

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**OPTIMIZACIJA KAKOVOSTI PROIZVODNJE REDUKTORJEV V
PODJETJU SEANTECH BOSNIA**

Ljubljana, september 2024

LUKA FAGANEL

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Luka Faganel, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Optimizacija kakovosti proizvodnje reduktorjev v podjetju SeanTech Bosnia, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem izr. prof. dr. Markom Jakšičem

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi;
11. da sem preveril verodostojnost informacij, ki izhajajo iz zapisov na podlagi uporabe orodij umetne inteligence.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	MANAGEMENT KAKOVOSTI PROIZVODNJE	3
2.1	Kakovost.....	3
2.1.1	Pojem kakovosti	3
2.1.2	Trojna omejitev kakovosti.....	5
2.2	Management kakovosti	6
2.3	Sistemi managementa kakovosti	6
2.3.1	Celovito obvladovanje kakovosti.....	7
2.3.2	Metoda dvajsetih ključev	9
2.3.3	Standardiziran sistem managementa kakovosti	9
2.4	Orodja managementa kakovosti	11
2.5	Metoda DMAIC	13
2.5.1	Faza definiranja	14
2.5.2	Faza merjenja	16
2.5.3	Faza analize	18
2.5.4	Faza izboljšav	19
2.5.5	Faza kontrole	20
2.6	Vrste klasifikacij napak	21
2.6.1	Klasifikacija glede na vrsto napake:	21
2.6.2	Klasifikacija glede na proizvodno fazo:.....	22
2.6.3	Klasifikacija glede na vzrok za nastanek napake:.....	22
3	UPORABA METODE DMAIC V MALOSERIJSKI PROIZVODNJI	22
3.1	Značilnosti maloserijske proizvodnje	22
3.2	Izbira metode DMAIC v maloserijski proizvodnji.....	25
3.3	Izbrana orodja metode DMAIC za maloserijsko proizvodnjo.....	26
3.3.1	CTQ drevo.....	26
3.3.2	SIPOC diagram	27
3.3.3	Diagram poteka procesa	28
3.3.4	Reklamacijski zapisnik.....	29
3.3.5	Pareto diagram	29

3.3.6	Viharjenje možganov	Napaka! Zaznamek ni definiran.
3.3.7	Diagram ribje kosti.....	31
3.3.8	5 x zakaj	32
4	PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA PODJETJA SEANTECH BOSNIA IN OBSTOJEČE PROBLEMATIKE	32
4.1	Predstavitev matičnega podjetja SeanTech in obravnavane podružnice SeanTech Bosnia.....	32
4.2	Reduktor CMV	34
4.2.1	Predstavitev proizvoda	34
4.2.2	Težave prve serije reduktorjev CMV	35
4.3	Obstoječ proizvodni proces reduktorjev CMV	36
4.4	Opis in analiza obstoječega stanja kontrole kakovosti in reševanja reklamacij.....	38
4.4.1	Vhodna kontrola.....	39
4.4.2	Procesna kontrola – kontrola kritičnih komponent	39
4.4.3	Končna kontrola	41
5	PRAKTIČNI PRIMER IZBOLJŠANJA KAKOVOSTI REDUKTORJEV CMV V STB	42
5.1	Izbira ustreznega sistema managementa kakovosti	42
5.1.1	Prilagajanje metode DMAIC.....	44
5.1.2	Izdelava seznama napak in kriterija tipa napak.....	44
5.2	Uporaba metode DMAIC na praktičnem primeru	46
5.2.1	Faza definiranja	46
5.2.2	Faza merjenja	50
5.2.3	Faza analize	52
5.2.4	Faza Izboljšanja.....	55
5.2.5	Faza Kontrole	60
5.3	Omejitve analize	61
6	PREDLOGI IN UKREPI	61
6.1	Sistem za evidentiranje reduktorjev	61
6.2	Uporaba pristopa DMAIC za nadaljnje delo.....	63
6.3	Uvedba nalepk kontrole	64
6.4	Predlog novega sistema kontrole kakovosti reduktorjev CMV	64

7 SKLEP	66
LITERATURA IN VIRI.....	67
PRILOGE	72

KAZALO TABEL

Tabela 1: 5 faz DMAIC metode.....	14
Tabela 2: Razlike maloserijske in masovne proizvodnje.....	24
Tabela 3: Različni sistemi managementa kakovosti	43
Tabela 4: DMAIC orodja maloserijske proizvodnje glede na posamezno fazo.....	44
Tabela 5: Kriterij tipa napak	45
Tabela 6: Kazalniki uspešnosti.....	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Trikotnik projekta	5
Slika 2: Model osmih elementov za uspešno TQM	8
Slika 3: PDCA cikel	10
Slika 4: Sedem orodij kontrole kakovosti	12
Slika 5: Klasifikacije proizvodnje glede na predvideno velikostjo serij.....	23
Slika 6: CTQ drevo krofov.....	27
Slika 7: Primer SIPOC diagrama	28
Slika 8: Primer diagrama poteka procesa.....	29
Slika 9: Primer Pareto diagrama	30
Slika 10: Primer diagrama ribje kosti.....	31
Slika 11: Strojni park STB	33
Slika 12: Reduktor CMV	34
Slika 13: Primer naprave iz mesno predelovalne industrije z reduktorjem CMV	35
Slika 14: CTQ drevo	48
Slika 15: SIPOC diagram	49
Slika 16: Zemljevid trenutnega procesa proizvodnje reduktorjev CMV	50
Slika 17: Pareto diagram resnosti napak	52

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Principi managementa kakovosti in njihovi ukrepi	1
Priloga 2: Gradniki TQM	3
Priloga 3: Sistem dvajsetih ključev s štirimi nosilnimi ključi.....	4
Priloga 4: Primerjava lastnosti maloserijske in masovne proizvodnje.....	5
Priloga 5: Seznam preteklih napak.....	6
Priloga 6: Reklamacijski zapisnik	8
Priloga 7: Evidence reduktorjev CMV	9
Priloga 8: Diagram ribja kost	10
Priloga 9: Zemljevid procesa proizvodnje reduktorjev CMV v fazi analize.....	11
Priloga 10: Analiza 5 x zakaj	12
Priloga 11: Izboljšan procesni diagram postopka proizvodnje reduktorjev CMV	13
Priloga 12: Nalepke kontrole	14

SEZNAM KRATIC

angl. - angleško

ANSI - (angl. American National Standards Institute); Ameriški državni inštitut za standarde

BIH - (angl. Bosnia and Herzegovina); Bosna in Hercegovina

CEN - (angl. European Committee for Standardization); Evropski odbor za standardizacijo

CTQ - (angl. Critical To Quality); kritično za kakovost

DMAI - (angl. Define, Measure, Analyse, Improve); definiraj, meri, analiziraj, izboljšaj

DMAIC - (angl. Define, Measure, Analyse, Improve, Control); definiranje, merjenje, analiziranje, izboljšanje in nadzor

ERP - (angl. Enterprise Resource Planning); celovit sistem za upravljanje virov

EN - (angl. European standard); Evropski standard

ETSI - (angl. European Telecommunications Standards Institute); Evropski inštitut za telekomunikacijske standarde

EU - (angl. European Union); Evropska unija

FMEA - (angl. Failure Mode and Effects Analysis); analiza možnih okvar in njihovih posledic

GE - General Electric

IEC - (angl. International Electrotechnical Commission); mednarodna komisija za elektrotehniko

IPO - (angl. Input, Process, Output); vhod, proces, izhod

ISO - (angl. International Organization for Standardization); mednarodna organizacija za standardizacijo

KK - končna kontrola

MTO - (angl. Make To Order); izdelati po naročilu

PDCA - (angl. Plan, Do, Check, Act); planiraj, naredi, preveri, ukrepaj

PK - procesna kontrola

RFID - (angl. Radio Frequency Identification); radiofrekvenčna identifikacija

QMP - (angl. Quality Management Principles); principi managementa kakovosti

QMS - (angl. Quality Management System); sistem managementa kakovosti

QR - (angl. Quick Response); hiter odziv

SIPOC - (angl. Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer); dobavitelji, vhodi, proces, izhodi, stranka

SIST- Slovenski inštitut za standardizacijo

SOP - (angl. Standard Operating Procedure); standardni operativni postopki

SPC - (angl. Statistic Process Control); statistična kontrola procesa

ST - SeanTech

STB - SeanTech Bosnia

TQM - (angl. Total Quality Management); celovito obvladovanje kakovosti

VK - vhodna kontrola

1 UVOD

V današnjem močno globaliziranem svetu se potrebe in zahteve potrošnikov nenehno spreminjajo, kar za proizvajalce in podjetja predstavlja vedno nove izzive, masovna proizvodnja pa postaja vse manj in manj primerna za zadovoljevanje individualnih potreb in želja potrošnikov. Prav iz tega razloga obravnavano podjetje SeanTech Bosnia d.o.o. (v nadaljevanju STB) svojo proizvodnjo usmerja v maloserijske in unikatne proizvode visoke kakovosti z veliko dodano vrednostjo, ki so izdelani po zahtevah in željah naročnika. Prav kakovost je poleg prilagodljivosti eden izmed pomembnejših dejavnikov zaradi katerega se naročniki odločajo za maloserijske proizvode. S kakovostjo se je ukvarjal Kerzner (2009), ki je kakovost opisal kot uresničevanje pričakovanj in zahtev strank. Pomembno vlogo pri zagotavljanju izboljšav v kakovosti proizvodov je odigrala metoda DMAIC (angl. (angl. Define, Measure, Analyse, Improve, Control), ki vključuje niz orodij in tehnik ter sestoji iz petih korakov oziroma faz, ki omogočajo sistematičen pristop k reševanju problemov in doseganje želenih rezultatov (Antony in drugi, 2012).

V magistrskem delu se ukvarjam s problematiko nizke kakovosti reduktorjev CMV v podjetju STB. Med prvo serijo proizvodnje reduktorjev se je pojavilo nepričakovano veliko število reklamacij in težav, povezanih s končno kakovostjo proizvoda. Reduktorji so nov proizvod naročnika, njegovega imena pa zaradi tajnosti podatkov v magistrskem delu ne smem razkriti. Omenjeni reduktor CMV je kotna izvedba reduktorja s polževim gonilom, ta se uporablja na različnih napravah v liniji mesnopredelovalne industrije. V primeru proizvodnje omenjenih reduktorjev gre za izdelavo proizvoda po tehnični dokumentaciji naročnika. Naročnik je pred pričetkom proizvodnje celotno dokumentacijo dostavil podjetju STB. V tehnični dokumentaciji so natančno definirane vse naročnikove zahteve za izdelavo posameznih komponent, tako dimenzijske kot kakovostne. Prav tako je definirana ciljna kakovost in delovanje reduktorja. Podjetje STB je zadolženo za izdelavo posameznih komponent, njihovo montažo in testiranje sestavljenega reduktorja tako, da ta v celoti ustreza predpisanim naročnikovim zahtevam. V lanskem letu je podjetje STB izdelalo 20 reduktorjev, vendar želi naročnik v drugi proizvodni seriji povečati naročilo. Pred podpisom nove proizvodne pogodbe smo se skupaj z vodilnimi v podjetju odločili, da želimo znotraj podjetja natančneje preučiti sedanjo situacijo in odpraviti pomanjkljivosti, povezane s slabo kakovostjo reduktorjev.

Namen magistrskega dela je raziskati in analizirati možnosti za izboljšanje končne kakovosti proizvodnje reduktorjev CMV in obenem izboljšati način izvajanja kontrole nad procesi v podjetju STB. Identificirati želim vzroke za pogoste reklamacije s strani naročnika in predlagati ter uvesti ukrepe za zmanjšanje težav in števila reklamacij, povezanih s končno kakovostjo. S pomočjo magistrskega dela želim ustvariti uporabno podlago oziroma smernice za nadaljnjo uporabo metode DMAIC v podjetju STB z možnostjo uporabe na drugih proizvodih. Magistrsko delo služi kot motivacija za prihodnje nadgradnje na področju izboljšav kakovosti v celotnem podjetju.

Cilj magistrskega dela je preučiti obstoječe stanje kontrole kakovosti znotraj podjetja STB in izpostaviti trenutne pomanjkljivosti ter verjetne vzroke za slabo kakovost reduktorjev CMV. Poleg tega želim vzpostaviti jasen sistem dokumentiranja reduktorjev in težav povezanih z njimi, kar bi omogočilo transparentnost in sledljivost podatkov. Vzpostaviti želim način klasifikacije napak, s pomočjo katerega bi lahko napake ovrednotil glede na njihovo resnost za nastanek okvare. Ker se znotraj podjetja zavedamo, da je 100 % delujoč proizvod nujen za zadovoljstvo naročnika, je zato glavni cilj magistrskega dela predlagati nov potek procesa kontrole kakovosti, ta bi podjetju prinesel izboljšave na področju končne kakovosti reduktorjev CMV in zmanjšal število reklamacij. V novem poteku procesa kontrole kakovosti hočem predstaviti obseg nove kontrole in določiti faze, kjer se kontrola izvaja.

V magistrskem delu sem se odločil poiskati odgovore na sledeča raziskovalna vprašanja:

- Ali je obstoječi sistem evidentiranja reduktorjev CMV ustrezen in kako bi ga lahko izboljšali, da bi slednji bolje podprl proces kontrole kakovosti?
- Ali lahko in kako moramo prilagoditi metodo DMAIC za obravnavan primer maloserijske proizvodnje znotraj podjetja STB?
- Katere so pomanjkljivosti obstoječega sistema kontrole kakovosti na primeru reduktorjev CMV in kakšen bi bil nov ustrežnejši sistem kontrole kakovosti, da v prihodnje ne bi prihajalo do podobnih napak?
- Ali lahko z izboljšavami vhodne, procesne in končne kontrole zmanjšamo število reklamacij, povezanih s kakovostjo reduktorjev CMV?

Magistrsko delo sestoji iz dveh delov. Najprej je na vrsti teoretični del, kjer sem se osredotočal na sekundarne vire in pregled teorije s področja izboljšanja kakovosti. Osnovo teoretičnega dela predstavlja analiza knjižnih virov v kombinaciji s strokovnimi članki, kjer sem se opiral predvsem na tujo literaturo, na knjige in članke iz strokovnih revij. Najprej sem opravil hiter pregled managementa kakovosti in maloserijske proizvodnje. Sledil je opis metode DMAIC analize in maloserijske proizvodnje.

Teoretičnemu delu sledi empirični del, kjer sem opravil kvalitativno študijo, saj kvantitativna študija zaradi majhnega števila vzorcev oz. izdelkov v primeru podjetja STB ne pride v poštev. Izdelal sem hiter pregled trenutnega stanja kontrole kakovosti znotraj podjetja STB na primeru reduktorjev CMV, to sem opravil brez poseganja v obstoječe okolje, saj sem želel dobiti realno sliko trenutnega stanja. Na podlagi dobljene slike trenutnega stanja kontrole kakovosti sem nato gradil izboljšave. V pomoč pri nadaljnjem delu in iskanju vzrokov za nastale težave slabe končne kakovosti reduktorjev sem izdelal seznam obstoječih napak reduktorjev CMV. Dodatno sem ustvaril še kriterij tipa napak, po katerem sem nato zbrane napake razvrstil glede na njihovo resnost. Opredelitev kazalnikov uspešnosti končne kakovosti sem opravil glede na s strani naročnika podane zahteve. Pri analizi sem si pomagal z metodo DMAIC, ki sem jo prilagodil za obravnavan primer maloserijske proizvodnje reduktorjev CMV. V fazi definiranja DMAIC metode sem opisal

in definiriral obstoječe probleme, povezane s slabo kakovostjo reduktorjev CMV. V fazi merjenja sem skušal pridobiti čim več podatkov o obstoječih procesih kontrole kakovosti, ki sem jih nato podrobneje analiziral v naslednji fazi. V fazi analize sem iskal povezave in odnose med procesi ter skušal razumeti vzroke za obstoječe stanje. Sledila je faza izboljšanja, v njej sem generiral možne rešitve za omenjene probleme končne kakovosti reduktorjev s ciljem preprečevanja podobnih težav v prihodnje. V zadnji fazi, fazi kontrole, sem želel opraviti verifikacijo uspešnosti predlaganih izboljšav, vendar te ni bilo mogoče izvesti, saj nov sistem kontrole kakovosti še ni vzpostavljen. Merljive odgovore na uspešnost novega sistema bom tako lahko dobil šele med proizvodnjo druge serije reduktorjev oziroma ko se ta zaključi.

2 MANAGEMENT KAKOVOSTI PROIZVODNJE

V današnjem konkurenčnem poslovnem okolju, kjer stranke zahtevajo vedno višjo kakovost izdelkov in storitev, je za mnoga podjetja v različnih panogah management kakovosti proizvodnje postalo ključno orodje. Podjetja se vse bolj zavedajo, da je učinkovit in sistematičen pristop k obvladovanju kakovosti ključnega pomena za doseganje odličnosti in zagotavljanje zadovoljstva strank. Taylor je v svojem pogledu na management kakovosti dejal, da tiči rešitev za slabo kakovost proizvodnje v slabi sistematičnosti managementa kakovosti znotraj podjetja in ne v samih zaposlenih (Taylor, 1911). Da bi v nadaljevanju bolje razumeli, kaj je management kakovosti, je najprej potrebno razumeti, kaj je kakovost.

2.1 Kakovost

William A. Foster je kakovost opisal z naslednjimi besedami »Kakovost ni nikoli naključje, vedno je rezultat visoke namere, iskrenih prizadevanj, pametnega vodenja in spretnega izvajanja. Predstavlja modro izbiro med mnogimi možnostmi.« (American Society for Quality, brez datuma).

2.1.1 Pojem kakovosti

Kakovost nas spremlja na vseh področjih našega življenja, na primer pri vrednotenju stvari, umetnosti, dejanj, odnosov ... V najširšem pogledu je kakovost tista, ki prinaša dodatno vrednost v naše življenje in ga izboljšuje.

Pojem kakovosti je v literaturi zelo različno opredeljen. Natančne definicije kakovosti ni, saj se dojemanje kakovosti spreminja skozi čas in družbene spremembe.

Mnoga podjetja priznavajo, da sama ne morejo natančno določiti kakovosti nekega izdelka, saj je pogojena z vidika kupca. Večina definicij kakovosti v literaturi je povezanih z videnji s strani kupca oziroma uporabnika v smislu »ali smo uspešno ustregli kupčevim zahtevam«. V podjetju Kodak so na kakovost gledali s cenovne strani. Menili so, da so kakovostni

proizvodi tisti proizvodi, ki izpolnjujejo ali presegajo cenovna pričakovanja kupca, saj naj bi prav cena v očeh kupca predstavljala vrednost izdelka (Kerzner, 2009).

Med tri najzaslužnejše strokovnjake, ki so prispevali velik delež k razvoju kakovosti, so: W. Edwards Deming, Joseph M. Juran in Phillip B. Crosby.

Deming je bil pionir pri uporabi statističnih metod in metod vzorčenja. Kakovost je opisal kot proces nenehnega izboljševanja in učenja na preteklih napakah in trdil, da 85 % problemov izvira iz managementa in le 15 % iz proizvodnje (Kerzner, 2009, str. 878). Demingov idealen proizvod je izdelek z nič napakami in kakovostjo, ki ustreza vsem naročnikovim zahtevam (Kerzner, 2009, str. 880).

Juran je verjel, da je kakovost z vidika proizvajalca dojemana kot skladnost s specifikacijami medtem ko kupec kakovost vidi kot vrednost izdelka in njegovo uporabnost. Juran trdi, da obstaja več stopenj kakovosti, ki jih glede na njihove značilnosti opredelimo kot strukturne, senzorične, časovno opredeljene, komercialne ter etične (Kerzner, 2009).

Crosby je svoje videnje kakovosti opisal na sledeče načine (v Kerzner, 2009, str. 881): kakovost se odraža v skladnosti z zahtevami, izhaja iz preventive in pomeni, da nimamo napak ter da jo merimo s pomočjo stroškov neskladnosti. Standardi uspešnosti morajo po njegovem temeljiti na odsotnosti napak proizvoda. Crosby verjame, da se osnova za izboljšanje nahaja v sami zasnovi procesov in pravilnem razporejanju skupin, ki se v podjetju ukvarjajo s kakovostjo (v Khawaja, 2018).

Poleg prej naštetih se je s pojmom kakovosti ukvarjal tudi David Garvin. Opisal jo je s »petimi pristopi za definiranje kakovosti« (Garvin, 1984, str. 25).

- **Pristop proizvoda:** kakovost vidi kot natančno določeno in merljivo spremenljivko, ki temelji na sestavi oziroma lastnostih proizvoda. Pri tem pristopu se na kakovost gleda predvsem z ekonomskega vidika (Garvin, 1984). Primer: »Razlike v kakovosti pomenijo razlike v količini zelene sestavine ali lastnosti« (Lawrence, 1955).
- **Pristop kupca:** temelji na ideji, da imajo različni kupci različne potrebe in želje. Kakovost jim predstavlja proizvod, ki najbolje ustreza in izpolni njihove želje (Garvin, 1984, str. 27). Primer: »Kakovost je stopnja, do katere določen proizvod zadovoljuje naročnikove želje« (Gilmore, 1974, str. 16).
- **Pristop proizvajalca:** se nanaša na inženirsko in proizvodno prakso. Kakovost proizvoda opredeljuje kot »skladnost z proizvodnimi zahtevami na podlagi načrtov in specifikacij proizvoda (Garvin, 1984, str. 28). Primer: »Kakovost je stopnja skladnosti določenega izdelka z načrtom ali specifikacijo« (Gilmore, 1974, str. 16).
- **Vrednostni pristop:** opredeljuje kakovost z vidika stroškov in cene, povezane z proizvodom. Velea, da je kakovosten proizvod tisti, ki ustreza vsem zahtevam in ga lahko izdelamo čim ceneje (Garvin, 1984, str. 28). Primer: »Kakovost pomeni najboljše za določene zahteve kupcev. To je lahko dejanska končna uporaba in prodajna cena izdelka ali storitve«.

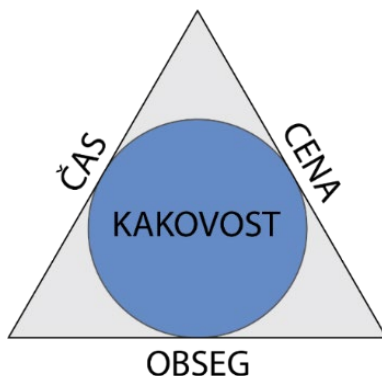
- **Transcendentni pristop:** ta kakovost proizvoda povezuje z t. i. »prirojeno odličnostjo«. Ta pomeni, da je proizvod že v začetku kakovostno zasnovan in ne potrebuje dodatnih izboljšav za doseganje željene ravni kakovosti (Garvin, 1984). Primer: »Kakovost ni ne um ne materija, ampak tretja entiteta, neodvisna od obeh ... Čeprav kakovosti ni mogoče opredeliti, veš, kaj je« (Pirsing, 1974, str. 185).

Omeniti velja še definicijo kakovosti s strani inštituta projektnega vodenja, ki kakovost opredeljuje po ISO standardu, in pravi, da je kakovost "stopnja, pri kateri skupek inherentnih značilnosti izpolnjuje zahteve" (Rose, 2014).

2.1.2 Trojna omejitev kakovosti

Že pred desetletji so inženirji dejali, da »lahko imate dobre, hitre in poceni proizvode, izberete pa lahko le dve izmed teh lastnosti«. Slednje je posledica trojne omejitve, katere osnovni trije vidiki so čas, cena in obseg proizvodnje. Vsi trije dejavniki hkrati so nedosegljivi in je za doseganje zadanih ciljev potrebno dejavnike med seboj uravnovežiti (Rose, 2014). Trojno omejitev najlažje prikažemo s pomočjo projektnega trikotnika, poznanega tudi pod imenom »železni trikotnik«. Ta predstavlja ravnovesje in povezave med spremenljivkami, ki so sestavni del kakovosti proizvoda. Težava je, da samo enega vidika v trikotniku ne moremo spreminjati, ne da bi pri tem vplivali na vsaj enega od preostalih dveh.

Slika 1: Trikotnik projekta



Vir: lastno delo.

Trikotnik trojne omejitve kakovosti, prikazan na sliki 1, lahko uporabimo na primeru proizvoda, kjer je glavni cilj doseganje želene kakovosti. Želena kakovost proizvoda se nahaja v središču trikotnika. Stranice trikotnika predstavljajo medsebojno povezane spremenljivke, ki so na voljo. Kot smo omenili, samo ene spremenljivke v trikotniku ne moremo neodvisno spreminjati, ne da bi to vplivalo na ostali dve. Razlog za to je medsebojna povezanost vseh treh spremenljivk (stranic trikotnika). Iz tega sledi, da pri hitrem in ugodnem delu trpi kakovost proizvoda. Hitro izdelan in kakovosten proizvod je posledično cenovno dražji, kakovosten proizvod po nizki ceni pa ne bo izdelan hitro. Skratka: cenovno ugodni, hitro izdelani in obenem kakovostni proizvodi ne obstajajo.

Na strani proizvajalca je, da oceni, katerim spremenljivkam bo posvetil pozornost in tako zadovoljil potrebe ter želje naročnikov. Pomembno je, da najdemo ravnovesje med temi spremenljivkami in pri tem zagotavljamo visoko kakovost proizvodov, saj lahko le tako ohranjamo konkurenčne prednosti na tržišču.

2.2 Management kakovosti

Kemp je v definiciji managementa kakovosti dejal sledeče: »nasprotje kakovosti je napaka, management kakovosti pa je prizadevanje za obvladovanje napak in njihovo zmanjšanje na sprejemljivo raven« (Kemp, 2006, str. XIV). Barone (2022) je svoje videnje managementa kakovosti opisal širše od Kempa, ne le zgolj kot odkrivanje in zmanjševanje napak. Dejal je: »management kakovosti je nadzor nad vsemi dejavnostmi in nalogami, ki jih je potrebno opraviti, da ohranimo želeno raven odličnosti«. Management kakovosti stremi k nenehnim izboljšavam na področju celovitega upravljanja kakovosti, saj zajema določitev politike kakovosti, njeno načrtovanje, izvajanje in zagotavljanje (Barone, 2022).

Lahko bi dejali, da je management kakovosti veda, ki zajema nadzor nad vsemi nalogami in dejavnostmi, potrebnimi za ohranjanje želene ravni odličnosti izdelka ali storitve.

Preden spregovorimo o principih managementa kakovosti se moramo najprej vprašati, kaj sploh je princip oziroma načelo? Za odgovor na to vprašanje si je najbolje ogledati preprosto definicijo principa: »princip je osnovno prepričanje, teorija ali pravilo, ki pomembno vpliva na način, kako se nekaj počne«. Principi managementa kakovosti so tako »niz temeljnih prepričanj, norm, pravil in vrednot, ki veljajo za resnična in se lahko uporabljajo kot podlaga za management kakovosti« (International Organization for Standardization, 2015).

Razlage principov kakovosti so različne. Da bi jih bolje definirali, so strokovnjaki organizacije ISO razvili principe managementa kakovosti. Najdemo jih v standardu ISO 9001. Ti principi podjetjem služijo pri lažjem doseganju ciljev kakovosti in pomagajo pri uspešnejšem vodenju (Ruskin, 2021). Standarda ISO 9000 in 9001 sta se sčasoma spreminjala in dopolnjevala. V začetku je bilo definiranih osem principov (ISO 9001:2000), od leta 2008 se je število zmanjšalo na sedem – ISO 9001:2008. Trenutno je veljaven standard ISO 9001:2015, ki vključuje naslednjih sedem principov (Kutz, 2006): osredotočenost na stranke, vodenje, vključevanje zaposlenih, procesni pristop, izboljšave, odločanje na podlagi dokazov in management odnosov. Prikazani in opisani so v prilogi 1.

2.3 Sistemi managementa kakovosti

Sistem managementa kakovosti (v nadaljevanju QMS) sestoji iz različnih procesov, postopkov in prej omenjenih principov managementa kakovosti. Njihov cilj je zagotavljanje ustrezne ravni kakovosti proizvoda oz. storitve. Sistemov, povezanih z managementom kakovosti, je veliko, vsem je skupno to, da so običajno ponovljivi in merljivi ter se zanašajo

na princip stalnega izboljševanja. Oglejmo si tri najpogostejše in najbolj razširjene QMS, od katerih ima vsak svoje prednosti in slabosti.

2.3.1 Celovito obvladovanje kakovosti

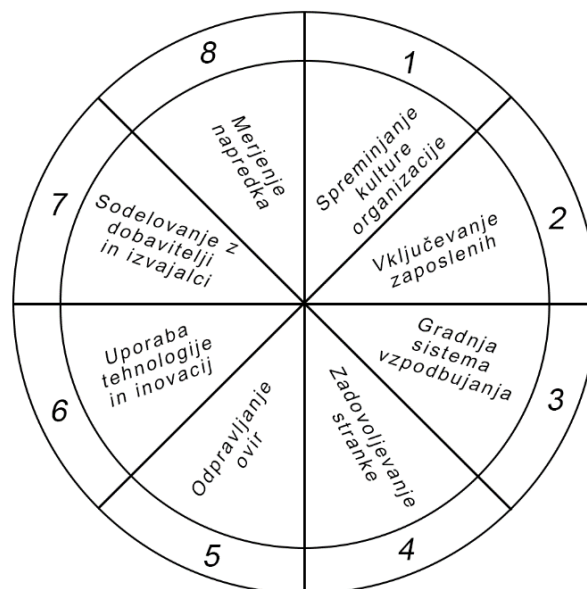
Celovito obvladovanje kakovosti (angl. Total quality management, v nadaljevanju TQM) je osnova vseh metod in standardov managementa kakovosti, ki so se razvili skozi zgodovino. Natančna definicija TQM ne obstaja, vendar bi lahko dejali, da je to proces, ki v podjetju zmanjšuje variabilnost kakovosti proizvodov in zmanjšuje količino odpadkov (Kerzner, 2009, str. 919). TQM je prva metoda za uspešno izvajanje Taylorjeve in Shewhartove ideje obvladovanja kakovosti v več kot enem podjetju hkrati. Nastala je v sodelovanju in s prizadevanjem najboljših praks širom sveta (ameriške znanosti vodenja, japonske predanosti in osredotočenosti ...). Primarna naloga TQM je zagotavljanje visoke kakovosti in zmanjševanje stroškov podjetja. Kasnejše metode, ki so se razvile iz TQM, so denimo *šest sigma*, *ISO 9000*, *gibanje ničelnosti napak*, *Kaizen* in *Just-in-time* (Kemp, 2006, str. 117).

Za boljše razumevanje TQM si je priporočljivo ogledati model osmih elementov uspešnega TQM (slika 2), kjer so preučeni organizacijski dejavniki (Zairi, 1991, str. 47):

- **Spreminjanje kulture organizacije:** pomembno je, da se moč organizacije razdeli tako, da se uvedejo določeni občutki pripadnosti in zvestobe. Pri tem je potrebno ohranjati resne, vendar zabavne postopke. Zahteve morajo biti eksplicitne in razumljive vsem.
- **Vključevanje zaposlenih:** vpletenost zaposlenih lahko močno vpliva na kulturo organizacije. Tu je pomembno njihovo vključevanje v odločitve ter upoštevanje nasvetov in spodbujanje k novim predlogom za izboljšave.
- **Gradnja sistema spodbujanja:** različni programi spodbud za zaposlene, ki temeljijo na programih delitve dobička, avtonomnih delovnih skupinah ...
- **Zadovoljevanje stranke:** dober razvoj kulture podjetja sovпада z pridobivanjem zaupanja strank in njihovim zadovoljstvom. S povečanjem zvestobe se poveča možnost ponovnega nakupa oz. obiska.
- **Odpravljanje ovir:** odprava birokracije, osredotočanje na procese in nadzorne mehanizme ter zagotavljanje pristojnosti in odgovornosti za izvajanje TQM.
- **Uporaba tehnologije in inovacij:** uporaba nove tehnologije in inovacij za doseganje napredka v kakovosti proizvodov ali storitve. Uporaba tehnologije pripomore k hitrejšemu odzivanju podjetij na nihanje povpraševanja na trgu (boljša komunikacija, hitrejša izmenjava podatkov ...).
- **Sodelovanje z dobavitelji in izvajalci:** dobri odnosi med dobaviteljem in kupcem olajšajo proces razprave o različnih vidikih in težavah storitev, ter reševanje slednjih.
- **Merjenje napredka:** merjenje napredka je ključnega pomena za merjenje uspešnosti in nadzora dobrih organizacij. Pomembno, je da si v začetku postavimo neke merljive cilje, ki jih nato lahko primerjamo in analiziramo z dobljenimi rezultati.

Zgoraj omenjenih osem elementov uspešnega TQM tesno sovпада z sedmimi principi obvladovanja kakovosti po ISO standardu, predstavljenih v poglavju 2.2.1. Med njimi obstaja tesna povezava, oboji temeljijo na skupnih načelih in filozofijah za doseganje kakovosti znotraj organizacije. Pomembno se je zavedati, da je TQM širši koncept, iz katerega se je nato razvil ISO standard. V primerjavi z ISO standardom je TQM celovitejši pristop k upravljanju kakovosti znotraj organizacije. ISO 9001 je po drugi strani specifičen mednarodni standard, ki določa zahteve za sistem upravljanja kakovosti. ISO standardi omogočajo organizacijam, da pridobijo certifikat za določen sistem obvladovanja kakovosti, medtem ko TQM ni standard, ki bi omogočal certifikacijo. TQM organizaciji služi kot širši okvir za razmišljanje in pristop k upravljanju kakovosti, medtem ko ISO standardi ponujajo konkretna orodja in smernice za vzpostavitev sistema obvladovanja kakovosti.

