

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

**Jan LESKOVAR**

**UPORABA FMEA METODE NA PRAKTIČNEM  
PRIMERU PROIZVODA IZ AVTOMOBILSKE  
INDUSTRIJE**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2020

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

**Jan LESKOVAR**

**UPORABA FMEA METODE NA PRAKTIČNEM PRIMERU  
PROIZVODA IZ AVTOMOBILSKE INDUSTRIJE**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

**APPLICATION OF THE FMEA METHOD ON A PRACTICAL  
EXAMPLE OF A PRODUCT FROM THE AUTOMOTIVE  
INDUSTRY**

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2020

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju *Leonu Šuntnerju, mag. strojništva*, za vso nudeno pomoč, čas in usmerjanje pri opravljanju diplomskega dela.

Zahvalil bi se tudi podjetju AR Produkt, d. o. o., ki mi je omogočilo opravljanje diplomskega dela v njihovem podjetju.

Še posebej bi se rad zahvalil staršem, ki so mi omogočili študij in me podpirali skozi celotno šolanje.

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani *Jan Leskovar*, rojen *13. 6. 1998* v Mariboru, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa strojništvo, izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom *Uporaba FMEA metode na praktičnem primeru proizvoda iz avtomobilske industrije* avtorsko delo.

V diplomskem delu so vsi uporabljeni viri in literatura konkretno navedeni, teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Diplomsko delo je lektorirala *Nina Ahec*, mag. prof. slov. in mag. prof. zgod. Ključno dokumentacijsko informacijo sem prevedel *Jan Leskovar*.

Kraj in datum: \_\_\_\_\_

Lastnoročni podpis študenta/-ke: \_\_\_\_\_

## MENTORSTVO

Diplomsko delo je zaključek višješolskega strokovnega študija, smer strojništvo, opravljen je bil na Tehniškem šolskem centru Maribor, Višji strokovni šoli.

Študijska komisija Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, je za mentorja diplomskega dela imenovala *Leona Šuntnerja, mag. strojništva*.

### **Komisija za oceno in zagovor:**

Predsednik: \_\_\_\_\_

Član/mentor: \_\_\_\_\_

Član: \_\_\_\_\_

Član/somentor: \_\_\_\_\_

Datum diplomskega izpita: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

Diplomsko delo sem opravljal v podjetju AR Produkt, d. o. o., njihova osnovna dejavnost pa je mehanska obdelava kovin.

Diplomsko delo zajema problem slabe obdelave in reklamacij na izdelku, ki ga podjetje izdeluje za avtomobilsko industrijo.

V prvem delu je predstavljena metoda FMEA in podjetje, v katerem sem izdelal diplomsko delo. Opisan je tudi proizvodni program podjetja ter sama kakovost podjetja.

Drugi del predstavlja praktični primer diplomskega dela. Opisan je celoten postopek obdelave izdelka od začetka do konca. Predstavljeni so problem diplomskega dela, ukrepi in rešitev problema. Izdelana je tudi metoda FMEA na primeru.

Cilj diplomskega dela je raziskati oz. rešiti problem in s tem zmanjšati število reklamacij v podjetju, kar pomeni izboljšati postopek in zmanjšati stroške.

V delu so zajeti vsi postopki obdelave in s tem tudi rešitev oz. spremembe za boljšo obdelavo.

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	658.562:621.9(043.3)
KG	FMEA metoda/postopki odzemanja materiala/struženje/vrtanje/valjanje/izboljšava kakovosti/palice/priprava/reklamacije
AV	Jan LESKOVAR
SA	Leon ŠUNTNER (mentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2020
IN	<i>UPORABA FMEA METODE NA PRAKTIČNEM PRIMERU PROIZVODA IZ AVTOMOBILSKE INDUSTRIJE</i>
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	XI, 33 str., 21 sl., 6 tab., 9 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	<i>Diplomsko delo sem opravljajal v podjetju AR Produkt, ki se ukvarja z mehansko obdelavo kovin. Diplomsko delo zajema problem slabe obdelave in reklamacij na izdelku, ki ga podjetje izdeluje za avtomobilsko industrijo. Cilj diplomskega dela je raziskati oz. rešiti problem in s tem zmanjšati število reklamacij v podjetju, kar pomeni izboljšati postopek in zmanjšati stroške. V delu so zajeti vsi postopki obdelave in s tem tudi rešitev oz. spremembe za boljšo obdelavo.</i>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd  
DC 658.562:621.9(043.3)  
CX FMEA method/material removal procedures/turning/drilling/rolling/ quality improvement/sticks/preparation/complaints  
AU Jan LESKOVAR  
AA Leon ŠUNTNER (mentor)  
PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12  
PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College  
PY 2020  
TI *APPLICATION OF THE FMEA METHOD ON A PRACTICAL EXAMPLE OF A PRODUCT FROM THE AUTOMOTIVE INDUSTRY*  
DT Graduation Thesis (Higher vocational studies)  
NO XI, 33 p., 21 fig., 6 tab., 9 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB *I was writing my diploma in the company AR Produkt which is engaged in metal working. Diploma deals with the problem of poor/incorrect metal working and reclamations of a product, which the company makes for the automotive industry. The goal of my diploma is to explore respectively solve the problem and hereby reduce the number of reclamations in the company. That means to improve the procedure and lower the costs. My diploma comprises all the procedures of metal working and also the solution respectively the changes for better working.*



## KAZALO VSEBINE

<b>ZAHVALA</b> .....	<b>II</b>
<b>IZJAVA O AVTORSTVU</b> .....	<b>III</b>
<b>MENTORSTVO</b> .....	<b>IV</b>
<b>POVZETEK</b> .....	<b>V</b>
<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b> .....	<b>VI</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION</b> .....	<b>VII</b>
<b>KAZALO VSEBINE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>KAZALO SLIK</b> .....	<b>X</b>
<b>KAZALO TABEL</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA .....	1
1.2 NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA.....	1
1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE TER PRIČAKOVANI REZULTATI.....	1
<b>2 PREGLED STANJA</b> .....	<b>2</b>
2.1 FMEA METODA.....	2
2.1.1 Oblikovanje FMEA.....	4
2.1.2 Proces FMEA.....	4
2.2 PREDSTAVITEV PODJETJA .....	9
2.3 PROIZVODNI PROGRAM.....	10
2.4 KAKOVOST PODJETJA .....	11
<b>3. UPORABA FMEA METODE NA PRIMERU</b> .....	<b>13</b>
3.1 PREDSTAVITEV PROIZVODA – OBDELAVA PALICE.....	13
3.1.1 Operacija 10 – Vhodna kontrola .....	14
3.1.2 Operacija 20 – Struženje.....	15
3.1.3 Operacija 30 - Vrtanje .....	16
3.1.4 Operacija 40 – Valjanje.....	18
3.1.5 Operacija 50 - Pranje in pakiranje .....	18
3.2 PROBLEM – REKLAMACIJE PROIZVODA .....	19
3.3 UKREPI PO REKLAMACIJI.....	23

3.4 REŠITEV PROBLEMA.....	24
3.3 METODA FMEA NA PRIMERU .....	26
<b>4 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>32</b>
<b>5 VIRI.....</b>	<b>33</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: FMEA krog.....	2
Slika 2: Zgodnje odkritje napake.....	5
Slika 3: Pozno odkritje napake .....	5
Slika 4: Primer praznega obrazca FMEA metode .....	6
Slika 5: Primer izračuna .....	8
Slika 6: podjetje AR Produkt .....	9
Slika 7: Certifikat kakovosti podjetja AR Produkt po ISO 9001:2015 .....	12
Slika 8: Načrt izdelave palice .....	13
Slika 9: Operacije izdelave izdelka .....	14
Slika 10: Postružena palica s kalibrom.....	15
Slika 11: Merjenje izdelka po struženju .....	16
Slika 12: Priprava za palice pri vrtanju .....	17
Slika 13: Izvrtana palica s kalibrom .....	17
Slika 14: Navoj na palici s kalibrom .....	18
Slika 15: Pakiranje kosov v PVC škatle .....	19
Slika 16: Izdelana izvrtina na obdelovancu .....	19
Slika 17: Merilni protokol pri vrtanju.....	20
Slika 18: Reklamacijski zapisnik.....	21
Slika 19: Tritočkovni mikrometer 10-12mm .....	23
Slika 20: Priprava za palice pred popravkom .....	25
Slika 21: Popravljen priprava .....	25

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Verjetnost pojavitve .....	6
Tabela 2: Pomembnost napake .....	7
Tabela 3: Odkrivanje napake .....	8
Tabela 4: 8D poročilo .....	22
Tabela 5: Statistika izdelanih in reklamiranih kosov .....	26
Tabela 6: FMEA metoda na primeru .....	28

# 1 UVOD

## 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V diplomskem delu bom predstavil končni proizvod, ki ga podjetje izdeluje za avtomobilsko industrijo. Opisal bom celoten postopek od začetka do konca izdelave tega proizvoda. Problem, na katerega se bom osredotočil, so reklamacije tega proizvoda, ki se ponavljajo vsake toliko časa. Glavni problem pri teh proizvodih so izvrtine izven tolerančnega območja, tolerančno območje izvrtine pa mora biti natančno na tri stotinke mm. Luknje izdelka se vrtajo na CNC-rezkalnem stroju.

S pomočjo metode FMEA bom poskrbel za ugodno reševanje reklamacij in da do ponovitev neskladnosti ne bo več prihajalo.

## 1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomskega dela je predstaviti metodo FMEA na konkretnem primeru v podjetju. S pomočjo te metode bom poskušal ugotoviti, zakaj pride do reklamacij, in posledično najti rešitev in uvesti ukrepe, da do reklamacij ne bo prihajalo. S tem bi pomagal podjetju zmanjšati število reklamacij, posledično pa tudi stroške.

Cilji diplomskega dela so:

- predstavitev samega izdelka od začetka do konca obdelave;
- predstavitev metode FMEA;
- ugotovitev, zakaj točno prihaja do reklamacij;
- uvedba ukrepov na stroju in na sami kontroli pri vrtanju;
- zmanjšanje nepotrebnih stroškov podjetja, ki nastanejo zaradi reklamacij;
- zmanjšanje števila reklamacij.

