

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

OPTIMIZACIJA KAKOVOSTI NA ODDELKU PREDOBDELAVE V IZBRANEM PODJETJU

Kandidatka: Vanja Roze

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščić

Mentor v podjetju: Gregor Nadelsberger, dipl. inž. str.

Lektorica: Aleksandra Bolčević, mag. prof. slov. jezika in knjiž.

Maribor, 2021

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani/a Vanja Roze sem avtorica diplomskega dela z naslovom Optimizacija kakovosti na oddelku predobdelave v izbranem podjetju, ki sem ga napisala pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, junij 2021

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Darku Friščiću za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se družini in prijateljem za nenehno podporo v letih izobraževanja. Posebna zahvala gre mojemu možu, ki mi je ves čas študija stal ob strani in me navdušil nad strojništvom. Hvala, Bojan.

Hvala prijateljici Aleksandri Bolčević za jezikovni pregled diplomskega dela.

Prav tako se zahvaljujem sodelavcem in podjetju Palfinger d.o.o. za pridobljene podatke in priložnost opravljanja diplomskega dela.

POVZETEK

V 18. stoletju so se pričele razvijati organizacijske strukture v proizvodnih podjetjih. Serijska proizvodnja je zahtevala optimizacijo procesov v podjetjih, tako v proizvodnji kot v podpornih službah.

Konkurenčno podjetje je primorano spreminjati proizvodne procese, s katerimi dosežejo učinkovitost, fleksibilnost in vitkost proizvodnega sistema.

Nenehne izboljšave, optimiziran proces, zadovoljni zaposleni dokazano znižujejo stroške dela. Podjetje, ki se zaveda konkurenčnih prednosti, se poslužuje metod in orodij vitke proizvodnje.

Obvladovanje kakovosti je v proizvodnih podjetjih zelo kompleksna naloga, saj zahteva celovit pristop k organizaciji, vodenju in načrtovanju vseh procesov proizvodnje. Prilagojene različice so se začele uveljavljati po vsem svetu, tudi slovenska podjetja upravljajo že vsaj eno od naprednih metod vitke proizvodnje. Vrsta izbrane metode je odvisna od proizvodnih potreb, ki se skladajo s proizvodno filozofijo.

Ključ uspeha in predvidenega cilja je temeljito in natančno uvajanje. Nad doslednim uvajanjem mora bdeti izkušen kader. Metode vitke proizvodnje morajo biti poznane vsakemu zaposlenemu. Nekateri izmed učinkovitih pristopov k povečanju kakovosti so metoda SMED, uravnoteženost procesov in 6-Sigma.

S predvideno uvedbo metod vitke proizvodnje želim prikazati, kako povečati kakovost in produktivnost podjetja na oddelku predobdelave.

Z uvedbo metode SMED in uravnoteženostjo procesa želim prikazati, kako skrajšati proizvodne čase, zmanjšati izmet in zagotoviti pravočasno dobavo polizdelkov.

Ključne besede: kakovost, vitka proizvodnja, metoda SMED, uravnoteženost procesov, oddelek predobdelave.

ZUSAMMENFASSUNG

Optimierung der Qualität in der Anarbeitungsabteilung eines ausgewählten Unternehmens

Im 18. Jahrhundert entwickelten sich innerhalb der Produktionsfirmen diverse organisatorische Strukturen. Die Serienherstellung forderte in den Unternehmen die Prozessoptimierung – wie in allgemeiner Produktion als auch in Unterstützungsdiensten. Das Konkurrenzunternehmen ist somit in die Herstellungsprozessänderung gezwungen; demzufolge werden Effizienz, Flexibilität und schlankes Produktionssystem erzielt. Ständige Verbesserungen, Prozessoptimierungen und zufriedengestellte Angestellte senken die nachgewiesenen vorhandenen Arbeitskosten. Das Unternehmen, das sich den Konkurrenzvorteilen ganzheitlich bewusst ist, bedient sich der Methoden und Instrumenten schlanker Produktion.

Die Überwindung der Qualität innerhalb der Produktionsfirmen ist eine komplexe Aufgabe, da sie einen ganzheitlichen Ansatz Richtung Organisation, Führung und Planung der gesamten Produktionsprozesse fordert. Heutzutage haben sich angepasste Ausführungen weltweit durchgesetzt – auch slowenische Unternehmen verwalten mindestens eine von vielen fortschrittlichen Methoden schlanker Produktion. Welche Methode ausgewählt wird, ist von den Produktionsbedürfnissen abhängig, die der Produktionsphilosophie entsprechen. Der Schlüssel zum Erfolg und vorgesehenen Ziel ist die gründliche und detaillierte Bereitstellung. Die konsequente Bereitstellung beaufsichtigt das erfahrene Personal. Die Methoden der schlanken Produktion sollten allen Angestellten bekannt sein. Im Folgenden ist eine der effizientesten Ansätze rundum der Qualitätserweiterung die sog. SMED-Methode, zu erwähnen sind hierzu auch Prozessausgleichung und 6 Sigma.

Mit vorgesehener Einführung der schlanken Produktion wollten wir im Großen und Ganzen zeigen, wie die Qualität und Unternehmensproduktivität in der Abteilung der Vorbehandlung gesteigert werden kann. Mit Einführung der SMED-Methode und Prozessausgeglichenheit wird beleuchtet, wie diverse Produktionszeiten oder Ausschüsse gesenkt und rechtzeitige Lieferungen der Halbfertigwaren gewährleistet werden können.

Schlüsselwörter: Qualität, schlanke Produktion, SMED-Methode, Prozessausgeglichenheit, Abteilung der Vorbehandlung.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	7
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	7
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	8
2	TEORETIČNA IZHODIŠČA VITKE PROIZVODNJE	9
2.1	KONCEPT VITKE PROIZVODNJE	9
2.2	NAČELA VITKE PROIZVODNJE	10
2.2.1	<i>Prepoznati vrednost procesa s strani kupca</i>	<i>11</i>
2.2.2	<i>Identificirati vrednostni tok</i>	<i>12</i>
2.2.3	<i>Ustvariti neprekinjen tok materiala</i>	<i>12</i>
2.2.4	<i>Vzpostaviti sistem vlečenja (Pull)</i>	<i>13</i>
2.2.5	<i>Iskati popolnost, izboljšave</i>	<i>13</i>
2.3	IZBOR METOD ZA IZVEDBO VITKE PROIZVODNJE PRI OPTIMIZIRANJU KAKOVOSTI	14
2.3.1	<i>Metoda SMED</i>	<i>16</i>
2.3.2	<i>Uravnoteženost procesov</i>	<i>25</i>
2.3.3	<i>6-Sigma</i>	<i>27</i>
3	VITKA PROIZVODNJA V PODJETJU PALFINGER D.O.O.	32
3.1	PREDSTAVITEV PODJETJA PALFINGER D.O.O.	32
3.2	ODDELEK PREDOBDELAVE	35
3.3	ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	37
3.4	PRIMERJAVA STANJA PRED IN PO PREDVIDENI UVEDBI IZBRANIH METOD VITKE PROIZVODNJE V ODDELEK	38
3.5	DISKUSIJA	44
4	SKLEP	46
5	VIRI, LITERATURA	48

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	PET KLJUČNIH NAČEL VITKE PROIZVODNJE	11
SLIKA 2:	GRADNIKI VITKE PROIZVODNJE	14
SLIKA 3:	POSTOPEK SMED	19
SLIKA 4:	FAZA 0	20
SLIKA 5:	FAZA 1	20

SLIKA 6: FAZA 2.....	22
SLIKA 7: FAZA 3.....	23
SLIKA 8: 6-SIGMA – DMAIC.....	29
SLIKA 9: ORODJA IN TEHNIKE KAKOVOSTI V METODOLOGIJI DMAIC.....	30
SLIKA 10: PRIMER KAMIONSKEGA DVIGALA	33
SLIKA 11: TLORIS PODJETJA	34
SLIKA 12: ODDELEK PREDOBDELAVE.....	36
SLIKA 13: CNC AXA.....	39
SLIKA 14: PRIVIJANJE POZICIJE	40
SLIKA 15: CNC AXA 2.....	41
SLIKA 16: VPENJALNIK Z DVOJNO ZAGOZDO	42

KAZALO TABEL

TABELA 1: »TAKT TIME« – PRIMER	27
TABELA 2: PRIMER URAVNOTEŽENEGA PROCESA.....	42
TABELA 3: ANALIZA	43

OKRAJŠAVE IN KRATICE

Vrednost	Pomen
TPM	Toyota Production System – proizvodni sistem Toyote
JIT	Just in Time – ravno ob pravem času
SMED	Single Minute Exchange Die – hitra menjava in nastavitev orodij
7 W	7 Waste – sedem izgub
TPM	Total Productive Maintenance – celovito produktivno vzdrževanje
OEE	Overall Equipment Effectiveness – skupna učinkovitost opreme
CTQ	Critical to Quality – kritične značilnosti kakovosti
BF	BleCHFertigung – predobdelava

1 UVOD

Za podjetja je zelo pomembno učinkovito optimiziranje proizvodnih procesov. Pri tem si lahko pomagamo z ustrezno metodologijo, saj velikokrat prav pravilna metodologija omogoča veliko sprememb, ki pripomorejo k večji učinkovitosti in uspešnosti proizvodnih procesov. Učinkovitost proizvodnih procesov merimo s pomočjo raznih kazalnikov z rezultati porabe virov, uporabljenih za pretvorbo vhodnih veličin v izhodne. Največkrat je predstavljena v obliki časa in/ali stroškov, porabljenih za izvedbo procesa.

Optimizacija procesov se kaže v tipizaciji in standardizaciji. Z vidika optimizacije poslovanja podjetja se najprej opredelijo trije temeljni poslovni gradniki. To so organizacija, ki združuje človeške in druge vire za smotrno izvajanje proizvodnih procesov in uresničevanje zastavljenih ciljev, proizvodni procesi, ki pomenijo zaporedje ciljno usmerjenih aktivnosti, namenjenih uporabi resursov, in resursi ali viri, ki omogočajo izvajanje proizvodnih procesov. Pri optimizaciji moramo izbrati med tehnološkim in procesnim pristopom. Pri izbiri še vedno prevladuje tehnološki namesto procesni pristop.

Vodenje (in izboljševanje) proizvodnih procesov je zahtevna naloga sleherne organizacije. Organizacijam so pri vodenju in izboljševanju procesov na voljo številne metode, orodja. Pri prilagajanju podjetij novim izzivom opažamo v zadnjih desetletjih kar nekaj obdobj ali usmeritev, metod, orodij in pristopov, s katerimi poskušajo podjetja odgovarjati na spremembe okolja in potrebe kupca. Pogledi na prenovo proizvodnje so se korenito spreminjali in se še vedno spreminjajo ter sproti prilagajajo okolju in potrebam proizvodnje.

Načelo vitke proizvodnje je zaznavanje vseh izgub v proizvodnem procesu. Njen cilj je sledenje k popolnosti. To za podjetje pomeni, da zaposleni ne smejo biti zadovoljni z doseženim, temveč morajo iskati metode in načine za izboljšavo procesa. Iskati je potrebno način, kako izboljšati kakovost, optimizirati opremo in proizvodni proces, zmanjšati izmet, narediti izdelek hitreje, lažje in bolje.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Služba zagotavljanja kakovosti ne vključuje samo dela v proizvodnji, temveč tudi postopke in dela, ki se morajo izvajati v skladu s predpisanimi standardi. Kakovost nedvomno prispeva k rasti podjetja, ta se v največji meri izraža v proizvodnem procesu. V proizvodnem obratu predobdelave se pretaka velika količina proizvodov in veliko število procesov. To je velikokrat

razlog za napake in potencialno slabo kakovost. Nekakovosten izdelek za obrat pomeni izmet, ki je zavržen material ali pa izdelek z napako potreben popravila. V obeh primerih pomeni izgubo časa. Največja napaka je takrat, kadar slab izdelek potuje v proizvodnem procesu v naslednji oddelek ali celo do kupca. Sledi reklamacija, ki povzroči ne samo visoke stroške, temveč tudi nezaupanje kupca do proizvajalca. Zmanjšanje izmeta oziroma nastalih izgub je potrebno reševati sistematično. Metode vitke proizvodnje doprinesejo podjetju učinkovitejše zniževanje izgub, večjo izkoriščenost delovne sile, priložnost zaposlenih za izboljšave, prepoznavanje potencialnih napak, predvsem pa novo znanje delavcem.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je izboljšanje kakovosti v oddelku predobdelave z izbranimi metodami vitke proizvodnje.

Cilj diplomskega dela je analizirati obstoječo stanje, izbrati ustrezne metode za uvedbo vitke proizvodnje in tekom preučevanja literature določiti vpliv uvedbe metode na delovni proces, predvsem pa pokazati izboljšave in doseči rešitev.

Diplomsko delo temelji na naslednjih hipotezah:

- H1: Z metodami vitke proizvodnje lahko optimiziramo kakovost v oddelku predobdelave.
- H2: Z vpeljavo metode SMED v delovni proces dosežemo večjo kvaliteto izdelkov.
- H3: Uravnoteženost procesa v oddelku predobdelave doprinese podjetju večjo kakovost in produktivnost izdelkov.

