

Upravljanje nesukladnostima

Fekonja, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:155923>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-03**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Filip Fekonja

Zagreb, 2019. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Biserka Runje

Student:

Filip Fekonja

Komentor:

Dr. sc. Amalija Horvatić Novak

Zagreb, 2019. godina.

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

Zahvaljujem se dr. sc. Biserki Runje i dr. sc. Amaliji Horvatić Novak koje su mi svojim znanjem, iskustvom i stručnim savjetima nesebično pomogle tijekom izrade rada.

Također se zahvaljujem zaposlenicima i vlasniku tvrtke MIDI d.o.o. za suradnju u izradi ovog rada, a posebno Dini Kusu na pružanju pomoći i uputa.

Filip Fekonja



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **FILIP FEKONJA** Mat. br.: 0035197021

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Upravljanje nesukladnostima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Nonconformity management**

Opis zadatka:

Sukladno međunarodnoj normi ISO 9000:2015 kvaliteta se definira kao stupanj do kojeg skup svojstvenih karakteristika ispunjava zahtjeve, a nesukladnost kao svako neispunjavanje zahtjeva. Upravljanje nesukladnostima podrazumijeva identifikaciju, analizu, procjenu te poduzimanje potrebnih radnji kako bi se nesukladnost riješila te spriječilo njeno ponovno pojavljivanje.

U radu je potrebno opisati načine kontrole kvalitete, osiguravanja kvalitete te upravljanja kvalitetom u proizvodnom poduzeću MIDI d.o.o. iz Ivanovca s posebnim osvrtom na sustav upravljanja nesukladnostima. Za odabrani dio proizvodnoga programa poduzeća MIDI potrebno je detaljno analizirati podatke o nesukladnostima te primijeniti suvremene metode i alate kontrole i osiguravanja kvalitete u cilju poboljšanja postojećeg procesa upravljanja nesukladnostima.

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

Zadatak zadan:
02. svibnja 2019.

Rok predaje rada:
04. srpnja 2019.

Predvideni datum obrane:
10. srpnja 2019.
11. srpnja 2019.
12. srpnja 2019.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc. Biserka Runje

Komentor:
dr. sc. Amalija Horvatić Novak

Predsjednica Povjerenstva:
prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
OPIS OZNAKA	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
1. UVOD.....	1
1.1. O PODUZEĆU	1
2. PRAĆENJE PROIZVODNJE I NESUKLADNOSTI.....	10
2.1. Rukovanje zapisima o nesukladnosti potpomognuto računalom.....	12
2.2. Izgled izvješća o nesukladnosti iz poduzeća.....	16
3. PRIMJER ANALIZE NESUKLADNOSTI	19
3.1. Primjena Pareto analize za identifikaciju ključnih nesukladnosti.....	19
3.2. Primjena Ishikawa dijagrama za identifikaciju uzroka pojave nesukladnosti	22
3.3. Prijedlozi upravljanja kvalitetom i dobivena poboljšanja [10]	25
4. DIJAGRAM TIJEKA PROCESA	26
5. ANALIZA NESUKLADNOSTI IZ PODUZEĆA	30
5.1. Dijagram tijeka proizvodnje.....	31
5.2. Raspodjela nesukladnosti u proizvodnju po mjesecima	33
5.3. Raspodjela nesukladnosti po radnom mjestu	34
5.4. Raspodjela nesukladnosti prema uzroku.....	36
5.5. Raspodjela nesukladnosti prema statusu nakon uočavanja.....	36
5.6. Raspodjela nesukladnosti prema poduzetim korektivnim radnjama.....	38
5.7. Utrošak radnih sati uslijed nesukladnosti u proizvodnji	39
5.8. Sigma razina procesa proizvodnje	41
5.8.1. Izračun sigma razine pomoću gotovih izraza.....	42
5.8.2. Izračun sigma razine klasičnom metodom uz izvod	43
5.9. Procjena rizika.....	48
5.9.1. FMEA analiza	50
5.9.2. Primjena FMEA metode u Republici Hrvatskoj	52
5.9.3. FMEA analiza za proizvodnju poduzeća MIDI d.o.o.	53
6. ZAKLJUČAK.....	61
LITERATURA.....	63
PRILOZI.....	64

POPIS SLIKA

Slika 1	Prikaz dijela proizvodnih postignuća tvrtke MIDI d.o.o. [3]	2
Slika 2	Prikaz dijela strojeva iz pripremnih operacija (rezanje, savijanje)	3
Slika 3	Prikaz dijela strojeva iz radionice za strojnu obradu.....	4
Slika 4	Certifikati tvrtke MIDI d.o.o. [3]	5
Slika 5	Prikaz ormarića s mjernom opremom	6
Slika 6	Prikaz oznaka o umjeravanjima mjernih uređaja	7
Slika 7	Temeljeni mjerni blok	7
Slika 8	Prikaz skladištenja mjerne opreme, općenitog stanja i zaštitnih pakiranja	8
Slika 9	Prikaz trodimenzionalnog mjerenja mjernom rukom „FARO Arm“	9
Slika 10	Prikaz trodimenzionalnog mjerenja laserskim uređajem „FARO Tracker“ [4]	9
Slika 11	Primjer operacija procesa od pojave nesukladnosti do njenog otklanjanja [6]	11
Slika 12	Prikaz dijagrama procesa otklanjanja nesukladnosti za primjer američke tvrtke [8]	13
Slika 13	Prvi korak računalne prijave zapisa o nesukladnosti [8]	14
Slika 14	Prikaz usporedbe završnog dijela računalnog izvješća nesukladnosti s odgovarajućim dijagramom sa slike 12 [8]	15
Slika 16	Grafički prikaz udjela nesukladnosti za pokazni primjer lijevanja [10]	21
Slika 17	Prikaz nesukladnosti prema vrsti lijeva iz primjera [10].....	22
Slika 18	Ishikawa dijagram identifikacije uzroka pojave nesukladnosti za odljevke iz pokaznog primjera [10]	24
Slika 19	Prikaz jednostavnog dijagrama tijeka za proizvodnju [11]	28
Slika 20	Prikaz detaljnog dijagrama tijeka za proces proizvodnje aluminijske [12]	28
Slika 21	Prikaz najčešće korištenih simbola za dijagrame tijeka [11]	29
Slika 22	Izgled zapisa s izvješćima o nesukladnostima	30
Slika 23	Prikaz detaljnog dijagrama tijeka za proces proizvodnje	32
Slika 24	Prikaz pojave nesukladnosti u 2018. godini po mjesecima.....	33
Slika 25	Grafički prikaz nesukladnosti iz tablice 2	35
Slika 26	Grafički prikaz raspodjele uzroka nesukladnosti	36
Slika 27	Grafički prikaz raspodjele statusa proizvoda ili pozicije nakon uočavanja nesukladnosti	37
Slika 28	Grafički prikaz raspodjele prema korektivno preventivnim radnjama.....	38
Slika 29	Grafički prikaz raspodjele utrošenih radnih sati.....	39
Slika 30	Grafički prikaz raspodjele utrošenih radnih sati uz procjenu nepoznatih podataka	40
Slika 31	Prikaz tumačenja 6σ razine procesa [15].....	41
Slika 32	Prikaz normalne razdiobe podataka [15].....	43
Slika 33	Prikaz krivulja više normalnih razdioba [15]	44
Slika 34	Prikaz krivulje normalne razdiobe s označenom površinom koja predstavlja udio nesukladnih jedinica	45
Slika 35	Prikaz dijela tablice podataka krivulje normalne razdiobe s označenom površinom koja predstavlja udio nesukladnih jedinica [15].....	47
Slika 36	Procjena utjecaja parametara FMEA metode i način odabira [18].....	54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Raspodjela neskladnosti za promatrano razdoblje iz primjera [10]	21
Tablica 2. Raspodjela neskladnosti prema radnom mjestu nastanka	34
Tablica 3. Prikaz raznih sigma razina procesa [15].....	41
Tablica 4. Tablica FMEA analize.....	55
Tablica 4. Tablica FMEA analize - nastavak	55
Tablica 4. Tablica FMEA analize - nastavak	56
Tablica 4. Tablica FMEA analize - nastavak	57
Tablica 4. Tablica FMEA analize - nastavak	58

OPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
DPMO	-	broj grešaka na milijun mogućnosti
L	mm	donja granica zadanih tolerancija
P(z)	%	vjerojatnost pri normalnoj razdiobi
RPN	-	faktor rizika prioriteta iz FMEA metode
T ₁	-	točka infleksije krivulje normalne razdiobe
T ₂	-	točka infleksije krivulje normalne razdiobe
U	mm	gornja granica zadanih tolerancija
x	mm	slučajna varijabla
z	-	vrijednost koja povezuje podatke i površine iz krivulje normalne razdiobe
σ	-	sigma razina
σ^2	-	varijanca
μ	-	očekivanje

SAŽETAK

Usporedno s napretkom industrije i tehnologije dolazi do potrebe za detaljnijim praćenjem i analizom grešaka i njihovih uzroka, te analizom nesukladnosti u proizvodnji. U radu su analizirane nesukladnosti iz proizvodnje poduzeća MIDI d.o.o. iz Ivanovca kraj Čakovca. Poduzeće se bavi izradom i montažom čeličnih konstrukcija, metalne opreme, strojeva te dijelova strojeva i industrijskih postrojenja. Sukladno međunarodnoj normi ISO 9000:2015 koju spomenuto poduzeće provodi, kvaliteta se definira se kao stupanj do kojeg skup svojstvenih karakteristika ispunjava zahtjeve, a nesukladnosti kao svako neispunjavanje zahtjeva. Kako bi se zadovoljila tražena razina upravljanja nesukladnostima, potrebno je identificirati, analizirati i procijeniti nesukladnosti iz dostupnih podataka, koji podrazumijevaju izvješća o nesukladnostima iz 2018. godine.

Cilj ovog rada je dati pregled literature vezane uz postupke analize i upravljanja nesukladnostima, provesti detaljnu analizu podataka o nesukladnostima spomenutog poduzeća, te primijeniti suvremene metode i alate kontrole i osiguravanja kvalitete kako bi se poboljšalo postojeće stanje procesa upravljanja nesukladnostima. Kroz teorijske dijelove obrađeni su i pojašnjeni postupci analize nesigurnosti, dok su kroz konkretne primjere prikazani načini izračuna i analize utjecaja nesukladnosti na kvalitetu procesa proizvodnje koji se promatra. Nakon provedbe svakog dijela analize, dani su komentari za dobivene rezultate i prijedlozi aktivnosti usmjerenih povećanju razine kvalitete. Na kraju rada dan je zaključak koji opisuje preporučene aktivnosti koje bi nakon provedbe trebale rezultirati povećanjem kvalitete provođenja procesa i smanjenjem troškova.

Ključne riječi: greške, nesukladnosti u proizvodnji, analiza nesukladnosti, kontrola kvalitete

SUMMARY

With the progress of the industry and technology, there is a need to raise the level of detection and analysing production errors, their causes, and nonconformity analysis. This study deals with analysis of nonconformities based on data from MIDI d.o.o., company from Ivanovec near Čakovec. This company makes and assembles steel constructions, metal equipment, machines, machine parts and parts of industrial plants. According to international norm ISO 9000:2015 which is conducted in mentioned company, quality is defined as the totality of features and characteristics of a product or service that bear on its ability to satisfy stated or implied needs, while nonconformity is defined as non-fulfillment of a requirement. In order to satisfy a required level of nonconformity management, it is necessary to identify, analyse and evaluate nonconformities from available nonconformity reports from the year 2018.

This study gives theoretical overview of methods for analysing and managing of nonconformities. In order to improve the existing state of nonconformity management, a detailed nonconformities data analysis from the mentioned company is carried out using modern methods of quality control and assurance tools. Theoretical parts of the study examine and explain methods of analysis, while practical parts deal with calculations and analysis of the nonconformities effect on the quality of the process. Comments are given after conducting every part of analysis, and they explain activities needed to increase the level of quality. Conclusion describes recommended activities that need to be carried out and should result in increased quality of the production process and decreased costs.

1. UVOD

Riječ kvaliteta ili kakvoća potječe od latinske riječi “qualitas”, a predstavlja svojstvo, odliku, značajku, sposobnost, vrijednost [1]. Kvaliteta se može opisati i definirati na više načina, a jednu od poznatijih definicija dao je jedan od gura kvalitete, Kaoru Ishikawa koji govori da je kontrola ekvivalent zadovoljstvu kupaca. Bitno je razlikovati dva pojma, kontrola kvalitete i osiguranje kvalitete [2]. Kvaliteta je jedna od najvažnijih aspekata koji se danas koriste u procjeni troškova i efikasnosti bilo kojeg proizvoda i procesa kojim on nastaje. Zbog činjenice da se mnoge industrije bave izradom proizvoda koji služe čovjeku, bitno je obratiti veliku pažnju na sigurnost koju u eksploataciji moraju osigurati razni dijelovi i strukture. Upravo se time bavi kontrola kvalitete pojedinih poduzeća. Kontrola kvalitete se može opisati i kao postupak kojim prikladno obučeni zaposlenici provjeravaju kvalitetu svih faktora koji su uključeni u proizvodnju, i to tijekom samog procesa proizvodnje. S druge strane, osiguranje kvalitete odnosi se na planirane i promišljene aktivnosti koje su implementirane u sustav kvalitete pojedinog poduzeća u svrhu osiguravanje izvršenja zahtjeva postavljenih na kvalitetu proizvoda. Sustavna mjerenja, usporedba sa standardima, nadzor procesa te ostali povezani postupci doprinose sprječavanju pojave grešaka.

Kontrola kvalitete može se opisati kao skup postupaka i operacija koje se provode u svrhu utvrđivanja i ispitivanja kvalitete u nekom proizvodnom pogonu. Bez kontrole provođenja svih operacija u proizvodnom ciklusu nekog proizvoda teško je utvrditi razinu sposobni tog procesa. Teško je zamisliti da se kvaliteta može postići bez popratnih standarda u pozadini. Standardi su temelj za provođenja usporedbi, kriterija i mjerenja i oni predstavljaju generalni dogovor ili model kojeg treba slijediti.

1.1. O PODUZEĆU

Ovaj diplomski zadatak obradit će uvodni dio vezan uz praćenje i analizu pojave grešaka, ali i analizu nesukladnosti u proizvodnji poduzeća MIDI d.o.o. koja uspješno posluje već više od tri desetljeća. Tvrtku je 1984. godine utemeljio vlasnik i direktor, gospodin Drago Plevnjak [3]. Trenutno zapošljava više od 200 djelatnika u više proizvodnih pogona i objekata koji se prostiru na 12000 m² proizvodnog prostora, svake godine proizvodi više od 400 tona gotovih proizvoda od kojih se velikih 97 % izvozi na tržišta Savezne Republike Njemačke, Austrije i Švicarske. Raspoložu najmodernijom tehnologijom rezanja, savijanja, zavarivanja i lakiranja. Također nude i mogućnosti specijalnih savijanja profila, kvadratnih i okruglih cijevi.

Osnovna djelatnost tvrtke je izrada i montaža čeličnih konstrukcija, metalne opreme, strojeva te dijelova strojeva i industrijskih postrojenja. Što se tiče proizvodnog programa, u njihovoj tvornici se proizvode dijelovi strojeva za različite branše, od cestogradnje, rudarstva, zabavnih parkova, nadzemnih željeznica, zbrinjavanja otpada i vjetroelektrana. Izrađuju i dijelove strojeva za dubinsko bušenje, za sačmarenje te za druge različite namjene prema zahtjevu kupca. Nude mogućnost konstrukcijske razrade proizvoda, izrade kompleksnih zavarenih dijelova prema nacrtima kupaca, digitalno mjerenje dimenzija, proizvodnju proizvoda do mase od 30 tona, plazma i plinsko rezanje s bušenjem i rezanjem navoja, antikorozivnu zaštitu lakiranjem, strojnu obradu proizvoda i poluproizvoda komada velikih dimenzija, kružno savijanje limova dužine do 6 metara i debljine 30 milimetara, specijalna zavarivanja (robotska i ručna) te ispitivanja zavara metodama bez razaranja. Prethodno spomenute čelične konstrukcije proizvedene u njihovoj tvornici moguće je pronaći u Hrvatskoj na postrojenjima INE, na OMV benzinskim postajama, naplatnim kućicama na autocesti i zabavnim parkovima na Floridi, u Vijetnamu i drugim državama.



Slika 1 Prikaz dijela proizvodnih postignuća tvrtke MIDI d.o.o. [3]

Vrijedi spomenuti da je poduzeće smješteno neposredno kraj grada Čakovca, u selu Ivanovec pa je iz tog razloga geografski vrlo dobro pozicionirano s obzirom na relativnu blizinu vodećih zemalja u industriji čijim se djelatnostima bavi ovo poduzeće. Također, sjever Hrvatske je poznat po svojoj količini i stručnosti kada se spominju poduzeća ove vrste.

Poduzeće posjeduje mnoštvo strojeva i alata, što specijalnih što uobičajenih, a nabrojani su neki:

- Numerički upravljani strojevi, glodalice proizvođača : Zayer, HAAS, Soraluce, TOS Varnsdorf
- Klasični upravljane tokarilice i glodalice proizvođača Prvomajska
- Stupne i stolne bušilice proizvođača Prvomajska
- Strojevi za urezivanje navoja proizvođača Rascamat
- Različiti strojevi za savijanje limova
- Preše, tračne pile
- Klasični i robotski strojevi i sustavi za zavarivanje
- Uređaji za lasersko i pneumatsko rezanje
- Strojevi za sačmarenje limova
- Mnoštvo ručnih alata, od brusilica, bušilica i slično.



Slika 2 Prikaz dijela strojeva iz pripremnih operacija (rezanje, savijanje)



Slika 3 Prikaz dijela strojeva iz radionice za strojnu obradu

Što se tiče odjela kontrole i kvalitete, u ovoj tvrtki mogu se pohvaliti sa nekoliko kontrolora koji su raspoređeni po različitim stadijima procesa proizvodnje, od same ulazne kontrole materijala i dijelova koji dolaze u skladište, pa sve preko početnih priprema pozicija, kontrole bravarskih poslova sastavljanja, zavarivanja, različitih tlačnih, ultrazvučnih i sličnih provjera, pa sve do krajnje kompletne provjere ispravnosti proizvoda nakon lakiranja, montaže i zaštite. Mogu se pohvaliti i različitim certifikatima, ispunjenim zahtjevima i sukladnostima koji su prikazani na slijedećoj slici.



Slika 4 Certifikati tvrtke MIDI d.o.o. [3]

Sam postupak proizvodnje počinje izdavanjem naloga za materijal skladištaru koji taj materijal uzima iz skladišta i doprema ga u jedinicu pripreme pozicija. Tamo se npr. limovi sačmare, režu pomoću lasera ili plazme, dok se cijevi i šipke režu na tračnim pilama na tražene dimenzije te se prema potrebni skidaju oštri bridovi, šljaka ili slično. Neke pozicije odlaze na zacrtavanje te bušenje, neke su spremne za sklapanje, dok se ostale dopremaju do jedinice strojne obrade, a ima i onih koje odlaze direktno kooperantima, većinom radi usluge specijalne strojne ili termičke obrade. Sve pozicije završavaju na paletama u bravarskoj montaži gdje se sklapaju te naposljetku zavaruju. Neki od dobivenih sklopova su poluproizvodi pa odlaze na eventualnu strojnu obradu u sklopu, dok su neki spremni za završno čišćenje i zaštitu premazima, ukoliko je tako dogovoreno s kupcem. Postoje i

proizvodi koje ovo poduzeće sklapa u montažnom dijelu prije isporuke, zajedno s nekim standardnim dijelovima naručenim od vanjskih dobavljača. Sve navedene procese pomno i kontinuirano prate zaposlenici jedinice za kontrolu.

Što se tiče kontrolora i opreme kojom raspolažu, osim standardnih digitalnih i klasičnih pomičnih mjerila, mikrometara, dubinomjera, visinomjera, kutomjera, libela i subitora, koriste se i kontrolnici za provjeru vanjskih i unutarnjih dimenzija rupa, kontrolnici za provjeru ispravnosti urezanih ili narezanih navoja, aparati za lasersko trodimenzionalno mjerenje, oprema za nerazorna ispitivanja zavara pomoću penetranata, ultrazvukom ili radiografskom kontrolom, uređaji za provjeru hrapavosti obrađenih površina i drugo.



Slika 5 Prikaz ormarića s mjernom opremom

Svaki dio opreme za mjerenje popraćen je dokumentom o njegovoj ispravnosti, a kao dodatna informacija osobama koji koriste neki od dostupnih mjernih alata i uređaja, bilježi se datum posljednjeg umjeravanja, interni broj te tvrtka odgovorna za umjeravanje. Također je priložena i naljepnica s datumom slijedećeg obveznog redovnog umjeravanja mjernog uređaja. Slijedeća slika prikazuje spomenuto.



Slika 6 Prikaz oznaka o umjeravanjima mjernih uređaja

U svrhu što preciznijeg i točnijeg mjerenja dimenzija s uskim tolerancija, naročito kod obrade na numerički upravljanim alatnim strojevima, postavljen je mjerni stol na 30 tonskom betonskom temelju, prikazan na slijedećoj slici.