Slika 2: Model osmih elementov za uspešno TQM



Vir: prirejeno po Zairi (1991).

Zairi (1991) je v svojem delu predlagal model TQM (priloga 2), sestavljen iz treh ravni. Trdi, da je trdnost TQM odvisna od vseh njegovih gradnikov, že ena sama šibkost na enem področju lahko katastrofalno vpliva na TQM kot celoto. Zairi zato organizacijam predlaga, da svoj fokus usmerijo na vse vidike poslovanja in ne le na enega. Iz priloge 2 opazimo, da se v temeljih TQM nahajajo organizacija in njeni ljudje. Stebri TQM predstavljajo sredstva, ki vhodne človeške ustvarjalne procese spreminjajo v izhodne, naročniku koristne procese. Stebri, prikazani v prilogi 2, predstavljajo različne sisteme kakovosti (analiza in zbiranje podatkov, uporaba statističnih metod, tehnične inovacije, sistem managementa kakovosti ...). Vrh oz. streha služi kot stalna zaščita, ki organizacijo ščiti pred škodljivimi zunanjimi dejavniki, kot so denimo spremembe na trgu. K načrtovanju Zairijevega modela TQM moramo pristopati »od spodaj navzgor« s povezovanjem med različnimi gradniki znotraj podjetja (Zairi, 1991).

2.3.2 Metoda dvajsetih ključev

Metoda dvajsetih ključev velja za edinstven in praktičen sistem dolgoročnega uspešnega razvoja podjetij, ki jo je razvil japonski profesor Iwao Kobayashi leta 1994. Omenjeni sistem temelji na razvijanju in povečevanju timskega dela na vseh nivojih organizacije s ciljem izboljšanja konkurenčnosti podjetja na trgu, kakovosti proizvodov in procesov ter povečanja zadovoljstva in učinkovitosti zaposlenih. Teh dvajset »ključev« predstavljajo dvajset praktičnih in med seboj tesno povezanih metod, potrebnih za krepitev sistema in povečevanje zadovoljstva strank (Kobayashi, 1995).

Pri tem velja omeniti štiri ključne (ključ 1, 2, 3 in 20), ki ležijo izven velikega kroga (priloga 3). Ti služijo podpiranju in spodbujanju notranjih šestnajstih ključev. Krepijo se s pomočjo rasti in razvoja notranjih šestnajstih ključev in jih zato imenujemo »temeljni ključni«. Med temeljne ključne tako spadajo (Erceg in drugi, 2018):

- **PRVI KLJUČ – čiščenje in organizacija:** vse se začne z redom in čistočo.
- **DRUGI KLJUČ – organizacija sistema, vodenje s cilji:** zastavlja cilje in zagotavlja, da vsi zaposleni v podjetju vedo, kakšne so njihove dolžnosti za doseganje ciljev.
- **TRETJI KLJUČ – aktivnosti delovnih skupin:** zagotavljajo kulturo za organizacijo in izboljšanje skupinskih dejavnosti.
- **DVAJSETI KLJUČ – obvladovanje vodilnih tehnologij:** vse stoji in pade s hitrostjo, s katero lahko organizacija uspešno sprejema nove tehnologije.

Pomembno je upoštevati vsa omenjena področja, saj so ta med seboj odvisna oz. povezana v celoto. Prav s tem namenom je bil razvit sistem dvajsetih ključev, ki temelji na celovitem pristopu vseh področij organizacije (Kobayashi, 1995).

Kot vidimo metoda dvajsetih ključev ponuja konkretna orodja za izvajanje izboljšav, saj vsebuje konkretne in natančnejše smernice v primerjavi s TQM. Metoda dvajsetih ključev je zelo strukturirana in specifična, medtem ko je TQM splošnejši in se osredotoča na filozofijo in vrednote v organizaciji.

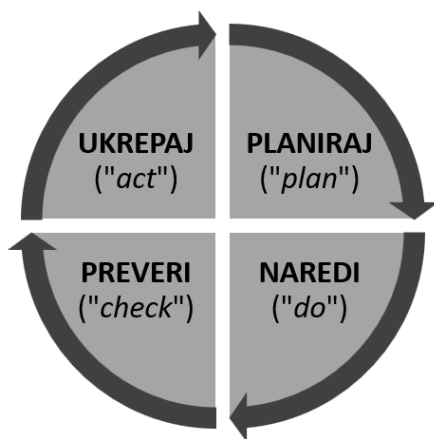
2.3.3 Standardiziran sistem managementa kakovosti

Ko govorimo o standardiziranem sistemu kakovosti mislimo na sisteme, ki se zanašajo na že uveljavljene standarde in sledijo dogovorjenim predpisom in kodeksom. Na kratko: »Standard je dokument, ki nastane s konsenzom in ga odobri priznani organ in ki določa pravila, smernice ali značilnosti za dejavnosti ali njihove rezultate ter je namenjen za občo in večkratno uporabo in usmerjen v doseganje optimalne stopnje urejenosti na danem področju« (Slovenski inštitut za standardizacijo, brez datuma a). Dober primer standardizacije so mednarodni ISO standardi, ti so med najbolj razširjenimi standardi v Evropi, medtem ko v Severni Ameriki prevladuje ANSI standardizacija. V Sloveniji za standarde skrbi Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST). SIST (brez datuma b) je

slovenski nacionalni organ, ki skrbi za priprave in sprejemanje neobveznih standardizacijskih dokumentov in zastopa interese Slovenije v mednarodnih (ISO in IEC) in evropskih organizacijah (CEN; ETSI).

Najbolj razširjeni in prepoznavni standardi kakovosti so standardi skupine ISO 9000. Standardi skupine ISO 9000 so zbirka uveljavljenih mednarodnih standardov, poročil in specifikacij ter ostalih dokumentov z področja managementa kakovosti. Potrebno je poudariti, da ti standardi niso specifično določeni za nek proizvod, storitev ali industrijo, temveč predstavljajo standarde sistema kakovosti, ki se lahko uporabijo na katerem koli proizvodu, storitvi ali procesu širom sveta (Kerzner, 2009). Med najbolj prepoznavne standarde v industriji spada ISO 9001, ki je najpogostejši standard managementa kakovosti, uporablja se v široki paleti industrije kot so gradbeništvo, proizvodnja, poslovanje ... Njegovi glavni cilji so izboljšanje učinkovitosti in kakovosti proizvodnje (Indeed Editorial Team, 2023). V primeru, da želimo kot podjetje uspešno opraviti in pridobiti certifikat standarda ISO 9001, moramo izpolnjevati vse navedene zahteve v zvezi s kakovostjo, dokumentacijo in revizijami. ISO certificiranje za podjetja ni obvezno temveč prostovoljno, vendar lahko kupec oz. naročnik za določene panoge postavi pravne ali pogodbene zahteve, kjer moramo izpolnjevati določen standard, saj s tem jamčimo, da bodo izdelki željene kakovosti (Abuhav, 2017). Podjetja z ISO standardom na tržišču danes predstavljajo varnejšo opcijo za naročnika, saj to pomeni, da ima podjetje vpeljan ustrezen sistem managementa kakovosti. Pridobitev ustreznega certifikata ISO standarda podjetju povečuje dodano vrednost njegovih aktivnosti.

Slika 3: PDCA cikel



Vir: prirejeno po Dentch (2017).

Zgoraj omenjena serija standardov za upravljanje kakovosti družine EN ISO 9000 je zgrajena na principu planiraj-naredi-preveri-ukrepaj ali v angleškem jeziku plan-do-check-act, kar označujemo s kratico PDCA. Pristop PDCA je prikazan na zgornji sliki 3 in deluje na sledeč način (Dentch, 2017):

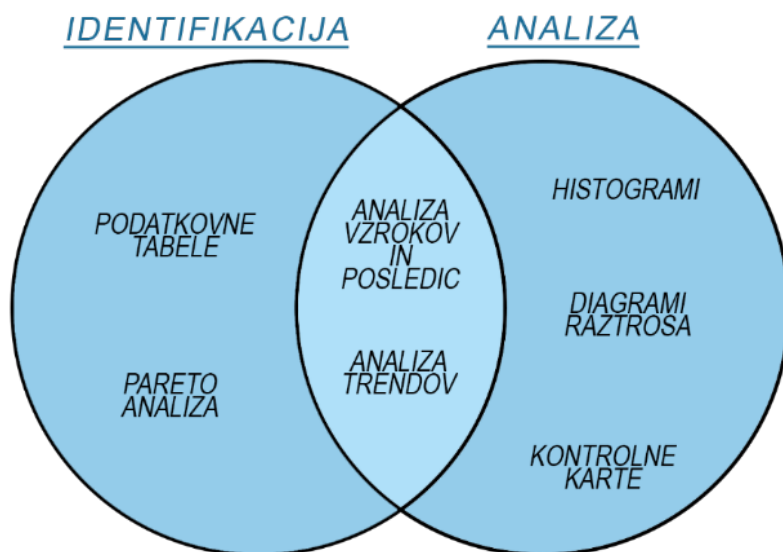
- **Planiraj:** v tej fazi se izvede izbira ciljev kakovosti in programov za doseganje zadanih ciljev (določitev ciljev kakovosti, kazalnikov uspešnosti, temeljnih procesov).
- **Naredi:** izvajanje proizvodnih ter storitvenih procesov pod nadzorom, ki služi kot zagotovilo, da so zahteve strank izpolnjene. Prav tako se izvajajo podporni postopki, ki podpirajo temeljne.
- **Preveri:** kakovost se spremlja in pregleduje z zastavljenimi cilji s strani organizacije in strank. Učinkovitost in rezultati QMS so posredovani vodstvu, ki jih uporabi za sprejemanje nadaljnjih odločitev.
- **Ukrepaj:** zadnja faza so ukrepi, ki se izvedejo z namenom odpravljanja pomanjkljivosti ter izboljšanja kakovosti s pomočjo rezultatov monitoringa QMS. Izvedejo se usposabljanja zaposlenih in ostalih udeležencev za zagotavljanje izboljšanja QMS.

Kot vidimo so standardi skupine ISO 9000 neskončno ponavljajoči se cikel, ki vključuje načrtovanje, kontrolo in dokumentacijo. S pomočjo načrtovanja zagotavljamo, da bodo cilji, nameni, razmerja moči in odgovornosti za vsako aktivnost pravilno interpretirani. S pomočjo ustrezne kontrole zagotovimo želeno doseganje namenov in ciljev, s pomočjo korektivnih ukrepov pa zmožnost predvidevanja in preprečevanja težav. Z dokumentacijo skrbimo za zbiranje povratnih informacij o delovanju sistema managementa kakovosti, zadovoljstvu strank ter novih potrebnih sprememb (Kerzner, 2009, str. 886).

2.4 Orodja managementa kakovosti

Prvi je pomen orodij managementa kakovosti poudaril Kaoru Ishikawa, zato ga mnogi imenujejo tudi »oče« managementa kakovosti. Po njegovi zaslugi poznamo sedem osnovnih orodij managementa kakovosti pod imenom »prvih sedem«. Ta orodja organizaciji pomagajo pri zbiranju in analizi podatkov, informacij, prepoznavanju težav ter temeljnih vzrokov zanje. Zaposleni lahko z uporabo ustreznih orodij managementa kakovosti in s pomočjo analiz pridejo do konkretnih rešitev za izboljšanje kakovosti izdelkov oz. storitev. Ishikawa je menil, da se večino problemov, povezanih s kakovostjo, lahko reši s pomočjo sedmih sledečih statističnih orodij (Kerzner, 2009): histogrami, Pareto analize, analize vzrokov in posledic, kontrolne karte, podatkovne tabele, analize trendov in kontrolne karte (Jus, 2018a). Ishikawa je orodja razdelil v dve skupini, na orodja za identifikacijo ter orodja za analizo (prikazano na sliki 4). Orodja za identifikacijo služijo odkrivanju oz. identifikaciji izvora težav, orodja za analizo pa služijo analizi zbranih podatkov in preverjanju napredka ter uspešnosti rešitev. Orodja, uporabna tako pri identifikaciji kot analizi, ležijo na sredini znotraj preseka obeh krogov (Kerzner, 2009, str. 894).

Slika 4: Sedem orodij kontrole kakovosti



Vir: prirejeno po Kerzner (2009).

V nadaljevanju sem zbral nekaj pomembnejših orodij managementa kakovosti. Razvrstil sem jih v skupine glede na njihov namen uporabe in učinek, ki ga želimo z njimi doseči.

V pomoč pri začetnem **zbiranju idej** in pri iskanju morebitnih rešitev za težave s kakovostjo si lahko pomagamo s sledečimi orodji:

- diagram sorodnosti,
- diagram vzrokov in posledic,
- viharjenje možganov,
- primerjalna analiza,
- revizije.

V pomoč pri **združevanju idej**, ki smo jih zbrali za nadaljnjo analizo, so nam lahko v pomoč:

- diagrami sorodnosti,
- diagrami vzrokov in posledic.

Pri opravljanju **analize** zbranih idej in podatkov si lahko pomagamo z orodji, kot so:

- diagrami vzrokov in posledic,
- diagrami odnosov
- Pareto diagrami,
- »5 x zakaj« analiza.

Za prikazovanje obstoječih in načrtovanje nadaljnjega **zaporedja korakov** so nam lahko v pomoč:

- diagrami poteka,
- puščični diagrami,
- drevesni diagrami.

Za nazorno prikazovanje podatkov si pomagamo s pomočjo **podatkovnih slik**, s katerimi lahko prikazujemo podatke in ugotovitve. Te lahko ustvarimo s:

- histogrami,
- Pareto diagrami,
- časovnimi kartami,
- diagrami raztrosa,
- kontrolnimi grafikoni.

Pri beleženju, spremljanju in **sledenju podatkov** pri analizi ali opazovanju so nam v pomoč:

- kontrolne karte,
- časovne karte,
- Pareto diagram,
- kontrolni grafikoni.

Ko gre za **določanje prednostnih nalog** ter vrstnega reda opravil, ki ju je potrebno najprej opraviti, največkrat uporabimo:

- PICK matriko,
- večstransko glasovanje,
- tehniko nominalne skupine,
- diagrame odnosov,
- matrike odločitev.

V kolikor želimo prikazati **razmerja in povezave med procesi** ter morebitne posledice in vplive lahko to storimo s pomočjo:

- diagrama odnosov,
- diagrama raztrosa.

Zgoraj omenjena orodja lahko poljubno uporabljamo glede na vrsto in naravo težave, s katero se srečujemo, ter v odvisnosti od podatkov, ki so nam na voljo.

2.5 Metoda DMAIC

Sistem šest sigma je pristop za upravljanje kakovosti, ki se osredotoča na zmanjšanje variabilnosti v procesih ter doseganje visoke kakovosti proizvodov ali storitev. Znotraj tega sistema se pogosto uporablja metoda DMAIC (tabela 1), ki je bila v okviru koncepta šest

sigme razvita v osemdesetih letih 20. stoletja v podjetju Motorola. Ime DMAIC izhaja iz nabora angleških besed, na osnovi katerih je ta metoda definirana: *Define, Measure, Analyse, Improve in Control*. Če koncepte prevedemo v slovenščino so torej ključni členi te metode: definiraj, meri, analiziraj, izboljšaj in kontroliraj (Kutz, 2006, str. 585). Metoda DMAIC je v začetku pri Motoroli obsegala le štiri faze in se je imenovala DMAI. Kasneje, ko jo je v devetdesetih letih 20. stoletja začelo uporabljati podjetje General Electric (GE), so DMAI metodi dodali še peto fazo kontrole (Control). S tem se je izoblikovala DMAIC metoda petih faz, kakršno poznamo še danes (Pyzdek, 2003).

Metoda DMAIC se uporablja za izboljševanje procesov, vodenje projektov in reševanje problemov. DMAIC velja za eno ključnih metod pristopa šest sigma, vendar se jo lahko uporablja in izvaja tudi kot samostojno metodo za izboljševanje kakovosti znotraj podjetja (Jay, 2007). Namen metode DMAIC je odkriti in odpraviti neučinkovitosti ter z njimi povezane napake na podlagi v podjetju pridobljenih podatkov. V primerjavi z predhodno omenjenima metodama TQM (poglavje 2.3.1) in PDCA (poglavje 2.3.2) ponuja metoda DMAIC bolj strukturiran in analitičen pristop pri reševanju kompleksnih procesnih težav.

Metoda DMAIC je uporabna, ko (Trout, brez datuma):

- obstaja očitna težava pri obstoječem procesu ali nizu procesov;
- vidimo priložnost za prihranke pri stroških, zmanjšanje števila napak in povečanje produktivnosti ter posledično skrajšanje časa izdelave;
- imamo merljiv postopek (merljive podatke, ki jih lahko zbiramo in analiziramo).

Tabela 1: 5 faz DMAIC metode

5 FAZ DMAIC METODE	
Faza	Opis
Define - definiraj	definiranje problema(ov) ter strank in procesov, ki so vključeni v ta problem
Measure - meri	določanje izhodiščne ravni izboljšav s pomočjo zbiranja podatkov, povezanih s problematiko
Analyze - analiziraj	s pomočjo analize zbranih podatkov poiščemo glavni vzrok težav
Improve - izboljšaj	razvijanje, preizkušanje in izvajanje rešitev za izboljšanje procesa
Control - kontroliraj	razvoj in izvajanje nadzora nad procesi za ohranjanje izboljšav

Vir: prirejeno po Trout (brez datuma).

2.5.1 Faza definiranja

V fazi definiranja se posvetimo opredelitvi ključnih lastnosti analiziranega proizvoda ali postopka. Pomembno je izpostaviti obstoječe probleme, ki jih želimo razrešiti, in določiti cilje izboljšav (Brittany, 2023). Glavno vprašanje v fazi definiranja je: »Kateri problem

želimo odpraviti?«. V fazi definiranja se izvede opredelitev procesa, ki ga je treba izboljšati, opredelitev obsega projekta in opredelitev vseh oseb, na katere bo projekt vplival. Pomembno je določiti jasne cilje in naloge ter razviti načrt projekta, kjer so opisane ključne dejavnosti, časovni raspored in viri, potrebni za doseganje teh ciljev.

Ključne aktivnosti faze definiranja so:

- **Identifikacija problema oziroma priložnosti:** je prvo dejanje faze definiranja. Problem lahko določimo na podlagi povratnih informacij s strani naročnika, internih podatkov ali drugih virov informacij (Shankar, 2009). Za lažjo identifikacijo si pomagamo z sledečimi vprašanji (Trout, brez datuma): »V čem je težava?«, »Kje ima učinek?«, »Kdaj se pojavlja (kratkoročno/dolgoročno)?« in »Kakšen je obseg težave?«.
- **Opredelitev ciljev in obsega:** po opredelitvi problema sledi opredelitev ciljev in obsega projekta. Potrebno je določiti, kaj želimo doseči in v kakšnem obsegu. Določi se območja procesov, kjer se pojavlja težava (Shankar, 2009). S pomočjo opredeljenih ciljev pa določimo »točko« uspešnosti. Ko so temeljni vzroki ugotovljeni, lahko izjavo o opredelitvi ciljev prilagodimo tudi kasneje v fazi analize (Trout, brez datuma).
- **Izdelava načrta procesa:** izdelava dobrega načrta procesa je ključna za razumevanje in uspeh postopka DMAIC. Potrebno je opredeliti ključne dejavnosti, časovne razporede, vire ter vloge in odgovornosti, potrebne za doseganje ciljev projekta. Pomaga nam ugotavljati področja, kjer so možne izboljšave, pri tem pa je potrebno izdelati vizualni prikaz poteka procesov – zemljevid procesov (Shankar, 2009). Z pomočjo Gantovega diagrama lahko določimo časovne okvirje ter vidimo, kje proces odstopa od začrtane poti, saj ta vključuje vse procese in predvidene čase za izdelavo proizvoda.
- **Opredelitev stranke in njenih zahtev:** pomemben del v fazi definiranja je opredelitev stranke in njenih zahtev. Vključuje prepoznavanje internih in zunanjih strank, njihovih potreb in določanje pričakovanj, ki jih stranke gojijo do našega proizvoda (Kutz, 2006). Takšna analiza interesa nam močno olajša razumevanje njihovih potreb in pričakovanj.
- **Izjava o problemu:** definiranje in razvoj jasne izjave o problematiki je pomemben del faze definiranja. V opisu je potrebno jasno opredeliti problem ali priložnost, kjer vidimo prostor za izboljšavo, njen vpliv ter zelen oz. pričakovan izid (Forrest, 1999).

Najpogostejša orodja v fazi definiranja so (Jus, 2018b):

- IPO diagram,
- SIPOC diagram,
- diagram poteka,
- projektni načrt,
- CTQ drevo.

Če povzamemo fazo definiranja, lahko rečemo, da so njeni cilji:

- razumevanje projekta, njegovega namena in obsega,

- ugotovitev ali je izbrani proces primeren za uporabo DMAIC metode,
- izdelava načrta trenutnega procesa,
- preučitev pričakovanja strank oz. kupcev,
- ustvariti oceno predvidenih časovnih razporedov ter stroškov.

Faza definiranja se osredotoča na opredelitev problema ali priložnosti. Izvede se priprava projektne listine ter oblikovanje projektne skupine. Pomembna priprava v fazi definiranja omogoča lažje in boljše rezultate v nadaljnjih fazah.

2.5.2 Faza merjenja

Faza merjenja služi doseganju boljšega razumevanja procesa in iskanju primarnega vzroka problema. Cilj je pridobiti in analizirati čim več procesnih podatkov, ki jih nato primerjamo z rezultati po opravljenih izboljšavah in s tem preverimo njihovo učinkovitost (Kutz, 2006, str. 597). Merjenje je v celotnem projektu ključnega pomena, saj nudi ključne kazalnike in namige o tem, kje znotraj procesa se nahajajo problemi. Omogoča nam boljše razumevanje dogajanja v procesu, problemov in pričakovanj strank. Preden pa zbranim podatkom zaupamo, moramo preveriti, ali so ti zanesljivi in veljavni (Pyzdek, 2003, str. 113).

V prvi fazi je potrebno začeti zbirati podatke in izmeriti obširnost problema. Informacije je potrebno zbirati na pasiven način, torej z uporabo preteklih podatkov. Ker navadno podatkov nimamo veliko, moramo zato več časa nameniti študiji procesa in zbiranju trenutnih podatkov (Shankar, 2009, str. 11).

V fazi merjenja je ključno (Shankar, 2009):

- razumevanje in merjenje obstoječih dejavnosti znotraj procesa s pomočjo diagrama trenutnih procesov;
- s pomočjo FMEA analize ugotoviti in razumeti, kje v procesu leži tveganje;
- ugotoviti, kako dobro proces izpolnjuje pričakovanja kupca;
- ocenjevanje sistema merjenja za zagotavljanje točnosti podatkov in preprečevanje odstopanj.

Pred prehodom v nadaljnjo fazo analize se na podlagi trenutne uspešnost in stanja procesa določi izhodišče.

Ključne aktivnosti faze merjenja so:

- **Opredelitev ključnih vhodnih podatkov procesa:** tu govorimo o opredelitvi vhodnih podatkov procesa, ki imajo najpomembnejši in največji vpliv na zadovoljstvo naročnika. Osredotočamo se predvsem na vložke in njihove učinke, s čimer preprečimo zapravljjanje časovnih in drugih virov, ki nimajo učinka na končne rezultate.

- **Izdelava načrta zbiranja podatkov:** načrt zbiranja podatkov se izdelava z namenom določitve podatkov, ki jih je potrebno zbrati, metod vzorčenja ter pogostosti zbiranja. Načrt mora vsebovati merjene karakteristike, vire podatkov in predvidena orodja, ki se uporabljajo za njihovo pridobivanje.
- **Zbiranje podatkov:** podatke zbiramo skladno s sestavljenim načrtom. Bistveno je, da zbiramo natančne in zanesljive podatke, s čimer zagotovimo veljavnost in uporabnost kasnejše analize.
- **Validacija merilnega sistema:** merilne metode in opremo je potrebno preveriti in potrditi njihovo natančnost in ustreznost. To omogoča, da so pridobljeni podatki verodostojni in zanesljivi. Le takšne podatke lahko uspešno analiziramo
- **Analiza podatkov:** s pomočjo analize zbranih podatkov določimo trenutno uspešnost procesa, odstopanja in njegovo učinkovitost. Ta del analize je ključnega pomena za razumevanje trenutnega stanja procesa, saj nam omogoča določiti področja za izboljšave.
- **Preverjanje osnovnih vzrokov:** ko določimo osnovni vzrok za težave v procesu, ga preverimo s pomočjo poskusov in nadaljnje analize podatkov. Ta korak je bistvenega pomena za trditev, da je ugotovljeni temeljni vzrok pravi.
- **Vzpostavitev izhodiščnega stanja:** trenutno stanje procesa se postavi kot izhodišče. To izhodišče se nato uporablja za določanje merjenja napredka ter določanje učinkovitosti med DMAIC analizo.
- **Določanje ciljev izboljšav:** določi se ciljna učinkovitost procesa. Cilje izboljšav se določi na podlagi zahtev stranke in poslovnih ciljev. V tem koraku poskrbimo, da bodo rešitve, razvite v nadaljnjih fazah, izpolnjevale potrebe naročnika ter zagotavljale poslovno vrednost organizacije.
- **Dokumentiranje ugotovitev:** vse merjenja, ugotovitve, zbrane podatke, opravljene analize in zaključke je potrebno dokumentirati. Dokumentiranje je ključnega pomena za zagotavljanje sledljivosti, obstoja informacij ter dostopnosti za ekipo, ki jih lahko tako nemoteno uporablja v nadaljnjih fazah.

Med najbolj uporabljana orodja v fazi merjenja uvrščamo (Jus, 2018b):

- kontrolne liste,
- diagrame tokov,
- histograme,
- diagrame vzrokov in posledic,
- Paretove diagrame,
- kontrolne karte,
- diagrame poteka.

Faza merjenja ima veliko vlogo pri uspehu DMAIC metode, saj služi kot izhodiščno stanje ravni uspešnosti procesa. Hkrati faza merjenja opredeljuje tudi priložnosti za izboljšave in postavlja temelje za nadaljnjo fazo analize.

2.5.3 Faza analize

Faza analize nam pomaga bolje razumeti odnose med vzroki in posledicami v obravnavanem procesu. Tu skušamo ugotoviti in razumeti povezave med vhodnimi dejavniki in končnim proizvodom, njihove medsebojne vezi ter vplive na končni rezultat. V tej fazi želimo filtrirati čim več vhodnih dejavnikov ter izločiti tiste, ki nimajo vpliva na želeni končni rezultat. Faza analize se prične z izvajanjem ukrepov, ki smo jih opredelili v fazi merjenja. Pri tem poskušamo zbrati čim več podatkov in informacij. Zbrane podatke po izvedenih spremembah analiziramo s pomočjo statističnih orodij. Rezultate primerjamo ter tako vidimo, kako sprememba vhodnih dejavnikov pomembno vplivajo na končne rezultate. Če rezultat kaže »minimalne« spremembe oziroma ne vidimo izboljšanja, lahko ta vhodni dejavnik zanemarimo. Nadaljujemo z drugimi testi in skušamo odkriti vse dejavnike, ki pomembno vplivajo na naš proces (Shankar, 2009, str. 42).

Faza analize omogoča dva različna pristopa oziroma vrsti razmišljanj (Pyzdek, 2003, str. 119):

- **Divergentni pristop:** širimo »mrežo« rešitev in skušamo vključiti čim več možnih rešitev;
- **Konvergentni pristop:** iščemo le eno najboljšo rešitev.

Fazo analize izvedemo s pomočjo naslednjih korakov:

- **Analize podatkov:** zberemo in analiziramo podatke v povezavi z obravnavanim problemom. To vključuje vse podatke o procesu, povratne informacije strank oz. kupcev ter informacije drugih virov, ki so ključne za odkrivanje temeljnega vzroka težav.
- **Načrtovanja procesa:** načrtovanje poteka procesa je ključnega pomena pri odkrivanju ozkih grl projekta. Ozka grla so glavni razlog za večino zamud in težav, povezanih s tem. Prav tako s pomočjo načrtovanja poteka procesa odkrijemo tudi druge vzroke težav.
- **Analize temeljnih vzrokov:** za ugotavljanje temeljnih vzrokov težav si pomagamo z orodji, kot so diagram ribje kosti, Pareto diagram in 5 x zakaj.
- **Preizkušanjem hipotez:** opredelitvi osnovnih vzrokov sledi razvoj hipotez za preizkus možnih rešitev. Tu gre predvsem za načrtovanje poskusov in zbiranje podatkov o učinkovitosti posameznih rešitev.
- **Statistične analiza:** obsega uporabo statističnih orodij kot denimo regresijske analize in analize variance, s katerimi ugotovimo pomembnost pridobljenih podatkov. Na podlagi slednjih lahko nato ustvarimo morebitne vzorce ali trende, ki nakazujejo temeljne vzroke težav.

Med najbolj razširjenimi orodji za fazo analize so:

- Pareto diagram,
- diagram ribje kosti,

- 5 x zakaj,
- preverjanje hipotez,
- strukturirana analiza okvar,
- FMEA,
- SPC diagram.

Faza analize nam omogoča opredeliti vzroke in probleme ter postaviti temelje za razvoj učinkovitih rešitev v naslednji fazi izboljšanja.

2.5.4 Faza izboljšav

Poudariti velja, da se faza analize in izboljšanja dogajata istočasno. Lahko se zgodi, da bi že pred fazo izboljšav prišlo do tolikšnega izboljšanja procesa, da bodo cilji projekta doseženi. Če se to zgodi, se projekt lahko zaključi. V nasprotnem primeru, če še vedno ne dosegamo ciljne uspešnosti projekta, je potrebno izvesti dodatne dejavnosti in ukrepe za izboljšanje (Pyzdek, 2003, str. 139). V tej fazi je cilj razvoj ustreznih izboljšav procesov ali izdelkov z upoštevanjem potreb kupca. Izboljšave morajo biti učinkovite in dosegljive s strani poslovnih omejitev, kot sta proračun, časovni načrt ... Če določenih izboljšav ne moremo podpreti, jih moramo izključiti. To ne pomeni, da težav ne skušamo odpraviti, vendar iščemo alternative in načine, ki so znotraj razpoložljivih omejitev (Kutz, 2006, str. 607).

Fazo izboljšanja lahko opišemo s pomočjo naslednjih korakov:

- **Ustvarjanje idejnih rešitev:** na podlagi temeljnih vzrokov, ugotovljenih v predhodnih fazah, ustvarimo možne rešitve. Te morajo biti usmerjene k zmanjšanju vplivov in odpravi temeljnih vzrokov napak.
- **Vrednotenje idejnih rešitev:** predlagane rešitve se ocenijo glede na njihovo izvedljivost, vpliv na proces, stroške in kompleksnost izvedbe.
- **Načrtovanje in izvedba rešitev:** priprava podrobnega načrta izvajanja izbranih rešitev, vključno z opredelitvijo potrebnih virov, dodelitvijo odgovornosti, določanjem časovnih okvirov ter določanjem meril merjenja uspeha so ključnega pomena za uspeh načrtovanih rešitev. S tem zagotovimo, da se načrtovane rešitve izvede v skladu z načrtom.
- **Spremljanje in preverjanje:** nenehno spremljanje izvedene rešitve omogoča, da preverimo, ali rešitev deluje v skladu s pričakovanji. Merjenje rezultatov opravimo s pomočjo različnih metod za ugotavljanje učinkovitosti predlagane rešitve.
- **Standardizacija rešitev:** ko rešitev izvedemo in potrdimo njeno uspešnost, jo lahko standardiziramo. To storimo s pomočjo posodobitve dokumentacije, postopkov in usposabljanj. S tem zagotovimo trajnost in ponovljivost izboljšanega postopka.

Orodja, uporabna v fazi izboljšave, so:

- viharjenje možganov,
- FMEA analiza,

- revizija procesov in mape procesa,
- Kaizen,
- Lean orodja (5S, Kanban, Poka-yoke).

Faza izboljšav vključuje dejansko izvajanje predlaganih rešitev za odpravo težav. Pri tem je pomembno, da imamo sestavljen podroben načrt in da v postopek izvajanja vključimo vse strani za zagotovitev uspeha.

2.5.5 Faza kontrole

V fazi kontrole se izvaja nadzor oz. kontrola za zagotovitev ohranitve izboljšanja procesa (Kutz, 2006, str. 609). Služi preverjanju, ali se je z uporabo ukrepov doseglo želeni cilj in če rešitve delujejo. V kolikor se število procesnih napak zmanjša, lahko trdimo, da smo našli rešitev za dani problem. Ekipa, zadolžena za izboljšanje procesa, mora skozi vse faze spremljati napredek in beležiti ključne dejavnike, ki botrujejo k izboljšanju stanja. V tej fazi so uporabljeni matematični modeli, razmerja med pomembnimi vhodnimi podatki in njihovimi vplivi na rezultate dobro znani (Shankar, 2009, str. 95).

