

Primjena Lean principa na odabrano poduzeće

Blajda, Dominik

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:377574>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



DIPLOMSKI RAD br.
094/STR/2023

Primjena Lean principa na odabrano poduzeće

Dominik Blajda

Varaždin, rujan 2023. godine

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Diplomski studij strojarstva



DIPLOMSKI RAD br.
094/STR/2023

Primjena Lean principa na odabrano poduzeće

Student:
Dominik Blajda, 0069075545

Mentor:
prof. dr. sc. Živko Kondić

Varaždin, rujan 2023. godine



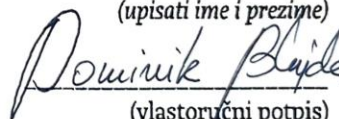
IZJAVA O AUTORSTVU

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, Dominik Blajda (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Primjena Lean principa na odabrano poduzeća (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(*upisati ime i prezime*)



(*vlastoručni potpis*)

Sukladno čl. 83. 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.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Strojstvo		
PRISTUPNIK	DOMINIK BLAJDA	MATIČNI BROJ	0069075545
DATUM	13.09.2023.	KOLEGIJ	LEAN PROIZVODNJA
NASLOV RADA	Primjena Lean principa na odabrano poduzeće		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Application of Lean principles on the selected company		
MENTOR	prof.dr.sc. Živko Kondić	ZVANJE	Redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc.Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva		
	2. prof.dr.sc.Živko Kondić, mentor, član		
	3. doc.dr.sc.Tomislav Veliki, član		
	4. doc.dr.sc.Matija Bušić, rezervni član		
	5. _____		

Zadatak diplomskog rada

BROJ	094/STR/2023
OPIS	<p>Pristupnik u diplomskom radu treba obraditi slijedeće:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ukratko opisati suštinu i pristup Leran metodologije u proizvodnim sustavima- U drugom dijelu rada opisati postupak implementacije Lean metodologije u proizvodnim sustavima odabranog poduzeća. Kroz taj opis dati i kratki prikaz odabranog poduzeća, te opisati najčešće alate koji se koriste u postupcima Lean pristupa.- konkretizirati principe i primjenu Lean-a u jednom odjelu odabranog poduzeća. Prikazati neke od postupaka primjene kroz konkretne numeričke pokazatelje.-Nakon navedenog opisa provesti analizu rezultata.-U završnom dijelu diplomskog rada pristupnik se treba kritički osvrnuti na svoj rad te ograničenja koja su bila aktualna tijekom izrade.

ZADATAK URUČEN

18.09.2023.

POTRIS MENTORA



Predgovor

Iskreno se zahvaljujem svom mentoru prof.dr.sc. Živku Kondiću na uloženom trudu i pomoći te ukazanom strpljenju prilikom pisanja ovog diplomskog rada. Veliko hvala svim profesorima i asistentima na fakultetu koju su mi predavali za vrijeme studiranja te mi time prenijeli svoja znanja i iskustva. Također, hvala i članovima komisije. Zahvaljujem se mojoj obitelji, roditeljima i bratu, djevojci i prijateljima na pruženoj podršci tijekom studiranja. Ukratko, hvala svima koji su mi pomogli u bilo kakvom obliku tijekom mog studija, direktno ili indirektno.

Dominik Blajda

Sažetak

U ovom je radu analizirana filozofija Lean metodologije te prikazana njena primjena u poduzeću, konkretnije u proizvodnom segmentu poduzeća. Također je opisano kako se spomenuta metodologija nosi s izazovima i problemima modernog tržišta, na koji se način implementira u proizvodni sustav te koje mu prednosti može pružiti ukoliko je kvalitetno implementirana. Poduzeće koje se koristi kao primjer i polaznica za sve prije navedeno jest Kostwein – Proizvodnja Strojeva d.o.o. Nakon kratkog opisa poduzeća, slijedi opširniji u kojem se piše o tome na koji su način primijenjeni Lean alati da bi se poboljšale karakteristike odjela za praktikante, koji već neko vrijeme ne uspijeva u postizanju zadanih ciljeva. Prikazano je kako spomenuti alati mogu pozitivno utjecati na produktivnost i učinkovitost odjela, povećavanjem kvalitete proizvoda, a smanjivanjem rasipanja. Nadalje, pokazano je kako Lean može pomoći prilikom uravnoteživanja kapaciteta strojeva i dostupnosti posla te na koji način se mogu ukloniti opasna „uska grla“ proizvodnje.

Ključne riječi: Lean, odjel za praktikante, produktivna učinkovitost

Abstract

This paper analyzes the philosophy behind the Lean methodology and its implementation in the company, more specifically in the segment of production. The paper also describes how the mentioned methodology copes with the challenges and problems of the modern market, how it is implemented in the production system and what advantages it can provide if it is well implemented. The company that is used as an example, for all that is mentioned above, is Kostwein – Proizvodnja Strojeva d.o.o. After a brief description of the company, a more extensive one follows, in which it is written about how Lean tools were applied to improve the characteristics of the department for practitioners, which has been failing to achieve assigned goals for some time now. It is shown how the mentioned tools can positively influence the productivity and efficiency of the department, by increasing product quality and reducing wastage. Furthermore, it is shown how using Lean can help in balancing machine capacity and availability of work and how dangerous „bottlenecks“ of production can be eliminated.

Key words: Lean, department for practitioners, productive efficiency

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Kratki opis Lean metodologije.....	4
3.	Implementacija Lean metodologije u proizvodnim sustavima odabranog poduzeća	7
3.1.	Lean filozofija u proizvodnom sustavu	7
3.2.	Kratki opis odabranog poduzeća	12
3.3.	Primjene nekih od značajnijih alata i metoda Lean-a u odabranom poduzeću	15
3.3.1.	Kanban	15
3.3.2.	Heijunka.....	16
3.3.3.	Poka-yoke	17
3.3.4.	5S (6S) metoda.....	18
4.	Primjena Lean-a u odjelu za praktikante odabranog poduzeća	27
4.1.	Implementacija 6S-a u odjel za praktikante	31
4.2.	Smanjenje rasipanja u odjelu za praktikante	36
4.3.	Uklanjanje „uskih grla“ u odjelu za praktikante	45
5.	Analiza rezultata	48
6.	Zaključak.....	51
7.	Literatura.....	52

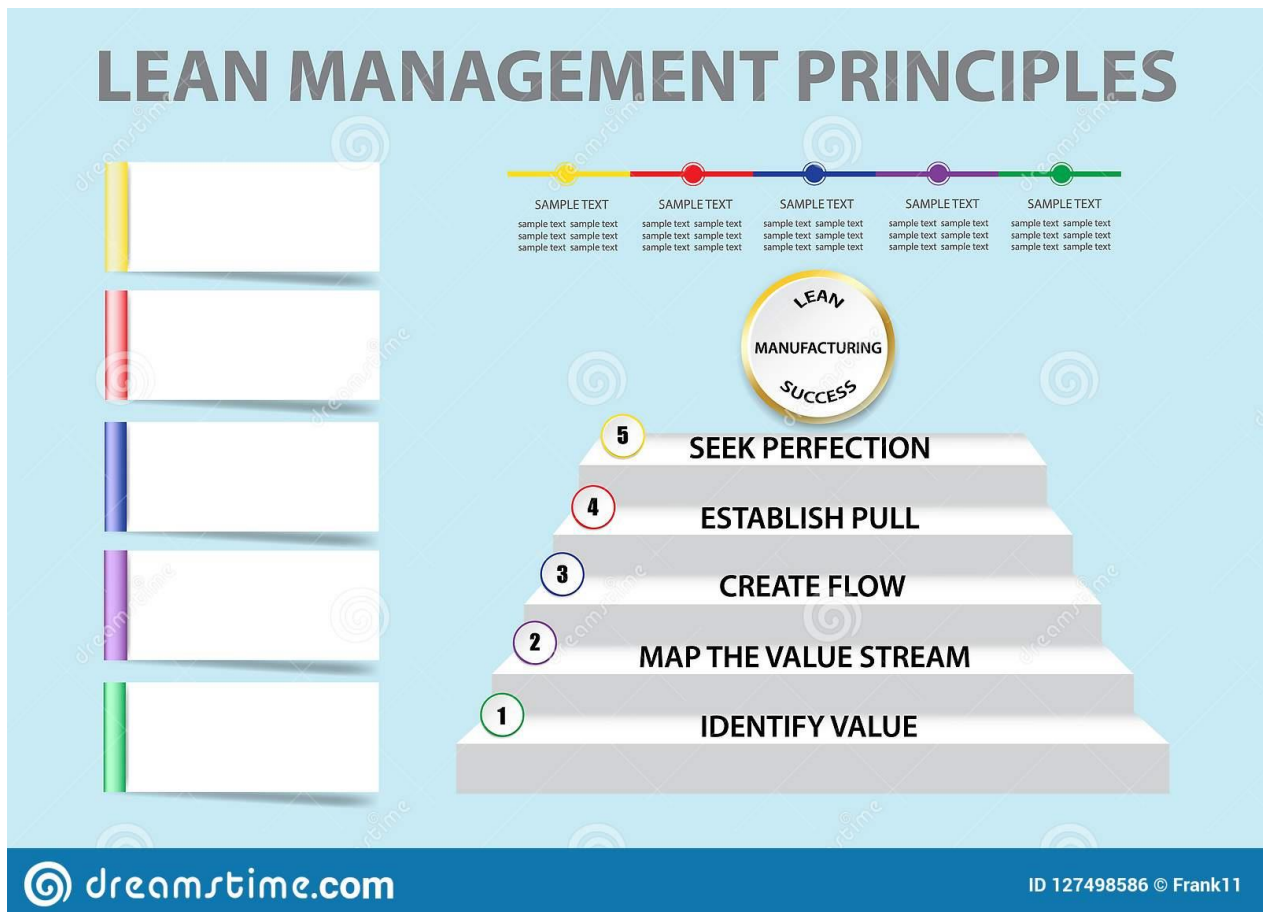
1. Uvod

Kako bi se održale na svjetskom tržištu, korporacije moraju konstantno unaprjeđivati svoje proizvodne sustave. To uključuje poboljšavanje svakog elementa kojim se koriste kao što su materijali, sirovine, vrijeme, kapital, energija, transport itd. Poboljšavanjem ovih resursa i načina na koji se implementiraju može se direktno utjecati i na uspjeh samog poduzeća. Zbog sve većih zahtjeva potrošača, za bržom, boljom i kvalitetnijom uslugom, na tržištu najčešće preživljavaju samo fleksibilni proizvodni sustavi, tj. sustavi koji se na najlakši i najbrži način mogu prilagoditi novonastalim kriterijima od strane tržišta. Najbolji način za preobrazbu postojećeg proizvodnog sustava u fleksibilni je primjena raznih metodologija koje bitno mijenjaju ustroj unutarnjeg poslovanja poduzeća. Često osvještene korporacije implementiraju ne jednu već nekoliko metoda za unaprjeđenje svog proizvodnog sustava. Bitno je napomenuti da poduzeće koje uvodi jednu ili više metoda ima stručan tim koji ima potrebno znanje za njeno kvalitetno implementiranje. Neovisno o metodi koja se koristi, svaka kao krajnji cilj ima smanjivanje rasipanja u svrhu povećanja učinkovitosti. Na slici 1 vidljiv je graf koji prikazuje jednu takvu situaciju konkretno primjenom Lean metode, o kojoj više slijedi u sljedećim redovima.



Slika 1.1.: Prikaz krivulje dobiti i gubitaka u vremenu u Lean-u [1]

Lean metodologija obuhvaća niz alata i tehnika za poboljšavanje organizacije proizvodnog sustava, vidljive na slici 2., kako bi se stvorio proizvodni sustav s nikakvim ili minimalnim čekanjima te gubitcima [2]. U Republici Hrvatskoj i dan danas je informiranost o Lean metodologiji na poražavajućoj razini. Često čak i menadžeri poduzeća nisu u potpunosti upoznati s Lean proizvodnjom. One firme koje se odluče o implementaciji nerijetko zbog nepotpune obrazovanosti o metodama, lošem načinu primjene ili gubitku financijskih sredstava odustanu od spomenute metode ili je pak nedovoljno kvalitetno usvoje. S druge strane, najveće svjetske korporacije, poput Toyote, Nissana, Honde, Panasonic, Nike-a upravo su zahvaljujući implementaciji Lean koncepta uspjeli spasiti svoja poduzeća od propadanja te ih pretvoriti u globalne divove. Upravo zato će glavna tema ovog rada biti o Lean filozofiji i njenom učinku na proizvodnju i poduzeće općenito, nadajući se da će se povećati svijest o velikom broju prednosti koja ova metoda doprinosi ukoliko se implementira na pravilan način.



Slika 1.2. Principi upravljanja u Lean proizvodnji [2]

Konkretan primjer poduzeća koji će se uzeti kao primjer u diplomskom radu jest „Kostwein: Proizvodnja Strojeva d.o.o.“ (ili kraće samo „Kostwein“). Nakon kratkog uvoda s općenitim informacijama o poduzeću i samoj Lean metodi, dublje će se proanalizirati

implementacija spomenute metode u *Kostwein*-u (dotičući se najviše odjela proizvodnje) te će se na temelju naučene teorije djelovati na razne aspekte proizvodnje kao što su produktivnost, povećanje kvalitete, smanjenje rasipanja/gubitaka itd. i vidjeti kakav imaju učinak u praksi. Rezultati su prikazani na zanimljiv i čim jednostavniji način preko velikog broja tablica i grafova. Sva literatura preuzeta je s interne stranice *Kostwein*-a, interneta ili pak uzeta iz knjiga, letaka i znanstvenih radova. Većina slika djelo su autora koji je imao priliku prikazati temu ovog rada na konkretnom primjeru te je time kvalitetnije približiti čitatelju. Ostatak slika preuzet je s internetskih stranica i znanstvenih radova.

2. Kratki opis Lean metodologije

Nakon kratkog uvoda, prvi prioritet ovog seminara jest objasniti što je Lean metodologija, zašto se i kako implementira, kako je i kada nastala te kakva je njena uloga u modernom svijetu. Zato će se u nadolazećim redovima pisati upravo o tome. Poznavanje i čim bolje razumijevanje Lean filozofije učinit će shvaćanje ovog diplomskog rada neusporedivo lakšim i korisnijim.

Lean metodologiju vrlo je teško definirati. Jedna od definicija bila bi da je Lean skup ideja, filozofija i metoda koje potiču na konstantno poboljšavanje u svakom segmentu poduzeća te time djeluje direktno na povećanje kvalitete i iskorištenja, a smanjuje rasipanja što direktno dovodi do veće dobiti. Za početak, bitno je razumjeti gdje, kako i zašto je nastala metoda. Lean je razvio čelni čovjek Toyote Taiichi Ohno (slika 2.1.) koji je suočen s izazovnom situacijom poduzeća nakon drugog svjetskog rata, odlučio promijeniti organizaciju poduzeća u korijenu. Tako se razvio sustav koji će bolje i efikasnije koristiti sve resurse koje ima na raspolaganju [3]. Taj sustav danas se naziva TPS – Toyota Production System. To je zapravo skup alata, filozofija i metoda koje se koriste kako bi se poboljšao način rada proizvodnog sustava. Neke od njih su Kanban, Kaizen, Poka Yoke i mnogi drugi. Svi ovi alati međusobno se upotpunjuju te stvaraju potpunu sliku Lean metodologije [4]. Bitno je znati da se Lean može implementirati bilo gdje, od tvornica i poduzeća do bolnica, škola, vrtića i vlastitih kuća. Za svrhu ovog seminara najveći fokus biti će na implementaciju Lean-a u proizvodni sustav poduzeća.



Slika 2.1. Taiichi Ohno – začetnik Lean filozofije [3]

Sama riječ Lean (vitak) znači manje svega: investicija, kapitala, pogona, napora itd. Lean kada se u potpunosti usvoji, maksimalno skraćuje vrijeme od narudžbe do isporuke eliminirajući usput sve razloge rasipanja u procesu. U Lean filozofiji kupac je središte svega, on određuje kvalitetu, cijenu i diktira tržište te bi poduzeće trebalo napraviti točno ono što on zahtjeva, ni više ni manje [5]. Iz toga se može izvući da je Lean poduzeće usmjereno prema:

- kupcu,
- konstantnim promjenama nabolje,
- vizualizaciji problema te njihovih trajnih rješenja,
- standardizaciji rada i
- inovacijama.

U Lean metodologiji postoji 5 osnovnih principa. Oni služe kao sredstvo pomoću kojeg se ispituju procesi poslovanja [6]. Ti principi prikazani su na slici 2.2. Prvi princip jest utvrđivanje vrijednosti. Potrebno je konstantno oslušivati tržište, identificirati želje potrošača te utvrditi vrijednost proizvoda za kupce. Najčešće tehnike koje se koriste za realizaciju prvog principa su intervjui, ankete i demografska statistika koje svi služe za lakše prepoznavanje i otkrivanje želja potrošača. Često se ovaj princip smatra i temeljnim principom te je njegovo implementiranje u sustav ključno za uspješno uvođenje Lean filozofije. Drugi je princip prepoznavanje i mapiranje toka vrijednosti. U ovom koraku cilj je iskoristiti vrijednost potrošača kao referentnu točku i locirati područja koja koreliraju s njezinim vrijednostima. Sve aktivnosti i procesi koji ne pridodaju vrijednost konačnom rezultatu smatraju se rasipanjima. Rasipanja se mogu „razbiti“ u dvije osnovne kategorije: nevrijednosne, ali nužne te nevrijednosne i nepotrebne. Potonje su čisti otpad te se trebaju eliminirati u potpunosti, dok se prve trebaju minimizirati. Treći se princip naziva stvaranje protočnosti.

Nakon što su troškovi eliminirani, potrebno je osigurati sigurnu protočnost ostalih koraka. Neke od metoda koje se ovdje koriste su: ponovna konfiguracija koraka proizvodnje, izravnjivanje obujma posla, kreiranje međufunkcionalnih odjela itd. U pretposljednem koraku metodologije potrebno je uspostaviti tzv. „pull“ princip u proizvodnji. Zalihe, kao jedan od najvećih izvora rasipanja proizvodnog sustava, potrebno je limitirati (ako nije moguće potpuno eliminirati), uz osiguranje materijala i sirovina potrebnih za potpuno izvršenje proizvodnog procesa. Ovaj sustav omogućava upotrebu tzv. „Just-In-Time“ sustava. JIT sustav zaliha je sustav u kojem se zalihe svode na minimum uz pomoć ugovora s dostavljačima na točne datume kada su sirovine i materijali potrebni za izvršenje proizvodnog procesa [4]. Posljednji princip Leana jest težnja za savršenstvom. Glavna filozofija ovog principa je stalno poboljšavanje s naznakom na to da granica zapravo ne postoji s obzirom da se savršenstvo nikada ne može u potpunosti postići.



Slika 2.2: Osnovnih pet principa Lean metodologije [6]

Da bi se Lean u konačnici uspio pozitivno implementirati u proizvodni sustav, bitno je da svi zaposlenici, od radnika do vlasnika i direktora, dijele zajedničko razmišljanje kojemu je konačni cilj dobrobit tvrtke jer da bi posljedice Lean-a bile potpune i trajne, moraju u njenu primjenu biti uključeni svi zaposlenici. [7]

3. Implementacija Lean metodologije u proizvodnim sustavima odabranog poduzeća

U sljedećem poglavlju diplomskog rada ukratko će se opisati Lean razmišljanje u proizvodnom sustavu, poduzeće „Kostwein – Proizvodnja strojeva d.o.o.“, njena prošlost, sadašnjost i budućnost te kako je poduzeće usvojilo spomenuto Lean razmišljanje u svoj proizvodni sustav.

3.1. Lean filozofija u proizvodnom sustavu

Hoću li morati platiti skupo svoju proizvodnju? Je li otporna na pogreške ili pak nepouzdana? Je li razina kvalitete na razini kojoj bi trebala biti? Kako povećati produktivnost i iskoristivost ljudi i proizvodnog pogona? To su sve pitanja koja si sigurno barem jednom postavi svaki voditelj proizvodnje prilikom svog radnog odnosa. Jedan od načina na koje se mogu naći odgovori na ovakva pitanja jest pomoću „Lean razmišljanja“. To je način razmišljanja u kojem se želi stvoriti potrebna vrijednost korištenjem što manje resursa (i manjim ulaganjima) uz stvaranje minimalne količine otpada [8].

