

Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila

Belančić, Iris

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:351112>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Iris Belančić

MODELI ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA TERETNIH VOZILA
ZAVRŠNI RAD

Zagreb, srpanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Iris Belančić

MODELI ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA TERETNIH VOZILA
MODELS OF ROLLING STOCK MAINTENANCE

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Student: Iris Belančić

JMBAG: 0195033584

Zagreb, srpanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 4. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Tehnička logistika**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6766

Pristupnik: **Iris Belančić (0195033584)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila**

Opis zadatka:

Navesti o objasniti pokazatelje pouzdanosti tehničkih sredstava. Objasniti funkcioniranje sustava održavanja, te prikazati koncepcije i modele održavanja. Napraviti analizu modela održavanja voznog parka teretnih vozila na primjeru prijevozničkog poduzeća.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

SAŽETAK

Životni vijek tehničkog sredstva započinje onog trenutka kada se ulože materijalna sredstva s ciljem njegove realizacije, a završava onda kada se vozilo izdvoji iz procesa eksploatacije (dekomisija). Sastavni dio životnog vijeka vozila je upravo održavanje kojim se funkcionalna obilježja tehničkog sredstva čuvaju, obnavljaju i vraćaju nakon pojave otkaza, ovisno o njegovim potrebama. Ono se provodi kako bi se očuvala radna sposobnost vozila. U ovom radu navedeni su pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava, samo funkcioniranje sustava održavanja te modeli održavanja preventivnog i korektivnog održavanja. Analiza održavanja voznog parka teretnih vozila data je na primjeru poduzeća Tapess d.o.o.

Ključne riječi: životni vijek; radna sposobnost; modeli održavanja; pouzdanost

SUMMARY

The life of a technical asset begins at the moment when material resources are invested with the aim of its realization and ends when the vehicle is separated from the exploitation process (decommissioning). Maintenance is an integral element of the life of a vehicle which preserves, restores, and restores the functional features of a technical device after failure, depending on its needs. It is carried out in order to preserve the working capacity of the vehicle. The indicators of the reliability of technical means are listed here, also with the functioning of the maintenance system and the maintenance models of preventive and corrective maintenance. The analysis of the maintenance of the truck fleet is given on the example of the company Tapess d.o.o

Keywords: lifetime; working ability; models of maintenance; reliability

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava	3
2.1. Definicija pouzdanosti	3
2.2. Funkcija pouzdanosti i nepouzdanosti	4
2.3. Funkcija gustoće otkaza	5
2.4. Funkcija intenziteta otkaza	6
3. Sustav održavanja tehničkih sredstava	9
3.1. Efektivnost	9
3.2. Pogodnost za održavanje	10
3.3. Pouzdanost	12
4. Modeli održavanja voznog parka	14
4.1. Modeli preventivnog održavanja	14
4.1.1. Model periodičnosti	14
4.1.2. Model pravodobnosti	14
4.1.3. Model adaptivnosti	15
4.2. Modeli korektivnog održavanja	15
4.2.1. Model zamjene sredstava	15
4.2.2. Model zamjene sklopa	15
4.2.3. Model zamjene komponente	15
5. Analiza održavanja voznog parka teretnih vozila poduzeća Tapess d.o.o.	17
6. Zaključak	21
Literatura	22

1. Uvod

Održavanje je skup aktivnosti kojima je u cilju očuvati radnu sposobnost tehničkog sredstva (sustava), ili vratiti u stanje u kojem obavlja svoju funkciju namjene. Tehničko sredstvo, tijekom svog životnog vijeka, prelazi u različita stanja koje ovisi o faktorima kao što su eksploatacija i aktivnosti održavanja. Obzirom na navedeno, tehničko sredstvo može prelaziti iz ispravnog stanja u neispravno nebrojeno puta. Degradacija parametara vremenom dovodi do postupnog otkaza komponenti, a uzroci mogu biti korozija, starenje, habanje, zamor i još mnogo drugih akcija. Degradaciju parametara možemo spriječiti konzervacijom. U nekim slučajevima niti preventivne akcije nisu dovoljne da tehničko sredstvo prijeđe iz ispravnog stanja u neispravno.

Dvije osnovne koncepcije održavanja su preventivno (preventivne akcije održavanja koje se izvode prije pojave otkaza) i korektivno (popravak sustava nakon otkaza) održavanje. Postoje i suvremene koncepcije održavanja, a neke od njih su: CBM (Condition Based Maintenance – održavanje prema stvarnom stanju tehničkog sredstva), RACM (Root Cause Analysis Maintenance – održavanje temeljem analize glavnog uzroka), RCM (Reliability Centered Maintenance – održavanje usmjereno na pouzdanost tehničkog sredstva).