Ključni koraki faze kontrole so:

- **Izdelava načrta za razvoj:** načrt za razvoj je dokument, v katerem so opisani koraki, potrebni za vzdrževanje izboljšav, ki smo jih dosegli v fazi izboljšanja. Vsebuje opis procesa, ključne metrike, ki se bodo spremljale, pogostost spremljanja ter ustrezne ukrepe za izvajanje, v kolikor metrike ne bi dosegale določenih kontrolnih meja.
- **Implementacija načrta nadzora:** ko imamo razvit načrt nadzora ga moramo ustrezno izvajati. To vključuje obveščanje vseh udeležencev o našem načrtu, ustrezno usposabljanje osebja o morebitnih novih procesih ter postopkih in poročanje.
- **Spremljanje in merjenje:** spremljanje ključnih metrik, opredeljenih v kontrolnem načrtu, je pomembno za zagotavljanje delovanja procesa v skladu s pričakovanji. Pri odkrivanju morebitnih sprememb in nepravilnosti ter spremljanju metrik si lahko pomagamo s kontrolnimi diagrami ali drugimi statističnimi orodji obvladovanja procesov.
- **Sprejemanje korektivnih ukrepov:** če so metrike izven želenih ali določenih meja, je potrebno sprejeti korektivne ukrepe za odpravo težav. Ti lahko vključujejo ugotavljanje in odpravljanje osnovnega vzroka težav, posodobitev načrtov za nadzor ali ponovno usposabljanje osebja, v kolikor je to potrebno.
- **Dokumentiranje in osveščanje:** vse spremembe, ki se zgodijo vzdolž procesa ali načrta nadzora, je potrebno ustrezno dokumentirati. Nove informacije je potrebno sporočiti vsem vključenim stranem oz. udeležencem, saj s tem zagotovimo, da so vsi seznanjeni s trenutnim procesom in da se izboljšave v nadaljevanju tudi ohranjajo.

Orodja faze kontrole so naslednja:

- SPC orodja,
- standardni operativni postopki (SOP),
- usposabljanje in izobraževanje,
- revidiranje procesov,
- vizualni management,
- kontrolni plani.

Vidimo, da je faza kontrole ključna za uspeh DMAIC metode, saj z njeno pomočjo zagotavljamo, da se izboljšave ohranjajo skozi čas. Z izvajanjem nadzora, spremljanjem ključnih kazalnikov in izvedbo ustreznih korektivnih ukrepov lahko zagotovimo, da procesi delujejo v skladu s pričakovanji ter da se izboljšave dosežene z DMAIC metodo ohranijo. Kontrola spada med ključne faze, saj lahko z morebitnim preskokom ali nepravilnim izvajanjem kontrole pride do tega, da moramo celoten DMAIC postopek ponoviti (Kutz, 2006, str. 609).

2.6 Vrste klasifikacij napak

Napake, ki se pojavljajo med proizvodnjo, lahko delimo na več vrst oz. skupin. Razlikujejo se glede na industrijo, proizvodne procese, tehnološke zahteve itd. Med bolj znane pristope za klasifikacijo napak sodita pristopa podjetij IBM in HP, vendar sta bolj uporabna v računalništvu in programiranju kakor v industriji (Freimut in drugi, 2005). Za potrebe proizvodnje in strojništva klasifikacija napak ni natančno definirana. Vsaka klasifikacija se razlikuje od problema do problema in je zato zelo specifična, vezana na določen proizvod, panogo ali proizvodni proces.

V nadaljevanju je naštetih nekaj splošnih klasifikacij napak, ki se mi zdijo smiselne za obravnavan primer in sem jih uporabil v nadaljevanju magistrskega dela.

2.6.1 Klasifikacija glede na vrsto napake:

Omenjena klasifikacija razlikuje med različnimi vrstami napak glede na naravo njihovega nastanka. To olajša njihovo prepoznavanje in odpravljanje.

- Geometrijske napake: so povezane z dimenzijo in obliko proizvoda;
- funkcijske napake: vplivajo na funkcionalnost in delovanje proizvoda (npr. slaba konstrukcija), vplivajo direktno na kupca in njegovo zadovoljstvo;
- napake v materialu/surovcih: sem spadajo tako mehanske kot strukturne napake v osnovnem materialu – surovcu, denimo razpoke, lunke, poroznost ...

2.6.2 Klasifikacija glede na proizvodno fazo:

Tu so napake klasificirane glede na fazo proizvodnega procesa, v kateri se pojavijo. To nam omogoča identifikacijo, kdaj in kje v proizvodnem procesu se je napaka pojavila, kar olajša njeno lociranje, odpravo in preprečevanje v prihodnje.

- Napake pred proizvodnjo: napake pri naročanju ter dobavi standardnih komponent in surovcev, napake pri načrtovanju in konstrukciji proizvoda, napake pri načrtovanju proizvodnih procesov;
- napake med proizvodnjo: napake pri izdelavi, montaži ter kontroli kakovosti proizvoda, napake v materialu, odkrite med obdelavo, poškodbe med rokovanjem;
- napake po proizvodnji: poškodbe pri skladiščenju in transportu, okvare med obratovanjem.

2.6.3 Klasifikacija glede na vzrok nastanka napake:

Ta klasifikacija razlikuje med potencialnimi vzroki za nastanek napake. Te se razvrstijo glede na dejavnike ali procese, ki so povzročili njihov nastanek. To omogoča identifikacijo osnovnih vzrokov in sprejetje ustreznih ukrepov za njihovo odpravo ter preprečevanje v prihodnje.

- Vpliv človeškega faktorja: to so napake, ki nastanejo ob prisotnosti človeškega faktorja, npr. napake pri montaži, pri nastavitvah stroja ali pri načrtovanju, skratka povsod, kjer je prisoten človek, obstaja možnost za nastanek napak zaradi človeškega vpliva.
- Tehnične težave: napake, nastale zaradi okvare strojev oziroma orodja, izrabljenega orodja, tehnoloških omejitev ali neustreznih proizvodnih postopkov.
- Konstrukcijske težave: težave, povezane z napačnimi tolerancami, ujemi ali samo zasnovo oz. funkcionalnostjo izdelka.
- Vpliv okolja: napake, nastale kot posledica vpliva okolja, npr. kontaminacija okolja, povečana vlaga, nihanje temperature in naravne nesreče.

Kot omenjeno se možnosti in vrste napak med posameznimi panogami industrije razlikujejo. Zgoraj našteje klasifikacije so za namen tega magistrskega dela izbrane na podlagi proizvodnje reduktorjev v podjetju STB.

3 UPORABA METODE DMAIC V MALOSERIJSKI PROIZVODNJI

3.1 Značilnosti maloserijske proizvodnje

Na proizvodne procese v industriji lahko gledamo iz različnih vidikov. Ti so: razvoj, planiranje, priprava, velikost serije istega proizvoda in število ponovitev.

Glede na povprečno velikost proizvodne serije in pogostost njenega ponavljanja je Schomburg ustvaril kriterij za razvrščanje proizvodnje. Razdelil jo je na enkratno proizvodnjo, maloserijsko proizvodnjo, serijsko proizvodnjo ter masovno proizvodnjo (Lodding, 2013). Dodatno lahko to delitev specificiramo širše in jo razdelimo na intermitentne oz. prekinjene (enkratna proizvodnja, maloserijska proizvodnja, serijska proizvodnja) in kontinuirane oz. neprekinjene proizvodne procese (masovna proizvodnja) (Jokić, 2021). Različne klasifikacije so skupaj z okvirno velikostjo proizvodnih serij in številom ponovitev prikazane na sliki 5.

Slika 5: Klasifikacije proizvodnje glede na predvideno velikostjo serij

INTERMITENTNA PROIZVODNJA			KONTINUIRANA PROIZVODNJA
ENKRATNA PROIZVODNJA	ENOSERIJSKA ALI MALOSERIJSKA PROIZVODNJA	SERIJSKA PROIZVODNJA	MASOVNA PROIZVODNJA
Kriterij: - povprečna količina produktov ene serije - povprečno število ponovitev serij na leto			
količina produktov: majhna število ponovitev: brez	količina produktov: <50 število ponovitev: <12	količina produktov: <50 število ponovitev: <24	količina produktov: zelo velika število ponovitev: kontinuirano

Vir: lastno delo.

Iz slike 5 lahko razberemo, da so za enkratno proizvodnjo značilne majhne serije brez ponovitev. Za enkratno in maloserijsko proizvodnjo je značilna majhna količina proizvodov z malo ponovitvami. Pri masovni proizvodnji imamo velike količine proizvodov, ki se nenehno ponavljajo.

Poleg majhne količine proizvodov in majhnega števila ponovitev je za maloserijske proizvodnje značilno, da gre velikokrat za proizvodnjo po naročilu (angl. make-to-order ali MTO). MTO je princip, kjer kupec ob naročilu postavi zahteve za proizvod, podjetje, zadolženo za proizvodnjo, pa se loti izdelave šele po prejetju naročila (Jokić, 2021). Za te proizvode je značilno, da so zasnovani in izdelani tako, da izpolnjujejo specifične potrebe in želje posameznega naročnika (Verna in drugi, 2021).

Ključne značilnosti maloserijske proizvodnje so:

- **Dobra prilagodljivost razmeram na trgu:** spremembe v proizvodnji so zaradi manjšega števila izdelkov in uporabe splošnih orodij proizvodnje hitreje in lažje izvedljive. V masovni proizvodnji, kjer so orodja prilagojena izdelku, je prilagodljivost slabša in dolgotrajnejša (Besterfield in drugi, 2012).
- **Visoka prilagodljivost potrebam naročnika:** majhne serije omogočajo hitro in učinkovito prilagajanje proizvodnih procesov in opreme potrebam posameznih naročnikov. V masovni proizvodnji je prilagajanje proizvodnih linij ter orodij časovno zamudno in drago (Kutz, 2006).

- **Priložnost za inovacije:** maloserijska proizvodnja proizvajalcem in naročnikom omogoča eksperimentiranje z novimi proizvodi ali izboljšavami obstoječih. Zaradi manjšega obsega proizvodnje se nove ideje in inovacije lažje uvajajo.
- **Visoka kakovost izdelkov:** ker se v maloserijski proizvodnji proizvede manjše število proizvodov, je zato več pozornosti namenjene posameznemu proizvodu, kar lahko posledično vodi v višjo kakovost (Smith, 1993). Nadzor kakovosti mora biti pri maloserijskih proizvodnjah temeljitejši in celovitejši, saj ta za razliko od velikoserijske proizvodnje navadno ni standardiziran in jasno določen. Pri maloserijski proizvodnji se navadno nadzor vrši na vsakem proizvodu, kar zmanjšuje število napak in pomanjkljivosti.
- **Višje cene proizvodov:** zaradi višjih stroškov v primerjavi z masovno proizvodnjo so proizvodi maloserijske proizvodnje praviloma dražji. Manjše proizvodne količine vodijo v višje stroške orodij, dela, materiala in priprav na posamezno enoto.

Za lažjo primerjavo med maloserijsko in masovno proizvodnjo sem izdelal primerjalno tabelo, prikazano v prilogi 4, kjer sem prikazal nekaj ključnih razlik med maloserijsko in masovno proizvodnjo. Poleg same proizvodnje se glede na maloserijsko in množično proizvodnjo navadno razlikuje tudi sama oblika podjetja. Podjetja z masovno proizvodnjo se od tistih z maloserijsko proizvodnjo razlikujejo že v sami velikosti, obsegu delovanja, organizacijski strukturi ter načinu nabave in logistike znotraj podjetja. Dodati velja, da glavno razliko v teh podjetjih igra sam proizvodni proces (Oakland, 2014). Poleg razlik imajo maloserijska in masovna proizvodna podjetja nekaj podobnosti, denimo skupne cilje, za katere si prizadevajo, in željo po zadovoljstvu strank oz. naročnikov. Razlike in podrobnosti podjetij z maloserijsko in masovno proizvodnjo so podrobneje predstavljene v tabeli 2.

Tabela 2: Razlike maloserijske in masovne proizvodnje

Razlike	Maloserijska proizvodnja	Masovna proizvodnja
Velikost podjetja	Manjša in srednje velika podjetja	Večja in velika podjetja
Obseg delovanja	Lokalno delovanje	Večinoma globalna prisotnost
Proizvodni procesi	Prilagodljivi, ročni procesi	Standardizirani, avtomatizirani procesi
Organizacijska struktura	Manj hierarhična, bolj fleksibilna struktura	Hierarhična struktura z jasnimi linijami odločanja
Nabava in logistika	Pogosto decentralizirana nabava in logistika	Pogosto centralizirana nabava in logistika
Podrobnosti	Maloserijska proizvodnja	Masovna proizvodnja
Cilji	Proizvodnja in dobava izdelkov, ki zadovoljujejo potrebe naročnika	Proizvodnja in dobava izdelkov, ki zadovoljujejo potrebe trga
Skrb za stranke	Pomembnost zadovoljstva naročnika	Pomembnost zadovoljstva trga

Vir: lastno delo.

Če povzamemo tabelo 2 vidimo, da se za maloserijsko proizvodnjo v večini primerov odločajo manjša in srednje velika lokalna podjetja, ki razpolagajo z prilagodljivimi proizvodnimi procesi in zaposlenimi, ki obvladajo ročne spretnosti. Organizacijska struktura je v teh podjetjih fleksibilnejša, saj ta nimajo striktne hierarhije kakor večje korporacije. Nabava in logistika sta v manjših in srednje velikih podjetjih decentralizirani, kar omogoča samostojnejše odločanje in večjo avtonomijo zaposlenih.

Zgoraj omenjene značilnosti maloserijske proizvodnje narekujejo pristop k obvladovanju kakovosti, ki je prilagodljiv in odziven na specifične zahteve vsake serije. Poudarek je na prilagodljivosti procesov, natančnem upravljanju virov in hitrem odzivanju na spremembe v povpraševanju. To zagotavlja visoko stopnjo kakovosti tudi pri manjšem številu proizvodov.

3.2 Izbira metode DMAIC v maloserijski proizvodnji

Glede na teorijo iz točke 3.1 bi kot smiselne metode za izboljšanje kakovosti v maloserijski proizvodnji lahko izbrali naslednje: analizo vzrokov in posledic, metodo 5S, metodo DMAIC, Poka-Yoke in FMEA analizo. Med njimi za obravnavan primer reduktorjev CMV izstopa metoda DMAIC, ki omogoča identifikacijo in reševanje težav ter izboljšanje procesov, kar je idealno za obravnavan primer.

Iz poglavja 2.5 vemo, da se je metoda DMAIC skozi čas razvila v različne oblike, ki se razlikujejo glede na panogo, kjer DMAIC uporabljamo. Ta metoda z vključevanjem poslovnih zahtev in zahtev naročnikov v opredeljene tehnične cilje, z zmožnostjo obravnavanja vsakega problema s številnih vidikov, z različnimi orodji ter s pozornostjo na vzdrževanje novih procesov v vsako podjetje prinaša veliko vrednost. DMAIC se lahko uporablja v vsakem podjetju, tudi če ima to le ducat, sto ali nekaj tisoč strank (Kemp, 2006).

Za razliko od masovne proizvodnje, kjer se največkrat uporablja statistične metode, teh v primeru maloserijske in unikatne proizvodnje zaradi premajhnega števila proizvodov za ustrezno vzorčenje ne moremo uporabiti. V tem primeru orodja, kot so denimo statistična kontrola procesa (angl. statistic process control – SPC), vzorčenje napak, vzorčenje procesov ter ostala podobna orodja, ki zahtevajo večje število proizvodov za njihovo implementacijo, ne pridejo v poštev. Pri analizi DMAIC za maloserijske proizvodnje se zato poslužujemo orodij, ki niso odvisna od števila proizvodov oz. orodja, ki ne potrebujejo velikega števila vzorcev.

Metoda DMAIC je znana po izredni prilagodljivosti posameznikovim potrebam. Omogoča jo široka paleta orodij, ki jih lahko uporabimo v različnih fazah analize. Ker so si podjetja med seboj različna je pomembno, da vsako podjetje metodo in orodja DMAIC prilagodi svojim potrebam oziroma potrebam konkretnega primera. Uspešnost metode DMAIC je predvsem odvisna od začetnega stanja, oz. od tega, kako metodo implementiramo ter kakšna orodja izberemo. Prava orodja lahko v nadaljevanju analize močno olajšajo delo in pripeljejo

do boljših končnih rezultatov zato je pomembno, da si v začetku vzamemo čas in preučimo, katera orodja analize je smiselno izbrati za obravnavan primer.

Pri uporabi metode DMAIC v maloserijski proizvodnji velja poudariti, da:

- je potrebno v fazi **definiranja** ob upoštevanju specifičnosti maloserijske proizvodnje jasno določiti cilje izboljšav. Lahko se pojavijo težave s prilagajanjem proizvodnje glede na nihanje povpraševanja ali pa pomanjkanje prilagodljivosti v proizvodnem procesu;
- faza **merjenja** vključuje merjenje ključnih kazalnikov uspešnosti, kot so denimo čas izdelave, stopnja napak in stroški proizvodnje na enoto. Pri tem je potrebno vzeti v obzir majhno število proizvodov, kjer je potrebna analiza vsakega izmed njih, saj vzorčenje zaradi majhnega števila proizvodov ni primerno in je težko izvedljivo;
- v fazi **analize** se pri maloserijski proizvodnji lahko osredotočimo na iskanje specifičnih izzivov, kot so denimo nepredvidljiva povpraševanja, ki zahtevajo večjo prilagodljivost v proizvodnem procesu;
- za fazo **izboljšav** pri maloserijski proizvodnji velja poudariti pomembnost prilagajanja izboljšav specifičnim izzivom in to, da so te dovolj prilagodljive za spremembe v povpraševanju ali proizvodnih zahtevah;
- pri **kontroli** je pomembno, da so kontrolni mehanizmi prilagojeni dinamičnosti okolja maloserijske proizvodnje in da omogočajo hitre odzive na morebitne spremembe ali težave.

Kot prej omenjeno je uporaba statističnih orodij množičnega vzorčenja za DMAIC analizo maloserijske proizvodnje nesmiselna. Orodja, ki jih lahko uspešno uporabimo v DMAIC analizi maloserijske proizvodnje, so: Gantov diagram poteka, viharjenje možganov, zbiranje izjav, CTQ drevo, SIPOC diagram, diagram vzrokov in posledic, Pareto diagram, diagram ribje kosti, 5 x zakaj analiza, FMEA analiza, strukturirana analiza okvar, Kaizen, 5S, Kanban, PDCA analiza ... Našteta orodja služijo uspešnemu opravljanju DMAIC analize v podjetjih z maloserijsko proizvodnjo.

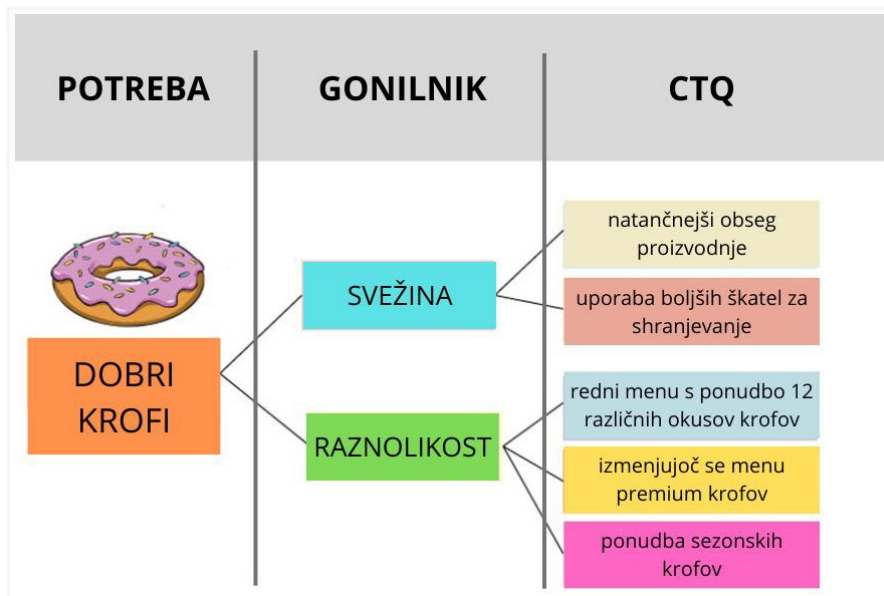
3.3 Izbrana orodja metode DMAIC za maloserijsko proizvodnjo

3.3.1 CTQ drevo

CTQ drevo je orodje, ki pomaga podjetju pridobiti in razumeti specifične zahteve in potrebe kupca glede nekega proizvoda ali storitve. Značilnosti, kritične za kakovost oz. angleško critical to quality (CTQ) so ključnega pomena za naročnikovo dožemanje, merjenje in opredeljevanje kakovosti (Evans in Lindsay, 2015). Zahteve je mogoče izraziti s pomočjo grafičnega prikaza v drevesnem diagramu. Ta omogoča hitro in enostavno prikazovanje potrebnih informacij in želja naročnika vsem sodelujočim (Kutz, 2006).

Za primer vzemimo željo naročnika po dobrih krofih (slika 6). To lahko storimo tako, da izboljšamo njihovo svežino ter raznolikost. Da bi dosegli boljšo svežino lahko za shranjevanje krogov uporabimo izboljšane škatle, ki ohranjajo svežino proizvoda, ali pa natančneje določimo obseg proizvodnje glede na povpraševanje naročnikov. Za povečanje raznolikosti krofov lahko razvijemo menu z 12 različnimi krofi, izdelamo izmenjujoč se menu premium krofov ali pa izdelujemo sezonske krofe.

Slika 6: CTQ drevo krofov



Vir: prirejeno po Creative Safety Supply (brez datuma).

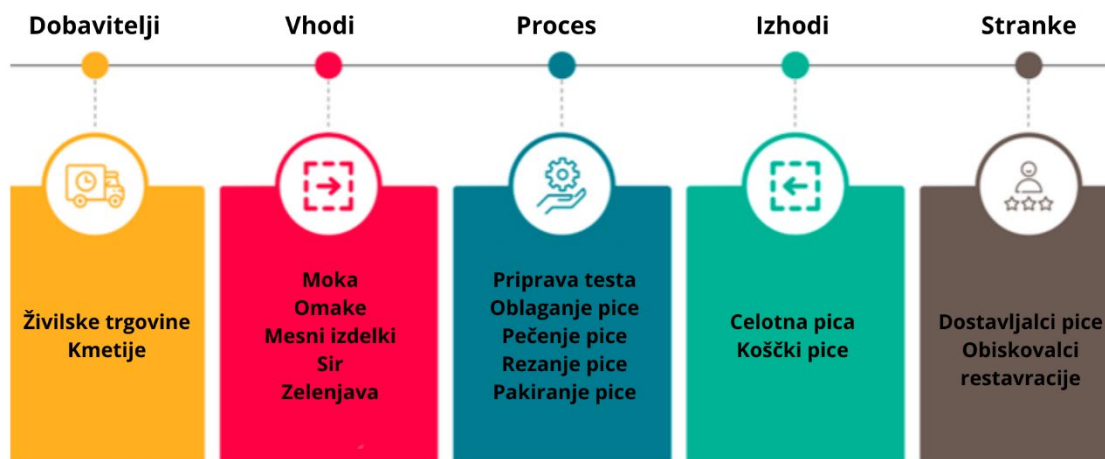
3.3.2 SIPOC diagram

SIPOC diagram je eno izmed najprimernejših orodij za razlago in definicijo projekta izboljšanja procesa (Kutz, 2006), saj natančno določa meje metodologije šest sigma (Evans in Lindsay, 2015). SIPOC je orodje, ki nam omogoča identifikacijo ključnih elementov procesa. Ta kratica v angleščini poimenuje dobavitelje procesov (angl. Suppliers), njihove vhodne vložke (angl. Inputs), proces (angl. Process), izhode rezultate (angl. Outputs) in stranke (angl. Customers). SIPOC diagram pomaga prepoznati ključne sestavine procesa in njihove medsebojne odnose. Zagotavlja pregled nad potekom procesa in vpletenimi stranmi, vključno s kupci, dobavitelji in drugimi deležniki (Evans in Lindsay, 2015). Pomaga nam prepoznati ključne vhode in izhode procesa ter razumeti njihove medsebojne odnose. Diagram pomaga prepoznati tudi potencialne vire variabilnosti in izgub v procesu ter prioriteto določiti izboljšave. Slabost SIPOC diagrama je ta, da vanj ne moremo zajeti veliko podrobnosti o korakih v procesu, ampak le grobe osnove (Kutz, 2006).

Na sliki 7 je prikazan SIPOC diagram za enostaven primer picerije. Dobavitelji, potrebni za izdelavo pice, so živilske trgovine in kmetije. Vhodne komponente, ki jih dobavitelji

dostavijo, so moka, omake, mesni izdelki, sir in zelenjava. Proces izdelave pice zajema pripravo testa, oblaganje pice, pečenje pice, njeno rezanje in pakiranje. Kot izhodno veličino dobimo celotno pico ali pa posamezne koščke. Stranke so v tem primeru obiskovalci restavracije ali pa dostavljalci pice.

Slika 7: Primer SIPOC diagrama



Vir: prirejeno po Post (2024).

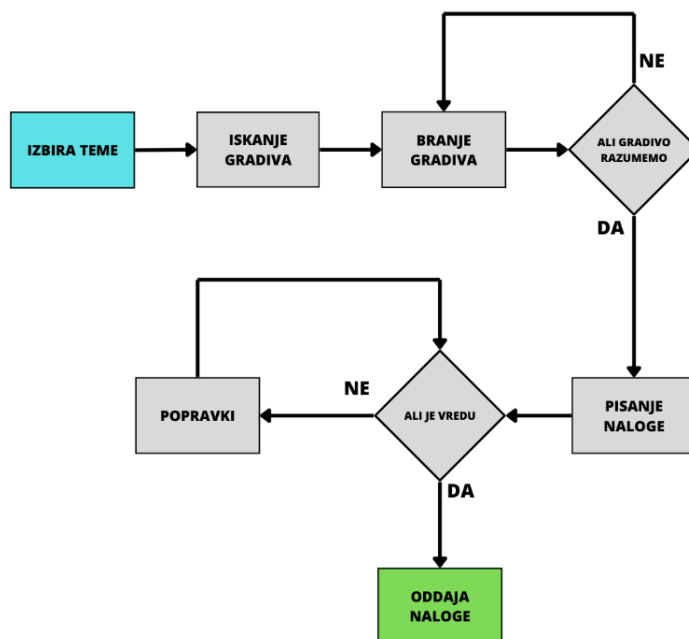
Omeniti velja, da koraki procesa v SIPOC diagramu ne bodo prikazani tako podrobno, kot bi bili prikazani v diagramu poteka procesa. Za potrebe SIPOC diagrama velja, da je prikaz omejen na največ sedem procesov (Kutz, 2006).

3.3.3 Diagram poteka procesa

Diagram poteka procesa, poznan tudi kot zemljevid procesa, omogoča boljše in objektivnejše razumeti obravnavan proces, saj identificira zaporedje dejavnosti, tok materialov in informacij v procesu. Lahko bi rekli, da diagram poteka prikazuje zaporedje potrebnih korakov, da se proces oz. neka naloga izvede. Obenem članom skupine, ki se ukvarjajo s procesom, pomaga razumeti, kako proces deluje. Diagram poteka procesa nam pomaga prepoznati, kdo so ključni dobavitelji in naročniki v procesu ter identificirati vire napak in priložnosti za izboljšave (Evans in Lindsay, 2015).

Primer preprostega diagrama poteka pisanja domače naloge (spisa) je prikazan na sliki 8. Za uspešno izdelano domačo nalogo je potrebno najprej izbrati temo za pisanje. Sledi iskanje in branje gradiva. V kolikor nam je gradivo razumljivo, nadaljujemo na fazo pisanje naloge, v nasprotnem primeru se vrnemo branju gradiva. Po pisanju naloge moramo presoditi, ali je naloga primerna za oddajo, v kolikor ni, sledijo popravki in ponovna presoja. Na koncu imamo kot zadnjo fazo v procesu oddajo spisane domače naloge.

Slika 8: Primer diagrama poteka procesa



Vir: lastno delo.

3.3.4 Reklamacijski zapisnik

Reklamacijski zapisnik je dokument, ki se uporablja za beleženje in sledenje reklamacijam proizvoda. Lahko se izvede s strani naročnika ali pa znotraj podjetja. Reklamacijski zapisnik podjetju omogoča, da učinkovito obravnava reklamacije, spremlja njihov napredek in izvaja ustrezne ukrepe za njihovo odpravo.

Reklamacijski zapisnik nima striktne oblike in vsebine. Razlikuje se od podjetja do podjetja glede na potrebe in zahteve, kljub temu pa skoraj vsi reklamacijski zapisniki vsebujejo sledeče elemente: podatke o stranki, številko reklamacije, datum prejema reklamacije, opis reklamacije, status reklamacije, odgovorno osebo in opis ukrepov za razrešitev reklamacije. Primer reklamacijskega zapisnika za podjetje navajamo v nadaljevanju.

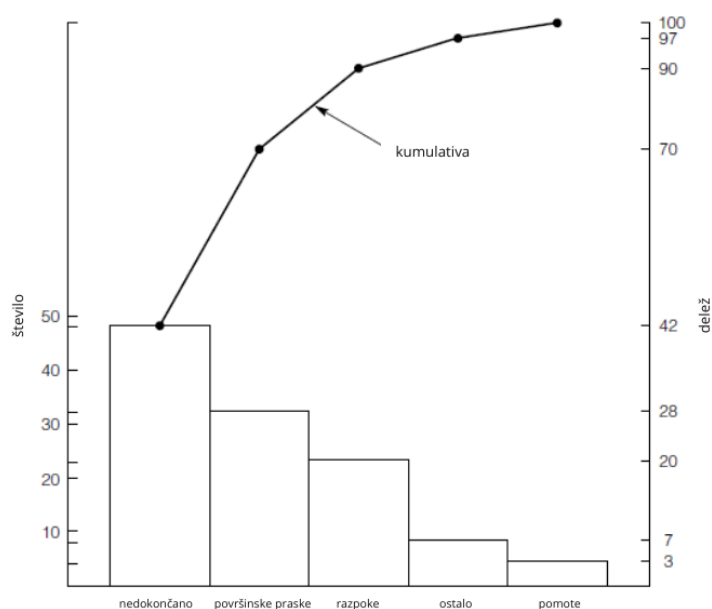
3.3.5 Pareto diagram

Pareto diagram je grafično orodje, ki se uporablja pri Paretovi analizi, prikazuje pa pomembnost različnih vzrokov ali dejavnikov glede na pogostost njihovega pojavljanja. Paretova analiza nam pomaga pri osredotočanju skupine, zadolžene za reševanje problemov, na tiste težave, ki predstavljajo največjo možnost za izboljševanje. Pareto diagram je ime dobil po Vilfredu Paretu, italijanskem ekonomistu, ki je leta 1906 objavil trditev, da ima 20 % ljudi v Italiji v lasti 80 % lastnine (Kutz, 2006). To so kasneje splošili v Paretovo načelo 20/80, ki velevala da »za mnoge pojave velja, da 20 % vzrokov povzroči 80 % posledic«.

Z uporabo Paretovega diagrama si pomagamo pri osredotočanju na probleme, ki bodo ob razrešitvi imeli največji vpliv oz. doprinos k rešitvi težav. Omogoča nam jasno in vizualno prikazovanje vzrokov težav, ki jim moramo posvetiti največ pozornosti. Z odpravo najpomembnejših vzrokov za težave odpravimo velik delež negativnih učinkov (Evans in Lindsay, 2015).

Izdelava Paretovega diagrama (slika 9) poteka na sledeč način. Najprej je potrebno določiti problem. Naslednji korak je zbiranje čim večjega obsega podatkov o morebitnih vzrokih in dejavnikih za nastanek problema in pogostost pojavitve. Ko imamo o obravnavanem problemu in njegovih vzrokih zbranih dovolj podatkov, jih razvrstimo glede na pogostost ponavljanja, njihovo resnost ali pa vpliv. Kriterij za razvrščanje določamo sami. Za vsak vzrok/dejavnik izračunamo kumulativno frekvenco, ki nam pomaga razumeti, kakšen delež problema predstavljajo posamezni vzroki. Sledi izdelava stolpčnega diagrama, kjer so vzroki ali dejavniki razvrščeni po abscisni osi (os x), in sicer od najpogostejšega do najmanj pogostega, ter njihove kumulativne frekvence po ordinatni osi (os y). Na istem grafu narišemo še krivuljo kumulativne frekvence, ki povezuje točke z deležem kumulativne frekvence. Ta nam omogoča, da lažje primerjamo, kako posamezni vzroki prispevajo k skupnemu problemu. Na koncu sledi identifikacija kritičnih točk in ustrezni ukrepi za odpravo. Navadno se najprej osredotočimo na prvih 20 % najbolj kritičnih vzrokov, saj naj bi ti bili po Paretovem načelu odgovorni za 80 % posledic.

Slika 9: Primer Paretovega diagrama



Vir: prirejeno po Evans in Lindsay (2015).