Slika 3.1.1. prikazuje najbitnije stavke na koje Lean razmišljanje upravlja prilikom svoje implementacije u proizvodni sustav. To su sljedeće stavke:

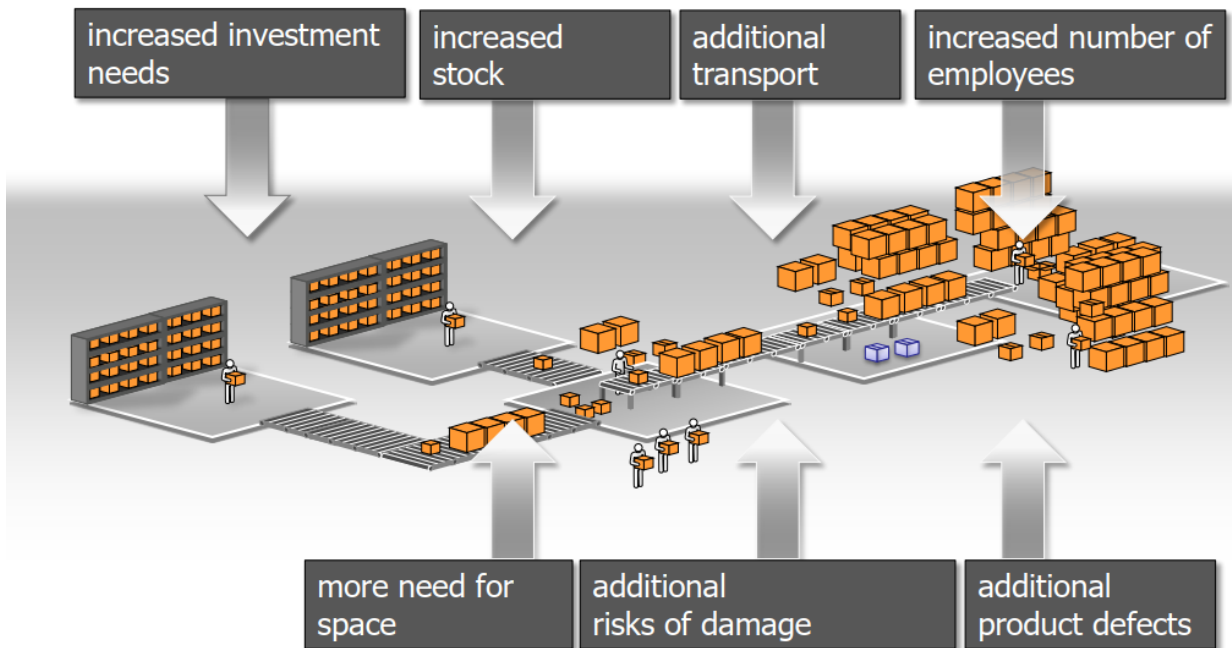
- Upravljanje materijalima,
- Upravljanje zaposlenicima (radnicima),
- Upravljanje radnih mjesta zaposlenika,
- Vizualno upravljanje,
- Upravljanje dokumentacijskih papira,
- Upravljanje proizvodnog održavanja,
- Upravljanje kvalitetom
- Upravljanje mentalnog i društvenog aspekta zaposlenika te
- Upravljanje sustava rješavanja problema



Slika 3.1.1. Najbitnije stavke proizvodnje na koje djeluje Lean [8]

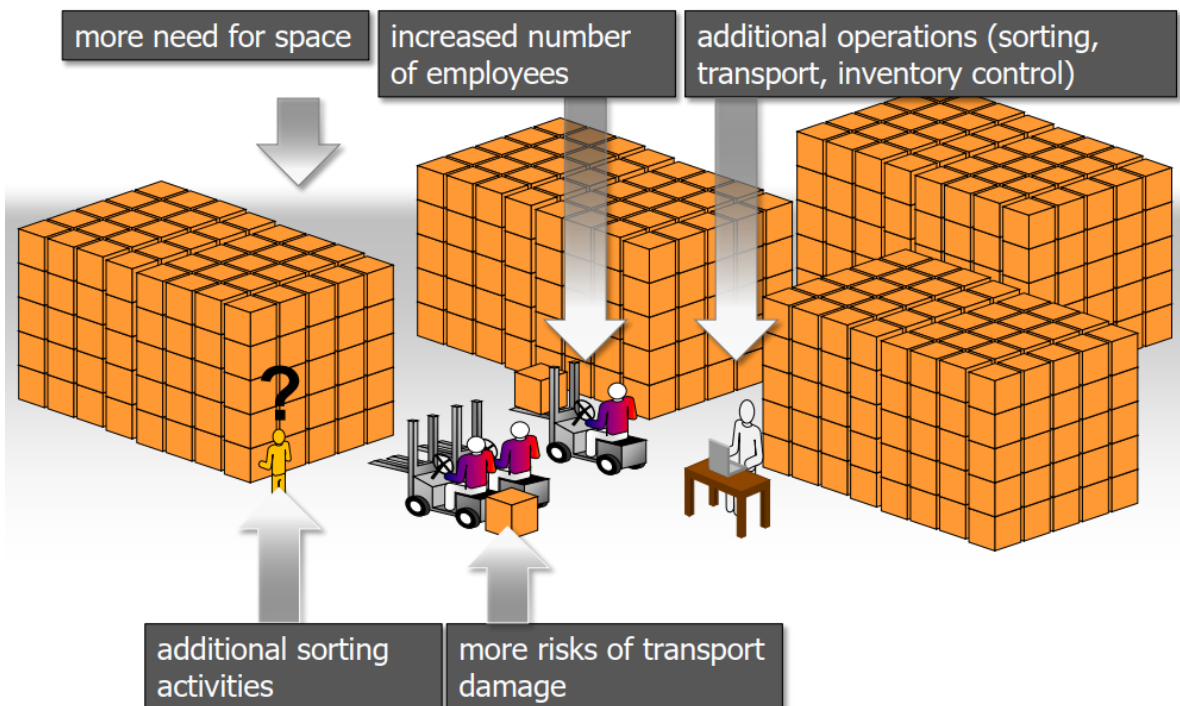
Kada se u Lean-u govori o otpadu ili rasipanjima ne misli se nužno samo na škart i trosku. Rasipanje može biti i stvaranje prevelike količine proizvoda. Kako je to moguće? Lean, kao što mu i samo ime govori, teži prema vitkosti (u ovom slučaju proizvodnje) te stvaranje prevelike količine proizvoda jednako je loše kao i stvaranje premale količine proizvoda. Stvaranjem previše proizvoda zatrpava se proizvodnja i stvara potreba za dodatnim skladištima koja stvaraju nepotrebne troškove (slika 3.1.2.). Nepotrebno gomilanje i skladištenje posljedica je prekomjerne proizvodnje. Dodatne mane skladišta, osim dodatnih troškova i prostora, jest to što se u skladištima povećava šansa da proizvod korodira (ukoliko je metalan), ošteti se, izgubi ili pak zametne što opet povećava troškove i gubitak vremena da bi se reparirao oštećen ili izradio novi proizvod. Nadalje, stalan transport do skladišta dodatno oslabljuje resurse i povećava potrebu za brojnijom radnom snagom. To grafički prikazuje slika 3.1.3.

Overproduction – Worst Case of Waste!



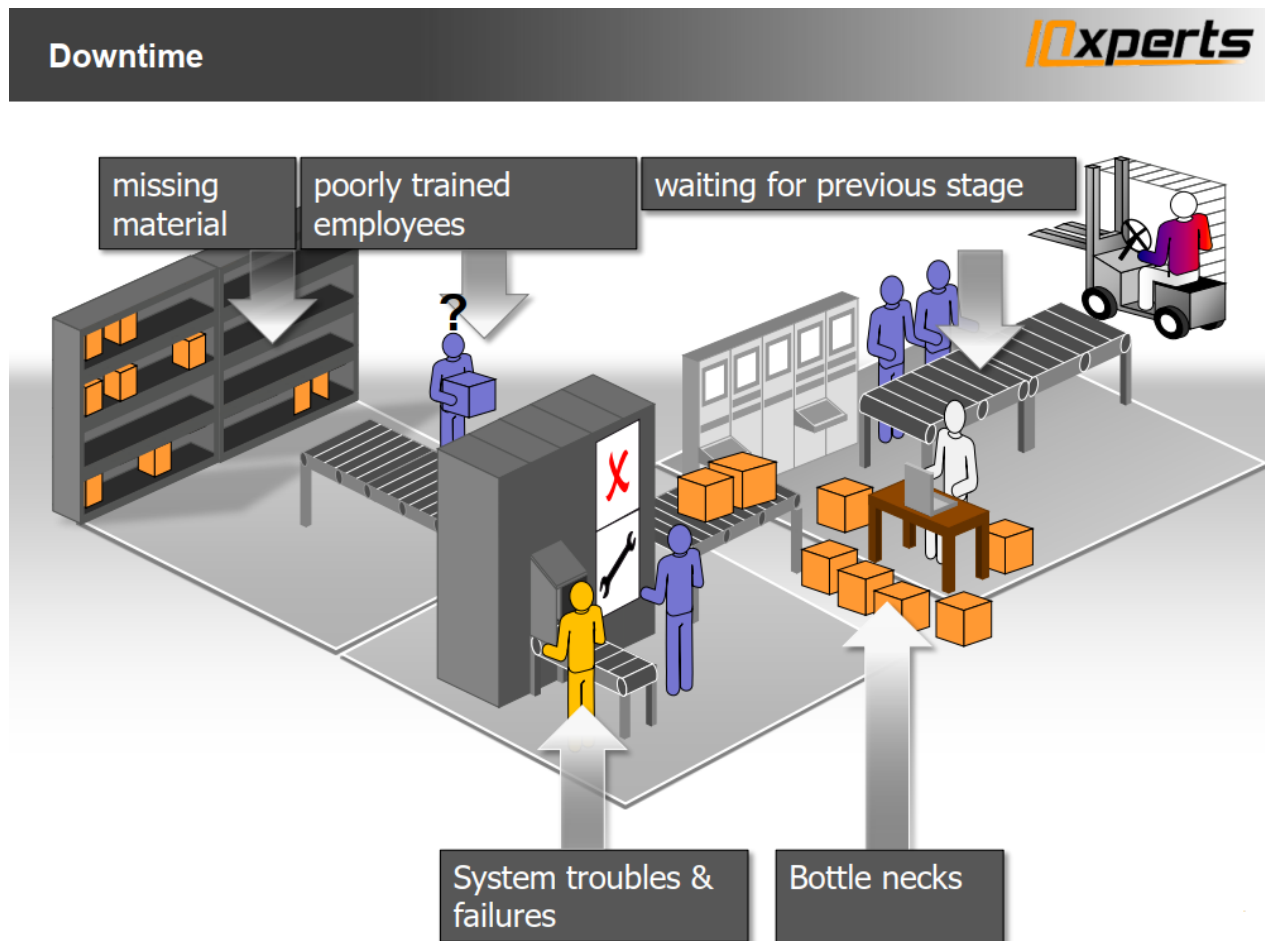
Slika 3.1.2. Problemi koje stvara prekomjerna proizvodnja [8]

Overstocking



Slika 3.1.3. Problemi koje stvara prekomjerno skladištenje [8]

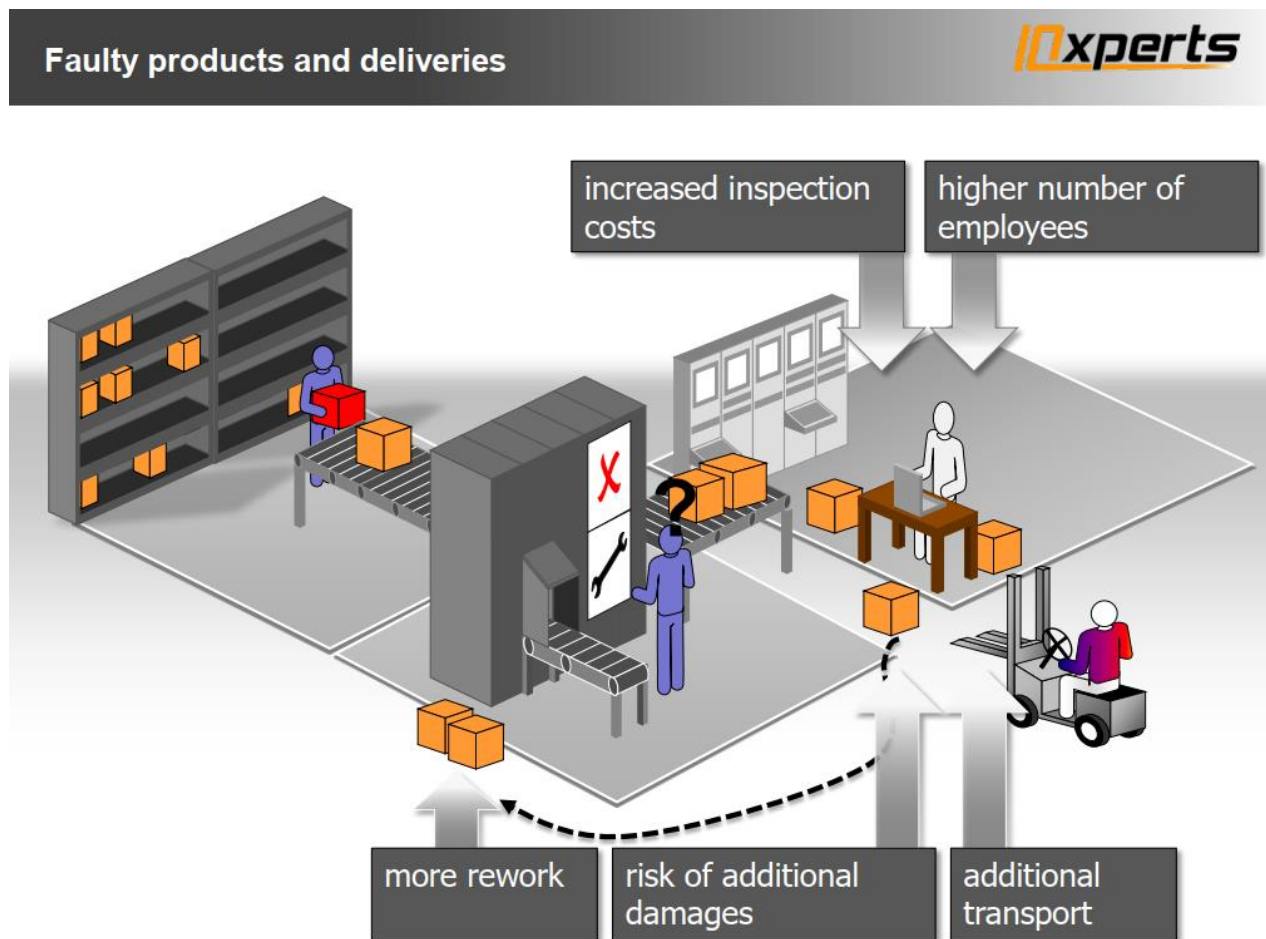
Iduća stavka kojom se Lean bavi jest minimiziranje vremena zastoja. Ovo je izuzetno bitno kod serijskih linijskih tipova proizvodnje. Zastojom se usporava ili pak kompletno blokira proizvodnja što dovodi do ogromnih troškova i gubitaka. Razlozi zastoja mogu biti razni, od loše planirane proizvodnje, zastoja na mašini ili traci, nedostatka materijala do slabo trenirane radne snage. Svi zajedno imaju istu posljedicu, a to je gubitak vremena i resursa koji se zbog zastoja ne mogu realizirati. Prednost je u tome što se na sve prije navedene razloge može djelovati pravilnim i promišljenim planiranjem unaprijed. Na smanjenje zastoja može se djelovati i identificiranjem tzv. „uskih grla“ (eng. bottle necks). Prema definiciji, usko grlo je ograničeni resurs poduzeća koji se provodi sporije od ostalih faza te time usporava ili u potpunosti blokira proizvodnju povećavajući pritom troškove i smanjujući učinkovitost. Čimbenici koji mogu stvoriti takva uska grla su većinom isti kao i kod zastoja. [8] Slika 3.1.4. odlično prikazuje spomenute probleme koje može predstaviti zastoj u proizvodnji te kako nastaju uska grla proizvodnje.



Slika 3.1.4. Problemi koje stvara zastoj [8]

Nadalje, veliki problem može stvoriti i neispravan materijal jer dovodi do neispravnog proizvoda. To se može spriječiti kontrolom ulaznog materijala što nažalost povećava troškove. No, kontrola je često jedan od neizbježnih troškova jer što se ranije uoči neispravnost to su troškovi

manji. Tako da je ulazna kontrola od iznimne važnosti jer u globalu smanjuje troškove koji bi nastali da se neispravnost otkrila u nekom kasnijem procesu proizvodnje. Zatim, izradom nepravilnih proizvoda pojavljuje se potreba za doradama koje usporavaju proizvodnju gotovog proizvoda i njegov izlazak na tržište povećavajući troškove proizvodnje. Od svih kontrola, najbitnija je kontrola ulaznog materijala te kontrola nakon nepouzdanih procesa. Nema potrebe za kontrolom nakon svakog manjeg koraka, već je bitno prepoznati u kojem djelu proizvodnje postoje najveći rizici da se pojavi neispravnost i zatim kontrolom djelovati da se ta neispravnost adekvatno ispravi. Kontrola nakon svakog koraka produljuje vrijeme obrade, vrijeme čekanja, povećava potrebu za transportom i brojem radne snage što sve dovodi do većih troškova i rasipanja pa je najbolje pokušati to izbjeći. Slika 3.1.5. grafički prikazuje spomenute probleme koje može stvoriti neispravan materijal, tj. proizvod.



Slika 3.1.5. Problemi koje stvara neispravan proizvod – škart [8]

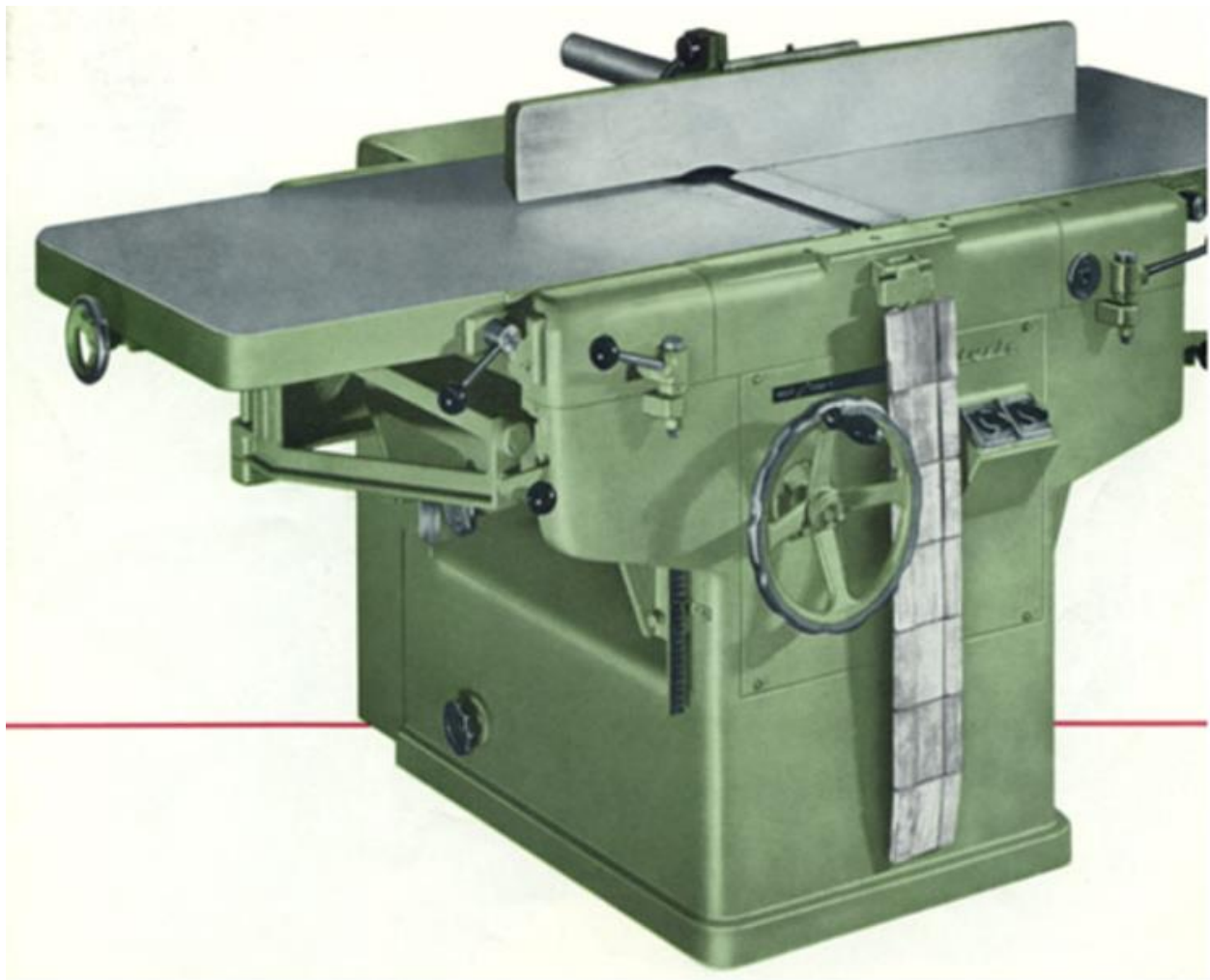
Sada kada se opisalo Lean razmišljanje u proizvodnom sustavu, u idućim poglavljima pisat će se o Lean razmišljanju u konkretnom poduzeću odabranom za svrhu pisanja ovog diplomskog rada, njezina kratka povijest, struktura i domena rada.

