

# Održavanje i moguća poboljšanja tehničkih sustava u funkciji smanjenja troškova eksploatacije

---

**Petrinović, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:439205>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-12**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU**

Ivan Petrinović

Sveučilišni diplomski studij (Mehanizacija)

**ODRŽAVANJA I MOGUĆA POBOLJŠANJA TEHNIČKIH SUSTAVA U  
FUNKCIJI SMANJENJA TROŠKOVA EKSPLOATACIJE**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU**

Ivan Petrinović

Sveučilišni diplomski studij (Mehanizacija)

**ODRŽAVANJA I MOGUĆA POBOLJŠANJA TEHNIČKIH SUSTAVA U  
FUNKCIJI SMANJENJA TROŠKOVA EKSPLOATACIJE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof.dr.sc. Pavo Baličević, predsjednik
2. Doc. dr.sc. Drago Kraljević, mentor
3. Prof.dr.sc. Luka Šumanovac, član

Osijek, 2020.

## SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
3. MATERIJALI I METODE .....	5
4. TEHNIČKI SUSTAVI .....	6
4.1. Razvoj tehničkih sustava .....	10
4.2 Održavanje tehničkih sustava .....	12
4.2.1 Redovna tehnička održavanja traktora .....	17
4.3 Efektivnost tehničkih sustava .....	19
4.3.1 Osnovne veličine efektivnosti .....	22
4.3.2 Postupci ostvarivanja efektivnosti sustava .....	24
4.4 Pouzdanost tehničkih sustava .....	25
4.4.1 Pouzdanost elemenata tehničkog sustava .....	28
5. DEFINICIJA KVARA, PROCJENA I PONAŠANJE .....	29
6. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA .....	32
6.1. Metode i sredstva tehničke dijagnostike .....	34
6.2. Tehnička mjerenja u dijagnostici .....	35
6.3. Određivanje granice kvara i pogodnost kontrole .....	36
6.3.1 Ekspertni sustavi TechMate i RCM – Turbo .....	38
6.4. Vibrodijagnostika kod tehničkih sustava .....	39
6.5. Subjektivni i objektivni postupci dijagnostike .....	40
7. PRIMJERI MJERENJA SPECIFIČNE POTROŠNJE GORIVA S I BEZ UPORABE MAGNETA .....	43
8. RASPRAVA .....	46
9. ZAKLJUČAK .....	48
10. POPIS LITERATURE .....	49
11. SAŽETAK .....	50

12.	SUMMARY .....	51
13.	POPIS TABLICA .....	52
14.	POPIS SLIKA .....	53
15.	POPIS GRAFIKONA.....	54

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

## 1. UVOD

Pod pojmom tehnički sustav se podrazumijevaju sva postrojenja koja su sastavljena od više dijelova koji čine jednu radnu cjelinu. Unutar toga sustava svaki dio obavlja zadatak za koji je predviđen, a dijelovi međusobno djeluju jedan na drugog što kao rezultat ima pravilno funkcioniranje jednog tehničkog sustava.

Tehnički sustavi nastaju te se razvijaju prema potrebama čovjeka i nastaju njegovim djelovanjem, a u njih se ubrajaju svi alati, roboti, automobili i mnoge slične te suvremenije cjeline koje neprestano prate razvoj tehnologije.

Vrlo važna karakteristika tehničkog sustava je životni vijek, jer o njemu ovisi kvaliteta funkcioniranja pojedinih dijelova te nastanak kvarova. Industrijskim napretkom i razvojem tehnologije uvijek se teži poboljšanjima tehničkih sustava i otkrivanjem novijih metoda održavanja sustava.

Pri odabiru odgovarajućeg tehničkog sustava, ovisno o tome o kakvoj je vrsti posla riječ, potrebno je poznavati njegove početne karakteristike i potom formirati specifikaciju.

Kako bi tehnički sustav kvalitetno obavljao traženi rad njegove dijelove je potrebno tijekom vremena održavati što znači neprestanu kontrolu svih sredstava za rad te obavljanje potrebnih popravaka s ciljem dobrog funkcioniranja tehničkog sustava i dobrim očuvanjem proizvodne opreme unutar neke tvrtke ili manjeg gospodarstva.

Održavanje je vrlo odgovoran dio posla kod tehničkih sustava zbog toga što se tehnologija brzo razvija i modernizira što od radnika zahtjeva uvođenje novijih i modernijih metoda održavanja.

Kod održavanja tehničkog sustava velika važnost se odnosi na pouzdanost, što znači da prilikom njegova projektiranja veliku pozornost treba obratiti na pouzdanost jer se putem pouzdanosti određuje kvaliteta sustava, a pouzdanošću pojedinog elementa sustava kvaliteta toga elementa.

Dva su stanja u kojima tehnički sustav može biti, stanje u kvaru i ispravno stanje. Primarni cilj je, ako je sustav u kvaru, dovesti ga što prije u ispravno stanje kako bi se moglo nastaviti s radom. Kako bi se spriječila pojava velikih kvarova potrebno je poznavati trenutno stanje sustava s velikom točnošću u pravo vrijeme.

## 2. PREGLED LITERATURE

Održavanje tehničkih sustava na početku razvoja industrije je bilo zanemareno, osobito radi toga što i sama proizvodnja nije bila optimalna pa su sve radnje koje su se vezale uz proizvodnju bile izrazito niskog stupnja razvijenosti. Misao o održavanju tehničkih sustava se pojavljuje kod projekatata tek razvojem složenijih tehničkih sustava. Najveći problem koji se pojavljivao je odvojeno promatranje aktivnosti koje su pratile proizvodnju i aktivnosti koje se odnose na održavanje tehničkih sustava te je bilo potrebno povezati te aktivnosti.

Tek nakon drugog svjetskog rata dolazi do ozbiljnijeg shvaćanja tehničkih sustava i njegovog održavanja, zahvaljujući primjerima iz SAD-a. Dolazi do proučavanja samih odnosa između ljudi i elemenata proizvodnje. Tijekom toga proučavanja dolazi do spoznaje da nije dovoljno kvar samo popraviti, odnosno ukloniti, kada ga se uoči, nego je vrlo važno taj kvar pretpostaviti. (Sebastijanović S. 2002.)

Održavanje tehničkog sustava kao i svakog elementa koji se koristi tijekom rada mora biti od velike važnosti za svaku tvrtku. Pod pojmom održavanje se smatra konstantna kontrola svih sredstava za rad, obavljanje potrebnih popravaka te servisno – preventivnih radnji čiji je cilj održati tehnički sustav sposobnim za obavljanje zadataka koji se od njih traže.

Kod poljoprivrednih strojeva, osim kvalitetnog održavanja tehničkog sustava, od velike je važnosti i spremanje strojeva odnosno garažiranje poljoprivrednih strojeva u razdoblju njihovog nekorištenja. Unatoč velikom značaju tome se ne daje dovoljno pažnje, a upravo to je jedan od najvećih razloga tehničke neispravnosti stroja. (Banaj A. 2016.)

Servisno – preventivno održavanje sastavljeno je od više radnji koje se unaprijed dogovaraju i planiraju i obavljaju se u točno određeno vrijeme. Takva vrsta održavanja se provodi na tehnički ispravnim strojevima tijekom njihovog rada. Cilj toga je održavanje radne sposobnosti stroja kako bi ostvarivao učinke koje se traže, a samim time se sprječavaju nepoželjni kvarovi i povećava se pouzdanost strojeva u radu.

Kod svakog tehničkog sustava najvažnija povezanost njegovih elemenata kako bi sustav funkcionirao kao cjelina odnosno nije dovoljna kvaliteta samo jednog elementa unutar sustava nego potpuna jednakost kvalitete između njih. (Emert i sur. 1995.)

Obavezne mjere kod dnevnog tehničkog održavanja:

- kontrola ispravnosti dijelova radnog stroja
- kontrola mjernih instrumenata
- kontrola signalizacije i osvjetljenja
- po potrebi očistiti pročistač zraka
- kontrola razine ulja
- kontrola razine rashladne tekućine
- po potrebi očistiti hladnjak od vanjskih nečistoća
- provjeriti slobodni hod pedale spojke
- provjeriti slobodni hod kola upravljača
- vizualno provjeriti zategnutost vijčanih spojeva i remenja
- kontrola ispravnosti kočnice
- kontrola ispravnosti hidrauličnog uređaja za podizanje i spuštanje priključnih strojeva
- obaviti ostale stvari koje su predviđene u naputku za pojedini traktor. (Brčić i sur. 1994.)

Obavezne mjere kod tjednog tehničkog održavanja:

- obaviti sve potrebne radnje dnevnog tehničkog održavanja
- provjeriti tlak u pneumaticima
- provjeriti ulje u mjenjaču, diferencijalu, bočnim reduktorima, kočnicama i slično
- kontrola razine elektrolita u akumulatoru
- oprati stroj
- odmašćivanje stroja
- obaviti podmazivanje na mjestima koja su predviđena za to
- provjeriti ispravnost kompletne kabine
- obaviti ostale stvari koje su predviđene u naputku za pojedini traktor. (Emert i sur. 1995.)

Tijekom rada tehničkog sustava od velike važnosti je pravilno održavanje tehničkih sustava jer tako je moguće maksimalno iskorištenje radnoga vijeka elemenata za rad, a samim time je i veća pouzdanost tih elemenata pri obavljanju rada. Tehnička dijagnostika je važan dio sveukupnog procesa jer uočava promjene tehničkoga stanja sustava. Najvažnija aktivnost tehničke dijagnostike je postavljanje dijagnoze stanja sustava, a pomaže kako bi



se otkrili i spriječili mogući otkazi sustava te se tako povećava njegova pouzdanost. (Radovanović Lj. i Adamović Ž. 2009.)

Servisno – preventivno održavanje od velike je važnosti radi smanjenja ukupnih troškova tijekom proizvodnje i povećanja pouzdanosti sustava tijekom rada. Svaki proizvođač stroja iznosi potrebne servisne intervale i zahvate koji se moraju obaviti da bi stroj kvalitetno obavljao proces rada koji se od njega traži.

U bliskoj prošlosti ulje se moralo mijenjati nakon 100 radnih sati, dok se to danas radi nakon tek 250 radnih sati, a dok je kod nekih proizvođača taj interval čak na 500 radnih sati. Kod starijih tipova strojeva obavljali su se standardni zahvati kao što su izmjena ulja i pročistača, namještanje ventila, podmazivanje, vizualni pregled zategnutosti remenja. (Banaj Đ. i Šmrčković P. 2003.)

Tehnologija održavanja predstavlja vrlo opsežan pojam u kojem je jasno definirano provođenje postupaka održavanja. Tehnologija održavanja određuje način održavanja jasnim redoslijedom, potrebnom opremom te alatom i u koje vrijeme će se obavljati. (Sebastijanović i sur. 2006.)

Potrebno je obavljati svakodnevni pregled:

- motor – kontrolirati razinu ulja i ako je potrebno doliti
- hladnjak – kontrolirati ispravnost slavine i razinu vode
- spremnik za gorivo – provjeriti napunjenost spremnika prije početka rada
- taložnik prvog pročistača goriva – ako je potrebno očistiti
- pročistač zraka – obavezno čišćenje uloška
- navrtke na kotačima provjeriti i po potrebi zategnuti
- pneumatici – provjeriti pod kojim su tlakom
- kvačilo i kočnice – provjeriti hod pedale i po potrebi podesiti
- obaviti kontrolu razine ulja u spremniku ulja za kočnice
- obaviti kontrolu ispravnosti upravljačkog mehanizma i električnih instalacija
- provjeriti ispravnost akumulatora
- kod novog ili generalno popravljenog traktora ulje u motoru treba zamijeniti nakon 25 sati rada (Landeka S. 2004.)

### **3. MATERIJALI I METODE**

Za izradu ovog diplomskog rada korištena je različita znanstvena i stručna literatura iz područja koje se bavi tehničkim sustavima i svim postupcima koji su potrebni kako bi jedan tehnički sustav kvalitetno funkcionirao.

U radu su objašnjeni svi postupci i metode kojima se tehnički sustav održava u radno sposobnom stanju putem raznih dijagnoza, kontrole kvarova, popravcima, postupcima održavanja, poboljšavanjem tih metoda i slično.

U diplomskom radu također su korišteni i razni izvori s interneta koji se bave problematikom tehničkih sustava i rješenjima njihova održavanja, efektivnosti, pouzdanosti i ostalih karakteristika sustava.

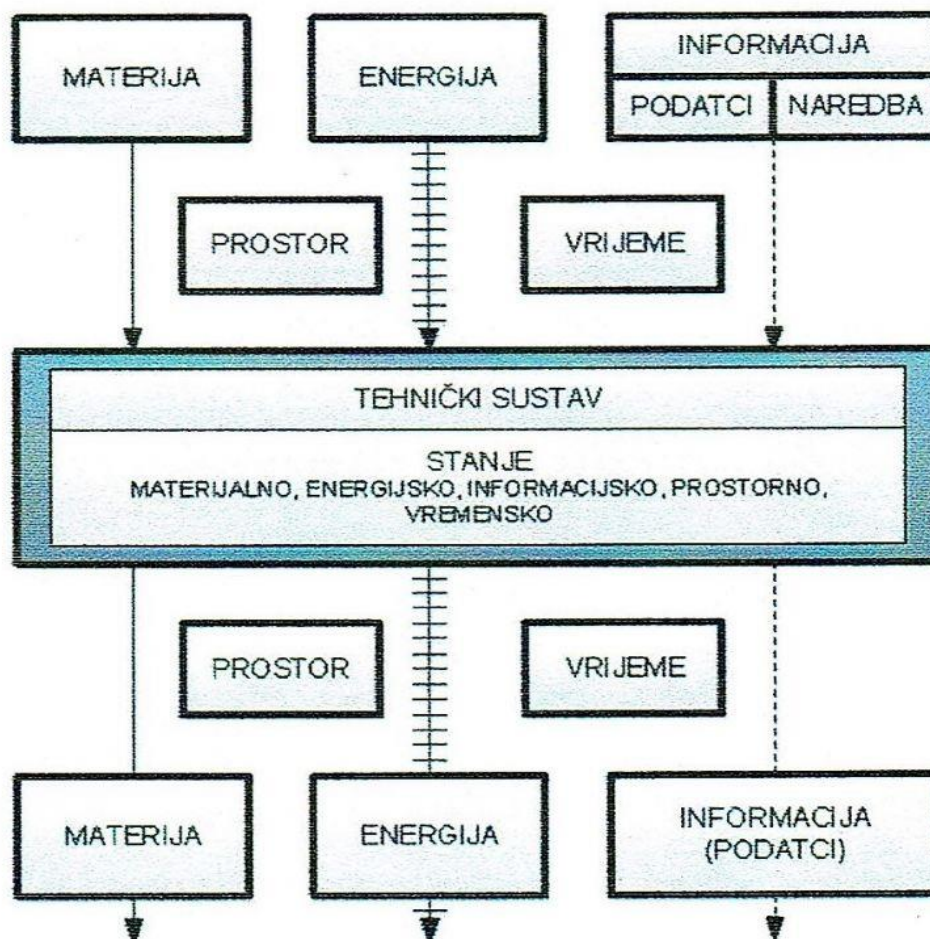
Iz raznih izvora te literatura izvučene su slike koje u obliku grafikona pobliže objašnjavaju područje koje se u određenom dijelu diplomskog rada proučavalo.