3.3.6 Viharjenje možganov

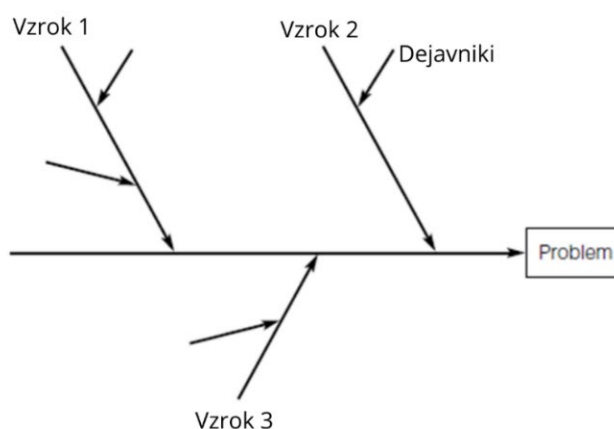
Viharjenje možganov ali angleško »brainstorming« je skupinski postopek zbiranja idej in reševanja problemov (Kutz, 2006). Pomembno je, da imajo vsi vpleteni enake možnosti za sodelovanje, ne da bi bile njihove ideje zavržene ali zasmehovane (Evans in Lindsay, 2015). Deluje tako, da udeležence spodbuja k kombiniranju in ustvarjanju čim večjega števila idej, saj nenehne nove ideje sprožajo še večje število novih idej (Evans in Lindsay, 2015).

Postopek viharjenja možganov poteka tako: najprej se določi željeni cilj. Sledi sestava skupine ljudi z različnimi perspektivami. Pomembno je ustvariti sproščeno okolje, kjer se spodbuja svobodno izražanje. Cilj udeležencev je, da generirajo čim več idej brez kritiziranja. Ideje se lahko združujejo ali nadgrajujejo med seboj. Ko je nabranih dovolj idej, sledi analiza in ocena njihove uporabnosti. Izberejo se najboljše ideje, ki se jih nadalje razvija in implementira. Spremlja se napredek in ocenjujejo rezultati, kar omogoča prilagajanje strategije za prihodnje projekte.

3.3.7 Diagram ribje kosti

Diagram ribje kosti (ime je dobil po svoji značilni obliki, ki spominja na ribjo kost) je poznan tudi pod imenom diagram vzrokov in posledic ali Ishikawov diagram (Kaoru Ishikawa je prvi predstavil njegovo uporabo). Diagram ribje kosti je preprosta grafična metoda, ki služi za razvrstitev in prepoznavanje potencialnih virov problemov v procesu. Skupni viri so denimo materiali, stroji, upravljalci, meritve, metode dela, okolje ... Glavni namen vzročno-posledičnega diagrama je spodbuditi ekipo, da se osredotoči na vse možne vidike problema. Potencialne vzroke iščemo s pomočjo viharjenja možganov ob udeležbi čim večjega števila sodelujočih. Posledično se posvetimo vsem možnim problemom in jih preverimo ter se ne takoj fokusiramo na en sam možen problem in rešitev (Kutz, 2006).

Slika 10: Primer diagrama ribje kosti



Vir: prirejeno po Evans in Lindsay (2015).

Splošna struktura vzročno-posledičnega diagrama je prikazana na sliki 10. Na koncu vodoravne črte je naveden obravnavan problem. Vsaka veja, ki kaže v glavno steblo, predstavlja možen vzrok zanj. Veje, ki kažejo na posamezne vzroke, so dejavniki, ki prispevajo k tem vzrokom.

3.3.8 5 x zakaj

Eden izmed načinov za prepoznavanje osnovnih vzrokov težav je metoda 5 x zakaj. Z uporabo te metode lahko celoviteje razumemo in obravnavamo problem, saj lahko z njeno pomočjo razberemo kompleksnost in izvirne vzroke obravnavanega problema. Izvaja se tako, da se do pet krat vprašamo, zakaj je do problema prišlo (Evans in Lindsay, 2015).

Kot primer uporabe metode 5 x zakaj si pogledjmo klasičen primer pri Toyoti. Stroj se je pokvaril, ker je pregorela varovalka elektromotorja. Zamenjava varovalke bi bila očitna rešitev, vendar bi ta ukrep obravnaval le simptom resničnega problema. Vprašamo se, zakaj je varovalka pregorela? Ker je bil elektromotor preobremenjen, saj ležaj ni imel ustreznega mazanja. Zakaj? Ker mazalni agregat ni deloval pravilno. Zakaj? Ker je bila os črpalke obrabljena. Zakaj? Ker je blato prodrlo v os črpalke, kar je glavni vzrok za nastalo okvaro. Toyota je za rešitev nastalega problema na mazalno črpalko pritrdila cedilo, ki odstrani blato, in tako rešila morebitne podobne nadaljnje okvare strojev.

Ustrezni ukrepi: Pripravimo načrt za izvajanje ukrepov za reševanje identificiranih težav.

4 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA PODJETJA SEANTECH BOSNIA IN OBSTOJEČE PROBLEMATIKE

Problematika, obravnavana v magistrskem delu, zajema obstoječe težave podjetja SeanTech Bosnia d.o.o. pri proizvodnji reduktorjev CMV. Podjetje je podružnica slovenskega podjetja SeanTech.

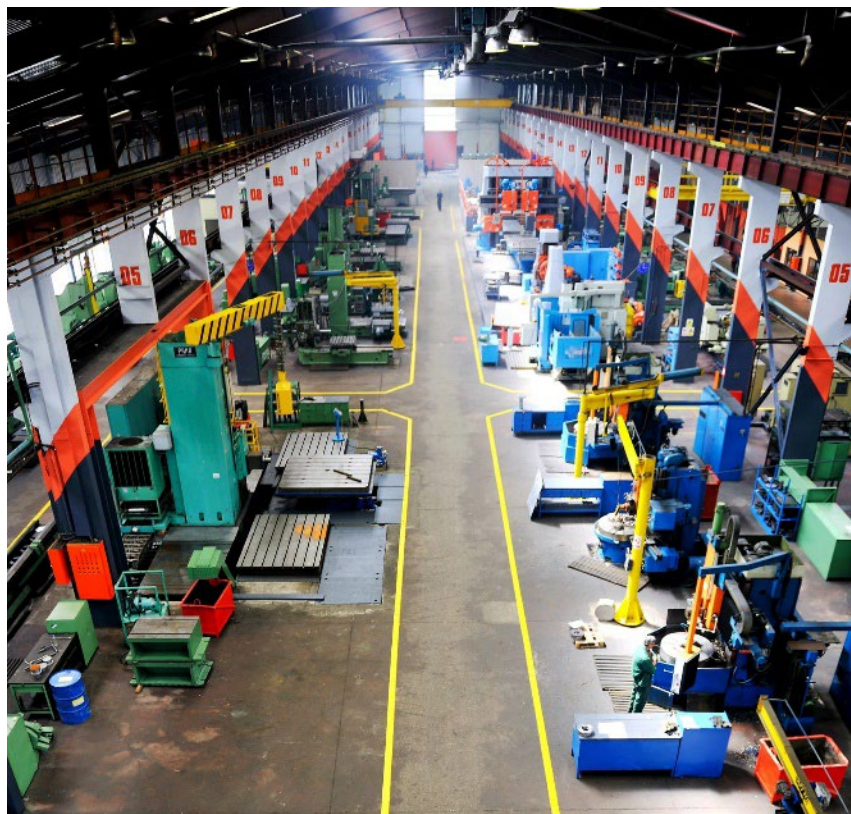
4.1 Predstavitev matičnega podjetja SeanTech in obravnavane podružnice SeanTech Bosnia

Podjetje SeanTech (v nadaljevanju ST) je bilo ustanovljeno leta 2011 in je eno izmed bolj kvalificiranih in prepoznavnih inženiring podjetij na slovenskih tleh. Sedež podjetja ST je v Sloveniji, proizvodna podružnica podjetja pa je bila leta 2017 ustanovljena v Bosni. Matično podjetje ST se ukvarja z raziskavami, inženiringom, razvojem in prodajo procesne opreme širom sveta. Podjetje nudi razvoj opreme glede na individualne potrebe naročnika, vključno z implementacijo, montažo in zagonom. Proizvodni spekter podjetja ST zajema popolno in delno avtomatizirane stroje na področju farmacije in kemične industrije. To so mešalniki, oblagalne naprave, gnetilniki, polirnice, homogenizatorji, hidravlične preše, dvovaljniki in

različni tipi škarij. Tu gre večinoma za stroje v protieksplzijski zaščiti skladno z direktivo 2014/34/EU Atex.

Kakor rečeno je slovenski del podjetja SeanTech razvojno-raziskovalno naravnan. Skrbi za celovito načrtovanje, razvoj in projektiranje proizvodov. Po zaključenem snovanju se nato kompletna dokumentacija z zahtevami za izdelavo dostavi v podružnico, kjer so zadolženi za proizvodnjo komponent in montažo proizvodov vključno s testi delovanja. Ker v STB z naročili matičnega podjetja ne uspejo zapolniti vseh svojih proizvodnih kapacitet, se posvečajo tudi samostojnemu iskanju novih naročnikov. Z dodatnim delom na tržišču želijo v podružnici čim bolj zapolniti razpoložljive proizvodne kapacitete.

Slika 11: Strojni park STB



Vir: SeanTech Bosnia (2020).

STB je na območju Balkana prepoznano kot eno boljših podjetij za proizvodnjo reduktorjev in ozobj. Njihov proizvodni obrat (slika 11) se nahaja v mestu Vareš, 50 km iz Sarajeva, glavnega mesta Bosne in Hercegovine. V podjetju razpolagajo s pestrim naborem obdelovalnih strojev, dolgoletnimi izkušnjami in bogatim znanjem na področju strojegradnje. Tržišči podjetja STB sta tako lokalni kot tudi svetovni trg (EU in Bližnji vzhod), kjer se v zadnjih letih vse bolj uveljavljajo. STB spada v razred podjetij za proizvodnjo velikih in težkih izdelkov na področju strojegradnje (do 30 ton). V podjetju se osredotočajo na proizvodnjo unikatnih proizvodov, prilagojenih željam naročnikov, in na manjše ponovljive serije proizvodov z veliko dodano vrednostjo. V prihodnje želijo postati

eno izmed pomembnejših in vodilnih podjetij na območju EU in Balkana za proizvodnjo reduktorjev, posameznih komponent in sklopov za potrebe železarske in rudarske industrije. Prav tako si z dolgoletnimi izkušnjami in strokovnim znanjem nenehno prizadevajo za zadovoljevanje potreb naročnikov in z njihovo pomočjo razvijajo optimalne rešitve za obe strani.

4.2 Reduktor CMV

V magistrskem delu obravnavam proizvodnjo prve serije reduktorjev CMV v podjetju STB. Več podrobnosti o obravnavanem proizvodu in težavah, povezanih z njim, sledi v nadaljevanju magistrske naloge.

4.2.1 Predstavitev proizvoda

Reduktor (slika 12) je naprava za prenos moči iz elektromotorja na gnano gred. Spada v družino zobniških gonil. V obravnavanem primeru gre za enostopenjski reduktor, kar pomeni, da imamo le dve gredi – gonilno in gnano gred. Naloga reduktorja je zmanjšati vhodne vrtljaje in pri tem prenesti moč elektromotorja na gnano gred.

Slika 12: Reduktor CMV



Vir: lastno delo.

Obravnavani reduktor je le eden izmed sestavnih delov naprave, ki jo naročnik uporablja v liniji mesnopredelovalne industrije (primer slika 13). Če reduktor ne ustreza zahtevam kakovosti, lahko to privede do problemov v proizvodni liniji. Nastanejo lahko neželeni oz. nenačrtovani zastoji in veliki stroški zaustavitve proizvodnje. Ker je menjava reduktorja zahtevna in dolgotrajna, so stroški zaustavitve enormni. Stroj, v katerega je reduktor vgrajen, je potrebno demontirati, odstraniti poškodovani reduktor, nato pa vanj namestiti novega ter ponovno vse sestaviti. Ob montaži je potrebno paziti, da se vse korake opravi pravilno, saj le tako zagotovimo nemoteno in kakovostno delovanje stroja.

Slika 13: Primer naprave iz mesno predelovalne industrije z reduktorjem CMV



Vir: Bowl Cutter (2024).

V obravnavanem primeru gre za izdelavo celotnega proizvoda po tehnični dokumentaciji naročnika. Naročnik je ob podpisu pogodbe in pred pričetkom proizvodnje podjetju STB dostavil celotno tehnično dokumentacijo, vključno z vsemi zahtevami. Tu gre za zahteve glede izdelave posameznih komponent, tako dimenzijske kot kakovostne, definirana je ciljna kakovost in delovanje celotnega reduktorja. Proizvodno podjetje je zadolženo za celovito izdelavo komponent reduktorja, njihovo montažo in testiranje končnega proizvoda tako, da ta v celoti ustreza predpisanim naročnikovim zahtevam. Matično podjetje je v tem primeru le posrednik med naročnikom in STB. Proizvodnja obsega približno deset reduktorjev mesečno, odvisno od povpraševanja naročnika.

4.2.2 Težave prve serije reduktorjev CMV

Med proizvodnjo prve serije reduktorjev se je pojavilo veliko težav, povezanih s slabo kakovostjo proizvoda. Po zaključeni proizvodnji se je vodstvo podjetja STB odločilo, da želi pred podpisom pogodbe in pričetkom proizvodnje druge serije preučiti obstoječe stanje in

pripraviti plan za nadaljnje izboljšave. Zaradi napak v kakovosti je nekajkrat prišlo do visokih stroškov reševanja reklamacij, saj so napake privedle do nenačrtovanih zaustavitev proizvodnje. Iz tega razloga si podjetje STB v prihodnosti ob zagotavljanju konkurenčne cene za naročnika ne more privoščiti, da bi ponovno prišlo do tovrstnih napak.

Ker je cilj podjetja prodor na globalni trg in proizvodnja visoko kakovostnih izdelkov so se odločili, da želijo izboljšati kakovost in učinkovitost procesov znotraj podjetja. Problem pomanjkanja kakovosti je prvič resneje prišel do izraza prav med obravnavano maloserijsko proizvodnjo reduktorjev, zato sem se odločil, da na podlagi tega primera podjetju pomagam poiskati izboljšave za dvig ravni kakovosti končnega proizvoda.

Po daljšem pogovoru z odgovornimi v podjetju so ti bili mnenja, da je za večino napak in reklamacij, povezanih z reduktorji, najverjetneje kriva pomanjkljiva končna kontrola, saj naj bi bila prav ta zadnja točka v proizvodnem procesu, kjer se prepozna napake in pomanjkljivosti proizvoda, preden je dostavljen naročniku. Z njihovim mišljenjem se delno strinjam, vendar sem sam mnenja, da bi morali napake znotraj podjetja skušati preprečiti bolj zgodaj v proizvodnem procesu in ne šele pri koncu. Napake je najbolje odkriti že v fazah začetne in vmesne kontrole, v kolikor je ta vzpostavljena. Iz teorije vemo, da so napake, odkrite v poznejših fazah proizvodnje, dražje za sanacijo kot tiste, odkrite v zgodnjih fazah. Z izboljšanjem zgodnjega odkrivanja napak proizvodnje reduktorjev želim v podjetju zmanjšati število napak in stroške reklamacij.

Poleg težav s kakovostjo so se pojavile težave s transparentnostjo in sledljivostjo podatkov. Opazil sem, da znotraj podjetja ni zabeležb o izdelanih in odposlanih reduktorjih. Prav tako podjetje nima seznama napak, kjer bi se beležile napake proizvodnje in kasnejše reklamacije, ki so se pojavile v povezavi s posameznim reduktorjem. Brez skupne evidence je težko opravljati celovit pregled trenutnega in prihodnjega stanja ter proizvodnega procesa, saj nam posamezni zapisi ne nudijo celotne slike dogajanja.

4.3 Obstoječ proizvodni proces reduktorjev CMV

Sam proizvodni proces reduktorjev je zelo kompleksen in zajema različne faze, kot so npr. obdelava posameznih komponent in njihova kontrola ter končna montaža in končni test funkcionalnosti reduktorja. Proizvodnja komponent reduktorjev poteka v večini znotraj podjetja. Podjetje pri tem razpolaga z ustreznimi obdelovalnimi stroji in ustreznim kadrom za tovrstno delo. Operacije, za katere oddelek tehnologije oceni, da zaradi pomanjkanja strojev ali znanja niso izvedljive znotraj podjetja, izvajajo zunanji izvajalci - kooperanti.

Interni proizvodni proces je zasnovan tako, da za vsako komponento nabavni oddelek najprej dobavi ustrezen surovec (material), v kolikor ga ni na zalogi v skladišču. Surovec se ob pričetku proizvodnje premakne iz skladišča na predvideno obdelovalno mesto, ki je navedeno v tehnološki listi (npr. stružnice, freze, vrtalniki ...). Surovec v različnih fazah obdelave potuje med posameznimi obdelovalnimi mesti. Faze obdelave, obdelovalna mesta

in postopki so določeni s strani tehničnega oddelka ter ustrezno oštevilčeni. Vsaka komponenta ima svoj unikaten obdelovalni postopek in faze obdelave, ki so zbrani in opisani v tehnološki listi posamezne komponente, ki jo predhodno ustvari tehnični oddelok. Pred pričetkom proizvodnje vodja dostavi posamezne tehnološke liste na ustrezno delovno mesto. Delavec s pomočjo priložene tehnološke liste vidi, kakšna je njegova naloga in kaj mora storiti oziroma izdelati. Izdelane komponente se po zaključeni proizvodnji dostavijo na oddelok končne kontrole, kjer jih kontrolor pregleda in odobri njihovo ustreznost. Neustrezne komponente se izloči iz nadaljnjih faz ter sanira oziroma po potrebi ponovno izdelava.

Za operacije, ki jih ni mogoča izvesti znotraj podjetja, se poslužujejo kooperacije. Operacije pri proizvodnji reduktorjev, ki se izvajajo izven podjetja, so: brušenje polža, nanos keramične prevleke in ulivanje ohišij ter pokrovov. Za komunikacijo med STB in kooperanti skrbi nabavna služba, ki pošilja in dostavlja komponente, izdelane v kooperaciji. Primer dobre prakse sodelovanja med STB in kooperantom je brušenje profila polža in nanos keramične prevleke na gred reduktorja. V podjetju se predhodno obdelata gredi in profil polžev, obdelane komponente pa nato dostavijo kooperantu. Kooperant s pomočjo ustrezne opreme in znanja nanese keramiko na zahtevane površine in opravi brušenje profila polža. Druge komponente reduktorja, ki tudi niso del proizvodnje podjetja STB so ulitki ohišij in pokrovov. Pokrovi in ohišja so odliti v kooperantski livarni, kjer jih po ulivanju strojno obdelajo na končno dimenzijo. Po končani obdelavi so izdelane komponente pripravljene na vgradnjo in se dostavijo v skladišče, kjer počakajo na montažo.

Ko so vse potrebne komponente reduktorja pripravljene, se prične z montažo. Ta poteka v celoti ročno, saj je avtomatizacija zaradi majhne količine proizvodov ter kompleksnega načina montaže nesmiselna in nemogoča. Postopek montaže je sledeč: komponente se iz skladišča dostavijo na montažni oddelok. Poleg teh se na montažno linijo dostavi še ves potreben standardni material, ki je predhodno dobavljen s strani nabavne službe. Pri montaži se najprej sestavi paket pokrova, osovine, vležajenja in polževega kolesa. Sestavljen paket se nato vstavi v ohišje, kamor se nato namesti polža in njegovo vležajenje. Vse skupaj se pritrdi in pozicionira s pomočjo pokrovov, nameščenih na ohišje reduktorja. Ko je vse nameščeno, odgovorni kontrolor opravi sliko naleganja zob. To stori tako, da naležne površine obarva s posebno barvo in nato pregleda, če je odtis, ki nastane pri gibanju med polžem in polževim kolesom, ustrezen. Za preverjanje slike naleganja je potrebno polža izvleči iz ohišja in dvigniti pokrov, kar zahteva precej dela. V kolikor je slika naleganja ustrežna (70 % pokritost), se lahko nadaljuje z montažo. V primeru, da slika naleganja ne ustreza zahtevam, je potrebno prilagoditi višino polževega kolesa. To se opravi tako, da se reduktor odpre, razdre sklop vležajenja, ustrezno pobrusi distančnik, ponovno sestavi celoten sklop in ponovno preveri sliko naleganja. V kolikor slika naleganja tokrat ustreza se dokonča montažo ter opravi test funkcionalnosti. Tega se opravi tako, da se reduktor priklopi na napravo za testiranje in spremlja njegove zahtevane parametre (hitrost vrtenja, zvok, temperaturo, morebitno puščanje olja ...). Če so merjeni parametri znotraj meja, gre reduktor

na barvanje. Po barvanju se reduktor označi s serijsko tablico, zapakira v ustrezno embalažo – zaboj in odpošlje naročniku.

4.4 Opis in analiza obstoječega stanja kontrole kakovosti in reševanja reklamacij

S pomočjo metode opazovanja obstoječega procesa kontrole kakovosti sem pripravil spodnji opis trenutnega stanja kontrole kakovosti in načina za reševanja težav v podjetju STB. Podrobnejši opis trenutne vhodne, procesne in končne kontrole sem opravil v nadaljevanju poglavja. Za vsako izmed faz kontrole sem opisal trenutno stanje in podal svoja opažanja.

Podjetje STB v tem trenutku nima natančno razvitega in standardiziranega procesa vodenja kakovosti. Med pogovori sem opazil, da se v podjetju zavedajo, da je treba kakovost proizvodov izboljšati, vendar nimajo jasnih načrtov, kako doseči ta cilj. V podjetju je za opravljanje kontrole kakovosti trenutno zaposlen le ene kontrolor. Pri delu mu pomaga odgovorni tehnolog za kakovost.

Splošno stanje trenutne kontrole kakovosti v podjetju je sledeče. Celoten nadzor kontrole kakovosti se osredotoča le na kontrolo kritičnih komponent v zaključnih fazah pred montažo in kontrolo končnega proizvoda (v našem primeru reduktorja CMV). Trenutni nadzor kakovosti se po mojem mnenju ne izvaja v dovoljšni meri in dovolj sistematično skozi celoten proces (pomanjkanje beleženja odkritih napak), kar se odraža v velikem številu eksternih reklamacij. Znano je, da imajo napake, odkrite v začetnih fazah, mnogo manjše stroškovne in časovne vplive kot pozneje odkrite napake. Napake, odkrite v poznih fazah (montaža, testiranje) so podjetje že nekajkrat privedle do zamud z dobavo in velikih stroškov reklamacij, saj je bil proizvod že zaključen in odposlan naročniku, nato pa je potreboval popravilo.

Največjo težavo podjetja vidim v tem, da zaradi slabe organizacije ne prihaja do ustreznih preventivnih ter korektivnih ukrepov pri pravočasnem odkrivanju napak oz. težav v proizvodnih procesih. Prišli so do stanja, ko je na podlagi številnih reklamacij, povezanih z slabo kakovostjo reduktorjev CMV, proizvodnja slednjih postala stroškovno neučinkovita. Menim, da bi ustrezno izvedena kontrola izdatno pripomogla k izboljšanju kakovosti proizvodov, zmanjševanju reklamacij ter izboljšanju stroškovne učinkovitosti.

Podjetje trenutno nima vpeljane nikakršne sistematične analize za iskanje vzrokov nastalih težav. Opazil sem, da se, ko se napako odkrije v podjetju ali pa jo odkrije naročnik, opravljajo le najnujnejši korektivni ukrepi. Posledica tega so tako interne reklamacije v podjetju in eksterne reklamacije s strani naročnika, kar privede do visokih stroškov reševanja. Vzrok za to so napake, ki se niso odkrile med proizvodnim procesom.

Kot primer reklamacije zaradi predhodno neodkrite napake vzemimo primer neustrezne obdelave površine prirobnic. Naročnik je pri vgradnji reduktorja opazil, da površina prirobnice, potrebne za montažo reduktorja, ni obdelana v skladu s tehničnimi zahtevami.

Končna kontrola napake na prirobnici ni opazila, saj se kontrola na prirobnici zaradi enostavnosti komponent ne vrši (prirobnica ni označena kot kritična komponenta). Tovrstne reklamacije znižujejo ugled podjetja na trgu in zahtevajo izdatne finančne in časovne vire za odpravo reklamacij. Na globalnem trgu se to odraža v zniževanju konkurenčnih prednosti in zmanjšanemu dobičku podjetja.

4.4.1 Vhodna kontrola

Trenutno stanje znotraj podjetja je takšno, da se celotna vhodna kontrola vrši le s strani skladiščnika. Skladiščnik izvaja le količinsko vhodno kontrolo materiala in ne kakovostne. Skladiščnik tudi ne nosi odgovornosti za opravljanje tovrstne kontrole, saj zanjo ni ustrezno usposobljen. Kakovostna kontrola se zaradi pomanjkanja kontrolorjev in odločitve vodstva podjetja, da to ni potrebno, ne izvaja. Opazil sem, da se običajno blago le pospravi v skladišče brez ustreznega kakovostnega pregleda. Prav tako skladiščniku ob prevzemanju in kontroli vhodnega blaga ni potrebno izpolnjevati nobenega obrazca oz. prevzemnega dokumenta, kar še manj spodbuja zaposlene k opravljanju ustrezne in celovite vhodne kontrole. Posledica tega je, da podjetje nima vzpostavljene nobene sledljivosti izvršenih kontrol in dokumentacije, ali je vhodna kontrola bila ob prevzemu opravljena in kdo jo je izvedel. Pomanjkanje transparentnosti posledično privede do tega, da ob nastopu težav ali reklamacij v podjetju ni nobene odgovorne osebe, ki bi nam lahko dala odgovore, zakaj je do tega prišlo.

V preteklosti je že prišlo do tega, da vhodni material ni imel ustreznih certifikatov ali pa, da dobavljene komponente niso bile ustrezno obdelane in je zato prišlo do reklamacije s strani naročnika, saj nihče znotraj podjetja tega ni preveril. Odgovorne osebe na koncu ni bilo moč določiti, saj ni bilo na voljo nobenih dokumentov, ki bi kazali, da je bil dejansko nekdo zadolžen za izvedbo vhodne kontrole in če jo je sploh v celoti izvedel.

Skratka, obstoječa vhodna kontrola je pomanjkljiva in premalo natančno definirana. Zaradi nejasnih in nenatančnih navodil se kontrola izvaja pomanjkljivo ali pa se celo preskoči. Potrebno je natančneje definirati odgovorne osebe za izvajanje kontrole in v kakšni meri morajo slednjo izvajati. Kot drugo je potrebno natančno specificirati kontrolne procese vhodne kontrole, saj je to prvi korak k ustrezno izdelanemu in funkcionalnemu končnemu proizvodu. Brez jasno zastavljenih in merljivih ciljev vhodne kontrole trenutno prihaja do netransparentnosti izvajanja slednje in prelaganja odgovornosti med zaposlenimi. To privede do tega, da se težava v prihodnje utegne spet ponoviti, razloga za to pa ne bomo vedeli.

4.4.2 Procesna kontrola – kontrola kritičnih komponent

Procesno kontrolo v podjetju STB bi lahko poimenovali tudi kontrola kritičnih komponent, ta se v skladu s predpisano kontrolno dokumentacijo izvaja izključno ob zaključku obdelave kritičnih komponent. Oseba, ki je v podjetju zadolžena za izvajanje procesne kontrole, je

kontrolor, ki je za to delo primerno usposobljen oz. izobražen in premore ustrezno strokovno znanje za izvajanje te funkcije. Zaradi specifičnosti proizvodnje v podjetju, ki ne izdeluje velikih ampak manjše serije z veliko dodano vrednostjo sestavnih komponent, se procesna kontrola ne izvaja na podlagi klasične kontrole kakovosti. Za razliko od klasične kontrole na podlagi vzorčenja se tu procesna kontrola izvaja po zaključeni obdelavi za vse predhodno določene kritične komponente, preden gredo na montažo. Kritične komponente določi odgovorni tehnolog znotraj podjetja, ki pripravlja kontrolno dokumentacijo. Navadno gre tu za komponente visoke vrednosti, zahtevnih obdelav ali pa z neposrednim vplivom na delovanje proizvoda. Mednje lahko spadajo tudi zelo enostavne komponente, ki so takšne narave, da lahko privedejo do težav pri montaži ali kasnejši okvari. Poleg tega lahko tehnolog ali kontrolor poljubno izbereta še dodatne naključne komponente za kontrolo, s čimer se še dodatno preveri kakovost proizvodnega procesa.

Proces kontrole poteka tako, da se kontrolor pri pregledu orientira na priloženo dokumentacijo posamezne komponente in kontrolno listo, ki jo skupaj z odgovornim kontrolorjem predhodno pripravi tehnolog. Vsak pregled kakovosti se beleži s pomočjo kontrolne liste oz. merilnega protokola. Za vsako posamezno komponento se zapiše opravljene meritve ter izvajalca meritev. Zbrani kontrolni podatki nam kasneje pomagajo pri opravljanju analiz kakovosti proizvodnega procesa in pri dokazovanju ustreznosti izdelanih komponent. V primeru, da izdelana komponenta ustreza vsem meritvam in kakovostnim zahtevam, gre v skladišče ali na montažni oddelek, kjer se ga nato vgradi v končni proizvod. V primeru, da kontrolor zazna kakršnakoli odstopanja v dimenzijah ali kakovosti glede na zahtevano dokumentacijo, se to komponento umakne iz nadaljnjega procesa montaže in sproži interno reklamacijo. Kontrolor in delavec, ki skrbi za izdelavo komponente, pogledata napako in skušata ugotoviti, zakaj je do nje prišlo. Izvede se analizo popravila, kjer se ovrednoti ali je napako moč popraviti z določenimi korekcijami brez ponovne izdelave. Če je napaka nepopravljiva, se izdelava nove komponente. Po koncu nove obdelave ali popravila sledi ponovna kontrola in verifikacija, ali so bile korekcije uspešne in če nove komponente ustrezajo zahtevam.

Načeloma je sistem procesne kontrole znotraj podjetja dobro zasnovan, vendar ima tudi nekaj pomanjkljivosti. Glavna pomanjkljivost, ki sem jo opazil, je ta, da je trenutni sistem kontrole naravnano tako, da se kontrola opravlja šele po zaključku vseh obdelovalnih faz posameznih komponent in ne med posameznimi proizvodnimi fazami. To pripelje do tega, da se napaka odkrije šele v poznih fazah in je zato praviloma njeno popravilo dražje ali nemogoče. Kot sem že zapisal, so napake, odkrite v zgodnejših fazah proizvodnje, lažje in ceneje rešljive. Druga pomanjkljivost pa se pojavi pri sledljivosti internih reklamacij. Komponente, kjer so se pojavile napake in se je nato zanje znotraj podjetja izvedlo postopek interne reklamacije za odpravljanje pomanjkljivosti, nimajo nobene sledljivosti, saj se o postopkih internih reklamacij ne vodi nikakršen zapisnik. Na podlagi tega ne moremo podati natančne ocene kje v proizvodnji na dolgi rok prihaja do največjih težav in kakšni so dejanski stroški odpravljanja slednjih.

4.4.3 Končna kontrola

Končna kontrola je v podjetju STB zadnja izmed faz kontrole pred predajo proizvoda naročniku. S pomočjo končne kontrole podjetje skrbi za odkrivanje preostalih pomanjkljivosti ter zagotavljanje ustrezne kakovosti in funkcionalnosti proizvodov. Trenutna situacija končne kontrole v podjetju je takšna, da končno in procesno kontrolo opravlja ista oseba, saj ima trenutno podjetje STB zaposlenega le enega kontrolorja. Končna kontrola se izvaja v dveh delih in namreč ob zaključku montaže ter med preizkusom delovanja. Tu se izvedeta tako vizualna kontrola kot meritev funkcionalnosti proizvoda.

V primeru končne kontrole reduktorjev CMV kontrolor najprej preveri sliko naleganja zob v reduktorju. Slika naleganja zob je eden izmed glavnih kriterijev za določanje pravilnega delovanja reduktorja. Poleg slike naleganja se opravi še zagonski preizkus reduktorja. Reduktor se testira na zato predvidenem testnem mestu in pri tem meri parametre. Okvirne vrednosti merjenih parametrov je določil naročnik, prikazane so v nadaljevanju v poglavju 5.2.1 (tabela 6). Izmerjeni parametri so glavni pokazatelji, ali reduktor deluje v skladu z vsemi tehničnimi zahtevami naročnika. Po zaključenem preizkusu kontrolor vse zapise meritve shrani v interni arhiv. Merilna dokumentacija se ob dobavi reduktorja v sklopu tehnične mape predloži naročniku in služi kot dokaz o ustreznosti proizvoda.

V kolikor reduktor ob opravljenem preizkusu v celoti ustreza vsem naročnikovim zahtevam se nanj namesti tablico s serijsko oznako ter ustrezno zapakira in pripravi na pošiljanje. Končno montažo reduktorja na glavni stroj opravlja naročnik sam, za kar je ustrezno tehnično usposobljen. V primeru, da končna kontrola odkrije, da proizvod ne izpolnjuje predpisanih zahtev, se sproži postopek interne reklamacije. Tu se skuša s pomočjo korektivnih ukrepov nastalo napako v čim krajšem možnem času odpraviti.