3.2. Kratki opis odabranog poduzeća

Poduzeće Kostwein, danas poznato pod nazivom Kostwein – Proizvodnja Strojeva d.o.o., započelo je svoje djelovanje početkom prošlog stoljeća, rane 1921. godine u Klagenfurtu, Austriji, kada su tada mladi bračni par Johann i Adolfine Kostwein osnovali bravarsku radnju kojoj je glavna domena bila proizvodnju rashladnih kompresora (slika 3.2.1). Zbog velike potražnje za drvetom, poduzeće je krenulo u smjeru proizvodnje strojeva za obradu drva te je 1956. prodan prvi vlastiti proizvod tvrtke, tzv. „hoblerica“ (nj. „Hobelmaschine“) koja je bila izvrstan alat za obradu drveta (slika 3.2.2.). Kasnije je, osluškivanje tržišta i potreba kupaca, poduzeće posegnulo u smjeru proizvodnje i montaže strojeva za pakiranje mlijeka gdje započinje suradnja s globalnim divom u proizvodnji tetrapaka „Tetra Pak-om“. U 1980-im godinama Kostwein započinje s proizvodnjom velikog broja CNC tokarilica te kasnije raznih drugih strojeva za strojnu obradu. Prije 21 godinu usvojena je tzv. „Lean“ metodologija o kojoj će se više dotaknuti u nadolazećim stranicama rada. [9]

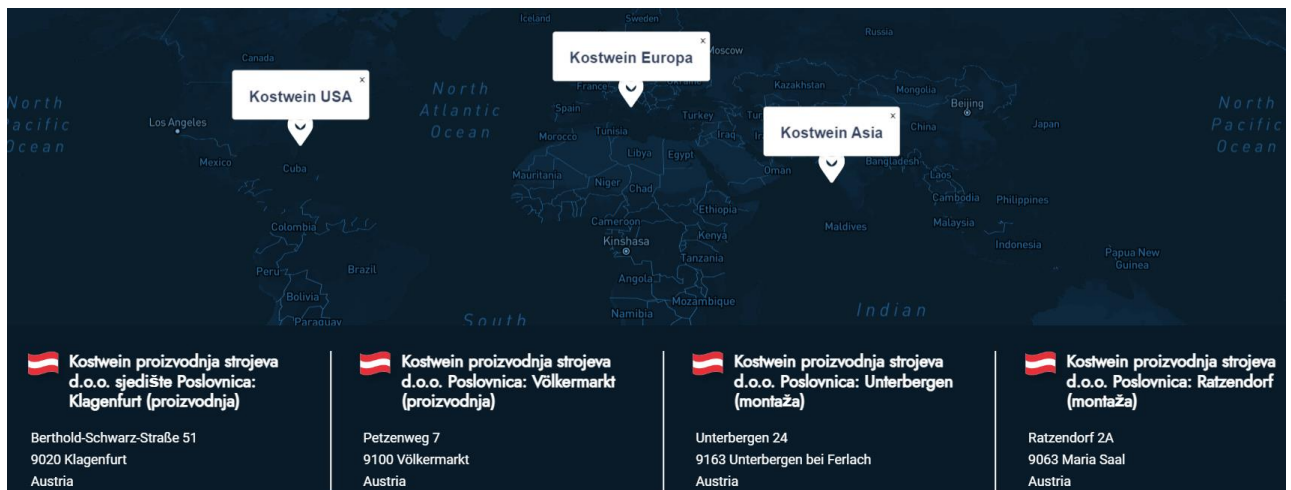


Slika 3.2.1. Kostwein u 1920-im godinama [10]



Slika 3.2.2: Hoblerica – prvi vlastiti proizvod poduzeća Kostwein [10]

Danas, Kostwein ima podružnice na 3 kontinenta (slika 3.2.3.), Europi, Aziji i najnovije Sjevernoj Americi, preko 1400 stalnih zaposlenika, 95 praktikanata te 200 CNC strojeva. [10] Glavno se središte nalazi, naravno, u Europi, u Klagenfurtu. U Austriji se nalazi 6 podružnica koje uključuju glavno skladište, više lokacija za montažu te proizvodnju. Izvan Austrije, u Europi se nalaze još dvije velike podružnice locirane u Republici Hrvatskoj. Središte je u Trnovcu Bartolovečkom odakle djeluje uprava. Tamo se još nalazi i odjel proizvodnje, zavarivanja, glavna montaža i glavno skladište za cijelu RH (slika 3.2.4.). U Varaždinu je druga, manja poslovnicu koja je specijalizirana samo za proizvodnju i ima glavne odjele glodanja, tokarenja i pripravnicičke grupe gdje se kvalificiraju mladi radnici. Podružnica u Indiji nalazi se u Ahmedabadu i zasada djeluje samo kao glavno područje montaže za azijsko tržište. Najnovija podružnica, otvorena 2021. godine nalazi se u Greenville-u, SAD koja uz montažu ima i odjel proizvodnje. [10]



Slika 3.2.3.:Prikaz Kostwein podružnica u svijetu [10]



Slika 3.2.4: Kostwein podružnica u Trnovcu Bartolovečkom [10]

3.3. Primjene nekih od značajnijih alata i metoda Lean-a u odabranom poduzeću

Kao što je bilo spomenuto u poglavlju 3.1., 2002. godine usvojen je Lean u Kostwein-u kao glavna filozofija. U tih 21 godinu Lean je evoluirao na vrlo visoku razinu te postao veoma bitan alat kojim se služi poduzeće. Najbitnija i neizbježna stavka Lean-a u proizvodnji jest neumorna težnja za smanjenjem svega što ne pridodaje vrijednost proizvodu. Kontinuiranim poboljšavanjem najbitnijih svojstava proizvodnje smanjuju se rasipanja. [11] Lean sadrži velik broj alata kojima djeluje na smanjenje rasipanja, većina njih primjenjuje se u Kostwein-u. Najbitniji su:

- Kanban,
- Heijunka,
- Poka-yoke i
- 5S (tj. 6S)

Slijedi kratki opis svakog od spomenutih alata.

3.3.1. Kanban

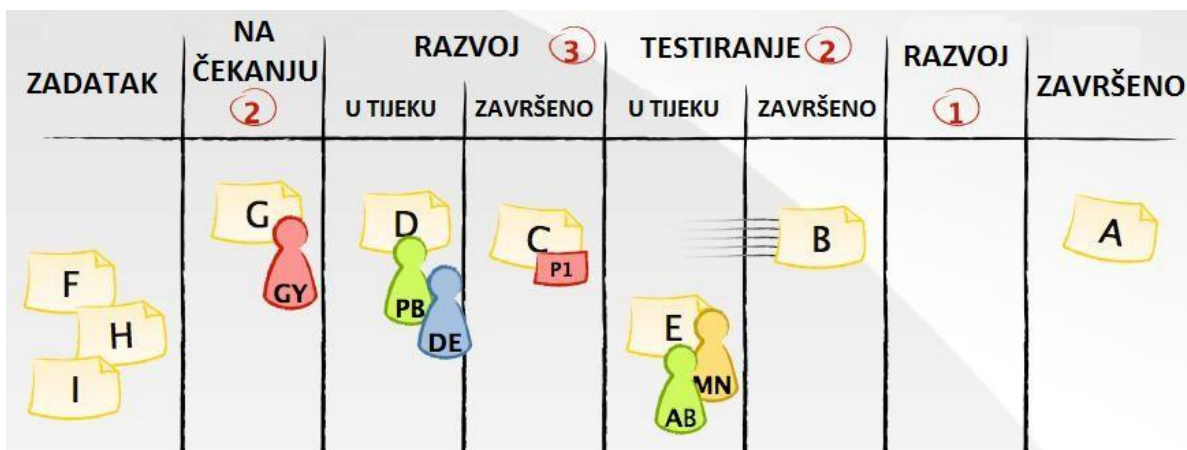
Kanban se smatra jednim od vrsta Lean alata. To je zapravo komunikacijska metoda koja je u osnovi zamišljena kao redosljedni sastav implementiran na jednostavnoj ploči za pisanje, da bi njegova implementacija maksimalno smanjila troškove. Kanban na japanskom jeziku doslovno i znači - ploča.

Koraci koje je bitno poduzeti prilikom implementacije Kanban-a u poduzeće su sljedeći:

1. Upoznavanje s vlastitim proizvodnim sustavom
2. Identifikacija vlastitih izvora i prioriteta
3. Pronalazak procesa
4. Osmišljavanje ploče tijekom rada
5. Postavljanje ograničenja
6. Odlučivanje uloga
7. Određivanje vremena za sastanke
8. Postavljanje načela

U Kostwein-u, Kanban je jedan od najkorištenijih Lean alata te predstavlja izuzetnu važnost u sustavima proizvodnje i montaže. Na slici 3.3.1.1. vidljiv je prikaz jedne Kanban ploče s karticama koja se koristila u Kostwein-u. Ovim se alatom kvalitetno može opisati u kojem je procesu zadatak

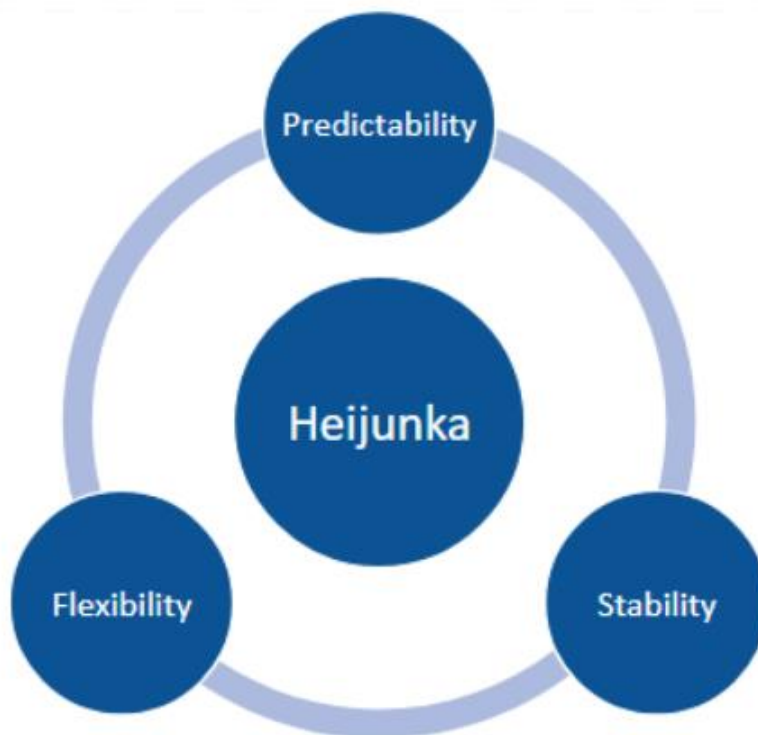
i osigurati njegovo praćenje do završne faze. Danas se, u poduzeću, Kanban koristi najčešće u digitalnom obliku.



Slika 3.3.1.1. Kanban ploča s karticama (preuzeto s Kostwein interne stranice)

3.3.2. Heijunka

Heijunka se definira kao tehnika za smanjenje nejednakosti u proizvodnom ciklusu, što zauzvrat smanjuje rasipanja. To je japanska riječ koja se doslovno može prevesti kao ujednačavanje ili niveliranje te je jedan od ključnih metoda TPS-a (Toyota Production System) za razvijanje učinkovitosti proizvodnje. Ona pokušava stvarati balans između fleksibilnosti, stabilnosti i predvidljivosti proizvodnje što se može vidjeti na slici 3.3.2.1.



Slika 3.3.2.1. Tri najbitnije stavke na koje djeluje Heijunka [12]

Implementacijom Heijunke eliminira se nepotrebno gomilanje velikog broja proizvoda, već se radi prema narudžbama kupaca. Ona omogućuje poduzeću da proizvodi proizvod ujednačenim tempom, što omogućuje dobru raspodjelu resursa i ne stvara potrebu za nepotrebnim skladištenjem nagomilanog proizvoda. Heijunka može nivelirati prema volumenu i prema vrsti proizvoda. [12]

Na slici 3.3.2.2. vidljivo je korištenje Heijunka tehnike u poduzeću Kostwein. Za svaki proizvod koji se proizvodi postoji kalendarski tjedan u kojem treba biti isporučen kupcu. Ti su termini pažljivo određeni tako da se balansira vrijeme koje je potrebno nabavi, proizvodnji i montaži da izradi određeni proizvod pazeći pritom i na vlastite kapacitete.

Kalenderwoche	RES.PROJEKT	QTY		Kw22	Kw23	Kw24	Kw25	Kw26	Kw27	Kw28	Kw29	Kw30	Kw31	Kw32	Kw33	Kw34	Kw35	Kw36
ANLEGER 780-124	309913	45				45												
ANLEGER 780-123	310086	45												45				
Thermoregulierung Schulung		80																
MBA Schulung		640	80	80	80													
Termoregulierung L7150049		140		40	40	60												
Termoregulierung L7150051		110								60				50				
Termoregulierung L7150067		60				40	20											
Termoregulierung L7150069		60				20	40											
Termoregulierung L7150052		140												40	40	60		
Termoregulierung L7150071		50																
Termoregulierung L7150063		90																
Termoregulierung L7150053		110																
Termoregulierung L7150073		60																
Termoregulierung L7150054		100																
Termoregulierung L7150041		60																
Termoregulierung L7150050		80																
MBA Auftrag 63407106	1. Maschine	560			120	120	120	100	100									
MBA Auftrag 63407107	2. Maschine	560			120	120	120	100	100									
MBA Auftrag 64402006	3. Maschine	560				120	120	160	160									
MBA Auftrag 63407108	4. Maschine	560						120	120	160								
MBA Auftrag 63407109	5. Maschine	560								80								
MBA Auftrag 14903612	6. Maschine	560												80	80	80	120	120
MBA Auftrag 66301106	7. Maschine	560												120	120	120	120	120
MBA Auftrag 64402103	8. Maschine	560												40	160	120	120	120
MBA Auftrag 64402102	9. Maschine	560													80	80	80	80
MBA Auftrag 64903701	10. Maschine	560														80	80	80
MBA Auftrag 63407103	11. Maschine	560																
MBA Auftrag 66301107	12. Maschine	560																
MBA Auftrag 64402104	13. Maschine	560																
MBA Auftrag 63407202	14. Maschine	560																
MBA Auftrag 64903702	15. Maschine	560																
		0																
STUNDEN GEP.		10630	80	120	285	360	420	460	480	560	0	0	535	480	460	520	480	
MA			2	3	7,13	9	10,5	11,5	12	14	0	0	13,4	12	11,5	13	12	

Slika 3.3.2.2. Korištenje Heijunka tehnike u Kostwein-u
(preuzeto s Kostwein interne stranice)

3.3.3. Poka-yoke

Poka-Yoke dolazi od japanske riječi koja bi se ugrubo mogla prevesti kao provjera pogrešaka ili izbjegavanje pogrešaka. Spomenuta metoda osigurava da postoje pravi uvjeti za obradu prije nego što koraci počnu i na taj način sprječava pojavu nedostataka. Gdje to nije moguće, Poka-Yoke otklanja nedostatke u procesu prije nego postanu „fatalni“ za proizvod. Ukratko, Poka-Yoke je bilo koji mehanizam u Lean proizvodnom procesu koji pomaže u izbjegavanju pogrešaka.

Bez obzira na stupanj težine problema, svi nedostaci po ovoj metodi spadaju u jednu od tri kategorije:

- Metode kontakta – temelje se na nekoj vrsti senzorskog signala koji otkriva nedostatke u obliku ili dimenziji proizvoda te reagira u skladu s njime
- Metode fiksne vrijednosti – koristi se u procesima gdje se ista aktivnost ponavlja nekoliko puta
- Metode s koracima kretanja – koristi se kod procesa koji zahtijevaju nekoliko različitih aktivnosti koje u slijedu izvodi jedan operater

U Kostwein-u najviše se koriste metode kontakte gdje neka vrsta senzora otkriva nedostatke i javlja korisniku da nešto nije u redu. Jedan primjer korištenja metode kontakta je kod ručnog bušenja komada s velikim brojem rupa. Ti komadi često su velikih dimenzija tako da se ne mogu strojno bušiti. Tada se koriste ručne bušilice na koje se postavlja poseban uređaj na koji se prethodno postavi broj rupa koje treba izbušiti na jednom komadu. Zatim uređaj broji rupe koje je korisnik izbušio te oglašava zvučni signal kada se dosegao željeni broj rupa. Time se uklanja mogućnost operatera da učini pogrešku prilikom ručnog bušenja.

3.3.4. 5S (6S) metoda

5S jest metoda koja za cilj ima kreiranje samoodrživog sustava koji se temelji na urednom, čistom i učinkovitom radnom prostoru. To postiže uklanjanjem viška materijala i alata i boljom organizacijom nužnog materijala i alata pomoću raznih naljepnica, boja, traka itd. 5S dolazi od 5 japanskih riječi koje počinju na slovo S, koji ujedno predstavljaju i 5 koraka metode, a sirovo se mogu prevesti na engleski način kao:

1. Sort (jap. seiri)
2. Set in order (jap. seiton)
3. Shine (jap. seiso)
4. Standardize (jap. seiketsu)
5. Sustain (jap. shitsuke)

Na slici 3.3.4.1. vidljivi su 5 koraka koje je potrebno poduzeti da bi se 5S sustav mogao implementirati u proizvodnju. [14]



Slika 3.3.4.1. Pet koraka 5S metode [14]

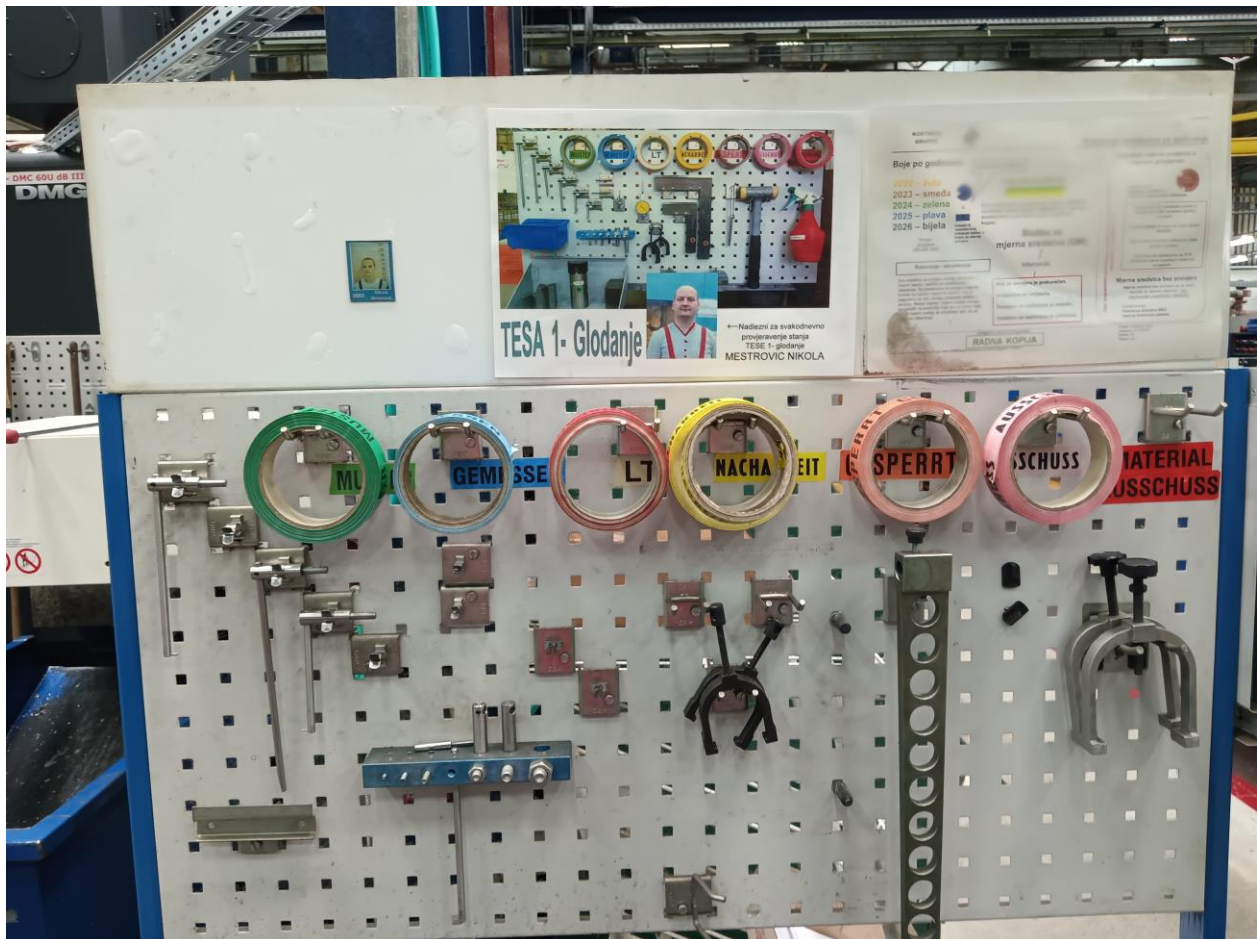
Kao što samo ime govori, u prvoj metodi sortiraju se stvari kako bi se eliminirao nered i oslobodio prostor uklanjanjem stvari koje ne pripadaju tom području. Sve stvari koje su direktno nužne i korisne za obavljanje posla trebaju ostati u radnom prostoru. Sve ostalo treba se ukloniti. Uklanjanje stvari dijeli se na bacanje, tj. recikliranje i vraćanje stvari svojim „kućama“. Crvenom trakom se označavaju stvari koje se ne mogu identificirati ili nemaju sigurnog vlasnika. Zatim se sve crveno označene stvari stavljaju u odjel za izgubljeno i nađeno gdje pravi vlasnici mogu naći svoje izgubljene stvari. Na slici 3.3.4.2. prikazano je korištenje crvene trake za stvari bez znanog vlasnika.



