupcu je dramatično smanjeno. Ova situacija predstavlja vrlo važan preduvjet za postizanje JIT (točno na vrijeme) proizvodnje. To znači da kupac može

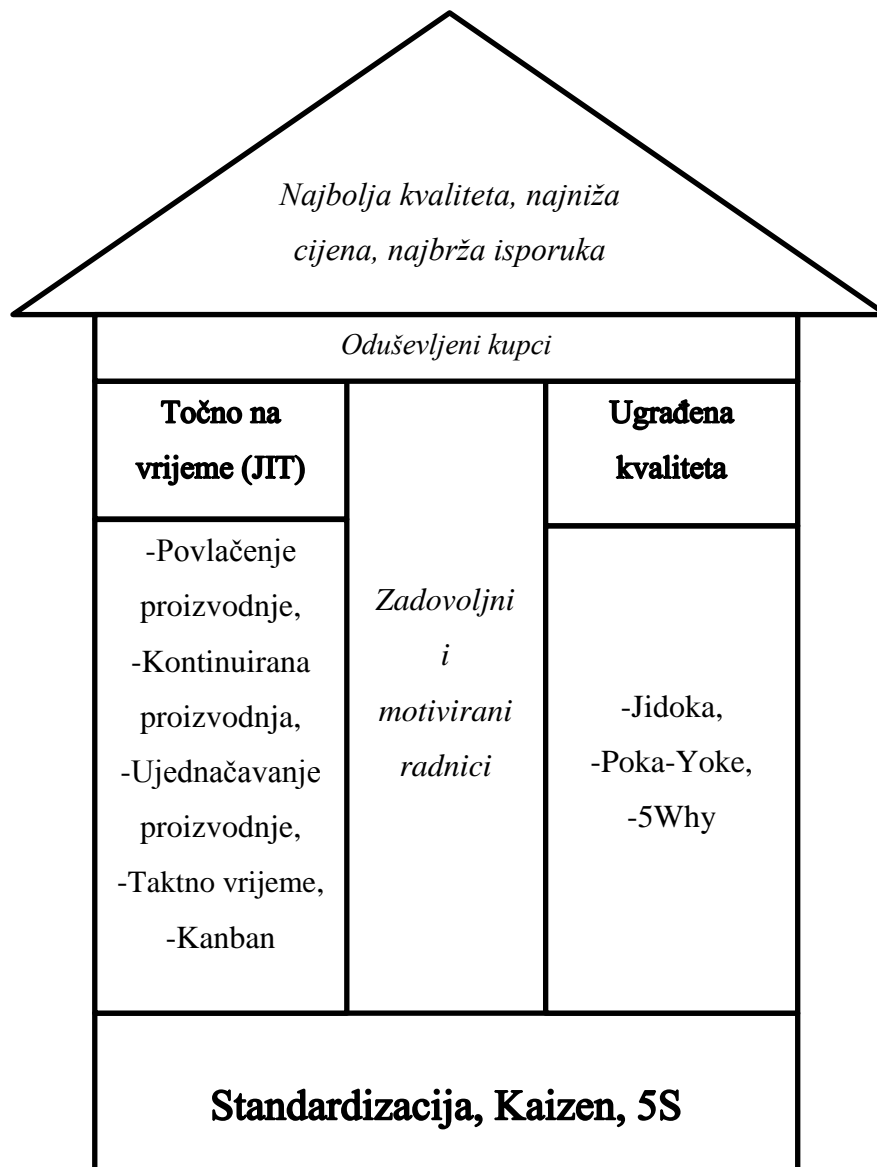
„povući“ proizvode koje želi u puno kraćem razdoblju nego što bi to bio slučaj u konvencionalnoj proizvodnji. Rezultat ovoga je da proizvodni viševi ne moraju biti proizvedeni unaprijed niti je potrebno gomilanje materijala za proizvodnju koji stvaraju skupo održavane zalihe kojima treba upravljati. *Pull* (*vučenje*) proizvodnja je suprotno od *push* (*guranje*) proizvodnje, što znači da se proizvodi izrađuju samo onda kada to zahtjeva kupac, a ne ranije, dakle nema proizvodnje bez zahtjeva kupca. Koristeći neke osnovne lean alate kao što je Kanban, sveukupni proizvodni proces je puno jednostavniji i zalihe se lakše mogu kontrolirati. Razina zaliha nije idealna ali je puno bolja nego kod *push* sustava.

Težnja savršenstvu

Uspjeh u provođenju prethodna četiri koraka je dobar početak, ali peti korak je vjerojatno najvažniji. Lean proizvodnja je nikad prestajuće putovanje kroz kulturu poboljšanja. Važno je uvijek imati na umu da lean nije statični sustav, već da zahtjeva konstantan trud kako bi se uvodila nova poboljšanja. Svaki zaposlenik mora biti uključen u implementaciju leana. Stručnjaci kažu proces ne može biti lean ukoliko bar desetak puta ne prođe kroz izradu toka vrijednosti. Ovaj korak naziva se još i „*Kaizen*“ (jap. promjena na bolje) i on se ustvari može smatrati kralježnicom lean sustava upravljanja. [5]

3. Lean kuća

Ključna stvar za napomenuti kod leana je da je to sustav alata koji kada se implementiraju funkcioniraju kao cjelina. Ta cjelina, kao i međusobni odnos alata u sustavu, se obično prikazuju u obliku kućice (*House of lean*) koja je prikazana na slici 3.1. Ta *kućica* se sastoji od temelja, nosivih stupova (2) i krova. Kuća leana je korisna jer prikazuje kojim redoslijedom se lean treba implementirati; prvo je potrebno izgraditi čvrste temelje koji će osigurati stabilnost cijele kuće, nakon toga se moraju postaviti zidovi (stupovi) na koje će se naposljetku staviti krov.

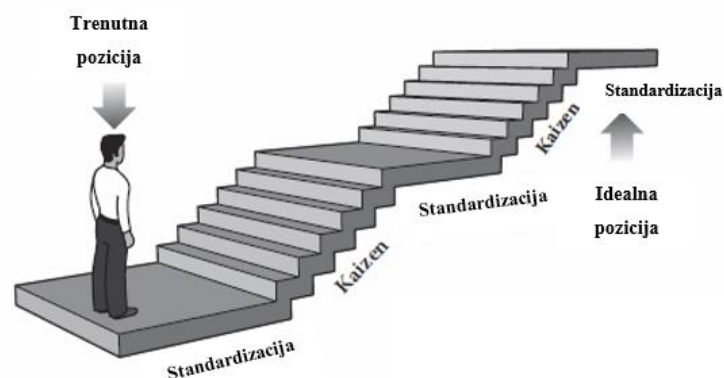


Slika 3.1 Lean kuća

Krov kuće predstavlja smisao, odnosno svrhu leana, a to je zadovoljstvo kupca. Kupac želi kvalitetan proizvod po prihvatljivoj cijeni u što kraćem roku. Onaj operativni dio koji omogućuje da kupac to dobije nalazi se u stupovima lean kuće, konkretnije u 2 stupca. U jednom stupcu nalaze se alati koji osiguravaju kvalitetu proizvoda, a u drugom alati koji osiguravaju skraćeni rok isporuke i manju cijenu. Najvažniji alati koji osiguravaju kvalitetu su Jidoka, Poka-Yoke i 5Why (5 zašto). Najvažniji alati koji osiguravaju proizvodnju (vrijeme i cijenu) su Kanban, JIT, Heijunka i dr. Kako bi taj sustav funkcionirao, nužno je da ima dobre temelje. To podrazumijeva dva ključna aspekta: standardiziran i stabilan rad te kvalitetne ljudske resurse. Standardizirani rad postiže se primjenom alata kao što su 6S, TPM, TQM (totalno upravljanje kvalitetom) i dr. i osigurava da će posao svaki put biti obavljen kako treba, a to je važno jer osigurava temelj za donošenje poboljšanja. Što se tiče ljudskih resursa, važno je imati snažno vodstvo sa dugoročnom vizijom upravljanja i zaposlenike koji su uključeni u provođenje poboljšanja. Zaposlenici moraju raditi u duhu Kaizena, odnosno uvijek težiti poboljšanju procesa. [6]

3.1. Standardizacija

Standardizacija je možda jedan od najbitnijih područja u primjeni organizacijskih tehnika. Željeni cilj je postizanje što veće moguće kvalitete uz najnižu cijenu i najkraće vrijeme izrade. Standardizacija se odnosi na proizvode, procese i sustave te se stoga prije svakog izvršenja poboljšanja mora napraviti standardizacija trenutnog stanja. To se uglavnom odnosi na standardizirani radni postupak. Nebitno radilo se o proizvodnom procesu ili o uslužnom procesu, principi standardizacije su uvijek isti. Standardizacija je proces čiji je osnovni cilj sistematsko nastojanje da se uklone različitosti između pojedinih predmeta i pojmova koji su inače predviđeni za istu svrhu. Provodi se na taj način da se između određenog broja proizvoda, dijelova i predmeta odabere jedan ili više njih koji najbolje odgovaraju potrebama te koji ujedno mogu preostale predmete, proizvode i dijelove potpuno opisati odnosno nadomjestiti.



Slika 3.2 Slikoviti prikaz odnosa standardizacije i Kaizena [2]

Tehnička standardizacija ima sljedeće ciljeve:

1. Smanjenje zaliha materijala na skladištu, zaliha gotovih proizvoda, rezervnih dijelova i alata;
2. Ograničenje broja tipova i dimenzija poluproizvoda, alata, gotovih proizvoda i rezervnih dijelova;
3. Omogućavanje velikoserijske i masovne proizvodnje kroz smanjenje broja različitih proizvoda;
4. Povećanje kvalitete proizvodnje općenito;
5. Olakšavanje i ubrzavanje tijeka konstruktivnog procesa, te olakšavanje radnih uvjeta;
6. Snižavanje troškova kontrole te zaštita ljudske okoline.

U svakom proizvodnom i operacijskom procesu moraju biti održavani operacijski parametri koji dostavljaju proizvod kupcu. Razvoj standardiziranog rada je ključ u kontroliranju ovih parametara i osiguravanju ponovljivosti ovog procesa. Ponovljivost je nužna u operacijskom okruženju jer ona omogućuje procesu da proizvede konstantne i pouzdane rezultate. Standardiziran rad omogućuje da se abnormalne situacije odmah uoče te omogućuje organizaciji da održava razinu konzistentnosti kvalitete i sigurnosti u procesu. U Kaizen kontinuiranom krugu poboljšavanja, ključna stvar poboljšanja u svakom ciklusu je standardizacija. Bez standardizacije, TPS je doslovno bez čvrstog temelja i može se urušiti svaki trenutak.

Koliko je bitna standardizacija govori činjenica da Toyota iziskuje veliku količinu resursa kako bi standardizirala svaki postupak. Kako bi dostigli neku zamišljeno idealno stanje, potrebno je poduzeti male inkrementalne korake koji su pomno isplanirani. Nakon svake faze poboljšanja, potrebno je stabilizirati proces kroz standardizaciju, što je slikovito prikazano na slici 3.2. Ovaj proces se kontinuirano ponavlja prema idealnom stanju, no što se bliže idealnom stanju tvrtka približi, to je jasnije koliko je zaista daleko od idealnog stanja. [2]

3.2. Kaizen

Kaizen na japanskom znači „kontinuirana promjena na bolje“. To je sustav uključivanja svih zaposlenika tako da ih se potiče na svakodnevna mala poboljšanja, bilo gdje je to moguće, kao i aktivno uključivanje u radionice gdje se rješavaju konkretni problemi. Bez obzira koliko proces bio poboljšan još uvijek ima prostora za daljnje poboljšavanje. Prevedeno na rječnik poslovanja Kaizen filozofija poručuje da nema operacije, proizvoda, tijeka rada ili procesa u kojem nema mogućnosti za daljnje poboljšanje. U Kaizenu se ogleda azijska strategija „*korak po korak*“, za razliku od tvrtki na zapadu koje se usredotočile na visoke inovacijske skokove na temelju

tehnološkog napretka, novih izuma ili teorija, koje su povezane s visokim ulaganjima i određenim nestabilnostima. Japanske tvrtke se međutim oslanjaju na dugotrajna, kontinuirana i cijenom niska poboljšanja sa velikim trudom u očuvanje doprinosa radnika. Kaizen je predstavljen zapadu tek 1986., a danas je prepoznat u cijelom svijetu kao važan stup dugoročne strategije svake organizacije.

Kaizen predstavlja kontinuirana poboljšanja koja su temeljena na određenim principima:

- Dobri procesi donose dobre rezultate,
- Davanje izjava korištenjem podataka i upravljanje sa činjenicama,
- Poduzimanje aktivnosti da se korektira sam korijen problema,
- Kaizen se tiče svakog zaposlenika i dr.

Osnovni koncept Kaizen radionice je definiranje problema, utvrđivanje trenutnog stanja, analiziranje trenutnog stanja, iznošenje ideja za moguće unaprjeđenje, odabir najboljih ideja, definiranje plana provedbe novih mjera, definiranje mjerljivih pokazatelja, praćenje napretka. Kaizen radionice se sastoje od male grupe zaposlenika koji uz podršku menadžmenta rješavaju neki konkretan problem.

Značajke Kaizena:

1. Inovativni proizvodi i usluge
2. Orijentacija na procese
3. Nove organizacijske strukture
4. Rukovođenje putem suradnje
5. Sudjelovanje svih radnika

Pri primjeni Kaizena ne postoji rizik za tvrtke. Potrebna su tek mala financijska ulaganja, no traže se velike promjene u gledištima, načinu rada i razmišljanju svih zaposlenika, a one se temelje na poboljšanju (privatnom i poslovnom) koje nema kraja. Promovira se timski rad. Kaizen filozofija zaposlenicima i menadžmentu preporučuje da se međusobno doživljavaju timski, a ne natjecateljski. Puno se polaže na osobnu disciplinu. To ne može uspjeti ako svaki njegov član nije snažan i siguran u sebe. Promjena radnih metoda i filozofije i bez velikih financijskih ulaganja potaknut će višu radnu učinkovitost i poboljšat će kvalitetu i kulturu rada. To će dovesti do veće radne produktivnosti i konačno veće zarade za pojedinca i tvrtku.[2]

3.3. 6S (5S + 1S)

6S je jako koristan lean alat kojim možemo poboljšati efikasnost ne samo proizvodnog pogona, već i svakodnevnog života. Do prije nekoliko godina ime ovog alata bilo je 5S, no u novije vrijeme spontano se nadodao još jedan S. 6S dolazi od japanskih riječi *Seiri* (Sortirati), *Seiton* (Poredati), *Seiso* (Počistiti), *Seiketsu* (Standardizirati) i *Shitsuke* (Održavati), te engleske riječi *Safety* (Sigurnost). Ovaj postupak opisuje kako organizirati radni prostor efikasno i efektivno, identificirajući i slažući korištene predmete, održavanje predmeta i prostora i održavanje novog poretka. Implementacijom 6S ostvaruje se povećanje sigurnosti, kvalitete, produktivnosti i pouzdanosti strojeva. Ciklus 6S poboljšanja prikazan je ispod, na slici 3.3.

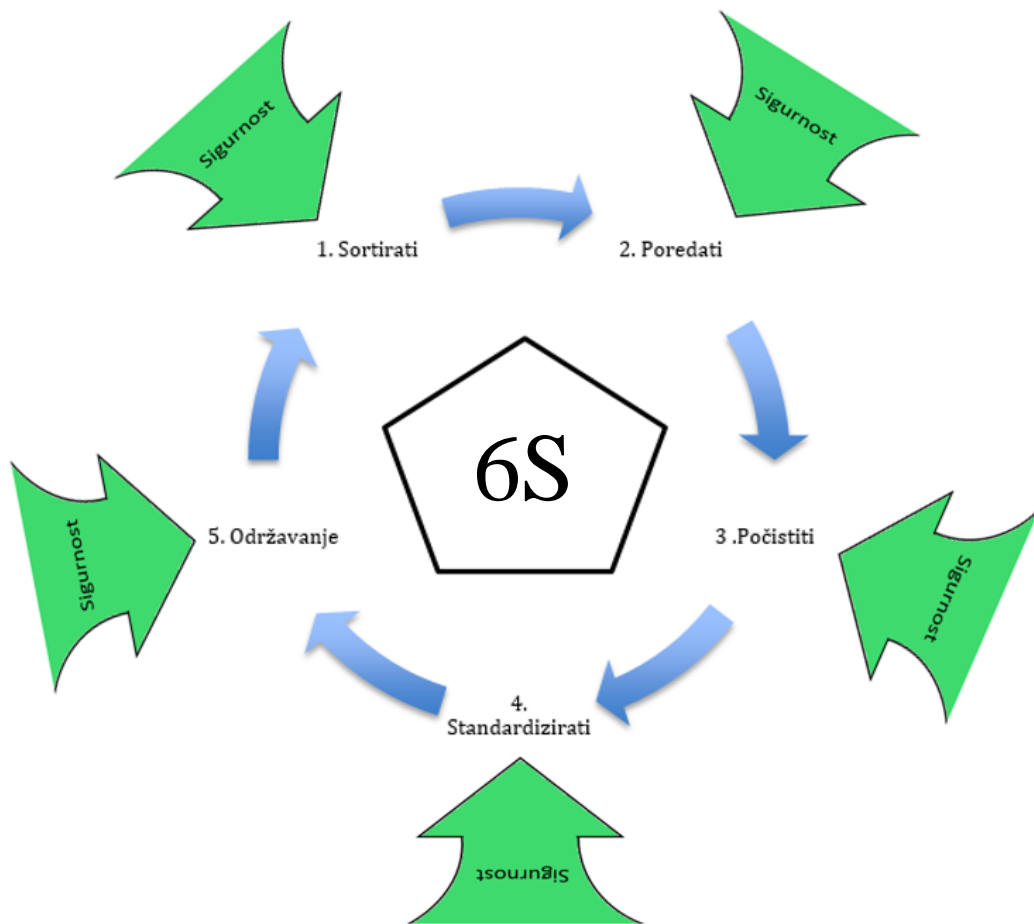
1. Sortirati- Ovo je timska aktivnost koju bi zajedničkim snagama trebali izvršiti radnici iz pogona i iz održavanja. Ciljevi sortiranja su da se uklone nepotrebni predmeti (odbačeni dijelovi koji nikada neće biti popravljani, zastarjeli rezervni dijelovi i dokumentacija i dr.), uklone sve zapreke koje smetaju u obavljanju posla te vizualnim alatima omogućiti kontrola prostora. Ovaj postupak osigurat će da se brže pronađu alati koji su potrebni za rad, smanjen rizik od ozljeda na radu, povećanje morala radnika i dr.

Obično se ovaj korak izvodi korištenjem zelenih, žutih i crvenih kartona. Svi elementi označeni crvenim kartonom/naljepnicom svrstavaju se u jednu zasebnu prostoriju, radi se o onim elementima koji se ne koriste često. Zelenom bojom označuju se elementi koji će ostati na radnom mjestu, a žutom oni za koje se još mora odlučiti jesu li frekventno korišteni ili ne.

2. Poredati (Urediti)- Ovaj princip zadužen je za držanje stvari na propisanim mjestima. Alati moraju biti poredani na način da se optimizira vrijeme njihova uzimanja (prema frekvenciji korištenja). Dakle, alati moraju biti smješteni blizu mjesta na kojem se koriste, ne smiju tjerati radnike na česta rastezanja i saginjanja, a alati koji se ne koriste često trebaju biti smješteni gdje neće smetati ali će ih biti lako pronaći. Za svaki alat mora biti propisano točno određeno mjesto, što pomaže ukloniti frustracije uzrokovane nemogućnošću pronalaska traženog alata. Ukoliko alat nema svoje mjesto, tada on ne pripada tom radnom prostoru.
3. Počistiti (Sjaj i bojanje)- Ovaj princip se sastoji od dva važna koraka: određivanja novog standarda čistoće (razine do koje je potrebno očistiti radni prostor kako bi se osigurala sigurnost, jednostavnost upotrebe, održavanje opreme i motiviranost radnika), i

određivanje standardnog načina održavanja te razine čistoće. Ovaj postupak također ima utjecaj na moral zaposlenika, pogotovo ako i vodstvo tvrtke sudjeluje u njemu. Čišćenje je jedini 6S događaj koji se izvršava samo jedanput te nije potrebno ponovo čistiti prostor, nego održavati! Radno područje mora biti čisto i posloženo nakon svake smjene.