1.3 Predpostavke in omejitve

Naša predpostavka je, da je mogoče z uvedbo metode SMED občutno zmanjšati čas menjav orodja, ki zavirajo izkoriščenost in produktivnost proizvodnega sistema. S tem bi pridobili krajši čas menjave orodja, izdelek brez napak, ničelni izmet. V delu se bom omejila na menjavo orodja na enem obdelovalnem stroju (CNC AXA).

Uporabljena je literatura s področja organizacije proizvodnje, zato so nekateri podatki predstavljeni le okvirno.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

V diplomskem delu so uporabljene naslednje raziskovalne metode:

- metoda deskripcije (za opisovanje dejstev in pojavov);
- metoda kompilacije (za uporabo navedb, citatov);
- metoda zbiranja podatkov iz internetnih virov;
- stališča in sklepi drugih avtorjev, lastna analiza in izkušnje.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA VITKE PROIZVODNJE

2.1 *Koncept vitke proizvodnje*

Koncept vitke proizvodnje izvira iz Toyote, kjer so ustanovitelji predani odličnosti. TPS (Toyota Production System) temelji na filozofiji odličnosti in se ponaša z naslednjim razvojnim korakom od izuma masovne proizvodnje in tekočega traku. Leta 1983 si je ustanovitelj Toyota Motor Company (K. Toyoda) prizadeval odstraniti časovne izgube iz proizvodnega in materialnega toka. Njegovo glavno vodilo je bilo »ne dobaviti izdelke prekmalu ali prepozno«. S tem pravilom je dosegel bistvo in začetek izgradnje TPS oziroma vitke proizvodnje, kot jo poznamo danes.

TPS ima zametke v času po drugi svetovni vojni iz časa takratnega predsednika Toyote E. Toyoda. Predsednik E. Toyoda je v letu 1950 obiskoval tovarne v ZDA, med drugimi tudi tovarno Ford. T. Ohno je imel pred seboj izziv izboljšati proizvodne procese v Toyoti in doseči enako produktivnost, kot jo je imel Ford. T. Ohno je imel zahtevno nalogo, saj so bili Toyotini viri omejeni, medtem ko so pri Fordu imeli velikanski trg in velike količine denarja. Najprej je Ohno opazil, da imajo pri Fordu veliko opreme za proizvodnjo polizdelkov, namenjenih uporabi v prihodnjem procesu. Tukaj je videl rezerve, ki jih je zaznal tudi pri povečanju fleksibilnosti proizvodne opreme in transportnih proizvodnih poti. Začel je prakticirati »single piece flow«, kar pomeni prehajanje enega kosa polizdelka iz procesa v proces brez zalog. Preučil je poti materialov, proizvodnih procesov in gibov. Poslužil se je logike marketa, kjer kupec vzame-kupi izdelek s police, nato pa se police napolnijo z izdelki za naslednjega kupca. V avtomobilski proizvodnji proces sproži naročilo kupca avtomobila, sledi dobava materiala in izdelava samo v količini, ki je potrebna za proces. Ta pristop so nadgrajevali in izboljševali. Izraz vitka proizvodnja so uveljavili med letoma 1991 in 1996, in sicer Womack, Jones in Roos. Ta izraz so prvič uporabili v knjigah *The Machine That Change The World* in *Lean Thinking* (Liker, 2004).

Vitka proizvodnja se nanaša na vse poslovne procese, predvsem pa ima vpliv na finančno in materialno poslovanje organizacije. Z vidika podjetja to pomeni pristop k upravljanju procesov, katerih namen je zmanjševanje izgub v proizvodnji, z vidika kupca pa pomeni razumevanje potreb kupca in ustvarjanje maksimalne vrednosti z minimalnimi izgubami. Koncept vitke proizvodnje se lahko uporablja tudi v storitvenih dejavnostih, ki se nanašajo na upravljanje procesov kakovostnega izvajanja (Trent, 2008).

2.2 Načela vitke proizvodnje

Posplošeno pomeni vitkost ustvarjanje večje vrednosti za stranke z manj viri.

Vitka organizacija razume vrednost kupca in svoje ključne procese osredotoča na nenehno povečevanje. Končni cilj je zagotoviti stranki popolno vrednost s popolnim postopkom ustvarjanja vrednosti, v katerem ni odpadkov. Za doseg tega cilja vitko razmišljanje spremeni poudarek upravljanja z optimizacije ločenih tehnologij, sredstev in vertikalnih oddelkov na optimizacijo pretoka izdelkov in storitev skozi celotne tokove vrednosti, ki tečejo vodoravno med tehnologijami, sredstvi in oddelki.

Odprava odpadkov vzdolž celotnih tokov vrednosti namesto na osamljenih točkah ustvarja procese, ki potrebujejo manj človeškega truda, manj prostora, manj kapitala in manj časa za izdelavo izdelkov in storitev z veliko manjšimi stroški in z veliko manj napakami v primerjavi s tradicionalnimi poslovnimi sistemi. Podjetja se lahko na spreminjajoče se želje strank odzovejo z veliko raznolikostjo, kakovostjo, poceni in zelo hitrim časom pretoka. Prav tako upravljanje informacij postane veliko preprostejše in natančnejše.

Pet ključnih načel za delovanje vitke proizvodnje:

1. Prepoznati vrednost procesa s strani kupca.
2. Identificirati vrednostni tok.
3. Ustvariti neprekinjen tok materiala.
4. Vzpostaviti sistem vlečenja (pull).
5. Iskati popolnost, izboljšave.



Slika 1: Pet ključnih načel vitke proizvodnje

Vir: (<https://www.lean.org/whatslean/principles.cfm>)

Petstopenjski miselni postopek za vodenje vitkih tehnik si je enostavno zapomniti, ni pa ga vedno lahko doseči. Potrebno je ugotoviti vrednost s stališča končnega kupca glede na družino izdelkov. Najti vse korake v toku vrednosti za vsako družino izdelkov in po možnosti odstraniti tiste korake, ki ne ustvarjajo vrednosti. Poskrbeti je potrebno, da se bodo koraki za ustvarjanje vrednosti izvajali v tesnem zaporedju, tako da bo izdelek brez vmesnih težav pri kupcu (od oddelka do oddelka). Z določitvijo vrednosti se identificirajo tokovi vrednosti, odstranijo se zapravljeni koraki, uvedeta se pretok in vlečenje. Postopek je potrebno ponovno zagnati in ponavljati, dokler se ne doseže stanje popolnosti, v katerem se ustvari popolna vrednost brez odpadkov, izmeta (Lean Enterprise Institute, 2021).

Jones in Womack sta opredelila podjetje kot sistem, ki ustvarja vrednost za kupca v učinkovitem toku brez izgub, kjer naslednje faze "vlečejo" material od predhodnih glede na porabo. Pri tem vsi sodelujoči rešujejo probleme, ki jih vidijo kot ovire na poti do cilja (Womack & Jones, 2003).

2.2.1 Prepoznati vrednost procesa s strani kupca

Vrednost je vse, za kar je kupec pripravljen plačati. Kupčeve potrebe so na prvem mestu. Zadovoljitev kupčeve potrebe v željenem času in za sprejemljivo ceno pomeni, da je kupec

zaznal vrednost v tem izdelku. Besede kupec, izdelek in dobavitelj se nanašajo tudi na druge odnose med različnimi procesnimi koraki. Izdelek je lahko načrt, informacija, storitev, pozicija. Kot kupca se lahko obravnava tudi naslednjo delovno operacijo v podjetju (procesni korak – interni kupec). Vrednost izdelka določa kupec, proizvajalec pa to vrednost ustvarja (Womack & Jones, 2003).

2.2.2 *Identificirati vrednostni tok*

Cilj proizvodnega procesa je pretvorba vhodov v izhode ob uporabi potrebnih virov. V praksi to pomeni pretvorba v izdelke iz surovin in polizdelkov. Vrednostni tok zajema aktivnosti od naročila, izdelave koncepta, razvoja do izvedbe in dobave ter plačila. V podjetju teče veliko vrednostnih tokov za vsak posamezen proizvod, ki ima načeloma specifične zahteve, zato za vsak dobavljen proizvod kupcu analiziramo svoj tok vrednosti (Womack & Jones, 2003).

2.2.3 *Ustvariti neprekinjen tok materiala*

Tok materiala je način gibanja med koraki procesa. Idealno bi bilo, če bi bilo to gibanje čimbolj tekoče, brez motenj in zastojev. Zaželen tok materiala z vidika vitke proizvodnje je proizvodnja in izdelava samo enega kosa naenkrat. V praksi to pomeni, da se na vsakem koraku produkt obdelava in takoj pošlje v naslednjo operacijo brez vmesne zaloge. »Just in Time« (JIT) je sinonim za nemoten pretok materiala. Neprekinjen tok materiala pomeni proizvesti ravno toliko, kolikor zahteva (vleče) naslednja operacija. Bodisi gre za polizdelke v procesu ali za gotove izdelke v pravem času. Podjetja imajo načeloma drugačno organizacijo dela. Obdelovanci potujejo v paketih namesto, da bi bil vsak kos posebej poslan na naslednjo operacijo. Tako obdelovanec čaka, da je obdelan celoten paket in nato poslan naprej. Tak način dela se imenuje združevanje in razvrščanje dela v pakete in pomeni večjo zasedenost in izkoriščenost opreme in zaposlenih. Največja izguba je takrat, kadar vsi čakajo na obdelavo enega kosa. Tak način dela upravičujejo z večjo učinkovitostjo. Nemoten pretok materiala v procesu prinaša veliko prednosti: krajši pretočni čas, manjše vmesne zaloge, racionalnejša izraba virov in boljša ter hitrejša odzivnost v primeru napak in sprememb. Z nevarnostmi se srečamo, kadar so vmesne zaloge odpravljene in imamo težave ali zastoj na posamezni operaciji. Takrat se najprej ustavi naslednja operacija, nato pa cela veriga. Takšni zastoji so v proizvodnji nezaželeni, zato so vmesne zaloge in varnostne zaloge nekaj povsem običajnega.

Toyota je takšen primer videl kot možnost za izboljšavo, na kateri je potrebno ugotoviti vzrok in preprečiti ponovitev s pravilnimi ukrepi (Womack & Jones, 2003).

2.2.4 Vzpostaviti sistem vlečenja (Pull)

Sistem vlečenja materiala oz. poteg določa način, kako se bo pretok materiala odvijal. Je način pretoka materiala, ko naslednji korak v proizvodnji določa, kaj, kdaj in koliko se bo premaknilo v naslednji korak.

Za takšen sistem morajo biti izpolnjeni določeni pogoji. Ustvarjen mora biti dogovor o številu kosov, ki se pošljejo v naslednjo operacijo, določen mora biti način sporazumevanja, da je potreba po kosih, npr. s praznim zalogovnikom, pomemben je način transporta in lokacija za produkte. Vsaka operacija proizvede ravno toliko kosov, kot jih naslednja potrebuje.

2.2.5 Iskati popolnost, izboljšave

Za uspešno uvedbo vitke proizvodnje je potrebna zavest vodstva, da gre za proces, ki ne bo nikoli zaključen in terja nenehne izboljšave.

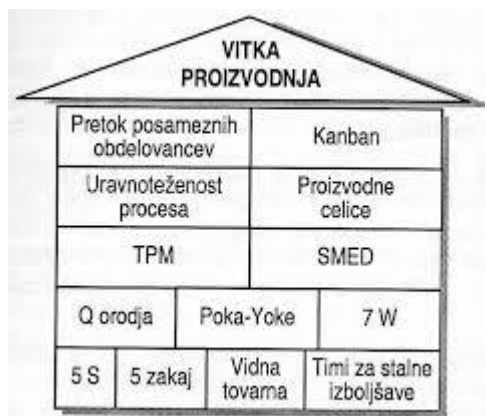
S. Shigeo je priporočil naslednje smernice:

1. Sprememba miselnosti pri vodstvu in delavcih v proizvodnji. Pomembno je zavedanje, da je bistvo vsega odkrivanje in odstranjevanje izgub v procesih.
2. Priporoča, da se zaloge zmanjšujejo postopoma, saj bi nenadna ukinitve zalog imela katastrofalne učinke (nepredvideni pojavi – napake, pomanjkanje materiala). V začetnem sistemu uvajanja TPS se varnostna zalog hrani, vendar se ne uporablja, razen če se pojavi nujna potreba in se jo takrat izposodi in naslednji dan vrne v skladišče.
3. Potrebno je narediti analizo vzrokov za napake v procesih in določiti aktivnosti za preprečitev.
4. V primeru večjih napak se proizvodnja ustavi in se vzroki zanje odpravijo.
5. Uvajanje hitrih menjav (SMED).
6. Uvajanje manjših velikosti proizvodnih serij.
7. Izpolnjeni pogoji za nemoten pretok materiala.