Pojam vozni park ukazuje na skupinu svih transportnih sredstava koje koristi neki poslovni subjekt. U vozni park ubrajaju se automobili, autobusi, teretna vozila, ali i bicikli, mopedi, romobili (koji su u zadnje vrijeme postali najisplativije prijevozno sredstvo) i mnogi drugi. Upravljanje voznim parkom je jedan složeni skup aktivnosti koji se sastoji od financiranja i zakupa vozila, održavanja voznog parka, praćenja i dijagnostike, upravljanja brzinom, ali i brige o zdravlju vozača i sigurnost svih koji sudjeluju u tom procesu. Ovim aktivnostima može se baviti unutrašnji odjel za upravljanje voznim parkom ili vanjski davatelj usluga (outsourcing) upravljanja voznim parkom.

Ovaj rad, pod nazivom Modeli održavanja voznog parka teretnih vozila, podijeljen je na sljedeće cjeline:

1. Uvod

Uvod sadrži suštinsko objašnjenje pojma održavanja, njegovu podjelu na dvije osnovne koncepcije održavanja te koji su to procesi tokom životnog vijeka tehničkog sredstva koji mogu dovesti do njegovog otkaza. Obraden je i pojam voznog parka te nekoliko informacija o upravljanju istog.

2. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava

Ovo poglavlje govori općenito o pouzdanosti te o njezina 4 sastavna elementa. Sadržava također i pokazatelje pouzdanosti: funkcije pouzdanosti, nepouzdanosti, gustoće i intenziteta otkaza. Na samom kraju dana je tablica u kojoj su prikazane funkcijske veze između pokazatelja pouzdanosti.

3. Sustav održavanja tehničkih sredstava

U 3. poglavlju objašnjeno je što je to sustav održavanja, ali i pojam samog održavanja. Izdvojena su 3 parametra koja utječu na održavanje tehničkog sredstva. To su efektivnost, pogodnost za održavanje i pouzdanost.

4. Modeli održavanja voznog parka

Ovo poglavlje govori o modelima održavanja voznog parka koji se dijele na modele korektivnog i modele preventivnog održavanja. Oboje imaju podjelu od 3 modela kojima se pokušavaju smanjiti otkazi tehničkih sredstava, odnosno napraviti korekciju sredstava ukoliko je do otkaza došlo.

5. Analiza održavanja voznog parka teretnih vozila poduzeća Tapess d.o.o.

Analizom poduzeća Tapess d.o.o., kroz opisivanje voznog parka, dolazi se do podataka o intenzitetu otkaza i o vremenu rada do otkaza kroz petogodišnje vođenje evidencija o održavanju vozila.

6. Zaključak

Zaključak je sažetak svega napisanog u radu kroz vlastita razmišljanja.

2. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sredstava

2.1. Definicija pouzdanosti

Postoje mnoge definicije pojma pouzdanosti. U nastavku su izdvojene dvije koje su prihvaćene po svjetsko-međunarodnim standardima. Prva, prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (ISO), glasi: „Pouzdanost je sposobnost objekta da obavi traženu funkciju pod danim okolnostima i operativnim uvjetima u određenom vremenskom periodu.“ (ISO 8402), a druga: „Vremensko trajanje ili vjerojatnost rada bez kvara pod utvrđenim okolnostima.“ (MIL-STD – vojni standard Ministarstva obrane SAD-a).

Općenito, može se reći da je pouzdanost vjerojatnost na određenoj razini povjerenja, da će sustav uspješno izvršiti svoju funkciju namjene, bez otkaza, u okviru granica dozvoljenih odstupanja i to u zadanom vijeku trajanja i zadanim radnim uvjetima. [1] Prema toj definiciji, razlikuju se četiri osnovna elementa pouzdanosti, a to su:

1. razina povjerenja – vjerojatnost da je stvarna vrijednost nekog parametra unutar granica dozvoljenog intervala,
2. funkcija namjene – uz vrijeme rada uključuje i definiciju otkaza koji mogu biti katastrofalni (iznenadni), povremeni (javljaju se s vremena na vrijeme i sami nestanu) i promjenjivi (sustav u jednom trenutku radi ispod, a u drugom iznad granica dozvoljenih odstupanja),
3. zadani vijek trajanja – vremenski period za koji se traži obavljanje funkcije namjene i obrnuto je proporcionalan pouzdanosti, a to znači da ukoliko je taj period kraći, zadržava se visoka pouzdanost,
4. zadani radni uvjeti – uvjeti za koje je sustav izrađen i projektiran. Ukoliko je sustav izložen drugačijim uvjetima od propisanih, vijek trajanja mu se smanjuje, a intenzitet otkaza povećava. [2]