Kao mogući primjer poboljšanja rada dizel motora nude se različite verzije primjena magneta za smanjenje potrošnje goriva tijekom rada stroja. Iz tog razloga će se obaviti mjerenje specifične potrošnje goriva traktorskog dizel motora FL 912 traktora Torpedo 7506.

#### 4. TEHNIČKI SUSTAVI

Sustav predstavlja uređenu cjelinu koja je sastavljena od više pojedinih dijelova, koji su međusobno povezani i organizirani kao jedna cjelina. Sastavni dio svakog sustava su elementi odnosno komponente i podsustavi koji zajednički obavljaju zadatak. Svaki sustav je dio nekog većeg sustava što se naziva hijerarhija (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Sustav>).

Tehnički sustav je stroj ili postrojenje, sastavljen od međusobno povezanih dijelova u jednu cjelinu s posebno određenim radnim zadatkom (slika 1). Složeni tehnički sustav je sastavljen od većeg broja funkcionalnih (sastavnih) dijelova sustava, podsustava, sklopova, podsklopova i elemenata te svaki pojedinačni rad tih elemenata djeluje na ukupnu radnu sposobnost sustava. (Banaj A.,2016.)

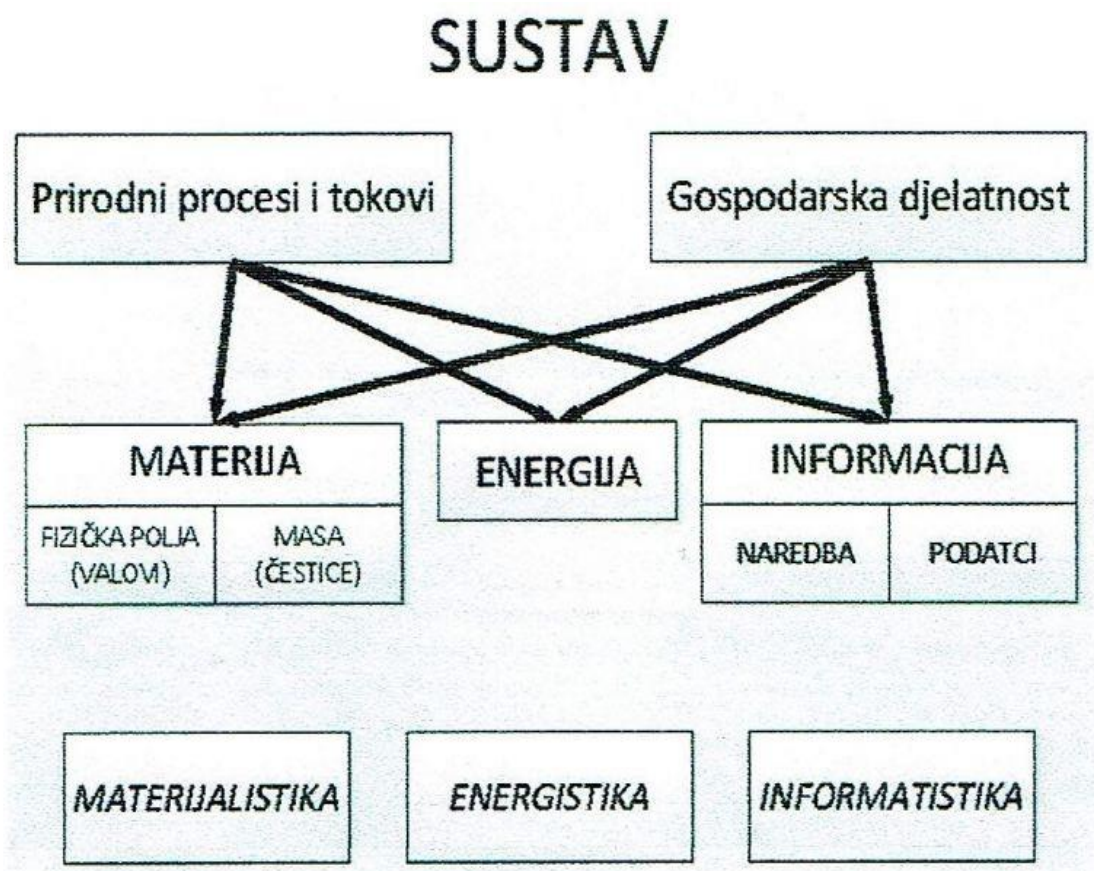


Slika 1. Shema tehničkog sustava

Izvor: <http://www.sveopoduzetnistvu.com/index.php?main=clanak&id=182>

Osnovne postavke tehničkog sustava (slika 2) su:

- svrhovitost sustava – elementi sustava međusobno djeluju jedan na drugog što rezultira funkcioniranjem sustava
- izomorfnost sustava – više različitih sustava imaju slična ili ista svojstva te jednako djeluju tijekom rada
- princip ekvifinaliteta – funkcija sustava se može odrediti na razne načine
- holistički pristup – elementi se prate u pravilnom radu cijelog sustava, a ne posebno (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Sustav>)



Slika 2. Tehnički sustav

Izvor: <http://www.sveopoduzetnistvu.com/index.php?main=clanak&id=182>

Tehnički sustavi su zapravo radni sustavi kod kojih se ulazne veličine (materijali, energija, informacija) pretvaraju u izlazne veličine (proizvodi, dokumentacija). Mogu biti različitih vrsta: energetske, proizvodne, transportne itd.

Svi tehnički sustavi su nastali direktnim ili indirektnim djelovanjem čovjeka. Svojstva tehničkih sustava u većini slučajeva imaju karakteristike kao i prirodni sustavi, a tu spadaju kompaktnost, prilagodljivost, stabilnost i čvrstoća, povratna veza itd. Sustav u kojem je u velikoj mjeri prisutna cjelovitost i prilagodljivost je poželjniji. U tehničke sustave se ubrajaju i obični radni alati te suvremene svemirske letjelice, roboti, automobili itd. Tehnički sustavi mogu biti dinamički i deterministički.

Dinamičnost se određuje radnim operacijama zbog kojih dolazi do promjena stanja sustava u vremenu. Do tih promjena dolazi radi prijenosa energije, materije i informacija.

Mogućnost određivanja u kojem se stanju nalazi tehnički sustav u svakom trenutku i predviđanje stanja sustava u budućnosti ovisno o djelovanju radnih operacija dovode do prisutnosti deterministike. S obzirom na karakteristike može se pojaviti povećani izbor raznih tehničkih sustava. To navodi na različite pristupe pri određivanju strategije i metoda kojim će se tehnički sustav održavati.

Potrebe i zahtjevi korisnika tehničkih sustava prepoznaju se u vrsti, količini, kvaliteti, efektivnosti, efikasnosti i ekonomičnosti i zbog toga je potreban brz razvoj tehničkih sustava s novim vrstama energije, materijalima, kvalitetnijim i efikasnijim postupcima rada itd.

Tijekom svoga rada sustav je pod vanjskim utjecajima okoline kao što su vlaga, toplina, temperatura i unutarnjim utjecajima gdje su vidljive promjene stanja na relaciji ulaz – izlaz tehničkog sustava čiji je izvor upravo tehnički sustav, što dovodi do pojave otkaza različitih vrsta.

Tijekom eksploatacije mijenja se karakteristika pojedinih elemenata unutar sustava zbog trošenja, starenja, deformacija i slično, a zbog toga se mijenja i stanje sustava kao cjeline za obavljanje predviđenog zadatka.

Promatrajući sustave s tehničkog aspekta njihovo stanje je određeno skupom fizičkih parametara. Redovitim proučavanjem i vođenjem evidencije o promjenama parametara u određenom vremenu dolazi se do zaključka u kakvom se trenutnom stanju nalazi proučavani tehnički sustav.

Životni vijek tehničkog sustava je ukupan radni vijek tehničkog sustava, a sastavljen je od nekoliko faza koje su međusobno povezane i uvjetovane vremenom tijekom kojeg će obavljati rad i potrebne aktivnosti. (Banaj A.,2016.)

Podjela troškova životnog vijeka je na:

- nabavka – troškovi prijevoza, dopreme te osiguranja
- proces rada – radna snaga, prateći objekti, instalacije sustava, pogonska energija
- održavanje – snaga potrebna za održavanje, rezervni dijelovi, radni pribor, uređaji i objekti koji se održavaju
- administracija – upravljanje, financije, poslovi uprave

Prodajna cijena tehničkog sustava se određuje temeljem ukupnih troškova životnog vijeka. Troškovi potrebni za nabavku su vidljivi troškovi dok se troškovi distribucije, održavanja, pogona, obuke radnika, osiguravanje zaliha, papirologije, tehnologije, rashoda i prihoda ubrajaju u prikrivene troškove.

Tehnički sustav se prilikom stupanja u rad može nalaziti u dva standardna stanja, a to su stanje u radu i stanje u otkazu. Stanje u radu je karakteristično za ispravan sustav koji na propisan način i unutar propisanog vremena obavlja zadatak. Stanje u otkazu je karakteristično kod tehničkog sustava koji nije ispravan te ne obavlja predviđeni zadatak.

Karakteristike stanja sustava je:

- radno stanje
- neradno stanje
- neplanirani zastoje – kraći prekid rada u vremenu obavljanja rada
- funkcionalni zastoje – stanje sustava u kojem ne obavlja rad
- stanje radne nesposobnosti – stanje sustava u kojem on nije u mogućnosti obavljati rad
- izazvani nerad – neradno stanje uzrokovano vanjskim razlozima koji nisu vezani uz održavanje
- stanje u kvaru – neradno stanje sustava radi kvara ili provođenja većeg preventivnog održavanja
- stanje u radu – sustav obavlja zadatke ako je logistički osiguran
- aktivno stanje – sustav obavlja zadatke na predviđeni način
- kritično stanje – sustav izaziva nepoželjne posljedice, ozljede i novčanu štetu ([https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS\\_4.pdf](https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS_4.pdf))

#### 4.1. Razvoj tehničkih sustava

Kod projektiranja i razvoja tehničkih sustava razlikujemo nekoliko radnih faza što kompletno projektiranje čini zasebnim odnosno neovisnim od određenih industrijskih grana. Razvijanje tehničkog sustava spada pod složeni proces koji međusobno povezuje marketing, inženjerstvo, projektiranje, proizvodnju i održavanje.

Neovisno o složenosti tehničkog sustava korisniku nije dovoljno poznavati što tehnički sustav može obaviti tijekom rada već je bitno poznavati i njegovu pouzdanost te prilagodljivost tijekom rada, cijenu, pogodnost održavanja i životni vijek.

Specifikacija kojom će se projektirati tehnički sustav (projektni zadatak) je analiza funkcionalne potrebe i provedba tih potreba u kvalitativne i kvantitativne zahtjeve u koje spadaju performanse sustava, način te uvjeti rada, ciljno tržište i očekivanje korisnika, operativni ciklus trajanja, podrška i visoka kvaliteta održavanja, parametri sigurnosti funkcioniranja i elementi logističke podrške.

Sastavljanje specifikacije kojom će se projektirati tehnički sustav predstavlja početnu aktivnost, uzimajući u obzir njeno stalno prisustvo, gdje ta specifikacija obuhvaća sve faze ciklusa životnog vijeka tehničkog sustava i pozivanje u okviru preispitivanja ispunjenja potrebnih zahtjeva i potreba jednog tehničkog sustava. (Banaj A.,2016.)

Osnovni elementi specifikacije kojim će se projektirati jedan tehnički sustav navedeni su u sljedećom dijelu:

1. Tehničko sredstvo – materijalno osnovno sredstvo, svoju namjenu i funkciju može obavljati zasebno ili u sklopu tehničkog sustava
2. Element – komponenta sustava ili podsustava koji nije sastavljen od manjih funkcionalnih cjelina
3. Stanje tehničkog sustava – opis mogućnosti realizacije predviđenog rada
4. Pouzdanost – vjerojatnost da će sustav uspješno obavljati zadatak bez zastoja i unutar određenih granica performansi
5. Pogodnost za održavanje – karakteristika tehničkog sustava da se pod određenim uvjetima zadržava u radnom stanju ili se vraća u radno stanje
6. Spremnost za upotrebu – svojstvo tehničkog sustava kojim unutar predviđenog vremena obavlja zadatak

7. Zastoj – stanje tehničkog sustava u kojem nije u mogućnosti obavljati zadatak koji se od njega traži
8. Ispravnost – svojstvo tehničkog sustava u kojem on u potpunosti ispunjava zahtjeve iz specifikacije
9. Defekt – odstupanje od kvalitete u kojoj sustav više ne obavlja postavljene zahtjeve
10. Neispravnost – odstupanje kvalitete tehničkog sustava u odnosu na postavljene zahtjeve
11. Rekonstrukcija – mjera kojom se mijenjaju karakteristike sustava kako bi mu se poboljšao učinak
12. Zahvat održavanja – vraćanje elemenata ili cijelog sustava u funkcionalno stanje odnosno u stanje radne aktivnosti
13. Nadzor – primjer održavanja putem kojeg se pomoću učestalih ili povremenih pregleda određuje stanje sustava
14. Otkaz – prestanak radne sposobnosti sustava odnosno pojava kvara kojom sustav nije više u mogućnosti obavljati zadatak
15. Funkcija kriterija – određuje prihvatljivi output tehničkog sustava, a to je uglavnom granica koja određuje najniži prihvatljivi nivo outputa koji se dobiva radom tehničkog sustava
16. Popravljivost – svojstvo tehničkog sustava ili njegovih elemenata koja daje mogućnost sustavu da ponovno stupi u rad
17. Trajnost – svojstvo sustava kojim se održava projektirana i određena radna aktivnost sustava tijekom obavljanja rada, a tijekom toga obavljanja elementi sustava se mogu više puta uključivati odnosno isključivati iz rada
18. Tehnička dijagnostika – temeljni dio održavanja kojim se određuje u kakvom je stanju tehnički sustav ili njegov pojedini element u promatranom vremenskom trenutku
19. Životni vijek – vrijeme koje počinje ulaganjem materijalnih sredstava u sustav, a traje do konačnog prestanka rada sustava
20. Eksploatacijski vijek – vrijeme od puštanja sustava u rad do njegovog isključivanja

<http://www.unizd.hr/portals/1/nastmat/Terotehnologija/TEROTEHNOLOGIJA%20PREDAVANJA%20PREZENTACIJA.pdf>



## 4.2 Održavanje tehničkih sustava

Održavanje tehničkih sustava kod strojeva i uređaja odnosno kod strojeva za rad zauzima iznimno važno mjesto u procesu proizvodnje unutar svake tvrtke. Na razvoj tehničkih sustava utjecao je napredak industrije, kao i neprestani rast automatizacije sredstava za rad, te nagli porast fiksnih u odnosu na varijabilne troškove.

Pod održavanjem se podrazumijeva stalna kontrola svih sredstava za rad, kao i obavljanje potrebnih popravaka i preventivnih radnji s ciljem dobre funkcionalnosti strojeva i očuvanju proizvodne opreme te kompletnog postrojenja unutar neke firme ili poljoprivrednog gospodarstva.