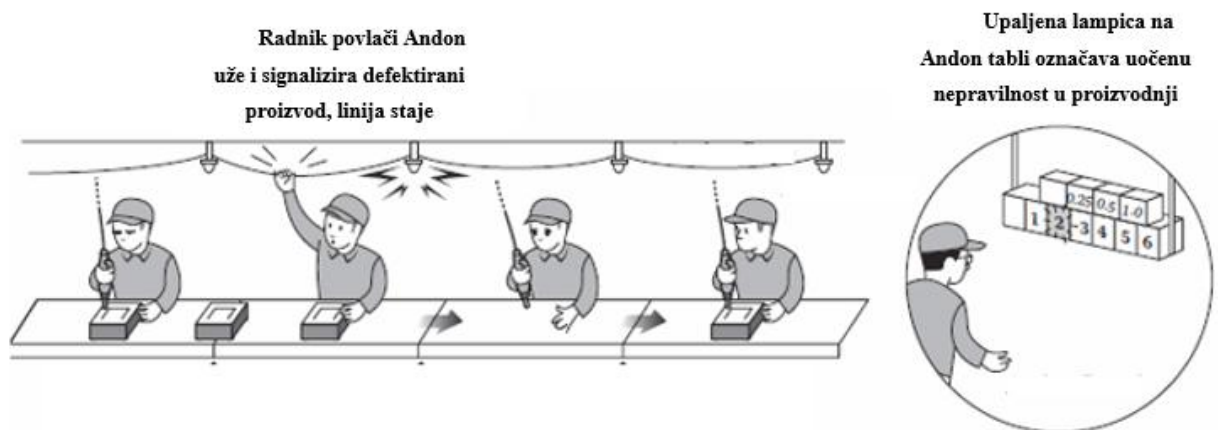
4. Standardizacija postupka - Stroga disciplina je potrebna kako bi se provelo ovo poboljšanje pod svakodnevnu praksu. Ako ove aktivnosti održavanja radnog mjesta ne postanu standardne i institucionalizirane, radno područje neće zadugo ostati čisto i radnici će se vrlo brzo vratiti na staro, nečisto stanje. U krajnjem slučaju korisno je imati odgovornu osobu koja će na dnevnoj bazi vršiti kratku provjeru radnih mjesta kako bi se osiguralo provođenje poboljšanja, no poanta leana je da radnici budu samosvjesni i odvoje nekoliko minuta svaki dan kako bi to sami učinili. Ovaj postupak ima zadaću da učini da prva 3S postanu navika.
5. Održavanje - Ovaj korak mora početi od vrha, dakle od same uprave kako bi se poslao primjer radnicima. Ljudi će više pažnje obratiti na to što menadžment radi nego što govori. Kao dio održavanja, menadžment mora obznaniti radnicima da je održavanje radnog mjesta od izuzetne važnosti, moraju pojasniti očekivanja, redovno obilaziti proizvodni pogon, nagraditi one koji se posebno ističu u provođenju te konstruktivno disciplinirati one koji se ne drže dogovora. Ovaj postupak bi trebao biti provoden u skladu sa Kaizenom, dakle uvijek bi se trebalo težiti da se nešto poboljša ukoliko za to postoje osnove i potrebe. [7]
6. Sigurnost - Zadnjih nekoliko godina govori se o dodavanju jednog dodatnog „S“ u 6S priču. Radi se, naime, o sigurnosti (*Safety*). Stavljanjem fokusa na sigurnost, smanjuje se mogućnost potencijalnih opasnosti i ozljeda na radu, ili oštećenja radnih strojeva/alata. Sigurnost je sastavni dio svake pojedinačne 6S faze, no svejedno je izdvojena kao potpuno zasebna faza. Razlog tome je to što sigurnost zahtjeva osobitu pažnju koja osigurava to da se sigurnost u provođenju prethodnih 5 korak ne shvati olako. Implementacijom 6S na radno mjesto moguće je da inicijalno uzbuđenje i želja za uvođenjem poboljšanja nadjačaju pažnju zaposlenika i tako otvore prostor za potencijalne opasnosti. Uvođenjem 6S zaposlenici će još jednom revidirati sigurnost radnog mjesta i tako ukloniti moguće nezgode. [8]



Slika 3.3 6S ciklus

3.4. Jidoka

Jidoka je ustvari inteligentna automatizacija, odnosno automatizacija sa ljudskim utjecajem. Radi se o tome da ukoliko se dogodi abnormalna situacija, stroj staje i radnik zaustavlja proizvodnu liniju. To je proces kontrole kvalitete koji primjenjuje sljedeća četiri principa: Detektiranje nesukladnosti, zaustavljanje, popravak trenutnog stanja, istraživanje korijena problema i primjena protumjera. Automatizacija ima cilj prevencije proizvodnje defektiranih proizvoda, fokusiranje pozornosti na razumijevanje problema i da se oni više ne pojavljuju. Kod Jidoke se radi o ugradnji kvalitete u sam proces proizvodnje umjesto da se kvaliteta ispituje tek kad proces proizvodnje završi. Prvi korak Jidoke je da se detektira nesukladnost. To se postiže tako da za automatizaciju stroj koristi jednostavne senzore da detektira problem, te zatim zaustavi stroj i pokaže problem radniku na stroju. Radnik pregledava kvar i uklanja ga. Ovaj proces prikazan je na slici 3.4. Budući da se proizvodnja zaustavila kad je kvar uočen, nijedan defektan proizvod nije proizveden. S obzirom da oprema staje kada se pojavi problem, znači da jedan operator može vizualno provjeravati i nadgledati više strojeva što uvelike povećava produktivnost. Kao važan alat u ovoj vizualnoj kontroli ističe se Andon, odnosno vizualni prikaz problema na tabli.



Slika 3.4 Primjer Andona u proizvodnoj liniji [2]

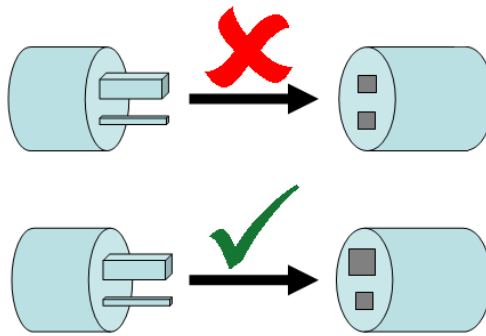
Postoje razne koristi od uvođenja Jidoke, odnosno ugradnje kvalitete u sam proces proizvodnje. Uvođenjem iste sprječava se tok defekata kroz proces proizvodnje što smanjuje potrebne korekcije na proizvodu nakon proizvodnje te se smanjuje škart, što povisuje efikasnost

proizvodnje. Također, oprema je pobliže kontrolirana te se i ranije može odraditi preventivno održavanje ukoliko se pokaže potreba. Česti uzroci problema su neprimjereni operacijski zahvati, suviše varijacije operacija, defektan sirovi materijal, ljudska ili strojna pogreška. Prema principima Jidoke, radnik je dužan prekinuti proces proizvodnje ukoliko uoči problem sa razinom kvalitete proizvoda, problem ugroženja zdravlja radnika, višak ili manjak dijelova, problem sa opremom. [2]

3.5. Poka-Yoke

Ovaj alat razvijen je u šezdesetim godinama prošlog stoljeća i svrha mu je uklanjanje (sprečavanje) nehotično nastalih ljudskih pogrešaka. Poka na japanskom znači „*nemarna greška*“, dok Yoke znači „*da se izbjegne*“. Dakle doslovno značenje alata je izbjegavanje nehotične greške. Primjer Poka-Yoke bio bi npr. kad bi u neki proizvod trebalo ugraditi 10 vijaka, tada bi posuda sa točno 10 vijaka bila Poka-Yoke. Ukoliko je ostalo viška vijaka ili nedostaje vijaka, znači da je došlo do pogrešnog sastavljanja. Neki ostali primjeri Poka-Yoke bili bi rupa na umivaoniku koja sprječava otjecanje vode preko ruba, poklopac na otvoru za gorivo automobila koji je pričvršćen da se ne bi zaboravio zavrnuti, utori na računalu koji osiguravaju da se na pravo mjesto umetne odgovarajuća komponenta pravilno orijentirana, spojevi koji se mogu spojiti samo ukoliko su komponente ispravno orijentirane (što je prikazano ispod, na slici 3.5) itd. Osnova Poka-Yoke metode je u razumijevanju i shvaćanju činjenice da ne postoji čovjek i sustav koji su u stanu u potpunosti spriječiti slučajne pogreške. Sa Poka-Yoke metodom, uz primjenu jednostavnih i djelotvornih sustava, sprječava se da greška rada i djelovanja u proizvodnom procesu bude prenesena na krajnji proizvod. Pri tome Poka-Yoke cilja na primjenu uglavnom tehničkih pomoćnih sredstava. Rješenja su uglavnom financijski povoljna i mogu se odmah primijeniti. Postupak za stvaranje Poka-Yoke uređaja je sljedeći:

1. Opisivanje greške na proizvodu, odnosno frekvencije pojavljivanja
2. Odrediti koji stroj generira greške na proizvodu i stroj na kojem se te greške mogu otkriti (najčešće se ne radi o istim strojevima)
3. Izolirati strojeve i utvrditi razlog u korijenu zašto dolazi do greške u procesu obrade (neprecizni mjerači, neadekvatan alat, nedostatak informacija itd.)
4. Nakon što je utvrđen korijen problema, potrebno je konstruirati Poka-Yoke uređaj. Uređaj treba biti što jednostavnije konstrukcije kako bi ponudio najpouzdanije, najjeftinije i najbrže rješenje za pronalaženje i otklanjanje greške. [9]



Slika 3.5 Primjer Poka-Yoke uređaja [9]

3.6. 5Why (5 Zašto)

Ova lean metoda traži od zaposlenika da razmisle koji je korijen problema te sprječava inženjere da se zadovolje površnim rješenjima problema koji mogu imati dugoročne posljedice. Kao što sam naziv metode govori, potrebno je postaviti pitanje „zašto?“ nekoliko (ne striktno 5) puta kako bi se došlo do korijena problema. Razlog iza toga je taj što se nakon svakog postavljenog pitanja „zašto?“ dobije drugačiji odgovor. Prvi „zašto?“ daje simptom, drugi „zašto?“ daje izliku, treći „zašto?“ daje krivnju/odgovornost, četvrti „zašto?“ daje uzrok, a peti „zašto?“ daje korijen uzroka.

Korisnosti ovog alata su te što pomaže odrediti korijen uzroka problema te određuje odnos između različitih uzroka problema. 5Why je jedan od najjednostavnijih lean alata te se može koristiti bez ikakvih statističkih analiza. Prema [10], postoji kratka uputa kako ispravno koristiti ovaj alat:

1. Zapisati specifični problem. Zapisivanje pomaže u formaliziranju problema i potpunom opisu istoga. Također pomaže timu da se fokusira na isti problem.
2. Postaviti pitanje zašto se problem dogodio i zapisati odgovor/e ispod.
3. Ukoliko odgovor koji je zapisan ne otkriva korijen problema, postaviti pitanje ponovo i zapisati odgovore ispod.
4. Ponavljati treći korak dok se ne dođe do korijena problema.

3.7. Just in time

Najkonkretniji opis JIT-a bio bi da se dobije pravi proizvod u pravo vrijeme i u pravoj količini minimalnim korištenjem materijala, rada i prostora. Ovom metodologijom se postiže kraće vrijeme skladištenja materijala, odnosno sirovina ili se čak i potpuno izbjegava skladištenje te isti idu u što kraćem roku u proizvodnju. To je sustav čiji je glavni zadatak eliminiranje svega

nepotrebnog. JIT sustav se razvio u Japanu, zaslugom Toyote. JIT filozofija govori kako je potrebno kontrolirati zalihe tako da se naruči točno onoliko koliko je potrebno sirovih materijala da bi se proizveli samo oni proizvodi koje je potrebno proizvesti kako bi se zadovoljila kupčeva potražnja. JIT koncept ako je pravilno implementiran osigurava da je to što se proizvodi potrebno i da se ono što je potrebno odmah proizvodi. Koncept ugrađene kvalitete osigurava proizvode bez defekata za kupca i stoga svi proizvedeni proizvodi su konvertirani u gotov komad, minimizirajući rad u procesu.

Tvrtka zarađuje novac tek ako je proizvod prodan kupcu. Svi proizvodi koji su proizvedeni u većim količinama nego što je kupcu potrebno ne donose direktnu vrijednost organizaciji. Svi sirovi materijali i djelomično dovršeni proizvodi nemaju vrijednost za kupca i oni su voljni platiti samo gotovi proizvod, stoga logika govori da je najsmislenije da se minimaliziraju sve zalihe koje su viška i da se proizvodi samo ono što kupci žele kupiti. No u stvarnosti je to teško izvesti savršenom preciznošću. Čak i u sofisticiranoj tvrtki kao što je Toyota je rijetkost da se plan izvrši bez nekih promjena. Stoga je za organizaciju potrebno da gotovo uvijek bude spremna na promjene rasporeda da bi se kompenzirale sve promijene koje mogu nastati tijekom proizvodnog procesa. [2]

Dakle, koristi implementacije JIT proizvodnje su:

1. Skraćenje vremena od narudžbe do plaćanja;
2. Smanjenje troškova zaliha;
3. Smanjenje zahtijevanog prostora;
4. Smanjenje održavanja opreme i ostalih troškova;
5. Smanjenje vremena čekanja i međuoperacijskog čekanja;
6. Poboljšana kvaliteta i povećanje produktivnosti.

Mogućnost tvrtke da se prilagodi ovim promjenama pokazuje efikasnost operacija. Ukoliko se tvrtka nije u stanju prilagođavati ovim promjenama, može doći do nakupljanja nepotrebnih zaliha koje povećavaju vrijeme isporuke za kupca i time konzumiraju radni kapital. Kako bi se to izbjeglo, JIT koncept koristi četiri osnovna principa:

1. Vučenje proizvodnje- Kupovanje isključivo onog što je potrebno i što se može prodati;
2. Kontinuirani tok proizvodnje- Proizvodnja u razinama gdje se proizvodnja uvijek kreće;
3. Taktno vrijeme- Sinkronizirani izlaz temeljen na potražnji kupca;
4. Kanban- Signalizira potrebu za materijalom. [11]

3.8. Vučenje proizvodnje

Vučenje proizvodnje je dio lean sustava proizvodnje koji se koristi da se smanji gubitak u proizvodnom procesu. U ovom sustavu, komponente su zamijenjene tek kad su već konzumirane tako da tvrtke proizvedu točno onoliko proizvoda koliko kupci zahtijevaju. To znači da su svi resursi tvrtke korišteni za proizvodnju dobara koje će odmah biti prodane i zamijenjene za profit. U suštini, sustav povlačenja proizvodnje radi unatraske, odnosno počinje sa narudžbom kupca te zatim koristi signale koje šalje u prethodni dio procesa. Ovaj sustav je suprotan od tradicionalnog *push* (guranje proizvodnje) sustava gdje se proizvodi proizvode na temelju procjena tržišta i potražnje. Takav način proizvodnje je riskantan jer prodaje mogu izrazito varirati u odnosu na prethodne periode. Dakle, kod povlačenja proizvodnje proizvodi se točno onoliko proizvoda koliko je kupac naručio dok se u sustavu guranja proizvodnje radi o masovnoj proizvodnji određenih proizvoda u nadi da će se svi prodati, što je u realnosti rijetkost. To znači da ti neprodani proizvodi mogu ostati u zalihama danima, mjesecima pa čak i godinama što stvara nepotrebne troškove.

Prednosti povlačenja proizvodnje su ti što ne nastaje gubitak zbog prekomjerne proizvodnje, a to također oslobađa prostor u skladištu i ne zahtjeva dodatne troškove održavanja. Također, kupci su zadovoljniji kad kupuju od kompanija koje koriste ovaj sustav jer se proizvodi proizvode u manjim serijama što smanjuje rizik od nekvalitetnih i defektnih proizvoda. Ostvarivanjem pull sustava eliminira se višak zaliha, proizvodni proces je sinkroniziran, komunikacija među procesima je poboljšana, istaknuta je potreba dobrom kvalitetom i pouzdanošću procesa što poboljšava sveukupnu efikasnost operacije. Jedan od glavnih elemenata korištenih u vučenju proizvodnje je *Kanban* koji je ustvari komunikacijska metoda (može biti kartica, prazna kutija, naljepnica itd.) koja govori „*spreman sam, daj mi još*“. [12]

3.9. Kontinuirani tok proizvodnje

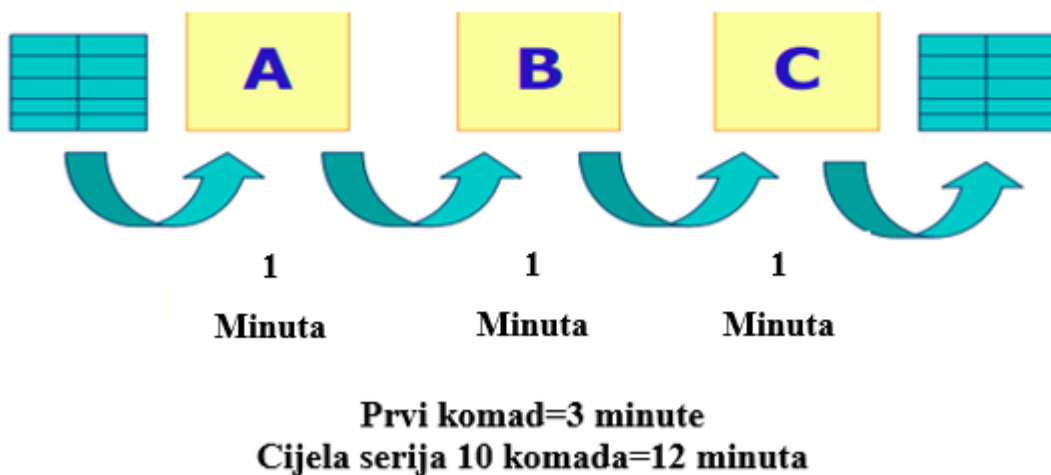
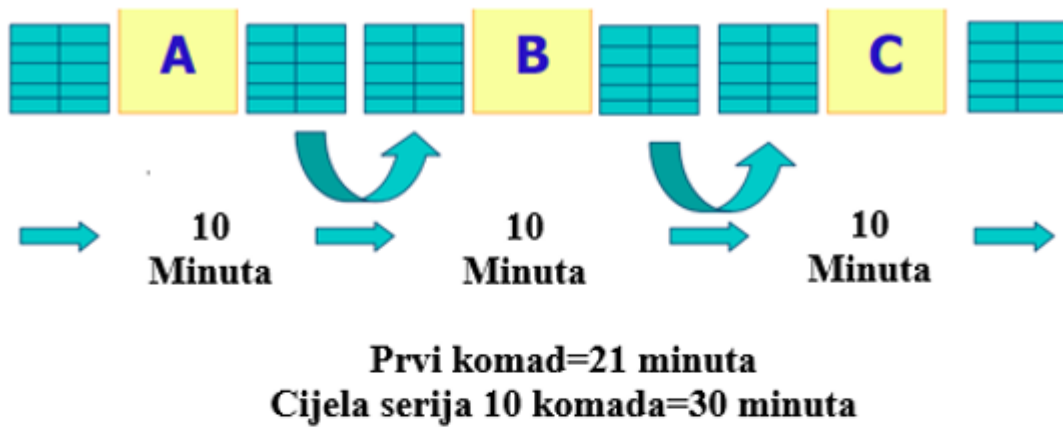
Kontinuirani tok proizvodnje je drugi osnovni princip JIT proizvodnje. Kontinuirani tok proizvodnje se zasniva na konceptu eliminacije zaustavljanja i ponovnog kretanja povezanih sa proizvodnjom te radi sukladno sa vučenjem proizvodnje u svrhu smanjenja međufaznih vremena i zaliha. Idealno gledano, kontinuirani tok proizvodnje (jednopedmetni tok) se postiže proizvodnjom jednog komada za drugim. Da bi se postigao jednopedmetni tok proizvodi se samo jedan komad u isto vrijeme i kad je gotov šalje se na sljedeći proces. Kod jednopedmetnog toka nije dozvoljeno imati proizvodnju u serijama za sljedeći proces. Jednopedmetni tok je suprotan serijskoj proizvodnji. Umjesto da se obrađuje više istih proizvoda, koji nakon obrade čekaju sljedeću operaciju u procesu, svaki se proizvod pojedinačno proizvodi bez prekidanja

toka. Pojedinačna kontinuirana proizvodnja povećava kvalitetu i smanjuje troškove. Jedna od najnezgodnijih stvari u tradicionalnoj proizvodnji je zaustavljanje, a alternativa zaustavljanju je prekomjerna proizvodnja. Toyota smatra da je prekomjerna proizvodnja jedan od najgorih tipova gubitaka jer vodi do ostalih šest tipova gubitaka (zalihe, nepotrebni pokreti, skriveni defekti itd.). Ovo je odličan primjer izjave „*manje je više*“. Naime, *manje* znači da je proizvedeno manje dijelova u određenim dijelovima procesa, a *više* znači da je uveden veći udio aktivnosti koje dodaju vrijednost u ukupni proces.