2.2. Funkcija pouzdanosti i nepouzdanosti

Prema svemu dosad navedenome, pouzdanost se matematički može izraziti kao vjerojatnost $R(t)$ da će vrijeme bez otkaznog rada T biti veće od određenog vremena t , kako je dano izrazom (1), odnosno izrazom (2):

$$R(t) = P(T > t) \quad (1)$$

odnosno

$$R(t) = \frac{n-N(t)}{n} = 1 - \frac{N(t)}{n} = \frac{n(t)}{n} \quad (2)$$

gdje je:

n - broj stanja „u radu“

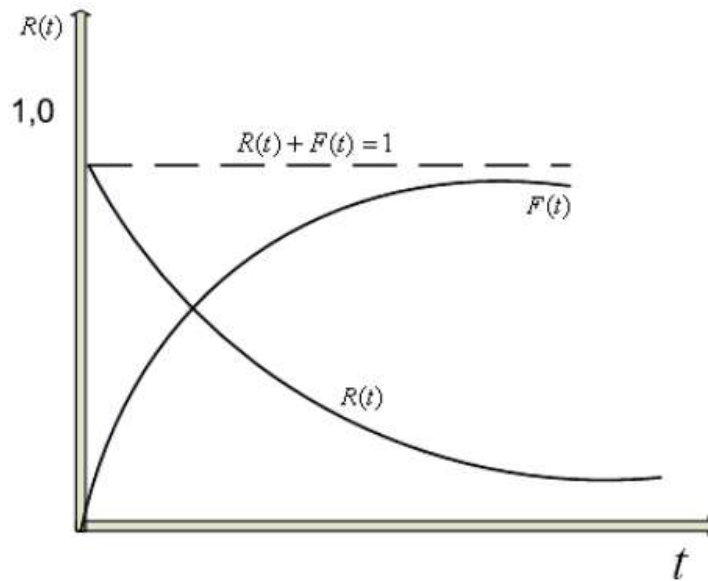
$N(t)$ - ukupan broj stanja „u otkazu“

$n(t)$ - ukupan broj stanja „u radu“ do trenutka t

Funkcija koja je komplementarna funkciji pouzdanosti jest funkcija nepouzdanosti ili vjerojatnost otkaza sredstva. U svakom trenutku vrijedi da je zbroj pouzdanosti i nepouzdanosti jednako broju jedan, tj. prema izrazu (3) slijedi:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (3)$$

Odnos ovih dviju funkcija može se prikazati grafički na način kako je prikazano na Slici 1.:



Slika 1. Odnos između funkcije pouzdanosti i funkcije nepouzdanosti

Izvor: [2]

2.3. Funkcija gustoće otkaza

Funkcija gustoće otkaza zapravo je funkcija gustoće vjerojatnosti bez otkaznog rada do prvog otkaza, a dana je izrazom (4):

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}. \quad (4)$$

No, funkcija gustoće otkaza može se dobiti i na sljedeći način kao što je dano izrazom (5):

$$f(t) = \frac{N(\Delta t)}{n \cdot \Delta t}, \quad (5)$$

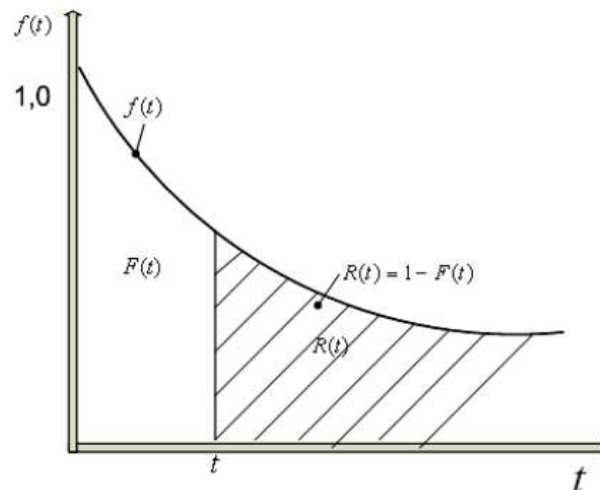
gdje je:

$N(\Delta t)$ – broj otkaznih elemenata u intervalu Δt u okolini vremena t ,

n – broj promatranih trenutaka kod $t=0$,

Δt – trajanje vremenskog intervala

Na Slici 2. nalazi se odnos funkcije pouzdanosti, nepouzdanosti te funkcije gustoće otkaza s eksponencijalnom distribucijom.



Slika 2. Odnos funkcije pouzdanosti, nepouzdanosti i gustoće otkaza

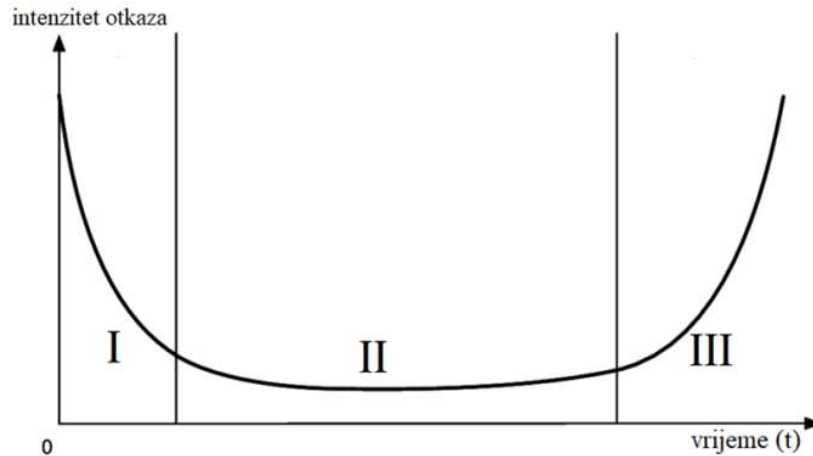
Izvor: [2]