Slika 7 Temeljeni mjerni blok

Kao što je prikazano na prethodnim slikama, posebna se pažnja obraća urednosti i dostupnosti mjerne opreme u odgovarajućim mjestima skladištenja, naročito kada se radi o osjetljivoj i preciznoj mjernoj opremi, pa su tako svi kontrolnici za provrte i navoje, mikrometri za vanjske i unutarnje dimenzije, mjerni listići za provjeru zazora, uređaji za rendgensko i ultrazvučno ispitivanje zavara, te ostala precizna oprema, skladišteni u odgovarajućim zaštitnim pakiranjima, te su poredani prema veličini i zaštićeni od eventualnih vanjskih utjecaja koji mogu naštetiti njihovoj ispravnosti.



Slika 8 Prikaz skladištenja mjerne opreme, općenitog stanja i zaštitnih pakiranja

Osim standardne mjerne opreme, koriste se i napredniji uređaji proizvođača mjerne opreme „FARO“, kao što su mjerna ruka s rasponom do 3,5 metra [4], te uređaj za mjerenje pomoću laserske zrake. Oba uređaja zahtijevaju precizno postavljanje i pažljivo korištenje, te su povezani s odgovarajućim računalnim programom koji točke mjerenja iscrtava u realnom vremenu te na kraju daje grafički i tekstualni izvještaj s podacima i slikom radi lakšeg i bržeg snalaženja. Oba uređaja prikazana su na slijedećim slikama.



Slika 9 Prikaz trodimenzionalnog mjerenja mjernom rukom „FARO Arm“



Slika 10 Prikaz trodimenzionalnog mjerenja laserskim uređajem „FARO Tracker“ [4]

2. PRAĆENJE PROIZVODNJE I NESUKLADNOSTI

Kompletan proces od prethodno spomenute ulazne kontrole, preko samih operacija u proizvodnji te do završnog dijela isporuke popraćen je potrebnom papirologijom. Ona uključuje zapisnike o primitku robe, razne ateste, mjerne protokole i slično, a svaku nepravilnost potrebno je ubilježiti u izvješće o nesukladnostima u proizvodnji i korektivnim radnjama. [5] Kada se nesukladnost pojavi, uključujući i nesukladnosti vezane na primjedbe, tvrtka mora reagirati na pojavu te nesukladnosti, te na što bolji način reagirati i poduzeti pravilne korake u svrhu kontroliranja te nesukladnosti i ispravka istih. Također, svaka odgovorna tvrtka mora se znati nositi s posljedicama nastale situacije do koje je određena nesukladnost dovela.

Osim same korektivne radnje, trebalo bi i procijeniti potrebu za poduzimanjem mjera za eliminiranje samih uzroka nesukladnosti, kako bi se spriječio eventualni ponovni nastanak istih. Taj postupak uključuje pregled izvješća, detektiranje uzroka i eventualnih sličnih nepravilnosti u proizvodnji, ili mogućnost njihove pojave. Slijedeći je korak implementiranje svakog potrebnog postupka za ispravak i sprečavanje nepravilnosti, pregled efikasnosti poduzetih mjera, te ukoliko je potrebno treba napraviti i izmjene u sustavu upravljanja kontrolom kvalitete ili ostalim dijelovima poduzeća.

Korektivne mjere moraju biti prikladne nesukladnostima koje su se pojavile. Bitno je spomenuti da se može desiti da je priroda nesukladnosti takva da nije moguće eliminirati uzrok njene pojave. Također, ukoliko dođe do prethodno navedene nemogućnosti eliminiranja uzroka, korektivna mjera može barem smanjiti mogućnost ponovne pojave iste nesukladnosti do prihvatljive razine. Tvrtka mora čuvati dokumentiranu informacije o nesukladnostima kao dokaz o prirodi nesukladnosti i svim naknadno provedenim mjerama, te zapise o rezultatima uspješnosti korektivnim mjerama. Što se tiče samih korektivnih mjera, njihova je primarna svrha eliminacija uzroka problema, što je reaktivan proces, odnosno kreće nakon pojave nesukladnosti. U suštini, taj proces koristi principe analize uzroka. Vrijedi spomenuti da sama korektivne mjere neće doprinijeti poboljšanju sustava upravljanja kvalitetom, već ona samo vraća kontrolu nad procesom na razinu gdje je trebala biti i prije nego je do nesukladnosti došlo.

Opisani proces razlikuje u različitim industrijama, pa je tako na slici 4 prikazan jedna od općenitih procedura od samog uočavanja do završnog uklanjanja nesukladnosti.



Slika 11 Primjer operacija procesa od pojave nesukladnosti do njenog otklanjanja [6]

Greške iz proizvodnje iz svih izvješća o nesukladnosti trebale bi biti potvrđene od strane zaposlenih u organizacijskoj jedinici zaslužnoj za reviziju grešaka, dok bi korektivne radnje također trebale biti potvrđene od strane iste osobe. To dodaje određenu važnost izvješću te povećava vjerojatnost da će korektivna radnja biti provedena. Iz tog razloga bi svaki izvještaj trebao na kraju završiti u istom odjelu, kako bi se osigurala vjerodostojnost kod donošenja odluke o provedbi svih korektivnih radnji.

Izvješće o nesukladnosti (eng. *Non-conformance Report* ili *Non-compliance Report*, skraćeno NCR) dokumentira detalje o detektiranim nesukladnostima vezanima uz kvalitetu ili praćenje procesa [7]. Cilj korištenja ovog dokumenta je uspostava nedvosmislene, obranjive, jezgrovite i jasne definicije uočenog problema kako bi se mogle pokrenuti i ispuniti korektivne radnje od strane rukovodstva. Ukoliko želimo da izvješće o nesukladnosti bude efektivno i pravilno odrađeno mora sadržavati neke elemente kao što su:

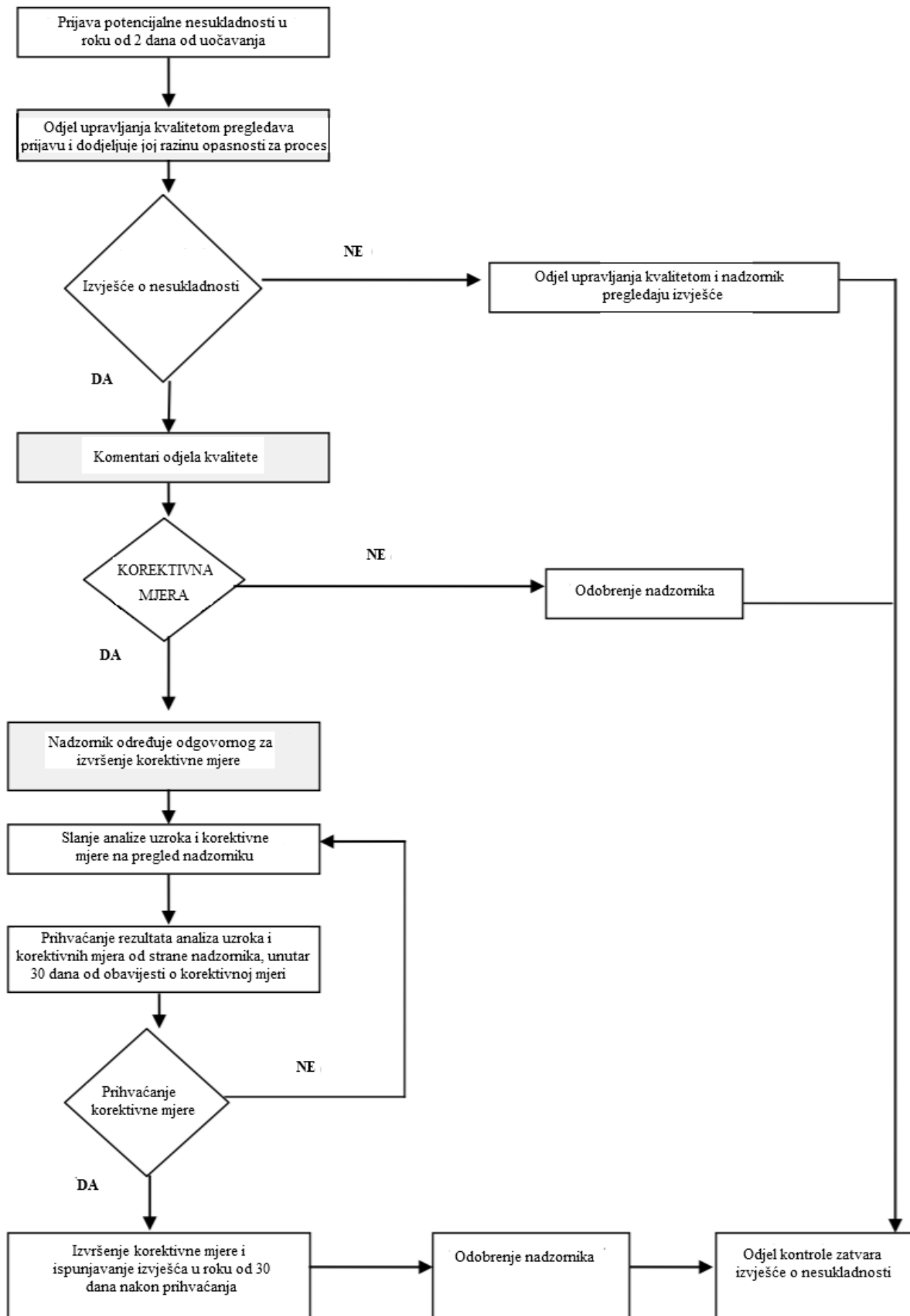
- Opažanje – izjava o nesukladnosti u proizvodnji, uključuje generalne podatke kao što su datum, broj zapisa, podaci i osobi koja ispunjava formular i slično
- Prekršena kategorija – standard, plan, procedura, poslovna institucija, dogovor, dokumentirana norma ili organizacijska etika koja je narušena uočenom greškom, odnosno nesukladnošću
- Lokacija – mjesto u proizvodnji gdje je nesukladnost detektirana (npr. jedinica pripreme proizvodnje, jedinica strojne obrade i slično)

- Dokaz o nesukladnosti – fizički dokaz nesukladnosti, osim klasičnih fotografija, samog komada obrade na kojem je uočena greška ili slično, dokaz može biti i nepostojanje potrebnih dokumenata ili nepotpuna kompletnost potrebne papirologije vezane uz materijal, šarže, zapise o operaterima, rezultatima ispitivanja, mjerenja i drugo. Dokaz o nesukladnosti je posebno bitan element samog izvješća jer nepostojanje istog često može rezultirati time da izvješće o nesukladnosti bude odbačeno od strane nadležnih, te korektivna radnja ne bude izdana i odrađena, naročito u tvrtkama s velikim brojem zaposlenika, strojeva i popratne papirologije.

2.1. Rukovanje zapisima o nesukladnosti potpomognuto računalom

U industrijski naprednim i bogatim zemljama i pogonima sve češće se javlja i počinje koristiti elektronički oblik rukovanja kompletnim postupkom vezanim uz nesukladnosti u različitim proizvodnjama. Takav moderan način zahtjeva korištenje programskih paketa posebno prilagođenima toj namjeni, a kroz slijedećih nekoliko slika bit će prikazan takav jedan postupak, na primjeru korištenja računalnog paketa tvrtke San Antonio River Authority, iz Teksasa.

Prije prikazivanja samog postupka izrade računalnog izvješća o nesukladnosti u spomenutom američkom poduzeću, slika 5 prikazuje dijagram procesa rukovanja s pojavom i rješavanjem nesukladnosti i u njemu su opisani dogovoreni postupci kojima se oni koriste u slučaju uočavanja potencijalne nesukladnosti kako bi ih kvalitetno otkloniti, sve popratili potrebnom dokumentacijom, te kako bi svatko odgovoran znao za nesukladnost ili mogućnost pojave iste. Iz dijagrama je vidljivo da je u mnogo faza uključen i sam odjel poduzeća koji se bavi kvalitetom, kao i nadzorna osoba koja viša puta sudjeluje u procesu rješavanja ovakvih problema, npr. pri samom početku za pregled predanog izvješća, odnosno zapisa o nepravilnosti, kasnije ima ulogu odgovorne osobe za odobrenje predložene korektivne mjere, ukoliko je nju potrebno i moguće odraditi, određuje zaduženu osobu ili jedinicu poduzeća kojemu je povjerena operacija korektivne mjere otklanjanja nesukladnosti, a javlja se i u završnoj fazi kada treba potvrditi ispravnost određenih popravaka. Taj dio pokazuje kako je vrlo bitno kod svake nesukladnosti, ili pak same sumnje na nju, bitno uključiti i zaposlenike s višeg položaja, iako se često smatra kako bi oni to mogli doživjeti kao nepotrebno trošenje vremena ukoliko se radi samo o sumnji, ili grešci koja prouzrokuje manju ili nikakvu štetu, jer njihova upućenost u kompletan rad i pogreške uvelike doprinosi poznavanju kompletne prirode procesa koji se odvijaju u proizvodnji.



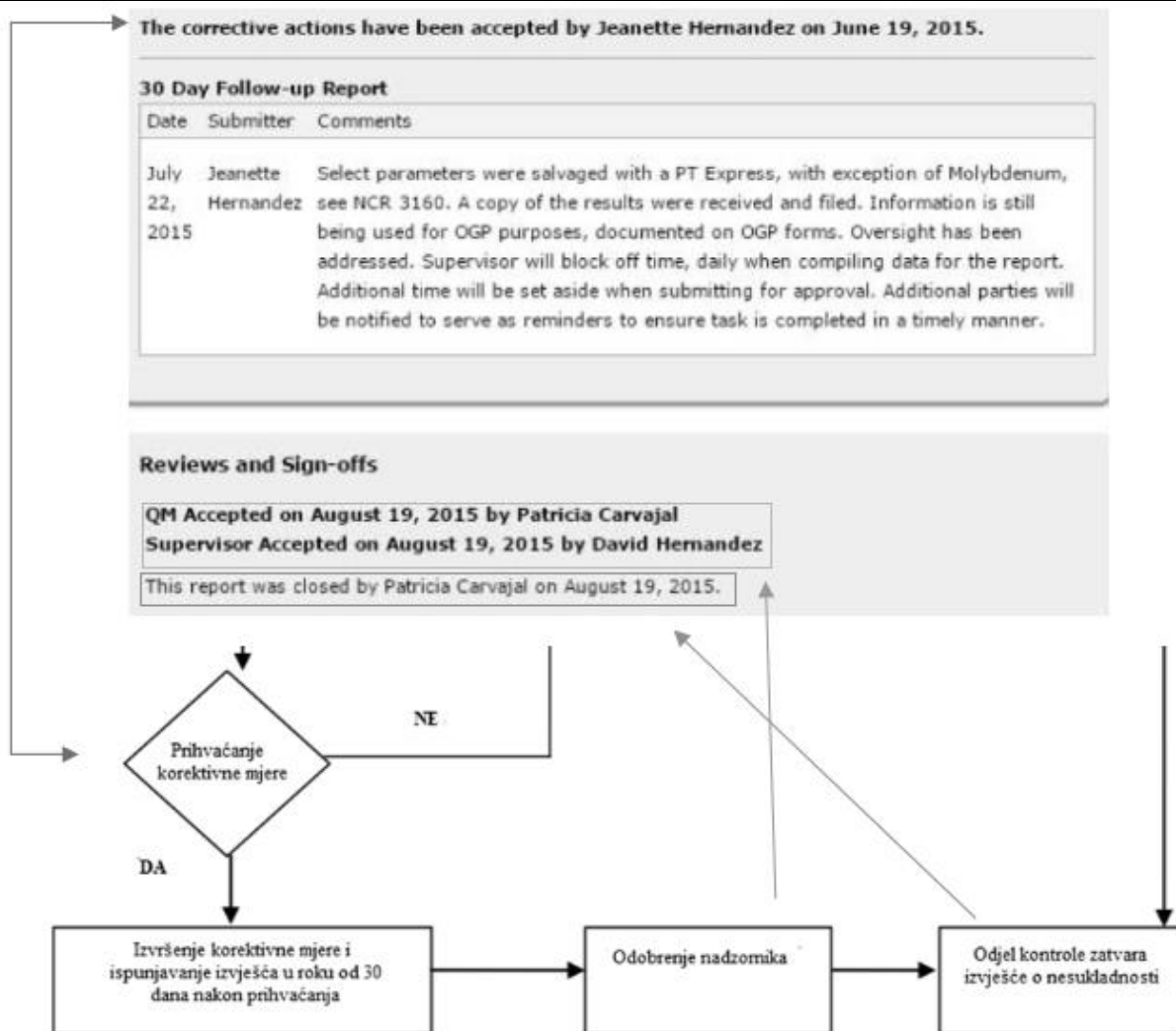
Slika 12 Prikaz dijagrama procesa otklanjanja nesukladnosti za primjer američke tvrtke [8]

Nakon što je greška uočena, kod računalnog izdavanja izvješća je prvo potrebno kreirati zahtjev za zapis o nesukladnosti, na način da se prvo odabere osoba koja zahtjev podnosi, zatim dio poduzeća u kojem je do nesukladnosti došlo, uz navođenje datuma, opisa i eventualno ostalih komponenata proizvodnje na koje prijavljivana nesukladnost ima utjecaj. Sve navedeno prikazuje slijedeća slika.

The image shows a web form titled "Osoba koja prijavljuje nesukladnost". The form contains several input fields and a dropdown menu. On the left, there are labels with arrows pointing to specific fields: "Eventualno utjecane komponente" points to "Samples Affected"; "Datum" points to "Date of Occurrence"; "Opis" points to "Description"; and "Poduzete mjere" points to "Action Taken". The "Reported By" field is populated with "Jeanette Hernandez". The "Field" dropdown menu is open, showing a list of options: "Field", "Lab", "Storm Water & Investigations", "Data Management & Quality Assurance", and "BCRAGD". A label "Odgovorna jedinica" with an arrow points to this dropdown menu. At the bottom of the form, there is a "Next" button.

Slika 13 Prvi korak računalne prijave zapisa o nesukladnosti [8]

Slijedeći korak, prema dijagramu sa slike 5, je dodjela razine opasnosti nesukladnosti od strane odjela kvalitete, a nakon toga se određuje je li potrebno provesti daljnji postupak s prihvaćanjem izvješća o nesukladnosti i naknadne mjere. Navedeno se obavlja na računalu, u programskom paketu, bez nepotrebne papirologije, dostavljanja iste, potpisivanja i slično. Nakon što je izvršena korektivna radnja u sukladnosti s nadzornikom u zadanom roku, te je nesukladnost otklonjena, daje se izvješće koje u računalnom programu izgleda kao na slici 7. Na toj slici je prikazan i isječak završetka dijagrama sa slike 6, kako bi se prikazala usporedba slijeda prikazanih radnji iz tog propisanog dijagrama s postupkom u realnom procesu koji se desio.



Slika 14 Prikaz usporedbe završnog dijela računalnog izvješća nesukladnosti s odgovarajućim dijagramom sa slike 12 [8]

Ovakav računalni sustav ima mnoge prednosti u odnosu na klasičan način izdavanja nesukladnosti u proizvodnji na komadima papira koji zatim moraju kružiti proizvodnim pogonima, gdje se može javiti mogućnost da se ti papiri zagube, oštete i slično. Osim spomenute prednosti, tu su i:

- Automatsko slanje izvješća
- Praćenje stadija razrade nesukladnosti
- Konzistentnost oblika i načina podnošenja izvješća
- Zaključnost
- Transparentnost
- Ekološki aspekt štednje papira.

Bitno je spomenuti i nedostatke u odnosu na klasičan način, kao što su cijena programskog paketa, edukacija osoblja koji će se susresti s potrebom korištenja računala, potreba za održavanjem samog računalnog programa, te eventualne potrebne nadogradnje s pojavom novih zahtjeva.

2.2. Izgled izvješća o nesukladnosti iz poduzeća

Tvrtka MIDI d.o.o. koristi klasičnu i provjerenu strukturu izvješća, odnosno zapisa o nesukladnosti, prilagođenu za vrstu proizvodnog pogona koji je prisutan. U svakom zapisu potrebno je prvotno navesti broj radnog naloga na koji se nesukladnost odnosi, naziv dijela ili pozicije, broj nacrt a ako je prikladno, naziv operacije izdane prema radnog nalogu od strane tehničke razrade proizvoda, te količinu proizvoda na kojima je greška uočena. Nakon ispunjavanja spomenutih osnovnih podataka, potrebno je označiti da li nesukladnost dolazi iz vlastitog proizvodnog pogona, od proizvođača odnosno dobavljača, kupca, ili pak od strane krajnjeg korisnika kojemu je proizvod prodan. Također treba naznačiti tko je uočio nesukladnost, radnik u proizvodnji, kontrolor, radnik na ispitivanju, u skladištu, montaži, ili sam rukovoditelj proizvodnje. Potrebno je navesti i koje su osobe obavještene o nesukladnosti, voditelj proizvodnje, voditelj prodaje, kontrolor, uprava ili kupac, a sve ovisno o prirodi nesukladnosti i težini posljedica i mogućnosti otklanjanja greške. Označuje se i faza proizvoda u kojoj je nesukladnost uočena, odnosno radi li se o samom početku proizvodnje, pa je greška primijećena na poziciji, ili je proizvod u kasnijem stadiju, pa se radi o poluproizvodu, gotovom proizvodu ili možda već kompletno završenoj seriji nekog proizvoda. Kao što je prije spomenuto, također se označuje i kategorija koju nesukladnost krši, nacrt, zahtjev kupca, zakon, praksa ili ostalo. Zatim se nesukladnost opisuje te time završava prvotna zadaća ispunjavanja izvješća nakon potpisa i datuma. Kopija izvješća se tada predaje poslovodi jedinice proizvodnje u kojoj je nesukladnost uočena i koja je za nju zaslužna, kako bi se dobilo i njegovo mišljenje koje također završava potpisom i datumom. Postoji i dio izvješća u kojem je potrebno procijeniti vrijednost, odnosno trošak uzrokovan nesukladnim proizvodom. Ovdje se može naznačiti radi li se samo o doradi greške, ili trošak uključuje i materijal, u smislu da se nepravilnost ne može ispraviti, pa nastaje tzv. škart.

