

Seminar Centra za poklicno izobraževanje

Igor Drstvenšek

**VZDRŽEVANJE V POINDUSTRIJSKI DOBI,
V LUČI STANDARDA SIST EN 13306**



*Maribor
10. 10. 2006*

1. Kazalo

1. KAZALO	3
2. PREDGOVOR	5
3. UVOD	6
3.1 ZAKAJ VZDRŽEVATI	7
3.2 ZGODOVINA	8
3.3 RAZVOJ KONCEPTOV VZDRŽEVANJA	8
3.3.1 KURATIVNO VZDRŽEVANJE	9
3.3.2 PREVENTIVNO VZDRŽEVANJE	10
3.3.3 KOREKTIVNO VZDRŽEVANJE	11
3.3.4 TEROTEHNOLOŠKI PRISTOP K VZDRŽEVANJU (PRODUKTIVNO VZDRŽEVANJE).....	11
3.3.5 LOGISTIČNI PRISTOP K VZDRŽEVANJU.....	12
3.3.6 VZDRŽEVANJE GLEDE NA STANJE	12
3.3.7 NAČRTO VZDRŽEVANJE.....	12
3.3.8 CELOSTNO PRODUKTIVNO VZDRŽEVANJE (CPV)	13
3.3.9 V ZANESLJIVOST USMERJENO VZDRŽEVANJE (RCM)	13
3.3.10 V POSLOVANJE USMERJENO VZDRŽEVANJE (BCM).....	14
3.3.11 EKSPERTNI PRISTOP K VZDRŽEVANJU.....	14
3.3.12 SAMOVZDRŽEVANJE	14
3.4 VLOGA VZDRŽEVANJA V SODOBNEM PODJETJU	15
3.5 CILJI IN NALOGE VZDRŽEVANJA V SODOBNI PROIZVODNJI	17
4. RAZDELITEV VZDRŽEVALNIH METOD	19
4.1 DOGODKOVNA RAZDELITEV	19
4.2 FUNKCIJSKA RAZDELITEV	23
4.3 RAZDELITEV VZDRŽEVANJA PO STANDARDU SIST EN 13306.....	25
4.3.1 STANDARD SIST EN 13306.....	26
5. VREDNOTENJE PROIZVODNE UČINKOVITOSTI V VZDRŽEVANJU	27
5.1 INFORMACIJSKA PODPORA VZDRŽEVANJU	27
5.2 ZANESLJIVOST KOT OSNOVA VZDRŽEVANJA	28
5.2.1 VZDRŽEVALNOST.....	29
5.2.2 UČINKOVITOST.....	30
5.3 SPLOŠNA UČINKOVITOST OPREME.....	34
5.3.1 MERJENJE SKUPNE UČINKOVITOSTI	34
5.3.2 IZRAČUN SKUPNE UČINKOVITOSTI.....	38
5.3.2.1 Razpoložljivost (Availability)	38
5.3.2.2 Storilnost (Performance)	39
5.3.2.3 Kakovost (Quality).....	39
5.3.3 NAMEN IZRAČUNAVANJA SKUPNE UČINKOVITOSTI.....	39
6. LITERATURA	41

2. Predgovor

Vzdrževanje se je skozi čas iz naključnega početja razvilo v visoko strokovno dejavnost, zelo hitro pa dobiva tudi vse značilnosti znanstvene discipline. Ta prehod se je zgodil z evolucijo proizvodnih dejavnosti, ki so zahtevale vedno zapletenejša delovna sredstva in s tem posebne strokovnjake za njihovo upravljanje in vzdrževanje. Prehod iz obrtniškega v industrijski način proizvodnje je omogočila iznajdba tolerančnega sistema na začetku prejšnjega stoletja, istočasno pa se je pojavila tudi potreba po organiziranem vzdrževanju. Preden je tovrstna organizacija tudi zaživela je preteklo pol stoletja, za tem pa so se stvari začele zelo hitro odvijati in v naslednjih 30 letih je vzdrževanje postalo znanost. Danes prehajamo v poindustrijsko obdobje v katerem igra vzdrževanje eno glavnih proizvodnih vlog, pričakujemo pa lahko, da bo kmalu igralo tudi osnovno poslovodno vlogo. V takem okolju se bo lahko znašel le vzdrževalec z veliko med-panožnimi znanji in ne zgolj strokovnjak na enem področju. V tej luči napredka moramo razumeti tudi najnovejši evropski standard o vzdrževalnem izrazoslovju.

Igor Drstvenšek

**Kako naj vemo, da so stvari takšne kot so,
če nismo poskusili drugače?**

3. UVOD

Upravljanje proizvodnih izvorov je prevladujoča skrb industrijske in servisne dejavnosti ob vstopu v 21. stoletje. Trajen izziv proizvodnje in servisiranja bo sposobnost optimiranja obstoječih proizvodnih izvorov in pričakovanja oziroma predvidevanja prihodnjih potreb.

Vnaprejšnje poznavanje razmer, zagotovljeno z diagnostičnimi metodami vzdrževalnih strategij, je lahko odločujoč dejavnik učinkovitega upravljanja proizvodnih sistemov.

Vzdrževanje je v sodobnih pogojih proizvodnje nedeljiv in zelo pomemben del proizvodnega procesa s specifičnimi pogoji za delo, planiranje in samo organizacijo. Sestavljajo ga strokovnjaki najrazličnejših profilov; s porastom stopnje avtomatizacije proizvodne opreme (tehničnih sistemov) pa rasteta tako njegova vloga kot tudi obseg.

Moderni industrijski tehnični sistemi zahtevajo za neposredno izkoriščanje vse manjše število manj strokovne delovne sile, toda na drugi strani je za vzdrževanje teh sistemov potrebnih vse več visoko izobraženih vzdrževalcev.

Jasno je, da se z visoko stopnjo avtomatizacije doseže višjo produktivnost in s tem tudi nižje stroške proizvodnje, hkrati pa ne smemo pozabiti, da je vsaka zaustavitev takšnega tehnično zelo razvitega sistema zelo draga in pušča težke posledice na celotnem proizvodnem procesu. Pridobitve izčrpnega, načrtovanega in aktivnega nadzora tehničnih sistemov lahko povzamemo v naslednjih točkah:

- izboljšanje kakovosti. Izrabljanje strojev vodi k proizvodnji dobrin z nižjo kakovostjo in nezmožnostjo doseganja visoko kakovostnih zahtev,
- dvig storilnosti. S pomembnim zmanjšanjem nenačrtovanih zastojev in zagotavljanjem primerne pripravljalnega časa za primerno načrtovanje vzdrževanja in popravil lahko zmanjšamo nedonosne zastoje,
- izboljšanje odnosov s strankami, preko izboljšanja doslednosti strojne sposobnosti in s tem sposobnosti zagotavljanja dogovorjenih dobavnih rokov,
- izboljšanje varnosti operaterja z zmanjševanjem in predvidevanjem predvsem težjih in nevarnejših okvar strojev,
- zmanjšanje stroškov. Izločimo lahko nepotrebno vzdrževanje in popravila, drage stroje lome pa lahko preprečimo ter tako zmanjšamo varnostne zaloge nadomestnega materiala.

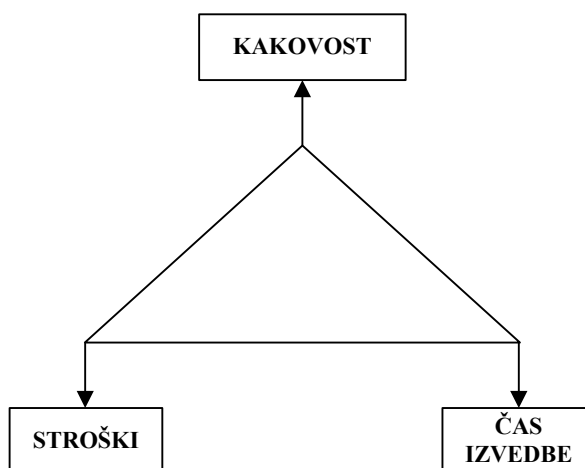
3.1 ZAKAJ VZDRŽEVATI

Z nastankom neke nove dobrine se takoj pojavi zahteva po njenem vzdrževanju. S časom in ob stalni uporabi se na materialu pričnejo kazati prvi procesi staranja, obrabe in zmanjševanja tehnološke uporabnosti in učinkovitosti. Žal so vsa delovna sredstva nekega tehničnega sistema podvržena okvaram zaradi najrazličnejših vzrokov.

Kolikor obsežnejši je takšen sistem; produktivnost strojev ter organizacijske oblike proizvodnje pa višje, toliko hujše so posledice zaradi nepravilnega ali pomanjkljivega vzdrževanja.

Stanja, ko tehnični sistemi niso zmožni izvajati proizvodnega procesa nastopajo nenadno in nepredvideno, kar ogroža ritem proizvodnje saj dobava rezervnih delov in njihova vgradnja oziroma zamenjava zahteva svoj čas. Po drugi strani pa so popravila zaradi časovnih ali finančnih stisk opravljena mnogokrat površno in nepopolno.

Zaradi tega trpi kakovost izdelkov, količina izmeta narašča, povečujejo se pretočni časi izdelkov, stroški vzdrževanja in proizvodni stroški v celoti naraščajo, s tem pa pada konkurenčna sposobnost podjetja. Konkurenčna prednost (sposobnost) na trgu bo dosežena le ob izpolnjevanju zahtev po kakovosti, minimalnih proizvodnih stroških in minimalnem pretočnem času (času izvedbe), kar je razvidno iz trikotnika s temeljnimi elementi za doseganje konkurenčnosti na sliki 1.



Slika 1: Temeljni elementi za doseganje konkurenčnosti

Vidimo torej, da je vzdrževanje proizvodnih (tehniških) sistemov s ciljem zagotavljanja njihove predvidene in predvsem stalne delovne sposobnosti nujno.

3.2 ZGODOVINA

Vzdrževanje je bilo v nedavni preteklosti objektivno zapostavljena dejavnost zaradi zoženosti vzdrževalnega področja predvsem na nujna popravila, ki so bila potrebna zaradi že nastalih okvar in napak. **Popravila je najpogosteje opravljal človek, ki je stroj uporabljal in ga zato tudi najbolje poznal.** Upoštevati moramo, da so bila tedaj delovna sredstva relativno preprosta, produktivnost nizka, kontinuirani proizvodni procesi redki in predimenzioniranost posameznih sestavnih delov skorajda pravilo.

Osem generacij kolikor jih je preteklo od prve industrijske revolucije do danes pa kljub vsemu ni bila dovolj dolga doba da bi se vloga vzdrževanja v gospodarstvu pravilno razumela in se uvrstila tja, kamor sodi. To spoznanje je izostalo predvsem zaradi izobilja vseh ostalih izvorov tako, da so se lahko pomanjkljivosti vzdrževanja nadoknadile z dragimi servisiranji ter izdelavo (oziroma kupovanjem) novih tehničnih sistemov in dobrin.

Kriza, ki je bila povzročena s prvim "naftnim šokom" leta 1973 je začela spreminjati pogoje pridobivanja in gospodarjenja nasploh. S povišanjem cene energije, surovin in ne nazadnje kapitala, kot tudi z upadanjem storilnosti človeškega dela postane vzdrževanje pomembna; morda celo najpomembnejša dejavnost če ocenjujemo zahtevnost in intenzivnost dela. V tem obdobju energetske krize se je cena opreme povišala za 100%, cena strojogradnje pa se je celo početrila! S perspektive službe vzdrževanja pomeni da je njen predmet vzdrževanja vse cenejši, kar omogoča hitrejšo zamenjavo in uvajanje novih tehničnih sistemov v proizvodnjo.

Vzdrževanje mora torej postati učinkovitejše-ne v smislu podaljšanja življenjske dobe v proizvodnji - temveč v smislu zmanjševanja stroškov zastoja proizvodnje katerih vzrok so bile nenadne odpovedi strojev oziroma sistemov.

Z mehanizacijo in avtomatizacijo so v proizvodnjo vpeljeni vse bolj specializirani stroji vedno pomembnejši pa postajata produktivnost in ekonomičnost delovnih sredstev. V podjetju ni več merodajna samo tehnično-tehnološka stran proizvodnje ampak celoten tehnično-ekonomski kompleks gospodarjenja. S tem je na veljavi pridobilo tudi vzdrževanje kot dejavnost, ki skrbi, da imajo delovna sredstva čim višjo razpoložljivost in s tem možnost izdelave večje količine izdelkov in povečanje dohodka podjetja.

3.3 RAZVOJ KONCEPTOV VZDRŽEVANJA

Na začetku razvoja industrijske civilizacije je bilo vzdrževanje kaotično in ni temeljilo na kakršnih koli ekonomskih ali tehničnih predpostavkah, saj je bila celo sama proizvodnja (posebej pa še njene spremljevalne aktivnosti) skrajno neracionalna. Vse vzdrževalne intervencije so se opravliale že po nastanku napake, popravila pa je opravljal kar delavec, ki je

s strojem upravljal in ga zato najbolj poznal. Nadaljnji razvoj industrializacije je pogojeval razvoj vzdrževanja tako v tehničnem kot tudi v organizacijskem smislu. Zraven strojniškega vzdrževanja se pojavi tudi elektro-vzdrževanje in vzdrževanje objektov. Toda s pojavom vse ožjih korelacij med storilnostjo in gospodarnostjo proizvodnih procesov začanja prihajati vzdrževanje v ospredje kot eden najvažnejših sklopov, ki neposredno vplivajo na omenjene dejavnike.

Vzdrževanje, zraven odpravljanja napak začne delovati tudi v preventivnem smislu, toda brez primernih kriterijev o tem kdaj naj bo neki sestavni del sistema zamenjan. Zato prihaja do neekonomične porabe materiala, ki pa hkrati ne prinaša tudi višje zanesljivosti. Pojavlja se torej potreba po sistemu, ki bi bil na osnovi izdelane metodologije sposoben zajeti v obzir vse v problem vpletene faktorje. Tako se je pojavila tehnologija vzdrževanja "glede na stanje" (Condition Based Maintenance), kjer posegi ne temeljijo na času delovanja opazovanega sistema, temveč na stanju in zanesljivosti celotnega tehničnega sistema. Takšno vzdrževalno politiko poznamo tudi pod imenom "politika tretje generacije" (na podlagi analogije z računalniki), ki se lahko zahvaljujoč specialnim elektronskim sistemom za kontrolo na osnovi mikroprocesorske tehnike uporablja v vseh vejah industrije.