Da bi kontinuirani tok proizvodnje bio moguć, potrebno je imati ostvarene sljedeće preduvjete:

1. Procesi moraju biti u mogućnosti konzistentno proizvoditi ispravne proizvode, ukoliko postoji mnogo problema po pitanju kvalitete proizvoda, jednopredmetni tok nije moguć;
2. Procesna vremena moraju biti ponovljiva, ako postoji previše varijacija, jednopredmetni tok nije moguć;
3. Oprema mora biti u funkciji gotovo neprestano, u svakom trenutku mora biti u mogućnosti izvršiti postavljeni zadatak. Ako je oprema u procesu često u kvaru, jednopredmetni tok nije moguć;
4. Procesi moraju biti usklađeni sa taktnim vremenom, odnosno sa potražnjom kupaca. Ako je, primjerice, taktno vrijeme deset minuta, proces mora biti namješten tako da proizvede jedan proizvod svakih deset minuta.

Ukoliko gore navedeni uvjeti ne mogu biti ostvareni, neki drugi oblik toka proizvodnje će morati biti implementiran. To znači da će postojati međuprocesne zalihe, tipično u obliku supermarketa. Slika 3.6 prikazuje kolika je prednost jednopredmetnog toka u odnosu na tradicionalnu proizvodnju u serijama.



Slika 3.6 Usporedba serijske proizvodnje i jednopredmetnog toka [13]

Na slici 3.6 može se primijetiti da je kod primjera serijske proizvodnje potrebna 21 minuta da se proizvede prvi komad (30 minuta za cijelu seriju), dok su kod jednopredmetnog toka potrebne 3 minute da se proizvede prvi komad (12 minuta za cijelu seriju). Ušteda u vremenu je 18 minuta! [13]

3.10. Taktno vrijeme

Često puta se taktno vrijeme pogrešno interpretira kao ciklusno vrijeme. Taktno vrijeme nije alat, nego koncept koji se koristi da se uskladi rad i mjeri tempo kupčeve potražnje. U smislu kalkulacije, to je dostupno vrijeme za proizvodnju dijelova unutar određenog vremenskog intervala podijeljeno sa brojem komada koji su zatraženi u tom vremenskom intervalu. Izraženo jednadžbom, to bi izgledalo ovako :

$$\text{Taktno vrijeme} = \frac{\text{Ukupno dnevno proizvodno vrijeme}}{\text{Ukupna dnevna potražnja kupaca}}$$

Broj koji se dobije iz ove jednadžbe govori da određeni dio mora biti proizveden svakih toliko minuta (ako su vrijednosti u jednadžbu uvrštene u minutama). Za razliku od taktnog, ciklusno vrijeme predstavlja stvarno vrijeme da se proizvede neki proizvod te njegova jednadžba glasi:

$$\text{Ciklusno vrijeme} = \frac{\text{Ukupno dnevno proizvodno vrijeme}}{\text{Ukupan broj proizvedenih jedinica}}$$

Na primjer, ako smjena traje 8 sati (480 minuta), 30 minuta traje pauza, 15 minuta traju kratke upute prije smjene i još 15 minuta održavanje i priprema strojeva za rad, to znači da je ukupno raspoloživo vrijeme za rad 420 minuta. Ako je kupac za taj dan zatražio 20 jedinica proizvoda, to znači da je (taktno vrijeme) potrebno proizvesti jedan proizvod svaku 21 minutu, ili manje, kako bi zadovoljilo potražnju kupca. Ukoliko je proizvedeno sveukupno 21 jedinica proizvoda, to znači da je ciklusno vrijeme 20 (ciklusno < taktno), što znači da je došlo do prekomjerne proizvodnje. Ukoliko je proizvedeno sveukupno 19 jedinica proizvoda, to znači da je ciklusno vrijeme 22 (ciklusno > taktno), što znači da je došlo do *uskog grla* i zastoja u proizvodnji te će biti potrebno dodatno vrijeme kako bi se nadoknadila proizvodnja. [2, 14]

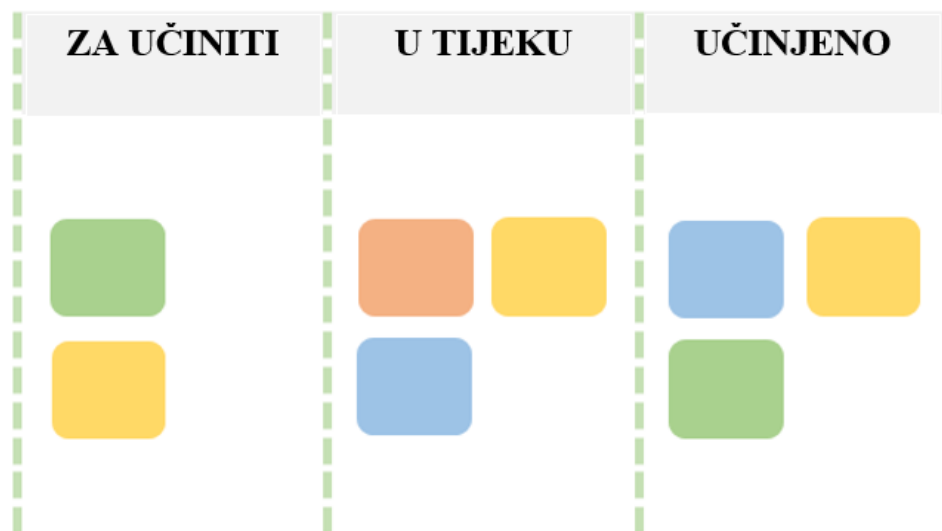
3.11. Kanban

Kanban u prijevodu znači kartica, odnosno tablica. Kanban je sustav koji zalihe u proizvodnji želi smanjiti te ih zadržati na što manjoj mogućoj razini. Samoupravljanje tokom materijala između dobavljača i poduzeća koje preuzima robu koristi se u JIT proizvodnji. Kanban je sistem signalizacije koji koristi kartice da signalizira potrebu za materijalom. Za razliku od centralnog upravljanja zalihama koje karakterizira istosmjerni tok materijala i informacija te planska proizvodnja i centralizirano upravljanje, kod Kanbana se događa suprotan tok materijala i informacija a proizvodnja se odvija uslijed naloga kupaca. Kanban se zasniva na vrlo jednostavnom konceptu povlačenja proizvodnje koji za razliku od tradicionalnog koncepta ne gura robu u proces sve do trenutka dok stvarno nije potrebna. Pomoću Kanban sustava nastoji se na svim proizvodnim razinama postići “proizvodnja na zahtjev“. Impuls za izdavanjem

materijala ne odašilje se sa centralnog mjesta planiranja, već automatski tek onda kada dođe signal koji javlja potrebu za dodatnim materijalom.

Kanban sustav uključuje pitanja o tome što se povlači, kada se povlači, koliko se povlači i otkuda se povlači. Kanban kartica može biti bilo koji oblik informacije (papirnati ili elektronski) uz uvjet da korisnik može zapisivati informaciju o potrebi i utrošku materijala. Sadržaj kartice uključuje podatke koji se odnose na informacije o dijelovima i količini, skladištenju i potrebama te korisničke podatke. No osim toga, Kanban može biti i u obliku oglasne ploče na koju se zapisuju aktivnosti koje su obavljene, koje se obavljaju i one koje tek planiraju obaviti. Taj primjer prikazan je na slici 3.7.

Prednosti Kanbana su: smanjenje općih troškova, standardizacija proizvodnih ciljeva, povećana efikasnost, smanjenje zastarjelih zaliha, daje radničkom osoblju više kontrole nad zalihama, poboljšava tok proizvodnje, sprječava prekomjernu proizvodnju, skraćuje vrijeme odgovora na promjene u potražnji, poboljšava timski rad i mnoge druge. [15]



Slika 3.7 Primjer upotrebe Kanban naljepnica [15]

3.12. Ujednačavanje proizvodnje (Heijunka)

Ujednačavanje proizvodnje (Heijunka) je tehnika povećanja efikasnosti i izjednačavanja procesa proizvodnje u lean sustavu. Proizvodnjom dobara ili komponenata u umjerenim količinama konstantnim tempom, umjesto u velikim serijama, Heijunka omogućava da i u kasnijim koracima u proizvodnom procesu stvari teku konstantnim i predvidljivim tempom. Jednostavnim rječnikom, Heijunka je poredak narudžbi ponavljajućim uzorkom proizvodnje sa

ciljem ujednačavanja međudnevniha varijacija u ukupnim narudžbama. Heijunka pridonosi efikasnijoj iskoristivosti rada i zaliha.

Da bi se moglo ostvariti ujednačavanje proizvodnje, koristi se alat koji se naziva Heijunka kutija. Heijunka kutija je alat u obliku poštanskih sandučića (obično prikvačenih na zid) koji služi za zakazivanje planiranih zahvata u proizvodnji. Svaki red kutija predstavlja komponentu u procesu dok svaki stupac predstavlja vremenski period (npr. nekoliko sati, dana, tjedana itd.) koji predstavlja najkraće vrijeme da se dostavi jedna jedinica proizvoda. Obojene Kanban kartice se postavljaju u Heijunka kutije, a svaka Kanban kartica predstavlja potrebu za jednom jedinicom proizvoda što pruža vizualni pregled predstojećih potreba proizvodnje.

Primjer ujednačavanja proizvodnje: Potrebno je izraditi tri komponente: A, B i C. Za proizvodnju komponente A potrebno je 30 minuta, za proizvodnju komponente B potrebno je 15 minuta, dok je za proizvodnju C komponente potrebno 45 minuta. Stupci u Heijunka kutiji predstavljat će inkrementalne pomake od 15 minuta (jer toliko traje najkraća operacija). Ako je potrebno proizvesti četiri komponente A, tada se postave četiri Kanban kartice u jedan od redova Heijunka kutije, ostavljajući praznu kućicu između svake postavljene kartice (jer to predstavlja 30 minuta, koliko je potrebno da se napravi komponenta A). Da bi se izradila komponenta C, potrebne su za izradu jedna komponenta A i jedna komponenta B. Budući da se na istom stroju izrađuju i komponenta A i komponenta B, potrebno je rasporediti rad tako da se komponente A i B izrađuju u različito vrijeme.

Neka postrojenja odabrala bi varijantu gdje proizvedu velike serije komponente A i zatim komponente B, ali proizvodnja komponente C ne može početi dok se ove dvije serije potpuno ne dovrše, a to može potrajati. To znači da bi bilo potrebno imati velike zalihe jedne komponente u proizvodnji dok se ne dovrši druga serija (što naravno, nije u skladu sa lean proizvodnjom). Ujednačavanje proizvodnje znači rasporediti proizvodnju komponentata A i B kroz dan tako da se minimizira potreba za zalihom dijelova ili zastoja u proizvodnji. Plan za proizvodnju je prikazan u tablici 3.1. [16]

Tablica 3.1 Primjer Heijunka kutije [16]

| | 7:00 | 7:15 | 7:30 | 7:45 | 8:00 | 8:15 | 8:30 | 8:45 | 9:00 | 9:15 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Komponenta A | | X | | X | | | | X | | X |
| Komponenta B | X | | | | | X | X | | | |
| Komponenta C | | | | X | | | X | | | X |

3.13. SMED (Brza izmjena alata)

Ovo je metoda za smanjenje vremena pripreme stroja i alata. Metoda je razvijena, kao uostalom i sve ostale u području leana, u Toyoti gdje su imali problem pri promjeni alata na preši za različite dijelove. Naime, kod svake promjene alata, proizvodnja je morala čekati 24 sata. Primjenom SMED tehnike, promjena alata svela se na svega nekoliko minuta. Ukoliko se želi proizvoditi po lean principima, to podrazumijeva ujednačenu proizvodnju, ako ne jednopredmetnu, onda bar proizvodnju u malim serijama. Takva situacija zahtijeva čestu promjenu alata jer se proizvodi više različitih proizvoda na istom stroju, stoga brzina promjene alata igra veliku ulogu.

Vrijeme postavljanja podrazumijeva vrijeme od kad je završen posljednji proizvod stare serije do završetka prvog ispravnog proizvoda nove serije. Tijekom tog vremena odvijaju se različite radnje: promjena alata, namještanje strojnih dijelova, namještanje strojnih i obradnih parametara, čišćenje itd. Sve te aktivnosti ne služe dodavanju vrijednosti i potrebno ih je minimizirati.

SMED metoda sastoji se od tri glavna koraka za smanjenje pripremnog vremena:

1. Priprema SMED rutine je važna. Sve pripremne akcije se snime pomoću video kamere. Sve aktivnosti operatera su zabilježene, opisane i imaju izmjereno vrijeme obavljanja. Nadalje, sve te aktivnosti se kritički razmatra te se odlučuje jesu li te aktivnosti uopće potrebne ili se mogu izbjeći. Također, u ovom koraku je potrebno razmotriti potpunu listu svih alata koji se koriste tijekom pripremanja. Aktivnosti se dijele u dvije skupine; Interne (kada stroj ne radi) i Eksterne (kada je stroj u funkciji)
2. Identifikacija internih aktivnosti koje se mogu pretvoriti u eksterne te zatim pretvaranje odabranih internih aktivnosti u eksterne. Također je nužno pripremiti operacijske uvjete unaprijed te standardizirati potrebne funkcije.

- U posljednjem koraku, ponovo se sagledavaju interne aktivnosti koje se čine nužnima. Pokušava se pronaći rješenje kako bi se skratila vremena izvođenja ovih aktivnosti ili eventualno optimizirao redoslijed tih operacija kako bi se došlo do idealnog stanja. Potrebno je upotrebu vijaka svesti na minimum ili potpuno ukloniti te zamijeniti bržim alternativama (ekscentri, razne sprave za jedno-okretno stezanje i dr.). Primjena naprava za pozicioniranje također može pomoći pojednostaviti postupke namještanja stroja, odnosno alata. Da bi se smanjio broj korištenih i potrebnih alata, poželjno je postaviti da svi vijci i pričvršćivači budu jednakog tipa kako bi se mogli pričvrstiti i skinuti sa istim ključem.

Najbolji primjer dovođenja SMED sustava gotovo do savršenstva je promjena guma na bolidu formule 1 (prikazana na slici 3.8). Prije pedesetak godina, za to je bilo potrebno više od 60 sekundi, dok je danas potrebno tek dvije sekunde. [17]



Slika 3.8 Promjena guma u Formuli 1 [18]

4. Gubici u proizvodnji (3M)

Kada se govori o gubicima u proizvodnji, ljudi to obično percipiraju kao gubitak materijala u obliku škarta i često zaboravljaju na sve druge aktivnosti koji troše vrijeme, resurse i novac. Ljudi koji su donekle upućeni u lean sustav proizvodnje će na spomen gubitaka u proizvodnji pomisliti na 7 (8) glavnih gubitaka, poznatijih kao *Muda*. No to nisu svi gubici, osim tih postoje još 2 glavna tipa gubitaka, a to su *Mura* i *Muri*. *Muda* predstavlja aktivnosti u procesu koje ne dodaju vrijednost procesu, dok *Mura* ističe nejednakosti u proizvodnji, a *Muri* govori o preopterećenju i neracionalnosti.

4.1. Muda

Muda je aktivnost ili proces koji ne dodaje vrijednost, dakle to je fizički gubitak vremena, resursa i novca. Ovi gubici su kategorizirani u 7 glavnih skupina (transport, zalihe, nepotrebna kretanja, čekanje, prekomjerna obrada, prekomjerna proizvodnja i popravci), no u zadnjih nekoliko godina, neki autori tvrde da se tom osnovnom skupu mogu dodati još jedna ili dvije nove skupine (gubitak talenta i resursa).

4.1.1. Transport

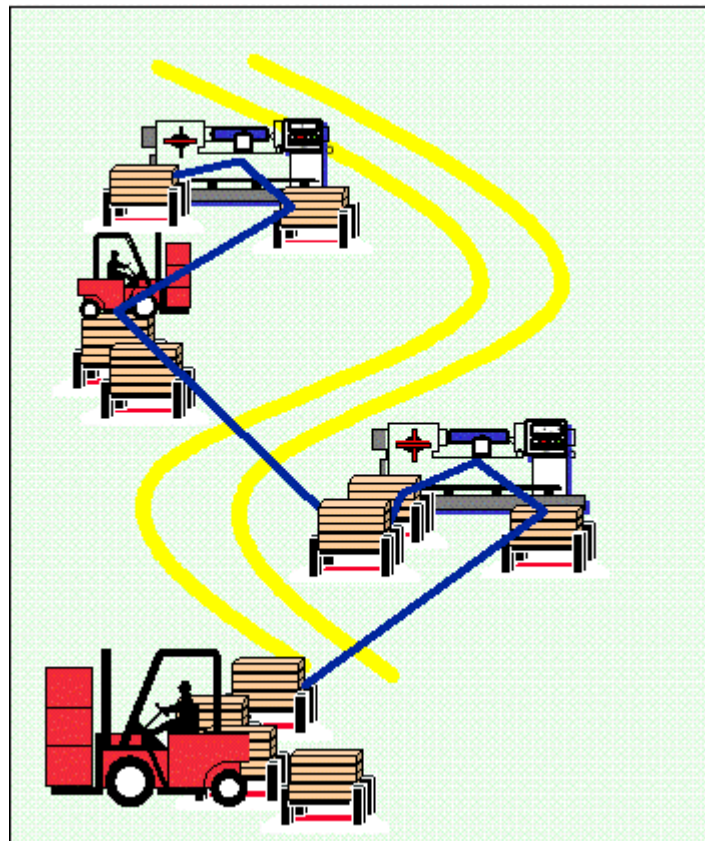
Transport je kretanje proizvoda ili materijala od jedne lokacije do druge. To može podrazumijevati lokalni transport kao npr. od stroja za obradu do stroja za zavarivanje ili pak transport na veće udaljenosti, npr. od tvornice u Kini do postrojenja u Americi. Takav transport ne dodaje vrijednost proizvodu, ne obrađuje ga i kupac to ne želi platiti. Transport često vodi do toga da operacije moraju čekati da se dostavi proizvod na daljnju obradu, uzrokujući gubitak novca, produljenje vremena isporuke i stvaranja problema sa isporukom. Transportiranjem se također povećavaju šanse da dođe do oštećenja proizvoda pri rukovanju. Postoji mnogo uzročnika gubitka transportiranjem, no glavni je prekomjerna proizvodnja koja vodi do gubitka u smislu zaliha koje moraju kad-tad biti transportirane (između procesa, između tvornica, ili čak između kontinenata). Osim prekomjerne proizvodnje, još jedan uzročnik gubitka transportom je loš raspored unutar tvornice.