MIDI d.o.o. Ivanovec		ZAPIS O NESUKLADNIM PROIZVODIMA I KOREKTIVNIM RADNJAMA U PROIZVODNJI			Nonconformity No.: NCR-P_ 18			
①	<i>Broj RN:</i>	<i>Naziv dijela/Pozicija:</i>	<i>Nacr. br.:</i>	<i>Operacija prema RN:</i>	<i>Količina:</i>			
	<i>Nesukladni proizvod:</i> <input type="checkbox"/> iz proizvodnje <input type="checkbox"/> od podizvođača <input type="checkbox"/> od kupca <input type="checkbox"/> od korisnika	<i>Prijava od:</i> <input type="checkbox"/> radnika u proizvodnji <input type="checkbox"/> kontrolora <input type="checkbox"/> radnik na ispitivanju <input type="checkbox"/> radnik u skladištu <input type="checkbox"/> radnika na montaži <input type="checkbox"/> rukovoditelj proizvod.	<i>Obaviješten:</i> <input type="checkbox"/> voditelj proizvod. <input type="checkbox"/> voditelj prodaje <input type="checkbox"/> kontrolor <input type="checkbox"/> uprava <input type="checkbox"/> kupac	<i>Konstatirana na:</i> <input type="checkbox"/> poziciji <input type="checkbox"/> poluproizvodu <input type="checkbox"/> gotovom proizvodu <input type="checkbox"/> seriji	<i>Nesukladno sa:</i> <input type="checkbox"/> nacrtom <input type="checkbox"/> zahtjevom <input type="checkbox"/> zakonom <input type="checkbox"/> praksom <input type="checkbox"/> ostalo			
②	<i>Opis nesukladnost</i>				<i>Datum:</i>			
					<i>Potpis:</i>			
③	<i>Mišljenja poslovođa</i>				<i>Datum:</i>			
					<i>Potpis:</i>			
④	<i>Procijenjena vrijednost nesukladnog proizvoda (materijal <input type="checkbox"/>, rad <input type="checkbox"/>)</i>				<i>Potpis radnika:</i>			
					<i>Potvrda poslovođa:</i>			
⑤	<i>Određivanje STATUSA, UZROKA I PODUZETIH RADNJI</i>							
<i>Status proizvoda</i>		SP-	<i>Uzrok nesukladnosti</i>		UN-	<i>Korektivna radnja</i>		
						KR-		
<i>U slučaju da opisi iza LEGENDE nisu dovoljni – opiši potrebne radnje koje treba poduzeti! U slučaju potrebe otvori dodatni Radni nalog!</i>						<i>Datum:</i>		
						<i>Potpis:</i>		
⑥	<i>Završetak korektivne/preventivne radnje</i> Provedene akcije JESU <input type="checkbox"/> / NISU <input type="checkbox"/> učinkovite. Ispitivanja/mjerenja JESU <input type="checkbox"/> / NISU <input type="checkbox"/> zadovoljavajuća Naknadne akcije JESU <input type="checkbox"/> / NISU <input type="checkbox"/> potrebne. Novo izješće o nesukladnosti DA <input type="checkbox"/> / NE <input type="checkbox"/>				<i>Zapis kontrole:</i>			
					<i>Datum/Potpis:</i>			
					<i>Zaključio:</i>			
					<i>Datum/Potpis:</i>			
LEGENDA:								
<i>Status proizvoda:</i>	<i>Opis</i>	<i>Šifra</i>	<i>Uzrok nesukladnosti:</i>	<i>Opis</i>	<i>Šifra</i>	<i>Korektivna radnja:</i>	<i>Opis</i>	
	Doraditi	SP-1		Greška materijala	UN-1		Zamjena materijala	KR-1
	Popraviti	SP-2		Stroj	UN-2		Popravljen stroj	KR-2
	Koristiti	SP-3		Podešavanje stroja	UN-3		Podešen stroj	KR-3
	Prenamijeniti	SP-4		Alat	UN-4		Zamjena alata	KR-4
	Skart	SP-5		Mjerilo	UN-5		Novo mjerilo	KR-5
				Prethodna operacija	UN-6		Uputa radniku	KR-6
				Radnik	UN-7		Promjena postupka	KR-7
				Tehnološki postupak	UN-8		Promjena nacrta	KR-8
				Nacr. UN-9	UN-9		Promjena RN	KR-9
				Radni nalog	UN-10		Reklamacija dobavljaču	KR-10
				Transport	UN-11		Ostalo	KR-11
				Skladištenje	UN-12			
		Ostalo	UN-13					

Obrasc: MIDI-PUK-12

Slika 15 Prikaz zapisa o nesukladnosti tvrtke MIDI d.o.o.

Kao što je vidljivo sa slike s prethodne stranice, koja prikazuje i sam zapis o nesukladnosti, potrebno je odrediti status, uzrok i poduzete korektivne radnje. Status proizvoda može biti; doraditi, popraviti, koristiti, prenamijeniti ili škart. Uzrok nesukladnosti može biti greška materijala, stroj, podešavanje stroja, alat, mjerilo, prethodna operacija, radnik, tehnološki postupak, nacrt, radno nalog, transport ili skladištenje ili drugo. Korektivna radnja može biti zamjena materijala, popravak stroja, podešavanje stroja, zamjena alata, novo mjerilo, uputa radniku, promjena postupka, promjena nacrt, promjena radnog naloga, reklamacija dobavljaču ili ostalo.

Nakon što se korektivne radnje izvrše, potrebno je ispuniti dio koji govori o učinkovitosti provođenja istih, o razini ispravnosti ispitivanja ili mjerenja, potrebi izvršavanja naknadnih mjera ili potrebi za novim izvješćem o nesukladnosti.

Korektivne radnje podrazumijevaju postupke ili operacije koje se poduzimaju radi eliminiranja postojećih nesukladnosti, njihovog efekta na proces ili neke druge neželjene situacije, a sve uz krajnju svrhu prevencije ponove pojave istih grešaka.

3. PRIMJER ANALIZE NESUKLADNOSTI

Cilj diplomskog rada bit će analiza izvješća i zapisa o nesukladnosti iz prethodno spomenutog poduzeća MIDI d.o.o. kako bi se raznim raspoloživim alatima dobio uvid u najproblematičnije greške i objasnio uzrok pojave tih grešaka. Na taj će se način identificirati najkritičnije točke proizvodnje, te će se s obzirom na njih moći predložiti konkretni postupci koji se mogu provesti u proizvodnji kako bi se razmatrane greške minimizirale.

Kao uvodni pokazni primjer jedne od takvih provedenih analiza, uzet je primjer analize nesukladnosti u proizvodnji odljevaka. Koriste se razni alati iz područja kontrole kvalitete, Ishikawa dijagram i Pareto analiza koji će biti ukratko opisani u slijedećim poglavljima. Odabrano je područje lijevanja iz razloga što su autori željeli unaprijediti razvoj ljevaonica iz njihove države, Poljske, te ju tako uzdignuti na ljestvici najvećih europskih proizvođača odljevaka s trinaestog mjesta naviše. Glavni problem proizvoda koje daju njihova postrojenja je preslaba kvaliteta proizvedenih odljevaka. Da bi se to poboljšalo, potrebno je pojačati nadzor nad kompletnim procesom, počevši od kontrole samih ulaznih materijala u smislu njihove kvalitete i kvantitete, kroz kontrolu procesa taljenja tih materijala, pa do krajnje obrade proizvoda.

3.1. Primjena Pareto analize za identifikaciju ključnih nesukladnosti

Paretovo načelo ili načelo 80/20 utvrđuje da između uzroka i rezultata, ulaza i izlaza te napora i postignuća postoji ugrađena neravnoteža, odnosno da manjina uzroka, ulaza ili napora obično dovodi od većine rezultata, izlaza ili dobitaka [9]. To doslovno znači da na primjer 80 % onoga što postizemo u našem radu dolazi od 20 % potrošenih napora i vremena. Prema tome za praktične je svrhe četiri petine napora u velikoj mjeri nevažno.

Načelo 80/20 otkriva da malo od onoga što radimo stvarno daje važne rezultate. Stoga utvrđivanjem tih 20 % i usmjerivanjem naših napora na njih možemo otključati ogromni potencijal tih magičnih 20 % i u velikoj mjeri povećati našu djelotvornost i preoblikovati naše poslovanje. Stoga to načelo treba upotrebljavati svaka osoba i svaka organizacija u svojem svakodnevnom radu. Njegova uporaba povećava djelotvornost i omogućuje postizanje rezultata s manje napora, umnogostručuje profitabilnost tvrtke i djelotvornost svake organizacije, a paralelno s time pridonosi i sniženju troškova poslovanja.

Mnogi su primjeri djelovanja Paretova načela potvrđeni u gospodarstvu. Dvadeset posto proizvoda obično čini oko 80 % prodane vrijednosti, u novčanome iznosu isto tako 20 % kupaca obično također osigurava oko 80 % dobitka organizacije. Dobar model za opis ovog načela 80/20 je stroj s unutarnjim izgaranjem, kojeg vidimo svakodnevno, a iskoristivost utrošene energije mu je otprilike 20 % dok se najveći dio energije gubi u izgaranju.

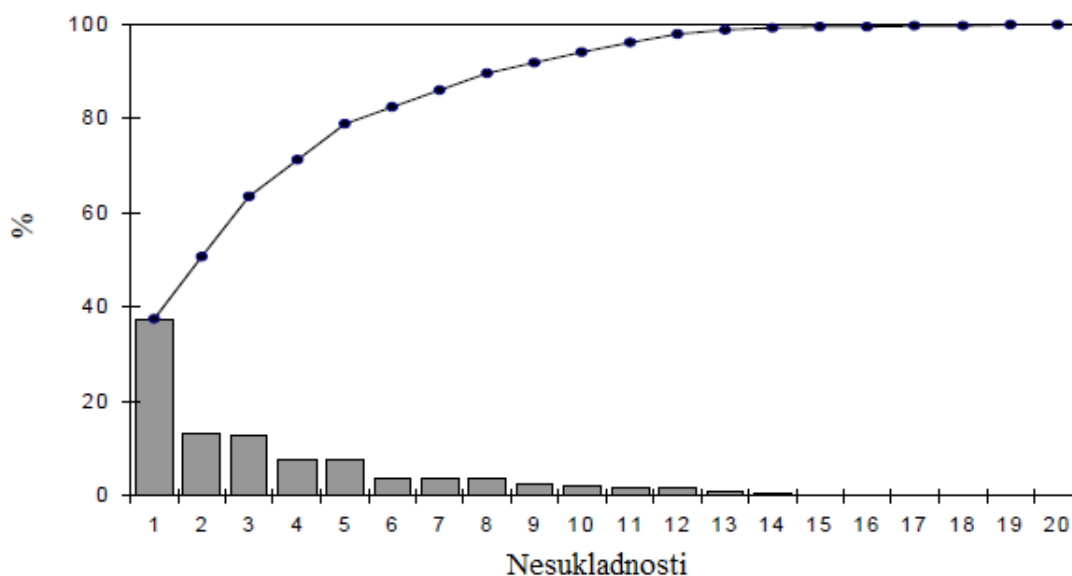
Razlog zašto je načelo 80/20 tako važno u tome je što je ono u neku ruku nelogično i protivi se našoj intuiciji. U našoj je naravi da očekujemo da svi uzroci ugrubo imaju isto značenje, da svi problemi imaju velik broj uzroka tako da nije vrijedno izdvajati nekoliko ključnih uzroka, da su sve mogućnosti grubo govoreći iste vrijednosti tako da ih mi sve jednako obrađujemo. Vjerovanje da su uzroci i rezultati općenito jednako uravnoteženi (da će 50 % uzroka ili izlaza dati 50 % rezultata ili izlaza) duboko je ukorijenjeno u naš mentalni sklop. Kad bismo međutim analizirali dva skupa podataka koja se odnose na uzroke i rezultate, najvjerojatnije bismo kao rezultat dobili određeni model neravnoteže. Kad saznamo pravi odnos vjerojatno ćemo biti iznenađeni stupnjem njihove neravnoteže. Postavlja se pitanje zašto bismo se trebali brinuti za načelo 80/20? Shvaćali mi to načelo ili ne, ono utječe na naš život, na naš društveni svijet i na mjesto na kojemu radimo. Međutim razumijevanje načela 80/20 daje dublji uvid u ono što se stvarno događa u poslovnoj okolini.

Za Pareto analizu korišteni su podaci iz prethodnih 4 mjeseci za promatranu serijsku proizvodnju odljevaka. Na temelju statističke usporedbe i grafičkog prikaza parametara nesukladnosti iz Tablice 1 vidljivo je da za 79 % ukupno identificiranih nesukladnosti uzrok 25 % tipova nesukladnosti [10]. Tih 79 % nesukladnosti povezuje slijedećih 5 glavnih problema: puknuća odljevaka, mehaničke greške, pojava poroznosti, rupe u pješčanom kalupu te neravni rubovi (pojava srha). Promatranjem učestalosti pojave tih grešaka kroz promatrano razdoblje može se zaključiti kako jednaki faktori utječu na destabilizaciju proizvodnje.

Tablica 1. Raspodjela nesukladnosti za promatrano razdoblje iz primjera [10]

Br.	Raspodjela nesukladnosti	Vrijednost, %	Kumulativno, %
1	Puknuće	37,5	37,5
2	Mehaničke greške	13,3	50,8
3	Poroznost	12,8	63,6
4	Rupe u pješčanom kalupu	7,8	71,4
5	Srh	7,6	79
6	Nedolivenost odljevka	3,6	82,6
7	Urušavanje kalupa	3,5	86,1
8	Greške skupljanja kod hlađenja	3,5	89,6
9	Udubine	2,4	92
10	Pomak kalupa	2,2	94,2
11	Pregrijanost	1,9	96,1
12	Hladni uključci	1,8	97,9
13	Greške oblika	1	98,9
14	Nestaljeno područje	0,4	99,3
15	Usahline	0,2	99,5
16	Pretaljivanje	0,1	99,6
17	Pretaljivanje jezgre	0,1	99,7
18	Protaljivanje jezgre	0,1	99,8
19	Nemetalni uključci	0,1	99,9
20	Penetracija litine	0,1	100

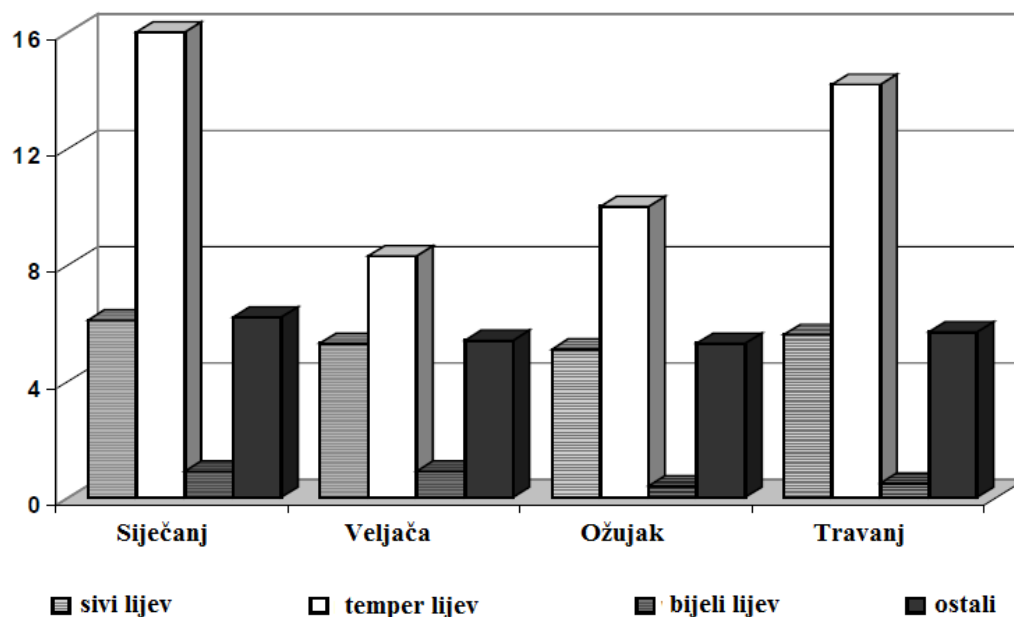
Podaci iz prethodne tablice 1 mogu se prikazati grafički radi lakše analize glavnih grešaka za promatrani primjer, što je prikazano na slici 9.



Slika 16 Grafički prikaz udjela nesukladnosti za pokazni primjer lijevanja [10]

Iz prethodne tablice i grafičkog prikaza udjela pojedine greške vidljivo je kako bi eliminacija greške puknuća odljevaka rezultirala smanjenjem ukupne vrijednosti nesukladnosti za 40 %, što daje kvalitetan uvid u smjer prema kojemu bi se korektivne radnje trebale usmjeriti kako bi se što brže maksimalno povećala razina kvalitete procesa.

Slijedeći dio analize provedene od strane autora korištenog rada bio je dobivanje uvida u raspodjelu nesukladnosti prema vrsti lijeva koji se izrađuje u promatranom razdoblju od 4 mjeseci. Ta je raspodjela prikazana grafički na slici 10.



Slika 17 Prikaz nesukladnosti prema vrsti lijeva iz primjera [10]

Kao rezultat iz provedene analize, većina nesukladnosti dešava se kod proizvodnje odljevaka od temper, odnosno kovkastog lijeva. Glavne nesukladnosti koje su pronađene u krajnjoj kontroli su pukotine na površini odljevaka, mehanička oštećenja koja su nastala prilikom izbacivanja odljevaka iz njihovih kalupa, rupe u pijesku te srhovi.

3.2. Primjena Ishikawa dijagrama za identifikaciju uzroka pojave nesukladnosti

Ishikawa dijagram počeo je razvijati prof. Kaoru Ishikawa na Sveučilištu u Tokiju 1943. godine. Ishikawa dijagram predstavlja jednostavnu i vrlo korisnu metodu za sagledavanje što više mogućih uzroka koji dovode do posljedice/problema koji se analizira, a sve u cilju poboljšanja i unapređenja poslovnih procesa u nekoj organizaciji [1]. Vizualni prikaz uzroka koji ova metoda pruža olakšava analizu njihovog međusobnog odnosa i značaja. On grafički ilustrira odnos između datog izlaza i svih faktora koji utječu na izlaz.

Ishikawa dijagram, u pravilu, izrađuje grupa stručnjaka (djelatnika) koji imaju

dostatna saznanja o razmatranom problemu, a poželjno je da su u grupi pojedinci različitih kvalifikacija i raznih stručnih područja. Prema iskustvu, najefikasniji učinci postižu se radom u grupi od 4 do 8 ljudi pri čemu rad grupe (izrada dijagrama) koordinira voditelj grupe koji je imenovan od strane vodstva, tj. uprave. Tijekom izrade dijagrama rasprave trebaju biti svedene na minimum, a čime također upravlja voditelj grupe. Rasprava služi, u pravilu, samo za poticanje "oluje mozgova", a rezultat toga pretače se u dijagram. Ishikawa dijagramom se stvara brza slika o problemu koji se rješava, te se vrlo efikasno dobiva odraz kolektivnog znanja.