V odvisnosti od časa nastanka (in zaradi tega seveda specifične tehnične in tehnološke razvitosti) ločimo različne koncepte vzdrževanja:

- kurativno vzdrževanje,
- preventivno vzdrževanje,
- terotehnološki pristop k vzdrževanju,
- logistični pristop k vzdrževanju,
- vzdrževanje glede na stanje,
- plansko vzdrževanje,
- CPV-celostno produktivno vzdrževanje (TPM),
- ekspertni pristop k vzdrževanju,
- samovzdrževanje.

3.3.1 KURATIVNO VZDRŽEVANJE

Ta vrsta vzdrževanja je bila v uporabi vse do petdesetih let in je torej najstarejša.

Vanj spadajo vzdrževalna dela, ki jih opravimo po nastopu okvare ali poškodbe in tako delovno sredstvo spet usposobimo za izvajanje njegove namenske funkcije. Kurativnih vzdrževalnih del ne moremo časovno načrtovati vnaprej, ker ne poznamo točnega časa nastopa odpovedi delovnega sredstva, zato so to neplanirani vzdrževalni

procesih. Okvare so torej nenadne, posledice pa v posameznih primerih lahko tudi katastrofalne. S tem načinom vzdrževanja lahko izzovemo dolgotrajne zastoje, ki ne pomenijo samo izpada proizvodnje, ampak tudi porušitev organizacijske in tehnološke priprave.

Kljub očitnim slabostim (nepredvidene odpovedi, daljši vzdrževalni zastoji zaradi določitve napake ali dobave rezervnega dela, nemogoče planiranje periodičnih vzdrževanj, nevarnost še večjih okvar in izpadov, manjša varnost delavcev...) pa je bilo predvsem v preteklosti zelo priljubljeno zaradi popolne izkoriščenosti sestavnega dela (do zloma) in nizke tehnično-tehnološke zahtevnosti.

Danes se ta vrsta vzdrževanja uporablja le še pri vzdrževanju opreme, ki je podrejenega namena ter nima vpliva na potek proizvodnje in na področjih, kjer iz kakršnih koli razlogov (ekonomski...) ni enakovredne ali boljše alternative.

3.3.2 PREVENTIVNO VZDRŽEVANJE

Se je začelo uveljavljati v začetku petdesetih let (1951) in se je iz ZDA razširilo po vsem svetu ter postalo podlaga vsem kasnejšim, modernejšim in tehnološko višje razvitim vzdrževalnim dejavnostim.

Pojavile so se namreč zamisli o preprečevanju in ne samo odpravljanju okvar ter o kratko malo boljši organizaciji in tehnični izvedbi vzdrževanja. Preventivni sistem sloni na dejstvu, da se opravijo, po načrtu vnaprej določena vzdrževalna dela preden pride do okvare oziroma zastoja. Vzdrževalci opravljajo ciklične preglede v koordinaciji s proizvodno, kar je posebej pomembno tam, kjer je treba deloma ali v celoti prekiniti delovni proces, kar lahko v visoko avtomatiziranih sistemih povzroči zastoje in izpade z velikimi stroški. Ta oblika vzdrževanja zahteva mnogo kvalificiranih strokovnjakov, veliko opreme za dovolj kakovostno diagnosticiranje, rezervnih delov ter servisnega in pomožnega materiala.

Za takšen poseg je H. Grothus, v sodelovanju z mnogimi strokovnjaki sestavil univerzalni katalog vseh pozicij in sklopov opreme s priporočili, v kakšnih časovnih obdobjih je treba opraviti kakšen preventivni pregled. Tovrsten način preventivnega vzdrževanja imenujemo periodično vzdrževanje ali tudi načrtovano vzdrževanje. Pri tem nekatere kritične elemente zamejujemo ne glede na njihovo dejansko izrabljenost. Višja oblika preventivnega vzdrževanja pa je t.i. napovedno vzdrževanje pri katerem iztrošenost in s tem potreben čas zamenjave sestavnih delov ugotavljamo s pomočjo pregledov ali z različnimi diagnostičnimi metodami. Kasneje se je za tovrstno preventivno vzdrževanje uveljavil izraz, vzdrževanje glede na stanje.

3.3.3 KOREKTIVNO VZDRŽEVANJE

Ideja za tovrstno vzdrževanje se pojavi konec petdesetih let (1957), ko se je pojavila potreba po spreminjanju in dograjevanju delovnih sredstev z namenom olajšanja izvajanja preventivnega vzdrževanja. Predelave opreme s konstrukcijskimi slabostmi z namenom zvišanja zanesljivosti in vzdrževalnosti so poimenovali korektivno vzdrževanje.

3.3.4 TEROTEHNOLOŠKI PRISTOP K VZDRŽEVANJU (PRODUKTIVNO VZDRŽEVANJE)

Kar kmalu se je utrdilo prepričanje, da tudi preventivno vzdrževanje samo zase še ni dovolj, zato se v poznih šestdesetih letih v zahodni Evropi uveljavi terotehnološki pristop k vzdrževanju, posebno razvit pa je v tem času v Veliki Britaniji. (v ZDA poznan pod izrazom produktivno vzdrževanje). Temeljno spoznanje, ki je vodilo k razvoju novega vzdrževalnega koncepta je bilo, da naprave že v osnovi niso zasnovane tako, da bi jih bilo mogoče optimalno vzdrževati. Torej je treba poskrbeti, da bodo stroji in oprema že pri projektiranju in konstruiranju tako načrtovani in oblikovani, da bo vzdrževanje čim lažje in hkrati kakovostnejše. Terotehnologija zagotavlja učinkovito delovanje tehničnega sistema v njegovem življenjskem ciklusu (od projektiranja do odpisa) s popolno evidenco tehničnih, tehnoloških in organizacijskih dejavnikov ter zvez med njimi, ki znižujejo učinkovitost procesa proizvodnje.

V bistvu terotehnologija zajema podprocese celotne življenjske dobe proizvodnega sistema:

- projektiranje tehničnega sistema,
- izdelava (nabava) tehničnega sistema,
- montaža in priprava za uporabo,
- vzdrževanje (projektiranje, planiranje in upravljanje z vzdrževanjem),
- modernizacija in rekonstrukcija tehničnega sistema ter
- izločevanje tehničnega sistema iz proizvodnega procesa.

Pokazala se je tudi potreba po celovitem obravnavanju učinkovitosti strojev in opreme kar pa zahteva, da je učinkovitost (v najširšem tehničnem smislu) neposredno vgrajena vanje. Povezava med kakovostjo in potrebo po vzdrževanju opreme je torej zelo pomembna in več kot očitna. Terotehnološki pristop ohranja vse dosedanje metode, dodatno pa uvaja principe sposobnosti za preprosto vzdrževanje, zanesljivost, razpoložljivost in gospodarnost delovanja.

Osnovna značilnost terotehnološkega sistema je torej v tem, da strokovnjaki iz vzdrževanja sodelujejo s svojim znanjem posredno in neposredno v vseh fazah življenjske dobe stroja oziroma opreme, ki pa je zasnovana tako, da so kasnejše potrebe po vzdrževanju minimalne.

3.3.5 LOGISTIČNI PRISTOP K VZDRŽEVANJU

Približno v istem časovnem obdobju kot se je v Evropi razvil terotehnološki pristop se je v ZDA uveljavil logistični.

Integralna logistična podpora (ILP) je zasnovana na zbiranju, obdelavi in nujenju podatkov, ki so potrebni za optimalno izkoriščenost tehničnega sistema. Izvori podpore zajemajo različne elemente - od analize napovedi v času razvoja in projektiranja do proizvodne baze podatkov ter morebitno vključevanje korektivnih dejavnosti.

ILP je kot integralna funkcija vezana na razvoj, konstrukcijo, izkoriščanje ter vzdrževanje in se mora umestiti v celostni program upravljanja.

3.3.6 VZDRŽEVANJE GLEDE NA STANJE

Ta oblika se je razvila okoli leta 1970 kot del preventivnega vzdrževanja. Osnova razvoja je močan razmah elektronike in prenosnih elementov, ki omogočajo merjenja (ki so lahko periodična ali stalna) vrste različnih parametrov pomembnih za ocenjevanje stanja opreme in so temelj odločanja o potrebnem obsegu popravila oziroma zamenjave.

Od samega preventivnega vzdrževanja se razlikuje v tem, da so za preventivne preglede značilni časovno vnaprej predpisani posegi, ki jih je treba izvršiti; pri vzdrževanju glede na stanje pa na osnovi analize stanja izvršimo samo tiste posege, ki so glede na rezultate meritev potrebni. Cilj metode je torej čim daljša uporaba sestavnega dela nekega delovnega sredstva ob nezmanjšani varnosti in zanesljivosti delovanja. Da pa je ekonomična in kvalitetna odločitev na tej ravni sploh mogoča, moramo dobro poznati meje izrabljenosti sestavnih delov (uporabno, zmanjšano uporabno in neuporabno stanje). Zbiranja takšnih merilnih veličin, njihova obdelava in natančna uporaba rezultatov ter napovedi stanja opreme bodo v prihodnosti zaradi vedno bolj razvitih in izpopolnjenih tehnik in tehnologij še natančnejša, kvalitetnejša ter hitrejša in bodo s tem omogočila še učinkovitejše vzdrževanje.

3.3.7 NAČRTNO VZDRŽEVANJE

Se danes v praksi pogosto pojavlja in je kombinacija korektivnega ter preventivnega vzdrževanja, kjer vsako prispeva svoje prednosti.

Zraven korektivnega dela, ki ga odlikuje popolna izkoriščenost rezervnega dela (del ostaja v stroju do okvare in ne samo do meje zanesljivosti) in nepotrebnost poznavanja zakonitosti odpovedi (diagnosticiranje rokov delovanja sestavnega dela) se v tem vzdrževanju izvajajo tudi drugi pristopi, kot so načrtovana popravila, preventivni pregledi, načrtovani posegi ipd., kar je odvisno od zahtev in specifičnosti posameznega tehničnega sistema in proizvodnega procesa.

3.3.8 CELOSTNO PRODUKTIVNO VZDRŽEVANJE (CPV)

Je vzdrževanje, ki se je razvilo na Japonskem v začetku 70-ih let in katerega osnovno vodilo je, da so stroji vedno usposobljeni za izvajanje primarne proizvodnje, kar pomeni da med obratovanjem ni zastojev (stanje "v odpovedi"). V svetu je poznano pod imenom Total Productive Maintenance (TPM).

V ta sistem so vključena razmišljanja o vzdrževanju strojev in opreme že pri konstruiranju novih proizvodov, kjer naj bo dosežena konstrukcija takšna, da bodo potrebe po vzdrževanju čim manjše. Pri sami uporabi pa naj bodo prisotne stalne izboljšave opreme zaradi kontinuiranega povečevanja učinkovitosti sistema, kar zahteva tudi popolno udeležnost vseh zaposlenih, začeniši z upravljalcem stroja, preko vseh organizacijskih nivojev, do vključno najvišjega vodstva podjetja.

Po definiciji je CPV torej nenehno iskanje izboljšav učinkovitosti proizvodne opreme s konkretno vsakdanjo vključitvijo vseh akterjev, ki ima za cilj neprekinjeno izboljševanje globalne storilnosti celotne proizvodne opreme ne glede na raven njene učinkovitosti.

3.3.9 V ZANESLJIVOST USMERJENO VZDRŽEVANJE (RCM)

Klasične metode preventivnega vzdrževanja so zastarele že v začetku šestdesetih let. Takrat so v svetu začeli z uvajanjem FMEA metode pri analizi varnosti letal. Pozneje so jo uporabljali pri študiju varnosti v letalski industriji, proizvodnji satelitov in proizvodnji električne energije z jedrsko tehnologijo. Glavne faze pri izvajanju metode FMEA so:

- opredelitev sistema, njegovih funkcij in elementov,
- identifikacija načinov odpovedi elementov sistema in njihovih vzrokov,
- študij učinkov različnih načinov odpovedi, in
- priporočila.

V osemdesetih letih se je metoda začela uporabljati tudi v drugih industrijskih panogah, predvsem v kemični in avtomobilski industriji. Z njeno uporabo so na podlagi dolgoletnih raziskav in zgodovine vzdrževalnih posegov ugotovili, da se verjetnost napak ne povečuje glede na življenjsko dobo delovnih sredstev in njihovih sestavnih delov.

Izdelali so šest tako imenovanih življenjskih vzorcev zanesljivosti delovanja delovnih sredstev in ugotovili, da 89 odstotkov razpoložljivih delovnih sredstev ni treba preventivno vzdrževati, medtem ko za preostalih 11 odstotkov to morajo.

To je induktivna metoda, ki se uporablja za analiziranje časov do odpovedi sestavnih delov in njenih možnih posledic. Na osnovi tega so razvili moderni koncept vzdrževanja, imenovan RCM - v zanesljivost usmerjeno vzdrževanje. Predstavlja povezavo med delovnimi sredstvi in ljudmi, ki z njimi upravljajo in jih vzdržujejo.

Pri RCM vzdrževanju se najprej vprašamo:

- Kaj se lahko zgodi, če ne izvajamo klasičnega preventivnega vzdrževanja?
- Kaj vse lahko povzroči odpovedi?
- Kakšne so lahko posledice odpovedi?

Iz vprašanj pa določimo

- tip možnih okvar, ki se lahko pojavijo,
- kakšne posledice lahko imajo napake pri varnosti pri delu in ekonomičnosti.

Okvare pozneje klasificiramo v rizične skupine in za vsako od njih izdelamo navodila za delo, s pomočjo katerih minimiziramo njihovo odpravljanje. Za delovna sredstva pod strogimi predpisi varnosti pri delu in za ozka grla predpisujemo preventivno vzdrževanje, za vsa druga delovna sredstva pa sprejmemo tveganje, da bomo reševali okvare kurativno, po točno predpisanih navodilih za delo.

3.3.10 V POSLOVANJE USMERJENO VZDRŽEVANJE (BCM)

Izbira in odločitev o optimalni strategiji vzdrževanja proizvodnega procesa je zelo zahtevna in kompleksna naloga. Od vodij vzdrževanja zahteva sistematični pristop z upoštevanjem naslednjih elementov:

- določanje jasnih ciljev vzdrževanja,
- načrtovanje življenjske dobe delovnih sredstev,
- načrtovano vzdrževanje z upoštevanjem proizvodnega načrta,
- oblikovanje organizacijske strukture vzdrževanja,
- uvajanje primerne sistema za urejanje dokumentacije, in
- uvajanje sistema za nadzor.