Slika 3.3.4.2. Crveno označavanje nepoznatih/izgubljenih predmeta [2]

Moto idućeg koraka jest da postoji mjesto za sve i da sve mora biti na svom mjestu. Zato je u ovom koraku potrebno organizirati radni prostor tako da se svaka stavka može lako pronaći, koristiti i vratiti na mjesto. Prednosti pravilne implementacije „set in order“ koraka su: lakše pronalaženje alata i stvari, eliminiranje šanse za preuzimanjem pogrešnog alata, bolje organizirani radni prostor, smanjenje vremena potrošenog na traženje stvari itd. Bitno je da se predmeti koji se koriste zajedno, zajedno i skladište redosljedom kojim se koriste. Svaki alat i predmet koji se direktno koristi u obavljanju posla mora imati oznaku koja prikazuje njegove osnovne informacije. Korištenje boja uvelike pomaže u sortiranju i skladištenju predmeta. U Kostwein-u se koriste trake raznih boja za označavanje različitih proizvoda i dijelova. Zelena se traka koristi za „muster“ komade. Muster se ugrubo može prevesti s njemačkog jezika kao uzorak, a koristi se kao naziv

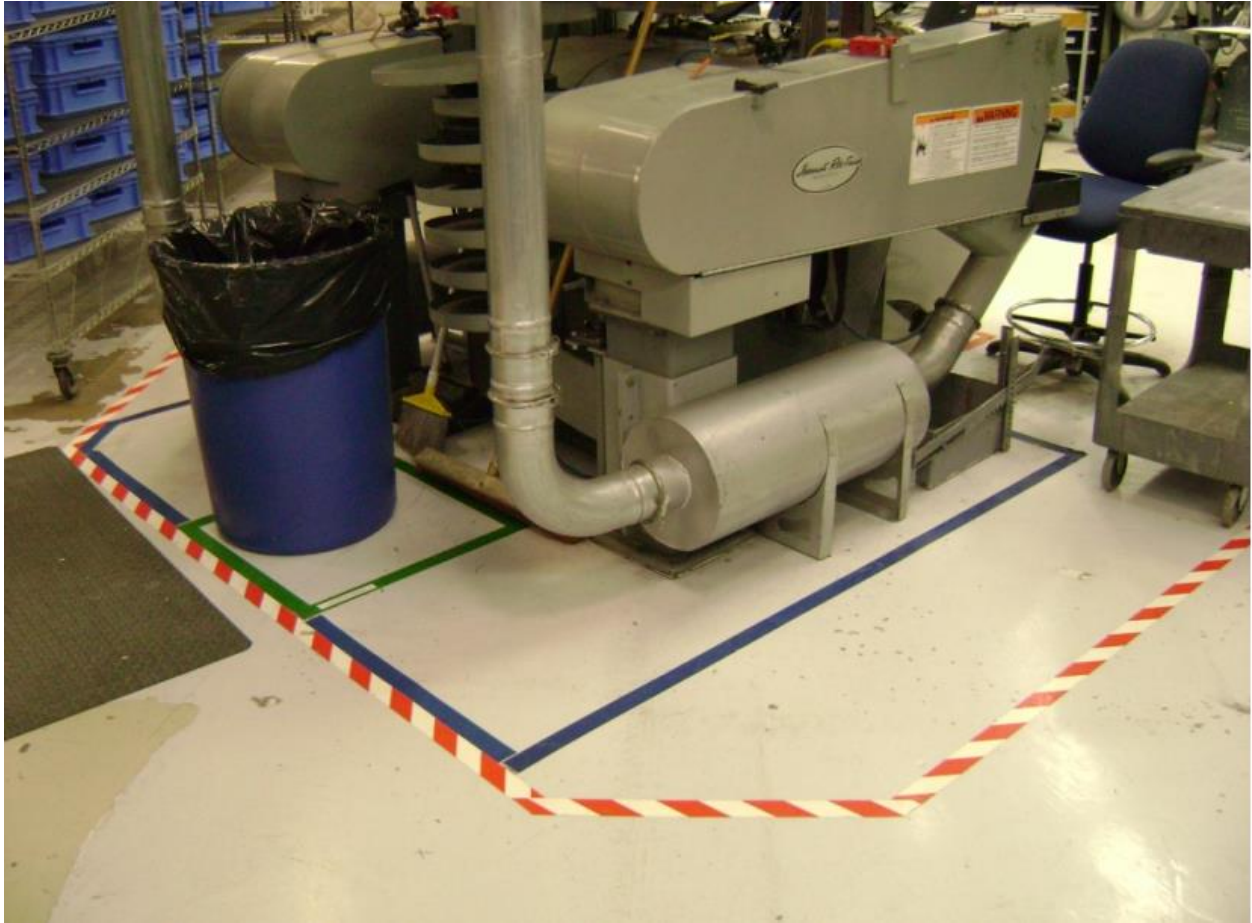
prvog „dobrog“ komada u seriji. Plava traka koristi se za gotove i izmjerene komade. Traka narančaste boje rabi se za komade koji imaju određene greške u svojoj izvedbi te se za njih čeka potvrda od strane kupca ukoliko kupac želi komad s spomenutom greškom. Ovdje postoje 3 različita ishoda. Prvi je da kupac odobri komad s greškom ukoliko ona ne igra veliku ulogu u daljnjem korištenju. Drugi ishod je da zatraži da se komad doradi na njima željeno stanje što znači da se na komad lijepi žuta „Nacharbeit“ (hrv. dorada) traka i komad odlazi na doradu. Posljednji, treći ishod događa se kada kupac odbija komad s greškom. Zatim se na komad naljepljuje crvena traka koja označava da je komad škart. Nakon odvođenja škartiranog komada na otpad, planira se izrada novog komada koji bi zamijenio onaj škartirani. Na slici 3.3.4.3. prikazano je korištenje traka različitih boja u Kostwein postrojenju u Varaždinu. Ispod svake trake je oznaka koja pokazuje što ta traka predstavlja.



Slika 3.3.4.3. Trake različitih boja koriste se za označavanje komada u različitim situacijama (vlastiti rad autora)

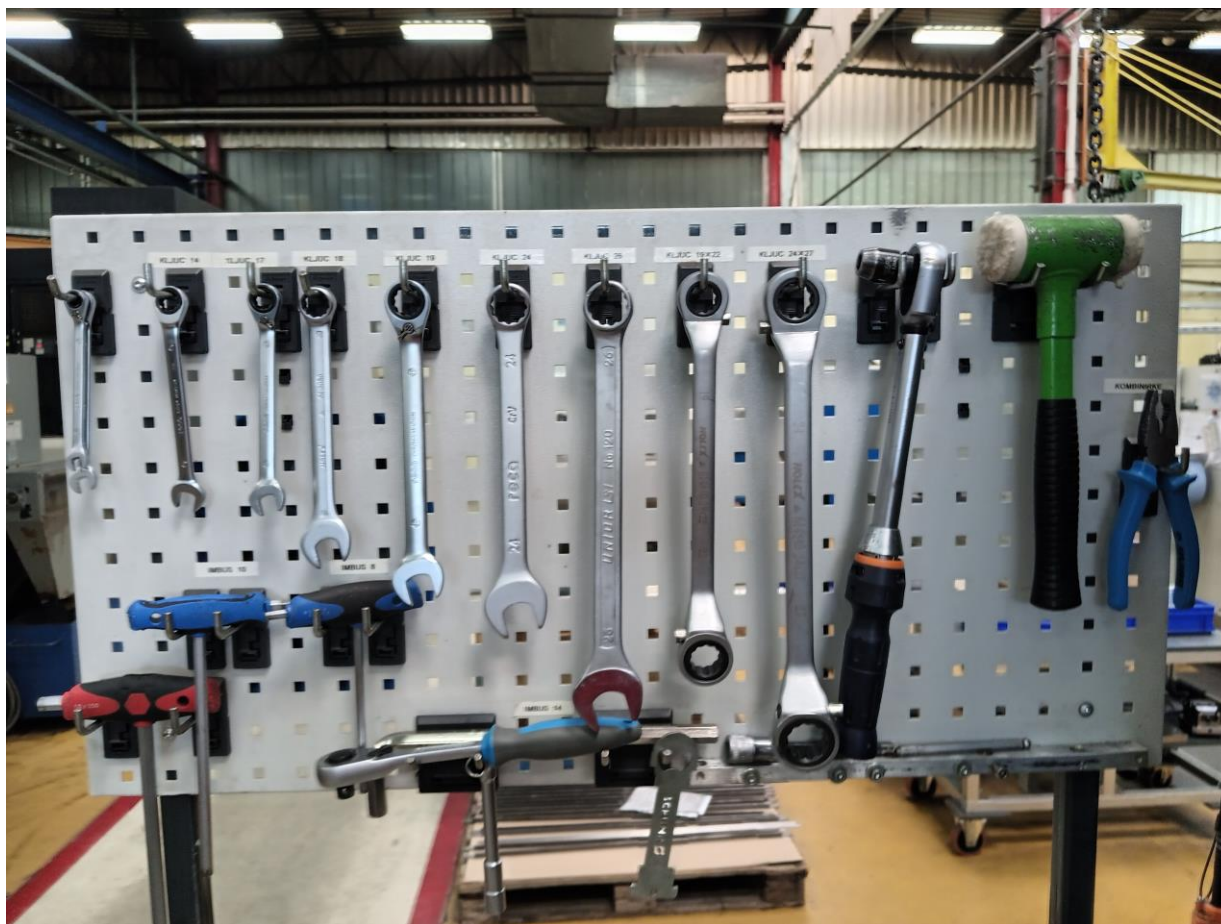
Trake s bojom mogu se također koristiti i lijepiti na podove i zidove postrojenja da bi indicirale gdje može hodati osoba prilikom prolaska postrojenjem, gdje je zabranjeno hodanje, neke pokazuju radni prostor stroja, mjesto za odlaganje komada, stvari, alata... Ispod, na slici 3.3.4.4. prikazano je korištenje trake triju različitih boja na podu postrojenja Kostwein u Austriji. Crveno-

bijela traka označava radni prostor stroja u koji je zabranjeno ulaziti svim neovlaštenim i nekvalificiranim osobama da ne bi došlo do ozlijede. Plavom trakom označeno je mjesto gdje se nalazi spomenuti stroj te zelenom trakom mjesto za koš za smeće iza stroja.



Slika 3.3.4.4. Korištenje ljepljivih traka za prikaz mjesta na kojem se određeni stroj/predmet nalazi (vlastiti rad autora)

Na sljedećim slikama prikazane su različite situacije u kojima je primijenjen „set in order“ korak 5S metode. Na slici 3.3.4.5. vidljiv je uredan raspored alata s odgovarajućom oznakom.



Slika 3.3.4.5. Uredan raspored alata s odgovarajućom oznakom iznad (vlastiti rad autora)

Slika 3.3.4.6. veoma dobro prikazuje zašto je označavanje toliko bitno za 5S metodu. U primjeru je slika polica u skladištu u kojima bi bilo nemoguće u kratkom vremenu pronaći potrebni alat/materijal da na kutijici u kojoj se nalazi nema oznake koja imenuje taj alat/materijal.



Slika 3.3.4.6. Prikaz primjene 5S metode na policama skladišta (vlastiti rad autora)

Treći korak 5S metode jest „shine“ (hrv. sjaj). Dolazi od japanske riječi „seiso“ te mu je glavni cilj čišćenje i održavanje radnog prostora čistim. Ovo se naravno odnosi na redovito čišćenje, često svakodnevno brisanje i temeljitije čišćenje na kraju svakog radnog tjedna. To nije posao za osoblje za održavanje, domara i čistačicu, već je izuzetno bitno da je radnik taj koji obavlja taj posao (slika

3.3.4.7.). Time se želi stvoriti pozitivna rutina gdje radnik nakon određenog perioda čišćenje za sobom više ne smatra dijelom svog posla, već želi očistiti svoj radni prostor jer u njemu boravi većinu dana. To naravno dovodi i do bolje povezanosti radnika sa svojim radnim prostorom što je također jedan od ciljeva 5S metode – da radnik stvara svoj identitet u poduzeću, a najlakše je to uraditi preko radnog mjesta na kojem boravi. Neke od prednosti koje ovaj korak nudi su:

- Čisti i „sjajan“ radni prostor smanjuje šanse da se pojave opasne situacije za radnika
- Stavke koje nisu na svom mjestu bit će brže prepoznate da nedostaju
- Strojevi koji su često čišćeni i održavani radit će efikasnije i manje se kvariti
- Čist radni prostor promovira poboljšani moral i razvija određenu dozu ponosa za svakog radnika i njegov tim



Slika 3.3.4.7. Radnik je taj koji je zadužen za održavanje svog radnog prostora čistim [4]

Prva tri koraka 5S metode pokrivaju osnove organiziranja i čišćenja radnog prostora, koji su izuzetno bitni, no pružaju kratkoročne koristi. Zato nakon njih dolazi četvrti korak koji se naziva „seiketsu“ (eng. standardize) koji se ugrubo može s japanskog prevesti kao standardizacija. Seiketsu se temelji na zapisivanju onoga što se radi, gdje i tko radi što indirektno dovodi do uklapanja novih praksi u normalni radni postupak te se time otvara put dugoročnim promjenama. Ovdje se najviše misli na integriranje Lean mentaliteta u svakodnevni život radnika i procesa, a to je mentalitet konstantnog poboljšavanja. Takav mentalitet mogu imati samo radnici koji rade u čistom i sigurnom radnom okruženju te posjeduju visok moral i ponos, što su kvalitete koje su se

trebale steći u prošlim koracima 5S metode (ukoliko su se pravilno implementirali u poduzeće). Zato su prošle tri metode preduvjet za kvalitetno provođenje standardize metode.

Komunikacija je ključna prilikom provođenja standardizacije. Uobičajeni alati za ovaj proces uključuju:

- 5S popisi za provjeru – popis pojedinačnih koraka procesa kojim se olakšava radnicima da u potpunosti prate proces te pruža jednostavnu reviziju za provjeru napretka
- Grafikoni radnih ciklusa – u početku je bitno identificirati svaki zadatak koji je potrebno izvršiti na radnom mjestu i postaviti raspored gdje će biti dodijeljene odgovornosti za svakog radnika posebno. Zatim se dobiveni grafikon može postaviti na svima vidljivo mjesto kako bi se riješila pitanja oko zadataka i obaveza te promicala odgovornost
- Oznake i znakovi postupka (slika 3.3.4.8.) – upute za rad, korake za čišćenje i preventivno održavanje treba postaviti na vidljivo mjesto



Slika 3.3.4.8. Ploča s uputama za rad i ostalim bitnim informacijama (vlastiti rad autora)

Peti i posljednji korak 5S metode jest sustain ili „shitsuke“ koji se doslovno može prevesti kao disciplina. Ideja jest posjedovanje stalne predanosti prema odlukama koje su donijete u prošlim koracima metode. Treba se stalno vraćati na njih te ih pokušati poboljšati jer 5S nije jednokratni događaj, već kontinuirani ciklus. To je ključ prema uspjehu prilikom implementacije 5S metode.

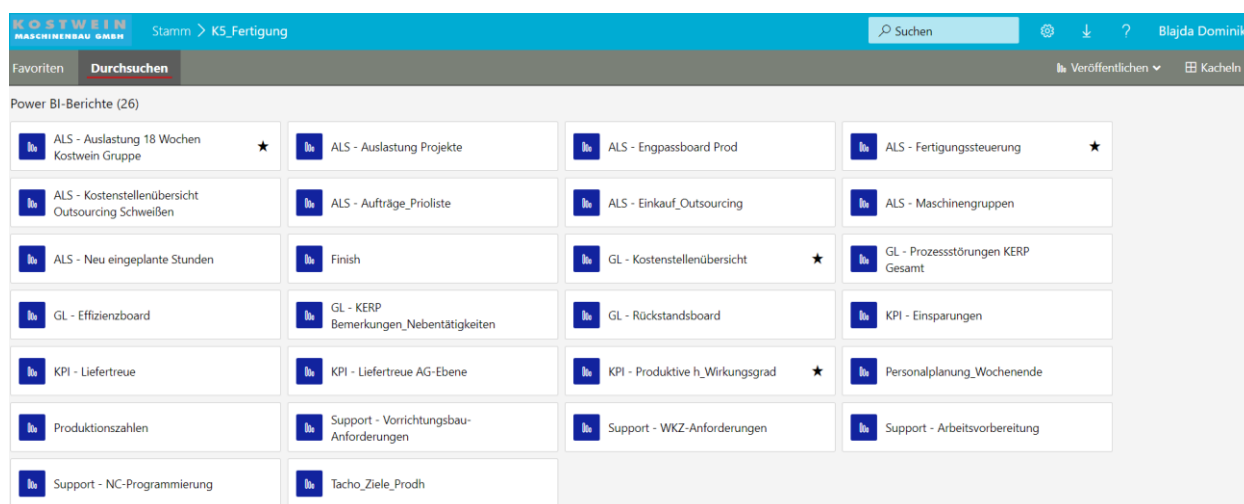
U Kostwein-u se provodi 6S, vidljiva na slici 3.3.11., to je 5S metoda s dodatkom sigurnosti (eng. safety, jap. shikkari) kao kritičnim faktorom koji nedostaje 5S metodi. Za razliku od prvih pet koraka, koji dolaze jedan nakon drugog, sigurnost se mora uzeti u obzir prilikom svakog koraka. Npr. tijekom faze sortiranja može se odlučiti da je određeni alat zastario i da je novija verzija sigurnija za korištenje. Isto tako, tijekom koraka standardizacije, radne procedure moraju biti standardizirane kako bi se poboljšala sigurnost na radnom mjestu, a ne samo učinkovitost.



Slika 3.3.4.9. 6S metoda – 5S + sigurnost [12]

4. Primjena Lean-a u odjelu za praktikante odabranog poduzeća

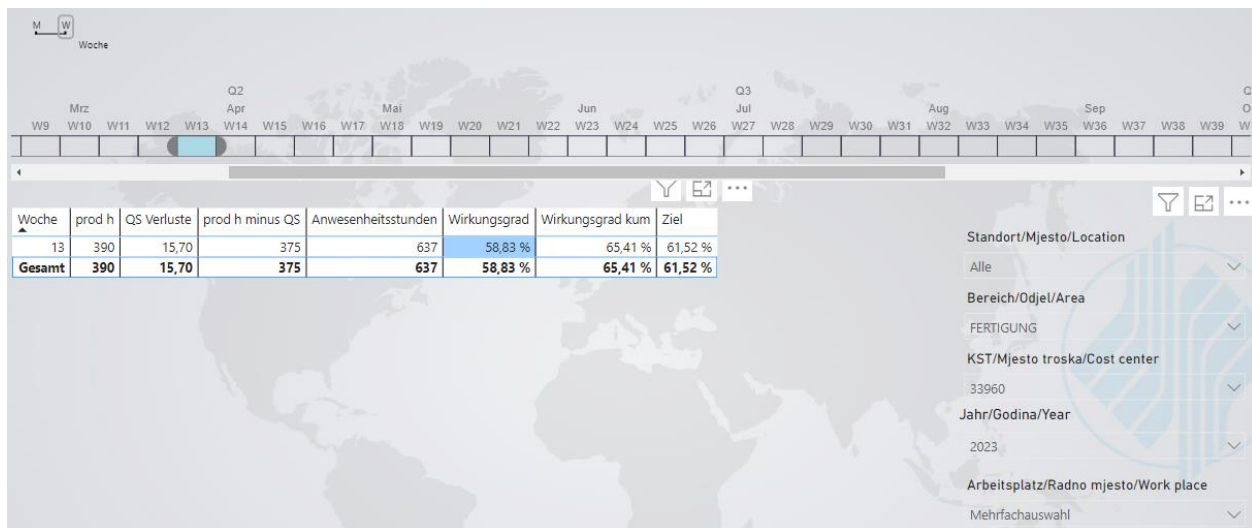
U Kostwein-u u Hrvatskoj, postoji 5 različitih proizvodnih odjela. Odjel glodanja (oznaka 33300), bušenja (oznaka 33600), tokarenja (oznaka 33200), zavarivanja (oznaka 33900 i 33901) i odjel za praktikante (oznaka 33960). Za svaki se odjel mogu provjeriti relevantni podaci za prošlo razdoblje. Podaci koji su bitni za proizvodnju su: produktivnost, kapaciteti, uska grla, broj objavljenih sati, broj sati u zaostatku, broj novoplaniranih sati, broj sati u „outsourcing¹-u“ itd. Alat koji koristi poduzeće za provjeravanje takvih podataka zove se „Power-BI“. Njegovo sučelje vidljivo je na slici 4.1. On sadrži ogroman broj podataka kojima se može vidjeti koja je područja proizvodnje potrebno poboljšati i zašto.