Po videnem lahko rečem, da je trenutna končna kontrola dobro zasnovana. Z njeno pomočjo se je v preteklosti že odkrilo pomanjkljivosti na reduktorjih CMV. Težava, ki sem jo opazil pri opazovanju več preizkusov tega reduktorja, je, da je bil čas preizkušanja nekonsistenten (različno dolg). Ugotovil sem, da želi podjetje s pomočjo skrajšanja časa preizkusa pospešiti zaključno fazo in proizvod zaradi kratkih dobavnih rokov čimprej odposlati naročniku. Opazil sem, da minimalnega časa obratovanja reduktorja naročnik ni predpisal (navadno se v praksi preizkus izvaja 8 ur). Posledica slabo določenega končnega preizkusa se lahko odraža v kasnejših težavah delovanja reduktorja (npr. pregrevanje vstopnega zobniškega para). Med preizkusom se teh ne opazi, saj reduktor ne obratuje dovolj dolgo. S skrajšanjem časa preizkusa se povečuje možnost povečanja števila eksternih reklamacij, saj se ob skrajšanju časa preizkusa in hitenju nehote kaj spregleda.

Gledano v celoti lahko trdim, da se trenutno kontrola znotraj podjetja izvaja, vendar z njo ne dosegajo zadanih ciljev kakovosti reduktorjev CMV. Najverjetnejši razlog tiči v tem, da celoten postopek tako vhodne, procesne kot končne kontrole ni standardiziran in natančno

definiran. Posledica nestandardiziranih postopkov so odstopanja med kontrolami, različnost kriterijev in pomanjkanje transparentnosti.

5 PRAKTIČNI PRIMER IZBOLJŠANJA KAKOVOSTI REDUKTORJEV CMV V STB

Iz opisa obstoječega stanja kontrole v poglavju 4.4 je razvidno, da podjetje STB v tem trenutku nima vzpostavljene jasne in sistematične kontrole kakovosti. Na podlagi zgornjega obstoječega praktičnega primera proizvodnega (poglavje 4.3) in kontrolnega (poglavje 4.4) procesa reduktorjev CMV sem v nadaljevanju opravil analizo in predloge ukrepov za izboljšanje trenutnega stanja. Želja podjetja je v prihodnje povečati kakovost proizvodov in bolje razumeti, zakaj prihaja do težav z kakovostjo. Do sedaj so napake in reklamacije reševali spotoma, v prihodnje pa želijo pojav tovrstnih dogodkov ob pomoči novega pristopa izboljšane kontrole kakovosti zmanjšati.

Pred analizo je potrebno najprej izbrati ustrezen sistem managementa kakovosti in z njegovo pomočjo sem nato v nadaljevanju gradil analizo. Izbira najprimernejšega sistema je opisana v nadaljevanju v poglavju 5.1. Ustrezna izbira sistema managementa kakovosti mi omogoča, da v nadaljevanju opravim uspešno in učinkovito analizo. Pri izbiri ustreznega sistema managementa kakovosti je ključno vlogo igrala njegova struktura, saj mora biti ta dovolj fleksibilna. Prav fleksibilnost omogoča, da sem lahko izbrani sistem managementa kakovosti v nadaljevanju prilagodil in uporabil za obravnavan primer maloserijske proizvodnje in ne le v velikoserijski ter množični proizvodnji, za kar so bili ti sistemi v večini zasnovani.

Izbiri sistema managementa kakovosti sledi uvajanje novega pristopa izboljšanja kontrole kakovosti. Tu sem si pomagal s pristopom DMAIC, opisanem v poglavju 3.1. DMAIC pristop sem najprej ustrezno prilagodil za obravnavani primer reduktorjev CMV tako, da bo ta ustrezal profilu maloserijske proizvodnje in potrebam podjetja. V nadaljevanju sledi DMAIC analiza na praktičnem primeru obravnavanih reduktorjev, opisanem v poglavju 4.2. S pomočjo analize sem iskal odgovore na raziskovalna vprašanja iz poglavja 1. Glavni cilj analize je pridobiti uporabne informacije in jih nato pretvoriti v ukrepe za izboljšanje kakovosti proizvodov. Nazadnje sem izpostavil še omejitve, na katere sem naletel med DMAIC analizo.

5.1 Izbira ustreznega sistema managementa kakovosti

Ustrezno izbran sistem managementa kakovosti je eden izmed prvih in ključnih korakov, da na koncu pridemo do zelenih in uspešnih rezultatov. Skozi zgodovino se je izoblikovalo več različnih sistemov managementa kakovosti, zato je potrebno te najprej pregledati in izbrati tistega, za katerega se nam zdi, da najbolj ustreza obravnavanemu problemu in podjetju.

Pri izbiri ustrezne metode sistema managementa kakovosti sem bil pozoren na to, kako dobro lahko izbrano metodo prilagodim maloserijski proizvodnji znotraj podjetja, saj sem to nato uporabil v nadaljnji analizi. Iz opisa v poglavju 4.2.1 vemo, da gre v podjetju STB za maloserijsko proizvodnjo reduktorjev CMV, izdelanih po naročnikovih željah.

Uporabo različnih sistemov managementa kakovosti, predstavljenih v poglavju 2.3, sem za lažje nadaljnje delo analiziral ter ugotovitve prikazal v spodnji tabeli 3. Glavni cilj analize je ugotoviti, katerega izmed spodaj navedenih sistemov managementa kakovosti lahko najbolje umestim in uporabim v obravnavanem primeru.

Tabela 3: Različni sistemi managementa kakovosti

Sistem	Poudarek	Uporaba
TQM	Sistem za celovito obvladovanje kakovosti	Ko želimo v organizaciji ustvariti »kulturo kakovosti« in vključiti vse zaposlene v izboljšave
ISO 9001	Dokumentiranje postopkov, povečanje standardizacije in sledljivosti	Ko želi organizacija pridobiti/ohraniti certifikate kakovosti, ali pa uvesti standardizacijo postopkov po mednarodnih standardih
Šest sigma	Zmanjševanje variabilnosti in napak	Za reševanje specifičnih težav ali izboljšanje procesov v proizvodnji
Vitka proizvodnja	Odpravljanje dejavnosti, ki ne dodajajo vrednosti	Ko želi organizacija optimizirati proizvodne procese in zmanjšati izgube
Sistem dvajsetih ključev	Sistem za celovit razvoj podjetja	Ko želi organizacija izboljšati celovito delovanje podjetja na vseh področjih

Vir: lastno delo.

V tabeli 3 opazimo, da vsi zgoraj omenjeni sistemi učinkovito pripomorejo k izboljšanju kakovosti v podjetju, vendar se med seboj razlikujejo glede na uporabo, saj poudarjajo različne cilje. Za primer vzemimo pristopa TQM in šest sigma. Poudarek TQM je na izgradnji sistema za celovito obvladovanje kakovosti znotraj organizacije na vseh področjih (v vseh procesih). To zajema vključevanje vseh zaposlenih v splošno izboljšanje kakovosti procesov in zadovoljstvo strank. Za razliko od TQM je šest sigma manj splošen in ožje fokusiran sistem managementa kakovosti. Slednji se osredotoča na zmanjševanje variabilnosti in reševanje specifičnih težav procesov v proizvodnji.

Po razmisleku in zgornjem vrednotenju različnih sistemov za izboljšanje kakovosti iz tabele 3 sem skupaj z izkušenejšimi zaposlenimi iz podjetja STB izbral sistem izboljšanja kakovosti, ki bi bil najprimernejši za obravnavani primer. Iz opisa problema v poglavju 4 vemo, da gre v primeru reduktorjev CMV za zelo specifičen problem pomanjkanja kakovosti končnega proizvoda. Z zmanjšanjem variabilnosti in števila napak vzdolž celotne kontrole želi podjetje posledično odpraviti težave s pomanjkanjem kakovosti. Na podlagi opisanega sem se odločil za uporabo pristopa šest sigma, ki služi reševanju specifičnih težav in izboljšanju proizvodnih procesov – v tem primeru kakovosti proizvodnje. Odgovore in

rešitve za izboljšanje končne kakovosti reduktorjev CMV sem v nadaljevanju iskal s pomočjo metode DMAIC.

Ker gre obravnavanem primeru reduktorjev za maloserijsko proizvodnjo, je potrebno DMAIC metodo prilagoditi potrebam tovrstne proizvodnje. Prilagoditev metode DMAIC sem opisal v naslednjem poglavju 5.1.1.

5.1.1 Prilagajanje metode DMAIC

Glede na splošnost uporabe in širok nabor orodij, ki jih ponuja metoda DMAIC, je potrebno pred analizo opraviti ustrezne prilagoditve in uporabiti tista orodja, ki so najprimernejša za naš obravnavan primer. Iz teorije v poglavju 3.1 vemo, da orodja statistične analize in množičnega vzorčenja v obravnavanem primeru, kjer gre za majhno število proizvodov (maloserijska proizvodnja), ne pridejo v poštev. Pri izbiri orodij sem se izogibal uporabe tistih, ki zajemajo množično vzorčenje ali pa potrebujejo veliko število vhodnih podatkov, saj vem da tovrstnih podatkov nimam na voljo. Za vsako izmed petih faz DMAIC analize sem glede na razpoložljive vhodne podatke in želene odgovore izbral ustrezna orodja. Orodja, primerna za obravnavan problem, sem prikazal v spodnji tabeli 4. Zbrana orodja sem kasneje uporabil tudi v sami DMAIC analizi v poglavju 5.2.

Tabela 4: DMAIC orodja maloserijske proizvodnje glede na posamezno fazo

DMAIC faze	Orodja
Definiraj	Iskanje priložnosti za izboljšave, izjava o težavi, definiranje ciljev, CTQ drevo, SIPOC diagram in diagram poteka.
Meri	Zbirne tabele in Pareto diagram.
Analiziraj	Diagram poteka, diagram ribje kosti in 5 x zakaj analiza.
Izboljšaj	Viharjenje možganov, revidiranje procesov in diagramov poteka.
Kontroliraj	Standardizirane procedure kontrole, izdelava kontrolnih planov in merjenje kazalnikov uspeha

Vir: lastno delo.

5.1.2 Izdelava seznama napak in kriterija tipa napak

Pred pričetkom DMAIC analize sem se za lažje nadaljnje delo odločil, da za pregled trenutne situacije najprej izdelam seznam preteklih napak in določim nov standardiziran kriterij tipa napak. To mi bo v pomoč pri DMAIC analizi, služilo pa bo tudi za rabo pri kasnejših projektih. Na podlagi pogovorov z odgovornim tehnologom sem izdelal kriterij tipa napak (tabela 5). Z njegovo pomočjo sem napake v nadaljevanju magistrskega dela razvrstil v različne skupine glede na njihovo resnost oz. potencial za nastanek okvar na proizvodu.

Do tega trenutka podjetje ni imelo natančno definiranega in uporabnega kriterija tipa napak, ki bi lahko bil v pomoč. Kriterij sem izdelal na podlagi resnosti napak z upoštevanjem njihovega vpliva na delovanje proizvoda. Kriterij sestoji iz treh skupin, v katere so napake opredeljene glede na njihovo resnost. Razdelil sem jih na minimalne, srednje in kritične napake. Vsaki skupini napak sem pripisal oznako za hitro ločevanje med napakami: N1 so najmanj resne napake, N2 srednje resne napake in N3 najresnejše napake. Resnost napake določimo tako, da se vprašamo, kako določena napaka vpliva na delovanje proizvoda. V primeru, da napaka nima vpliva na delovanje in je npr. lepotne narave, se zabeleži kot minimalna napaka (N1), njihovo odpravljanje pa ni nujno potrebno. V kolikor je napaka resnejša in sumimo, da bi ta v prihodnje lahko vplivala na delovanje proizvoda ali samo kakovost, jo smatramo za srednjo napako (N2). Te je potrebno odpraviti preden proizvod odpošljemo naročniku. Nazadnje imamo tu še kritične napake (N3), ki kritično vplivajo na ustrezno delovanje proizvoda in jih moramo zato nujno odpraviti.

Tabela 5: Kriterij tipa napak

Tip napake	Oznaka	Resnost	Opis
Napaka tipa 1	N1	Minimalna	Potrebni so popravki ali dodelave v manjšem obsegu, vendar ti niso zahtevani. Manjše napake, ki nimajo vpliva na kakovost ali delovanje izdelka. Lahko jih odpravimo z minimalnimi korekcijami, vendar to ni potrebno.
Napaka tipa 2	N2	Srednja	Potrebni so popravki ali dodelave v večjem obsegu. Večje napake, ki lahko vplivajo na kakovost ali delovanje izdelka, ni pa nujno. Potrebno jih je odpraviti s pomočjo ustreznih korekcij.
Napaka tipa 3	N3	Kritična	Nujno je potrebno izvesti popravke, drugače pride do resne okvare. Večje napake, ki zagotovo vplivajo na kakovost ali delovanje izdelka. Potrebno jih je nujno odpraviti s pomočjo ustreznih večjih korekcij.

Vir: lastno delo.

Za prikaz napake N1 vzemimo primer, ko naležna ploskev na reduktorju ni bila ustrezne hrapavosti. Predpisana hrapavost obdelane ploskve je Ra 1,6, dejanska hrapavost te ploskve na enem izmed reduktorjev je znašala Ra 3,2. Odstopanje hrapavosti ploskve ne vpliva na delovanje reduktorja. Napaka je le estetske narave in ne potrebuje popravila.

Primer napake tipa N2 je puščanje olja pri zgornjem pokrovu reduktorja, ko je ta obrnjen na glavo. Gre za srednje resno napako, saj se praviloma reduktor ne sme vgrajevati in obratovati v tovrstni legi (obrnjen na glavo). V normalnih obratovalnih razmerah reduktor popolnoma ustreza zahtevam. Do težav lahko pride le pri nepravilnem transportu ali shranjevanju, če je obrnjen v napačno lego in olje odteče iz njega. V tovrstnem primeru lahko pride pri zagonu do okvar.

O napaki tipa N3 govorimo, ko je popravilo nujno potrebno, saj je v nasprotnem primeru delovanje izdelka neustrezno. Primer takšne napake so lunckerji v bronu polževega kolesa.

Lunkerji so zračni žepki v materialu, ki znižujejo mehansko trdnost. Ob pojavu lunkejev lahko pride v materialu do razpok in kasnejših porušitev. To privede do nedelovanja reduktorja in poškodb znotraj njega. Tovrstne napake je potrebno nujno odpraviti ter s tem zagotoviti kakovosten in pravilno delujoč proizvod.

V nadaljevanju se bo kriterij tipa napak iz tabele 5 uporabljal kot standardiziran kriterij vrednotenja napak znotraj obravnavanega podjetja. S pomočjo izdelanega kriterija tipa napak lahko v nadaljevanju natančno ovrednotim resnost posameznih napak, tako preteklih kot prihodnjih. V nadaljevanju dela sledi DMAIC analiza, s katero sem iskal odgovore na probleme, zbrane v prilogi 5.

5.2 Uporaba metode DMAIC na praktičnem primeru

S pomočjo orodij za izvedbo DMAIC analize maloserijske proizvodnje iz poglavja 3.2 sem v nadaljevanju magistrskega dela izdelal lastno DMAIC analizo za obravnavan praktični primer reduktorjev CMV. DMAIC analizo sem izvedel po opisu iz poglavja 3, temelji pa na preteklih problemih, ki so se pojavljali na teh reduktorjih. Težava, s katero se je podjetje STB soočalo, je bila ta, da je prihajalo do velikega števila eksternih reklamacij s strani naročnika. Te so spotoma odpravljali, vendar nikoli niso poiskali vzrokov za njihov nastanek. S pomočjo DMAIC analize sem skušal poiskati vzroke za pretekle reklamacije in ugotoviti, ali bi lahko s pomočjo izboljšanja zasnove vhodne, procesne in končne kontrole število reklamacij zmanjšali. Kot vidimo, je cilj DMAIC analize odkriti vzroke za nastale težave, t. i. napake v proizvodnji reduktorjev, ter priti do konkretnih predlogov oz. ukrepov za nadaljnje izboljšave.

5.2.1 Faza definiranja

Prva faza DMAIC analize je faza definiranja. V tej fazi sem definiral in opisal obravnavani problem. V podjetju STB so ob končnem pregledu stanja proizvodnje projekta reduktorjev CMV opazili, da prihaja med proizvodnjo do velikega števila eksternih reklamacij in posledično visokih stroškov reševanja. V kolikor je reduktor v garancijskem roku stroške prevoza in popravila krije podjetje, kar pa posledično negativno vpliva na ugled in finančno stanje podjetja. V izogib problemom in v želji izboljšati kakovost druge serije reduktorjev sem se skupaj z vodilnimi v podjetju odločil, da skušam ugotoviti, kako izboljšati težave s kakovostjo.

Za primarni cilj sem si z vodilnimi v podjetju zastavil odkritje potencialnih vzrokov za nastale napake in določitev ukrepov za preprečevanje podobnih dogodkov v prihodnje. Sekundarni cilj analize je zmanjšati število eksternih reklamacij in povečati zgodnje odkrivanje napak. Pri obeh ciljih je fokus na izboljšavah, ki jih lahko na podlagi kontrole kakovosti izvedemo v oddelkih kontrole, montaže, proizvodnje in skladiščenja. Za glavno

merilo uspeha sem uporabil merjenje uspešnosti proizvodnje s pomočjo izračuna končnega deleža napak.

Preostali merljivi veličini, ki odražata kakovost oz. uspešnost, sta zanesljivost in učinkovitost proizvoda. Zanesljivost proizvoda se preverja s pomočjo merjenja časa brezhibnega delovanja ter števila okvar. Učinkovitost reduktorja se določa s pomočjo merjenja temperature in ravni hrupa med njegovim obratovanjem. Nizka temperatura na vstopni gredi je dober pokazatelj učinkovitosti delovanja. Z višanjem temperature se povečujejo izgube v obliki toplote, kar povečuje možnost obrabe delov in kasnejših okvar. Poleg temperature merimo še raven hrupa. Nizka raven hrupa med delovanjem pomeni, da reduktor deluje brezhibno. Želeno ciljno stanje merljivih kazalnikov sem določil po pogovoru z naročnikom in odgovornimi v podjetju. Izbrani kazalniki so določeni v tabeli 6. Z doslednim in natančnim merjenjem veličin iz tabele 6 lahko podjetje že pred pošiljanjem reduktorja oceni, ali ta ustreza zahtevam.

Poleg zgoraj navedenih imamo še eno merljivo veličino, na katero so znotraj podjetja pozorni. To je razlika med predvidenimi in dejanskimi stroški proizvodnje. Sedaj ta razlika znaša 34 % dodatnih stroškov nad predvidenimi, kar je občutno preveč, da bi podjetje pri proizvodnji reduktorjev CMV lahko poslovalo z dobičkom. Predvideni stroški so stroški, ki jih podjetje predvidi, da bodo nastali med proizvodnjo. Na podlagi predvidenih stroškov se določa cena proizvoda. Dejanski stroški za razliko od predvidenih zajemajo vse stroške, ki nastanejo v sklopu proizvodnje. Dejanski stroški zajemajo tako predvidene kot dodatne stroške (stroški popravil, reklamacij ...). Ciljna razlika med dejanskimi in predvidenimi stroški je 5 % kar pomeni, da v podjetju krepko presegajo ciljno vrednost. Razlika med predvidenimi in dejanskimi stroški pa ni le posledica napak, ampak tudi nihanj na tržišču (material, delovna sila, standardni deli itd.).

Tabela 6: Kazalniki uspešnosti

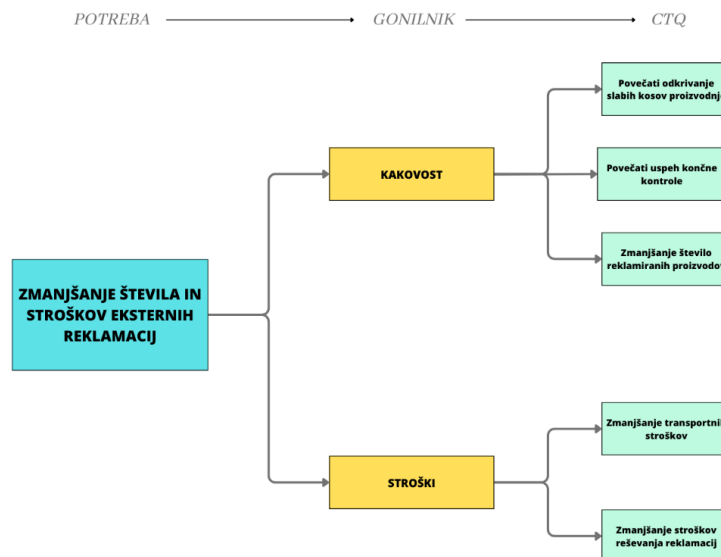
	USPEŠNOST PROIZVODNJE	USPEŠNOST IZDELKA		
KAZALNIKI	Delež napak [%]	Obratovalni čas [h]	Delovna temperatura [°C]	Raven hrupa [dB]
Ciljna / predvidena vrednost	maks. 5 %	min. 8000	maks. 40	maks. 90

Vir: lastno delo.

Po definiranju kazalnikov uspešnosti sem izdelal vizualno predstavo zahtev naročnika in ključnih značilnost. Odločil sem se, da jih prikazem v obliki CTQ drevesa. Drevo vsebuje različne gonilnike, prilagojene potrebam podjetja, ter zahteve naročnika. Z njegovo pomočjo sem lažje določil ključne dejavnike kakovosti reduktorjev CMV. Za obravnavani primer sem izdelal CTQ drevo, prikazano na sliki 14. V CTQ drevesu sem navedel ključne dejavnike, ki

vplivajo na kakovost in na število reklamacij reduktorja. Za vsak dejavnik so navedene možne podrobnosti, ki jih je treba upoštevati pri izboljšanju kakovosti proizvoda.

Slika 14: CTQ drevo



Vir: lastno delo.

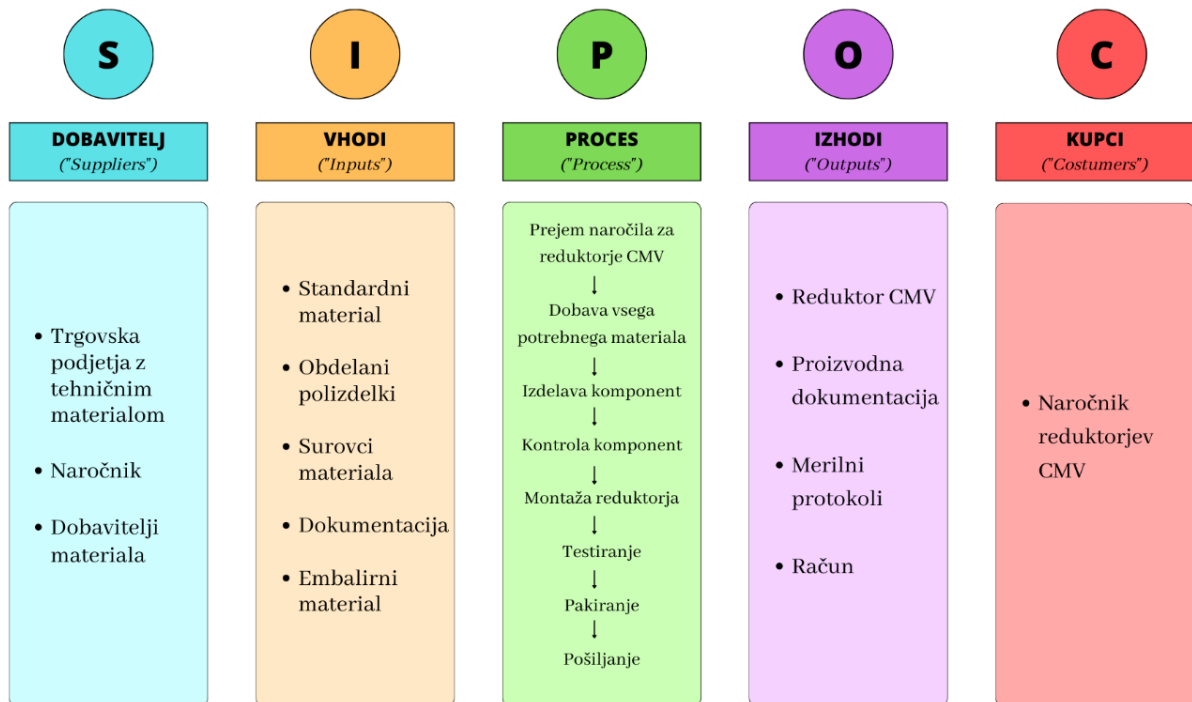
Iz CTQ drevesa na sliki 14 vidimo, da je glavna želja oz. cilj zmanjšanje števila in stroškov eksternih reklamacij. Kritična gonilnika za to sta: doseganje ustrezne kakovosti proizvodov in omejevanje stroškov reklamacij. Za doseganje ustrezne kakovosti proizvodov je potrebno povečati odkrivanje slabih kosov proizvodnje, povečati uspeh kontrole in zmanjšati število reklamiranih proizvodov. Pri omejevanju stroškov eksternih reklamacij pa je potrebno zmanjšati tako transportne stroške kot stroške reševanja reklamacij.

Za lažje razumevanje pomembnih elementov v procesu proizvodnje reduktorjev CMV sem izdelal SIPOC diagram, prikazan na sliki 15. SIPOC diagram služi opisu ključnih elementov proizvodnje reduktorjev CMV in povezav med njimi. S tem sem v nadaljevanju lažje prepoznal območja, kjer so možne izboljšave.

Na sliki 15 vidimo, da v SIPOC diagramu najprej nastopijo dobavitelji. Dobavitelji predstavljajo vir surovin in storitev, potrebnih za izvajanje procesa. V obravnavanem primeru so dobavitelji trgovine in podjetja z tehničnim materialom in surovinami (npr. trgovine z vijačnim materialom, železnine ...). Poleg slednjih je dobavitelj tudi naročnik sam, saj ta dobavlja določene komponente (ohišja in pokrove reduktorjev ter oljekaze) in proizvodno dokumentacijo. K vhodom štejeemo surovine ali informacije, ki so potrebne za začetek procesa. Sem spadajo: standarden in embalirni material, ki je dobavljen s strani tehničnih trgovin; surovci so dobavljeni s strani dobaviteljev materiala, obdelani polizdelki in dokumentacija pa s strani naročnika. Naslednja točka SIPOC diagrama je opis procesa proizvodnje. Preprost proces za namene SIPOC diagrama je sledeč: podjetje najprej prejme

naročilo za izdelavo reduktorjev CMV. V naslednji fazi se dobavi ves potreben material in se loti izdelave posameznih komponent. Po končani izdelavi se izvede končna kontrola komponent in njihova montaža. Tej sledi testiranje reduktorja in pakiranje ter pošiljanje naročniku. Izhodi, ki pri tem nastanejo, so delujoč reduktor z vso priloženo proizvodno dokumentacijo, merilnimi protokoli ter računom. Kot zadnji je v SIPOC diagramu predstavljen kupec, to je v našem obravnavanem primeru naročnik reduktorjev CMV.

Slika 15: SIPOC diagram



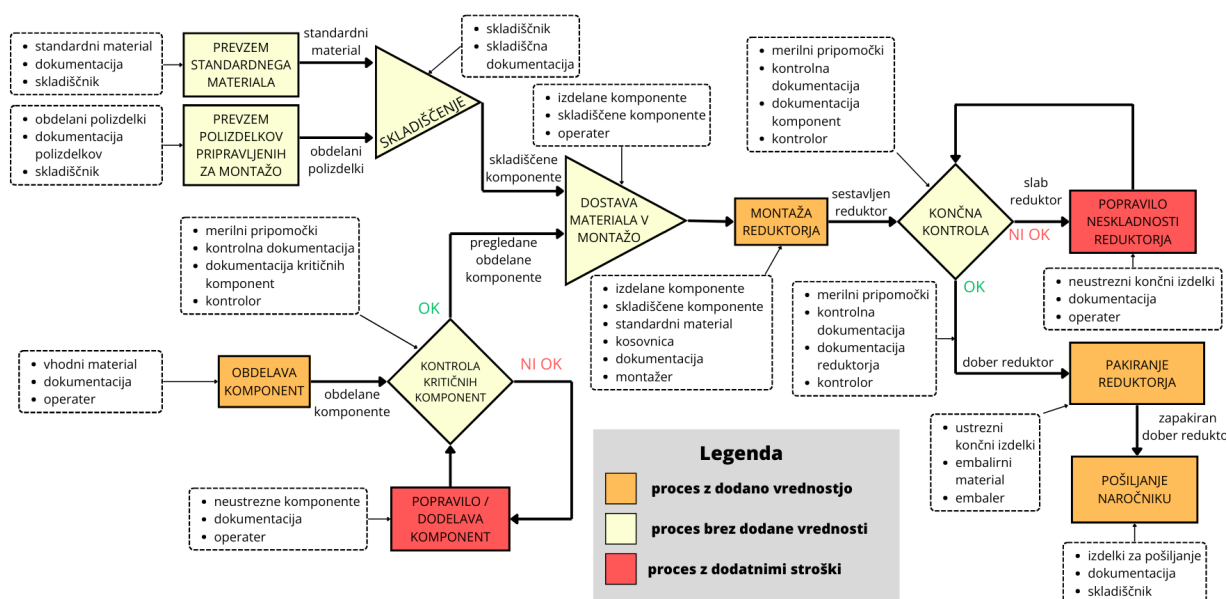
Vir: lastno delo.

Zadnja stvar v fazi definiranja je izdelava zemljevida trenutnega procesa proizvodnje. Izdelal sem ga s pomočjo elementov, predstavljenih v SIPOC diagramu. Povezal sem jih v smiselni proizvodni proces, ki sem ga prikazal s pomočjo zemljevida trenutnega procesa proizvodnje reduktorjev CMV (slika 16). Ustvaril sem aktualno sliko celotnega procesa proizvodnje. Z rumeno barvo so predstavljeni procesi brez dodane vrednosti, oranžno pa sem obarval procese z dodano vrednostjo za podjetje. V belih oblačkih poleg procesov so navedene vhodne veličine posameznega procesa, na puščicah pa so označene njegove izhodne veličine. Vsaki operaciji sem dopisal tako vhodne kot izhodne veličine ter morebitne motnje, ki bi lahko privedle do pojava napak in zmanjšanja kakovosti reduktorja CMV med izdelavo.

Na sliki 16 vidimo, da na strani skladišča vstopajo standardni material, polizdelki, pripravljeni za montažo, in pripadajoča dokumentacija. Ti se hranijo v skladišču, kjer čakajo naslednjo proizvodno fazo (tovrstni procesi podjetju ne prinašajo dodane vrednosti). Na drugi strani imamo obdelavo komponent, ki pa predstavlja proces z dodano vrednostjo. Po zaključku izdelave kontrola preveri kritične komponente. Če ustrezajo zahtevam nadaljujejo

na oddelek montaže, v nasprotnem primeru pa sledi njihovo popravilo ali ponovna izdelava. Ko so vse obdelane komponente s skladiščenim standardnim materialom in polizdelki zbrane in dostavljene na montažo, se prične montaža reduktorja (proces z dodano vrednostjo). Po zaključeni montaži sledi končna kontrola sestavljenega reduktorja. Končna kontrola preveri, ali reduktor ustreza vsem naročnikovim zahtevam. Če reduktor ustreza zahtevam se ga zapakira in odpošlje naročniku. V primeru odstopanj pri kontroli sledi popravilo ali dodelava reduktorja ter ponovni pregled, dokler ta ne ustreza zahtevam. Iz slike 16 je razvidno, da sta pakiranje in pošiljanje procesa z dodano vrednostjo, medtem ko so popravila procesi, ki povzročajo dodatne in neželene stroške za podjetje.

Slika 16: Zemljevid trenutnega procesa proizvodnje reduktorjev CMV



Vir: lastno delo.

5.2.2 Faza merjenja

Kot sem zapisal v poglavju 2.5.2 je cilj faze merjenja podrobneje razumeti proces in njegovo obstoječe stanje, da se lahko kasneje izboljša in kontrolira. Iz teorije v poglavju 3 vemo, da klasična faza merjenja z uporabo statističnih metod za obravnavani primer ne pride v poštev, saj nimamo na voljo velike količine podatkov in vzorcev. Iz tega razloga sem za merjenje uporabil orodja, ki niso statistične narave, in so predstavljena v poglavju 3.2. Z metodo zbiranja podatkov sem zbral vse podatke o preteklih napakah, ki sem jih v nadaljevanju ovrednotil s pomočjo Pareto diagrama in skušal ugotoviti, kam se moram najprej usmeriti.

