

Održavanje i podrživost kompleksnih sustava : opća obilježja u skladu s IEC normama

Ćelić, Jasmin; Kraš, Antun

Authored book / Autorska knjiga

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Publication year / Godina izdavanja: **2019**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:949168>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-22**



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

Repository / Repozitorij:

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



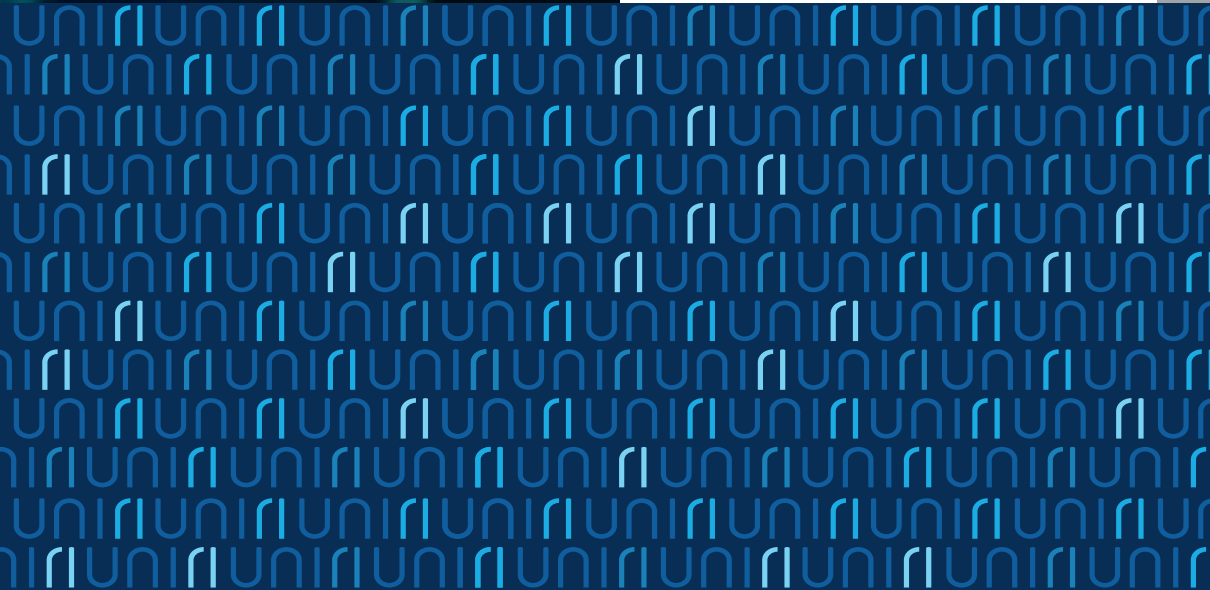


Jasmin Ćelić, Antun Kraš

Održavanje i podrživost kompleksnih sustava

Opća obilježja u skladu s IEC normama

Prvo izdanje



UNIRI

PFRI Pomorski fakultet
Sveučilišta u Rijeci

Jasmin Čelić, Antun Kraš
ODRŽAVANJE I PODRŽIVOST KOMPLEKSNIH SUSTAVA
Opća obilježja u skladu s IEC normama



Izdavač

Sveučilište u Rijeci

Pomorski fakultet

Autori knjige

doc. dr. sc. Jasmin Čelić

dr. sc. Antun Kraš

Urednik

Vesna Vranić Kauzlarić, dipl. inž.

Recenzenti

prof. dr. sc. Vinko Tomas

prof. dr. sc. Saša Vlahinić

doc. dr. sc. Aleksandar Cuculić

doc. dr. sc. Rene Prenc

doc. dr. sc. Jasminka Bonato

Lektura i korektura

Laida Bušljeta, prof.

Grafička priprema

Bar d.o.o., Rijeka

ISBN 978-953-165-129-5

Digitalno izdanje

Prvo izdanje

Ova knjiga izdana je uz potporu Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske.

Odlukom Povjerenstva za izdavačku djelatnost Sveučilišta u Rijeci KLASA: 003-01/20-03/02,
URBROJ: 2170-57-01-20-337 od 22. rujna 2020. ovo se djelo objavljuje kao izdanje Sveučilišta u Rijeci

Jasmin Ćelić, Antun Kraš

Održavanje i podrživost kompleksnih sustava

Opća obilježja u skladu s IEC normama

Prvo izdanje



SADRŽAJ

PREDGOVOR	7
1 UVOD	9
2 DEFINICIJE OSNOVNIH POJMOVA	11
2.1 Općenito o definicijama osnovnih pojmova	11
2.2 Sustav	12
2.3 Održavanje	12
2.4 Kvar	13
2.5 Pouzdanost	14
2.6 Održavljivost	15
2.7 Podrživost	16
2.8 Raspoloživost	17
2.9 Vijek trajanja	18
2.10 Održivost	18
3 PODRŽIVOST I RELEVANTNE IEC NORME	20
3.1 Općenito o podrživosti	20
3.2 Aspekti podrživosti	20
3.3 Norme referentne za podrživost	23
3.3.1 Polazna norma	24
3.3.2 Specifične norme podrživosti	25
3.3.3 Norme podrživosti/ održavljivosti	27
4 OPĆENITO O ODRŽAVANJU I PODRŠCI ODRŽAVANJU	29
4.1 Osnovna klasifikacija akcija održavanja	29
4.2 Karakteristične akcije održavanja	31
4.3 Razine razlaganja i održavanja	33
4.4 Ešaloni održavanja	34
4.5 Politika održavanja	35
4.6 Karakteristična vremena održavanja	36
5 ASPEKTI ODRŽAVANJA I PODRŽIVOSTI TIJEKOM VIJEKA TRAJANJA SUSTAVA	40
5.1 Stadij osmišljavanja i definiranja	40
5.2 Stadij projektiranja i razvoja	41
5.3 Stadij proizvodnje	42
5.4 Stadij instaliranja	42
5.5 Stadij djelovanja i održavanja	43
5.6 Stadij uklanjanja iz djelovanja	43

6	KARAKTERISTIČNI PROCESI ODRŽAVANJA I OSIGURAVANJA PODRŠKE ODRŽAVANJU	46
6.1	Upravljanje održavanjem i podrškom održavanju	46
6.2	Planiranje održavanja i podrške održavanju	48
6.2.1	Planiranje akcija održavanja	49
6.2.2	Analiza zadataka održavanja	50
6.2.3	Utvrđivanje resursa podrške održavanju	50
6.3	Priprema održavanja i podrške održavanju	51
6.4	Izvođenje održavanja	52
6.5	Preispitivanje održavanja i podrške održavanju	52
6.6	Poboljšavanje održavanja i podrške održavanju	53
7	RESURSI ODRŽAVANJA I PODRŠKE ODRŽAVANJU	55
7.1	Ljudski resursi	55
7.2	Pričuvni dijelovi i materijali	57
7.3	Infrastruktura	61
7.3.1	Oprema za podršku održavanju	62
7.3.2	Objekti za izvođenje i podršku održavanju	64
7.3.3	Računalni informacijski sustav za održavanje	65
7.4	Informacijski resursi	65
7.5	Financijski resursi	65
8	LJUDSKE POGREŠKE U ODRŽAVANJU	66
8.1	Mogući uzroci ljudskih pogrešaka u održavanju	66
8.2	Tipična ljudska ponašanja	67
8.3	Ljudska osjetila i antropološke karakteristike ljudskog tijela	68
8.4	Utjecaj ljudskog stresa na pogreške u održavanju	68
8.5	Opće smjernice za reduciranje ljudskih pogrešaka u održavanju	70
9	e - ODRŽAVANJE	70
9.1	Čimbenici primjene e-održavanja	71
9.2	Prednosti e-održavanja	72
9.2.1	Potencijalna poboljšanja vrsta i strategija održavanja	72
9.2.2	Potencijalna poboljšanja podrške održavanju i alata za održavanje	73
9.2.3	Potencijalna poboljšanja aktivnosti održavanja	74
	LITERATURA	76
	POPIS KRATICA	78
	KAZALO POJMOVA	79

PREDGOVOR

Budući da je težišna tematika ovog udžbenika opisivanje općih obilježja održavanja i podrživosti kompleksnih sustava (u daljnjem tekstu: sustava), u skladu s IEC normama, svrsishodno je dati kratki pregled razvoja normativne djelatnosti ovog međunarodnog tijela.

Godine 1965., Međunarodna elektrotehnička komisija (engl. International Electrotechnical Commission), IEC, uspostavila je Tehnički komitet 56 (engl. Technical Committee 56), TC56, za normiranje u polju pouzdanosti. Prvobitni naziv za IEC TC56 bio je „Pouzdanost elektroničkih komponenata i opreme“ (engl. „Reliability of electronic components and equipment“). 1980. godine naziv je promijenjen u „Pouzdanost i održavljivost“ (engl. „Reliability and Maintainability“) za normiranje u polju pouzdanosti i održavljivosti proizvoda (sustave). Godine 1988. naziv je promijenjen u „Održivost“ (engl. „Dependability“), pri čemu je taj naziv (i pojam) bio zajednički za pojmove pouzdanost, raspoloživost, održavljivost i podrška održavanju (sada podrživost), uglavnom fokusiran na primjenu u elektrotehničkoj tehnologiji. 1990. godine, s Međunarodnom organizacijom za normiranje (engl.: International Organization for Standardization), ISO, ugovoreno je da IEC TC56 razvija normiranje održivosti primjenjive i na druge tehnološke sustave. U skladu sa Strateškim planom poslovanja (engl. Strategic Business Plan), odobrenim 2009. godine, normativna djelatnost IEC TC56 obuhvaća opće aspekte upravljanja programom održivosti, tehnike ispitivanja i analitike, održivost softvera i sustava, procjenu troškova vijeka trajanja i tehničku procjenu rizika (Loll, 2017).

Održivost je pojam kojim se, u najopćenitijem smislu, izražava sposobnost sustava da djeluje kao što se od njega zahtijeva. Kao što je naprijed spomenuto, održivost obuhvaća osnovna obilježja sustava kao što su raspoloživost, pouzdanost, održavljivost i podrživost. Polazeći od toga, razvidno je da su obilježja podrživosti, sastavni dio osnovnih obilježja održivosti sustava, usredotočena na učinkovitost održavanja i djelovanja sustava. Taj aspekt obilježja održivosti, tj. opća obilježja funkcije održavanja i podrživosti, u skladu s relevantnim IEC normama, okosnica je tematike koja se razmatra u ovom udžbeniku.

Treba, međutim, napomenuti da se u korištenim referentnim IEC normama, zapisanim na engleskom jeziku, pojavljuju specifični pojmovi iz područja podrživosti koji, za sada, uopće nemaju ili, prema mišljenju autora, nemaju prikladni prijevod na standardnom hrvatskom jeziku i ne nalaze se u objavljenim rječnicima hrvatskoga jezika niti u, do sada, prevedenim IEC normama objavljenim od strane Hrvatskog zavoda za norme (HZN). Zbog toga, autori koriste osobni „slobodni“ prijevod takvih pojmova, s kratkim objašnjenjima, uz želju da se intenzivira rad na prihvaćanju njihovog prikladnog pojmavnog prijevoda na hrvatskom jeziku.

1 UVOD

Održavanje i podrživost sustava čimbenici su postignuća zahtijevane održivosti toga sustava tijekom njegovog vijeka trajanja. Sposobnost djelovanja, kao i ispunjenje zahtjeva održivosti sustava, postižu se osiguravanjem i primjenom primjerenog održavanja i podrživosti sustava u sprezi s prihvatljivom kvalitetom projektiranja, proizvodnje i instaliranja sustava, uz uzimanje u obzir iskustava stečenih tijekom djelovanja i održavanja takvog ili sličnog sustava.

Opseg i vrsta održavanja i podrživosti sustava ovisi o korisnikovim potrebama i zahtjevima, te prirodi, funkcionalnom stanju i zahtijevanoj raspoloživosti, kao i drugim čimbenicima koji utječu na djelotvornost sustava. Kako se ovi čimbenici tijekom vremena mijenjaju, posebno tijekom razdoblja djelovanja i održavanja sustava, održavanje i podrživost može zahtijevati posljedičnu prilagodbu tijekom vijeka trajanja toga sustava.

Neodgovarajuće i nepravilno, a ponekad i prekomjerno, održavanje može izazvati odstupanje od zahtijevanih radnih karakteristika sustava, pa čak i gubitak sposobnosti njegovog djelovanja. To može značajno reducirati raspoloživost sustava, i u velikoj mjeri rezultirati povećanim izravnim i neizravnim troškovima i gubicima pri njegovom korištenju. Smanjena raspoloživost sustava može izazvati i financijske sankcije i posljedični gubitak prihoda korisnika sustava koji, u nekim slučajevima, mogu premašiti troškove održavanja i podrživosti toga sustava.

Nedostatna i neodgovarajuća podrživost, kao i nepravilno održavanje, mogu također imati negativan utjecaj na sigurnost sustava, kao i ugrožavanje zdravlja ljudi i okoliša, što je u mnogim slučajevima od dominantnog značaja pri korištenju sustava.

Osnovna je svrha ovog udžbenika upoznavanje s osnovnim obilježjima održavanja i podrživosti sustava i njihovim utjecajem na zahtijevano djelovanje sustava te upoznavanje sa smjernicama za postignuće što više razine održivosti, sukladno aktualnim normama IEC. Udžbenik je prvenstveno namijenjen studentima smjera Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu na Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, no primjenjiv je i na svim visokim učilištima čiji programski smjerovi njeguju tehnička zanimanja ili imaju srodne kolegije.

Polazeći od toga, udžbenik je, bez prvog (uvodnog) poglavlja, podijeljen u više specifičnih zaokruženih cjelina (poglavlja) između kojih, naravno, radi cjelovitosti razmatrane tematike, postoji međusobna povezanost.

Drugo poglavlje, uglavnom obuhvaća definicije, kraća objašnjenja i međudnose osnovnih pojmova iz područja održivosti.

Treće poglavlje bavi se detaljnije pojmom podrživosti i relevantnim IEC normama.

Četvrto poglavlje općenito se bavi i podrškom održavanju.

Peto poglavlje bavi se aspektima održavanja i podrškom održavanju tijekom vijeka trajanja.

Šesto poglavlje bavi se karakterističnim procesima održavanja i podrškom održavanju.

Sedmo poglavlje bavi se resursima održavanja i podrškom održavanju.

Osmo poglavlje bavi se ljudskim pogreškama u održavanju.

Deveto poglavlje bavi se e-održavanjem.

2 DEFINICIJE OSNOVNIH POJMOVA

2.1 Općenito o definicijama osnovnih pojmova

U ovom se poglavlju daje, od strane autora udžbenika, „slobodni“ prijevod naziva i definicija nekih osnovnih pojmova, danih na engleskom jeziku, u prvom izdanju (od 2015. godine) međunarodne norme IEC 60050-192, pod nazivom Međunarodni elektrotehnički rječnik - Dio 192: Održivost. Pojmovi su općeniti i primjenjivi za sva polja održivosti, uključujući i primjene u elektrotehnici. Navedena norma nije potpun rječnik pojmova za IEC norme u polju održivosti. Definicije za neke specijalizirane pojmove mogu se pronaći samo u relevantnim normama. Ova se norma temelji na normi IEC 60050-191:1990 koja je bila predmet sistematičnog dubinskog preispitivanja i izmjena, zbog:

- odraza aktualne uporabe pojmova u polju održivosti,
- uvođenja novih pojmova iz novih ili izmijenjenih normi i drugih objavljenih izvora i
- osiguravanja gramatičkih oblika i prikaza u suglasnosti s IEC uputama.

Norma ima status horizontalne norme u skladu s IEC smjernicom 108, *Smjernice za osiguravanje dosljednosti IEC izdanja - Primjena horizontalnih standarda*.

Svakom od pojmova u polju održivosti pridružena je oznaka sljedeće strukture: 192-XX-YY. Pritom, IEV predstavlja kraticu za International electrotechnical vocabulary, 192 označava polje održivosti, XX dvoznamenkastu oznaku specifičnog dijela toga polja, a YY dvoznamenkastu oznaku pojma u tom dijelu. Osim prijevoda naziva i definicija, za ove se pojmove daju i kratka objašnjenja i njihov međuodnos u tekstualnom i, gdje je svrsishodno, u slikovnom obliku. To se odnosi i na ostale pojmove iz toga polja, koji se redosljedno pojavljuju tijekom izlaganja tematike ovog udžbenika. Strogo uzevši, svi pojmovi navedeni i definirani u ovom poglavlju nemaju značaj osnovnih pojmova, ali su navedeni radi potpunijeg razumijevanja osnovnih pojmova koji im neposredno prethode ili ih slijede. U kontekstu tematike ovog udžbenika, osnovnima se podrazumijevaju sljedeći pojmovi: *sustav, održavanje, održavljivost, podrživost, pouzdanost, raspoloživost i održivost*.

2.2 Sustav

Sustav (engl. system) je „skup sastavnica koje uzajamnim djelovanjem ispunjavaju zahtjev“ (IEV 192-01-03).

Napomena 1: Sustav ima definiranu stvarnu ili apstraktnu granicu.

Napomena 2: Za djelovanje sustava mogu se zahtijevati vanjski resursi (resursi izvan granica sustava).

Napomena 3: Struktura sustava može biti hijerarhijska, npr. sustav, podsustav, sklop, elementarni dio, itd.

Sustav je fizički i/ili virtualni „entitet“. Ponekad je potrebno definirati granice sustava kako bi se on mogao razlučiti od drugih sustava u njegovoj okolini, s kojima uzajamno djeluje radi ispunjenja specificiranih potreba ili zahtjeva ili za postignuće definiranog cilja. Utvrđivanje funkcija potrebnih za postignuće specificiranog cilja predstavlja proces razvoja specifikacije sustava. Detaljno projektiranje sustava započinje tek nakon što su jednoznačno utvrđene funkcije svih njegovih sastavnica.

Sustavi mogu varirati u svojoj kompleksnosti strukturalno i funkcionalno. Oni se mogu sastojati od materijalnih (hardverskih), nematerijalnih (softverskih) i ljudskih sastavnica ili bilo koje njihove kombinacije, potrebnih za izvođenje specificiranih funkcija sustava.

Struktura sustava je često hijerarhijska u međusobnom povezivanju njegovih sastavnica, od najniže razine, tj. elementarnog dijela sustava, do razine cjelokupnog sustava, pa i do razine međusobne povezanosti više sustava koji djeluju uzajamno.

2.3 Održavanje

Održavanje (engl. maintenance) je „kombinacija svih tehničkih i upravljačkih akcija usmjerenih na zadržavanje sustava u stanju, ili njegovog vraćanja u stanje, u kojem može djelovati kako se zahtijeva“ (IEV 192-06-01).

Napomena: Upravljanje također podrazumijeva obavljanje nadzora.

Akcija/zadatak održavanja (engl. *maintenance action/task*) je „slijed elementarnih aktivnosti održavanja“ (IEV 192-06-11).

Podrška održavanju (engl. *maintenance support*) je „opskrbljivanje resursima za održavanje sustava“ (IEV 192-01-28).

Napomena: Resursi obuhvaćaju ljudske resurse, opremu za podršku, materijale i pričuvne dijelove, objekte za održavanje, dokumentaciju i informacije kao i informacijske sustave za održavanje.