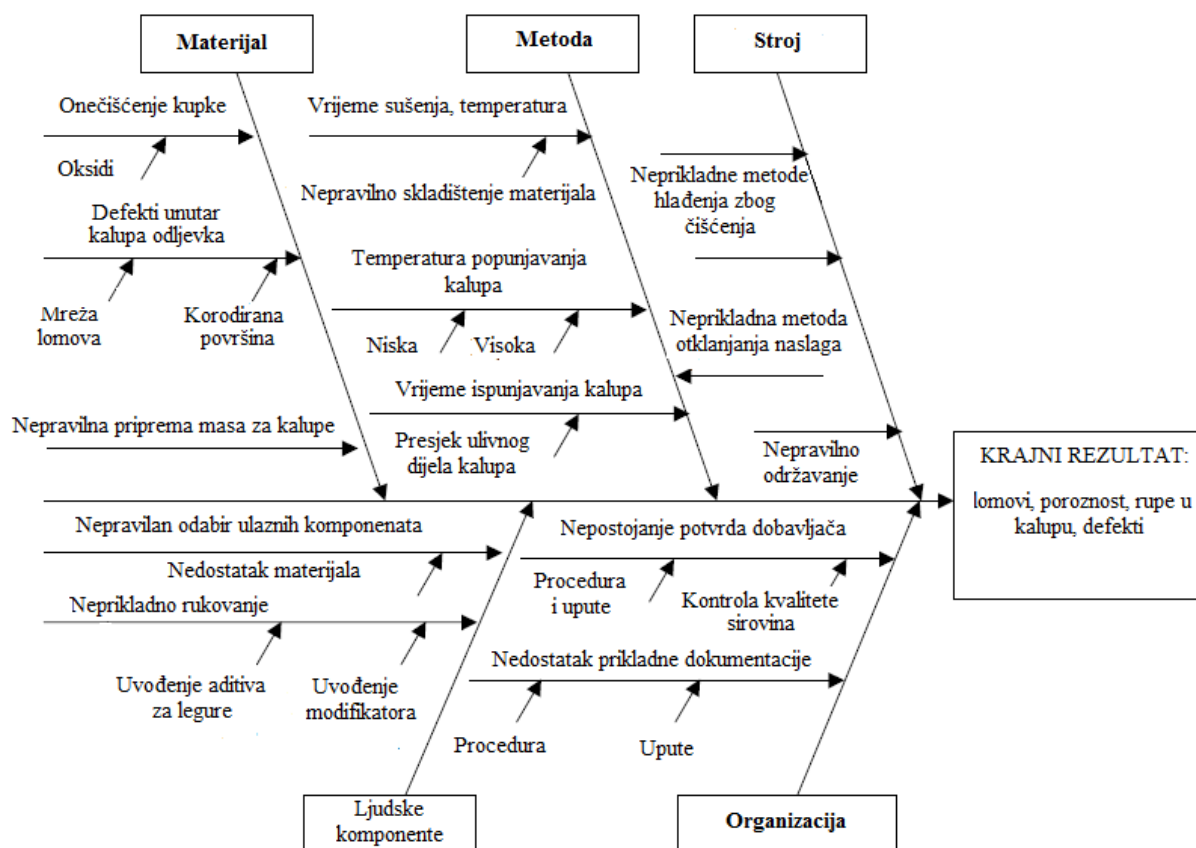
Prilikom primjene dijagrama učesnici konstruiraju grafički prikaz uzroka organiziranih tako da pokažu njihov odnos sa specifičnom posljedicom. Konstruiranje dijagrama se sastoji od identificiranja problema, odnosno posljedice, identificiranja uzroka te određivanja drugih faktora koji utječu na pojavu uzroka. Identifikacija drugih faktora koji utječu na pojavu uzroka se najlakše provodi nizom pitanja „zašto?“.

Analiza pomaže da se identificiraju uzroci koji opravdavaju daljnje istraživanje. Pošto "dijagram uzrok-posljedica" identificira samo moguće uzroke tim u daljem radu može odrediti uzroke na koje će se prvo fokusirati. Prilikom analize dijagrama najvažnije je identificirati uzroke na kojima se mogu poduzeti odgovarajuće i prikladne aktivnosti kako bi se postojeći utjecaj uklonio ili barem minimizirao na najmanju moguću mjeru. Izrada ovakvog dijagrama sama po sebi je edukativnog karaktera, jer se kroz izradu ovakvog dijagrama može puno toga naučiti o nekom konkretnom problemu, tj. o uzrocima tog problema. Dijagram Riblja kost također predstavlja razinu znanja koju posjeduje tim za rješavanje problema. Taj dijagram je isto tako jako dobar jer rezultira s aktivnim traženjem za glavnim uzrocima problema.

Ne treba smetnuti s uma i da ovakav dijagram također ima i nedostataka. Jedan od njih je kada se radi o nekom vrlo složenom problemu, koji ima mnogo mogućih uzroka i poduzroka, pa onda dolazi do nepreglednosti i glomaznosti dijagrama. Primjena ovog dijagrama je široka, tj. taj dijagram je univerzalno primjenjiv naročito za poboljšanje procesa sa svrhom optimiziranja, produktivnosti, troškova itd., te za analizu grešaka, reklamacija i drugih nedostataka. Primjena ovog dijagrama je također vrlo dobra kada se radi o nekim kompleksnim strukturama, tada se pomoću tog dijagrama vrlo dobro može vizualizirati te kompleksne strukture kako bi one postale preglednije.

Dijagrami za kontrolu procesa proizvodnje korišteni su u prethodnom podnaslovu u svrhu klasifikacije nesukladnosti u grupe s obzirom na uzroke nesukladnosti, odnosno grešaka odljevaka kako bi se identificirala vrsta nesukladnosti koja se najčešće pojavljuje [10].

Nadalje, analiza „cause and effect“ je provedena u suradnji s nadzornicima pojedinih odjela, a rezultati te analize su prikazani u obliku Ishikawa dijagrama koji je prikazan na slici 11.



Slika 18 Ishikawa dijagram identifikacije uzroka pojave nesukladnosti za odljevke iz pokaznog primjera [10]

Zaduženi stručnjaci upućeni u problematiku predložili su prvotno eliminiranje izvora, odnosno uzroka pojave lomova odljevaka, i to u fazi termičke obrade materijala lijevanja te u fazi mehaničkog izbijanja odljevaka iz njihovih kalupa. Kako bi svi potrebni aspekti bili uzeti u obzir, analiza je provedena za svih 5 prethodno spomenutih glavnih grupa uzroka nesukladnosti. Provedena je i zasebna analiza koja promatra utjecaj strojeva i proizvodnih pogona na razinu kvalitete proizvoda. U svrhu toga, uspostavljeni su indikatori kontrole kvalitete za svaki od strojeva iz promatranog proizvodnog pogona. U kategoriji uzroka pojave nesukladnosti koja se odnosi za materijal posebna je pozornost usmjerena prema sadržaju oksida u proizvodnom ciklusu proizvodnje sirovina od strane dobavljača istih. Zasebno je analiziran i ostatak materijala koji se koristi u odjelu pripreme smjese za lijevanje, detaljno uzimajući u obzir uvjete skladištenja tih materijala te pravilno održavanje količine sastojaka

smjese. Detaljnijom analizom uzroka pojava nesukladnosti u promatranom pogonu za lijevanje, posebno je istaknut uzrok koji uzrokuje pojavu grešaka s najvećim postotkom, te su shodno tome glavni razlozi nesukladnosti lokalizirani na pogon s električnim pećima za taljenje. Nakon ove analize poduzete su hitne mjere, npr. pripremljen je novi operacijski dijagram kompletnog procesa te su dane posebne upute da se taj dijagram implementira u kompletan pogon u roku od mjesec dana od njegovog kreiranja. U svrhu što brže implementacije, pripremljeni dijagram je distribuiran u sve dijelove odgovorne za kvalitetu.

3.3. Prijedlozi upravljanja kvalitetom i dobivena poboljšanja [10]

Tim stručnjaka je, nakon analize utjecajnih faktora na razinu nesukladnosti lijevanja promatrajući i metodu lijevanja i organizaciju postupka, otkrio da bi se trenutni model upravljanja kvalitetom procesa lijevanja trebao poboljšati na način da se uvedu poboljšanja na sam taj proces, te da bi taj način poboljšanja u najvećoj mjeri pomogao podizanju razine kvalitete i smanjenju broja nepotrebnih pogrešaka. Cilj spomenutog je dinamičan utjecaj na implementaciju tehnološkog procesa, uzimajući u obzir varijable parametara procesa. U tu svrhu, definirane su točke procese koje je potrebno pomno pratiti kako bi se pravilno kontrolirali ulazni parametri procesa.

Što se tiče utjecaja uvedenih poboljšanja na promatrane procese u ovoj branši metalurške industrije koja se bavi lijevanjem, u narednih dva mjeseca od uvođenja korektivnih mjera poboljšanja bilo je vidljivo kako se udio nesukladnosti kod lijevanja odljevaka od temper lijeva upola smanjio, a paralelno je došlo i do povećanje samog kapaciteta proizvodnje ove vrste odljevaka za 12 %. Sve zajedno doprinijelo je do značajnih ekonomskih poboljšanja u obliku smanjenja troškova koji proizlaze iz upravljanja nesukladnim proizvodima u promatranom pogonu za 10 %.

Iz navedenog primjera koji uključuje pregled i analizu nesukladnosti, njihove uzroke i utjecaj na promatrani proces, predložena poboljšanja i njihov rezultirajući utjecaj na proces može se zaključiti kako je vrlo bitno provesti jednostavan proces analize nesukladnosti ukoliko imamo dovoljan broj podataka iz konkretne proizvodnje. Shodno tome, može se donijeti zaključak da taj proces analize, ukoliko je proveden pravilno i u suradnji s odgovarajućim osobama u proizvodnim pogonima, ima veliki potencijal za smanjenje troškova i povećanje kvalitete ako se provede pravilno.

4. DIJAGRAM TIJEKA PROCESA

Dijagram tijeka (eng. *Process flowchart, process flow diagram*) predstavlja sliku zasebno prikazanih i sekvencijalno poredanih koraka nekog procesa koji se pokušava tim dijagramom prikazati [11]. Jedan je od čestih alata za analizu procesa kod kontrole kvalitete i aktivnosti usmjerene poboljšanju iste.

Neki od elemenata koji su najčešće uključeni u dijagram tijeka su aktivnosti, odnosno operacije u nizu, materijali ili usluge koje ulaze ili izlaze iz procesa (ulazne i izlazne varijable), odluke koje je potrebno donijeti u nekom stadiju procesa, osobe, odnosno zaposlenici koji su uključeni u pojedinim fazama procesa, procjena utroška vremena na pojedinu operaciju iz dijagrama te mjerne karakteristike bitne kod procesa koji se promatra.

Dijagram tijeka je opći alat koji se može koristiti za razne primjene, te može biti koristan kod opisa širokog broja procesa ili operacija, kao što su proizvodni procesi, administrativni poslovi, poslovi održavanja, planiranja projekata i slično.

Dijagram tijeka najčešće se koristi kod:

- Potrebe za razumijevanjem svrhe i osnova procesa koji se promatra.
- Promatranja procesa s ciljem poboljšanja.
- Potrebe za komunikacijom s radnom okolinom.
- Potrebe za boljom komunikacijom između osoba koje su uključene u sam promatrani proces.
- Dokumentiranja procesa.
- Planiranja procesa.

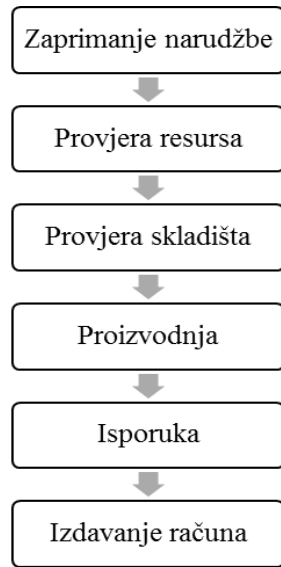
Koraci koji se mogu uzeti kao bazna procedura kod izrade dijagrama tijeka su:

1. Definiranje procesa koji će dijagram prikazivati. Ovaj korak podrazumijeva naslov na vrhu slike dijagrama.
2. Rasprava i odluka vezana uz granice procesa. Potrebno je odrediti u kojoj fazi i gdje proces počinje, odnosno završava. Dodatno je potrebno raspraviti i odlučiti do koje razine detalja će se proces razraditi.

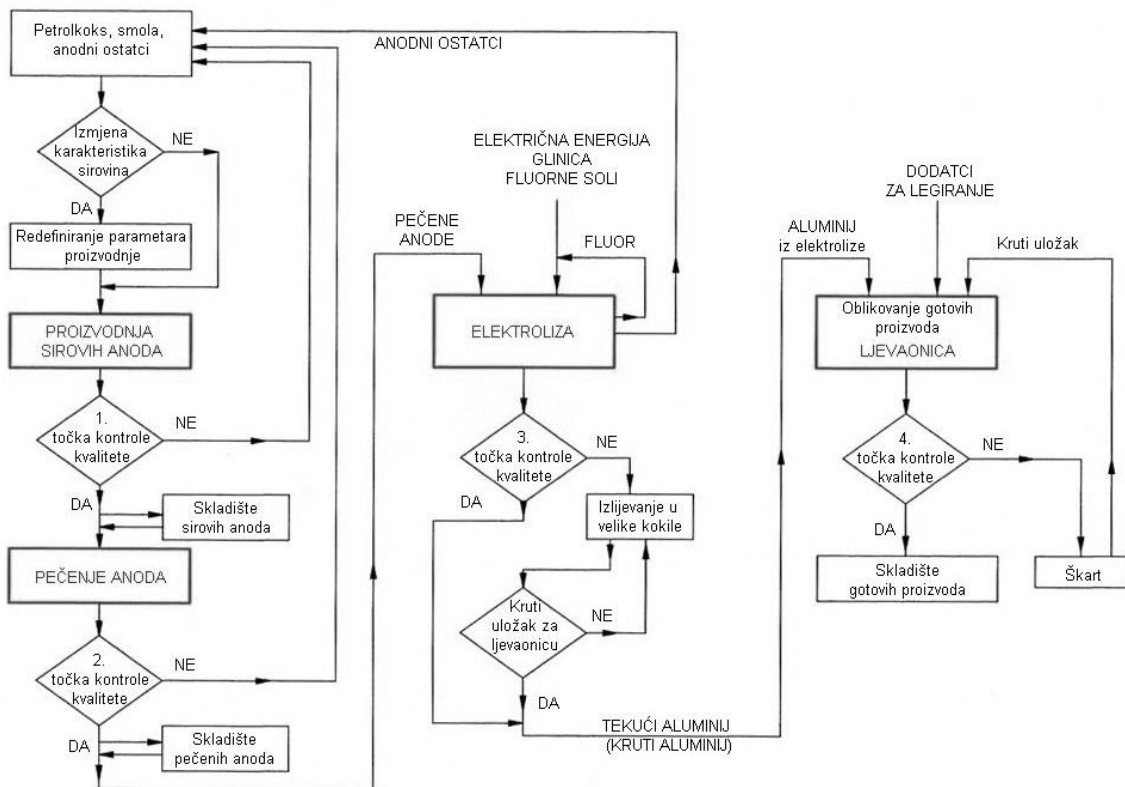
3. Primjenom oluje mozgove iznijeti ideje o svim aktivnosti koje su u proces uključene, te ih na neki način zabilježiti.
4. Sve aktivnosti iz prethodnog koraka koje su zapisane potrebno je poredati prema redoslijedu javljanja u procesu.
5. Kada se zaključi da su sve aktivnosti uključene te je potvrđeno kako su pravilno poredane, potrebno je iscrtati strelice koje prikazuju smjer odvijanja procesa koji se prikazuje.
6. Pregled dobivenom dijagrama s ostalima iz radne okoline koji su uključeni u aktivnosti iz dijagrama (radnici, nadzornici, dobavljači, kupci) kako bi svaka strana potvrdila da je proces ispravno prikazan.

Bitno je napomenuti kako nije potrebno proces savršeno prikazati jer ispravan i kvalitetan način prikaza procesa je onaj koji najlakše i najbrže omogućuje razumijevanja procesa od strane onih koji su njegov dio. Ukoliko je moguće, uključivanje svih tih osoba u proces izrade dijagrama tijekom može biti vrlo korisno. To naravno podrazumijeva sve osobe spomenute u prethodnom odlomku u posljednjem koraku, odnosno radnike, nadzornike, dobavljače i kupce. Ako njihovo sudjelovanje nije moguće, potrebno je barem pokušati pridobiti informacije za koje oni smatraju da bi bilo dobro prikazati u dijagramu tijekom, te im među pojedinim prethodno spomenutim fazama izrade samog dijagrama prikazati napredak s ciljem dobivanja povratne informacije. Nikako se izrada dijagrama tijekom ne bi trebala prepustiti nekome tko smatra da je tehnički stručnjak u tome području, već upravno onima koji se bave procesom koji se želi prikazati.

Dijagrami tijekom mogu biti jednostavno ili detaljno prikazani, što je prikazano na slijedećim slikama, a sam prikaz naravno ovisi o razlozima izrade dijagrama tijekom i o cilju koji se time želi postići, pa će tako za običnu edukaciju ili podsjetnike radnicima u proizvodnji biti dovoljno jednostavno prikazati proces bez detalja, dok će za velike analize s ciljem pronalaska problema i ispravka istih biti potrebno prikazati daleko manje detalje procesa kako bi se on mogao što kvalitetnije analizirati.

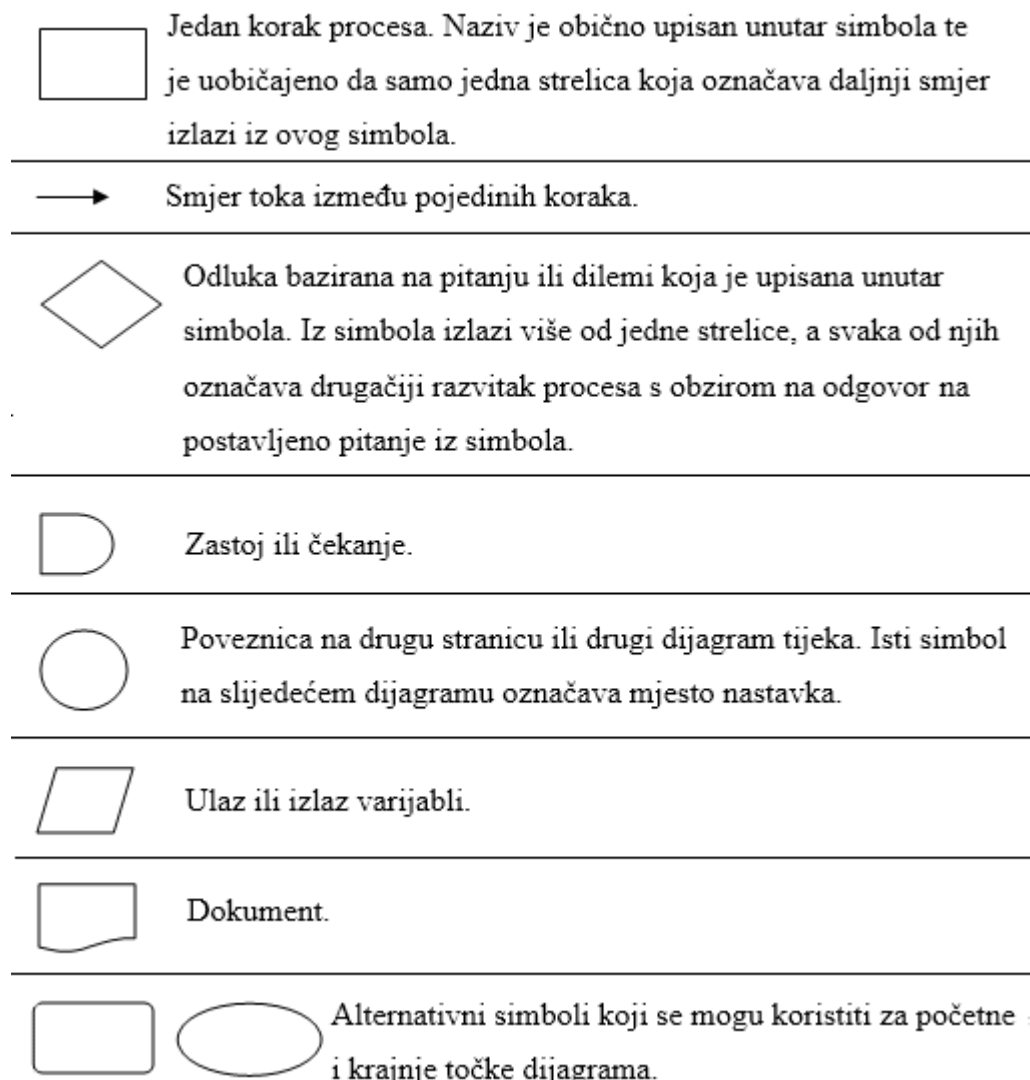


Slika 19 Prikaz jednostavnog dijagrama tijeka za proizvodnju [11]



Slika 20 Prikaz detaljnog dijagrama tijeka za proces proizvodnje aluminija [12]

Što se tiče najčešće korištenih simbola kod detaljnih dijagrama tijeka koji se koriste u industriji, oni su prikazani na slijedećoj fotografiji, uz objašnjenje o značenju svakog od njih.