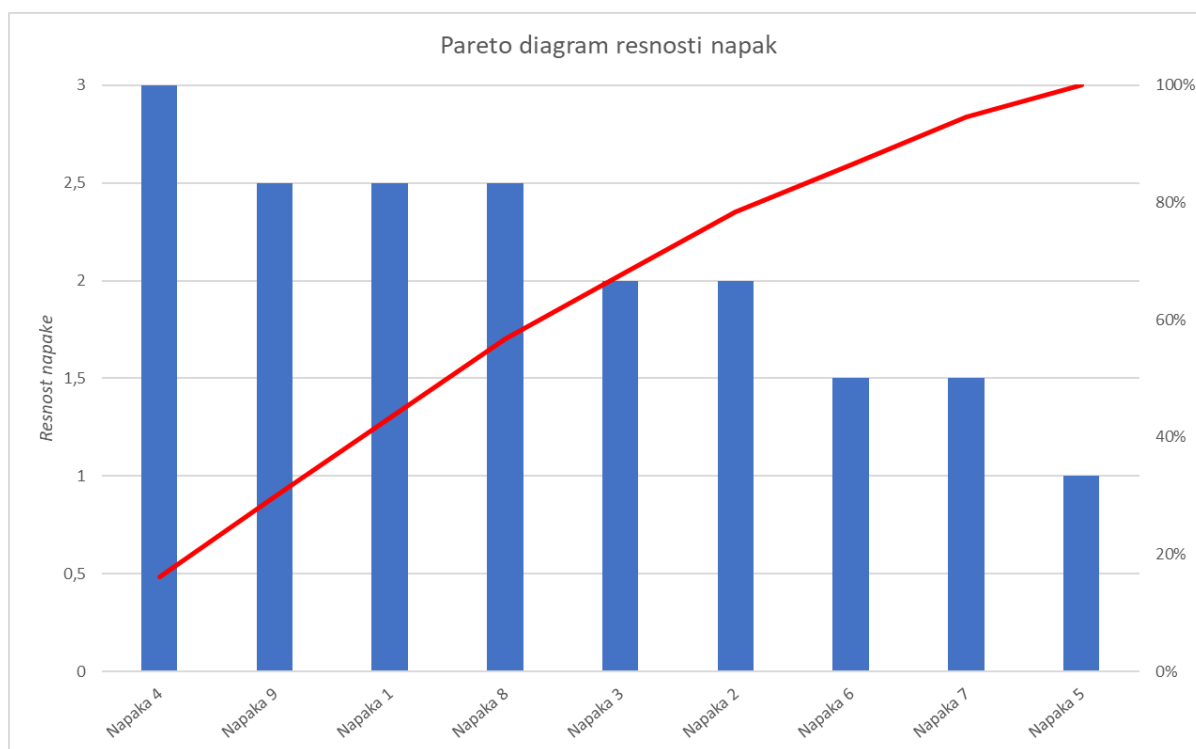
Podatke o preteklih napakah sem zbral s pomočjo reklamacijskega zapisnika. Reklamacijski zapisnik se izvede pri vsaki eksterni reklamaciji. Prvi korak, ki ga mora podjetje storiti po prejemu reklamacije, je sprožitve reklamacijskega postopka. Po sprožitvi reklamacijskega postopka sledi izdelava reklamacijskega zapisnika. V reklamacijski zapisnik se navede

podatke naročnika, ki reklamira izdelek, podatke reklamiranega blaga ter vrsto reklamacije. Temu sledi opis težave oz. razlog za reklamacijo. Na koncu imamo še prostor, kamor ob koncu analize vpišemo predlagano rešitev in ukrepe za odpravo pomanjkljivosti. S pomočjo reklamacijskega zapisnika lahko hitro določimo, kje tiči težava, in jo tako lažje definiramo ter dodelimo odgovorne osebe oz. oddelek zanjo. Za obravnavani primer sem izdelali reklamacijski zapisnik, prikazan v prilogi 6. Iz primera v zapisniku je razvidno, da gre za težavo, povezano z delovanjem reduktorja, ki je nastala po tem, ko je bil ta s strani naročnika že vgrajen in je obratoval. V tem primeru je bil reduktor še v garancijski dobi, zato je podjetje krilo vse stroške popravila. Poleg popravila je podjetje STB po pogodbi z naročnikom kot proizvajalec v primeru nepričakovanih težav ali okvar dolžno opraviti analizo situacije in raziskati, zakaj je do težave prišlo. V primeru, da je napaka na strani podjetja, stroške popravila krije samo, v nasprotnem primeru pa naročnik.

V pomoč pri nadaljnji analizi sem vse pretekle reklamacije in informacije glede reduktorjev CMV zbral v evidenčni tabeli reduktorjev (priloga 9). V prihodnje se bo vanjo zbiralo vse probleme in informacije, povezane s proizvodnjo teh reduktorjev. Evidenčna tabela sestoji iz treh delov: splošne evidence, evidence internih reklamacij in evidence eksternih reklamacij. V splošni evidenci reduktorjev so zbrani vsi reduktorji te vrste, ki so bili do sedaj proizvedeni znotraj podjetja. Splošna evidenca zajema ključne informacije posameznega reduktorja, kot so: ključni proizvodni datumi, podatki testiranja, napake med proizvodnjo itd. Reklamacije za posamezen reduktor, ki so se zgodile znotraj podjetja, se vpisujejo v evidenco internih reklamacij, reklamacije prejete s strani naročnika pa v evidenco eksternih reklamacij. Vsaka reklamacija, tako interna kot eksterna, vsebujeta najprej unikatno številko reklamacije, serijsko številko reklamiranega reduktorja, datum nastanka problema, datum rešitve, kratek opis, številko reklamacijskega zapisnika, stroške reševanja itd.

Po prejeti reklamaciji je potrebno čim prej odkriti izvor težave, saj je lahko ta povezana s proizvodnim procesom. V tem primeru bi lahko na enako težavo naleteli tudi v prihodnje, zato sem s pomočjo Paretovega diagrama, prikazanega na sliki 17, vizualno predstavil napake, ki jim moramo posvetiti največ pozornosti. Pareto diagram sem izdelal na podlagi resnosti napak, v tem primeru je prikaz glede na število napak nesmiseln, saj je število proizvodov premajhno. Napake sem zbiral na podlagi reklamacij s strani kupcev in internih reklamacij. Njihovo resnost sem določil s pomočjo kriterija, predstavljenega v poglavju 5.1.2 in tabeli 5. Resnost napake določamo z utežmi od 1 do 3 kjer utež 3 pripada kritični napaki (N3) in utež 1 minimalni napaki (N1). Za natančnejšo razvrstitev napak sem za določanje uteži izbral koeficient povečevanja 0,5 in ne 1. S tem sem napake, za katere nisem bil prepričan, v katero skupino spadajo, umestil na sredino – med eno in drugo napako (npr. utež 1,5 dodelimo napaki, ki jo želimo uvrstiti med N1 in N2). S pomočjo Paretovega diagrama in pravila 20/80 sem se osredotočil na najpomembnejše dejavnike ali vzroke, ki povzročajo največji učinek. Kakor omenjeno nam Pareto diagram omogoča osredotočanje na izboljšanje kakovosti na mestih, ki nam povzročajo največ težav. Podrobnejši opisi zbranih napak so navedeni v prilogi 5 »Seznam preteklih napak«.

Slika 17: Pareto diagram resnosti napak



Vir: lastno delo.

Iz Paretovega diagrama na sliki 17 lahko vidimo, da so kritične napake 1, 2, 3, 4, 8 in 9. Napake 5, 6 in 7 so v primerjavi z ostalimi manj resne in jih lahko rešujemo kasneje. Poudariti velja, da se je vsaka izmed napak doslej pojavila le enkrat. Sklepam, da temu pojavu botrujejo majhne proizvodne količine.

Za primer vzemimo napako 2 in 4 ter ju med seboj primerjajmo. Pri napaki 4 gre za okvaro, kjer se je odgonska gred prenehala vrteti. Gre za resno okvaro, saj montiran reduktor ne opravlja več svoje funkcije in zaradi okvare zaustavlja naročnikovo proizvodno linijo. Tovrstna napaka naročniku povzroča nepredvidene zastoje in stroške, zato jo smatramo za najresnejšo po kriteriju napak – napako tipa 3. Pri napaki 2 brisalec med delovanjem reduktorja leze iz predvidenega utora. Napaka ni zelo resna, saj ne povzroči takojšnje okvare in zastojev proizvodne linije, obstaja pa možnost, da zaradi vdora prahu ali vode v notranjost reduktorja sčasoma privede do okvare. Ta napaka ni tako kritična kot prejšnja, zato sem to napako uvrstil med napake tipa 2. Ob njeni pojavitvi ne pride do zaustavitve proizvodnje in se jo lahko brez nenačrtovanih zastojev ustrezno odpravi ob naslednjem remontu.

5.2.3 Faza analize

V fazi analize sem najprej izdelal diagram vzrokov in posledic, znan tudi kot Ishikawov diagram ali diagram ribje kosti. Prikazan je v prilogi 8. S pomočjo diagrama vzrokov in posledic sem si pomagal pri identifikaciji morebitnih izboljšav procesov za zmanjšanje

števila reklamacij. V izdelanem diagramu iz priloge 8 so prikazana področja, kjer so se ali pa se lahko v prihodnje pojavijo reklamacije reduktorjev CMV. Med ta področja spadajo izdelava, montaža, materiali, delovno okolje, kontrola in testiranje. Vsakemu izmed področij sem pripisal možne napake, ki lahko nastanejo, in vzroke zanje. Vse zapisane ideje so verjetne in nobene ideje ne smemo izločiti kot napačne, s čimer povečamo sodelovanje vseh udeležencev pri podajanju idej in predlogov. Kot primer iz priloge 8 vzemimo reklamacijo, povezano z materialom ene izmed komponent reduktorja. Možne napake, ki se v zvezi z materialom lahko pojavijo, so neustrezna kakovost materiala, zanj pa je lahko krivo neustrežanje certifikatov materiala. Lahko se zgodi, da material ni ustrezen zaradi napake pri naročanju ali dobavi. Med skladiščenjem ali transportom lahko pride do neustreznega rokovanja in posledično do poškodb materiala. Vsaka izmed zgoraj naštetih možnosti lahko kasneje privede do reklamacij, povezanih s kakovostjo.

Po zaključeni izdelavi diagrama vzrokov in posledic sem se posvetil analizi trenutnega procesa proizvodnje in kontrole kakovosti reduktorjev CMV v podjetju STB. Odločil sem se pregledati in podrobneje analizirati obstoječi zemljevid procesa (slika 16), ki sem ga izdelal v predhodni fazi definiranja (poglavje 5.2.1). Na podlagi zemljevida procesa iz slike 16 sem za lažje delo v fazi analize izdelal poenostavljen zemljevid procesa. Zemljevid procesa, prikazan v prilogi 9, je vizualno prijaznejši in bolj pregleden za nadaljnje delo v fazi analize, v njem sem ohranil le procese brez vhodnih veličin in motenj.

Z rdečo obrobo sem v poenostavljenem zemljevidu procesa (priloga 9) označil procese, kjer se trenutno izvaja kontrola kakovosti. Iz zemljevida procesa v prilogi 9 je razvidno, da se skozi celoten proces izdelave reduktorja CMV kontrola izvaja le dvakrat. Prvič po zaključeni obdelavi kritičnih komponent (procesna kontrola kritičnih komponent), kjer se kontrolira dimenzijska ustreznost kritičnih komponent, drugič pa po opravljeni montaži, ko je reduktor dokončno sestavljen z vsemi komponentami in se ga testira. Pri končni kontroli se preverja ustreznost obratovanja reduktorja in pri tem spremlja predpisane parametre (tabela 6), da so ti znotraj določenih vrednosti.

Kot primer za analizo s pomočjo poenostavljenega zemljevida procesa (priloga 9) vzemimo napako številka 1 in napako št. 9 iz priloge 5. S pomočjo trenutnega zemljevida procesa sem iskal vzroke za izbrani napaki in skušali določiti, kje v obstoječem procesu je težava nastala. Pri napaki št. 1 je prišlo do tega, da so se po obdelavi polževega kolesa pojavile nepravilnosti v materialu, t. i. lunckerji. Omenjeno težavo je opazil šele kontrolor pri kontroli kritičnih komponent, ko je bila ta že izdelana v celoti. Ugotovljeno je bilo, da je bil dobavljen material neustrezne kakovosti (neustrezen certifikat), česar pa ni nihče opazil vse do trenutka, ko je bila komponenta že v celoti izdelana, saj se trenutno medfazna kontrola proizvodnje ne vrši. Pri napaki št. 9 je prišlo do tega, da v fazi montaže monter ni uspel pritrditi pokrova na ohišje reduktorja. Po podrobnejšem pregledu je bilo ugotovljeno, da pokrov, ki ga je podjetju dobavil naročnik reduktorja, ni bil ustrezno izdelan. Luknje za pritrditev pokrova niso bile ustrezno izvrtane. Ker se vhodna kontrola komponent pred skladiščenjem ne opravlja, je

tako »slaba« komponenta prišla na montažno linijo in zaustavila nadaljnjo montažo. Vidimo, da so nepravilnosti nastopile že v zgodnjih fazah procesov, vendar jih takrat ni nihče opazil.

Iz slike 16 je razvidno, da se ob prevzemu materiala v skladišče ne opravlja nikakršne vhodne kontrole komponent in materiala. To povečuje tveganje, da neustrezna ali poškodovana komponenta (prej opisan primer napake št. 9) pride v skladišče in kasneje na montažno linijo. V primeru, da so napake večje in vidne, jih lahko zaposleni na montaži opazijo in tako preprečijo, da bi vgradili neustrezno oz. poškodovano komponento. V primeru, da so napake na posameznih komponentah majhne in neopazne pa obstaja možnost, da se tovrstna komponenta nevede vgradi. Težave se lahko nato pokažejo šele med končno kontrolo, testiranjem ali še slabše, tedaj, ko je bil izdelek že predan kupcu.

Verjamem, da bi lahko z dodatno vhodno kontrolo komponent pred skladiščenjem zmanjšali možnosti za vgradnjo slabih oz. poškodovanih komponent v končni proizvod. S tem bi posledično zmanjšali čas in stroške popravil, ki nastanejo, če se pri končni kontroli odkrije odstopanja oz. pomanjkljivosti. Poleg tega menim, da bi bilo smiselno natančneje in strožje definirati procesno kontrolo kritičnih komponent ali pa uvesti vmesno kontrolo pri izdelavi komponent višjega cenovnega razreda. S tem bi lahko preprečili napake in visoke stroške popravila dragih komponent (npr. polževo kolo iz brona).

V nadaljevanju magistrskega dela sem opravil 5 x zakaj analizo (priloga 10) za kritične napake, določene s pomočjo Paretovega diagrama (poglavje 5.2.2). Z njo sem skušal odkriti globlje vzroke nastanka težav, opisanih v prilogi 5. Pri tem sem si pomagal z večkratnim zaporednim postavljanjem vprašanj "zakaj". Slednja sem postavil do petkrat in se tako premikal od površinskih simptomov in vzrokov do globljega razumevanja koreninskega vzroka nastalih težav. Ker se podjetje STB v preteklosti še nikdar ni posluževalo 5 x zakaj analize, sem moral najprej izdelati obrazec zanjo. Tega sam zasnoval tako, da je koristen tudi za nadaljnje tovrstne analize. Izdelani obrazec z rešitvami oz. odgovori analize 5 x zakaj za kritične napake, določene v poglavju 5.2.2, je predstavljen v prilogi 10.

Kot primer vzemimo napako številka 3 iz priloge 10. Pri tej napaki je prišlo do puščanja olja na zgornjem pokrovu reduktorja. Najprej sem se vprašal »Zakaj pušča olje pri zgornjem pokrovu?« in prišel do odgovora, da pokrov ne tesni. Kot drugo me je zanimalo »Zakaj pokrov ne tesni?«, pojavila pa sta se dva možna odgovora. Prva možnost je, da se je tesnilo na pokrovu reduktorja strgalo. Vprašal sem se »Zakaj se je tesnilo strgalo?« Ugotovim, da je spoj tesnila popustil. Spet se vprašam »Zakaj je spoj tesnila popustil?«, odgovor, ki ga dobim, je, da spoj tesnila ni bil ustrezno zalepljen. Sledi še peto vprašanje »Zakaj spoj tesnila ni bil ustrezno lepljen?« in prišel sem do ugotovitve, da se je pri lepljenju uporabilo lepilo, ki ni primerno za tovrstna tesnila. V kolikor izberem drugi razlog za netesnjenje pokrova je odgovor na vprašanje »Zakaj pokrov ne tesni?« ta, da tesnilo ni bilo vgrajeno v spoj. Vprašamo se »Zakaj tesnilo ni bilo vgrajeno?« in ugotovimo, da je monter pozabil vgraditi tesnilo. Še enkrat se vprašamo »Zakaj je monter pozabil vgraditi tesnilo?« in odkrijemo, da je slednji pozabil prevzeti tesnilo v skladišču.

Na koncu vsakega problema, prikazanega v prilogi 10, sem podal aktivnost oziroma ukrep za preprečevanje ponovitve slednjega. Predlagan ukrep za zgornji primer zagotavljanja ustreznega spoja tesnila je nabava ustreznega lepila za lepljenje tesnil in ustrezen trdnostni preizkus za verifikacijo slednjega. Ukrep za težavo, povezano s pozabo vgradnje tesnila, je predpriprava vsega potrebnega montažnega materiala na vozičke oz. pladnje in s tem zmanjšanje možnosti, da bi monter določene komponente pozabil prevzeti v skladišču. Preostale predlagane ukrepe za nastale težave sem podrobneje predstavil v fazi izboljšanja. Te sem umestil v »novi« proces kontrole kakovosti proizvodnje reduktorjev CMV.

5.2.4 Faza izboljšanja

Na podlagi določitve vzrokov težav in pomanjkljivosti v fazi analize (poglavje 5.2.3) sem v fazi izboljšanja za odkrite težave predlagal idejne rešitve. Glavne faze proizvodnega procesa reduktorjev CMV, ki sem se jim posvetil, so: faza montaže, faza kontrole in faza testiranja. Faze se med seboj prepletajo in dopolnjujejo, saj ena brez druge ne morejo. Če v eni izmed faz nastopijo težave, obstaja velika verjetnost, da bodo te privedle do novih težav v nadaljnjem proizvodnem procesu. Ob pomoči viharjenja možganov skupaj z zaposlenimi ter njihovimi bogatimi izkušnjami sem v nadaljevanju magistrskega dela generiral množico možnih rešitev, ki služijo za reševanje obravnavanih problemov velikega števila reklamacij reduktorjev CMV.

Najprej sem se osredotočil na celoten proces proizvodnje. V ozir sem vzel zemljevid procesa iz prejšnjega poglavja, prikazan v prilogi 9. Skušal sem najti smiselne izboljšave tako, da sem se vprašal: »Kaj storiti, da bo končni izdelek izpolnjeval zahteve naročnika?«. Iz ugotovitev v fazi analize (poglavje 5.2.3) vem, da je velik delež težav kakovosti reduktorjev CMV rešljiv z izboljšanjem kontrole. Iz tega razloga sem se odločil za uvedbo izboljšanega režima kontrole v podjetju, imenovanega »novi kontrolni režim«.

Novi kontrolni režim je zelo preprost in sestoji iz treh ključnih faz kontrole: vhodne, procesne in končne kontrole. Novi kontrolni režim sem zasnoval s pomočjo predlogov zaposlenih. Temelji na primerih dobrih praks podjetij, kjer so delali zaposleni, ali pa jih sam dobro poznam. Primeri podjetij, ki sem jih vzel za zgled, so Danieli Group, Gostol-Gopan, Plastika Skaza, INTECO (nekdanji Siderimpes) ...

Vhodna kontrola (v nadaljevanju »VK«) naj se izvaja za vse vhodne materiale. Tu gre tako za surovce, ki potrebujejo obdelavo, kot tudi za že obdelane komponente, pripravljene za vgradnjo. Prav tako naj gredo skozi vhodno kontrolo kupljene oz. standardne komponente višjega cenovnega ranga (nad 50€/kos) ali pa tiste, ki so težje dobavljive (dobavni rok daljši od 3 tednov).

Pri VK se najprej opravi količinski prevzem materiala. To nalogo opravlja za to odgovoren skladiščnik, ki preverja dobavljene količine, zunanji izgled in pakirno embalažo tovorov ter je pri tem pozoren na odstopanja in morebitne znake poškodb. Pri pregledu VK si pomaga

s priloženo dokumentacijo ter tovrstnimi listi. V primeru morebitnih neskladnosti skladiščnik obvesti kontrolorja in nabavno službo. Dostavljeno blago se ob neskladju označi kot neustrezno in začne se reklamacijski postopek.

V primeru, da dostavljeno blago ustreza količinskemu prevzemu, mu sledi kontrola kakovosti vhodnega materiala, ki jo opravi zato zadolžen kontrolor. Pri surovcih se najprej preverijo lastnosti dobavljenega materiala (kemične, mehanske, trdnostne), ustreznost certifikatov, če so ti zahtevani, in pa vizualni pregled. Pri preverjanju polizdelkov in standardnih komponent pa kontrolor, v kolikor je to potrebno, preveri funkcionalnost, vgradne mere, tolerirane dimenzije ter opravi natančnejšo vizualno kontrolo izdelka v iskanju morebitnih poškodb.

Izdelke, ki so uspešno prestali količinski prevzem in kontrolo kakovosti, se označi z zeleno nalepko VK. Zelena nalepka pomeni, da komponenta oz. material ustreza zahtevam in je pripravljena na obdelavo ali vgradnjo. Ves material in komponente se poleg nalepk označi še s številko delovnega naloga in identom (unikatno šestmestno število posamezne komponente). Z pomočjo ustreznega in doslednega označevanja poskrbimo za sledljivost komponent znotraj podjetja in preprečujemo, da bi prihajalo do zmede. Po končanem pregledu in označevanju se ustrezne komponente prestavi v skladišče ali pa v proizvodnjo. Neustrezne komponente oz. materiale se označi z rdečo nalepko VK in se jih premakne v odsek za reklamacije, kjer čakajo na nadaljnje postopke reševanja reklamacij.

Po zaključeni kontroli se zbere vso kontrolno dokumentacijo ter merilne protokole. Vse to se nato kot dokaz ustrezno arhivira in hrani. Enako velja za reklamacijsko dokumentacijo, ki vsebuje kontrolne dokumente, merilne protokole, slikovna gradiva ... Dokumentacijo se hrani v arhivu podjetja vsaj 5 let oziroma dlje, če je garancijska doba daljša.

Procesna kontrola (PK) igra veliko in pomembno vlogo pri zgodnjem odkrivanju napak oz. težav in posledično preprečevanju eksternih reklamacij. Uspešna in pravočasna procesna kontrola znižuje stroške reklamacij in popravil ter povečuje zadovoljstvo kupca. Do sedaj se je v podjetju STB izvajala le ena vrsta procesne kontrole, namreč na koncu izdelave komponent. Z novo obliko razširjene procesne kontrole želim povečati pravočasno odkrivanje napak znotraj procesov ter tako zmanjšati število slabih komponent, ki preidejo v nadaljnje faze proizvodnje.

Procesna kontrola se izvede na podlagi kontrolne dokumentacije in merilnih protokolov, pripravljenih s strani tehnologa in kontrolorja kakovosti. Tehnolog in kontrolor skupaj pripravita smiselni plan kontrole kakovosti za kritične komponente. V planu kontrole se definirajo vse dimenzijske in druge lastnosti, ki morajo ležati znotraj meja, da komponente in končni proizvod še vedno ustrezajo zahtevam kakovosti kupca. Razširjena procesna kontrola se bo izvajala na sledeči način v več fazah:

- Končna procesna kontrola se izvede na podlagi kontrolne dokumentacije ob zaključku proizvodnje posamezne komponente. Procesni kontrolor za vsako posamezno

komponento opravi predvidene meritve, jih zapiše v merilne protokole in odloči, ali ustrezajo kriterijem kakovosti. Ustrezna kakovost se označi z zeleno nalepko procesne kontrole (v nadaljevanju »PK«), če pa komponenta kriterijem kakovosti ne ustreza, se kontrolor ob pomoči tehnologa in operaterja odloči, ali se slednjo popravi oz. če je to stroškovno in časovno smiselno. Če se odločijo za popravilo, se komponento označi z vijolično nalepko PK. Če popravilo ni mogoče se komponento označi z rdečo nalepko PK in se jo odmakne iz nadaljnjega procesa ter ustrezno reciklira oz. zavrže.

- Vmesna procesna kontrola: vmesna procesna kontrola se podobno kot končna izvaja na podlagi kontrolne dokumentacije in merilnih protokolov s strani procesnega kontrolorja. Razlikuje se v tem, da se ta izvaja med določenimi fazami obdelave in ne le ob koncu, ko so komponente že izdelane. Za vmesno procesno kontrolo se odločamo pri komponentah velike vrednosti in zahtevnih obdelav, kjer so vmesne faze med obdelavami ključnega pomena in bi napaka, odkrita v poznejših fazah, povzročila visoke stroške popravila in časovne zamude. Uporabo in pogostost tovrstne kontrole določata tehnolog in kontrolor kakovosti.

Primer: Polž reduktorja CMV sestoji iz več faz obdelave. Glede na kompleksnost obdelave, dolg obdelovalni čas in veliko vrednost sem se skupaj z tehnologom in kontrolorjem kakovosti odločili, da se v izogib nevšečnostim in napakam v prihodnje opravlja vmesno kontrolo po zaključeni izdelavi polžnice. Do te odločitve je prišlo zato, ker se polž po zaključeni obdelavi polžnice odpelje na nanos keramične prevleke in brušenje v Italijo. To je drag proces in zato mora biti vsaka komponenta, ki pošiljamo na tovrstno obdelavo, brezhibna. Z vmesno procesno kontrolo preverimo ključne dimenzije in s tem komponento ovrednotimo za nadaljnji proces. Če ne ustreza zahtevam, je potrebno popravilo ali ponovna izdelava.

- Samokontrola: ideja uvedbe samokontrole je, da že sami operaterji med samim procesom opravijo sprotne manjše kontrole komponent, s katerimi rokujejo. Tu gre lahko za dimenzijske ali le za vizualne kontrole. V tem primeru se kot kontrolna dokumentacija uporablja zgolj delavniška risba. S samokontrolo skušamo:
 - vključiti operaterje v proces izboljšanja kakovosti;
 - zmanjšati število slabih komponent;
 - znižati stroške, povezane s slabo kakovostjo;
 - hitreje odkriti napake na komponentah, preden te preidejo v naslednje faze;
 - povečati možnosti odkrivanja vzrokov za slabšo kakovost.

Končna kontrola je zadnja faza preverjanja kakovosti proizvoda, preden je ta odposlan naročniku. Končna kontrola (v nadaljevanju KK) se izvaja po koncu montaže in služi preverjanju ustreznosti proizvoda. Trenutno je KK znotraj podjetja STB zelo slabo definirana in prihaja do velikega števila reklamacij s strani naročnika reduktorjev CMV. Tu gre predvsem za pomanjkanje testiranja, ki je v veliki meri dober pokazatelj ustreznosti delovanja proizvoda. Z novim pristopom KK želim v nadaljevanju proizvodnje zmanjšati število reklamacij in tako povečati zadovoljstvo kupca.

KK zajema vizualni pregled estetike proizvoda, pregled delovanja proizvoda, pregled ustreznosti embalaranja in pregled tehničnih zahtev s strani naročnika. Zadolženi kontrolor opravi pregled reduktorja CMV ter njegovega delovanja, podatke meritev testa zapiše v kontrolno listo, ki se nato arhivira in ustrezno shrani. Kopija kontrolne liste testiranja je skupaj z reduktorjem poslana naročniku.

Pri opravljanju končne kontrole proizvoda lahko kontrolor pride do treh ugotovitev:

- če reduktor ustreza zahtevam in ni ugotovljenega nobenega neskladja oz. napak se kontrolno listo zaključi, na reduktor pritrdi identifikacijsko tablico in nalepi zeleno nalepko KK;
- v primeru manjših pomanjkljivosti oz. neskladij pri KK kontrolor izpolni obrazec za neskladje in ga preda vodji, zadolženemu za odpravljanje napak. Na reduktor se nalepi rumena nalepka KK, ki oznanjuje pomanjkljivost. Napake je potrebno odpraviti najkasneje v roku enega dneva, v nasprotnem primeru se napako smatra kot resno in se reduktor nato označi z rdečo nalepko;
- v primeru ugotovitve večjega neskladja se reduktor označi z rdečo nalepko ter sproži postopek interne reklamacije. Ustvari se zapisnik interne reklamacije ter določi odgovorno osebo in časovni okvir reševanja problema.

KK je priporočeno izvajati vsaj štiri dni pred predvideno odpremo reduktorja naročniku, s čimer si zagotovimo še nekaj manevrskega prostora v primeru, da reduktor ne ustreza zahtevam kakovosti in so potrebna manjša popravila. Dan pred odpremo se reduktorje pripravi na pošiljanje. Iz skladišča se jih prestavi v prostor za odpremo, pripravi se vso ustrezno dokumentacijo, na koncu kontrolor opravi pregled ustreznosti pakirne embalaže in nekaj slik tovorkov. Končna kontrola sestoji iz pregleda proizvoda s pomočjo kontrolne dokumentacije in končnega testa delovanja. KK opravlja kontrolor končne kontrole ob pomoči ustrezno izurjene osebe. Kontrolor najprej opravi vizualni in merilni test reduktorja. Sledi testiranje delovanja na zato pripravljenem testnem mestu. Pri testiranju je najprej potrebno testni reduktor ustrezno vpeti na merilno postajo ter pravilno nastaviti vhodne parametre.

Pri pregledu izdelka se pregleda slednje:

- estetika proizvoda – proizvod ne sme biti poškodovan, obtolčen, odrgnjen, masten, rjav;
- nečistoče – prah, olje ali druge smeti na končnem proizvodu;
- barva – merjenje debeline plasti barve na proizvodu, vizualni pregled barve, barva ne sme biti odrgnjena, odkrušena ali lisasta;
- funkcionalnost – pregled funkcionalnosti delovanja proizvoda na podlagi predvidenega testa funkcionalnosti;
- vgradne mere – pregleda se ustreznost vgradnih površin in dimenzije;
- identifikacijska tablica – preverjanje ujemanja podatkov na tablici z dokumentacijo, zagotavljanje sledljivosti izdelka;

- nalepke – preverjanje, da so vse potrebne nalepke na proizvodu;
- sestava – preverjanje nameščenosti vseh komponent (npr. vijakov in čepov) in zaščitnosti vseh nepobarvanih površin z zaščitnim premazom (tektil ali olje).

Pri opravljanju končnega testa reduktorja CMV se pregleda naslednje:

- ročni test – opravimo ročni test delovanja funkcij reduktorja (vse funkcije, ki jih lahko ročno preizkusimo);
- test brez obremenitve ali t .i. prvi zagon je prvi pravi test reduktorja, ki se ga opravi brez večjih obremenitev na reduktorju;
- utekanje – reduktor se preizkuša dalj časa s postopnim stopnjevanjem obremenitve (nekaj ur ali dni); v tem času je potrebno pozorno spremljati morebitne poškodbe in napake, ki se pojavijo na reduktorju;
- test z obremenitvijo – reduktor se preizkusi s konstantno predvideno delovno obremenitvijo in preveri, če pride do morebitnih poškodb.
- Parametri – parametre, ki se jih spremlja med testi in vtekanjem (predstavljeni so v poglavju 5.2.1 – tabela 5), primerjamo z ciljnimi parametri. Ciljni parametri so določeni v testnem protokolu s strani naročnika.
- Pregled obrabe – obraba reduktorja se preverja med in na koncu testiranja, pozorni moramo biti na kakršnekoli znake obrabe ali napake, ki bi lahko vplivale na kakovost.

Z vpeljavo zgoraj opisanega novega kontrolnega režima želim izboljšati celoten proces kontrole v podjetju STB in dosegati zahtevano končno kakovost reduktorjev CMV. Nov pristop bom s pomočjo podjetja implementiral v proizvodni proces druge serije reduktorjev in s tem skušal zmanjšati število reklamacij ter povečati zgodnejše odkrivanje napak v proizvodnji.

Drugi del faze izboljšanja je delo na izboljšavah obstoječega procesa proizvodnje. Na podlagi novih sprejetih smernic in ideologije kontrole sem izdelal nov zemljevid procesa proizvodnje reduktorjev CMV, prikazan v prilogi 11. Iz priloge 11 je razvidno, da v primerjavi z dosedanjim procesom (slika 16) novi proces vsebuje večje število medfaznih kontrol. Pri kontroli se kontrolor poslužuje rdečih in zelenih nalepk (priloga 12), s čimer označuje ustreznost komponent in proizvodov. Za razliko od obstoječega procesa poteka prva kontrola v novem procesu že pred skladiščenjem. Standardni material višje vrednosti in polizdelki, pripravljeni za montažo, gredo pred skladiščenjem skozi proces vhodne kontrole. Za standardni material nižje cenovne vrednosti se pred skladiščenjem opravi le vizualna kontrola. Prav tako je proizvodni proces zasnovan drugače od prejšnjega z razdelitvijo na obdelavo kritičnih in nekritičnih komponent (določitev teh je opisana v poglavju 4.4.2). Pred izdelavo kritičnih komponent se z vhodno kontrolo surovcev preveri ustreznost materiala. Med izdelavo se med posameznimi fazami izvede vmesna procesna kontrola, ob zaključku izdelave pa še končna procesna kontrola. Za razliko od kritičnih komponent se pri nekritičnih komponentah izvede le končna procesna kontrola. Po opravljeni končni procesni kontroli sledi montaža reduktorja. Po montaži se izvede pregled

končne kontrole, kjer se po dokumentaciji preveri, ali je reduktor ustrezno sestavljen in ali izpolnjuje vse naročnikove zahteve. Sledi test končne kontrole, kjer se opravi preizkus delovanja in merjenje parametrov obratovanja. Po uspešnem testu se opravi embalaranje. Pred pošiljanjem reduktorja naročniku se opravi še končna kontrola embalaže, kjer se preveri, ali je proizvod ustrezno zapakiran in pripravljen za varen transport.

Ker se je predviden začetek proizvodnje druge serije reduktorjev zamaknil na začetek leta 2025, predlaganih ukrepov nisem uspel testirati znotraj magistrskega dela. Za to je potrebno izdelati določeno število posameznih komponent ter reduktorjev in preverjati njihovo kakovost.