Z upoštevanjem teh elementov je nastal nov koncept vzdrževanja, ki ga imenujemo BCM - v poslovanje usmerjeno vzdrževanje. Izhaja iz jasno postavljenih ciljev podjetja, ti pa so temelj postavljanja ciljev službe vzdrževanja, iz katerih opredelimo strategijo vzdrževanja.

3.3.11 EKSPERTNI PRISTOP K VZDRŽEVANJU

Se je razvil v 80-ih letih in je bil najmočneje prisoten v ZDA. Omogočil ga je razvoj računalniške tehnologije, ki ponuja možnost, da s spremljanjem določenih parametrov izvajamo pristop k vzdrževanju po vnaprej opredeljenih in določenih postopkih oziroma korakih, podanih v delovnih nalogih vzdrževanja.

3.3.12 SAMOVZDRŽEVANJE

Je koncept, ki se je v zadnjih letih razvil na Japonskem in predstavlja najvišji nivo vzdrževanja v povsem avtomatizirani proizvodnji. Proizvodna filozofija "tovarna brez ljudi" temelji na pojmu osnovnih celic, kjer vsaka izmed njih vsebuje več funkcionalnih enot, ki lahko predstavljajo nek mini sistem (analogija z živimi organizmi). Spremljanje in

diagnosticiranje stanja takšne celice se opravlja z računalniki, operacije vzdrževanja pa vodi človek. Sistem, sposoben za avtomatsko diagnostiko in vzdrževanje mora biti samobnavljajoč kar se da doseči na več različnih načinov.

Danes je najrealnejša oblika tista, kjer se vrši spremljanje stanja in servisiranje s pomočjo robota in razvoj le tega do meje, ko bo sam zmožen vzdrževanja. Preden pa se doseže popolno samovzdrževanje, je robote za vzdrževanje mogoče upravljati ročno z daljinskimi sistemi, kar pomeni, da prilagodljivost ni več samo prednost temveč nuja.

Katerega od omenjenih konceptov bomo izbrali za strategijo službe vzdrževanja, je odvisno od tega, v kolikšni meri smo odvisni od delovnih sredstev. Najpogosteje pa se odločimo za neko kombinacijo elementov posameznih konceptov, ki bo podjetje pripeljala do zastavljenega cilja

RCM je koncept, ki maksimizira tehnično delovanje proizvodnje s tem, da upošteva načrtovanje življenjske dobe delovnih sredstev veliko bolj, kot pa organizacijsko strukturo vzdrževanja. Koncept je uporaben pri izobraževanju zaposlenih pri uvajanju TPM programov in pri iskanju vzrokov okvar (uporaben pri nadzoru zanesljivosti). Lahko bi rekli, da temelji na delovanju delovnih sredstev, zato njegovo uporabo priporočamo v podjetjih, kjer uporabljajo visoko (high-tech) tehnologijo, in kjer je zelo pomembna varnost okolja (jedrske elektrarne).

TPM koncept upošteva pri oblikovanju službe vzdrževanja predvsem človeški dejavnik. Zato je njegova uporaba učinkovita predvsem v proizvodnih podjetjih, kjer uporabljajo TQM koncept.

BCM koncept zagotavlja vsestranski pristop za oblikovanje strategije službe vzdrževanja. Upošteva zastavljene cilje podjetja in omogoča povezavo med načrtovanjem življenjske dobe delovnih sredstev in proizvodnim načrtom na eni, ter organizacijskimi strukturami službe vzdrževanja na drugi strani. BCM je pragmatični pristop, ki ga priporočamo za uporabo v procesno vodenih podjetjih.

3.4 VLOGA VZDRŽEVANJA V SODOBNEM PODJETJU

Vedno višje gospodarske zahteve, da naj imajo visoko storilna ter vedno dražja proizvodna sredstva in tehnični sistemi čim višjo operativno sposobnost (razpoložljivost) ter da naj bodo le ti hkrati čim manj v stanju, ko ne morejo opravljati svoje osnovne funkcije so bistveno spremenile tudi pristop k vzdrževanju. **Odpravljanje napak in okvar, ki so že nastale (razen v izjemnih primerih), danes ni več primarna dejavnost vzdrževanja. To se je namreč preusmerilo k razmišljanju in dejanjem: kdaj, kje in kako sam nastop napake in odpovedi preprečiti.**

Osnovna predpostavka optimalnega nadzora vzdrževanja je, da vzdrževalna dejanja delujejo kot signali za nadzor proizvodnega procesa pred zunanjo obrabo, ki je ni mogoče

nadzorovati. Vzdrževalni postopki lahko zmanjšajo ali vsaj upočasnijo obrabo in na ta način proizvedejo **dobiček na račun povečane storilnosti**. Zaželeno je, da bi vzdrževalne postopke uporabili na tak način, da bi dobili **največji skupni dobiček, to je razliko med proizvodnim dobičkom in vzdrževalnimi stroški**.

Zato se mora sodobno podjetje zavedati, da potrebuje vzdrževanje vedno višje strokovno izobražene vzdrževalce in dobro organizacijo njihovega dela iz naslednjih vzrokov, ker:

- je temeljni cilj pravilnega vzdrževanja doseči čim višjo razpoložljivost delovnih sredstev in sistemov,
- vse večja kompleksnost sistemov, strojev in opreme zahteva vse bolj strokovne in specializirane vzdrževalne storitve,
- želimo doseči optimalno zalogo rezervnih delov in nadomestnega materiala,
- dobro organiziran sistem vzdrževanja pomaga pri izpolnjevanju rokov izdelave,
- vzdrževanje odločilno vpliva na kakovost in količino izdelkov in storitev,
- želimo obvladovati in optimizirati stroške vzdrževanja.

Tudi danes, tako v podjetjih materialne proizvodnje kot tudi v storitvenih dejavnostih vzdrževanje pogosto še nima pravega položaja znotraj organizacije, obravnava se namreč kot nujen privesek brez katerega pač ne gre. Žal pa takšen odnos povzroča razvrednotenje vloge vzdrževalne dejavnosti v podjetju samem in gospodarstvu kot celoti ter še zdaleč ne upošteva možnosti, da dobro organizirano in strokovno vzdrževanje lahko mnogo prispeva k boljšemu in hitrejšemu poslovnemu uspehu podjetja.

Posledice nepravilnega razumevanja vzdrževanja se kažejo predvsem v:

- prekomernem številu okvar na delovnih sredstvih in s tem zmanjšani proizvodnji,
- prepogostem nujnem in nadurnem delu vzdrževalcev,
- neprimernih zalogah rezervnih delov in materialov,
- slabši kvaliteti izvršenih vzdrževalnih del,
- pomanjkanju planov za obnovo in zamenjavo delovnih sredstev,
- nižji kvaliteti produktov in storitev,
- nepoznavanju stroškov v zvezi z vzdrževanjem,
- manjšem dohodku podjetja.

Opazno je, da vzdrževanje še premalo uporablja organizacijska načela, tehnike in tehnologije, ki so sicer na drugih področjih v podjetjih že množično uporabljene, kar povzroča višje vzdrževalne stroške. Dejstvo je namreč, da je vzdrževalna dejavnost v mnogih podjetjih dobila že tak obseg, da se je ne da več uspešno voditi "na pamet", brez organiziranega in sistematičnega pristopa.

Najbolj očitno je pomanjkanje:

- časovnega planiranja vzdrževalnih del,
- tehnologije vzdrževalnih del izražene v pisni obliki,

- planiranja in kontrole stroškov vzdrževanja,
- programov za usposabljanje in izobraževanje vzdrževalcev,
- motiviranja vzdrževalcev po kvalitetno in točno opravljeni storitvi,
- ugotavljanja uspešnosti vzdrževanja.

Nepravilen pristop k vzdrževanju se torej posledično odraža na najrazličnejših področjih celotnega proizvodnega procesa (vključujoč trženje) in zadeva tako same tehnične sisteme kot tudi osebe, ki z njim upravlja.

3.5 CILJI IN NALOGE VZDRŽEVANJA V SODOBNI PROIZVODNJI

Vzdrževanje tehničnih sistemov je funkcija proizvodnje, ki obsega vse postopke, ki jih je treba opraviti, da bodo takšni sistemi čim dalj časa v funkcionalnem (delovnem) stanju in da v proizvodnem ciklusu (življenjski dobi) delajo z dovoljenim nivojem zanesljivosti, varnosti, storilnosti ter gospodarnosti. Njegovo bistvo je torej učinkovito preprečevanje (preventivno vzdrževanje s poudarkom na vzdrževanju "glede na stanje") in odprava (korektivno ali kombinirano vzdrževanje) napak ter okvar (t.i. stanje v "odpovedi"), kajti proizvodni in storitveni sistemi se danes vse bolj mehanizirajo in avtomatizirajo, kar pomeni, da morajo delati s čim večjo zanesljivostjo.

Prav to je vzrok hitrega spreminjanja in širjenja pojma vzdrževanja, pri čemer je poudarek na vzdrževanju kot procesu, ki omogoča upravljanje s tehničnim stanjem in zanesljivostjo v celotni periodi življenjskega ciklusa sistema. Ti nakazani cilji pa se vedno bolj prepletajo z drugimi vejami proizvodnega ali storitvenega procesa npr. s sfero ekonomije poslovanja kjer so rezultati (v smislu racionalizacije) načelno tudi merljivi. Zaradi vsega naštetega sodobna znanost proces vzdrževanja postavlja na vedno višji nivo pomembnosti v gospodarstvu in družbi nasploh.

Osnovni cilji ki bi morali biti doseženi s sistemom modernega vzdrževanja so:

- zagotavljati (maksimizirati) potreben nivo zanesljivosti in pripravljenosti tehničnih sistemov v proizvodnem procesu,
- minimiziranje skupnih stroškov vzdrževanja (posrednih in neposrednih),
- omejevanje in preprečevanje zastaranja tehničnih sistemov,
- skupno sodelovanje pri upravljanju s proizvodnim in finančnim sektorjem,
- doseganje najvišje kvalitete dela v proizvodnji ob optimalnem izkoriščanju razpoložljivih proizvodnih virov,
- doseganje najvišje možne storilnosti ob najvišji kakovost in varnosti ter najnižjih stroških,
- povišanje nivoja motiviranosti za delo (nepopolna sredstva s katerimi delavci upravljajo lahko izzovejo slabe osebnostne odnose in celo nesreče v sami delovni organizaciji ali v njenem okolju),

- pravočasna dobava proizvodov naročnikom, zmanjšanje zamud pri predajah, spoštovanje rokov pri storitvenih dejavnostih.

Cilji so, kot je videti iz naštetega postavljeni precej jasno, strukturirano in eksplicitno, kar pa za naloge pred katere je postavljeno vzdrževanje v smislu doseganja teh ciljev ne moremo reči. **Sodelovanje z mnogimi drugimi službami in sektorji je vse bolj obsegajoče in zahtevno, z naprednejšim sodobnim vzdrževanjem pa se nakazujejo tudi nove povezave in relacije (tako znotraj tehničnih sistemov kot tudi med njimi), ki so bile do sedaj vse premalo upoštevane in optimirane.**

Glede na specifičnost delovnih sredstev v proizvodnem sistemu ter vlogo dejavnosti v gospodarstvu naj vzdrževanje kot visoko organizirana dejavnost opravlja naslednje naloge:

- strokovno izvajajo preventivna in korektivna vzdrževalna dela na proizvodnih sredstvih in jih s tem ohranja v stanju, ko lahko opravljajo svojo namensko funkcijo. Opravlja preglede o stanju delovnih sredstev, odpravlja izvire okvar, vrši premeščanje strojev, izvršuje obnovo, modernizacijo in adaptacijo sredstev ipd...
- ustvari si lastno organizacijo s primerno pripravo vzdrževalnih del. Določa potrebne časovne in materialne normative za določena vzdrževalne dela ter določa časovni raspored in opravlja kontrolo izvrševanja del. Postavi si komunikacijski sistem z vso potrebno dokumentacijo,
- skrbi da so vzdrževalna dela izvedena čim bolj ekonomično,
- vzpostavlja sodelovanje z zunanjimi izvajalci vzdrževalnih del, se dogovarja za izvajanje del, ki jih domače vzdrževanje iz različnih vzrokov ne bo opravilo in kontrolira potek in kvaliteto njihovih izvršenih del,
- skrbi za pridobitev in izpopolnjevanje strokovnega in organizacijskega znanja vzdrževalcev,
- skrbi za tehnične izboljšave in inovacije na delovnih sredstvih,
- spremlja razvoj delovnih sredstev v svetu z namenom, da osvoji tehnično-tehnološko znanje za vzdrževanje le teh,
- pomaga proizvodnim in drugim enotam v podjetju, da podrobno spoznajo delovna sredstva, njihovo pravilno delovanje in vlogo operaterjev v njihovem vzdrževanju,
- sodeluje s proizvodnjo in pripravo proizvodnje pri določanju terminov vzdrževalnih del,
- sodeluje z zunanjimi institucijami, ki lahko nudijo znanje o boljših načinih in organizaciji vzdrževalnih del,
- soodloča pri določanju vrste in količine rezervnih delov ter materialov in orodij ter opreme za vzdrževalna dela,
- skrbi, da se pri vsakem vzdrževalnem delu določijo in upoštevajo varnostna navodila,
- določenim organom v podjetju posreduje podatke, ki jih le ti potrebujejo za svoje delo. Običajno so to podatki o stroških vzdrževanja, naravi vzdrževalnih del, zastojih itd.,
- sodeluje z zavarovalnicami pri predstavitvi okvar in lomov ter pri oceni škode.