2.4 Kvar

Kvar (engl. *failure*) je „gubitak sposobnosti sustava za zahtijevano djelovanje“ (IEV 192-03-01).

Napomena 1: Kvalifikacije kvarova, kao što su katastrofalni, kritični, značajni, minorni, marginalni i beznačajni, mogu se koristiti za kategorizaciju kvarova u skladu s značajnošću njihovih posljedica. Izbor i definicije kriterija značajnosti ovise o području primjene sustava.

Napomena 2: Kvalifikacije, kao što su pogrešna uporaba, pogrešno rukovanje i manjkavost, mogu se koristiti za kategorizaciju kvarova obzirom na njihove uzroke.

Mehanizam kvara (engl. *failure mode*) je „način na koji se dogodi kvar“ (IEV 192-03-17).

Napomena: Mehanizam kvara može se definirati kao gubitak funkcije ili druga promjena stanja koja se dogodila.

Nedostatak (engl. *fault*) je „nesposobnost zahtijevanog djelovanja, zbog unutarnjeg stanja sustava“ (IEV 192-04-01).

Napomena 1: Nedostatak sustava proizlazi iz kvara, bilo iz sustava samog, ili iz nedostataka u ranijim stadijima vijeka trajanja, kao što je specifikacija, projektiranje, proizvodnja ili održavanje.

Napomena 2: Kvalifikacije, kao što je specifikacija, projektiranje, proizvodnja, nepravilno instaliranje, održavanje ili rukovanje, mogu se koristiti za utvrđivanje uzroka nedostatka.

Napomena 3: Vrsta nedostatka može biti pridružena vrsti kvara, npr. nedostatak zbog istrošenosti i kvar zbog istrošenosti.

Napomena 4: Pridjev „nedostatan“ (engl. „*faulty*“) označava sustav u kojem postoji jedan ili više nedostataka.

2.5 Pouzdanost

*Pouzdanost*¹ (engl. *reliability*) je „*sposobnost sustava da se, bez kvara, zadrži u stanju zahtijevanog djelovanja, tijekom danog razdoblja, pod danim uvjetima*“ (IEV 192-01-24).

Napomena 1: Razdoblje se može izraziti u jedinicama vremena koje se odnose na kalendarsko vrijeme, cikluse djelovanja, trajanje, itd.

Napomena 2: Dani uvjeti uključuju aspekte koji utječu na pouzdanost, kao što su: način djelovanja, razine stresa, okolišni uvjeti i održavanje.

Napomena 3: Pouzdanost se može kvantificirati korištenjem odgovarajućih mjerila.

Pouzdanost, kao mjera, označena s $R(t_1, t_2)$, je „*vjerojatnost zahtijevanog djelovanja, bez kvara, tijekom razdoblja (t_1, t_2) , pod danim uvjetima*“ (IEV 192-05-05).

Napomena 1: Dani uvjeti uključuju aspekte koji utječu na pouzdanost, kao što su način djelovanja, razine stresa, okolišni uvjeti i, gdje je primijenjeno, održavanje.

Napomena 2: Obično se pretpostavlja da sustav djeluje u skladu sa zahtjevom na početku toga razdoblja.

Napomena 3: Kada je $t_1=0$ a $t_2=t$, tada se $R(0,t)$ jednostavno označava s $R(t)$ i naziva *funkcija pouzdanosti* (engl. *reliability function / survival function*) sustava (vidi: IEC 61703). Ova je funkcija nerastuća, s vrijednošću 1 za $t = 0$ i teži k nuli kada $t \rightarrow \infty$.

1 Matematički izrazi za pojmove obuhvaćene ovim poglavljem mogu se pronaći u knjizi A. Kraš, J. Bonato, B. D. Ban: Pouzdanost i raspoloživost digitalnih elektroničkih sustava.

Pouzdanost je svojstveni (inherentni) rezultat projektiranja sustava. Osnovu za visoku pouzdanost sustava čini pouzdanost njegovih sastavnica, koje su projektirane tako da su otporne na stres koji proizlazi iz primijenjenog opterećenja i okolišnih uvjeta, kao što su temperatura i pritisak te fizikalna i kemijska svojstva. Na pouzdanost sustava također utječe ispravnost njegove proizvodnje i instaliranja. Konačno, pouzdanost sustava podržava se njegovim ispravnim rukovanjem unutar propisanih uvjeta i pravilnim održavanjem.

2.6 Održavljivost

Održavljivost (engl. *maintainability*) je „*spособnost jednostavnog zadržavanja sustava u stanju, ili vraćanja u stanje, zahtijevanog djelovanja, pod danim uvjetima uporabe i održavanja*“ (IEV 192-01-27).

Napomena 1: Dani uvjeti uključuju aspekte koji utječu na održavljivost, kao što su: mjesto održavanja, dostupnost, postupci održavanja i resursi održavanja.

Napomena 2: Održavljivost se može kvantificirati uporabom odgovarajućih mjerila.

Održavljivost, kao mjera, označena s $M(t_1, t_2)$, je „*vjerojatnost da se akcija održavanja, izvedena pod utvrđenim uvjetima i uporabom specificiranih postupaka i resursa, dovrši unutar razdoblja (t_1, t_2) , ako je ta akcija započeta u trenutku $t = 0$* “ (IEV 192-07-01).

Napomena: Kada je $t_1 = 0$ a $t_2 = t$, tada se $M(0, t)$ jednostavno označava s $M(t)$ i naziva *funkcija održavljivosti* (engl. *maintainability function*) sustava (vidi: IEC 61703). Ova je funkcija neopadajuća, s vrijednošću nula za $t = 0$ i teži ka 1 kada $t \rightarrow \infty$.

Održavljivost se povezuje s jednostavnošću kojom se mogu obavljati aktivnosti održavanja. Ona obuhvaća procese kojima se osigurava da se sustav može lako i sigurno održavati te da se minimiziraju zahtjevi na podršku održavanju. Ovisna je o izvedenom projektiranju sustava i primijenjenoj tehnologiji, a usmjeravana je usvojenom strategijom održavanja. Prvenstveno je rezultat projektiranja i instaliranja sustava.

Kada sustav ima razmjerno dugi vijek uporabe, troškovi djelovanja i podrška održavanju tijekom toga vijeka mogu znatno premašiti početni investicijski trošak. Korist za korisnika u optimiziranju održavljivosti je evidentna. Svaki napor i izdaci uloženi u postignuće jednostavnijeg i jeftinijeg održavanja, rezultiraju značajnom uštedom u troškovima održavanja tijekom vijeka uporabe sustava. Pritom se pod *vijekom uporabe* (engl. *useful life*) podrazumijeva „*razdoblje od početka prve uporabe do trenutka kada sustav više ne može ispunjavati korisnikove zahtjeve, zbog neekonomičnosti djelovanja i održavanja, ili zastarjelosti*“ (IEV 192-02-27).

Troškovi održavanja sustava također ovise o opsegu njegove uporabe. Za velike sustave, već mala poboljšanja održavljivosti mogu rezultirati značajnim uštedama na troškovima održavanja tijekom duljeg vijeka uporabe. Kada se sustav prodaje na slobodnom tržištu, pojam jednostavnog održavanja s malim troškovima važno je pitanje pri odabiru sustava od strane njegovog kupca, posebno onog koji raspolaže s relativno malim sredstvima za podmirenje troškova korištenja toga sustava.

2.7 Podrživost

Podrživost (engl. *supportability*) je „*sposobnost sustava da bude podržan u zadržavanju stanja zahtijevanog djelovanja, s definiranim karakteristikama djelovanja i danim resursima održavanja i logistike*“ (IEV 192-01-31).

Napomena: Podrživost sustava proizlazi iz svojstvene održavljivosti kombinirane s čimbenicima izvan sustava koji utječu na relativno jednostavno osiguravanje potrebnog održavanja i logističke podrške.

Objedinjena logistička podrška (engl. *integrated logictic support*), ILS, je „*proces upravljanja radi utvrđivanja i koordinacije opskrbe svim materijalima i resursima potrebnim za podmirenje potreba za djelovanje i održavanje sustava*“ (IEV 192-01-30).

Iz prethodnih dviju definicija proizlazi da se podrživost odnosi na podršku održavanju i logistiku, koja može biti uključena u osiguravanje podrške održavanju na lokaciji djelovanja i održavanja sustava. Ona je omogućena raspoloživošću resursa podrške održavanju kao i mogućnošću fleksibilnosti

u upravljanju logističkom podrškom i pružanju usluga od strane vanjskih izvođača.

2.8 Raspoloživost

Raspoloživost (engl. *availability*) je „*sposobnost zadržavanja sustava u stanju zahtijevanog djelovanja*“ (IEV 192-01-23).

Napomena 1: Raspoloživost ovisi o kombiniranim karakteristikama pouzdanosti, održavljivosti i podrživosti sustava.

Napomena 2: Raspoloživost se može kvantificirati korištenjem odgovarajućih mjerila.

Trenutačna raspoloživost (engl. *instantaneous availability*), kao mjera, označena sa $A(t)$, je „*vjerojatnost da je sustav u stanju zahtijevanog djelovanja u danom trenutku*“ (IEV 192-08-01).

Srednja (intervalna) raspoloživost (engl. *mean availability*), kao mjera, označena s $\bar{A}(t_1, t_2)$, je „*srednja vrijednost trenutačne raspoloživosti $A(t)$ u razdoblju (t_1, t_2)* “ (IEV 192-08-05).

Napomena: Srednja raspoloživost odnosi se prema trenutačnoj raspoloživosti $A(t)$ kao:

$$\bar{A}(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} A(t) dt$$

Stacionarna (asimptotska) raspoloživost (engl. *steady state availability*), kao mjera, označena s A , je „*granična vrijednost, ako postoji, trenutačne raspoloživosti kada vrijeme teži u beskonačnost*“ (IEV 192-08-07).

Raspoloživost sustava uglavnom je rezultat njenih triju utjecajnih čimbenika. To su: pouzdanost, održavljivost i podrživost sustava. Na prva dva od ovih čimbenika uglavnom se može utjecati u stadiju projektiranja i razvoja sustava, dok treće obilježje uglavnom ovisi o organizacijskim odlukama u vezi s podrživošću donesenim u stadiju djelovanja i održavanja sustava.

2.9 Vijek trajanja

Vijek trajanja (engl. *life cycle*) je „slijed karakterističnih stadija kroz koje prolazi sustav, od njegovog osmišljavanja do uklanjanja iz djelovanja“ (IEV 192-01-09).

PRIMJER: Tipični vijek trajanja sustava sastoji se od stadija osmišljavanja i definiranja, projektiranja i razvoja, proizvodnje, instaliranja, djelovanja i održavanja i, na kraju, uklanjanja iz djelovanja.

Trošak vijeka trajanja (engl. *life cycle cost*), LCC, je „ukupni trošak koji nastaje tijekom cjelokupnog vijeka trajanja sustava“ (IEV 192-01-10).

Proračun troška vijeka trajanja (engl. *life cycle costing*) je „proces ekonomske analize za procjene troškova sustava kroz njegov cjelokupni vijek trajanja ili dijela toga vijeka.“ (IEV 192-11-11).

2.10 Održivost

Održivost (engl. *dependability*) je „spособnost djelovanja sustava, kako se i kada to zahtijeva“ (IEV 192-01-22).

Napomena 1: Održivost uključuje zahtjeve na raspoloživost (IEV 192-01-21), pouzdanost (IEV 192-01-24), održavljivost (IEV 192-01-27) i podrške održavanju (IEV 192-01-29, i, u nekim slučajevima, druge karakteristike kao što su npr. obnovljivost (IEV 192-01-25), trajnost (IEV 192-01-21), sigurnost i zaštita.

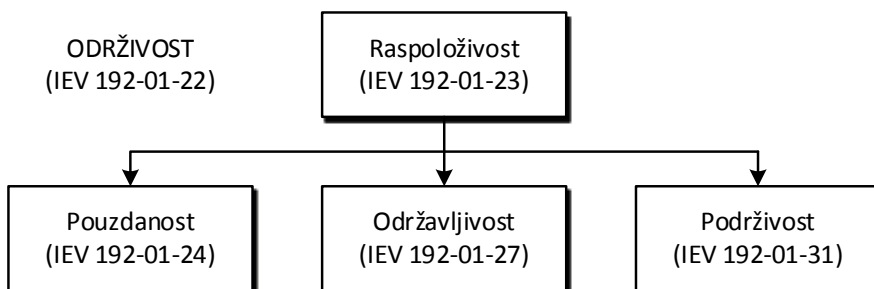
Napomena 2: Održivost se koristi kao zajednički pojam za vremenski ovisne karakteristike kvalitete sustava

Održivost, između ostaloga, predstavlja sposobnost sustava za djelovanje kako i kada se to od njega zahtijeva. Predstavlja tehničku disciplinu kojom se upravlja procesima vijeka trajanja sustava, uključujući vremenski ovisna obilježja raspoloživosti i njoj doprinosnih obilježja pouzdanosti, održavljivosti i podrživosti, kao i primjenu specifičnih obilježja kao što su npr. integritet i sigurnost sustava (Hardeveld, 2017). Njezino je težište u primijeni na sustav i njegove hardverske (sklopovske) i softverske (programske) sastavnice, uključujući i ljudske aspekte održivosti. Održivost se također koristi kao zajednički pojam za vremenski ovisne karakteristike kvalitete.

Održivost sustava ne događa se sama od sebe. Aktivnostima održivosti potrebno je upravljati. Sustav upravljanja održivošću predstavlja sustav usmjeravanja i nadzora organizacije glede održivosti. On je sastavni dio njezinog cjelokupnog sustava upravljanja. Organizacijska struktura, odgovornosti, postupci, procesi i resursi koji se koriste za upravljanje održivošću, objedinjeni čine *program održivosti*.

Na slici 2.1 razvidni su međudnosi spomenutih osnovnih obilježja održivosti, proizašlih iz njihovih definicija.

Održivost se često shvaća, i prevodi s engleskog na hrvatski jezik, kao „pouzdanost“. Međutim, pouzdanost se, prema definiciji (IEV 192-01-24), odnosi samo na to da sustav izvodi, bez kvara, zahtijevanu funkciju u danom razdoblju, dok održivost, kao pojam, obuhvaća ne samo pouzdanost, već također i raspoloživost, održavljivost i podrživost.



Slika 2.1: Osnovna obilježja održivosti i njihov međudnos

3 PODRŽIVOST I RELEVANTNE IEC NORME

3.1 Općenito o podrživosti

Podrživost se bavi s podrškom održavanju i logistikom koja može biti obuhvaćena pri osiguravanju podrške održavanju na mjestu djelovanja sustava.

Polazište za podrživost je održavljivost sustava. Održavljivost sustava kombinira se sa specificiranim resursima i logistikom potrebnom za djelovanje i održavanje sustava. Najčešće se planiranje i organiziranje održavanja i podrživosti sustava obavi prije njegovog uključenja u djelovanje. Međutim, postoje slučajevi kada se s planiranjem i provedbom održavanja i podrživosti sustava započinje tek nakon što je sustav nabavljen i uključen u djelovanje. Proizvođač sustava obično korisniku preporučuje program održavanja i podrživosti toga sustava. Međutim, u odgovornosti je i isključivoj ovlasti korisnika kakvo će održavanje i koje elemente toga programa primijeniti i, eventualno, ugovoriti s proizvođačem sustava. Korisnik sustava također se može odlučiti za povjeravanje održavanja i podrživosti, djelomično ili u potpunosti, ovlaštenom neovisnom pružatelju takvih usluga.

3.2 Aspekti podrživosti

Aspekti podrživosti sustava mogu se podijeliti na one koji se odnose na upravljanje podrživošću sustava i one koji se odnose na resurse podrživosti sustava.

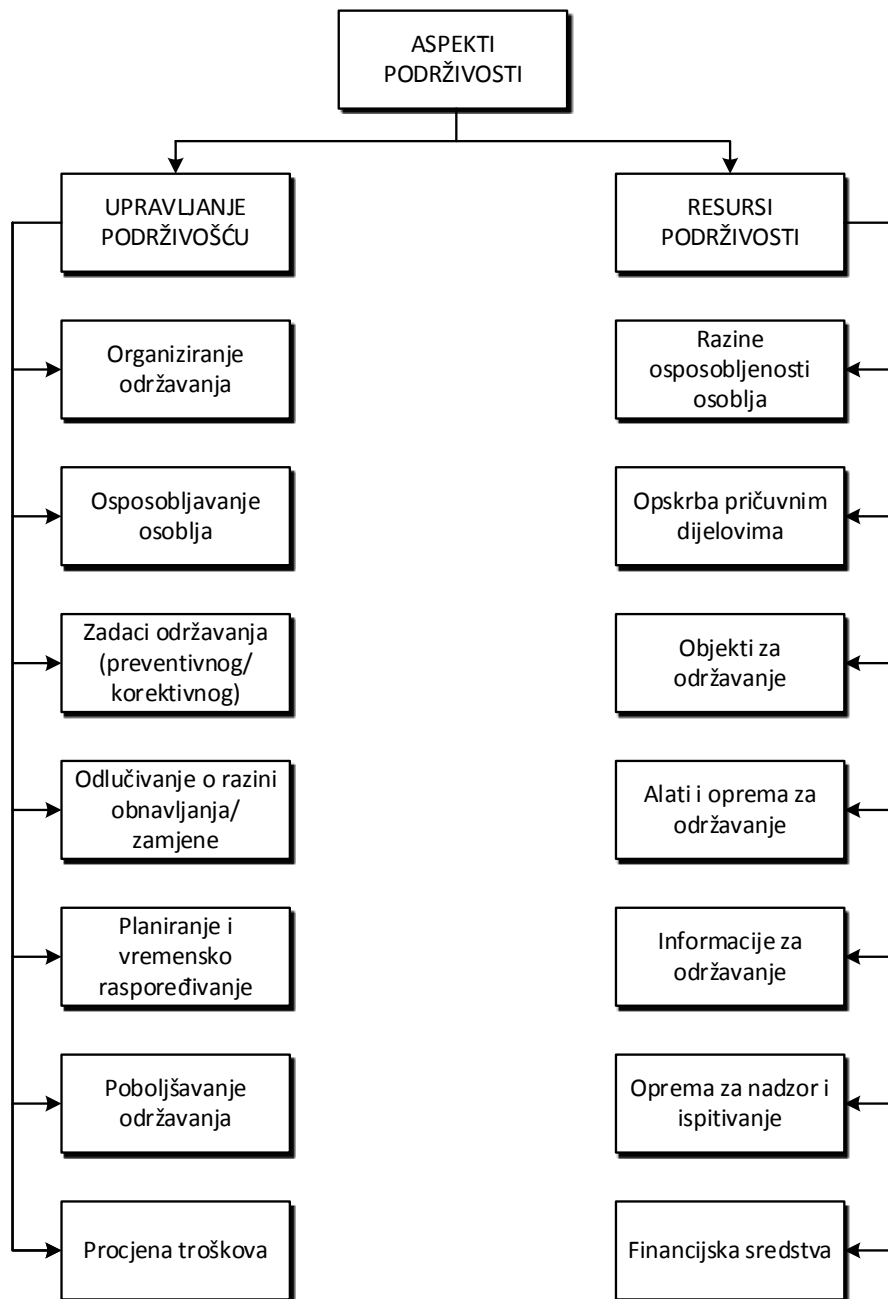
Upravljanje podrživošću, u osnovi, obuhvaća:

- organiziranje izvođenja održavanja,
- osposobljavanje osoblja za izvođenje održavanja,
- zadatke preventivnog/ korektivnog održavanja,
- razine obnavljanja i/ ili zamjene,
- planiranje i vremensko raspoređivanje akcija održavanja,
- poboljšavanje održavanja i
- procjena troškova održavanja i osiguravanje financijskih sredstava,

Resursi podrživosti sustava se, u osnovi, odnose na:

- brojnost osoblja određene razine osposobljenosti za izvođenje održavanja,
- opskrbu pričuvnim dijelovima,
- objekte za izvođenje održavanja,
- alate i opremu za izvođenje održavanja,
- informacije za potrebe održavanja,
- opremu za nadzor i ispitivanje sustava i
- financijska sredstva za izvođenje održavanja.