Nadalje, tijekom vremena i korištenja strojeva dolazi do trošenja materijala, smanjuje se efikasnost strojeva i uređaja te dolazi i do tehnološkog starenja određene vrste stroja pojavom novijih i modernijih vrsta. Tijekom svoga rada dijelovi strojeva se troše te im radna sposobnost oslabljuje.

Kod sredstava za rad dolazi do raznih kvarova tijekom vremena, pojavljuju se lomovi, pukotine i razna oštećenja te u tom trenutku nisu više pogodni za intenzivan rad. Prilikom toga dolazi do troškova, koji se ogledaju u troškovima zbog zamjene i popravaka oštećenih dijelova, ali i troškove koji se javljaju zbog zastoja tijekom proizvodnje.

Osnovni ciljevi koji se postižu pravilnim održavanjem su:

- minimalni troškovi zbog prekida proizvodnje radi iznenadnih kvarova na sredstvima za rad
- usporeni proces starenja sredstava za rad, koji dolazi kao posljedica lošije kvalitete proizvoda
- smanjiti troškove rada i materijala u proizvodnji koji se pojavljuju kao posljedica pretjeranih kvarova i zastoja tijekom proizvodnje
- dobro organizirati pravovremene reakcije na svim mjestima gdje se mora provoditi održavanje i kontrola sredstava za rad

[https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS\\_4.pdf](https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS_4.pdf)

Ciljevi održavanja sredstava za rad u proizvodnji mogu se promatrati s dva najbitnija stajališta, a to su tehničko – tehnološki i ekonomski.

Tehničko – tehnološki doprinose:

- novijim idejama i poboljšavanju sredstava za rad
- održavanju potrebne radne sposobnosti i povećanoj pouzdanosti sredstava tijekom rada
- duljem radnom vijeku sredstava za rad
- poboljšanoj kvaliteti proizvoda
- ravnomjernijem i kvalitetnijem odvijanju tekućeg procesa u cjelini
- poboljšanju raznih tehničko – tehnoloških svojstava sredstava za rad te ukupnog procesa proizvodnje

Ekonomski doprinose:

- kvalitetnijem iskorištavanju sredstava za rad u procesu proizvodnje
- produktivnosti rada u proizvodnji
- manjim troškovima u ukupnoj proizvodnji
- ekonomičnosti trošenja prilikom održavanja sredstava za rad

Ciljevi održavanja tijekom određene proizvodnje podrazumijevaju široku važnost u ukupnom procesu proizvodnje. Važnost i značaj održavanja sredstava za rad se može promatrati s:

- razvojnog pogleda – istraživanja pojave velikih zastoja na sredstvima za rad, koji rastu i zbog sve složenijih tehničkih sustava te sve opširnije automatizacije tijekom proizvodnje
- tehnološkog pogleda – dolazi do starenja sredstava za rad uslijed razvijanja tehničkog i tehnološkog procesa, te dolazi i do starenja prilikom trošenja unutar tehnološkog procesa
- ekonomskog pogleda – pojava troškova tijekom korištenja sredstava za rad
- socijalnog pogleda – sredstva za rad su u lošem staju i nisu pouzdana, pa može doći do neželjenih nezgoda tijekom same organizacije rada te u njenom okruženju ([https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS\\_4.pdf](https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS_4.pdf))

Održavanje sredstava za rad je od velike važnosti u svim tvrtkama te manjim gospodarstvima (slika 3) jer direktno utječe na proizvodnju i ako se dobro provodi rezultira poslovnim uspjesima. Kvalitetno održavanje ima direktan utjecaj na manje troškove u procesu proizvodnje i poslovanja. Zastoji koji se pojavljuju zbog neispravnosti sredstava za rad gdje je potrebno obavljati neplanirane popravke narušavaju proces proizvodnje i negativno utječu na ekonomiku proizvodnje.

Organizacija remonta i tehničkog održavanja uvijek se mora uskladiti s obzirom na strojeve i uređaje koji se trebaju održavati, a to znači da treba biti pripremljena i na česte promjene. Raznovrsnost i različitost strojeva unutar tvrtke, njihova konstruktivna i tehnološka složenost zahtjeva od inženjera da taj veoma složen posao obavljaju odgovorno. Ta odgovornost je veća jer se u modernije doba proces proizvodnje značajno modernizirao i gotovo se u potpunosti proizvodnja automatizirala, posebice unutar većih tvrtki.

Nedostaci te neefikasnost tijekom rada kod te službe se često pravdaju nedostatkom rezervnih dijelova za sustave koji se održavaju te nedovoljnom opremljenosti materijalom i alatom.

([https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS\\_4.pdf](https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS_4.pdf)).



Slika 3. Održavanje i popravak sredstava za rad

Izvor: [https://hr.bosch-automotive.com/hr/parts and accessories 8/motor and sytems 4/diesel 5/unit injector s ystem 5/unit injector system diesel motorsys parts](https://hr.bosch-automotive.com/hr/parts_and_accessories_8/motor_and_sytems_4/diesel_5/unit_injector_s_ytem_5/unit_injector_system_diesel_motorsys_parts)

Održavanje poljoprivredne tehnike vrlo je široko područje. U svakom slučaju, to održavanje treba biti prilagođeno stvarnoj situaciji u kojoj se u tome trenutku nalazi tvrtka, što znači da se uz što manje troškove postigne najveća moguća pouzdanost s tehnikom koju posjeduje uz sve odgovarajuće aspekte promatrane s ekonomskog gledišta.

Održavanje poljoprivredne tehnike sastoji se od više radnih operacija i zahvata koji se izvode na strojevima od njihove nabavke pa do kraja radnog vijeka korištenja stroja kako bi stroj kvalitetno funkcionirao te davao maksimalan mogući učinak u procesu proizvodnje jer to bitno utječe na efektivnost rada te uštedu vremena i novčanih sredstava.

Remont strojeva ovisi o:

- trenutku uporabe strojeva
- dinamike uporabe strojeva
- dijagnostike i defektaže
- potrebi za nabavkom rezervnih dijelova (slika 4)

Prema potrebama korištenja određenih strojeva tijekom rada te tehnoloških kartama i strukturama sjetve, može se odrediti kad se određeni strojevi ne koriste jer to uopće nije potrebno ili je tek manja potreba za njima odnosno nije nužno njihovo često korištenje. Tijekom toga razdoblja strojeve treba pregledavati, planirati njihove popravke te ih podešavati.

To je osobito važno kod sezonskih strojeva, a najbolji primjer tome su kombajni gdje se u određenom dijelu godine konstatno koriste, tijekom vršidbe, a s druge strane postoje razdoblja u godini kada uopće nije potrebno njihovo korištenje.

Servisna služba vrši preglede na strojevima koji su u mirovanju te dostavlja servisnom centru popis sa zapaženim nedostacima i napravljenim popravcima. Dobrim održavanjem strojevi se pozivaju u servisni centar po napravljenom redoslijedu s obzirom na mogućnosti servisnog centra.

Obično se strojevi šalju na remont ovisno o tome koji stroj se ima namjeru prije koristiti. Tako je moguće predvidjeti potrebu za nabavkom rezervnih dijelova i količine koja je potrebna. Pojedini proizvođači rezervnih dijelova od svojih kupaca traže točan plan nabavke rezervnih dijelova kako bi mogli što bolje planirati svoju proizvodnju. (Banaj Đ. i Šmrčković P. 2003.)

Planiranje je osnovna funkcija održavanja koja poprima sve veću važnost jer visoka proizvodnost tijekom rada i skupo uloženi kapital u moderne strojeve kao i visoki troškovi održavanja radne opreme zahtijevaju dobru organizaciju u poslovanju.

Primjena poznate i isticane metodologije i tehnike održavanja dovodi do povećanja učinkovitosti tijekom proizvodnje. To se odnosi na pouzdanost (RCM, engl.reliability centred maintenance), ukupno proizvodno održavanje (TPM, engl.total productive maintenance), održavanje po stanju (CBM, engl.condition based maintenance), računalne sustave upravljanja održavanjem (CMMS, engl.computerised maintenance management systems), sustave revizije održavanja i slično. Svaki od navedenih pristupa ima utjecaj na uspješnu organizaciju, ali učinci ne budu kao što je planirano radi načina na koji se uvode u praksu.

Pravilan način potrebe za učinkovitom funkcijom održavanja u određenoj organizaciji je putem holističkog pregleda. Tim načinom se može osigurati pravilno korištenje raznih metodologija te njihovo provođenje u fazama što će rezultirati uspjehom.

Rezultat takvog pristupa za održavanje nekog tehničkog sustava, stroja ili postrojenja unutar neke tvrtke je stvaranje uspješnog sustava koji pozitivno utječe na poboljšanje održavanja unutar poduzeća. (Karić M., 2006.)



Slika 4. Rezervni dijelovi

Izvor: <http://www.prvomajska.hr/spare-parts.php>

#### 4.2.1 Redovna tehnička održavanja traktora

Landeka S. navodi kako je važno pravovremeno obavljanje mjera tehničkog održavanja (slika 5) prema broju radnih sati koje je stroj obavio.

Nakon svakih 50 sati radnih sati stroja potrebno je:

- obaviti čišćenje i pranje traktora
- kod pročistača za zrak provjeriti nepropusnost cijevi za zrak
- provjeriti propušta li gorivo i po potrebi to spriječiti
- kontrolirati razinu elektrolita u akumulatoru i po potrebi dodati destiliranu vodu
- provjeriti razinu ulja u centralnom kućištu
- po potrebi doliti ulje u spremnik ulja pumpe servoupravljača

Nakon svakih 100 radnih sati:

- nakupljeni talog u prvoj posudi pročistača goriva ispustiti
- obaviti kontrolu zategnutosti ventilatorskog remena
- obaviti kontrolu razine ulja u kućištu upravljača
- u glavčinama prednjih kotača dodati mast
- ako je traktor nov ili je nedavno obavljen generalni popravak nakon 100 radnih sati potrebno je obaviti zamjenu ulja u motoru, mjenjaču, centralnom kućištu i kućištima bočnih reduktora

Nakon svakih 200 radnih sati:

- ako su normalni uvjeti rada promijeniti ulje
- oprati i očistiti pročistač ulja te zamijeniti uložak
- pri svakoj zamjeni ulja u motoru zamijeniti ulje u visokotlačnoj pumpi s regulatorom

Nakon svakih 250 radnih sati:

- obaviti ispiranje hladnjaka čistom vodom i provjeriti ispravnost
- kod bočnih reduktora provjeriti razinu ulja u kućištima i po potrebi ga doliti
- obaviti čišćenje akumulatorskih priključaka i premazati ih tehničkim vazelinom
- prekontrolirati i pritegnuti sve spojeve električnih instalacija

Nakon svakih 500 radnih sati:

- kod sustava za hlađenje provjeriti da li propušta slavina za vodu i odstraniti kamenac
- zamijeniti uložak kod pročistača za gorivo
- promijeniti ulje u spremniku ulja pumpe servoupravljača
- promijeniti ulje mjenjača u centralnom kućištu

Nakon svakih 750 radnih sati:

- prekontrolirati zazor ventila, provjeriti da li je opruga ventila ispravna, podmazati klackalice te skinuti poklopac glave cilindra
- prekontrolirati rad brizgaljki i podesiti im rad na točno određeni tlak
- zamjena uloška pročistača zraka
- zamjena ulja reduktora na stražnjim poluosovinama
- zamjena ulja u hidrauliku

Nakon svakih 1000 radnih sati potrebno je skinuti spremnik za gorivo i dobro ga isprati čistim gorivom.

Valja napomenuti kako vrijeme za čišćenje pročistača zraka ovisi i o uvjetima rada, a razinu ulja treba provjeravati kad motor nije u pogonu odnosno kada ne radi. Ulje se smije ispuštati samo neposredno poslije rada motora.



Slika 5. Održavanje traktora

Izvor: <https://www.belje.hr/poljoprivreda/sektor-odrzavanja-i-investicija/>

### 4.3 Efektivnost tehničkih sustava

Efektivnost sustava određuje vjerojatnost da će jedan tehnički sustav uspješno stupiti u rad i obavljati funkciju kriterija unutar predviđenog vremena i u vladajućim uvjetima. Obuhvaća određivanje, mjerenje i kontrolu karakteristika sustava. Problem nastaje razvojem složenih tehničkih sustava i obuhvaća osnovne veličine vezane za ponašanje sustava u smislu:

- kvaliteta funkcije – sposobnost sustava da obavi određeni rad postavljen projektiranom funkcijom kriterija unutar granica dopuštenog odstupanja
- vrijeme – temelji se na vjerojatnosti da će sustav kvalitetno raditi u određenom vremenu
- uvjeti okoline – bez toga je nemoguće u potpunosti definirati efektivnost sustava, a tu spadaju temperatura, vlažnost, vibracije, udari i slično.

Kvaliteta elementa je mjera u kojoj on zadovoljava zahtjeve okoline, a efektivnost sustava je dinamička veličina vjerojatnosti kako će elementi tehničkog sustava obavljati funkciju kriterija unutar predviđenog vremena u tim uvjetima okoline. Razlika između efektivnosti i kvalitete je vrijeme zbog toga što se kvaliteta određuje po završetku izrade elementa ili sustava, a efektivnost tijekom rada proizvoda. (Sebastijanović S., 2002.)

Efektivnost tehničkog sustava se prikazuje na tri načina:

1. Efektivnost tehničkog sustava:

- raspoloživost – stanje sustava pri uključenju u rad
- funkcionalnost – stanje sustava tijekom obavljanja funkcije kriterija
- sposobnost – mogućnost obavljanja funkcije kriterija

2. Efektivnost tehničkog sustava:

- karakteristike
- raspoloživost
- korisnost

3. Efektivnost tehničkog sustava:

- gotovost – vjerojatnost tehničkog sustava da će uspješno obavljati zadatak u određenom vremenu pri vladajućim uvjetima
- pouzdanost – vjerojatnost tehničkog sustava da će uspješno obavljati funkciju kriterija unutar predviđenog vremena pri vladajućim uvjetima



- funkcionalna pogodnost – sposobnost tehničkog sustava za kvalitetnu prilagodbu postavljenim uvjetima okoline u predviđenom vremenu ([https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiO\\_GasS\\_4.pdf](https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiO_GasS_4.pdf)).

Složeni tehnički sustavi funkciju efektivnosti mogu prikazati putem pojedinačnih i kompleksnih pokazatelja te to svesti na karakteristike pouzdanosti ili gotovosti.