## 1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE TER PRIČAKOVANI REZULTATI

Tema diplomskega dela izhaja s stališča tehnologa, kako posodobiti postopek obdelave na stroju ter uvesti preventivne ukrepe, da do napak ne bo več prihajalo. S tem bi pridobili rezultat boljšega in kakovostnejšega procesa.

Omejitev, ki bo vplivala na delo, je, da nekaj interne literature v podjetju spada pod poslovno skrivnost (risba, načrti, dobavitelj).

Pričakovani rezultati diplomskega dela so, da raziščemo in rešimo problem in s tem zmanjšamo število reklamacij v podjetju, kar pomeni izboljšavo postopka in zmanjšanje stroškov.

## 2 PREGLED STANJA

### 2.1 METODA FMEA

FMEA – »Failure Modes and Effects Analysis« ali po slovensko analiza možnih napak in njihovih posledic je orodje za obvladovanje tveganj. V praksi je ena največkrat uporabljenih in preizkuševalnih analiz, s katero projektom, ki so v začetni fazi, zmanjšujemo nastanek tveganj. S to metodo se ugotovijo možni načini odpovedi v sistemu ter njihovi vzroki in učinki.

Načini odpovedi in njihovi vplivi na preostali del sistema se za vsako komponento zapišejo v poseben delovni list FMEA. Obstajajo številne različice takih delovnih listov.

Razvili so jo inženirji zanesljivosti v poznih petdesetih letih prejšnjega stoletja za preučevanje težav, ki bi lahko nastale zaradi napak v vojaških sistemih. FMEA je pogosto prvi korak študije zanesljivosti sistema. (Wikipedia, 2020)



Slika 1: Krog FMEA

Vir: Vector Stock, 2020

Metoda FMEA je odličen pripomoček za analitično ocenjevanje konstrukcije novega ali spremenjenega izdelka, pa tudi samega procesa. Znano je, da ležijo vzroki večine napak v prvih fazah nastajanja proizvoda, kot so načrtovanje, razvoj in uvajanje v proizvodnjo.

Osnovna ideja metode je preprečevanje napak, še preden se pojavijo. Odpravljanje teh napak se praviloma prične šele tedaj, ko se napake šele pokažejo, torej v kasnejših fazah, kot sta redna proizvodnja, preskušanje, in pri redni uporabi izdelkov. (Povše & Bracar, 2018)

Metodo uporabimo na vseh napravah ali sistemih, kjer obstaja neko tveganje, da ne bodo ustrezali zahtevanim ciljem kakovosti. Pri metodi predvidevamo, kaj bi lahko bilo narobe. Analiza FMEA naj bi bila izvedena na vseh novih proizvodih, kjer je primerno. Lahko se uporabi tudi na obstoječih proizvodih in sistemih v primeru sprememb.

Metoda FMEA se lahko uporabi tudi v pisarnah, na področju varnosti in zdravja ter drugih področjih. Za uspešnost izvedbe FMEA morajo biti izpolnjeni najmanj naslednji osnovni pogoji:

- vodstvo organizacije mora odločno in jasno podpirati FMEA (menedžment tveganj);
- člani tima morajo dobro poznati problematiko;
- člani tima morajo biti ustrezno usposobljeni za izvajanje FMEA;
- tim ne sme biti prevelik;
- tim mora biti ciljno usmerjen k rezultatu. *(Povzeto po Povše & Bracar, 2018)*

Izvedbo FMEA sestavljajo naslednji koraki: analiza, vrednotenje, načrtovanje dejavnosti in spremljanje uspešnosti izvedenih dejavnosti. Posnamemo diagram poteka procesa, ga razdelimo na procesne korake ali sklope in za vsak sklop imenujemo tim, ki je sestavljen iz strokovnjakov iz različnih področij, ki še vedno pokrivajo obravnavani proces/proizvod. Tim naj nima več kot 6 članov, odvisno od obsega FMEA.

Člani tima skupno izpolnijo obrazec FMEA, v katerega vpišejo karakteristike kakovosti, značilne za proces, možne napake, posledice in vzroke. Potem za začetno stanje ocenijo faktorje S, O in D (pomembnost, pogostost in odkrivanje) in izračunajo RPN (ocena tveganja). Ko se po izvedbi korektivnih ukrepov vzpostavi novo stanje, se analitski postopek ponovi.

Da bi v popolnosti razumeli to metodo celovite kakovosti, moramo poznati osnovne pojme oziroma kratice, in sicer:

- FMEA: orodje kakovosti za analizo možnih napak in njihovih posledic (Failure Mode and Effects Analysis);
- DFMEA: analiza možnih napak proizvoda, ki se izvaja pri razvoju proizvoda (Design Failure Mode and Effects Analysis);
- PFMEA: analiza možnih napak v procesu, ki se izvaja pri razvoju procesa (Process Failure Mode and Effects Analysis);
- S: kritičnost napak (Severity);
- O: ocenjena pogostost (Occurrence);
- D: verjetnost odkrivanja (Detection);
- RPN: ocena rizika (Risk Priority Number). *(Povzeto po Povše & Bracar, 2018)*

### 2.1.1 Oblikovanje FMEA

Design FMEA (DFMEA) raziskuje možnost okvar izdelka, skrajšano življenjsko dobo izdelka ter varnostne in regulativne pomisleke, ki izhajajo iz:

- lastnosti materiala,
- geometrije,
- tolerance,
- vmesnikov z drugimi komponentami oziroma sistemi. (*Quality One, 2020*)

### 2.1.2 Proces FMEA

Proces FMEA (PFMEA) odkrije napake, ki vplivajo na kakovost izdelka, zmanjšano zanesljivost postopka, nezadovoljstvo kupcev ter nevarnosti za varnost ali okolje, ki izhajajo iz:

- človeških dejavnikov,
- uporabljenih materialov,
- uporabljenih strojev;
- merilnih sistemov, ki vplivajo na sprejemljivost,
- okoljskih dejavnikov uspešnosti procesov.

Metoda FMEA nam torej omogoča:

- zgodnje odkrivanje napak,
- zmanjševanje stroškov pri odpravljanju napak,
- izboljševanje zanesljivosti proizvodov,
- zmanjševanje rizika napak ...

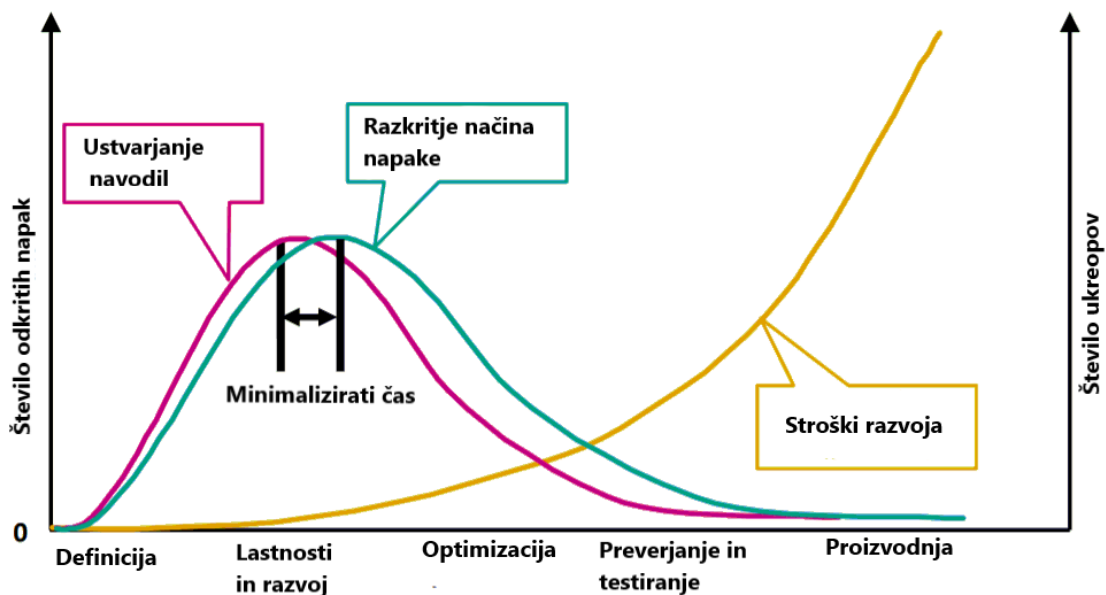
Pri izvedbi analize FMEA so ključna tri vprašanja:

- Kaj gre lahko narobe?
- Kakšen učinek ima lahko stvar, ki gre narobe?
- Kakšni so vzroki, da gre stvar narobe?

