

Primjena FMEA metode kod preventivnog održavanja

Kučar, Lukrecija

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:323360>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-14**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

LUKRECIJA KUČAR

**PRIMJENA FMEA METODE KOD PREVENTIVNOG
ODRŽAVANJA**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**PRIMJENA FMEA METODE KOD PREVENTIVNOG
ODRŽAVANJA
IMPLEMENTING THE FMEA METHOD IN PREVENTIVE
MAINTENANCE**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Održavanje prometnih sustava

Mentor: izv. prof. dr. sc. Neven Grubišić

Studentica: Lukrecija Kučar

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112053466

Rijeka, kolovoz 2023.

Student/studentica: Lukrecija Kučar

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112053466

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

Primjena FMEA metode kod preventivnog održavanja

(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom

izv. prof. dr. sc. Neven Grubišić

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc. dr. sc Ime i Prezime)

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica

Kučar
(potpis)

Lukrecija Kučar

Student/studentica: Lukrecija Kučar

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa


JMBAG: 0112053466

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica – autor



(potpis)

SAŽETAK

U završnom radu je opisano preventivno održavanje i koliko je ono važno za duži vijek trajanja nekog proizvoda ili sustava, te za upravljanje njihovom kvalitetom. Kao dio preventivnog održavanja također je pojašnjena i Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka (FMEA) koja je velika pomoć kod procjene rizika i sprječavanja nastanka potencijalnih pogrešaka, njezinih uzroka i posljedica. Prikazana je primjena FMEA metode u analizi kvarova automobila, te procjene glavnih parametara analize. Nakon procjena navedene su preventivne mjere koje su potrebne da bi se spriječili potencijalni kvarovi, smanjili troškovi, sačuvala zadana funkcija za pravilan i siguran rad automobila.

Ključne riječi: preventivno održavanje, FMEA metoda, kvarovi automobila

SUMMARY

The undergraduate thesis describes preventive maintenance and how important it is for the longer duration of a product or system, and for the management of their quality. As part of preventive maintenance, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) has also been clarified, which is a major help in risk evaluation and prevention of potential failure, their causes and consequences. Implementation of FMEA method is presented in the analysis of car failures and also the evaluation of the main parameters of analysis. Preventive measures, which are necessary for preventing potential failures, reducing costs, preserving the default function for proper and safe operation of the car, are listed after the evaluation.

Key words: preventive maintenance, FMEA method, car failures

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. PREVENTIVNO ODRŽAVANJE	2
2.1. OPĆENITO O PREVENTIVNOM ODRŽAVANJU	2
2.2. VRSTE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA.....	3
3. FMEA METODA	5
3.1. OBILJEŽJA FMEA METODE	5
3.2. POVIJESNI RAZVOJ FMEA METODE	7
3.3. VRSTE FMEA METODE.....	8
4. PROVEDBA FMEA METODE	10
4.1. POSTUPAK PROVEDBE FMEA METODE.....	10
4.2. PREDNOSTI I NEDOSTACI FMEA METODE	17
5. FMEA METODA U ANALIZI KVAROVA AUTOMOBILA	18
5.1. PRIMJERI FMEA METODE U ANALIZI KVAROVA AUTOMOBILA.....	18
5.2. OBJAŠNJENJE ANALIZE KVAROVA AUTOMOBILA	26
6. ZAKLJUČAK	27
LITERATURA	28
POPIS TABLICA	30
POPIS SLIKA	31

1. UVOD

Održavanje je ključan postupak tijekom životnog vijeka trajanja svakog sustava, procesa, proizvoda ili bilo kojeg drugog promatranog dijela. Održavanje podrazumijeva stalan nadzor, provjeru i poduzimanje mjera da bi se omogućila njihova sposobnost, sigurnost i pouzdanost. Jedna od važnih vrsta održavanja je preventivno održavanje.

Preventivnim održavanjem se zadržava stanje i zahtijevana funkcija bilo da se radi o sustavu, procesu ili nekom proizvodu. Preventivno održavanje se izvodi prema planu kroz razne postupke i metode kako bi se spriječila pojava kvarova i zastoja u radu. Upravo je to i tema ovog završnog rada, primjena metode u preventivnom održavanju, a u ovom slučaju FMEA metode. Sama metoda je prevencija u sprječavanju kvarova, procjenjuje koji se mogući kvarovi i rizici mogu pojaviti i koji su uzroci.

U prvom dijelu završnog rada opisati će se karakteristike preventivnog održavanja, svrha i postupci, prednosti i nedostaci, te vrste preventivnog održavanja. U drugom dijelu rada je objašnjena FMEA metoda, njezina zadaća i ciljevi, vrste metode, koje sve prednosti i nedostatke ima, te postupak provedbe metode kroz nekoliko osnovnih koraka.

U zadnjem dijelu je prikazana primjena metode na primjerima kvarova automobila. Mogući kvarovi koji se pojavljuju na automobilima i procjena FMEA metode. Kolika je vjerojatnost da se takvi kvarovi pojave i otkriju, te ozbiljnost svakog kvara i posljedica. I na kraju su navedene preventivne mjere koje su potrebne da bi se izbjegla mogućnost nastajanja kvara.

2. PREVENTIVNO ODRŽAVANJE

2.1. OPĆENITO O PREVENTIVNOM ODRŽAVANJU

Preventivno održavanje je planirana metoda održavanja koja se izvodi prema unaprijed propisanom vremenskom rasporedu ili kriterijima, s ciljem da se sustav zadrži u stanju u kojem može obavljati svoju funkciju.

Planirani postupci preventivnog održavanja sprječavaju nastanak nekog kvara ili zastoja i smanjuju rizik od njihovog pojavljivanja. Karakteristični postupci preventivnog održavanja su:

- periodični pregledi: postupci koji omogućuju kako bi se unaprijed utvrdile moguće nepravilnosti u radu i spriječio nastajanje kvara, a to su na primjer promatranja, uspoređivanja, ispitivanja, očitovanja, mjerenja...
- dijagnostika: utvrđivanje sniženih vrijednosti parametara, to su postupci traženja kritičnih vrijednosti na određenim mjestima, a uzroci sniženih vrijednosti mogu biti preopterećenje, sama konstrukcija, izlaganje vanjskim utjecajima, neispravno rukovanje...
- zamjena potrošnih dijelova: podrazumijeva zamjenu onih dijelova koji smiju biti u funkciji samo propisani broj radnih sati ili oni dijelovi koji su prilikom provjere uočeni kao kritični
- redovno servisiranje: to su postupci čišćenja, podmazivanja, nadopuna goriva...
- kontrolni pregledi: zahtijevaju detaljnije tehničke preglede uz posebnu upotrebu opreme i mjerenja, prema potrebi rastavljanje dijelova i uzimanje potrebnih uzoraka za daljnje provjere
- remont
- obnavljanje sustava ili podsustava
- unaprjeđenje izvedbe ili rekonstrukcije: omogućuje i ujedno poboljšanje sustava, njegovo održavanje i vijek trajanja [1].

Osnova preventivnog održavanja je i pažljivo vođeni dnevnik u kojem su navedene sve aktivnosti tijekom održavanja. Važno je pregledavati, provjeravati tehnološki najvažnije dijelove sustava koji su nužni za njegov rad. Kada su u pitanju kvarovi treba popraviti sve

kvarove, i one koji trenutno ne sprječavaju rad sustava, a ne samo one obavezne, kritične kvarove [1].

Prednost preventivnog održavanja je da se izvodi unaprijed prema planu, i to omogućuje usklađenost vremena i rada sustava. Time se povećava radni vijek sustava kao i dobit. Zbog preventivnih postupaka smanjuje se broj kvarova i zastoja pa se time i smanjuje broj prekovremenih sati za održavanje. Tijekom održavanja smanjuje se količina rezervnih dijelova i pomoćna oprema. Uz prednosti dolaze naravno i neki nedostaci, kao što je primjena novih i nerabljenih rezervnih dijelova, pa postoji mogućnost za nastanak novog kvara. Za vrijeme postupka održavanja neki dijelovi sustava izloženi su oštećenju. Održavanje zahtijeva i više opreme i dijelova na raspolaganju, što ponekad i povećava troškove [1].