5.2.5 Faza kontrole

V fazi izboljšanja sem ustvaril revidiran kontrolni režim preverjanja kakovosti izdelkov v podjetju STB (priloga 11). Naloga faze kontrole je, da novi režim ohranja, ga nadzoruje in preverja, ali predlagane rešitve delujejo. Ekipa za spremljanje stanja kakovosti med drugo serijo reduktorjev CMV, bo ob začetku proizvodnje ves čas, vse do zaključka projekta spremljala in merila napredek ter raven kakovosti proizvodov. Kot že omenjeno ob zaključku prejšnjega poglavja, faze kontrole ne bom mogel izvesti v sklopu magistrskega dela, zato bo ta izvedena kasneje, ko bo to mogoče.

Ko bo kontrolo moč izvesti bom skupaj z ekipo za spremljanje stanja kakovosti preveril, ali novi režim izboljšane kontrole kakovosti proizvodnje reduktorjev zares doprinaša k želenemu izboljšanju kakovosti. Slednje bom ugotavljal preko merjenja učinkovitosti izboljšav s pomočjo ključnih kazalnikov uspeha. Kazalnike uspešnosti – ciljne parametre delovanja za reduktorje CMV sem zbral in zapisal v tabeli 5 v predhodni fazi definiranja. Poleg kazalnikov je za uspešno kontrolo potrebno določiti še merilni postopek in intervale preverjanja rezultatov. Vse to bo kasneje zapisano v standardnem operativnem postopku kontrole kakovosti podjetja STB.

Ker do sedaj v podjetju ni bilo izdelanega nikakršnega standardiziranega postopka za merjenje kakovosti proizvodov, sem zasnoval svojega. Izdelal sem osnutek postopka za merjenje kakovosti reduktorjev CMV, ki ga bodo nato v podjetju sčasoma lahko nadgrajevali in prilagajali svojim potrebam in drugim proizvodom.

Idejni osnutek standardiziranega postopka kontrole kakovosti reduktorjev je sledeč:

- VK surovcev za izdelavo polža in polževega kolesa;
- VK obdelanih komponent s strani zunanjih dobaviteljev, ki so pripravljene za montažo (npr. pokrovi in ohišja reduktorjev);
- vizualna in količinska kontrola standardnih komponent (npr. vijaki, semeringi ...);
- VK standardnih komponent v primeru, da njihova vrednost presega 50€/kos ali je njihov dobavni rok daljši od treh tednov (npr. ležaji, oljekaz);

- razširjena PK med posameznimi fazami izdelave kritičnih komponent (npr. polž, polževo kolo, gredi);
- končna PK vseh izdelanih komponent reduktorja, preden so te dostavljene na montažo;
- samokontrola dela s strani operaterjev po zaključeni posamezni fazi izdelave;
- pregled KK vsakega reduktorja po zaključeni fazi montaže ter ročni test delovanja;
- test vsakega sestavljenega reduktorja po predpisanem testnem režimu ter merjenje parametrov delovanja;
- KK zapakiranih reduktorjev, pripravljenih na odpremo naročniku.

Z standardizacijo postopkov kontrole kakovosti želim zagotoviti večjo stabilnost procesa in ohranjati dosežene izboljšave.

5.3 Omejitve analize

Kot omenjeno, se proizvodnja druge serije reduktorjev CMV prične šele ob začetku leta 2025. To privede do tega, da učinkovitosti in rezultatov predlaganih ukrepov ter ugotovitev DMAIC analize ne bom uspel preveriti v sklopu magistrskega dela. Zaradi tega ne morem trditi, da so predlagane rešitve 100 % delujoče ter učinkovite in jih je zaradi tega potrebno najprej preizkusiti ter ovrednotiti glede na učinkovitost in želen doprinos.

Ker novi sistem kontrole kakovosti še ni vzpostavljen, bom moral na merljive odgovore uspešnosti novega sistema počakati do zagona proizvodnje druge serije reduktorjev CMV in njenega zaključka. Ta je predviden šele ob koncu leta 2025, do takrat žal ne bom imel informacij o uspešnosti predlaganih ukrepov. Implementacije novega sistema kontrole in izboljšav se bodo v podjetju lotili ob koncu leta 2024, pred začetkom proizvodnje, predvidene za leto 2025.

6 PREDLOGI IN UKREPI

V prejšnjem poglavju 5.2 sem se osredotočil na obravnavo problema slabe kakovosti reduktorjev CMV in odkrivanju vzrokov pomanjkanja kakovosti s pomočjo DMAIC analize. V tem poglavju sem skušal prikazati vidike za vzpostavitev celovitega sistema obvladovanja kakovosti v podjetju STB, izpostavil sem ključne predloge in ukrepe, ki so po mojem mnenju nujni za uspeh in doseganje želenih ciljev.

6.1 Sistem za evidentiranje reduktorjev

Kot že omenjeno v poglavju 5.2.2 sem takoj ob začetku dela kot prvo glavno pomanjkljivost v podjetju STB pri projektu izboljšanja kakovosti reduktorjev CMV opazil, da podjetje nima vzpostavljenega nikakršnega sistema za evidentiranje proizvodov in težav, povezanih z njimi. V podjetju doslej ni bilo na voljo dokumenta ali zbirke informacij glede reklamacij

ter proizvodnje, opravljene v sklopu prve serije reduktorjev. Po posvetu z vodstvom in nekaterimi ključnimi zaposlenimi, vpletenimi v ta projekt, sem sklenil, da je potrebno pred drugo serijo izdelati »zbirno mapo« oz. dokument, kamor se bodo v prihodnje vpisovale vse ključne lastnosti in informacije, povezane z proizvodnjo reduktorjev CMV. S pomočjo sistema evidentiranja reduktorjev, predstavljenega v poglavju 5.2.2 in prikazanega v prilogi 7, želim v prihodnje vzpostaviti jasen in transparenten sistem sledljivosti. Z jasno sliko nad celotnim dogajanjem želim v prihodnje hitreje in jasneje opaziti težave in določiti morebitne vzroke za njihov nastanek.

Na podlagi preteklih dobrih praks in nasvetov s strani zaposlenih sem se odločili za izdelavo enostavnega Excelovega dokumenta s tabelami. Za orodje Excel sem se odločil, ker je enostavno za razumevanje in uporabo ter dostopno vsem v podjetju. Tabele v Excelovem dokumentu bodo služile kot zbirna mapa za vnos informacij v povezavi z reduktori CMV. Njihov namen je omogočanje lažje sledljivosti dogajanja. Excelov dokument sem zasnoval s pomočjo nasvetov zaposlenih, prikazan je v prilogi 7. Zasnovan je za širšo uporabo in ne le izključno za obravnavane reduktore. Odločil sem se, da v njem izdelam tri tabele, pri čemer vsaka služi svojemu namenu, ki ga opišem v nadaljevanju:

- Tabela splošne evidence: služi pregledu stanja, kaj je bilo do sedaj izdelano in odposlano, vsebuje pa tudi nekaj ključnih informacij glede reduktorjev. Vanjo se vpiše vsak reduktor, ki je bil izdelan in odposlan kupcu. Vnese se serijska številka posameznega reduktorja, oznaka, naziv ter ident. Beleži se datum začetka in konca proizvodnje, datum testiranja ter končnega pregleda in datum odpošiljanja reduktorja naročniku. Dodatno se tu beleži še datum vgradnje reduktorja, ki nam ga sporoči naročnik. S pomočjo teh podatkov lahko podjetje STB natančneje analizira življenjsko dobo reduktorjev CMV. Dodatno se tu meri še obratovalni čas in temperatura reduktorja na testiranju. Beleži se, ali so bile opravljene vse potrebne meritve in merilni protokoli ter kdo je pregled izvedel. Na koncu se oceni še ustreznost reduktorja ter doda opis morebitnih problemov, ki so nastali med samo izdelavo in testiranjem. Tu se vpisuje tudi nenačrtovane probleme, ki se pojavijo v obliki reklamacije. Na koncu je možnost dodajanja kakršnih koli opomb, povezanih s posameznim reduktorjem.
- Tabela evidence internih reklamacij: evidenca internih reklamacij je zbirka odkritih »napak« oz. težav, do katerih pride še preden je reduktor odposlan naročniku. Vsaki reklamaciji oz. problemu se določi unikatno številko, ki je vezana na številko reduktorja in njegov naziv. Zabeleži se datum odkritja problema ter zaključka reševanja. K vsakemu problemu se doda kratek opis ter odgovorno osebo za reševanje problema. Pripíše se tudi številka zapisnika reklamacije, na ta način lahko v prihodnje lažje in hitreje najdemo zapisnik določene reklamacije. Na koncu se vpišejo še stroški reševanja problema, poljubno pa se lahko doda še opombe, povezane z problemom.
- Tabela evidence eksternih reklamacij: evidenca eksternih reklamacij je zbirka odkritih »napak« oz. težav po tem, ko je reduktor bil odposlan kupcu. Tu gre za reklamacije, podane s strani kupca. Prav tako kakor pri internih reklamacijah se tudi tu določi unikatno

številko reklamacije, ki je vezana na številko reduktorja in njegov naziv. Zabeleži se datum prejema reklamacije ter zaključka reševanja. Vsaki reklamaciji se doda kratek opis in odgovorno osebo za reševanje. Pripiše se številka zapisnika reklamacije, na ta način lahko v prihodnje lažje in hitreje najdemo zapisnik, povezan z določenim problemom. Na koncu se vpišejo še morebitni nastali stroški, povezani z reševanjem reklamacije, poljubno lahko dodamo še kakšno opombo v povezavi z njo. Ko reklamacijo uspešno zaključimo to označimo v tabeli v stolpcu z nazivom »zaključeno«.

Poudariti velja, da zgoraj omenjen sistem evidentiranja ni celovita temveč le začetna in začasna rešitev. V nadaljevanju je za podjetje STB smiselno poiskati ustrezne tehnološko-napredne rešitve, povečati digitalizacijo vnosa podatkov in ustrezno hrambo ter obdelovanje slednjih. Kot možne tehnološke rešitve za digitalizacijo velja tu omeniti uporabo celovitih sistemov za upravljanje virov (angl. Enterprise Resource Planning – ERP), kakor so npr. Gosoft, Oracle, SAP ...

6.2 Uporaba pristopa DMAIC za nadaljnje delo

Z predstavitvijo in uporabo prilagojenega DMAIC pristopa želim, da se bi znotraj podjetja STB pristop DMAIC pri reševanju problemov in izboljševanju kakovosti proizvodov uporabljalo tudi v prihodnje. Menim, da bi ta pristop lahko v prihodnje v podjetju uporabljali kot standardiziran pristop za reševanje težav. V magistrskem delu sem pristop v poglavju 5.2 prilagodil trenutnim potrebam podjetja, njegovo uporabo sem prikazal na praktičnem primeru reduktorjev CMV. DMAIC metodo sem prilagodil za potrebe maloserijske ter posamične proizvodnje, s čimer sem pokrili celoten proizvodni spekter. V podjetju bodo lahko uporabili enaka orodja, kot sem jih pri tej DMAIC analizi uporabil jaz, ali pa jih bodo zamenjali z drugimi, ki bodo bolj ustrezala obravnavanemu primeru. Poleg tega si bodo pri nadaljnjih analizah zaposleni v podjetju lahko pomagali z mojo analizo in jo uporabili kot učni vzorec za svoje nadaljnje delo.

Če bodo želeli v podjetju resneje vpeljati pristop DMAIC kot redni proces znotraj širšega sistema managementa kakovosti, bo tu ključno vlogo igrala podpora vodstva. V primeru, da vodstvo izboljšave odobri, bodo v podjetju potrebovali dodatne človeške, finančne in tehnične vire. Potrebno je dodeliti vloge vodje kakovosti, projektnih vodij ter članov ekipe, ki bodo sodelovali pri aktivnostih v okviru DMAIC analize. Vodja kakovosti in projektni vodja sta zadolžena za jasno določanje ciljev izboljšav, zadolžena ekipa pa nato izvaja analize, implementira rešitve in spremlja njihov napredek skozi čas. Potrebno je dodati, da je za uspeh potrebno neprestano izboljševanje, saj vpeljava pristopa DMAIC ni enkratno dejanje, temveč stalno spremljanje in prilagajanje. Zaposlene je potrebno nenehno usposabljanje, razvijati njihove veščine in vzpodbujati k napredku.

6.3 Uvedba nalepk kontrole

Določeni ukrepi, katerih namen je doslednejša kontrola, zajemajo označevanje posameznih komponent reduktorja z nalepkami, pri čemer želimo izboljšati vizualizacijo in transparentnost proizvodnje. Sistem nalepk in vizualizacije je skupaj z izboljšanim procesnim diagramom postopka proizvodnje (priloga 11) in novim sistemom za evidentiranje reduktorjev iz poglavja 5.2.2 pripomogel k zmanjšanju možnosti, da bi delavec po pomoti vzel slabe komponente. S pomočjo nalepk lahko kdorkoli izmed zaposlenih pred vsako izmed nadaljnjih faz hitro vidi, ali komponenta ustreza kriterijem kakovosti ali ne.

Izdelal sem nabor standardiziranih nalepk za označevanje ustreznosti posameznih komponent in proizvodov (priloga 12). Z njihovo pomočjo bodo pristojni označevali napredek in stanje komponent oz. proizvodov skozi posamezne faze. Na vsaki izmed nalepk je označeno, za kakšno vrsto kontrole gre (vhodna, procesna ali končna kontrola). Na vsako izmed podeljenih nalepk se zapiše ime kontrolorja ter datum kontrole in doda fazo, kjer se komponenta oz. proizvod trenutno nahaja. S pomočjo nalepk se komponente lažje sortira ter predstavlja na prava mesta za obdelavo. S tem se skušamo izogniti napakam, ki nastanejo, ko neustrezne komponente pridejo na montažno linijo ali v naslednjo fazo obdelave. Nalepke se delijo na nalepke vhodne, procesne in končne kontrole.

V bližnji prihodnosti bi bilo mogoče smiselno nalepke nadgraditi s QR (angl. quick response) črtnimi kodami ali pa celo z radio-frekvenčnim identifikacijskim sistemom (v nadaljevanju RFID sistem). V kolikor bi se podjetje v prihodnje odločilo za večji korak proti digitalizaciji celotnega sistema in spremljanja proizvodnje, bi bila tovrstna investicija smiselna, do takrat pa ostaja to le predlog in ideja.

6.4 Predlog novega sistema kontrole kakovosti reduktorjev CMV

Da bi lahko uspešno nadzirali novi sistem kakovosti je v podjetju potrebno vzpostaviti nov pristop režima kontrole kakovosti. Nov pristop ponuja boljši in jasnejši nadzor nad dogajanjem, povezanim s kakovostjo proizvodov. Integriral sem ga v obstoječi sistem, predstavljen na sliki 16, prikazan pa je v izboljšanem procesnem diagramu v prilogi 11. Vključuje izboljšave DMAIC analize, kot sta: novi kontrolni režim (poglavje 5.2.4) in uporaba nalepk (priloga 12). Z predlaganim novim sistemom kontrole želim zmanjšati število eksternih reklamacij in število napak med proizvodnjo ter povečati transparentnost proizvodnega procesa.

Iz priloge 11 je razvidno, da se novi pristop najprej deli glede na vrsto komponente in materiala. Pri standardnem materialu nižjega cenovnega razreda (vrednost < 50€/kos) se kontrola ne vrši. Material prevzame skladiščnik, ki opravi le vizualno kontrolo in preverjen material prestavi na ustrezen prostor v skladišču, kjer ta počaka na montažo. Pri standardnem materialu višjega cenovnega razreda (vrednost ≥ 50€/kos) oziroma daljših dobavnih rokov (dobavni rok > 1 teden) in polizdelkih, pripravljenih za vgradnjo, se opravi celovita vhodna

kontrola (VK). Material ustrezne kakovosti se označi z zeleno nalepko VK in nato prestavi v skladišče, kjer počaka na vgradnjo. Neustrezen material je označen z rdečo nalepko VK in postavljen na mesto za reklamacijo. Ves ustrezen standardni material je označen in se do vgradnje nahaja v skladišču.

Za razliko od standardnega materiala se druge sestavne dele izdeluje v podjetju in jih s stališča procesne kontrole delimo na kritične in nekritične. Pri nekritičnih sestavnih delih se po končani obdelavi izvaja zgolj končna faza procesne kontrole, v primeru kritičnih komponent, katerih izdelava je dražja in dolgotrajnejša, pa se pred zaključkom in vgradnjo izvaja več vrst kontrole. Pred pričetkom obdelave se izvede kontrola kakovosti surovcev kritičnih komponent. Če surovci ustrezajo kriterijem kakovosti, se jih označi z zeleno nalepko VK ter nato premakne na mesto za obdelavo. Med vsako fazo obdelave se izvede vmesna procesna kontrola, z njeno pomočjo se preveri, ali je bila faza uspešno zaključena in tako lahko preidemo na naslednjo. V primeru, da je faza obdelave uspešno zaključena, se komponento označi z zeleno nalepko PK in prestavi na naslednje obdelovalno mesto. Če komponenta ne ustreza zahtevam kakovosti, se jo označi z rdečo nalepko PK ter popravi oziroma v primeru, da je popravilo nemogoče, ponovno izdela. Ta proces se ponavlja skozi vse faze obdelave komponent vse do zadnje faze, kjer se nato po zaključku obdelave izvede končna procesna kontrola. V končni procesni kontroli se obdelane komponente, ki ustrezajo kriterijem kakovosti, označi z zeleno nalepko PK kar pomeni, da so pripravljene za montažo. Neustrezne komponente, ki jih je potrebno popraviti ali izdelati ponovno, pa se označi z rdečo nalepko PK in umakne iz nadaljnjega procesa.

Ko so vse posamezne komponente izdelane in označene z zelenimi nalepkami PK, se jih skupaj s standardnim materialom dostavi v montažo, kjer nato delavci sestavijo reduktor. Po končani montaži se opravi pregled končne kontrole, z njegovo pomočjo kontrolor oceni, ali je reduktor ustrezno sestavljen in pripravljen za testiranje. Če kontrolor potrdi ustreznost montaže, se reduktor postavi na testno mesto ter opravi test končne kontrole, v nasprotnem primeru pa je pred testom potrebno popraviti neskladnosti. Pri testu končne kontrole se v skladu z testnimi zahtevami opravi testiranje reduktorja pri čemer se merijo testni parametri, ki sem jih navedel v tabeli 5 in so podani s strani naročnika.

V kolikor reduktor ustreza vsem podanim parametrom in zahtevam se ga označi z zeleno nalepko KK ter pripravi za embaliranje, v nasprotnem primeru je potrebno popravilo in ponovno testiranje. Reduktor se pri embaliranju postavi v ustrezno in dogovorjeno embalažo ter ustrezno označi. Ob zaključku se opravi končna kontrola embalaže, pri kateri se preveri, ali je reduktor v izogib poškodbam ustrezno zapakiran ter pripravljen na transport. Kontrolor pripravljen tovorek označi z zeleno nalepko KK in doda oznake. Zapakiran reduktor se tako prestavi v prostor, kjer počaka na pošiljanje naročniku. Neustrezno zapakirane reduktorje se označi z rdečo nalepko KK, kar pomeni, da je potrebno embalažo popraviti ali ga na novo embalirati, šele nato se ga lahko prestavi v prostor za pošiljanje.

7 SKLEP

V magistrskem delu sem predstavil maloserijsko proizvodnjo v podjetju STB, pri slednji prevladujejo značilnosti individualne proizvodnje. Analiziral sem obstoječe stanje kontrole kakovosti na primeru reduktorjev CMV, saj je trenutno stanje kakovosti proizvodnje reduktorjev zaskrbljujoče. Podjetje se namreč zaradi slabe kakovosti proizvoda sooča z velikim številom reklamacij s strani naročnika. Z ugotovitvami in predlogi, predstavljenimi v magistrskem delu, želim pripomoči k izboljšanju poslovanja in povečani transparentnosti ter nadzoru končne kakovosti v podjetju.

Ugotovil sem, da podjetje trenutno nima vzpostavljenega enotnega sistema evidentiranja proizvodov, vsak izmed zaposlenih oz. oddelkov trenutno vodi svojo evidenco in svoj način kontrole. Rezultat tega je opazno slabša transparentnost in sledljivost podatkov, povezanih s proizvodnjo in kontrolo kakovosti. Poleg tega v podjetju ni vzpostavljenega nikakršnega standardiziranega sistema kontrole kakovosti, ki bi lahko meril ustreznost izvedbe proizvodnega procesa in zagotavljal kakovost proizvodov. Kakovost se trenutno preverja izključno po občutku in volji kontrolorja.

Z željo izboljšanja obstoječega stanja sem v magistrskem delu najprej izdelal sistem za evidentiranje reduktorjev, kamor se bodo v prihodnje vnašali vsi z njimi povezani podatki. Sledila je prilagoditev DMAIC analize za potrebe podjetja STB. S ciljem odkriti možne izboljšave procesne kakovosti sem izdelal DMAIC analizo za primer reduktorjev CMV. Izdelal sem kriterij kritičnosti napak, ki sem ga nato uporabil v DMAIC analizi. DMAIC analizo sem izdelal tako, da jo lahko v prihodnosti v podjetju uporabijo tudi na drugih primerih. Na podlagi ugotovitev DMAIC analize sem zasnoval nov režim kontrole, z njim želim izboljšati stanje končne kakovosti in omogočiti odkrivanje napak med fazami izdelave. Vse kontrolirane komponente se bodo verificirale s pomočjo nalepk VK, PK in KK, z njihovo pomočjo bodo dobre in slabe komponente znotraj proizvodnje hitro vidne. V želji po zmanjšanju števila reklamacij in napak sem izdelal izboljšan procesni diagram postopka izdelave, ki vključuje več medfazne kontrole, s čimer zasledujem zgodnejše odkrivanje napak in zmanjševanje stroškov.

Kljub vsem predlaganim ukrepom in ugotovitvam pa njihovega učinka znotraj tega magistrskega dela ne morem potrditi, saj je proizvodnja druge serije reduktorjev CMV predvidena šele ob začetku prihodnjega leta. Do takrat bom ob pomoči zaposlenih skušal implementirati podane smernice in predloge ter vzpostaviti sistem izboljšane kontrole, ki bom kasneje lahko verificiral in potrdil učinkovitost. Merljive odgovore na uspešnost novega sistema bom tako dobil šele med proizvodnjo druge serije reduktorjev oziroma ko se ta zaključijo.

LITERATURA IN VIRI

1. Abuhav, I. (2017). ISO 9001:2015 - A Complete Guide to Quality Management Systems. Taylor & Francis.
2. American Society for Quality. (brez datuma). Quality quotes. <https://asq.org/quality-resources/more-on-quality-quotes>
3. Antony, J., Gijo, E. V. in Childe, S. J. (2012). Case study in Six Sigma methodology: manufacturing quality improvement and guidance for managers. *Production Planning & Control*, 23(08), 624-640.
4. Barone, A. (2022, 23. marec). Quality Management: Definition Plus Example. Pridobljeno 19. februarja 2023 s <https://www.investopedia.com/terms/q/quality-management.asp>
5. Besterfield, D. H., Besterfield Michna, C., Besterfield, G. H., Besterfield Sacre, M., Urdhwareshe, H. in Urdhwareshe, R. (2012). *Total Quality Management* (3. izd.). Pearson.
6. Brittany, C. (2023, 12. junij). An overview of DMAIC for beginners [objava na blogu]. Pridobljeno 15. junija 2023 s <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/six-sigma/dmaic/the-complete-beginners-guide-to-dmaic>
7. Creative Safety Supply. (brez datuma). CTQ tree. Pridobljeno 20. maj 2024 s <https://www.creativesafetysupply.com/glossary/ctq-tree/>
8. Dentch, M. P. (2017). *The ISO 9001:2015 implementation handbook : using the process approach to build a quality management system*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
9. Erceg, A., Dotlić, P. in Mikuš, M. (2018). The 20 keys methodology - continuous improvement for organizational efficiency. *Studia universitatis babeş-bolyai oeconomica*, 63(01), 20-36.
10. Evans, J. R. in Lindsay, W. M. (2015). *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement* (2. izd.). Cengage Learning.
11. Forrest, B. W. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Austin: John Wiley & Sons.
12. Freimut, B., Denger, C. in Ketterer, M. (2005). An industrial case study of implementing and validating defect classification for process improvement and quality management. 11th IEEE International Software Metrics Symposium (str. 10-19). Como, Italy: IEEE.
13. Garvin, D. A. (1984). What does "product quality" really mean? *MIT Sloan Management Review*, 25-43.
14. Gilmore, H. L. (1974). Product Conformance Cost. *Quality Progress*, 16-19.
15. Indeed Editorial Team. (2023, 11. marec). Example of a Quality Management System (With Definition and Types). Pridobljeno 30. marca 2023 s <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/example-of-quality-management-system>

16. International Organization for Standardization. (2015). Quality management principles. <https://www.iso.org/publication/PUB100080.html>
17. Jay, A. (2007). Lean Six Sigma Demystified. McGraw Hill.
18. Jokić, M. (2021). Planiranje individualne in maloserijske proizvodnje (magistrsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.
19. Jus, G. (2018a, 27. september). Energos consulting group. Sedem orodij kakovosti (7QC). Pridobljeno 21. februarja 2023 s <https://ecg.si/clanki/sedem-orodij-vodenja-kakovosti-7qc/>
20. Jus, G. (2018b, 28. september). Energos consulting group. Šest sigma (Six Sigma). Pridobljeno 23. februarja 2023 s <https://ecg.si/clanki/sest-sigma-six-sigma/>
21. J&N Food Equipment. (brez datuma). Bowl Cutter. Pridobljeno 23. septembra 2024 s <https://www.jnequipment.co.uk/bowl-cutter>
22. Kemp, S. (2006). Quality Management Demystified. McGraw Hill.
23. Kerzner, H. (2009). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (10. izd.). New York: John Wiley & Sons.
24. Khawaja, M. (2018, 16. september). Quality Management Approaches: Deming, Juran, & Crosby. Pridobljeno 4. aprila 2023 s <https://www.linkedin.com/pulse/quality-management-approaches-deming-juran-crosby-marryam-khan/>
25. Kobayashi, I. (1995). 20 keys to workplace improvement. Routledge.
26. Kutz, M. (2006). Mechanical engineers' handbook: Manufacturing and Management (3. izd.). New Jersey: John Wiley & Sons.
27. Lawrence, A. (1955). Quality and competition, an essay in economic theory. New York: Columbia University Press.
28. Lodding, H. (2013). Handbook of Manufacturing Control: Fundamentals, Description, Configuration. Berlin: Springer.
29. Oakland, J. S. (2014). Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases. New York: Routledge.
30. Pirsing, R. M. (1974). Zen and the Art of Motorcycle Maintenance. Mariner Books.
31. Post, J. (2024. 10. maj). A Small Business Guide to Using SIPOC for Project Management. The Ascent. Pridobljeno 22. maja 2024 s <https://www.fool.com/the-ascent/small-business/project-management/sipoc/>
32. Pyzdek, T. (2003). The Six Sigma Handbook: The Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts, and Managers at All Levels. McGraw-Hill.
33. Rose, K. H. (2014). Project quality management: why, what and how. J. Ross Publishing.
34. Ruskin, J. (2021, 19. november). What are the 7 Principles of Quality Management? [objava na blogu]. Pridobljeno 20. februarja 2023 s <https://inspectorio.com/blog/what-are-the-7-principles-of-quality-management>
35. Shankar, R. (2009). Process improvement using Six Sigma: a DMAIC guide. Milwaukee: ASQ Quality Press.
36. Slovenski inštitut za standardizacijo. (brez datuma a). Kaj je standard. Pridobljeno 21. marca 2023 s <https://www.sist.si/kaj-je-standard.html>

37. Slovenski inštitut za standardizacijo. (brez datuma b). Predstavitev SIST. Pridobljeno 22. marca 2023 s <https://www.sist.si/o-sist/predstavitev-sist.html>
38. Smith, B. (1993). Making war on defects. IEEE Spectrum, 30, str. 43-50.
39. Taylor, F. W. (1911). The Principles of Scientific Management. Harper & Brothers.
40. Trout, J. (brez datuma). DMAIC: a complete guide. <https://www.reliableplant.com/dmaic-31720>
41. Verna, E., Genta, G., Galetto, M. in Franceschini, F. (2021). Defect prediction models to improve assembly processes in low-volume productions. Procedia CIRP, 97, 148-153.
42. Zairi, M. (1991). Total quality management for beginners. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

PRILOGE

Priloga 1: Principi managementa kakovosti in njihovi ukrepi

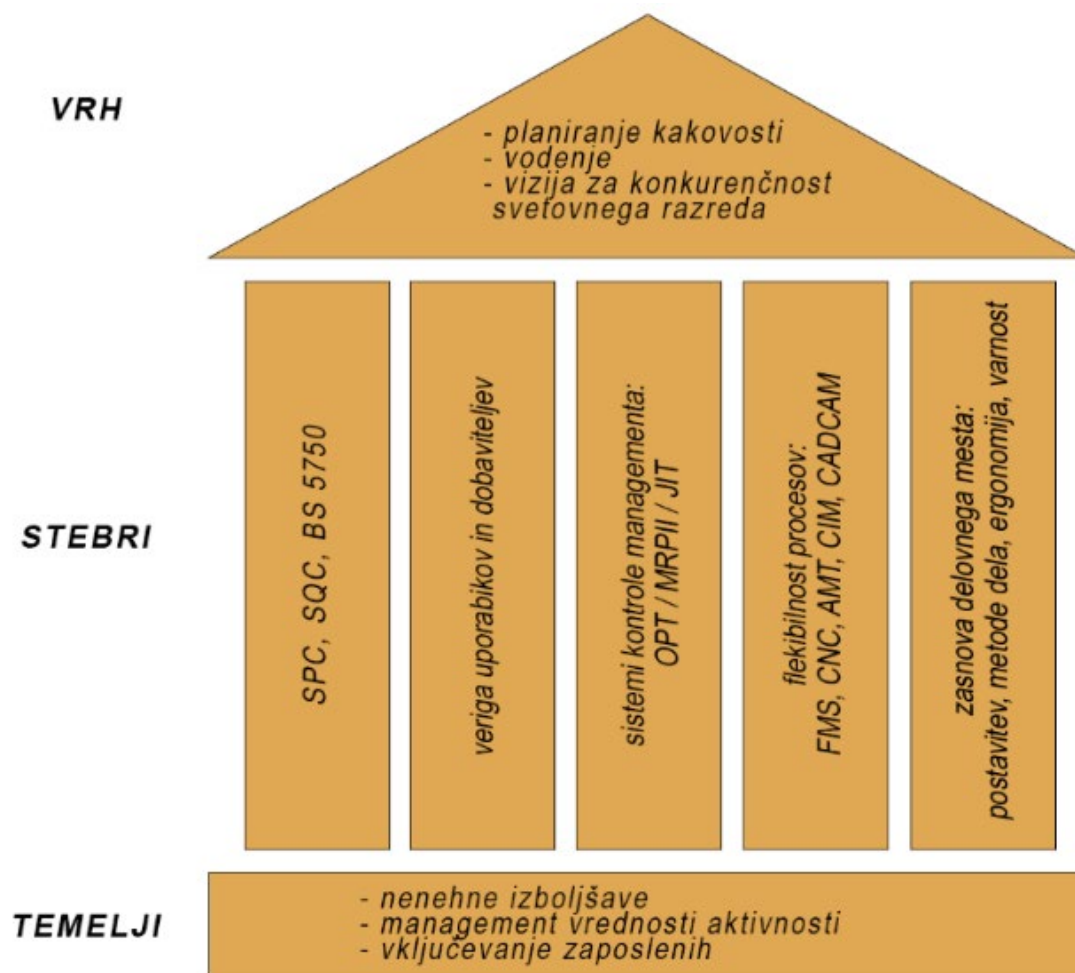
Princip	Ukrepi, ki jih lahko sprejmemo
Osredotočenost na stranke	- prepoznavanje posrednih in neposrednih strank kot tistih, ki prejemajo vrednost od podjetja - razumevanje trenutnih in prihodnjih potreb ter pričakovanj strank - povezovanje ciljev podjetja s potrebami in pričakovanji strank - načrtovanje, razvijanje, proizvodjanje in dostavljanje blaga ter storitev, ki izpolnjujeta potrebe in pričakovanja strank - merjenje in spremljanje zadovoljstva strank ter ustrezno ukrepanje
Vodenje	- sporočanje in osveščanje poslanstva, vizije, strategije, politik in procesov po celotni organizaciji med vsemi vpletenimi - ustvarjanje in vzdrževanje skupnih vrednot, poštenosti in etičnih modelov vedenja na vseh ravneh znotraj organizacije - spodbujanje organizacije k kakovosti ter vzpostavitve kulture zaupanja - navdihovanje, spodbujanje in prepoznavanje doprinosa posameznikov - zagotavljanje ustreznih ljudi na ustreznih mestih – predvsem vodilnih, ter njihovo nenehno izobraževanje
Vključevanje zaposlenih	- komunikacija z ljudmi z namenom spodbujanja njihovega razumevanja in prispevanja k ciljem organizacije - vključevanje zaposlenih v razprave glede problemov ter vzpodbujati izmenjevanje znanja in izkušenj - pooblastitev zaposlenih, da sprejemajo pobude ter samoovrednotijo uspešnost - prepoznati prispevke, izboljšave ter novo znanje posameznikov - izvajati raziskave ocene zadovoljstva zaposlenih ter ostalih vključenih v podjetje ter sprejemati nove ukrepe in priporočila na podlagi rezultatov
Procesni pristop	- opredelitev ciljev in procesov, potrebnih za doseganje ciljev podjetja - podelitev odgovornosti in pooblastil za upravljanje procesov in njihovo medsebojno povezovanje - zagotovitev dovolj šne količine potrebnih informacij za delovanje in izboljšanje procesov ter njihovo analizo in vrednotenje - razumevanje zmožnosti organizacije in določitev omejitve virov pred dejanji - določiti povezave med procesi in analizirati učinke ob morebitnih spremembah posameznih procesov na celoten sistem
Izboljšave	- podjetje mora vzpodbujati doseganje izboljšav na vseh ravneh - usposabljanje in nenehno učenje zaposlenih o uporabi osnovnih orodij in metod doseganja kakovosti - razvijanje in uvedba procesov za spodbujanje izboljšav po celotni organizaciji - spremljanje, pregledovanje in revidiranje načrtovanja, izvajanja in rezultatov izboljšav - vključevanje izboljšav v razvoj novih izdelkov oz. storitev ter prepoznavanje in potrjevanje uspešnih predlogov oz. idej

se nadaljuje

Odločanje na podlagi dokazov	- določanje, merjenje ter spremljanje ključnih kazalnikov uspešnosti - osebje, ki razpolaga s podatki, mora biti ustrezno usposobljeno in pristojno za analizo in ocenjevanje podatkov - podatki in informacije morajo biti točni, zanesljivi in varni za uporabo - spremljanje odločitev in ukrepov mora ob izkušnjah in intuiciji temeljiti na podlagi dokazov
Management odnosov	- vse vpletene strani, kot so npr. dobavitelji, partnerji, stranke, zaposleni ... je potrebno seznaniti s cilji in odnosi znotraj organizacije - vzpostavitev odnosov, ki uravnovešajo kratkoročni dobiček z dolgoročnimi premisleki - z ustreznimi udeleženi stranmi je ključno deljenje informacij, znanja in virov - merjenje uspešnosti za pridobivanje povratnih informacij za udeležene strani ter krepljenje pobud za nove izboljšave - vzpostavitev sodelovanja z partnerji, dobavitelji ter drugimi udeleženi stranmi pri razvoju izdelka oz. storitve - vzpodbujanje in prepoznavanje dosežkov in izboljšav predlaganih s strani dobaviteljev in partnerjev