8. Prerazporeditev delovnih mest za zmanjšanje transporta.
9. Uravnoteženje proizvodnje z vidika enakomerne razporeditve proizvodnega programa v obdobju enega tedna do desetih dni vnaprej.
10. Možnost posluževanja sistema, kjer delavci delajo na več strojih istočasno.
11. Uvajanje avtomatizacije po meri človeka.
12. »Zero defects« (proizvodnja brez napak).
13. Kanban sistem za oskrbo proizvodnje (Shigeo, A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint, 1989).

2.3 Izbor metod za izvedbo vitke proizvodnje pri optimiziranju kakovosti

Ob pričetku ukvarjanja podjetja z vitko proizvodnjo nastopi največja odločitev, in sicer katero metodo izbrati. Gradniki sistema so predstavljeni v obliki hiše. Elementi med seboj delujejo povezano. Na kratko bodo predstavljeni.



Slika 2: Gradniki vitke proizvodnje

Vir: (Ljubič, 2000)

Metoda **5S** predstavlja korake nenehne izboljšave. Koraki sledijo v naslednjem vrstnem redu: »Simplify«, »Scrub«, »Straighten«, »Stabilize«, »Sustain«. »Simplify« pomeni odstraniti in poenostaviti tisto, kar ne dodaja dodane vrednosti. »Scrub« predstavlja čistočo in vzdrževanje reda na vseh področjih. »Straighten« pomeni urejati organizacijo in označevanje. »Stabilize«

zajema pripravo in vzdrževanje, predvsem pa stabilizirati proizvodni proces. »Sustain« zajema težnjo k izvajanju nakazanih s-jev in vztrajati (Ljubič, 2000).

Metoda 5-Zakaj stremi k analiziranju in postavljanju vprašanj, zakaj je glede na 5S do problema sploh prišlo (Ljubič, 2000).

Timi za stalne izboljšave so kader, ki deluje na področju zastojev v proizvodnem procesu in nakopičenju nedokončane proizvodnje. Je strokoven, izobražen in odgovoren kader, ki opazuje operacije v delovnem procesu, ugotavlja časovne zaostanke po delovnih mestih, njihove izvajalce ter primerja z idealnim tokom proizvodnje (Ljubič, 2000).

Q-orodja stremijo k nazornemu prikazu vsebine udeležencem nenehnih izboljšav. Poslužujejo se poenostavljenih grafičnih tehnik: diagrami poteka, histogrami, procesni diagrami, parate diagrami itn. (Ljubič, 2000).

Poka Yoke metoda preprečuje, da bi neustrezni kosi vstopili v proces ali bili kakorkoli posredovani naprej. V prevodu metoda pomeni otročje lahko. Z drugimi besedami ta pristop temelji na odstranjevanju vzrokov za nastanek napak (Ljubič, 2000).

Ljubič (2000) je ugotovil, da **7W** predstavljajo elementi, ki povzročajo stroške, ne prinašajo pa nove dodane vrednosti. Metoda zagovarja stalno izboljševanje proizvodnega procesa in odstranjuje nepotrebno delo in nepotreben čas v celotni verigi.

Elementi metode 7W:

- »waste of overproduction – prevelika, odvečna proizvodnja,
- waste of inventory – odvečne zaloge,
- waste of waiting – odvečno čakanje,
- waste of motion – odvečno gibanje,
- waste of transportation – odvečni transport,
- waste of making defective parts – odvečni izmet,
- waste of processing – odvečne obdelave.« (Ljubič, 2000)

TPM se nanaša na sodelovanje vseh zaposlenih s poudarkom, da je vsak odgovoren za opremo, s katero dela. TPM je celovito produktivno vzdrževanje, ki zahteva enako obravnavo kakovosti vzdrževanja in kakovosti produktov (Ljubič, 2000).

SMED je sinonim za hitre menjave in nastavitve orodij. Vodilo je menjava orodja v eni minuti, drugače boš umrl. Menjava in nastavitev orodja ne dodaja dodane vrednosti izdelku, zato mora biti čim hitrejša (Ljubič, 2000).

Uravnoteženost procesa je idealna, kadar so zmogljivosti delavcev maksimalno izkoriščene in čas njihovega dela sovпада taktu proizvodnje. Takt je količnik med razpoložljivim delovnim lasom in zahtevano količino izdelkov (Ljubič, 2000).

Proizvodne celice prinašajo zmanjševanje vmesnih zalog, saj so stroji razvrščeni v celice. Doprinesejo k časovno uravnoteženemu procesu. Urejene proizvodne celice prispevajo manjšo potrebo po transportu ob krajšem času zastoja in prijaznejše delovno okolje (Ljubič, 2000).

Pretok posameznih obdelovancev zahteva, da se v okolju proizvodnih celic naenkrat obdeluje samo en obdelovanec. Posledica tega so zmanjšane medfazne zaloge in hiter odziv na napake (Ljubič, 2000).

Kanban sistem deluje po principu vlečenja (pull). Je oskrba delovnega mesta z materialom in obdelovanci za potrebno količino ob zahtevanem času (Ljubič, 2000).

V nadaljevanju so podrobneje predstavljene tri metode, in sicer metoda SMED, uravnoteženost procesa in 6-Sigma.

2.3.1 Metoda SMED

Metoda SMED ima korenine v letu 1950, ko jo je izumil raziskovalec in znanstvenik Shigeo Shingo. »V takratnem času je S. Shingo obiskal proizvodnjo tovarne Mazda v Hirošimi. Proizvajali so trikolesna vozila. Naleteli so na težave pri liniji stiskalnic za stiskanje karoserije. Pojavljala so se ozka grla, ki so se jih lotili na način enotedenskega opazovanja in analiziranja časovnih obdobij proizvodnje s štoparico. Njihov vodja je bil mnenja, da je rešitev samo nakup novih stiskalnic. Analizo so naredili na osemtonski stiskalnici. Odstranitev starega orodja je potekala tekoče, težave so se pojavile pri montaži novega orodja. Manjkal je montažni vijak. Težavo so rešili tako, da so našli primeren vijak od druge stiskalnice, vendar so morali prilagoditi dolžino stebra. Pomanjkanje orodja in zamuda sta bila pogosta. Po opazovanju je bilo ugotovljeno, da je bila stiskalnica med montažo novega orodja v uporabi le 3 %, zato so razdelili aktivnosti na notranje in zunanje. Uredili so razvrščanje vijakov, da so bili zmeraj na voljo. To je povečalo produktivnost za 50 %.« (Shigeo, A Revolution in Manufacturing. The SMED System, 2021)

S. Shigeo je leta 1969 obiskal tovarno Toyota. Imeli so težavo na tisočtonski stiskalnici. Za menjavo orodja so potrebovali štiri ure. »Konkurenčno podjetje Volkswagen pa pri podobnem stroju za enak postopek menjave in tekoče nadaljevanje proizvodnje porabi samo dve uri. Cilj v Toyoti je bil zmanjšati ta čas. Ubrali so način, da so strogo ločili notranje in zunanje aktivnosti. Uspelo jim je v šestih mesecih. V podjetje so vnesli številne inovativne inženirske rešitve. Čas menjave orodja so zmanjšali za devetdeset minut. Uprava podjetja ni bila zadovoljna. Imeli so visoko proizvodno zastavljene cilje, da ta postopek opravijo zgolj v treh minutah. Sistem so preuredili tako, da so vse notranje aktivnosti pretvorili v zunanje. Po vpeljavi te zamisli jim je že po treh tednih uspelo čas menjave in priprave orodja zmanjšati na tri minute. S. Shigeo je svoj proces hitrih menjav poimenoval SMED. Bil je prepričan, da lahko kjerkoli na tak način zmanjša čas na deset minut. Ta metoda se je kasneje uveljavila v vseh procesih v japonskem avtomobilskem gigantu Toyota. Kasneje so jo začeli vpeljevati tudi v ostalih tovarnah na Japonskem. Skozi obdobja pa se je začela širiti tudi po celem svetu.« (Shigeo, A Revolution in Manufacturing. The SMED System, 2021)

2.3.1.1 Osnovni koraki SMED

Glede na okolje in opremo, ki jo imamo na razpolago, se uporabljajo različni koraki za uvajanje metode SMED:

- »Priprava, proces prilagoditve in preverjanje materialov in orodij.

Prvi korak zagotavlja, da so vsi deli in orodja na za to določenih mestih in da delujejo pravilno. Ta korak zajema tudi obdobje po obdelavi, ko so deli očiščeni in shranjeni na zalogo.« (Shigeo, A Revolution in Manufacturing. The SMED System, 2021).

- »Meritve, nastavitve, kalibracije.

V tem koraku se izvajajo vse meritve, kalibracije, ki morajo biti nujno opravljene za učinkovito delovanje proizvodnje. Tukaj se izvaja centriranje, dimenzioniranje meritev temperature in tlaka.« (Shigeo, A Revolution in Manufacturing. The SMED System, 2021)

- »Prvi zagon in prilagoditev.

Ta korak se izvede, ko je obdelovanec že narejen. Večja, ko je natančnost meritev iz prejšnje točke, lažja je prilagoditev. Poskusni zagoni in pogostost so odvisni predvsem od sposobnosti inženirja, ki te nastavitve izvaja. Za čim krajše poizkusno izvajanje moramo pozornost nameniti izvajanju zahtev iz prejšnjih korakov.« (Shigeo, A Revolution in Manufacturing. The SMED System, 2021)

Metoda SMED pri izvajanju rešitev priporoča naslednja navodila:

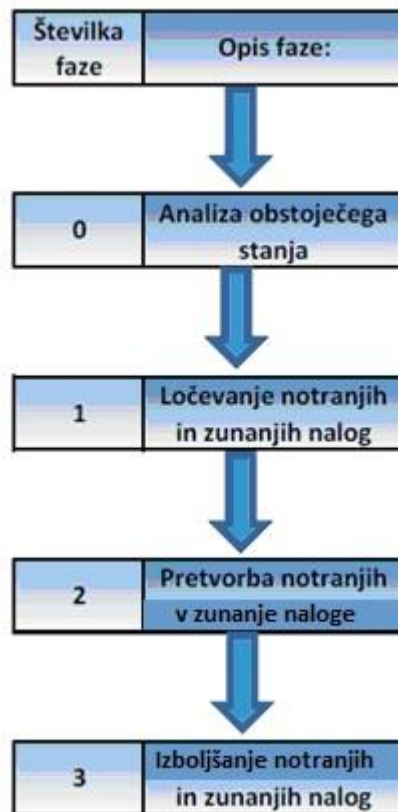
- Izvajanje metode SMED z uporabo kontrolnih listov.
- Skladiščenje in vzdrževanje vpenjal ter orodij na primernih mestih.
- Čim večjo uporabo standardnih postopkov.
- Jasna določitev odgovornih oseb.
- Čim večja avtomatizacija.
- Ravnanje z materialom naj bo izboljšano.

Kadar proces uvedemo po točno takih korakih, je potrebno celoten proces standardizirati. S tem se zagotovi ponovljivost delovnega procesa za hitre menjave in nastavitve orodij (Jus B. , 2009).

Pri metodi SMED je kamera najpogostejše orodje. S kamero se snema postopek, ki nam predstavlja neprecenljivo vrednost, saj nam pokaže kaj nepričakovanega. Najprej je potrebno posneti veljavni postopek menjave orodja. Sledi ogledovanje posnetka z vsemi udeleženci, nato poteka analiza in ponovno merjenje časa. Odvisno od načina proizvodnje je potrebno preveriti tudi druge podatke (aktivnosti vseh udeležencev, stanje stroja, stanje orodja, iskanja, dolžine poti prinašanja in odnašanja sestavnih delov). Pri zbiranju idej za izboljšanje se pojavijo tudi hitri ukrepi, ki se izvajajo brez posebnih postopkov. Na takšen način se lahko odpravijo vse prilagoditve, ki so se izvajale do sedaj. Največkrat so se pojavile kot začasne in so običajno krivec za slabo kakovost in podaljšanje časa. Vse, kar se spremeni in izboljša, je potrebno standardizirati, da lahko tudi ostali posluževalci opravijo na enak način (Jus B. , 2009).

2.3.1.2 Postopek izvedbe metode SMED

Metoda SMED se izvede v zaporedju štirih faz.

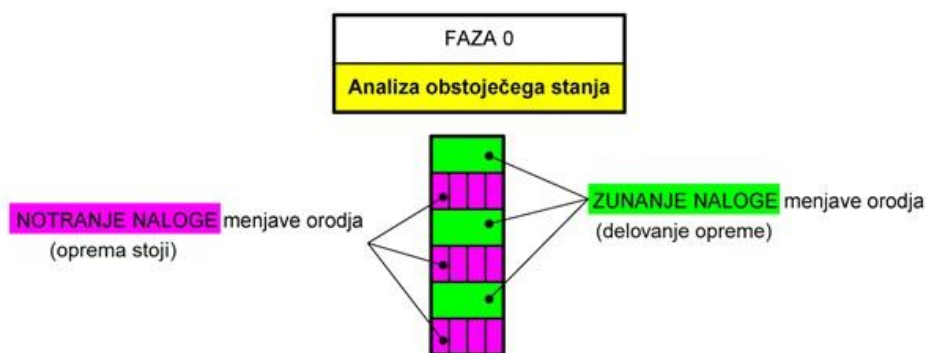


Slika 3: Postopek SMED

Vir: <https://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>

Postopek se začne z analizo obstoječega stanja. V fazi 0 so notranje in zunanje naloge medsebojno prepletene. V fazi 1 se izvede ločevanje nalog na notranje in zunanje. Sledi faza 2, ki je namenjena pretvarjanju nalog, in sicer iz notranjih v zunanje. Faza 3 je namenjena izboljšanju notranjih in zunanjih nalog. Notranje naloge so izvedljive, kadar oprema stoji, zunanje naloge se lahko izvedejo med delovanjem opreme (Jus G. , Energos Consulting Gropu, 2018).