2.4. Funkcija intenziteta otkaza

Funkciju gustoće vjerojatnosti otkaza elementa u trenutku t ukoliko već nije došlo do otkaza, a koja predstavlja odnos između funkcije gustoće otkaza $f(t)$ i funkcije pouzdanosti $R(t)$, nazivamo funkcijom intenziteta otkaza. Ona je dana izrazom (6).

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{dF(t)}{dt}}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt} \quad (6)$$

Tokom životnog vijeka (eksploatacije), funkcija intenziteta otkaza ima sličan oblik za veliki broj različitih sredstava, odnosno elemenata. Taj oblik izgleda kao kada pa se naziva još i „funkcija kade“, a ona je prikazana na Slici 3.



Slika 3. „Funkcija kade“

Izvor: [2]

Graf funkcije intenziteta otkaza („funkcija kade“) podijeljena je na tri razdoblja odnosno perioda života.

I. razdoblje

- otkazi se pojavljuju odmah nakon puštanja sustava u rad i zbog toga se to razdoblje naziva i razdoblje uhadavanja ili „dječjih bolesti“
- uzroci otkaza su posljedica greški u proizvodnji, nedovoljne kontrole kvalitete u proizvodnji, nekvalitetne izrade komponenti i brojni drugi
- proizvođači daju garanciju o besplatnom otklanjanju otkaza za proizvode pa se ovaj period naziva i garantni rok proizvoda

II. razdoblje

- javljaju se slučajni otkazi kojima je teško utvrditi izvor, a gotovo ih je nemoguće izbjeći
- teško ih je razlikovati od početnih otkaza jer se javljaju i u periodu uhadavanja
- ovakvi otkazi se događaju zbog grešaka u proizvodnji, nepravilnog održavanja, nepravilne eksploatacije itd.

III. razdoblje

- otkazi zbog istrošenosti ili starosti nastali pojavom korozije, uslijed zamora materijala i općenito zbog raznih procesa izazvanih starenjem
- ispravnim, preventivnim održavanjem otkazi zbog istrošenosti mogu se u potpunosti eliminirati [3]

Slika 4. prikazuje funkcijske veze između pokazatelja pouzdanosti ($R(t)$, $F(t)$, $f(t)$ i $\lambda(t)$).

Funkcija	$R(t)$	$F(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$R(t)$	-	$1-R(t)$	$-\frac{dR(t)}{dt}$	$-\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt}$
$F(t)$	$1-F(t)$	-	$\frac{dF(t)}{dt}$	$\frac{1}{1-F(t)} \cdot \frac{dF(t)}{dt}$
$f(t)$	$\int_t^{\infty} f(t)dt$	$\int_0^t f(t)dt$	-	$\frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t)dt}$
$\lambda(t)$	$e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	$1-e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	$\lambda(t) \cdot e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	-

Slika 4. Tablica funkcijskih veza između pokazatelja pouzdanosti

Izvor: [2]

3. Sustav održavanja tehničkih sredstava

Sustav održavanja je složeni skup organizacijskih jedinica koje u cilju imaju održavanje tehničkih sredstava. Ono može biti osnovna djelatnost kao što je npr. automehaničarski obrt ili može biti podrška obavljanju osnovne djelatnosti (prodaja vozila). [1]

Održavanje vozila, bilo teretnih ili osobnih, skup je akcija koje se provode kako bi se očuvala radna sposobnost vozila. Glavni cilj održavanja je postići što veću raspoloživost tehničkog sredstva i to uz što niže moguće troškove održavanja. Efektivnost, pogodnost za održavanje i pouzdanost su parametri koji utječu na održavanje tehničkog sredstva.

3.1. Efektivnost

Efektivnost tehničkog sredstva je karakteristika vjerojatnosti da će tehničko sredstvo uspješno obavljati svoju funkciju namjene unutar predviđenog vremena i u zadanim radnim uvjetima. Efektivnost sustava može se podijeliti na tri skupine elemenata:

1. a) raspoloživost – mjera stanja sustava na početku rada
b) funkcionalnost – mjera stanja sustava prilikom obavljanja funkcije namjene
c) sposobnost – mjera mogućnosti obavljanja funkcije namjene
2. a) karakteristike sustava
b) raspoloživost sustava
c) korisnost sustava
3. a) raspoloživost – mjera stanja sustava na početku rada
b) pouzdanost – vjerojatnost da će sustav uspješno obavljati funkciju namjene u granicama dopuštenih oscilacija. [4]

Efektivnost se može definirati izrazom (7):

$$E(t) = A(t) \cdot R(t) \cdot FP(t), \quad (7)$$

gdje je:

$A(t)$ – raspoloživost,

$R(t)$ – pouzdanost,

$FP(t)$ – funkcionalna pogodnost.