Neki primjeri gubitka transportom su:

- Transport proizvoda od jednog funkcionalnog područja (npr. štancanje) do drugog (npr. zavarivanje)

- Korištenje strojeva/naprava za premještanje serije materijala za proizvod unutar radne ćelije
- Isporuka proizvoda od jedne funkcionalne tvornice do druge
- Transport jeftinijih komponenti iz jedne zemlje u drugu

Da bi se izbjegao gubitak transportom, raspored unutar tvornice treba biti promijenjen u skladu sa lean proizvodnjom, potrebno je stvoriti tokove vrijednosti i povlačenje proizvodnje na zahtjev kupca. To zahtijeva da se proizvodne linije postave tako da sadrže sve procese koji dodaju vrijednost umjesto da postoje funkcionalne grupe za samo jednu vrstu obrade. Također je potrebno smanjiti udaljenost između strojeva sa povezanim operacijama, zatim izbjegavati korištenje skupih „superstrojeva“ i koristiti jeftinije strojeve koji su specijalizirani za jednu određenu obradu. Transport je, dakako nužan, ali gubici uzrokovani istim moraju biti minimalizirani. [19]

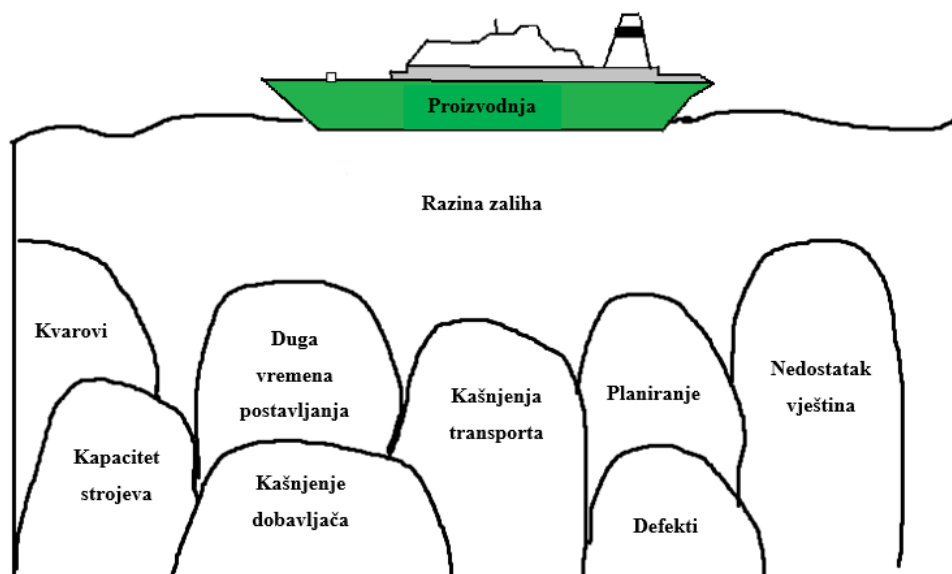


Slika 4.1 Transport u proizvodnji [19]

4.1.2. Zalihe

Zalihe obuhvaćaju sirove materijale, među-operacijske zalihe te završene proizvode koji se skladište. Svaki dio zaliha koje se čuvaju imaju određene troškove održavanja, zalihe predstavljaju neostvareni kapital jer je to novac koji je tvrtka proizvela, ali ga ne može koristiti dok kupac ne odluči kupiti te proizvode. Osim ovog očitog troška kojeg zalihe uzrokuju, javljaju se također i troškovi transporta i premještanja tih zaliha, zatim prostor koji je potreban da se te zalihe čuvaju, administracija koja mora voditi računa o njima, oštećenja koja nastaju pri transportu tih zaliha, produžuje se vrijeme isporuke kupcu što može rezultirati time da kupac ode konkurentu.

Zalihe su specifičan oblik gubitaka jer kamufliraju ostale gubitke. Jedan od razloga prekomjerne proizvodnje je nepovjerenje prema dobavljačima, naime, tvrtke uvijek nastoje imati određene količine zaliha materijala ukoliko dobavljač zakaže. Razina zaliha je kao razina mora, kad ta razina počne padati na površinu isplivaju problemi u proizvodnji koji se zbog količina zaliha dosad nisu uočavali. Na slici 4.2 su ti problemi prikazani kao veliko kamenje u moru, dok brod predstavlja proizvodnju. Kako bi proizvodnja mogla nesmetano teći, potrebno je smanjiti ili ukloniti te probleme.



Slika 4.2 Razina zaliha kamuflira ostale probleme u proizvodnji [20]

Glavni razlog zaliha je prekomjerna proizvodnja, proizvodnja više nego što kupac želi ili prije nego što kupac to zatraži. Također, zalihe mogu biti uzrokovane lošim rasporedom strojeva, ukoliko nije dobar tok proizvodnje te se treba čekati između operacija. Kako bi se uklonile (minimalizirale) zalihe iz proizvodnje potrebno je raditi po principima lean proizvodnje, odnosno

napraviti tok vrijednosti proizvoda dostupnog na povlačenje kupca (JIT proizvodnja). Čineći tako uklonit će se glavni krivac zaliha - prekomjerna proizvodnja. Potrebno je sagledati raspored strojeva unutar tvornice i balansirati proizvodni proces tako da se osigura nestvaranje zaliha među operacijama. Nije bitno da se proizvodi proizvode najbržim mogućim tempom, proizvodnju je potrebno uskladiti potražnji kupaca, odnosno taktnom vremenu. Nadalje, još jedan način da se spriječi gomilanje zaliha je primjena Kanbana. Zalihe treba smanjivati postepeno kako bi se na vrijeme moglo reagirati na probleme koji su otkriveni smanjivanjem zaliha. [20]

4.1.3. Nepotrebna kretanja

Samo koraci koji transformiraju predmet se smatraju koracima koji dodaju vrijednost proizvodu. Dakle, svi pokreti alata ili proizvoda kako bi ga namjestili u poziciju u kojoj će se obrađivati se smatraju gubitkom. Stoga je sve takve pokrete, budući da ih je nemoguće potpuno ukloniti, potrebno svesti na minimalnu razinu. Gubici uzrokovani kretnjom uzrokuju brojne druge probleme koji će tek kasnije izaći na vidjelo, kao što su npr. smanjena radna efikasnost. Ukoliko radnici moraju provoditi puno vremena dižući, dohvaćajući i tražeći potrebne alate umjesto da se bave sastavljanjem proizvoda, njihova će efikasnost biti umanjena. Također, prikriveni problem kretanja je ukoliko će radnici biti kroz duži period izloženi konstantnom dizanju predmeta (čak i onih manjih masa) sa paleta koje se nalaze na podu, biti će izloženi naprezanju (Slika 4.3) i ozljeđivanju mišića i kralježnice što će naposljetku rezultirati njihovom odsustvu sa posla zbog ozljeda na radu i narušenog zdravstvenog stanja. Čak i strojevi koji moraju prevaliti velike udaljenosti u svom radnom ciklusu će biti izloženi pojačanom trošenju ležaja i spojeva što će dovesti do kvara.

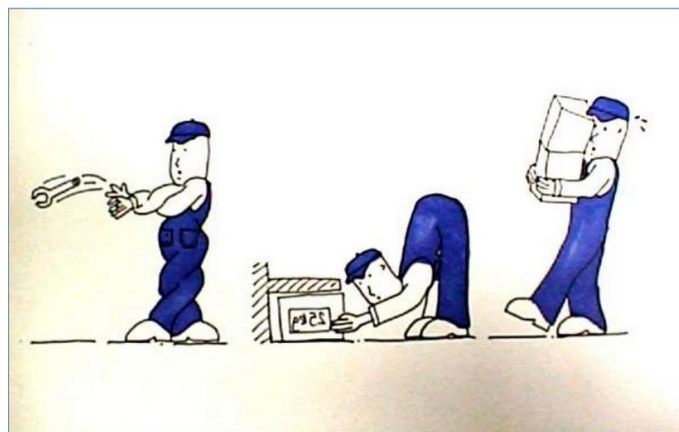
Glavni uzroci gubitka zbog kretanja su loše posložene radne ćelije, stavljanje proizvoda na palete koje se nalaze na podu, loše koncipiranje radnog prostora, neorganiziranost alata i dr. Također, još jedan od uzroka gubitaka kretnjom je ako je potrebno obradak često okretati i namještati tokom obrade te je shodno tome potrebno imati dobar tehnološki plan obrade.

Neki od primjera gubitaka uzrokovanih kretnjom su:

- Stroj koji mora prevaliti velike udaljenosti od startne točke do točke gdje počinje rad
- Teški predmeti postavljeni na niske ili previsoke police
- Traženje izgubljene opreme ili alata
- Nepotrebno hodanje kroz pogon da bi se došlo do komponenata ili upotrijebilo strojeve

- Konstantno okretanje i namještanje obratka pri obradi
- Prelaženje velikih udaljenosti da bi se došlo do alata i potrebnih komponenata

Budući da će uvijek biti potrebe za kretanjem unutar procesa, potrebno je iste minimizirati koliko je to moguće kako bi se olakšao posao radnicima i povećala njihova efikasnost. Najjednostavniji alat da bi se uklonio ovaj gubitak je 6S jer ovaj alat zahtjeva od radnika da sagledaju svaki korak i odluče je li on potreban ili se može ukloniti. Ovaj korak tvrtku neće koštati ništa osim malo vremena zaposlenika, no s obzirom na povećanje efikasnosti, isplati se. 6S također uvodi standardizaciju u proces te se tako može razviti standardni proizvodni postupak koji definira najbolji način da se obavi neka određena operacija. Nadalje, još jedan alat koji se bori protiv gubitka uzrokovanog nepotrebnom kretanjom je SMED. Nepotrebna kretanja je važni faktor sedam glavnih gubitaka te je potrebno uložiti puno truda da se on svede na prihvatljivu razinu. [21]



Slika 4.3 Nepotrebne i zahtjevne radnje predstavljaju problem za radnika [22]

4.1.4. Čekanje

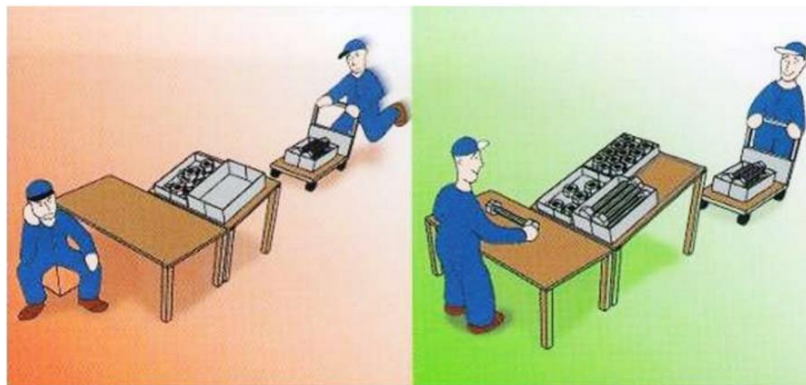
Tvrtka plaća svo potrošeno vrijeme svojih zaposlenika, uključujući i ono vrijeme koje radnici ne provode dodajući vrijednost proizvodu. Kupac ne želi platiti čekanje, te će trošak zbog vremena čekanja morati platiti tvrtka. Često se vrijeme potrošeno na čekanje mora nadoknaditi poslije smjene te se radnicima plaća prekovremeno po većoj satnici što je povoljno za radnike, ali ne i za tvrtku. Uzroci čekanja su neuravnoteženi procesi u toku proizvodnje. Ukoliko proces traje duže nego sljedeći proces, tada će radnik na sljedećem procesu čekati da predmet dođe do njegovog procesa (Slika 4.4) ili će raditi sporo. Također, još jedan uzrok čekanja su nepouzdana procesi. Ukoliko sljedeći proces ne može krenuti jer se stroj na prethodnom procesu pokvario, ili

proizvod ima problema sa kvalitetom i dr., taj proces će morati čekati što je čisti gubitak vremena. Čak i nedostatak informacije može uzrokovati čekanje u slučaju da nije jasno obavljanje određene operacije ili da nije poznato koji proizvod je sljedeći na redu za obradu.

Primjeri čekanja su:

- Operatori/strojevi stoje dok čekaju da se dovrši prethodni proces zbog problema sa kvalitetom
- Čekanje na otklanjanje kvara
- Čekanje da prethodni proces završi seriju predmeta koja se treba transportirati dalje u proizvodnju
- Čekanje da vozač viličara dostavi seriju komponenata
- Čekanje informacija sa odjela inženjerstva

Balansiranje proizvodnih procesa koristeći taktno vrijeme pomoći će da se procesi bolje usklade sa vremenima ciklusa. Čekanje se može smanjiti povećanjem pouzdanosti strojeva i povećanjem kvalitete korištenjem TPM-a i alata za kvalitetu, korištenjem vizualnih metoda u kombinaciji sa dnevnim sastancima zaposlenika kako bi bilo jasno što je potrebno proizvesti za taj dan, implementacijom standardnih operacijskih postupaka kako bi se osigurale standardne metode rada i dr. [23]



Slika 4.4 Čekanje u proizvodnji predstavlja problem efikasnosti [24]

4.1.5. Defekti (Popravci)

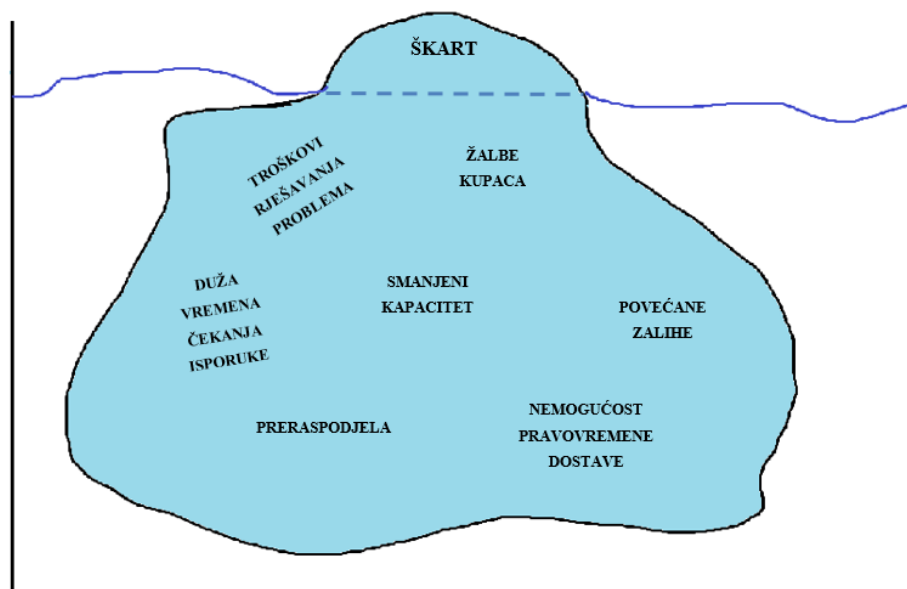
Defekti su proizvodi koji odudaraju od kupčevih zahtjeva ili specifikacija. Troškovi defekata i popravaka se često uspoređuju sa vrhom sante leda, kao što je prikazano na slici 4.5. Samo se mali dio stvarnih troškova vidi iznad „razine mora“. Uz očite troškove škarta, postoji mnogo

drugih problema koji se vežu uz problematiku defektiranih proizvoda: troškovi vezani za rješavanje problema, materijali, popravci, preraspodjela materijala, papirologija, povećanje vremena izrade, problemi sa dostavom kupcu na vrijeme i drugi. Postoji pravilo izračunavanja stvarnih troškova uzrokovanih defektnim proizvodima, a ono glasi da se troškovi škarta pomnože sa deset. Defekte uzrokuje niz različitih problema, od kojih se mnogi mogu izbjeći dobrim promišljanjem pri dizajniranju proizvoda, procesa i opreme. Mnogi defekti su uzrokovani netočnom metodom, zbog nestandardnih operacija, razlikama u načinu obavljanja posla radnika u različitim smjenama itd. Ukoliko se strojevi i oprema ne održavaju, skloniji su stvaranju defektiranih proizvoda. Radnike je strah prijaviti defekt na svome stroju jer misle da će ih poslovođa sankcionirati zbog toga pa stoga pokušavaju sakriti defekt. Također, pogrešan je pristup da se radnike tjera na kvantitetu nauštrb kvalitete, prisiljavajući ih da rade što je brže moguće te sankcioniranjem ukoliko ne naprave traženi broj komada, ne razmišljajući pri tom kako će se to odraziti na kvalitetu.

Neki primjeri gubitaka uzrokovanih defektima su:

- Škart prouzrokovan slabo održavanim strojevima
- Dijelovi montirani pogrešnom orijentacijom
- Nedostajući vijci i druge komponente uzrokovani nedostatkom kontrole
- Korištenje pogrešnih komponenti zbog nedostatka ili loših uputa
- Loše napravljene komponente koje su prisilno obrađivane zbog želje radnika da dosegnu njihovu normu
- Oštećeni dijelovi zbog krivog rukovanja
- Defektirani proizvodi koji su došli do kupca

Postoji mnogo tehnika da se uklone gubici uzrokovani defektima, npr. Jidoka (strojevi sa ljudskom inteligencijom koji su u stanju uočiti pojavljivanje defekta), zatim Poka-Yoke naprave koje otkrivaju je li proizvod defektan i dr. [25]



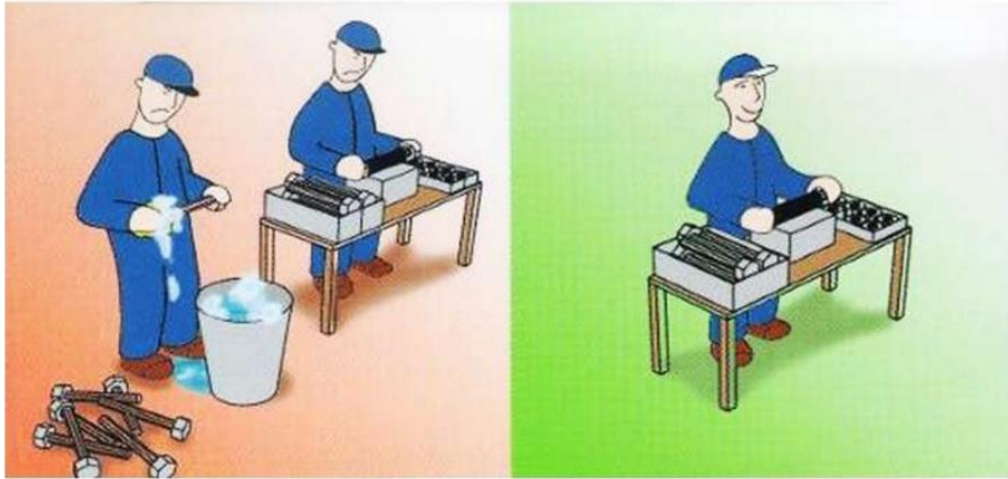
Slika 4.5 Defekti prikazani kao santa leda [26]

4.1.6. Prekomjerna obrada

Prekomjerna obrada podrazumijeva dodavanje rada koji kupac nije tražio, drugim riječima, ova aktivnost dodaje vrijednost proizvodu, ali kupac tu dodatnu vrijednost ne želi platiti jer ju nije niti tražio, te stoga to predstavlja trošak za tvrtku. Gubitak se stvara u obliku izgubljenog vremena radnika, potrošenih resursa i nepotrebnog trošenja opreme. Ti troškovi kroz duži period mogu izrazito narasti, te će smanjiti efikasnost operatera. Prekomjernu obradu uzrokuju nejasni standardi i specifikacije. Mnogi operateri će se truditi napraviti što je moguće bolji proizvod, nesvjesni onoga što zbilja dodaje vrijednost proizvodu ili krajnjoj upotrebi. Stoga će često provoditi vrijeme polirajući komponente koje to ne zahtijevaju. Još jedan razlog prekomjerne obrade su nestandardni radni postupci radnika u različitim smjenama. Također, gubitak su i nepotrebno zahtijevane tolerancije kad bi u realnosti i labaviji dosjedi sasvim jednako odgovarali zahtjevima.

Primjeri prekomjerne obrade su bojanje površina koje nikad neće biti viđene niti pod utjecajem korozije, prekomjerno poliranje/čišćenje površine koja to ne zahtjeva (Slika 4.6), nepotrebno usko tolerancijsko polje itd.

Da bi se spriječila prekomjerna obrada postoji mnogo alata, ali najosnovnije je da se uvede 6S sustav i standardizirani rad te radnicima pruže pisane instrukcije za obavljanje posla. Ove protumjere će osigurati standardni rad za sve radnike u svim smjenama, također će povećati kvalitetu proizvoda kao i smanjenje prekomjerne obrade. Nadalje, potrebno je ponovo razmotriti sve dizajne i konstrukcijske nacрте te pokušati pronaći tolerancije koje su nepotrebno uske i smanjiti ih kako bi se obrada mogla vršiti na stroju koji je jeftiniji i obrada brža. [27]



Slika 4.6 Oslobađanje procesa od svih nepotrebnih aktivnosti [24]

4.1.7. Prekomjerna proizvodnja

Prekomjerna proizvodnja je proizvodnja u prevelikim količinama (ili prije nego što je neki proizvod potreban na tržištu), što uz stvaranje nepotrebnih zaliha, uzrokuje mnoge sekundarne gubitke. Ovo je najgori od svih tipova gubitaka jer zamagljuje sve ostale probleme u procesu. Prekomjerna proizvodnja zahtjeva ulaganje kapitala u zalihe, veće količine sirovog materijala i među-operacijske zalihe. Zalihe zahtijevaju transport, adekvatan prostor za skladištenje te ljude i opremu da njima upravljaju. Tvrtke često proizvode velike serije proizvoda jer imaju dugo vrijeme pripreme stroja i alata za novu operaciju te zbog toga nastoje maksimizirati protok proizvoda na tim strojevima kako bi postigli „ekonomske visoko-količinske serije“ ne vodeći računa kako dio tih proizvoda neće uspjeti prodati. Također postoji određeno nepovjerenje prema dobavljačima pa se naručuje materijal prije nego što je zbilja potreban i u većim količinama nego što je potrebno. Osim toga, proizvođači često nemaju povjerenja u pouzdanost vlastitih sustava pa planiraju razmake između svake operacije u slučaju da dođe do kvara na nekom stroju (ili promjene u proizvodnom planu), ili se proizvodi više nego što treba jer se očekuje da se stroj pokvari te da se u tom slučaju proizvodnja može nastaviti.