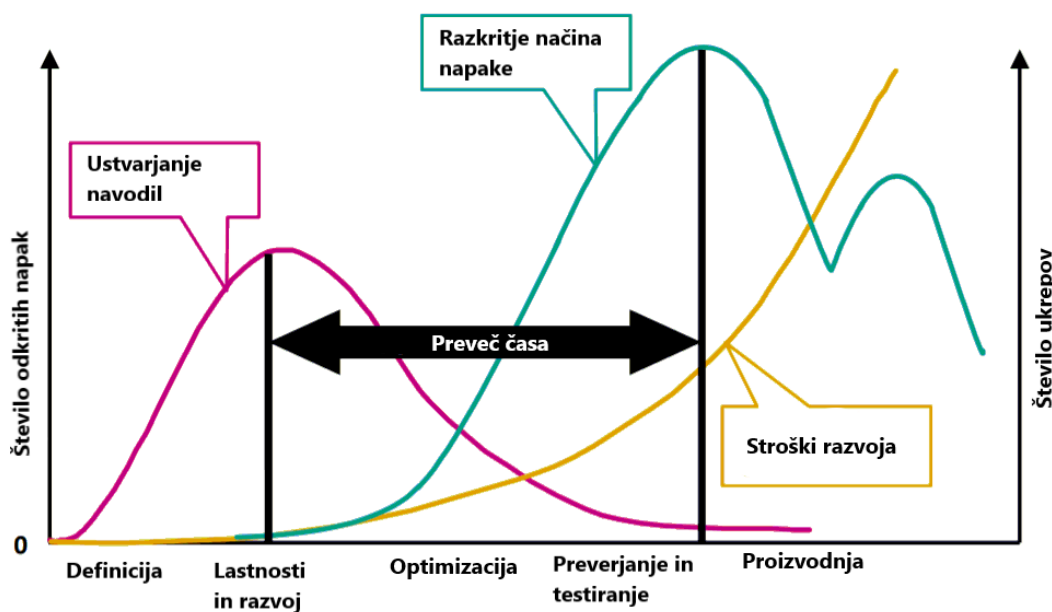
Z metodo FMEA predvidevamo napake in jih razvrščamo glede na pomembnost, pri tem pa moramo upoštevati:

- verjetnost, da se bo napaka ponovila;
- ocenitev resnosti učinka te napake;
- možnost, da bo napaka prišla do kupca. (*Quality One, 2020*)





Slika 2: Zgodnje odkritje napake  
Vir: Quality One, 2020



Slika 3: Pozno odkritje napake  
Vir: Quality One, 2020

Če pogledamo v preteklost, vidimo, da so stroški manjši, če je napaka odkrita zgodaj. Če je napaka odkrita pozno pri razvoju ali uvedbi izdelka, je vpliv eksponentno bolj uničujoč. (Quality One, 2020)

XXXXXX		Analiza možnih napak in njihovih posledic (FMEA)				Št. strani:		1 od X						
Proces: <b>Strojna obdelava</b>		Kupec: XXXXXXXXXX		Pilot FMEA   predavatelj		datum FMEA		Original / sprememba: XXXXXXXXXX						
IZDELEK	Ime izdelka: XXXXXXXXXX	Obkroži FMEA?		<ul style="list-style-type: none"> <li>FMEA konstrukcije</li> <li>FMEA procesa</li> <li>FMEA konstrukcija orodij</li> </ul>										
	Št. izdelka / izdelki: XXXXXXXXXX													
Team FMEA: (ime/funkcija) XXXXXXXXXX														
OBSTOJEČE STANJE														
Izdelek/postopek	Oblika napake	Posledica napake	Vzrok napake	Obstoječi kontrolni ukrepi	Pojavitev (Severiteta)	Pomembnost (Ocena)	Odkritje (Detect)	RPN	IZBOLJŠANO STANJE					
									Predlagani ukrepi		Results of corrective actions			
								<100	opis	odgovoren	S	O	D	R
											E	C	E	P
											V	C	T	N

Slika 4: Primer praznega obrazca metode FMEA

Vir: TŠC Maribor, 2019

Pojavitev (severity) je verjetnost, da bo določen vzrok imel za posledico dano napako. Edini način, da se pomen napake zmanjša, je odpravljanje enega ali več vzrokov s spremembo konstrukcije. (Elsmar, 2020)

Tabela 1 prikazuje verjetnost pojavitve, preko katere na obrazcu FMEA določimo, kako velika verjetnost je, da se bo napaka pojavila, in kakšna je njena pogostost.

Tabela 1: Verjetnost pojavitve

Verjetnost pojavitve	Pogostost	Razvrstitev
Zelo velika: napaka skoraj neizbežna	1 od 2	10
Zelo velika: napaka skoraj neizbežna	1 od 3	9
Velika: ponovljiva napaka	1 od 8	8
Velika: ponovljiva napaka	1 od 20	7
Srednja: občasna napaka	1 od 80	6
Srednja: občasna napaka	1 od 400	5
Srednja: občasna napaka	1 od 2000	4
Majhna: relativno malo napak	1 od 15000	3
Majhna: relativno malo napak	1 od 150000	2
Zelo majhna: napaka ni verjetna	1 od 1500000	1

Vir: Elsmar, 2020

Pomembnost (occurrency) napake je določitev resnosti vpliva na izdelek ali uporabnika. Resnost napake se nanaša samo na posledico. Zmanjšanje ocene je možno samo s spremembo konstrukcije izdelka. (Elsmar, 2020)

Tabela 2 prikazuje pomembnost napake, preko katere na obrazcu FMEA določimo, kakšna je posledica napake na izdelek in kako resna je lahko posledica napake.

Tabela 2: Pomembnost napake

Posledica	Kriterij: resnost posledice	Razvrstitev
Nevarna brez opozorila	Zelo resna napaka, pojavi se brez opozorila in vpliva na varnost izdelka in povzroči neusklajenost z regulativo.	10
Nevarna z opozorilom	Zelo resna napaka, pojavi se z opozorilom in vpliva na varnost izdelka in povzroči neusklajenost z regulativo.	9
Zelo velika	Izdelek neoperativen, izguba primarne funkcije.	8
Velika	Izdelek operativen z znižanimi performansami. Kupec nezadovoljen.	7
Srednje	Izdelek operativen, vpliva na udobje. Kupec občuti nelagodje.	6
Majhna	Izdelek operativen, zmanjšano udobje. Kupec občuti neugodje.	5
Zelo majhna	Manjše napake (hrup, tresenje, izgled), napako opazi večina kupcev.	4
Minimalna	Manjše napake (hrup, tresenje, izgled), napako opazi povprečen kupec.	3
Zanemarljiva	Manjše napake (hrup, tresenje, izgled), napako opazi zahteven kupec.	2
Nič	Napaka ne obstaja.	1

Vir: Elsmar, 2020

Odkrivanje (detected) je ocenitev zmožnosti, da se določi možne konstrukcijske slabosti, še preden je sestavni del poslan v proizvodnjo. Razvrstitev lahko zmanjšamo samo z izboljšanjem verifikacijskega programa. (Elsmar, 2020)

Tabela 3 prikazuje odkrivanje napake, preko katere na obrazcu FMEA določimo, kakšna je verjetnost odkritja napake s predvidenim nadzorom.

Tabela 3: Odkrivanje napake

Odkrivanje	Verjetnost odkritja s predvidenim nadzorom	
<b>Absolutno nezanesljivo</b>	Sedanji predvideni nadzor ne bo in ne more odkriti vzrokov za napako. Nadzor ne obstaja.	10
<b>Zelo minimalno</b>	Zelo minimalna verjetnost, da bo predvideni nadzor odkril vzrok/mehanizem za napako.	9
<b>Minimalno</b>	Minimalna verjetnost, da bo predviden nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	8
<b>Zelo majhno</b>	Zelo majhna verjetnost, da bo predviden nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	7
<b>Majhno</b>	Majhna verjetnost, da bo predvideni nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	6
<b>Srednje</b>	Srednja vrednost, da bo predvideni nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	5
<b>Srednje veliko</b>	Srednja velika vrednost, da bo predvideni nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	4
<b>Veliko</b>	Velika verjetnost, da bo predvideni nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	3
<b>Zelo veliko</b>	Zelo velika verjetnost, da bo predvideni nadzor odkril vzrok/mehanizem napake.	2
<b>Skoraj zanesljivo</b>	Predviden nadzor bo skoraj zanesljivo odkril vzrok/mehanizem napake.	1

Vir: Elsmar, 2020

Ko imamo določene vrednosti za pojavitve, pomembnost in pa odkrivanje, lahko izračunamo oceno tveganja.

Formula izračuna je: pojavitve (S) x pomembnost (O) x odkrivanje (D) = ocena tveganja (RPN).  
(Wikipedia, 2017)

<u>S</u>	<u>x</u>	<u>O</u>	<u>x</u>	<u>D</u>	=	<u>RPN</u>
10		2		2		40
3		10		2		60
2		5		10		100

Slika 5: Primer izračuna

Vir: Wikipedia, 2017

V avtomobilski industriji mora biti skupna ocena tveganja manjša od 100, višja ocena že predstavlja problem. (Wikipedia, 2017)

## 2.2 PREDSTAVITEV PODJETJA



Slika 6: Podjetje AR Produkt

Vir: AR Produkt, 2020a

AR Produkt, d. o. o. je manjše družinsko podjetje v Poljčanah, ki je bilo ustanovljeno leta 2006, kot širitev dejavnosti Kovinostrugarstvo Anton Razboršek, s. p., katerega temelji segajo v leto 1992. Takrat je Anton Razboršek (oče) pričel s svojo obrtjo, in sicer še v domači delavnici.

Zaradi širjenja se je leta 2002 preselil v novo postavljeno delavnico, kjer je uspešno posloval vse do upokojitve, leta 2009. Ves čas mu je, kot samostojni podjetnik, pomagal tudi Andro Razboršek (sin), ki pa je leta 2006 ustanovil podjetje AR Produkt, d. o. o. Samo podjetje se torej ponaša že s kar lepo tradicijo.

Novo prelomno obdobje za podjetje je bilo leta 2018, ko se je podjetje z nakupom nove proizvodne in poslovne stavbe preselilo v večje prostore. Danes podjetje zaposluje 13 ljudi.

Osnovna dejavnost podjetja je mehanska obdelava kovin. Usposobljeni so zadovoljiti potrebe in zahteve vsakega kupca doma in v tujini. Kot fleksibilen dobavitelj se prilagajajo potrebam in pričakovanju njihovih strank. Nudijo izdelavo po risbah naročnika, z lastnimi izkušnjami in znanjem ter raznolikostjo tehnologij pa naročniku pomagajo tudi v iskanju najoptimalnejših rešitev. (AR Produkt, 2020a)

### 2.3 PROIZVODNI PROGRAM

Proizvodne storitve, ki jih podjetje nudi, so struženje, vrtanje, rezkanje, žaganje, valjanje navojev itd. V sodelovanju s kooperanti podjetje nudi tudi toplotne obdelave, površinsko zaščito, ozobljenje in laserski razrez.