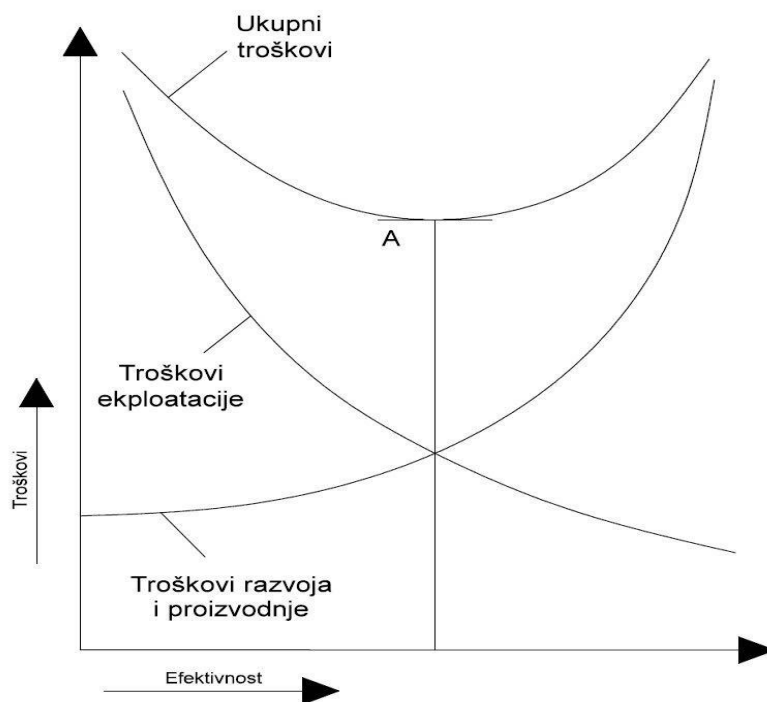
Gotovost i raspoloživost kao kompleksni pokazatelji efektivnosti prikazuju pouzdanost i pogodnost održavanja neovisno o uvjetima i potrebi korištenja sustava, tj može se dogoditi da tehnički sustavi koji imaju jednake karakteristike pouzdanosti i pogodnosti održavanja tijekom rada prikazuju različitu gotovost i raspoloživost ovisno o tome koliko ih se često upotrebljava.

Upravo radi toga pokazatelji i prikazane funkcije efektivnosti nemaju komparativnu vrijednost za različite tehničke sustave koji imaju istu namjenu ako njihove potrebe za korištenjem nisu iste ili nisu svedeni na isti relativni odnos koji omogućuje komparaciju ([https://www.researchgate.net/publication/307757488\\_Modeli\\_funkcije\\_efektivnosti\\_tehnickih\\_sistema\\_Models\\_of\\_the\\_technical\\_systems\\_effectiveness\\_function](https://www.researchgate.net/publication/307757488_Modeli_funkcije_efektivnosti_tehnickih_sistema_Models_of_the_technical_systems_effectiveness_function)).

Praćenje informacija o radu tehničkog sustava u prošlosti može dobro poslužiti kao temelj za bolje projektiranje sličnih sustava u budućnosti odnosno za projektiranje tehničkih sustava s boljom efektivnošću. Efektivnost je usko povezana s pojavom kvara, što znači da praćenje kvarova i vođenje evidencije također pomaže pri projektiranju sustava s boljom efektivnošću.

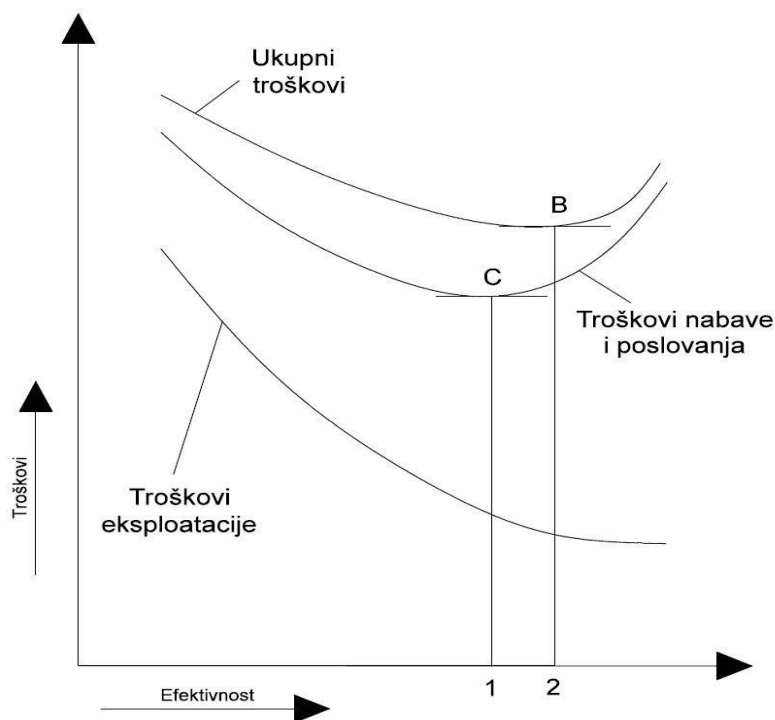
Potrebno je osigurati visoku kvalitetu i efektivnost proizvedenih dijelova i sustava što uvelike zahtjeva nove troškove i ulaganja u tehnički sustav i njegove elemente s pogleda efektivnosti. Viša razina efektivnosti omogućuje višu razinu izlaznih veličina tehničkog sustava pri proizvodnji i manje troškove održavanja što znači kako korisnik priželjkuje proizvod i sustav većeg stupnja efektivnosti (grafikon 1) nego što proizvođač može prihvatiti. (grafikon 2)

Zbog razvoja industrije i čestih promjena u okolini sve su veći zahtjevi za povećanjem učinka i poboljšanom kvalitetom tijekom rada. Sve veći zahtjevi u radu suprotstavljaju dinamičke promjene u okolini i naprezanje sa strojarstvom pa dolazi do povremenih otkaza. Sudionici procesa proizvodnje nastoje povećati efektivnost tehničkih sustava kako bi se smanjilo vrijeme provedeno u kvaru. (Sebastijanović S., 2002.)



Grafikon 1. Optimalne veličine efektivnosti sustava za proizvođača

Izvor: Sebastijanović S., 2002.



Grafikon 2. Optimalne veličine efektivnosti sustava za potrošača

Izvor: Sebastijanović S., 2002.

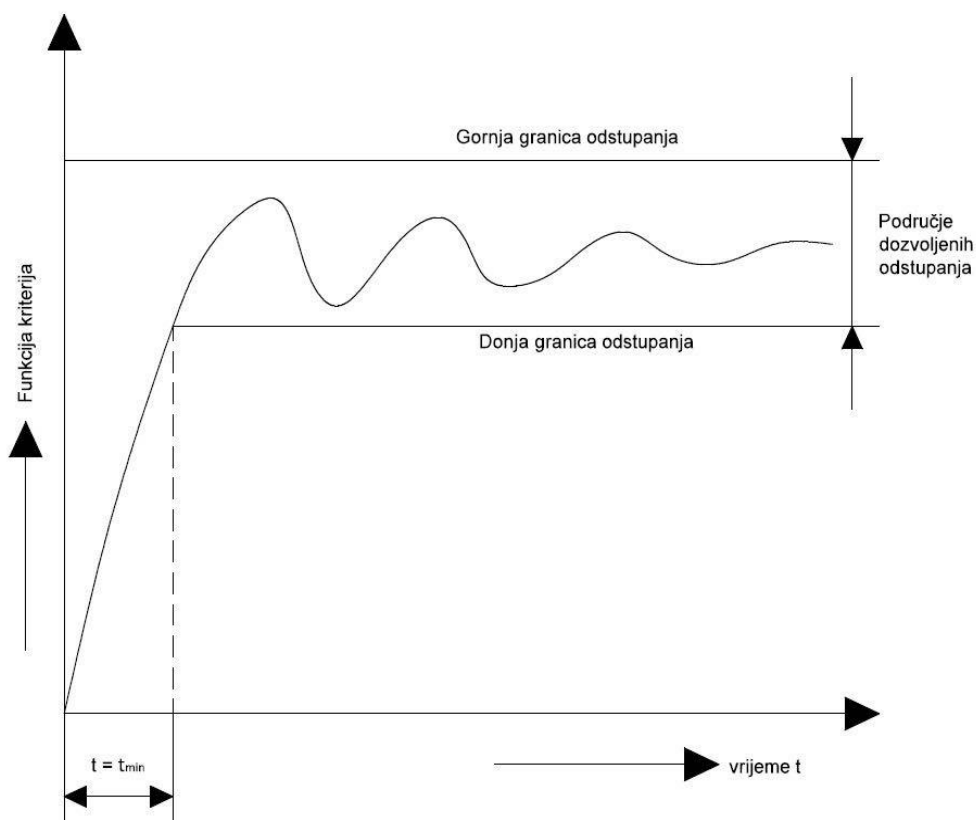
Suprotnim interesima korisnika i proizvođača dolazi do njihovog međusobnog dogovora i donošenja razumnog rješenja u odabiru razine efektivnosti. To znači da u

konceptu efektivnosti važnu ulogu ima pogodnost održavanja, od koje u značajnoj mjeri ovise ukupni efekti.

Paralelno s većim zahtjevima u smislu učinka, kvalitete i ekonomičnosti raste i potreba za detaljnijim istraživanjima efektivnosti nekog tehničkog sustava. Podrazumijeva se vjerojatnost obavljanja funkcije kriterije unutar određenog vremena i pri trenutnim uvjetima okoline, a izražava se kao produkt komponenti operativne gotovosti, pouzdanosti i funkcionalne podobnosti. (Sebastijanović S., 2002.)

#### 4.3.1 Osnovne veličine efektivnosti

Ponašanje sustava tijekom stupanja u rad, obavljanje funkcije prema kriterijima u predviđenom vremenu trajanja i prilagodba sustava mogućim promjenama prikazano je na grafikonu 3.



Grafikon 3. Sustav u funkciji i prilagođavanju uvjetima okoline  
(s izlaznim veličinama u području dopuštenih odstupanja)

Izvor: Sebastijanović S., 2002.

Tijekom vremena potrebno je konstantno voditi računa o problemima efektivnosti sustava, a proučavanje tog problema je sve više potrebno zbog povećanja zahtjeva i složenosti struktura tehničkog sustava.

Na temelju dosadašnjih saznanja lako je zaključiti da efektivnost tehničkog sustava predstavlja složen pokazatelj ponašanja sustava unutar određenog vremena i pri određenim uvjetima okoline kako bi se ostvarila zadana funkcija kriterija.

Proučavanjem tehničkog sustava, a posebice njegove efektivnosti, donose se mjere o postupcima razvoja, izgradnji eksploatacije, pregledima te upravljanja sustavom. Posebnu ulogu kod efektivnosti sustava i njegovog proučavanja imaju informacije dobivene na osnovi podataka stanja procesa, obrađivanjem tih podataka i analizom.

Zbog strukturne građe tehničkog sustava potrebno je stalno promatranje svih komponenti efektivnosti kao i osnovnih utjecaja kojima se određuje efektivnost, a svode se na:

- oblik funkcije kriterija
- radne uvjete
- složenost strukture sustava
- stupanj pogodnosti održavanja
- način proučavanja komponenti unutar tehničkog sustava i njihova međusobna povezanost
- kvalitetu izradu konstrukcije
- odnos vremena rada pojedinih elemenata i sustava
- pogreške pri izradi – obrada i montaža
- način otklanjanja otkaza – popravak ili zamjena
- razinu organizacije održavanja

Temeljem navedenoga dolazi se do zaključka da efektivnost sustava utječe na osnovna područja sustava kao što su učinak, kvaliteta i trajnost tehničkog sustava.

Koncept izučavanja efektivnosti sustava zasniva se na sljedećim karakteristikama:

- karakteru pojava – strojarski sustavi su pod velikim utjecajima okoline, što znači da su svojstva i ponašanje strojarskih sustava i njihovih procesa promjenjivog karaktera
- sustavan prilaz – ovdje pripadaju uvjeti okoline, zahtjevi u pogledu kvalitete, učinci i troškovi proizvodnog procesa, uvjeti izrade, postupci

održavanja, eksploatacija, popravci i metode analiza utjecaja na rad sustava.

- uvjeti i vrijeme trajanja procesa – proučavanje uvjeta rada sustava i procesa te određivanje trajanja s obzirom na karakteristike pojedinih dijelova sustava omogućuje dovođenje u vezu elemente sustava.

#### **4.3.2 Postupci ostvarivanja efektivnosti sustava**

Efektivnost tehničkih sustava ostvaruje se kvalitetnim zalaganjem u sveukupnom procesu proizvodnje, po fazama:

1. Određivanje uvjeta okoline – početna faza prilikom razvoja efektivnosti sustava. Uvjeti mogu biti različitog karaktera, a svode se na određivanje:
  - funkcije sustava s obzirom na zahtjeve okoline
  - ulaznih veličina prema dostupnosti pojedinih elemenata
  - radnih uvjeta prema kojima će sustav obavljati funkciju
  - vremena i mjesta gdje će se odvijati rad sustava
  - osobina dijelova tehničkog sustava
2. Projektiranje sustava – kvarovi koji se javljaju na tehničkim sustavima povezani su s naprežanjima iznad dopuštene razine, pregrijavanjem sustava, slabom podmazanošću, trošenjem elemenata, promjenama okolnih uvjeta, starenjem materijala i slično. Efektivnost sustava se pri projektiranju osigurava na sljedeće načine:
  - jednostavnim strukturama jer u većini slučajeva složenije strukture imaju veću prisutnost kvarova
  - korištenjem komponenti koje su pouzdanije i otpornije na djelovanje različitih uvjeta okoline
  - smanjenjem ljudskih pogrešaka u radu
3. Ispitivanje proizvoda – sustav mora biti u mogućnosti dobivati informacije kojima se vidi u kojoj su mjeri zahtjevi projekta ostvareni tijekom proizvodnje. Rezultat ispitivanja ovisi o postupcima, instrumentima, opremi i slično te vremenu kojim se raspolaže tijekom ispitivanja.
4. Ponašanje u toku eksploatacije – osnova kojom se poboljšavaju svojstva proizvoda u sljedećem ciklusu izrade. (Sebastijanović S., 2002.)

#### 4.4 Pouzdanost tehničkih sustava

Pouzdanost je definirana kao vjerojatnost da će tehnički sustav obaviti zadatak za koji je predviđen na kvalitetan i siguran način unutar predviđenog vremena pod vladajućim uvjetima. Održavanje nekog tehničkog sredstva ovisno je upravo o njegovoj pouzdanosti.

Najbitniji pojmovi koji se odnose na pouzdanost su:

- vjerojatnost kvara – uvijek postoji mogućnost pojave kvara koju je moguće statistički odrediti
- izvođenje namijenjene funkcije – sustav obavlja funkciju za koju je predviđen, što znači da je nepouzdan ako to ne obavlja
- vremenski period – pretpostavka da se kvar neće pojaviti prije isteka vremenskog perioda
- rad u određenim uvjetima – tehnički sustav radi u uvjetima koji mu neće ometati tijekom rada, a dijele se na vanjske i unutarnje.

Pri projektiranju kompletnog tehničkog sustava potrebno je uključiti i pouzdanost sustava jer se taj dio odnosi na kvalitetu toga sustava, a zahtjevi pouzdanosti unutar cijelog sustava su raspodijeljeni na podsustave pomoću kojih sustav obavlja predviđeni zadatak. ([https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A833/datastream/PDF/view?fbclid=IwAR30q27uVutwXKbA1IJ\\_APJNuMCpjSJgSJQHHRZT2j4Ll16-NDMTv\\_jmQmc](https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A833/datastream/PDF/view?fbclid=IwAR30q27uVutwXKbA1IJ_APJNuMCpjSJgSJQHHRZT2j4Ll16-NDMTv_jmQmc)).