Faza 0: Analiza obstoječega stanja

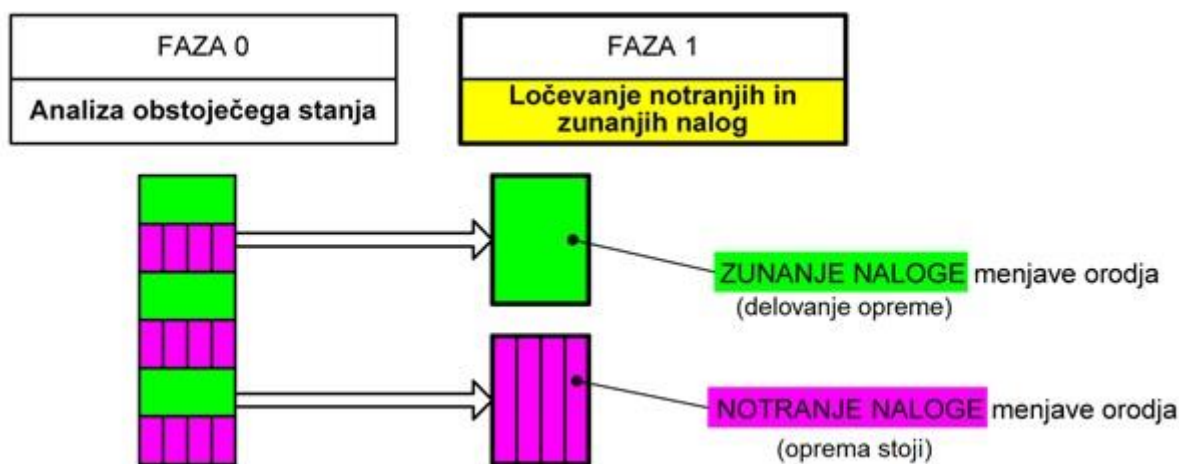


Slika 4: Faza 0

Vir: <https://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>

V fazi 0 so notranje in zunanje naloge medsebojno prepletene. Slika 4 prikazuje razlog, zakaj oprema daljši čas čaka. Kar bi lahko bilo narejeno kot zunanja naloga, je narejeno kot notranja. Pri načrtovanju uvedbe metode SMED z analizo obstoječega stanja poteka menjav določimo jasno mejo med notranjimi in zunanjimi nalogami. Za analizo obstoječega stanja je potrebno narediti kontinuirano analizo nalog in merjenje časa (izvesti jo mora izkušen merilec časa), intervju z delavci in snemanje s kamero (pokažemo delavcem takoj po zaključeni menjavi in sledi razprava delovnega procesa) (Jus G. , Energos Consulting Gropu, 2018).

Faza 1: Ločevanje notranjih in zunanjih nalog



Slika 5: Faza 1

Vir: <https://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>

Jasna meja med notranjimi in zunanjimi nalogami je uporaba metode SMED. Ločevanje se izvede s pomočjo osnov.

- Kadar je le mogoče, se opravi naloga menjave orodja kot zunanja naloga.
- Kadar je notranja naloga neizogibna, se izvaja naprej kot notranja.

Operater ne sme zapustiti delovnega prostora opreme pri izvajanju zunanjih nalog. Orodje in pripomočki morajo biti razvrščeni v neposredni bližini po vrstnem redu izvajanja nalog. Notranje naloge se lahko izvedejo le na menjavo orodja. Priprava orodja in sestavnih delov je zunanja naloga, vendar se lahko spremeni v notranjo nalogo, kadar je potrebno orodje naknadno popraviti na stroju ali ga celo izpeti iz stroja in popraviti.

Z naslednjimi tehnikami lahko učinkovito preučujemo prehajanje zunanjih nalog v notranje.

- Oblikovanje spiska za preverjanje

Spisek vsebuje kontrolno listo vseh delov in korakov, ki so zahtevani. Vsebovati mora imena, specifikacije, številke orodij, tlake, temperature, numerične vrednosti vseh meritev in dimenzij. Zelo uporabne so kontrolne mize z narisanimi obrisi delov in orodja, ki se uporabljajo pri menjavi. Deli, ki so potrebni, so preprosto postavljeni na mizo pred začetkom izvajanja notranjih nalog. S tem se doseže učinkovita vizualna kontrola. Negativno pri tej mizi je, da ne omogoča kontrole pravilnosti delovanja delov.

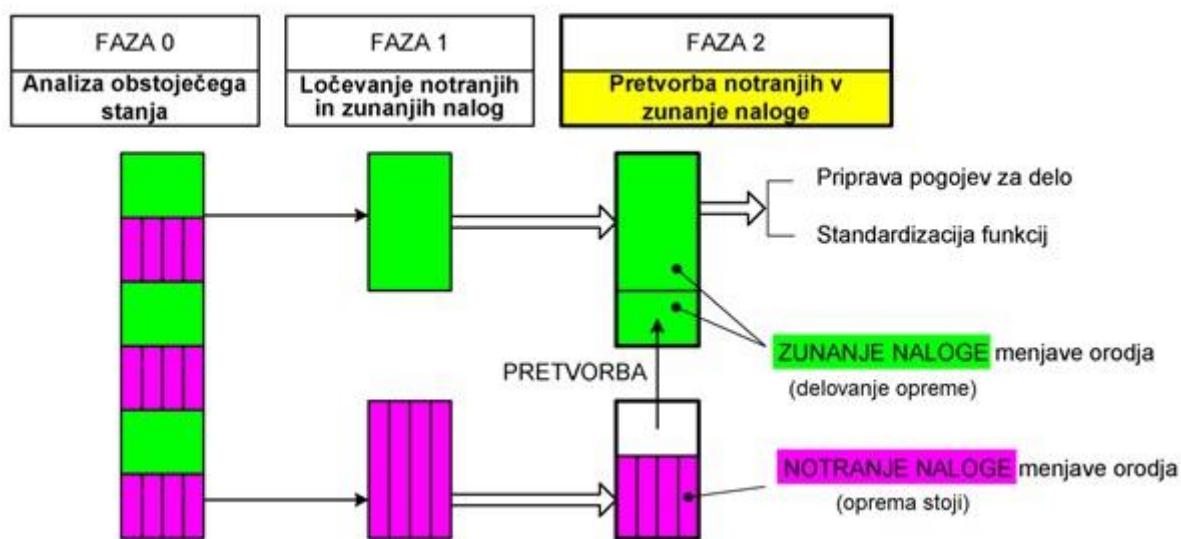
- Funkcionalno preverjanje

Funkcionalno preverjanje se zagotovi z listo, ki nam prikaže delovne sposobnosti delov na delovnem mestu. Pomanjkanje tega nas pripelje do povečanega časa menjav, saj lahko sredi notranjih nalog ugotovimo nepravilnosti v delovanju posameznega dela (npr. pri zamenjavi baterij na stroju je potrebno najprej preveriti ali baterije sploh delujejo).

- Izboljšanje transporta orodja in delov

Po končanem delu določene serije je potrebno dele in orodja transportirati iz skladišča do opreme in nazaj. To opravi operater opreme, medtem ko oprema deluje, ali opravi to za to zadolžen delavec. Transportiranje mora biti opravljeno kot zunanja naloga (Jus G. , Energos Consulting Gropu, 2018).

Faza 2: Pretvorba notranjih nalog v zunanje naloge



Slika 6: Faza 2

Vir: <https://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>

V fazi 2 se pretvarja notranje naloge v zunanje s pomočjo analiziranja naslednjih notranjih nalog.

- Priprava pogojev za delo

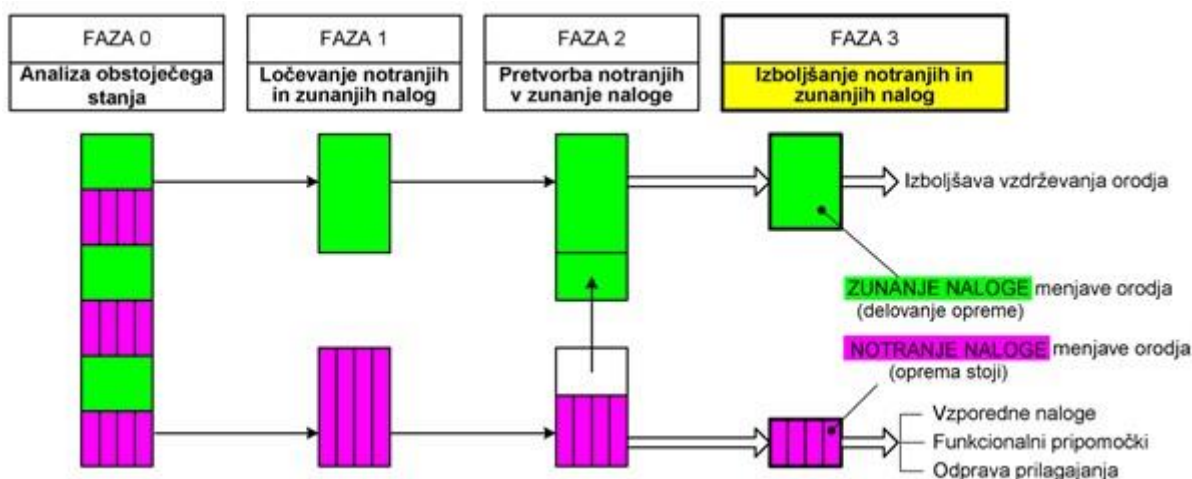
Kadar je potrebno orodje segreti na delovno temperaturo, je to notranja naloga. V primeru, da je potrebno orodje segreti na točno določeno temperaturo, pa je to zunanja naloga.

- Standardizacija funkcij

Standardizacija funkcij zahteva standardizacijo le tistih delov orodja, ki so potrebni pri menjavi orodja. Pri uvajanju standardizacije funkcij je potrebno naloge razdeliti na osnovne elemente in analizirati posamezne funkcije. Naloga inženirjev je odločitev, katere naloge je potrebno standardizirati.

Pretvorba notranjih nalog v zunanje je bistvenega pomena za uvedbo metode SMED (Jus G. , Energos Consulting Gropu, 2018).

Faza 3: Izboljšanje notranjih in zunanjih nalog



Slika 7: Faza 3

Vir: <https://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>

S pretvorbo notranjih nalog v zunanje dosežemo skrajšanje časa menjave pod deset minut, vendar v večini primerov to ne zadostuje. Sledi izboljšanje notranjih in zunanjih nalog.

- Izboljšanje zunanjih nalog

Uporaba avtomatizirane skladiščne opreme, namenjene skladiščenju in transportu delov, zmanjša število potrebnih delovnih ur, vendar ne prispeva k izboljšanju notranjih nalog, zato jo je smiselno uporabiti le pri velikem številu orodij in delov, pri čemer je njihovo kontroliranje oteženo.

- Izboljšanje notranjih nalog

Izboljšanje notranjih nalog lahko dosežemo na različne načine.

1. Uporaba vzporednih nalog

Uporaba vzporednih nalog je razložena na primeru brizganja plastičnih mas. Pri tem delu se zahteva delo na vseh straneh opreme, s tem pa delavec izgublja čas s hojo okoli stroja. V tem primeru je mogoče čas skrajšati z uporabo vzporednih nalog tako, da dva delavca opravita isto delo v najmanj polovico krajšem času. Pri uporabi vzporednih nalog se je potrebno izogniti nepotrebnemu čakanju, saj v nasprotnem primeru ni prihranka časa. Težave pri izvajanju vzporednih nalog so v varnosti, ki si jo delavci zagotovijo z medsebojnim signaliziranjem (ustno ali svetlobno signaliziranje).

Pomanjkanje delavcev je največkrat razlog za neuporabo vzporednih nalog. Z metodo SMED je ta razlog odpravljen, saj je potrebna le nekaj minutna prisotnost delavcev.

2. Funkcionalni pripomočki

Klasični pripomočki delujejo po principu zavijanja, kar je pogosto dolgotrajno in mučno opravilo, zato je potrebno omogočiti čim krajši čas opravljanja tega dela. Čas vpenjanja in izpenjanja lahko skrajšamo, če zmanjšamo število vijakov, skrajšamo dolžine navojev, zamenjamo izvrtine z utori, uporabimo vijake in matice z utori, hitro pritrjevanje, poskrbimo za označbe pozicij na orodjih in opreми in označimo točke pozicij z različnimi barvami.