Slika 4.1. Sučelje Power-BI alata u Kostwein-u (vlastiti rad autora)

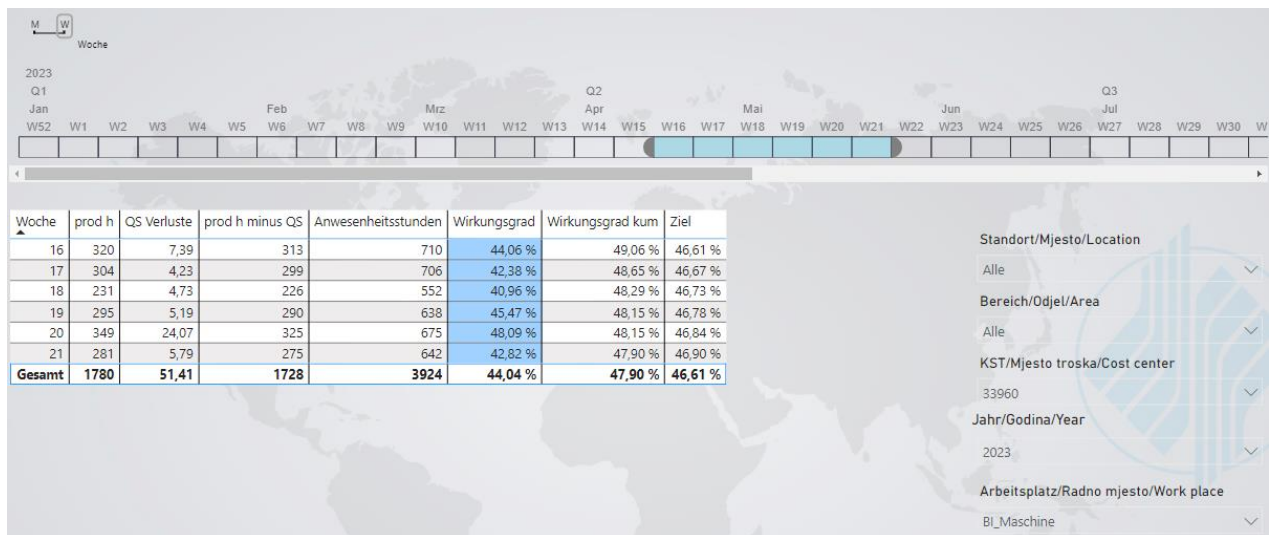
Odjel za praktikante (33960) najnoviji je odjel u poduzeću te još uvijek kroz njega nije sto posto implementiran Lean kao alat. Produktivnost i učinkovitost su lošiji i niži nego kod ostalih odjela, kapaciteti neuravnoteženiji, sporiji vremenski ciklusi, veća čekanja i pojava uskih grla. Upravo se zato ovaj odjel odabrao kao odjel na koji će se pokušati djelovati uporabom dosad naučenog o Lean-u. Na slici 4.2. prikazana je učinkovitost odjela 33960 za kalendarski tjedan broj 13. Vidljivo je da je postotak učinkovitosti (58,83 %) ispod granice cilja (61,52 %). Takav trend nastavlja se u i u idućim tjednima.

¹ Outsourcing je poslovna praksa u kojoj tvrtka angažira treću stranu za obavljanje određenih zadataka, upravljanja operacijama ili pružanja usluga u svrhu smanjenja troškova, ubrzanja procesa i/ili nedovoljnog kapaciteta u vlastitom poduzeću [14]



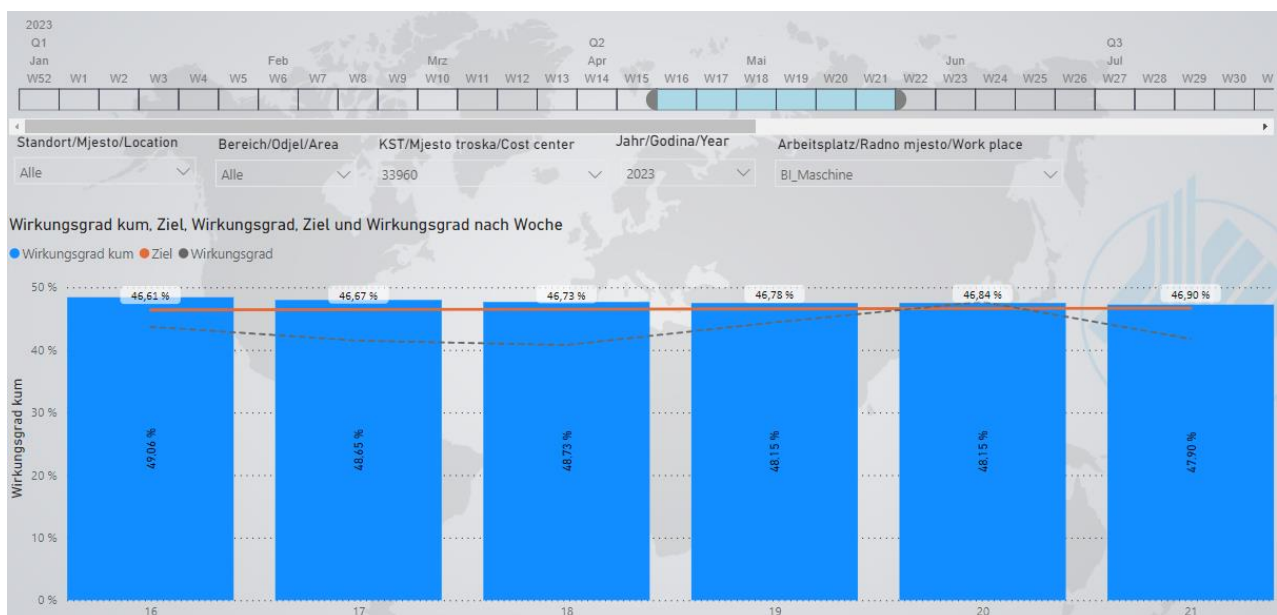
Slika 4.2. Produktivna učinkovitost odjela 33960 za W13 2023. (vlastiti rad autora)

Kako povećati učinkovitost? Za početak bitno je definirati što je uopće učinkovitost u proizvodnji. Učinkovitost proizvodnje, poznata i kao produktivna učinkovitost i korisnost proizvodnje, identificira uvjete kojima se roba može proizvesti po najnižoj mogućoj jediničnoj cijeni. Da bi se ona postigla, potrebno je iskoristiti resurse i minimizirati gubitke, što zauzvrat dovodi do većih prihoda. Ukratko, proizvodna učinkovitost gleda na maksimalni učinak koji se može postići korištenjem raspoloživih resursa [15]. Imati stopostotnu učinkovitost u praksi, za dulje vremenske periode, je gotovo nemoguće jer uvijek postoje rasipanja i gubitci na koje nije moguće utjecati. Zato je bitno postaviti realne ciljeve i pokušati ih dostići djelovanjem na svojstva na koja se može utjecati. Na slici 4.3. prikazana je produktivna učinkovitost odjela praktikanata za razdoblje od prethodnih 6 tjedana, od 16. do 21. kalendarskog tjedna. Ono što je vidljivo i pomalo zabrinjavajuće jest da cilj nije postignut nijednom u posljednja 6 tjedna. Nadalje, sljedeća zabrinjavajuća činjenica jest ta da je učinkovitost u 18. tjednu bila 4,56 %, dok u 17. tjednu čak 7,9 % ispod cilja! To je uvelike bio jedan od razloga za povećanom potrebom za kvalitetnijom implementacijom Lean-a u odjel praktikanata. Bitno je djelovati brzo, no promišljeno i učinkovito. Zato će se u sljedećih nekoliko tjedana pokušati uporabom Lean alata promijeniti struktura odjela. Zatim će se preko dobivenih podataka moći uvidjeti jesu li provedene promjene pozitivne za odjel i proizvodnju općenito ili ne.



Slika 4.3. Produktivna učinkovitost odjela 33960 za 6 kalendarskih tjedana (W16 – W21)
(vlastiti rad autora)

Na slici 4.4. prikazana je produktivna učinkovitost za razbolje od tih istih 6 kalendarskih tjedana u obliku grafa. Plavo obojeni pravokutnici prikazuju koliko se akumulirala učinkovitost proizvodnje kroz prošli period. Narančasta linija predstavlja ciljanu učinkovitost koji je potrebno postići za gledano vremensko razdoblje, dok je crna isprekidana linija stvarna postignuta učinkovitost za gledano vremensko razdoblje. Ovaj graf potvrđuje ono što je pokazala slika 4.3. koja je prikazivala tablicu s vrijednostima učinkovitosti. Stvarna postignuta učinkovitost nalazi se ispod ciljane za svaki od posljednjih 6 tjedana.

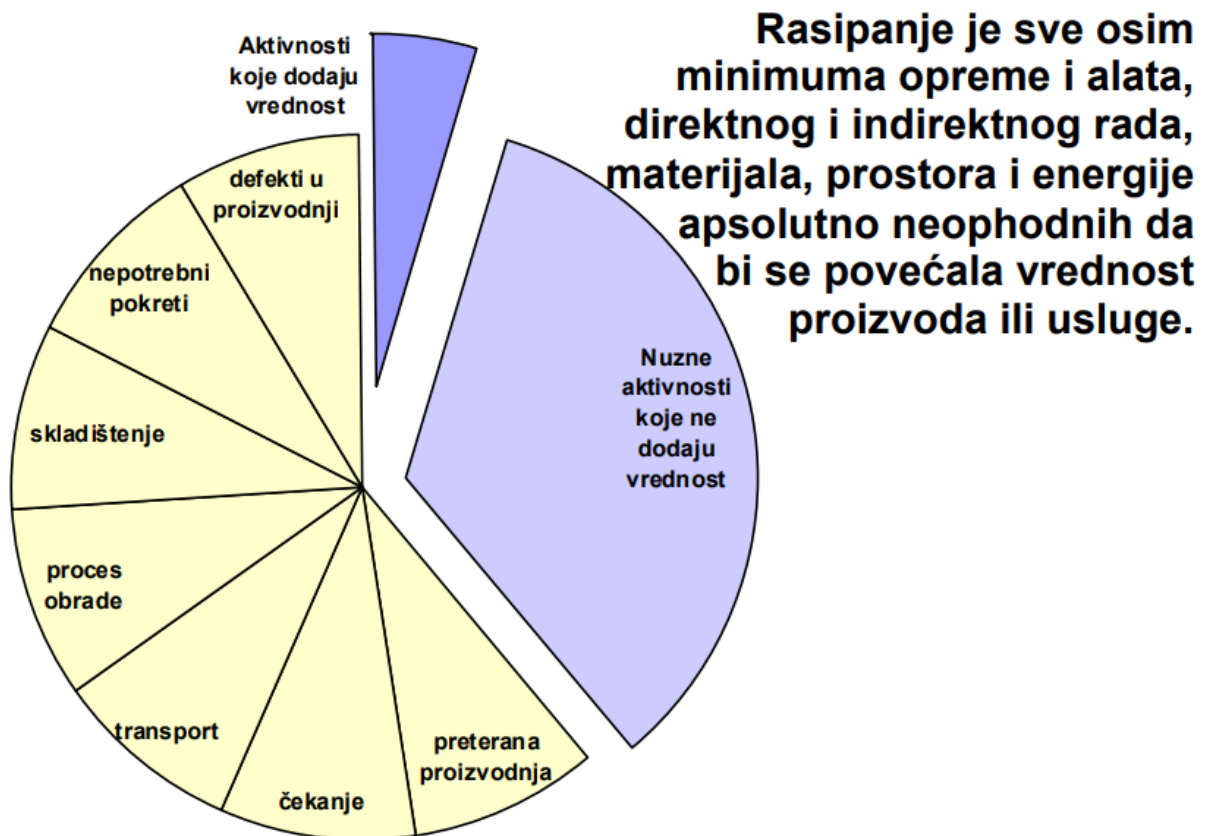


Slika 4.4. Grafički prikaz produktivne učinkovitosti za razdoblje od 6 tjedana (W16 – W21)
(vlastiti rad autora)

Sada kada je definirano što je produktivna učinkovitost potrebno je postaviti sljedeće i ključno pitanje - kako je povećati? Da bi se djelovalo na učinkovitost bitno je razumjeti koji podaci djeluju na njenu vrijednost. U Kostwein-u učinkovitost se izračunava preko broja produktivnih i ukupnih sati te rasipanja kojih je bilo u tom razdoblju (1). Formula za izračun glasi:

$$\text{učinkovitost} = \frac{\text{broj produktivnih sati (prod h)} - \text{gubitci}}{\text{prisutnost radnika (Anwesenheitsstunden)}} \times 100 \% \quad (1)$$

Dakle, da bi se povećala učinkovitost proizvodnje odjela, potrebno je imati čim veći broj produktivnih sati te što manji broj gubitaka koji se ovdje očituju u troškovima reklamacija. U teoriji zvuči poprilično jednostavno, no u praksi je veoma kompleksno i mukotrpno djelovati na učinkovitost. Za početak, potrebno je definirati što su produktivni sati, a što gubitci. Produktivni sati su sati koje je radnik proveo radeći aktivnosti koje pridonose stvaranju dodatne vrijednosti. U proizvodnji je to najlakše izračunati preko broja odjavljenih sati na stroju koje je radnik odradio. U hrvatskom se jeziku gubitak definira kao nešto što je izgubljeno, što je uzrokovalo štetu te je propalo. U Lean-u gubitci ili rasipanja su sve aktivnosti koje ne pridonose stvaranju dodatne vrijednosti. Ovdje spadaju sljedeće aktivnosti: čekanje, skladištenje, transport, kvarovi u proizvodnji, nepotrebni koraci i pokreti, prekomjerna proizvodnja i mnoge druge [16]. Neki od njih vidljivi su ispod na slici 4.5. koja prikazuje tortni dijagram aktivnosti koje dodaju vrijednost, tj. produktivne aktivnosti (tamno ljubičasta boja), nužnih aktivnosti koje ne dodaju vrijednost (svijetlo ljubičasta boja) i rasipanja prikazanih žutom bojom.



Slika 4.5. Tortni dijagram produktivnih, nužnih neproduktivnih aktivnosti i rasipanja [17]

4.1. Implementacija 6S-a u odjel za praktikante

Prvi je korak efikasna implementacija 5S, u ovom slučaju 6S, metode. Ona je primijenjena na radnim mjestima, u uredima, spremištima alata, ormarima, skladištima, spremnicima s mjernim instrumentima, policama itd. Na podovima su bojom ocrta mjesto za materijal, kolica, stroj, označeni su radni prostori strojeva i prohodni putevi. Na slikama 4.1.1., 4.1.2. i 4.1.3. prikazano je na koji je način to napravljeno. U Lean metodi korištenje boja je uvijek preporučeno jer olakšava preglednost i podsvjesno „tjera“ radnike da vraćaju stvari na svoje mjesto nakon korištenja..



Slika 4.1.1. Oznake na podu za prohodne puteve i kolica s materijalom (vlastiti rad autora)



Slika 4.1.2. Oznake na podu za prohodne puteve i palete s gotovim komadima (vlastiti rad autora)

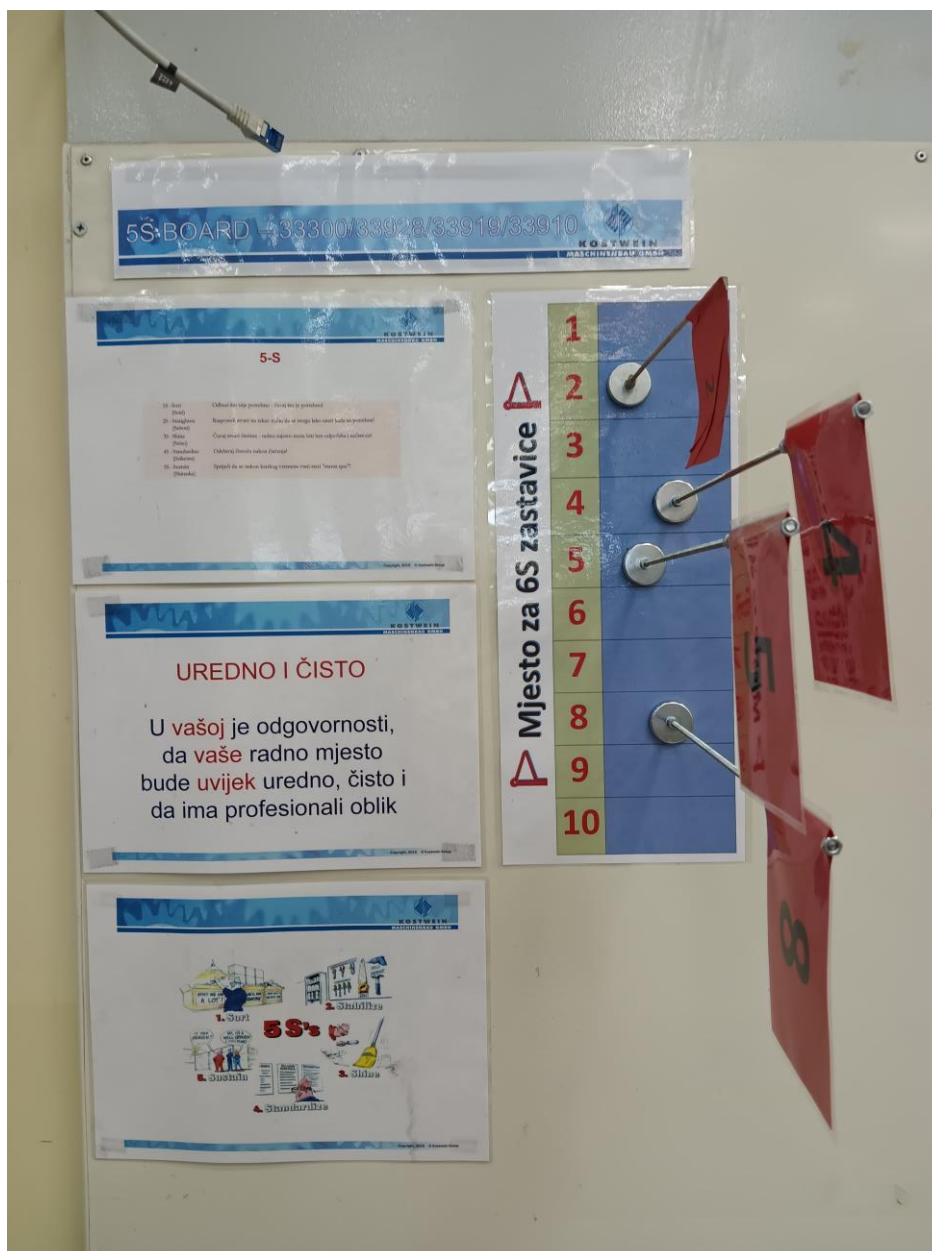


Slika 4.1.3. Oznake na podu za kolica i palete s materijalom (vlastiti rad autora)

Kao što je bilo spomenuto ranije, na radnim mjestima je također provedena 6S metoda. Proces koji se proveo zapisan je ukratko u sljedećim redovima. Stvari su prvo sortirane i nebitne bačene (sort). Zatim su radna mjesta uređena i sve su stvari stavljene na svoje mjesto s oznakama (set in order) te je sve detaljno počišćeno (shine). Na slici 4.1.4. vidljiv je jedan takav primjer radnog stola koji je bio podvrgnut prvim trima koracima 6S metode. Nadalje, zapisale su se radne upute, aktivnosti, zadaci i sve bitnije obavijesti koje su obješene na svima dostupno mjesto (standardize). Slika 4.1.5. prikazuje radnu ploču na kojoj su postavljene sve bitne stavke koje se tiču radnika na tom odjelu



Slika 4.1.4. Radno mjesto nakon prvih 3 koraka 6S metode (vlastiti rad autora)

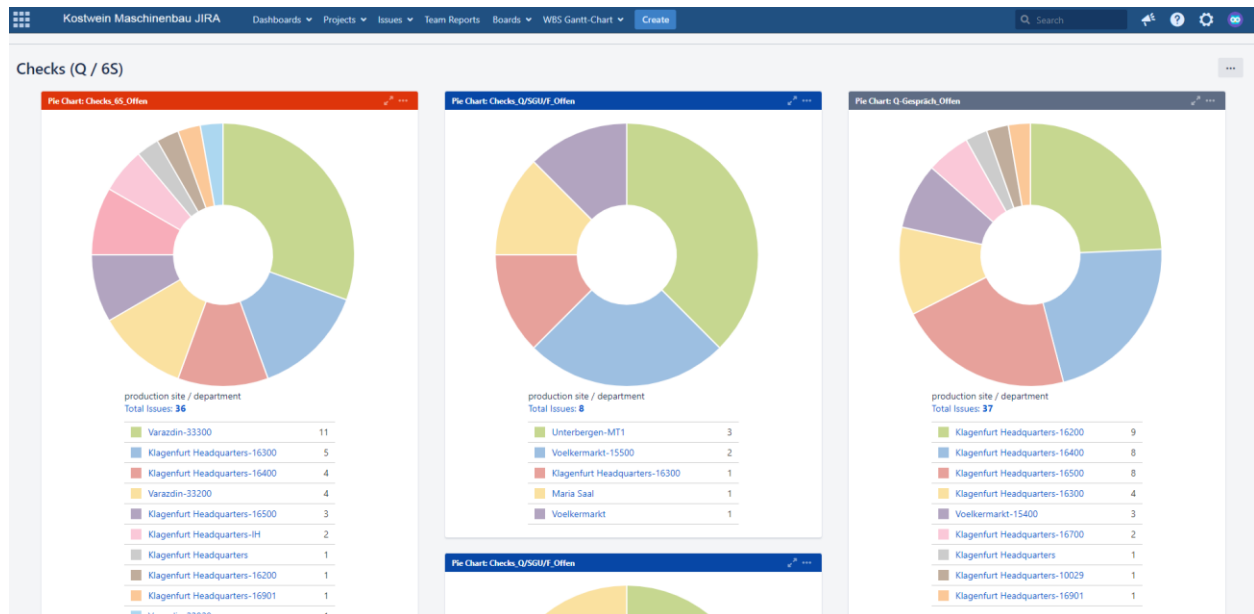


Slika 4.1.5. Radna ploča s svim bitnim obavijestima, zadacima i uputama (vlastiti rad autora)

Posljednji i vrlo vjerojatno najbitniji korak jest ponavljanje svih prošlih koraka na redovitoj bazi (sustain). Kako motivirati radnike i pratiti da redovito obavljaju sve prethodne korake? Kostwein za sve takve stvari koristi softver koji se zove Jira. Jira je razvila tvrtka Atlassian te je komercijalan softver koji se koristi za praćenje problema i agilnije upravljanje projektima [18]. Sučelje softvera prikazano je na slici 4.1.6. U Jiri se mogu kreirati zadaci koji se postavljaju na radnike ili cijele odjele. Uz zadatak se često postavljaju slike i opis zadatka postavljeni na što jednostavniji i jasniji način. Slika 4.1.7. prikazuje zadatak postavljen u Jiri koji se tiče 6S-a. Tokarske naprave koje se koriste za stroj nalazile su se, neoznačene i nerazvrstane, na kolicima kojima nisu bila adekvatno zaštićena. Zbog toga je zbog sigurnosti radnika (i da se ne oštete naprave) bilo potrebno napraviti novu stalažu gdje bi se one mogle sigurnije izložiti. Tada je

kreiran Jira zadatak za radnika na spomenutom stroju koji je zatim on morao izvršiti u zadanom roku.