Zorni prikaz aspekata podrživosti dan je na slici 3.1.



Slika 3.1: Prikaz aspekata podrživosti

3.3 Norme referentne za podrživost

IEC norme referentne za područje podrživosti, u određenom su međuodnosu i komplementarnosti s IEC normama koje se odnose na područje održavljivosti. Dok se aspekti održavljivosti pretežno odnose na stadije projektiranja i instaliranja, aspekti podrživosti uglavnom se odnose na stadij djelovanja i održavanja sustava, koji je povezan s promjenljivim vanjskim utjecajima, kao i starošću sustava.

Polazišna (krovna) IEC norma, za oba spomenuta područja je norma IEC 60300-1: 2014., *Upravljanje održivošću – Dio 1: Smjernice za upravljanje i primjenu*.

Norma daje okvir za upravljanje održivošću, preporuke za upravljanje održivošću proizvoda, sustava, procesa ili usluga uključujući hardver, softver i ljudske aspekte ili bilo koju objedinjenu kombinaciju ovih elemenata te prezentira smjernice za planiranje i implementaciju aktivnosti održivosti i tehničke procese tijekom vijeka trajanja sustava uzimajući u obzir i druge zahtjeve kao što su zahtjevi koji se odnose na sigurnost i okoliš. Nadalje, ova norma daje upute upravi organizacije i njenom tehničkom osoblju za suradnju pri optimiziranju održivosti.

Norme, referentne za područje održavljivosti i podrživosti, također su podržane normama iz područja pouzdanosti, kao što je npr. norma IEC 60812: 2006. (*Tehnike analize pouzdanosti sustava – Postupak analize mehanizma kvara i posljedica*, engl. *Failure mode and effects analysis*, FMEA).

Ova norma prikazuje kako se tehnika pod nazivom mehanizam kvara i analiza posljedica (FMEA), uključujući varijantu mehanizam kvara, posljedice i analiza kritičnosti (engl. *Failure mode effects and criticality analysis*, FMECA) planira, izvodi, dokumentira i održava. Svrha FMEA je da uspostavi kako sustavi i procesi mogu postati nesposobni za obavljanje njihove funkcije tako da se mogu utvrditi svi zahtijevani postupci osposobljavanja. FMEA omogućava sustavnu metodu za utvrđivanje načina nastupa kvara zajedno sa njihovim utjecajem na sustav ili proces, bilo lokalno ili globalno. To može također uključiti utvrđivanje uzroka načina kvara. Kada je uključeno rangiranje kritičnosti do najmanje težine posljedica, i često druga mjerila od značaja, analiza je poznata kao način kvara, posljedice i analiza kritičnosti (FMECA). Ovaj je dokument primjenjiv na hardver, softver, procese, uključujući ljudske

aktivnosti i njihova sučelja, u bilo kojoj kombinaciji. FMEA se može koristiti u analizi sigurnosti, za regulatorne i druge svrhe, ali to postaje opća norma i ne daje specifične smjernice za sigurnosne primjene.

Norme koje se odnose na područje podrživosti mogu se podijeliti u tri skupine. To su: osnovna norma, referentne norme podrživosti i referentne norme primjenjive i na podrživost i na održavljivost.

3.3.1 Polazna norma

Osnovna IEC norma, i za područje održavljivosti i za područje podrživosti, je norma IEC 60300-3-10 iako je ona, za sada, nominalno fokusirana na područje održavljivosti. Zbog toga, ova se norma nalazi u postupku preispitivanja (Grover i Hardeveld, 2014.) i očekuje se njeno prerađeno izdanje (izdanje 2).

Norma 60300-3-10: 2001., *Upravljanje održivošću – Dio 3-10: Smjernice za primjenu – Održavljivost*, kao sastavnica IEC 60300-3 serije normi, daje smjernice za implementaciju programa održavljivosti koji obuhvaća stadije pokretanja, razvoja i djelovanja proizvoda (sustava), što formira dio zadataka spomenute polazišne norme IEC 60300-1. Norma daje preporuke o tome kako aspekte zadataka koji se odnose na održavanje treba uzeti u obzir za postignuće optimalne održavljivosti. Ova norma također koristi i druge IEC norme, osobito IEC 60706 serije normi, kao referentne dokumente o tome kako izvoditi specifične zadatke. Konkretno, to su norme: IEC 60706-2: 2006. (*Održavljivost opreme – Dio 2: Zahtjevi i razmatranja održavljivosti u stadiju projektiranja i razvoja*), IEC 60706-3: 2006. (*Održavljivost opreme – Dio 3: Prikupljanje i provjera, analiza i predstavljanje podataka*) i IEC 60706-5: 2007. (*Održavljivost opreme - Dio 5: Ispitljivost i dijagnostičko ispitivanje*).

Norma IEC 60706-2, kao sastavnica IEC 60706 serije normi, razmatra zahtjeve održavljivosti i odnosnu konstrukciju i uporabu parametara i diskutira neke aktivnosti potrebne za postignuće zahtijevanih karakteristika održavljivosti i njihov odnos prema planiranju održavanja. Ona opisuje opći pristup u postignuću njenih ciljeva i pokazuje kako se karakteristike održavljivosti specificiraju u dokumentirane zahtjeve ili ugovor. Namjera joj nije biti potpuna smjernica za specificiranje ili za ugovaranje održavljivosti. Svrha joj je da definira opseg razmatranja kada su karakteristike uključene

kao zahtjevi za razvoj ili za preuzimanje sustava. Norma se odnosi na razmatranje održavljivosti u preliminarnoj i detaljnoj fazi projektiranja i njenim odnosima s drugim zadacima podrške održavljivosti i održavanja, opisanih u pridruženim normama. Razmatranje održavljivosti također je uključeno u preispitivanju projektiranja.

Norma IEC 60706-3, kao sastavnica IEC 60706 serije normi, opisuje različite aspekte verifikacije potrebne za osiguranje specificiranih zahtjeva na održavljivost sustava koji se postižu i omogućavaju postupke i metode ispitivanja. Dok je verifikacija održavljivosti kao takva mandatni dio svakog programa održavljivosti (vidi IEC 60300-3-10) svaki pojedinačni slučaj zahtijeva odgovarajuće metode koje se pažljivo selektiraju radi osiguranja opće troškovne učinkovitosti. Ova norma također je usmjerena na prikupljanje, analizu i prezentaciju odnosnih podataka o održavljivosti, što se može zahtijevati tijekom projektiranja, proizvodnje i djelovanja sustava.

Norma IEC 60706-5, kao sastavnica IEC 60706 serije normi, ima osnovnu svrhu da osigura smjernice za rano uzimanje u obzir aspekata ispitljivosti u projektiranju i razvoju, te da pomogne pri utvrđivanju djelotvornih postupaka ispitivanja kao integralnog dijela djelovanja i održavanja. Ova se norma može primijeniti na sve tipove proizvoda (sustava) koji mogu uključiti i komercijalne, poput sustava u slobodnoj prodaji. Obzirom na to, nevažno je da li sustav pripada mehaničkoj, hidrauličkoj, električnoj ili nekoj drugoj tehnologiji. K tome, ova se norma primjenjuje na razvoj svakog sustava, sa svrhom projektiranja karakteristika sustava tako da su oni provjerivi (ispitljivi). Cilj je norme da osigura preduvjete koji se odnose na ispitljivost sustava definirane u preliminarnom stadiju razvoja, utvrđene od strane korisnika i primijenjene, dokumentirane i verificirane tijekom razvoja. Ova norma također omogućava metode za procjenu ispitljivosti kao integralnog dijela projektiranja sustava. Preporuča da se dokumentacija o ispitljivosti kontinuirano ažurira tijekom cjelokupnog vijeka trajanja sustava.

3.3.2 Specifične norme podrživosti

Uglavnom su to norme IEC 60300-3-14, IEC 60300-3-16 i IEC 62550.

Norma 60300-3-14: 2004., *Upravljanje održivošću - Dio 3-14: Smjernice za primjenu – Održavanje i podrška održavanju*, kao sastavnica IEC 60300-3

serije normi, predstavlja okosnicu za održavanje i podršku održavanju i različitu minimalnu zajedničku praksu koja se poduzima. Svrha je ove norme da opiše, u općem obliku, upravljanje, procese i tehnike koji se odnose na održavanje i podršku održavanju i koji su potrebni za postignuće odgovarajuće održivosti za postignuće operativnih potreba korisnika. U nekim slučajevima, treba uzeti u obzir regulatorne i druge upravne zahtjeve. Zahtjevi na održavanje i podršku održavanju i obveze mogu zbog toga biti potrebni pri specificiranju ugovora, koji se spominje u ovoj normi. Norma ima namjeru za uporabu od strane širokog kruga dobavljača, organizacija za podršku održavanju i korisnika i može se primijeniti na sve sustave. Ona je primjenjiva na sustave koji uključuju sve vrste proizvoda i sustava (sklopovska oprema i pridružena programska podrška). Većina od njih zahtijeva određenu razinu održavanja radi osiguranja da njihova zahtijevana funkcionalnost, održivost, sposobnost djelovanja, ekonomičnost, sigurnost i da budu zadovoljeni upravni zahtjevi.

Norma IEC 60300-3-16: 2008., *Upravljanje održivošću - Dio 3-3-16: Smjernice za specifikaciju usluga za podršku održavanju*, kao sastavnica IEC 60300-3 serije normi, opisuje okvir za specifikaciju usluga koje se odnose na podršku održavanju proizvoda (sustava) koje se izvode tijekom stadija djelovanja i održavanja. Svrha je ove norme kratki pregled, u općem obliku, razvoja sporazuma za usluge podrške održavanju kao i smjernice za upravljanje i nadzor ovih sporazuma od strane organizacije i pružatelja usluge. Norma ima namjeru uporabe od strane širokog kruga dobavljača, organizacija podrške održavanju i korisnika a može se primijeniti na sve sustave. Primjenjiva je na sustave koji obuhvaćaju sve vrste proizvoda (hardver i softver). Uporaba sporazuma o održavanju u sadašnje je vrijeme uobičajeni način osiguravanja usluga podrške održavanju za korisnike sustava. Ove se usluge mogu uključiti u početni stadij projektiranja i razvoja, ali se mogu uzeti u obzir i primijeniti tijekom stadija djelovanja i održavanja. Specifikacija usluga podrške održavanju zahtijeva ne samo pripremu sporazuma već i upravljanje i nadzor usluga tijekom njegove primjene. Sporazumi mogu biti neformalni aranžmani između dviju strana ili mogu obuhvatiti sklapanje formalnog ugovora. Sporazumi uključuju odgovornosti i za opskrbljivača uslugom i organizaciju u odnosu na opseg i razinu usluge, tehničke aranžmane, organizacijske sporazume, komercijalne aspekte, zakonske obveze i ugovorene zahtjeve. Ova se norma odnosi samo na aspekte sporazumijevanja i ne predstavlja zakonski ili ugovorni zahtjev.

Norma IEC 62550: 2017., *Opskrba pričuvnim dijelovima*, opisuje zahtjeve za opskrbu pričuvnim dijelovima sustava kao dio aktivnosti održavanja koja utječe na karakteristike održivosti, na način da se održi kontinuitet djelovanja sustava sa svrhom da njegova primjena bude održiva. Ova norma ima namjeru uporabe od strane širokog kruga dobavljača, organizacija za podršku održavanju i korisnika, a može se primijeniti na sve vrste sustava.

3.3.3 Norme održivosti/ održavljivosti

Radi se o IEC normama djelomično primjenjivim u polju održivosti i polju održavljivosti. To su norme IEC 60300-3-11 i IEC 60300-3-12.

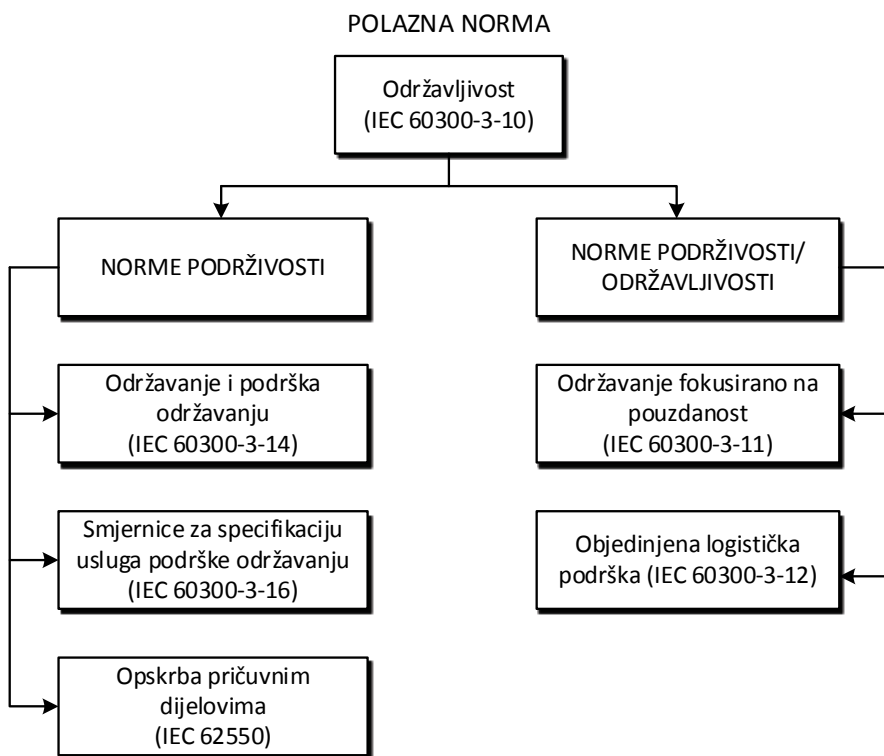
Norma IEC 60300-3-11: 2009., *Upravljanje održivošću - Dio 3-11: Smjernice za primjenu - Održavanje fokusirano na pouzdanost*, kao sastavnica IEC 60300-3 serije normi, daje smjernice za razvoj inicijalnog programa preventivnog održavanja opreme i sustava, korištenjem tehnike analize održavanja fokusiranog na pouzdanost.

Održavanje fokusirano na pouzdanost (engl. *reliability centred maintenance, RCM*), je sustavna metoda određivanja akcija održavanja s pripadnom periodičnošću izvođenja, temeljenih na vjerojatnosti i posljedicama kvara (IEV 192-06-08).

RCM analiza može se primijeniti na sustave kao što su kopnena vozila, brodovi, trafostanice, zrakoplovi itd. Tipična oprema sadrži brojne električne i mehaničke sastavnice, instrumentaciju ili kontrolne sustave i podsustave koji se mogu, ako se zahtijeva, nadalje razložiti na manje sastavnice sustava.

Norma 60300-3-12: 2011., *Upravljanje održivošću - Dio 3-12: Smjernice za primjenu – Objedinjena logistička podrška*, kao sastavnica IEC 60300-3 serije normi, daje smjernice za uspostavljanje sustava za upravljanje objedinjenom logističkom podrškom. Norma je namijenjena za uporabu od strane širokog kruga dobavljača sustava, koji imaju namjeru ponuditi konkurentni i kvalitetni sustav optimalan za njegove korisnike tijekom čitavog vijeka trajanja. Norma također obuhvaća zajedničku praksu i analize logističkih podataka koji se odnose na objedinjenu logističku podršku.

Na slici 3.2 dan je pregledni prikaz IEC normi relevantnih za podrživost.



Slika 3.2: Pregledni prikaz IEC normi relevantnih za podrživost

4 OPĆENITO O ODRŽAVANJU I PODRŠCI ODRŽAVANJU

Održavanje sustava značajna je poslovna funkcija organizacije koja u svojoj djelatnosti koristi djelovanje sustava za ostvarenje ciljeva poslovanja. Prema definiciji (IEV 192-06-01), danoj u poglavlju 2, održavanje sustava predstavlja kombinaciju izvođenja svih tehničkih i upravljačkih aktivnosti, uključujući i aktivnosti nadzora, sa svrhom zadržavanja sustava u stanju, ili vraćanja u stanje, u kojem ima sposobnost djelovanja kako se od njega zahtijeva.

Učinkovitost održavanja dominantno ovisi o podršci održavanju. Prema definiciji (IEV 192-01-28), danoj u poglavlju 2, podršku održavanju sustava, u osnovi, čini opskrbljivanje resursima potrebnim za djelovanje i održavanje sustava. Ovi resursi uključuju ljudske resurse, opremu za podršku održavanju, materijale i pričuvne dijelove, objekte za održavanje, dokumentaciju i informacije i informacijske sustave za održavanje.

4.1 Osnovna klasifikacija akcija održavanja

Definicija pojma održavanja upućuje na osnovnu klasifikaciju akcija održavanja. Karakteristične su dvije osnovne skupine akcija održavanja. To su:

- akcije održavanja namijenjene zadržavanju sustava u stanju zahtijevanog djelovanja i
- akcije održavanja namijenjene vraćanju sustava, nakon kvara, u stanje zahtijevanog djelovanja.

Spomenute dvije vrste akcija održavanja se, rječnikom održavanja, prevode u „preventivne“ i „korektivne“ akcije održavanja, odnosno kraće, preventivno i korektivno održavanje.

Preventivno održavanje (engl. *preventive maintenance*) je „*održavanje koje se izvodi za ublažavanje degradacije djelovanja i smanjenje vjerojatnosti kvara sustava*“ (IEV 192-06-05).

Preventivno održavanje se, u osnovi, može nadalje podijeliti u dvije karakteristične podvrste: redovito/planirano održavanje i održavanje prema stanju.

Redovito/planirano održavanje (engl. *scheduled/planned maintenance*) je „*održavanje koje se izvodi u skladu sa specificiranim vremenskim rasporedom*“ (IEV 192-06-12).

Napomena: Redovitim održavanjem može se ustanoviti i potreba za neku akciju korektivnog održavanja.

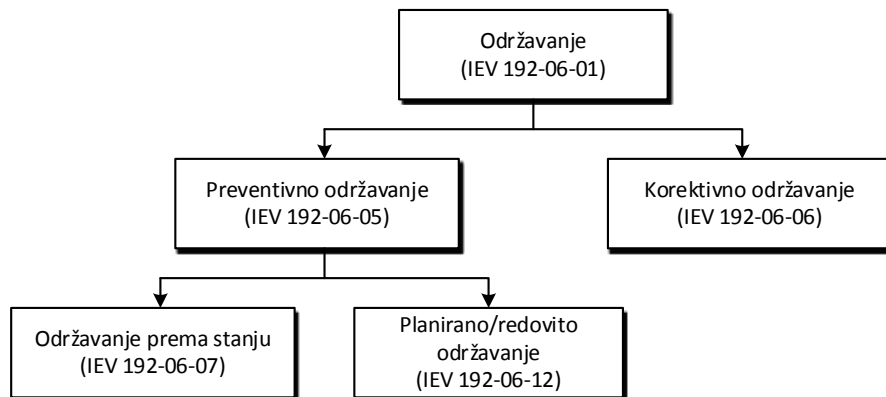
Održavanje prema stanju (engl. *condition-based maintenance*) je „*preventivno održavanje koje se temelji na procjeni fizikalnih stanja sustava*“ (IEV 192-06-07).