Dobiven rezultat mora biti u intervalu od 0 do 1, odnosno od 0% do 100%.

3.2. Pogodnost za održavanje

Pogodnost za održavanje je vjerojatnost da će se potrebne aktivnosti održavanja obaviti u zadanom vremenu, pod zadanim uvjetima rada. Mjeri se:

- prosječnim vremenom utrošenim na održavanje,
- pogodnošću potpore: ustrojava se nova potpora ili se novo sredstvo uklapa u postojeći sustav održavanja,
- troškovima održavanja. [3]

Pokazatelji pogodnosti za održavanje dijele se na kvantitativne i kvalitativne. Kvantitativni pokazatelji mogu se iskazati mjerenjem, numerički, procjenom ili izračunavanjem, a u njih se ubrajaju:

1. srednje aktivno vrijeme korektivnog održavanja Mct (Mean Corrective Maintenance Time), izraz (8):

$$Mct = \frac{1}{n} \sum Mct_i [h] \quad (8)$$

gdje je:

Mct_i – aktivno vrijeme korektivnog održavanja i -te aktivnosti

n – broj korektivnih održavanja u zadanom vremenu

2. srednje aktivno vrijeme preventivnog održavanja Mpt (Mean Preventive Maintenance Time), izraz (9):

$$Mpt = \frac{\sum_{i=1}^n fpt_i \cdot Mpt_i}{\sum_{i=1}^n fpt_i} [h] \quad (9)$$

gdje je:

fpt_i – frekvencija aktivnosti preventivnog održavanja komponente i

Mpt_i – aktivno vrijeme preventivnog održavanja u slučaju

3. srednje aktivno vrijeme održavanja M (Mean Active Maintenance Time), izraz (10):

$$M = \frac{\lambda \cdot Mct + f \cdot Mpt}{\lambda + fpt} [h], \quad (10)$$

dok se intenzitet otkaza dobiva izrazom (11):

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (11)$$

a frekvencija aktivnosti preventivnog održavanja izrazom (12):

$$fpt = \sum_{i=1}^n fpt_i; \quad (12)$$

gdje je:

fpt – zbroj frekvencija aktivnosti preventivnog održavanja

λ – zbroj intenziteta otkaza

Mct – srednje aktivno vrijeme korektivnog održavanja

Mpt – srednje aktivno vrijeme preventivnog održavanja

n – broj komponenti tehničkog sredstva.

Kvalitativni pokazatelji pogodnosti za održavanje ne mogu se izraziti numerički poput kvantitativnih i zato se izražavaju opisno, a provjeravaju ocjenjivanjem. U njih se ubrajaju:

1. koeficijent dostupnosti (K_d) – omjer vremena trajanja dopunskih aktivnosti pristupanja nekoj komponenti i ukupnog vremena trajanja održavanja,
2. koeficijent montaže/demontaže (K_m) – odstupanje od propisanog vremena montaže/demontaže,
3. koeficijent zamjenjivosti (K_z) – omjer broja međusobno zamjenjivih komponenti i ukupnog broja komponenti,

4. koeficijent unifikacije (K_u) – omjer broja unificiranih komponenti i ukupnog broja komponenti.

3.3. Pouzdanost

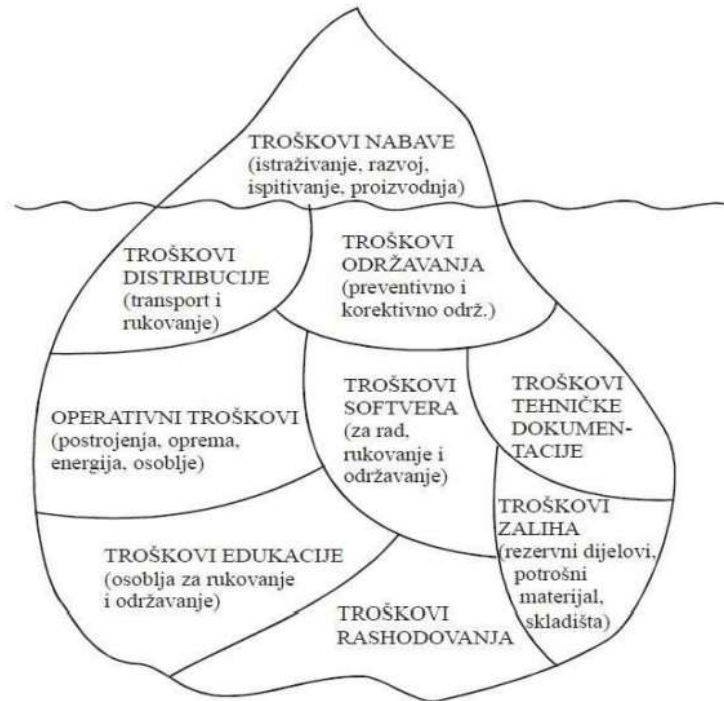
Pouzdanost je jedno od osnovnih svojstava tehničkih sustava koji su usko povezani i utjecajni na sustav održavanja, a njezina osnovna definicija govori da je pouzdanost sposobnost tehničkog sredstva/sustava da obavlja svoju funkciju namjene pod utvrđenim uvjetima i u zadanom vremenu. [5] Ne postoji niti jedan tehnički sustav koji je apsolutno pouzdan tj. da ne bi mogao otkazati. Pokazatelji pouzdanosti određuju se temeljem pouzdanosti sastavnih elemenata tehničkog sredstva i konfiguracije sustava. Obzirom na konfiguraciju sustava, primjenjuju se tri osnovna načina povezivanja:

1. serijska veza,
2. paralelna veza,
3. kombinirana veza (serijsko-paralelna ili paralelno-serijska).

S druge strane, zavisnost sustava, uzimajući u obzir vremensku dimenziju, može se podijeliti na :

1. nezavisni sustav – pouzdanost se ne mijenja s vremenom ,
2. vremenski zavisni sustav – pouzdanost je promjenjiva obzirom na promjenjivost vremena.

Gledajući s ekonomskog aspekta, troškovi su jedan od najbitnijih faktora tehničkog sredstva tijekom njegovog cijelog životnog vijeka. Dije se na vidljive troškove (troškovi nabave) i na nevidljive troškove (troškovi distribucije, održavanja, rashodovanja, operativni troškovi itd.). Grafički prikaz troškova nalazi se na Slici 5.



Slika 5. Troškovi životnog vijeka sustava

Izvor: [6]

Troškovi se mogu podijeliti i na troškove s aspekta proizvođača i na troškove s aspekta kupca. Troškovi za proizvođača sustava sastoje se od troškova prije isporuke (troškovi nabave materijala, razvoja i istraživanja, opreme i alata, administracije i isporuke itd.) i troškova nakon isporuke proizvoda (troškovi ugradnje, puštanja u rad, transporta, zamjena u garantnom roku). Kupac, osim troška nabave, ima i ostale troškove koji opadaju s povećanjem pouzdanosti, a u njih se ubrajaju troškovi: održavanja, rezervnih dijelova, rada proizvoda itd. Zaključno rečeno, što je veća pouzdanost proizvoda, troškovi su veći za proizvođača, ali manji za kupca.

4. Modeli održavanja voznog parka

Održavanje voznog parka je vrlo složen sustav očuvanja radne sposobnosti vozila koji je u današnje vrijeme olakšan raznim tehnološkim dostignućima. Sustavi za praćenje vozila pružaju mnogobrojne podatke o statusu vozila koji se tiču GPS položaja vozila, dijagnostike motora i ponašanja u vožnji. Naravno, postoje i drugi podaci izvan sustava praćenja vozila koji bitno utječu na performanse voznog parka. Neki od njih su: podaci o lancu opskrbe, dozvole za putovanje, podaci o transakcijama s gorivom, podaci o popravcima.

Modeli održavanja dijele se u dvije osnovne skupine:

1. modeli preventivnog održavanja – održavanje se izvodi prije pojave otkaza,
2. modeli korektivnog održavanja – održavanje se izvodi nakon pojave otkaza.

4.1. Modeli preventivnog održavanja

4.1.1. Model periodičnosti

Kod modela periodičnosti, postupci održavanja odvijaju se na temelju unaprijed određenog perioda tj. odvijaju se neposredno prije pojave otkaza. Kako bi se takav model mogao primjenjivati na neko tehničko sredstvo, ono bi trebalo imati približno konstantan intenzitet otkaza ($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 \approx \lambda$). Ukoliko u nekom trenutku dođe do otkaza, potrebno je provesti aktivnosti korektivnog održavanja.

4.1.2. Model pravodobnosti

Model pravodobnosti se primjenjuje kod tehničkih sredstava koja imaju nepravilan intenzitet otkaza komponenti ($\lambda_1 \neq \lambda_2 \neq \lambda_3 \neq \lambda$). Preventivno održavanje je ovdje opravdano i preporučljivo. Ekonomski je isplativije izvršiti zamjenu više sastavnih elemenata odjednom nego obavljati pojedinačne zamjene komponenti. Održavanje se obavlja češće nego kod modela periodičnosti.