Izdelki podjetja so narejeni iz vseh vrst kovin (avtomatsko, konstrukcijsko ter nerjaveče jeklo, aluminijeve zlitine, sive litine, medenine, jeklo za poboljšanje, PVC itd.), končni proizvodi storitev pa so namenjeni za avtomobilsko industrijo, pohištveno industrijo, gradbeništvo, vzdrževanje, elektroindustrijo itd.

Na CNC-stružnicah nudijo usluge struženja obdelovancev od najmanjšega premera  $\varnothing$  10 mm in vse do premera  $\varnothing$  450 mm ter maksimalne stružne dolžine  $L=1500$  mm.

Njihov strojni park trenutno zajema 10 kosov CNC-stružnic. Z omenjenimi stroji zagotavljajo točnost obdelave vse do 0,01 mm.

Obdelujejo najrazličnejše kose, vse od enostavnih sornikov, puš, matic, vijakov do zahtevnih osi, gredi z raznimi utori in posebnimi stopenjskimi navoji.

Poleg sodobnih CNC-strojev razpolagajo tudi z nepogrešljivimi stroji za klasično obdelavo. Na njih izdelujejo predvsem najrazličnejše rezervne dele in manj serijske izdelke (tudi po 1 kos), ki so prav tako nepogrešljivi v najrazličnejših proizvodnjah.

Kljub malim serijam navadno ravno ti kosi zahtevajo zelo različne postopke obdelave in tudi točnost, kar zagotavljajo z različnimi klasičnimi stružnicami.

Nudijo tudi valjanje navojev. Na voljo imajo navojne valje v različnih vrstah in velikostih, vendar vsi uporabljajo mehanizem, pri katerem se kaljene jeklene matrice ujemajo in nastavijo tako, da prodrejo s silo, da bi preoblikovale materialno površino okroglega premera v navojno obliko. Izdelujejo vse vrste navojev in vreten praktično brez dimenzijskih omejitev.

Ena izmed njihovih dejavnosti je tudi globoko vrtanje, ki je zaradi vedno večjih zahtev kupcev nepogrešljivo v kovinski industriji. Globinsko vrtanje se uporablja v različnih materialih, od aluminija do super zlitin, in je sposobno doseči tesen nadzor premera, ravnosti in boljše površinske obdelave v obdelovancih. Proces vrtnanja z globokimi vrtinami izvajajo z uporabo posebnih orodij, v namenskem vrtalnem stroju, ki izdeluje luknje v smeri premera v kovino.

Nudijo tudi brezkončno brušenje, pri katerem uporabljajo abrazivno rezanje, s katerim odstranjujejo material iz obdelovanca. Brezkončno brušenje se običajno uporablja kot prednost v primerjavi z drugimi postopki brušenja, saj se lahko veliko izdelkov obdela v kratkem času.

Podjetje ima zraven 10 CNC-stružnic tudi en rezkalni stroj, na katerem nam lahko nudijo 3-osno rezkanje do dimenzije 600 x 400 x 400 mm (x/y/z). (AR Produkt, 2020a)

## 2.4 KAKOVOST PODJETJA

Kakovost storitev je osnovni pogoj za uspešno poslovanje podjetja AR Produkt, d. o. o. Potreba po kakovosti je prisotna v vsakem delovnem procesu, ki sestavlja njihovo dejavnost. Njihova kakovost temelji na dolgoletnih izkušnjah, preprečevanju pojava napak, spoštovanju dobavnih rokov ter izpolnjevanju kupčevih zahtev, zahtev vseh glavnih zainteresiranih strani ter spoštovanju zakonodaje in regulative.

Prav tako stremijo k nenehnemu izboljševanju sistema vodenja kakovosti preko inovacij, timskega dela in s polno vključenostjo vseh zaposlenih. (AR Produkt, 2020a)

Sistemske pristopajo k izboljševanju sistema vodenja kakovosti z doslednim izvajanjem zapisanega v politiki kakovosti in z vsakoletnim postavljanjem merljivih ciljev kakovosti. Za ugotavljanje doseganja izboljševanja sistema analizirajo različne podatke, od zadovoljstva kupcev, rezultatov notranjih presoj, uspešnosti in učinkovitosti uvedenih korektivnih in preventivnih ukrepov do ugotovitev z vodstvenega pregleda.

Sistemi pristop uporabljajo tudi pri izboljševanju in racionalizaciji obstoječih procesov, s stalnim usposabljanjem zaposlenih ter nabavo primernih materialov za izdelavo naročenih izdelkov.

Skrb za kakovost je naloga vseh vpletenih v proizvodni proces. Posebno pozornost posvečajo odnosu do zaposlenih. Ta temelji na spoštovanju, spodbujanju ter skrbi za njihov poklicni ter osebnostni razvoj.

Pridobili so certifikat Sistema vodenja kakovosti ISO 9001:2015. (AR Produkt, 2020a)



Slika 7: Certifikat kakovosti podjetja AR Produkt po ISO 9001:2015

Vir: AR Produkt, 2020a

ISO 9001 Sistemi vodenja kakovosti: Standard ISO 9001:2015 je izdala mednarodna organizacija ISO (International Standardisation Organization) leta 2015, na kar oznaka »2015« tudi opozarja.

Standard ISO 9001:2015 določa zahteve za sistem vodenja kakovosti, njihova uporaba v praksi omogoča organizacijam dokazovanje zmožnosti za dosledno zagotavljanje izdelkov in storitev skladno s postavljenimi zahtevami in izboljševanje zadovoljstva odjemalcev. S tem daje osnovo za uspešnejše poslovanje. Organizacije, ki uporabljajo zahteve standarda pri vsakdanjem delu, lahko po uspešno opravljenem certifikacijskem postopku pridobijo certifikat za sisteme vodenja kakovosti. (Kuhelj, 2009)

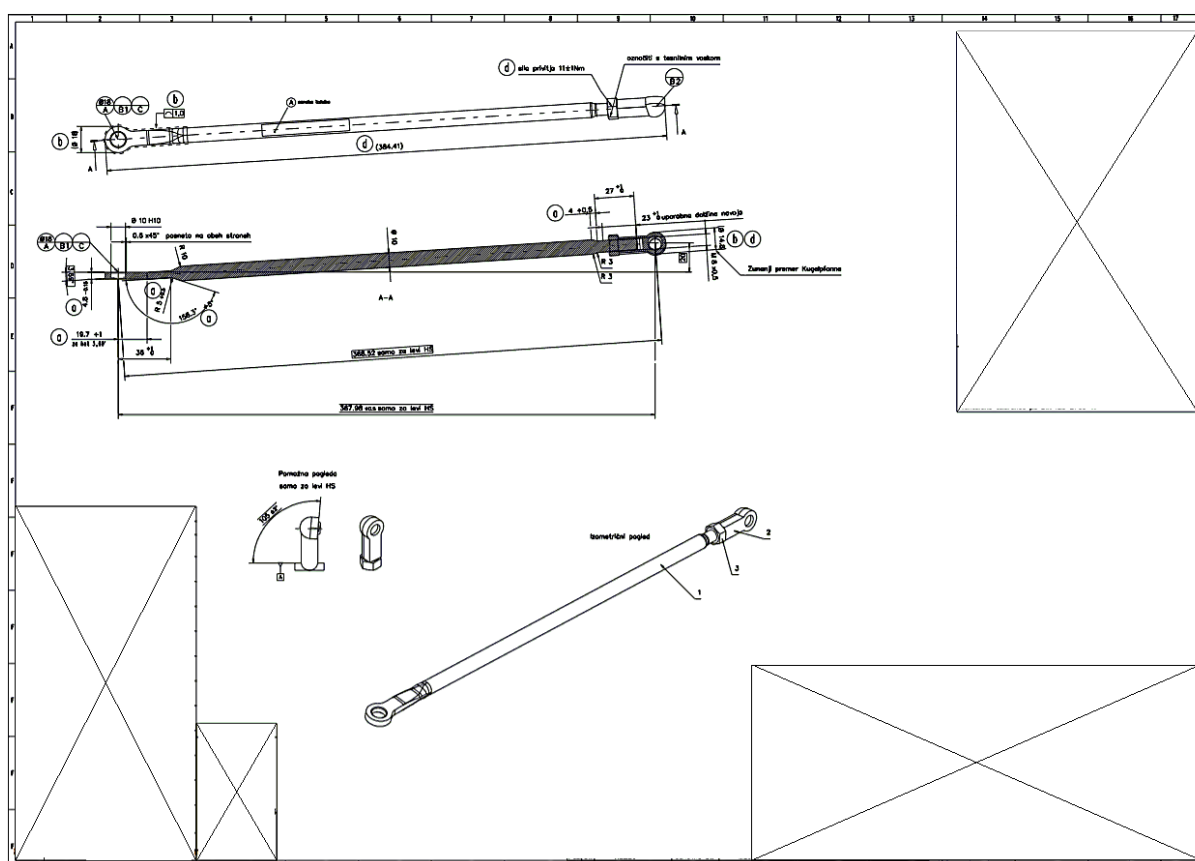


### 3. UPORABA METODE FMEA NA PRIMERU

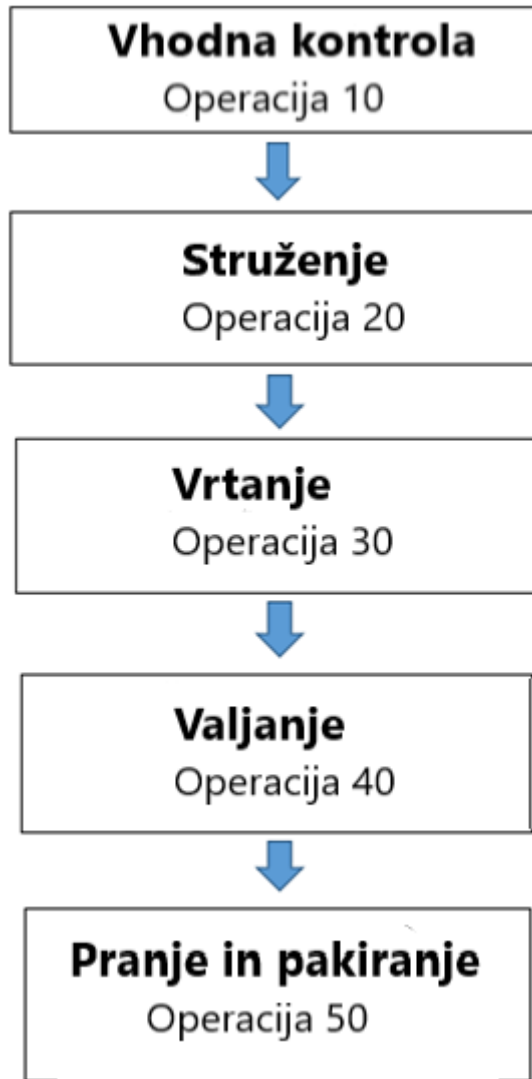
#### 3.1 PREDSTAVITEV PROIZVODA – OBDELAVA PALICE

Obdelava palic 301-212 (leva palica) in 301-214 (desna palica) je serijski proizvod podjetja AR Produkt, d. o. o. Letna količina naročil presega 5 % celotne proizvodnje. Palica je namenjena za avtomobilsko industrijo in se uporablja pri avtomobilih kabrioletih (avtomobil s kovinsko ali platneno streho, ki jo je mogoče zložiti).