Nadalje, svi su spomenuti koraci metode (sort, set in order, shine, standardize, sustain) naravno, bili popraćeni većom razinom sigurnosti da se eliminiraju ili maksimalno smanje nezgode (safety) čime se 5S „transformira“ u 6S metodu.



Slika 4.1.6. Sučelje Kostwein Maschinenbau JIRA softvera (vlastiti rad autora)

▼ Description

Molim pripremiti na urednost, bolje posložiti alat u kolicima, oznaciti.

▼ Attachments



IMG_20230717_081622.jpg
17.07.2023 09:25 3,30 MB



P1010899.JPG
21.08.2023 13:58 5,00 MB



P1010900.JPG
21.08.2023 13:56 4,74 MB



P1010901.JPG
21.08.2023 13:56 4,81 MB

▼ Activity

All Comments Work Log History Activity Transitions

▼ added a comment - 2 days ago - edited

Radi se nova stalaza za spancange.

▼ added a comment - 7 minutes ago

Kolica su maknuta jer je napravljena nova stalaza za spancange stroja Mazak QT200.



Slika 4.1.7. Jira zadatak za izradu nove stalaze za tokarske naprave (vlastiti rad autora)

4.2. Smanjenje rasipanja u odjelu za praktikante

Da bi se povećala učinkovitost potrebno je smanjiti gubitke i rasipanja u proizvodnom sustavu. Prema Lean-u postoji 8 osnovnih vrsta otpada (prikazani na slici 4.2.1.). To su sljedeći:

1. Prekomjerna proizvodnja (eng. overproduction)
2. Čekanje (eng. waititng)
3. Transport (eng. transporting)
4. Prekomjerna obrada (eng. overprocessing)
5. Nepotrebno gomilanje i skladištenje (eng. unnecessary inventory)
6. Nepotrebni pokreti (eng. unnecessary/excess motion)
7. Škart (eng. defects)
8. Neiskorišteni ljudski potencijal (eng. untapped human potential) [18]



Slika 4.2.1. Osam osnovnih vrsta gubitaka prema Lean-u [18]

Prekomjerna proizvodnja je, kao što samo ime govori, način poslovanja gdje proizvodnja premašuje potražnju kupaca (ili ju proizvodi prijevremeno). Time se stvara dodatni otpad, potreba za skladištenjem viška zaliha te nepotreban transport. Također, postoji i rizik da kupac odbije kupiti višak proizvoda koji se proizveo. Zbog toga se često smatra i jednim od najopasnijih vrsta rasipanja. Koje su protumjere za prekomjernu proizvodnju? Za početak, potrebno je proizvodnju regulirati, na način da ona odgovara stopi potražnje kupca. To se u Lean-u naziva „Takt Time“. Zato u Kostwein-u svaki radni nalog ima svoj termin kada treba biti napravljen. Prateći unaprijed planirane termine regulira se proizvodnja s potražnjom kupaca. Tablica 4.2.1. prikazuje artikl koje je potrebno izraditi u zadanim terminima uz još dodatne podatke kao što su indeks, broj radnog naloga, opis artikla, broj komada u nalogu, broj stroja gdje je planirana izrada i vrijeme izrade na stroju. Prateći termine proizvodi se završavaju, montiraju i dostavljaju kupcu kada su mu potrebni. Taj se sustav naziva u Lean-u „Just in time“. Kod ovog sustava također je bitno da i materijal, tj. sirovac stigne u proizvodnju u pravom vremenu tako da su pouzdani i fleksibilni dostavljači ovdje ključ uspjeha.

Tablica 4.2.1. Proizvodnja artikala s osnovnim informacijama izrade

FA-Nr.	Subnr.	Artikelr	Index	Bezeich	AG	AG_Start	Soll.Sto	Menge	Maschi	Maschi	"Fertigt
78851	10191	MC T1046	04	HALTER	20	26.04.2023	0,7	2	30116	30010	33960
60996	30321	GM 72908	1	FLANSCHB	45	27.04.2023	0,166667	1	30035	30083	33960
3332023	120	KC 79_202		POPRAVAK	20	27.04.2023	0	1	30041	30042	33960
47500	95415	3433107 S	AC	BEARING F	20	04.05.2023	1,183333	1	30078	30010	33960
311706	10978	HAFI P-113	E	PULLEY, TI	30	05.05.2023	1,75	15	30074	30620	33960
10001	13652	KO17022	AA	UNTERLAC	30	18.05.2023	3,583333	20	30041	109203	33960
10001	13652	KO17022	AA	UNTERLAC	35	22.05.2023	0	20	30041	30041	33960
80253	10556	PG 359056	R00	BLOCK BEA	30	13.06.2023	1,333333	1	30078	10200	33960
315982	10009	AM 10257	01	FLAP BEAR	130	14.06.2023	0,25	1	30035	30012	33960
80253	95356	PG DCH-CR	R02	PLATE, MC	20	15.06.2023	1,9	3	30118	10012	33960
316262	50017	SPH BZ004		STIFFENIN	20	15.06.2023	11,16667	64	30042	30012	33960
311706	10750	HAFI P-15C	E	ASSY, TUB	15	16.06.2023	1,633333	196	30016	30012	33960
315982	10004	AM 10256	01	KLAPPLAG	150	16.06.2023	0,083333	1	30035	30132	33960
315982	10005	AM 10256	01	KLAPPLAG	160	16.06.2023	0,083333	1	30035	30132	33960
315982	10020	AM 10257	01	FLAP BEAR	110	16.06.2023	0,25	1	30035	30012	33960
315982	10009	AM 10257	01	FLAP BEAR	145	19.06.2023	0,083333	1	30035	30132	33960
80253	10447	PG 447739	R00	CLAMP, ST	20	27.06.2023	1,383333	4	30078	33999	33960
312200	10736	SEI 37-093	AA	FORMATTI	40	27.06.2023	0,1	1	30035	302535	33960
315982	10020	AM 10257	01	FLAP BEAR	140	27.06.2023	0,166667	1	30035	30145	33960
80253	10318	PG 648504	R00	PLATE, CO	20	28.06.2023	1,266667	2	30093	33999	33960
80253	10527	PG 64873C	R00	PLATE, CO	20	28.06.2023	1,133333	2	30078	33999	33960
80253	10556	PG 359056	R00	BLOCK BEA	50	28.06.2023	0,033333	1	30035	107080	33960
310370	11235	DM 40489	004	WANNE DI	26	05.07.2023	0,5	1	30035	300103	33960
311111	11918	ASI 1.713	1a	GEW.MUT	40	06.07.2023	3,166667	16	30025	30024	33960
316374	10003	AM 10256	00	BÜGELGRI	50	06.07.2023	1,833333	2	30123	30073	33960
314200	10118	GM Y2500	0	ACHSE	60	07.07.2023	5,5	10	30025	30260	33960

Nadalje, korištenjem Pull, umjesto Push sistema, također se smanjuju rasipanja. Pull sistem, hrvatskog naziva „sustav povlačenja“, je učinkovita tehnika za smanjenje otpada u proizvodnim procesima. Primjena ovog sustava omogućuje da se započinje novi posao samo kada za njega postoji potražnja, gdje proizvodnja sama „povlači“ potrebni materijal kada je potreban. To indirektno dovodi i do smanjenja režijskih troškova i bolju optimizaciju troškova skladištenja. Shodno tome, od ključne je važnosti optimizirati količinu serija koje se proizvode. Ovdje je bitno gledati to i s tehničke i ekonomske strane, točnije posložiti „idealnu“ količinu komada koji se proizvode u isto vrijeme. U Kostwein-u se za određivanje ekonomično optimalne količine narudžba koristi sljedeća formula (2):

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{200 \times X_{ges} \times K_A}{K_H \times I_L}} \quad (2)$$

X_{opt} – optimalna veličina serije

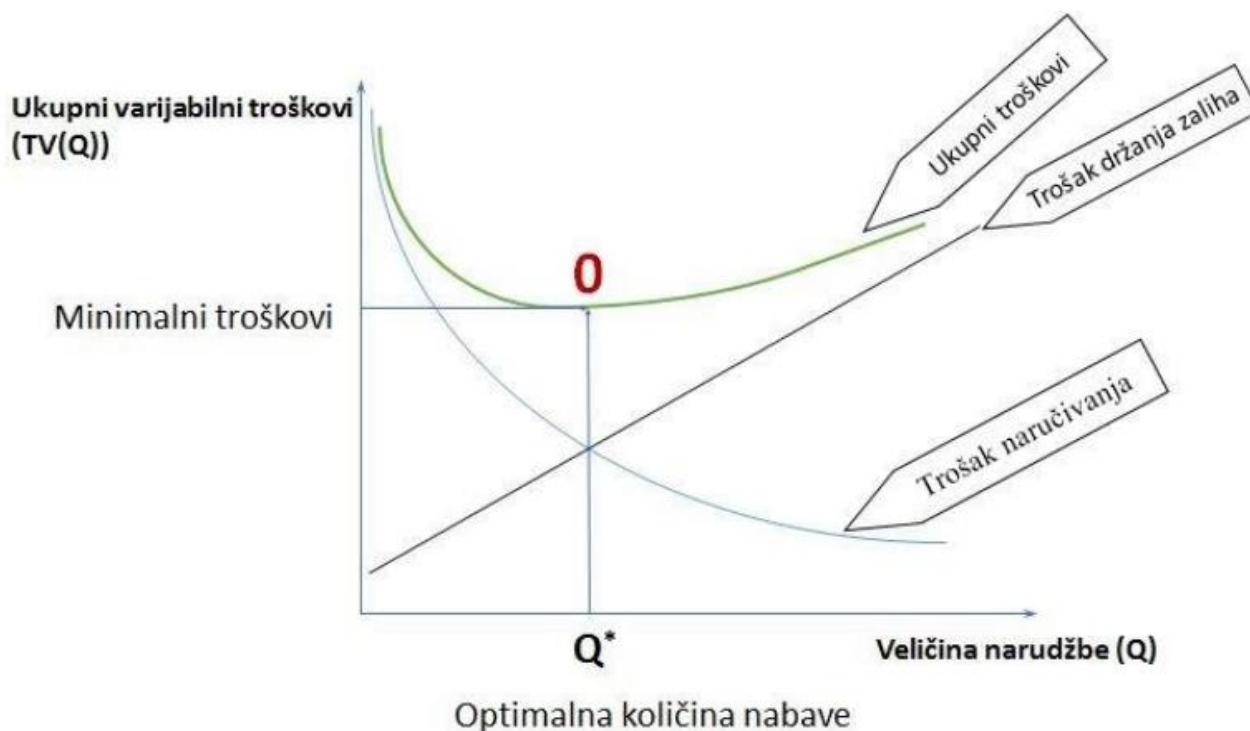
X_{ges} – ukupne potrebe po periodu vremena

K_H – jedinični troškovi proizvoda

K_A – troškovi promjene narudžbe

I_L – troškovi skladištenja

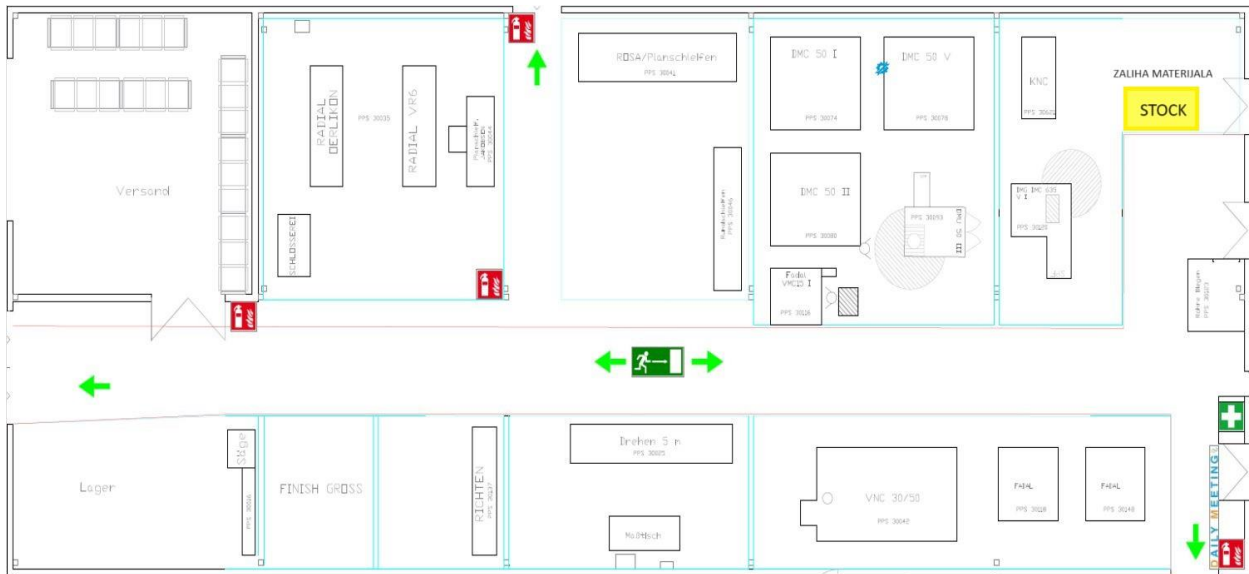
Na slici 4.2.2. može se vidjeti graf koji prikazuje u kakvom su odnosu serija (narudžba) i troškovi te kako odabrati optimalnu količinu komada za seriju.



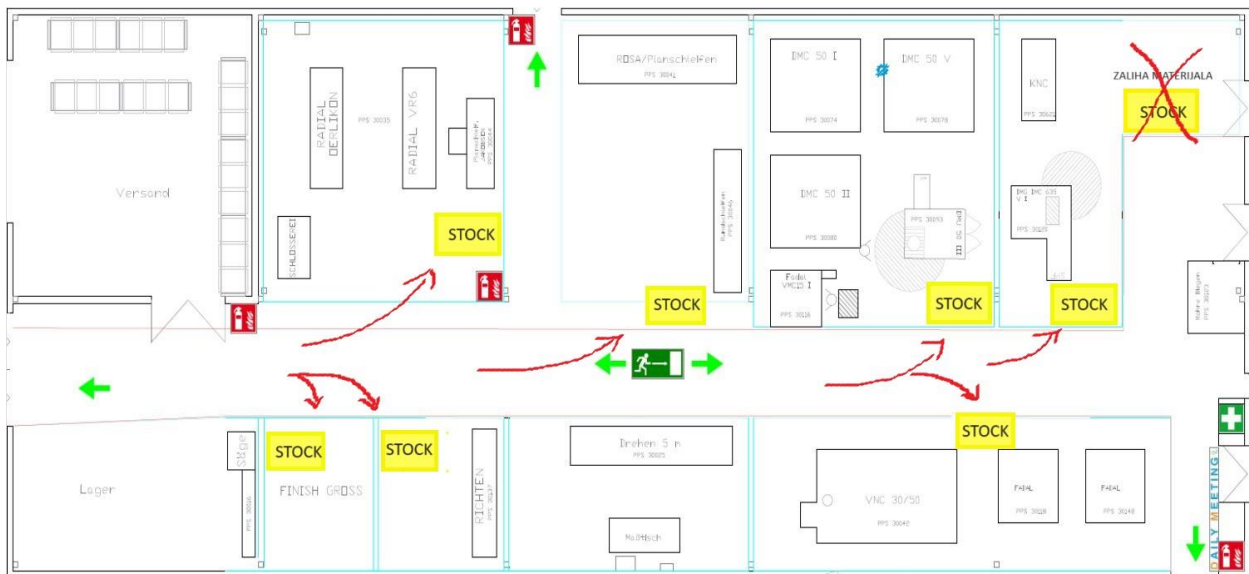
Slika 4.2.2. Grafikon koji prikazuje odnos troškova i veličine serije [19]

Čekanje i transport mogu se svesti u zajedničku cjelinu otpada jer smanjivanjem jedne vrste rasipanja direktno se smanjuje i druga. Obje ne pridodaju korisnoj vrijednosti u proizvodnji. Čekanje se odnosi na vrijeme kada proizvodnja staje, tj. čeka idući korak. Transport se ovdje odnosi na samo nepotrebno kretanje sirovina, komada koji su u procesu obrade i nepotreban transport gotovih proizvoda. Naglasak je na nepotrebnom kretanju. Kako utjecati na njihovo smanjivanje? Za početak, najbitnije je stvoriti tzv. kontinuirani tijek proizvodnje. To znači da se izrada proizvoda vrši bez nepotrebnih čekanja i transporta koji usporavaju proces obrade. Ovo je veoma bitan aspekt kod linijskih tipova proizvodnje, no može se implementirati i u ostale. Primijećeno je da u odjelu za praktikante postoji samo jedno mjesto koje služi kao zaliha materijala (slika 4.2.3.). To znači da kada dođe materijal od prijema robe do odjela, svaki radnik treba otići do iste zalihe materijala gdje uzima materijal na paletu i dovodi do svog stroja. Ovo predstavlja ogroman problem jer velik broj radnika mora prevaliti dulji put da bi pokupili materijal i nalog. Nadalje, s obzirom da veći broj naloga i materijala stigne u isto vrijeme s prijema, a broj ručnih viličara je ograničen, ne mogu svi radnici odmah uzeti materijal s mjesta zalihe što povećava vrijeme čekanja i samim time troškove. Zbog toga je predloženo da se zaliha materijala rasporedi ravnomjerno po proizvodnji i dovodi više puta s prijema robe u danu tako da nema zastoja zbog čekanja na ručni viličar. Na slici 4.2.4. prikazan je predložen tijek proizvodnje u odjelu za

praktikante s više zaliha materijala. Time se čekanja i nepotreban transport u odjelu svode na minimum.



Slika 4.2.3. Dosadašnji tijek proizvodnje s jednom zalihom materijala (vlastiti rad autora)



Slika 4.2.4. Predloženi tijek proizvodnje s više zaliha materijala (vlastiti rad autora)

Stvaranjem kontinuiranog tijeka proizvodnje nisu se smanjila samo vremena čekanja i transporta, već i nepotrebni pokreti radnika tijekom proizvodnje. Njih je smanjio i logični raspored opreme i alata te bolja organiziranost prostora što je dokaz da se implementacijom 6S metode može direktno utjecati na količinu rasipanja, u ovom slučaju nepotrebni pokreti radnika.

Svim ranije implementiranim radnjama smanjilo se i nepotrebno gomilanje i skladištenje. Just in time, Takt time, Kanban i kontinuirani tijek proizvodnje pozitivno utječu na efikasnost skladištenja te eliminiraju potrebu za dodatnim prostorom gdje se komadi i materijal gomilaju.

Iduća vrsta rasipanja koju je potrebno minimizirati jest škart. Škart je neispravan proizvod ili usluga koja ne zadovoljava standarde kupca. Može biti uzrokovan ljudskom pogreškom, kvarom stroja ili greškom u procesu obrade. Stvaranje škarta dovodi do potreba za doradama i naručivanja novog materijala koji izravno dovode do većih troškova. Nadalje, stvaranje škarta dovodi i do produljivanja vremena isporuke proizvoda što može stvoriti tenzije između kupca i proizvođača i umanjuje pouzdanost koju je kupac dosad imao u proizvođača. Da bi se spriječila ova vrsta rasipanja, potrebno je spriječiti pojavu nedostataka otkrivši ih što je moguće prije, tj. kada je još moguće djelovati na ishod obrade. Najefikasniji način kako se može smanjiti škart jest implementacijom Poka-yoke metode. Poka-yoke metoda objašnjena je detaljnije u poglavlju 3.3.3. U Kostwein-u Poka-Yoke je implementiran u odjel planiranja. Kao što samo ime govori, to je odjel koji planira gdje će se u proizvodnji proizvoditi određeni sirovac, koliko dugo će trajati izrada i u kakvim serijama. Nadalje, jedan od zadataka je da za svaki planirani artikl pokušaju utvrditi hoće li biti kakvih problema s njihovom izradom jer, kao što se prije napomenulo, najlakše je ispraviti pogreške koje se uoče najprije. Koraci koje je potrebno slijediti kod provjere planiranog artikla su sljedeći:

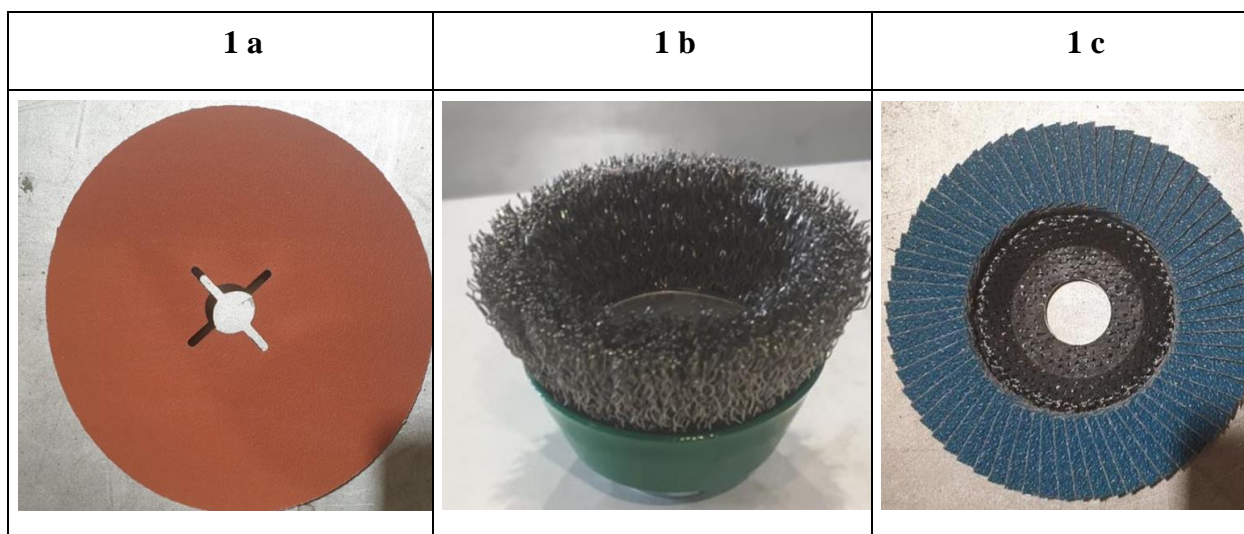
1. Identificirati pogreške pomoću analize rizika – FMEA (fusnota)
2. Identificirati pogreške u nacrtu
3. Provjeriti i razraditi mjera
4. Provjeriti i optimizirati raspored operacija
5. Trajno promijeniti svaki nedostatak koji može dovesti do pogreške u izradi

Idući korak koji se poduzeo za otklanjanje nedostataka i pogrešaka je ažuriranje zastarjelih radnih uputa. Veliki problem koji se pojavljivao u odjelu praktikanata je bio s završnom obradom (brušenje i poliranje) komada od nehrđajućeg čelika. Razlog tome su bile zastarjele i loše napisane radne upute koje nisu radnicima davale dovoljno bitnih informacija za kvalitetnu obradu. Zato se krenulo u detaljniju izradu nove radne upute koja bi na jednostavniji način prikazala najosnovnije stvari na koje je potrebno obratiti pozornost prilikom obrade. Izmijenjena radna uputa je navedena u redovima ispod.