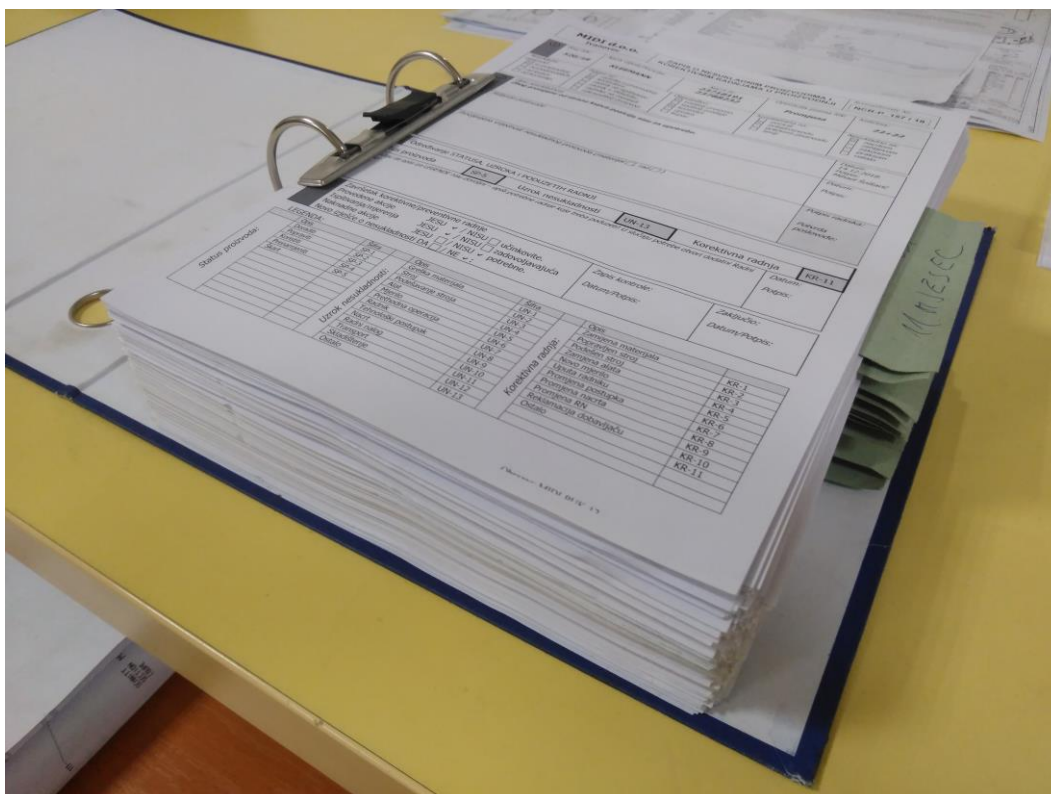
Slika 21 Prikaz najčešće korištenih simbola za dijagrame tijeka[11]

Korisno je spomenuti kako je u današnje moderno doba izrada spomenutih dijagrama uvelike olakšana putem raznih programskih paketa ili internetskih stranica koje same generiraju simbole i povezuju ih prema željama korisnika, međutim njih je možda bolje koristiti kao završnu fazu izrade već kompletiranog dijagrama, čisto iz estetskih razloga, a samu prvotnu izradu je bolje obaviti ručno kako je i predloženo u prijašnjih koracima, a s ciljem kako bi se više vremena posvetilo razmišljanju o problemu koji se razrađuje te se na taj način povećala kvaliteta sadržaja dijagrama.

5. ANALIZA NESUKLADNOSTI IZ PODUZEĆA

Kao što je spomenuto u uvodnim rečenicama prethodnog poglavlja, cilj diplomskog rada je analiza izvješća i zapisa o nesukladnosti iz prethodno spomenutog poduzeća MIDI d.o.o. kako bi se raznim raspoloživim alatima dobio uvid u najproblematičnije greške i objasnio uzrok pojave tih grešaka. Na taj će se način identificirati najkritičnije točke proizvodnje, te će se s obzirom na njih moći predložiti konkretni postupci koji se mogu provesti u proizvodnji kako bi se razmatrane greške minimizirale.

Kako bi se ta analiza kvalitetno mogla odraditi, na korištenje su uzeti svi zapisi o nesukladnostima iz proizvodnje za posljednju završenu godinu, odnosno zapisi o nesukladnostima iz 2018. godine. Takvih je zapisa, odnosno izvješća ukupno 151, a svaki od njih uz svoj je sadržaj, koji obuhvaća osnovne informacije o problemu, popraćen i fotografijama iz pogona koje služe za lakše razumijevanje uočene nesukladnosti (ali i kao dokaz kontroloru koji ispunjava izvješće), te nacrtom kako bi se u svakom trenutku pregledavanja izvješća mogao dobiti uvid u zahtijevano stanje proizvoda, sklopa ili pozicije na kojem je došlo do nesukladnosti.



Slika 22 Izgled zapisa s izvješćima o nesukladnostima

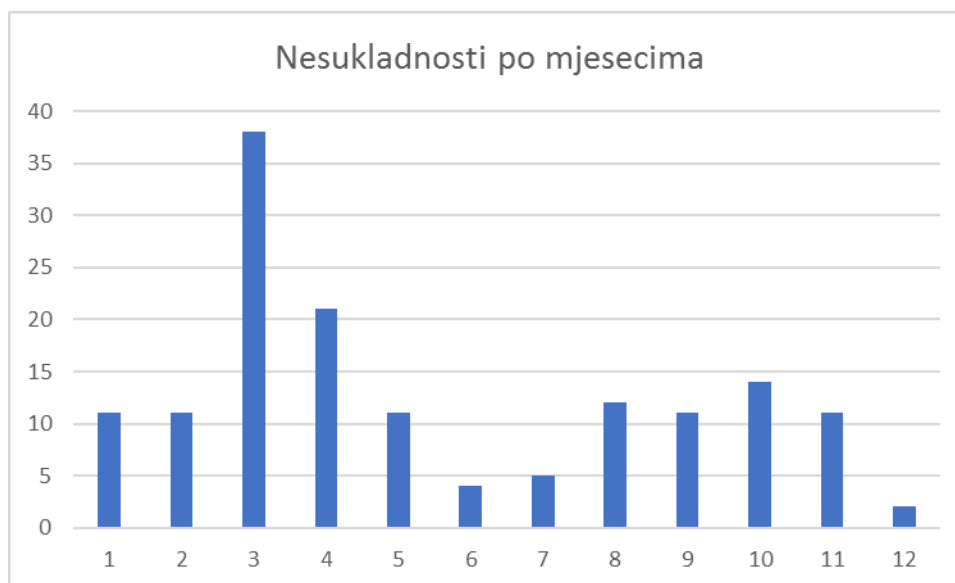
5.1. Dijagram tijeka proizvodnje

Prije nego li se krene u analizu izvješća o nesukladnostima, bit će prikazan općeniti dijagram tijeka proizvodnje iz tvrtke MIDI d.o.o. kako bi se dobio osjećaj samih aktivnosti koje se provode u spomenutom pogonu. Dijagram tijeka rađen je prema prethodnim uputama te je obuhvaćeno što je više moguće koraka i operacija koji su bitni za sami proces proizvodnje i njegovo promatranje. Nakon što je dijagram tijeka iscrtan ručno na komadu papira prema prijašnje postavljenim koracima, za potrebe ovog rada svi geometrijski oblici iscrtani su pomoću besplatne studentske verzije računalnog programa AutoCAD.

Dijagram jasno prikazuje tijek aktivnosti koje se odvijaju od samog početka kada tvrtka zaprimi narudžbu i analiza isplativost izrade, pa sve do krajnjih koraka kada izrađeni proizvod biva pakiran na siguran način te poslan kupcu putem dogovorenog transporta. Također je jasno vidljivo kako se u mnogim fazama proizvodnje provodi kontrola, i to od same ulazne kontrole primitka materijala, u smislu provjere ispravnosti količina, dimenzija, kvalitete, rokova te dostavljenih računa, otpremnica, potrebnih certifikata o kvaliteti materijala koje zahtjeva norma koja je sastavni dio proizvodnje ove tvrtke, a vidljive su i međufazne kontrole koje se provode nakon svih većih koraka u proizvodnji. Tako se npr. prva međufazna kontrola obavlja već nakon izrade i pripreme svih pozicija za proizvod u pogonu za pripremu pozicija (ovdje se podrazumijevaju operacije piljenja, rezanja plazmom i laserskim zrakama, zabušivanja i bušenja, savijanja i slično). Nakon te, slijedeća se međufazna kontrola provodi tijekom i nakon sklapanja poluproizvoda u bravarskim radionicama te zavarivanja ili strojne obrane, ovisno i tipu proizvoda i rasporedu operacija prema propisanom tehnološkom postupku. Kod nekih se proizvoda više puta u nizu izmjenjuju spomenute operacije izrade, pa je prilikom svake promjene lokacije proizvoda ili poluproizvoda potrebno izvršiti kontrolu kako bi se eventualni ispravci mogli obaviti još za vrijeme kada je proizvod u radionici gdje je do greške i došlo. Ukoliko je proizvod zadovoljio sve spomenute preglede, izdaje se mjerni protokol s izmjerenim dimenzijama kao potvrda ispravnosti proizvoda za slijedeću fazu, koja može biti zaštita premazima ukoliko je tako zahtijevano od strane kupca, pa je ovdje opet potrebno izvršiti međufaznu kontrolu u smislu provjere debljine premaza, zaštite površina koje nisu označene za bojanje (strojno obrađene površine, provrti, navoji i slično). Kada proizvod ispuni zahtjeve međufazne kontrole u ovoj fazi, šalje se na eventualnu završnu montažu ako se radi o takvom proizvodu, ili na pakiranje kako bi bio spreman za transport do kupca.

5.2. Raspodjela nesukladnosti u proizvodnji po mjesecima

Na samom početku analize, prije nego se uđe u uzroke i detalje, slijedeći će histogram prikazati raspodjelu pojave zabilježenih nesukladnosti iz zapisa prema mjesecima kroz godinu, kako bi se vidjelo u kojem je razdoblju došlo do najviših iznosa nesukladnosti, te u kojim područjima proizvodnje, kako bi se moglo razglabati o mogućim uzrocima koji smještaju te povećane iznose pojave nesukladnosti baš u ta razdoblja.



Slika 24 Prikaz pojave nesukladnosti u 2018. godini po mjesecima

Što se tiče cjelokupnog pregleda kroz godinu, prosječni iznos nesukladnosti iznosi 12,58 nesukladnosti po mjesecu, što bi značilo da zaposlenici kontrole zabilježe prosječno jednu nesukladnost u izvješće svakih 2,35 dana. Ali vidljivo je da ta raspodjela naravno nije ujednačena, te postoje značajna odstupanja od prosjeka.

Iz histograma je vidljivo kako je do najvećeg skoka u došlo s prijelaza iz veljače u mjesec ožujak, i to za iznos od 27 nesukladnosti više, odnosno povećanje od skoro 250 %, s iznosa od 11 na 38 nesukladnosti. Od spomenutog iznosa, 26 nesukladnosti iz mjeseca ožujka imaju za uzrok grešku uslijed zavarivanja, pa se može zaključiti kako su u dotičnom razdoblju operaciji zavarivanja dodijeljeni novi radnici koji zbog svojeg neiskustva te prirodno potrebnog vremena prilagodbe značajno doprinijeli povećanju grešaka.

Naredni mjesec travanj brojka je pala na 21, što je značajno poboljšanje, međutim taj iznos i dalje predstavlja povećanje od 90 % u odnosu na iznos nesukladnosti iz prvih dvaju mjeseci 2018. godine. To bi se smanjenje moglo pripisati procesu prilagodbe spomenutih novih zavarivača, što može potvrditi i iznos grešaka iz svibnja, koji odgovara onome s početka godine.

S druge strane, vidljivo je kako je kroz ljetne mjesec, odnosno lipanj i svibanj, smanjen broj nesukladnosti u odnosu na prosjek, i to u iznosima od 4 i 5. Takav bi se pad mogao objasniti činjenicom da većina radnika odlazi na godišnje odmore upravo u tom razdoblju, pa se prethodne tjedne radi pojačano kako bi se napravilo dovoljno zaliha za neometan rad kroz tjedne kada je većina radnika na odmoru, a smanjen je i obujam posla.

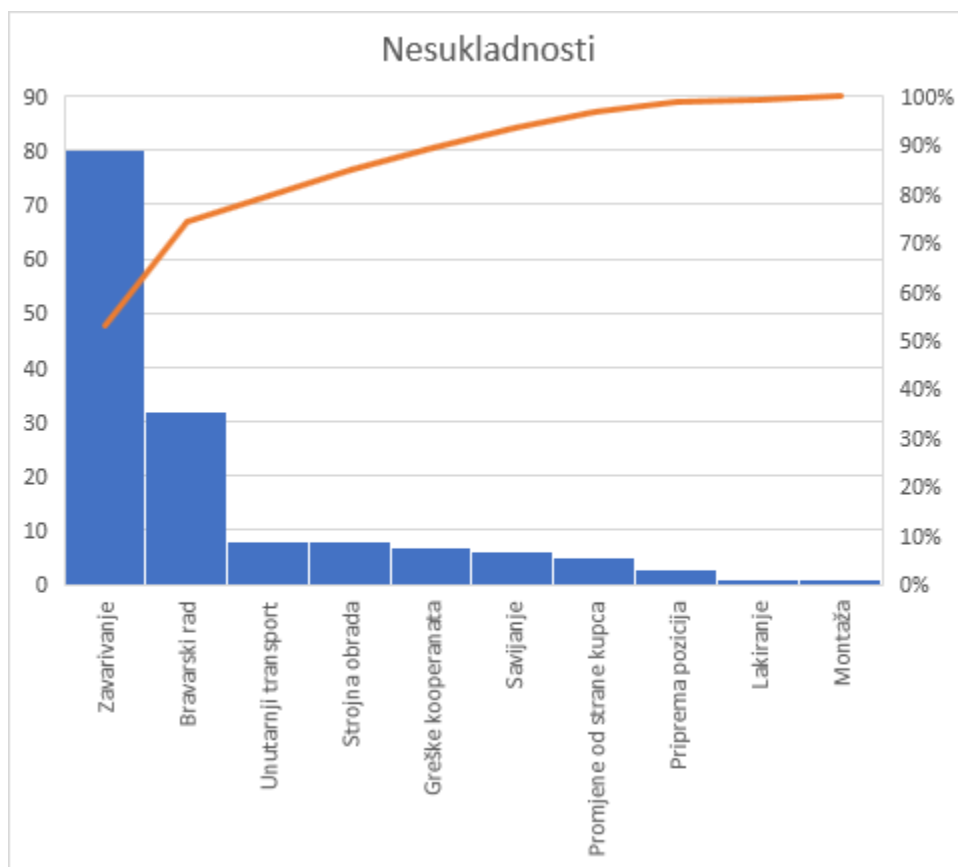
5.3. Raspodjela nesukladnosti po radnom mjestu

Nakon pregleda svih izvješća, ona su podijeljena prema radnim operacijama, odnosno radnim mjestima koja predstavljaju izvor pojave nesukladnosti. Prema tome, greške su se pojavljivale kod lakiranja, montaže, pripreme pozicija, savijanja, unutarnjeg transporta, strojne obrade, bravarskog rada, zavarivanja, ali uočene su i greške nakon ulazne kontrole pozicija i proizvoda koje su uslijed neke faze svojeg završenosti bile poslone kooperantima, a također postoje i nesukladnosti do kojih je došlo uslijed nenadane promjene u dimenzijama s nacrtu ili promjene u zahtjevima nekog dijela od strane kupca, odnosno naručitelja. Do takvih grešaka dolazi jer se zbog velikog obujma posla i unaprijed dogovorenih poslova i termina isporuke kroz godinu pokušava biti ispred rokova pa se u tu svrhu osnovne pozicije izrađuju unaprijed, pa se može desiti da kupac izda promjenu za neku od tih pozicija koje su već izrađene po zahtjevima i nacrtima prije promjene. Na to se ne može utjecati pa se zapravo takve situacije ni ne mogu brojiti kao prave greške u proizvodnji, ali svejedno one jesu nesukladnosti i za posljedicu imaju trošak materijala, rada ili slično, pa će ovdje biti uzete u obzir.

Tablica 2. Raspodjela nesukladnosti prema radnom mjestu nastanka

Br.	Raspodjela nesukladnosti	Vrijednost, %	Kumulativno, %
1	Zavarivanje	52,98	52,98
2	Bravarski rad	21,19	74,17
3	Strojna obrada	5,30	79,47
4	Unutarnji transport	5,30	84,77
5	Greške kooperanata	4,64	89,40
6	Savijanje	3,97	93,38
7	Promjene od strane kupca	3,31	96,69
8	Priprema pozicija	1,98	98,68
9	Montaža	0,66	99,34
10	Lakiranje	0,66	100,00

Podaci iz prethodne tablice mogu se prikazati grafički radi lakše analize glavnih grešaka i uvid u raspodjelu, što je prikazano na slijedećoj slici.



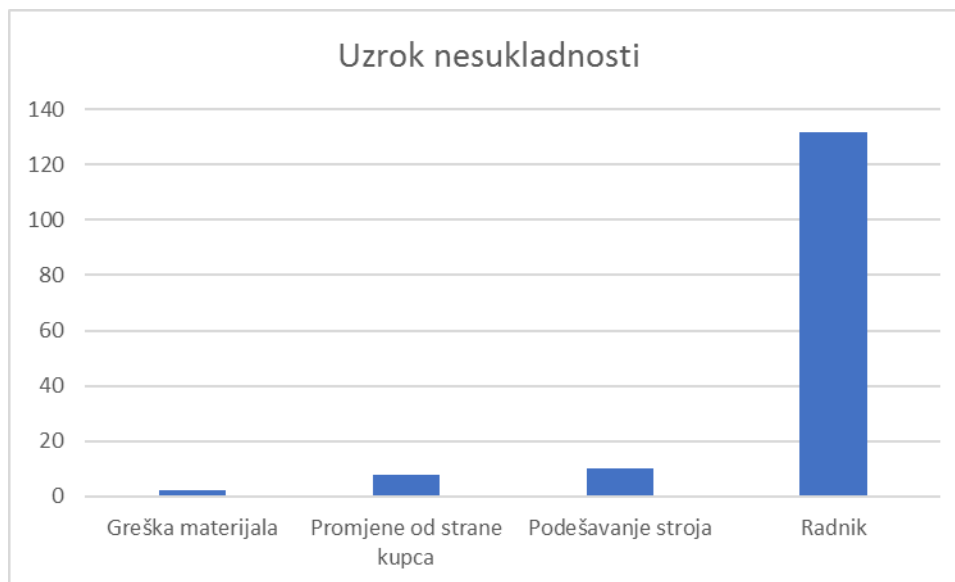
Slika 25 Grafički prikaz nesukladnosti iz tablice 2

Iz prethodne tablice i grafičkog prikaza udjela pojedine greške vidljivo je kako se najviše grešaka javlja kao posljedica greške tijekom operacije zavarivanja, i to u iznosu od 53 % ukupno zabilježenih nesukladnosti. Nesukladnosti uzrokovane zavarivanjem slijede one nastale tijekom bravarskih radova, odnosno sklapanja pozicija u sklopove i podsklopove, i to s udjelom od 21 % od ukupno zabilježenih nesukladnosti. Spomenute greške kod zavarivanja i bravarskog sklapanja zajedno iznosi velikih 74 % udjela, odnosno tri četvrtine od ukupno 151 zabilježene nesukladnosti.

Prethodne informacije nam daju jasan uvid u koja područja bi poduzeće trebalo usmjeriti svoj trud kako bi se pokrio veliki udio grešaka, smanjila potreba za doradama ili eventualno izradom novih dijelova, a sve s ciljem povećanja produktivnosti i kvalitete, te smanjenja troškova izrade i vremena izrade, odnosno isporuke naručenih proizvoda. Fokusiranjem na probleme kod zavarivanja i bravarskih radova poduzeće može potencijalno eliminirati 74 % svojih nesukladnosti.

5.4. Raspodjela nesukladnosti prema uzroku

U slijedećem dijelu analize obraćena je pozornost na uzroke nesukladnosti, koji uključuju grešku u materijalu, promjene od strane kupca (kao što je prethodno spomenuto, ne može se utjecati na ovaj uzrok), pogrešno podešavanje stroja i sam utjecaj radnika na pojavu grešaka u proizvodnji. Slijedeća slika prikazuje tu raspodjelu.



Slika 26 Grafički prikaz raspodjele uzroka nesukladnosti

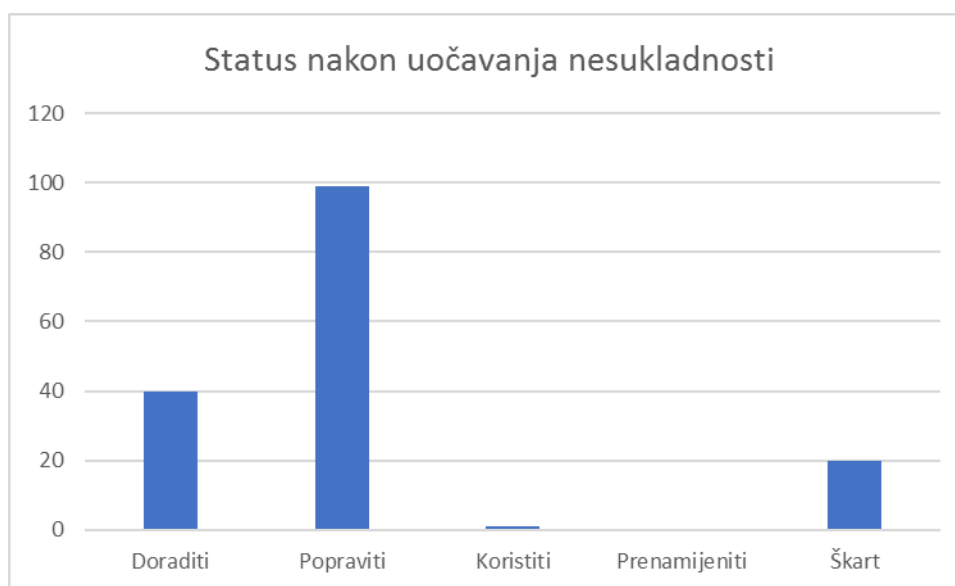
Kao što je vidljivo, 87 % nesukladnosti može se pripisati direktno radnicima, skoro 7 % samom stroju, 5 % otpada na nesukladnosti nastale uslijed promjena u zahtjevima od strane naručitelja, a nezamjetan iznos otpada na nesukladnosti koje su nastale kao posljedica grešaka u materijalu.

5.5. Raspodjela nesukladnosti prema statusu nakon uočavanja

Nakon što je nesukladnost uočena, te kontrolor krene s ispunjavanjem izvješća, u jednom dijelu istog potrebno je navesti status proizvoda ili pozicije na kojem je nesukladnost uočena. Prema vrsti i utjecaju pronađene greške taj status može poprimiti više oblika, odnosno proizvod može zbog dotične nesukladnosti biti doraden, popravljen, korišten u zatečenom stanju, prenamijenjen ili odbačen kao nesukladna jedinica, odnosno škart. Taj podatak zapravo predstavlja radnju, odnosno aktivnost koja je određena da će se pokrenuti kako bi se eliminirala nastala nesukladnost.