Slika 4.7 Prekomjerna proizvodnja uzrokuje niz drugih problema [29]

Da bi se eliminirala prekomjerna proizvodnja, potrebno je razumjeti da tvrtke često znaju planirati vlastita kašnjenja i velike serije čisto zbog toga što se tako oduvijek radilo. Ukoliko je to slučaj, potrebno je početi uvoditi lean sustav proizvodnje; dakle, identificirati tok vrijednosti mapiranjem toka vrijednosti te korištenjem raznih raspoloživih analitičkih alata. Nakon toga je potrebno preurediti pogon tako da se ostvari kontinuirani tok vrijednosti i omogućiti vučenje proizvodnje. Preporučuje se korištenje manjih, specifičnih strojeva za svaku posebnu obradu umjesto da se koriste superstrojevi koji mogu izvoditi više različitih operacija na jednom komadu (koji u konačnici uzrokuju usko grlo). Korištenje manjih serija (ili čak jednopredmetnog toka) i SMED tehnike se, dakako, već i podrazumijeva, jednako kao i korištenje JIT tehnika i Kanbana. [28]

4.1.8. Neiskorištenost potencijala zaposlenika

U novije vrijeme, uz osnovnih 7 tipova gubitaka, često se spominje i jedan dodatni tip. Riječ je o gubitku talenta (kreativnosti) zaposlenika. Radi se o neiskorištavanju punog potencijala svih zaposlenika. Zaposlenici su najvrjedniji resurs koji tvrtka ima, bez njihovog uključenja i odanosti kompanija neće biti kompetitivna na tržištu koliko bi bila uz njihovo sudjelovanje. Ovaj gubitak dolazi na vidjelo kada je potrebno uvesti poboljšanja u proizvodnju ili reagirati na promjene zahtjeva kupaca jer će tvrtka biti puno sporija ukoliko očekuje samo od svojih stručnjaka (bez obzira na njihovo iskustvo i vještine) da daju ideje, zbog toga što su oni u daleko manjem broju nego što tvrtka ima zaposlenika. Vrlo je važno imati ispravnu kulturu tvrtke gdje će se prepoznati prednosti i doprinosi zaposlenika. Velik broj kompanija ne dozvoljava radnicima da sudjeluju u proizvodnji više nego što je to potrebno jer se boje da će postati prekvalificirani i da će tražiti veće plaće ili možda otići u drugu tvrtku koja će im pružiti bolje uvjete za njihovo novostečeno znanje i iskustvo.

Primjeri ovog gubitka su:

- Probleme rješavaju samo stručnjaci, ignoriraju se prijedlozi ostalih zaposlenika
- Ideje za poboljšanje se prisiljavaju u određenim sekcijama, umjesto da su te sekcije same osmislile poboljšanje
- Radna snaga koja smatra da nema smisla predlagati poboljšanja

Timskim radom i vježbom te odlučnim vodstvom uključuju se svi zaposlenici u tvrtki na primjenu kontinuiranih poboljšanja kako bi tvrtka nastavila svoj put prema savršenosti. Poželjno je istaknuto zalaganje zaposlenika nagraditi određenim mjerama i kompenzacijama, potrebno je usaditi u svijest radnika da će poboljšanje za tvrtku biti i poboljšanje koje će i oni osjetiti (a ne samo menadžment). [30]

4.2. Muri

Muri predstavlja (nerazumno) preopterećenje radnika ili strojeva. Pod tim se smatrana stavljanje nerazumnog stresa i napora na radnike i strojeve raznim zahtjevima koji su često i nepotrebni. Neiskusni menadžeri koji nastoje uvesti lean u proizvodnju i riješiti se gubitaka često će napraviti pogrešku i odmah početi uklanjati sedam glavnih gubitaka. Takvim postupanjem, staviti će izraziti stres na radnike i stvoriti preopterećenje umjesto da ih se oslobodi istoga. Ispravan način bio bi da se prvo pozabave minimiziranjem Murija i Mure jer će nakon toga mnogi problemi iz Mude nestati ili se smanjiti.

Primjeri preopterećenja:

- Radnici rade na procesima za koji nisu osposobljeni
- Loš raspored radnog prostora
- Nejasne instrukcije
- Nedostatak adekvatnih alata i opreme
- Izraziti ekstremi u razinama proizvodnje (Mura)
- Nedostatak adekvatnog održavanja i nepouzdana oprema
- Nepouzdana procesi
- Slaba komunikacija

Hvatanje u koštac sa Murijem u proizvodnom procesu trebalo bi osigurati da zaposlenici rade efikasnije sa daleko manjim stresom i naporom. To se može postići primjenom nekih lean alata, od kojih je najznačajniji 6S. 6S je jednostavan, no izrazito moćan alat koji se bori protiv širokog spektra preopterećenja u bilo kojem radnom prostoru. Primjenom ovog alata traže se nerazumni pokreti i aktivnosti koji uopće nisu potrebni procesu te ih se nastoji ukloniti, svaki alat i dio opreme mora biti na točno predviđenom mjestu kako bi se najefikasnije iskoristio. Nadalje, raspored radnog mjesta mora biti jasan svima kako bi mogli identificirati potencijalne devijacije i ispraviti ih. Dobro implementiran 6S osigurat će da radnici imaju visoko efikasnu, ergonomičnu i sigurnu radnu okolinu koja im olakšava život i smanjuje stres na poslu. 6S počinje standardizaciju radnih postupaka. Imajući sve procese dokumentirane i sve radnike uvježbane da rade posao na najbolji mogući način, omogućit će da svi obave svoj posao kvalitetno uz minimalnu izloženost stresu. Standardni radni postupci moraju pokriti sve aspekte rada, od postavljanja stroja i izmjene alata pa do dostave računa kupcu. Još jedan alat koji će doprinijeti smanjenju preopterećenja je Jidoka. Primjenom Jidoke radnici će imati veće povjerenje u proces i strojeve, te će to olakšati njihov posao i smanjiti stres. SMED postupak je još jedan alat kojim

se može smanjiti preopterećenje jer pomaže ujednačiti proizvodnju što ujedno smanjuje Mura (a samim time i Muri). [31]

4.3. Mura

Mura predstavlja nejednakost ili nekonzistentnost, nejednake razine potražnje. Dolazi do neuspjeha u ujednačavanju proizvodnje jer se nastoji užurbano napraviti što veća serija da bi se nakon toga krenula raditi sljedeća velika serija, ne vodeći pritom brigu o potražnji i željama kupaca. Želje i potražnja kupaca ponekad se mogu činiti hirovitima, no često se može uočiti uzorak koji je potrebno identificirati.

Npr. Možda će kupac tražiti 2000 proizvoda u ponedjeljak i utorak, 1500 u srijedu i četvrtak, a u petak samo 500. Radnici će se u tom slučaju pretrgnuti od posla u ponedjeljak dok će u petak posao završiti za nekoliko sati. Stoga je u tom slučaju potrebno ujednačiti proizvodnju i proizvoditi u prosjeku 1500 proizvoda dnevno. Nije svaki posao potrebno odraditi kao utrku, ponekad je potrebno slijediti taktno vrijeme i sagledati zahtjeve kupaca.

U slučaju da kupac želi 1200 komada tjedno, a tvrtka na raspolaganju ima 5 osmosatnih smjena, to je 2400 minuta, što znači da jedan komad mora biti proizveden svake dvije minute. To je taktno vrijeme i taj podatak treba diktirati brzinu procesa. No ukoliko kupac želi različite tipove proizvoda, potrebno je imati što manje serije (idealno jednopredmetni tok) i proizvoditi male serije svih proizvoda na dnevnoj bazi.

Smanjenje Mure zna biti komplicirano i teško te stoga mnoge kompanije to izbjegavaju te nastoje raditi što veće moguće serije proizvoda, no ustvari je potrebno da svi rade konstantnim i predvidivim tempom. Također je potrebno i ujednačiti raznolikost proizvoda koji se proizvode. Mura se izbjegava korištenjem JIT sustava koji se baziraju na korištenju minimalnih zaliha, a to za sobom povlači vučenje proizvodnje i kontinuirani tok proizvodnje, te Kanban. Najkorisniji alat za ujednačavanje proizvodnje je Heijunka. [32]

5. Implementacija leana u odabranom poduzeću

5.1. O poduzeću Esco – Fofonjka d.o.o.

Esco Fofonjka d.o.o. je poduzeće koje se bavi proizvodnjom opruga, proizvoda od trake i žice, te toplinskom obradom. Povijest poduzeća seže u 1968. godinu kada je osnovano kao dodatna djelatnost. Prvi proizvod je bila spiralna opruga za elektropokretače i dinamama, unutar poduzeća poznatija kao „krtačka“ (prikazana slikom 5.1). Proizvodila se na automatima vlastite konstrukcije. Navedena opruga je i danas sastavni dio loga firme.



Slika 5.1. Krtačka – opruga za pritiskanje četkica elektromotora [33]

Poduzeće je od tadašnja 3 zaposlena preraslo u fleksibilnih stotinjak djelatnika i najvažniji je proizvođač opruga i oblika od žice i trake u Hrvatskoj te značajan u Europi. Osim proizvodnje opruga, Esco se bavi i toplinskom obradom gdje je cilj prerasti u vodeće poduzeće u regiji do 2018. godine. Odjel alatnice povremeno radi usluge strojne obrade, ali prihodi od strojne obrade u odnosu na prihode od proizvodnje opruga i toplinske obrade su zanemarivi. Od 2016. je usvojena i tehnologija bruniranja, a od 2017. vrši se fosfatiranje (Mn i Zn fosfat), dok je u planu još i usvajanje i razvoj kemijskih postupaka obrade površina.

Asortiman proizvoda vrlo je širok. Najvažnije skupine proizvoda su :

- Tlačne opruge
- Vlačne opruge
- Torzione opruge
- Dvokrake opruge (dvostrana torziona)
- Opruge za elektropokretače
- Specijalne opruge
- Magazin opruge
- Profili iz žice i trake („stanz-biege tehnika“)

Gledano sa aspekta zastupljenosti po tržištima, čak 91% proizvodnje tvrtke se izvozi. Na slici 5.2 prikazano je kolika je zastupljenost izvoza po pojedinom tržištu.



Slika 5.2 Udio kupaca po državama [34]

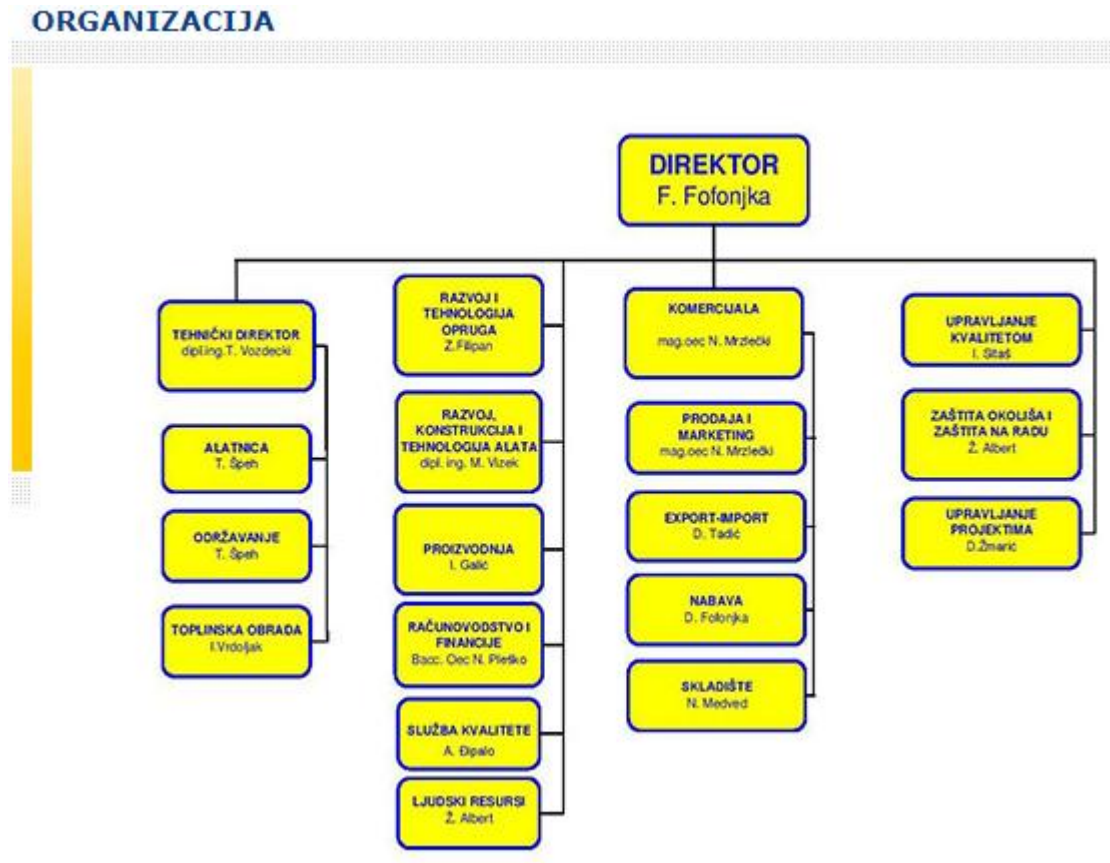
Poduzeće posjeduje sljedeće certifikate (od strane ÖQS i CroCERT) :

- ISO 9001 – upravljanje kvalitetom
- ISO/TS 16949 – upravljanje kvalitetom u autoindustriji
- ISO 14001 – upravljanje okolišem
- OHSAS 18001 – upravljanje sigurnošću na radu

Posljednjih 10-ak godina intenzivno se radi na vlastitoj tehnologiji, proizvode se namjenski strojevi iz područja prosijecanja i savijanja (*“stanzbiege tehnika“*). Strojevi su proizvod vlastite konstrukcije, prilagođeni potrebama poduzeća sa novim inovativnim rješenjima. Preciznost sustava dodavanja materijala je 0,04mm (+/-0,02mm) što je u rangu sa najjačim današnjih proizvođačima ovakve opreme. Uz sustav dodavanja razvijeni su i sustavi kliznih pogona alata i štanca te još mnoštvo opreme prilagođeno vlastitom proizvodnom programu.

Razvijena je nova tehnologija proizvodnje dvokrakih opruga (dvostruka torziona opruga). Vlastita tehnologija izrade donesla je poduzeću ogroman rast i osvajanje tržišta. Zahvaljujući visokoj produktivnosti (do 50% veća produktivnost nego kod europskih proizvođača) do 2008. godine osvojeno je 30% europskog tržišta u ovome segmentu sa dosadašnjom tehnologijom.

Posljednjih 5 godina se razvijaju i izrađuju potpuno automatski sustavi za spajanje određenih proizvoda od više različitih komponenti, odnosno teži se proizvodima koji sadrže veći udio znanja, čime je ideja proizvesti kompliciraniji proizvod. [33]



Slika 5.3 Organizacijska struktura tvrtke Esco d.o.o. [33]

5.2. Proizvodni program

Najznačajniji odijeli u proizvodnji su :

- 1) Opruge/ Dvokrake opruge
- 2) Prosijecanje i savijanje
- 3) Toplinska obrada
- 4) Alatnica / Konstrukcija, razvoj i tehnologija

Odjeli su podijeljeni prema vrsti proizvoda i unutar odijela se koriste strojevi sličnih karakteristika.

- **Odjel - Opruge**

Prvu skupinu – opruge, čine fleksibilni strojevi za proizvodnju oblika od žice i automati za motanje određenih opruga od trake. Na njima se proizvode mahom klasične tlačne, vlačne i torzione opruge, magazin opruge i još neke vrste forme od trake i žice (slika 5.4). Karakteristika ovog područja je to da se radi o strojevima koji su fleksibilni i kod kojih se na istom stroju proizvodi više vrsta opruga sa izmjenama većinom standardnih dijelova i podešavanjem stroja.



Slika 5.4 Proizvodni asortiman odjela Opruge [33]

- **Odjel – Dvokrake opruge**

Dvokraka opruga je poznatija kao dvostruka torziona opruga (slika 5.5). Za ovu skupinu je karakteristično da se opruge izrađuju na namjenskim alatima. Može se reći da postoje tri osnovna koncepta alata koja su se razvijala sa shvaćanjem problematike područja. Ovisno od generacije, radi se o alatima koji su slični i kod nekih opruga se razlika između alata svodi na svega nekoliko dijelova. Opruga se u principu u manjim serijama može proizvoditi i na fleksibilnim strojevima koji pripadaju u odjel *Opruge*. Ovisno o veličini serije i zahtjevima opruge može se opravdati trošak izrade specijalnog alata. Potrebno je i napomenuti da se ovaj dio opruga najčešće koristi u “šarnirima“ na namještaju i da poduzeće Esco trenutno drži 50% tržišta EU u ovom segmentu.



Slika 5.5 Dvostruka torziona opruga – dvokraka [33]

- **Odjel prosijecanje i savijanje**

Na ovom odijelu se proizvode razni oblici od trake i žice (prikazani slikom 5.6). Ovo je odjel koji definitivno najviše ovisi o odjelu konstrukcije i alatnice. Svaki novi proizvod za ovaj odjel zahtijeva kompletno novi alat i najveći dio rezervnih dijelova za ovaj odjel nisu standardni.

U svim ovim odjelima su instalirani strojevi. Održavanje tih strojeva, naravno, vodi odjel održavanja. U odjelu prosijecanja i savijanja, te dvokraka strojevi imaju specijalne sustave dodavanja i kliznih pogona. Radi se o specijalno razvijenim sustavima i za njih nema standardnih (kupovnih) rezervnih dijelova ili su standardni dijelovi modificirani. Drugim riječima, baš zbog namjenskih strojeva, automata i alata, odnosno zbog težnje prilagodbe procesa proizvodnje, održavanje navedenih je poprilično kompliciranije nego u slučaju standardnih strojeva.



Slika 5.6 Proizvodni asortiman odjela Prosijecanje i savijanje (proizvodi iz žice i trake)

- **Toplinska obrada**

Odjel toplinske obrade raspolaže automatiziranom linijom za toplinsku obradu proizvođača IPSEN. Od toplinske obrade moguće je primijeniti slijedeće postupke :

- cementiranje – pougljičavanje konstrukcijskih čelika
- karbonitriranje određenih konstrukcijskih čelika
- svijetlo kaljenje određenih konstrukcijskih i alatnih čelika
- poboljšavanje
- rekristalizacijsko žarenje
- normalizacijsko žarenje
- stabilizacijsko žarenje



Slika 5.7 Odjel toplinske obrade

- **Alatnica**

Alatnica raspolaže slijedećim tehnologijama

- Piljenje (3 automatske pile za rezanje čeličnih profila)
- Tokarenje (1x NC i 1x klasični tokarski stroj)
- Glodanje (7x CNC glodalica, od toga 3 sa automatskom izmjenom paleta)
- Brušenje (2x planska brusilica, 2x univerzalna brusilica za oštrenje alata)
- Erodiranje (4x erodiranje žicom, 1x bušenje elektrodom)

- **Konstrukcija, razvoj i tehnologija**

U odjelu konstrukcije i razvoja radi 10 djelatnika: 8 konstruktora, tehnolog strojne obrade, i glavni tehnolog za razvoj i tehnologiju opruga. Raspolazu sa svim potrebnim *hardware-om* i *software-om* za potrebe razvoja i proizvodnje (CAD, CAM, PLC, ERP, vlastita programska rjesenja itd.) [33]

5.3. Analiza trenutnog stanja toka vrijednosti

Tvrtka Esco d.o.o. radi u tri smjene radnim danima, subotom uglavnom samo prva smjena, dok se nedjeljom u pravilu ne radi. Trenutno u poduzeću radi 107 radnika, od toga 47 djelatnika radi u proizvodnim procesima vezanim za konkretno proizvodnju opruga (djelatnici). Ostatak zaposlenih radi na drugim poslovima; upravljanje, komercijala, kontrola kvalitete, nabava, razvoj, skladište, alatnica, održavanje, itd.