Napomena: Stanja se mogu procijeniti pomoću zapažanja operatera (rukovatelja), provedeno u skladu s prethodnim planom ili pomoću nadzora stanja parametara sustava.

Korektivno održavanje (engl. *corrective maintenance*) je „*održavanje koje se, nakon ustanovljavanja manjkavosti, izvodi radi provedbe obnavljanja*“ (IEC 192-06-06).

Napomena: Korektivno održavanje softvera redovito obuhvaća neke preinake.

Na slici 4.1 dan je pregledni prikaz osnovne klasifikacije akcija održavanja.



Slika 4.1: Pregledni prikaz osnovne klasifikacije akcija održavanja

4.2 Karakteristične akcije održavanja

Akciju (zadatak) održavanja, prema definiciji (IEV 192-06-11), danoj u poglavlju 2, čini slijed elementarnih aktivnosti održavanja kojima se ova akcija ostvaruje. Razlikuju se sljedeće karakteristične akcije održavanja:

- inspekcija,
- nadzor,
- rutinsko održavanje,
- generalni remont,
- rekonstrukcija i
- obnavljanje.

Inspekcija (engl. *inspection*) je akcija održavanja koja se sastoji u provjeri ispravnosti sustava promatranjem, provjeravanjem, ispitivanjem i mjerenjem radnih karakteristika toga sustava. Općenito, inspekcija se može obaviti prije, tijekom ili nakon obavljanja drugih akcija održavanja. Inspekcijom se obavlja i *test podudarnosti* (engl. *compliance test*), kojim se provjerava podudarnost radnih karakteristika ili svojstva sustava s utvrđenom specifikacijom.

Nadzor (engl. *monitoring*) je akcija održavanja sustava sa svrhom praćenja (ručnog ili automatskog) stanja toga sustava tijekom vremena. Nadzor se razlikuje od inspekcije po tome što se koristi za praćenje svake promjene vrijednosti relevantnih radnih parametara sustava tijekom njegovog djelovanja. Nadzor može biti *kontinuiran* ili *periodički* prema unaprijed utvrđenom vremenskom planu, ali se može obavljati i nakon određenog broja jedinica mjere djelovanja sustava. Nadzor se uglavnom izvodi tijekom djelovanja sustava.

Rutinsko održavanje (engl. *routine maintenance*) čini izvođenje redovitih odnosno ponovljivih jednostavnih aktivnosti održavanja sustava, za što se obično ne zahtijevaju posebne kvalifikacije i ovlaštenja osoblja održavanja ili specijalni alat.

Generalni remont (engl. *overhaul*) čini sveobuhvatni skup aktivnosti koje se izvode radi održanja zahtijevane razine raspoloživosti i sigurnosti sustava. On se može izvoditi prema unaprijed utvrđenom vremenskom planu ili nakon

određenog broja jedinica mjere djelovanja sustava, a može zahtijevati djelomično ili potpuno rastavljanje sustava na specificirane sastavnice.

Rekonstrukcija (engl. *rebuilding*) je zadatak održavanja koji se sastoji u obnavljanju ili zamjeni onih sastavnica sustava kojima se približava kraj njihovog radnog vijeka ili se te sastavnice sustava redovito zamjenjuju. Cilj rekonstrukcije je, naravno, produljenje radnog vijeka sustava. Rekonstrukcija se razlikuje od generalnog remonta po tome što može uključiti i poboljšavanja i/ ili preinake sustava.

Poboljšavanje (engl. *improvement*) čini kombinacija svih tehničkih, administrativnih i upravljačkih aktivnosti čija je svrha povećanje pouzdanosti i održavljivosti sustava, bez promjene zahtijevane funkcije toga sustava.

Preinaku (engl. *modification*) čine sve tehničke i upravljačke aktivnosti čija je svrha promjena zahtijevane funkcije sustava. Ustvari, preinaka i nije akcija održavanja jer se odnosi na promjenu postojeće u novu zahtijevanu funkciju toga sustava. Ova promjena može imati utjecaj na pouzdanost i održavljivost ili na funkcijske karakteristike sustava ili na jedno i drugo.

Obnavljanje (engl. *repair*) je „izravna akcija, poduzeta nakon kvara, radi ponovnog postignuća stanja zahtijevanog djelovanja sustava“ (IEV 192-06-14). Obnavljanje sustava obično redoslijedno obuhvaća sljedeće osnovne aktivnosti:

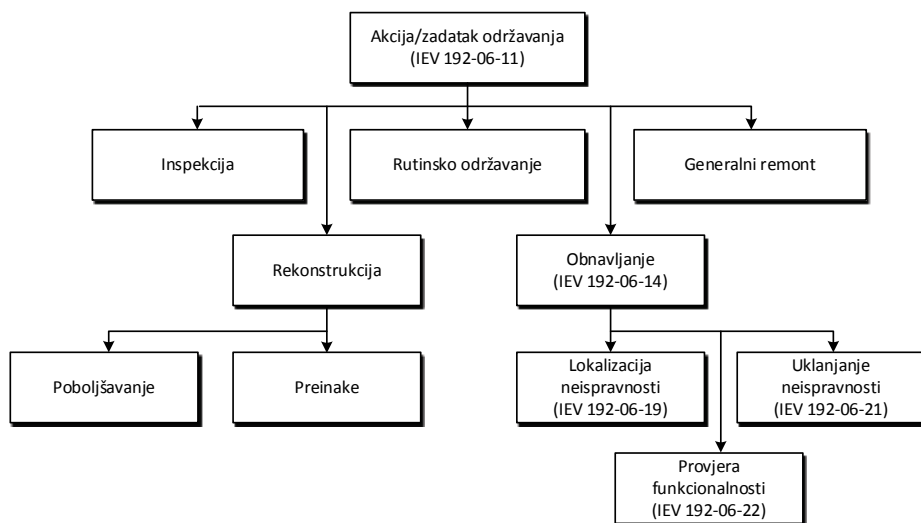
- lokalizaciju manjkavosti,
- uklanjanje manjkavosti i
- provjeru funkcije.

Lokalizacija manjkavosti (engl. *fault localization*) je „akcija održavanja radi utvrđivanje manjkavog podsustava na odgovarajućoj razini razlaganja sustava“ (IEV 192-06-19).

Uklanjanje manjkavosti (engl. *fault correction*) je „akcija uklanjanja manjkavosti nakon njene lokalizacije“ (IEV 192-06-21).

Provjera funkcije (engl. *function check-out*) je „akcija održavanja čija je svrha provjera da je poduzeta akcija korektivnog održavanja zadovoljavajuća, bez pojave novih manjkavosti“ (IEV 192-06-22).

Pregledni prikaz karakterističnih akcija održavanja dan je na slici 4.2



Slika 4.2. Prikaz karakterističnih akcija/zadataka održavanja

4.3 Razine razlaganja i održavanja

Većina suvremenih sustava složene je unutarnje strukture koju čini veći broj međusobno povezanih sastavnica (podsustava, sklopova, elemenata) na koje se taj sustav može jednoznačno razložiti.

Razina razlaganja (engl. *indenture level*) je „razina podjele unutar hijerarhije sustava“ (IEV 192-01-05).

PRIMJER: sustav, podsustav, sklop, elementarni dio.

Napomena: Sa stanovišta održavanja razina razlaganja ovisi o različitim čimbenicima, uključujući kompleksnost konstrukcije sustava, dostupnost sastavnicama sustava, razinu osposobljenosti osoblja za održavanje, ispitnu opremu i sigurnosne razloge.

Za razumijevanje uzroka funkcionalnih kvarova sustava, treba razlučiti i proučiti funkcije svake razine razlaganja sustava i moguće uzroke i

posljedice kvarova na tim razinama. Zbog toga, održavanje sustava predstavlja, u osnovi, pokušaj uklanjanja uzroka funkcionalnih kvarova koji mogu biti locirani na različitim razinama razlaganja toga sustava.

Razina održavanja (engl. *level of maintenance/maintenance level*) je „*skup akcija održavanja koje se izvode na specificiranoj razini razlaganja*“ (IEV 192-06-04).

Više čimbenika može utjecati na definiranje razina razlaganja i razina održavanja nekog sustava. Najvažniji su:

- fizička dostupnost do različitih dijelova sustava,
- zahtijevana razina stručne osposobljenosti osoblja održavanja,
- zahtjevi na prikladnost primjene ispitne opreme,
- zahtjevi na aspekte sigurnosti i ambijentalne uvjete rada sustava i dr.

Međutim, u mnogim stvarnim okolnostima, određene razine održavanja nisu nužno pridijeljene određenim razinama razlaganja sustava. Razina održavanja je često karakterizirana složenošću aktivnosti održavanja. Zbog toga, različite razine održavanja se nužno ne odnose na aktivnosti održavanja koji pripadaju određenim razinama razlaganja sustava, već na aktivnosti održavanja koje pripadaju različitim razinama složenosti akcija održavanja.

4.4 Ešaloni održavanja

Ešalon/linija održavanja (engl. *maintenance echelon/line of maintenance*) je „*hijerarhijska razina opće organizacijske strukture održavanja kojoj su pridijeljene specificirane razine održavanja*“ (IEV 192-06-03).

PRIMJER: 1. linija: pogon; 2. linija: specijalizirani servis; 3. linija: proizvođač

Napomena: Ešalon/ linija održavanja karakterizirana je razinom osposobljenosti osoblja, opremom i objektima za održavanje, lokacijom sustava itd.

Iz ove definicije proizlazi da je ešalom održavanja definirana hijerarhijska razina u strukturi organizacije održavanja odgovornoj za izvođenje specificirane razine održavanja sustava. Primjeri ešalona održavanja su:

pogonska služba održavanja korisnika sustava, vanjski pružatelj usluga održavanja (specijalizirani servis) i proizvođač sustava.

Ešaloni održavanja karakterizirani su njihovom lokacijom i podrškom održavanju, tj. mjestom gdje se održavanje sustava izvodi i resursima, uslugama i upravljanjem potrebnim za izvođenje akcije određene razine održavanja sustava. Podrška može npr. uključivati osoblje, ispitnu opremu, radne prostorije, pričuvne dijelove, dokumentaciju, alate i dr.

Broj ešalona održavanja nekog sustava ovisi o podrživosti sustava. On je definiran sposobnošću organizacije održavanja da se na određenoj razini razlaganja i mjestu održavanja sustava raspoloživo s odgovarajućom podrškom za izvođenje zahtijevane akcije održavanja u danom trenutku ili tijekom danog razdoblja. Podrživost sustava se zbog toga odnosi na uspješnost kojom organizacija osigurava potrebnu podršku održavanju toga sustava na učinkovit način. Pritom se pod učinkovitošću podrške održavanju sustava podrazumijeva omjer između planiranih (ili očekivanih) sredstava i stvarno utrošenih sredstava potrebnih za ostvarenje zahtijevane akcije održavanja sustava.

4.5 Politika održavanja

Politika održavanja (engl. *maintenance policy*) je „definiranje ciljeva održavanja, ešalona održavanja, razina razlaganja, razina održavanja, podrške održavanju i njihov međuodnos“ (IEV 192-06-02).

Napomena: Politika održavanja daje osnovu za planiranje održavanja, utvrđuje zahtjeve na podršku održavanja i razvoj logističke podrške.

Dakle, politika održavanja određuje opći pristup osiguravanju održavanja i podrške održavanju temeljenim na ciljevima i politici korisnika sustava. Ona utječe na odluke donesene u vezi s akcijama i resursima održavanja tijekom cjelokupnog vijeka trajanja sustava. Zamisao održavanja specifični je pristup održavanju razvijen za sustave, korištenjem različitih razina održavanja temeljenih na razinama razlaganja sustava. Ona određuje uporabu resursa podrške održavanju unutar okvira politike održavanja koji su namijenjeni određenim ešalonima održavanja i razinama održavanja.

4.6 Karakteristična vremena održavanja

Izvođenje akcija održavanja zahtijeva određeno vrijeme koje proteče za neposredno izvođene zahtijevanih akcija održavanja, ali i vrijeme koje proteče za provedbu pratećih aktivnosti koje nisu sastavni dio aktivnog vremena izvođenja akcija održavanja, ali su često neizbježna. Takva se vremena obično nazivaju kašnjenjem.

Vrijeme održavanja (engl. *maintenance time*) je „*trajanje održavanja, uključujući vrijeme aktivnog održavanja i nastalo tehničko i logističko kašnjenje za danu akciju održavanja*“ (IEV 192-07-02).

Napomena 1: U nekim slučajevima, može se odrediti da se održavanje izvodi izvan vremena djelovanja sustava.

Napomena 2: Vrijeme održavanja isključuje vrijeme otkrivanja manjkavosti (IEV 192-07-11) i administrativno kašnjenje (IEV 192-07-12).

Vrijeme preventivnog održavanja (engl. *preventive maintenance time*) je „*dio vremena održavanja proteklog za izvođenje preventivnog održavanja, uključujući i logističko kašnjenje svojstveno preventivnom održavanju*“ (IEV 192-07-05).

Vrijeme korektivnog održavanja (engl. *corrective maintenance time*) je „*dio vremena održavanja proteklog za izvođenje korektivnog održavanja, uključujući i logističko kašnjenje svojstveno korektivnom održavanju*“ (IEV 192-07-07).

Logističko kašnjenje (engl. *logistic delay*) je „*kašnjenje nastalo zbog dobavljanja resursa potrebnih za pokretanje ili nastavak akcije održavanja*“ (IEV 192-07-13).

Napomena: Uključuje ukupno vrijeme putovanja do sustava, čekanje na pričuvne dijelove, specijaliste, ispitnu opremu, informacije ili primjerene okolišne uvjete.

Vrijeme aktivnog održavanja (engl. *active maintenance time*) je „*trajanje akcije održavanja, isključujući logističko kašnjenje*“ (IEV 192-07-04).

Napomena: Tehnička kašnjenja uključena su u vrijeme aktivnog održavanja.

Tehničko kašnjenje (engl. *technical delay*) je „kašnjenje nastalo radi izvođenja pripremnih tehničkih aktivnosti pridruženih akciji održavanja, ali nisu njen sastavni dio“ (IEV 192-07-15).

PRIMJER: Izvedba sigurnosti opreme (kao što je imobilizacija, hlađenje, izolacija i postavljanje na podlogu).

Vrijeme aktivnog preventivnog održavanja (engl. *active preventive maintenance time*) je „dio vremena aktivnog vremena održavanja potrebnog za izvođenje preventivnog održavanja“ (IEV 192-07-08).

Napomena: Vrijeme aktivnog preventivnog održavanja obuhvaća tehničko kašnjenje, vrijeme akcije preventivnog održavanja i vrijeme provjere funkcije.

Vrijeme aktivnog preventivnog održavanja, koje uključuje i tehničko kašnjenje (vidi: IEV 192-07-15), obuhvaća :

- vrijeme akcije preventivnog održavanja i
- vrijeme provjere funkcije (IEV 192-07-16).

Vrijeme akcije preventivnog održavanja (engl. *preventive maintenance action time*) je „dio vremena aktivnog preventivnog održavanja potrebnog za izvođenje akcije preventivnog održavanja“ (IEV 192-07-09).

Vrijeme aktivnog korektivnog održavanja (engl. *active corrective maintenance time*) je „dio vremena aktivnog održavanja potrebnog za izvođenje akcije korektivnog održavanja“ (IEV 192-07-10).

Vrijeme aktivnog korektivnog održavanja, koje uključuje i tehničko kašnjenje (IEV-07-15), obuhvaća:

- vrijeme lokalizacije manjkavosti,
- vrijeme uklanjanja (korekcije) manjkavosti i
- vrijeme provjere funkcije.

Vrijeme lokalizacije manjkavosti (engl. *fault localization time*) je „dio vremena aktivnog korektivnog održavanja, potrebnog za točnu lokalizaciju manjkavosti“ (IEV 192-07-18).

Vrijeme uklanjanja manjkavosti (engl. *fault correction time*) je „dio vremena aktivnog korektivnog održavanja potrebnog za uklanjanje manjkavosti“ (IEV 192-07-14).

Vrijeme provjere funkcije (engl. *function checkout time*) je „dio je vremena aktivnog održavanja potrebnog za provjeru ispravnosti funkcije“ (IEV 192-07-16).

Dio vremena aktivnog korektivnog održavanja koje obuhvaća vrijeme lokalizacije manjkavosti, vrijeme uklanjanja manjkavosti i vrijeme provjere funkcije, je *vrijeme obnavljanja* (engl. *repair time*) (IEV 192-07-19).

Prikaz osnovne strukture karakterističnih vremena održavanja dan je na slici 4.3, strukture karakterističnih vremena aktivnog preventivnog održavanja na slici 4.4 a strukture karakterističnih vremena aktivnog korektivnog održavanja na slici 4.5.

Vrijeme održavanja (IEV 192-07-02)			
Vrijeme preventivnog održavanja (IEV 192-07-05)		Vrijeme korektivnog održavanja (IEV 192-07-07)	
Logističko kašnjenje (IEV 192-07-13)	Vrijeme aktivnog održavanja (IEV 192-07-04)		Logističko kašnjenje (IEV 192-07-13)
	Vrijeme aktivnog preventivnog održavanja (IEV 192-07-08)	Vrijeme aktivnog korektivnog održavanja (IEV 192-07-10)	

Slika 4.3: Prikaz osnovne strukture karakterističnih vremena održavanja

Vrijeme aktivnog preventivnog održavanja (IEV 192-07-08)		
Tehničko kašnjenje (IEV 192-07-15)	Vrijeme akcije preventivnog održavanja (IEV 192-07-09)	Vrijeme provjere funkcionalnosti (IEV 192-07-16)

Slika 4.4: Prikaz osnovne strukture karakterističnih vremena aktivnog preventivnog održavanja

Vrijeme aktivnog korektivnog održavanja (IEV 192-07-10)			
Tehničko kašnjenje (IEV 192-07-15)	Vrijeme lokalizacije neispravnosti (IEV 192-07-18)	Vrijeme otklanjanja neispravnosti (IEV 192-07-14)	Vrijeme provjere funkcionalnosti (IEV 192-07-16)
Vrijeme obnavljanja (IEV 192-07-19)			

Slika 4.5: Prikaz osnovne strukture karakterističnih vremena aktivnog korektivnog održavanja

Pored naprijed navedenih vremena, koja se odnose na vrijeme održavanja, uključujući i tehničko i logističko kašnjenje, korisno je spomenuti još dva vremena koja ne ulaze u vrijeme održavanja. To su:

- vrijeme otkrivanja manjkavosti i
- administrativno kašnjenje.

Vrijeme otkrivanja manjkavosti (engl. *fault detection time*) je „vremenski interval između trenutka stvarnog nastupa kvara i trenutka otkrivanja nastale manjkavosti“ (IEV 192-07-11).

Administrativno (upravno) kašnjenje (engl. *administrative delay*) je „kašnjenje akcije održavanja nastalo iz administrativnih (upravnih) razloga“ (IEV 192-07-12).