4. RAZDELITEV VZDRŽEVALNIH METOD

4.1 DOGODKOVNA RAZDELITEV

Vzdrževanje obsega vrsto različnih dejavnosti, ki imajo za cilj doseči čim višjo operativno razpoložljivost tehničnih sistemov za proizvodnjo ob čim nižjih stroških. Vse dejavnosti, ki so povezane s funkcijo vzdrževanja kot tudi same vzdrževalne metode lahko razčlenimo v odvisnosti od kriterija, za katerega se odločimo. Tako lahko vzdrževanje kot najširši sklop ukrepov in dejanj, ki so potrebni za zagotavljanje kontinuiranega delovnega procesa, razdelimo v tri glavne skupine:

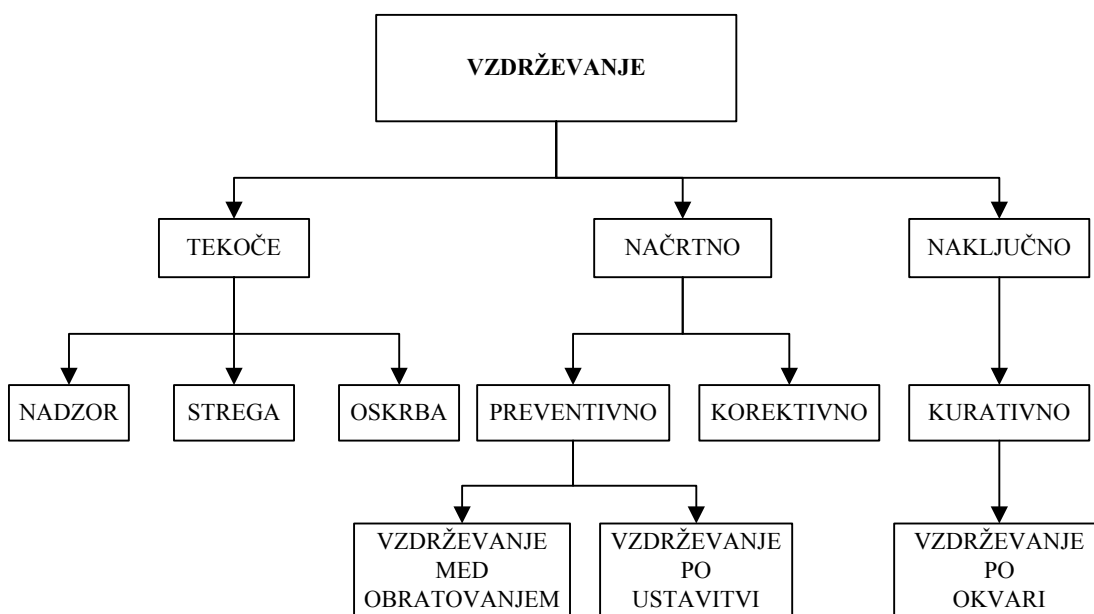
Teško vzdrževanje; predstavljajo dejavnosti za ohranitev stanja, v katerem se sredstva trenutno nahajajo in obsega:

- nadzor naprave (meritve temperatur, hrupa, vibracij, pretokov in tlakov olja, porabe energije ...),
- oskrbo naprave (mazanje, dolivanje tekočin, čiščenje...),
- strego naprave.

Naključno vzdrževanje; zaradi njegovih izključno negativnih posledic se ga danes poskušamo čim bolj izogibati:

- kurativno ("popravljalno") vzdrževanje, ki ga je mogoče opraviti samo po odpovedi delovnega sredstva.

Možne oblike vzdrževanja in odnosi med njimi so podani na sliki 2.



Slika 2: Različni načini vzdrževanja

Načrtovano vzdrževanje; ki je osnova vseh danes znanih (tudi) najvišje razvitih vzdrževalnih metod sestavljata:

- korektivno ("izboljševalno") vzdrževanje, ki se uporablja pri dodelavah delovnih sredstev in
- preventivno ("preprečevalno") vzdrževanje, ki ga je moč uporabljati po ustavitvi sistema ali pa celo med samim obratovanjem.

Operacije **vzdrževanja med obratovanjem** se nedvoumno uporabljajo v primeru, ko je stroj podvržen proizvodnemu taktu. Zajemajo lahko različne oblike mazanja, funkcijski pregled delovanja stroja, kontrolo signalnih ter opozorilnih svetlobnih znakov in podobno.

Vzdrževanje po ustavitvi se vrši pri sredstvu, ki ni v proizvodnem procesu ter zajema preglede in kontrole sestavnih delov, kot so verige, jermeni in zobniki, ki bi bili zaradi najrazličnejših vzrokov (npr. motilni vpliv ropota) kljub najsodobnejšim metodam tehnične diagnostike med obratovanjem sicer nemogoči. Kontrolirani del se na osnovi parametrov izrabljenosti lahko zamenja ali pa tudi ne. V obeh primerih pa morajo proizvodi (in storitve), producirani z obravnavanim sredstvom dosegati zahtevano kakovost.

Po okvari vzdržujemo v primeru, ko je proizvodno sredstvo že odpovedalo in je poškodba že nastala, čemur sledi proces servisiranja. Le ta lahko zajema gredi, jermene, zobnike, ležaje, črpalke in ostale sestavne dele zaradi katerih (po okvari), sredstvo ni več zmožno delovati znotraj predpisanih tolerančnih meja. Popravilo oziroma zamenjava sta torej neizogibni!

Izraz kurativno vzdrževanje se mnogokrat (nepravilno!) zamenjuje z izrazom korektivno vzdrževanje. Zmeda je nastala zaradi različnih pojmovanj nekaterih opravil in njihovega razporejanja.

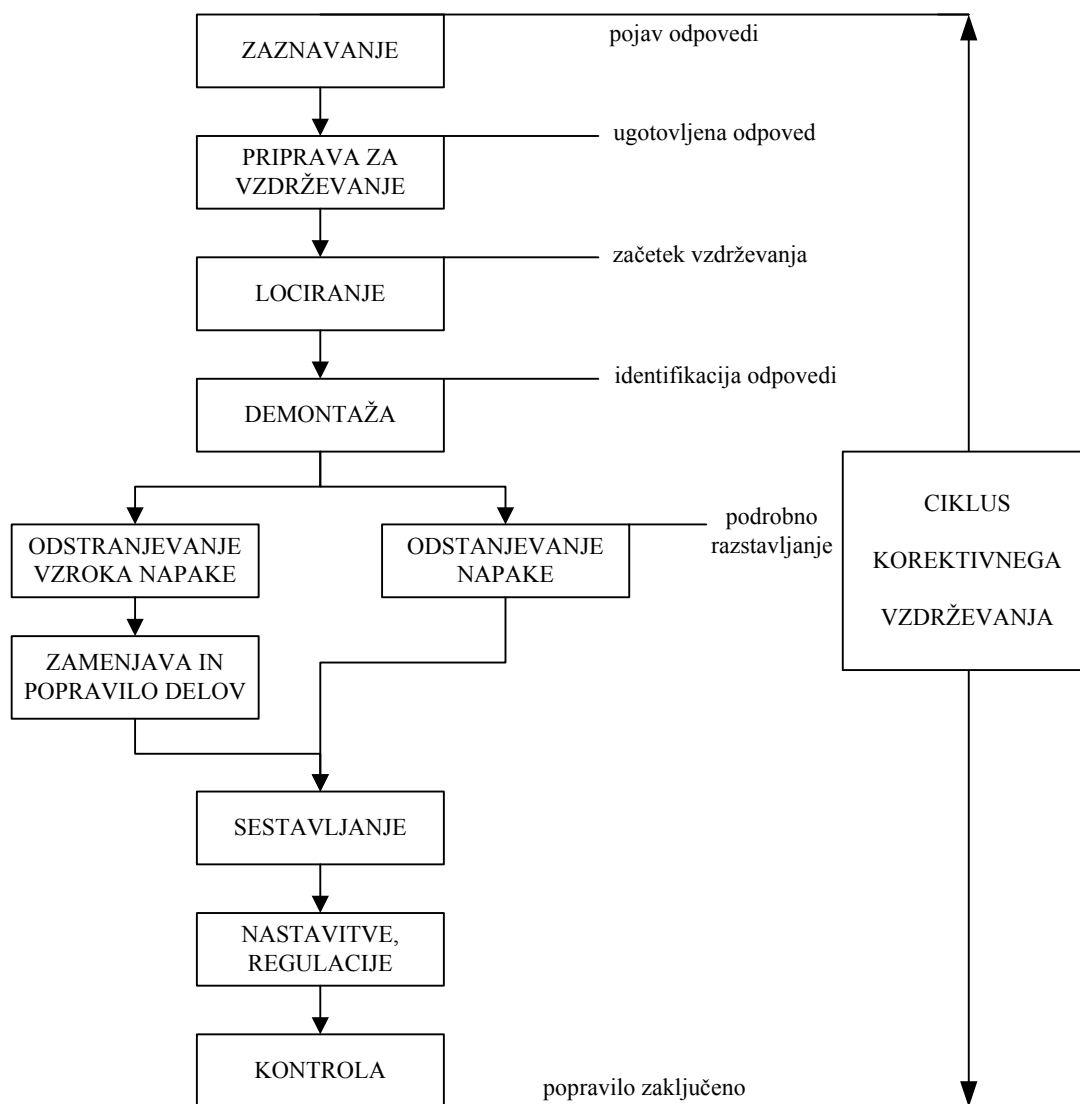
Ponavadi pod izrazom korektivno vzdrževanje razumemo dela s katerimi delovno sredstvo spremenimo tako, da olajšamo izvajanje preventivnega vzdrževanja. To so lahko tudi dela s katerimi sredstvu dvignemo stopnjo zanesljivosti, povečamo vzdrževalnost oziroma odpravimo morebitne konstrukcijske pomanjkljivosti. Kasneje so kot korektivno vzdrževanje vključili tudi dela po katerih se sredstvu njegova osnovna funkcija delno spremeni. Ponavadi z namenom dviga stopnje avtomatizacije, dviga delovne varnosti ali zanesljivosti, izboljšanja ergonomskih značilnosti in podobno. Pri teh delih stroj običajno miruje, ni razpoložljiv, dela pa v praksi ponavadi izvajajo vzdrževalci in jih zato tudi obračunajo kot vzdrževalna dela.

Po nekaterih virih pa je bistvena razlika med kurativnim in korektivnim vzdrževanjem v dejstvu, da so pri **korektivnem** vzdrževanju napake vnaprej vključene (niso pa predvidene, ker se vseh okvar enostavno ne da napovedati!), in je sistem vzdrževanja nanje pripravljen na način, da ima na zalogi dovolj potrebnega orodja in nadomestnih delov ter izoblikovan natančen diagram servisiranja. Zanj je pomembna sposobnost hitrega odkrivanja in odstranjevanja vzrokov okvare (po vnaprej izdelanem modelu - slika 8), kar vključuje uporabo vseh dosegljivih informacijskih virov (zgodovine popravil in obnašanja stroja ter

vzdrževalnih posegov). Za obe metodi velja, da odpravljamo okvare, ki se pojavijo med obratovanjem.

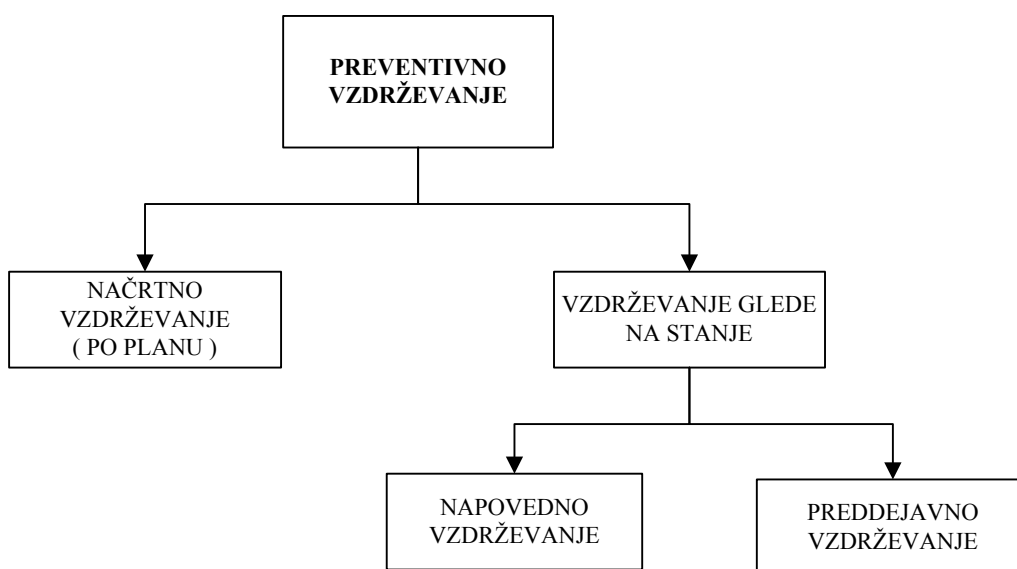
Nasprotno, je **kurativno** vzdrževanje povsem naključno (napake niso niti predvidene, niti vnaprej vključene!), kar pomeni, da so okvare in odpovedi ki so se pojavile presenetile vzdrževalni sistem popolnoma nepripravljen. Le-ta nima na voljo nadomestnega materiala in orodja; samo servisiranje pa je največkrat le improvizacija ne dovolj kvalificiranih delavcev, brez pravilne strategije za odpravo napak. Rečemo lahko celo, da samo po sebi niti ni taktika proizvodnega vzdrževanja, čeprav se pogosto uporablja kot takšno.

Po zadnjih definicijah vzdrževanja, zbranih v standardu SIST EN 13306, taka dela ne spadajo med vzdrževalna opravila zato tega poimenovanja v standardu ni več. To je zmedo precej zmanjšalo, ni pa odgovorilo na vprašanje, kaj pa potemtakem so zgoraj opisani posegi.



Slika 3: Model popravljalnega vzdrževanja

Preventivno vzdrževanje vključuje periodično izvajanje vzdrževalnih postopkov ne glede na stanje v katerem se stroj nahaja, s ciljem zmanjševanja obrabljanja strojnih delov. S tem se podaljšuje njihova življenjska doba kakor tudi perioda med zamenjavami preden pride do dejanske okvare zaradi popolne obrabljenosti. Glede na najnovejša dognanja ga lahko razdelimo po naslednji sliki (Slika 4).



Slika 4: razdelitev preventivnega vzdrževanja

Načrtno vzdrževanje (po planu): je včasih lahko vprašljivo zaradi okoliščin v katerih naprave delujejo. Možno je, da informacije za sestavo načrta težko dobimo, po drugi strani pa je vprašljivo ali so tako pridobljeni podatki v dejanskih proizvodnih okoliščinah merodajni.