3. Odprava nastavitvev opreme

Klasične nastavitve zahtevajo 50–70 % časa notranjih nalog. Poenostavitev nastavitve je učinkovita metoda za skrajšanje časa nastavljanja in priključevanja orodij. Ta metoda vsebuje naslednje tehnike:

- standardizacija višine orodja,
- podložne plošče z različnimi barvnimi oznakami,
- osnovne mere za nastavitve,
- vzorčni kos je na razpolago na delovnem mestu,
- sistem hitrega priklopa in odklopa vodov,
- barvne označbe kablov in cevi.

4. Najmanjši skupni imenovalec

Največjo učinkovitost dosežemo, da nastavitvev opreme ne izvajamo, temveč uporabimo sistem "najmanjši skupni imenovalec". Za primer lahko navedemo mejni prekinjevalnik, ki ga lahko prenesemo na več pozicij, ali pa imamo prekinjevalnik za vsako pozicijo. Na takšen način se lahko izognemo nastavitvam.

5. Mehanizacija

Pri uporabi mehanizacije se postavlja vprašanje po potrebi le-te, saj nepotrebna mehanizacija stane več, kot imamo od nje koristi. Uporaba hidravlike in pnevmatike pri vpetju orodja je preprost in enostaven način izboljšanja notranjih nalog menjave orodij (Jus G. , Energos Consulting Gropu, 2018).

2.3.2 *Uravnoteženost procesov*

2.3.2.1 Splošno o uravnoteženosti procesov (angl. Takt time)

Proizvodnja glede na takt je definirana kot proizvodnja, ki je planirana za potrebe kupca. Način delovanja lahko prikažemo iz primera: kadar podjetje obratuje 480 minut na dan in so zahteve kupca 240 kosov na dan, je takt proizvodnje 2 minuti. Isti princip velja, kadar kupec zahteva štiri nove kose in je takt proizvodnje dva tedna. Namen uravnoteženega procesa je natančna uskladitev proizvodnje s povpraševanjem, kar zagotavlja "srčni utrip" vitkega proizvodnega sistema. Princip uravnoteženega procesa je bil prvič uporabljen v tridesetih letih 20. stoletja kot orodje za upravljanje proizvodnje v nemški letalski industriji. Takt so določili za natančen časovni interval, na primer glasbeni meter. To je bil interval, v katerem so letala premikali naprej do naslednje proizvodne postaje. Enak princip se je pogosto uporabljal v petdesetih letih prejšnjega stoletja v tovarni Toyota. Čez 10 let je bil koncept široko uporabljen v celotni Toyotini oskrbovalni bazi dobave in proizvodnje. V Toyoti običajno vsak mesec pregledajo čas takta za postopek z vmesnimi pregledi popravljanja na vsakih 10 dni (Lean Enterprise Institute, 2021).

2.3.2.2 Izračun takta proizvodnje

»Takt time« je hitrost proizvodnje, ki se prilagodi glede na povpraševanje kupcev. Z drugimi besedami, proizvesti je potrebno tako hitro, da se izpolnijo želje kupcev.

Takt časa se izračuna kot načrtovani čas proizvodnje/povpraševanje kupcev.

Primer: $\frac{8 \text{ ur} \times 60 \text{ min} = 480}{240} = 2 \text{ min}$

2.3.2.3 Prednost uravnoteženega procesa

Uporabljanje principa uravnoteženega procesa doprinese v proizvodne postopke številne prednosti:

- pomaga doseči stalen pretok proizvodnje,
- odpravi izgubo prekomerne proizvodnje s proizvodnjo glede na dejansko povpraševanje kupcev,

- spodbuja razvoj standardiziranih navodil za delo, ki spodbujajo kakovost in učinkovitost,
- omogoča, da nastavite cilje v realnem času za proizvodnjo, ki operaterjem natančno prikažejo, kje naj bo njihova delovna moč v danem trenutku,
- olajša odločitve v proizvodnem procesu, saj proces temelji na fleksibilnosti (Vorne Industrie, 2021).

2.3.2.4 Razumevanje delovanja uravnoteženih procesov

Izraz »Takt Time« izhaja iz nemške besede »Taktzeit«, ki se ohlapno prevede v ritmični čas ali obdržati utrip, podobno kot tiktakanje metronoma ali gibanje dirigentske palice. »Takt Time« je ključni koncept vitke proizvodnje in srčni utrip vitke proizvodnje, ki dejansko proizvodnjo prilagodi povpraševanju kupcev. Temelji na dveh postavkah:

- Hitrejša proizvodnja, kot je »Takt Time«, povzroči prekomerno proizvodnjo – najbolj temeljno obliko odpadkov, izmeta.
- Počasnejša proizvodnja, kot je »Takt Time«, pa povzroči ozka grla – naročila strank, ki jih morda ne bo mogoče izpolniti ob pravem času.

Obstajata dva različna, vendar povezana načina uporabe »Takt Time«. Oba sta veljavna in uporabna, vendar na povpraševanje kupcev preprosto gledata z različnih vidikov. Prvi vidik je načrtovanje perspektive. Ta vidik zagovarja uporabo »Takt Time« za določitev ciljev za dejavnosti kaizen, ki se osredotočajo na izboljšanje vašega proizvodnega procesa za potrebe kupcev. Drugi vidik je proizvodna perspektiva, katere cilj je doseganje proizvodnje v realnem času.

Za izračun sta potrebna dva podatka – načrtovani čas izdelave, pri katerem gre za dolžino izmene in manj načrtovanih izpadov ter povpraševanje kupcev, ki ga je potrebno zadovoljiti v načrtovanem času proizvodnje (Vorne Industrie, 2021).

Iz naslednjega primera je razvidno: če izdelamo en kos vsake dve minuti, bo naša proizvodnja usklajena s povpraševanjem kupcev.

Postavka:	Podatki za izračun:
Čas proizvodnje (A)	8 ur (480 min)
Odmori (B)	2 x 10 min + 30 min (glavna malica) = 50 min

Planirani čas proizvodnje (C)	$A - B = 480 \text{ min} - 50 \text{ min} = 430 \text{ min}$
Velikost naročila (D)	200 kosov
Takt proizvodnje	$C/D = 430 \text{ min}/200 \text{ kosov} = 2,15 \text{ min/kos}$

Tabela 1: »Takt time« – primer

Vir: Lasten

2.3.2.5 Primerjava uravnotežene proizvodnje, časa cikla in idealnega časa cikla

V nadaljevanju bo predstavljeno, kakšna je razlika med temi tremi časovnimi obdobji, saj vsa predstavljajo čas za izdelavo produkta.

- »Takt time« nam pove, kako pogosto je potrebno izdelati produkt, da zadovoljimo povpraševanje kupcev. Največkrat se uporablja za pospeševanje proizvodnje linije. »Takt time« je izračunano število.
- Čas cikla je dejanski čas za izdelavo enega produkta. Uporablja se za razumevanje odstopanj v proizvodnji in je izmerjeno število.
- Idealni čas cikla je teoretično najhitrejši možni čas za izdelavo enega produkta. Idealni čas cikla se uporablja pri izračunu skupne učinkovitosti opreme (OEE), ki izhaja iz zmogljivosti stroja (Vorne Industrie, 2021).

2.3.3 6-Sigma

6-Sigma je metoda za določanje postavljenih ciljev. Prikazuje, kako lahko dosežemo izboljšave s prihranki. Metodologija gre preko procesa in orodij izboljšav, saj zahteva inteligentno uporabo podatkov s poudarkom na statistični analizi (Jus G. , ECG, 2018).

6-Sigma je zelo učinkovita implementacija principov in orodij za kakovost, ki strmi k procesu brez napak. Črko sigma uporabljajo statistiki za merjenje variacije, s katero merijo uspešnost podjetij. Dolgo je bila standardizirana tretja do četrta stopnja sigme, vendar se je med procesi pojavljajo med 6000 in 7000 problemov na milijon priložnosti. 6-Sigma zagotavlja samo 3.4 problemov na milijon priložnosti, katere odsevajo zadovoljstvo podjetij, ki imajo vedno bolj kompleksne izdelke in procese (IBS, 2021).

2.3.3.1 Splošno o 6-Sigma

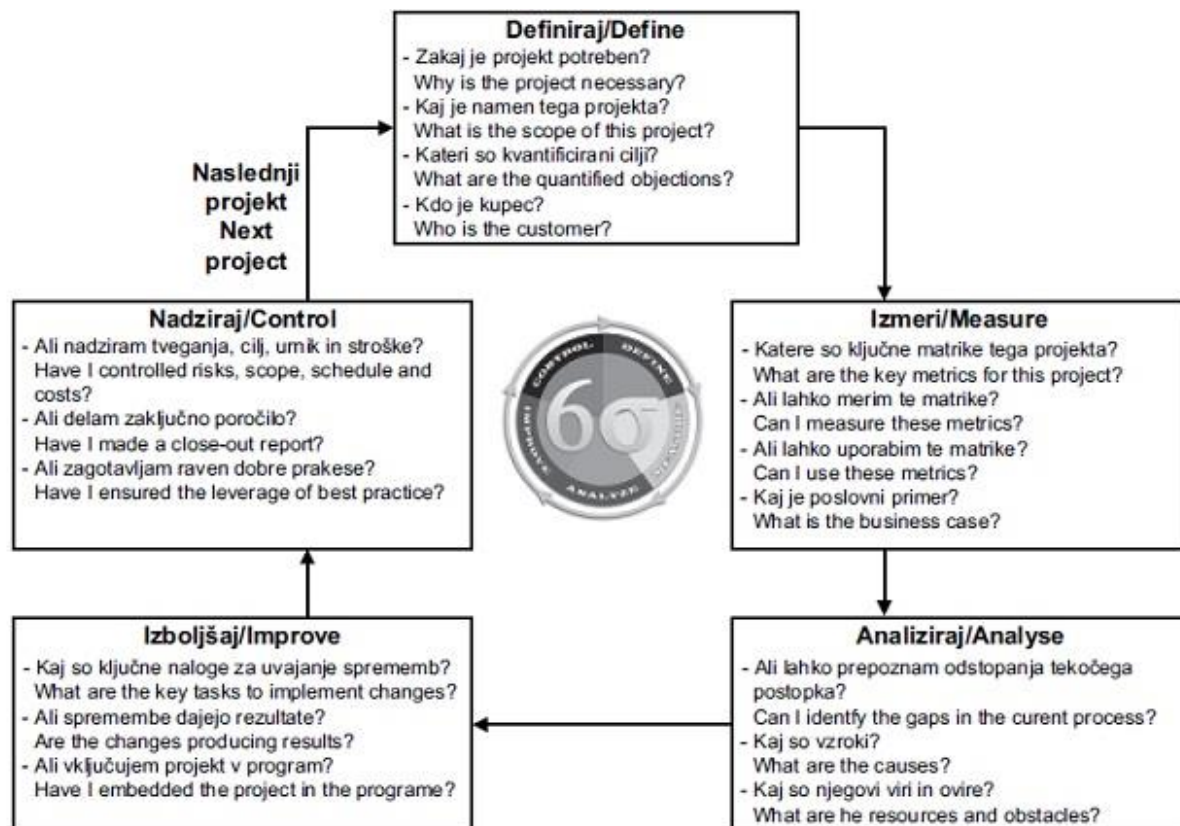
Začetki 6-Sigme segajo v začetek osemdesetih let v podjetju Motorola. Zanimanje se je pojavilo, saj so bili popolnoma nezadovoljni s takratno kvaliteto izdelkov. Inženir B. Smith se je domislil drugačne metode opazovanja napak in izmeta. Napake so pričeli opazovati v milijonih, kar je doprineslo skoraj stodontno kvaliteto. Njihovi zaposleni so metodo z veseljem sprejeli. Poimenovali so jo 6-Sigma in hitro je postala več kot samo metoda. Postala je iniciativa, kultura in filozofija. Motoroli se je investicija v 6-Sigma povrnila v milijardah. V Združenih Državah Amerike so podjetja opazovala razvoj in napredek Motorole, zato so tudi oni pričeli z uvajanjem metode. Metodologija se je hitro širila in mnogi so začeli opazovati, da bi jo lahko uporabili ne samo v industrijskih panogah, temveč tudi v podjetjih iz drugih sektorjev. Nekateri se je bojijo zaradi pomanjkanja znanja in razumevanja. V Evropi sta glavni vodilni sili pri razvoju 6-Sigme Nemčija in Velika Britanija, v ostalih evropskih državah pa je ta metoda še v povojih. V Sloveniji je resno pristopilo samo par podjetij k uvajanju in uporabi metode 6-Sigma. Med njimi so Johnson Control, BSH Hišni aparati, Gorenje, Kovinoplastika Lož, Goodyear, Hidria AET, Iskra Avtoelektrika (IBS, 2021).

Glavni cilji metodologije 6-Sigma so:

- zmanjšanje variacij v procesu proizvodnje,
- izboljšanje rezultatov podjetja,
- izboljšanje sposobnosti procesov,
- delati manj napak,
- povečevanje izkoristka delovnega procesa,
- doseganje uspeha,
- povečevanje zadovoljstva kupca (Jus G. , ECG, 2018).

6-Sigma ponuja proces izboljšav preko metodologije DMAIC.