5 ASPEKTI ODRŽAVANJA I PODRŽIVOSTI TIJEKOM VIJEKA TRAJANJA SUSTAVA

Održavanje i podrživost sustava promišlja se tijekom svih karakterističnih stadija njegovog vijeka trajanja. Kada je sustav projektiran prema zahtjevu korisnika, a djeluje kao dio većeg sustava ili se koristi unutar različitih primjena ili okoliša, projekt sustava treba osigurati da svojstvena održavljivost cjelokupnog sustava ne bude umanjena. Održivost koja se može postići tijekom stadija djelovanja, u velikoj mjeri ovisi o odlukama donesenim tijekom ranijih stadija vijeka trajanja sustava. Planiranje održavanja i podrživosti sustava treba razmatrati što je moguće ranije, tako da se može razmatrati odnos između funkcionalnih potreba, sposobnosti, pouzdanosti, održavljivosti, podrživosti i troškova vijeka trajanja (LCC) sustava. Pritom, norma IEC 60300-3-3, *Upravljanje održivošću – Dio 3-3: Vodič za primjenu- Proračun troškova u vijeku trajanja*, utemeljuje opći uvod u pojam proračuna troškova vijeka trajanja i pokriva sve njegove primjene.

Kronološkim redom, razlikuju se sljedeći karakteristični stadiji vijeka trajanja sustava:

- osmišljavanje i definiranje,
- projektiranje i razvoj,
- proizvodnja,
- instaliranje,
- djelovanje i održavanje i
- uklanjanje iz djelovanja.

5.1 Stadij osmišljavanja i definiranja

S promišljanjem održavanja i podrživosti sustava važno je započeti već u najranijem karakterističnom stadiju njegovog vijeka trajanja. To je stadij osmišljavanja i definiranja sustava. Odluke donesene već u tom stadiju mogu poboljšati ili ograničiti učinkovitost podrške održavanju sustava kasnije u stadiju njegovog djelovanja i održavanja.

Tijekom *stadija osmišljavanja i definiranja* (engl. *concept and definition phase*) to se može postići utvrđivanjem politike / zamisli održavanja koja obuhvaća sljedeće:

- opće ciljeve održavanja i podrživosti sustava, zahtjeve korisnika, zakonske zahtjeve i ograničenja,
- zahtijevanu raspoloživost, pouzdanost, održavljivost i ispitljivost sustava i
- općenito definiranje održavanja i podrživosti sustava.

Pritom, *ispitljivost* (engl. *testability*) je „razina do koje se sustav može ispitivati“ (IEV192-09-20).

5.2 Stadij projektiranja i razvoja

U stadiju *projektiranja i razvoja* (engl. *design and development phase*) sustava utvrđuju se specifični zahtjevi na održavanje i podrživost toga sustava. Ovi se zahtjevi temelje na zamisli održavanja utvrđenoj već u razdoblju osmišljavanja i definiranja sustava. Ciljevi koji se odnose na raspoloživost, sigurnost i ekonomičnost djelovanja sustava često su ovisni o postignuću visoke razine pouzdanosti, održavljivosti i podrživosti. Aspekti održavljivosti opisani su u normi IEC 60300-3-10. Radni i okolišni čimbenici također su važni za razmatranje. Radi vrijednovanja projektiranja i ustanovljavanja neprihvatljivih mehanizama kvara može se provesti *analiza mehanizma kvara, posljedica i kritičnosti, FMECA*.

U stadiju projektiranja i razvoja sustava planira se, testira i osigurava održavanje i podrška održavanju toga sustava. Pritom se konzultiraju korisnici sustava, radi provjere da su njihove potrebe zadovoljene, a također i organizacije koje obavljaju održavanje i osiguravaju podršku održavanju u razdoblju djelovanja i održavanja sustava. Međutim, bez obzira na to tko postavlja zahtjeve na održavanje i podršku održavanju, ovi zahtjevi, radi ispravnog planiranja održavanja i podrške održavanju, moraju biti utvrđeni prije početka uključenja sustava u djelovanje. Za utvrđivanje aktivnosti preventivnog održavanja i potrebnih resursa podrške održavanju može se, ako treba, provesti *RCM* analiza.

Tijekom stadija projektiranja i razvoja sustava, također se utvrđuje dokumentacija, pomagala i oprema za stručno osposobljavanje osoblja za izvođenje održavanja i osigurava se da se to osposobljavanje ostvari prije stadija djelovanja i održavanja toga sustava. Međutim, ovo se

osposobljavanje i daljnje usavršavanje, naravno, nastavlja i tijekom stadija djelovanja i održavanja sustava.

U razdoblju projektiranja i razvoja sustava, također može biti potrebno osigurati verifikaciju i testiranje planiranih aktivnosti održavanja kao i djelotvornosti postupaka podrške održavanju, alata, dokumentacije, opreme i objekata i drugih resursa. To uključuje i korisnika sustava radi potvrđivanja da su njegovi zahtjevi zadovoljeni.

5.3 Stadij proizvodnje

Pored ispravnog projektiranja i pažljivog odabira sastavnih dijelova sustava, važno je istaknuti da kvaliteta ostvarivanja sustava, u *stadiju proizvodnje* (engl. *manufacturing phase*) toga sustava izravno utječe na njegovu pouzdanost kao i učinkovitost održavanja u stadiju njegovog djelovanja i održavanja. Gdje god je izvedivo, korisnici sustava trebaju se pobrinuti da razina pouzdanosti, održavljivosti i ispitljivosti sustava ispunjava njihove zahtjeve, kako bi se tijekom stadija djelovanja i održavanja sustava postiglo njegovo održavanje i podrška održavanju kako je planirano u stadiju njegovog projektiranja i razvoja.

Tijekom stadija proizvodnje sustava osiguravaju se specifični alati i oprema za podršku održavanju kao i objekti potrebni za izvođenje održavanja toga sustava. Prikupljaju se proizvodne informacije i podaci koji mogu biti od značaja za zahtijevano djelovanje i održavanje sustava. U tom se stadiju također utvrđuju potrebe za osiguravanjem pričuvnih (rezervnih) dijelova sustava i nastavlja stručno osposobljavanje i usavršavanje osoblja za održavanje sustava.

5.4 Stadij instaliranja

Ispravno instaliranje i uključenje u djelovanje sustava od posebnog je značaja za njegovo kasnije ispravno djelovanje i učinkovito održavanje. Zbog toga se tijekom *stadija instaliranja* (engl. *installation phase*) sustava trebaju dosljedno slijediti upute i postupci dani od strane proizvođača kako bi sustav započeo s djelovanjem na propisan način i unutar specificiranih (propisanih) vrijednost radnih parametara. Tijekom ovog stadija također se dokazuje održavljivost sustava kao nastavak ranijim ispitivanjima

provedenim tijekom stadija njegovog projektiranja i razvoja. Provjera radnih i drugih karakteristika sustava osnova je za nadzor i definiranje akcija održavanja tijekom stadija njegovog djelovanja i održavanja.

5.5 Stadij djelovanja i održavanja

Tijekom *stadija djelovanja i održavanja* (engl. *operation and maintenance phase*) sustava, izvodi se održavanje i koristi podrška održavanju toga sustava sukladno planu iz stadija njegovog projektiranja i razvoja. Ako u tom stadiju nije bilo detaljno utvrđeno i specificirano, održavanje i podrška održavanju razvija se i dokumentira što je moguće ranije tijekom stadija djelovanja i održavanja sustava. Tijekom ovog stadija također se definiraju i dodjeljuju organizacijske odgovornosti za osiguravanje održavanja i podrške održavanju sustava.

U jamstvenom dijelu stadija djelovanja i održavanja sustava dosljedno se slijede upute za rukovanje tim sustavom i njegovo održavanje, utvrđene od strane proizvođača, kako bi se osigurala valjanost jamstva u slučaju kvara sustava.

Održavanje i podršku održavanju sustava tijekom razdoblja njegovog djelovanja i održavanja treba redovito preispitivati zbog:

- prilagodbe promjenama potreba korisnika sustava,
- promjenama radnih uvjeta sustava i
- promjenama tehnologije održavanja sustava.

Značajnija preinaka sustava obično zahtijeva i odgovarajuće promjene u njegovom održavanju i podršci održavanju.

5.6 Stadij uklanjanja iz djelovanja

U *stadiju uklanjanja* (engl. *disposal phase*) sustav se trajno isključuje iz djelovanja, a njegova, eventualna, zamjena može biti uvjetovana različitim razlozima. Glavni su:

- tehnološka zastarjelost sustava,
- gubitak sposobnosti sustava za ostvarivanje zahtijevane funkcije,

- nemogućnost proizvođača sustava za daljnje osiguravanje resursa podrške održavanju,
- nedostatak vanjskih resursa održavanja sustava ili
- ekonomski razlozi.

Na Slici 5.1. dan je pregledni prikaz aktivnosti sa aspekta održavanja i podrške održavanju tijekom vijeka trajanja sustava.

Nedostatak učinkovite podrške održavanju sustava može sama po sebi prouzročiti njegovo uklanjanje iz djelovanja i zbrinjavanje. Zbog toga se tijekom čitavog vijeka trajanja sustava stalno preispituje raspoloživost podrške održavanju toga sustava.

Zahtjevi i aktivnosti	Stadij vijeka trajanja					
	Osmišljavanje i definiranje	Projektiranje i razvoj	Proizvodnja	Instaliranje	Djelovanje i održavanje	Uklanjanje
Opći korisnički zahtjevi	✓					
Zahtjevi na pouzdanost, održavljivost i ispitljivost	✓					
Definiranje opće podrške održavanju	✓					
FMECA		✓			✓	
Definiranje zamisli održavanja		✓			✓	
Planiranje resursa održavanja		✓				
RCM		✓			✓	
Priprema tehničke dokumentacije		✓	✓	✓		
Priprema i osiguravanje stručnog osposobljavanja		✓	✓	✓		
Provjera aktivnosti održavanja i podrške održavanju			✓	✓	✓	
Pribavljanje pričuvnih dijelova, alata, opreme za podršku, informacijskih sustava i objekata			✓	✓	✓	
Prikupljanje informacija o održavanju			✓	✓	✓	
Upravljanje održavanjem					✓	
Priprema održavanja					✓	
Izvođenje održavanja					✓	
Mjerenje i analiza karakteristika održavanja					✓	
Poboljšavanje održavanja i preinake					✓	
Prestanak održavanja i podrške održavanja						✓

Slika 5.1. Pregledni prikaz aktivnosti održivosti u vijeku trajanja sustava

6 KARAKTERISTIČNI PROCESI ODRŽAVANJA I OSIGURAVANJA PODRŠKE ODRŽAVANJU

Održavanje i osiguravanje podrške održavanju sustava obuhvaća više karakterističnih, međusobno povezanih, procesa kojima je obuhvaćena provedba svih aktivnosti održavanja i osiguravanje podrške održavanju, sukladno utvrđenoj politici i ciljevima održavanja toga sustava.

U osnovi, prepoznatljivo je nekoliko karakterističnih, vremenski redosljednih, procesa održavanja i osiguravanja podrške održavanju sustava. To su sljedeći procesi:

- upravljanje održavanjem i podrškom održavanju,
- planiranje održavanja i podrške održavanju,
- priprema održavanja i podrške održavanju,
- izvođenje održavanja,
- preispitivanje održavanja i podrške održavanju,
- poboljšavanje održavanja i podrške održavanju.

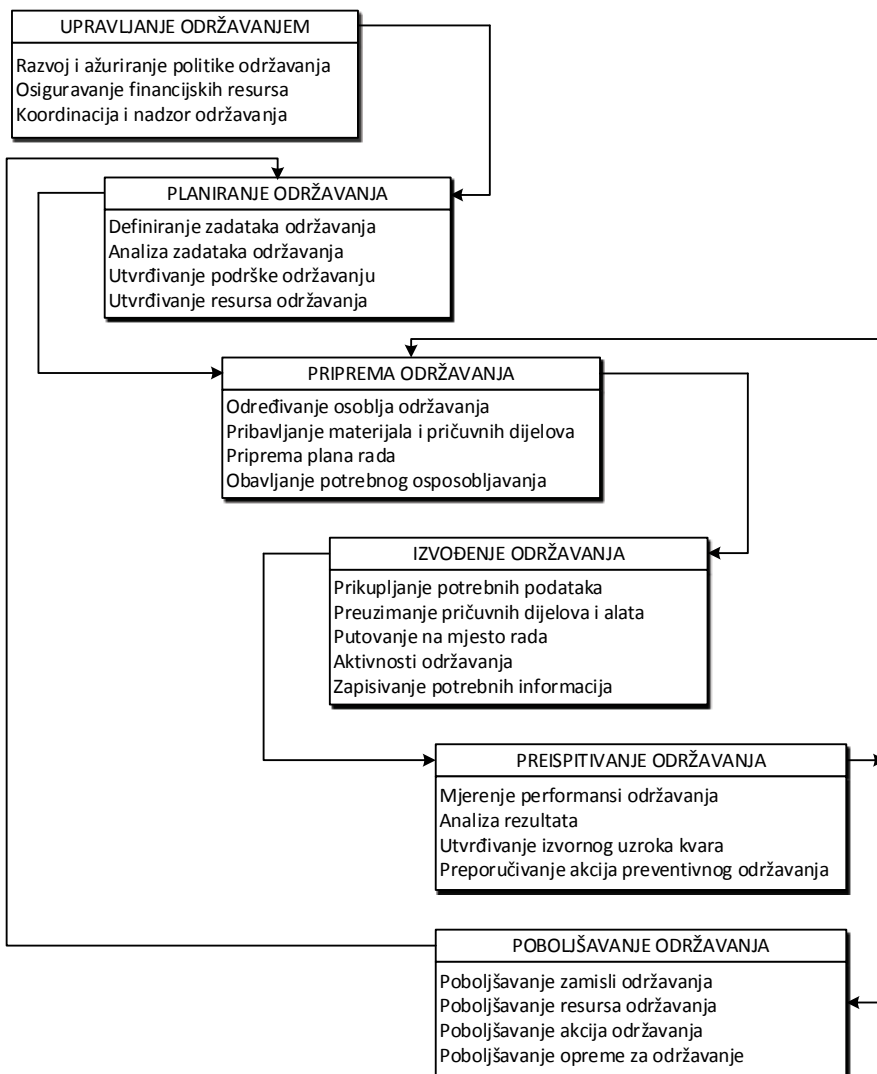
Prikaz karakterističnih procesa održavanja i njihove međusobne povezanosti dan je na Slici 6.1.

6.1 Upravljanje održavanjem i podrškom održavanju

Upravljanje održavanjem (engl. *maintenance management*) sustava je proces kojeg čine sveukupne aktivnosti upravljanja kojima se utvrđuju ciljevi, prioritete, strategije i odgovornosti za održavanje tih sustava kao i njihova primjena, uključujući i ekonomske aspekte održavanja.

Upravljanje održavanjem i podrškom održavanju u osnovi obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- utvrđivanje, razvoj i ažuriranje politike održavanja,
- osiguravanje financijskih resursa za održavanje i
- organiziranje, koordiniranje i nadzor održavanja.



Slika 6.1. Prikaz karakterističnih procesa održavanja i njihove međusobne povezanosti

Politiku održavanja sustava, kao što proizlazi iz definicije IEV 192-06-02, dane u poglavlju 4, čine sveukupne aktivnosti i opredjeljenost organizacije u provedbi održavanja i osiguravanju podrške održavanju toga sustava,

temeljene na poslovnim ciljevima i poslovnoj politici organizacije. Ova politika utječe na odluke koje se odnose na aktivnosti u vezi s održavanjem i osiguravanjem resursa održavanja tijekom cjelokupnog vijeka trajanja sustava. Politiku održavanja utvrđuje i razvija vršno poslovodstvo organizacije odgovorno za upravljanje održavanjem i podrškom održavanju, uz suradnju svih ustrojbenih jedinica organizacije uključenih u provedbu održavanja i osiguravanje podrške održavanju. Politika održavanja se formalno dokumentira te redovito preispituje i inovira.

Za provedu utvrđene politike održavanja, proces upravljanja održavanjem uključuje osiguravanje odgovarajućih *financijskih resursa održavanja*. To se postiže uobičajenim metodama proračunavanja te financijskog praćenja i izvješćivanja.

U okviru procesa upravljanja održavanjem, organizacija odgovorna za izvođenje održavanja sustava uspostavlja odgovarajuću organizacijsku strukturu potrebnu za izvršavanje zadataka održavanja i osiguravanje potrebne podrške održavanju toga sustava te koordinira i nadzire njihovo izvršavanje.

6.2 Planiranje održavanja i podrške održavanju

Pristup planiranju održavanja i podrške održavanju sustava temelji se na utvrđenoj politici i ciljevima održavanja, uzimajući u obzir uvjete djelovanja toga sustava.

Svrha planiranja održavanja i podrške održavanju je afirmiranje zamisli održavanja za sustave koji zahtijevaju održavanje, radi osiguravanja potrebnih resursa održavanja i za osiguravanje da se prikupljaju potrebne informacije tijekom provedbe akcija održavanja.

Planiranje održavanja i podrške održavanju može se događati tijekom stadija projektiranja i razvoja i stadija djelovanja i održavanja. To ovisi o scenariju za planiranje i osiguravanju održavanja i podrške održavanju, odnosno o tome tko preuzima odgovornost za njihovu primjenu i u kojem stadiju vijeka trajanja se ona događa. Norma IEC 60300-3-12, čiji je sažetak dan u 3.2.3, opisuje metode za objedinjeno planiranje održavanja i podrške održavanju u tom kontekstu.

Planiranjem održavanja i podrške održavanju sustava se, u osnovi, obuhvaća:

- planiranje akcija održavanja i
- planiranje resursa podrške održavanju.

6.2.1 Planiranje akcija održavanja

Akcije održavanja sustava utvrđuju se pomoću jednog ili kombinacije sljedećih pristupa:

- prilagođavanje proizvođačevim preporukama,
- analizom sustava korištenjem pristupa strukturne analize, kao što je održavanje fokusirano na pouzdanost, RCM, temeljeno na FMECA i
- oslanjanjem na stečena iskustava u djelovanju i održavanju sustava

Planiranje akcija održavanja sustava može se temeljiti samo na preporukama njegovog proizvođača. Međutim, u tom slučaju korisnici sustava trebaju biti sigurni da su te preporuke dostatne i prikladne za njihovu neposrednu primjenu jer proizvođač sustava obično nije u mogućnosti predvidjeti čimbenike kao što su: poslovne posljedice kvarova sustava, aspekti sigurnosti, propisani zahtjevi, metode i tehnike nadzora stanja sustava, raspoloživost potrebnih resursa za održavanje sustava i ambijentalni uvjeti djelovanja sustava.

U okolnostima kada aktivnosti održavanja temeljene na proizvođačevim preporukama nisu specificirane ili nisu prikladne za provedbu održavanja, mogu se koristiti rezultati RCM strukturne analize sustava, provedene u skladu s normom IEC 60300-3-11, čiji je sažetak dan u 3.2.3.

RCM se temelji na rezultatima FMECA, metodi kojom se sustavno ustanovljavaju mogući mehanizmi nastupa, čestoća pojave i moguće posljedice kvarova te kritičnost svake od posljedica kvarova na radni kapacitet, raspoloživost, pouzdanost i sigurnost sustava, kao i druge značajnije posljedice kvarova sustava.