Ponekad se može desiti kako je nesukladnost pronađena na poziciji koja se izrađuje u manjim serijama, iz razloga jer je naručeno više komada istog proizvoda, ili je za jedan proizvod potrebno više komada neke pozicije. Kada se tome doda pojava promjene zahtjeva kupca koji npr. zahtjeva da se tražena promjena uvede nakon određenog broja izrađenih i

kompletiranih proizvoda, tada se s obzirom da je izrađeno više pozicija po prethodnom zahtjevu, može u izvješće upisati više statusa za jednu pronađenu nesukladnost, jer će se dio izrađene serije iskoristiti za izradu proizvoda prema starim zahtjevima, a dio će se morati doraditi, popraviti ili biti odbačen, ovisno o prirodi promjene koju kupac zahtjeva da bude uvedena. To je razlog zbog kojeg na slijedećem histogramu ukupna suma vrijednosti smještenih u pojedinu kategoriju statusa neće odgovarati ukupnom broju od 151 nesukladnosti, koji se spominje na početku odlomka.



Slika 27 Grafički prikaz raspodjele statusa proizvoda ili pozicije nakon uočavanja nesukladnosti

Vidljivo je kako se većina pronađenih nesukladnosti dala popraviti te dalje iskoristiti kao ispravan dio, neke je bilo potrebno dodatno doraditi kako bi udovoljavale postavljenim zahtjevima, a značajan je i udio nesukladnih jedinica koje su morali biti odbačene, odnosno proglašene nesukladnim jedinicama, tzv. škartom, koji zapravo predstavlja najveći trošak za proizvodnju, jer je utrošen materijal potreban za izradu, vrijeme na jednoj ili više radnih operacija, te vrijeme kontrolora koji se problemom bavio, a sve navedeno opet se mora provesti, odnosno utrošiti vrijeme i materijal kako bi se nesukladna jedinica zamijenila ispravnom koju je potrebno ponovno izraditi. Zanimljivo je kako u nijednom slučaju nije bilo moguće nesukladne jedinice prenamijeniti u drugu svrhu, što zapravo i nije iznenađujuće kada se uzme u obzir da tvrtka čije se nesukladnosti analiziraju u ovom radu ne izrađuje proizvode bliskih dimenzija i karakteristika (npr. ne izrađuju se kućišta nekog stroja koji ima isti oblik za različite snage i veličine izvedbe).

5.6. Raspodjela nesukladnosti prema poduzetim korektivnim radnjama

Kao što je spomenuto u uvodnom djelu ovog rada, sastavni dio svakog otklanjanja nesukladnosti je i određivanje i izvršavanje prikladne korektivne radnje. Taj pojam u izvješću koja se ovdje obrađuju podrazumijeva aktivnost koja je provedena kako bi se spriječila daljnja pojava istih ili sličnih grešaka s obzirom na prirodu i uzrok nesukladnosti. Može se reći da je to korektivna radnja usmjerena preventivi pojave već uočenih nesukladnosti, odnosno korektivno preventivna radnja ili aktivnost.

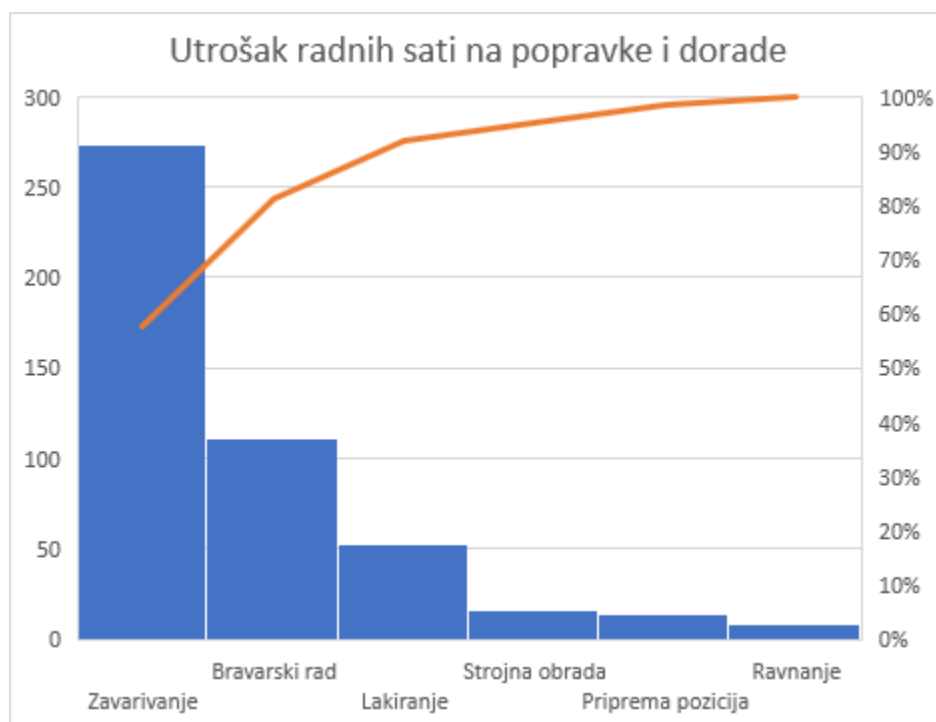


Slika 28 Grafički prikaz raspodjele prema korektivno preventivnim radnjama

Kao što je vidljivo sa prethodne slike, u 70 % slučajeva spomenuta aktivnost podrazumijeva davanje upute radniku ili radnicima koji su bili ljudski faktor u pojavi nesukladne jedinice. To je vrijedna informacija jer se veže s prethodno dobivenim podacima kada je bilo vidljivo da su za 87 % uočenih nesukladnosti odgovorni upravo radnici. S obzirom da se u mnogim izvješćima spominje nepažnja radnika ili nedovoljno znanje, uz nepoštivanje tehničkog procesa do kojeg dolazi uslijed žurbe, može se zaključiti kako je novim radnicima iz nekog razloga težak period prilagodbe te se tu pojavljuje puno grešaka, zbog novog okruženja, nedovoljne upućenosti u zahtjeve, premale zainteresiranosti u izvršavanje zadane operacije prema zahtjevu. Poznata je informacija kako se kroz godinu često mijenjaju radnici na poslovima zavarivanja (a dodatno je u prethodnom podnaslovu vidljivo da gotovo 53 % nesukladnosti otpada na greške kod operacije zavarivanja), što je samo dodatna potvrda prethodno ispisanim rečenicama. Bitno je spomenuti da postoji i znatan udio grešaka otkrivenih ultrazvučnim ispitivanjem zavarenih spojeva, a to su greške na koje je teško utjecati i javljaju se redovito.

5.7. Utrošak radnih sati uslijed nesukladnosti u proizvodnji

Cilj svake analize grešaka iz proizvodnje je i utvrđivanje troškova, jer se svaka analiza i provodi s ciljem poboljšanja kvalitete poslovanja i smanjenja troškova. Od ukupno 151 promatranih izvješća, otprilike tri četvrtine ima navedeni podatak o utrošenom vremenu na ispravak nesukladnosti, odnosno doradu ili popravak. Ta je raspodjela prikazana na slijedećem kumulativom histogramu.



Slika 29 Grafički prikaz raspodjele utrošenih radnih sati

Iz histograma je vidljivo da od ukupno 474 zabilježenih radnih sati ispravka nesukladnosti na operaciju zavarivanja otpada 57 %, odnosno 273 radnih sati. Slijede bravarski poslovi sklapanja od 23 %, odnosno 111 radnih sati. Iako je u samo šest slučajeva zabilježeno da se korektivna radnja obavlja operacijom zaštite lakiranjem, ukupan iznos radnih sati je na trećem mjestu s 52 radnih sati, odnosno više od 10 %. Taj podatak je jasan kada se u obzir uzme količina vremena koje je potrebno utrošiti kako bi se završni proizvod pripremio za lakiranje (taj postupak uključuje operacije čišćenja, pranja, zatvaranja rupa, strojno obrađenih površina i slično), obojao, te osušio. No s druge strane, podatak od 6 korektivnih radnji u tome području, na ukupno 151 pronađenu nesukladnost, što iznosi nepunih 4 % zapravo govori kako se većina nesukladnosti ipak uspije detektirati i ispraviti

prije završne faze zaštite premazima, što opet daje donekle dobru i pozitivnu ocjenu praćenju procesa proizvodnje od strane kontrolora.

Ako se u obzir uzme informacija da je prosječna plaća za radno mjesto zavarivača u Republici Hrvatskoj 5693 kuna [13], što prema izračunu poslodavca košta 9334,98 kuna [14], dobiva se informacija da je radni sat košta 58,34 kune, ako se uzme da je norma 160 sati. Uz prethodno spomenutih 273 radni sati dorade vezane uz poslove zavarivanja može se zaključiti kako je utrošeno 15927,80 kuna samo na spomenute dorade zavarivanja. Taj iznos podrazumijeva samo trošak radnih sati, bez uključivanja troška dodatno utrošenog materijala, strojeva, alata, cijene reklamacija zbog kašnjenja u isporuci i slično.

Kao što je prethodno spomenuto, otprilike tri četvrtine izvješća ima navedeni podatak o utrošenom vremenu na ispravak nesukladnosti, pa ukoliko se uzme prosjek po operacijama dorade te se doda taj prosječni broj utrošenih sati za ostala izvješća koja taj podatak nemaju naveden, dolazi se do slijedećeg histograma, u kojem je broj radni sati povećan sa 474 sati na 613 sati.

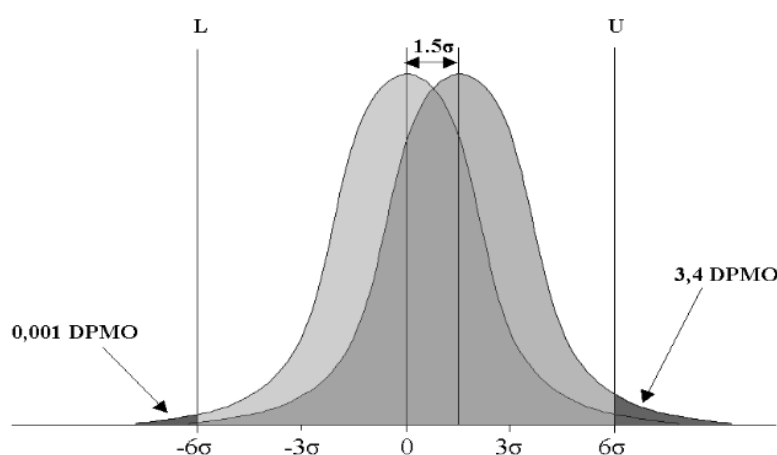


Slika 30 Grafički prikaz raspodjele utrošenih radnih sati uz procjenu nepoznatih podataka

Vidljivo je da zavarivanje i dalje ima najveći udio u ukupnim satima dorade, pa ako uzmemo u obzir prethodno spomenute cijene radnih sati za to područje, dolazi do iznosa od 20448,17 kuna. Taj je iznos kao i prethodni, samo cijena radnih sati bez uključivanja ostalih troškova koje nesukladnosti prouzrokuju.

5.8. Sigma razina procesa proizvodnje

Sigma (σ) je riječ, statistički pojam, kojim se određuje odstupanje zadanog procesa od savršenog rezultata [15]. Šest sigma razina je gotovo savršen rezultat nekog procesa i najčešće se definira kao uspješnost od 99,9996 %. Takva razina uspješnosti je ekvivalentna pojavi 3,4 grešaka na milijun mogućnosti (*DPMO*-, „defects per million opportunities“). Što se tih grešaka tiče, one uključuju sve, od greške na samom proizvodu do pogrešno izdanog računa kupcu. U tumačenju spomenutog podatka od 3,4 greške pretpostavlja se (iskustveno) pomak procesa od $1,5 \sigma$, što je prikazano na slijedećoj slici na kojoj oznake *L* i *U* predstavljaju gornju i donju granicu zadanih tolerancija.



Slika 31 Prikaz tumačenja 6σ razine procesa [15]

Što se tiče ostalih razina procesa, oni se mogu prikazati slijedećom tablicom.

Tablica 3. Prikaz raznih sigma razina procesa [15]

Širina zahtjeva <i>U-L</i>	Vjerojatnost %	<i>DPMO</i>	<u>Pomak od $1,5 \sigma$</u>	
			Vjerojatnost, %	<i>DPMO</i>
$\pm 1 \sigma$	68,27	317300	30,23	697700
$\pm 2 \sigma$	95,45	45500	69,13	308700
$\pm 3 \sigma$	99,73	2700	96,32	66810
$\pm 4 \sigma$	99,9937	63	99,379	6210
$\pm 5 \sigma$	99,999943	0,57	99,9767	233
$\pm 6 \sigma$	99,9999998	0,002	99,99966	3,4

5.8.1. Izračun sigma razine pomoću gotovih izraza

Prvi potreban podatak za izračun sigma razine procesa je prethodno spomenuta informacija o broju grešaka na milijun mogućnosti, a ona se računa prema slijedećem izrazu [15]:

$$DPMO = \frac{\text{Broj nesukladnosti} \cdot 1000000}{\text{Broj jedinica} \cdot \text{broj mogućnosti}} \quad (1)$$

Broj nesukladnosti je ukupan broj koji se dobiva iz prethodno analiziranih izvješća o nesukladnostima te podrazumijeva broj nesukladnih jedinica. Kroz 151 izvještaj radi se o ukupno 306 nesukladnih jedinica, odnosno pozicija, poluproizvoda ili proizvoda koji su bili nesukladni. Kroz 2018. godinu tvrtka MIDI je uspješno završila 549 proizvoda. Ukupan broj pozicija koje se nalaze u tih 549 proizvoda iznosi 10914. Što se tiče broja mogućnosti za pojavu nesukladnosti, s obzirom na prirodu procesa proizvodnje koji se odvijaju, može se pogriješiti s odabirom materijala, izradom u smislu dimenzija i oblika, te zaštitom proizvoda, odnosno pogrešnim premazima, što daje ukupno 3 mogućnosti za grešku na svakoj od pozicija koje se izrađuju. Ukoliko se ti podaci uvrste u prethodni izraz (1), dobiva se slijedeće:

$$DPMO = \frac{306 \cdot 1000000}{10914 \cdot 3} = 9345,8$$

Sigma razina prema [15] iznosi:

$$\text{Sigma razina} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \cdot \ln(DPMO)} \quad (2)$$

Što za dane podatke iznosi:

$$\text{Sigma razina} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \cdot \ln(9345,8)} = 3,85$$

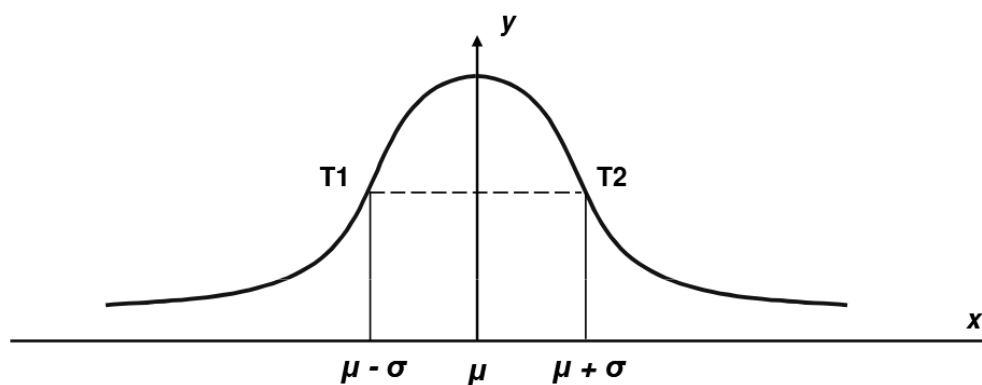
Usporedbe radi, poznato je kako prosječna organizacija radi na razini oko 3σ [15]. Ako uzmemo u obzir kako se zasigurno ne bilježe sve greške i nesukladnosti (npr. jer njihovo otklanjanje traje kraće nego bilježenje u izvještaj), što će smanjiti broj sigma razine dobiven prethodnim izrazom, može se reći da je taj prosjek od 3σ otprilike održan i u proizvodnji koja se ovdje analizira.

Izračunata sigma razina od $\pm 3,85$ koja predstavlja 99 % ispravnosti u poslovanju izgleda itekako dobro, u realnim situacijama ta se predodžba može značajno promijeniti. Tako

bi recimo spomenuta sigma razina poslovanja u vodećoj američkoj poštanskoj službi predstavljala gubitak od 20000 izgubljenih poštanskih paketa po satu, ili 15-ak minuta nedostupnosti pitke vode svaki dan, 50000 pogrešno obavljenih kirurških operacija svaki tjedan na svjetskoj razini, 2000000 pogrešno izdanih lijekova na godišnjoj razini s obzirom na nepouzdanost doktorskih recepata te nedostupnost električne energije 7 sati svakih tjedan dana na svjetskoj razini. Prema navedenome, jasno je kako brojka od 99 % ispravnosti može biti itekako bolja.

5.8.2. Izračun sigma razine klasičnom metodom uz izvod

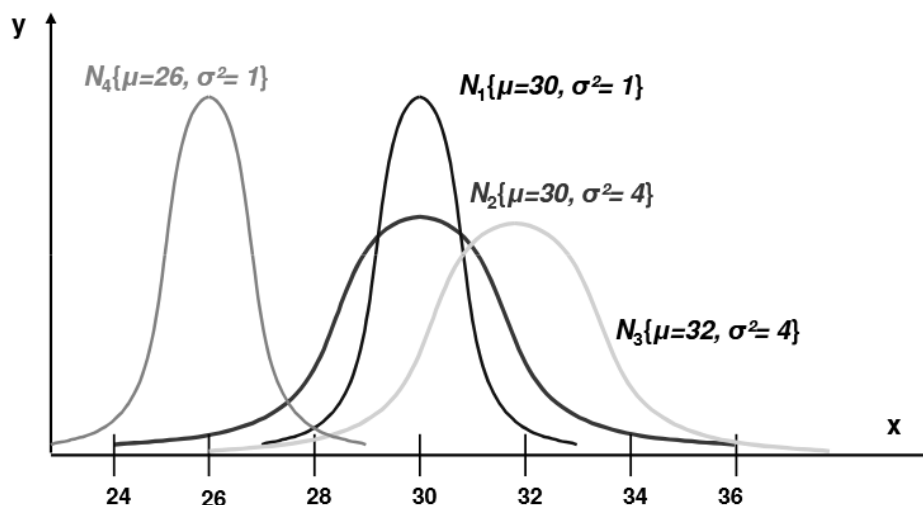
Temelj izračuna sigma razine ovom metodom je normalna razdioba podataka. Ona je najvažnija kontinuirana razdioba koju susrećemo u teoriji i primjenama matematičke statistike, pa tako i na području mjeriteljstva i kontrole kvalitete [15]. Normalnu razdiobu nazivamo još i Gaussova razdioba, prema njemačkom matematičaru i astronomu koji ju je definirao. Ona predstavlja veoma prikladnu razdiobu za rješavanje mnogih problema u raznim područjima, pa se upravo iz tog razloga i mnoge ostale razdiobe podataka pokušavaju prikazati i aproksimirati upravo normalnom razdiobom.



Slika 32 Prikaz normalne razdiobe podataka [15]

Kao što je vidljivo prema prethodnoj slici, normalna razdioba jednoznačno je određena očekivanjem μ i varijancom σ^2 pa se u pravilu označava kao $N\{\mu, \sigma^2\}$. Krivulja normalne razdiobe simetrična je s obzirom na $x = \mu$ pa je iz tog razloga pozitivan maksimum te krivulje upravo na tom mjestu. Zvonolikog je oblika s tjemengom na pravcu $x = \mu$ i asimptotski se približava osi x . U svrhu izračuna vjerojatnost nekih događaja bitno je napomenuti kako je površina ispod krivulje normalne razdiobe jednaka 1. Točke T_1 i T_2 su točke infleksije i imaju apscise $\mu \pm \sigma$ pa je zbog toga krivulja uža, odnosno viša, kada je iznos σ manji, te je obratno šira i niža kada je iznos σ veći.

Promjena oblika krivulje može se vidjeti na slijedećoj slici gdje je iscrtano više krivulja normalnih razdioba s različitim iznosima očekivanja i varijanci.



Slika 33 Prikaz krivulja više normalnih razdioba [15]

U provođenjima aktivnosti kontrole kvalitete, važna je informacija kako krivulje koje su uže i više predstavljaju procese više kvalitete, jer se varijanca, odnosno standardno odstupanje koje predstavlja drugi korijen iz varijance, može gledati kao podatak o preciznosti procesa koji se promatra. Tada je jasno ako se podaci iz proces nalaze u užem području, odnosno sam proces je precizan u užem području kako se radi o dobro provedenom procesu.