2.3.3.2 DMAIC



Slika 8: 6-Sigma – DMAIC

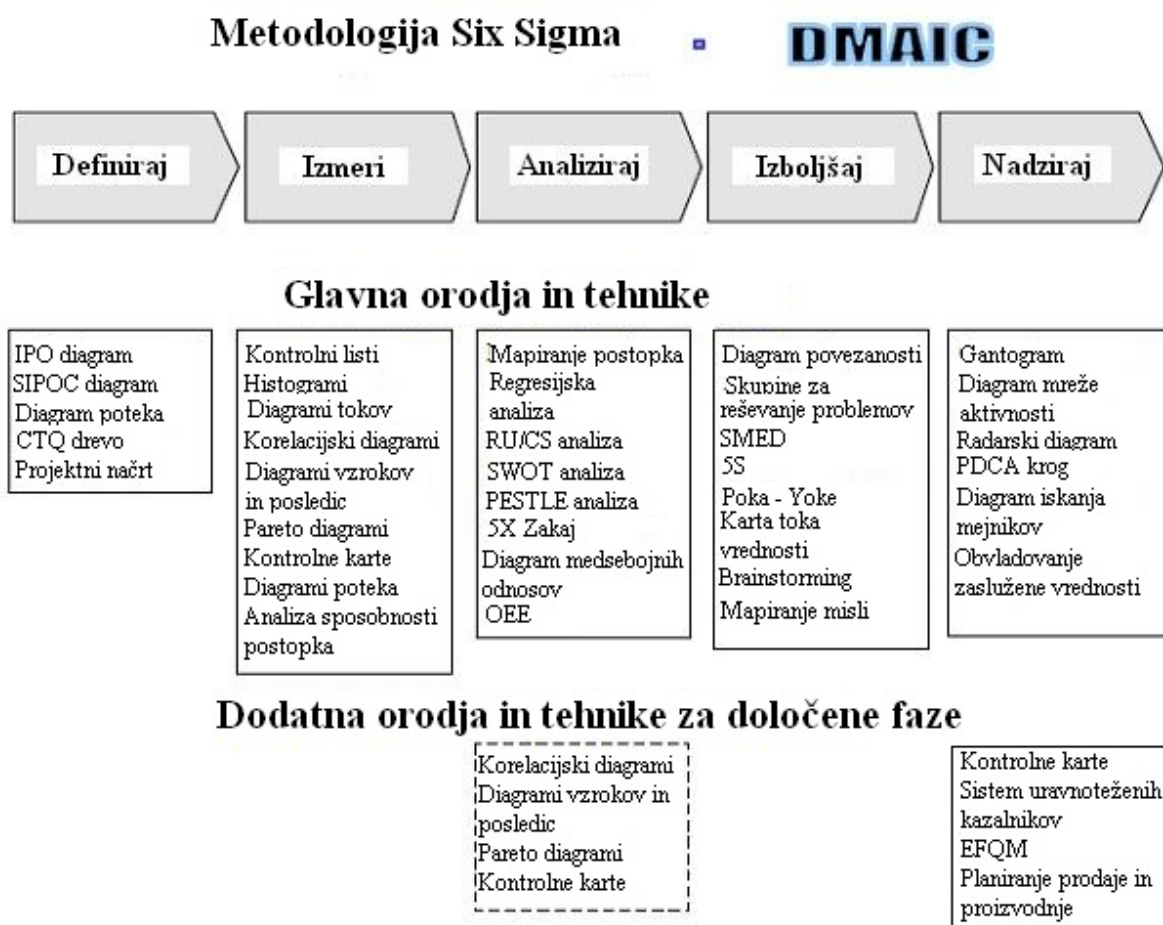
Vir: <https://ecg.si/clanki/sest-sigma-six-sigma/>

DMAIC opredeljuje kakovostno strategijo za izboljšanje procesov. Je kratica za pet med seboj povezanih faz. To so: definiraj, izmeri, analiziraj, izboljšaj in nadziraj (Tennant, 2001).

- Definiraj – potrebno je opredeliti namen in razloge za sestavo tima, osredotočiti se na težavo odjemalca, določiti meje projekta, pravila in odgovornosti tima. Pridobiti je potrebno informacije o odjemalcih, njihovih potrebah in njihovih zahtevah za kakovost.
- Izmeri – izbrati metodologijo za uporabo tehnik za zajemanje podatkov o obstoječih procesih. Potrebno je izračunati sposobnosti in analizirati sposobnosti procesa – vhod, procesi, rezultat ter pridobiti potrebne informacije za nadaljnje analize podatkov.

- **Analiziraj** – analiziranje meritev in celotnega projekta. Ključni cilj analiziranja je odkriti napake in vzroke zanje. Sledi preverba hipotez, ki so oblikovane v fazi definiranja. Določitev spremenljivk, ki imajo največji vpliv na izhod. Iskanje korelacij med vhodnimi in izhodnimi podatki ter določitev procesa za doseganje najboljšega izhoda.
- **Izboljšaj** – tim določi ideje, oblikuje razrešitve in pri tem uporablja razpoložljive možnosti za doseg najboljših optimalnih rezultatov procesa.
- **Nadziraj** – v zadnjem koraku se zagotovi uvedba izboljšav kot stalna naloga v procesu. Vpelje se nadzor za zagotovitev izvedenih izboljšav – od tima moramo pridobiti povrtane informacije, kaj bi naslednjič lahko spremenili (Tennant, 2001).

Pri vsaki od teh faz si lahko pomagamo z orodji in tehnikami kakovosti. Nekatera orodja so lahko uporabljena v več kot eni fazi. Ena od možnosti uporabe orodij in tehnik kakovosti je prikazana v spodnji sliki.



Slika 9: Orodja in tehnike kakovosti v metodologiji DMAIC

Prvi korak temelji na jasno določeni definiciji odjemalčevih zahtev. V metodi 6-Sigma so te zahteve imenovane CTQ (critical to quality – kritične značilnosti kakovosti). To so odjemalčeve zahteve, ki jasno določajo njegova pričakovanja. Drugi korak je štetje napak. Nato lahko izračunamo izkoristek procesa – procentualno vrednost izdelkov brez napak. Stopnjo sigma lahko izrazimo kot DPMO (napake na milijon priložnosti). DPMO se uporablja tudi kot enota za oceno sposobnosti procesa, ki nam prikaže kolikokrat bi se napaka ponovila, če bi proces ponovili milijonkrat (Jus G. , ECG, 2018).

Koncept DMAIC in bistvo vodenja se v programu 6-Sigma ponavlja in dograjuje v posamezni fazi vse do končno zastavljenega cilja. Potrebno je izbrati pravo ekipo ljudi, ki so dovolj strokovno sposobni, da lahko dosežejo rezultate stalnega izboljšanja. To dosežemo s vključevanjem vsakega zaposlenega v podjetju, da s svojim vložkom vpliva na izboljšanje kazalnikov (Ačko, 2008).

3 VITKA PROIZVODNJA V PODJETJU PALFINGER D.O.O.

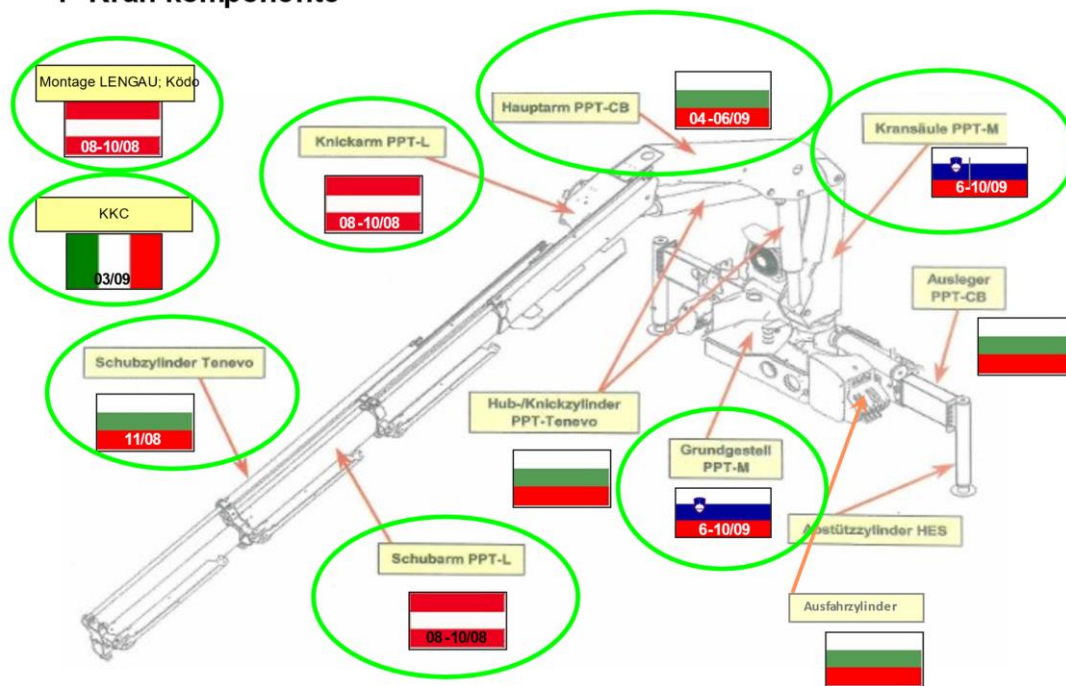
3.1 Predstavitev podjetja Palfinger d.o.o.

Podjetje Palfinger je bilo ustanovljeno leta 1932 in je že mnogo let eden izmed vodilnih proizvajalcev hidravličnih nakladalnih sistemov. Multinacionalno podjetje ima sedež v Salzburgu v Avstriji, svoje proizvodne obrate pa tudi drugod po Evropi, v Severni in Južni Ameriki in Aziji. Razvoj izdelkov Palfinger je inovativen in narekuje sodobne trende na področju nakladanja in razkladanja. Glavni izdelek podjetja je kamionsko dvigalo (Slika 10). Ostali, prav tako zelo dobro prodajani izdelki, so gozdarska in komunalna dvigala Epsilon, samonakladalci, kotalni prekucniki, nakladalne ploščadi, dvižne ploščadi, mobilni viličarji, gozdarska dvigala in prikolice Stepa.

Podjetje Palfinger d.o.o. je bilo v Mariboru ustanovljeno leta 1993. Najprej je bila zgrajena proizvodna hala, leta 2002 pa se je zgradila še lakirnica in montažna hala. V Mariboru se izdelujejo predmontirane podstavke s stebrom žerjava, osnovno ogrodje, glavne in podporne ročice, podporne noge žerjava, vrtljive mize, hidravlične dvižne ploščadi itd. Podjetje je razdeljeno na več proizvodnih hal (Slika 11).



P-Kran komponente



Slika 10: Primer kamionskega dvigala

Vir: Interno gradivo Palfingerja

V Mariboru se serijsko proizvajata osnovno ogrodje in steber žerjava. Na Sliki 10 je primer kamionskega žerjava. Sestavljen je iz osnovnega ogrodja žerjava, stebra žerjava, podporne ročice, podpornega cilindra, dvižnega cilindra, glavne ročice, zgibne ročice, potisnega cilindra in teleskopske ročice.

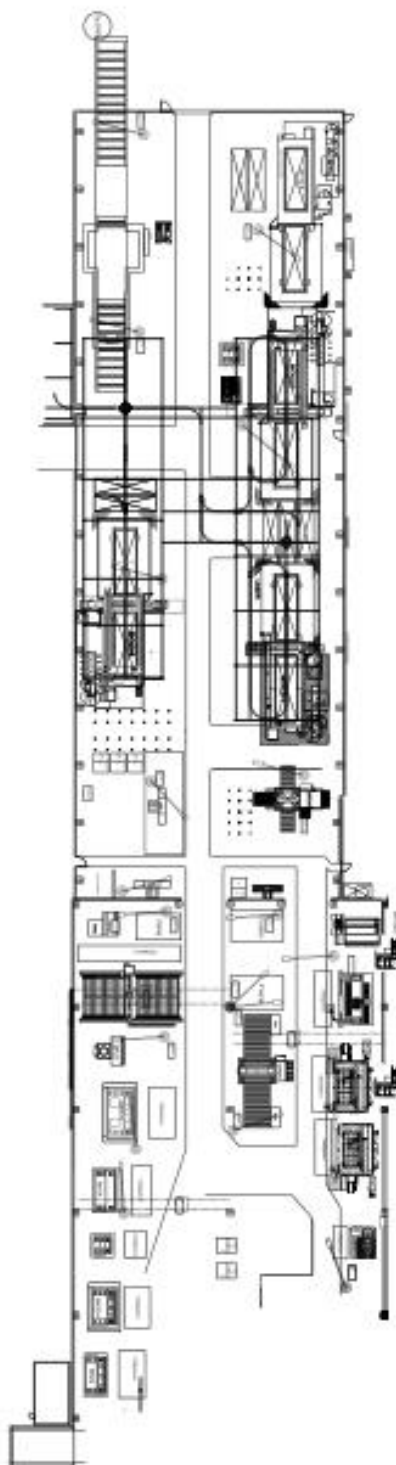
3.2 Oddelek predobdelave

V podjetju se proizvodno delo prične s pripravo materiala pred halo BF (Blechfertigung – predobdelava). Po pripravi materiala se ta pripelje v halo v nadaljnji proces. Najprej se plošče speskajo, nato sledi laserski ali plamenski razrez. Glede na posamezno pozicijo se delo nadaljuje na ostalih delovnih mestih.