Razvojem tehnologije i dolaskom složenijih tehničkih sustava posebno se radilo na povećanju efektivnosti sustava. Od svakog tehničkog sustava se zahtjeva da svoj rad obavlja bez pojave kvara unutar određenog vremena u datim uvjetima rada.

Pouzdanost pojedinih elemenata unutar tehničkog sustava je povezana s kvalitetom tog elementa. Kvaliteta predstavlja skup svojstava preko kojih se određuje stupanj pogodnosti tijekom eksploatacije odnosno to je sposobnost elementa da zadrži kvalitetu u datim radnim uvjetima.

Teorija pouzdanosti je znanstvena disciplina kojom se obrađuju opće metode tehničkih sustava i utvrđuju se kvarovi pojedinih elemenata sustava kao i kompletnog sustava te se predviđaju moguće pojave kvara.

Temelj pouzdanosti sustava je teorija vjerojatnosti, matematička statistika i teorija slučajnih procesa, ali i teorija informacije, teorija masovnog opsluživanja i teorija linearnog i dinamičkog programiranja.

Teorija pouzdanosti:

- istražuje i određuje numeričke karakteristike pouzdanosti
- bavi se vezama između pokazatelja ekonomičnosti, efektivnosti eksploatacije i karakteristika pouzdanosti
- obrađuje metode kontrole pouzdanosti i optimalnih režima rada
- obrađuje metode ispitivanja pouzdanosti te obradu i ocjenu rezultata navedenog ispitivanja
- obrađuje metode kojima se utvrđuje režim rada i izbora karakteristika koje osiguravaju optimalnu pouzdanost
- obrađuje metode kojima se traži neispravnost unutar složenog tehničkog sustava

Kod teorije pouzdanosti bitna je pojava kvara odnosno rad bez kvarova, pod kvar ili otkaz se podrazumijevaju djelomični ili potpuni gubitci radnih svojstava. Prijelaz iz radnog stanja u stanje u kvaru najbolje se opisuje Markovljevim modelom kao funkcijom dviju promjenjivih veličina, a to su stanje elementa  $K$  i vrijeme promatranja  $t$ . Stanje elementa je promjenjiva veličina, a vrijeme promatranja je stalno slučajno promjenjiva veličina. Prijelaz elementa sustava iz jednog stanja u drugo je opisano vjerojatnošću prijelaza.

Vijek trajanja elementa je također vrlo važan pojam unutar teorije pouzdanosti, a on podrazumijeva interval vremena za koji je pojedini element unutar sustava ili kompletan sustav sposoban funkcionirati uz neophodna tehnička opsluživanja. Na kraju vijeka trajanja pojedinog elementa sustava pojavljuje se nemogućnost remonta ili popravka radi istrošenosti odnosno zastarjelosti elementa. (Sebastijanović S., 2002.)

Pouzdanost tehničkog sustava ovisi i o broju elemenata unutar sustava, njihovom sastavu te karakteristikama svakog pojedinog elementa. Pod element se smatra tehnička cjelina čija je pouzdanost određena ili se utvrđuje eksperimentima.

U teoriji pouzdanosti kvar se može javiti iznenadno i postupno. Kod iznenadnog kvara je očita trenutna promjena jednog ili više parametara elemenata, dok je za postepeni kvar karakteristična postepena promjena vrijednosti tih parametara.

Ako se na početku rada elementa sustava pretpostavi njegov kvar i ako je vrijeme rada bez kvara interval  $0 - \tau$  gdje je  $\tau$  trenutak kvara koji se ne može predvidjeti, smatra se promjenjivom veličinom neprekidnog tipa s gustoćom raspodjele  $f(t)$ :

$$\text{za } t > 0 \text{ je } f(t) > 0$$

$$\text{za } t > 0 \text{ je } f(t) = 0$$

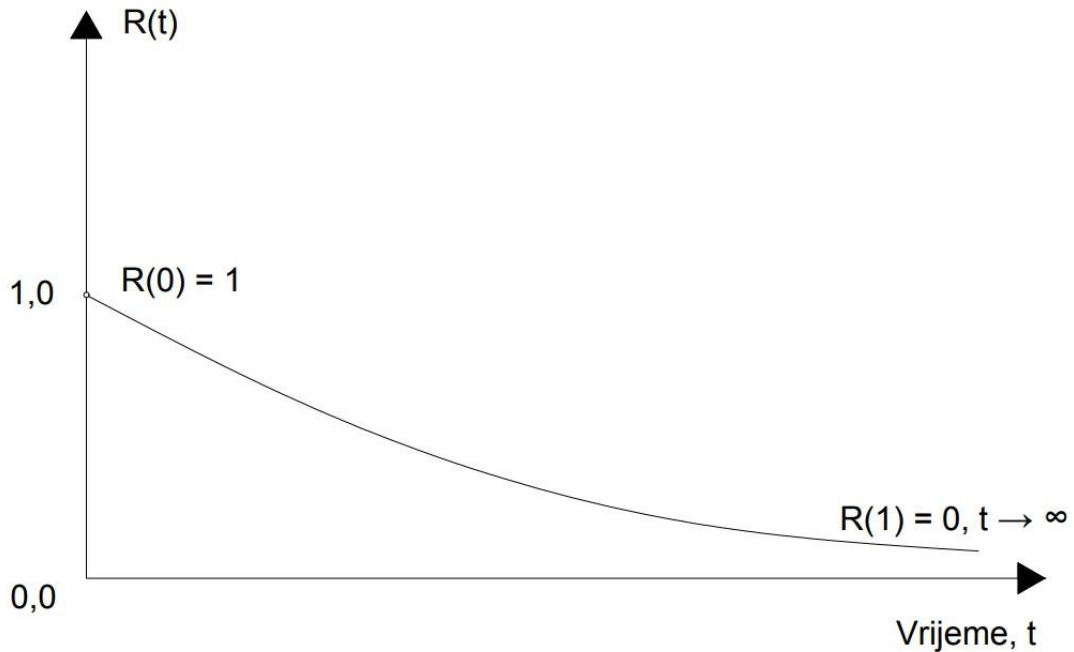
Funkcija raspodjele  $F(t)$  slučajne promjenjive  $\tau$ :

$$F(t) = P(\tau < t) = \int_0^t f(t) dt$$

Ta se funkcija još naziva funkcijom nepouzdanosti koja karakterizira pouzdanost elementa  $R(t)$  što znači da je funkcija pouzdanosti:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(\tau > t) \text{ za } t \geq 0$$

Funkcija pouzdanosti grafičkim prikazom ima oblik kao na grafikonu 4.



Grafikon 4. Grafički prikaz funkcije pouzdanosti

Izvor: Sebastijanović S.,2002.

Praćenjem rada pojedinih dijelova tehničkog sustava do njihovog otkaza može se približno odrediti funkcija pouzdanosti. Ona dobiva još točniju vrijednost u trenutku vremena  $t$ , kada  $N$  teži prema beskonačnosti i kada se ispituje što veći broj elemenata  $N$ .

Takva funkcija se još naziva empirijska funkcija pouzdanosti gdje se za određivanje gustoće raspodjele vremena bezotkaznog rada  $f(t)$  koriste eksperimentalni podaci promatranjem rada pojedinih elemenata unutar sustava do njihovog otkaza. Ako je  $m(t, t + \Delta t)$  broj elemenata koji su otkazali za vrijeme  $(t, t + \Delta t)$ , tada je:

$$N \cdot f(t)\Delta t \approx m(t, t + \Delta t)$$

Određivanje karakteristika pouzdanosti se sastoji od nekoliko osnovnih faza:



- procjena karakteristika pouzdanosti – donošenje zaključaka o ponašanju neograničenog broja uzoraka (sustava) temeljem praćenja ograničenog broja uzoraka
- određivanje zakona raspodjele – najosjetljivija faza jer o njenim rezultatima ovise odluke o praktičnoj primjeni. Temelji se na određenoj hipotezi gdje se u praksi pretpostavi kojem zakonu pripada slučajna promjenjiva veličina te se pristupa provjeri te hipoteze
- ocjena parametara i zakona raspodjele – kontrola korištene hipoteze, obavlja se Kolmogorov – Smirnovim testom na sve navedene raspodjele

Sve te faze se sastoje od nekoliko podfaza, a najvažnije su srednje vrijeme u radu, srednje standardno odstupanje, funkcija pouzdanosti, funkcija nepouzdanosti, funkcija gustoće stanja u kvaru i funkcija intenziteta kvara.

#### 4.4.1 Pouzdanost elemenata tehničkog sustava

Element sustava svaki je nerastavljivi dio sustava te svaki uređaj čija se pouzdanost promatra zasebno od njegovih sastavnih dijelova. Kod proučavanja pouzdanosti tehničkog sustava najbitnije je njegove dijelove raspodijeliti tako da eventualni kvar jednog dijela ne utječe na pouzdanost i rad drugih dijelova. Samim time i pojava kvara na nekom sastavnom dijelu neće utjecati niti će se prenositi na neki drugi dio sustava. (Sebastijanović S., 2002.)

Pri radu tehničkog sustava dolazi do pojave iznenadnih i postupnih kvarova elemenata toga sustava. Na početku se uvijek promatra rad tehničkog sustava do pojave prvog kvara. Neka je sustav sastavljen od  $n$  elemenata s njihovim funkcijama pouzdanosti  $R_1(t), R_2(t), \dots, R_n(t)$ , a ukupna pouzdanost sustava je  $R(t)$ . U tom slučaju potrebno je izraziti funkciju pouzdanosti sustava  $R(t)$  preko funkcija pouzdanosti pojedinih elemenata  $R_i(t)$  za  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Pouzdanost sustava također ovisi i tome kako su elementi raspoređeni unutar sustava. Kao što je već rečeno elementi su samostalni u smislu pouzdanosti, te je funkcija pouzdanosti sustava  $R(t)$  za elemente koji su serijski povezani u tehnički sustav:

$$R(t) = R_1(t)$$

Eksponecijalna raspodjela je poseban slučaj jer su intenziteti kvarova elemenata konstantni, odnosno  $\lambda I(t) = const$ , gdje se za gornju zavisnost  $\lambda I(t)$  dobiva zbroj koji se zapisuje kao:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$$

## 5. DEFINICIJA KVARA, PROCJENA I PONAŠANJE

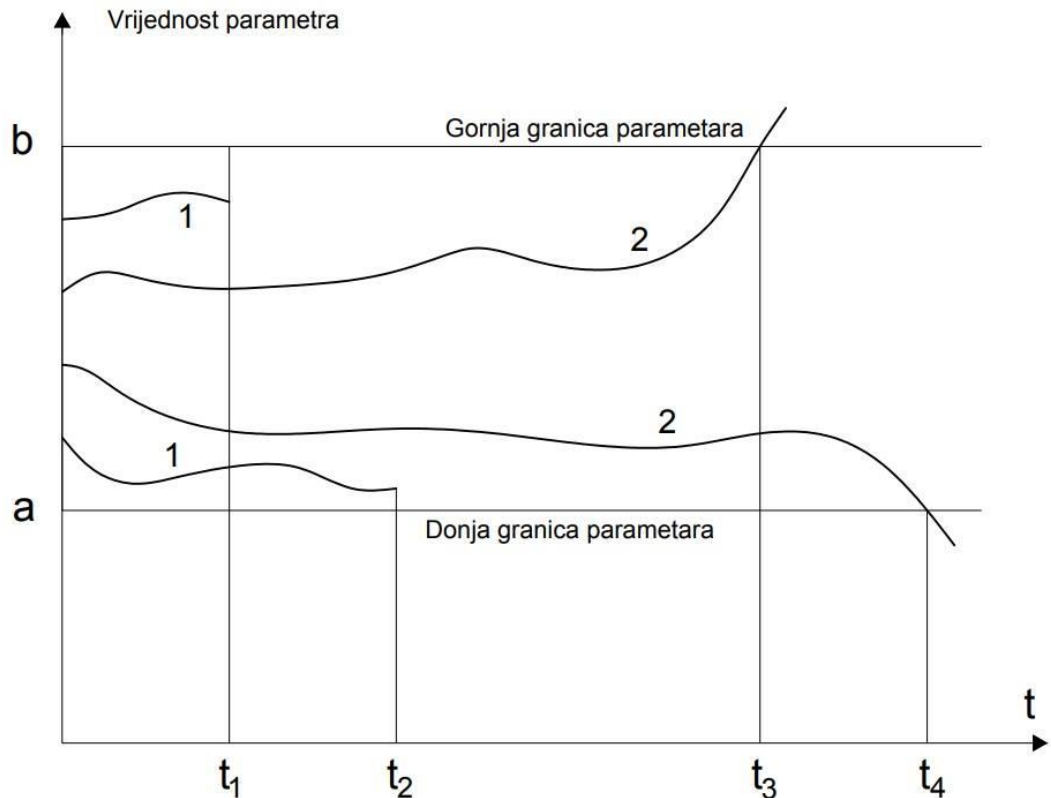
S obzirom na namjenu tehničkog sustava, uvjete eksploatacije i sličnih faktora definicija kvara ili otkaza mora biti precizna. Gubljenje radne sposobnosti stroja tijekom rada uzrokovano je različitim faktorima, koji dovode do promjene početnih parametara sustava te se zbog toga javljaju različita oštećenja.

Manja oštećenja se s vremenom mogu povećati i postati toliko značajna da dovedu do kvara cijeli tehnički sustav, a nastankom kvara sustav više nije u mogućnosti obavljati ono za što je predviđen. Najbitnije komponente kojima se definira kvar su uzrok kvara, manifestacije kvara, njegova lokacija i način otklanjanja.

Tehnički sustav može biti u dva karakteristična stanja, a to su ispravan rad i stanje u kvaru odnosno neispravnost. Tijekom eksploatacije djelovanjem različitih faktora veličina nekog parametra stanja sustava mijenja se tijekom vremena i postiže jednu od dopuštenih granica a ili b kao što je prikazano na grafikonu 5. Kako bi se kvarovi mogli lakše analizirati klasificiraju se prema određenim kriterijima:

- postupak izmjene stanja – neočekivani ili postupni
- povezanost s drugim kvarovima – zavisni ili nezavisni
- mogućnosti korištenja elemenata nakon pojave kvara – potpuno ili djelomično
- način eliminiranja – permanentan i kvar koji se sam otklanja
- vanjski izgled – očigledan ili prikriven
- uzrok nastanka – konstrukcijski, tehnološki, otkazi u radu, posljedica istrošenosti
- priroda njegova nastanka – prirodan ili umjetan
- vrijeme nastajanja – prilikom ispitivanja, probne eksploatacije, redovne eksploatacije ili na kraju radnog vijeka
- njegov intenzitet – slučajni ili sustavski

Stanje kvara ovisi o tome koliko je odstupanje od dopuštenih parametara, te se kvarovi mogu definirati kao djelomični i postupni. Djelomični kvar je stanje tehničkog sustava pri kojemu kompletan sustav ili njegov pojedini dio gubi svoju radnu sposobnost. Nagli gubitak radne sposobnosti naziva se havarijom sustava. To je potpuni trenutni kvar sustava koji je povezan s lomovima i sličnim uništenjima. (Sebastijanović S.,2002.)



Grafikon 5. Grafički prikaz iznenadnog (1) i postepenog kvara (2).