RCM analiza sastoji se od sustavnog pristupa analizi podataka koji se odnose na pouzdanost i sigurnost sustava kako bi se utvrdila izvedivost i primjerenost određenih akcija preventivnog održavanja, kao i radi

ukazivanja na nedostatke održavanja i podrške održavanju koje treba uzeti u obzir pri preispitivanju projektiranja i utvrđivanja najdjelotvornijeg programa preventivnog održavanja sustava.

Za složenije sustave s kojima postoji dovoljno iskustva u njihovom djelovanju i dovoljno podataka i informacija o kvarovima i prošlosti njihovog održavanja, pri planiranju akcija održavanja moguće je primijeniti stečenu praksu i iskustvo. Međutim, i tada te činjenice treba još uvijek detaljno analizirati i preispitivati.

6.2.2 Analiza zadataka održavanja

Analiza zadataka održavanja utvrđuje specifične informacije i resurse za svaki sustav koji zahtijeva održavanje, što obuhvaća sljedeće:

- opis zadataka održavanja,
- frekventnost izvođenja zadataka održavanja,
- brojnost osoblja određene razine osposobljenosti,
- postupke održavanja,
- prateće sigurnosne postupke,
- postupke rukovanja, transporta i odlaganje opasnih materijala,
- specijalne alate, ispitnu opremu i opremu za podršku,
- pričuvne dijelove i materijale,
- nadzor i mjerenja i
- postupke provjere radi potvrđivanja zadovoljavajuće izvedbe održavanja.

Zadaci se nakon toga preispituju i izvode podešavanja frekventnosti izvođenja kao rezultat ograničenja kao što je maksimaliziranje raspoloživosti ili optimizacija resursa.

6.2.3 Utvrđivanje resursa podrške održavanju

Pri definiranju detaljne zamisli održavanja sustava, potrebno je utvrditi na kojim će se ešalonu sustav obnavljati ili zamijeniti. Sustav se može održavati na mjestu njegovog djelovanja, u lokalnoj radionici za održavanje ili u vanjskom objektu za održavanje. Cilj je definirati odgovarajući ešalon

održavanja radi minimiziranja troškova, ovisno o ograničenju raspoloživosti. Utvrđivanju optimalnog broja ešalona održavanja sustava, obično prethodi *analiza razine obnavljanja* (engl. *level of repair analysis*), LORA, toga sustava.

Na osnovi LORA moguće je finalizirati zamisao održavanja za svaki sustav. Tada se donose sljedeće odluke:

- da li je osoblje održavanja osigurano od strane korisnika sustava ili se ono osigurava iz vanjskih izvora,
- tko osigurava pričuvnu dijelove i npr. zalihu, lokalni izvor ili vanjski opskrbljivač,
- kako osigurati specijalne alate, transport, dizala, ispitnu i opremu za podršku
- uvjeti nadzora opreme i softver koji se treba dobiti i
- infrastruktura koja je potrebna za osiguranje primjene politike održavanja.

6.3 Priprema održavanja i podrške održavanju

Planiranje specifičnih zadataka održavanja treba obaviti dovoljno rano radi pravovremenog planiranja i opskrbe potrebnim resursima. To obuhvaća:

- utvrđivanje i raspoređivanje osoblja za izvođenje aktivnosti održavanja,
- pribavljanje materijala i pričuvnih dijelova iz vanjskih izvora ili skladišta,
- osiguravanje raspoloživosti alata, prijevoznih sredstava i opreme za podršku održavanju,
- utvrđivanje i specificiranje zahtijevanih aktivnosti za provedbu održavanja kao i postupaka u vezi s poduzimanjem sigurnosnih mjera i osiguravanjem ambijentalnih uvjeta rada,
- pribavljanje vanjskih resursa održavanja,
- osiguravanje komunikacijskih resursa održavanja i
- provedbu potrebnog stručnog osposobljavanja osoblja za izvođenje aktivnosti održavanja.

Planirane aktivnosti vremenski se raspoređuju na temelju prioriteta sustava kako bi se osiguralo da se najprije provedu najurgentnije i najvažnije aktivnosti održavanja i da se učinkovito upotrijebe resursi održavanja.

6.4 Izvođenje održavanja

Akcije (zadaci) održavanja sustava izvode se s dovoljno opreza i pažnjom glede tehničkih aspekata obnavljanja ili zamjene dijelova kao i korištenja odgovarajuće ispitno-mjerne opreme. Ukoliko je potrebno, specificiraju se i primjenjuju posebne mjere glede sigurnosti i ambijentalnih uvjeta rada osoblja koje izvršava zadatke održavanja. Bilježe se informacije i podaci koje se odnose na zapažanja, potrebna očitavanja i mjerenja, provedene aktivnosti i korištene resurse.

Akcija preventivnog održavanja može, u osnovi, obuhvatiti sljedeće aktivnosti:

- preuzimanje tehničkih podataka i opisa zadataka održavanja,
- preuzimanje pričuvnih dijelova, alata i opreme za podršku održavanju,
- putovanje na mjesto izvođenja održavanja,
- priprema i prilagodba mjesta rada i radnih uvjeta,
- aktivno izvođenje zadataka održavanja,
- provjera završne funkcionalne sposobnosti sustava i
- evidentiranje relevantnih podataka i informacija u vezi s obavljenim zadacima održavanja.

Akcija korektivnog održavanja obuhvaća sve aktivnosti kao i za preventivno održavanje, ali zahtijeva i dodatne aktivnosti kao što je utvrđivanje manjkavosti koje su izazvale kvar sustava kao i samo uklanjanje tih manjkavosti. U slučaju značajnijih kvarova treba istražiti i evidentirati njihove uzroke prije njihovog otklanjanja.

6.5 Preispitivanje održavanja i podrške održavanju

Preispitivanje aktivnosti preventivnog i korektivnog održavanja sustava može se izvesti nakon svake izvedene akcije održavanja (npr. nakon

otklanjanja manjkavosti) ili periodički, u svrhu preispitivanja sveukupnih radnih karakteristika sustava, npr. određene vrste sustava za određeno razdoblje.

Organizacija koja izvodi održavanje sustava uspostavlja i primjenjuje ustaljene i ponovljive metode prikupljanja i analize podataka i tumačenje rezultata. Ovi se rezultati koriste za podršku i opravdavanje provedbe određenih poboljšanja u području održavanja. Za upravljanje podacima i analizu rezultata u procesu preispitivanja održavanja sustava često se koriste odgovarajući računalni informacijski sustavi.

Preispitivanje preventivnog održavanja sustava u osnovi se odnosi na: djelotvornost održavanja, tehničke aspekte zadataka održavanja, prikladnost resursa održavanja i primjerenost sigurnosnih i ambijentalnih mjera i postupaka.

Preispitivanjem korektivnog održavanja temeljito se analiziraju značajniji kvarovi radi utvrđivanja preventivnih i korektivnih aktivnosti održavanja, a za značajne i skupe kvarove ove aktivnosti uključuju i *analizu izvornog uzroka kvara* (engl. *root cause failure analysis*). Detaljna analiza izvornih uzroka kvarova može se redoslijedno sastojati od:

- prikupljanja činjenica koje se odnose na kvar,
- analize rezultata i utvrđivanje uzroka kvarova, eventualno izvođenjem FMEA ili drugih metoda,
- utvrđivanja izvornog uzroka kvara,
- predlaganja, ispitivanja i potvrđivanja pretpostavki,
- preporučivanja preventivnih akcija i
- provedbe poboljšavanja.

Detaljno preispitivanje korektivnog održavanja otkriva ponovljive kvarove i tendencije koje se odnose na radne uvjete i probleme kvalitete.

6.6 Poboljšavanje održavanja i podrške održavanju

Poboljšavanje u aktivnosti održavanja i podrške održavanju sustava postiže se aktivnom podrškom posloводства organizacije, djelotvornim procesima i komunikacijom. Ovo se poboljšavanje može postići promjenama u:

- zamisli održavanja,
- razini održavanja,
- postupcima održavanja,
- vještini i stručnoj osposobljenosti osoblja koje izvodi održavanje,
- pričuvnim dijelovima i materijalima,
- alatima i opremi za podršku,
- uporabi vanjskih resursa,
- radnim postupcima i uvjetima,
- postupcima koji se odnose na sigurnost i radne uvjete,
- projektiranju opreme i sustava i
- održavljivosti sustava.

Nerijetko se, radi potvrđivanja da su aktivnosti preventivnog i/ili korektivnog održavanja sustava ispravno izvedene te potvrđivanja da je postignuto očekivano poboljšanje, primjenjuje odgovarajući proces potvrđivanja valjanosti (validacije) izvedenih aktivnosti održavanja.

7 RESURSI ODRŽAVANJA I PODRŠKE ODRŽAVANJU

Resurse održavanja i podrške održavanju sustava općenito čine svi jednoznačno definirani materijalni ili nematerijalni „entiteti“ koji se koriste pri održavanju i podršci održavanju toga sustava.

Osnovne resurse održavanja i podrške održavanju sustava čine:

- ljudski resursi,
- materijali i pričuvni dijelovi,
- infrastruktura,
- informacijski resursi,
- financijski resursi.

Vrste i količine resursa potrebnih za izvođenje održavanja kao i za podršku održavanju sustava početno se utvrđuju tijekom planiranja podrške održavanju u stadiju projektiranja i razvoja vijeka trajanja toga sustava. Budući da su uvjeti u stadiju djelovanja i održavanja vijeka trajanja sustava promjenljivi, vrste i količine resursa održavanja i podrške održavanju tog sustava se tijekom tog razdoblja redovito preispituju i ažuriraju.

Na vrste i količinu resursa održavanja i podrške održavanju sustava utječe više čimbenika, od kojih su najutjecajniji:

- lokacija sustava koji se održava,
- lokacija objekata u kojima se obavlja održavanje sustava,
- lokacija resursa za podršku održavanju sustava,
- zahtijevana razina održivosti sustava,
- vrsta sustava koji se podržava,
- značaj funkcionalnosti sustava,
- ekonomski čimbenici,
- poslovni ciljevi organizacije koja koristi sustav i
- propisani zahtjevi koji se odnose na sustava.

7.1 Ljudski resursi

Za postignuće očekivane svrhe korištenja sustava, uz što manje ukupne troškove njegovog vijeka trajanja, zahtijeva se raspolaganje s osobljem

odgovarajuće stručne osposobljenosti za izvođenje održavanja toga sustava. Za većinu sustava najskuplji element podrške održavanju je upravo osoblje osposobljeno za izvođenje održavanja tih sustava. Pažljiva selekcija toga osoblja i njihovo učinkovito stručno osposobljavanje smanjuje ove troškove.

Za sustave koji pri projektiranju koriste suvremene tehnologije, brojnost osoblja za izvođenje održavanja, razina njihove uvježbanosti i stručne osposobljenosti temelji se na prethodnoj analizi složenosti zahtjeva na održavanje tih sustava. Specijaliziranost, razina stručne osposobljenosti (temeljna, srednja i visoka) i zahtijevana brojnost osoblja za izvođenje održavanja, može se utvrditi na osnovi procjene složenosti, čestote i opsega izvođenja zadataka održavanja, kao dijela analize podrške održavanju sustava. Specijaliziranost i razina stručne osposobljenosti osoblja koje izvodi održavanje utvrđuje se za svaku lokaciju gdje održavani sustav djeluje kao i za lokacije mjesta gdje se obavlja održavanje toga sustava.

Osoblje predodređeno za izvođenje održavanja sustava mora biti kompetentno, tj. imati odgovarajuće obrazovanje, stručnu osposobljenost, uvježbanost i radno iskustvo. To podrazumijeva i sposobnost prilagodbe tog osoblja promjenama zahtjeva na održavanje i promjenama tehnologije održavanja. Za obavljanje nekih specifičnih zadataka održavanja, od osoblja koje te zadatke obavlja može se zahtijevati i posjedovanje posebnih uvjerenja (certifikata) o osposobljenosti.

Planiranje osoblja i njihovo stručno osposobljavanje osoblja obavlja se tako da je primjereno:

- konstruktivnoj izvedbi sustava,
- zamisli (konceptiji) održavanja sustava,
- opremi za podršku održavanju sustava,
- tehnologiji i postupcima održavanja sustava i
- postojećoj razini stručne osposobljenosti osoblja.

Za potrebe stručnog osposobljavanja osoblja predodređenog za održavanje sustava razvijaju se i osiguravaju odgovarajuća pomagala i dokumentacija za održavanje. Osoblje se selektira i stručno osposobljava na način da

stekne potrebne stručne kompetencije za izvođenje održavanja na mjestu djelovanja sustava, po mogućnosti prije isporuke tog sustava odnosno prije njegovog uključenja u djelovanje. Stručno osposobljavanje osoblja za izvođenje održavanja obuhvaća kako temeljno tako i kasnije kontinuirano dodatno stručno osposobljavanje i usavršavanje radi što uspješnije prilagodbe naknadnim preinakama sustava i promjenama tehnologije njegovog održavanja.

Planiranje i stručno osposobljavanje osoblja za rukovanje i izvođenje održavanja sustava u osnovi obuhvaća:

- osposobljavanje za rukovanje sustavom,
- osposobljavanje za izvođenje održavanja sustava na svim primjenjivim razinama i ešalonima održavanja,
- uporabu opreme, nastavnih pomagala i podataka za podršku stručnom osposobljavanju osoblja za rukovanje sustavom kao i izvođenje njegovog održavanja i
- preporučeni pristup daljnjem kontinuiranom stručnom osposobljavanju i usavršavanju tijekom radnog vijeka sustava.

Kada su određeni elementi izvođenja održavanja sustava povjereni drugim organizacijama, plan stručnog osposobljavanja osoblja prilagođen je onim elementima održavanja za koje je odgovorno osoblje te organizacije.

7.2 Pričuvni dijelovi i materijali

Sastavnice (elementarni dijelovi, sklopovi, podsustavi) sustava, koje su predviđene za zamjenu tijekom akcija održavanja, definiraju se kao pričuvni dijelovi. Skladištenje pričuvnih dijelova dio je sveukupnog procesa snabdijevanja materijalima, kojim se osigurava da su potrebni pričuvni dijelovi za održavanje pribavljeni u potrebnoj količini, u pravom trenutku na pravom mjestu.

Raspoloživost podržanog sustava ovisna je o sveobuhvatnoj učinkovitosti održavanja. Stoga, raspoloživost sustava može se smatrati krajnjom svrhom snabdijevanja pričuvnim dijelovima. Potencijalni utjecaj *zastarjelosti* (engl. *obsolescence*) također se može uzeti u obzir kao utjecajni čimbenik na učinkovitost održavanja.

Snabdijevanje pričuvnim dijelovima je proces planiranja potrebnim pričuvnim dijelovima uzimajući u obzir korisnikove potrebe i zahtjeve. Ispravno planiranje i kontrola pričuvnih dijelova kritična je komponenta učinkovite podrživosti sustava. Ukoliko pravi pričuvni dio nije raspoloživ kada je potreban za rutinsko održavanje ili obnavljanje, vrijeme nedjelovanja sustava se produljuje. Nasuprot tome, ako je previše pričuvnih dijelova na raspolaganju, organizacija apsorbira prekomjerne troškove i režijske troškove držanja zaliha.

Planiranje pričuvnih dijelova i opskrba za postignuće poslovnih ciljeva, temelji se na četiri cilja:

- pravi pričuvni dio,
- prava količina,
- u pravo vrijeme i
- na pravom mjestu.

Raspolaganje pričuvnim dijelovima jedan je od čimbenika koji utječu na vrijeme nedjelovanja sustava. Analiza objedinjene logističke podrške osigurava potrebne informacije za osiguravanje pričuvnih dijelova. Ove informacije uključuju prekid rada sustava kao i zamisao održavanja i opskrbe. Optimizacija pričuvnih dijelova pokriva tipična pitanja na koja se daju odgovori: koje pričuvne dijelove uskladištiti unutar organizacije za održavanje ili kod dobavljača i koliko se pričuvnih dijelova svake vrste treba nalaziti na zalihi. Svrha procesa optimizacije pričuvnih dijelova je balansiranje između cijene raspolaganja pričuvnim dijelovima u odnosu na vjerojatnost njihove nestašice i troškova skladištenja.

Za najveći broj zadataka održavanja, zahtijevaju se materijali i pričuvni dijelovi. Kada se sastavnica sustava pokvari, ona se zamjenjuje novom ili obnovljenom. Vrijeme zamjene ovisi o zamisli održavanja. Ako je pokvarena sastavnica obnovljiva, ona se može obnoviti izvan ili na mjestu djelovanja sustava. Politika obnavljanja sa zamjenom zahtijeva da je novi pričuvni dio ili osposobljen za djelovanje ili da je brzo raspoloživ u trenutku kada se dogodi kvar.

Tijekom održavanja, neki se materijali, nazvani potrošnim (engl. *consumable*), troše ili zamjenjuju, ali nisu sposobni za ponovnu uporabu. Druge sastavnice nazivaju se pričuvnim dijelovima i razlikuju se kao

- obnovljive sastavnice ili
- neobnovljive sastavnice.

Idealno, *obnovljive sastavnice* (engl. *repairable items*) sustava mogu se uvijek obnoviti. Međutim, u nekim okolnostima, kada obnavljanje nije ekonomično ili nije tehnički izvedivo, ili kada je pouzdanost sustava smanjena zbog višekratno poduzetih akcija obnavljanja, sastavnica se uklanja i zamjenjuje novom.

Neobnovljive sastavnice (engl. *non-repairable items*) sustava su one koje se ne mogu obnoviti iz tehničkih ili ekonomskih razloga. One se uklanjaju i zamjenjuju novima. Količina neobnovljivih sastavnica određuje se slično obnovljivim sastavnicama pomoću čestoće potražnje i vremena do kojeg je nova sastavnica raspoloživa. Ovo vrijeme obuhvaća vrijeme nabave, administrativno kašnjenje i vrijeme transportiranja.

Vrste pričuvnih dijelova definiraju se tijekom razvoja zamisli održavanja kada se određuje koji se dijelovi uklanjaju i zamjenjuju na svakom od ešalonu održavanja. Svi pričuvni dijelovi, potrošni materijali, posebne zalihe i odnosni inventar potrebni za podršku zadacima korektivnog i preventivnog održavanja elementi su podrške održavanju. Vrsta i količina pričuvnih dijelova koji se nabavljaju i skladište određuju se za svaki ešalon održavanja.

Za upravljanje opskrbom s pričuvnim dijelovima sustava mogu se koristiti različite metode, zavisno o njihovoj uporabi pri obavljanju zadataka preventivnog ili korektivnog održavanja. Određivanje količine pričuvnih dijelova sustava i njihova optimizacija početno se izvodi na temelju *srednjeg vremena do kvara* (engl. *mean time to failure*), MTTF, ili *čestoće kvara* pričuvnih dijelova, primjenjujući matematičke i statističke metode.

Preciznost određivanja pričuvnih dijelova značajno utječe kako na troškove održavanja sustava tako i na njegovu raspoloživost. Srednje vrijeme do kvara ili čestoća kvara pričuvnih dijelova početno se utvrđuju prije uključenja sustava u djelovanje. Međutim, koristeći stečena iskustva tijekom korištenja

i održavanja toga sustava, uspostavlja se sve bolja korelacija sa stvarnim podacima iz prakse.