Odkovke je iz materiala 42CrMo4, poboljššan na 1000–1150 N/mm<sup>2</sup> (samo podjetje ne naroča potrebnega materiala, saj odkovke dostavi kupec). Na odkovku podjetje opravi storitev struženja, vrtnanja in valjanja navojev, kasneje pa podjetje pošlje izdelek na zadnji postopek obdelave, na cinkanje. Palice so ene izmed komponent, ki nam omogočajo dvig ali spust strehe.



Slika 8: Načrt izdelave palice  
Vir: AR Produkt, 2020b



Slika 9: Operacije izdelave izdelka  
Vir: AR Produkt, 2020b

### 3.1.1 Operacija 10 – Vhodna kontrola

Ko material prispe v podjetje, ga skladiščnik preveri, ali je z njim vse v redu.

Na vhodni kontroli torej preverjamo: mehanske poškodbe površine, odstopanje mehanskih lastnosti materiala in dimenzijsko odstopanje.

Skladiščnik torej opravlja nekakšno procesno kontrolo prejetega materiala in ugotavlja, ali morebiti prihaja do kakšnih neskladnosti. Naključno vzame nekaj vzorcev, ki jih preveri, in na njih opravlja merjenje. Po kontroli presodi, ali je z odkovki vse v redu in ali so pripravljene za proizvodnjo.

### 3.1.2 Operacija 20 – Struženje

Struženje palic poteka na CNC-stružnici Traub TNS 30/42. Pred začetkom dela na stroju si najprej na mizi pripravimo surovce in zaboje. Na stroju je treba nastaviti program in pripraviti pripravo in orodje za obdelavo teh kosov. Ko pričnemo z obdelavo, obdelovance preverjamo z mikrometrom 0–25 mm, s pomičnim merilom in s kalibrom, če so bili pravilno postruženi, kar pomeni, da mora biti mera obdelovancev v toleranci.

Med obdelavo obdelovanca kontroliramo vsak obdelovanec s kalibrom in intervalno na eno uro vpišemo meritve v merilni protokol. Pri vsaki palici očesno kontroliramo obdelavo in morebitne napake.

Med delom vsake toliko časa kontroliramo orodje – noža, ki odrezujeta odrezke od obdelovanca (eden je za grobo obdelavo, drugi za fino), oz. ploščici, če pri tem ugotovimo, da je katera od ploščic že slaba, jo moramo obrniti ali zamenjati, obrabljenost ploščic se vidi že na kakovosti obdelovanca. V zaboj zlagamo po 150 palic. Med delom moramo skrbeti tudi za urejenost in čistost delovnega mesta in stroja.



*Slika 10: Postružena palica s kalibrom*  
*Vir: AR Produkt, 2020b*



*Slika 11: Merjenje izdelka po struženju  
Vir: AR Produkt, 2020b*

### **3.1.3 Operacija 30 – Vrtanje**

Vrtanje palic poteka na CNC-rezkalnem stroju Traub CSK 300. Pred začetkom vrtanja si najprej pripravimo postružene surovce. Na stroju je treba nastaviti program in pripraviti pripravo in orodje za vrtanje teh kosov. Na vpenjalno pripravo nameščamo po 6 palic hkrati, ko jih namestimo, pripravo obrnemo in pričnemo z vrtanjem, med časom vrtanja na drugo pripravo zopet namestimo 6 palic, s tem načinom stroj neprestano deluje.

Ko pričnemo z obdelavo, si pripravimo kaliber in tritočkovni mikrometer, s katerima preverjamo velikost izvrtine. Kontrolirati moramo tudi zvitost palice in opravljati samo kontrolo konture palice.

Med obdelavo kontroliramo obdelovanec s kalibrom in intervalno na eno uro vpišemo meritve v merilni protokol. Vsak kos tudi očesno pregledamo in tako kontroliramo obdelavo in morebitne napake.

Pri tem postopku delujejo 3 orodja (sveder in povrtalo sta narejena prav za ta izdelek, sveder je VHM fi9,8; povrtalo VHM fi10,04.), najprej luknjo izvrti sveder, potem grezilo izdela fazo na eni strani obdelovanca, nazadnje povrtalo še luknjo povrta na fino obdelavo. Ker pa stroj med vrtanjem izdela fazo samo na zgornji strani luknje, moramo na navadnem vrtalnem stroju odstraniti ostre robove luknje še na spodnji strani palice. V zaboj zlagamo po 150 palic. Med delom pa moramo skrbeti tudi za urejenost in čistost delovnega mesta in stroja.



*Slika 12: Priprava za palice pri vrtanju*  
*Vir: AR Produkt, 2020b*



*Slika 13: Izvrtana palica s kalibrom*  
*Vir: AR Produkt, 2020b*

### 3.1.4 Operacija 40 – Valjanje

Valjanje palic poteka na valjalnem stroju WMW UPW. Pred pričetkom dela si pripravimo stroj, nastavimo valje za obdelavo teh kosov, pripravimo si tudi palice na mizo pred stroj. Ko je stroj pripravljen, pričnemo z valjanjem navojev M8 x 0,5 na palice.

Po končanem valjanju navoja preverimo premer palice z mikrometrom, kontroliramo navoj s kalibrom M8-6e in očesno prekontroliramo kakovost navoja. Vsak kos potem odložimo na odlagalno mesto – transporter, ki kose odloži v mrežo. Med postopkom valjanja kontroliramo tudi merilno uro na stroju. Intervalno vpisujemo mero v merilni protokol. Med obdelavo kontroliramo urejenost in čistost delovnega mesta in stroja.



*Slika 14: Navoj na palici s kalibrom  
Vir: AR Produkt, 2020b*

### 3.1.5 Operacija 50 – Pranje in pakiranje

Po postopkih struženja, vrtanja in valjanja je na vrsti pranje, saj moramo sprati s kosov emulzijo in olje. Ko jih pralni stroj opere, jih na koncu tudi posuši. Kose damo prati skupaj z mrežo, v katero smo jih po valjanju odlagali.

Ko je postopek pranja zaključen, je kose treba le še spakirati. Pakiramo jih v sive zaboje po 70 kosov. Pakiramo jih s pomočjo tehnice, ki si jo nastavimo tako, da nam šteje, koliko kosov smo dali v škatlo.

Ko končamo s pakiranjem, je ves postopek dela palic končan. Kose na koncu pošljemo le še na cinkanje.



*Slika 15: Pakiranje kosov v PVC-škatle  
Vir: AR Produkt, 2020b*

### **3.2 PROBLEM – REKLAMACIJE PROIZVODA**

Problem, na katerega sem se osredotočil, so reklamacije teh palic, ki jih obdeluje naše podjetje. Te reklamacije so se vedno znova ponavljale v manjši količini. Le za približno 1 % vseh obdelanih palic smo prejeli reklamacijo, večinoma zaradi prevelike izvrtine.

Ker sem veliko časa sam delal na tem stroju in bil tudi soodgovoren za te napake, sem si izbral relevantno temo za diplomsko delo, in sicer z željo, da bi nekako rešil problem teh reklamacij. Izbral sem si metodo FMEA, ker smo se v šoli ravno učili o tej metodi in se mi je zdela najprimernejša za iskanje rešitev in preprečitev novih napak, posledično preprečitev novih reklamacij na tem proizvodu.



*Slika 16: Izdelana izvrtina na obdelovancu  
Vir: AR Produkt, 2020b*

Glavni problem pri obdelavi palic so bile torej izvrtine izven tolerančnega območja. Tolerančno območje izvrtine na palici je bilo od  $\phi 10.035$  do  $\phi 10.065$ , torej tri stotinke mm. Zraven prevelikih izvrtin smo imeli občasno probleme tudi s srhom na fazi, ki je ostal na izvrtini luknje.

AR PRODUKT d.o.o.		IZVAJANJE MERITEV V PROIZVODNEM PROCESU – izdelava luknje						
ARTIKEL:	301-212/214-001	DN	2020-14	Datum:	7.1.2020			
TIP STROJA:	TRAUB CSK 300	Kontrolor izvedel:	Jan Leskovar		Izmjena:	dop.		
MERA PO IZDELAVI IZVRTINE	PRVA MERITEV	MERITEV 2	MERITEV 3	MERITEV 4	MERITEV 5	MERITEV 6	MERITEV 7	MERITEV 8
Zvitost GRE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$\phi 10,035 - \phi 10,065$ GRE / NE GRE	10,042 ✓	10,044 ✓	10,044 ✓	10,043 ✓	10,044 ✓	10,042 ✓	10,043 ✓	10,044 ✓
Kontura GRE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Slika 17: Merilni protokol pri vrtanju

Vir: AR Produkt, 2020b

Z reklamacijami tega proizvoda avtomobilske industrije se je začelo 9. 10. 2018, ko smo prejeli prvo reklamacijo zaradi prevelikih lukenj in srha na fazi. To je bilo mesec dni po tistem, ko smo začeli s postopkom vrtanja lukenj v te izdelke. Pred tem smo te odkovke samo stružili in valjali, ker pa je imelo podjetje, ki je prej vrtalo luknje v te kose, velike probleme, je posel prevzelo naše podjetje in tako smo na lastni koži izkusili, da vrtanje teh kosov ni tako enostavno.