Izvor: Sebastijanović S.,2002.

Prilikom promatranja stanja sustava određuje se da li je uređaj radno sposoban odnosno da li je čitav sustav sposoban da ispuni sve funkcije koje se od njega traže. Pri tome treba voditi računa kako radno sposoban sustav može biti tehnički ispravan ili neispravan, što znači da je ispravan sustav radno sposoban, a neispravan može biti radno nesposoban ili sposoban, ali s nepravilnom funkcijom. Pojava kvara se može promatrati kao:

- slučaj neispravnosti – prati se promjena stanja u određenom vremenskom intervalu
- slučaj otkaza – prati se broj tih kvarova u vremenu

Za navedene kvarove razvile su se metode praćenja pojava kako bi se dobio matematički model promjene stanja sustava. Matematički model podrazumijeva funkciju ili operatora koji opisuju neki objekt zajedno s ulaznim i izlaznim veličinama objekta. Veza između ulaznih i izlaznih veličina piše se u sljedećem obliku:

$$\delta(t) = f(U(t))$$

Ako se proces odvija linearno:

$$\delta(t) = A \times U(t)$$

Modeli se definiraju prema determinističkoj i stohastičkoj metodi.

Deterministička metoda se bazira na prikupljanju informacija, te njihovoj obradi s obzirom na uvjete u kojima se objekt nalazi. Ovom metodom se definiraju ulazne veličine i prate se promjene izlaznih veličina. Nakon što se usporede ulazne i izlazne veličine postavlja se matematički model ponašanja sustava.

Stohastička metoda proučava veći broj sličnih ili istih objekata u različitim ili sličnim mjestima okruženja. S obzirom na to da obrađuje veliki broj podataka i informacija rezultati često ne budu upotrebljivi. Zbog toga se koristi manji broj informacija dobivenih na nekoliko objekata koji rade u istim ili sličnim uvjetima. (Sebastijanović S.,2002.)

Za otkrivanje kvara i predviđanja stanja sustava kao i kod raspodjele kvara koriste se determinističke metode predviđanja, stohastičke metode predviđanja i kombinirane determinističko – stohastičke metode predviđanja. Najbolje rezultati se dobivaju korištenjem kombinirane metode te se upravo zbog toga te metode najčešće primjenjuju.

Uzimajući u obzir veličinu i vrstu promatranog sustava, uzrok pojave kvara, stupanj i mogućnosti određivanja stvarnih veličina, kod modeliranja prognoziranja koriste se sljedeće metode:

- operacijska istraživanja
- matematička statistika
- teorija vjerojatnosti

Operacijska istraživanja se mogu primijeniti samo u slučajevima realnih uvjeta, kada na sustav djeluju negativni faktori koji uzrokuju smetnje i pozitivni faktori koji otklanjaju izazvane smetnje. Dio istraživanja se koristi za proučavanje funkcionalnosti tehničkih sustava, a dio istraživanja primijenjen na prognoziranje stanja sustava proučava trošenje i zamjenu elemenata sustava.

## 6. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA

Uvođenje tehničke dijagnostike prilikom održavanja složenih sustava je veoma važan zahvat radi ugrađenih postrojenja u sustavu. Zadaća tehničke dijagnostike je utvrditi stanje postrojenja s velikom točnošću u pravo vrijeme.

Bez obzira kako nastaje svaki se kvar mora prepoznati i locirati što se postiže metodama tehničke dijagnostike. Preko tehničke dijagnostike se utvrđuje stanje kontinualne eksploatacije tehničkih sustava, preko predviđenih aktivnosti i prognozira daljnje ponašanje sustava. Utvrđivanje tehničkoga stanja sustava direktno je povezano s dijagnostikom i pouzdanošću. ( Radovanović Lj. i Adamović Ž., 2009.)

Tehnička dijagnostika se sastoji od niza radnji čiji je cilj utvrđivanje trenutnog stanje pojedinih dijelova tehničkog sustava te predviđanje stanja u budućnosti. Potrebno je odrediti stanje nekog sustava bez rastavljanja sklopova i dijelova, evidencijom dijagnostičkih pojava.

Kod dijagnostike treba napraviti sljedeće:

- odrediti uzroke pojave odstupanja parametara od dozvoljene vrijednosti
- bilježiti nastale promjene
- ukloniti kvarove i poremećaje putem redovitih servisa, ponekad i izvan njih

Dijagnostika se temelji na jasno utvrđenim pokusnim metodama i o međusobnoj zavisnosti izmjerenih parametara od stanja objekta dijagnostike. Za postavljanje dijagnoze nužno je poznavati dozvoljene vrijednosti odnosno normative njih. (Emert i sur.,1995.)

Još se naziva i teorija prepoznavanja stanja sustava, a koristi se algoritmima, pravilima i modelima za određivanje stanja stroja odnosno nekog tehničkog sustava. Praćenjem postupaka i predviđanjem u kakvoj je stanju tehnički sustav dovodi do zaključka da se tehnička dijagnostika razvila u tri međusobno povezana smjera:

- dijagnostika trenutnog stanja sustava ili pojedinih dijelova sustava
- definicija kvara u vremenu na osnovi praćenja kvara
- predviđanje ponašanja sustava ili njegovih dijelova odnosno procjena šanse za pojavu kvara

Ova znanost je dosegla svoj razvoj zahvaljujući razvitku teorije mjerenja, teorije informacija, teorije vjerojatnosti i kibernetike. Od utvrđivanja kvara što je bio početak razvoja tehničke dijagnostike prešlo se na utvrđivanje stanja sustava i pretpostavke na daljnje

ponašanje sustava u određenom vremenu. Moglo bi se definirati kako je krajnji cilj tehničke dijagnostike da postojećim metodama i opremom doprinosi povećanoj gotovosti i efektivnosti tehničkog sustava u cjelini.

Iz traženog cilja proizlaze i određeni zadaci tehničke dijagnostike u smislu daljnjeg razvijanja metoda i sredstava koja će dati dijagnostičku informaciju o stvarnom stanju tehničkog sustava ili pojedinog dijela, o uzrocima pojave kvara, ponašanja kvara te na taj način utvrditi osnovni cilj dijagnosticiranja. (Sebastijanović S., 2002.)

Proučavanje uzroka neispravnosti jedan je od glavnih zadataka tehničke dijagnostike. Tehnička dijagnostika služi kao pomoćno sredstvo za određivanje pouzdanosti sustava, poboljšanje održavanja i uštedu troškova proizvodnje. Radna sposobnost sustava može se pratiti primjenom specijalne dijagnostičke opreme i obučениh kadrova. Dopušteno stanje se mora definirati pravilnim kriterijima odnosno granicama dopuštenih odstupanja.

U praksi je dokazano kako kvarovi ne nastupaju odmah, nego se radne sposobnosti gube tijekom rada jer dolazi do promjene parametara sustava ili njegovih dijelova što može dovesti do otkaza odnosno kvara. Na osnovi obavljenih analiza i prikupljenih teorijskih znanja o stanju, propisuju se mjere za održavanje s ciljem nestanka uzroka pogoršavanja stanja sustava. Istraživanja se temelje na uvođenju novih modela i postupaka tehničke dijagnostike kako bi se održala zadovoljavajuća pouzdanost tehnološkoga procesa u radu.

Obavljenom analizom postupaka tehničke dijagnostike sustava i kvarovima koji nastaju tijekom eksploatacije formiraju se konkretni planovi mjerenja. Tehničku dijagnostiku potrebno je uvesti u funkciju održavanja sustava kako bi to pridonijelo povećanoj pouzdanosti, ekonomskoj isplativosti te kontinualnoj eksploataciji sustava. (Radovanović Lj. i Adamović Ž., 2009.)

Osnovni pristup tehničkom dijagnosticiranju temelji se na:

- upoznavanju procesa i njegove okoline
- mjerenju ulaznih i izlaznih veličina pri ispravnom radu usporedno s tim veličinama s određenim smetnjama
- uspoređivanju svih dobivenih veličina i njihovoj obradi te zaključcima

Završno određivanje tehničke dijagnostike moguće je na osnovi posebnih područja kao što su:

- praćenje i predviđanje ponašanja sustava u budućnosti

- korištenje računala pri tehničkom dijagnosticiranju
- korištenje informacija te postavljanje i proučavanje otkaza i ostalih uzroka trenutnog stanja

Sve veći zahtjevi za boljom kvalitetom procesa, zavisnost čovjeka od pouzdanosti rada tehničkih sustava, povećanje složenosti sustava postavljaju zahtjeve za još savršenije metode održavanja funkcionalnosti. (Sebastijanović S., 2002.)

Pouzdanost i dijagnostika su međusobno povezani parametri koji pokazuju tehničko stanje sustava kao cjeline. Dijagnostikom se utvrđuje kakva je ispravnost tehničkog sustava, provjerava se radna sposobnost sustava, provjera funkcionalnosti i istraživanje kvarova te otkaza.

Primjenom odgovarajućih instrumenata i na temelju zapažanja izvršitelja korištenjem vlastitih osjetila utvrđuje se radno stanje sastavnoga dijela sustava. Radno stanje sustava još podrazumijeva i prethodno definirane kriterije dopuštenog i nedopuštenog stanja.

Sustav tehničke dijagnostike je zapravo sustav koji obuhvaća sljedeće:

- uspostavljanje točnih pravila promjene parametara stanja i pogodnosti za kontrolu
- odabir dijagnostičkih parametara i proučavanje njihovih promjena i veza s parametrima koji utvrđuju stanje sustava
- utvrđivanje normativa granica dijagnostičkih parametara
- odrediti uvjete za postavljanje dijagnoze
- izbor odgovarajućih metoda i mjernoga sredstva
- određivanje optimalne procedure (Radovanović Lj. i Adamović Ž., 2009.)

### **6.1. Metode i sredstva tehničke dijagnostike**

Najveći problem kod dijagnosticiranja stanja sustava je određivanje u kakvom je stvarnom stanju tehnički sustav. Kod odabira metode dijagnosticiranja potrebno je zadovoljiti zahtjeve sustava u pogledu objektivnosti, jednoznačnosti i ponovljivosti.

Odluka o stanju tehničkog sustava se ne smije donositi temeljem iskustava ili sličnim procjenama prema drugim vanjskim utjecajima. Tehničko stanje sustava se opisuje preko stanja u radu i stanja u kvaru. (Sebastijanović S., 2002.)

Metode koje se koriste za tehničku dijagnostiku sustava s ciljem stalnog praćenja rada tehničkog sustava su:

- subjektivne metode tehničke dijagnostike
- objektivne metode kontrole stanja tehničkog sustava
- metode kontrole trošenja dijelova sustava
- metode vibracije i buke
- ispitivanje bez razaranja
- praćenje korozije i slično.

U velikoj većini slučajeva danas se u svijetu koristi metoda vibracije. S tom metodom se postižu velike uštede, čak i do 20% od ukupnih troškova održavanja.

Osnovna dijagnostička sredstva koja se koriste mogu biti:

- ugrađena – neprekidna kontrola stanja
- prijenosna – kontrola više različitih sustava
- stabilna – koriste se u centru za dijagnostiku, omogućavaju zaštitu od pojava otkaza i pomoću njih se prati stanje dijelova tehničkog sustava (Radovanović Lj. i Adamović Ž., 2009.)

Stanje sustava se očituje usvojenim graničnim vrijednostima odnosno njihovim uspoređivanjem s propisanim graničnim vrijednostima te se donosi odluka da li sustav ispunjava unaprijed definiranu funkciju cilja. Ako to ne ispunjava potrebno je napraviti određene popravke ili regulacije. Nakon što se u potpunosti kompletira izbor dijagnostičkih parametara prelazi se na primjenu permanentne i periodične dijagnoze.

Kod permanentne dijagnoze uređaji za mjerenje se ugrađuju na mjesto praćenja rada s ciljem stalnog praćenja odabranog parametra, a kod periodične dijagnoze praćenje rada ili mjerenje parametara se obavlja povremeno odnosno po potrebi i ta dijagnoza je češće u upotrebi. (Sebastijanović S., 2002.)

## **6.2. Tehnička mjerenja u dijagnostici**

Mjerenje i kontrola parametara polaze od određivanja minimalnog broja mjernih veličina iz kojih proizlazi dovoljno informacija o mjernom objektu. Iz toga se dobiva odabir određenih mjernih veličina, definiranje uvjeta ispitivanja s tolerancijom mjernih veličina,



odabir metoda mjerenja i kontrola, odabir mjerne aparature te odabir pomoćnih pribora odnosno pomagala.

Tehnika mjerenja su dio znanosti o mjerenju te proučavaju sljedeće:

- metode i sredstva za mjerenje
- jedinstvenost mjerenja
- načine kojim se postiže točnost mjerenja
- jedinice za mjerenje fizikalnih veličina
- mjere, etalone i kalibre
- načine za prijenos jedinica od etalona i kalibara do radnih sredstava mjerenja
- teorije grešaka pri mjerenju
- metode statističke kontrole
- matematičku obradu rezultata mjerenja
- klasifikaciju metoda mjerenja i drugo (Sebastijanović S., 2002.)

Metoda mjerenja podrazumijeva skup određenih postupaka, tehnika i sredstva mjerenja, a mogu se podijeliti na mehanička, optička, električna i elektronska. Osnovna razlika između mjerenja i kontrola je u tome što se mjerenjem određuje apsolutna vrijednost neke veličine, a kontrola služi za provjeru odstupanja mjerne veličine od upotrebene usporedne veličine.

Mjerenjem se mora obaviti kontrola procesa, definiranje veličina u znanstveno – tehničke svrhe s ciljem poboljšanja procesa, upravljanje i kontrola gdje su izmjerene veličine osnova za regulaciju i upravljanje.

### **6.3. Određivanje granice kvara i pogodnost kontrole**

Model održavanja se definira prema stanju i primjenjuje se s obzirom na određene granice kvara. Kako bi se odredile granice kvara koriste se preporuke proizvođača aparata i dijagnostičkih instrumenata, propisane norme iz različitih područja, iskustvo na istim ili sličnim sustavima.

Do sada je dokazano kako nije moguće uspostaviti univerzalna mjerila granica kvara te ih primijeniti na različite tehničke sustave. Kod utvrđivanja prihvatljivih razina vibracija, treba promotriti dosadašnja iskustva i faktore kao što su sigurnost rada, troškovi rada, troškovi rada pri prekidu, da li je negativan ili pozitivan utjecaj na ukupni prihod firme. Pronaći pogrešku i pratiti stanje sustava jednostavnije je kod mehaničkih dijelova nego kod

elektronskih i automatskih sustava. Kvar se kod elektronskih i automatskih sustava utvrđuje posebno, u okvirima sklopova.

Kod tekućeg održavanja tehničkog sustava dijelovi koji su se održavali moraju biti pogodni za primjenu predviđenih kontrola. Ako je taj dio uspješno ispunjen kontrola se može obaviti bez poteškoća, a pogodnost kontrole kod tehničkog sustava opisuje mogućnosti i pouzdanost pregleda i kontrole sustava u svim fazama. U kojoj će se mjeri uspjeti provesti kontrole uvelike ovisi o mogućnosti prilaza dijelovima i sklopovima koji su u radu i mogućnosti postavljanja instrumenata odnosno njegovog mjernog dijela na dio objekta nad kojim se obavlja kontrola.