→RADNA UPUTA – završna obrada komada od nehrđajućeg čelika (brušenje i poliranje)←

Brušenju, poliranju i završnoj obradi proizvoda koji su izrađeni od nehrđajućeg čelika potrebno je posvetiti posebnu pažnju jer je materijal veoma osjetljiv na površinske nepravilnosti. Svako nekvalitetnije brušenje i površinska nepravilnost dolazi dodatno do izražaja. Treba također uzeti u obzir da komadi ne budu prebrušeni, da se kvalitetno pobruse zavari i sl.

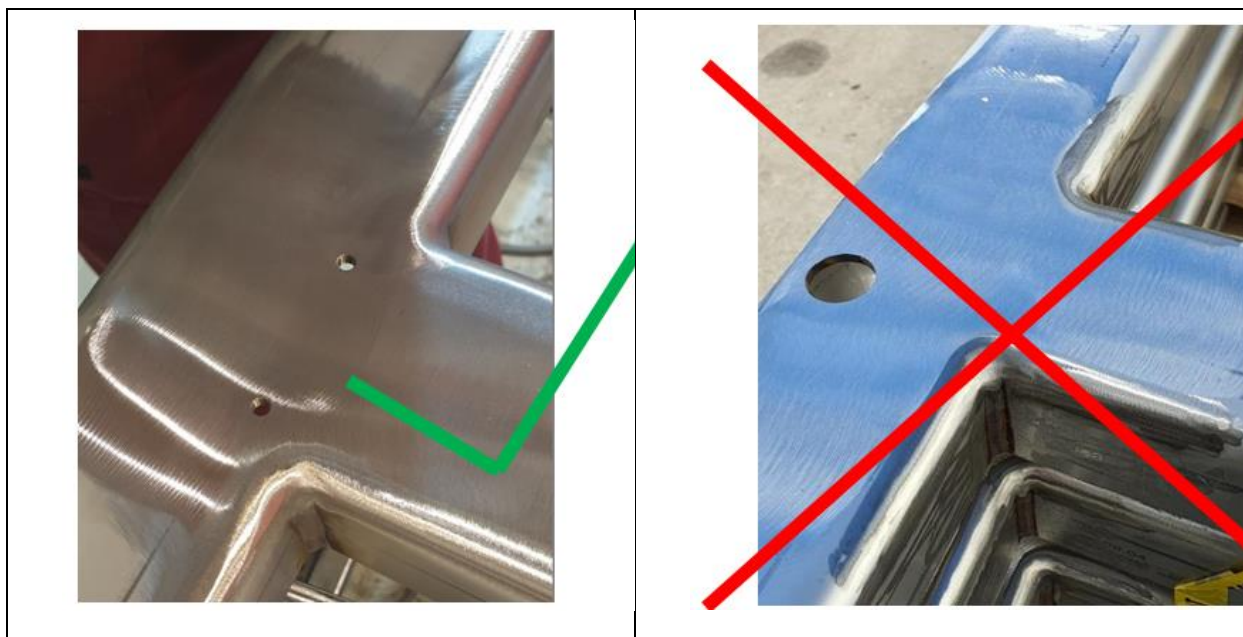
1) Nakon operacije zavarivanja potrebno je komad ugrubo pobrusiti oko sučeonog zavara. To se radi s brusnim papirom granulacije 80+. Brusni papir je prikazan na slici 1 a. Ponekad je potrebno zavare dodatno početakati da se skine srh koji je ostao prilikom obrade. Jedna takva četka prikazana je na slici 1 b. Posljednji korak u ovom prvom dijelu jest poliranje polirnom pločom vidljivom na slici 1 c.



Slika 1 Alati za grubo brušenje

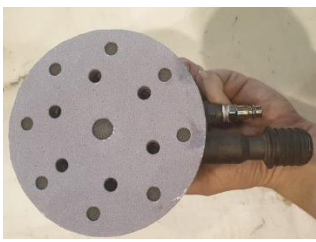
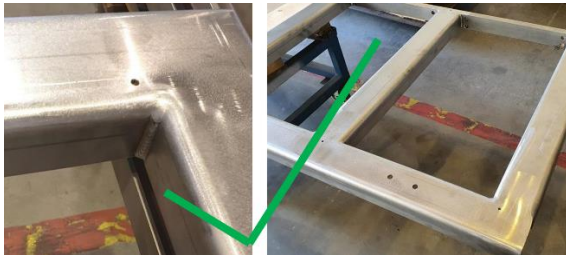
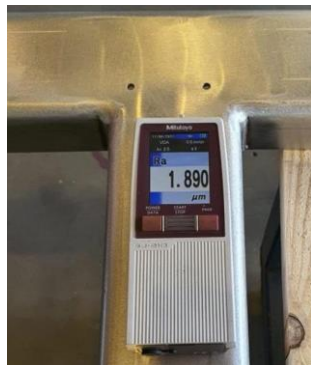
Na slici 2 a prikazan je primjer dobro pobrušene površine, na 2 b primjer pregrubo pobrušene površine komada od nehrđajućeg čelika.

2 a) Dobro pobrušeno	2 b) Loše (pregrubo) pobrušeno
----------------------	--------------------------------



Slika 2 Primjer dobrog i lošeg stanja površine nakon grubog brušenja

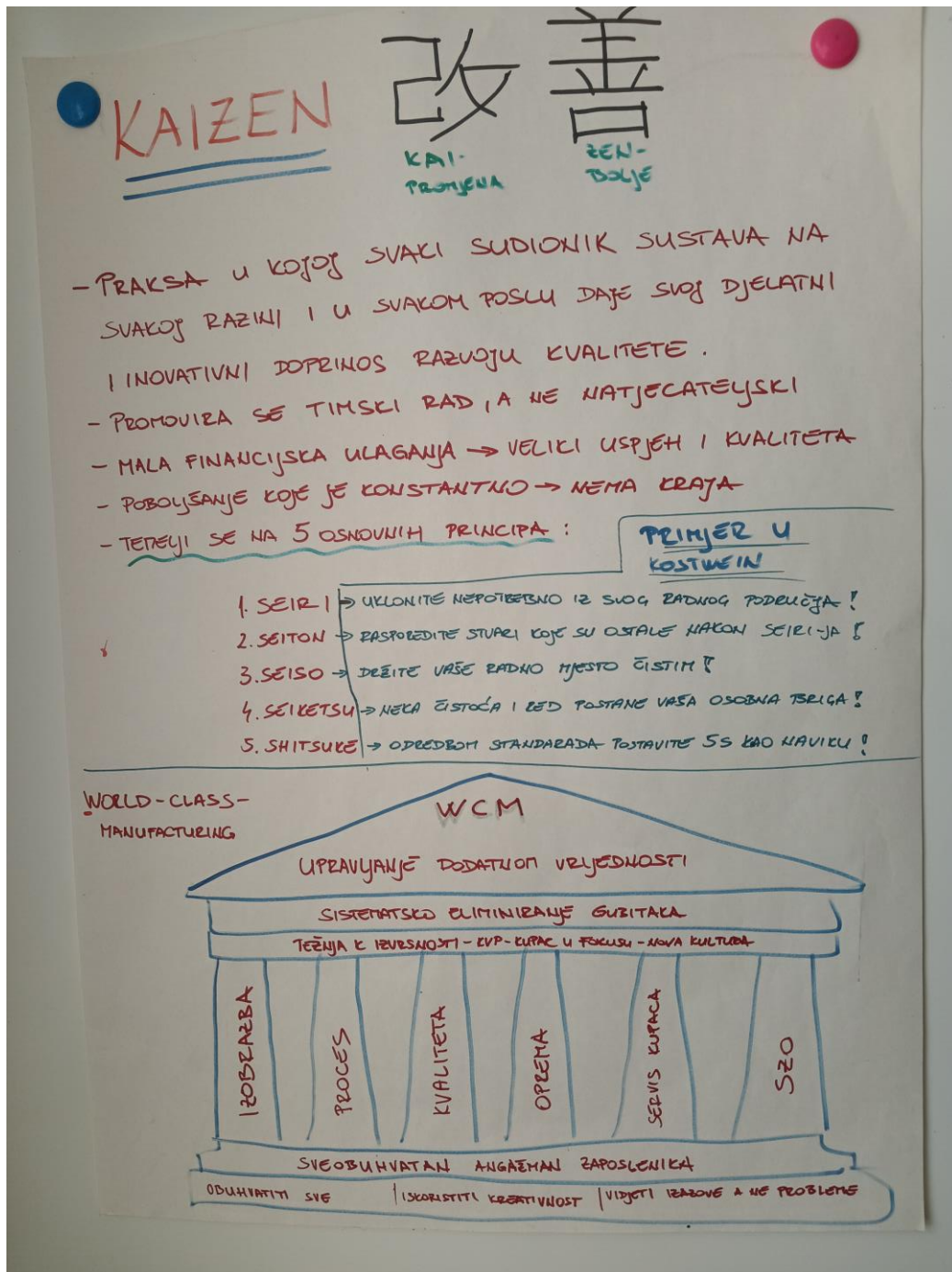
2) Kada je završno ravnanje gotovo, potrebno je s ekscentričnom brusilicom i finim brusnim papirom prikazanim na slici 3 a) proći cijelu platformu. Razlog je da se skinu oštri bridovi i bolje oblikuju radijusi. Nadalje, time se također poboljšava kvaliteta površine. Prikaz fino pobrušenog komada na kraju treba izgledati je na slici 3 b). Hrapavost površine mora biti ispod Ra 3.2 kako je prikazano na slici 3 c).

3 a) Fini brusni papir	3 b) Izgled fino pobrušenog komada	3 c) Ra maksimalno 3.2
		

Slika 3 Alat i izgled platforme nakon završnog finog brušenja

Sljedeći gubitak kojeg je potrebno eliminirati je prekomjerna obrada. To je, kao što samo ime govori, višak obrade nego što je potrebno za proizvodnju onoga što kupac zahtijeva. Ovo je često jedan od vrsta otpada koje je teže identificirati i ukloniti. No, postoje načini kako to olakšati. Lean je osmislio alat koji se naziva Kaizen. To je strategija u kojoj zaposlenici na svim razinama tvrtke proaktivno rade da bi postigli redovita, postupna poboljšavanja u poduzeću. Prijevod japanske

riječi kaizen bio bi „kontinuirano poboljšanje“. Ono što je najbitnije kod eliminiranja ove vrste rasipanja je shvaćanje korijena problema. Kaizen koristi metodu „pet pitanja zašto“ (eng. „Five Whys“) za rješavanje ovakvih problema. Lean vjeruje da je pet pitanja kvalitetnih zašto pitanja i 5 kvalitetnih zato odgovora dovoljno da se dođe do korijena svakog problema. Zato je odlučeno ovu metodu implementirati u odjel za praktikante. Za početak, bitno je školovati radnike što je Kaizen te kada se koristi. Za tu svrhu napravljene su radionice gdje su radnici preko praktičnih primjera učili o Kaizen-u. Slika 4.2.5. prikazuje informacije o Kaizen-u koje su radnici učili u teoriji te kasnije primijenili i implementirali u praksi.



Slika 4.2.5. Kaizen i WCM u teoriji i praktičnoj primjeni u Kostwein-u (vlastiti rad autora)

Svaki puta kada se desi određeni problem koji se izravno tiče proizvodnje postavlja se 5 zašto pitanja. Evo primjer jedne situacije koja se desila u Kostwein proizvodnji gdje se pokazalo da je implementacija Kaizen-a bila povoljna za poduzeće. Prilikom obrade hitnih komada stao je 5-osni stroj na kojem se često rade veoma kompleksni proizvodi. Bilo je od kritične važnosti da se odredi zašto se stroj pokvario, ne samo kako bi se popravio, već da bi se u budućnosti spriječile situacije koje su dovele do njegovog kvara. Pitanja koja su bila postavljena su sljedeća:

1. Zašto je stroj stao?

Došlo je do preopterećenja stroja i osigurač je pregorio.

2. Zašto je došlo do preopterećenja?

Ležaj nije bio podmazan dovoljno.

3. Zašto nije bio podmazan dovoljno?

Pumpa za podmazivanje nije pumpala dovoljnom snagom.

4. Zašto pumpa nije pumpala dovoljnom snagom?

Jer je osovina pumpe bila stara i istrošena.

5. Zašto sustav nije prikazivao da je osovinu pumpe potrebno izmijeniti?

Jer je bila greška u softveru.

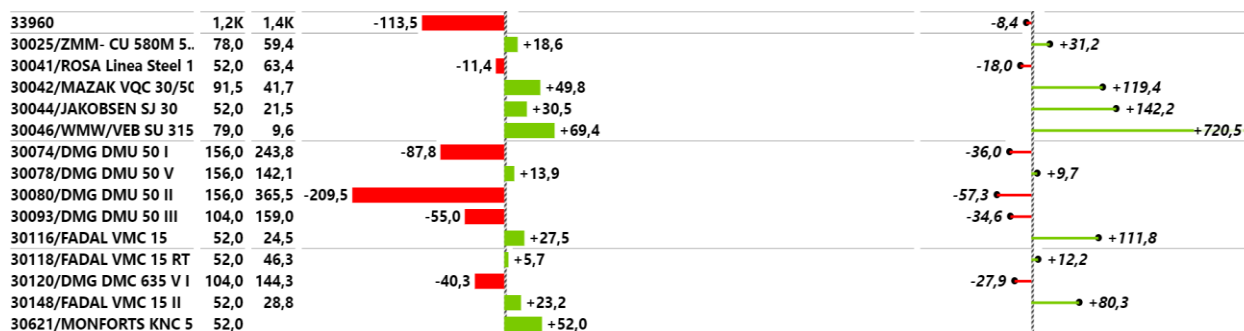
Nakon ovih 5 pitanja shvaćeno je da je greška zapravo bila u softveru koji je trebao obavijestiti sustav da pumpa za podmazivanje ne pumpa dovoljnom snagom. Kada se softver ispravio, predloženo je sljedeće rješenje da se izbjegnu budući slični problemi. Svakih 6 mjeseci napraviti će se preventivno održavanje stroja u kojem će se ručno provjeriti osnovne karakteristike stroja te izmjeriti zadovoljavaju li uvjete za normalan rad.

Često se spominje i osma vrsta rasipanja – neiskorišten ljudski potencijal. On nije izravno povezan s procesnim problemima, već s poduzećem koje ne iskorištava sve talente zaposlenika koje ima na raspolaganju. Na primjer, radnici koji direktno rade u pogonu imaju bolji uvid u stvarne probleme koji se dešavaju nego njihovi menadžeri te često mogu predložiti kvalitetnije ideje kako riješiti probleme u pogonu. Zato je potrebno temeljno ispitati vještine i znanja koje zaposlenici posjeduju da bi se upotrijebili za poboljšavanje poslovanja. Time su se eliminirali ili minimizirali svi oblici rasipanja koji postoje prema Lean-u.

4.3. Uklanjanje „uskih grla“ u odjelu za praktikante

Sljedeći veoma bitan problem koji je potrebno riješiti su uska grla (njem. Engpass). Ukratko, usko grlo je ograničeni resurs poduzeća koji se provodi sporije od ostalih faza te time usporava ili u potpunosti blokira proizvodnju povećavajući pritom troškove i smanjujući učinkovitost. Zbog toga ih je veoma bitno identificirati i ukloniti. U Kostwein-u se, srećom, korištenjem Power-BI

softvera može na jednostavan način identificirati Engpass. Na slici 4.3.1. nalaze se kapaciteti za svaki stroj koji se nalazi u odjelu za praktikante za kalendarski tjedan W16 – W19. Ukoliko je pravokutnik za stroj zelene boje znači da kapacitet stroja nije maksimalno popunjen, ukoliko je crvene znači da je prenatrpan poslom. Idealno bi bilo da stroj je stroj u sredini, ni u zelenom, ni u crvenom polju ili barem što bliže sredini. Svaki stroj ima određen vlastiti kapacitet u broju otvorenih sati koji se mogu na njemu odraditi u periodu vremena. Ukoliko je kapacitet u idealnoj dostupnosti, on bi iznosio 0 i ne bi bio ni u zelenom, ni u crvenom polju. Za strojeve koji imaju premalo kapaciteta ti su otvoreni sati u plusu, što znači da se još x broj sati naloga može staviti na stroj da bi se popunio njegov kapacitet. Za strojeve koji su u crvenoj zoni je obrnuta situacija. Npr. za stroj 30025 18,6 sati je dostupno do granice kada bi stroj bio u idealnom kapacitetu. Ono što je na prvu uočljivo je to postoji poprilična neravnoteža kapaciteta strojeva. No, što je ovdje bitno napomenuti je to da je nemoguće da za svaki stroj bude kapacitet u nuli, već da se teži tome da budu čim bliže nuli. Stroj koji definitivno najviše iskače iz gomile je stroj pod oznakom 30080 koji ima čak 209,5 sati previše posla za svoje kapacitete. Tu su još strojevi 30074 s 87,8 sati previše posla i 30093 s 55 sata. Zato je logičan zaključak koji se iz ove slike može izvući jest da je stroj 30080 daleko najopasnije usko grlo, uz zasad manje opasna uska grla – strojeve 30074 i 30093.

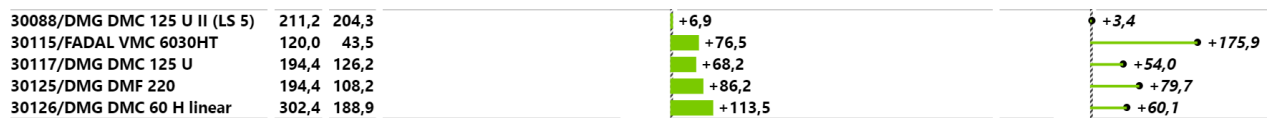


Slika 4.3.1. Kapaciteti strojeva odjela 33960 za kalendarske tjedne W16 – W19

(vlastiti rad autora)

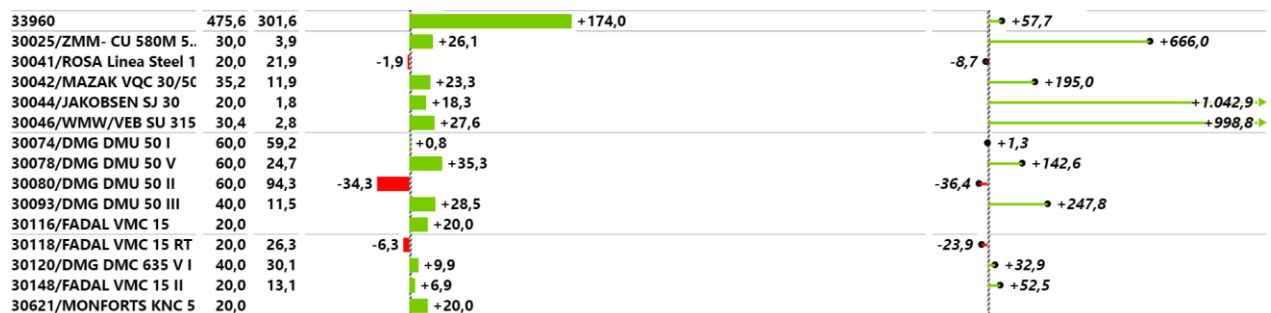
Identifikacijom uskih grla napravljen je prvi korak prema njihovoj eliminaciji. Uska grla mogu se eliminirati boljim upravljanjem kapacitetima i dostupnosti posla na strojevima. Zato se u 16. kalendarskom tjednu krenulo na prebacivanje posla sa strojeva 30080, 30074, 30093 na ostale strojeve. Sva tri stroja su, CNC glodalice 5-osni ili 4-osni strojevi slični karakteristika. Na slici 4.3.1. vidljivo je da u odjelu 33960 sve CNC glodalice (30074, 30078, 30080, 30093, 30116) imaju popunjene ili čak prepunjene kapacitete. Logičan idući korak je pregledati kapacitete strojeva u odjelu glodanja. Na slici 4.3.2. prikazani su kapaciteti CNC glodalica sličnih karakteristika kao strojevi s kojih se želi prebaciti posao. Čak 4 od 5 stroja su u zelenom području te zajedno mogu preuzeti oko 350 sati. Strojevi 30074, 30080 i 30093 zajedno imaju oko 350 sati viška kapaciteta. Tako da je to idealan slučaj gdje se gotovo sav posao s odjela praktikanata za ta 3 stroja, može

prebaciti na 4 stroja u odjelu glodanja – 33300. Time se kapacitet strojeva međusobno dopunjuje i prazni ovisno o potrebi. U idealnom slučaju, posao sa svih strojeva trebao bi se upotpuniti gotovo savršeno te bi svi trebali biti nule u slobodnim satima. No, u praksi rijetko što je idealno. S obzirom da svi strojevi nemaju apsolutno jednake karakteristike, ne mogu ni raditi potpuno isti posao glodanja. Razlika u 100 do 200 mm u dimenzijama koje prima stroj i rad u 4 ili 5 osi dovoljna je razlika da se ne može sav posao savršeno raspodijeliti među njima. Nakon prebacivanja posla, kapaciteti i strojeva koji su bili klasificirani kao usko grlo, prikazani su na slici 4.3.3. Višak posla od 209, 5 sati za stroj 30080 smanjen je na samo 34,3 sata, stroj 30093 sada je bliži nuli nego ranije, dok je stroj 30074 gotovo u idealnom području, sa samo 0,8 sati otvorene dostupnosti.