Vzdrževanje glede na stanje; nima naloge pregledovanja naprav z razstavljanjem (to je celo popolnoma zgrešeno), temveč je:

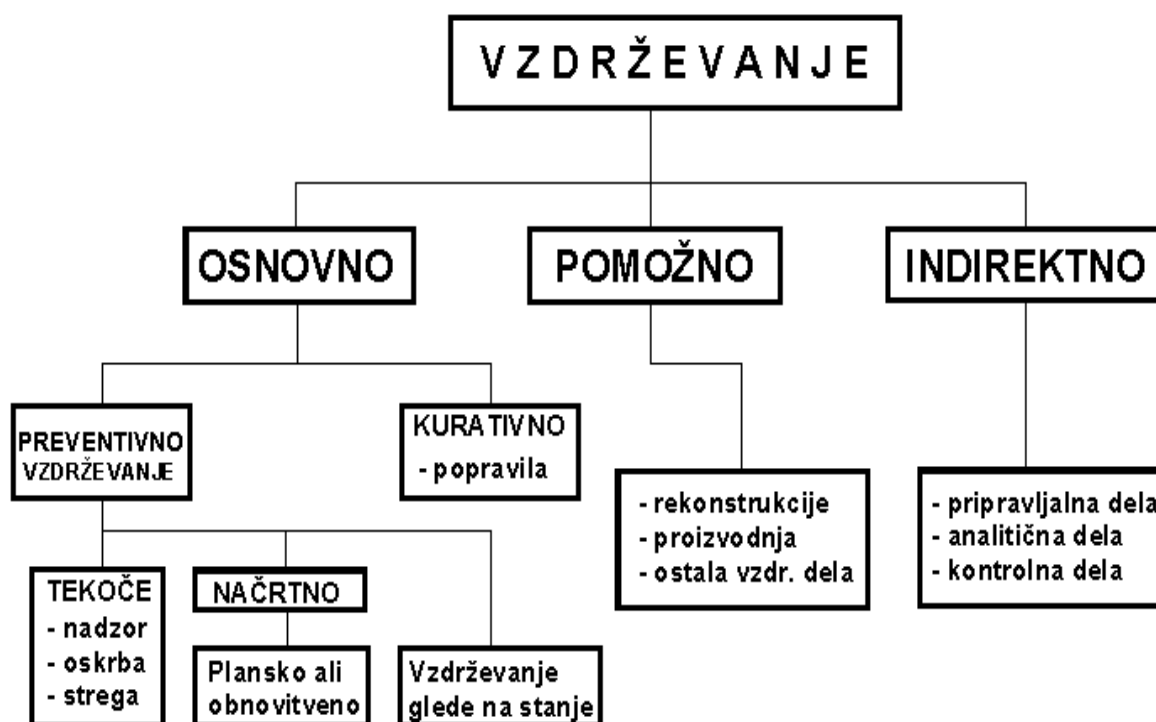
- treba natančno poznati in definirati značilne parametre delovanja,
- posneti začetno stanje parametrov bistveno za kasnejše vzdrževanje glede na stanje.

Napovedno (diagnostično) vzdrževanje: zaznava spremembe opazovanega parametra ter s pomočjo algoritmov primerjanja in vrednotenja napove morebitno napako.

Preddejavno (proaktivno) vzdrževanje: se ukvarja z odpravljanjem izvornih napak. Za to vrsto vzdrževanja je bistvenega pomena evidenca popravil iz katere se poskuša ugotoviti vzrok za na primer bistveno spremembo pogostosti popravil.

4.2 FUNKCIJSKA RAZDELITEV

Pravkar opisana definicija vzdrževanja predstavlja dokaj moderen pristop k vzdrževanju, ki pa ohranja nekaj značilnosti vzdrževalnih postopkov, ki so se razvili s časom in so predvsem posledica gospodarskega pojmovanja in razvrščanja vzdrževalnih del. Starejša definicija vzdrževanja pa le-to razdeli na osnovno, pomožno in posredno ter na ta način zajame tudi režijska dela (posredno vzdrževanje) in različne prilagoditve - adaptacije (pomožno vzdrževanje) o katerih je bilo govora že v razdelku o različnih pojmovanjih korektivnega vzdrževanja (slika 5)



Slika 5: Definicija vzdrževanja, ki obsega tudi režijska in prilagoditvena dela.

Pojmovanja posameznih vzdrževalnih metod se po tej definiciji ne razlikujejo bistveno od prejšnjih, do določenih nesporazumov prihaja pri pojmovanju kurativnega vzdrževanja, kar je spet posledica računovodske obravnave del. Nekateri avtorji namreč pojmujejo kot **kurativna** opravila tudi zamenjave delov, ki jih vzdrževalci opravijo na temelju diagnostičnih ugotovitev, ker je pri tem potrebna zaustavitev sredstva in ker gre dejansko za zamenjavo dotrajanega sestavnega dela. Vendar je tak poseg lahko vnaprej načrtovan in na ta način razporejen v čas, ko proizvodnja miruje, kar pa je po definiciji preventivno vzdrževanje.

Pomožna vzdrževalna dela so po tej definiciji različna rekonstrukcijska dela, ki obsegajo predelave, rekonstrukcije in modernizacijo obstoječih delovnih sredstev, z namenom dviga

storilnosti in kakovosti, zmanjšanja porabe energije, spremembe namenske funkcije ali podaljšanja življenjske dobe delovnega sredstva. Torej dela, ki jih nekateri viri razumejo pod nazivom korektivno vzdrževanje.

Med pomožna vzdrževalna dela spadajo seveda tudi nekatere »vzporedne« dejavnosti, kot so:

- proizvodnja in prenos vseh vrst energije,
- demontaža, transport, namestitve in montaža delovnih sredstev,
- vzdrževanje primernih delovnih pogojev,
- skrb za odpadne surovine in material,
- poslovanje z rezervnimi deli in materialom,
- poslovanje z zavarovalnico,
- dela za izboljšanje varnosti itd.

Posredna vzdrževalna dela pa so posegi in postopki, ki jih lahko razdelimo na:

- pripravljalna,
- analitična in
- kontrolna

Pripravljalna dela ponavadi opravlja pripravna služba, ki je organizacijski del vzdrževalne dejavnosti podjetja. Njena kadrovska in organizacijska struktura pa je odvisna od velikosti organizacije in pomena funkcije vzdrževanja v njej. Klasična organizacijska struktura priprave vzdrževanja temelji na treh osnovnih funkcijah, ki jih opravlja. Tok informacij gre praviloma od:

- konstrukcijske preko
- tehnološke do
- operativne

priprave vzdrževalnih del.

Analitična in kontrolna dela

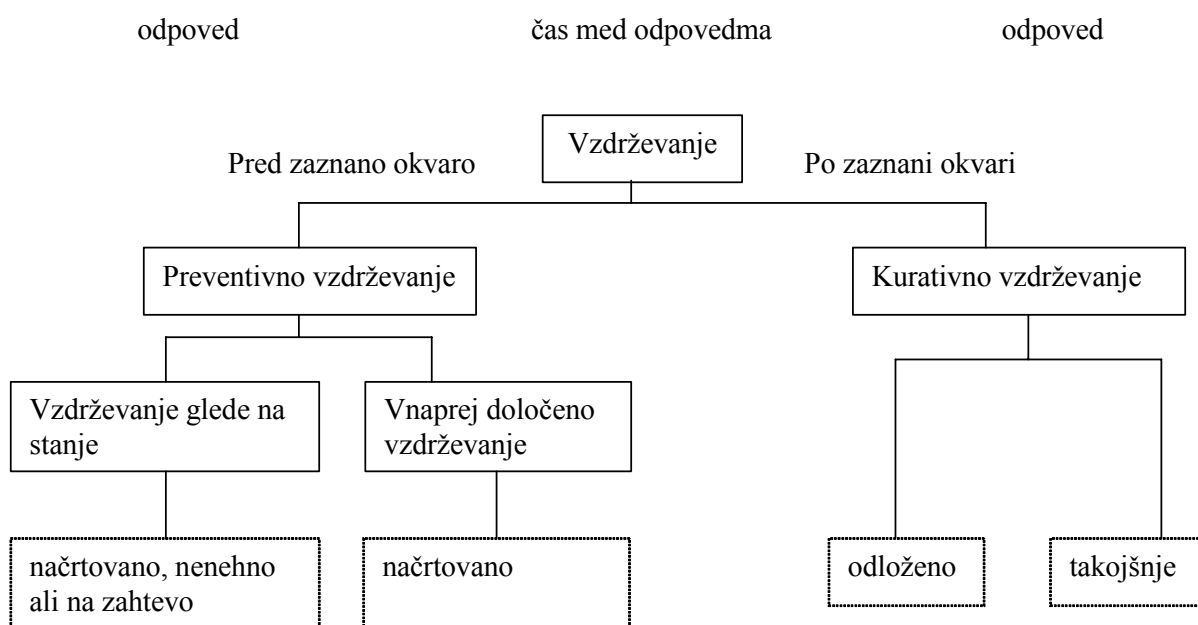
Analitična dela v zvezi z vzdrževanjem so osnova za izdelavo predlogov za izboljšave v tehnologiji in organizacije vzdrževalne dejavnosti. Nekaj takšnih opravil je bilo omenjenih v prejšnjih poglavjih, so pa predvsem uporaba zahtevnejših metod analiz, zato jih tu ne bomo omenjali. Tudi kontrolna dela so bila omenjena kot preverjanje strokovnosti opravljenih vzdrževalnih del ter ugotavljanje skladnosti med planiranimi in dejanskimi stroški ter kontrolo rokov izvrševanja vzdrževalnih del.

4.3 RAZDELITEV VZDRŽEVANJA PO STANDARDU SIST EN 13306

Namen standarda SIST EN 13306 je opredeliti izvorne izraze za vse oblike vzdrževanja in posrednih, pomožnih ter upravljalških vzdrževalnih dejavnosti. Njegov osnovni namen ni opredelitev vzdrževanja v smislu določene razvrstitve, temveč zgolj enolično predpisati pomene izrazom, ki se v vzdrževanju uporabljajo. Seveda tovrsten predpis posredno vpliva tudi na celotno dojetje razdelitve vzdrževanja. Po tem standardu je treba vzdrževalno strategijo opredeliti v skladu s tremi glavnimi merili:

- sredstvu zagotoviti opravljanje zahtevane funkcije, z optimiziranimi stroški;
- upoštevati varnostne zahteve, povezane s sredstvom tako za vzdrževalce kot preostale uporabnike, in zagotoviti minimalen vpliv na okolje,
- zagotoviti obstoj sredstva in njegovo kakovost, kot tudi kakovost storitve le z nujnimi stroški.

Vzdrževanje zagotavlja in bistveno prispeva k ohranjanju zanesljivosti izdelka. Natančne opredelitve izrazov prinašajo uporabniku skupnih standardov vzdrževanja boljše razumevanje vzdrževalnih zahtev, ki so nujne pri oblikovanju sporazumov med vzdrževalci. Izrazi, zajeti v standardu SIST EN 13306 kažejo, da vzdrževanje ni omejeno zgolj na tehnične dejavnosti, ampak vsebuje tudi mnoge druge kot so načrtovanje, uporaba dokumentacije in podobno, kar je bilo pokazano že v prejšnjih razdelkih. Sicer pa standard posebej ne opredeljuje teh dejavnosti kot posebnih vej vzdrževanja, temveč jih ali vključuje v preventivno vzdrževanje ali pa predvideva kot funkcije upravljanja, ki pa niso nujno stvar vzdrževanja. Tako je razdelitev precej poenostavljena, kar bistveno pripomore k lažjemu sporazumevanju (Slika 6).



Slika 6: Razdelitev vzdrževanja po standardu SIST EN 13306

Edina delitev vzdrževanja je tako na preventivno in kurativno vzdrževanje, ki se naprej deli na takojšnje in odloženo. Preventivno vzdrževanje pa je lahko vnaprej določeno ali pa opravljeno po ugotovitvi stanja. Vse ostale dejavnosti kot je večkrat omenjeno korektivno vzdrževanje v standardu niso opredeljene in se ne štejejo za vzdrževalna opravila.

4.3.1 STANDARD SIST EN 13306

Standard EN 13306 je bil prvič predstavljen leta 2001. Izdelan je bil v sodelovanju s CEN/TC 319 (comité européen de normalisation – evropski komite za standardizacijo) sekretariatom za vzdrževanje, podprtem z normativi DIN. Skladno z notranjimi pravili CEN/CENELEC ga je privzel tudi Zavod za standardizacijo in ga v originalni obliki objavil kot SIST EN 13306. Društvo vzdrževalcev Slovenije je leta 2003 ustanovilo delovno skupino za prevod standarda, ki je v letu 2004, za potrebe Društva standard prevedla. Prevod je trenutno tudi v fazi potrjevanja na Zavodu za standardizacijo.

Standard obsega izraze, ki se uporabljajo v vzdrževalskem izrazoslovju in jim predpisuje pomene, z njimi pa tudi pojasnila nekaterih metod. Vse to precej olajša sporazumevanje med vzdrževalci iz različnih okolij. Poseben pomen pa ima pri sklepanju pogodb med partnerji na področju vzdrževanja, saj enolično predpisuje pomene vseh zajetih izrazov. Standard je vsebinsko razdeljen na deset pojmovnih področij:

- Temeljni pojmi (vzdrževanje, cilji vzdrževanja, sredstvo, zahtevana funkcija...)
- Sredstvo (osnovno sredstvo, nadomestni deli...)
- Lastnosti sredstev (razpoložljivost, zanesljivost, vzdrževalnost...)
- Odpovedi in dogodki (odpoved, vzrok, poslabšanje, mehanizem odpovedi...)
- Okvare in stanja (okvara, stanje pripravljenosti...)
- Vrste vzdrževanj in strategij (preventivno, načrtovano, glede na stanje...)
- Vzdrževalne dejavnosti (preverjanje, nadziranje, obnova, prenova...)
- Časovni izrazi (čas delovanja, zahtevan čas...)
- Podpora vzdrževanju in orodja (analiza okvare, dokumentacija, seznam sredstev)
- Ekonomski in tehnični pokazatelji (strošek življenjske dobe, učinkovitost, povprečni čas popravila...)

Tako strukturiran, nudi standard uporabniku, ki se mu prilagodi, tudi vsa potrebna orodja za ugotavljanje učinkovitosti tako vzdrževanja kot tudi proizvodnega procesa. S tem je storjen precejšen korak naprej k uveljavitvi vzdrževanja kot ene od osnovnih funkcij proizvodnega procesa

5. VREDNOTENJE PROIZVODNE UČINKOVITOSTI V VZDRŽEVANJU

Vloga, ki jo danes vzdrževanje ima v podjetju, omogoča oddelkom, ki se z njim ukvarjajo zajemanje vseh vitalnih podatkov o delovanju in tudi poslovanju podjetja. To je posledica podatkovnih tokov, ki potekajo skozi oddelke vzdrževanja. Danes praktično vsak pomemben podatek tako ali drugače potuje skozi vzdrževanje zato je na tem mestu tudi najenostavneje slediti dogajanju. Iz tega razloga se dandanašnji vse hitreje razvijajo metode za vrednotenje učinkovitosti proizvodnih sistemov, ki temeljijo na podatkih, zajetih med vzdrževalnimi dejavnostmi.