Međutim, ponekad se može desiti da i takvom slučaju proces i dalje daje nesukladne jedinice, odnosno i dalje dolazi do pojave grešaka, što se grafički može prezentirati smještanjem krivulje normalne razdiobe tog procesa na granicu jedne od zadanih tolerancija. Tada je bitno usmjeriti aktivnosti prema pronalaženju problema koji je krivulje razdiobe smjestio na granicu zadanog tolerancijskog polja prihvaćanja, jer se ponekad radi o jednostavnom kalibriranju stroja, zamjeni alata, umjeravanju mjernih uređaja i sličnih aktivnosti koje će rezultirati dobivanjem krivulje razdiobe unutar željenog područja, a s jednakim prethodno spomenutim uskim rasipanjem kao pokazateljem dobre kvalitete i preciznosti procesa. Takvo podešavanje nekog od parametra procesa, bilo da se radi o promjeni u procesu proizvodnje ili kontrole, predstavlja jednostavan način značajnog poboljšanja procesa uz pomoć promatranja krivulje normalne razdiobe.

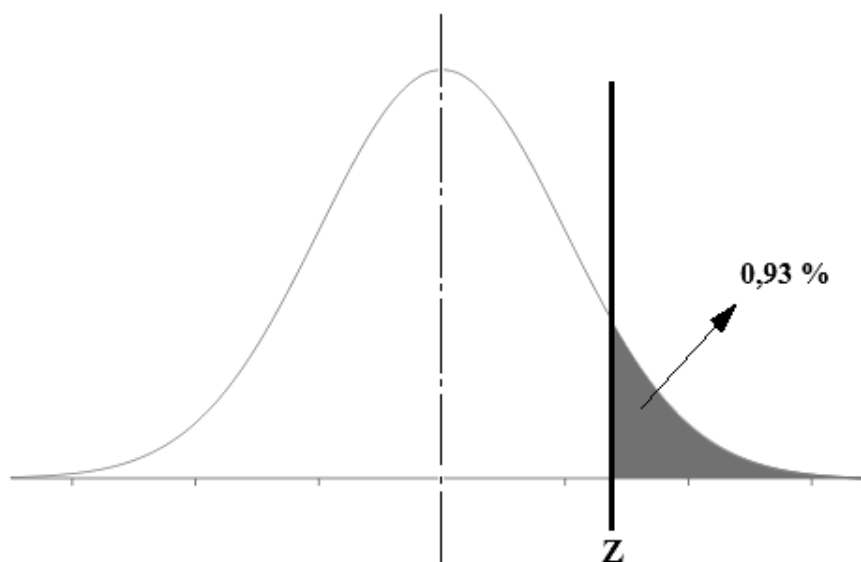
Što se tiče ovog načina izračuna sigma razine, prvi korak identičan je dobivanju podatka o iznosu grešaka na milijun mogućnosti, odnosno *DPMO*, pa će se taj podatak i ovdje iznositi 9345,8 grešaka na milijun mogućnosti. Slijedeći korak je dobivanje postotka nesukladnosti s obzirom na poznati *DPMO* broj uvrštavanjem u slijedeću jednostavnu formulu:

$$\text{Udio nesukladnosti} = \frac{DPMO}{1000000} \quad (3)$$

Nakon uvrštavanja podatka o *DPMO* u izraz (3) dobiva se:

$$\text{Udio nesukladnosti} = \frac{9345,8}{1000000} = 0,0093458 = 0,93 \%$$

Dobiveni udio nesukladnosti od 0,93 % predstavlja površinu ispod krivulje normalne razdiobe, i to u području izvan dozvoljenih granica. S obzirom da se promatraju i analiziraju nesukladnosti, odnosno pogreške, logično je kako nije moguće da broj nesukladnosti iznosi manje od nule, odnosno da bude negativan. Iz tog se razloga može zaključiti kako se površina ispod krivulje normalne razdiobe koja predstavlja udio nesukladnih jedinica smještena na pozitivnoj strani krivulje, što je jasnije prikazano slijedećom slikom.



Slika 34 Prikaz krivulje normalne razdiobe s označenom površinom koja predstavlja udio nesukladnih jedinica

Oznaka granice koje odvaja nesukladne i sukladne jedinice, označena kao z , zapravo je vrijednost prema kojoj se očitavaju podaci o pokrivenost površine ispod normalne krivulje iz tablice normalne razdiobe. Očitavanje podatka o postotku površine prema vrijednosti z zapravo podrazumijeva postotak ispravnog udjela, odnosno jedinica koje zadovoljavaju postavljene zahtjeve. S obzirom da se u ovom radu promatraju nesukladnosti, koje ne pripadaju spomenutoj površini, te je u prethodnom koraku izračunat udio nesukladnih jedinica, potrebno je doći do podatka o postotku koji otpada na sukladne jedinice, pa je prema poznavanju svojstava funkcije normalne razdiobe i odnosa površina unutar njene krivulje koje odvaja broj z , vjerojatnost pojave podatka unutar dozvoljenih ili specificiranih granica slijedeća:

$$P(z) = 0,5 - \text{udio nesukladnosti} \quad (4)$$

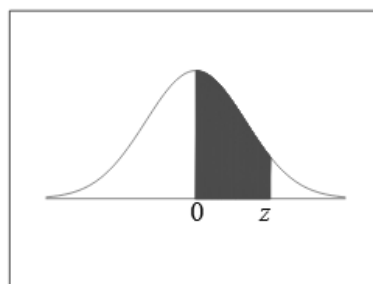
Udio nesukladnosti u prethodnom izrazu nije oduzet od ukupnog postotka površine, odnosno od broja 1 koji predstavlja 100 % već od 50 % iz razloga što je krivulja normalne razdiobe simetrična, a i prethodno je spomenuto kako zbog prirode promatranog problema ne postoji površina na lijevoj stranici krivulje koja bi predstavljala nesukladne jedinice. Također je i sama tablica o podacima pokrivenosti površine ispod krivulje s obzirom na broj z napravljena tako da je maksimalna vrijednost iz te tablice 50 %, odnosno 0,5.

Ako se u izraz (4) uvrsti podatak o udjelu nesukladnosti koji je dobiven iz izraza (3) i iznosi 0,93 %, odnosno 0,0093, tada se dobiva slijedeće:

$$P(z) = 0,5 - 0,0093 = 0,4907$$

Dobivena vrijednost predstavlja podatak iz tablice normalne razdiobe pomoću kojeg se može iščitati broj z . Očitavanja broja z vrši se na način da se dobiveni podatak iz izraza (4) od 0,4907 potraži u tablici normalne razdiobe. Ukoliko ne postoji potpuno poklapanje, može se uzeti najbliži mogući broj ako razlika nije prevelika i ne predstavlja veliki utjecaj na donošenje neke odluke, kao što je u ovom slučaju gdje se ovakav način izračuna sigma razine procesa provodi samo kao dodatna provjera već prethodno izračunatih podataka. Odabir broja z prema prikazan je na slijedećoj slici koja prikazuje dio tablice s podacima o normalnoj razdiobi [15], gdje je vidljivo kako je najbliže poklapanje bilo 0,4906 koje odgovara $z=2,35$.

Tablica normalne raspodjele podataka



<i>z</i>	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964

Slika 35 Prikaz dijela tablice podataka krivulje normalne razdiobe s označenom površinom koja predstavlja udio nesukladnih jedinica [15]

U uvodnom dijelu odlomka koji govori se o sigma razinama spominje se iskustveni pomak $1,5 \sigma$ koji predstavljeni kompenzacijski faktor. Nakon svakog izračuna sigma razine nekog procesa, smatra se kako su izračunati podaci vrijedni u kratkom, trenutnom razdoblju u kojem se proces promatra zbog činjenice da su dostupni samo poznati podaci i varijacije tih podataka. Kako bi se kompenzirala eventualna promjena u kvaliteti provođenja nekog procesa, dodaje se spomenuti iznos od $1,5 \sigma$ koji pokriva većinu razumnih promjena u kvaliteti procesa koje bi se mogle desiti tokom dužeg perioda. Taj je iznos upravo takav jer se u razvoju sigma metodologije analize procesa došlo do zaključka kako varijacije koje mijenjaju kvalitetu procesa tijekom dužeg vremena najčešće pomiču sigma razinu u iznosu od 1,4 do 1,6.

Prema navedenom, može se zaključiti kako i ovaj izračun sigma razine vrijedi samo za poznate podatke, te je također potrebno dodati iznos od $1,5 \sigma$, pa će tada izraz za računanje sigma razine ovom metodom biti:

$$\sigma_{razina} = z + 1,5 \quad (5)$$

Uvrštavanjem podatka o $z = 2,35$ koji je dobiven očitavanjem iz tablice, dobiva se sljedeća sigma razina procesa:

$$\sigma_{razina} = 2,35 + 1,5 = 3,85$$

Kao što je vidljivo, sigma razina procesa nakon izračuna ovom metodom, poklapa se s dobivenom sigma razinom iz prethodne metode koja uključuje korištenje gotovih formula gdje je dovoljno uvrstiti podatak o broju grešaka na milijun mogućnosti kako bi se došlo do vrijednosti sigma razine promatranog procesa. Iako oba načina izračuna sigma razine daju identičan rezultat, u realnim aktivnostima izračuna sigma razine korištenjem broja grešaka na milijun mogućnosti praktičnije je poslužiti se prvim načinom zbog jednostavnosti provedbe proračuna i brzinom kojom se dolazi do sigma razine jer ta metode ne iziskuje korištenje tablica i krivulje normalne razdiobe.

5.9. Procjena rizika

Kako bi povećali sigma razinu nekog procesa, jedna od bitnijih aktivnost je i provođenje aktivnosti procjene rizika. Kako bi se smanjio iznos nesukladnosti i povećala kvaliteta procesa, potrebno je procijeniti rizike na jedan od dostupnih načina, a sukladno uputama iz norme čija pravila neka organizacija usvaja. Aktivnosti procjene rizika provode se s ciljem pravovremenog dobivanja informacijama o kritičnim aktivnostima u nekom procesu, kako bi se rizici smanjili te se na taj način u što većoj mjeri eliminirao rizik.

Općenito, rizik se može definirati kao učinak neizvjesnosti na ciljeve [16]. Učinak je odstupanje od očekivanog stanja, a može biti pozitivan i negativan. Ciljevi mogu biti financijskog tipa, odnositi se na okolišno, zdravstveno ili sigurnosti stanje, te se mogu odnositi na različite razine upravljanja (ljudima, sustavima, proizvodima, uslugama). Rizik je kombinacija tri osnovna elementa od kojih se sastoji, a to su:

1. Percepcija o tome može li se neki štetan događaj stvarno dogoditi.
2. Vjerojatnost da se taj događaj dogodi.
3. Posljedica koju taj događaj može stvoriti.

Rizike je moguće podijeliti u više skupina;

- a) Okolišni rizik – odnosi se na politiku, društvo, zakone, prirodu i slično.
- b) Poslovni rizik – može biti unutarnji i vanjski.
- c) Tržišni rizik – odnosi se na kupce, proizvode ili usluge, tržišno natjecanje i slično.

U okviru aktivnosti kontrole procesa proizvodnje promatra se skupina poslovnih rizika, a kao što je navedeno ona se dijeli na unutarnje i vanjske. Unutarnji poslovni rizici su:

- rizik organizacije poduzeća
- struktura financijskih sredstava
- rizik kadrova
- robni rizik
- rizik upotrebe resursa
- rizik uvođenja inovacija
- rizik kapitalnog ulaganja,

dok su vanjski poslovni rizici:

- gospodarski rizik
- politički rizik
- tržišni rizik
- transportni rizik
- socijalni rizik
- financijski rizik.

Bitno je spomenuti pojam „*risk thinking*“, odnosno razmišljanje bazirano na temelju rizika, koji se odnosi na izvršenje zaštitne mjere sa svrhom uklanjanja mogućeg negativnog ishoda, kao i poduzimanje mjera za sprječavanje ponavljanja istog događaja s negativnim posljedicama. Norma ISO 9001:2015, *Sustavi upravljanja kvalitetom – Zahtjevi*, od organizacije zahtijeva da odredi sve rizike koji mogu utjecati na cjelokupnu organizaciju i ciljeve. Od organizacije se zahtijeva da poduzme akcije za identificiranje rizika i prilika te da planira kako će adresirati i identificirati rizike i prilike.

Metode za procjenu rizika moraju biti transparentne i ponovljive. Menadžment rizika podupire korištenje znanstvenih i praktičnih metoda za procjenu rizika, a kasnije i donošenje odluka. Razlikujemo dva načina procjene rizika:

- 1) Tradicionalno – procjena rizika radi se na temelju prikupljenih promatranja, trendova i drugih informacija.
- 2) Drugi način procjene podrazumijeva korištenje postojećih alata za procjenu i upravljanje rizicima.

Odabirna metoda za procjenu rizika mora biti prikladna i opravdana situaciji, odnosno riziku koji se procjenjuje. Rezultati odabrane metode trebaju biti prikazani u obliku koji poboljšava razumijevanje prirode rizika te olakšava odabir odgovarajuće metode za rješavanje rizika. Metoda se mora moći pratiti, ponoviti i provjeriti. Postoji mnogo metode za procjenu rizika, a u današnjoj upotrebi iskače FMEA metoda zbog mogućnosti koje pruža kod kvalitete identifikacije rizika, posljedice, vjerojatnosti, razine rizika te ocjenjivanja rizika.

5.9.1. FMEA analiza

Osnovna strategija za postizanje uspješnosti je kvaliteta roba i usluga [17]. Da bi se postigla određena razina uspješnosti kroz kvalitetu roba i usluga, potrebno je tom kvalitetom znati upravljati. Pritom se kao rješenja pojavljuju različite metode i alati koje je moguće koristiti kako bi se postigli što bolji rezultati, a jedna od tih metoda za upravljanje kvalitetom je i FMEA metoda (*Failure mode and effect analysis*) koja predstavlja noviji način razmišljanja o preventivnim aktivnostima kao o izvoru velikih ušteda i mogućnosti jačanja konkurentske sposobnosti poduzeća.

FMEA analiza je analiza utjecaja i posljedica pogrešaka koja predstavlja sustavnu metodu za identifikaciju i sprječavanje problema proizvoda ili procesa nastanka tog proizvoda. Ova metoda je fokusirana na prevenciju pogrešaka i smanjivanje mogućnosti da se pogreška dogodi te povećanje zadovoljstva korisnika, odnosno kupca.

Metodu je moguće primijeniti prilikom dizajna robe ili usluge, definiranja i razvijanja procesa kao i na već postojeći proizvodima ili procesima koji zahtijevaju poboljšanje, a rezultat su potrebe za novim promjenama. Iako primjena ove metode nije ograničena samo na poduzeća koja imaju sustav upravljanja kvalitetom i može se koristiti bez obzira ispunjava li poduzeće u svom poslovanju zahtjeve definirane normom, maksimalne koristi od metode mogu se ostvariti provodeći FMEA analizu u cilju poboljšanja kvalitete proizvoda, procesa ili cjelokupnog sustava kvalitete poduzeća.

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka je specifična metoda za vrednovanje sustava, dizajna, procesa ili usluge svim mogućim načinima kojima se potencijalne pogreške mogu dogoditi. Za svaku prepoznatu grešku (bez obzira da li se radi o već prethodno poznatoj pogrešci ili o pogrešci koja bi se potencijalno mogla desiti), radi se procjena vjerojatnosti

pojavljivanja, važnosti i vjerojatnosti otkrivanja. Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka je sustavni način osiguravanja da sve moguće potencijalne pogreške u dizajnu, procesu ili one koje prethode pružanju usluga budu uzete u obzir. Stoga je cilj primjene FMEA metode minimiziranje vjerojatnosti pojavljivanja pogreške. Po definiciji, to je metoda kojom se maksimizira zadovoljstvo korisnika kroz potpuno eliminiranje ili djelomično smanjivanje uzroka potencijalnih problema. Kako bi se ovo moglo ostvariti, FMEA je potrebno početi primjenjivati što je prije moguće, bez obzira što u dano trenutku svi podaci ili informacije nisu u potpunosti poznati. Iz toga proizlazi i moto FMEA metode, koji govori: „*učini najbolje što možeš, s onim što sada imaš*“.

Prije provedbe same FMEA metode, potrebno je definirati pojam korisnika. Iz perspektive metode vrlo je važno jasno definirati da korisnik u ovim terminima ne mora biti samo krajnji potrošač, već to može biti sljedeći procesni korak ili procesna operacija. Za pojam analize utjecaja i posljedica pogrešaka postoje različite definicije i objašnjenja, ali sve one ipak imaju nešto zajedničko, što ovu metodu čini drukčijom i posebnom u odnosu na slične i srodne metode. Iz tih pojedinačnih definicija može se zaključiti da je osnovna karakteristika prepoznatljivosti ove metode njezina orijentiranost na prevenciju svih mogućih potencijalnih problema, te njihovo potpuno eliminiranje ili svođenje posljedica tih pogrešaka na najmanju moguću razinu. Za popularnost ove metode najviše je zaslužna njezina jednostavnost i mogućnost prilagodbe svim područjima promatranja nekog problema te činjenica da su potrebu primjene analize utjecaja i posljedica pogrešaka prepoznale i strukovne međunarodne organizacije koje predlažu i usvajaju standarde kvalitete.

Analizu utjecaja i posljedica pogrešaka, pa čak i neke njoj srodne metode, moguće je prepoznati i po jednoznačnosti pojmova kojima se služi prilikom primjene ove metode kao što su, pogreška, posljedica, rizik, uzrok pogreške, važnost, vjerojatnost pojavljivanja, vjerojatnost otkrivanja i pojam faktora rizika prioriteta. Prilagodba FMEA metode rješavanju različite problematike očituje se ponajprije u mogućnosti samostalnog kreiranja potrebnih tablica za procjenu važnosti, vjerojatnosti pojavljivanja i vjerojatnosti otkrivanja, gdje se i opisno mogu karakterizirati intervali rizičnosti pojedine potencijalne greške i pripadajućih posljedica.

Postoje četiri osnovne vrste analize utjecaja i posljedica pogrešaka s obzirom na temu kojom se bave, odnosno može se analizirati sustav, dizajn, proces ili usluga.

FMEA procesa, odnosno procesna analiza utjecaja i posljedica pogrešaka koristi se prilikom analize procesa. U svakom procesu definiraju se ulazni i izlazni zahtjevi, kontrolne

mjere i potrebni resursi za uspješnu realizaciju pojedinih procesnih koraka. U primjeni procesne FMEA metode definicija korisnika, odnosno potrošača, nije jedina pretpostavka već se kao potencijalni korisnik može pojaviti i slijedeći procesni korak, procesna operacija ili čak dobavljač.

Bez jasne definicije procesa i procesnih koraka nije moguće ostvariti maksimalne koristi od primjene FMEA metode, budući da postoji mogućnost zanemarivanja bitnih dijelova procesa i fokusiranja na područja koja s aspekta kvalitete i troškova ne zahtijevaju tako veliku pažnju. Iz tog je razloga vrlo korisno i poželjno da prije provođenja FMEA analize postoji opis procesa i grafički prikaz u bilo kojem obliku.

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka može se promatrati i kao analiza rizika s osnovnim ciljem davanja odgovora na dva kritična pitanja:

- a) Koja su sva moguća odstupanja, odnosno pogreške, od propisanog zahtjeva (što sve može rezultirati neželjenim posljedicama i tako uzrokovati nepotrebne troškove)
- b) Ukoliko postoji mogućnost nastanka pogrešaka, koja je vjerojatnost njihovog pojavljivanja i koje posljedice donose u odnosu na proces koji se promatra (ili na proizvod, uslugu, cjelokupan sustav).

Osnovna svrha analize utjecaja i posljedica pogrešaka je njezina preventivna komponenta s posebnim naglaskom na utjecaj na probleme prije njihova nastanka, jer se na taj način može smanjiti vjerojatnost njihovog ponovnog pojavljivanja ili je, s obzirom da je problem već otprije poznat i može se sa sigurnošću reći da će ponovno nastati u budućnosti, moguće minimizirati njegove posljedice. Time se usvaja novi način razmišljanja u kojem se funkcija praćenja troškova nadopunjava mogućnostima njihova smanjivanja, a samo rješavanje problema ustupa mjesto pronalaženju načina da se oni nikada ni ne dogode.

5.9.2. Primjena FMEA metode u Republici Hrvatskoj

Što se tiče primjene FMEA metode u Republici Hrvatskoj, posljednji podaci dostupni su iz 2004. godine, kada je upit o korištenju poslan svim registriranim poduzećima koji imaju certifikat o sustavu upravljanja kvalitetom ili okolišem, a ujedno se bave vanjskom trgovinom ili proizvodnjom proizvoda ili pružanjem usluga koje su predmet vanjske trgovine. Od 90 poduzeća kojima je poslana anketa, 17 poduzeća odgovorila su na anketu, što čini 18,88 %, i predstavljaju uzorak za obradu i analizu podataka. Od spomenutih 17 poduzeća koja su odgovorila na anketu, jedno nije imalo pravovaljani certifikat, ali poznaje analizu utjecaja i posljedica pogrešaka, međutim ne primjenjuje ju u svom radu. Od preostalih 16 poduzeća

koja imaju certifikat, njih 11 poznaje analizu utjecaja i posljedica pogrešaka, ali svega ih 5 primjenjuje analizu u svom radu. Prema ovim rezultatima ankete, može se zaključiti kako u 2004. godini nedovoljan broj hrvatskih poduzeća primjenjuje FMEA metodu u svom radu. Od 5 poduzeća koja analizu utjecaja i posljedica pogrešaka primjenjuju u svom radu, dva poduzeća primjenjuju je u cijelom poslovnom procesu ili sustavu. Treće poduzeće koje se bavi proizvodnjom i pružanjem servisnih usluga za svoje proizvode, primjenjuje FMEA metodu procesa i to prilikom utvrđenih odstupanja u svim fazama kontrole, za istraživanje pogrešaka prilikom mjerenja, kod procjene kritičnih parametara prije validacije te kod procjene kritičnosti mjerne opreme. Četvrto poduzeće koristi FMEA metodu sustava prilikom projektiranja, proizvodnje i prodaje, tj. U cijelom poslovnom procesu ili sustavu, a od ostalih područja primjene metode naveli su nabavu, budući da tehnički uvjeti prijema mjerne opreme za ovo poduzeće imaju poseban značaj, s čime se također upoznaju i dobavljači. Peto poduzeće koje primjenjuje FMEA metodu procesa čini to prilikom projektiranja i u proizvodnji.