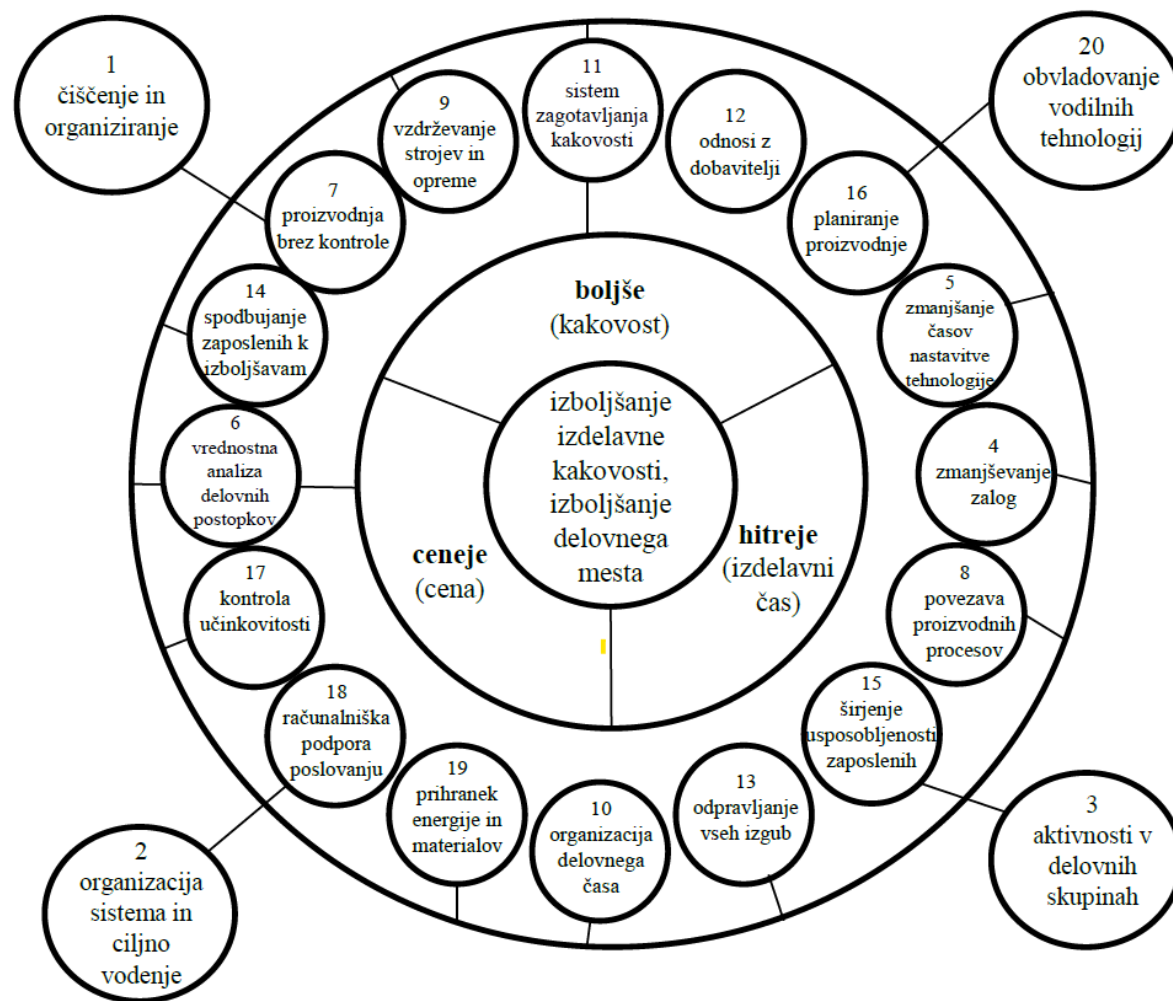
Vir: prirejeno po International Organization for Standardization (2015).

Priloga 2: Gradniki TQM



Vir: prirejeno po Zairi (1991).

Priloga 3: Sistem dvajsetih ključev s štirimi nosilnimi ključi



Vir: Uspešno vodenje podjetja (1996).

Priloga 4: Primerjava lastnosti maloserijske in masovne proizvodnje

Lastnost	Maloserijska proizvodnja	Masovna proizvodnja
Količina proizvodov	relativno majhno število enot	velike številke enot
Raven prilagodljivost	visoka raven prilagodljivosti glede sprememb in zahtev	omejena prilagodljivost zaradi visoke ravni standardizacije
Fleksibilnost	visoka fleksibilnost prilagajanja procesov	nizka fleksibilnost zaradi standardiziranih procesov
Cena na enoto	višja cena na enoto zaradi manjšega obsega proizvodnje	nižja cena na enoto zaradi ekonomije obsega
Čas uvedbe sprememb	hitra uvedba sprememb zaradi manjšega obsega proizvodnje	počasna uvedba sprememb zaradi kompleksnosti proizvodnih procesov
Prilagojenost proizvodov	visoka prilagojenost individualnim zahtevam kupca	omejena prilagojenost proizvodov zaradi širokega spektra kupcev
Inovativnost	večja priložnost za inovacije in eksperimentiranje	omejena priložnost za inovacije zaradi standardizacije
Kakovost proizvodov	visoka kakovost zaradi večje pozornosti in nadzora	visoka kakovost zaradi optimiziranih procesov
Uporaba opreme	polavtomatizirana oprema glede na specifične potrebe	popolnoma avtomatizirana oprema za učinkovito proizvodnjo
Proizvodni čas enega proizvoda	daljši čas proizvodnje zaradi manjšega obsega optimizacije	krajši čas proizvodnje zaradi optimizacije procesov

Vir: lastno delo.

Priloga 5: Seznam preteklih napak

Št. Napake	Napaka	Tip napake	Tip reklamacije	Opis
1	Lunkerji v bronu	N3	Interna	Med obdelavo polževega kolesa so se pojavile nepravilnosti v materialu za obdelavo, katere lahko privedejo do kasnejše porušitve.
2	Brisalec leze iz odprtine	N2	Interna	Ob zagonu reduktorja in testiranju je prišlo do tega, da je brisalec nameščen okrog gredi, lezel iz odprtine, kar bi lahko privedlo do vstopa nesnage v notranjost in možne okvare v nadaljevanju.
3	Puščanje olja pri zgornjem pokrovu	N2	Eksterna	Naročnik je opazil, da v določeni legi iz reduktorja teče olje. Če iz reduktorja odteče prevelika količina olja in ga ne nadomestimo, lahko pride do okvare. Isti problem se lahko pojavi ob nepravilnem transportu, kjer olje odteče ne da bi to opazili.
4	Odgonska gred se ne vrti več	N3	Eksterna	Naročnik je opazil, da se je odgonska gred prenehala vrteti, kljub temu da se gnana gred normalno vrti. To pomeni, da je najverjetneje prišlo do resnejše okvare in je potrebno večje popravilo.
5	Naležna ploskev za montažo ne ustreza zahtevam	N1	Eksterna	Med montažo reduktorja na stroj je naročnik opazil, da površina naležne ploskve ni dovolj gladka. Gre sicer za dobavljeno komponento s strani stranke, vendar naša kontrola tega ni opazila. Napaka je sicer le estetske narave in ne vpliva na delovanje ali kakovost reduktorja.
6	Vijaki niso bili lepljeni	N2	Eksterna	Naročnik je med vzdrževalnim remontom opazil, da določeni vijaki niso bili lepljeni, kakor je zahtevano po načrtu. Napaka ni kritična, vendar bi lahko ti s časom in vibracijami ter nepravilnim vzdrževanjem kasneje odpadli, kar bi privedlo do možne okvare.
7	Barva ne ustreza zahtevam	N2	Eksterna	Naročnik je opazil, da se obstoječa barva med pranjem z visokotlačnim čistilcem lušči. To posledično privede do tega, da reduktor začne rjaveti kar mu zmanjšuje življenjsko dobo in kakovost delovanja.

se nadaljuje

8	Reduktor se vrti samo v eno smer	N3	Eksterna	Pri ročnem testu reduktorja je naročnik opazil, da se ta vrti v eno smer lažje kot v drugo. Čeprav se reduktor v obstoječem primeru uporablja le v eni smeri vrtenja, je ta zasnovan za uporabo in delovanje v obeh smereh.
9	Pokrova ne moremo pritrditi na ohišje	N3	Interna	Pri montaži je bilo ugotovljeno, da se luknje na ohišju, dobavljenem s strani kupca, ne ujemajo s tistimi na načrtu. Nadaljnja montaža je tako nemogoča, dokler se ne odpravi napaka na ohišju.

Vir: lastno delo.

Priloga 6: Reklamacijski zapisnik

REKLAMACIJSKI ZAPISNIK

Številka reklamacije: 001_2023

Datum reklamacije: 29. april 2023

Podatki kupca

Številka dobavnice ali računa: 123-456-7890

Kupec: Testni Kupec 0000-0000

Kontaktna oseba: Janez Novak

Telefonska številka: 123 456 789 E-pošta: janez.novak@testnikupec.si

Reklamirano blago

Oznaka blaga: CMV-015

Naziv: Reduktor CMV

Ident: XXXXXX

Vrsta reklamacije

Vzrok reklamacije:

☐ izdelek ne ustreza zahtevam

☐ izdelek je poškodovan

☒ okvara izdelka

☐ drugo

Napaka ugotovljena:

☐ ob prevzemu

☒ ob uporabi

Razlog reklamacije

Reduktor je med normalnim obratovanjem prenehal delovati. Pojavili so se čudni zvoki v notranjosti in odgonska gred se ne vrti več, kljub temu da se pogonska gred normalno vrti. Reduktor smo bili primorani zamenjati z rezervnim saj ni opravljal več svoje funkcije.

Rešitev reklamacije

Reduktor se pošlje v naše podjetje na pregled in demontažo. Opravi se pregled stanja ter analizira vzrok za nastalo težavo. V kolikor se ugotovi, da je vzrok za krivdo na strani proizvajalca se popravi ali zamenjava opravi na stroške proizvajalca. V kolikor je ugotovljeno, da je prišlo do nepravilnega ravnanja z izdelkom s strani kupca se oceni stroške popravila in kupcu pošlje ponudbo za popravilo v potrditev. Ob morebitnem dogovoru se izvede popravilo in nato odpošlje delujoč reduktor kupcu.

Datum: 4.maj 2023

Podpis stranke: _____

Podpis podjetja: _____

Vir: lastno delo.

Priloga 7: Evidence reduktorjev CMV

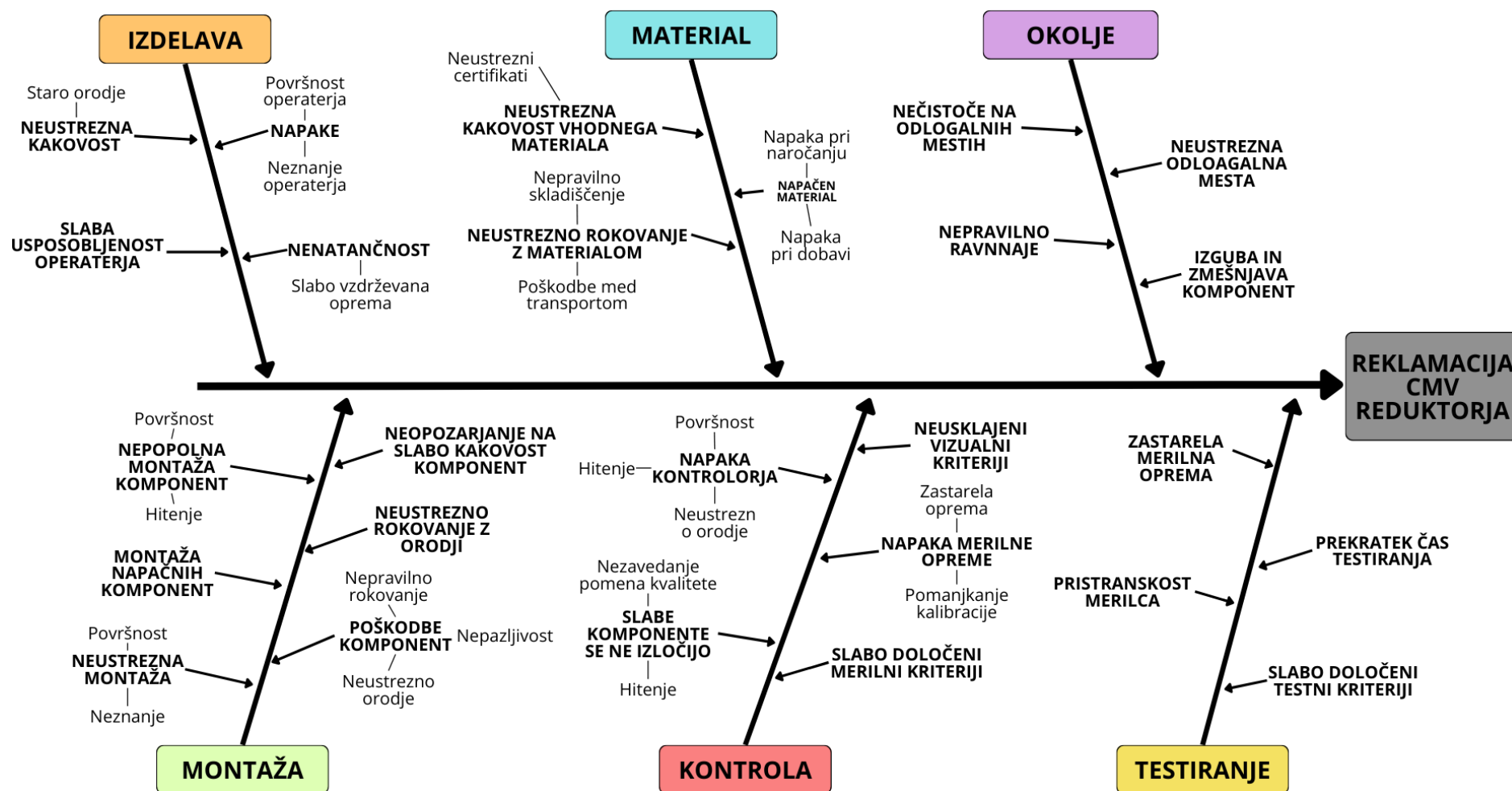
SPLOŠNA EVIDENCA																
ŠTEVILKA REDUKTORJA	IDENT	NAZIV	OZNAKA	ZAČETEK PROIZVODNJE	KONEC PROIZVODNJE	KONČNI PREGLED	TESTIRAN	ODPOSILAN	VGRAJEN	OBRATOVALNI ČAS TESTA [min]	TEMPERATURA TESTIRANJA [°C]	MERILNI PROTOKOLI	PREGLEDAL	USTREZNOST	PROBLEMI	OPOMBE
001	418019	REDUKTOR CMV750	G-484028-01	1. februar 2022	4. marec 2022	4. marec 2022	5. marec 2022	20. marec 2022	28. avgust 2022	360	55	DA	Ime Priimek	DA	/	
002	418019	REDUKTOR CMV750	G-484028-02	1. februar 2022	7. marec 2022	7. marec 2022	8. marec 2022	20. marec 2022	3. december 2022	300	52	DA	Ime Priimek	DA	DA	naleganje zob < 80% (PAZI!)
003	418019	REDUKTOR CMV750	G-484028-03	23. marec 2022	5. maj 2022	6. maj 2022	14. maj 2022	15. maj 2022	18. december 2022	300	59	DA	Ime Priimek	DA	/	
004	418019	REDUKTOR CMV750	G-484028-04	23. marec 2022	10. maj 2022	12. maj 2022	14. maj 2022	15. maj 2022	22. februar 2023	300	57	DA	Ime Priimek	DA	DA	prebrušena gred, lunke v bronu polževega kolesa, ponovno pakiranje zaradi slabe embalaže

EVIDENCA EKSTERNIH REKLAMACIJ									
ŠT. INTERNE REKLAMACIJE	ŠT. REDUKTORJA	OZNAKA	DATUM PROBLEMA	DATUM REŠITVE	KRATEK OPIS	ODGOVORNA OSEBA	ŠT. ZAPISNIKA	STROŠKI	OPOMBE
IN-001	002	G-484028-02	7. marec 2022	23. marec 2022	Naleganje zob polža in polževega kolesa je manj od predvidenih 80%. Potrebno je bilo izdelati novega polža.	Ime Priimek	00000001	1.867,15 €	Starega polža ni bilo mogoče sanirati.
IN-002	004	G-484028-04	26. marec 2022	28. marec 2022	Odgonska gred je bila na ležajnem mestu prevrščena pod dovoljeno mero. Potrebno je bilo navariti material in ponovno obdelati gred na toleranco.	Ime Priimek	00000002	235 €	Sanacija obstoječega elementa.
IN-003	004	G-484028-04	17. april 2022	7. maj 2022	Ob pregledu so bili v materialu odkriti lunke. Polževo kolo je bilo potrebno izdelati na novo.	Ime Priimek	00000003	1.245,22 €	Izdelava novega polževega kolesa iz ustreznega materiala.
IN-004	004	G-484028-04	14. maj 2022	14. maj 2022	Pakiranje ni bilo ustrezno obstajala je nevarnost, da bi se produkt poškodoval med prevozom. Popravili so obstoječo embalažo.	Ime Priimek	00000004	15 €	Sanacija obstoječe embalaže.

EVIDENCA EKSTERNIH REKLAMACIJ										
ŠT. EKSTERNE REKLAMACIJE	ŠT. REDUKTORJA	OZNAKA	DATUM PROBLEMA	DATUM REŠITVE	KRATEK OPIS TEŽAVE	ODGOVORNA OSEBA	ŠT. ZAPISNIKA	STROŠKI	OPOMBE	ZAKLJUČENO
EK-001	001	G-484028-01	3. maj 2022	7. junij 2022	Barva ne ustreza zahtevani.	Ime Priimek	00000005	325,15 €	Reduktor na novo pobarvan + prevoz	DA
EK-002	002	G-484028-02	3. maj 2022	15. maj 2022	Reduktorju ni priložen oljekaz.	Ime Priimek	00000006	25 €	Oljekaz je bil naknadno poslan naročniku	DA
EK-003	002	G-484028-02	12. januar 2023	5. marec 2023	Med obratovanjem se je reduktor prenehal vrteti.	Ime Priimek	00000007	1.825,74 €	Izdelava novega polževega kolesa + prevoz + sanacija	DA

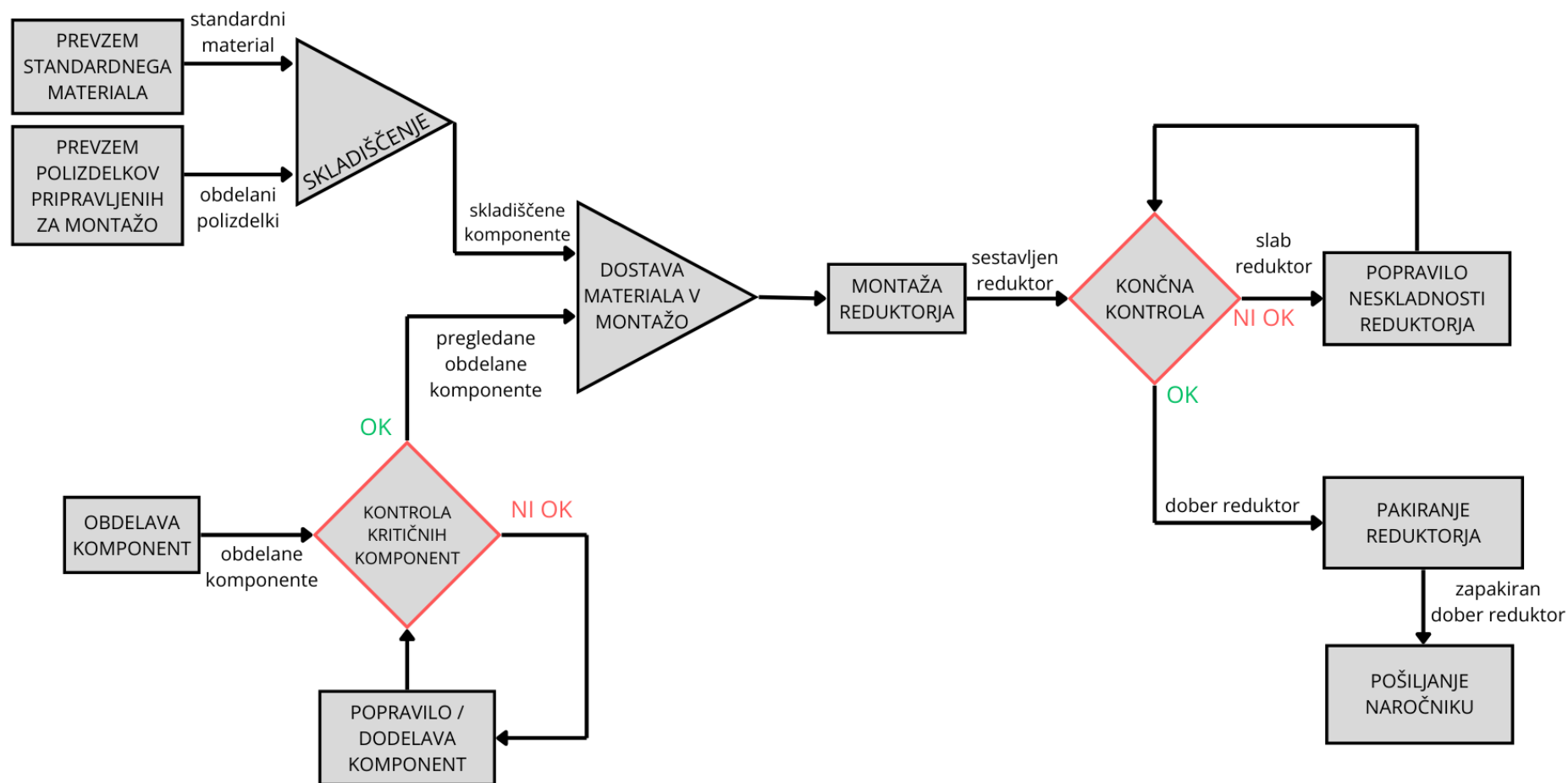
Vir: lastno delo.

Priloga 8: Diagram ribja kost



Vir: lastno delo.

Priloga 9: Zemljevid procesa proizvodnje reduktorjev CMV v fazi analize



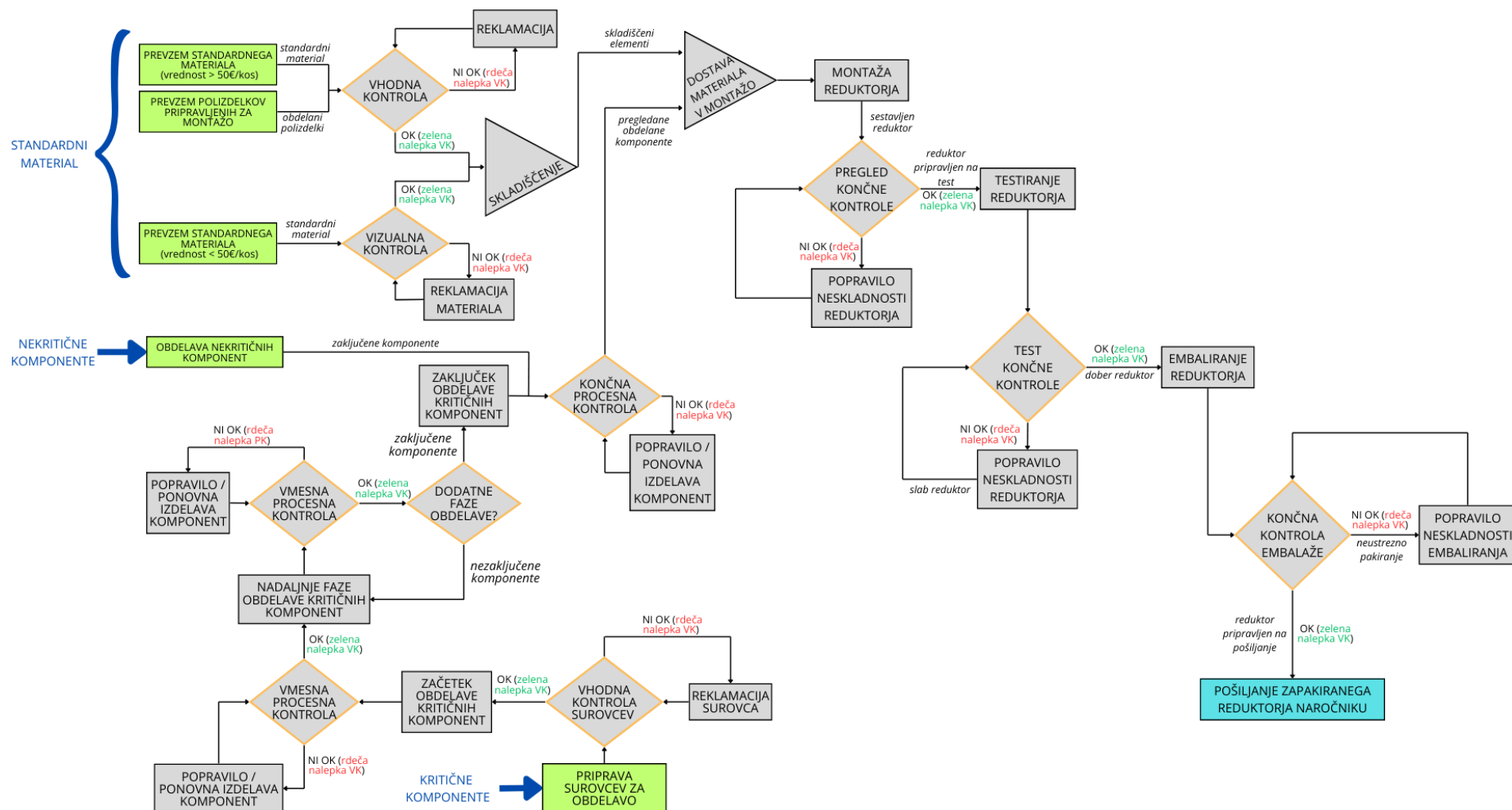
Vir: lastno delo.

Priloga 10: Analiza 5 x zakaj

ANALIZA 5x ZAKAJ		OPIS OBRAVNAVANE TEME: Opis obravnavane teme: Iskanje vzrokov in rešitev za zmanjšanje števila reklamacij in napak izdelave prve serije reduktorjev CMV, s ciljem izboljšati drugo serijo.			Začetek obravnave: 25.4.2023	Potrditev analize in aktivnosti
Datum: 15.5.2023					Zaključek obravnave: 20.5.2023	Odobril:
Sodelujoči:					Porabljen čas:	Ocena trdnosti (1-10): 7
OPIS PROBLEMA	1. ZAKAJ	2. ZAKAJ	3. ZAKAJ	4. ZAKAJ	5. ZAKAJ	AKTIVNOST / UKREP
Pri obdelavi polževega kolesa so se pojavili lunke v surovcu	Surovec ni bil pregledan ob sprejemu v skladišče	Pomanjkanje vhodne kontrole	Za vhodni material nimamo predvidene vhodne kontrole			Uvedba vhodne kontrole materiala in komponent
	Mehanske in kemične lastnosti materiala surovca ne ustrezajo zahtevam	Material nima ustreznega certifikata	Ob naročilu ni bilo zahtevana predložitev certifikata			Zahtevanje certifikata materiala ob naročilu in dobavi
Brisalec gredi med delovanjem leze iz odprtine	Brisalec se vrti skupaj z gredjo	Dimenzija odprtine ne ustreza zahtevam	Pri obdelavi je operater odvzel preveč materiala	Nepazljivost operaterja		Izvedba večkratne vmesne kontrole med obdelavo
		Oblika odprtine ne ustreza zahtevam	Konstrukter je izbral napačno konstrukcijsko rešitev pritrditve brisalca	S takšnim problemom se še ni soočil in je poskušal z novo inovativno rešitvijo		Izdelati revizijo oblike odprtine ter posodobiti dokumentacijo
Puščanje olja pri zgornjem pokrovu	Pokrov ne tesni	Tesnilo se je strgalo	Tesnilo se je na spoju pretrgalo	Tesnilo ni bilo ustrezno lepljeno	Uporabili smo napačno lepilo	Nabava ustreznega lepila za lepljenje tesnil in trdnosti preizkus ustreznosti
		Tesnilo ni vgrajeno	Pri montaži smo pozabili vgraditi tesnilo	Delavec v montaži je pozabil iti iskati tesnilo v skladišče		Priprava montažnega materiala na vozičke in dostava na montažno linijo
Odgonska gred se je prenehala vrteti, pogonska gred se normalno vrti	Prišlo je do poškodbe polža ali polževega kolesa	Nepredvidena preobremenitev sistema	Ni bilo vgrajenega varovanja proti preobremenitvi	Varovanje proti preobremenitvi ni bilo zahtevano		Serijska vgraditev varovanja proti nepredvidenim preobremenitvam
		Nepravilno vzdrževanje	V reduktoru ni bilo dovolj olja	Kupec je ob montaži reduktorja pozabil vanj natočiti olje	Na reduktoru ni nobenega vizualnega opozorila, da v njemu ni olja	Po končanem testiranju se na reduktor namesti nalepko z napisom, da je pred zagonom potrebno v reduktor natočiti olje
Reduktor se ob testu vrtenja z roko vrti le v eno smer	Težava z polžem in polževim kolesom	Polž in polževo kolo ne ustrezno nalegata	Neustrezna vmesna kontrola slike naleganja	Težavno opravljanje slike naleganja zaradi nedostopnosti in utesnenosti reduktorja		Opravljanje slike naleganja pred montažo na zato izdelanem merilnem mestu
	Ročno testiranje ni bilo opravljeno	V testnem obrazcu končne kontrole ni specficiranega ročnega testiranja	Kupec ni definiral potrebe po ročnem testiranju			Revizija končne kontrole in merilnih protokolov z vključenim ročnim testom vrtenja
Luknje za pritrditev pokrovov se pri montaži ne ujemajo z ohišjem	Na montažo je prišlo ohišje z napačno izdelanimi luknjami	V skladišču je bilo ohišje reduktorja z napačnimi luknjami	Ohišje ni bilo pregledano ob sprejemu v skladišče	Pomanjkanje vhodne kontrole		Uvedba vhodne kontrole materiala in komponent

Vir: lastno delo.

Priloga 11: Izboljšan procesni diagram postopka proizvodnje reduktorjev CMV



Vir: lastno delo.

Priloga 12: Nalepke kontrole

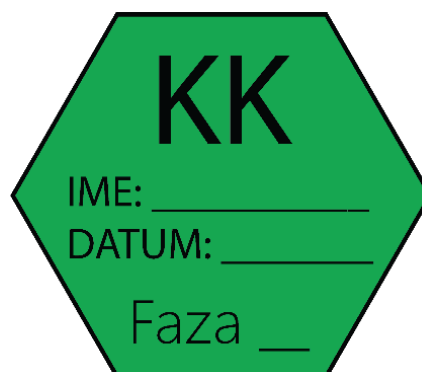
– Nalepke vhodne kontrole (VK)



– Nalepke procesne kontrole (PK)



– Nalepke končne kontrole (KK)



Vir: lastno delo.