Oddelek predobdelave sestavljajo naslednja delovna mesta, na katerih je zaposlenih več ljudi:

- priprava materiala (zunaj): skladiščenje in transport plošč,
- peskarna,
- laserski razrez pločevine do 25 mm,
- plamenski razrez pločevine nad 25 mm,
- ravnalni stroji,
- vrtalni stroji (CNC in ročno vrtanje),
- upogibni stroji,
- ročna izdelava faz z brušenjem, plamensko rezanje faz,
- obdelovalni stroji CNC.

Ko je pozicija v oddelku dokončno narejena, potuje po proizvodnem procesu naprej na skladiščenje. Od tam pa v naslednji oddelek, kjer sledijo sestava, ročno varjenje ali varjenje z roboti, morebitna strojna obdelava in izgotovitev komponent. Sledi barvanje in predmontaža v nepopolno celoto. Vse skupaj (z deli, ki jih dobimo iz obrata v Bolgariji – podporna ročica in podporni cilinder) se pošlje naprej v drugi Palfingerjev obrat, kjer poteka dokončna montaža žerjava.



Slika 12: Oddelek predobdelave

Vir: Interno gradivo Palfingerja

3.3 Analiza obstoječega stanja

V podjetju Palfinger se z ukrepi vitke proizvodnje ukvarja služba PPS (Palfingerjev proizvodni sistem). Trenutno se izvajajo ukrepi, ki so vezani na predobdelavo in posredno vplivajo na kakovost ter pretočna časovna obdobja. Metode, ki so trenutno v uporabi in se uporabljajo tudi na oddelku predobdelava, so sledeče:

5S: Prva naloga proizvodnje je bila uvedba sistema 5S. Počistila so se vsa delovna mesta in odstranile vse nepotrebne reči. Kar je potrebno za proizvodni proces je ostalo, se organiziralo in označilo. Metoda 5S pripomore k hitrejšemu dostopu do orodij. Določila so se odlagalna mesta. Tam, kjer se sodelavci tega bolj držijo, je tudi bolj urejeno. Na nekaterih strojih so dali izdelati pene za predale, projekt se zdaj nadaljuje. Standardizirali so se postopki in določili odgovorni za preverjanje. Na delovnem mestu je potrebno skrbeti za red in čistočo in za vzdrževanje le-te. Doseženo stanje se vzdržuje z izvajanjem interne presoje.

TPM: Preprečevanje okvar strojev s preventivnimi pregledi. Posledično je manj izpadov in manj čakanja ter zaostankov.

PDCA: Je posledica 5S in avditov TPM, vedno se najdejo stvari, ki jih je potrebno urediti. Z ustrezno pripravljenim delovnim mestom zagotavljaš kakovost in zmanjšaš izgube. Nekaj let nazaj smo imeli individualne projekte, ki so se reševali s to metodo.

OPC (Overall Plant Concept) je v pripravi. Uporablja se za analizo procesov, količine, pretočna časovna obdobja. Ob koncu analiz narediš pričakovano stanje čez 5 let. Tu se bo šele dejansko začelo izboljševati procese in spreminjati tloris. V sklopu tega projekta je potrebno izrisati »idealno realni« tloris. To, kar je v danih prostorskih omejitvah mogoče.

»Shopfloor management« je bil zaradi ukrepov COVID uveden samo v dveh oddelkih. Prinese transparentnost in razumevanje dogajanja v proizvodnji približa delavcem.

OEE: Letos bomo izbrali pet strojev, na katerih bomo merili OEE. Ob končanih analizah bomo lahko vnesli spremembe na ozkih grlih in zmanjšali pretočni čas.

CIP/KVP: Ta metoda doprinese k boljši kvaliteti, če dobimo predloge, ki k temu pripomorejo. Predlogi KVP se izbirajo vsak mesec. Te velikokrat predstavijo sodelavci v proizvodnji, ki opišejo dejanski problem in izboljšavo, ki bi se zgodila ob sprejetju predloga. Dobri predlogi so nagrajeni.

Metode vitke proizvodnje so do sedaj doprinesle:

- standardizacijo delovnih mest (5S),
- organizacijo dela na način, ki prihrani čas in poveča varnost (5S),
- zmanjšanje okvar z zastoji (TPM),
- transparentnost in jasno določene naloge, ki se posledično izvajajo hitreje (PDCA/Avditi),
- prihranile čas za sestanke in povečale učinkovitost izvajanja razdeljenih del (»Shopfloor management«).

Obnovili smo talne označbe. Označili »input« ter »output«, pri čemer naj bi viličarist že prepoznal, kdaj je material pripravljen za odvoz z delovnega mesta in kdaj lahko pripelje nov material. Pri ostalih metodah, ki so v izvajanju, še ne morem trditi, da smo dosegli učinke, saj bodo izvedene do konca leta. Pričakujemo pa sledeče:

- skrajšanje transportnih poti in pretočnih časovnih obdobjih (OPC),
- razbremenitev ozkih grl ter odprava (dela) izgub na strojih (analize OEE).

Podjetju Palfinger vitka proizvodnja ni tuja. Ukrepi in izboljšave so vidne, učinki pa že merljivi, vendar stanje na oddelku predobdelave še zmeraj ni idealno. Pojavljajo se izgube pri pretoku materiala, časovni zamiki pozicij do skladiščenja in posledično prepočasna dobava posameznih pozicij v naslednji oddelek. Še zmeraj se v oddelku predobdelave pojavi veliko izmeta. Optimizacijo kakovosti na oddelku bi lahko dosegli z uravnoveženim procesom in vpeljšano metodo SMED.

3.4 Primerjava stanja pred in po predvideni uvedbi izbranih metod vitke proizvodnje v oddelek

V oddelku predobdelava je menjava orodij na strojih in nastavitev le-teh še vedno predolga. Zaradi zahtev kupcev, ki so v tem primeru naslednji oddelki, ki potrebujejo posamezne pozicije za sestavo in varjenje, so krajša časovna obdobja še kako pomembna.

Najprej je potrebno aktivnost, ki smo jo opravljali kot notranjo, opraviti kot zunanjo, če to ni izvedljivo ostane notranja aktivnost. Notranje aktivnosti so izvedljive, kadar stroj stoji, zunanje naloge pa so izvedljive med delovanjem stroja. Pri opravljanju notranjih aktivnosti morajo biti posamezni deli, pritrdilni material pripravljeni in postavljeni v pravilnem vrstnem redu zraven

obdelovalnega stroja. Za to je potrebno orodje standardizirati. Za skrajšanje časa je to eno izmed najučinkovitejših pravil. Standardizacija je draga, zato je potrebno standardizirati samo tiste dimenzije, ki so bistvene za vpenjanje orodja. Pripomočki in naprave naj bodo konstruirane tako, da pritrdjevanje traja najkrajši čas (centriranje, vijačenje, zategovanje). Z vzporednimi nalogami se da doseči, da določene aktivnosti za menjavo orodja vzporedno opravlja več delavcev. Izločiti je potrebno čim več finih nastavitvev in poenostaviti nastavitve. S tem lahko zelo učinkovito zmanjšamo čas notranje naloge. K skrajšanju časa pripomore tudi uporaba hidravličnih ali pnevmatskih pripomočkov, še posebej takrat, ko je potrebno privijanje izvajati na več mestih.

Hitra menjava orodij in nastavitvev v obdelovalnem centru CNC AXA terja preveč časa.



Slika 13: CNC AXA

Vir: Lasten

Orodje je standardizirano in postavljeno v bližino obdelovalne mize. Privijanje in centriranje pozicije še vedno poteka ročno, predvsem pa vzame precej časa.



Slika 14: Privijanje pozicije

Vir: Lasten

Operater pregleda načrt in glede na njega določi točke privijanja. Na tem mestu bi bilo pregled načrta smiselno prenesti v zunanjo nalogo in ne v notranjo. Načrt pozicije se pregleda, kadar se obdeluje prejšnja pozicija. Smiselno bi bilo združevanje nalog, in sicer zaporedno obdelovanje dnevne naloge z istimi pozicijami. Pri tem ni potrebno menjavati orodij. Čas privijanja in centriranja se da skrajšati tudi z uporabo vzporednih nalog. V liniji so trije obdelovalni centri, torej so v vsaki izmeni trije operaterji. Pri privijanju in centriranju bi se lahko združili in s tem skrajšali čas. Za končanje operacije bi lahko uporabljali svetlobno signalizacijo pri samem obdelovalnem centru. Na ta način bi vsak izmed operaterjev imel točno določen čas, ostali dva pa bi takoj vedela, kdaj morata pristopiti do sosednjega stroja. Organizacija dela bi bila na ta način otežena. Boljšo rešitev pri skrajšanju časa vidim v razvrstitvi obdelovancev glede na oblike. Prvi CNC obdeluje kvadratne in konusne oblike pozicij, drugi CNC okrogle oblike pozicij in tretji CNC poljubne oblike. Dodamo avtomatsko vpenjanje obdelovancev, s katerim se izognemo ročnemu nastavljanju in pozicioniranju obdelovancev. Na tem mestu velja opomniti, da bi se s takim načinom izognili izvoru napak človeškega faktorja, predvsem pa bi odpravili čas privijanja in centriranja. Z uvedbo tega koraka bi optimizirali kakovost izdelkov.



Slika 15: CNC AXA 2

Vir: Lasten

Analiza pred uvedbo (metoda SMED)

Primer 1: Obdelovanec S304G1206

Obdelava na CNC: 1 kom 2,118 min, predpriprava 2,7 min = 4,818 min

Serijska 80 komadov: obdelava 169,44 min, predpriprava 216 min = 385,44 min

Komentar: Vnos obdelovanca z dvigalom, centriranje in privijanje poteka ročno brez pozicionirnih priprav. Z ročnim pozicioniranjem je možnost veliko večja, saj ni nobenega fiksnega naslona ali izhodišča. Velikokrat operater zarisuje izvrtine na samo pozicijo pred vrtanjem. S tem preveri pravilno pozicioniranje.

Rešitev: Avtomatizirano vpenjalno orodje, čas obdelave ostane enak, čas predpriprave se skrajša.

Primer avtomatiziranega orodja:

Vpenjalnik z dvojno zagozdo, sklenjena izvedba M12 + vpenjevalni stolp.



Slika 16: Vpenjalnik z dvojno zagozdo

Vir: (Hoffmann Group, 2021)

Izračun takta proizvodnje:

Proizvodnja glede na takt je definirana kot proizvodnja, ki je planirana za potrebe kupca. Način delovanja lahko prikažemo iz primera: kadar podjetje obratuje 480 minut na dan in so zahteve kupca 240 kosov na dan, je takt proizvodnje 2 minuti. Takt proizvodnje lahko izračunamo za naš primer.

Obdelovanec S304G1206, trenutno stanje

Obdelava na CNC: 1 kom 2,118 min, predpriprava 2,7 min = 4,818 min

Serijska 80 komadov: obdelava 169,44 min, predpriprava 216 min = 385,44 min

Izračun uravnoteženega procesa:

Postavka:	Podatki za izračun:
Čas proizvodnje (A)	8 ur (480 min)
Odmori (B)	2 x 10 min + 30 min (glavna malica) = 50 min
Planirani čas proizvodnje (C)	$A - B = 480 \text{ min} - 50 \text{ min} = 430 \text{ min}$
Velikost naročila (D)	135 kosov
Takt proizvodnje	$C/D = 430 \text{ min}/135 \text{ kosov} = 3,185 \text{ min/kos}$

Tabela 2: Primer uravnoteženega procesa

Vir: Lasten

Glede na izračunan takt proizvodnje lahko razberemo, da smo s trenutnim časom 4,818 min prepočasni za uravnotežen proces. Za uravnotežen proces je potrebno izdelati kos vsake 3,185 min (primer uravnoteženega procesa – Tabela 3).

Iz izračuna lahko vidimo, da je trenutna proizvodnja počasnejša od »Takt Time«, kar pomeni, da nastajajo ozka grla – naročila, ki jih ni moč narediti ob pravem času.