Preventivno održavanje je važno za sustave dužeg vijeka trajanja jer se održavanjem osigurava zahtijevana funkcija sustava i kvaliteta, na kraju i zadovoljstvo korisnika [1].

2.2. VRSTE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

1) Redosljedno ili kalendarsko preventivno održavanje

- podrazumijeva izvođenje preventivnih pothvata prema unaprijed propisanom rasporedu, u određenim trenucima. Takvo održavanje se primjenjuje na opremi koja je neispravna, u kvaru a treba biti funkcionalna u svakom trenutku, pogotovo u nepoznatim situacijama.

2) Preventivno održavanje potaknuto stanjem sustava

- preventivni postupak ove vrste održavanja je mjerenje stanja, očituje se iznos mjerila izvedbe. Razlikuje se nadzor stanja i predviđanje stanja. Preventivno održavanje nekog sustava izvodi se na temelju nadzora stanja sustava, a nadzor stanja može biti prema planu ili prema potrebi. Predviđanje stanja ili predviđano održavanje temelji se na nadzoru stanja nekog sustava kako bi se moglo utvrditi stvarno stanje i predvidjeti pojavu kvara i popravak.

3) Ograničavanje održavanja

- koristi se kod metode „potpunog proizvodnog održavanja“ (TPM- Total Productive Maintenance). Ovo održavanje primjenjuje se samo na proizvode, a utječe na projektiranje sustava s ciljem na njegovo poboljšanje pouzdanosti, sigurnosti i održavljivosti, kako bi se smanjilo ukupno vrijeme za njegovo održavanje.

4) Prilagodno održavanje

- ova vrsta preventivnog održavanja koristi se pri održavanju softwarea. Upotrebljava se u procesu prikupljanja podataka i obrade, da se utvrdi postoje li neke nove promjene.

5) Usavršavajuće održavanje

- također se koristi pri održavanju softwarea, za utvrđivanje promjena na software-u kako bi se unaprijedila izvedba i održavljivost.

6) Potpuno upravljanje kvalitetom

- potpuno upravljanje kvalitetom (TQM- Total Quality Management) u preventivnom održavanju podrazumijeva kvalitetu sustava tijekom njegovog vijeka trajanja, odnosi se i na osoblje koji su zaduženi za kvalitetu sustava [1].

3. FMEA METODA

3.1. OBILJEŽJA FMEA METODE

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA) je metoda istraživanja kako neki proizvod, proces ili sustav može zakazati i pritom određuje koje su moguće posljedice određenih modela pogreške. To je sustavna metoda koja sprječava nastanak pogreške.

Metoda je usmjerena na prepoznavanje mogućih oblika pojavljivanja pogrešaka, te na njihove uzroke i posljedice. Također, usmjerena je na utvrđivanje svih mjera da se smanji vjerojatnost ili da se spriječi pojava potencijalnih pogrešaka.

Na primjer, proizvod, stroj ili sustav može fizički zakazati kao rezultat pokvarenog dijela ili ponašanja samog korisnika. Proizvodnja, poslovanje ili administrativni proces može zakazati operativno kao rezultat loše obuke osoblja, pogrešne kontrole, pogrešnog projekta ili pogrešne opreme. U svim tim slučajevima FMEA metoda se može koristiti kao pomoć za procjenu mogućih načina u kojima se može javiti pogreška, procijeniti posljedice pogreške, otkriti mogući uzrok ili uzroke pogreške, i spoznati što se može učiniti da se spriječe takve pogreške ili smanjiti mogućnost njihovog pojavljivanja. Metodu je također moguće primijeniti prilikom dizajna novog proizvoda ili nove usluge, kod razvijanja procesa, isto tako i na već postojećim procesima ili proizvodima koji zahtijevaju poboljšanje kvalitete u cilju povećanja zadovoljstva korisnika [2].

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka je sustavni način osiguranja da sve moguće potencijalne pogreške u dizajnu, procesu ili one koje prethode pružanju usluga budu uzete u obzir. Stoga je cilj primjene FMEA minimiziranje vjerojatnosti pojavljivanja pogreške [3].

Postoje razne definicije i objašnjenja FMEA metode, ali glavna karakteristika same metode i po čemu je prepoznatljiva je prevencija svih mogućih pogrešaka, njihovo uklanjanje ili svođenje posljedica na najmanju moguću razinu.

Zadaća FMEA metode je prepoznati, procijeniti i provesti odgovarajuće mjere da se smanje potencijalne pogreške i rizici [4].

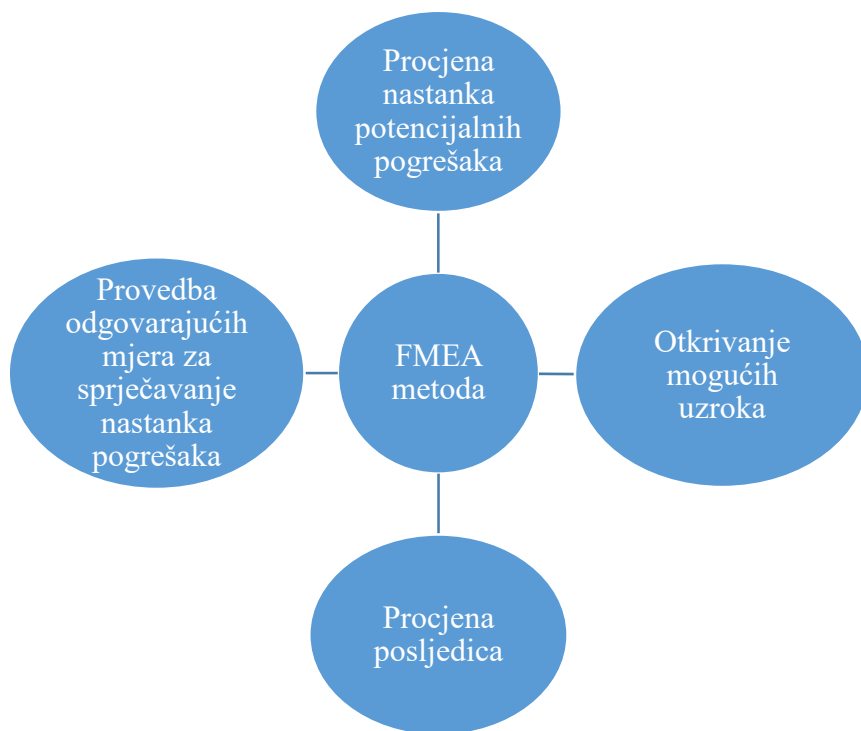
Ciljevi primjene FMEA metode su u preventivnom djelovanju, tako da se nastoji spriječiti nastanak pogreške, a ako dođe do pogreške bez obzira na poduzete mjere, otkriti njezin uzrok i način popravka [4].

Ciljevi FMEA metode se definiraju kao „SMART“ ciljevi. „SMART“ je skraćenica od pet engleskih riječi, a označava ciljeve koji su:

- S – Specific (specifični, posebni)
- M – Measurable (mjerljivi)
- A – Achievable (ostvarivi, dostižni)
- R – Related to the customer (usmjereni na korisnike)
- T – Time targeted (vremenski ograničeni).

Ciljevi FMEA metode spadaju u „SMART“ ciljeve iz nekoliko razloga:

- Jasno i precizno definirani ciljevi su bitni za uspješnu primjenu FMEA metode
- Mjerljivost ostvarivanja cilja koji se želi postići očituje se u unaprijed definiranom faktoru rizika prioriteta
- Ciljevi su ostvarivi kad su istraženi svi mogući rizici i utvrđeni postupci za njihovo smanjenje i uklanjanje
- FMEA metoda nije samo usmjerena na prevenciju pogrešaka, nego i na potrebe korisnika. Kvaliteta proizvoda ili usluge povećava zadovoljstvo korisnika, samim time i veću potražnju
- Primjena metode je vremenski ograničena i provodi se prema planu i zadanim rokovima [4, 5].



Slika 1. Zadaci FMEA metode

Izvor: izradila studentica

3.2. POVIJESNI RAZVOJ FMEA METODE

FMEA je nastala u vojsci u SAD-u, 1960-ih godina, ali je 1949. godine prvo bila formalizirana FMECA „Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis“ (Analiza utjecaja, posljedica i kritičnosti pogrešaka) u ratnom zrakoplovstvu Sjedinjenih Američkih Država. Njezina svrha je bila klasifikacija pogrešaka prema njihovom utjecaju na uspjeh misije i sigurnost osoblja i opreme. FMECA je stvorila temelje za daljnje vojno poboljšanje tehnike, koji obuhvaćaju FMECA, FMEA i DMEA (Analiza načina štete i posljedica).

FMEA se nadalje proširila na druga područja, 1960-ih godina ju je počela koristiti industrija za svemir (NASA) i upotrebljavala za Apollo misije. Njezini alati su se proširili dalje uključujući analizu sistema na bazi software-a, 1970-ih godina. Također je u 1970-im godinama Ford Motorna kompanija koristila FMEA za rješavanje mogućih projektnih problema i sigurnosnih grešaka nakon objavljivanih sudskih postupaka zbog kompanijskog modela Pinto.

U ranim 1980-im, auto industrija kao cjelina je usvojila FMEA kad su Ford, Chrysler korporacija i General Motors zajedno razvili QS 9000 standard, poznat u drugim industrijama kao ISO 9000, za standardiziranje sistema kvalitete dobavljača. Kako bi bili u skladu s QS 9000, dobavljači za auto industriju su trebali koristiti FMEA metodu. Taj početni trud je dosegnoo razvoj u SAE J-1739, FMEA standard korišten u cijeloj industriji, kojeg je usvojilo Društvo automobilskih inženjera 1994. godine. Također u 1990-im godinama FMEA postaje Six Sigma alat, nadalje Industrija motornih vozila (AIAG) i američko društvo za kontrolu kvalitete (ASQC) su zaštitili autorska prava na FMEA standarde koji su bili rasprostranjeni u cijeloj industriji [2].

FMEA tako postaje alat za upravljanje kvalitetom koji se i danas koristi u raznim područjima proizvodnje, procesa i razvoja, te za njihovo poboljšanje.

3.3. VRSTE FMEA METODE

FMEA metoda je usmjerena na prevenciju svih potencijalnih pogrešaka, njihove uzroke i traženje načina za rješavanje mogućih problema. Prednost ove metode je i mogućnost prilagodbe u svim područjima i djelatnostima gdje je potrebna primjena takve analize da se procjene potencijalne pogreške i osigura kvaliteta, stoga je FMEA metoda podijeljena u nekoliko osnovnih vrsta:

1. FMEA sustava – naziva se još i sustavna FMEA ili FMEA koncepcije, primjenjuje se kod analize sustava ili podsustava u ranoj fazi razvoja. Traže se potencijalne pogreške koje mogu nastati i u pojedinim funkcijama sustava, njihove moguće uzroke i rizike u cijelom sustavu ili samo u pojedinim funkcijama sustava. Metoda se koristi za analizu svih dijelova sustava i njihovih veza.

2. FMEA dizajna – primjenjuje se za analizu proizvoda prije njegove realizacije u proizvodnji. Procjenjuju se moguće pogreške u dizajnu proizvoda i posljedice koje mogu nastati. Ova analiza je važna da se osigura kvaliteta osmišljenog proizvoda i na kraju zadovoljstvo potrošača.
3. FMEA procesa – koristi se za analizu procesa, a prije same analize bitno je definiranje procesa i procesnih koraka da bi se jasno mogle predvidjeti moguće pogreške i problemi koje se mogu pojaviti u nekim dijelovima procesa kao i u cjelokupnom procesu.
4. FMEA usluge – primjenjuje se za analizu usluge, s obzirom da su značajke usluge neopipljivost, nedjeljivost i ne postoji mogućnost skladištenja usluge, bitno je da se analiza primjeni prije nego što će zahtijevana usluga biti pružena korisniku, da se zadrži kvaliteta same usluge i zahtjevi krajnjeg korisnika [3].

4. PROVEDBA FMEA METODE

4.1. POSTUPAK PROVEDBE FMEA METODE

FMEA metoda provodi se kroz nekoliko osnovnih koraka:

1. Određivanje predmeta analize i formiranje tima

Prvi korak provedbe FMEA metode je definiranje predmeta analize i primjene metode, nakon odluke uprave koja je prema zahtjevima tržišta i korisnika definirala proces ili dio procesa koji će biti predmetom analize, te se utvrđuju određeni ciljevi i rokovi za provedbu metode. Nadalje, uprava formira tim i potrebne resurse. Tim se mora sastojati od više različitih profila stručnjaka kako bi se moglo jasnije analizirati i predvidjeti svi mogući rizici i pogreške zadanog procesa. Zatim slijedi odabir voditelja tima koji je odgovoran upravi za provedbu analize, ciljeve koji su postavljeni i o rezultatima analize. Nakon formiranja stručnog tima, potrebno je osigurati resurse za provođenje metode, a to su prostor, oprema, sva dokumentacija i informacije o predmetu analize, financijska sredstva i vrijeme odnosno vremenski rok za završetak analize. Slijedi izrada plana rada i priprema analize, gdje vođa tima upoznaje sve članove tima sa predmetom analize, a pomoću dobivene dokumentacije i prikupljenih informacija može se početi sa pripremom i primjenom zahtijevane analize.

2. Izrada FMEA obrasca

Obrazac FMEA analize je bitan dokument koji sadržava sve podatke i informacije o predmetu analize tijekom provedbe metode. Upisuju se osnovni podaci o tvrtki, podnositelju zahtjeva, stručnom timu, predmetu analize, te o kojoj se vrsti FMEA radi i datum početka primjene. Sadrži podatke o funkciji predmeta, koja je njegova zahtijevana funkcija, koje su sve potencijalne pogreške i posljedice, ocjena ozbiljnosti pogreške (S), uzroke pogrešaka, te koje su preventivne mjere potrebne da se smanji pojava pogreške i ocjena mogućih pojavljivanja pogreške (O). Također sadrži i mjere koje su potrebne za otkrivanje pogrešaka ako se pojave i njihova ocjena koliko je moguće da se otkrije pogreška ako se dogodi (D), te broj prioriteta rizika (RPN) nakon zbroja svih ocjena. Kada se dobiju svi podaci, upisuju se potrebne preventivne mjere, mjere koje su provedene i njihov ponovni izračun broja prioriteta rizika (RPN). Prikaz primjera FMEA obrasca na slici 2.

Naziv tvrtke		ANALIZA UTJECAJA I POSLJEDICA POGREŠAKA (FMEA)													
Predmet analize		Vrsta FMEA		Naručilac		Broj predmeta analize		Stručni tim		FMEA broj			Datum		
Funkcija predmeta	Zahtjev predmeta	Način pogreške	Posljedica pogreške	S	Uzrok pogreške	Preventivne mjere	O	Mjere otkrivanja	D	RPN	Provedene nove mjere	S	O	D	RPN

Slika 2. Primjer FMEA obrasca

Izvor: izradila studentica prema Barsalou, M. Introduction to the AIAG/VDA DFMEA, 2021.

3. Otkrivanje potencijalnih pogrešaka

Pronalaženje potencijalnih pogrešaka, predočiti više mogućih pogrešaka koje bi mogle nastati. Izraditi detaljan popis pogrešaka, a pregledom dobivene dokumentacije o predmetu lakše se uoče naznake za moguće pogreške koje bi mogle nastati.

4. Analiza potencijalnih posljedica

Određivanje mogućih posljedica svake pojedine potencijalne pogreške, te pripaziti da uvijek svaka pogreška ili kvar može imati jednu posljedicu ili više njih.

5. Procjena ozbiljnosti posljedice pogreške

Parametar ozbiljnosti pogreške (S- Severity) pokazuje kolika je ozbiljnost nastanka pogreške ili kvara u rasponu od 1 do 10. Prikaz u tablici 1.

Tablica 1. Procjena ozbiljnosti pogreške

Ozbiljnost pogreške (S)	Opis ozbiljnosti pogreške	Ocjena
Opasna	Pogreške nastaju bez upozorenja, te su posljedice vrlo opasne	10
Opasna	Pogreške nastaju tek nakon upozorenja, ali su posljedice i dalje opasne	9
Vrlo velika	Predmet analize je neupotrebljiv, ali je siguran	8
Velika	Predmet je upotrebljiv, ali nema funkciju, kupac je nezadovoljan	7
Srednja	Predmet je upotrebljiv uz velike poteškoće, pa kupac ima problema	6
Mala	Predmet je upotrebljiv uz male poteškoće, kupac je nezadovoljan	5
Vrlo mala	Neki dijelovi predmeta su malo oštećeni, većina kupaca ih primjećuje	4
Gotovo zanemariva	Manje važni dijelovi su oštećeni, ali većina kupaca ih i dalje primjećuje	3
Zanemariva	Neki mali dijelovi predmeta su oštećeni, ali izbirljiv kupac to primjećuje	2
Nikakva	Nema posljedica, nisu vidljive kupcu	1

Izvor: izradila studentica prema Drljača, M. Modeli upravljanja potpunom kvalitetom u funkciji povećanja poslovne izvrsnosti, doktorska disertacija, 2010.

6. Otkrivanje potencijalnih uzroka pogreške

Traženje mogućih uzroka pogreške ili kvara, uzimajući u obzir da svaka pogreška može imati jedan ili više uzroka. Potrebno je predvidjeti i pronaći sve moguće uzroke kako bi se mogle riješiti sve nepravilnosti i smanjiti mogućnost nastajanja pogrešaka.

7. Procjena vjerojatnosti pojavljivanja pogreške

Parametar pojavljivanja pogreške (O- Occurrence) pokazuje kolika je vjerojatnost da se pogreška pojavi. Pomaže kod procjene vjerojatnosti prije nego se potencijalna pogreška dogodi, pa se uz preventivne mjere može izbjeći pojava pogreške. Prikaz u tablici 2.

Tablica 2. Procjena vjerojatnosti pojavljivanja pogreške

Vjerojatnost pojavljivanja pogreške (O)	Opis pojavljivanja pogreške	Ocjena
Vrlo velika	< 1 od 2, gotovo sigurno da će se pogreška pojaviti	10
	1 od 3, pogreške se često pojavljuju	9
Velika	1 od 8, pogreške se ponavljaju	8
	1 od 20, pogreške se sve češće pojavljuju	7
Srednja	1 od 80, pogreške se i dalje češće pojavljuju	6
	1 od 400, pogreške se pojavljuju povremeno	5
	1 od 2.000, pogreške se malo pojavljuju	4
Mala	1 od 15.000, pojave pogrešaka su rijetke	3
	1 od 150.000, pojave pogrešaka su vrlo rijetke	2
Vrlo mala	1 od 1.500.000, pojave pogrešaka su jako male	1

Izvor: izradila studentica prema Drljača, M. Modeli upravljanja potpunom kvalitetom u funkciji povećanja poslovne izvrsnosti, doktorska disertacija, 2010.

8. Procjena vjerojatnosti otkrivanja pogreške

Parametar otkrivanja pogreške (D- Detection) pokazuje kolika je vjerojatnost da se otkrije kvar ili pogreška ako se pojavi, a kreće se u rasponu od 1 do 10. Što je vrijednost parametra manja to je vjerojatnost otkrivanja pogreške ili kvara veća, a što je vrijednost parametra veća onda je i vjerojatnost otkrivanja pogreške ili kvara manja. Prikaz u tablici 3.

Tablica 3. Procjena vjerojatnosti otkrivanja pogreške

Vjerojatnost otkrivanja pogreške (D)	Opis otkrivanja pogreške	Ocjena
Gotovo nemoguće	Gotovo sigurno da se neće otkriti uzrok kvara ili pogreške	10
Vrlo nesigurno	Vjerojatnost je vrlo mala da će se pogreška otkriti	9
Nesigurno	Vjerojatnost je mala i nesigurna za otkrivanje pogreške	8
Mala	Vjerojatnost za otkrivanje pogreške je mala	7
Srednja	Možda postoji mogućnost da se pogreška otkrije	6
Srednje velika	Postoji mogućnost da se pogreška otkrije	5
Velika	Velika je vjerojatnost da se pogreška otkrije	4
Vrlo velika	Postoje vrlo velike vjerojatnosti za otkrivanje pogreške	3
Gotovo sigurno	Vjerojatnost za otkrivanje pogreške je gotovo pa sigurna	2
Sigurno	Pogreška će se sigurno otkriti	1

Izvor: izradila studentica prema Drljača, M. Modeli upravljanja potpunom kvalitetom u funkciji povećanja poslovne izvrsnosti, doktorska disertacija, 2010.

9. Izračun broja prioriteta rizika (RPN)

Nakon dobivenih vrijednosti parametra ozbiljnosti (S), parametra pojavljivanja (O) i parametra otkrivanja pogreške (D) može se napraviti izračun broja prioriteta rizika (RPN- Risk Priority Number). Bitna formula za izračunavanje prioriteta rizika je:

$$S \times O \times D = RPN$$

Kada pomnožimo gore navedene parametre dobijemo RPN broj koji je važan za FMEA analizu, kako bi se pravilno moglo utvrditi koji je veći prioritet da se rizik pojavi, odnosno da se može izbjeći potencijalna pogreška i posljedice. RPN vrijednost pokazuje koliko je predmet analize rizičan i usmjerava na prioritet popravka i poduzimanje preventivnih mjera. Veća vrijednost RPN broja pokazuje da je predmet analize u kritičnom stanju i zahtijeva veći prioritet prilikom održavanja kako bi se izbjeglo nastajanje kvara i mogućih posljedica, a kreće se u rasponu od 0 do 1000. Prikaz u tablici 4.

Tablica 4. Vrijednosti RPN broja

Vrijednost RPN broja	Opis vrijednosti
RPN broj > 100 i kreće se prema 1000	Rizik se smatra važnim, ima najveći prioritet prilikom održavanja i/ili popravka
RPN broj < 100	Rizik se smatra manje važnim, nema velike vjerojatnosti da se rizik pojavi
RPN broj < 10	Nema opasnosti od pojave rizika

Izvor: izradila studentica prema Zaninović, A. Procjena i upravljanje rizicima u poduzeću za proizvodnju plastičnih dijelova, diplomski rad, 2018.

10. Popisivanje potencijalnih pogrešaka po RPN broju

Kada se izvrše procjene ozbiljnosti, vjerojatnosti pojavljivanja i otkrivanja pogreške, te dobije najvažnija vrijednost u analizi RPN broj slijedi popis potencijalnih pogrešaka. Popis služi da može odrediti koje pogreške trebaju biti prioritet, odnosno za koje pogreške se najprije poduzimaju preventivne mjere kako bi se spriječilo nastajanje mogućih posljedica. Na vrhu popisa su potencijalne pogreške sa najvišim RPN brojem, one predstavljaju najveći prioritet za poduzimanje mjera.

11. Planiranje i poduzimanje preventivnih mjera

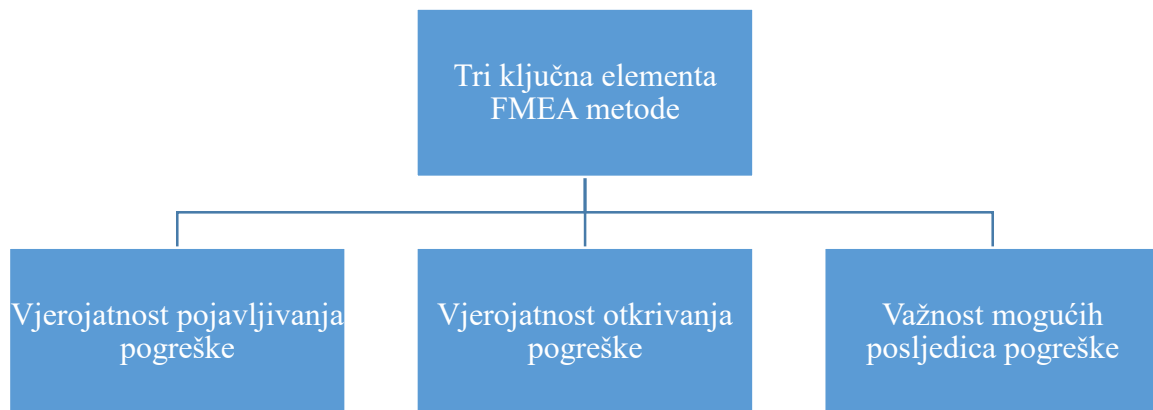
U daljnjem koraku analize potrebno je predložiti i poduzeti mjere za uklanjanje ili smanjenje rizika nastanka pogreške. Za svaku rizičnu pogrešku predlažu se mjere da bi se smanjile vrijednosti prioriteta rizika i sačuvala kvaliteta proizvoda, usluge ili sustava ovisi o tome što je predmet analize.

12. Procjena poduzetih mjera

Nakon što su planirane preventive mjere provedene, slijedi ponovni izračun RPN broja da bi se provjerilo da li je rizik nastanka pogreške uklonjen ili za koliko je smanjen. Opet se prvo rade procjene parametra ozbiljnosti (S), parametra pojavljivanja (O) i parametra otkrivanja (D). Poslije dobivenih novih procjena isto se radi i izračun RPN broja. U slučaju, ako su vrijednosti RPN broja i dalje iste ili veće, opet je potrebno planirati nove, bolje preventivne mjere sve dok se vrijednosti RPN broja ne smanje i pokazuju da nema opasnosti od nastanka rizika.

13. Predaja izvješća upravi

Kada se dobiju zadovoljavajuće vrijednosti procjena i RPN broja, upravi se predaju izvješća. Uprava dobiva na uvid sva izvješća tokom cijelog procesa provedbe FMEA analize i procjenjuju da li su se svi zahtjevi ispunili i poboljšala kvaliteta predmeta analize [6, 7].



Slika 3. Tri ključna elementa za primjenu FMEA metode

Izvor: izradila studentica

4.2. PREDNOSTI I NEDOSTACI FMEA METODE

Metoda je učinkovita u otkrivanju i prevenciji potencijalnih pogrešaka i posljedica, ali bez obzira na njezinu jednostavnu primjenu postoji mogućnost neuspjeha analize ako se ne prepoznaju sve nepravilnosti. Zbog toga ova metoda uz brojne prednosti ima i svoje nedostatke.

Prednosti metode:

- Mogućnost otkrivanja potencijalnih pogrešaka prije nego što nastanu
- Otkrivanje mogućih uzroka za svaku pojedinačnu pogrešku
- Procjena rizika za svaku potencijalnu pogrešku
- Usmjeravanje na pogreške koje prije nisu bile analizirane ili su bile zanemarene
- Prilagodba u različitim područjima, može se primijeniti za analizu procesa, sustava, usluge, projekta, proizvoda...
- Mogućnost provedbe analize za cijeli sustav, proces ili proizvod ili samo za pojedine dijelove
- Primjena u fazama planiranja, izrade, razvoja ili unaprjeđenja
- Mogućnost provjere ispravnosti dobivenih rezultata
- Pouzdanost analize
- Osiguravanje i održavanje kvalitete [4].

Nedostaci metode:

- Provedba metode može uzimati puno vremena i time povećati dodatne troškove
- Teško određivanje vjerojatnosti pojavljivanja pogreške
- Tijekom analize ljudske greške mogu imati utjecaj na krajnje rezultate
- Ako se tim ne sastoji od stručnjaka različitih zanimanja koji su potrebni u procesu provedbe i koji razumiju metodu, postoji mogućnost od nekvalitetne provedbe cijelog procesa [4, 8].

5. FMEA METODA U ANALIZI KVAROVA AUTOMOBILA

Primjena FMEA metode važna je kod analizi kvarova automobila. Da bi se prikazala njena primjena provedeno je samostalno istraživanje koristeći dostupne izvore na internetu o mogućim kvarovima. Na temelju pronađenih informacija iz članaka o automobilima, njihovim kvarovima, popravcima i servisu, napravljen je opis pet mogućih kvarova na automobilu. Opisane su neke glavne karakteristike kvarova, njihovi uzroci i znakovi te nužne preventivne mjere prilikom održavanja automobila. Kroz proučavanje provedena je samostalna procjena parametara FMEA analize, procjena otkrivanja kvara, ozbiljnosti kvara i vjerojatnosti koliko se takvi kvarovi često pojavljuju. Napravljena je analiza pet mogućih kvarova:

- Turbine
- Termostata
- Alternatora
- Startera
- Klima uređaja.

5.1. PRIMJERI FMEA METODE U ANALIZI KVAROVA AUTOMOBILA

1. Kvar turbine

Motor automobila radi tako da koristi smjesu kisika i goriva i tako postiže određeni broj obrtaja. Kada je potrebna veća snaga motora, mora se povećati i broj obrtaja, ali to motor ne može sam nego mu u tome pomaže turbina. Bitna je jer povećava smjesu kisika i goriva, te motoru daje veću snagu. Kvarovi su česti jer turbina napravi i do 200.000 okretaja u jednoj minuti, te se postiže temperatura preko 1000 stupnjeva [9].

Tablica 5. Procjena kvara turbine

Otkrivanje kvara (D)	Kvar će se gotovo sigurno otkriti	2
Ozbiljnost kvara (S)	Opasna, kvar nastaje tek nakon upozorenja	9
Vjerojatnost pojavljivanja kvara (O)	Vrlo velika, kvar se često pojavljuje	9
RPN	> 100	162

Izvor: izradila studentica

Znakovi kvara turbine su gubitak snage motora, glasna buka motora, pojava plavo sivog dima iz auspuha i pojava lampice upozorenja na kontrolnoj ploči. Uzroci kvara turbine su najčešći zbog neredovite promjene ulja ili unošenje drugih stranih tijela. Zastarjelost isto tako može biti uzrok jer se s vremenom mogu istrošiti materijali od turbine ovisno o kvaliteti same izrade turbo motora [10].

Najčešći kvarovi turbine su:

- Mehanička oštećenja lopatica turbine i kompresora- uzroci tome su neispravan filter zraka ili loše kvalitete, mehaničko oštećenje cijevi dovoda zraka, ostaci lopatica ili matice rotora oštećene turbine. Mogući uzrok može još biti strano tijelo iz motora, na primjer dio ventila, grijača ili ispušne grane.
- Nečistoće u ulju za podmazivanje- pojavljuju se zbog začepljenja filtera ulja, loše kvalitete ulja gdje dolazi do stvaranja taloga, preveliki vremenski razmak promjene ulja, nečistoća u cijevi za podmazivanje.
- Zakašnjelo podmazivanje i izostanak podmazivanja- ako turbina nakon nekoliko sekundi radi bez podmazivanja javljaju se oštećenja, a uzroci tome su slabi pritisak ulja u motoru, nepravilno startanje motora, dovod ulja je začepljen ili napuknut, nedostatak ulja u motoru.
- Pregrijavanje turbine- ulje podmazuje i hladi turbinu, pa kod pregrijavanja je potrebno pustiti da se motor najprije ohladi i tek onda ga ugasiti. Do pregrijavanja dolazi zbog prevelike temperature ispušnih plinova ili gašenja motora nakon velikog opterećenja [11].

Preventivne mjere: promjena ulja i filtera svakih 15.000 kilometara. Ako dođe do kvara i uoče se gore navedeni znakovi, automobil se može još kratko vrijeme voziti, ali postoji mogućnost da dođe do većih kvarova na motoru. Potrebno je što prije izvršiti provjeru turbine kod automehaničara da ne dođe do većih posljedica [10].

Vrijednost RPN broja u primjeru je 162 što znači da se kvar turbine smatra važnim i ima prioritet prilikom popravka i održavanja.

2. Kvar termostata

Termostat je jedan od ključnih komponenti sustava hlađenja motora. Regulira protok rashladne tekućine između hladnjaka i motora, time omogućuje da je motor tijekom rada unutar sigurne radne temperature. Ispravan termostat je bitan za trajnost motora. S vremenom se gubi pouzdanost i preciznost termostata, pa je dobra prevencija da se termostat zamijeni nakon 100.000 kilometara jer može doći do kvara motora [12, 13].

Tablica 6. Procjena kvara termostata

Otkrivanje kvara (D)	Velika je vjerojatnost da se kvar otkrije	4
Ozbiljnost kvara (S)	Opasna, kvar nastaje nakon upozorenja	9
Vjerojatnost pojavljivanja kvara (O)	Srednja, kvar se malo pojavljuje	4
RPN	> 100	144

Izvor: izradila studentica

Znakovi kvara termostata:

- Pregrijavanje motora- do pregrijavanja motora dolazi kada termostat zaglavi u zatvorenom položaju, te se vruća rashladna tekućina ne može ohladiti u hladnjaku. U kratkom roku može doći do većih problema.
- Motor ne može postići radnu temperaturu- ako termostat ne radi i zaglavljen je u otvorenom položaju, rashladna tekućina neprestano teče i tako sprječava da motor postigne svoju optimalnu radnu temperaturu. To dovodi do smanjenja snage motora i povećava se potrošnja goriva.

- Mjerač temperature prikazuje netočna očitavanja- ako mjerač često prelazi s toploga na hladno ili obrnuto to isto može biti znak neispravnosti termostata. Kada se termostat pravilno ne zatvara i otvara, onda se ni rashladna tekućina ne može regulirati [13].

Uzroci kvara termostata su uglavnom zbog istrošenosti materijala od kojih je napravljen i nije povezan s drugim mehanizmima na motoru. Problem može biti i prljavština na motoru, kao i onečišćenje hladnjaka jer je onda otežana izmjena topline i hlađenja na motoru [13].

Preventivne mjere: provjera termostata bez obzira na redovno servisiranje. Pogotovo prije odlaska na duži put, preporuča se provjeriti da li termostat radi ispravno, isto tako i ispravnost motora kako ne bi došlo do pregrijavanja motora ili drugih posljedica [13].

Kvar termostata ima vrijednost RPN broja 144, jer se rizik smatra važnim. Kvar se smatra opasnim i može imati veće posljedice.

3. Kvar alternatora

Alternator je jedan od najvažnijih dijelova automobila. To je uređaj koji proizvodi električnu energiju za akumulator, za pokretanje motora i puni druge električne potrošače na vozilu. Kvar alternatora predstavlja veliki problem za automobil jer se akumulator tada ne može puniti što znači da se ni motor ne može pokrenuti. Alternator uglavnom ima dugi vijek trajanja, ali utjecaj na to mogu imati sama upotreba i klimatski uvjeti [14].

Tablica 7. Procjena kvara alternatora

Otkrivanje kvara (D)	Velika vjerojatnost da se kvar otkrije	4
Ozbiljnost kvara (S)	Opasna, kvar nastaje nakon upozorenja	9
Vjerojatnost pojavljivanja kvara (O)	Mala, pojave kvara su rijetke	3
RPN	> 100	108

Izvor: izradila studentica

Znakovi kvara alternatora:

- Crveni indikator neispravnosti- znak neispravnosti alternatora često se očituje uključivanjem crvenog indikatora neispravnosti na kontrolnoj ploči automobila za vrijeme rada motora. Crvena boja indikatora predstavlja prioritet važnosti i upozorava da vozilo crpi električnu energiju akumulatora i da se više ne puni.
- Električni kvarovi- na kontrolnoj ploči mogu se uključiti i drugi indikatori neispravnosti zbog preniskog napona. Alternator je glavni izvor električne energije, pa kada prestaje raditi klima, brisači i radio to znači da postoji problem sa alternatorom.
- Slaba svjetla- kada glavna svjetla na automobilu oslabe to isto može biti znak neispravnosti. Prednja svjetla počnu treperiti, jačina svjetla počinje slabiti ili otkazivati. Potrebno je tada biti na oprezu jer zbog slabe vidljivosti postoji rizik od prometnih nesreća.
- Zvukovi i mirisi- kada se uoče čudni zvukovi iz automobila to znači da negdje postoji problem. Ako se čuju zvukovi poput cviljenja, zveckanja ili brušenja to može ukazivati na problem sa alternatorom. Isto tako ako se pojave čudni mirisi poput kemikalija ili miris spaljenih guma, to može biti uzrok izgaranja žica ili pregrijavanje remena alternatora.
- Problem kod pokretanja automobila- ako se pojave poteškoće prilikom pokretanja vozila ili se vozilo ne može pokrenuti, prvo se provjerava da li je akumulator prazan. Ako nakon provjere nije problem u akumulatoru, to znači da je kvar alternatora.
- Prazan akumulator- akumulatori mogu i sami otkazati, ali postoji mogućnost kada se akumulator isprazni da je to znak kvara alternatora jer ga ne može napuniti [15].

Uzroci kvara alternatora mogu biti ležajevi koji se troše i ne mogu poduprijeti rotor da se slobodno vrti u centru, tada remenica leži pod krivim kutom pa dolazi do neravnomjernog trošenja i pucanja staznog remena. Ako je akumulator pri kraju vijeka trajanja i ne može se više napuniti, a alternator ga i dalje pokušava napuniti što onda dovodi do opterećenja. Dodatna oprema može isto tako opteretiti alternator kao što su stereo i audio oprema koja zahtijeva veću količinu napajanja. Zbog vremenskih uvjeta stalno se koriste kompresori klime, ventilatori kabine, električni odvlaživači prozora, grijanje sjedala, a sve to zahtijeva pomoć alternatora [14].

Kvarovi alternatora mogu biti istrošene četkice, kratki spoj statora, oštećen regulator napona, kvar reglera, kvar dioda, oštećenje namota armature [16, 17]...

Preventivne mjere: provjera rada alternatora jednom godišnje. Pomoću uređaja provjeriti sustav punjenja, ako nešto nije ispravno potrebno je napraviti detaljan servis alternatora kako bi se spriječili drugi mogući kvarovi i posljedice [14].

Kod kvara alternatora vrijednost RPN broja je 108, što znači prioritet popravka u slučaju kvara jer je alternator važni dio automobila.

4. Kvar startera

Starter ili elektropokretač je uređaj koji pokreće motor da se upali i da počne raditi. Starter zahtijeva veliku količinu električne struje da bi mogao pokrenuti motor, to znači da i akumulator mora imati dovoljno veliku snagu da bi cijeli proces bio uspješan. Kvarovi startera nisu tako česti, ali će se prije pokvariti nego motor automobila [18].

Tablica 8. Procjena kvara startera

Otkrivanje kvara (D)	Vrlo velike vjerojatnosti za otkrivanje kvara	3
Ozbiljnost kvara (S)	Vrlo velika, motor automobila se ne može pokrenuti, ali kvar nije opasan	8
Vjerojatnost pojavljivanja kvara (O)	Srednja, kvar se malo pojavljuje	4
RPN	< 100	96

Izvor: izradila studentica

Znakovi kvara:

- Automobil se otežano pokreće- prvi znak da nešto nije u redu sa starterom je otežano pokretanje, ali uvijek treba provjeriti i uzeti u obzir akumulator.
- Automobil se ne pokreće- kada se okrene ključ i čuju se zvukovi škljocanja, a motor se ne može upaliti, tada je kvar u starteru.
- Automobil se pokreće, ali s prekidima- ako se automobil pokreće s prekidima razlog tome može biti labavo ožičenje između akumulatora, startera i motora, pa dovodi do neispravnosti rada startera.

- Gašenje unutarnjih svjetla- kada se automobil pokreće, a unutarnja svjetla ili svjetla na kontrolnoj ploči se ugase to je moguće zbog kratkog spoja u unutarnjem ožičenju, tada ni starter ne radi kako treba.
- Zvukovi- ako se pri pokretanju automobila čuje zvuk buke, onda je to znak mehaničkog problema, te je potrebno provjeriti starter da ne dođe do većih oštećenja. A ako se čuje zvuk cviljenja i motor se ne pokreće, to označuje slobodan hod startera.
- Starter radi nakon pokretanja motora- kada se pokrene motor i otpusti ključ iz početne pozicije, tada se starter isključuje. Ako nastavi dalje raditi, to zvuči kao da i dalje pokušava upaliti automobil, a to je pokazatelj kvara i problema u električnom sustavu [18].

Uzroci kvara startera mogu biti prazan akumulator ili nastanak kratkog spoja, prirodno mehaničko trošenje, izgorjele kontaktne ploče, ulazak vode, izlivanje motornog ulja, zagrijavanje opruga zbog dužeg korištenja i pregrijavanja startera [19].

Kvarovi startera mogu biti istrošene četkice, neispravan automat startera, istrošene klizne čahure, oštećen zupčanik, pregorjeli rotor, pregorjeli namotaji [20]...

Preventivne mjere: uz redoviti servis, nema preporučeno vrijeme kada je najbolje napraviti servis startera. Provjera i zamjena četkica jer se one najviše troše, zbog toga jer se koriste pri svakom pokretanju automobila. Pa ako je vožnja automobilom česta na kraćim relacijama i više puta kroz dan se pokreće i isključuje, dobro je servis napraviti i ranije [21].

Vrijednost RPN broja kod kvara startera iznosi 96, pojava rizika nije jako važna, zapravo nije prioritet jer nije opasan kvar, nego automobil nema trenutno svoju funkciju.

5. Kvar klime uređaja

Klima uređaj je neizbježan dio svakog automobila, uređaj koji je potreban pogotovo u ljetno doba godine. Kvarovi nisu tako česti, klima uređaji u automobilima obično imaju dugi vijek trajanja [22].

Tablica 9. Procjena kvara klime uređaja

Otkrivanje kvara (D)	Gotovo sigurno da će se kvar otkriti	2
Ozbiljnost kvara (S)	Srednja, klima uređaj je upotrebljiv, ali uz velike poteškoće	6
Vjerojatnost pojavljivanja kvara (O)	Srednja, kvar se malo pojavljuje	4
RPN	< 100	48

Izvor: izradila studentica

Znak kvara klime uređaja u automobilu je kada uređaj ne hladi kako bi trebao, ne hladi dovoljno i brzo kao prije ili kada iz ventilacijskih otvora ne izlazi rashlađeni zrak, nego topli zrak. Isto tako znak kvara može biti ako se iz automobila čuju čudni zvukovi, što u ovom slučaju može biti kompresor klime [23, 24].

Uzroci kvara:

- Curenje rashladnog plina- ako nema dovoljno rashladne tekućine, klima uređaj ne može pravilno raditi. Rashladna tekućina cirkulira klima uređajem, širi se i skuplja kako bi se uklonila vlaga i toplina iz automobila. Do curenja plina može doći zbog starog ili probušenog isparivača.
- Neispravan kondenzator- zadaća kondenzatora je uklanjanje topline iz rashladnog sredstva i izbacivanje prema van. Iz klime će puhati topli zrak ako kondenzator ne radi ispravno, a to se može dogoditi zbog začepljenja.
- Električni sustavi- jedan od razloga zašto klima puše vrući zrak može biti i problem u električnom sustavu. Za rad klime je isto potrebna električna energija, ako je ne prima sustav izmjenične struje će vrlo vjerojatno puhati topli zrak.
- Ventilatori- klima uređaj neće dobro raditi ako su ventilatori kondenzatora neispravni. Kondenzator ima ventilatore za hlađenje pomoću kojih se smanjuje toplina rashladnog sustava. Prestanak rada ventilatora može biti zbog pregaranja osigurača ili problema u električnom sustavu.
- Neispravan filter- ako je filter klime loš i ne mijenja se često, zbog prašine koja se nakupila na filteru tada ni klima ne radi kako treba i stakla se brže magle [24, 25].

Kvar klime uređaja može biti kvar kompresora, oštećen hladnjak klime, istrošenost gumenih crijeva [23]...

Preventivne mjere: klima uređaj je potrebno pravilno koristiti da bi duže trajao. Uz redovan servis auto klime koji se preporuča jednom godišnje, pogotovo prije većeg putovanja, jedna od preventivnih mjera je da prije dolaska automobila na odredište treba isključiti klima uređaj da se kondenzirana vlaga ne zadržava u ventilacijskom sustavu [26].

Vrijednost RPN broja kod kvara klime uređaja je 48, rizik se smatra manje važnim. Kvar klime uređaja ne predstavlja veliki problem za automobil, ne predstavlja uzrok za prestanak rada automobila.

5.2. OBJAŠNJENJE ANALIZE KVAROVA AUTOMOBILA

U ovoj analizi o mogućim kvarovima automobila dane su vlastite procjene parametra ozbiljnosti, otkrivanja i vjerojatnosti pojavljivanja kvara. U slučaju kvara turbine, termostata i alternatora parametar ozbiljnosti (S) je 9, jer se takvi kvarovi smatraju opasnima, uzrokuju daljnje kvarove i štetne posljedice na motoru, ali i na drugim dijelovima automobila. Parametar ozbiljnosti (S) kod kvara startera je 8, označuje vrlo veliki kvar automobila jer se motor automobila ne može pokrenuti, ali ne uzrokuje druge opasne kvarove niti velike posljedice. Kod kvara klime uređaja ozbiljnost kvara (S) je 6, kvar nije veliki jer je uređaj upotrebljiv uz poteškoće, ne radi svoju zahtijevanu funkciju.

Procjene parametra otkrivanja (D) kvarova u ovim primjerima su uglavnom velike i gotovo sigurne vjerojatnosti da će se kvarovi otkriti. Zbog toga jer svaki kvar ima svoje simptome, znakove koji su pokazatelji da nešto ne radi ispravno, te treba obratiti pažnju i provjeru.

Parametar vjerojatnosti pojavljivanja (O) kvarova kod nekih kvarova iznosi veći broj, kao u slučaju kvara turbine je 9, često se pojavljuje. Zbog toga jer je turbina bitna za rad motora i radi puno okretaja u minuti, te je sklona kvarovima i oštećenju. Kod drugih primjera nije često da se kvarovi pojavljuju, ali naravno na to utječe i sama svrha i upotreba tih dijelova automobila. Ovisi i o modelu automobila, kao i na pridržavanje redovnog servisa.

6. ZAKLJUČAK

Primjena FMEA metode je korisna kako bi se sačuvala kvaliteta proizvoda, sustava ili usluge. Pomaže u procjeni rizika, predviđa potencijalne pogreške i posljedice, time smanjuje vjerojatnost pojavljivanja pogrešaka i zastoje u daljnjem radu i upravljanju. Jednostavna i praktična metoda jer se može primijeniti u raznim područjima poslovanja. Može biti jako korisna u fazi razvoja novih proizvoda ili sustava, kako bi se uočili mogući problemi i nedostaci i usredotočili na njihovo uklanjanje i poboljšanje prije nego se nova ponuda stavi na tržište. Također za poboljšanje i unaprjeđenje postojećih proizvoda ili sustava da se zadovolje novi zahtjevi tržišta. Dobra ponuda, dobar i kvalitetan proizvod, sustav ili usluga znači ispunjenje svih zahtjeva, zadovoljstvo korisnika i još veća potražnja. Preventivo održavanje, tako i FMEA metoda imaju istu zadaću da spriječe pojavu pogrešaka, pa time i smanjuju troškove i vrijeme na popravke.

U ovom radu napravljena je analiza kvarova automobila, dobivena procjena FMEA analize pokazuje koji su ozbiljni mogući kvarovi i koji imaju štetan utjecaj na funkciju automobila. Naravno, na neke kvarove se ne može utjecati, ali na sprječavanje nastanka nekih kvarova može uz redovan servis i obraćanje pažnje na rad svog automobila. Preventivno održavanje automobila važno je provoditi da bi se spriječili veći kvarovi i uzrokovale veće posljedice na automobilu. Uz redoviti servis, preventivno održavanje ima utjecaj na rad automobila, smanjuju se vjerojatnosti za pojavu novih kvarova, nema čekanja na velike popravke i nema dodatnih troškova. Tako i FMEA metoda ima utjecaj u području automobilske industrije, koristan alat u početnoj i završnoj fazi razvoja da bi se postigla sigurna i kvalitetnija zahtijevana funkcija automobila.

LITERATURA

- [1] Begović, M. 2003, *Održavanje tehničkih sustava*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.
- [2] Snee, R. 2007, 'Failure Modes and Effects Analysis', online: [\(PDF\) "Failure Modes and Effects Analysis \(researchgate.net\)](#)
- [3] Dobrović, T., Tadić, D. & Stanko, Z. 2008, 'FMEA metoda u upravljanju kvalitetom', *Poslovna izvrsnost*, vol.2, no.2, online: <https://hrcak.srce.hr/file/60579>
- [4] Drljača, M. 2010, *Modeli upravljanja potpunom kvalitetom u funkciji povećanja poslovne izvrsnosti*, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija.
- [5] Dobrović, T. 2011, 'FMEA metoda u upravljanju rizicima', *Kvaliteta.net*, online: <https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/hdmk6-fmea-metoda-u-upravljanju-rizicima/1>
- [6] Roždijevac, M. 2021, *Primjena metode analize utjecaja i posljedica pogreška na primjeru poštanskih i kurirskih djelatnosti*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Zagreb.
- [7] Zanimović, A. 2018, *Procjena i upravljanje rizicima u poduzeću za proizvodnju plastičnih dijelova*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
- [8] Hoić, M. 2007, *Analiza pouzdanosti motorne kosilice*, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
- [9] *Crnaić autoservis*, 2019, 'Što je turbina automobila i kako prepoznati njen kvar?', online: <https://crnaic.hr/savjeti/sto-je-turbina-automobila-i-kako-prepoznati-njen-kvar/>
- [10] Stanić A. 2022, 'Simptomi kvara turbine- Kada je vrijeme za zamjenu turbo punjača?', *Auto Stanić*, online: <https://www.autostanic.hr/blog/simptomi-kvara-turbine>
- [11] *Turboservis*, 'Najčešći kvarovi na turbini (turbo kompresoru, turbopunjaču, turbopuhalu), online: <https://turboserv.com/najcesci-kvarovi/>
- [12] *Autoportal*, 2020, 'Ispravnost termostata presudna za pouzdanost i trajnost motora', online: <https://autoportal.hr/servis/pregled-i-servis-termostata-spasava-motor/>

- [13] Stanić, A. 2022, 'Simptomi kvara termostata- Kada je vrijeme za zamjenu termostata u automobilu?', *Auto Stanić*, online: <https://www.autostanic.hr/blog/simptomi-kvara-termostata>
- [14] Stanić, A. 2018, 'Simptomi kvara alternatora- Cijena zamjene alternatora', *Auto Stanić*, online: <https://www.autostanic.hr/blog/kada-je-vrijeme-da-zamijenim-alternator-na-vozilu>
- [15] *Crnaić autoservis*, 2021, 'Najčešći znakovi neispravnosti alternatora', online: <https://crnaic.hr/savjeti/najcesci-znakovi-neispravnosti-alternatora/>
- [16] *Silux.hr*, 2015, 'Kada je vrijeme za zamjenu alternatora?', online: <https://www.silux.hr/motorsport-vijesti/522/kada-je-vrijeme-za-zamjenu-alternatora>
- [17] *Automobili*, 'Tipični kvarovi alternatora', online: <https://www.automobili.ba/tipicni-kvarovi-alternatora/>
- [18] Stanić, A. 2022, 'Simptomi kvara anlasera-zamjena anlasera cijena', *Auto Stanić*, online: <https://www.autostanic.hr/blog/simptomi-kvara-anlasera>
- [19] *Avtotachki*, 2022, 'Kvar startera', online: <https://hr.avtotachki.com/polomki-startera/>
- [20] *Silux.rs*, 2018, 'Kako radi starter (anlaser) i koji su znakovi koji pokazuju hitnu zamenu?', online: <https://www.silux.rs/motorsport-vesti/751/kako-radi-starter-anlaser-i-koji-su-znakovi-koji-pokazuju-hitnu-zamenu>
- [21] *Moto stanice*, 2022, 'Anlaser je još jedan važan dio automobila', online: <https://www.motostranice.com/anlaser-je-jos-jedan-vazan-dio-automobila/>
- [22] Stanić, A. 2022, 'Simptomi kvara kompresora klime- Zamjena kompresora klime cijena' *Auto Stanić*, online: <https://www.autostanic.hr/blog/simptomi-kvara-kompresora-klime>
- [23] *Auto Zubak*, 'Održavanje klime', online: <https://www.autozubak.hr/novosti/zubak-grupa/odrzavanje-klime/>
- [24] *Crnaić autoservis*, 2021, 'Zašto klima u autu ispušta vrući zrak?', online: <https://crnaic.hr/savjeti/zasto-klima-u-automobilu-ispusta-vruci-zrak/>
- [25] *Crnaić autoservis*, 2020, 'Zašto je važno mijenjati filter klime?', online: <https://crnaic.hr/savjeti/zasto-mijenjati-filter-klime/>
- [26] *Oryx asistencija*, 2021, 'Najčešći kvarovi i servis auto klime, te koliko će vas to koštati!', online: <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/najcesci-kvarovi-i-servis-auto-klime-13456>

POPIS TABLICA

Tablica 1. Procjena ozbiljnosti pogreške.....	12
Tablica 2. Procjena vjerojatnosti pojavljivanja pogreške.....	13
Tablica 3. Procjena vjerojatnosti otkrivanja pogreške	14
Tablica 4. Vrijednosti RPN broja	15
Tablica 5. Procjena kvara turbine.....	19
Tablica 6. Procjena kvara termostata	20
Tablica 7. Procjena kvara alternatora	21
Tablica 8. Procjena kvara startera	23
Tablica 9. Procjena kvara klime uređaja	25

POPIS SLIKA

Slika 1. Zadaci FMEA metode	7
Slika 2. Primjer FMEA obrasca	11
Slika 3. Tri ključna elementa za primjenu FMEA metode.....	16