Skladište i kontrola kvalitete rade u prvoj i drugoj smjeni, dok ostale službe rade kao i proizvodnja u sve tri smjene, a po potrebi i vikendom.

Tok vrijednosti započinje kupčevom narudžbom određenog proizvoda. Nakon toga odjel komercijale provjerava nalaze li se dovoljne količine potrebnog materijala na skladištu (odnosno, ima li ga uopće) te se nakon toga naručuje količina materijala za koju komercijala ustanovi da je potrebna. Tvrtka Esco d.o.o. u svojoj bazi ima 3700 partnera, a od toga 1460 dobavljača od kojih nabavlja materijal. Materijal koji se uglavnom nabavlja je ugljični opružni čelik, legirani čelik i bronca koji se dobavljaju u obliku žice promjera 0,1 - 6 mm ili trake debljine do 2 mm. Ove godine gotovo tisuću tona materijala ušlo je u skladište. U većini slučajeva, materijal se ne naručuje u skladište ukoliko nije unaprijed dogovoren posao. Materijal se naručuje nakon narudžbe kupca, a ovisno o dobavlјivosti materijala i kompliciranosti izrade opruge, ponekad se materijal naručuje za cijelu godinu i to u većim količinama nego što je potrebno da se izradi tražena količina proizvoda jer se u obzir uzimaju i mogući škart i slično. Ovisno o dobavlјivosti materijala, on se naručuje u jednokratnoj pošiljci ili višestrukoj u manjim količinama. Na primjer, ako se radi o lako dobavlјivom materijalu, nepotrebno je držati ga na skladištu, no ako se radi o nekom teško dobavlјivom materijalu (zbog kemijskog sastava, dimenzija, troška dostave ili uvjeta dobavljača) onda se on naručuje za cijelu narudžbu.



Slika 5.8 *Proizvodni pogon*

Proizvodnja opruga vrši se na različitim strojevima, postoje tri glavne skupine/odjela strojeva (opruga, prosijecanje i savijanje, alatnica). U svakom odjelu ima dvadesetak strojeva. Odjeli prosijecanja i savijanja, te dvokrakih opruga zajedno imaju četrdesetak strojeva, no to su slični strojevi te je sa primjenom drugih alata i nekih sitnih preinaka moguće taj stroj prebaciti na drugi odjel. U velikoj većini slučajeva (gotovo uvijek), svaki proizvod na ovim strojevima zahtjeva svoj namjenski alat. U odjelu opruga, strojevi su fleksibilniji i najčešće se opruga može podesiti na stroju, a ponekad treba samo par namjenskih dijelova za određenu oprugu. No, postoje neka ograničenja na stroju koja određuju skupinu proizvoda koju on može raditi. Na primjer ako stroj nema predviđen sustav za dizanje kukica na opruzi, onda takve opruge nije moguće raditi na tom stroju. Također, ako je stroj predviđen za opruge od žice promjera 0,8-2 mm, onda žicu od 3 mm nije moguće prerađivati na tom stroju. Strojevi su automatizirani te jedan radnik može pratiti više strojeva.

Kao sirovina od koje se izrađuje opruga koristi se žica koja se prije motanja opruga namota na špule. Opći postupak za većinu opruga je da se nakon namještanja stroja namota određena količina opruga koja se zatim prekontrolira na nekoliko kriterija. Ti kriteriji ovise uglavnom o zahtjevima kupaca. Najčešće su to dimenzijski, dinamički i vizualni uvjeti, ali kupci ponekad zahtijevaju i kontrolu drugih aspekata kao što su: magnetičnost, otpor, nauljenost, količina prašine u navojima i sl. Ako kontrola utvrdi da opruge zadovoljavaju po svim kriterijima, počinje serijska proizvodnja. Na slici 5.11 prikazan je radnik koji vrši kontrolu opruge.

Činjenica da je započela serijska proizvodnja ne znači da se proizvod više neće kontrolirati dok ista ne završi, već je radnik dužan nakon određenog broja namotanih opruga izvršiti kontrolu uzoraka. Nakon završenog motanja opruga, na nekim oprugama se vrši (ovisno o željama kupca) toplinska obrada, sačmarenje, brušenje ili neke druge slične operacije koje imaju svrhu poboljšanja određenih svojstava opruge. Nakon svih potrebnih obrada proizvoda, vrši se konačna kontrola prije nego što se proizvod pakira i pošalje na skladište. Neki kupci imaju posebne zahtjeve, kao npr. da se opruge prije pakiranja naulje kako bi se izbjegla korozija i slično. Proces pakiranja (prikazan na slici 5.12) može biti ručni, ali i automatski, ukoliko se npr. zahtjeva nauljivanje opruga. Gotovi proizvodi ne dostavljaju se uvijek direktno kupcu, već se ponekad otpremaju u skladište (Slika 5.14) gdje čekaju određeni period iz više razloga. Jedan od razloga je nepouzdanost strojeva/radnika ili nekih drugih unutarnjih ili vanjskih faktora. Stoga se sa proizvodnjom uvijek kreće ranije kako bi ostalo vremena za eventualne zastoje i neplanirane aktivnosti koje bi mogle odgoditi rok isporuke kupcu. Drugi razlog je predugo vrijeme namještanja stroja i alata, naime, namještanje stroja može potrajati od 6 pa do čak 80-ak sati. Zbog toga nije isplativo podešavati stroj 5-10 puta godišnje koliko isporuka zahtjeva kupac, nego sve isporuke napraviti odjednom te zatim proizvode ostaviti na skladištu dok ih kupac ne zatraži. Prikaz namještanja/pripreme stroja i materijala prikazan je na slici 5.9 i 5.10.

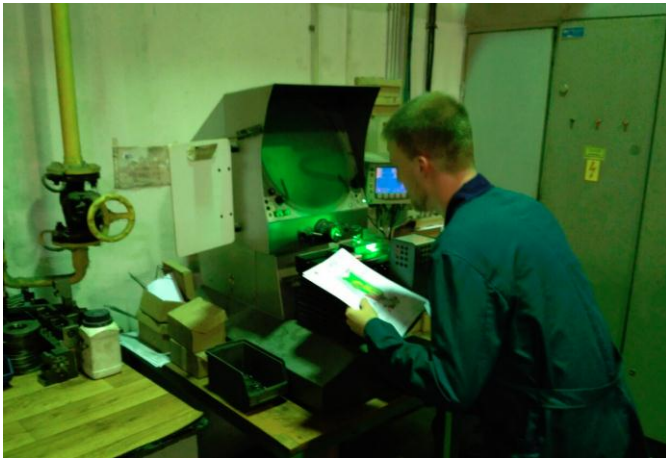
Problem koji se pojavljuje uslijed ekstremnih razlika u brzinama pojedinih uzastopnih postupaka (npr. motanje opruge i toplinska obrada opruge) je taj što to onemogućuje jednopredmetni tok, te uzrokuje stvaranje međuzaliha, kao što je prikazano na slici 5.13.



Slika 5.9 Priprema materijala



Slika 5.10 Namještanje stroja



Slika 5.11 Kontrola kvalitete



Slika 5.12 Pakiranje



Slika 5.13 Međuskладиšta

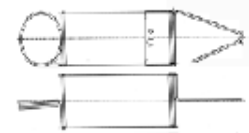


Slika 5.14 Skladište materijala i gotovih proizvoda



Rok za proizvodnju: 24.11.2017.

| | | | |
|-----------------|---|-------------------|---------------|
| Broj narudžbe: | 31597 | Količina: | 25000 |
| Proizvod: | Feder 30 002 13-14 ind.14 | Kupac: | 1037 |
| Broj crteža: | 30 002 13-14 ind.14 | Kalk/ God. serija | 13426 / 20000 |
| Karakteristike: | Vlažna opruga d=0,3 Chroniterm , Dv=6 , Lo=cca.56 , w=19 ia=cca.126 , 2 navoja u ušicu | | |



| | | | |
|---|--|--------|-------|
| MATERIJAL: | | kom/kg | Kg: |
| 4606 0,30 Chroniterm Nehrđajua Chroniterm Žica 0,30 | | 752 | 33,24 |

AMBALAŽA: 4 kom 5002152 Kartonska kutija 390x290x135

TEHNOLOGIJA:

| R.br. | Šif. Operacija: | Stroj/operacija | Norma oznaka | Stv/kom | FS |
|-------|---|--------------------|--------------|----------|-----|
| 1 | 1 Priprema | CTS3 | 10 h | | |
| | Opruge naštelati prema crtežu i planu kontrole . Opruga ima cca. 126 navoja (tjelo opruge) .Broj navoja držati kao na poslanim prvim uzorcima . 2 navoja su dignuta u ušicu . Dužina opruge (mjerena izvana) cca. 56 mm. Opruge se termički ne obrađuju . Dozvoljena mala deformacija tjela . | | | | |
| 2 | 62 Kontrola prvih uzoraka | RR1000 | | | |
| | Izvršiti kontrolu uzoraka prema crtežu i planu kontrole . Opruge se termički ne obrađuju . Dozvoljena mala deformacija tjela opruge . Položaj ušice nije bitan . | | | | |
| 3 | 3 Motanje | CTS3 | 300 kom/h | 491 8 | 3,5 |
| | Drži zadane mjere za motanje prema planu kontrole i KLOPU . Pakovati u kutije "HENN" u slojevima odjejenim paprom odmah kod motanja. | | | | |
| 4 | 63 Međufazna kontrola | Međufazna kontrola | | | |
| | Poslije svake završene operacije izvršiti međufaznu kontrolu prema planu kontrole i KLOPU . Dozvoljena deformacija tjela opruge . Položaj ušice nije bitan . | | | | |
| 5 | 66 Završna kontr.izratka poz. | Završna kontrola | | | |
| | Izvršiti završnu kontrolu prema crtežu i planu kontrole . Dozvoljena deformacija tjela opruge . Položaj ušice nije bitan . Pogledaj mjerni izvještaj i potvrdu prvih uzoraka . Sa oprugama se šalje certifikat mjerenja . | | | | |
| 6 | 9 Pakovanje | S2 | 752 bod/kg | | |
| | Pakovati u kutije "HENN" u slojevima odjejene paprom odmah kod motanja. Točan broj komada utvrditi kontrolnim vaganjem na pakiranju. Paziti da se opruge prilikom pakovanja ne deformiraju. Etiketu lijepiti na dužu bočnu stranu kutije. | | | | |

 DISTRIBUCIJA OPRUGE
 QM I KONTROLA
 ZAJEDNIKE SLUŽBE

REK:

Obrada naloga: GALIJE Ivan

Kontrolirao: _____

Radni nalog izdaje se nakon što odjel planiranja proizvodnje provjeri i potvrdi slobodne kapacitete i potrebne resurse da bi se proizveo proizvod koji je kupac zatražio. Nakon izdavanja radnog naloga slijedi priprema proizvodnje na određenoj liniji, što uključuje pripremu materijala i stroja (ukoliko je potrebno).

Koraci u lancu dodavanja vrijednosti za proizvod naznačen u radnom nalogu (Slika 5.15) su sljedeći:



1

- PRIPREMA MATERIJALA I STROJA
- 1 operater
- TPZ=10 h
- Dostupnost: 24 h



2

- KONTROLA PRVIH UZORAKA
- 1 operater
- Dostupnost: 16 h
- Trajanje: 0,25 h



3

- MOTANJE
- 1 operater
- Dostupnost: 24 h
- TAKT=12 s
- Brzina: 300 kom/h
- Trajanje: 84 h



4

- MEĐUFAZNA KONTROLA
- 1 operater
- Dostupnost: 16 h
- Trajanje: 0,25 h



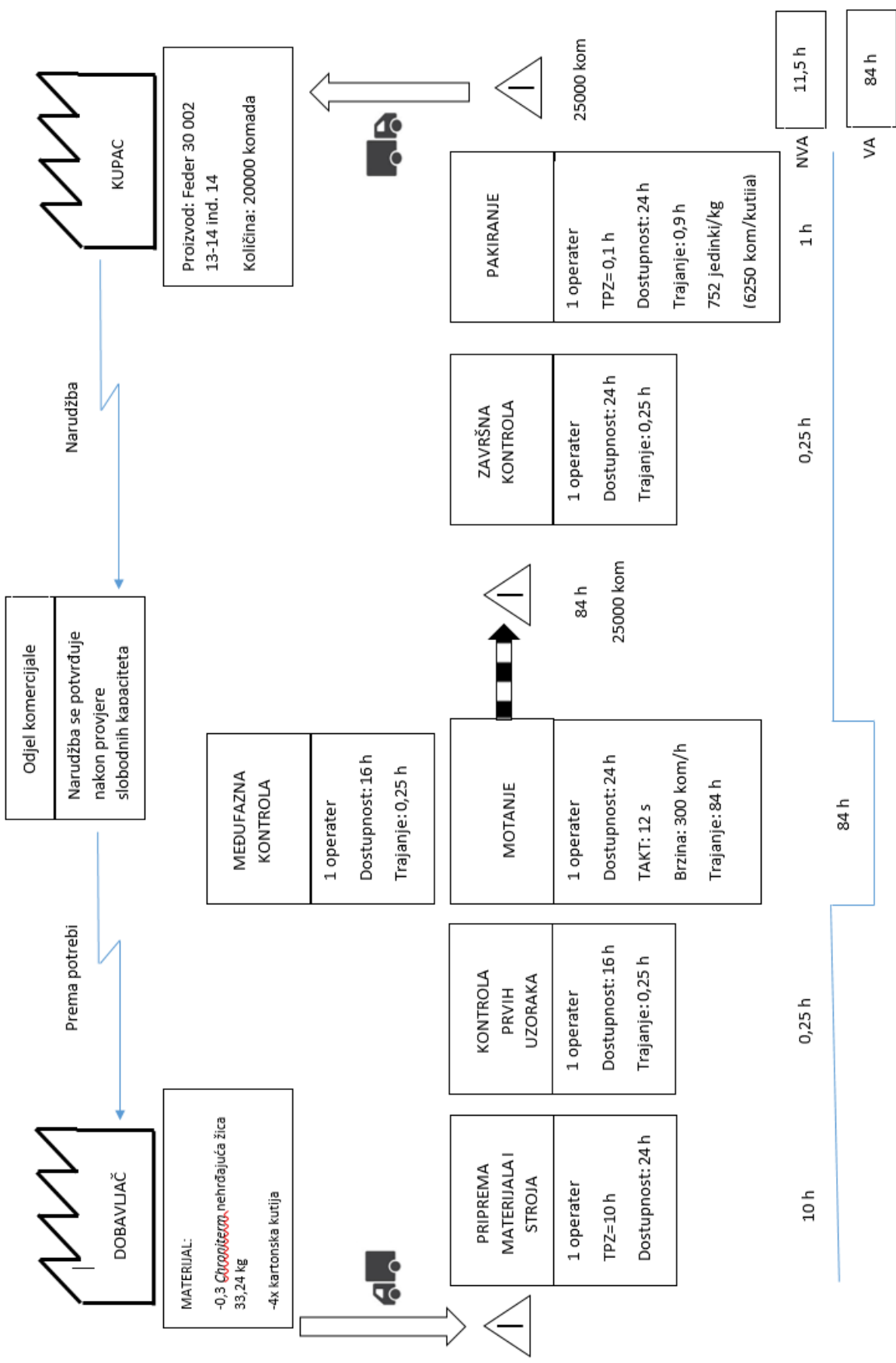
5

- ZAVRŠNA KONTROLA
- 1 operater
- Dostupnost: 16 h
- Trajanje: 0,25 h



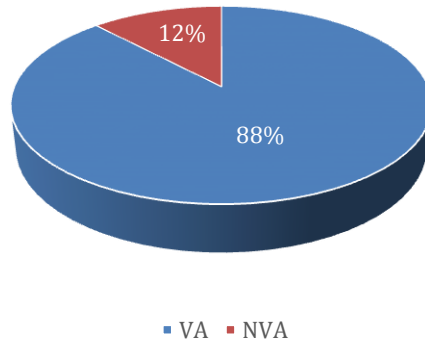
6

- PAKIRANJE
- 1 operater
- TPZ= 0,1 h
- Dostupnost: 24 h
- Trajanje: 0,9 h
- 752 jedinke/kg --> 6250 kom/kutiji (8,3 kg/kutiji)



Očitavanjem vremena iz toka vrijednosti (čije su vrijednosti izvorno preuzete iz radnog naloga) moguće je odrediti koji je odnos aktivnosti koje dodaju vrijednost i onih koje ne dodaju

Odnos aktivnosti koje dodaju vrijednost (VA) i onih koje ne dodaju (NVA)



Slika 5.16 Odnos VA-NVA

vrijednost (slika 5.15).

Sudeći prema prikazanom dijagramu, moguće je zaključiti da je proces izrazito efikasan jer je iskoristivost procesa čak 88%! Takav prikaz stanja, dakako, navodi onoga koji analizira podatke na pogrešan zaključak. Ovo je idealno stanje kako ga je tehnolog zamislio u kojem sve funkcionira savršeno, jedna operacija za drugom. Takav slučaj u stvarnosti gotovo je nemoguć. Gotovo uvijek pojavit će se greške i gubici u procesu. Ni ovaj proces nije iznimka.

Tablica 5.1 Učink radnika po smjeni [34]

| Prijava | Datum | Izvršitelj | RBO | Vrsta posla | Količina | Smjena | Utrošeno vrijeme |
|---------|-------------|------------|-----|-----------------|----------|--------|------------------|
| 645092 | 5.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 1900 | 2 | 7 |
| 645382 | 6.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 1900 | 3 | 8 |
| 645360 | 6.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2000 | 2 | 8 |
| 645481 | 7.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2000 | 1 | 8 |
| 645712 | 9.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2000 | 2 | 8 |
| 645740 | 9.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2200 | 3 | 8 |
| 645587 | 9.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2000 | 1 | 8 |
| 645830 | 10.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2200 | 1 | 8 |
| 645955 | 10.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2300 | 3 | 8 |
| 645925 | 10.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2400 | 2 | 8 |
| 646144 | 11.10.2017. | | 30 | Motanje stroj I | 2300 | 1 | 8 |

U tablici 5.1 prikazan je učinak radnika u smjeni. Tražena norma koju je tehnolog zamislio iznosi 2400 komada po smjeni. Iz tablice je moguće iščitati kako je samo jednu smjenu dostignuta tražena norma, dok se u 90% ostalih smjena zakazalo. Očito je došlo do kraćih zastoja u proizvodnji ili nekih kvarova i drugih tipova gubitaka.