Takrat smo dobili reklamacijo palic 301-214-001. Ta reklamacija je zajemala 84 kosov, ki so imeli preveliko izvrtano luknjo (dva kosa so razcinkali in s tem potrdili, da gre za luknje izven toleranc), reklamacija je zajemala tudi 197 kosov, ki so imeli rob na fazi, kosi niso bili dovolj posneti.



AR PRODUKT, D.O.O. PROIZVODNJA, TRGOVINA, GOSTINSTVO, POSLOVNE IN DRUGE STORITVE TOVARNIŠKA ULICA 7  SI-2319 POLJČANE Slovenia	Stran: 1 Datum: 9.10.2018
<b>REKLAMACIJSKI ZAPISNIK: 18-340-000032</b>	Dostava  Referent

Koda	Naziv	Količina	EM
7000010010001	KAKOVOST REKLAMACIJA	84	KOS


### OBRAZLOŽITEV:

Pozdravljeni,

reklamiramo vam vrtnje artikla  palice 301-212/214 in sicer:

- 301-214-001 / DN 1700336 : 84 kosov je izmet zaradi prevelikih lukenj. Dva kosa smo razcinkali in je potrjeno, da so luknje izven toleranc po kontrolnem postopku za vrtnje.

- 301-214 / DN 1800262: 197 kosov ima rob (ni posneto). Te kose smo vam vrnili na popravilo z novim delovnim nalogom 18-605-000104. Po popravilu jih bomo ponovno cinkali.

Stroški reklamacije so  in zajemajo stroške slabih kosov, ponovnega cinkanja ter kontrole.

Prosim, da nam izstavite dobropis.

Prosim tudi za 8D poročilo z ukrepi do 15.11.2018.

*Slika 18: Reklamacijski zapisnik*

*Vir: AR Produkt, 2020b*

Po prejeti reklamaciji smo morali narediti 8D poročilo z ukrepi.

Tabela 4: 8D poročilo

8D - Poročilo / 8D - Report		Verzija 01 Datum izdaje: 22.11.2018 Revizija: Datum revizije:
Številka reklamacije in opis:	18-340-000032	
Datum reklamacije:	9.10.2018	Datum 8D-Poročila: 21.11.2018
Št. 8D-Poročila:	1	Izdajatelj 8D-Poročila: Tjaša Razboršek
Izdelek / Storitve / Stroj:	Naziv:	Količina:
301-214-001/struženje, vrtnanje, valjanje/TRAUB	Pozicija 301-214-001	84 kos
<b>D1 Imenujte Team:</b>		
Vodja Teama: Andro Razboršek, Tjaša Razboršek, Jan Leskovar		
<b>D2 Opis problema:</b>		
Reklamacija za vrtnanje artikla palic 301-212/214-001 in sicer: 84 kos je izmet zaradi prevelikih lukenj. Dva kosa so razcinkali in je potrjeno, da so luknje izven toleranc po kontrolnem postopku za vrtnanje. 197 kosov ima rob (ni posneto) - te kose so nam vrnilo na popravilo in se bodo ponovno cinkali.		
<b>Značilnost napake:</b>		
<b>D3 Takojšnji ukrep(i):</b>		
15.10.2018 smo prevzeli 197 kosov, ki so imeli rob - odstranili smo srh iz robov in jih dne, 06.11.2018 vrnili 194 kosov nazaj	Datum uvedbe: 15.10.2018	
	Pristojnost: Tjaša Razboršek	
	Učinek kontrole ( % ): 100%	
	Rok: 06.11.2018	
<b>D4 Možni vzrok(i):</b>		
Do prevelike luknje na obdelovancu je prišlo verjetno zaradi obrabe orodja, nepozornosti operaterja in osredotočenosti na meritev luknje s kalibrom GRE/NE GRE - posledično je zaradi slabo izdelane luknje ostajal viden rob, ki ga z vrtnim strojem nismo dovolj posneli.	Povezano z:	
	Odgovoren: Operater (Führer, Leskovar)	
<b>D5 Izdelani - planirani korektivni ukrepi:</b>		
Dodatno izdelati oz. dopolniti pisna, ustna in slikovna delovna navodila za izdelavo luknje na palicah. Sklicati sestanek in o zadevi obvestiti ostale vpletene zaposlene. V tabelo "aktivnosti reševanja problemov in napak v proizvodnji" vpisati reklamacijo in jo reševati po principu PDCA	Kontrola uspešnosti:	
	Pristojen: Tjaša Razboršek	
	Rok: naslednja dobava	
<b>D6 Uvedeni korektivni ukrep(i):</b>		
Ob prejemu pisnega opozorila/reklamacije o prevelikih luknjah ter neposnetem robu smo nemudoma uvedli dodatna delovna navodila v pisni, ustni in slikovni verziji. Na sestanku smo se pogovorili o vzroku nastanka napake, dorekli ukrepe in se aktivno lotili preprečevanja ponovitve napake.	Kontrola:	
	Pristojen: Razboršek	
	Rok za uvedbo: naslednja dobava	
<b>D7 Preprečiti ponovitev napake:</b>		
Večja pozornost pri obrabi orodja - ko operater opazi razliko v velikosti luknje o tem nemudoma obvesti nadrejenega, da zadevo skupaj pregledata. Prav tako operater (intervalno) s kalibrom NE GRE kontrolira luknjo. Večja pozornost se namenja posnetju robov - v pomoč dodatna slikovna navodila.	Pristojen: Razboršek, operater na stroju	
	Rok dopolnitve:	
<b>D8 Čestitati Teamu:</b>		

### 3.3 UKREPI PO REKLAMACIJI

Ko smo prejeli reklamirane kose nazaj v podjetje, smo jih najprej pregledali in res ugotovili, da gre za preveliko izvrtino na kosih. 84 kosov je torej imelo preveliko izvrtino, 197 kosov pa je imelo srh na tisti fazi, ki je bila ročno posneta z vrtalnim strojem.

Sprva smo mislili, da sta bili edina vzroka za prevelike izvrtine in srh na fazi verjetno preveč obrabljeni orodji (sveder in grezilo). Sveder je verjetno zaradi prevelike obrabljenosti med vrtanjem začel opletati, saj ni imel več ostrine, da bi kakovostno vrtal, s tem pa je posledično naredil večjo luknjo. Grezilo na ročnem vrtalnem stroju pa je bilo verjetno prav tako zelo obrabljeno in posledično ni več kakovostno posnelo faze, zato je na fazi ostal majhen rob – srh.

Takoj po reklamaciji so sledili ukrepi. Sprva je bil sklican sestanek, na katerem se je obvestilo vse vpletene zaposlene in na katerem smo ugotavljali, kaj je šlo narobe. Po sestanku so se dodatno izdelala pisna, ustna in slikovna navodila za izdelavo luknje na palicah ter postrili merilni protokoli.

Eden izmed ukrepov je bil tudi, da se pred vsakim vrtanjem natančno pogleda obrabljenost svedrov, tako da je operater pred začetkom dela orodja vzel ven ter jih pregledal, ali ni slučajno kakšen sveder kje okrušen ali obrabljen. Po dogodku se je kupilo tudi nujno potrebni tritočkovni mikrometer za merjenje izvrtine, saj samo s kalibrom za luknjo GRE/NE GRE nismo mogli natančno vedeti, kako veliko luknjo sveder izvrti.

Po reklamaciji se je tudi bolj natančno začelo spremljati, koliko ti namenski svedri zdržijo in kdaj približno jih je treba zamenjati. Ugotovili smo, da je sveder treba zamenjati približno po izvrtanih 4000 kosih. Povrtalo pa zdrži 2-krat več, če se sveder zamenja pravi čas.



Slika 19: Tritočkovni mikrometer 10–12 mm  
Vir: AR Produkt, 2020b

Ko smo prejeli nova naročila za izdelavo teh kosov, smo jih previdno in pazljivo obdelali z novimi in neobrabljenimi svedri. Vendar smo čez nekaj časa spet prejeli nove reklamacije, da imajo izdelki zopet preveliko izvrtino.

Reklamacije so se ponavljale, vendar s precej manjšim številom reklamiranih kosov kot pri prvi reklamaciji. Spraševali smo se, zakaj spet prihaja do reklamacij, saj smo redno spremljali obrabljenost svedrov, redno merili in preverjali velikost luknje.

Merili smo na vsako polno uro in mere vpisovali v merilne protokole. Tudi s kalibrom smo preverjali kose na vsakih 6 kosov. Sam operater pa ni zaznal nobene napake med samim procesom. 100-% kontrole nismo izvajali, saj bi operaterju vzelo preveč časa in se nam dejansko dela ne bi splačalo opravljati.

Reklamacije so še vedno prihajale iz meseca v mesec, zato smo vzroke iskali povsod. Sprva smo mislili, da je kaj narobe s strojem oziroma s programom stroja. Ko smo stroj dodobra preverili, smo ugotovili, da je z njim vse v redu.

Zato smo vzroke za napake iskali drugje. Preverili smo tudi material odkovkov in samo kakovost izdelave odkovkov, vendar smo spet ugotovili, da je s samimi odkovki vse v redu.

Ker vzroka za prevelike izvrtine luknje na kosih nismo našli, smo se dogovorili s kupcem, da bo določen odstotek vseh izdelanih kosov slabih in da jim bo naše podjetje dalo dobropis pri ceni storitev za slabo izdelane kose, dokler se ne odkrije napaka.

Njihovo podjetje ima namreč v sami kontroli kosov drag laserski stroj za preverjanje velikosti, zato so za vsak slab kos, takoj po tem, ko je šel čez kontrolo, vedeli, da ni v toleranci izdelave.