4.1.3. Model adaptivnosti

Ovaj model primjenjuje se kod tehničkih sredstava koja su prilagođena primjeni dijagnostičke opreme i koja se tek uvode u eksploataciju. Njihovi podaci nisu unaprijed poznati, već se prikupljaju tijekom eksploatacije. Model adaptivnosti nije optimalan i koristi se samo dok se ne skupe potrebni podaci za provođenje modela periodičnosti ili modela pravodobnosti. Ovakav se model naziva još i održavanje prema stanju jer se akcije održavanja odvijaju prema stvarnom stanju tehničkog sredstva. [7]

4.2. Modeli korektivnog održavanja

4.2.1. Model zamjene sredstva

Kod tehničkih sredstava koji imaju veliku gustoću komponenti ili malu pogodnost za održavanje, primjenjuje se model zamjene sredstva. On ne zahtjeva posebno visoku razinu stručne osposobljenosti osoblja niti složenu opremu za zamjenu tehničkog sredstva, ali potrebno je u pričuvi imati određeni broj sredstava kako bi se zamjena izvršila.

4.2.2. Model zamjene sklopa

Model zamjene sklopa se obavlja na način da se zamjene određeni dijelovi komponenti tehničkog sredstva. Zamjena se odvija relativno brzo, brže od vremena potrebnog za popravak istih dijelova komponenti. Ovaj način zahtjeva odgovarajuću stručnu osposobljenost osoblja, a sama zamjena je jeftinija od popravka.

4.2.3. Model zamjene komponente

Za ovaj model, osposobljenost osoblja mora biti na visokoj razini jer se mijenjaju pojedine komponente složenih tehničkih sredstava. Naravno, takva aktivnost održavanja duže i traje pa je raspoloživost tehničkog sredstva bitno smanjena.

Spomenuti modeli, u praksi se primjenjuju pojedinačno, ali i u kombinaciji, no njihov zajednički cilj jest:

- smanjiti troškove tokom životnog vijeka tehničkog sredstva,
- povezati pouzdanost i održavanje
- preventivno uočiti fatalne otkaze,
- pronaći i otkloniti razne uzroke kvarova,
- uskladiti procese eksploatacije i održavanja. [1]

5. Analiza održavanja voznog parka teretnih vozila poduzeća Tapess d.o.o.

Tapess d.o.o. je tvrtka koja uvozi i distribuira higijenske potrepštine diljem Hrvatske. Jedan su od članova DHYS grupe, jednog od vodećih međunarodnih gospodarskih udruženja za profesionalnu higijenu. Njihovo sjedište nalazi se u Kastvu kod Rijeke, a imaju poslovnice u Zagrebu i Šibeniku. Njihov vozni park sastoji se od raznih modela vozila, što teretnih što osobnih, a to su: Peugeot, Renault, Citroen, Fiat, Volkswagen, Audi, Volvo i drugi. Starost vozila je u prosjeku 5 godina. Najstarije vozilo je u prometu od 2009. godine dok je najnovije tek par mjeseci staro. Nemaju vlastiti auto servis već imaju sklopljen ugovor s automehaničarskom radionicom Auto Stella koja se nalazi u Viškovu za sva vozila koja nisu pod garancijom, a vozila koja su vlasništvo leasing kuće ili su pod garancijom, servis obavljaju u ovlaštenim servisima proizvođača.

Svaki korisnik vozila obavezan je voditi tablicu koja je sačinjena od podataka o tekućoj godini i mjesecu, stanju prijeđenih kilometara tokom mjeseca, količini potrošenog goriva na mjesečnoj bazi, cijeni goriva, prosjek potrošnje i ukupno prijeđeni kilometri vozila. Trenutni korisnik vozila je dužan javiti eventualne poteškoće s vozilom kako bi se one adekvatno zbrinule prije negoli dođe do većeg kvara na vozilu. Servis vozila se obavlja periodično, nakon određenog broja kilometara, a ukoliko je potrebno, izvrši se i prije. Kod nekih vozila je to svakih 20000 prijeđenih kilometara, a kod nekih 50000 prijeđenih kilometara. Sve ovisi o cjelokupnom stanju vozila.

Dobiveni su podaci o održavanju vozila od 2017. do 2021. godine. Vozila, godišnje, u prosjeku rade 250 dana po maksimalno 8 sati dnevno. Kako bi se izračunala pouzdanost voznog parka, prvo je potrebno odrediti širinu vremenskog intervala koja se računa prema izrazu (13):

$$\Delta t = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3,3 \log(n)}, \quad (13)$$

gdje je:

t_{min} – vrijeme pojave prvog zastoja; $t=0$ u većini slučajeva radi početka mjerenja

t_{max} – vrijeme pojave posljednjeg zastoja

Vrijednost t_{max} se dobije na način da se pomnoži broj radnih dana u godini s maksimalnim radnim vremenom korisnika vozila. Prema tome, izrazom (14) se dobiva vrijednost t_{max} :

$$t_{max}=250*8=2000 \text{ sati} \quad (14)$$

Nadalje, uvrštavanjem t_{max} , t_{min} (početna vrijednost mjerenja je 0) i n (ukupno je 25 teretnih vozila) u jednadžbu (15) za širinu intervala, dobije se sljedeća vrijednost:

$$\Delta t = \frac{200}{1+3,3\log(25)}=356,3 \text{ sati} \quad (15)$$

Također, iz dobivenih podataka o održavanju vozila uočeno je 157 otkaza u 2017. godini, 208 otkaza u 2018. godini, 195 u 2019. godini, 213 u 2020. godini te 235 otkaza u 2021. godini. Na temelju tih podataka, izračunato je vrijeme rada do otkaza tj. MTBF (Mean Time Between Failure) izrazom (16) te intenzitet otkaza, $\lambda(t)$ izrazom (17), za svaku pojedinačnu godinu za koju su dobiveni podaci.