Za kvantifikaciju pričuvnih obnovljivih dijelova sustava treba uzeti u obzir vrijeme obnavljanja. Za preventivno održavanje sustava, količina pričuvnih dijelova može se temeljiti na determinističkim metodama.

Proces opskrbe pričuvnim dijelovima temelji se na:

- zamisli održavanja sustava,
- funkcionalnim zahtjevima na sustav,
- okolišnim uvjetima djelovanja sustava i
- financijskim ograničenjima pri određivanju količine pričuvnih dijelova i optimizaciji zaliha.

Za svaki sustav potrebno je uspostaviti uravnoteženost između količine pričuvnih dijelova, čestoću uporabe, troškova nabave i skladištenja i potencijalnih troškova zastarijevanja i održavanja / modernizacije pričuvnih dijelova na zalihi.

Za kvantificiranje pričuvnih dijelova sustava i optimiziranje zaliha mogu se koristiti različite metode. Kvantifikacija i optimizacija pričuvnih dijelova sustava temelje se na pokazateljima kao što su:

- čestoća zamjenjivanja,
- čestoća obnavljanja,
- vrijeme obnavljanja,
- troškovi nabave i
- troškovi skladištenja.

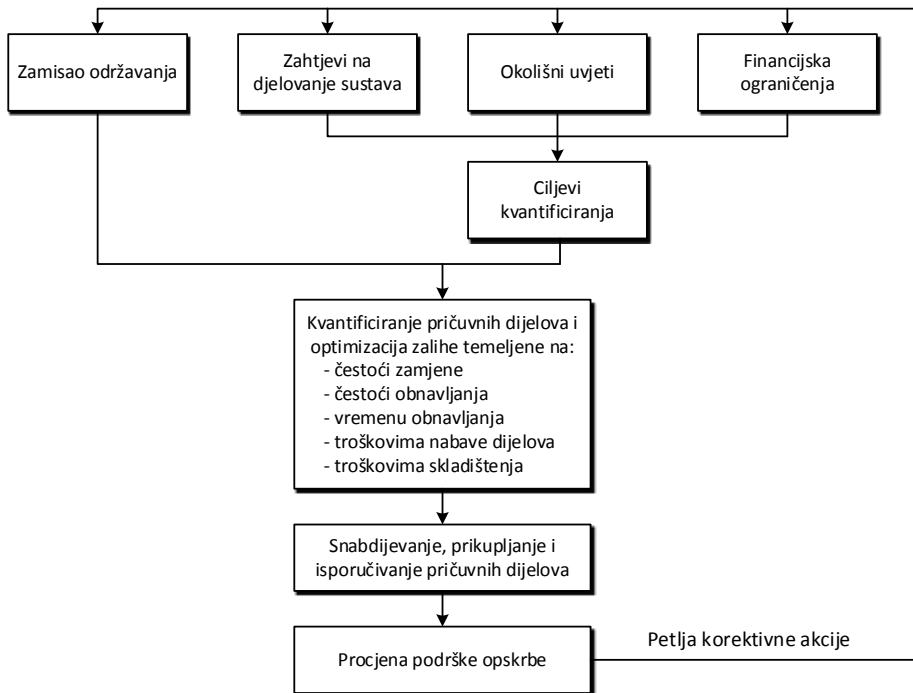
Na slici 7.1 prikazan je proces snabdijevanja pričuvnim dijelovima tijekom korištenja sustava.

Pričuveni se dijelovi sustava mogu nabaviti izravno od prodavača ili proizvođača ili mogu biti pohranjeni u skladištu korisnika sustava. Važno je osigurati da pričuveni dijelovi sustava odgovaraju zahtijevanoj uporabi i da ispunjavaju utvrđene kriterije kvalitete.

7.3 Infrastruktura

Infrastrukturu održavanja nekog sustava čini sva oprema za podršku održavanju i objekti potrebni za osiguravanje odgovarajućeg izvođenja održavanja i podrške održavanju toga sustava. U osnovi, ona obuhvaća:

- opremu za podršku održavanju,
- objekte za izvođenje održavanja,
- objekte za podršku održavanju i
- informatičke sustave za podršku održavanju.



Slika 7.1. Proces snabdijevanja pričuvnim dijelovima tijekom korištenja sustava

7.3.1 Oprema za podršku održavanju

Opremu za podršku održavanju sustava čini sva oprema koja se zahtijeva za izvođenje održavanja kao i nadzor i provjeru funkcijske sposobnosti sustava, ali nije prijeko potrebna za njegovo djelovanje. Vrsta i količina opreme za podršku održavanju sustava ovisi o vrsti i opsegu zahtijevanih aktivnosti njegovog održavanja.

Oprema za podršku održavanju sustava, u osnovi, obuhvaća:

- alate potrebne za obavljanje zadataka održavanja,
- inventar koji omogućava sigurno obavljanje zadataka održavanja i
- opremu za mjerenje i ispitivanje mehaničkih, električnih i drugih radnih parametara sustava.

Ova oprema, također, uključuje i opremu koja omogućava da se sastavni dijelovi sustava ispituju odvojeni od pripadnog sklopa ili sustava (npr. produžni spojni kabeli i produžne tiskane pločice).

Oprema za podršku održavanju sustava klasificira se u odnosu na njenu namjenu, raspoloživost i izvore njenog pribavljanja, u sljedeće dvije glavne kategorije:

- oprema za podršku održavanju opće namjene i
- oprema za podršku održavanju specifične namjene.

Oprema za podršku održavanju opće namjene uključuje svu opremu koja se koristi za izvođenje održavanja sustava, ali nema neku specifičnu namjenu (npr. alati, pomagala i mjerni instrumenti opće namjene) i koja se može nabaviti u širokoj potrošnji ili je općenito na raspolaganju.

Oprema za podršku održavanju specifične namjene uključuje opremu koja se zahtijeva za obavljanje specifičnih zadataka održavanja sustava, kao što je poseban pribor koji omogućava mjerenje određenih specifičnih radnih parametara sustava ili posebni elektronički analizatori ili ispitno-mjerna oprema koja je posebno projektirana i proizvedena ili prilagođena za podršku održavanju određenog sustava.

Prije nego što se pristupi selekciji (odabiru) opreme za podršku održavanju sustava moraju biti dobro poznate osnovne konstruktivne i radne

karakteristike tog sustava. Glavnina opreme za podršku održavanju sustava može se utvrditi nakon što se završi projektiranje tog sustava i utvrdi zamisao njegovog održavanja.

U svrhu specificiranja zahtijevane opreme za podršku održavanju sustava, detaljno se analizira svaki zadatak održavanja tog sustava. U ranijoj fazi projektiranja sustava, zahtjevi na opremu za podršku održavanju mogu biti posve općeniti, međutim ovi zahtjevi postaju sve specifičniji što su poznatije detaljnije konstrukcijske i funkcijske karakteristike sustava. U cilju smanjenja raznovrsnosti i količine opreme za podršku održavanju sustava na što je moguće manju mjeru, u procesu selekcije te opreme teži se ka što većem opsegu korištenja standardne opreme.

Kada se održavanje sustava izvodi s više ešalona, odnosno na više razina održavanja, pridjeljivanje opreme za podršku održavanju ovisi o vrsti i složenosti zadataka održavanja pridruženih tim razinama. Općenito, složenija oprema za podršku održavanju pridjeljuje se dubljem ešalonu održavanja, tj. ešalonu održavanja kojem su pridijeljeni složeniji zadaci održavanja.

Oprema za automatsko ispitivanje (engl. *automatic test equipment*), ATE, sustava je vanjska, obično računalno upravljana, oprema koja se priključuje na sustav i omogućava simulaciju karakteristika stvarnog rada tog sustava. Ona je projektirana za ispitivanje niza odabranih parametara ili kao dio programa nadzora stanja ili kao dijagnostički alat, a može se koristiti za ispitivanje cijelog ili dijela sustava.

Oprema za automatsko ispitivanje sustava projektira se već u stadiju projektiranja i razvoja sustava u skladu sa zamisli održavanja. Ova oprema može biti vrlo složena i skupa, no ipak će biti opravdana glede čimbenika koji se uzimaju u obzir pri utvrđivanju politike održavanja, uključujući uštede u brojnosti stručno osposobljenog osoblja za izvođenje održavanja, zahtjeva na raspoloživost sustava, složenosti i broja sustava koji zahtijevaju obnavljanje.

Zavisno od vrste sustava, većina opreme za podršku održavanju služi za mjerenje vrijednosti specifičnih radnih parametara toga sustava. Da bi ova mjerenja bila od stvarne koristi, ona moraju biti sigurna. Za postignuće zahtijevane sigurnosti, mjerna oprema se umjerava (kalibrira), tj. ispituje, provjerava i uspoređuje u odnosu na referentne vrijednosti.

Održavanje neke opreme za podršku održavanju sustava također treba predvidjeti kada se analiziraju zadaci održavanja tog sustava. Pored umjeravanja, oprema za podršku održavanju i sama može zahtijevati i korektivno i preventivno održavanje, kako bi se zadržala u stanju u kojem može obavljati zahtijevanu funkciju.

Ugrađena ispitna oprema (engl. *built-in test equipment*), BITE, sustava je, kako samo ime kaže, ispitna oprema ugrađena u sustav i, kao takva, čini njegov sastavni dio. Zbog toga, ova oprema ne spada u opremu za podršku održavanju sustava jer je njegov sastavni dio, premda obavlja funkciju sličnu opremi za podršku njegovog održavanja koja se, kao npr. ATE, izvana priključuje na ispitivani sustav.

BITE omogućava brzo utvrđivanje manjkavosti i izvođenje korektivnog održavanja sustava bez potrebe za korištenjem vanjske ispitne opreme. S BITE se ostvaruje utvrđivanje neispravnosti u sustavu kada je od vitalnog interesa brzo obnavljanje sustava, a složenost sustava čini manualno ispitivanje sustava neprikladnim. Iako se BITE uglavnom primjenjuje u elektroničkim sustavima, uporaba mikroprocesora i mikroročunala omogućava njenu široku primjenu i u drugim tehničkim sustavima.

7.3.2 Objekti za izvođenje i podršku održavanju

Objekti za izvođenje održavanja su objekti u kojima su osigurani uvjeti za obavljanje određenih zadataka održavanja i koji su opskrbljeni opremom čijim se korištenjem omogućuje održavanje, obnavljanje ili servisiranje sustava isključenog iz djelovanja. Ovi objekti uključuju radionice za obnavljanje i generalni remont sustava i servisna skladišta, a mogu biti osigurani od strane proizvođača sustava, organizacije koja obavlja održavanje sustava i korisnika sustava.

Objekti za podršku održavanju sustava su objekti koji služe za:

- smještaj alata i opreme za podršku održavanju sustava,
- skladištenje pričuvnih dijelova sustava,
- osiguravanje radnog prostora administrativnih službi održavanja i
- obuku osoblja za obavljanje zadataka održavanja sustava.

Ovi objekti moraju biti opskrbljeni odnosno opremljeni s komunalijama, kao što su: električna energija, komprimirani zrak, voda, klimatizacija, osvjetljenje, računalna i komunikacijska oprema, oprema za zaštitu od požara, dizala i sl.

7.3.3 Računalni informacijski sustav za održavanje

Računalni informacijski sustav za potrebe održavanja sustava može znatno poboljšati učinkovitost održavanja toga sustava jer olakšava dostupnost informacijama koje su od značaja za njegovo održavanje i upravljanje tim informacijama. Međutim, to zahtijeva osiguravanje prikladne računalne informacijske opreme na mjestu gdje se izvodi održavanje sustava kao i u radnim prostorijama osoblja koje izvodi održavanje i prostorijama administrativnih službi održavanja. Uporaba ove opreme može zahtijevati posebne komunikacije kako bi informacije bile na raspolaganju na prostorno disperziranim radnim lokacijama. Računalnu informacijsku opremu koja se koristi u održavanju treba također održavati i ažurirati podatke potrebne za održavanje, a osoblje koje izvodi održavanje treba osposobiti za njenu uporabu. Suprotno očekivanim prednostima, treba uzeti u obzir troškove održavanja i funkcioniranja računalnih informacijskih sustava koji se koriste pri održavanju elektroničkih sustava .

7.4 Informacijski resursi

Informacijski resursi su posebno važni za održavanje i podršku održavanju sustava. Brojni sustavi iziskuju informacije za mjerenje i analizu karakteristika sustava a ponekad i za podršku propisanim zahtjevima. Informacijski resursi uključuju priručnike i drugu dokumentaciju za održavanje kao i računalne informatičke sustave.

7.5 Financijski resursi

Odgovarajući financijski resursi potrebni za održavanje osiguravaju se korištenjem odgovarajućih metoda proračunavanja troškova održavanja.

8 LJUDSKE POGREŠKE U ODRŽAVANJU

Ispravno rukovanje sustavom i njegovo održavanje kao i osiguravanje odgovarajuće podrške tom održavanju, bitni su preduvjeti za postignuće zahtijevane funkcionalnosti i raspoloživosti toga sustava tijekom njegovog radnog vijeka. Pri tome se, naravno, pretpostavlja da je sustav projektiran tako da ima određenu razinu svojstvene pouzdanosti i održavljivosti te da je kvalitetno proizveden i ispravno instaliran.

Međutim, svaki sustav u čije su rukovanje i održavanje tijekom njegovog radnog vijeka uključeni ljudi, tj. postoji interakcija čovjek – stroj, podložan je kvarenju kao izravna posljedica utjecaja ljudskih pogrešaka pri toj interakciji.

Ljudska pogreška (engl. *human error*) pri rukovanju sustavom i njegovom održavanju može se definirati kao prestanak ili neispravnost izvođenja specificiranih radnih aktivnosti ljudi koje mogu rezultirati gubitkom sposobnosti toga sustava za obavljanje zahtijevane funkcije, tj. kvarom toga sustava ili pogoršanjem njegovih radnih karakteristika.

Ljudske pogreške koje izravno ili neizravno rezultiraju pogreškama pri rukovanju sustavom ili njegovom održavanju u razdoblju njegovog djelovanja i održavanja, mogu nastati kao posljedica ljudskih pogrešaka nastalih već i u ranijim stadijima vijeka trajanja toga sustava, tj. u razdobljima njegovog projektiranja i razvoja, proizvodnje i instaliranja.

Ljudske pogreške događaju se i zbog neispravnog korektivnog ili preventivnog održavanja sustava. Tipični primjeri su netočno podešavanje radnih parametara sustava i primjena nepodesnih pričuvnih dijelova i materijala za njegovo održavanje. Općenito je prihvatljiva činjenica da čestoća pojave pogreške u održavanju sustava raste sa starošću tog sustava jer se povećanjem starosti sustava povećava i čestoća izvođenja aktivnosti njegovog održavanja, a time i vjerojatnosti događanja pogrešaka pri izvođenju tih aktivnosti.

8.1 Mogući uzroci ljudskih pogrešaka u održavanju

Ljudske pogreške koje nastaju pri rukovanju sustavom i njegovom održavanju mogu imati više uzroka. Značajniji su:

- loše projektiran sustav,

- neprikladni, manjkavi i neažurirani priručnici za održavanje sustava,
- nedovoljna stručna osposobljenost i radno iskustvo osoblja za izvođenje aktivnosti održavanja,
- loše radno okružje (svjetlo, temperatura, buka, vlaga),
- loša organizacija izvođenja aktivnosti održavanja,
- neprikladni alat i oprema za podršku održavanju i
- složenost zahvata pri izvođenju aktivnosti održavanja.

Pored navedenih, uzroci ljudskih pogrešaka koje nastaju pri rukovanju sustavom i njegovom održavanju često su psihofizičke prirode, uglavnom uvjetovane utjecajem ljudskog faktora i ljudskog stresa.

8.2 Tipična ljudska ponašanja

Poznavanje ljudskog ponašanja od interesa je za razumijevanje i tumačenje nastanka ljudskih pogrešaka pri rukovanju sustavom i njegovom održavanju. Neka od tipičnih ljudskih ponašanja koja su od značaja pri rukovanju tim sustavom i njegovom održavanju su:

- ljudi se lako zbune pri prvom susretu s novim i nepoznatim sustavom,
- ljudi postaju samozadovoljni i sve manje pažljivi pri višekratno uspješno obavljenim istovrsnim aktivnostima rukovanja ili održavanja,
- ljudi nemaju dovoljno strpljenja za pažljivo planiranje i poduzimanje mjera predostrožnosti i sigurnosti pri obavljanju aktivnosti rukovanja održavanja,
- ljudi obično precijene male razmake, a podcijene velike razmake,
- ljudi postaju priviknuti na značenja određenih boja,
- ljudi površno pročitaju ili previde dane upute za rukovanje i održavanje,
- u opasnosti, ljudi se ponašaju iracionalno,
- ljudska pažnja u odnosu na sustav opada pri visokom šumu, treptajućem svjetlu te jarkim i blještavim bojama,

- ljudi propuste provjeriti ispravnost obavljenih zadataka rukovanja i održavanja,
- pri obavljanju zadataka rukovanja i održavanja ljudi nerijetko razmišljaju o stvarima koji s izvršavanjem tih zadataka nemaju veze,
- ljudi su neskloni priznati vlastite pogreške ili propuste i
- ljudi općenito imaju malo saznanja o vlastitim psihofizičkim ograničenjima.

8.3 Ljudska osjetila i antropološke karakteristike ljudskog tijela

Na ispravnost rukovanja sustavom i njegovo održavanje značajno utječe vrsta i kapacitet ljudskih osjetila. Od svih ljudskih osjetila, za ispravno rukovanje sustavom i njegovo održavanje od bitnog su značaja osjetila *dodira, vida i sluha*.

Pored spomenutih ljudskih osjetila, na ispravnost rukovanja sustavom i njegovo održavanje značajno utječu i *antropološke karakteristike ljudskog tijela* (nap.: *antropologija* je nauka koja proučava fizičku prirodu čovjeka, osobine građe ljudskog tijela, podrijetlo čovjeka, pradaвне i suvremene fizičke tipove čovjeka, itd.). Zbog toga, pri projektiranju od posebnog je značaja uzimanje u obzir antropoloških značajki ljudi jer tim sustavima rukuju i održavaju ih ljudi različitih tjelesnih karakteristika. Pritom se trebaju uvažavati određene norme. Norme zahtijevaju da se pri uporabi *antropometrijskih podataka* (nap.: *antropometrija* se bavi mjerenjem i ispitivanjem ljudskog tijela i odnosa dimenzija između pojedinih njegovih dijelova) uzimaju u obzir i čimbenici kao što su:

- priroda zadataka rukovanja i održavanja,
- čestoća obavljanja zadataka rukovanja i održavanja,
- poteškoće pridružene obavljanju zadataka rukovanja i održavanja,
- mogući položaj ljudskog tijela prilikom izvođenja zadataka rukovanja i održavanja, itd.

8.4 Utjecaj ljudskog stresa na pogreške u održavanju

Ljudski stres (engl. *human stress*) predstavlja psihički, emocionalni ili fizički pritisak što ga čovjek osjeća kao posljedicu štetnog utjecaja čimbenika

okružja kojima je čovjek izložen. On je neizbježan u životu svakog čovjeka. Manifestira se načinom na koji čovjek mentalno, fizički i emocionalno reagira na različita stanja i promjene u njegovom okružju i radne zahtjeve koji se na njega postavljaju. Općenito se može prihvatiti da je stres stanje ili osjećaj, u kojem se čovjek nalazi kada smatra da zahtjevi koji se na njega postavljaju premašuju njegova znanja, sposobnosti i mogućnosti.