5.9.3. FMEA analiza za proizvodnju poduzeća MIDI d.o.o.

Kao što je prethodno navedeno, vrlo je korisno imati bilo kakav detaljni grafički prikaz aktivnosti kojima se poduzeće bavi i koje predstavljaju korake u procesu proizvodnje kao temelj za izradu dobre tablice za analizu utjecaja i posljedica pogrešaka. U prethodnom je poglavlju izrađen dijagram tijeka procesa proizvodnje koji je vrlo koristan u iščitavanju informacija koje su nam potrebe za izradu spomenute tablice. Slijedeća fotografija prikazuje tablice FMEA analize za poduzeća koje se analizira u ovom radu.

Važnost, vjerojatnost pojavljivanja i vjerojatnost otkrivanja ocjenjivani su rasponom ocjena od 1 do 10, gdje 1 predstavlja najmanji utjecaj na rizik. S obzirom na postojeće stanje i upućenost u utjecaje pojave pojedinih grešaka na kasnije probleme u proizvodnje, svakome je poduzeću poznato kakve opasnosti za kvalitetu predstavlja pojava pojedinog rizika, pa će znati kako ih ocijeniti prilikom izrade tablice. Uz navedeno, dodatno se može kao vodilja koristiti i slijedeća slika koja prikazuje odnos najviših i najnižih ocjena koje se mogu dati spomenutim podacima o rizicima.

	Važnost	Vjerojatnost pojavljivanja	Vjerojatnost otkrivanja
Visoki utjecaj ↑ Procjena ↓ Niski utjecaj	Vrlo opasno i bez upozorenja	Vrlo visoka, skoro neizbježna	Nemoguće ili vrlo teško otkriti
	Gubitak primarne funkcije	Često ponavljanje grešaka	Vrlo niska mogućnost otkrivanja
	Gubitak sekundarne funkcije	Srednje ponavljanje grešaka	Niska mogućnost otkrivanja
	Manji defekti	Povremene greške	Srednja mogućnost otkrivanja
	Nema utjecaja	Mala mogućnost greške	Gotovo sigurno otkrivanje

Slika 36 Procjena utjecaja parametara FMEA metode i način odabira [18]

Faktor rizika prioriteta računa se kao umnožak dane ocjene važnosti, vjerojatnosti pojavljivanja i vjerojatnosti otkrivanja, odnosno:

$$RPN = \text{važnost} \times \text{vjerojatnost pojavljivanja} \times \text{vjerojatnost otkrivanja}$$

Iznos dobivenog *RPN* broja može se rangirati u razrede koji predstavljaju manju ili veću razinu opasnosti od pojave rizika, pa su ti razredi obično postavljeni na slijedeći način:

- 1) $RPN=1 \dots 10$
- 2) $RPN=10 \dots 100$
- 3) $RPN=100 \dots 1000$

Svako poduzeće bi na temelju dobivenih *RPN* brojeva za pojedini procesni korak samo odlučiti kakve će akcije poduzeti, te koji će biti minimalan iznos koji će upućivati na potrebne aktivnosti i promatranje raznih.

Slijedeća tablica prikazuje tablicu FMEA analize za promatranu proizvodnju, uz dane ocjene važnosti, vjerojatnosti pojavljivanja i vjerojatnosti otkrivanja, te izračunatim faktorom rizika prioriteta za svaku od napisanih grešaka.

Tablica 4. Tablica FMEA analize

FMEA-metoda analize utjecaja i posljedice pogrešaka

Procesni korak	Potencijalna greška	Potencijalna posljedica	Važnost	Potencijalni uzrok	Vjerojatnost pojavljivanja	Trenutna kontrola procesa	Vjerojatnost otkrivanja	Faktor rizika prioritet (RPN)	Predložena akcija
Opis procesnog koraka	Koji dio procesa može krenuti pogrešno?	Koji je udar na kupca ako se greška ne spriječi ili ispravi?	Koliko je ozbiljna posljedica na kupca?	Šta može biti uzrok da nastane greška?	Koliko se često uzrok pojavljuje?	Koja operacija postoji da spriječi nastanak greške ili njeno ponavljanje?	Koliko je vjerojatnost da se otkrije greška ili njen uzrok?	Risk-podriby number račun se kao umnožak ocjene važnosti vjerojatnosti pojavljivanja i vjerojatnosti otkrivanja	
Izdavanje materijala	Manjak materijala u skladištu	Kašnjenje isporuke	8	Kašnjenje naručenog materijala ili prekasno naručivanje	2	Kontrola stanja materijala u skladištu prema radnom nalogu	2	32	Pravovremena kontrola dostupnog materijala prije izdavanja radnog naloga
Izdavanje materijala	Pogrešna vrsta materijala	Nedovoljna kvaliteta proizvoda	10	Nepravilno označavanje ili nepažnja skladištara	1	Označavanje sirovih materijala markicama	10	100	Jasnije označavanje vrste i dimenzija materijala u skladištu
Izdavanje materijala	Pogrešne dimenzije sirovog materijala	Mehaničke karakteristike i izgled proizvoda ne odgovaraju	9	Nepravilno označavanje ili nepažnja skladištara	1	Označavanje sirovih materijala markicama	3	27	Jasnije označavanje vrste i dimenzija materijala u skladištu

<u>Procesni korak</u>	<u>Potencijalna greška</u>	<u>Potencijalna posljedica</u>	<u>Važnost</u>	<u>Potencijalni uzrok</u>	<u>Vjerojatnost pojavljivanja</u>	<u>Trenutna kontrola procesa</u>	<u>Vjerojatnost otkrivanja</u>	<u>Faktor rizika prioriteta (RPN)</u>	<u>Predložena akcija</u>
Priprema pozicija	Kašnjenje izrade	Kašnjenje isporuke	8	Nedovoljna brzina izrade, manjak radnika	3	Stvaranje zaliha pozicija proizvoda koji se rade u serijama	2	48	Povećavanje zaliha često korištenih pozicija, povremeno produženje radnog vremena
Priprema pozicija	Netočnost izrade	Neispunjenje postavljениh zahtjeva iz nacrt	10	Nepažnja, čitanje nacrt, slaba kontrola, pogreška kod korištenja mjerne opreme	3	Kontrola prvog komada od strane operatera, međufazna kontrola od strane kontrolora	2	60	izdavanje dokumentacije na kojoj operater potpisom garantira ispravnost prvog izrađenog komada, odnosno pozicije
Bravarski rad	Kašnjenje izrade	Kašnjenje isporuke	8	Nedovoljna brzina izrade, manjak radnika	2	Obavješćavanje radnika o rokovima	2	32	Povremeno produženje radnog vremena
Bravarski rad	Pogrešno sastavljanje prema nacrtu	Neispunjenje postavljениh zahtjeva iz nacrt	10	Nepažnja, čitanje nacrt, slaba kontrola, pogreška kod korištenja mjerne opreme	6	Međufazna kontrola	2	120	Bolje osvijetljenje radnog mjesta, plastificiranje često korištenih nacrt, dostupnost poslovođe oko dilema vezanih uz čitanje nacrt

<u>Procesni korak</u>	<u>Potencijalna greška</u>	<u>Potencijalna posljedica</u>	<u>Važnost</u>	<u>Potencijalni uzrok</u>	<u>Vjerojatnost pojavljivanja</u>	<u>Trenutna kontrola procesa</u>	<u>Vjerojatnost otkrivanja</u>	<u>Faktor rizika prioriteta (RPN)</u>	<u>Predložena akcija</u>
Bravarski rad	Pogrešne pozicije	Neispunjenje postavljениh zahtjeva iz nacрта	10	Nepažnja, neoznačivanje pozicija na paletama	5	Međufazna kontrola	1	50	Bolje osvijetljenje radnog mjesta, smještanje paleta s odgovarajućim pozicijama bliže radnom mjestu
Zavarivanje	Kašnjenje izrade	Kašnjenje isporuke	8	Nedovoljna brzina izrade, manjak radnika	6	Obavješćavanje radnika o rokovima i vremenskom trajanju potrebnih operacija	2	96	Povremeno produženje radnog vremena, povremeni rad u više smjena
Zavarivanje	Deformiranje materijala	Neispunjenje postavljениh zahtjeva iz nacрта, vizualni izgled proizvoda, problemi s obavljanjem glavne funkcije	10	Pogrešna tehnologija zavarivanja (prevelik unos topline), pogrešno podešeni parametri zavarivanja	7	Međufazna kontrola	2	140	Izdavanje tablica s propisanim parametrima i načinom zavarivanja pojedinih proizvoda
Zavarivanje	Neodgovarajuća kvaliteta zavara	Neispunjenje zahtjeva iz nacрта, problemi s obavljanjem glavne funkcije	10	Pogrešna tehnologija zavarivanja, pogrešna veličina žice	8	Međufazna kontrola	2	160	Bolje osvijetljenje radnog mjesta, plastificiranje često korištenih nacрта s markiranim oznakama o veličini i vrsti zavara

Tablica 7. Tablica FMEA analize - nastavak

<u>Procesni korak</u>	<u>Potencijalna greška</u>	<u>Potencijalna posljedica</u>	<u>Važnost</u>	<u>Potencijalni uzrok</u>	<u>Vjerojatnost pojavljivanja</u>	<u>Trenutna kontrola procesa</u>	<u>Vjerojatnost otkrivanja</u>	<u>Faktor rizika prioriteta (RPN)</u>	<u>Predložena akcija</u>
Strojna obrada	Kašnjenje izrade	Kašnjenje isporuke	8	Nedovoljna brzina izrade	2	Praćenje parametara na strojevima	1	16	Dostupnost informacije o vremenu potrebnom za obradu pojedinih obradaka, savjeti vezani uz povećanje parametara koji će ubrzati proces (ali i naštetiti potrošnji alata), povremeno produženje radnog vremena
Strojna obrada	Neodgovarajuća kvaliteta obrađenih površina	Neispunjenje zahtjeva iz nacрта	9	Pogrešni parametri procesa ili pogrešan odabir alata	1	Zaustavljanje stroja i provjera kvalitete površine koja se obrađuje	1	9	Kontrola stanja alata i parametara prije obrade površina s visokim zahtjevima na hrapavost
Strojna obrada	Pogrešne dimenzije izradaka	Neispunjenje zahtjeva iz nacрта	10	Pogreška u programu ili odabiru alata	1	Kontrola programa prije puštanja u rad, zaustavljanje stroja i izmjera kod bitnijih dimenzija (naročito toleriranih)	2	20	Dvostruka kontrola ručno pisanih programa, asistencija programera

Procesni korak	Potencijalna greška	Potencijalna posljedica	Važnost	Potencijalni uzrok	Vjerojatnost pojavljivanja	Trenutna kontrola procesa	Vjerojatnost otkrivanja	Faktor rizika prioriteta (RPN)	Predložena akcija
Zaštita premazima	Kašnjenje izrade	Kašnjenje isporuke	8	Nedovoljna brzina izrade, predugo sušenje proizvoda	1	Obavješćavanje radnika o trajanju operacije i o trajanju sušenja	1	8	Korištenje komora za brže sušenje premaza kada je moguće
Zaštita premazima	Kvaliteta i vrsta premaza	Neispunjenje postavljenih zahtjeva	7	Odobir pogrešnog materijala ili omjera	1	Dokumentacija o potrebnom materijalu i načinu pripreme za pojedini proizvod	3	21	Sortiranje i prethodna priprema potrebnih premaza prema proizvodima
Zaštita premazima	Prekrivanje površina koje su morale ostati nepromazane	Neispunjenje postavljenih zahtjeva	10	Nepažnja, pogrešno čitanje nacрта	1	Grafički prikaz obojenog proizvoda u boji	1	10	Dostupnost računalnih "obojenih" 3D modela
Montaža	Greške u sastavljanu	Neispunjenje postavljenih zahtjeva	10	Nepažnja, pogrešno čitanje nacрта	1	Grafički prikaz proizvoda u boji	1	10	Dostupnost računalnih 3D modela sastavljenog proizvoda
Montaža	Pucanje dijelova kod montaže	Kašnjenje isporuke ili oštećeni proizvod	8	Nepažnja, nepravilno rukovanje alatima za sastavljanje (npr. pogrešno podešen momentni ključ)	1	Ispis tablice s podacima o načinu sastavljanja	1	8	Bolje osvijetljenje radnog mjesta i obuka radnika za sastavljanje osjetljivih dijelova proizvoda

vezani

oraci procesa
broj pripada

potencijalnoj grešci neodgovarajuće kvalitete zavara, i iznosi 160, dok je slijedeća najrizičnija potencijalna greška deformiranje materijala zbog prevelikog unosa topline kod zavarivanja. Vrijedi spomenuti i rizik od pogrešnog sastavljanja proizvoda u bravarskom dijelu proizvodnje čiji RPN broj iznosi 120.

Što se tiče predloženih aktivnosti za smanjenje spomenutih rizika, njihova provedba trebala bi se vremenski ograničiti, odnosno trebalo bi postaviti rok za njihovu provedbu, te

nakon toga ponovno provesti analizu procjene rizika te vidjeti kakav su utjecaj predložene i provedene aktivnosti donijele na *RPN* broj, odnosno jesu li pridonijele njegovom smanjenju ili su bile pogrešno odabrane, pa je rizik još veći.

Predložene aktivnosti za smanjenje najvećih rizika iz tablice FMEA analize uključuju poboljšanja osvjetljenja radnog mjesta te korištenje većih i zaštićenih (npr. plastifikacijom papira) nacрта proizvoda koji se najčešće izrađuju ili imaju čestu pojavu nesukladnosti.

Rizik izdavanja pogrešne vrste materijala ocijenjen je tako da njegov *RPN* poprima visokih 100, ali s obzirom da se pojavljuje vrlo rijetko, te u razdoblju za koje se promatraju nesukladnosti u ovom radu, odnosno 2018. godini, nema zabilježenih nesukladnosti takvog tipa, nije potrebno provoditi detaljne analize i opsežne aktivnosti za smanjenje rizika, već se podatak o visokom *RPN* samo može napomenuti kao bitan te se mogu provesti predložene aktivnosti za smanjenje rizika s obzirom da one ne uključuju velike resurse i utrošak vremena, već podrazumijevaju jasnije označavanje vrste i dimenzija materijala na skladištu na neki način, npr. obnovom oznaka na regalima i paletama ili korištenjem svjetlijih markera za označavanje sirovina.

6. ZAKLJUČAK

Nakon što je provedena detaljna analiza podataka o nesukladnostima poduzeća MIDI d.o.o. suvremenim metodama i alatima kontrole i osiguravanja kvalitete dobivene su korisne informacije koje mogu poslužiti kao smjernice za povećanje kvalitete procesa i lakše praćenje utjecaja nesukladnosti. Korišteni su dijagram tijeka, histogrami s kumulativnim prikazom podataka, izračun sigma razine na dva načina, te FMEA metoda procjene rizika.

Na temelju dobivenih histograma vidljivo je kako najveći udio nesukladnosti otpada na greške koje se javljaju kod zavarivanja, i to u iznosu od 52,98 %, a prema izvješćima je glavni uzrok tih grešaka radnik, odnosno zavarivač. Prema tome se može zaključiti kako bi fokusiranjem na minimiziranje grešaka kod zavarivanja u najvećoj mjeri doprinijelo poboljšanju kvalitete proizvodnje i smanjenju troškova. Aktivnosti usmjerene tome ovise o resursima poduzeća, ali svakako bi trebalo što je više moguće pomoći novim radnicima zavarivačima kod upoznavanja s proizvodima i tehnologijom izrade, omogućiti eventualne promjene radnog okruženja s ciljem ugodnije okoline, te provesti edukacije kako bi kroz određeno vrijeme došlo do smanjenje pojava nesukladnosti kod operacija zavarivanja.

Proveden je i izračun sigma razine procesa proizvodnje, te je dobivena sigma razina od 3,85. Nakon usporedbe s poznatim podacima iz literature, zaključuje se kako promatrano poduzeće radi na razini kvalitete nešto višoj od prosjeka. Ta informacija govori kako se kvaliteta aktivnosti u proizvodnji drži na zadovoljavajućoj razini s obzirom na prosjek, ali znajući rezultate provedene analize, jasno je kako postoje znatne mogućnosti poboljšanja procesa koje će podići sigma razinu i omogućiti funkcioniranje proizvodnje na višoj razini, što u svakom pogledu pogoduje reputaciji poduzeća.

Posljednji korak analize nesukladnosti bio je provedba FMEA metode za procjenu rizika. Dobiveni rezultati upućuju na velike rizike za pojavu ozbiljnih grešaka kod operacija zavarivanja, što opet upućuje na potrebu uvođenja aktivnosti koje će rezultirati smanjenjem nesukladnih jedinica uslijed operacija zavarivanja. Kao što je navedeno u komentaru nakon provedbe FMEA metode procjene rizika, bitno je provesti aktivnosti usmjerene smanjenju rizika te nakon njih ponovo procijeniti rizik istom metodom kako bi se uvidio utjecaj tih aktivnosti na kvalitetu procesa. FMEA metoda može biti od značajne koristi ukoliko se koristi kao metoda procjene rizika (koju je potrebno provesti u sklopu norme ISO 9001:2015) jer za

razliku od ostalih metoda pruža informacije vezane uz sve tri komponente upravljanja rizicima, odnosno identifikaciju, analizu i ocjenjivanje rizika.

U svrhu unaprjeđivanja kontrole kvalitete i poboljšanja načina praćenja procesa i nesukladnosti, u današnje vrijeme potrebna je digitalizacija podataka. U konkretnom primjeru koji obrađuje ovaj rad, od velike bi koristi bio računalni unos i obrada podataka i njihova direktna analiza preko uobičajenih programa (npr. Microsoft Excel) koji su dobro poznati i jednostavni za korištenje. Takva digitalizacija bi mogla omogućiti direktno praćenje najbitnijih podataka o kvaliteti procesa i osciliranju kvalitete s obzirom na pojavu nesukladnosti. Također je moguće i ostvarivanje direktnog grafičkog prikaza stanja procesa pomoću raznih dijagrama i krivulja koje bi predstavljale podatke o sigma razini ili udjelu nesukladnosti. Takvi bi se grafički prikazi mogli prikazati istovremeno s unosom podataka iz izvješća o nesukladnosti. Istovremeno bi bilo omogućeno praćenje promjena u razini kvalitete pojedinih proizvodnih procesa što bi omogućilo pravovremeno reagiranje na povećanje nesukladnosti. Isto tako bi se moglo direktno uvidjeti smanjenje nesukladnosti iz nekog proizvodnog procesa, pa bi se primijenjene aktivnosti koje su tome doprinijele mogle iskoristiti i preslikati na ostale proizvodne procese s ciljem povećanje kvalitete i smanjenja troškova.

LITERATURA

- [1] <http://www.svijet-kvalitete.com>, pristupljeno dana 02.02.2019.
- [2] Salah, H.: Quality control, Quality assurance, systems and application, Helwan university, 2013.
- [3] <https://midi.hr/o-nama>, pristupljeno dana 02.02.2019.
- [4] <https://www.faro.com/>, pristupljeno dana 02.02.2019.
- [5] ISO/DIS 9001:2015 – Nonconformity and Corrective Action
- [6] <https://www.westernsydney.edu.au>, pristupljeno dana 04.02.2019.
- [7] <http://www.chambers.com.au/>, pristupljeno dana 04.03.2019.
- [8] Hernandez, J.: Non-Conformance Reporting System Example, San Antonio, 2015.
- [9] Vuković, M.: Paretovo načelo i kako ga upotrebljavati, časopis Svijet po mjeri, 2015.
- [10] Ulewicz, R.: Non-conformance analysis in the process of the manufacturing of cast products, Tehničko Sveučilište Czestochowa, 2012.
- [11] <https://asq.org/quality-resources/flowchart>, pristupljeno dana 25.05.2019.
- [12] <http://miroslavjakovljevic.iz.hr/o-aluminiju>, pristupljeno dana 25.05.2019.
- [13] <https://www.mojaplaca.hr/placa/strojarstvo/zavarivac>, pristupljeno dana 01.06.2019.
- [14] <http://www.edusinfo.hr/Tools/SalaryAccount.aspx>, pristupljeno dana 01.06.2019.
- [15] Runje, B.: Predavanja iz kolegija Osnove osiguravanja kvalitete, Zagreb, 2016.
- [16] Runje, B.; Horvatić Novak, A.: Predavanja iz kolegija Upravljanje rizicima, Zagreb 2019.
- [17] Dobrović, T.: FMEA metoda u upravljanju kvalitetom, Zagreb, 2008.
- [18] <https://www.meadinfo.org>, pristupljeno dana 25.06.2019.

PRILOZI

I. CD-R disc