$$MTBF = \frac{T}{n}, \quad (16)$$

gdje je:

T – ukupno vrijeme u radu

n – broj otkaza

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (17)$$

U nastavku je izračunato vrijeme rada do otkaza (MTBF) u pojedinoj godini za koju su dobiveni podaci o broju otkaza.

$$MTBF_{(2017)} = \frac{2000}{157} = 12,74 \text{ h}$$

$$MTBF_{(2018)} = \frac{2000}{208} = 9,62 \text{ h}$$

$$MTBF_{(2019)} = \frac{2000}{195} = 10,26 \text{ h}$$

$$MTBF_{(2020)} = \frac{2000}{213} = 9,39 \text{ h}$$

$$MTBF_{(2021)} = \frac{2000}{235} = 8,51 \text{ h}$$

Slijede izračuni za intenzitet otkaza čije vrijednosti su bitne kako bi se vidjela promjena intenziteta otkaza tijekom životnog vijeka sustava.

$$\lambda = \frac{1}{12,74} = 0,07849 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{9,62} = 0,10395 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{10,26} = 0,09747 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{9,39} = 0,10649 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{8,51} = 0,11751 \text{ h}^{-1}$$

Dobivene vrijednosti ukazuju da intenzitet otkaza te vrijeme do otkaza uvelike ovise o starosti voznog parka. Stariji vozni park rezultira većim brojem otkaza, a samim time i povećanjem intenziteta otkaza i smanjenjem vremena do otkaza. Uočeno je da izračunate

vrijednosti intenziteta otkaza i vremena do otkaza variraju tokom godina zbog brojnih čimbenika, a jedan od njih je upravo pomlađivanje odnosno starenje voznog parka.

6. Zaključak

Pouzdanost je u današnje vrijeme vrlo bitna, ako ne i najbitnija stavka kod svakog kupljenog proizvoda. Što je veća pouzdanost, to su manji troškovi u budućnosti za kupca. Pretpostavka je da se sve više proizvoda radi na način da otkáže nakon isteka garantnog roka i to sve u cilju da ljudi sve više troše i kupuju one stvari koje su mogle trajati i godinama nakon isteka spomenutog roka.

Upravo zbog toga, tvrtka Tapess, kao i mnoge druge, je primorana mijenjati vozila svakom godinom sve ranije i ranije jer pouzdanost vozila opada s godinama, a njihovo održavanje bi bilo neisplativo. Često pomlađivanje voznog parka iziskuje veće troškove, ali to je jednostavno nužno kako bi svoje proizvode adekvatno distribuirali diljem zemlje i ostali konkurentni na tržištu.

U današnje vrijeme, primjenom dijagnostičke opreme, olakšan je pronalazak lokacije kvara kao i primjena najboljeg modela održavanja tehničkog sredstva. Naravno, postoje i tehnička sredstva koja nisu prilagođena upotrebi dijagnostičke opreme i tada se održavanje odvija po nekom utvrđenom periodu.

Kako bi održavanje bilo jednostavnije, brže i ekonomski isplativije, bilo bi poželjno da svaka tvrtka, koja posjeduje vlastiti vozni park, ima i vlastitu automehaničarsku radionicu. Na taj način, servisi i popravci vozila bi se obavljali brže, a samim time i vozila bi kraće bila u zastoju i nemogućnosti obavljanja svoje funkcije namjene. Iako bi to bila veća investicija, dugoročno bi se svakako isplatila.

Literatura

- [1] Stanković R.: Nastavni materijali iz kolegija Tehnička logistika. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2022.
- [2] Mavrin I., Budimir D. Tehnička logistika, Nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, 2013.
- [3] Bazijanac E, Galović B. *Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2002.
- [4] https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS_4.pdf
[Pristupljeno: 26. srpnja 2022.]
- [5] D.T.O'Connor P. *Practical Reliability Engineering*. 3. izd. Chichester: John Wiley & Sons; 2001.
- [6] Belak S, Čičin-Šain D. *Terotehnologija*, Šibenik: Visoka škola za turistički menadžment; 2005.
- [7] Jurić I.: Nastavni materijali iz kolegija Održavanje cestovnih vozila. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ZAVRŠNI RAD
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom MODELI ODRŽAVANJA VOZNOG PARKA TERETNIH VOZILA, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 05.09.2022.

MIS BELANIĆ, MB
(ime i prezime, potpis)