### **3.4 REŠITEV PROBLEMA**

Po dobrem letu proizvodnje teh kosov smo le odkrili, kje je problem. Problem je bil v pripravi, na katero smo vstavili obdelovance in jih pritrdili z vijaki.

Sami obdelovanci niso bili dovolj fiksno pritrdjeni na samo pripravo, zato je nekatere obdelovance med vrтанjem zaradi sile svedra malenkost zmajalo in je zaradi trenja nastala večja luknja.

Kot vidimo na sliki 20, so obdelovanci pritrdjeni na pripravo le z enim vijakom in ploščico, ki fiksira cel obdelovanec s pomočjo ostalih podpor.

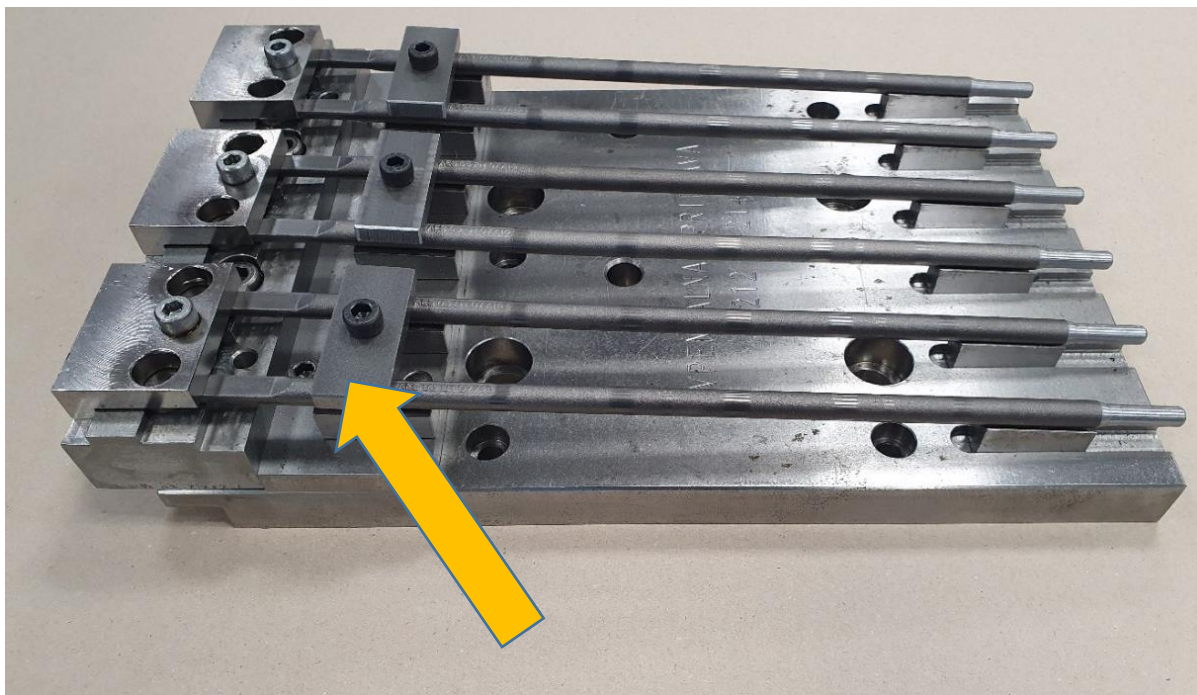


*Slika 20: Priprava za palice pred popravkom*  
*Vir: AR Produkt, 2020b*

Zato smo na pripravo dodali dodatno podporo vijaka in ploščice. Sprva smo le poskusili, ali se slučajno v tem skriva vzrok za napako, ker obdelovanec ni bil čisto trdno pripet. In čez čas se je izkazalo, da smo našli rešitev. Ugotovili smo, da je problem bil res le v pripravi oz. v sami slabi podpori obdelovanca.

Operater na stroju ima sicer sedaj več dela kot prej, saj mora dodatno zaviti 3 vijake več, kar mu vzame več časa in je zaradi tega stroj nekaj časa v čakanju. Tako smo rešili dolgotrajne reklamacije, ki so se redno ponavljale

Na sliki 21 vidimo narejeno dodatno podporo, ki fiksira obdelovance.



*Slika 21: Popravljen priprava*  
*Vir: AR Produkt, 2020b*

V tabeli 5 imamo zbrana števila izdelanih kosov po mesecih in število reklamiranih kosov. Lepo se vidi, kako nam je z ukrepi uspelo zmanjšati reklamacije in jih tudi dokončno preprečiti.

Tabela 5: Statistika izdelanih in reklamiranih kosov

ŠTEVILO MESECEV	MESEC	LETO	ŠTEVILO IZDELANIH KOSOV	ŠTEVILO REKLAMIRANIH KOSOV
1	Oktober	2018	6.400	281
2	November	2018	7.120	167
3	December	2018	3.800	92
4	Januar	2019	4.220	96
5	Februar	2019	6.750	112
6	Marec	2019	7.020	87
7	April	2019	4.000	34
8	Maj	2019	5.320	46
9	Junij	2019	5.200	18
10	Julij	2019	6.000	33
11	Avgust	2019	7.360	48
12	September	2019	6.200	46
13	Oktober	2019	5.120	32
14	November	2019	4.320	29
15	December	2019	1.600	0
16	Januar	2020	7.040	0
17	Februar	2020	4.400	0
<b>SKUPAJ:</b>			<b>91.870</b>	<b>1.021</b>

Vir: AR Produkt, 2020b

### 3.3 METODA FMEA NA PRIMERU

V podjetju smo se na podlagi prejetih reklamacij palic 301-212 in 301-214 odločili narediti analizo FMEA, da preprečimo morebitne nove napake in morebitne nove reklamacije tega proizvoda.

Za uspešnost metode FMEA je treba izpolnjevati naslednje osnovne pogoje: vodstvo organizacije mora odločno in jasno podpirati FMEA, člani tima morajo dobro poznati problematiko; člani tima morajo biti ustrezno usposobljeni za izvajanje FMEA; tim ne sme biti prevelik; tim mora biti ciljno usmerjen k rezultatu.

AR Produkt, d. o. o. vse pogoje izpolnjuje, med drugim ima podjetje certifikat Sistema vodenja kakovosti ISO 9001:2015.

Najprej smo oblikovali tim, ki je usposobljen za delo s to metodo. V tim smo vključili vodjo proizvodnje, izmenovodjo in operaterja na stroju. Vsi člani tima dobro poznajo problematiko izdelka, dobro poznajo tudi sestavo in delovanje izdelka, tehnologijo izdelave, način in izvedbo kontrole. Cela skupina je bila ciljno usmerjena k dobremu rezultatu, da preprečimo morebitne ostale napake v procesu.

Naša analiza FMEA je bila narejena šele po prvih reklamacijah izdelka, kar je tudi slabost. Če bi bila analiza izvedena že pred samim začetkom izdelave procesa, verjetno ne bi prišlo do te problematike in do reklamacij.

Tabela 6: Metoda FMEA na primeru

Analiza možnih napak in njihovih posledic (FMEA)		Ime izdelka: palice 301-212/214		Podjetje: AR Produkt d. o. o.								
Vhodna kontrola	Oblika napake	Posledica napake	Vzrok napake	OBSTOJEČE STANJE			IZBOLJŠANO STANJE			R P N	Predlagani ukrepi	Rezultati korektivnih ukrepov
				Obstoječi kontrolni ukrepi	Pojavitev (Severity)	Pomembnost (Occurance)	Odkritje (Detected)	R P N	opis			
Vhodna kontrola Operacija 10	Mehanske poškodbe površine	Neuporaben izdelek	Neustrezno rokovanje materiala dobavitelja		2	8	2	32	<100	odgovoren	/ / / /	/ / / /
	Dimenzijsko odstopanje	Težave pri nadaljnji obdelavi	Neustrezna nastavitve parametrov, izmet		3	8	2	48		Skladiščnik	/ / / /	/ / / /
Struženje Operacija 20	Napačne dimenzije struženja	Neuporaben izdelek	Neustrezna obdelava		4	8	3	96		Operater na stroju	Redna kontrola orodja Preventivna menjava orodja Dodatna navodila za merjenje	3 8 2 48
	Neustrezne faze na izdelku	Neuporaben izdelek	Neustrezna obdelava		3	7	3	63		Operater na stroju	Merjenje faze, dopolnitev merilnega protokola	3 7 2 42
	Neustrezna kvaliteta struženja	Neuporaben izdelek	Slabo orodje (fini in grobi rezalni nož) – tehnologija		3	7	4	84		Operater na stroju	Dodatne slike na stroju, kaksna mora izgledati površina struženja	3 7 2 42



Vrtanje Operacija 30	Izvrtna izven tolerance	Neuporaben izdelek	Slabo orodje (sveder, grezilo, povrtalo) Kosi niso dovolj trdno pritjeni na pripravo stroja Odrezek v izvrtni	Merilni protokol, Kaliber za luknjo,	6	9	8	552	Redna kontrola orodja, Preventivna menjava orodja, Nabava trtočkovnega mikrometra za merjenje izvrtnine Popravek priprave za vpenjanje Na vsakih 6 kosov uporabiti kaliber Dodatna pisna in slikovna navodila	Operater na stroju, vodja proizvodnje	3	9	3	81
	Neustrezna dimenzija faze na izdelku	Neuporaben izdelek	Neustrezna obdelava	Vizualni pregled	3	8	5	120	Merilni protokol, dodatne slike zraven stroja kako naj bi izgledala velikost faze	Operater na stroju	2	8	3	48
	Srh (rob) na fazi, ki ostaja na izvrtni luknji	Neuporaben izdelek	Slabo orodje	Kaliber, vizualni pregled	6	8	6	288	Redna kontrola orodja, preventivna menjava orodja, Merilni protokol	Operater na stroju	3	8	3	72
Valjanje Operacija 40	Napačne dimenzije navoja	Neuporaben izdelek	Neustrezna nastavitev parametrov	Kaliber, merjenje, merilni protokol	3	8	4	96	Dodatna navodila na stroju Redna kontrola valjev, preventivna menjava valjev	Operater na stroju	2	8	3	48
	Neustrezna kvaliteta navoja	Neuporaben izdelek	Slabo orodje (poškodovani valj)	Vizualni pregled	3	9	4	108	Dodatne slike na stroju, kakšna mora izgledati površina navoja	Operater na stroju	2	9	3	54
Pranje in pakiranje Operacija 50	Neustrezno pakiranje izdelkov	Možne poškodbe izdelka pri transportu	Neupoštevane navodil pranja in pakiranja	Vizualni pregled	3	5	2	30	Slikovno gradivo kako morajo izgledati zapakirani kosi	Skladiščnik	2	5	2	20

S člani tima smo skupaj analizirali vse postopke izdelave izdelka ter skupaj rešili obrazec FMEA. Skupaj smo navedli možne oblike napak pri posameznih operacijah ter posledice teh napak in njihove vzroke. Nakar smo navedli tudi dosedanje obstoječe kontrolne ukrepe. Na podlagi pojavitev, pomembnosti in odkritja teh napak smo skupaj izračunali oceno tveganja s pomočjo formule: pojavitev (S) x pomembnost (O) x odkrivanje (D) = ocena tveganja (RPN).