5.1 INFORMACIJSKA PODPORA VZDRŽEVANJU

Informacijska in komunikacijska tehnologija vzpodbujata po vsem svetu industrijsko revolucijo, ki je že zdaj tako pomembna kot druge revolucije. Revolucija je zasnovana na informaciji, ki sama po sebi odraža človeško znanje. Tehnološki napredek omogoča obdelavo, shranjevanje, pridobivanje in posredovanje informacij v kakršnikoli obliki brez prostorskih, časovnih in količinskih omejitev.

Revolucija izjemno razširja zmogljivosti človeškega uma in ustanavlja vir, ki spreminja naš način dela in življenja. Vse revolucije ustvarjajo negotovost, nezveznost in priložnost. Današnja informacijska revolucija ni nobena izjema. Kako se odzivamo, kako spreminjamo trenutne priložnosti v svoj prid, je odvisno od tega, kako hitro lahko vstopimo v globalno informacijsko družbo. Vsi vodilni svetovni industrijski subjekti ponovno vrednotijo svoje strategije in možnosti ob sedanjem, tako pomembnem tehnološkem razvoju in gospodarskih priložnostih. Prve države, ki že vstopajo v informacijsko družbo, želijo največji tržni delež. Postavljajo pravila igre vsem drugim državam, ki se jih bodo morale držati. Nasprotno pa čaka države, ki zavlačujejo ali dajejo prednosti polovičarskim rešitvam, katastrofalno zmanjšanje investicij in delovnih mest.

Iz zapisanega je razvidno, kako resno se države članice EU vstopajo v informacijsko družbo. Poslovni informacijski sistemi v podjetjih postajajo ključni dejavniki njihove uspešnosti. Bolj ko je informacijska tehnologija vpeta v poslovni sistem, hitreje ga bo mogoče preoblikovati in vključiti v tokove sodobnega gospodarstva. Položaj posameznega poslovnega sistema na trgu bo vedno bolj odvisen od sposobnosti, da proizvaja, uporablja in preoblikuje oziroma spreminja obstoječe človeško znanje ter ga uporablja s pomočjo novih informacijskih sistemov in tehnologij.

Ustrezna definicija pravi, da je cilj informacijskega sistema posredovati pravo informacijo na pravo mesto v organizaciji v pravem času in z minimalnimi stroški. V praksi takega cilja ni lahko uresničiti. Že na začetku se pojavi vprašanje, katera informacija je prava. Pravilno opredeliti problem in iz tega izpeljati informacijske zahteve, ki bodo popolnoma predstavile resnične informacijske potrebe, ni lahka naloga. To vprašanje rešujemo predvsem z višanjem splošne ravni informacijske pismenosti.

Informacijski sistem je temeljni živčni sistem podjetja. Na njem sta zasnovana delovanje sistema znotraj podjetja ter povezovanje podjetja z okoljem. Tak sistem omogoča ustvarjanje zavesti o spremembah v okolju. Zato se informacije vedno bolj uporabljajo za učenje o sistemu in njegovem okolju, podjetje pa se s tem spreminja v učečo se organizacijo.

Služba vzdrževanja ima vedno večjo vlogo pri tehnično-tehnološkem razvoju, uvajanju avtomatizacije, zagotavljanju zanesljivosti delovanja temeljnega procesa, s tem pa omogoča zniževanje stroškov in doseganje večje konkurenčnosti.

Pri vsem tem se pojavlja množica podatkov in informacij, ki jih moramo v službi vzdrževanja zbirati, shranjevati, obdelovati in posredovati analitikom. Nujno je v službo vzdrževanja uvesti računalniško podprt informacijski sistem kot orodje za podporo odločanju.

Pri načrtovanju in graditvi informacijskega sistema za vzdrževanje moramo poznati okolje, v katerem delujemo. Poznati moramo temeljni in njemu pripadajoči upravljalni proces vzdrževanja kot storitvene dejavnosti, delovna sredstva, ki jih vzdržujemo, tehnologijo vzdrževanja ter informacijske potrebe sodelavcev.

Informacijski sistem za vzdrževanje je odvisen od stopnje organiziranosti vzdrževalne službe in njene tehnično tehnološke pripravljenosti za vzdrževalna dela. Običajno ga sestavlja več medsebojno povezanih podsistemov. Ti se nanašajo na glavne dejavnosti, ki jih vzdrževanje izvaja: podsistem rezervnih delov in materialov, podsistem za izvajanje vzdrževalnih del, podsistem za preventivno vzdrževanje, podsistem za spremljanje stroškov vzdrževanja in podobno.

5.2 ZANESLJIVOST KOT OSNOVA VZDRŽEVANJA

Zanesljivost je značilnost opazovanega objekta (elementa, naprave, sistema), da deluje pravilno ob upoštevanju delovnih pogojev v času njegovega izkoriščanja. Je verjetnost, da bo sistem pri določenih pogojih zadovoljivo deloval določen čas. Zanesljivost je ena od komponent učinkovitosti sistema.

Učinkovitost sistema je verjetnost, da bo sistem uspešno izpolnil zahtevano nalogo v določenem času, če bo deloval v določenih pogojih. Za učinkovitost izdelkov moramo poleg zanesljivosti zagotoviti še vzdrževalnost.

Vzdrževalnost je verjetnost, da se bo sistem, ki je v določenem času odpovedal, povrnil v stanje zadovoljivega delovanja, če bomo vzdrževalne postopke izvajali v skladu s predpisi.

Vzdrževalnost in **vzdrževanje** sta povezani disciplini, ki vključujeta načrtovanje in ponovno vzpostavljanje stanja zadovoljivega delovanja delovnih sredstev in njegovih sestavnih delov ter ohranjanje tega stanja. Vzdrževalnost je posebna veja systemskega inženiringa. Zajema inženirske dejavnosti, potrebne, da vključimo v načrt delovnega sredstva lastnosti, ki zagotavljajo enostavno vzdrževanje. Z njo postavimo ustrezne zahteve za popravila in logistiko, tako da med uporabo delovnega sredstva ohranjamo značilnosti zanesljivosti ob sprejemljivih stroških.

5.2.1 VZDRŽEVALNOST

Vzdrževalnost je izražena kot verjetnost, da bo delovno sredstvo, ki je v okvari, spet operativno sposobno opravljati svojo funkcijo po poteku določenega časovnega obdobja, v katerem je opravljen vzdrževalni poseg v skladu z že vnaprej predpisanimi postopki. Običajno je izražena z njej lastnim parametrom - povprečnim časom za popravilo - MTTR (mean time to repair), včasih pa tudi kot pogostost popravila, ki je izražena kot $1/MTTR$. Beseda "popravilo" pove, da imamo v mislih čas, ki se nanaša samo na izvršitev kurativnega vzdrževalnega posega. Seveda pa nas zanima tudi čas, ki je potreben za izvedbo preventivnega vzdrževalnega servisa. Čas za izvedbo popravila ali preventivne vzdrževalne dejavnosti, tako na posameznem sestavnem elementu kot tudi na celotnem sistemu, je zanimiv za lastnika delovnega sredstva, ker je v času popravila proizvodnja oziroma storitvena dejavnost na obravnavanem sistemu prekinjena ali vsaj motena. Vzdrževalnosti, ki je parameter (projekta delovnega sredstva) in zadeva minimalizacijo časa, potrebnega za popravilo ne smemo zamenjevati z vzdrževanjem, ki predstavlja že sprožen proces izvedbe servisa ali popravila. Vzdrževalnost zajema:

- standardizacijo (zagotavljanje združljivosti in zmanjšanje raznolikosti sestavnih elementov),
- modularizacijo (standarizacija velikosti, oblike, lokacije za povezavo...),
- zanesljivost (dimenzijska in funkcionalna tolerančnost pri zamenjavi elementov),
- dostopnost (prostorska razporeditev elementov v delovnem sredstvu),
- opozorilo slabega delovanja ali napake (pokaže operaterju, da je določen element, del sistema ali celoten sistem v neprimernem stanju oziroma okvari),
- osamitev napake (točna ugotovitev, kateri sestavni element je v okvari),
- identifikacija elementov (uporaba različnih oznak, nalepk, barv za hitro ugotavljanje lokacije posameznih delov in komponent delovnega sredstva).

Način izvedbe vzdrževalnega posega vpliva na vzdrževalnost sistema oziroma delovnega sredstva, ker sposobnost, izurjenost ter strokovnost vzdrževalcev, učinkovitost navodil za izvedbo vzdrževalnih del in drugi faktorji močno vplivajo na čas trajanja popravila.

Vzdrževanje zajema posebne postopke, naloge, navodila, zahteve za kvalifikacijo oseb ter naprave in druge vire, potrebne, da zadovoljimo zahtevam za vzdrževalnost pri dejanski uporabi. Vsebuje naloge, kot so servisiranje, popravilo, odstranitev, zamenjava, modifikacija, pregled in preverjanje stanja delovnega sredstva.

5.2.2 UČINKOVITOST

S preučevanjem učinkovitosti se ukvarjajo različne veje učinkovitosti:

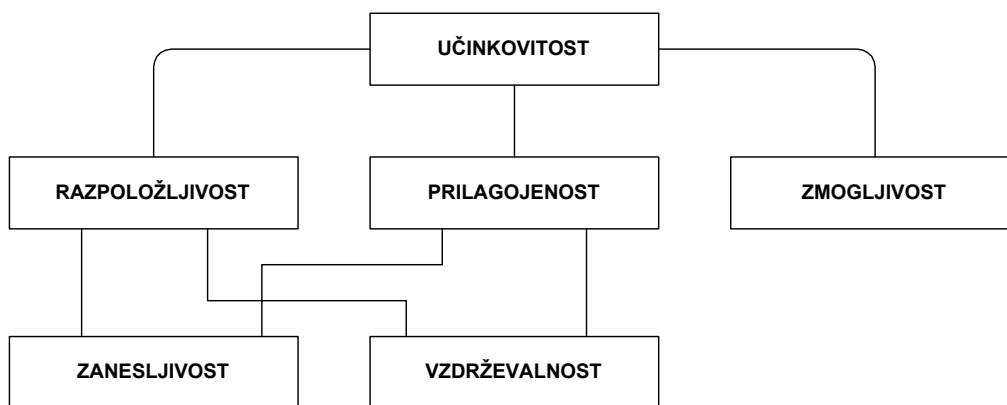
- razpoložljivost,
- prilagojenost in
- zmogljivost.

Razpoložljivost je verjetnost, da bo sistem v poljubnem trenutku zadovoljivo deloval ob določenih pogojih.

Prilagojenost je verjetnost, da bo sistem pri določenih pogojih končal zastavljeno nalogo v določenem časovnem intervalu, če je na začetku tega intervala zadovoljivo deloval.

Zmogljivost je verjetnost, da bo sistem uspešno izpolnil zahtevano nalogo, če bo deloval v mejah določenih specifikacij. Razpoložljivost in prilagojenost sta funkciji časa in sta odvisni od zanesljivosti in vzdrževalnosti, medtem ko je zmogljivost tesno povezana z vzdrževanjem.

Slika 7 prikazuje povezanost vseh zgoraj opisanih komponent učinkovitosti.



Slika 7: Povezanost vseh komponent učinkovitosti

S stališča zanesljivosti delimo sisteme v dve skupini: na popravljive in nepopravljive. Popravljiv sistem ob odpovedi obnovimo in lahko spet opravlja svojo funkcijo. Večina sistemov je popravljiva. Pri številnih sistemih pa preprečujemo odpovedi že v času izkoriščanja. Govorimo o preventivnem vzdrževanju, katerega jedro predstavlja analiza zanesljivosti sistemov. Sisteme lahko razdelimo na enostavne in zapletene. Enostavni so lahko le v delovnem ali nedelovnem stanju. Zapleteni sistemi navadno opravljajo več funkcij in kadar odpove eden od elementov sistema, odpove le ena funkcija. Večina funkcij se

medsebojno ne moti, zato je delovanje kolikor toliko zadovoljivo in sistema v takem primeru ne izključimo.

Pri enostavnih izdelkih lahko štejemo zanesljivost za komponento kakovosti. Pri zapletenih izdelkih pa ne govorimo o kakovosti, temveč o učinkovitosti sistema.

Pri vsakem sistemu želimo doseči čim večjo zanesljivost in s tem večjo učinkovitost sistema. V sistem moramo vgraditi zanesljivost, da bo stroškov in odpovedi v času izkoriščanja čim manj. Vendar se nezanesljivost pojavlja, nje vzroki pa so lahko:

- kompleksnost sistema,
- nezanesljivost sestavnih delov,
- slaba vzdrževalnost (težave pri iskanju napak v primeru odpovedi, slabo organizirano vzdrževanje),
- nepravilno obremenjevanje komponent sistema,
- nesposobnost, da sistem zadovoljivo deluje pri določenih pogojih (pri razvoju nismo predvideli vseh možnih pogojev delovanja), in
- pomanjkljivosti v proizvodnem procesu (slaba kontrola, zato določene specifikacije niso dosežene).

Posledice nezanesljivosti pa so:

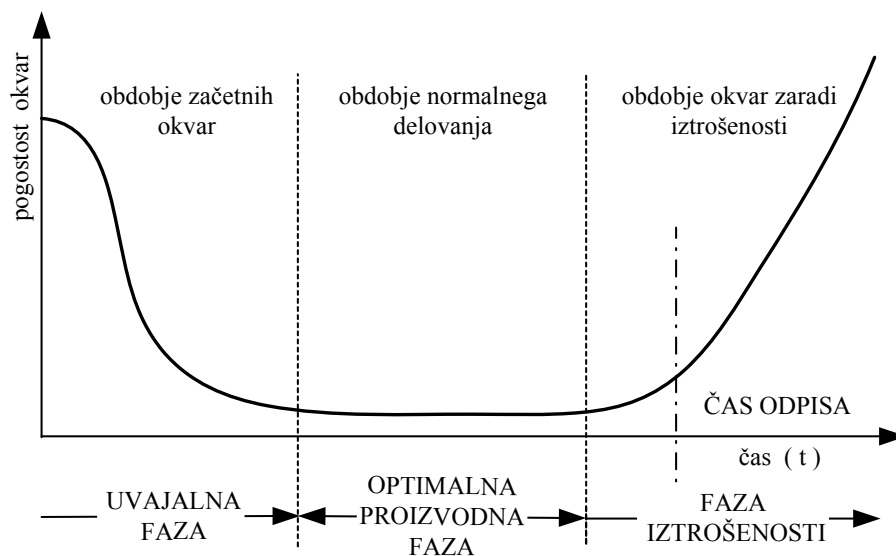
- potrebno je popravilo,
- potrebni so sestavni deli, vzdrževanje, transport,
- pojavljajo se sekundarne odpovedi (primarna odpoved zaradi pomanjkljivega delovanja sistema povzroči odpoved neke druge enote),
- izguba časa,
- stroški zastoja, in
- nezadovoljstvo kupca (lahko tudi izguba trga).