Analiza po uvedbi (metoda SMED)

Primer 1: Obdelovanec S304G1206

Obdelava na CNC: 1 kom 2,118 min, predpriprava 1 min = 3,118 min

Serijska 80 komadov: obdelava 169,44 min, predpriprava 80 min = 249,44 min

Ekonomski vidik:

Obdelovanec S304G1206 Serijska 80 komadov	Pred uvedbo vpenjalnega orodja	Po uvedbi vpenjalnega orodja
Čas obdelave	169,44 min	169,44 min
Čas predpriprave	216 min	80 min
Skupaj	385,44 min = 6,424 h	249,44 min = 4,157 h
Urna postavka CNC	32,68 €	32,68 €
Cena (80 kosov)	209,94 €	135,85 €
Cena (kos)	2,62 €	1,69 €
Prihranek (80 kosov):		74,09 €

Tabela 3: Analiza

Vir: Lasten

Komentar: Z uvedbo vpenjalnega orodja smo skrajšali čas predpriprave in popolnoma odpravili možnost človeške napake. Z vpenjalnim orodjem bi lahko korigirali čas predpriprave obdelovanca in izboljšali kakovost samih pozicij. Odpravili bi napačno orientiranost obdelovancev, nepotrebno zarisovanje, napačne pozicije izvrtin, zamudna ročna popravila,

izmet. Iz Tabele 3 je razviden ekonomski in časovni vidik. Pri seriji 80 komadov ta znaša več kot 2 h. Prav tako bi prihranili več kot dve strojni uri obdelave na stroju CNC, kateri prihranek znaša 74,09 €.

S časom 3,118 min smo dosegli uravnotežen proces.

Na stroju CNC se ne obdeluje samo ta pozicija, ampak številne druge. Računanje rentabilnosti bi bilo smiselno, kadar bi preračunali še vse ostale pozicije, ki jih je nekaj sto. Vsaka ima različen čas obdelave in predpriprave.

3.5 Diskusija

Predmet diplomskega dela je bil prikazati orodje za doseganje vitkosti v podjetju. Takšen način razmišljanja je posplošeno način poslovanja podjetja in temelji predvsem na razumevanju zaposlenih, kako proizvodni procesi v podjetju tečejo. Z reorganizacijo proizvodnih procesov znotraj podjetja lahko z enakim številom zaposlenih zvišamo produktivnost, optimiziramo kakovost in dosežemo željeni čas kupca pri dobavi obdelovancev. Kupci so v našem primeru oddelki, ki pozicije sestavljajo in jih morajo ravno tako ob pravem času poslati na nadaljnjo obdelavo (varjenje, strojna obdelava, izgotovitev).

Ugotovili smo, da je metoda SMED pristop, ki vodi k hitrim menjavam orodja in nastavitev. Kot je bilo zapisano, je bistveni cilj skrajšati nastavitveni čas, odpraviti odvečne aktivnosti pri menjavi orodja, zmanjšati izmet, predvsem pa povečati kvaliteto obdelovanca. Naše vodilo pri uvajanju metode SMED v podjetje bi bilo, kako zmanjšati čas menjave orodja od dokončanega zadnjega kosa prejšnje serije.

Za uspešno implementacijo metode SMED v podjetje bi dosegli organizacijo proizvodnega procesa na strateški, organizacijski in izvedbeni ravni. Na začetku bi vodstvu in zaposlenim razložili, kaj bomo s to metodo dosegli. Na takšen način bi dosegli pozitivne spremembe, saj bi vključili zaposlene v proizvodni proces.

Uvajanje metode SMED mora postati vzgled timskega pristopa k izvajanju nalog. Potrebno je definirati proces menjave orodij, nastavitev in menjave operaterjev. V procesu izobraževanja imajo ključno nalogo vodje timov, ki opredelijo proces dela. Zaposleni imajo možnost sodelovanja pri opredelitvi standardov za posamezne postopke, možnost kontroliranja, izpolnjevanja obrazcev, predvsem pa obvladujejo proces menjave orodja. Zaposlenim in njihovim vodjem je skupno, da imajo enak način razmišljanja, ki ga lahko imenujemo vitka filozofija.

Čas menjave orodja bi z zgoraj omenjenim načinom pri seriji 80 komadov skrajšali za 2 uri in 16 min.

Glede na izračunan takt proizvodnje lahko trdimo, da smo s časom 4,818 min prepočasni za uravnotežen proces. Za uravnotežen proces je potrebno izdelati kos vsake 3,185 min. Iz izračunanega primera lahko trdimo, da nastajajo ozka grla – naročila, ki jih ni moč narediti ob pravem času.

Prikazan primer nikakor ne pomeni konec poti. Lahko je začetek uvajanja metode SMED na oddelek, ki naj služi kot vodilo za uvedbo metode na preostalih strojih in obdelovancih.

Dosežen rezultat bi za nas imel naslednji pomen:

- Hitra priprava proizvodnje za novo serijo izdelkov.
- Kvaliteta obdelovancev, ki jih zahteva kupec.
- Dosežen rezultat je uvod v nadaljnje razvijanje miselnosti vitke proizvodnje.
- Zaposleni v podjetju bi sprejeli miselnost in filozofijo vitke proizvodnje, saj ne bi doprinesla samo večje produktivnosti in kvalitete izdelkov, temveč tudi izboljšanje delovnih pogojev.
- Novo orodje podjetju prinese strošek, vendar si je potrebno prizadevati za doseganje čim hitrejše menjave orodij. Poveča se produktivnost, izkoriščenost stroja in posledično prihrani pri stroških.
- Nenehno izboljševanje proizvodnega procesa je nujno in predstavlja del vsakega uspešnega in konkurenčnega podjetja. Pritisk na trgu je velik, konkurenca raste, zato je potrebno dosegaati cilje z učinkovito izrabo virov.

Za vzpostavitev vitke proizvodnje ni bližnjic in je ni mogoče vzpostaviti naenkrat. Velikokrat je problem pri spreminjanju miselnosti zaposlenih. Spremembe proizvodnega procesa se je potrebno lotiti organizirano, z ekipo z znanjem z vseh področij delovanja podjetja. Uspeh je zagotovljen, kadar od vodstva podjetja navzdol po hierarhiji preko vseh služb razumejo pomen vitke proizvodnje.

Predstavljena miselnost bi morala biti prisotna v vseh oddelkih proizvodnje. Z izvajanjem metode SMED bi dosegli zniževanje stroškov, kvalitetne obdelovance, zadovoljne zaposlene in konkurenčno ter uspešno podjetje.

4 SKLEP

Visoka raven kakovosti izdelkov je v današnjem času za podjetje nujna. Ob vzdrževanju kakovosti ostane podjetje konkurenčno in uspešno. Procesi kakovosti v podjetju se sistematično izboljšujejo. Služba zagotavljanja kakovosti ne vključuje samo dela v proizvodnji, temveč tudi postopke in dela, ki se morajo izvajati v skladu s predpisanimi standardi. V proizvodnem obratu predobdelave se pretaka velika količina proizvodov in veliko število procesov. Nekakovosten izdelek za obrat pomeni izmet, ki je zavržen material ali pa izdelek z napako potreben popravila. V obeh primerih pa pomeni izgubo časa. Največja napaka je takrat, kadar slab izdelek potuje v proizvodnem procesu v naslednji oddelek ali celo do kupca. Sledi reklamacija, ki prinese ne samo visoke stroške, temveč tudi nezaupanje kupca do proizvajalca. Zmanjšanje izmeta oziroma nastalih izgub je potrebno reševati sistematično. Metode vitke proizvodnje doprinesejo podjetju učinkovitejše zniževanje izgub, večjo izkoriščenost delovne sile, priložnost zaposlenih za izboljšave, prepoznavanje potencialnih napak, predvsem pa novo znanje delavcem.

Namen diplomskega dela je izboljšanje kakovosti v oddelku predobdelave z izbranimi metodami vitke proizvodnje. Metode so se v veliki večini razvijale na Japonskem, kjer se je podjetje Toyota trudilo izboljšati proizvodnjo, skrajšati proizvodne čase in povečati kakovost. V zadnjih nekaj letih se teh metod poslužujejo tudi pri nas. O metodah je v virih že veliko napisanega, zato sem to zbrala, predelala in analizirala na enem mestu. Vse metode pa strmijo k enemu cilju – izboljšati proizvodnjo. Za podjetje je izbira prave metode strateškega pomena. Uvedba metode je dolgotrajna in pogosto povezana z velikimi finančnimi vložki. Zaželeno je, da pri uvajanju sodelujejo vsi zaposleni v podjetju. Timski duh in miselnost doprineseta k končnemu uspehu metode.

Cilj diplomskega dela je analizirati obstoječo stanje in izbrati prave metode za uvedbo vitke proizvodnje. Na oddelku predobdelava bi uvedla metodo SMED, saj bi lahko na takšen način prihranili vmesni čas privijanja in centriranja. Z uvedbo avtomatiziranega orodja za privijanje in centriranje bi dosegli večjo kakovost izdelka, kar je za optimizacijo najbolj pomembno. Metoda SMED je prikazana na eni od pozicij, ki jo obdeluje obdelovalni center AXA (CNC). Uporaba principa uravnoveženega procesa doprinese v proizvodne postopke številne prednosti, saj pomaga doseči stalen pretok proizvodnje, odpravi izgubo prekomerne proizvodnje s proizvodnjo glede na dejansko potrebo izdelkov, spodbuja razvoj standardiziranih navodil za delo in omogoča doseganje ciljev, ki so možni v danem trenutku. Uravnovežen proces olajša odločitve v proizvodnem procesu in temelji na fleksibilnosti. Priporočljivo bi bilo, da bi za

oddelek predobdelave uravnotežili celoten proizvodni sistem. Smiselno bi bilo začeti z laserji, obdelovalnimi centri in upogibnimi stroji. Nato pa vpeljati metodo še v ročna dela (brušenje, delanje faz, vrtanje). Glede na število strojev in število zaposlenih ljudi bi veliko prihranili.

Diplomsko delo temelji na naslednjih hipotezah:

- H1: Z metodami vitke proizvodnje lahko optimiziramo kakovost v oddelku predobdelave.

Hipotezo 1 lahko potrdimo, saj smo ugotovili, da nam "vitek" proizvodni proces doprinese večjo kakovost izdelkov. Potrebno je izbrati pravilno metodo.

- H2: Z vpeljavo metode SMED v delovni proces dosežemo večjo kvaliteto izdelkov.

Tudi drugo hipotezo lahko potrdimo, saj smo na primeru ugotovili, da z vpeljavo metode SMED skrajšamo čas in povečamo kakovost izdelka. Ročno centriranje in privijanje nadomesti avtomatizirano.

- H3: Uravnoteženost procesa v oddelku predobdelave doprinese podjetju večjo kakovost in produktivnost izdelkov.

Tretjo hipotezo prav tako v celoti potrdimo, saj smo dokazali, da uravnotežen proces vpliva na kakovost in produktivnost. Uravnotežen proces odpravi prekomerno in počasno proizvodnjo. Z uravnoteženim procesom se znebimo ozkih grl in odvečnega izmeta.

Pri uvedbi vitke proizvodnje planiranje materialnih virov poteka po vnaprej znanih podatkih. Znan je dobavni rok materiala, izdelano je v predviden roku, predvsem pa so znane kapacitete in zmožnosti. Polizdelki se ne izdelujejo vnaprej brez naročila "na pamet". Po uvedbi vitke proizvodnje so določena odlagalna mesta in pakirne enote materiala. Material se stalno nastavlja v ciklih po planu. Delo je enakomerno, zato je število skladiščnikov enako. Odlagalna mesta so vedno enaka za isti tip izdelka, ne glede na velikost serije. Skladiščniki morajo le pravilno razvrstiti material po proizvodnem planu "kanban".

5 VIRI, LITERATURA

- Ačko, B. (2008). *Osnove meroslovja in merjenje dolžin*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Hoffmann Group. (17. marec 2021). Pridobljeno iz Vpenjalni elementi: <https://www.hoffmann-group.com/SI/sl/hsi/Vpenjalna-orodja/Vpenjalni-elementi/c/37>
- IBS. (12. marec 2021). Pridobljeno iz Poslovna strategija SIX SIGMA: <http://porocevalec.ibs.si/en/component/content/article/36-marec/86-poslovna-strategija-six-sigma-kaj-je-to->
- Jus, B. (2009). *Moja orodja*. Ljubljana: Lisac&Lisac.
- Jus, G. (28. september 2018). *ECG*. Pridobljeno iz Šest sigma: <https://ecg.si/clanki/sest-sigma-six-sigma/>
- Jus, G. (4. julij 2018). *Energos Consulting Gropu*. Pridobljeno iz Hitra menjava orodij (SMED) - 1 del: <https://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>
- Lean Enterprise Institute. (6. februar 2021). *Principles of Lean*. Pridobljeno iz <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>
- Lean Enterprise Institute. (11. marec 2021). *Takt time*. Pridobljeno iz <https://www.lean.org/lexicon/takt-time>
- Liker, K. J. (2004). *The Toyota Way*. New York : Mc Graw-Hill.
- Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje, modeli, metode, podatki*. Ljubljana : Moderna organizacija.
- Shigeo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.
- Shigeo, S. (9. februar 2021). *A Revolution in Manufacturing. The SMED System*. Pridobljeno iz https://books.google.si/books?id=ooXVVIqEQwC&printsec=frontcover&hl=sl&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Tennant, G. (2001). *Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services*. New York: Routledge.

Trent, R. (2008). *End to End Lean Publishing*. J. Ross Publishing .

Vorne Industrie. (11. marec 2021). *Takt Time*. Pridobljeno iz Lean Brief:
<https://www.vorne.com/pdf/lean-brief-takt-time.pdf>

Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. Simon & Schuster.