Iz toga svega proizlazi da pogodnost kontrole ovisi o svim svojstvima dijelova sustava i raspoloživim dijagnostičkim sredstvima. U početnoj fazi projektiranja potrebno je predvidjeti načine kontrole i dijagnostička sredstva kontrole te postupke za ocjenjivanje stanja sustava. S obzirom na način provođenja dijagnostičke kontrole mogu biti:

- pojedinačne – primjenjuju se kod kontrole na bazi pojedinačnih parametara
- kompleksne – primjenjuju se pri automatskoj dijagnostici stanja tehničkog sustava putem centraliziranog sustava mreže kanala za prijenos i primanje informacija uz korištenje računala

Bolja pogodnost kontrole se ostvaruje sljedećim faktorima:

- sustav se gradi prema uvjetima mjerenja i dijagnosticiranja
- korištenje najpovoljnijih uvjeta kontrole pri projektiranju sustava
- stalna kontrola mjernih instrumenata i njihovo poboljšavanje
- korištenje automatizacije mjerenja pri obradi podataka
- obučavanje dijagnostičara

Unutar sustava dolazi do pojave iznenadnih i sustavskih kvarova kojima treba odrediti mjesto nastajanja odnosno locirati i odrediti uzroke njihove pojave. Tijekom razvoja tehničkih sustava dolazi do povećanja složenosti proizvodnih sustava i utjecajem brzih računskih strojeva dolazi do razvitka tzv. ekspertnog sustava. (Sebastijanović S., 2002.)

Takvi sustavi daju odgovor na uobičajena pitanja operatora odnosno djeluju kao njegov pomoćnik kako bi pronašao potrebna rješenja za određene probleme. Ekspertne sustave mogu koristiti operatori bez prethodnog znanja i iskustva, ali s posebnom obukom. U novije vrijeme ekspertni sustavi su sastavljeni iz više modula, a zajedno čine cjelinu koja

može podržati upravljanje održavanjem proizvodne opreme. (Radovanović Lj. i Adamović Ž.,2009.)

Ekspertni sustav predstavlja program koji zamjenjuje poslove stručnjaka – eksperta za neko manje područje. Sastoji se iz baze znanja, mehanizma zaključivanja i korisničkog posrednika. Problem kod ekspertnih sustava je u tome što se postavlja pitanje kako određena znanja najbolje prenijeti računalu, da pri rješavanju problema rezultati bili točni i razumljivi za korisnika. Također, potrebno je odrediti mehanizam zaključivanja koji će omogućiti uspješno rješavanje problema i dati korisniku razumljiv proces zaključivanja. (Sebastijanović S., 2002.)

### **6.3.1 Ekspertni sustavi TechMate i RCM – Turbo**

TechMate je ekspertni sustav američke firme IET – Intelligent Electronics iz 1997. godine. Funkcionira kombinacijom rezoniranja "model – based" i "case – based". Rezoniranje putem modela omogućuje čuvanje projektantskoga, inženjerskoga i serviserskoga znanja pripremljenog za dijagnozu problema koji prije toga nisu evidentirani. Rezoniranje zasnovano na slučaju omogućuje korištenje informacija iz jednoga slučaja za dijagnozu drugih slučajeva.

TechMate (slika 6) je softverski alat koji tehničarima pomaže da brzo otklone kvarove na podsklopu te pomažu čitavome sustavu u rješavanju tehničkih problema i omogućuju bolju efikasnost, točnost i produktivnost tehničkog sustava. Vrijeme pronalaska mjesta otkaza se uporabom TechMatea smanjuje za 25 do 60% i automatski generira dijagnostičke procjene s blok – dijagramske sheme koja može biti unesena ručno ili elektronski.

Ovaj ekspertni sustav na početku identificira i procjenjuje test koji bi se koristio za otklanjanje otkaza i potom predlaže najisplativiji test. Ako predloženi test ne prolazi, sustav predlaže sljedeći test, ali se u međuvremenu ažurira baza podataka i formira nova lista mogućih otkaza, a samim time se i sužava područje ispitivanja. Postupak se ponavlja sve dok se ne utvrdi točno mjesto pojave otkaza.

Korisnik se može služiti hiperlinkom za dodatne informacije. Taj modul ekspertnog sustava se koristi samo za dijagnozu otkaza. Korisnik ima mogućnost definirati dijelove sustava, zadati testove za otkrivanje otkaza te unijeti vrijednosti test rezultata koji određuju

je li test pozitivan ili nije. Posebna cjelina je modul u kojem korisnik formira novi model za koji želi dijagnozu.

Nešto složeniji program za održavanje sustava je RCM – Turbo čije su osnovne funkcije opremu analizirati prema prioritetima, određivanje funkcija, otkaza, zadataka na identifikaciji otkaza i optimizacija frekvencije aktivnosti na održavanju.

Raspoloživost, pouzdanost i ukupni troškovi se definiraju na izlazu RCM – Turbo. Ukupni troškovi sadrže troškove realizirane u izvođenju zadataka i gubitke koji nastaju zbog neplaniranih otkaza. (Radovanović Lj. i Adamović Ž.,2009.)



Slika 6. Sportske Bluetooth slušalice TechMate

Izvor: <https://www.amazon.in/TechMate-Headphones-Bluetooth-TMBE-181-Black/dp/B07GNLJB4H>

#### 6.4. Vibrodijagnostika kod tehničkih sustava

Pravilnim odabirom mjernih mjesta i definiranom procedurom praćenjem vibracijskog ponašanja može se uspješno izvršiti praćenje sljedećih poremećaja:

- neuravnoteženost obrtnih elemenata i sklopova
- nepodešenost
- ekscentricitet
- iskrivljenost vratila i osovina
- stabilnost veze između nosećih struktura i sklopova koji se na njima nalaze
- svi poremećaji u radu kotrljajnih ležajeva
- kvarovi elektromotora
- pojava kavitacije kod pumpnih postrojenja
- promjene stanja zupčastih prijenosnika

Zadatak dodatnog softvera je da uređajem omogući postupak dinamičnoga uravnoteženja obrtnih sklopova i elemenata u vlastitim ležajevima. Prednosti takvog načina balansiranja su uštede u vremenu i novcu, u obzir se uzimaju svi uvjeti kao što su temperatura, tlak, način montaže, krutost itd. te se u potpunosti eliminiraju troškovi i problemi vezani uz transport do stroja ili uređaja za balansiranje.

Na početku se svi tehnički sustavi i podsustavi trebaju uvrstiti u program stalnog praćenja vibromehaničkoga stanja. Zatim se inicijalizira baza podataka u okviru softverskoga paketa (prateći dio uređaja). Ta baza je osnova za sva mjerenja, analize rezultata, generiranje izvještaja i provođenje korektivnih mjera. Softver i baza podataka zajedno se instaliraju na računalu kod korisnika.

Tim postupkom osigurano je jednostavno praćenje stanja tehničkog sustava i uočavanje poremećaja na njemu. Samim time se u potpunosti izbjegavaju mogućnosti pojave iznenadnih, nepredviđenih kvarova koji se mogu pojaviti u najnepovoljnijem trenutku funkcioniranja sustava.

Prema iskustvima, vibrodijagnostika se vrši prije početka i po završetku remontnih aktivnosti u poduzećima. Time se definira obujam i početno stanje tehničkih sustava prije početka eksploatacije, a ujedno se i kontrolira nivo kvalitete remontnih radova. (Radovanović Lj. i Adamović Ž., 2009.)

### **6.5. Subjektivni i objektivni postupci dijagnostike**

Zna se dogoditi da je potrebno definirati velik broj parametara što zahtijeva i velik broj dijagnostičkih instrumenata i više metoda dijagnosticiranja kombinirano. Velik broj metoda dijagnostičke kontrole svodi se na primjenu već prihvaćenih metoda dijagnostike.

Široko područje kontrole pokrivaju metode koje su opće prihvaćene kao što su kontrola i praćenje vibracija, toplinskog stanja, maziva i drugo, a neke metode se dovode u vezu s posebnim vrstama sustava. Stoga se osnovni postupci dijagnostike dijele na subjektivne i objektivne metode. (Sebastijanović S., 2002.)

Subjektivne metode se dijele na ispitivanje šuma i buke, vizualna i optička ispitivanja te ispitivanja mirisa.

Kod ispitivanja šuma i buke često se javljaju treperenje i vibracije sastavnih dijelova sustava, što nosi određen dijagnostički sadržaj informacija. Dijagnosticiranje elemenata se može obaviti čulom sluha. Ako šumovi nisu dostupni za ljudsko uho koriste se stetoskopi različitih vrsta koji je podesiv za registriranje i lociranje mjesta otkaza.

Pomoću ljudskog oka koriste se vizualna i optička ispitivanja razlikama po svjetlosti, bojama, sjaju i intenzitetu. Za manje dimenzije i ograničene prostore koriste se povećala, mikroskopi i slični instrumenti koji povećavaju stvari koje nisu jasno vidljive ljudskom oku.

Postupci koji se najčešće primjenjuju su:

- endoskopija – promatranje nepristupačnih mjesta endoskopom (savitljive manje cijevi sa sijalicom i ogledalom), a razlikujemo stabilne i prenosive.
- ogledala za promatranje i kontrolu predmeta
- uređaji za promatranje unutrašnjosti cijevi i rezervoara, građeni su od male sonde i uvećavajućeg stakla, na krajnjem dijelu sonde je mala sijalica napajana od rukohvata u kojem su baterije
- ispitivanje prodiranja – koristi se za otkrivanje nevidljivih otvora u dijelovima uređaja. Postupak je jednostavan, pouzdan i jeftin.
- magnetski tok – koristi se kako bi se otkrile nepravilnosti magnetskog toka kod elemenata koji imaju nepravilnosti u strukturi materijala. Postupci koji se najčešće koriste su s magnetnim prahom i s magnetnom gumom (silikon – kaučuk) gdje se čestice rasporede oko mjesta pukotine i snažnim izvorom svjetlosti i odgovarajućim uređajima za uveličavanje otkrivaju nepravilnosti
- ispitivanje pomoću boje kod dijagnosticiranja temperature

Objektivni postupci mjerenja i kontrola obuhvaćaju mjerenje pogonskih parametara i ispitivanja nusproizvoda. Mjerenja pogonskih parametara sadrže mjerenje temperature i

tlaka, broja okretaja, zakretnog momenta, opterećenja ili snage, stupnja iskorištenja, vremena i drugo. (Sebastijanović S., 2002.)

Prilikom mjerenja temperature mjeri se temperatura ulja, vode i slično u sustavu kako bi se uočile promjene. Za mjerenje temperature razvijene su razne specijalne metode i uređaji:

- temperaturne indikatorske trake – mjerne trake s izraženim promjenama pri promjeni temperature
- elektronski termometri – imaju malu sondu u obliku olovke i toplinske senzore, a u cjelinu su povezani savitljivim kablom s indikatorskom jedinicom malog formata.
- Temperaturne sonde, termoparovi i otporni termometri različitih veličina i oblika ugrađuju se u pogonu na važnim mjestima gdje se može signalizirati o promjenama temperature prije pojave kvara
- Temperaturni indikator – ručni instrumenti različitih izvedbi za precizno mjerenje temperature na površini u pokretu ili u stanju mirovanja bez kontakta s tom površinom.

Postoji niz uređaja za mjerenje broja okretaja koji se mogu svrstati u sljedećih nekoliko skupina:

- svjetlosnim snopom bez dodira
- s kontaktom na različite načine
- mjerenje obodne brzine
- specijalni elektronski mjerači za motore s unutarnjim izgaranjem i slično

Kod mjerenja zakretnog momenta bitno je znati parametar kod prijenosnika snage, elektromotora, motora SUI, generatora i slično, kod kojih se također mjeri i snaga te opterećenje. Za mjerenje vremena koriste se razni konvencionalni i specijalni kronometri. (Sebastijanović S.,2002.)

## 7. PRIMJERI MJERENJA SPECIFIČNE POTROŠNJE GORIVA S I BEZ UPORABE MAGNETA

Na internetu je rečeno kako se ušteda kreće između 5 i 20%, a cijeli princip počinje sa permanentnim magnetima koji polariziraju gorivo, poboljšavajući izgaranje motora i smanjujući potrošnju goriva jer je gorivo podložno utjecaju magnetnih sila.

Navodno će se molekula ugljika polarizirati i na taj način smanjiti međumolekularne privlačne sile. Takvo polarizirano gorivo bi se trebalo lakše spojiti s kisikom, te tako stvoriti bolju gorivo smjesu i omogućiti bolje izgaranje. (<https://www.njuskalo.hr/ostala-autooprema/magnetski-steditelji-goriva-oglas-2534576>)

Mjerenja specifične potrošnje goriva u točno određenom vremenskim intervalima pri konstantnom broju okretaja obavljeno je vrlo preciznom digitalnom vagom (slika 7).



Slika 7. Mjerna vaga

Izvor: vlastita fotografija

Kontrola mjerenja specifične potrošnje goriva pri konstantnom broju okretaja obavljeni su bez i s magnetima, koji su postavljeni na odvodne visokotlačne cijevi iz crpke visokog tlaka (slika 8).

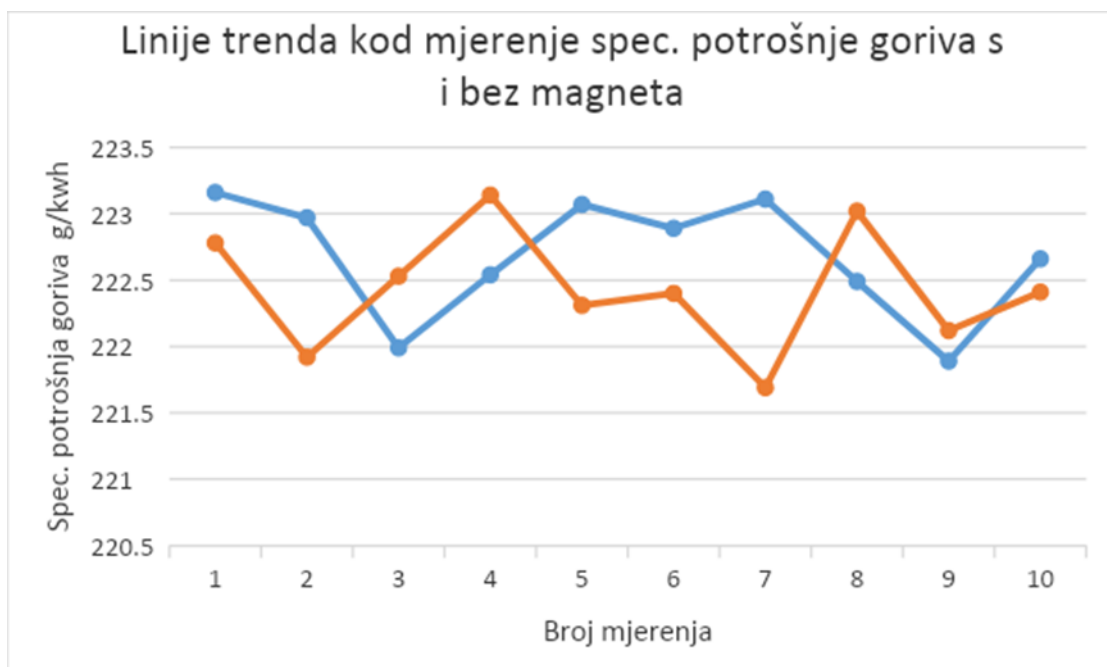




Slika 8. Magneti za uštedu goriva

Izvor: vlastita fotografija

Rezultati mjerenja i razlika između mjerenja potrošnje goriva bez magneta i s magnetima je također prikazana u grafikonu 6.