Študij zanesljivosti je v bistvu študij vzrokov, porazdelitev in napovedovanja odpovedi. Zelo je pomembno, da vemo, kaj pomeni odpoved sistema ali njegovega sestavnega dela v danih okoliščinah. Vse značilnosti zanesljivosti temeljijo na odpovedih. Odpoved sistema ali njegovega sestavnega dela je prenehanje njegove sposobnosti, da zadovoljivo opravlja svojo funkcijo.

Odpovedi delimo glede na njihov vzrok, stopnjo in hitrost nastajanja. V praksi jih običajno delimo na katastrofalne in degradacijske. Prve so nenadne in popolne, druge pa postopne in delne. Pri katastrofalni odpovedi sistem nenadoma povsem preneha opravljati svojo funkcijo. Takih odpovedi ne moremo vnaprej predvideti. Pri degradacijski odpovedi pa je parameter, pomemben za funkcijo sistema, prekoračil dopustne meje. Načeloma lahko take odpovedi predvidimo.

Odpoved posameznega sestavnega dela sistema se kaže na različne načine (zlom, kratek stik, prekinitvev stika, onesnaženje stičnih površin in podobno). Velikokrat je treba ugotoviti tudi vzroke posameznega načina odpovedi in učinke načina odpovedi na različne funkcije sistema.

Za merilo zanesljivosti posameznih komponent in sistemov imamo celo vrsto značilnosti. Izračunamo jih na osnovi poznavanja vrste in časa odpovedi. Do teh podatkov pridemo s pomočjo poskusov, spremljanjem delovanja sistemov v izkoriščanju, katalogov in poročil o zanesljivosti proizvajalcev ali priročnikov. Nekatere značilnosti so funkcije časa, druge pa predstavljajo le določena časovna povprečja. Značilnosti zanesljivosti temeljijo na časih do odpovedi. Čas odpovedi je časovna veličina. Katere značilnosti bomo računali v konkretnem primeru, je odvisno od postavljenih ciljev, izbrane metode analize in dosegljivosti podatkov. Najpomembnejša značilnost zanesljivosti je trenutna pogostost odpovedi $\lambda(t)$. Ta značilnost predstavlja pogojno verjetnost, da bo sistem odpovedal v časovnem intervalu $(t, t+dt)$, če je preživel čas (t) oziroma je zadovoljivo deloval v intervalu $(0,t)$. Funkcija $\lambda(t)$ ima pri velikem številu sistemov značilno obliko »kopalne kadi« (glej slika: 8). Krivulja je nastala na osnovi preizkušanj in spoznanj o razmerju med pogostostjo odpovedi in časom delovanja, sestoji pa se iz treh zaporednih stopenj z različno frekvenco odpovedi.



Slika 8: Krivulja kopalne kadi

Vidimo, da ima krivulja tri tipična (med seboj zelo različna) časovna obdobja:

- obdobje zgodnje odpovedi ali obdobje začetnih okvar,
- obdobje normalnega delovanja ali optimalna proizvodna faza in
- obdobje staranja oziroma izrabe ali faza iztrošenosti.

Odpovedi v prvem obdobju nastanejo zaradi grobih okvar v proizvodnji (okvar pri sestavi ali montaži sistema) ter zaradi človeškega faktorja, ko uporabnik še ne zna ravnati s sistemom, pogosto pa lahko te odpovedi pripišemo predvsem proizvajalcu sestavnih delov delovnih sredstev. Običajno so vzroki okvar v nepopolnih projektih, nekvalitetnih sestavnih elementih, napačni in površni montaži, nabavi neustreznih in nekvalitetnih sklopov,

materialov...Nepravilnosti, ki so posledica pravkar opisanih dejavnikov, se običajno pokažejo že kmalu po začetku delovanja, po njihovi odpravi pa preide krivulja v drugo obdobje.

Odpovedi v drugem obdobju nastanejo zaradi različnih, nepovezanih vzrokov, ki so tudi posledica pomanjkljivosti v proizvodnji. Imenujemo jih naključne odpovedi. V tej stopnji delovanja delovnega sredstva je pogostost okvar precej konstantna in krivulja postane skoraj vodoravna. To je najdaljše obdobje v življenjski dobi proizvodnega sredstva z najbolj konstantno pogostostjo okvar. Modelirano je z eksponencialno funkcijo in omogoča proizvajalcu delovnega sredstva, da se izogne visoki pogostosti okvar v prvem in tretjem obdobju ter se sklicuje le na relativno nizko pogostost okvar v drugi periodi kot karakteristično pogostost odpovedi za določeno delovno sredstvo.

V tretjem obdobju nastopajo poleg naključnih odpovedi predvsem odpovedi zaradi izrabe in staranja materialov. Staranje povzročijo številne nepovratne fizikalno-kemijske spremembe, ki nastopajo tudi, kadar izdelek ni obremenjen z normalnimi obremenitvami.

V obdobju zgodnjih odpovedi in obdobju izrabe se pojavljajo katastrofalne in degradacijske odpovedi, v obdobju normalnega delovanja pa predvsem katastrofalne odpovedi.

Vedno pomembnejši je tudi faktor ekonomskega staranja. Kot rezultat raziskovalnega, razvojnega in prognostičnega dela prihajajo namreč v uporabo nova delovna sredstva in tehnologije, ki so predvsem bolj ekonomične, kar se kaže v višji storilnosti in kvaliteti izdelkov ter v znižanju stroškov na enoto proizvoda. Delovno sredstvo torej ekonomsko zastara, kljub temu da fizično še ni izrabljeno ali zastarelo in je s tehničnega stališča še sposobno izdelovati (dovolj) kvalitetne izdelke. Zastaranje se lahko pojavi tudi v primeru, ko trg (zaradi najrazličnejših vzrokov) ni več pripravljen sprejemati produktov in storitev, izdelanih ter nudečih na določenih tehničnih sistemih. Ob tem pa se pojavijo novi izdelki, ki so producirani z novimi in bolj dovršenimi tehnologijami ter višje razvitimi tehničnimi sistemi, ki imajo boljše lastnosti ob nižje doseženi ceni.

S stališča zanesljivosti poznamo zaporedno in vzporedno (presežno) vezavo sestavnih delov sistema. Vezava sestavnih delov je s stališča zanesljivosti zaporedna, kadar odpoved posameznega dela povzroči odpoved celotnega sistema. Odpovedi posameznih zaporednih enot so med seboj neodvisne. Čim več sestavnih delov vsebuje sistem, tem bolj je nezanesljiv. O vzporedni vezavi sestavnih delov s stališča zanesljivosti govorimo takrat, ko več delov opravlja isto funkcijo. Sistem odpove, kadar odpovedo vsi deli (popolna vzporedna vezava) oziroma določeno število delov (delna vzporedna vezava sestavnih delov). Poleg tega razlikujemo dejavno ali nedejavno vzporedno vezavo. Pri prvi delujejo vsi vzporedno vezani sestavni deli, pri drugi pa jih deluje le določeno število, preostali pa se prek posebnega preklopnega mehanizma vključujejo, ko eden od prvotno delujočih odpove. Če je preklopnik zelo zanesljiv, ima nedejavna vzporedna vezava boljše značilnosti zanesljivosti kot dejavna.

Zanesljivost vzporedne vezave sestavnih delov je večja od zanesljivosti enega samega dela, zato pomeni vključevanje dodatnih vzporednih enot v sistem izboljševanje njegove zanesljivosti.

5.3 SPLOŠNA UČINKOVITOST OPREME

Metoda OEE (Overall Equipment Effectiveness) ali metoda merjenja skupne učinkovitosti opreme (SUO) je postala prepoznavna v začetku 90. let. V tem času so se velika podjetja med seboj začela primerjati glede učinkovitosti služb vzdrževanja. Spoznala so, da je metoda zelo blizu izvajanju CPV v proizvodnji in je uporabno merilo za določanje uspešnosti in učinkovitosti uvajanja tega koncepta ter da je to edini način povezave med vzdrževanjem, proizvodnjo, tehnologijo in poslovnim sistemom v celoto, ki stremi k istemu cilju. Le na ta način je mogoče zagotoviti večjo zmogljivost proizvodnih procesov in celotnega podjetja. V današnjem času kakovost in ceno izdelkov ter storitev v veliki meri določajo kupci, podvrženi vsakodnevnemu plazu raznovrstnih podatkov. Zato je za uspešnost oziroma konkurenčnost podjetja pomembno, da ima učinkovito in poceni proizvodnjo.

Vodilna podjetja na svetu si niso ustvarila tega položaja čez noč. Za to so potrebovala najmanj tri do pet let. Po tem obdobju so začela dolgo potovanje v svet neprestanega izboljševanja, ki zahteva nenehno vzpodbujanje vseh zaposlenih v duhu izmenjevanja delovnih izkušenj v smislu: »Povedal in naučil te bom vse, kar znam sam, zato da bom jutri lažje delal s teboj«. Vsi zaposleni so seznanjeni s cilji podjetja in vpeti v strategije za njihovo doseganje. Podjetja, ki se v tem poindustrijskem obdobju še ne zavedajo, da so zaposleni kapital in ne strošek tudi ne dojemajo pomena merjenja skupne učinkovitosti opreme in uvajanja sprememb na podlagi analiz rezultatov. Taka podjetja so kratkoročno obsojena na vlogo pod-dobaviteljev, dolgoročno pa na hiranje med vse redkejšimi podpisniki pogodb z morebitnimi odjemalci.

5.3.1 MERJENJE SKUPNE UČINKOVITOSTI

Metoda SUO obravnava delovanje delovnih sredstev oziroma procesov in ne storilnosti njihovih upravljavcev. Ni namenjena ugotavljanju njihovih nepravilnosti in neučinkovitosti, na osnovi katerih bi jih lahko delodajalec kritiziral. Za merjenje SUO je zelo pomembna vrsta podatkov zbranih v sistem in kakšna poročila na osnovi zbranih podatkov želimo dobiti. Zbiranje in vnašanje podatkov se razlikuje od vrste in tipa delovnega sredstva ter jih je treba določiti za vsako delovno sredstvo posebej. Vedno pa na osnovi zbranih podatkov izračunavamo tri osnovne parametre skupne učinkovitosti opreme. Zaradi tega je teoretično metoda precej enostavna in tudi priljubljena med poznavalci. Problemi ponavadi nastanejo pri zbiranju osnovnih proizvodnih podatkov, za katere se izkaže, da jih podjetja ne zbirajo redno

ali pa so zbrani podatki nezanesljivi. na podlagi zbranih proizvodnih podatkov izračunamo naslednje parametre skupne učinkovitosti opreme:

- razpoložljivost,
- storilnost in
- kakovost.

Vsi trije parametri se lepo navezujejo na gospodarsko opredelitev učinkovitosti, opisano v razdelku 3.2.2. Po tej opredelitvi so vsi trije parametri:

- razpoložljivost,
- prilagojenost in
- zmogljivost,

opisani kot verjetnosti za zadovoljivo delovanje oziroma izpolnjevanje zahtevane funkcije. Ob podrobnejši preučitvi vseh treh opredelitev ugotovimo, da se prilagojenost dejansko nanaša na tehnološko prilagojenost procesa delovnim sredstvom. Z drugimi besedami to pomeni, da je določen proces tem bolj prilagojen, čim bolj izkorišča sposobnosti določenega sredstva. Po opredelitvi skupne učinkovitosti opreme, je to področje storilnosti. Podobno lahko za zmogljivost ugotovimo, da je tesno povezana s kakovostjo, medtem ko pri razpoložljivosti ni dvomov, da gre za isti parameter. Seveda lahko po gospodarski opredelitvi učinkovitosti do vseh treh parametrov pridemo z zbiranjem gospodarskih pokazateljev, kar pa je manj zanesljiva pot kot pri merjenju SUO kjer do podatkov pridemo z neposrednim nadzorom proizvodnje. Rezultati bi morali biti v obeh primerih enaki, kar nazorno kaže na povezovalno sposobnost metode, omenjeno na začetku tega razdelka.

Po drugi strani pa se povezovalna sposobnost kaže v primerjavi z osnovnimi cilji celostnega produktivnega vzdrževanja, to je z zmanjševanjem glavnih šestih izgub po Nakajimi. Vsi trije parametri se namreč skladajo s teorijo o šestih glavnih izgubah, ki ne dodajajo vrednosti izdelku in predstavljajo tradicionalni pristop metode CPV za neprestano izboljševanje.

Preglednica 1: Šest glavnih izgub

Razpoložljivost	Storilnost	Kakovost
<i>Izgube zaradi zastoja</i>	<i>Izgube zaradi hitrosti</i>	<i>Izgube zaradi napak</i>
Odpovedi	Manjši zastoji	Odpad in popravila
Nastavljanje, umerjanje	Zmanjšana hitrost	Izgube zaradi zagona

Odpovedi: Delovno sredstvo se zaradi generalne, delne, prikrite ali neodkrte okvare ustavi in ne deluje, dokler se okvara ne odpravi. Z dejavnostmi samovzdrževanja lahko veliko teh odpovedi zaznamo in preventivno preprečimo zastoje.

Nastavljanje, umerjanje: Delovno sredstvo pripravljamo za proizvodnjo drugega izdelka. Zahteva čiščenje, zamenjavo orodij in nastavljanje delovnega sredstva za proizvodnjo kakovostnih izdelkov. Velikokrat vključuje iskanja orodij, polizdelkov ali zaposlenih.

Manjši zastoji: Nenačrtovana zamenjava orodij zaradi slabe kakovosti izdelkov.

Zmanjšana hitrost: Oprema ne deluje, kot bi morala.