Na slici 5.17 prikazana je narudžbenica ovog proizvoda. Kupac je 26. 9. 2017. naručio 20 000 jedinica proizvoda i postavio rok isporuke 8. 12. 2017. Radni nalog izdan je isti dan, dok je potreban materijal podignut sa skladišta 2.10.2017. (prikazano na slici 5.18). No, proizvodnja je počela tek 5. 10. 2017., vjerojatno zbog dugotrajnog namještanja alata i stroja. Dakle, materijal je cca 48 sati stajao kraj stroja bez da je počela proizvodnja, što predstavlja čisti gubitak (*waste*). Proizvodnja (motanje) je završila 11. 10. 2017. i nakon toga krenula je završna kontrola i pakiranje te je proizvod čekao na skladištu do vremena isporuke. Analizirajući tablicu 6.1 moguće je zaključiti koliko je vremena provedeno dodajući vrijednost proizvodu, a koliko je izgubljeno raznim zastojima. Rezultat analize prikazan je dijagramom na slici 5.19.

| | | | |
|---|---|--|--------|
| ESCO-FOFONJKA d.o.o. Ulica 29. rujna 4 43000 BJELOVAR | | NARUDŽBA br. 31597 <i>Oprema (prodaja) sa skladišta</i> | Str. 1 |
| Datum: 26.09.2017 | Datum i vrijeme unosa: 26.09.2017 14:15:00 | Krajnji kupac: 017911 SIBA GmbH | |
| Naručitelj: 1037 SIBA GmbH | | Mjesto isporuke: SIBA GmbH | |
| | D-44534 Lünen Borker Str.20-22 | D-44534 LÜNEN Ladestras se 9/Tor2 | |
| Narudžba kupca: 02058173 | | Kontakt osoba: Oliver Champignon, tel. 004923067001 | |

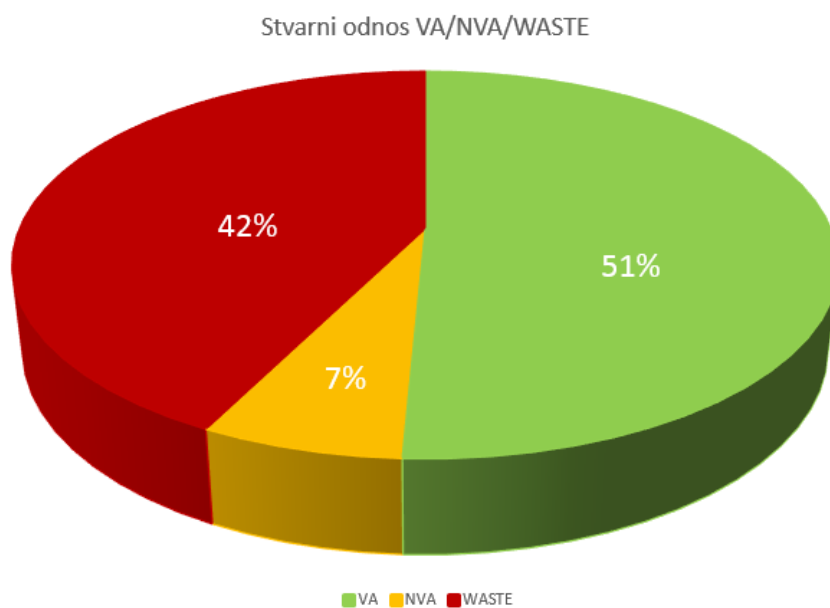
| Br.st. | Šifra | Naziv artikla | JM | Naručena količina | Rok isporuke |
|--------|---------|---------------------------|-----|-------------------|--------------|
| 1. | 0466009 | Feder 30 002 13-14 ind.14 | kom | 20000,00 | 08.12.2017 |

Slika 5.17 Narudžbenica [34]

PROMET ZA PERIOD - po dokumentima
Od datuma: 01.01.2017 Do datuma: 14.12.2017

| IB | NAZIV | VRSTA DOK. | BROJ DOK. | DATUM | ULAZ/IZLAZ | KOLIČINA | JM |
|------------|----------------|---------------------------|---------------|------------|------------|------------------------|----|
| SKLADIŠTE: | 11613 | SKLADIŠTE REPROMATERIJALA | | | | | |
| 4606 | 0,30 Chronitem | | | | | | |
| | | PRIMKA | 13 | 16.01.2017 | -U- | 337,750 | kg |
| | | IZDATNICA | 119 | 19.01.2017 | + | 34,270 | kg |
| | | IZDATNICA | 1247 | 12.06.2017 | + | 304,480 | kg |
| | | POVRATNICA | 486 | 09.08.2017 | + | -144,000 | kg |
| | | IZDATNICA | 1863 | 02.10.2017 | + | 144,000 | kg |
| | | POVRATNICA | 586 | 11.10.2017 | + | -124,520 | kg |
| | | PRIMKA | 346 | 17.11.2017 | -U- | 359,362 | kg |
| | | | *Ukupni ulaz: | | | 697,112 | |
| | | | | | | *Ukupni izlaz: 214,230 | |
| Ukupno: kg | | | *Ukupni ulaz: | | | 697,112 | |
| | | | | | | *Ukupni izlaz: 214,230 | |

Slika 5.18 Otpremnica [34]



Slika 5.19 Stvarni odnos VA/NVA/WASTE

Poblížom inspekcijom rada postrojenja iz prve ruke, postalo je evidentno da isto generira gubitke u svim kategorijama *Mude*.

Transport od dobavljača do tvrtke je nužan, budući da tvrtka nema svoju vlastitu proizvodnju materijala u blizini. Konkretno, u ovom slučaju radi se o teško dobavljivom materijalu kojeg se može dobiti jedino iz SAD-a ili Japana te je stoga naručena veća količina kako se ne bi moralo ponovno naručivati bar godinu dana budući da transport traje poprilično dugo. Nadalje, dostavljeni materijal, kada za to dođe vrijeme treba transportirati iz skladišta do stroja (što je u ovom slučaju praktički na drugom kraju postrojenja). Također, gubitak u transportu podrazumijeva i premještanje gotovih komada od stroja do odjela za pakiranje što je opet gotovo na drugom kraju postrojenja.

Jedan od najistaknutijih gubitaka u ovoj tvrtki su zasigurno ogromne zalihe. Budući da se radi o masovnoj proizvodnji gdje je vrijeme proizvodnje jedne jedinice proizvoda neusporedivo manje od vremena ostalih operacija u toku vrijednosti, nemoguće je uspostaviti jednopredmetni tok što znači da su zalihe obavezne, barem između procesa. Što se tiče zaliha materijala, on se naručuje nakon što kupac zatraži određeni proizvod, ali poprilično ranije nego što počne sama proizvodnja (što znači da će do početka proizvodnje stajati na skladištu). Taj materijal se obično naručuje u većim količinama nego što je potrebno da se napravi konkretno traženi broj proizvoda, a to je zbog više razloga. Jedan od razloga je nepouzdanost strojeva/radnika ili nekih drugih unutarnjih ili vanjskih faktora koji bi uzrokovali eventualan škart a samim time i nedostatak materijala. Drugi razlog je izbjegavanje mogućnosti kašnjenja isporuke materijala što bi moglo uzrokovati kašnjenje isporuke proizvoda kupcu. Što se pak tiče zaliha gotovih proizvoda, nastoji se da proizvodnja serije proizvoda završi što bliže vremenu isporuke kupcu kako bi gotovi proizvodi što kraće stajali na skladištu.

Nepotrebna kretanja je uobičajena pojava u gotovo svakom postrojenju, pa tako i u ovom. Radnici imaju podosta nepotrebnih šetnji, npr. zbog neposjedovanja potrebnog alata, nejasnih uputa za proizvodnju, dohvaćanja (i traženja) predmeta potrebnih za proizvodnju koje su ili oni sami ili netko od radnika zametnuli ili odložili na neko drugo mjesto itd. U nekim slučajevima i sam raspored ćelija prisiljava radnike i strojeve na nepotrebne kretanje. Konkretni primjer nepotrebne kretanje je kada kontrolor dolazi (ili ako radnici moraju odneti osobno do odjela za kontrolu kvalitete) provjeriti kvalitetu proizvoda te zatim treba odnijeti taj poluproizvod na odjel za ispitivanje i sl.

Čekanje je često posljedica neorganiziranosti, što je u ovoj tvrtki zbog nepouzdanosti procesa/strojeva i mentaliteta radnika postalo ustaljeno. Čekanje se događa uslijed kvarova,

zastoja, nedostatka materijala (ili nekih drugih komponenti potrebnih za proizvodnju, npr. običnih kartonskih kutija za opruge), održavanja strojeva, odsutnosti radnika i dr. Zbog čekanja događa se da dolazi do neuspjavanja ispunjenja dnevne norme. Također, čekanje na informacije iz odjela kontrole ili bilo kojeg drugog odjela predstavlja gubitak u proizvodnji.

Defekti će se pojaviti kad-tad, čak i kod najpouzdanijih procesa. Škart se u ovoj tvrtki očekuje i pojavljuje u različitim omjerima. Ponekad je tokom proizvodnje škart manji od 5%, no ponekad iznosi i do čak 45%! Razlozi tome variraju; možda su ključni faktor strojevi, možda materijal, možda sami radnici ili čak sve navedeno zajedno. Naravno da je bitno imati što manji postotak udjela škarta, no još je bitnije da taj škart ne dođe do kupca.

Prekomjerna obrada se ponekad događa zbog loše komunikacije, nepoznatosti sa postupkom izrade/obrade, ili pak neiskustvom radnika/konstruktora. Ukoliko je konstruktor/tehnolog neiskusna, on može propisati da se neka površina na proizvodu mora brusiti (fino obraditi), iako za to realno nema potrebe. To uključuje i postavljanje nepotrebno uskih tolerancija na proizvod.

Prekomjerna proizvodnja je nešto što se ovdje više smatra uobičajenom praksom nego gubitkom. No, to nije prekomjerna proizvodnja gdje se proizvodi maksimalna količina proizvoda koja se može proizvesti u određenom vremenskom periodu bez razmišljanja kada i kome će se to jednog dana prodati. Prekomjerna proizvodnja u ovoj tvrtki primarno podrazumijeva slučaj kada kupac zatraži da mu se dostavi neki određeni broj isporuka proizvoda tokom godine, a tvrtka umjesto da napravi određeni broj serija tokom godine u skladu sa isporukama, napravi cjelokupnu količinu proizvoda pri prvom namještanju alata i zatim drži gotove proizvode na skladištu dok ne dođe vrijeme isporuke. Razlog zbog kojeg se vrši takva praksa je činjenica da namještanje alata i stroja može potrajati iznimno dugo, te je isplativije proizvesti svu količinu potrebnih proizvoda u jednom namještanju stroja i alata te zatim držati proizvode na skladištu nego vršiti ponovno namještanje stroja i alata nekoliko puta. Također, u konkretnom slučaju u radnom nalogu na slici 5. 15 vidljivo je da je zatražena proizvodnja 25 000 opruga iako je kupac zatražio samo 20 000 opruga. Takav potez uzrokovan je očekivanjem određenog postotka škarta te ga se na taj način nastoji ukloniti šteta koja bi tvrtku koštala kupčevog povjerenja.

Pomnijim promatranjem odnosa vodstvo-zaposlenici u tvrtki može se zaključiti kako se ne iskorištava potencijal radnika u proizvodnji. Radnici u proizvodnji imaju minimalnu satnicu i posao im je trivijalan i intelektualno ne zahtijevan. Od njih se ne očekuje niti ih se potiče da predlažu promijene koje bi dovele do eventualnih poboljšanja, već im je primarni zadatak napraviti normu uz što manje škarta. Sva poboljšanja dolaze direktno od odjela konstrukcija i sl.

Pri zapošljavanju, vodstvo provodi testiranje zaposlenika raznovrsnim testovima, koji po svojem sastavu podsjećaju na vrstu kvazi testova inteligencije i kreativnosti. Radnici koji imaju veći broj bodova često nisu najprikladniji za monotone poslove jer će im s vremenom postati *dosadni* i psihološki naporni te će vrlo vjerojatno svjesno ili nesvjesno napraviti pogrešku.

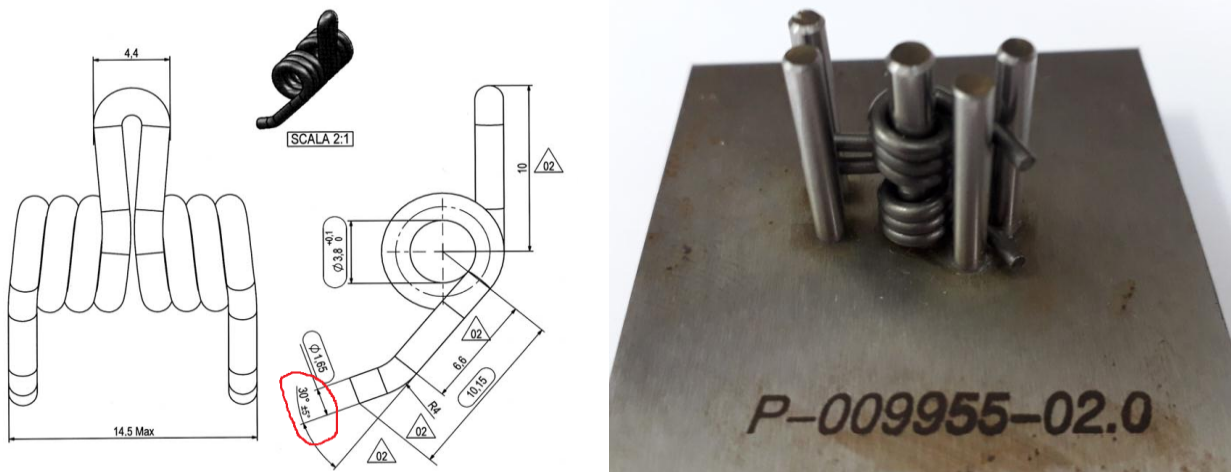
6. Prijedlozi poboljšanja

Tvrtka Esco generira veliku količinu internih gubitaka, ali generalno gledajući može se reći da se radi o dobrostojećoj tvrtki. Takvo stanje je posljedica uspješne konkurentnosti na tržištu, te stoga trenutno pozitivno stanje poslovanja može postati upitno ukoliko dođe do krize na tržištu i smanjenja potražnje. Drugim riječima, svi problemi i gubici u proizvodnji koji su trenutno prikriiveni visokom produktivnošću mogli bi isplivati na površinu ukoliko se na tržištu smanji potražnja za ovom vrstom proizvoda.

Inženjeri i konstruktori u tvrtki kontinuirano rade na implementiranju poboljšanja u proizvodnji te su dosad osmislili niz poboljšanja. Neka od poboljšanja koja su osmislili/uveli su sljedeća:

Poka-Yoke

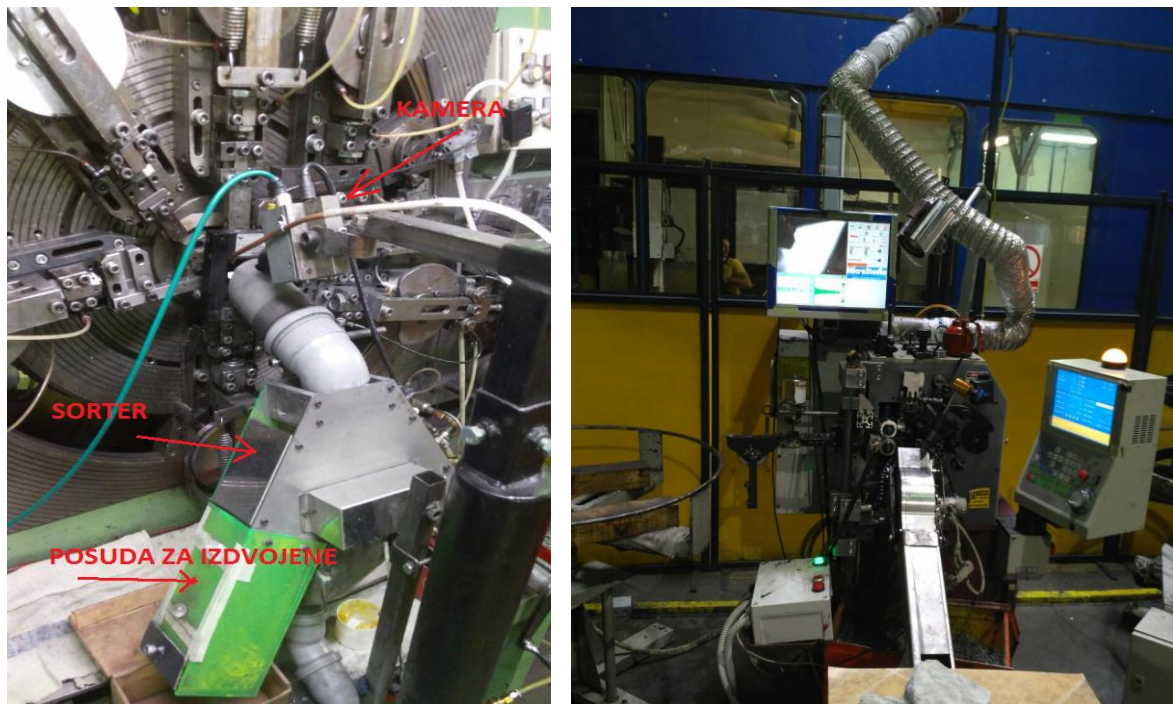
Konstruktori osmišljavaju Poka-Yoke uređaje koji će olakšati kontrolu izrađenih proizvoda. Ovaj princip često se koristi u alatnici kada se izrađuje novi namjenski alat, ili kada radnik mora izvršiti brzu međufaznu kontrolu proizvoda. Vrijeme kontrole proizvoda višestruko je smanjeno, kao i mogućnost pogreške pri mjerenju. Na slici 6.1 prikazan je primjer takvog uređaja na kojega radnik stavlja dvokraku oprugu te kontrolira određene kutove i dimenzije.



Slika 6.1 Improvizirani Poka-Yoke uređaj

Jidoka

Jidoka podrazumijeva automatiziranu proizvodnju, odnosno onu proizvodnju koja će detektirati abnormalnosti/defekte na proizvodu te odvojiti takve proizvode od onih ispravnih. Primjer uvođenja ovog poboljšanja u tvrtki prikazan je na slici 6.2. Naime, radi se o tome da se na nekim proizvodima događao slučaj izrazito velikog i nepredvidivog škarta. Uzrok tomu bio je kupčev loš izbor materijala i konstrukcijskih zahtjeva proizvoda. Rješenje koje je tvrtka usvojila za uklanjanje tog gubitka bila je instalacija *high-speed* kamera na strojeve koji će snimiti svaku oprugu posebno, izmjeriti zahtijevane dimenzije te odvojiti proizvode koji ne odgovaraju tim dimenzijama od onih koji odgovaraju. Na taj način postiže se cjelokupna serija proizvoda bez defekata koji bi došli do kupca. Također, povećana je produktivnost za 6% i smanjen udio zastoja za 50%!



Slika 6.2 Automatizirana (Jidoka) proizvodnja

No, uz sva navedena poboljšanja, postoji još niz poboljšanja koja se mogu (i trebaju) primijeniti kako bi se proizvodnja u tvrtki učinila više lean. Poboljšanja koja bih ja predložio da se uvedu su sljedeća:

SMED

Jedna od najvećih boljki ove tvrtke je iznimno duga i komplicirana izmjena alata. Zbog toga je izrazito teško imati fleksibilnu proizvodnju, jer priprema za proizvodnju jednog proizvoda može potrajati i nekoliko dana. Izmjene alata i namještanje stroja kako bi se prešlo na izradu novog proizvoda za sada je neisplativa, te ukoliko se namjesti stroj da proizvodi jednu vrstu proizvoda, taj stroj će proizvoditi tu vrstu proizvoda dok ne proizvede potrebnu količinu. Ukoliko se pojavi neplanirana promjena u zahtjevu kupaca ili se javi drugi prioritetniji posao, promjena alata bit će ogromni gubitak i potrajati nekoliko smjena.

Kada bi se konstruirao alat (odnosno cijela ploča sa unaprijed namještenim alatom) za svaki frekventno izrađivani proizvod ili proizvod koji se proizvodi u ogromnim količinama, omogućila bi se fleksibilnija proizvodnja i brže prilagođavanje promjenama zahtjeva kupaca. Naravno, prije izrade takvog alata, potrebno je provesti studiju isplativosti kako bi se vidjelo isplati li se izrada

takvog alata s obzirom na troškove/gubitke koji nastaju dugim promjenama alata i skladištenjem gotovih proizvoda u skladištu.

6S

6S bi uveo red na radna mjesta u pogonu, ukoliko bi se zaposlenici pridržavali 5 osnovnih pravila ove filozofije. Najteži dio je, naravno, disciplina. Problem ne leži u jednokratnom uvođenju reda na radno mjesto, čišćenju i razvrstavanju alata. Problem je u dugoročnom održavanju takvog stanja, bitnu ulogu igraju mentalitet i samodisciplina radnika. Prolaskom kroz pogon, primijećeno je kako se na radnim mjestima nalazi škart, rezervni dijelovi ili općenito dijelovi koji se ne koriste mjesecima/godinama. Takvi predmeti ometaju kretanje u krugu radnog mjesta, nepotrebno zauzimaju prostor te su estetski nepoželjan prizor. Svi takvi predmeti koji se gotovo pa i ne koriste (osim u iznimnim i rijetkim prilikama) trebaju biti odloženi na jedno određeno mjesto u pogonu koje će biti namijenjeno isključivo za tu svrhu. Nadalje, svi alati na radnom mjestu koji se frekventno koriste u radu trebaju biti poredani po veličini, učestalosti uporabe ili nekim drugim relevantnim redosljedom. Preporučuje se primjena *shadow boarda* kako bi se omogućila lakša vizualna kontrola nedostajućih alata.