Grafikon 6. Rezultati mjerenja

Izvor: Autor

Mjerenja specifične potrošnje goriva traktora Torpedo 7506 s motorom FL712 su izvršena deset puta bez magneta i deset puta s magnetima. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Rezultati mjerenja

Izvor: Autor

Vrsta goriva Eurodiesel	Aritmetička sredina (g/kWh) bez magnetskih ventila	Aritmetička sredina (g/kWh) sa magnetskim ventilima
	223,16	222,78
	222,97	221,92
	221,99	222,53
	222,54	223,14
	223,07	222,31
	222,89	222,4
	223,11	221,69
	222,49	223,02
	221,89	222,12
	222,66	222,41
Prosjek	222,677	222,432

Pri najnižem broju okretaja motora od  $800 \text{ min}^{-1}$ , uočava se trend smanjenja specifične potrošnje goriva pri uporabi magneta.

Naša mjerenja su pokazala da do tako velikog smanjenja potrošnje goriva nije došlo (grafikon 6), a uočene razlike su u granicama statističke pogreške.

## 8. RASPRAVA

Zbog slabijeg razvoja industrije tijekom prošlosti održavanje tehničkih sustava, kao i poljoprivrednih strojeva, je bilo zapostavljeno. Tek nakon projektiranja složenijih sustava i industrijskim napretkom među ljudima se probudila svijest o važnosti održavanja. Sve su se više razvijale ideje o predviđanju kvarova kontinuiranim praćenjem rada tehničkog sustava i vođenjem evidencije o radu pojedinih elemenata, što je pridonijelo duljem radnom vijeku tih elemenata kao i cijelog tehničkog sustava.

Pravilnim i redovitim održavanjem se povećavao broj radnih sati elemenata tehničkog sustava prije njegove potrebne zamjene ili popravka, primjerice Banaj Đ. i Šmrčković P. (2003.) u svome radu navode kako se ulje u motorima u prošlosti mijenjalo nakon 100 radnih sati, a danas se to obavlja nakon 250 radnih sati, a kod nekih proizvođača čak i nakon 500 radnih sati.

Održavanje tehničkog sustava ozbiljnije shvaćeno nakon prvog europskog kongresa EFNMS 1972. gdje su uspostavljena osnovna načela održavanja tehničkog sustava:

- čekaj i vidi – reagirati tek nakon pojave kvara
- oportunistički pristup – reakcija započinje nakon pojave kvara bez točne procjene stanja zamijenjenih elemenata
- preventivno reagirati – na temelju ranijih pokazatelja obaviti održavanje prije nastanka kvara
- predvidjeti kvar – znati vjerojatnost pojave kvara i popraviti ili zamijeniti dijelove koji mogu dovesti do kvara
- održavati tehnički sustav na temelju utvrđenog stanja dijelova i cjeline – stanje se utvrđuje dijagnostičkim metodama

Za održavanje je bitno poznavati područja koja su usko povezana sa funkcioniranjem tehničkog sustava. Tako je oduvijek vrlo važno bilo poznavanje mehanike, matematike, konstrukcija te je bilo potrebno pratiti razvoj tehnologije. Daljnim napretkom tehnologije razvili su se složeniji tehnički sustavi gdje je praćenje elemenata bilo moguće putem računala. (Sebastijanović S.,2002.)

U modernije doba dolazi do novih zahvata koji su povezani s određenom razinom „umjetne inteligencije“ gdje se održavanje prati putem računala i kontrolera. Primarna funkcija tih uređaja je kontrola, monitoring, signalizacija i dijagnosticiranje. (Banaj Đ. i Šmrčković P.,2003.)

Ekspertnim sustavima se lakše rješavaju problemi tijekom proizvodnje. Novije vrste ekspertnih sustava za održavanje su napravljene iz više modula sastavljenih u jednu cjelinu koja u potpunosti može kontrolirati održavanje proizvodne opreme.

Nadalje, kod ekspertnih sustava poseban dio čini modul. Unutar njega korisnik može formirati novi model za koji želi napraviti dijagnozu. Korisnik je u mogućnosti definirati dijelove sustava , napraviti testove za otkrivanje otkaza te potom unijeti vrijednosti test – rezultata, na temelju kojih se određuje je li test pozivan ili negativan. (Radovanović Lj. i Adamović Ž.,2009.)

Vrlo je jasno kako se tehnologija znatno brzo razvija s obzirom na to da se tehnički sustavi, u ne tako dalekoj prošlosti, nisu održavali, te je pojava kvara bila neizbježna. U današnje vrijeme temelj održavanja tehničkih sustava je predviđanje kvarova i njihovo otklanjanje prije nastanka na sustavu.

Na internetskim stranicama se može pročitati kako protokom goriva između magneta u motorima SUI dolazi do polarizacije goriva. Takvo gorivo razbijenih i usitnjenih molekula čišće izgara u cilindru, što smanjuje čađu u motoru i pospješuje iskoristivost goriva, a samim time smanjuje potrošnju motora i štedi gorivo. (<https://www.njuskalo.hr/ostala-autooprema/magnetski-steditelji-goriva-oglas-2534576>)

Iz navedenog je vidljiva važnost pravovremenog praćenja i servisiranja svih tehničkih sustava tijekom njihovog rada.

## 9. ZAKLJUČAK

Kod svake poljoprivredne proizvodnje potrebno je osigurati visoku produktivnost rada što znači sa što manjim ulaganjima sredstava za rad postići što bolje rezultate rada, te je to bitan čimbenik u ocjenjivanju pravilne eksploatacije stroja.

Velike uštede se postižu pravilnim i kvalitetnim održavanjem tehničkih sustava, a planiranje je bitan temelj kako bi se unaprijed predvidjeli potencijalni kvarovi unutar tehničkog sustava. Kod motora vrlo značajna mjera je pravovremeno uočavanje kvarova i oštećenja dijelova sustava te njihovo otklanjanje ili zamjena.

Kako bi postupak zamjene odnosno popravka bio u potpunosti pravilno izveden potrebno je imati odgovarajuće alate, uređaje, prostor odnosno radionicu, te stručne radnike koji će te iste zadatke moći izvršiti.

Svako održavanje tehničkog sustava ovisi o mogućnostima tvrtke odnosno o njezinoj financijskoj situaciji te se mora težiti manjim troškovima tijekom rada i postizanjem što veće pouzdanosti sustava koristeći svu postojeću tehniku.

Vodenje evidencije tijekom rada tehničkog sustava može se dobro iskoristiti kao podloga za projektiranje tehničkih sustava s boljom efektivnošću tijekom rada i rjeđim pojavama kvarova.

S obzirom na različite namjene tehničkih sustava od velike je važnosti pravovremeno i precizno uočavanje kvarova. Nepravovremenim uočavanjem manjih oštećenja moguće je njihovo proširenje na druge dijelove te može doći do kvara kompletnog tehničkog sustava, a samim time tehnički sustav više nije u mogućnosti obavljati ono za što je predviđen.

## 10. POPIS LITERATURE

1. Banaj A. (2016.): Održavanje tehničkih sustava, seminarski rad iz modula „Strategija održavanja tehničkih sustava u poljoprivredi“.
2. Banaj Đ, Šmrčković P. (2003.): Upravljanje poljoprivrednom tehnikom, Osijek.
3. Brčić J., Brkić D., i Vujčić M. (1994.): Održavanje traktora i poljoprivrednih strojeva, Osijek.
4. Emert R., Jurić T., Filipović D., Štefanek E. (1995.): Održavanje traktora i poljoprivrednih strojeva, Osijek.
5. Karić M. (2006.) Suvremeni pristupi planiranju održavanja, zbornik radova, znanstveno stručni skup, Osijek, 55-62.
6. Landeka S. (2004.) Motori i traktori, drugo izdanje, Vinkovci.
7. Radovanović Lj., i Adamović Ž. (2009.) Utjecaj tehničke dijagnostike na pouzdanost i kontinualnu eksploataciju tehničkih sustava, zbornik radova znanstveno stručni skup, Osijek, 135-141.
8. Sebastijanović S., Banaj Đ., i Šumanovac L. (2006.) Struktura održavanja i terotehnološka funkcija, zbornik radova, znanstveno stručni skup, Vinkovci, 25-34.
9. Sebastijanović S. (2002.): Osnove održavanja strojarских konstrukcija, Slavonski Brod.
10. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Sustav>
11. [https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A833/datastream/PDF/view?fbclid=IwAR30q27uVutwXKbA1IJ\\_APJNuMCpjSJgSJQHHRZT2j4Ll16-NDMTv\\_jmQmc](https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A833/datastream/PDF/view?fbclid=IwAR30q27uVutwXKbA1IJ_APJNuMCpjSJgSJQHHRZT2j4Ll16-NDMTv_jmQmc)
12. <https://www.njuskalo.hr/ostala-autooprema/magnetski-steditelji-goriva-oglas-2534576>
13. [https://www.researchgate.net/publication/307757488\\_Modeli\\_funkcije\\_efektivnosti\\_tehnickih\\_sistema\\_Models\\_of\\_the\\_technical\\_systems\\_effectiveness\\_function](https://www.researchgate.net/publication/307757488_Modeli_funkcije_efektivnosti_tehnickih_sistema_Models_of_the_technical_systems_effectiveness_function)
14. <http://www.unizd.hr/portals/1/nastmat/Terotehnologija/TEROTEHNOLOGIJA%20PREDAVANJA%20PREZENTACIJA.pdf>
15. [https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS\\_4.pdf](https://www.visokaskola.edu.rs/files/predmeti/tomislav.marinkovic/EiOGasS_4.pdf)

## **11. SAŽETAK**

Svakim danom potrebno je pratiti tehnologiju i otkrivati suvremenije te kvalitetnije metode održavanja u svim segmentima industrije i gospodarstva, a samim time i kod tehničkih sustava. Kvalitetno održavanje sustava donosi pozitivan rezultat jer će pojava kvara ili otkaza odstupati od traženih rezultata unutar granica dozvoljenih odstupanja. Za pozitivan rezultat vrlo je važno unaprijed poznavati ponašanje pojedinih dijelova te moguće kvarove i prepoznati njihovu izdržljivost u budućnosti. Raznim metodama održavanja svih svojstava jednog tehničkog sustava vrlo je važno pridonijeti smanjenju troškova, posebice neplaniranih, sa što boljim rezultatima rada.

Ključne riječi: tehnički sustav, održavanje, svojstva, kvarovi.

## **12. SUMMARY**

Every day, it is necessary to follow-up technology and discover modern and more quality methods of maintenance in all segments of industry and economy, therefore also in technical systems. Quality maintenance system brings a positive result because the occurrence of malfunction deviate from the required results within the limits of permissible deviations. For a positive result it is very important to be familiar with the behavior of individual parts and possible malfunctions and recognize their durability in the future. With various methods of maintaining all the characteristics of a single technical system it is very important to contribute to reducing costs, especially unplanned ones, with the best possible work results.

Keywords: technical system, maintenance, performance, malfunctions.



### 13. POPIS TABLICA

Redni broj tablice	Naziv	Broj stranice
1.	Rezultati mjerenja	45

## 14. POPIS SLIKA

Redni broj slike	Naziv	Stranica
1.	Shema tehničkog sustava	6
2.	Tehnički sustav	7
3.	Održavanje i popravak sredstava za rad	14
4.	Rezervni dijelovi	16
5.	Održavanje traktora	18
6.	Sportske Bluetooth slušalice TechMate	39
7.	Mjerna vaga	43
8.	Magneti za uštedu goriva	44

## 15. POPIS GRAFIKONA

Redni broj grafikona	Naziv	Stranica
1.	Optimalne veličine efektivnosti sustava za proizvođača	21
2.	Optimalne veličine efektivnosti sustava za potrošača	21
3.	Sustav u funkciji i prilagođavanju uvjetima okoline	22
4.	Grafički prikaz funkcije pouzdanosti	27
5.	Grafički prikaz iznenadnog (1) i postepenog kvara (2).	30
6.	Rezultati mjerenja	44

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, Mehanizacija

Diplomski rad

Održavanje i moguća poboljšanja tehničkih sustava u funkciji smanjenja troškova eksploatacije  
Ivan Petrinović

### Sažetak:

Svakim danom potrebno je pratiti tehnologiju i otkrivati suvremenije te kvalitetnije metode održavanja u svim segmentima industrije i gospodarstva, a samim time i kod tehničkih sustava. Kvalitetno održavanje sustava donosi pozitivan rezultat jer će pojava kvara ili otkaza odstupati od traženih rezultata unutar granica dozvoljenih odstupanja. Za pozitivan rezultat je vrlo važno unaprijed poznavati ponašanje pojedinih dijelova te moguće kvarove i prepoznati njihovu izdržljivost u budućnosti. Raznim metodama održavanja svih svojstava jednog tehničkog sustava vrlo je važno pridonijeti smanjenju troškova, posebice neplaniranih, sa što boljim rezultatima rada.

Ključne riječi: tehnički sustav, održavanje, svojstva, kvarovi.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** doc.dr.sc. Drago Kraljević

**Broj stranica:** 54

**Broj grafikona i slika:** 14

**Broj tablica:** 1

**Broj literaturnih navoda:** 15

**Broj priloga:** /

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Datum obrane:** 20.7.2020.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Prof.dr.sc. Pavo Baličević, predsjednik
2. Doc. dr.sc. Drago Kraljević, mentor
3. Prof.dr.sc. Luka Šumanovac, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, kralja Petra Svačića  
1d.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agriculture**  
**University Graduate Studies, Mechanization**

**Graduate thesis**

Maintenance and possible improvements of technical systems in order to reduce operating costs

Ivan Petrinović

### **Abstract:**

Every day, it is necessary to follow-up technology and discover modern and more quality methods of maintenance in all segments of industry and economy, therefore also in technical systems. Quality maintenance system brings a positive result because the occurrence of malfunction deviate from the required results within the limits of permissible deviations. For a positive result it is very important to be familiar with the behavior of individual parts and possible malfunctions and recognize their durability in the future. With various methods of maintaining all the characteristics of a single technical system it is very important to contribute to reducing costs, especially unplanned ones, with the best possible work results.

Keywords: technical system, maintenance, performance, malfunctions.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** doc.dr.sc. Drago Kraljević

**Number of pages:** 54

**Number of figures:** 14

**Number of tables:** 1

**Number of references:** 15

**Number of appendices:** /

**Original in:** Croatian.

**Thesis defended on date:** 20.7.2020.

### **Reviewers:**

1. Prof.dr.sc. Pavo Baličević, predsjednik
2. Doc. dr.sc. Drago Kraljević, mentor
3. Prof.dr.sc. Luka Šumanovac, član

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.