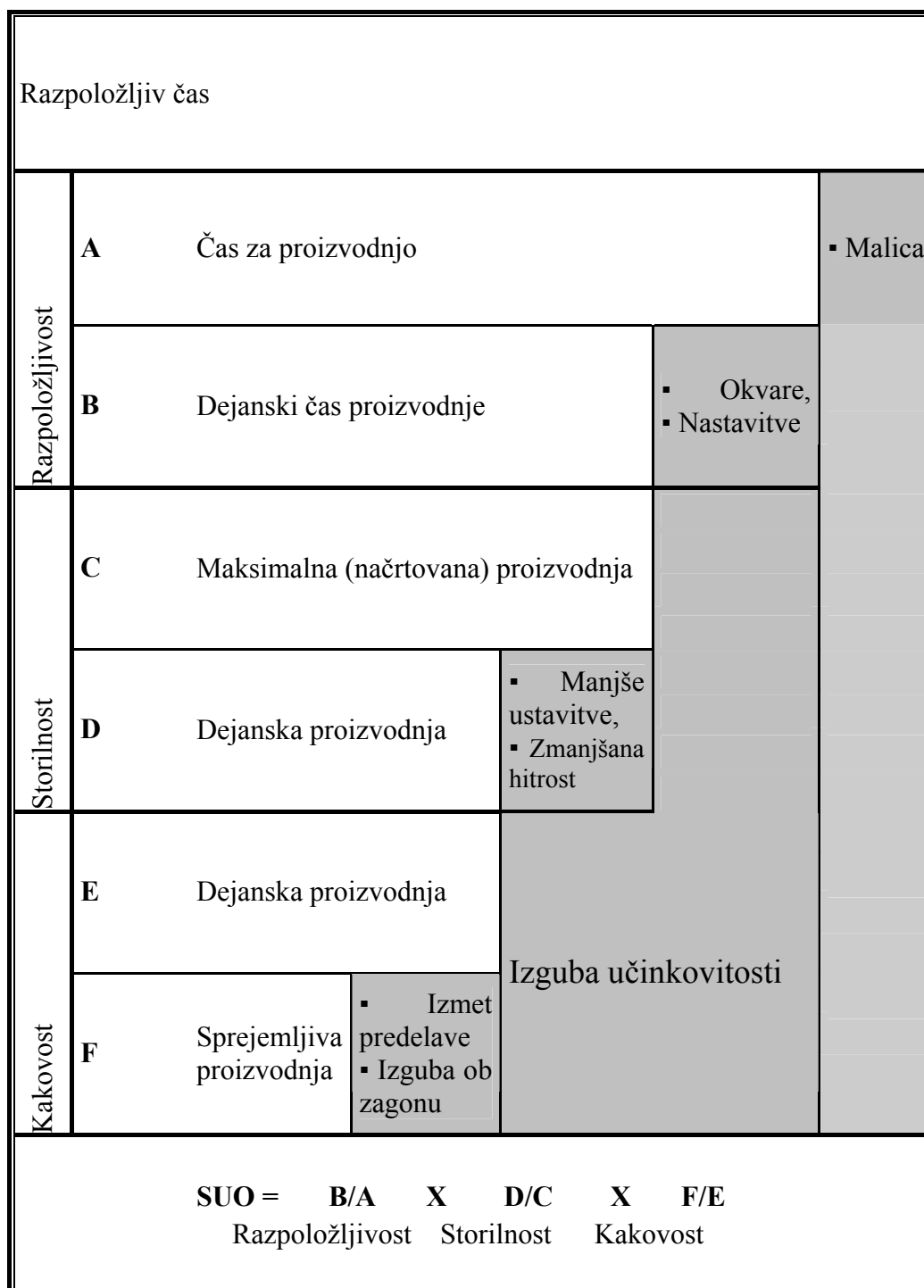
Odpad in popravila: Izdelki, ki niso izdelani v predpisanih merah za kupca, so čista izguba materiala in dodane vrednosti za proizvajalca. Zato se tisti izdelki, ki niso katastrofalni, popravljajo ročno.

Izgube zaradi zagona: Pri zagonu delovnega sredstva mora preteči nekaj časa, da se proizvodni proces stabilizira in da se začnejo izdelovati kakovostni izdelki.

Podatke o navedenih izgubah lahko z doslednostjo in določeno mero organiziranosti precej preprosto zberemo. Pri tem je seveda pomembna velika mera zaupanja saj strokovnjaki, zagovarjajo in priporočajo, da podatke za merjenje in izračunavanje zbirajo zaposleni, ki neposredno upravljajo z delovnimi sredstvi, za katere se meri SUO. Ti ga zaradi svojega dela poznajo zelo dobro in so sposobni vnašati realne podatke.

Vse navedene izgube zmanjšujejo posamezne parametre SUO hkrati pa medsebojno vplivajo in tako povečujejo negativne vplive. Medsebojno vplivanje je enostavno zajeto v načinu izračunavanja SUO. Grafičen prikaz njihovega sovplivanja pa je prikazan na sliki 7. Razpoložljiv čas predstavlja je čas v katerem se proizvodnja lahko odvija. To je v primeru enoizemske proizvodnje ponavadi 8 ur. Čas merodajen za merjenje SUO pa je čas za proizvodnjo, to je razpoložljiv čas skrajšan za vse načrtovane ustavitve vključno s časi za odmore. Vsi nepredvideni zastoji, ki se zgodijo v času za proizvodnjo so izgube, ki ta čas skrajšajo na dejanski čas proizvodnje. V tem času so proizvodna sredstva sposobna delovati z neko hitrostjo, ki jo predvideva proizvajalec. Če proizvodni sistem iz kakršnegakoli razloga te hitrosti ne dosega, se maksimalna (načrtovana) proizvodnja zmanjša na neko dejansko velikost. Teoretično bi morala biti vsi proizvodnja sprejemljiva. V kolikor pa se pojavi določeno število neustreznih izdelkov – izmeta, se velikost dejanske proizvodnje dodatno zmanjša na končno vrednost sprejemljive proizvodnje, ki predstavlja tudi tisti delež dodane vrednosti, ki ga podjetje lahko proda na trgu. Z analizo izračunanih vrednosti parametrov SUO je mogoče hitro odkriti problematična mesta v proizvodnem procesu in izvesti potrebne ukrepe za izboljšanje stanja. Še več, praktične izkušnje so pokazale, da lahko analiza

rezultatov metode SUO razkrije nepravilnosti tudi v tipičnih režijskih oddelkih kot sta marketing in komerciala.



Slika 9: Diagram skupne učinkovitosti

5.3.2 IZRAČUN SKUPNE UČINKOVITOSTI

Do podatka o SUO pridemo na precej enostaven način. Iz zbranih podatkov izračunamo posamezne parametre SUO. Le ti so odstotkovne vrednosti, ki so vedno manjše od 1. SUO je produkt vrednosti posameznih parametrov in je potemtakem precej manjši od 1 s čimer je zajeto sovplivanje vseh šestih glavnih izgub.

$$\text{SUO} = R \times S \times K \quad \text{ali} \quad \text{OEE} = A \times P \times Q$$

R (A) – Razpoložljivost (Availability)

S (P) – Storilnost (Performance)

K (Q) – Kakovost (Quality)

5.3.2.1 Razpoložljivost (Availability)

$$R = \frac{\text{Zahtevan obratovalni čas} - \text{Zastoji}}{\text{Zahtevan obratovalni čas}} \times 100$$

Zahtevan obratovalni čas

Zahtevan obratovalni čas je zahtevano število ur obratovanja stroja oziroma naprave, v katerih stroj opravlja zahtevano nalogo. To je čas, ki ga zahteva proizvodnja in ki vsebuje prehodne čase (menjava orodja, proces čiščenja ...).

V papirni industriji, železarstvu in podobnih industrijah znaša zahtevan obratovalni čas 365 dni; odšteti moramo načrtovane investicijske zastoje oziroma načrtovane daljše netehnološke oziroma nevzdrževalne zaustavitve.

Vsi zastoji

Skupni čas intervalov, ko stroj oziroma naprava ne proizvaja. Tu upoštevamo vse vzdrževalno-tehnološke zastoje. Pri izračunu razpoložljivosti nekateri ne upoštevajo načrtovanih oziroma časovno načrtovanih vzdrževalno-tehnoloških zastojev. Če razmislimo, moramo tudi te zastoje čim bolj učinkovito pripraviti, postopke izboljševati, časovne intervale podaljševati, čase posegov skrajševati, torej moramo stalno izboljševati že doseženo razpoložljivost. Če teh, sicer načrtovanih zastojnih ur v doseženi razpoložljivosti, ne upoštevamo, nismo dodatno stimulirani za izvajanje sistema stalnih izboljšav, kar dejansko pomeni zmanjšano razpoložljivost in s tem nižjo proizvodnjo.

5.3.2.2 Storilnost (Performance)

$$Z = \frac{\text{Dejanska proizvodnja}}{\text{Maksimalna proizvodnja}} \times 100$$

Dejanska proizvodnja

Gre za število enot izdelka, izdelanih v določenem časovnem obdobju. Dejansko proizvodnjo izmerimo, stehtamo, preštejemo in podobno. Razmerje med dejansko in maksimalno proizvodnjo imenujemo storilnost. Ta v nobenem primeru ne more preseči 100 odstotkov. Če se to zgodi, je treba popraviti maksimalne hitrosti oziroma smo napačno izračunali čas 100-odstotne razpoložljivost!

Maksimalna proizvodnja

Maksimalno možno število izdelanih enot izdelka v določenem časovnem obdobju (ustreza maksimalni proizvodni zmogljivosti) izmerimo (izračunamo) v časovnem obdobju optimalnega delovanja stroja, torej s 100-% zmogljivostjo. Pri izračunu maksimalne proizvodnje za izračunano časovno obdobje (od zahtevanega obratovalnega časa odštejemo vse vzdrževalno-tehnološke zastoje) upoštevamo maksimalno hitrost obratovanja oziroma minimalno časovno dolžino postopka. To hitrost oziroma časovno dolžino postopka dobimo na osnovi izkušenj. To naj bi bila tudi stroškovno optimalna hitrost oziroma časovno optimalna dolžina postopka. Izračunani čas in izkustveno hitrost nato pomnožimo z enotami proizvodnega postopka (število kosov, litri, tone, metri ...), s čimer dobimo maksimalno proizvodnjo za določeno časovno obdobje (dan, mesec, izmena ...).

5.3.2.3 Kakovost (Quality)

$$K = \frac{\text{Dejanska proizvodnja} - \text{Izmet}}{\text{Dejanska proizvodnja}} \times 100$$

Kontrola kakovosti je v večini primerov odgovornost proizvodnje oziroma oddelka kontrole. Vedeti moramo, da lahko tudi vzdrževanje bistveno vpliva na nivo kakovosti oziroma na odstotek izmeta.

Izmet

Gre za število enot izdelka, ki ne ustrezajo predpisani kakovosti.

5.3.3 NAMEN IZRAČUNAVANJA SKUPNE UČINKOVITOSTI

Pravilen, točen, viden, hiter in razumljiv izračun skupne učinkovitosti je za vsako pšodjetje zelo pomemben dejavnik poslovanja. Pomagal naj bi pri optimizaciji proizvodnje in delovnih postopkov, pri odločitvah o novih naložbah, uvajanju sistema stalnih izboljšav, neprestano naj bi kazal trenutna ozka grla, postane lahko osnova za stimulacijo vzdrževanja in proizvodnje, je osnova za uvajanje CPV ...

Izkušnje tistih, ki ga že dlje uporabljajo kažejo, da je še več drugih pozitivnih stranskih učinkov. Ko se recimo vsak mesec prikaže in spremlja 10 največjih izgub (ozkih grl na strojih – Paretovi diagrami), se te velikokrat zmanjšujejo, ne da bi zanje posebej porabljali finančna sredstva. Vzrok za to je pravilno obveščanje vseh zaposlenih o mestu in velikosti ozkih grl in njihov odziv (usmerjeno ugotavljanje vzrokov, iskanje napak, predlogi za izboljšave, resnejši pristop k delu, občutek odgovornosti, večje zadovoljstvo, povečanje kreativnosti in podobno). Najpomembneje pri metodi SUO pa je, da izboljšave ne zahtevajo dodatnih vlaganj - investicij. Kritična mesta pogosto izboljšajo že spremembe osnovnih procesov. Sprememba politike nabave in distribucije lahko pripomore k nadziranju kritičnih mest. Zaradi spremembe metod vzdrževanja ali nadomestitve različnih materialov lahko pride do znatnega izboljšanja v zanesljivosti opreme.

6. LITERATURA

- [1] Brdarevič, Srdjan, Uspješnost održavanja, OMO, Beograd, 1988.
- [2] Drstvenšek, Igor, Uvajanje CPV v srednje velika podjetja. Vzdrževalec, št. 83, 2001.
- [3] Hansen, Robert C., Overall equipment effectiveness, Industrial press Inc., New York, 2002.
- [4] Jevtič, Miodrag, Adamovič, Živorad., Preventivno održavanje u mašinstvu, Gradževinska knjiga, Beograd, 1988.
- [5] Marolt, Jože, "Organizacija vzdrževanja delovnih sredstev", Moderna organizacija, Kranj, 1990.
- [6] Maubray, John, Reliability Centred Maintenance, Butterworth - Heinemann, Oxford, 1997
- [7] Mikša, Anton, Analiza zastojev in izvedba tehničnih sprememb po metodi skupne učinkovitosti opreme v livarski industriji, diplomsko delo, mentor Igor Drstvenšek, Vuzenica, 2004
- [8] Mikuljan, Peter, pregled sodobnih metod vzdrževanja obdelovalnih strojev, diplomsko delo, mentor Igor Drstvenšek, Maribor, 2001.
- [9] Tomažin, Janez, Skupna učinkovitost in benchmarking. Vzdrževalec, št. 88, 2002.
- [10] Willmott, Peter, Total productive maintenance: Western Way, Butterworth - Heinemann, Oxford 1997.
- [11] Zgoznik, Evgen, Model posodobitve storitvene dejavnosti vzdrževanja, magistrsko delo, mentor Ferdinand Marn, Celje, 1999
- [12] Zgoznik, Evgen, Model za merjenje razpoložljivosti delovnega sredstva. Vzdrževalec, št. 95, 2003.
- [13] Milošević, Liljana, Analiza funkcije vzdrževanja na primeru Cinkarne Celje, specialistično delo, mentor Rusjan Borut, Ljubljana 2002, Ekonomska fakulteta Ljubljana