Slika 4.3.2. Kapaciteti CNC glodalica sličnih karakteristika u odjelu 33300

(vlastiti rad autora)



Slika 4.3.3. Kapaciteti strojeva odjela 33960 nakon prebacivanja posla (vlastiti rad autora)

5. Analiza rezultata

Nakon implementacije 6S metode, minimiziranja 7 vrsta rasipanja, uklanjanja uskih grla u proizvodnji i uravnoteživanja kapaciteta, vrijeme je za provjeru produktivne učinkovitosti. Implementiranje svih poboljšanja o kojima se pisalo u prošlom poglavlju trajalo je 10 tjedana (od W16 do W 25). Da bi rezultati bili vjerodostojni, uzet će se rezultati nakon implementacije Lean metodologije i to u vremenu od 6 tjedana. Ukratko, pregledat će se i usporediti koliko je puta produktivna učinkovitost u W26 – W31 postigla ciljanu vrijednost.

Na slici 5.1. vidljiva je produktivna učinkovitost odjela 33960 za 6 kalendarskih tjedana nakon završetka implementacija svih promjena u proizvodnju. Ono što se može odmah primijetiti je to da je učinkovitost proizvodnje za svaki tjedan iznosila preko željenog cilja! To je potkrijepljeno slikom 5.2. gdje su isti ti rezultati prikazani u grafičkom obliku. U idućim redovima detaljnije će se usporediti rezultati između 6 tjedana prije implementacije Lean alata i 6 tjedana nakon.

Woche	prod h	QS Verluste	prod h minus QS	Anwesenheitsstunden	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad kum	Ziel
26	366	4,21	362	771	46,99 %	46,99 %	45,74 %
27	459	2,23	457	800	57,12 %	54,40 %	45,80 %
28	442	23,07	419	764	54,86 %	54,59 %	45,86 %
29	424	3,93	420	781	53,69 %	54,32 %	45,92 %
30	368	13,68	355	769	46,08 %	52,46 %	45,98 %
31	357	5,43	351	716	49,04 %	51,87 %	46,03 %
Gesamt	2187	48,34	2139	4124	51,87 %	51,87 %	45,74 %

Standort/Mjesto/Location: Alle

Bereich/Odjel/Area: Alle

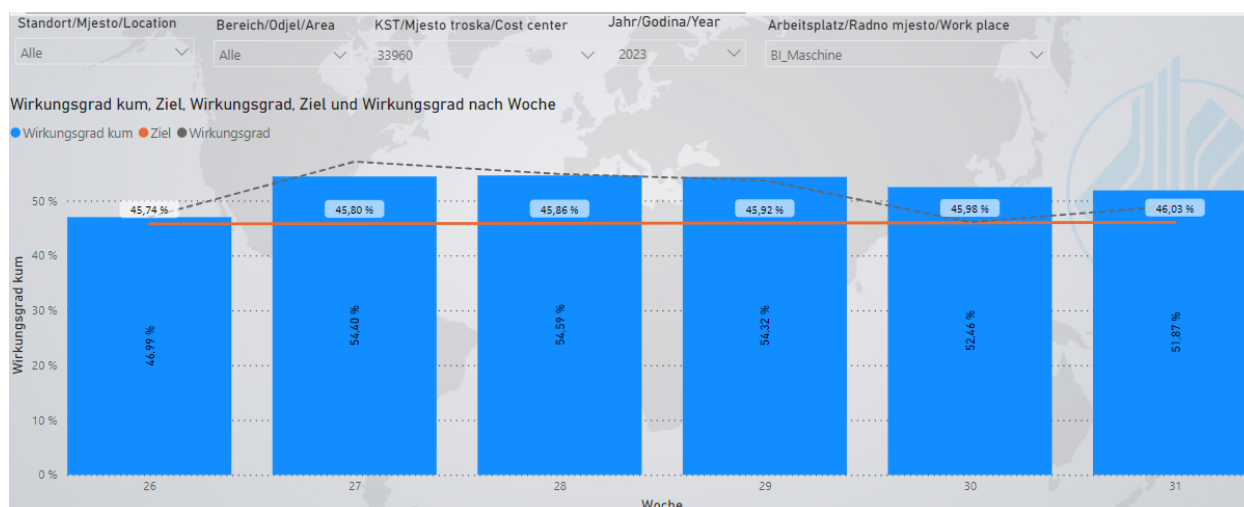
KST/Mjesto troska/Cost center: 33960

Jahr/Godina/Year: 2023

Arbeitsplatz/Radno mjesto/Work place: BI_Maschine

Slika 5.1. Produktivna učinkovitost odjela 33960 za 6 tjedana (W26 – W31)

(vlastiti rad autora)



Slika 5.2. Grafički prikaz produktivne učinkovitosti odjela 33960 za 6 tjedana (W26 – W31)

(vlastiti rad autora)

Tablica 5.1. Rezultati odjela 33960 u tjednima W16 – W21

Radni tjedan	Produktivni sati h	Reklamacije	Prod h-rekl	Prisutnost	Produktivna učinkovitost	Prod. učinkovitost (kumulat.)	Cilj	Produktivna učinkovitost–cilj
16	320	7,39	313	710	44,06 %	49,06 %	46,61 %	-2,55 %
17	304	4,23	299	706	42,38 %	48,65 %	46,67 %	-4,29 %
18	231	4,73	226	552	40,96 %	48,29 %	46,73 %	-5,77 %
19	295	5,19	290	638	45,47 %	48,15 %	46,78 %	-1,31 %
20	349	24,07	325	675	48,09 %	48,15 %	46,84 %	1,25 %
21	281	5,79	275	642	42,82 %	47,90 %	46,90 %	-4,08 %
SUM	1780	51	1728	3923	-	-	-	-16,75 %

Tablica 5.2. Rezultati odjela 33960 u tjednima W26 – W31

Radni tjedan	Produktivni sati	Reklamacije	Prod h-rekl	Ukupni br. sati	Produktivna učinkovitost	Prod. učinkovitost (kumulat.)	Cilj	Produktivna učinkovitost –cilj
26	362	0	362	771	46,99 %	46,99 %	45,74 %	+1,25 %
27	459	2,23	457	800	57,12 %	54,40 %	45,80 %	+11,32 %
28	442	23,07	419	764	54,86 %	54,59 %	45,86 %	+9 %
29	424	3,93	420	781	53,69 %	54,32 %	45,92 %	+7,77 %
30	368	13,68	355	769	46,08 %	52,46 %	45,98 %	+0,1 %
31	357	5,43	351	716	49,04 %	51,87 %	46,03 %	+3,01 %
SUM	2416	48	2364	4601	-	-	-	31,45 %

U posljednjem stupcu, prikazano je za koliko produktivna učinkovitost tog tjedna odstupa od cilja. Ukoliko je ona u minusu znači da cilj nije postignut. Ako je u plusu, situacija je obrnuta. U 6 tjedana, kada Lean nije bio kvalitetno implementiran, cilj je dostignut samo jednom, u 20. kalendarskom tjednu i to za 1,25 %. Najviše je bio u minusu u 18. kalendarskom tjednu, kada je iznosio za 5,77 % manje nego što je bio cilj. Nakon bolje provedbe Lean alata u proizvodnji, produktivna je učinkovitost 6 od 6 puta dosegla cilj. U kalendarskom tjednu 27 ona je iznosila čak 11,32 % više od cilja što je trenutni rekordni rezultat za odjel praktikanata. Nadalje, suma

produktivne učinkovitosti – ciljane produktivne učinkovitosti u W16 – W23 iznosi 16,75 % u minusu, dok je u W26 – W31 u plusu za čak 31,45 %!

Zašto je produktivna učinkovitost u takvom porastu? Kao što je objašnjeno u formuli (1) produktivna učinkovitost proporcionalan je broju produktivnih sati i obrnuto proporcionalna broju reklamacija. Zapravo, što više korisnih sati radnici provedu na poslu sa što manje reklamacija to je učinkovitost proizvodnje veća. Produktivni su sati u prvih šest tjedana iznosili 1780 sati, u kasnijih šest tjedana vrtoglavih 2416 sati. To je povećanje od čak 636 produktivnih sati u samo šest tjedana. Broj reklamacija se također smanjio, pao je s 51 na 48. To se ne čini kao veliki pad, no ukoliko bi se svakih šest tjedana broj reklamacija spustio za 3, to bi bio velik pomak u proizvodnji. Prisjetite se, u Lean-u se uvijek teži k savršenstvu konzistentnim poboljšanjima. I broj produktivnih sati i broj reklamacija smanjili su se upravo radi promjene cjelokupne strukture gdje su se kvalitetnom provedbom Lean alata u samo 10 tjedana postigla vidljiva poboljšanja. Smanjenjem rasipanja, implementacijom 6S metode i uklanjanjem uskih grla, ne samo da su se postigla poboljšanja u produktivnim satima i broju reklamacija, već su se desila i razna druga poboljšanja poput: uravnoteživanja kapaciteta, bolje dostupnosti posla i motivacije radnika, smanjenje zaliha, bolja preglednost, urednost, čistoća i sl. što su sve veoma bitni aspekti svake proizvodnje.

6. Zaključak

Zbog sve većih potreba kupaca i povećane konkurencije, na modernom tržištu mogu dugoročno opstati samo poduzeća s fleksibilnim sustavima. Fleksibilan sustav je taj sustav koji se može lako prilagoditi na nove izazove koji se nađu pred njime. Zbog toga se sve više poduzeća okreće prema Lean metodologiji, koja je naziv za skup alata, filozofija i metoda koje kao glavni cilj imaju povećanje prihoda kroz bolje iskorištenje proizvodnje. To znači da kvaliteta proizvoda ili usluge raste, a rasipanja ili gubitci opadaju. Sve aktivnosti i procesi koji ne pridodaju vrijednost konačnom rezultatu smatraju se rasipanjima te ih je potrebno minimizirati ili u potpunosti ukloniti. Kostwein je, prepoznavši prednosti koje nudi, Lean implementirao još davne 2002 .godine. Trenutno, jedino u odjelu za praktikante nije Lean implementiran u cijelosti. Uspoređivanjem statističkih podataka svakog odjela, u segmentima poput korisnosti, dostupnosti posla, broju objavljenih sati, broju reklamacija i ostalim gubitcima, uviđeno je da odjel praktikanata zaostaje za ostalim odjelima te redovito ne postiže postavljene ciljeve. Veliki razlog tome je lošija implementacija Lean-a u ovom odjelu zato što je „najmlađi“ odjel. Produktivna učinkovitost ovog odjela u zadnjih je šest tjedana samo jednom postigla željeni cilj, često daleko zaostavši za njime. Takt time, Poka-yoke, Just in time, Kaizen i Kanban samo su neki od Lean alata koji su se ,nakon kvalitetnog školovanja radnika, pravilno implementirali u odjel praktikanata. Svima njima djelovalo se na smanjivanje osam vrsta rasipanja (prekomjerna proizvodnja, čekanje, transport, prekomjerna obrada, nepotrebno gomilanje i skladištenje, nepotrebni koraci, škart i neiskorišten ljudski potencijal) koja sva izravno ili neizravno povećavaju troškove te smanjuju korisnost proizvodnje. Nadalje, zbog povećanih zastoja i kvarova na strojevima u odjelu, pojavila se potreba za eliminacijom „uskih grla“. Ukratko, usko grlo je ograničeni resurs poduzeća koji se provodi sporije od ostalih faza te time usporava ili u potpunosti blokira proizvodnju povećavajući pritom troškove i smanjujući učinkovitost proizvodnje. Boljim upravljanjem kapaciteta vlastitih strojeva te prebacivanjem posla između više odjela poduzeća, uspjela su se eliminirati tri uska grla odjela praktikanata, strojevi 30074, 30080 i 30093. Produktivna je učinkovitost, nakon kvalitetne implementacije Lean alata, doživjela procvat te je u svih narednih šest tjedana dosegla željenu vrijednost. Najveći razlog tome su povećanja broja produktivnih sati za čak 26,3 % i smanjenja reklamacija u iznosu od 5 %.

7. Literatura

- [1] <https://refinedimpact.com/4-good-examples-of-companies-that-use-lean-manufacturing/> (pristupljeno: 11.06.2023.)
- [2] Kondić Ž., Maglić L., (2008.): Poboljšavanja u sustavu upravljanja kvalitetom metodologijom „Lean Six Sigma“, Tehnički vjesnik, Sveučilište Osijek
- [3] <https://www.pocketbook.co.uk/blog/2015/06/02/taiichi-ohno-lean-production/> (pristupljeno: 11.06.2023.)
- [4] Jeffrey K. Liker (2004.): The Toyota Way; 14 Management Principles, Michigan
- [5] Pipunić A. i Grubišić D., (2014.) Suvremeni pristup poboljšanjima poslovnih procesa i poslovna uspješnost, Ekonomska misao i praksa br 2. str. 535 – 588, Dubrovnik
- [6] <https://www.planettogether.com/blog/five-principles-of-lean-manufacturing/> (pristupljeno: 11.06.2023.)
- [7] Žvorc M., (2013.) Lean menadžment u neproizvodnoj organizaciji, Ekonomski vjesnik br. 2/2013, str. 695 – 709, Osijek
- [8] IQxperts GmbH (2010.) Lean production management, Graz,
- [9] <https://www.lean.org/explore-lean/what-is-lean> (pristupljeno 25.06.2023.)
- [10] <https://kostwein.at/> (pristupljeno: 23.07.2023.)
- [11] <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/lean-production>(pristupljeno 11.08.2023.)
- [12] <https://www.reliableplant.com/Read/14245/heijunka> (pristupljeno 11.08.2023.)
- [13] <https://www.graphicproducts.com/articles/what-is-5s/> (pristupljeno 11.08.2023.)
- [14] <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-poka-yoke>(pristupljeno 25.08.2023.)
- [15] <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/outsourcing> (pristupljeno 20.08.2023.)
- [16] <https://www.upkeep.com/learning/production-efficiency/> (pristupljeno 20.08.2023.)
- [17] http://imi.fon.bg.ac.rs/kontinualno-poboljsavanje-proizvodnje/wp-content/uploads/sites/14/03_Eliminisanje-rasipanja.pdf (pristupljeno 22.08.2023.)
- [18] <https://www.atlassian.com/software/jira/service-management> (pristupljeno 23.08.2023.)
- [19] <https://www.linkedin.com/pulse/8-wastes-lean-manufacturing-kareem-radwan>, (pristupljeno 25.08.2023.)
- [20] P. Rušev (2017.), Analiza načina kontrole zaliha, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, FPZ

Popis slika

Slika 1.1.: Prikaz krivulje dobiti i gubitaka u vremenu u Lean-u [1]

Slika 1.2. Principi upravljanja u Lean proizvodnji [2]

Slika 2.1. Taiichi Ohno – začetnik Lean filozofije [3]

Slika 2.2: Osnovnih pet principa Lean metodologije [6]

Slika 3.1.1. Najbitnije stavke proizvodnje na koje djeluje Lean [8]

Slika 3.1.2. Problemi koje stvara prekomjerna proizvodnja [8]

Slika 3.1.3. Problemi koje stvara prekomjerno skladištenje [8]

Slika 3.1.4. Problemi koje stvara zastoje [8]

Slika 3.1.5. Problemi koje stvara neispravan proizvod – škart [8]

Slika 3.2.1. Kostwein u 1920-im godinama [10]

Slika 3.2.2: Hoblerica – prvi vlastiti proizvod poduzeća Kostwein [10]

Slika 3.2.3.:Prikaz Kostwein podružnica u svijetu [10]

Slika 3.2.4: Kostwein podružnica u Trnovcu Bartolovečkom [10]

Slika 3.3.1.1. Kanban ploča s karticama (preuzeto s Kostwein interne stranice)

Slika 3.3.2.1. Tri najbitnije stavke na koje djeluje Heijunka [12]

Slika 3.3.2.2. Korištenje Heijunka tehnike u Kostwein-u (preuzeto s Kostwein interne stranice)

Slika 3.3.4.1. Pet koraka 5S metode [14]

Slika 3.3.4.2. Crveno označavanje nepoznatih/izgubljenih predmeta [2]

Slika 3.3.4.3. Trake različitih boja koriste se za označavanje komada u različitim situacijama (vlastiti rad autora)

Slika 3.3.4.4. Korištenje ljepljivih traka za prikaz mjesta na kojem se određeni stroj/predmet nalazi (vlastiti rad autora)

Slika 3.3.4.5. Uredan raspored alata s odgovarajućom oznakom iznad (vlastiti rad autora)

Slika 3.3.4.6. Prikaz primjene 5S metode na policama skladišta (vlastiti rad autora)

Slika 3.3.4.7. Radnik je taj koji je zadužen za održavanje svog radnog prostora čistim [4]

Slika 3.3.4.8. Ploča s uputama za rad i ostalim bitnim informacijama (vlastiti rad autora)

Slika 3.3.4.9. 6S metoda – 5S + sigurnost [12]

Slika 4.1. Sučelje Power-BI alata u Kostwein-u (vlastiti rad autora)

Slika 4.2. Produktivna učinkovitost odjela 33960 za W13 2023. (vlastiti rad autora)

Slika 4.3. Produktivna učinkovitost odjela 33960 za 6 kalendarskih tjedana (W16 – W21) (vlastiti rad autora)

Slika 4.4. Grafički prikaz produktivne učinkovitosti za razdoblje od 6 tjedana (W16 – W21) (vlastiti rad autora)

Slika 4.5. Tortni dijagram produktivnih, nužnih neproduktivnih aktivnosti i rasipanja [17]

Slika 4.1.1. Oznake na podu za prohodne puteve i kolica s materijalom (vlastiti rad autora)

Slika 4.1.2. Oznake na podu za prohodne puteve i palete s gotovim komadima (vlastiti rad autora)

Slika 4.1.3. Oznake na podu za kolica i palete s materijalom (vlastiti rad autora)

Slika 4.1.4. Radno mjesto nakon prva 3 koraka 6S metode (vlastiti rad autora)

Slika 4.1.5. Radna ploča s svim bitnim obavijestima, zadacima i uputama (vlastiti rad autora)

Slika 4.1.6. Sučelje Kostwein Maschinenbau JIRA softvera (vlastiti rad autora)

Slika 4.1.7. Jira zadatak za izradu nove stalaže za tokarske naprave (vlastiti rad autora)

Slika 4.2.1. Osam osnovnih vrsta gubitaka prema Lean-u [18]

Slika 4.2.2. Grafikon koji prikazuje odnos troškova i veličine serije [19]

Slika 4.2.3. Dosadašnji tijek proizvodnje s jednom zalihom materijala (vlastiti rad autora)

Slika 4.2.4. Predloženi tijek proizvodnje s više zaliha materijala (vlastiti rad autora)

Slika 4.2.5. Kaizen i WCM u teoriji i praktičnoj primjeni u Kostwein-u (vlastiti rad autora)

Slika 4.3.1. Kapaciteti strojeva odjela 33960 za kalendarske tjedna W16 – W19 (vlastiti rad autora)

Slika 4.3.2. Kapaciteti CNC glodalica sličnih karakteristika u odjelu 33300 (vlastiti rad autora)

Slika 4.3.3. Kapaciteti strojeva odjela 33960 nakon prebacivanja posla (vlastiti rad autora)

Slika 5.1. Produktivna učinkovitost odjela 33960 za 6 tjedana (W26 – W31) (vlastiti rad autora)

Slika 5.2. Grafički prikaz produktivne učinkovitosti odjela 33960 za 6 tjedana (W26 – W31) (vlastiti rad autora)

Popis tablica

Tablica 4.2.1. Proizvodnja artikala s osnovnim informacijama izrade

Tablica 5.1. Rezultati odjela 33960 u tjednima W16 – W21

Tablica 5.2. Rezultati odjela 33960 u tjednima W26 – W31