Na podlagi rezultatov smo videli, kje je vrednost ocene tveganja (RPN) presežala 100. Kjer je bila ta vrednost presežena, je bilo nujno ukrepati, saj višje število od 100 predstavlja problem.

Po skupnem razmisleku smo skupaj predlagali ukrepe pri postopkih ter jih potem preizkusili. Novi ukrepi so čez čas prikazali uspeh, saj smo, ko smo čez nekaj časa znova izračunali oceno tveganja, dobili boljše rezultate, ki so se prikazali tudi v praksi, torej nič več reklamacij.

Torej k proizvodnji izdelka palic 301-212/214 smo na podlagi metode FMEA dodali nekaj novih ukrepov, ki bodo morda preprečili nove napake in posledično nove reklamacije ter dodatne stroške.

Struženje na palicah nam do sedaj ni delalo težav, zato smo uvedli le nekaj majhnih novosti. Na stroj smo dodali nekaj slikovnega gradiva, kakšne so lahko napake ali poškodbe obdelovanca, ter nekaj dodatnih navodil, kako mora izgledati kos po končanem struženju. Uvedli smo tudi bolj redno kontrolo orodja ter preventivno menjavo orodja na 250 izdelanih kosov, kar se pozna tudi na kakovosti izdelkov.

Dodali smo tudi merjenje faz in na protokol dodali njihove merske tolerance, saj smo jih do sedaj preverjali le vizualno.

Največ težav smo imeli pri izdelavi izvrtine, torej pri vrtanju.

Uvedli smo dodatna pisna in slikovna navodila za izdelavo luknje na palicah. Uvedli smo preventivno kontrolo orodja in preventivno menjavo orodja. Kupili smo tudi tritočkovni mikrometer, s katerim se preverja velikost izvrtine. Popravili smo tudi pripravo za vpenjanje palic, ki nam omogoča, da so kosi pripeti bolj fiksno, kot so bili prej, in tako se pri vrtanju ne tresejo. Dodali smo tudi ukrep, da se na vsakih 6 izdelanih kosov preveri luknjo s kalibrom GRE/NE GRE.

Ker nam pri vrtanju stroj na obdelovancu izdela fazo le na eni strani palice, moramo še ročno z vrtalnimi strojem posneti fazo na drugi strani palice. Pri tem postopku nismo imeli izdelanega merilnega protokola, saj smo fazo pregledali le vizualno. K postopku smo zato dodali merilni protokol in slikovno gradivo, kako mora izgledati narejena faza. Pri posnemanju faze na drugi strani smo imeli nekaj problemov (posledično tudi reklamacije), saj nam je na fazi ostajal rob oz. srh. Zato smo dodali redno menjavo orodja po obdelanih 2.000 kosih.

Zadnji postopek obdelave je valjanje navojev, pri katerem običajno nimamo težav, vendar smo vseeno uvedli nekaj novosti. Uvedli smo bolj redno in preventivno menjavo valjev, dodatna navodila za upravljanje stroja ter nekaj slikovnega gradiva, kako mora izgledati končani navoj.

Pri pranju in pakiranju smo prav tako dodali nekaj slikovnega gradiva, kako morajo izgledati končno zapakirani kosi v PVC-škatlah.

## 4 ZAKLJUČEK

Svetovna industrija z leti zahteva vse bolj kakovostne izdelke. Da proizvodnja to lahko doseže, morajo biti vse operacije na posameznem stroju izpopolnjene. Kupci imajo posebne zahteve, ki jih mora upravljalca stroja doseči, da je izdelek kakovosten in v mejah toleranc, ki so predpisane. Le na takšen način smo lahko konkurenčni na trgu, ki je še tako pomemben za nadaljnji razvoj podjetja.

Čedalje bolj se moramo zavedati, da le s pravim pristopom in odnosom do dela, ustrezno kakovostjo izdelkov in s pravočasnimi dobavnimi roki postavljamo izhodišča za nadaljnje projekte in prihodnost.

Ugotovil sem, da lahko le ena sama napaka oziroma problem kvari celotno kakovost izdelka in dobro ime podjetja. V našem primeru so bile to reklamacije palic, ki so se nenehno ponavljale, zaradi nekakovostnega vrtnanja lukenj v sam izdelek. Pri tem je kupec dobival prevelike izvrtane luknje v izdelku ter slabo narejene faze lukenj.

V diplomskem delu je torej predstavljena sama obdelava palic 301-212/214. Opisani so postopki izdelave, ki jih podjetje opravlja pri tem izdelku. Predstavljen je tudi sam problem, ki smo ga v podjetju skupaj uspeli rešiti. Samo izdelavo palic smo s pomočjo metode FMEA dvignili na višjo raven izdelave. Z uspešno rešenim problemom smo tudi zmanjšali nepotrebne stroške podjetja, ki so nastajali z reklamacijami.

Ugotovil sem, da je metoda FMEA koristno orodje za odkrivanje napak. V našem primeru smo uporabili metodo FMEA po dogodku, torej po napaki, še boljše bi bilo, če bi se ta metoda opravila že pred dogodkom, torej v času načrtovanja, razvoja in uvajanja v proizvodnjo. Osnovna ideja metode je namreč preprečevanje napak, še preden se pojavijo. Če bi se metoda opravila prej, verjetno ne bi bilo napak in posledično tudi ne reklamacij.

## 5 VIRI

**AR Produkt. 2020b.** Načrt izdelave palice. 8D poročilo. Merilni protokol. Različne slike iz podjetja. Različni drugi podatki. Poljčane : AR Produkt d. o. o., Poljčane, Slovenija, 2020b. Izv. Interni dokumenti: Načrt izdelave palice. 8D poročilo. Merilni protokol. Različne slike iz podjetja. Različni drugi podatki , Interne vire je avtor diplomskega dela dobil v podjetju AR Produkt d. o. o. in jih je v diplomskem delu uporabil z dovoljenjem podjetja .

—. **2020a.** O podjetju AR Produkt, d. o. o. <http://ar-produkt.com>. [Elektronski] AR Produkt, d. o. o., Poljčane, Slovenija, 2020a. [Navedeno: 10. 1 2020.] <http://ar-produkt.com/podjetje/>.

**Elsmar. 2020.** Tabele, FMEA - AIAG Severity Guidelines, Occurrence Guidelines, Detection Guidelines. <https://elsmar.com>. [Elektronski] Spletni forum, Failure Mode and Effects Analysis FMEA, 2020. [Navedeno: 20. 7 2020.] [https://elsmar.com/pdf\\_files/FMEA%20and%20Reliability%20Analysis/AIAG%20FMEA-Ranking-Tables.pdf](https://elsmar.com/pdf_files/FMEA%20and%20Reliability%20Analysis/AIAG%20FMEA-Ranking-Tables.pdf).

**Kuhelj, Boris. 2009.** *Ugotavljanje in zagotavljanje kakovosti [Elektronski vir] : gradivo za 2. letnik / Boris Kuhelj ; [lektorirala] Milena Jerala.* Ljubljana : Zavod IRC, 2009. COBISS.SI-ID 249633792.

**Povše, Sandi & Franc Brcar. 2018.** FMEA in zmanjševanje reklamacij odjemalcev. [www.fos-unm.si](http://www.fos-unm.si). [Elektronski] Fakulteta za organizacijske študije v Novem mestu, Novo mesto, Slovenija, 3 2018. [Navedeno: 18. 1 2020.] [https://www.fos-unm.si/media/pdf/RUO/2017-7-1/RUO\\_094\\_Povse\\_Brcar.pdf](https://www.fos-unm.si/media/pdf/RUO/2017-7-1/RUO_094_Povse_Brcar.pdf).

**Quality One. 2020.** Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). <https://quality-one.com/fmea/>. [Elektronski] Quality-One International, Clawson, ZDA, 2020. [Navedeno: 15. 1 2020.] <https://quality-one.com/fmea/>.

**TŠC Maribor. 2019.** Primer praznega obrazca FMEA metode. Maribor : Tehniški šolski center Maribor, Slovenija, 2019. Izv. Interni vir, ki ga je avtor diplomskega dela pridobil od mentorja gospoda Leona Šuntnerja.

**Vector Stock. 2020.** Fmea failure mode and effects analysis process vector image, JPG. [www.vectorstock.com](http://www.vectorstock.com). [Elektronski] VectorStock Media, spletna stran za objavljanje vektorskih slik, 2020. [Navedeno: 4. 2 2020.] <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/fmea-failure-mode-and-effects-analysis-process-vector-26472335>.

**Wikipedia. 2017.** Failure mode and effects analysis. <https://en.wikipedia.org>. [Elektronski] From Wikipedia, the free encyclopedia, 14. 1 2017. [Navedeno: 15. 1 2020.] [https://en.wikipedia.org/wiki/Failure\\_mode\\_and\\_effects\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis).