

Kontrola kvalitete vozila

Belobrajdić, Martin

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Applied Sciences of Rijeka / Veleučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:125:879643>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-05**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Rijeka Digital Repository - DR PolyRi](#)



VELEUČILIŠTE U RIJECI

Martin Belobrajdić

KONTROLA KVALITETE VOZILA

diplomski rad

Rijeka, 2024.

VELEUČILIŠTE U RIJECI

Prometni odjel

Stručni diplomski studij Promet

KONTROLA KVALITETE VOZILA

diplomski rad

MENTOR

dr. sc. socio. Sanja Zambelli, docent

STUDENT

Martin Belobrajdić

MBS: 242900043/21

Rijeka, 2024.

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je kontrola kvalitete vozila. Upravljanje kvalitetom je važan dio poslovanja jer omogućava organizacijama postizanje konkurentske prednosti kroz povećanu produktivnost, smanjenje troškova, zadovoljstvo i lojalnost kupaca te održavanje visokih standarda kvalitete proizvoda i usluga. Sustav upravljanja kvalitetom je definiran kao formalizirani sustav koji dokumentira procese, postupke i odgovornosti za postizanje politika i ciljeva kvalitete. ISO 9001:2015 predstavlja međunarodni standard za QMS a omogućava kontinuirano poboljšanje proizvoda i procesa kroz ciklus planiraj-učini-provjeri-djeluj (PDCA). Implementacija QMS-a uključuje faze oblikovanja, izgradnje, raspoređivanja, kontrole, mjerenja, pregleda i poboljšanja. U automobilske industriji se koriste standardi kvalitete poput ISO 9001, IATF 16949 i AEC-Q100/AEC-Q200 jer su važni za osiguravanje pouzdanosti, sigurnosti i dugovječnosti vozila. Standardi definiraju zahtjeve za sustave upravljanja kvalitetom, kontrolu i poboljšanje proizvodnih procesa te testiranje i kvalifikaciju komponenti pod strožim uvjetima nego kod komercijalnih proizvoda. Dizajn automobila danas uključuje sofisticirane elektroničke sustave koji upravljaju raznovrsnim funkcijama, stoga je važno da komponente budu izdržljive i pouzdane, bez smetnji u radu.

Ključne riječi: automobilska industrija, ISO standardi, kontrola kvalitete, kvaliteta, pouzdanost, standardi

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	ODREDNICE UPRAVLJANJA KVALITETOM.....	3
2.1.	Poimanje kvalitete.....	3
2.2.	Osiguranje kvalitete.....	4
2.3.	Kontrola kvalitete.....	6
2.4.	Sustav upravljanja kvalitetom.....	11
3.	STANDARDI KVALITETE U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI.....	14
3.1.	ISO standardi.....	15
3.2.	IATF standardi.....	18
3.3.	AEC-Q standardi.....	21
4.	METODE KONTROLE KVALITETE U PROIZVODNJI VOZILA.....	22
4.1.	Tehnike koje se koriste za kontrolu kvalitete u proizvodnji vozila.....	23
4.2.	Primjena kontrole kvalitete.....	24
4.2.1.	Sustavno planiranje kvalitete proizvoda (APQP).....	27
4.2.2.	Analiza neuspjeha i njihovih posljedica (FMEA).....	28
4.2.3.	Statistička kontrola procesa (SPC).....	31
4.2.4.	Proces odobravanja proizvodnih dijelova (PPAP).....	31
5.	STANDARDI KVALITETE ZA AUTOMOBILSKU ELEKTRONIKU.....	35
5.1.	Dizajn automobila.....	35
5.2.	Standardni kvalitete.....	37
5.3.	Dodatno testiranje autokvalificiranih dijelova.....	38
6.	ZAKLJUČAK.....	42
	LITERATURA.....	43
	POPIS TABLICA, SLIKA I SHEMA.....	45

1. UVOD

Kvaliteta je bitna za uspjeh i konkurentnost u poslovnom okruženju. U automobilskom sektoru je jako važna preciznost, pouzdanost i sigurnost zbog čega upravljanje kvalitetom postaje jedan od glavnih stupova održivog razvoja i zadovoljstva kupaca. Sustavno upravljanje kvalitetom obuhvaća niz aktivnosti i alata usmjerenih na poboljšanje performansi proizvoda i procesa, smanjenje troškova i povećanje konkurentske prednosti.

Automobilska industrija predstavlja kompleksan i dinamičan sektor koji zahtijeva neprestano usklađivanje sa strogim standardima kvalitete i sigurnosti. Uvođenje i implementacija sustava upravljanja kvalitetom koji uključuju ISO standard3 i IATF 16949 te metode kontrole kvalitete kao npr. APQP, FMEA, SPC i PPAP omogućuje proizvođačima vozila postizanje visokih standarda kvalitete, smanjenje broja grešaka i poboljšanje ukupne učinkovitosti.

Predmet istraživanja ovog završnog rada je dakle kontrola kvalitete vozila.

Svrha izrade završnog rada je istražiti dijelove upravljanja kvalitetom u automobilskoj industriji s naglaskom na standarde kvalitete, metode kontrole kvalitete i njihove primjene u proizvodnji vozila.

Ciljevi izrade završnog rada su sljedeći:

- definiranje kvalitete i prikazivanje značaja kvalitete,
- definiranje kontrole kvalitete,
- analiziranje sustava upravljanja kvalitetom (QMS),
- prikazati standarde kvalitete u automobilskoj industriji,
- prikazati metode kontrole kvalitete u proizvodnji vozila,
- na primjeru prikazati standarde kvalitete za proizvodnju automobilske elektronike.

Završni rad je strukturno podijeljen na šest međusobno povezanih poglavlja te započinje uvodom, nakon čega su opisane odrednice upravljanja kvalitetom.

U sklopu drugog poglavlja je definirano poimanje kvalitete, osiguranje kvalitete, kontrola kvalitete i sustav upravljanja kvalitetom.

U sklopu trećeg poglavlja su definirani i opisani standardi kvalitete u automobilskoj industriji koji uključuju ISO standarde, IATF standarde i AEC-Q standarde.

U nastavku su opisane metode kontrole kvalitete u proizvodnji vozila kroz prikaz sljedećih poglavlja:

- tehnike koje se koriste za kontrolu kvalitete u proizvodnji vozila,
- primjena kontrole kvalitete,
- sustavno planiranje kvalitete proizvoda (APQP),
- analiza neuspjeha i njihovih posljedica (FMEA),
- statistička kontrola procesa (SPC),
- proces odobravanja proizvodnih dijelova (PPAP).

U sklopu petog poglavlja su opisani standardi kvalitete za automobilsku elektroniku koji uključuju dizajn automobila, standarde kvalitete i dodatno testiranje autokvalificiranih dijelova.

Završni rad završava zaključkom kao posljednjim poglavljem u radu.

2. ODREDNICE UPRAVLJANJA KVALITETOM

Upravljanje kvalitetom predstavlja jedan od najvažnijih dijelova poslovanja. Uvođenjem sustava i metoda upravljanja kvalitetom, organizacije mogu postići značajne prednosti koje se vide kroz povećanu produktivnost, smanjenje troškova, zadovoljstvo i lojalnost kupaca te održavanje visokih standarda kvalitete proizvoda i usluga.

Kontrola kvalitete, je neizostavan dio upravljanja kvalitetom, a obuhvaća aktivnosti usmjerene na ispunjavanje zahtjeva kvalitete kroz inspekciju, testiranje i statističku kontrolu procesa. U sklopu ovog poglavlja je definiran sustav upravljanja kvalitetom kao formalizirani sustav koji dokumentira procese, postupke i odgovornosti za postizanje politika i ciljeva kvalitete.

2.1. Poimanje kvalitete

Kvalitetu različiti ljudi percipiraju na različite načine, iako svi razumiju što se pod tim pojmom misli. Kupac prepoznaje kvalitetu proizvedenog proizvoda kroz njegove karakteristike poput pristajanja, završne obrade, izgleda, funkcionalnosti i performansi. Kvaliteta usluge se može ocijeniti prema stupnju zadovoljstva korisnika.

Kvaliteta je prema ISO-u (*International Standardization Organisation*) prilagodba i usklađenost sa zahtjevima koje postavlja sama norma, ali i kupci (Barbosa, 2021).

Kvaliteta, kako se primjenjuje na objekt (proizvod, uslugu, proces), definirana je kao "stupanj do kojeg skup inherentnih karakteristika (atributa) objekta zadovoljava skup zahtjeva." Stoga se kvaliteta objekta određuje usporedbom unaprijed određenog skupa karakteristika sa skupom zahtjeva. Ako su te karakteristike u skladu sa zahtjevima, postiže se visoka kvaliteta, ali ako te karakteristike nisu u skladu, postiže se niska ili loša razina kvalitete (ITRC, 2024).

Tijekom proteklih desetljeća je kvaliteta postala bitan interes za praktičare i za istraživače, zahvaljujući njenom snažnom utjecaju na organizacijske performanse, smanjenje troškova, zadovoljstvo i lojalnost kupaca te profitabilnost. Kvalitetu je teško jednoznačno definirati jer ona ovisi o kontekstu, osobito u uslužnim djelatnostima te se često subjektivno procjenjuje na temelju različitih parametara poput industrije, potreba kupaca, organizacijske kulture, vremena itd. (Skoko, 2000).

2.2. Osiguranje kvalitete

Proces osiguranja kvalitete pomaže poduzeću da osigura kako njegovi proizvodi zadovoljavaju standarde kvalitete postavljene od strane tvrtke ili industrije. Osiguranje kvalitete (QA) također se može shvatiti kao proces unutar poduzeća koji je usmjeren na poboljšanje kvalitete proizvoda (ProductPlan, 2024).

Osiguranje kvalitete (QA) se može definirati kao jasan i koncizan okvir koji obuhvaća svaki dio poslovanja organizacije, a ne samo upravljanje kvalitetom, što ima bitnu ulogu u njegovom stalnom i trajnom poboljšanju. QA tim sudjeluje u svim fazama razvoja: od proizvodnje i testiranja, do pakiranja i isporuke (ISO - Quality assurance, 2024).

Primarni cilj osiguranja kvalitete je smanjenje rizika od nedostataka te rješavanje grešaka što je ranije moguće u lancu vrijednosti. Na taj način smanjuje se broj nedostataka koji se otkrivaju u završnoj fazi inspekcije, kada je ispravljanje teže i skuplje. Zahvaljujući strogo upravljanoj sustavu osiguranja kvalitete, što se ranije identificira i ispravi neispravan element, manje se troši vremena i energije, što smanjuje troškove i čuva ugled marke. U praksi, to podrazumijeva uspostavu tehničkih i upravljačkih procesa za učinkovito praćenje i poboljšanje kvalitete proizvoda ili usluga. Sustav osiguranja kvalitete osigurava provedbu ovih procesa, uključujući testiranje proizvoda, anketiranje zaposlenika i procjenu sigurnosti opreme. Nakon implementacije, svi ovi elementi usmjereni su na održavanje i poboljšanje standarda kvalitete organizacije. QA također osigurava usklađenost s industrijskim standardima i propisima, što

organizacijama daje konkurentsku prednost i izravno doprinosi većoj profitabilnosti (ISO - Quality assurance, 2024).

Osiguranje kvalitete zadržava svoju učinkovitost kada se provodi prema nizom najboljih praksi.

Najbolje prakse u osiguranju kvalitete su prikazane u Tablici 1.

Tablica 1. Najbolje prakse u osiguranju kvalitete

Najbolje prakse	Opis	Učinak
Predanost i podrška vodstva	Osiguranje kvalitete zahtijeva nepokolebljivu predanost i podršku od strane vodstva tvrtke.	Stvara kulturu kvalitete unutar organizacije.
Detaljno planiranje kvalitete	Integracija kvalitete u dizajn proizvoda i razvoj procesa kroz pažljivo planiranje.	Poboljšava dizajn proizvoda i učinkovitost procesa.
Obuka	Edukacija zaposlenika o načelima i postupcima osiguranja kvalitete.	Osigurava da su svi zaposlenici svjesni i sposobni primijeniti postupke kvalitete.
Dokumentacija	Precizna dokumentacija svih procesa i kontrola.	Održava dosljednost i transparentnost u svim procesima.
Suradnja i komunikacija	Aktivna suradnja i jasna komunikacija među timovima.	Potiče timski rad i poboljšava međusobnu komunikaciju.
Tekuće revizije i procjena rizika	Redovite revizije i stalna procjena potencijalnih rizika.	Omogućava ranu identifikaciju i smanjenje rizika.
Alati za statističku kontrolu kvalitete	Primjena alata za statističku kontrolu kako bi se osigurala kvaliteta.	Osigurava dosljednu kvalitetu proizvoda.
Validacija	Provjera učinkovitosti	Smanjuje broj ponavljajućih

korektivnih/preventivnih radnji	korektivnih i preventivnih mjera.	problema i poboljšava preventivne mjere.
Kontinuirano mjerenje i analiza	Stalno praćenje i analiza podataka o kvaliteti.	Omogućava kontinuirano poboljšanje kvalitete.
Prepoznavanje i ponavljanje najboljih praksi	Prepoznavanje i ponavljanje najboljih praksi u svim procesima.	Osigurava da se najbolje prakse kontinuirano primjenjuju i poboljšavaju.

Izvor: Izrada autora prema John, 2012.

Detaljno planiranje kvalitete osigurava integraciju kvalitete u sve faze dizajna i razvoja procesa, čime se poboljšava učinkovitost i izvedba proizvoda. Precizna dokumentacija svih procesa i kontrola pomaže u održavanju dosljednosti i transparentnosti, što je neophodno za praćenje i evaluaciju kvalitete. Suradnja i komunikacija među timovima potiču timski rad i poboljšavaju ukupnu koordinaciju unutar organizacije. Tekuće revizije i procjena rizika omogućuju rano prepoznavanje i smanjenje potencijalnih problema, čime se smanjuju rizici povezani s kvalitetom.

Primjena alata za statističku kontrolu kvalitete osigurava dosljednost u proizvodnji, dok validacija korektivnih i preventivnih mjera smanjuje broj ponavljajućih problema. Kontinuirano mjerenje i analiza podataka omogućuju stalno poboljšanje kvalitete, dok prepoznavanje i ponavljanje najboljih praksi osigurava da se učinkovite metode primjenjuju i unapređuju kontinuirano.

2.3. Kontrola kvalitete

Kontrola kvalitete (QC) sastoji se od onog "dijela upravljanja kvalitetom usmjerenog na ispunjavanje zahtjeva kvalitete." (ISO 9000) Dok se osiguranje kvalitete odnosi na način na koji su procesi dizajnirani i izvedeni ili na način na koji je proizvod napravljen, kontrola kvalitete je više inspekcijski aspekt upravljanja kvalitetom. Inspekcija je proces mjerenja, ispitivanja ili

testiranja jedne ili više karakteristika proizvoda ili usluge i njihova usporedba s određenim zahtjevima radi utvrđivanja sukladnosti. Proizvodi i procesi mogu se pregledati kako bi se osiguralo da je proizvod ispravan i da ispunjava zahtjeve (ITRC, 2024).

Cilj QC-a je pronaći (i ispraviti) nedostatke u procesu ili proizvodu. Stoga je QC orijentiran na proizvode. Aktivnosti kontrole kvalitete nisu namijenjene uklanjanju ili smanjenju pogrešaka, već mjerenju njihovog učinka. QC aktivnosti uključuju QC inspekcije (mjerenja ili ispitivanja); prikupljanje QC podataka, izvješćivanje i procjena nesukladnosti, davanje preporuka za poboljšanja procesa; ocjenjivanje učinkovitosti korektivnih radnji; i izrada QC izvješća. Stoga, procjena QC provjere ili postupka sama po sebi ne uklanja pogreške (ITRC, 2024).

QC podaci se mogu i trebaju koristiti za poduzimanje odgovarajućih korektivnih radnji koje mogu smanjiti pogreške ili kontrolirati podatke na prihvatljivu razinu kvalitete u budućnosti. Kontrola kvalitete je i proaktivna i korektivna. Utvrđuje mjere za utvrđivanje proizvoda li postupci prihvatljive podatke i identificira radnje za ispravljanje neprihvatljive izvedbe (ITRC, 2024).

Kontrola kvalitete treba uključivati i interne i eksterne aktivnosti. Izvođač odgovoran za proizvodnju proizvoda obavlja unutarnje QC aktivnosti. MR QC aktivnosti provode iskusni geofizičari, kemičari i stručnjaci za kontrolu kvalitete NUS-a specifični za svoje zadatke. Većina aktivnosti kontrole kvalitete odvija se unutar organizacije odgovorne za prikupljanje podataka. Organizacija također razvija i provodi aktivnosti kontrole kvalitete, ocjenjuje podatke i poduzima korektivne mjere kada je to potrebno (ITRC, 2024).

Kontrola kvalitete obuhvaća niz mjera i postupaka koji se provode kako bi se osiguralo održavanje i poboljšanje kvalitete proizvoda u skladu s postavljenim standardima te kako bi se otkrivene pogreške uklonile ili smanjile. Cilj kontrole kvalitete je osigurati dosljednost proizvoda i proizvodnog procesa, kao i njihovu usklađenost sa zahtjevima kupaca (Walker, 2001).

Komponente kontrole kvalitete mogu uključivati (Simplilearn, 2023):

- Inspekcija: redovito ispitivanje proizvoda, materijala ili usluga radi utvrđivanja nedostataka, neusklađenosti ili odstupanja od standarda kvalitete.
- Testiranje: provođenje različitih testova i mjerenja za procjenu izvedbe, funkcionalnosti ili karakteristika proizvoda ili usluga.
- Statistička kontrola procesa (SPC): korištenje statističkih tehnika za praćenje i kontrolu proizvodnih procesa, osiguravajući da ostanu unutar prihvatljivih granica kvalitete.
- Dokumentacija i zapisi: vođenje detaljnih zapisa o inspekcijama, ispitivanjima i korektivnim radnjama poduzetim za održavanje sljedivosti i odgovornosti.
- Korektivna radnja: provedba odgovarajućih mjera za rješavanje svih prepoznatih problema kvalitete i sprječavanje njihovog ponovnog pojavljivanja.
- Obuka i obrazovanje: pružanje zaposlenicima potrebnih vještina i znanja za učinkovito održavanje standarda kvalitete.
- Kontinuirano poboljšanje: stalno analiziranje podataka i povratnih informacija kako bi se identificirala područja za poboljšanje i poboljšanje ukupnog sustava upravljanja kvalitetom.

Kontrola kvalitete usko je povezana s osiguranjem kvalitete. Dok se QC usredotočuje na otkrivanje i ispravljanje nedostataka, QA se usredotočuje na sprječavanje njihovog pojavljivanja postavljanjem robusnih procesa i procedura. Ispitivanje kvalitete obično je sastavni dio svake faze proizvodnog ili poslovnog procesa. Zaposlenici često započinju testiranje koristeći uzorke prikupljene s proizvodne linije, gotovih proizvoda i sirovina (Simplilearn, 2023).

Testiranje tijekom različitih faza proizvodnje može pomoći u prepoznavanju uzroka proizvodnih problema i potrebnih korektivnih mjera kako bi se spriječilo njihovo ponavljanje. Pregledi korisničke službe, upitnici, ankete, inspekcije i revizije samo su neki od primjera postupaka testiranja kvalitete koji se mogu primijeniti u neproizvodnim poduzećima. Tvrtka može koristiti različite postupke ili tehnike kako bi osigurala da je konačni proizvod ili usluga sigurna, usklađena s propisima i zadovoljava zahtjeve potrošača (Simplilearn, 2023). Komponente kontrole kvalitete su prikazane u Tablici 2.

Tablica 2. Komponente kontrole kvalitete

Komponente kontrole kvalitete	Opis	Učinak
Inspekcija	Redovito ispitivanje proizvoda, materijala ili usluga radi utvrđivanja nedostataka, neusklađenosti ili odstupanja od standarda kvalitete.	Osigurava da proizvodi zadovoljavaju ili premašuju standarde kvalitete.
Testiranje	Provođenje različitih testova i mjerenja za procjenu izvedbe, funkcionalnosti ili karakteristika proizvoda ili usluga.	Identificira i ispravlja potencijalne probleme prije nego što dođu do kupca.
Statistička kontrola procesa (SPC)	Korištenje statističkih tehnika za praćenje i kontrolu proizvodnih procesa, osiguravajući da ostanu unutar prihvatljivih granica kvalitete.	Održava procesne varijacije pod kontrolom, smanjuje greške.
Dokumentacija i zapisi	Vođenje detaljnih zapisa o inspekcijama, ispitivanjima i korektivnim radnjama poduzetim za održavanje odgovornosti.	Omogućuje odgovornost za sve kvalitativne postupke.
Korektivna radnja	Provedba odgovarajućih mjera za rješavanje svih prepoznatih problema kvalitete i sprječavanje njihovog ponovnog pojavljivanja.	Smanjuje učestalost ponavljajućih problema i poboljšava ukupnu kvalitetu.
Obuka i obrazovanje	Pružanje zaposlenicima potrebnih vještina i znanja za učinkovito održavanje standarda kvalitete.	Osigurava da su zaposlenici kompetentni u održavanju kvalitete.
Kontinuirano poboljšanje	Stalno analiziranje podataka i povratnih informacija kako bi se identificirala područja za poboljšanje i poboljšanje ukupnog sustava upravljanja	Omogućuje stalno poboljšanje proizvoda i procesa.

	kvalitetom.	
--	-------------	--

Izvor: Izrada autora prema Simplilearn. (2023). "What Is Quality Control (QC)?" Simplilearn.

Dostupno na: <https://www.simplilearn.com/what-is-quality-control-article> (24.4.2024).

Komponente kontrole kvalitete uključuju nekoliko elemenata koji zajednički osiguravaju održavanje visokih standarda kvalitete proizvoda i usluga.

Inspekcija se odnosi na redovito ispitivanje proizvoda, materijala ili usluga kako bi se utvrdili nedostaci, neusklađenosti ili odstupanja od zadanih standarda kvalitete.

Testiranje podrazumijeva provođenje različitih testova i mjerenja kako bi se procijenila izvedba, funkcionalnost i karakteristike proizvoda ili usluga. Cilj testiranja je identificirati i ispraviti potencijalne probleme prije nego što oni dođu do kupca, čime se smanjuje rizik od nezadovoljstva kupaca.

Statistička kontrola procesa (SPC) koristi statističke tehnike za praćenje i kontrolu proizvodnih procesa. Na taj način se osigurava da procesi ostanu unutar prihvatljivih granica kvalitete.

Dokumentacija i zapisi su bitni u održavanju kvalitete jer omogućuju vođenje detaljnih zapisa o inspekcijama, ispitivanjima i korektivnim radnjama.

Korektivna radnja uključuje provođenje odgovarajućih mjera za rješavanje svih prepoznatih problema kvalitete i sprječavanje njihovog ponovnog pojavljivanja.

Kontinuirano poboljšanje podrazumijeva stalno analiziranje podataka i povratnih informacija kako bi se definirala područja za poboljšanje te unaprijedio cijeli sustav upravljanja kvalitetom.

Iako se pojmovi kontrola kvalitete i osiguranje kvalitete ponekad koriste kao sinonimi, postoji nekoliko razlika između njih. Kontrola kvalitete stavlja naglasak na kriterije kvalitete, poput osiguravanja da su artikli u skladu sa specifikacijama, dok osiguranje kvalitete obuhvaća sve procese i aktivnosti potrebne za dokazivanje da su zahtjevi za kvalitetom zadovoljeni.

2.4. Sustav upravljanja kvalitetom

Upravljanje kvalitetom uključuje sve aktivnosti koje organizacije koriste za usmjeravanje, kontrolu i koordinaciju kvalitete.

Navedene aktivnosti uključuju uspostavljanje politike kvalitete, ciljeva kvalitete, planiranja kvalitete, kontrole kvalitete, osiguranja kvalitete i poboljšanja kvalitete (ITRC, 2024).

Upravljanje kvalitetom podrazumijeva niz radnji i alata usmjerenih na sprječavanje mogućih pogrešaka ili odstupanja u proizvodnom procesu te u konačnim proizvodima ili uslugama (ITRC, 2024).

Pristup obuhvaća mjere i postupke koji nastoje osigurati kvalitetu ne samo krajnjih proizvoda, već i samog procesa proizvodnje. Sustavi upravljanja postali su alati za učinkovito organizacijsko upravljanje, jer uvode red i standardizaciju u različite aktivnosti te omogućuju kontrolu, praćenje i stalno unaprjeđenje na svim razinama organizacije (Oakland, 2012).

Sustav upravljanja kvalitetom nije samo jedan od najvažnijih, već predstavlja čvrst temelj za druga područja kao što su zaštita okoliša, zdravlje i sigurnost na radu te informacijska sigurnost (Oakland, 2012).

Sustav upravljanja kvalitetom (QMS) definiran je kao formalizirani sustav koji dokumentira procese, postupke i odgovornosti za postizanje politika i ciljeva kvalitete. QMS pomaže u koordinaciji i usmjeravanju aktivnosti organizacije kako bi se zadovoljili zahtjevi kupaca i regulatorni zahtjevi te kontinuirano poboljšavala učinkovitost i učinkovitost (Quality Management System, 2024).

ISO 9001:2015, međunarodna norma koja specificira zahtjeve za sustave upravljanja kvalitetom, najistaknutiji je pristup sustavima upravljanja kvalitetom. Dok neki koriste izraz "QMS" za opisivanje standarda ISO 9001 ili grupe dokumenata koji detaljno opisuju QMS, on se

zapravo odnosi na cjelovitost sustava. Dokumenti služe samo za opis sustava (Quality Management System, 2024).

Prije uspostavljanja sustava upravljanja kvalitetom, vaša organizacija mora identificirati i upravljati različitim povezanim, višenamjenskim procesima kako bi se osiguralo zadovoljstvo kupaca. Na dizajn QMS-a trebaju utjecati različiti ciljevi organizacije, potrebe te proizvodi i usluge koje nudi.

Navedena struktura se uglavnom temelji na ciklusu planiraj-učini-provjeri-djeluj (PDCA) i omogućuje kontinuirano poboljšanje i proizvoda i QMS-a (Quality Management System, 2024).

Osnovni koraci za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom su prikazani na Shemi 1.

Schema 1. Osnovni koraci za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom



Izvor: Izrada autora prema ASQ (American Society for Quality). "What is a Quality Management System (QMS)?" ASQ. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/quality-management-system> (24.4.2024).

Prvi korak uključuje fazu oblikovanja u kojoj se planira i definira što je potrebno za postizanje kvalitete.

Nakon oblikovanja, pristupa se izgradnji gdje se primjenjuju planirani postupci, tehnologije i resursi kako bi se stvorio proizvod ili usluga koja zadovoljava postavljene standarde kvalitete. Treći korak je raspoređivanje, gdje se organiziraju resursi i aktivnosti kako bi se osigurala učinkovita implementacija procesa. Kontrola uključuje nadzor nad procesima i proizvodima kako bi se osiguralo da sve ide prema planu. Mjerenje je korak u kojem se prikupljaju i analiziraju podaci o kvaliteti. Koriste se različiti alati i tehnike za procjenu performansi i učinkovitosti procesa (ASQ, 2024).

Nakon mjerenja, slijedi pregled gdje se analiziraju rezultati mjerenja, uspoređuju se s postavljenim standardima i utvrđuju se područja za poboljšanje. Pregled omogućava evaluaciju cijelog sustava upravljanja kvalitetom (ASQ, 2024).

Posljednji korak je poboljšanje. Na temelju prikupljenih podataka i rezultata pregleda, provode se potrebne promjene i poboljšanja kako bi se povećala učinkovitost i kvaliteta proizvoda ili usluga (ASQ, 2024).

3. STANDARDI KVALITETE U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI

Automobilski standardi utvrđeni su propisi i zahtjevi za različite dijelove automobilske industrije kao što su sigurnost, emisije, kvaliteta i performanse koji upravljaju proizvodnjom i upotrebom automobila. Automobilski standardi neprestano se razvijaju kako bi se prilagodili novim tehnologijama, uključujući električna vozila (EV) i sustave autonomne vožnje.

Organizacije za norme surađuju s industrijskim stručnjacima, istraživačima i regulatornim agencijama kako bi razvile smjernice i zahtjeve koji se odnose na jedinstvene izazove sigurnosti, performansi i interoperabilnosti koje postavljaju inovacije (Core automotive standards, 2024).

3.1. ISO standardi

Univerzalno priznati ISO certifikati korisni su za gotovo svaku industriju u gospodarskom svijetu. Sve organizacije koje pripadaju automobilske industriji glavni su pokretač industrijskog i gospodarskog razvoja svake nacije. ISO certifikat je opcija za sve industrije. ISO standardi za automobilsku industriju daju zahtjeve za standardizirani sustav upravljanja koji će održavati dosljednost u isporuci kvalitetnih proizvoda i usluga za kupce.

Automobilska poduzeća imaju veliku potrebu za stjecanjem međunarodno priznatih ISO certifikata kako bi se uspostavili kao učinkoviti i djelotvorni sustavi upravljanja. Standardi koje izdaje Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) pomažu tim poduzećima u implementaciji različitih sustava upravljanja koji se bave kvalitetom i sigurnošću proizvoda, učinkovitosti procesa, ekološkom prihvatljivošću poslovanja, sigurnosti vrijednih informacija i mnogim drugim aspektima. Stjecanje ISO certifikata je bitno za automobilsku industriju kako bi se dokazala njihova djelotvornost i učinkovitost pred kupcima.

U automobilske industriji primjenjuju se različiti ISO standardi. ISO standardi u automobilske industriji su prikazani u Tablici 3.

Tablica 3. ISO standardi u automobilske industriji

Norma	Opis	Koristi
ISO 14001	ISO 9001 je međunarodno priznata norma koja pruža okvir za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom (QMS) u organizaciji. Stoga ISO 9001 osigurava da kvaliteta proizvoda ili usluga ispunjava očekivanja kupaca.	Osigurava da kvaliteta proizvoda ili usluga ispunjava očekivanja kupaca.

ISO 45001	ISO 14001 je globalno priznata norma koja ima za cilj pružiti okvir za implementaciju sustava upravljanja okolišem (EMS) u organizaciji.	Pomaže u smanjenju utjecaja na okoliš.
ISO 27001	ISO 45001 je univerzalno potrebna norma koja je posebno dizajnirana da pruži okvir za implementaciju sustava upravljanja zdravljem i sigurnošću na radu (OHSMS).	Pokazuje predanost sigurnosti i dobrobiti zaposlenika, klijenata i izvođača.
ISO 50001	Postizanje certifikata ISO 27001 za sustave upravljanja sigurnošću informacija (ISMS) pomoći će automobilske industrije u demonstriranju sposobnosti tvrtke za rukovanje vrijednim podacima i informacijama.	Demonstrira sposobnost rukovanja vrijednim podacima i informacijama te pomaže u upravljanju kibernetičkim napadima.

Izvor: Izrada autora prema ISO. (2024). "Standardi." ISO. Dostupno na: <https://www.iso.org/standards.html> (28.5.2024) i ISO Certifications. (2024). "Get ISO Certification for Automotive Industry." SIS Certifications. Dostupno na: <https://www.siscertifications.com/automotive/> (28.5.2024).

ISO certifikat pomaže organizaciji u održavanju ekoloških, zdravstvenih i sigurnosnih mjera, te smanjenju rizika povezanih s poslovanjem i prijetnji okolišu (ISO Certifications, 2024).

Certifikacija prema ISO standardima u automobilske sektoru postavlja temelje za učinkovitu i djelotvornu isporuku proizvoda i usluga, s posebnim naglaskom na uravnoteženo korištenje energije, čime se potiče ušteda troškova unutar organizacije (ISO Certifications, 2024).

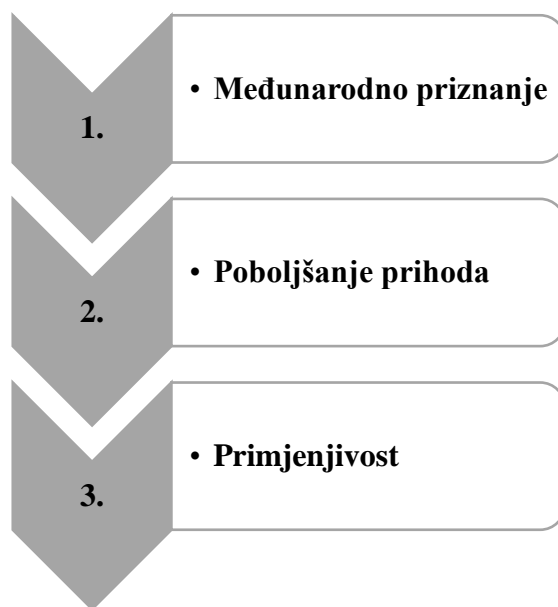
ISO standardi za automobilske industrije iznimno su isplativi jer omogućuju procjenu i identifikaciju svih rizika povezanih s procesima te pronalaze načine za njihovo ublažavanje.

Također, ISO certifikat smanjuje potrebu za rekonstrukcijom procesa unutar organizacije, što dodatno doprinosi smanjenju troškova (ISO Certifications, 2024).

ISO certifikati omogućuju automobilskim tvrtkama da optimiziraju svoje poslovne operacije, osiguraju visoku razinu kvalitete i sigurnosti te povećaju svoju konkurentnost na tržištu (ISO Certifications, 2024).

Prednosti ISO certifikata u automobilskoj industriji su prikazani na Shemi 2.

Shema 2. Prednosti ISO certifikata u automobilskoj industriji



Izvor: Izrada autora prema ISO Certifications. (2024). "Get ISO Certification for Automotive Industry." SIS Certifications. Dostupno na: <https://www.siscertifications.com/automotive/> (28.5.2024).

Posjedovanje ISO certifikata pomaže automobilskoj industriji u stjecanju globalnog priznanja, pomažu automobilskoj industriji u poboljšanju organizacijskih prihoda i ostvarivanju maksimalne dobiti, što donosi značajne koristi za organizaciju (ISO Certifications, 2024).

3.2. IATF standardi

Norma IATF 16949 pruža smjernice i alate za tvrtke i organizacije koje žele osigurati da njihovi proizvodi dosljedno ispunjavaju zahtjeve kupaca te da se kvaliteta i zadovoljstvo kupaca stalno poboljšavaju. Zahtjevi za certifikaciju prema IATF 16949 definirani su u reviziji 5 pravila za postizanje i održavanje IATF priznanja iz 2016. (IATF 16949 - Automobilski QMS, 2024).

Standard IATF 16949 koristi se zajedno s ISO standardima (IATF 16949 - Automobilski QMS, 2024):

- IATF 16949 – dodatni zahtjevi za automobilsku industriju sustava upravljanja kvalitetom.
- ISO 9001 – osnovni zahtjevi sustava upravljanja kvalitetom.
- ISO 9000 – osnovni pojmovi i jezik.
- ISO 9004 – učinkovitost i djelotvornost sustava upravljanja kvalitetom.
- ISO 19011 – smjernice za unutarnje i vanjske revizije sustava upravljanja kvalitetom.
- ISO 31000 – načela i smjernice upravljanja rizikom.

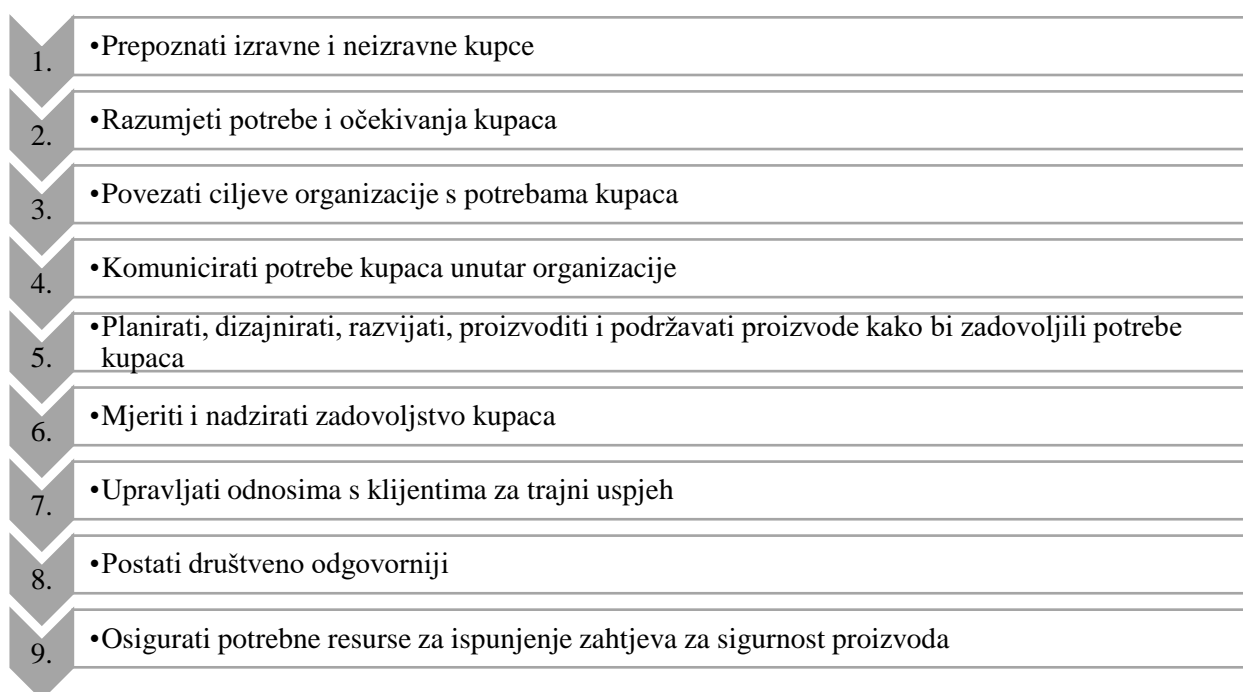
Implementacija IATF 16949 osigurava da korisnici dobivaju dosljedne, kvalitetne proizvode i usluge, što može donijeti mnoge poslovne koristi. IATF 16949 navodi zahtjeve za sustav upravljanja kvalitetom kada organizacija želi (IATF 16949 - Automobilski QMS, 2024):

1. Demonstrirati sposobnost dosljednog isporučivanja proizvoda koji ispunjavaju kupčeve i zakonske zahtjeve.
2. Povećati zadovoljstvo korisnika učinkovitim primjenom sustava.
3. Provoditi procese za poboljšanje sustava.
4. Jasno definirati ciljeve i identificirati nove poslovne prilike.
5. Staviti klijente na prvo mjesto, osiguravajući njihovo zadovoljstvo.
6. Imati stalne klijente, povećati lojalnost kupaca, dodati nove klijente i povećati poslovanje.
7. Proširiti se na nova tržišta jer neki sektori zahtijevaju IATF 16949 prije poslovanja.
8. Prepoznati i riješiti rizike povezane s organizacijom.

9. Raditi na učinkovitiji način za povećanje produktivnosti i učinkovitosti.
10. Postati društveno odgovorniji kroz dokumentiranje i provedbu politika korporativne odgovornosti.

Odluka organizacije da razvije i implementira novi ili poboljšani QMS je strateška odluka. Svi napori trebaju biti usmjereni na identifikaciju i minimiziranje rizika uz ispunjavanje i premašivanje ciljeva kupaca i organizacije. Implementacija IATF 16949 je prikazana na Shemi 3.

Shema 3. IATF 16949



Izvor: Izrada autora prema Quality-One International. (2024). "IATF 16949 - Automobilski QMS." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/> (28.5.2024).

Quality-One koristi strukturirani pristup razvoju i implementaciji QMS-a, temeljen na metodologijama upravljanja projektima.

Najvažniji dijelovi IATF 16949 za automobilsku industriju su prikazani u Tablici 4.

Tablica 4. Najvažniji dijelovi IATF 16949 za automobilsku industriju

Dio IATF 16949	Opis
Primarni fokus	Kontinuirano poboljšanje, prevencija nedostataka, smanjenje varijacija i otpada.
Usklađenost sa standardima	Potpuna usklađenost s ISO 9001:2015.
Implementacija	Ne može se koristiti samostalno, već kao dodatak uz ISO 9001:2015.
Kriteriji za QMS	Specifični zahtjevi za automobilsku industriju, uključujući APQP, FMEA, SPC, MSA i PPAP.
Načela upravljanja kvalitetom	Usredotočenje na kupca, rukovodstvo, angažman ljudi, procesni pristup, poboljšanje, donošenje odluka temeljeno na dokazima, menadžment veza.
Poslovne koristi	Povećanje zadovoljstva kupaca, proširenje na nova tržišta, prepoznavanje i rješavanje rizika, povećanje produktivnosti i učinkovitosti, društvena odgovornost.
Prednosti savjetovanja	Smanjen broj reklamacija kupaca, osiguranje ispunjenja zahtjeva za sigurnost proizvoda, smanjen broj grešaka u operativnim procesima, premašivanje organizacijskih ciljeva i povećanje poslovnih mogućnosti, smanjeno vrijeme razvoja i implementacije QMS-a.
Metodologija savjetovanja	Provjereni pristup razvoju i implementaciji QMS-a, strukturirani pristup za definiranje projektnih planova, specifičnih odgovornosti i provjeru rezultata, strategija razvoja i implementacije za prvu usklađenost ili registraciju prema IATF 16949 i ISO 9001.
Koraci implementacije	Izvršni i upravljački pregled/planiranje, procjena nedostataka i planiranje, dokumentacija, implementacija i obuka, interna procjena i pregled uprave, procjena registracije treće strane, održavanje i kontinuirano poboljšanje.
Procesi razvoja QMS-a	Planiranje, definiranje konteksta organizacije, definiranje zainteresiranih strana i njihovih zahtjeva, definiranje opsega QMS-a, definiranje procesa visoke razine, mapa sustava, opis plana projekta, definiranje rizika,

	definiranje ciljeva, plan komunikacije i obuke.
Dokumentacija i implementacija	Razvoj politike, razvoj procesa, definiranje uloga i odgovornosti, kontrola dokumenata, implementacija i obuka, QMS trening, interna procjena, pregled uprave, korektivne radnje, interna obuka ocjenjivača, procjena registracije treće strane.
Aktivnosti održavanja QMS-a	Stalna interna procjena i pregled uprave, kontinuirano poboljšanje procesa i sustava, dokumentacija nalaza revizije, izvještavanje o nalazima revizije, praćenje korektivnih radnji.

Izvor: Izrada autora prema Quality-One International. (2024). "IATF 16949 Consulting - Guidance and Direction." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/iatf-16949-consulting/> (28.5.2024), Quality-One International. (2024). "IATF 16949 Training (Onsite) - Training at Your Facility." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/iatf-16949-training/> (28.5.2024). i Quality-One International. (2024). "IATF 16949 Support - Auditing and Contract Services." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/iatf-16949-support/> (28.5.2024).

IATF 16949 služi kao standard sustava upravljanja kvalitetom posebno izrađen za sektor. Proširuje se izvan ISO 9001 integracijom preduvjeta za proizvođače i dobavljače automobila. Pridržavanje IATF 16949 pokazuje predanost izvrsnosti i zadovoljstvo klijenata (Reis, 2024).

Kontrola kvalitete čini dio upravljanja kvalitetom unutar sektora. Proizvođači mogu uočiti nedostatke, poduzeti korake i održati ujednačenu kvalitetu kroz proizvodne cikluse koristeći tehnike kao što su statistička kontrola procesa, način kvara i analiza učinaka (FMEA), kao i analiza temeljnih uzroka (Reis, 2024).

3.3. AEC-Q standardi

AEC-Q100 je kvalifikacijski standard za integrirane sklopove (IC) koji se koriste u automobilskim aplikacijama. U njemu se opisuju zahtjevi i postupci testiranja otpornosti na stres za nove i značajno izmijenjene proizvode. Standard definira različite temperaturne stupnjeve (razred 0 do stupanj 3) za klasifikaciju komponenti na temelju njihovih raspona radnih

temperatura. Na primjer, komponente stupnja 0 moraju izdržati temperature od -50°C do $+150^{\circ}\text{C}$, prikladne za najzahtjevnija automobilska okruženja (AEC-Q100 Qualification, 2024).

AEC-Q200 je globalni standard za pasivne elektroničke komponente, kao što su kondenzatori, otpornici i induktori. Standard osigurava da komponente mogu izdržati rigorozne uvjete okoline koji se nalaze u automobilskim aplikacijama. Komponente su podvrgnute različitim ispitivanjima što uključuje temperaturne cikluse, otpornost na vlagu, mehaničke udare i ispitivanja vibracija, između ostalog. Komponente su razvrstane u različite stupnjeve na temelju prikladnosti temperaturnog raspona, slično standardu AEC-Q100 (The AEC-Q200 Standard, 2023).

AEC-Q200 Rev. D dijeli razinu kvalifikacije potrebnu za različite dijelove industrije u pet stupnjeva, označenih brojevima od 0 do 4. Razina 0 je najstroža, zahtijeva testiranje u rasponu temperature od -50 do $+150^{\circ}\text{C}$. Komponente ocijenjene na ovoj razini mogu se koristiti u bilo kojoj primjeni u cijeloj automobilskoj industriji, bez obzira na lokaciju unutar vozila (The AEC-Q200 Standard, 2023).

Potrebna razina testiranja tada se smanjuje kroz stupnjeve, dijelovi stupnja 1 koji su prikladni za većinu uporabe ispod haube moraju se testirati u temperaturnom rasponu od -40 do $+125^{\circ}\text{C}$, dijelovi stupnja 2 opet su manje strogo testirani i prikladni su za upotrebu na vrućim točkama u putničkim odjeljcima, stupanj 3 za korištenje u većem dijelu putničkog prostora i dolje do stupnja 4, što je kvalifikacijski stupanj koji se koristi za dijelove koji nisu automobilski (The AEC-Q200 Standard, 2023).

4. METODE KONTROLE KVALITETE U PROIZVODNJI VOZILA

Kontrola kvalitete predstavlja bitan proces u industriji proizvodnje automobila, koji uključuje korištenje naprednih alata i tehnika.

Kontrola kvalitete je bitna komponenta u proizvodnji automobila jer osigurava da vozila ispunjavaju visoke standarde sigurnosti, pouzdanosti i zadovoljstva kupaca. Proces kontrole kvalitete koristi napredne alate i tehnike kako bi se definirali i uklonili nedostaci te osigurala kvaliteta proizvoda.

Uobičajeno je da uvjeti tijekom testiranja budu stroži od stvarnih uvjeta kako bi se osiguralo da vozilo može izdržati i nepovoljne situacije.

4.1. Tehnike koje se koriste za kontrolu kvalitete u proizvodnji vozila

Postoji nekoliko alata i tehnika koje se koriste u kontroli kvalitete. Jedan od najvažnijih su Automotive Core Tools, koji su naširoko primijenjeni u automobilskoj industriji za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom (Somvanshi, 2020).

Tehnike pomažu u planiranju, dizajnu, razvoju, proizvodnji, provjeri i poboljšanju automobilskih proizvoda. Na primjer, APQP se koristi za dizajn i razvoj proizvoda, dok se PPAP koristi za odobrenje proizvodnje (Somvanshi, 2020).

Drugi alat u kontroli kvalitete je mjeriteljstvo, znanost o mjerenju. Mjeriteljstvo uključuje upotrebu različitih instrumenata i metoda za mjerenje fizičkih veličina kao što su duljina, masa, temperatura ili tlak. Korištenje mjeriteljstva osigurava točnost i dosljednost mjerenja što je bitno za kontrolu kvalitete. Inspekcija je također važan alat u kontroli kvalitete. Uključuje ispitivanje proizvoda ili procesa kako bi se utvrdila njihova sukladnost sa specifikacijama ili standardima (Somvanshi, 2020).

Inspekcija može biti ručna ili automatska, a provodi se pomoću različitih uređaja ili sustava. Na primjer, tijekom proizvodnje automobila može se provoditi inspekcija kako bi se provjerilo jesu li dijelovi ispravno sastavljeni ili je li boja ravnomjerno nanosena. Ispitivanje

uključuje primjenu podražaja ili uvjeta na proizvod ili proces kako bi se procijenio njegov odgovor ili ponašanje. Ispitivanje se može provoditi u laboratoriju ili na terenu (Somvanshi, 2020).

4.2. Primjena kontrole kvalitete

Uobičajeno je da se uvjeti tijekom testova kontrole kvalitete postavljaju strogi nego stvarni uvjeti kako bi se osiguralo da vozilo ne doživi kvar čak i u nepovoljnim uvjetima. Različiti senzori i programi mogu brzo dobiti detaljna mjerenja reakcije vozila na test. Razne automatske mašine za provjeru kvalitete instalirane su na samoj proizvodnoj liniji, gdje se fizički nedostaci poput nepravilnog zavarivanja i neusklađenih dijelova otkrivaju jer otkrivanje nedostataka u kasnijoj fazi proizvodnje može dovesti do skupljeg i dugog.

Alati za kontrolu kvalitete u automobilskoj industriji su prikazani u Tablici 5.

Tablica 5. Alati za kontrolu kvalitete u automobilskoj industriji

Alat	Opis	Parametri
		Pet faza APQP-a su: Prethodno planiranje i unos, Planiranje i definiranje, Razvoj proizvoda i procesa, Validacija proizvoda i procesa, te Lansiranje i procjena povratnih informacija.
Napredno planiranje kvalitete proizvoda (APQP)	APQP je skup metoda i tehnika koje se koriste za osiguranje kvalitete komunikacijskih proizvoda različitih zahtjeva, specifikacija i rizika.	Faktori u razvoju FMEA su ozbiljnost, učestalost, otkrivanje i prioritetni broj rizika (RPN).
Analiza načina i učinka kvara	U FMEA se identificiraju svi mogući načini kvara, zatim se određuju njihovi uzroci i posljedice. Dodjeljuje se tehnička razina rizika, a	MSA se fokusira na pet parametara: pristranost, linearnost, stabilnost,

(FMEA)	koraci za smanjenje rizika poduzimaju se upravljanje nedostatkom.	ponovljivost i reproduktivnost.
Analiza mjernih sustava (MSA)	MSA je eksperimentalna i matematička metoda koja se koristi za izračunavanje varijacija unutar mjernog procesa, što doprinosi ukupnoj varijabilnosti procesa.	Parametri SPC-a uključuju središnje tendencije, varijacije i standardnu devijaciju.
Statistička kontrola procesa (SPC)	SPC je skup statističkih tehnika namijenjenih razumijevanju performansi sustava. SPC koristi središnje tendencije (srednja vrijednost, medijan i mod) te varijaciju i standardnu devijaciju za kontrolu kvalitete i identifikaciju pogrešaka.	Elementi PPAP-a zahtijevaju unos različitih funkcionalnih područja: nabava, dizajn, proizvodnja, kvaliteta, operacije i laboratorij.
Proces odobravanja dijelova proizvoda (PPAP)	PPAP je standardiziran proces u automobilske i zrakoplovne industriji koji osigurava da su zahtjevi dizajna i specifikacija proizvoda ispunjeni bez greške. Također osigurava da odabrani proizvodni proces može dosljedno reproducirati dijelove u planiranim proizvodnim količinama bez odgode.	Parametri Pet faza APQP-a su: Prethodno planiranje i unos, Planiranje i definiranje, Razvoj proizvoda i procesa, Validacija proizvoda i procesa, te Lansiranje i procjena povratnih informacija.

Izvor: Izrada autora prema Somvanshi, U. (2020). "Quality Control in Automobile Manufacturing Industries." International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 8, Issue VI, June.

Kontrola kvalitete u automobilske industriji oslanja se na napredne alate i tehnike koje osiguravaju da su proizvodi visoke kvalitete i da ispunjavaju sve relevantne specifikacije i standarde (Somvanshi, 2020).

Alati APQP, FMEA, MSA, SPC i PPAP su važni za planiranje, razvoj, proizvodnju i validaciju automobilske komponente i pomažu definirati i ukloniti nedostatke na način da osiguraju da konačni proizvodi zadovoljavaju najviše standardne kvalitete, što je neophodno za sigurnost, pouzdanost i zadovoljstvo kupaca (Somvanshi, 2020).

Inspekcije za otkrivanje nedostataka u sastavljenom vozilu tijekom procesa kontrole kvalitete uključuju (Somvanshi, 2020):

- vanjsku inspekciju,
- unutarnju inspekciju,
- inspekciju boje,
- inspekciju funkciju,
- inspekciju motornog prostora,
- inspekciju fizičkih funkcija,
- testiranju podvozja,
- test na stazi/cesti.

Vanjska inspekcija obuhvaća vizualno ispitivanje vanjskog dijela vozila kako bi se uočili bilo kakvi nedostaci u karoseriji, poput ogrebotina, udubljenja ili nepravilnog poravnjanja dijelova (Somvanshi, 2020).

Tijekom unutarnje inspekcije provjeravaju se unutarnji dijelovi vozila, sjedišta, instrument ploča, obloge i ostale unutrašnje komponente, kako bi se osiguralo da su pravilno postavljeni i funkcionalni (Somvanshi, 2020).

Inspekcija boje uključuje provjeru ravnomjernosti i kvalitete nanosa boje na vozilo. Provjerava se postojanost boje, eventualne mrlje ili nepravilnosti u premazu (Somvanshi, 2020).

Inspekcijom funkcija se provjerava ispravnost svih funkcionalnih dijelova vozila, svjetla, brisače, prozore, klima uređaj i elektroničke sustave. Cilj je osigurati da svi sustavi rade besprijekorno (Somvanshi, 2020).

Inspekcija motornog prostora uključuje provjeru motornog prostora, motor, sustav za hlađenje, akumulator i ostale vitalne komponente. Provjerava se jesu li svi dijelovi pravilno postavljeni i u funkcionalnom stanju (Somvanshi, 2020).

Inspekcijom fizičkih funkcija se provjeravaju fizičke funkcije vozila kao što su kočnice, upravljački sustav i ovjes, kako bi se osigurala njihova ispravnost i sigurnost u vožnji (Somvanshi, 2020).

Inspekcija podvozja uključuje provjeru donjih dijelova vozila, ispušnih sustava, ovjesa i drugih komponenti podvozja, kako bi se osiguralo da nema oštećenja ili nepravilnosti (Somvanshi, 2020).

Na kraju, vozilo prolazi test na stazi ili cesti kako bi se provjerilo njegovo ponašanje u stvarnim uvjetima vožnje (Somvanshi, 2020).

4.2.1. Sustavno planiranje kvalitete proizvoda (APQP)

Složeni proizvodi i opskrbni lanci predstavljaju mnoge izazove, osobito pri lansiranju novih proizvoda. Sustavno planiranje kvalitete proizvoda (APQP) strukturirani je proces usmjeren na osiguranje zadovoljstva kupaca novim proizvodima ili procesima (Advanced Product Quality Planning, 2024).

APQP ima dugu povijest i različite oblike primjene. Prvotno nazvan Napredno planiranje kvalitete (AQP), APQP koriste napredne tvrtke kako bi osigurale kvalitetu kroz planiranje. Ford Motor Company objavio je prvi priručnik za napredno planiranje kvalitete za dobavljače početkom 1980-ih, što je pomoglo dobavljačima u razvoju kontrola za prevenciju i detekciju novih proizvoda (Advanced Product Quality Planning, 2024).

Sjevernoamerički proizvođači automobila kasnije su zajednički razvili APQP proces 1994. godine, ažuriran 2008. godine. APQP okuplja zajedničke aktivnosti planiranja potrebne svim proizvođačima automobila u jedan proces. Dobavljači koriste APQP kako bi uspješno validirali nove proizvode i procese te potaknuli kontinuirano poboljšanje (Advanced Product Quality Planning, 2024).

Unutar APQP-a opisani su brojni alati i tehnike, a najvažniji su osnovni alati, koji uključuju: Analizu načina kvara i učinaka (FMEA), Analizu mjernih sustava (MSA), Statističku kontrolu procesa (SPC) i Proces odobravanja proizvodnih dijelova (PPAP). Korištenje navedenih alata je važno za usklađenost s IATF 16949 (Advanced Product Quality Planning, 2024).

APQP olakšava komunikaciju između opskrbnog lanca i organizacije/kupca. Zahtjevi koji se pretvaraju u detaljnije specifikacije pojašnjavaju se i razlažu na više detalja kako se proces nastavlja (Advanced Product Quality Planning, 2024).

APQP nadopunjuje procese razvoja proizvoda dodajući fokus na rizik kao zamjenu za neuspjeh (Advanced Product Quality Planning, 2024).

APQP prati promjenu proizvoda ili procesa izvan razvoja proizvoda i osigurava da se rizikom promjene uspješno upravlja sprječavanjem problema izazvanih promjenom (Advanced Product Quality Planning, 2024).

4.2.2. Analiza neuspjeha i njihovih posljedica (FMEA)

FMEA (eng. *Failure Mode and Effect Analysis*) predstavlja metodu za analizu grešaka koje se javljaju u određenim uvjetima i njihovih posljedica. Glavni cilj analize je definirati i procijeniti potencijalne greške i uzroke njihova nastanka te predložiti rješenja za njihovo smanjenje ili potpuno uklanjanje (Failure Modes & Effects Analysis, 2024).

Krajnji cilj je postići proizvodnju bez grešaka, čime se poboljšava pouzdanost i sigurnost proizvoda, a time i zadovoljstvo kupaca. FMEA se tretira kao živi dokument, što znači da bi ga trebalo kontinuirano ažurirati novim podacima, posebno ako je došlo do promjena u procesu proizvodnje ili dizajnu (Failure Modes & Effects Analysis, 2024).

Provođenje FMEA analize obavlja se prema unaprijed definiranoj formi FMEA izvješća, uz proračun broja prioritarnog rizika poznatog kao RPN (eng. *Risk Priority Number*). RPN se izračunava množenjem tri indeksa (Failure Modes & Effects Analysis, 2024):

- S (ozbiljnost),
- O (učestalost) i
- D (otkrivanje)

Kako je prikazano u jednadžbi. Svaki od indeksa ima vrijednosti u rasponu od 1 do 10, što znači da RPN može biti između 1 i 1000 (Failure Modes & Effects Analysis, 2024).

Korektivne mjere se primjenjuju kada RPN prelazi 100 ili kada bilo koji od tri indeksa (S, O, D) prelazi vrijednost 8 (Failure Modes & Effects Analysis, 2024).

Stupanj ozbiljnosti greške je prikazan u Tablici 6.

Tablica 6. Stupanj ozbiljnosti greške

Jako mala je vjerojatnost da će neznatna greška izazvati bilo kakvu zamjetnu posljedicu na svojstva sustava. Kupac vjerojatno neće primijetiti grešku.	1
Nizak stupanj jakosti prouzrokuje malu smetnju. Kupac će vjerojatno primijetiti samo malu degradaciju svojstava.	2,3
Osrednja jakost greške koja prouzrokuje određeno nezadovoljstvo kupca; kupac se osjeća neugodno ili mu smeta.	4,5,6
Visoka razina nezadovoljstva kupca uslijed prirode greške, kao što je nemogućnost rada sustava.	7,8,9
Izuzetno visok stupanj jakosti, kada greška uključuje potencijalne posljedice vezane uz sigurnost.	10

Izvor: Izrada autora prema ASQ (American Society for Quality). (2024). "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)." ASQ. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/fmea> (3.6.2024).

Učestalost pojave greške je prikazana u Tablici 7.

Tablica 7. Učestalost pojave greške

Jako mala je učestalost pojave greške	1
Mala učestalost pojave greške	2,3

Osrednja učestalost pojave greške	4,5,6
Visoka učestalost pojave greške	7,8,9
Izuzetno visoka učestalost pojave greške, skoro je sigurna pojava greške	10

Izvor: Izrada autora prema ASQ (American Society for Quality). (2024). "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)." ASQ. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/fmea> (3.6.2024).

Sposobnost otkrivanja greške je prikazana u Tablici 8.

Tablica 8. Sposobnost otkrivanja greške

Jako mala je vjerojatnost da će proizvod s greškom biti otpremljen. Greška je očita.	1
Mala je vjerojatnost da će proizvod s greškom biti otpremljen. 100%-tna kontrola.	2,3
Osrednja je vjerojatnost da će proizvod s greškom biti otpremljen. Plan uzorkovanja sa statističkom obradom podataka.	4,5,6
Velika je vjerojatnost da će proizvod s greškom biti otpremljen. Neredovito uzorkovanje bez statističke obrade podataka.	7,8,9
Izuzetno velika vjerojatnost da će proizvod s greškom biti otpremljen. Greška je latentna te se ne primjećuje.	10

Izvor: Izrada autora prema ASQ (American Society for Quality). (2024). "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)." ASQ. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/fmea> (3.6.2024).

U početku se FMEA analiza koristila kao jedinstvena metoda. Nakon što je pronašla primjenu u automobilske industriji, FMEA analiza se podijelila na dvije vrste: FMEA dizajna (DFMEA) i FMEA procesa (PFMEA). DFMEA se primjenjuje u fazi dizajna proizvoda, dok se PFMEA koristi u fazi proizvodnog procesa (Failure Modes & Effects Analysis, 2024).

4.2.3. Statistička kontrola procesa (SPC)

SPC je metoda mjerenja i kontrole kvalitete praćenjem procesa proizvodnje. Podaci o kvaliteti prikupljaju se u obliku mjerenja proizvoda ili procesa ili očitavanja s raznih strojeva ili instrumenata. Podaci se prikupljaju i koriste za evaluaciju, praćenje i kontrolu procesa. SPC je učinkovita metoda za pokretanje kontinuiranog poboljšanja. Praćenjem i kontroliranjem procesa možemo osigurati da radi u svom punom potencijalu. Jedan od najopsežnijih i najvrjednijih izvora informacija o SPC-u je priručnik koji je objavila Akcijska grupa automobilske industrije (AIAG) (Statistical Process Control, 2024).

SPC je metoda za praćenje, kontrolu i poboljšanje proizvodnih procesa putem statističke analize. Analiza se provodi prikupljanjem podataka kroz procesna mjerenja ili očitavanja sa strojeva, koji se zatim unose u unaprijed pripremljene obrasce. Praćenjem ovih podataka tijekom proizvodnje, operateri mogu identificirati promjene u procesu i intervenirati prije nego što te promjene negativno utječu na kvalitetu proizvoda. Prvi korak uvođenja SPC-a je definiranje granica rasipanja koje određuju prihvatljive proizvode, one za doradu i škart (What is statistical process control?, 2024).

4.2.4. Proces odobravanja proizvodnih dijelova (PPAP)

Proces odobrenja proizvodnih dijelova (PPAP) vrijedan je alat za uspostavljanje povjerenja u dobavljače komponenti i njihove proizvodne procese. U današnjem konkurentnom proizvodnom okruženju kontrola troškova i održavanje visoke razine kvalitete su važni za uspjeh tvrtke. Sve veći troškovi opreme, materijala i rada u kombinaciji sa širenjem svjetskih tržišta rezultirali su porastom vanjskih dijelova. Mnogi dijelovi sastavnih dijelova povjeravaju se inozemnim proizvođačima. To često rezultira duljim rokovima isporuke i većim količinama narudžbi. Stoga je postao imperativ osigurati kvalitetne dijelove koji ispunjavaju zahtjeve kupaca prvi put i svaki put. U početku je PPAP korišten u automobilskoj i zrakoplovnoj industriji. PPAP sada koristi nekoliko industrija za poboljšanje komunikacije i pružanje kvalitetnih proizvoda.

PPAP definira postupak odobravanja novih ili revidiranih dijelova ili dijelova proizvedenih novim ili značajno revidiranim proizvodnim metodama. PPAP proces sastoji se od 18 elemenata koji mogu biti potrebni za odobrenje dijelova na razini proizvodnje. Nisu svi elementi potrebni za svaki podnesak. Postoji pet općenito prihvaćenih razina podnošenja PPAP-a.

Elementi PPAP-a su prikazani u Tablici 9.

Tablica 9. Elementi PPAP-a

Element	Opis	Detalji
Projektna dokumentacija	Uključuje kopiju crteža kupca i dobavljača, narudžbenicu te dokumentaciju o sastavu materijala.	Provjera podudaranja crteža, identifikacija karakteristika, dokaz ispunjavanja zahtjeva za materijalom.
Dokumentacija o tehničkim promjenama	Uključuje kopiju Obavijesti o tehničkim promjenama (ECN) koju mora odobriti inženjerski odjel kupca.	Potrebno za izmjene dijela ili proizvoda.
Inženjersko odobrenje kupca	Dokaz o odobrenju od strane inženjerskog odjela kupca.	Uzorci se testiraju na licu mjesta prije PPAP-a.
DFMEA	Analiza načina kvara dizajna i učinaka.	Ispituje rizike dizajna, uključuje kvarove proizvoda, smanjenu izvedbu, sigurnosna i regulatorna pitanja.
Dijagram toka procesa	Grafički prikaz cijelog procesa sastavljanja komponente ili konačnog sklopa.	Uključuje dolazni materijal, montažu, testiranje, preradu i otpremu.
PFMEA	Analiza načina kvara i učinaka procesa.	Identificira potencijalne rizike kvalitete u proizvodnom procesu.
Kontrolni plan	Rezultat PFMEA, navodi posebne karakteristike proizvoda i metode inspekcije.	Cilj je isporuka proizvoda koji ispunjavaju zahtjeve za kvalitetom.
Studije analize mjernog sustava (MSA)	Uključuje studije ponovljivosti i obnovljivosti mjerenja (GR&R) na mjernoj opremi.	Zapisi o umjeravanju za sve mjerače i mjernu opremu.
Dimenzionalni rezultati	Potvrđuju da proizvod zadovoljava specifikacije za ispis.	Uzorci se nasumično biraju iz značajne proizvodne serije, obično najmanje 30 komada.

Evidencija materijala/ispitivanja izvedbe	Sadrži kopiju plana provjere dizajna i izvješća (DVP&R).	Navodi svaki provedeni test, opis načina izvođenja i rezultate svakog testa.
Početne studije procesa	Grafovi statističke kontrole procesa (SPC) o kritičnim karakteristikama proizvoda.	Pokazuju stabilnost kritičnih procesa, normalnu varijaciju i odvijanje blizu predviđene nominalne vrijednosti.
Kvalificirana laboratorijska dokumentacija	Industrijski certifikati za laboratorij koji je bio uključen u validacijsko testiranje.	Može uključivati interne ili ugovorene laboratorije za testiranje certifikacije materijala.
Izvješće o odobrenju izgleda	Primjenjivo na komponente koje utječu na izgled.	Potvrđuje da je kupac pregledao konačni proizvod i da on zadovoljava sve potrebne specifikacije izgleda.
Dijelovi za proizvodnju uzoraka	Uzorci proizvodnih dijelova šalju se kupcu na odobrenje.	Obično se pohranjuju kod kupca ili dobavljača nakon završetka razvoja proizvoda.
Glavni uzorak	Konačni uzorak proizvoda koji pregledava i potpisuje kupac.	Koristi se za obuku operatera i služi kao referentna vrijednost za usporedbu sa standardnim proizvodnim dijelovima.
Pomagala za provjeru	Detaljan popis pomagala za provjeru koja se koriste u proizvodnji.	Uključuje alate za pregled, testiranje ili mjerenje dijelova tijekom sastavljanja.
Posebni zahtjevi kupca	Sadrži sve posebne zahtjeve kupca.	Za rasuti materijal, specifični zahtjevi kupca bit će zabilježeni na "Kontrolnom popisu zahtjeva za rasuti materijal".
Nalog za podnošenje dijela	Sažetak cjelokupne PPAP prijave.	Uključuje razloge podnošenja, razinu dokumenata, izjavu o sukladnosti dijela, objašnjenja, komentare, potpis ovlaštene osobe i podatke za kontakt.

Izvor: Izrada autora prema Quality-One International. (2024). "Production Part Approval Process (PPAP)." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/ppap/> (3.6.2024).

PPAP proces je bitan za osiguravanje kvalitete u proizvodnji automobila. Kroz 18 elemenata, PPAP dokumentira sposobnost dobavljača da ispuni sve zahtjeve kupaca (Production Part Approval Process, 2024).

Elementi uključuju projektne dokumente, analize rizika, kontrolne planove i studije procesa. Korištenje PPAP-a osigurava da su svi aspekti dizajna i proizvodnje temeljito pregledani zbog čega se osigurava isporuka visokokvalitetnih proizvoda krajnjem kupcu (Production Part Approval Process, 2024).

Zahtjevi za podnošenje PPAP-a obično su podijeljeni u pet klasifikacija ili razina (Production Part Approval Process, 2024):

- Razina 1 – Nalog za podnošenje dijela (PSW) koji se podnosi samo kupcu
- Razina 2 – PSW s uzorcima proizvoda i ograničenim popratnim podacima
- Razina 3 – PSW s uzorcima proizvoda i potpunim popratnim podacima
- Razina 4 – PSW i drugi zahtjevi koje definira kupac
- Razina 5 – PSW s uzorcima proizvoda i potpunim popratnim podacima dostupnim za pregled na mjestu proizvodnje dobavljača

PPAP je potreban za podnošenje svakog novog dijela, kao i za odobrenje bilo koje promjene postojećeg dijela ili procesa (Production Part Approval Process, 2024).

5. STANDARDI KVALITETE ZA AUTOMOBILSKU ELEKTRONIKU

Razvoj i proizvodnja automobilske elektronike zahtijevaju visoke standarde kvalitete kako bi se osigurala pouzdanost, dugovječnost i sigurnost vozila. Automobili danas sadrže napredne elektroničke sustave koji upravljaju raznovrsnim funkcijama od motora i pogonskog sklopa do infotainment sustava, komunikacija i sigurnosnih značajki. Sve komponente moraju raditi bez grešaka u uvjetima ekstremnih temperatura, vibracija i vlage što nameće posebne zahtjeve za kvalitetu i pouzdanost. Kako bi se osiguralo da elektroničke komponente zadovoljavaju visoke zahtjeve, razvijeni su specifični industrijski standardi koji se primjenjuju tijekom cijelog procesa proizvodnje i testiranja. Standardi osiguravaju usklađenost sa zahtjevima za kvalitetu i pomažu proizvođačima da ispune očekivanja potrošača za dugotrajno i pouzdano funkcioniranje vozila.

5.1. Dizajn automobila

Dizajn automobila predstavlja složen proces. Neki automobili danas posjeduju veću računalnu snagu od mlaznih zrakoplova, sa čak 100 programibilnih elektroničkih upravljačkih jedinica (ECU) i do 100 milijuna linija koda. Softver upravlja nizom funkcija koje uključuju motor i pogonski sklop, infotainment sustave, komunikacije, sigurnosne značajke i sustave pomoći vozaču. Složenost se dodatno povećava kako tehnologija u automobilskoj industriji brzo napreduje prema sofisticiranijim sustavima za pomoć vozaču i autonomnim vozilima (Qorvo, 2018).

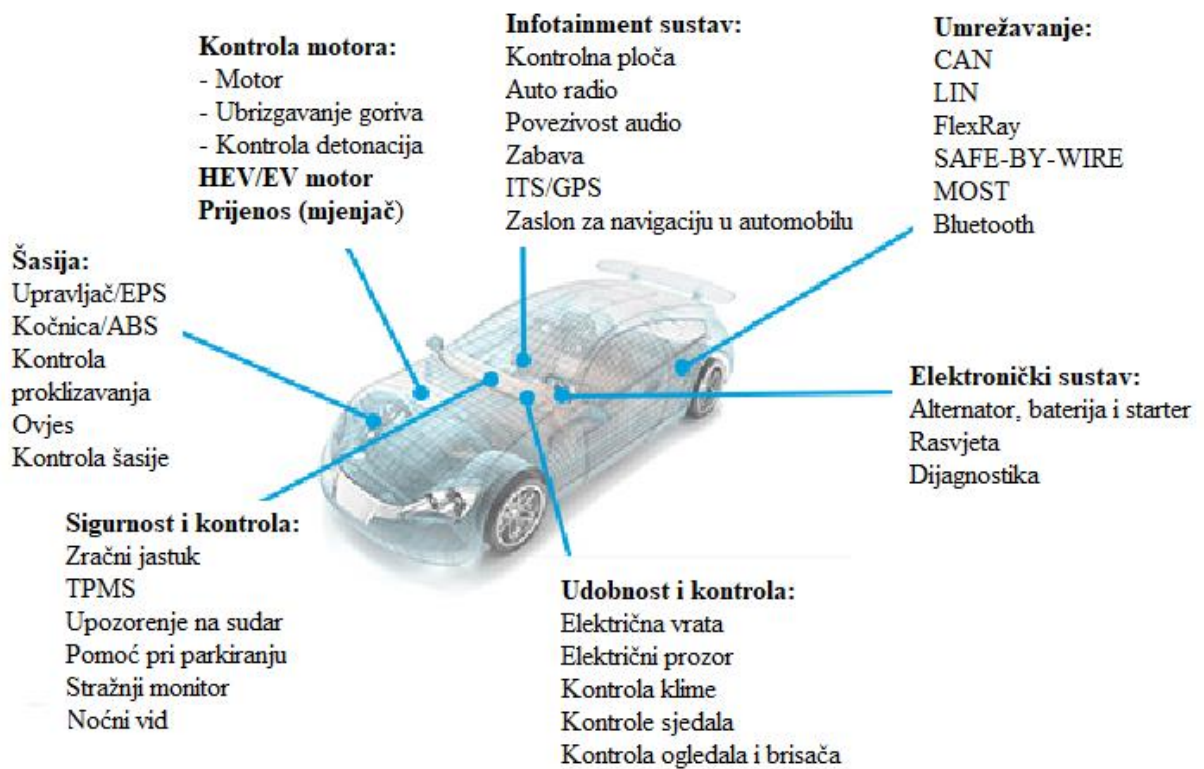
Kako elektronika u vozilu postaje sve složenija i kontrolira sve više funkcija automobila, nekoliko čimbenika dizajna postaje još važnije (Qorvo, 2018):

- Čvrstoća i pouzdanost: komponente moraju izdržati zahtjeve svakodnevne uporabe i ekstremne temperature i vlažnost.

- Dugovječnost: potrošači očekuju da će njihova vozila raditi dulje - deset godina ili više - od drugih elektroničkih uređaja kao što su mobilni telefoni.
- Smetnje: elektroničke komponente i sustavi u vozilu moraju koegzistirati jedni s drugima bez izazivanja smetnji.

Čimbenici dizajna za automobilsku elektroniku su prikazani na Slici 1.

Slika 1. Čimbenici dizajna za automobilsku elektroniku



Izvor: Obrada autora prema Qorvo. (2018). "Automotive Quality Standards 101: What

Qualification Really Gets You." Dostupno na: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/automotive-quality-standards-101-what-qualification-really-gets-you> (28.4.2024).

Kako bi se osiguralo da komponente ne zakažu nakon što su ugrađene u elektroničke sustave, automobilska industrija je razvila stroge standarde kvalitete za proizvodnju i testiranje

komponenti. Samo dijelovi koji zadovoljavaju te standarde mogu biti kvalificirani za upotrebu u automobilima (Qorvo, 2018).

5.2. Standardni kvalitete

Kako bi neka komponenta bila kvalificirana za automobile, proizvođači moraju zadovoljiti specifične industrijske standarde tijekom cijelog procesa proizvodnje i testiranja. Tri standarda su IATF 16949, AEC-Q100 i AEC-Q200 (Qorvo, 2018).

Industrijski standardi kvalitete u automobilskoj industriji su prikazani u Tablici 10.

Tablica 10. Industrijski standardi kvalitete u automobilskoj industriji

Standard kvalitete	Opis	Posebni testovi	Trajanje osiguravanja
IATF 16949	Globalni standard za sustave upravljanja kvalitetom u automobilskoj industriji. Automobilska industrija općenito očekuje da se dijelovi proizvode, sastavljaju i testiraju u pogonima koji su kvalificirani prema IATF 16949 standardu.	Neki testovi su jedinstveni za automobilsku industriju, kao što su test za stopu ranog kvara (ELFR) koji podvrgava uzorke od 800 komponenti temperaturama od najmanje 125°C, te test cikliranja temperature snage (PTC) koji ponavlja cikluse između vrlo visokih (125°C) i vrlo niskih temperatura (-40°C ili niže).	Nema specifične odredbe
AEC-Q100	Tijekom faze kvalifikacije prije puštanja uređaja u rad, svaki komponent mora proći niz testova prema industrijskim standardima. AEC-Q100 definira standardne testove za aktivne	Testovi se provode pod strožim uvjetima, kao što su više temperature, nego kod testiranja komercijalnih dijelova, ili s većim veličinama serija kako bi se osigurala veća statistička pouzdanost u pouzdanost	Proizvođači obično moraju osigurati dostupnost svake automobilske

	komponente poput prekidača i pojačala snage (PA).	proizvodnih komponenti.	komponente za 10 godina.
AEC-Q200	Slični testovi za pasivne uređaje kao što su RF filteri koji se koriste u Wi-Fi i mobilnim komunikacijama. AEC-Q200 pokriva ove testove.	Nema dodatnih specifičnih testova, ali se provode u skladu sa standardima za pasivne komponente.	Proizvođači obično moraju osigurati dostupnost svake automobilske komponente za 10 godina.

Izvor: Izrada prema Qorvo. (2018). "Automotive Quality Standards 101: What Qualification Really Gets You." Dostupno na: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/automotive-quality-standards-101-what-qualification-really-gets-you> (28.4.2024).

Neki od ovih testova su jedinstveni za automobilsku industriju i uopće se ne provode na dijelovima namijenjenim komercijalnoj uporabi. Primjeri su test stope kvarova u ranom životnom vijeku (ELFR), koji podvrgava više uzoraka od 800 komponenti temperaturama od najmanje 125 °C, i test cikličke promjene temperature napajanja (PTC), koji opetovano mijenja između ekstremno visokih (125 °C) i ekstremno niske (-40°C ili čak niže) temperature. Ostali testovi se provode u težim uvjetima kao što su više temperature nego kod testiranja komercijalnih dijelova, ili korištenjem većih veličina serije kako bi se osiguralo veće statističko povjerenje u pouzdanost proizvodnih komponenti (Qorvo, 2018).

5.3. Dodatno testiranje autokvalificiranih dijelova

Uz standardna ispitivanja koja se primjenjuju na komercijalne dijelove, automobilske komponente podvrgavaju se daljnjim ispitivanjima u svakoj većoj fazi proizvodnog procesa, od razine pločice do gotovog dijela (Qorvo, 2018).

Razina oblatne i montaža. Svaka matrica dobiva četiri optička pregleda kako bi se otkrili svi skriveni nedostaci koji bi mogli dovesti do kvara nakon što su komponente ugrađene u elektroničke sustave vozila (Qorvo, 2018).

Razina i testovi sklapanja poluvodičkih pločica su prikazani u Tablici 11.

Tablica 11. Razina i testovi sklapanja poluvodičkih pločica

Operacija	Automobilski proizvodi	Komercijalni proizvodi
Automatska optička kontrola (svaka pločica)	✓	
Provjereno ispravna pločica	✓	✓
Test curenja	✓	✓
Sklapanje u pogonu prema IATF 16949 standardu	✓	
100% druga optička kontrola u pogonu za sklapanje	✓	
100% treća optička kontrola u pogonu za sklapanje	✓	
100% četvrta optička kontrola u pogonu za sklapanje	✓	

Izvor: Izrada prema Qorvo. (2018). "Automotive Quality Standards 101: What Qualification Really Gets You." Dostupno na: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/automotive-quality-standards-101-what-qualification-really-gets-you> (28.4.2024).

Završni test, traka i kolut. Čak i kod najbolje dizajniranih procesa proizvodnje poluvodiča, postoji mogućnost da rijetki i neočekivani događaji (kao što su problemi u proizvodnim alatima ili sirovinama) mogu rezultirati anomalijama koje dovode do ranog kvara dijelova (Qorvo, 2018).