Stres ne mora uvijek imati negativan utjecaj na ljudsku aktivnost. Niske razine stresa mogu proći nezamijećeno, dok blago povišena razina stresa često rezultira povećanom djelotvornošću ljudske aktivnosti. Tek visoke razine stresa mogu rezultirati nekim ozbiljnim negativnim posljedicama.

Psihološki simptomi ljudskog stresa obično se manifestiraju kroz način razmišljanja, reagiranja i raspoloženje čovjeka. Neki od prepoznatljivih psiholoških simptoma ljudskog stresa su:

- laka iritacija i netolerancija,
- „gubljenje živaca“ i vikanje na suradnike bez osobitog razloga,
- sumnja u vlastite sposobnosti i mogućnosti,
- nervoza i iscrpljenost,
- teška koncentracija i slaba usredotočenost na rješavanje konkretnih zadataka,
- prevelika zabrinutost za nebitne stvari i
- zamišljanje negativnih, zabrinjavajućih i katastrofalnih pojava.

Ljudski stres na radnom mjestu može imati različite uzroke, od kojih su najznačajniji:

- zabrinutost zbog kvalitete obavljenih poslova,
- nejasna predodžba o svrsi i ciljevima radnih aktivnosti,
- loša komunikacija sa suradnicima u radnom okružju,
- osjećaj manjka radne podrške od suradnika i
- obavljanje beznačajnih poslova ili poslova znatno ispod osobnih radnih sposobnosti i mogućnosti.

Pored navedenih, postoji još čitav niz uzroka ljudskog stresa na radnom mjestu kao što su: diskriminacija na radnom mjestu, rad pod teškim i

nesigurnim uvjetima, zahtijevana stalna prisutnost, dostupnost i raspoloživost na radnom mjestu i dr.

8.5 Opće smjernice za reduciranje ljudskih pogrešaka u održavanju

Različite smjernice primjenjuju se za reduciranje pojave ljudskih pogrešaka pri rukovanju sustavom i njegovom održavanju. Općenito, ove se smjernice najčešće odnose na područje:

- projektiranja i razvoja sustava sustava,
- projektiranja i uporabe posebnih alata i opreme za podršku održavanju sustava,
- projektiranja i uporabe dokumentacije za rukovanje i održavanje sustava,
- postupaka rukovanja i održavanja sustava,
- stručnog osposobljavanja i usavršavanja osoblja za rukovanje i održavanje sustava,
- upravljanja rizicima od ljudskih pogrešaka pri rukovanju i održavanju sustava,
- nadzora, rukovanja i održavanja sustava,
- komunikacije pri rukovanju i održavanju sustava i
- osiguravanja odgovarajućih radnih uvjeta osoblja za rukovanje i održavanje sustava.

9 e - ODRŽAVANJE

E-održavanje (engl. *e-maintenance*) noviji je pojam koji se može definirati kao podrška održavanju sustava koja uključuje resurse, usluge i upravljanje, potrebne za omogućavanje provedbe procesa proaktivnog odlučivanja u području održavanja tih sustava. Ova podrška uključuje e-tehnologije, npr. informacijsko-komunikacijske tehnologije (engl. *Information and communications technology*, ICT), ali također i specifične aktivnosti e-održavanja kao što su npr. e-nadzor, e-dijagnostika, i dr.

9.1 Čimbenici primjene e-održavanja

Primjena e-održavanja sustava može se, u osnovi, pripisati dvama glavnim čimbenicima:

- (1) potrebom za korištenjem e-tehnologije za povećanje učinkovitosti, brzine, proaktivnosti i optimiranje odnosnog procesa održavanja i
- (2) potrebom za postignuće općih karakteristika, koje na djelatnost službe održavanja postavljaju zahtjeve kao što su: otvorenost, integriranost i kolaborativnost s drugim službama i djelatnostima organizacije.

E-tehnologija može igrati presudnu ulogu u podršci postignuću sposobnosti za donošenje ispravnih odluka, u pravo vrijeme i na pravom mjestu, u vezi s održavanjem sustava. U osnovi, primjena e-tehnologija povećava sposobnost:

- prikupljanja različitih vrsta podataka iz različitih izvora,
- obrade velike količine podataka radi donošenja najdjelotvornijih odluka i
- izvođenja kooperativnih (surađujućih) aktivnosti.

Mogućnost primjene e-tehnologije od koristi za područje održavanja, primarni je razlog za pojavu e-održavanja.

Odluke koje se donose u djelatnosti održavanja nisu ograničene samo na postignuće poslovnih ciljeva u djelatnosti održavanja, već te odluke postaju integralni dio poslovnih odluka organizacije. Zbog toga se e-održavanje može smatrati glavnom podrškom za postignuće integracije djelatnosti i poslovnih ciljeva održavanja s poslovnim ciljevima drugih djelatnostima organizacije kao i integralnim poslovnim ciljevima organizacije.

Međutim, postignuće zadovoljavajućih ciljeva integracije i optimizacije poslovanja zahtijeva, pored korištenja e-tehnologije, uspostavljanje i odgovarajućih modela poslovanja organizacije. Uspostavljanje i primjena takvih novih modela i metodologija u kojima je djelatnost održavanja integrirana s ostalim djelatnostima organizacije, drugi je glavni razlog koji opravdava primjenu e-održavanja u organizaciji.

9.2 Prednosti e-održavanja

Zapažene prednosti e-održavanja sustava mogu se klasificirati obzirom na potencijalna poboljšanja koja se odnose na:

- vrste i strategije održavanja,
- podršku održavanju i alate za održavanje i
- aktivnosti održavanja.

9.2.1 Potencijalna poboljšanja vrsta i strategija održavanja

Potencijalna poboljšanja vrsta i strategija održavanja sustava koje se ostvaruju primjenom e-održavanja se, u osnovi, odnose na:

- daljinsko održavanje sustava,
- kooperativno/kolaborativno održavanje sustava,
- održavanje sustava u stvarnom vremenu i
- prediktivno (prognostičko) održavanje.

Korištenjem *ICT-a*, osoblje koje izvodi održavanje sustava može se priključiti na taj sustav pomoću opreme koja omogućava pristup računalnoj mreži, s bilo kojeg mjesta u bilo koje vrijeme. Takvo daljinsko povezivanje s održanim sustavom ima za svrhu ostvarivanje mogućnosti obavljanja aktivnosti *daljinskog održavanja* (engl. *remote maintenance*) toga sustava, kao što je podešavanje, upravljanje, konfiguriranje, dijagnosticiranje, nadzor radnih karakteristika te prikupljanje i analiza podataka. Kao posljedica toga je smanjenje broja osoba za obavljanje zadataka održavanja sustava lociranog na mjestu djelovanja tog sustava. Posebno značajna prednost e-održavanja je sposobnost komunikacijskog povezivanja održanog sustava s ekspertnim centrom za nadzor i održavanje, koji se može nalaziti na geografski udaljenom mjestu. To omogućava daljinsko donošenje i najsloženijih odluka koje se odnose na upravljanje održavanjem i neposredno izvođenje aktivnosti održavanja odnosnog sustava.

E-održavanje simbolizira pogodnost primjene *ICT* u funkciji međusobnog povezivanja prostorno disperziranih podsustava održanog sustava i međusobnog komunikacijskog povezivanja osoblja koje izvodi aktivnosti održavanja i ostalog osoblja posredstvom informacijsko-komunikacijske mreže (*IC-mreže*). To omogućava snažnu kooperativnost/kolaborativnost

osoblja različitih djelatnosti (proizvodnja, održavanje, nabava i dr.) i različitih organizacija (dobavljači, korisnici, proizvođači i dr.). Ukratko, e-održavanjem se ostvaruje dvosmjerni tok podataka i informacija u procesima donošenja odluka i planiranja na svim razinama. Na taj se način automatski povećava sigurnost informacija koje koristi osoblju organizacije odgovornom za donošenje odluka kojima se utvrđuju mjere, aktivnosti i zahvati koje treba poduzeti u vezi s održanim sustavom.

Daljinski nadzor stanja sustava u *stvarnom vremenu* (engl. *real time*), povezanog s alarmnim sustavom, omogućava da osoblje odgovorno za obavljanje zadataka rukovanja i održavanja toga sustava brzo reagira i optimalno intervenira. Uz to, velika brzina komunikacije omogućava brzo dobivanje više ekspertiza i ubrza povratne reakcije između priključenog sustava i sustava za podršku održavanju. To nudi praktički neograničene potencijalne mogućnosti održavanja sustava temeljenog na donošenju odluka koje proizlaze iz rezultata analize stanja sustava.

I konačno, važna značajka e-održavanja je primjena strategije održavanja koja se oslanja na pristup održavanju sustava kombiniranjem alata i tehnika *prediktivnog (prognostičkog) održavanja*. Potencijalna primjena na tom području uključuje prognoziranje kvara sustava temeljenog na postojećem stanju i predvidljivom ponašanju dijelova sustava tijekom preostalog radnog vijeka. Ustvari, e-održavanje daje organizaciji sposobnost da, korištenjem inteligentnih prediktivnih (prognostičkih) alata za nadzor sustava i procesa, uz primjenom odgovarajuće *ICT*, poduzme učinkovite preventivne mjere za sprječavanje nastupa neočekivanih kvarova.

9.2.2 Potencijalna poboljšanja podrške održavanju i alata za održavanje

Potencijalna poboljšanja podrške održavanju i alata za održavanje nekog složenijeg elektroničkog sustava se, u osnovi, odnose na:

- analizu kvarova/manjkavosti sustava,
- dokumentaciju održavanja sustava i
- servisiranje sustava nakon prodaje.

Suvremeni stupanj razvoja tehnologije osjetnika (senzora), obrade signala, *ICT* i drugih tehnologija koje se primjenjuju u nadzoru i dijagnostici

funkcionalnog stanja održavanog sustava, povećavaju mogućnosti za korištenje različitih vrsta podataka iz različitih izvora. Osim toga, međusobnim informacijskim umrežavanjem prostorno udaljenih sustava, e-održavanje omogućava pribavljanje podataka i informacija iz više izvora i formiranje podatkovnog okružja od interesa za djelovanje i održavanje tih sustava. Ova nova sposobnost daje osoblju za izvođenje aktivnosti održavanja poboljšane mogućnosti za tumačenje i razumijevanja uzroka kvarova, učinkovitije metode analize uzroka kvarova, poboljšavanje projektiranja, tehnologije proizvodnje i instaliranja održavanog sustava.

E-održavanje omogućava otvoren i automatiziran proces razmjene informacija za pristup dokumentaciji održavanog sustava na jedinstven način, neovisno o njenom izvoru, proizvođaču sustava i njegovom korisniku. Na razini sustava, značajni se funkcionalni podaci o tom sustavu redovito provjeravaju, a promjene evidentiraju u stvarnom vremenu.

Korištenjem *ICT*, e-održavanje transformira proizvođača održavanog sustava u poslovni servis sposoban za pružanje podrške održavanju kupcima/ korisnicima tog sustava u bilo koje vrijeme, neovisno o njihovoj lokaciji.

9.2.3 Potencijalna poboljšanja aktivnosti održavanja

Potencijalna poboljšanja aktivnosti održavanja sustava se, u osnovi, odnose na:

- dijagnostiku neispravnosti sustava,
- obnavljanje sustava i
- poboljšavanje/preinake sustava.

E-dijagnostika nudi osoblju za izvođenje aktivnosti održavanja sustava mogućnost izvođenja neposredne dijagnostike neispravnosti, međusobnu razmjenu korisnih iskustava i predlaganje poboljšanja u slučaju pojavljivanja nenormalnih stanja u funkcioniranju održavanog sustava. Pored toga, može se daljinski spriječiti širenje neispravnosti kroz sustav, tj. obaviti izolacija ustanovljene neispravnosti. Svi ovi čimbenici doprinose povećanju raspoloživosti održavanog sustava, smanjenju *srednjeg vremena do obnove*, *MTTR*, (engl. *mean time to repair*) toga sustava i značajnom reduciranju potrebnih resursa i troškova njegovog održavanja.

Dislocirano osoblje za izvođenje aktivnosti rukovanja i održavanja sustava može, preko e-sučelja, brzo obaviti detaljnu analizu stanja tog sustava bez putovanja na lokaciju sustava i tome pripadnog vremena kašnjenja. Vrijeme kvarnog stanja održavanog sustava je, naravno, skraćeno zbog mogućnosti izravne interakcije s projektantom sustava i specijalistima za taj sustav. Pored toga, dijagnosticanje, izvođenje zadataka održavanja i zamjena neispravnih dijelova sustava ažurno se dokumentira na odgovarajućem elektroničkom mediju za pohranu podataka.

Saznanja dobivena iz više izvora i formirano podatkovno okružje dobiveno posredstvom e-održavanja omogućava učinkovitu distribuciju informacija i, prema tome, važnu sposobnost kapitalizacije saznanja i upravljanja. Raspolaganje s modernom tehnologijom za komunikaciju, prikupljanje, obradu i analizu podataka i informacija o stanju sustava, omogućava poboljšavanje funkcionalnih sposobnosti i eventualnih preinaka sustava tijekom njegovog čitavog vijeka trajanja.

LITERATURA

1. Loll, V. (2017) Short History of IEC TC56 from 1965 to 2017, 6th *Workshop on Open Systems Dependability*, Tokyo, Japan
2. IEC 60050-192 (2015-02), International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Part 192: Dependability
3. IEC 61703 (2016-08), Mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support terms
4. IEC 60812 (2018-10), Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
5. IEC 60300-3-10 (2001-01), Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability
6. IEC 60706-2 (2006-03), Maintainability of equipment – Part 2: Maintainability requirements and studies during the design and development phase
7. IEC 60706-3 (2006-04), Maintainability of equipment – Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data
8. IEC 60706-5 (2007-09), Maintainability of equipment – Part 5: Testability and Diagnostic testing
9. IEC 60300-3-14 (2004-03), Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support
10. IEC 60300-3-16 (2008-10), Dependability management - Part 3-16: Application guide - Guidelines for specification of maintenance support services
11. IEC 62402 (2007-06), Obsolescence management - Application guide
12. IEC 62550 (2017-01), Spares part provisioning
13. IEC 60300-3-11 (2009-06), Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability Centred Maintenance

14. IEC 60300-3-12 (2011-02), Dependability management – Part 3-12: Application guide – Integrated logistics support
15. IEC 62402 (2007-06), Obsolescence management - Application guide
16. IEC 60300-3-15 (2009-06), Dependability management - Part 3-15: Application guide - Engineering of system dependability
17. lung, B., Levrat, E., Márquez, A. C., Erbe, H. (2009) Conceptual framework for e-Maintenance: Illustration by e-Maintenance technologies and platforms, *Annual Reviews in Control*, 33 (2), str. 220-229.

POPIS KRATICA

ATE – Automatic test equipment

BITE – Built-in test equipment

FMEA – Failure mode and effects analysis

FMECA – Failure mode effects and criticality analysis

ICT – Information and communications technology

IEC – International Electrotechnical Commission

IEV – International electrotechnical vocabulary

LCC – Life cycle cost

LORA – Level of repair analysis

MTTF – Mean time to failure

MTTR – Mean time to repair

RCM – Reliability centred maintenance

TC56 – Technical Committee 56

KAZALO POJMOVA

A

administrativno kašnjenje 39
aktivnosti održavanja 15
analiza izvornog uzroka kvara 53
analiza razine obnavljanja 51
analiza zadataka održavanja 50
antropološke karakteristike
 ljudskog tijela 68
antropometrijski podatci 68
aspekti podrživosti 20

Č

čestoća kvara 59

D

daljinsko održavanje 72
djelotvornost sustava 9
djelovanje i održavanje 40

E

e-dijagnostika 74
ekonomičnost 26
elementarni dio 12
e-održavanje 70
ešalon održavanja 34
e-tehnologija 71

F

financijski resursi 55
financijski resursi održavanja 48
funkcionalnost 26

G

generalni remont 31

I

informacijski resursi 55

infrastruktura 55
inspekcija 31
instaliranje 40
investicijski trošak 16
ispitljivost 41
ispitljivost sustava 25
izvođenje održavanja 52

K

karakteristika sustava 9
korektivno održavanje 29, 30
kvar 13

L

linija održavanja 34
logistička podrške 16
logističko kašnjenje 36
lokalizacija manjkavosti 32

LJ

ljudska pogreška 66
ljudski resursi 55
ljudski stres 68

M

mehanizam kvara 13
mehanizam kvara i analiza
 posljedica 23
mehanizam kvara, posljedice i
 analiza kritičnosti 23

N

nadzor 31
nedostatak 13
neobnovljive sastavnice 59
norma 11

O

objedinjena logistička podrška 16
obnavljanje 31, 32
obnovljive sastavnice 59
održavanje 9, 10, 11, 12
održavanje fokusirano na
pouzdanost 27
održavanje prema stanju 29
održavanje sustava 29
održavljivost 11, 15, 17
održavljivost opreme 24
održavljivost sustava 20
održivost 11, 18, 26
održivost sustava 9
oprema za automatsko ispitivanje
63
organizacijska struktura 19
osmišljavanje i definiranje 40
osnovna norma 24

P

planiranje održavanja i podrške
održavanju 48
planirano održavanje 29
poboljšavanje 32
podrška održavanju 13, 16
podrživost 9, 11, 16, 17
podrživost sustava 9
podsustav 12
politika održavanja 35
politika održavanja sustava 47
pouzdanost 11, 14, 15, 17
prediktivno održavanje 73
preinaka 32
preventivno održavanje 29
pričuvni dijelovi 55, 59
prognostičko održavanje 73

proizvodnja 40
projektiranje i razvoj 40
proračun troška vijeka trajanja 18
provjera funkcije 32

R

raspoloživost 9, 11, 17
raspoloživost sustava 9, 17
razina održavanja 34
razina razlaganja 33
redovito održavanje 29
referentne norme 24
rekonstrukcija 31, 32
resursi 12
rutinsko održavanje 31

S

sigurnost 26
sklop 12
sporazumi 26
spособnost djelovanja 9, 26
srednja (intervalna) raspoloživost
17
srednje vrijeme do kvara 59
srednje vrijeme do obnove 74
sustav 11, 12

T

tehničko kašnjenje 37
test podudarnosti 31
trenutačna raspoloživost 17
trošak vijeka trajanja 18
troškovi djelovanja 16
troškovi održavanja 16

U

učinkovitost održavanja 29
ugrađena ispitna oprema 64

uklanjanje iz djelovanja 40
uklanjanje manjkavosti 32
upravljanje 12
upravljanje održavanjem 46
upravljanje održivošću 24

V

vijek trajanja 18
vijek uporabe 16
vrijeme akcije preventivnog
održavanja 37
vrijeme aktivnog korektivnog
održavanja 37
vrijeme aktivnog održavanja 36

vrijeme aktivnog preventivnog
održavanja 37
vrijeme korektivnog održavanja 36
vrijeme lokalizacije manjkavosti 37
vrijeme obnavljanja 38
vrijeme održavanja 36
vrijeme otkrivanja manjkavosti 39
vrijeme preventivnog održavanja
36
vrijeme provjere funkcije 38
vrijeme uklanjanja manjkavosti 37

Z

zastarjelost 57

ISBN 978-953-165-129-5



9 789531 651295