Kaizen radionice

Radnici bi trebali biti najvažniji resurs svake tvrtke. Radnike je potrebno smatrati kao kontinuiranu investiciju koja će se s vremenom poboljšavati na obostranu korist. Tretiranje radnika kao zamjenjive robe i isključivim nekonstruktivnim discipliniranjem na temelju smanjenja plaće (ili čak prekida radnog odnosa) nije odnos kakav prakticira tvrtka koja radi na lean (Kaizen) principu.

Zaposlenici bi trebali biti više uključeni u proizvodni proces te predlagati eventualna poboljšanja ili promjene u načinu rada koja bi im olakšala posao i povećala produktivnost.

Prijedlog je uvođenje Kaizen radionica bar jednom mjesečno u kojima bi sudjelovali svi zaposlenici. Na takvim sastancima prezentirali bi se ostvareni rezultati u proteklom mjesecu (i tekućoj godini) te raspravljali i predlagali rezultati za buduće razdoblje. Također, navest će se problemi koji su se pojavljivali u proteklom periodu i svi zaposlenici će imati priliku sudjelovati u njihovom rješavanju te se tako osjećati kao jedna homogena cjelina kojoj pripadaju. Nadalje, poželjno bi bilo uvesti anketiranje i ocjenjivanje zadovoljstva radnika. Dodatna mogućnost je rotiranje radnika u svrhu smanjenja monotonosti na radnom mjestu. Također, radnici će na taj način moći mijenjati jedni druge na različitim strojevima.

Prema knjizi „*Learning to see*“ [36] , postoji osam smjernica kako neki sustav učiniti više lean:

1. Koje je taktno vrijeme?

Taktno vrijeme se općenito računa prema formuli:

$$\text{Taktno vrijeme} = \frac{\text{Ukupno dnevno proizvodno vrijeme}}{\text{Ukupna dnevna potražnja kupaca}}$$

U ovom konkretnom slučaju, radi se u 3 smjene što znači 24 sata dnevno proizvodno vrijeme. Potrebno je proizvesti 25 000 jedinica, a brzina motanja opruga iznosi 300 komada po satu. Ako bi se svaki sat dosegla tražena norma, potrebna količina opruga proizvela bi se za 83,3 sata ili 3,47 dana. Dnevna norma iznosi 7200 komada, odnosno 2400 po smjeni. Shodno tome, taktno vrijeme iznosi:

$$\text{Taktno vrijeme} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{7200} = \frac{86400}{7200} = 12 \text{ s}$$

To znači da bi se trebala proizvesti jedna opruga svakih 12 sekundi kako bi se ispunila dnevna norma (što je ujedno i ciklusno vrijeme), odnosno ne bi smjelo biti nikakvih zastoja koji bi usporili motanje opruga. Kao što je vidljivo u tablici 6.1, očito je došlo do određenih zastoja/gubitaka budući da gotovo ni jednu smjenu nije dosegnuta norma. Budući da je stroj radio svojom maksimalnom brzinom, postizanje taktnog vremena može se učiniti jedino uklanjanjem gubitaka i zastoja, nikako povećanjem brzine rada stroja. Također, situacijske prilike su bile takve da nije bilo moguće raditi svaku uzastopnu smjenu, te je stoga vrijeme proizvodnje produljeno sa zamišljena 4 dana na nepunih 6 dana. Olakotna okolnost u ovom slučaju je ta što je kupac za isporuku dao rok od 74 dana što je omogućilo određene vremenske dilatacije.

2. Proizvodi li se za skladište odakle će kupac po potrebi povlačiti proizvode ili direktno za isporuku?

Tvrtka Esco radi isključivo po narudžbi, ali problem je taj što gotovi proizvodi čekaju određeni period (ponekad i relativno dug period) na skladištu gotovih proizvoda. Ti proizvodi su već naručeni od kupca i čekaju svoje vrijeme isporuke. Razlozi stajanja gotovih proizvoda na skladištu su brojni i nabrojani su u poglavlju 5.3. Uzevši sve u obzir, može se reći da se proizvodi za skladište.

3. Gdje se može uvesti kontinuirani tok?

Kontinuirani tok je već uveden na mjestima gdje ga je moguće i smisleno primijeniti. Opruge se proizvode automatizirano jedna za drugom bez stajanja dok se ne proizvede tražena količina. Dakako, nema smisla uvoditi kontinuirani jednopredmetni tok u cijeli tok vrijednosti jer je vremenska razlika između nekih uzastopnih operacija ekstremna. Na primjer, ako nakon motanja opruge idu direktno na toplinsku obradu, nema smisla proizvoditi jednu po jednu oprugu. Takva situacija uzrokuje nužnu pojavu međuskladištenja.

4. Gdje se može koristiti supermarket-sustav povlačenja?

Svojevrsan sustav povlačenja proizvodnje prisutan je u alatnici pri proizvodnji rezervnih dijelova. Naime, svaki alat za namještanje strojeva (ili neke druge svrhe) u pravilu ima svoju rezervu ukoliko dođe do kvara primarnog alata. Nakon što se uzme rezervni alat iz alatnice, šalje se Kanban u proizvodnju za izradom nove rezerve. Konkretno, u ovom slučaju nema potrebe za sustavom povlačenja jer je proizvodnja jednokratna i opruge nakon motanja praktički odmah idu na pakiranje. U slučaju kada bi opruge išle npr. na toplinsku obradu nakon motanja većih količina, tada bi imalo smisla staviti supermarket sustav između operacije motanja i toplinske obrade.

5. Koji dio proizvodnje treba planirati?

Preporuka je uvijek planirati onu točku u procesu proizvodnje od koje proizvodnja do gotovog proizvoda teče kontinuirano. U ovom slučaju to bi bilo samo motanje opruga jer to jedino ima smisla planirati.

6. Kako postići balansiranu/heijunka proizvodnju?

Heijunka proizvodnja postiže se ravnomjernim/uravnoteženim raspoređivanjem narudžbi. Uravnoteženje se vrši optimizacijom proizvodnje sa stajališta što kraćeg vremena izmjene alata, što se naposljetku svodi na skraćenje pripremno završnog vremena. Proizvodnja u većim serijama minimizira, odnosno nastoji ukloniti nedostatak koji uzrokuje predugo pripremno završno vrijeme, no time se gubi fleksibilnost procesa. Stupanj

izmiješanosti/uravnoteženosti proizvodnje ovisit će o brzini izmjene alata. Budući da je ovdje slučaj poprilično duge promjene alata na stroju, balansiranje više različitih proizvoda nije isplativo. Nadalje, ukoliko se radi o proizvodnji samo jednog tipa proizvoda, na jednom stroju, nema potrebe za ujednačavanjem.

7. Koji konstantni inkrement posla će se puštati i uzimati iz procesa koji daje tempo proizvodnje?

Budući da u ovom konkretnom procesu neće biti implementiran niti sustav vučenja proizvodnje niti sustav supermarketa, ova stavka se može zanemariti.

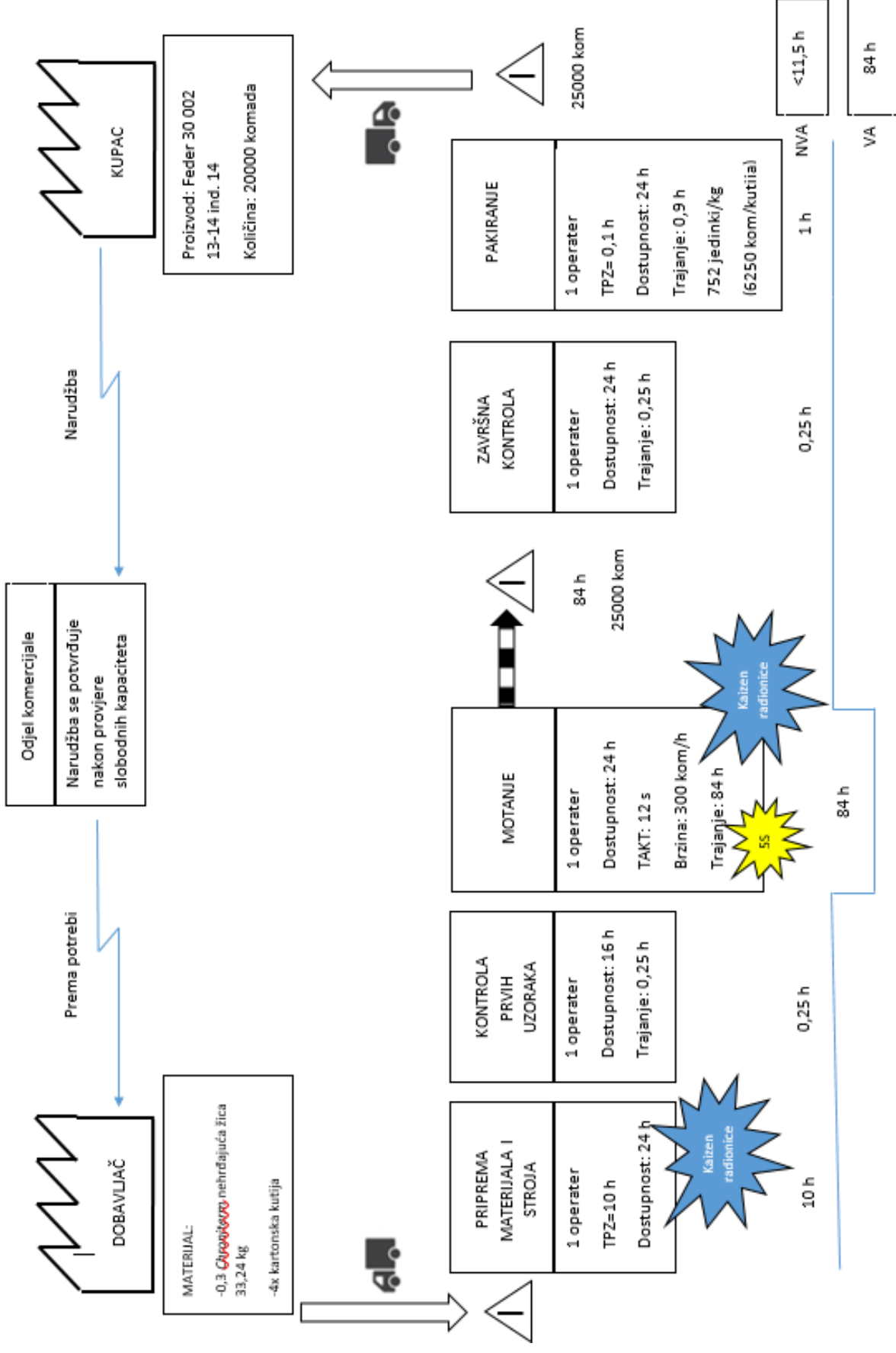
8. Koja će sve poboljšanja biti potrebna da bi tok vrijednosti tekao kako je zamišljeno za buduće stanje?

U ovom konkretnom slučaju kontinuirani jednopredmetni tok nije moguć, a uvođenje supermarketa nije potrebno. Stavka koja je najvažnija za poboljšanje je smanjenje pripremno završnog vremena. U trenutnom stanju namještanje stroja da bi proizvodnja uopće mogla početi može potrajati (ovisno o motivaciji, iskustvu i raspoloživosti radnika) čak i nekoliko smjena. Konstruiranjem alata ili kompletne izmjenjive unaprijed namještene naprave koji bi se lako namjestili ili samo zamijenili postojeću napravu, uvelike bi smanjili pripremno završno vrijeme. To je vrijeme koje ne dodaje vrijednost proizvodu i potrebno ga je maksimalno minimizirati. Naravno, u osmišljavanju poboljšanja za navedeni problem bi trebali sudjelovati i radnici koji rade na tom stroju, a ne samo konstruktori. Dakle, preporuka je osnivanje Kaizen radionice za taj dio procesa.

Što se tiče samog motanja, strojeve je potrebno preventivno održavati kako bi se osigurala manja frekventnost zastoja uzrokovanih kvarovima. Potrebno je pronaći uzroke nastanka kvarova i ukloniti ih trajno .

Da bi se olakšao posao radnika i povećala motivacija, poželjno je uvesti 6S na sva radna mjesta i radne stanice.

Uvođenje kontrolnih kamera, kao što već postoji na nekim drugim strojevima u postrojenju, povećala bi se kvaliteta proizvoda, uklonio bi se škart i uklonila bi se potreba za kontrolom jer bi kontrola bila ugrađena u sam proces proizvodnje.



7. Zaključak

Tematika završnog rada temeljila se na lean sustavu organizacije. Objašnjeni su lean principi i alati koji se koriste kako bi se neki sustav učinilo lean i održalo u tom stanju. No, potrebno je naglasiti da lean nije samo skupina alata, lean također mora postati „dušom“ tvrtke. Svaki zaposlenik mora raditi u skladu sa njim i shvatiti zbog čega je on toliko bitan za napredak tvrtke.

Nakon teorijskog razmatranja, krenula je inicijativa primjene lean sustava u proizvoljno odabranu tvrtku. Tvrtka koja je odabrana u svrhu izrade ovog rada je Esco-Fofonjka d.o.o. iz Bjelovara. Radi se o tvrtki koja je generalno gledajući dobrostojeća i rastuća, jedna od najvećih u Europi u području izrade opruga. No, iako se radi o prosperitetnoj tvrtki, u njoj se pojavljuju mnogobrojni gubici u proizvodnji. Ti gubici trenutno ne igraju veliku ulogu jer su u sjeni prihoda koji se ostvaruje prodavajući velike količine proizvoda, no ukoliko se dogodi pad tržišta i smanji potražnja za ovom vrstom proizvoda, svi problemi iz proizvodnje isplivat će na površinu. Jedini način da se tada osigura konkurentnost tvrtke biti će smanjenje gubitaka primjenom leana.

Zadatak završnog rada bio je odabrati jedan radni nalog, iz kojeg bi bio iščitana tok vrijednosti. Poblížom inspekcijom rada tvrtke i uvjeta u postrojenju, analizirali su se i istaknuli gubici koji su uočeni. Nakon toga dati su prijedlozi kojim bi se ti gubici trebali smanjiti ili čak potpuno ukloniti. Praćenjem smjernica iz prikadne literature [36] izrađena je poboljšana verzija mape toka vrijednosti kojoj bi se trebalo težiti kako bi se došlo do sustava koji je više lean.

Provođenje i uvažavanje poboljšanja predloženih u ovom radu leži potpuno na slobodnom odabiru odgovornih ljudi u tvrtki. Naravno, poboljšanje konkretnog procesa koji je bio razrađen u zadnjem poglavlju ovog rada neće biti moguće budući da je rad pisan retrospektivno. Ono što se može prihvatiti i što bi se trebalo prihvatiti je općenito lean proizvodnja. Transformacijom tvrtke i zaposlenika na lean razmišljanje donijeti će tvrtki dugoročnu korist i stabilnost usprkos nemirnom tržištu.

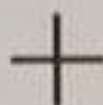
Osobno smatram da lean ima budućnost u svakoj tvrtki koja želi biti korak ispred konkurencije. Postepeno ostvarenje manjih troškova proizvodnje i isporuke proizvoda kupcu donijet će manja inkrementalna poboljšanja koja će sa vremenom postajati sve izraženija.

Problematika naših krajeva je većinski u mentalitetu ljudi našeg podneblja. Poslodavci i nadređeni često će za nedovoljno dobar *output* tvrtke kriviti radnike i njihovu neefikasnost, a ukoliko žele povećati isti, jednostavno će zahtijevati od radnika da rade više. Vrlo rijetko će prihvatiti činjenicu da problem leži u cjelokupnom sustavu tvrtke.

Stoga smatram da će se kod nas lean prvenstveno razviti u krajevima i djelatnostima gdje su ljudi napredniji i discipliniraniji te gdje je bivši socijalistički pristup proizvodnji napušten i odbačen. Tamo gdje još vlada stari sistem u proizvodnji - gdje se gleda samo da se proizvode što

više proizvoda moguće, a ne koliko je potrebno i kako se proizvodi – tamo će se na lean gledati kao nešto što je nepotrebno i beskorisno.

U Varaždinu, _____, _____.



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MATEJ BOGDAN (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PERIJEVA ANALIZA TERA VEŠTAČENJE U LONU + ODRANICA PODRUCJE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Bohdan

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MATEJ BOGDAN (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PERIJEVA ANALIZA TERA VEŠTAČENJE U LONU (upisati naslov) čiji sam autor/ica. PROJEKTOVANJE U ODRANICI PODRUCJE

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Bohdan

(vlastoručni potpis)

8. Literatura

- [1] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/34/lean-manufacturing-definition-2/>, dostupno 15.09. 2017.
- [2] John Stewart: The Toyota Kaizen Continuum, CRC Press, 2012.
- [3] Jeffrey K. Liker: The Toyota Way; 14 Management Principles, McGraw-Hill, 2004.
- [4] James P. Womack: The machine that changed the world, HarperPerennial, 1991.
- [5] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/39/lean-thinking-lean-principles/>, dostupno 16.09.2017.
- [6] Internetska stranica: <https://www.graphicproducts.com/articles/house-of-lean/>, dostupno 20.09.2017.
- [7] Internetska stranica: <http://missiontps.blogspot.hr/p/5s-implementation.html>, dostupno 23.09.2017.
- [8] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/210/lean-6s-5s-safety/>, dostupno 05.01.2018.
- [9] Internetska stranica: <http://tps-lean-posao.blogspot.hr/2012/11/26-poka-yoke.html>, dostupno 26.09.2017.
- [10] Internetska stranica: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/cause-effect/determine-root-cause-5-whys/>, dostupno 26.09.2017.
- [11] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/just-in-time-jit-production/>, 28.09.2017.
- [12] Internetska stranica: <http://missiontps.blogspot.hr/p/pull-production.html>, dostupno 28.09.2017.
- [13] Internetska stranica: <http://qportal.sk/one-piece-flow-another-view-on-production-flow-in-the-next-continuous-process-improvement/>, dostupno 30. 09.2017.
- [14] Internetska stranica: <http://missiontps.blogspot.hr/p/takt.html>, dostupno 30.09.2017.
- [15] Internetska stranica: <https://www.digite.com/kanban/what-is-kanban/>, dostupno 01.10.2017.
- [16] Internetska stranica: <https://www.graphicproducts.com/articles/heijunka-box/>, dostupno 01.10.2017
- [17] Internetska stranica: <http://missiontps.blogspot.hr/p/single-minute-exchange-of-diessmed.html>, dostupno 01.10.2017.
- [18] Internetska stranica: <https://heizerrenderom.wordpress.com/2014/10/23/om-in-the-news-formula-1-pit-stops-and-the-gilbreths/>, dostupno 05.01.2018.

- [19] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/101/waste-of-transport-causes-symptoms-examples-solutions/>, dostupno 02.10.2017.
- [20] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/106/waste-of-inventory-causes-symptoms-examples-solutions/>, dostupno 02.10.2017.
- [21] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/96/the-waste-of-motion-causes-symptoms-solutions/>, dostupno 02.10.2017.
- [22] Internetska stranica: <https://www.slideshare.net/panview/waste-cartoons-en2>, dostupno 05.01.2018.
- [23] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/126/waste-of-waiting-causes-symptoms-examples-and-solutions/>, dostupno 02.10.2017.
- [24] Internetska stranica: <https://www.slideshare.net/panview/waste-cartoons-en3>, dostupno 05.01.2018.
- [25] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/129/waste-of-defects-causes-symptoms-examples-and-solutions/>, dostupno 03.10.2017.
- [26] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/defect-iceberg-2/>, dostupno 05.01.2018.
- [27] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/121/waste-of-overprocessing-causes-symptoms-examples-and-solutions/>, dostupno 03.10.2017.
- [28] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/114/waste-of-overproduction-causes-symptoms-examples-and-solutions/>, dostupno 03.10.2017.
- [29] Internetska stranica: <https://www.tpfEurope.com/Operational-Excellence/Lean-Management-7-wastes/>, dostupno 05.01.2018
- [30] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/133/waste-of-talent-or-creativity-causes-symptoms-examples-solutions/>, dostupno 03.10.2017.
- [31] Internetska stranica: <http://leanmanufacturingtools.org/723/muri-overburden/>, dostupno 03.10.2017.
- [32] Internetska stranica:
<http://leanmanufacturingtools.org/732/muraunevennessproductionleveling/>, dostupno 03.10.2017.
- [33] Internetska stranica: <http://esco.hr/>, dostupno 05.01.2018.
- [34] Interni arhivi tvrtke Esco d.o.o.
- [35] Internetska stranica: https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/jakovljevic-z_secak-k, dostupno 05.01.2018.
- [36] M. Rother, J. Shook, J. Womack: Learning to see, Lean Enterprise Institute, 1999.