Proces proizvodnje automobilskih komponenti uključuje dodatnu provjeru kako bi se identificirali ti "ispadajući" dijelovi i serije prije nego što se nađu u proizvodima kupaca (Qorvo, 2018).

Završno testiranje, traka i namotaj je prikazano u Tablici 12.

Tablica 12. Završno testiranje, traka i namotaj

Operacija	Automobilski proizvodi	Komercijalni proizvodi
1x Pečenje/Reflow prije testa	✓	✓
Maverick provjera proizvoda	✓	Opcionalno
Vizualna kontrola s gornje i donje strane pri završnom testiranju	✓	

Izvor: Izrada prema Qorvo. (2018). "Automotive Quality Standards 101: What Qualification Really Gets You." Dostupno na: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/automotive-quality-standards-101-what-qualification-really-gets-you> (28.4.2024).

Ispitivanje pouzdanosti i dokumentacija. Uz AEQ testove, proizvođači komponenti moraju slijediti program kvalitete proizvoda poznat kao napredno planiranje kvalitete proizvoda (APQP). APQP uključuje izradu opsežnog paketa dokumentacije koji pokriva cijeli proizvodni proces, zapise o ispitivanju, način kvara dizajna/procesa i analizu učinka (FMEA) i druge informacije. Proces odobravanja proizvodnih dijelova (PPAP) dio je ovog APQP programa (Qorvo, 2018).

Testovi pouzdanosti su prikazani u Tablici 13.

Tablica 13. Testovi pouzdanosti

Operacija	Automobilski proizvodi	Komercijalni proizvodi
Kvalifikacija prema AEC-Q metodama testiranja	✓	
PPAP paket podataka dostupan nakon puštanja u proizvodnju	✓	
Ubrzana analiza kvarova	✓	
Revizije proizvoda na dokovima	✓	

Izvor: Izrada prema Qorvo. (2018). "Automotive Quality Standards 101: What Qualification Really Gets You." Dostupno na: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/automotive-quality-standards-101-what-qualification-really-gets-you> (28.4.2024).

Standardi kvalitete za automobilsku elektroniku su važni za osiguravanje pouzdanosti, dugovječnosti i sigurnosti automobila. S obzirom na sve veću složenost automobilske elektronike koja uključuje napredne sustave upravljanja, komunikacije, sigurnosti i pomoći vozaču proizvođači moraju zadovoljiti stroge industrijske standarde kako bi ispunili očekivanja potrošača i regulativne zahtjeve.

Dizajn automobila danas zahtijeva veću računalnu snagu i sofisticiranost nego ikada prije, s desecima milijuna linija koda i stotinama elektroničkih upravljačkih jedinica koje upravljaju kritičnim funkcijama vozila. Upravo zbog toga su čimbenici koji uključuju čvrstoću, pouzdanost, dugovječnost i izbjegavanje smetnji važne kod proizvodnje i razvoja automobilske elektronike.

Industrijski standardi kvalitete uključuju IATF 16949, AEC-Q100 i AEC-Q200 i osiguravaju da komponente prolaze ispitivanja i zadovoljavaju najviše kriterije pouzdanosti prije nego što budu ugrađene u vozila. Standardi obuhvaćaju niz posebnih testova koji uključuju one za ranu stopu kvarova i cikličke promjene temperature kako bi se osigurala izdržljivost i pouzdanost komponenti.

Kvaliteta je cilj ali i princip koji osigurava dugoročno zadovoljstvo potrošača i uspjeh proizvođača u brzo mijenjajućem i zahtjevnom tržištu automobilske industrije.

6. ZAKLJUČAK

Kvaliteta je temeljni dio poslovanja koji značajno utječe na konkurentnost, zadovoljstvo kupaca i dugoročnu održivost organizacija. Upravljanje kvalitetom je proces koji se odnosi na sve dijelove poslovanja. Kroz sustave upravljanja kvalitetom organizacije poboljšavaju svoje proizvode i usluge i optimiziraju operacije, smanjuju troškove i povećavajući produktivnost.

Postoje različiti sustavi i standardi upravljanja kvalitetom, ISO 9001, IATF 16949 i AEC-Q100 koji omogućuju organizacijama da isporučuju proizvode i usluge koji zadovoljavaju ili premašuju očekivanja kupaca. Standardi također pomažu u smanjenju rizika, povećanju učinkovitosti i osiguravanju usklađenosti s regulatornim zahtjevima.

Osiguranje kvalitete se fokusira na preventivne mjere i procesne standarde dok se kontrola kvalitete bavi inspekcijom i ispravljanjem eventualnih nedostataka u proizvodima ili uslugama.

U automobilskoj industriji su specifični standardi IATF 16949 i AEC-Q100 jer postavljaju visoke zahtjeve za kvalitetu i pouzdanost komponenti i sustava. Standardi osiguravaju da su proizvodi testirani pod najstrožim uvjetima zbog čega se osigurava njihova dugovječnost i sigurnost. Kvalifikacija komponenti prema ovim standardima uključuje niz testova koji se provode kako bi se osiguralo da komponente mogu izdržati ekstremne uvjete u kojima će se naći tijekom upotrebe.

Primjena naprednih alata i tehnika uključuju APQP, FMEA, MSA, SPC i PPAP a bitni su za osiguranje kvalitete u proizvodnji automobila. Opisani alati omogućuju precizno planiranje, praćenje i poboljšanje kvalitete zbog čega se smanjuje broj pogrešaka i povećava zadovoljstvo kupaca.

Razvoj i proizvodnja automobilske elektronike koja je prikazana kao primjer zahtijevaju posebnu pažnju zbog složenosti sustava. Visoki standardi kvalitete i testovi osiguravaju da komponente automobila mogu izdržati najteže uvjete.

LITERATURA

1. ASQ (American Society for Quality). "What is a Quality Management System (QMS)?" ASQ. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/quality-management-system> (24.4.2024).
2. ASQ (American Society for Quality). (2024). "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)." ASQ. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/fmea> (3.6.2024).
3. Barbosa, S. (2021). "Quality concepts: everything you need to know." Dostupno na: <https://www.paripassu.com.br/en/blog/quality-concepts> (24.4.2024).
4. Compliance Aspekte. (2024). "Core automotive standards: Your industry compliance checklist." Dostupno na: <https://compliance-aspekte.de/en/articles/checklist-of-mandatory-standards-for-automotive-industry/> (28.5.2024).
5. DAU (Defense Acquisition University). (2024). "Failure Modes & Effects Analysis (FMEA) and Failure Modes, Effects & Criticality Analysis (FMECA)." Dostupno na: <https://www.dau.edu/acquikipedia-article/failure-modes-effects-analysis-fmea-and-failure-modes-effects-criticality> (3.6.2024).
6. Golledge Electronics. (2023). "The AEC-Q200 Standard, what does it really mean?" Golledge Electronics. Dostupno na: <https://www.golledge.com/news/the-aec-q200-standard-what-does-it-really-mean/> (3.6.2024).
7. ISO (International Organization for Standardization). "Quality assurance: A critical ingredient for organizational success." Dostupno na: <https://www.iso.org/quality-management/quality-assurance> (24.4.2024).
8. ISO Certifications. (2024). "Get ISO Certification for Automotive Industry." SIS Certifications. Dostupno na: <https://www.siscertifications.com/automotive/> (28.5.2024).
9. ISO. (2024). "Standardi." ISO. Dostupno na: <https://www.iso.org/standards.html> (28.5.2024).
10. ITRC (Council). "Quality Considerations for Multiple Aspects of Munitions Response Sites." Dostupno na: <https://qcmr-1.itreweb.org/2-quality-concepts/> (24.4.2024).
11. Oakland, J. (2012). Oakland on Quality Management: 3rd Edition. University of Leeds. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/289975634_Oakland_on_quality_management_3rd_edition (24.4.2024).
12. ProductPlan. "Quality Assurance: What Is Quality Assurance?" Dostupno na: <https://www.productplan.com/glossary/quality-assurance/> (24.4.2024).

13. Qorvo. (2018). "Automotive Quality Standards 101: What Qualification Really Gets You." Dostupno na: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/automotive-quality-standards-101-what-qualification-really-gets-you> (28.4.2024).
14. Quality-One International. (2024). "Advanced Product Quality Planning (APQP)." Quality-One. Dostupno na: <https://quality-one.com/apqp/> (3.6.2024).
15. Quality-One International. (2024). "IATF 16949 - Automobilski QMS." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/> (28.5.2024).
16. Quality-One International. (2024). "IATF 16949 Consulting - Guidance and Direction." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/iatf-16949-consulting/> (28.5.2024).
17. Quality-One International. (2024). "IATF 16949 Support - Auditing and Contract Services." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/iatf-16949-support/> (28.5.2024).
18. Quality-One International. (2024). "IATF 16949 Training (Onsite) - Training at Your Facility." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/iatf-16949/iatf-16949-training/> (28.5.2024).
19. Quality-One International. (2024). "Production Part Approval Process (PPAP)." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/ppap/> (3.6.2024).
20. Quality-One International. (2024). "Statistical Process Control (SPC)." Quality-One International. Dostupno na: <https://quality-one.com/spc/> (3.6.2024).
21. Reis, A. (2024). "Quality Management in Automotive Industry." Flowdit. Dostupno na: <https://flowdit.com/quality-management-in-automotive-industry/> (28.5.2024).
22. Renesas. (2024). "AEC-Q100 Qualification." Renesas. Dostupno na: <https://www.renesas.com/us/en/products/automotive-products/aec-q100> (3.6.2024).
23. Simplilearn. (2023). "What Is Quality Control (QC)?" Simplilearn. Dostupno na: <https://www.simplilearn.com/what-is-quality-control-article> (24.4.2024).
24. Skoko, H., (2020). Upravljanje kvalitetom. Zagreb: Sinergija d.o.o.
25. Somvanshi, U. (2020). "Quality Control in Automobile Manufacturing Industries." International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 8, Issue VI, June.
26. Spotfire. (2024). "What is statistical process control?" Spotfire. Dostupno na: <https://www.spotfire.com/glossary/what-is-statistical-process-control> (3.6.2024).
27. Walker, M., (2001). Reconstructing Professionalism in University Teaching. Buckingham: Society for Research into Higher Education & Open University Press.

POPIS TABLICA, SLIKA I SHEMA

Popis tablica:

Tablica 1. Najbolje prakse u osiguranju kvalitete	5
Tablica 2. Komponente kontrole kvalitete	9
Tablica 3. ISO standardi u automobilske industriji.....	15
Tablica 4. Najvažniji dijelovi IATF 16949 za automobilske industriji.....	19
Tablica 5. Alati za kontrolu kvalitete u automobilske industriji.....	24
Tablica 6. Stupanj ozbiljnosti greške.....	29
Tablica 7. Učestalost pojave greške	29
Tablica 8. Sposobnost otkrivanja greške	30
Tablica 9. Elementi PPAP-a	32
Tablica 10. Industrijski standardi kvalitete u automobilske industriji	37
Tablica 11. Razina i testovi sklapanja poluvodičkih pločica.....	39
Tablica 12. Završno testiranje, traka i namotaj	40
Tablica 13. Testovi pouzdanosti.....	40

Popis slika:

Slika 1. Čimbenici dizajna za automobilske elektroniku	36
--	----

Popis shema:

Shema 1. Osnovni koraci za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom	12
Shema 2. Prednosti ISO certifikata u automobilskoj industriji	17
Shema 3. IATF 16949	19