

ISSN 2706-4131

OTO 2019

**28. Međunarodni znanstveni skup
'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA
ODRŽAVANJA'**

**28th International Scientific Conference
'ORGANIZATION AND MAINTENANCE
TECHNOLOGY'**

**ZBORNİK
RADOVA**

**CONFERENCE
PROCEEDINGS**

Vinkovci, 12. 12. 2019.

Vinkovci, 12 December 2019

Panon – Institut za strateške studije - Osijek
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija - Osijek
Građevinski i arhitektonski fakultet - Osijek
Centar kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj - Vinkovci

Panon – Think tank for strategic studies - Osijek
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology - Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture - Osijek
Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci

**28. Međunarodni znanstveni skup
'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA ODRŽAVANJA'
OTO 2019.**

Zbornik radova

**28th International Scientific Conference
'ORGANIZATION AND MAINTENANCE TECHNOLOGY'
OTO 2019**

Conference Proceedings

Osijek - Vinkovci, 2019.

Izdavač / *Publisher*

Panon – Institut za strateške studije, Osijek / *Panon Think tank for strategic studies, Osijek*

<https://www.panon.eu>

Mjesto i datum održavanja konferencije / *Venue and date of the conference*

Vinkovci (Croatia), 12.12. 2019.

Organizacijski odbor / *Organizing Board*

Dr. sc. Ivan Ambroš – predsjednik / *Chairman*

Dr. sc. Milan Ivanović

Izv. prof. dr. sc Tomislav Keser

Mr. sc. Držislav Vidaković

Portal konferencije / *Conference Web*

<https://oto2019.panon.eu/>

Službeni jezici / *Official Languages*

Službeni jezici konferencije su hrvatski i engleski.

The official languages of the conference are Croatian and English.

Uredništvo / *Editorial Board*

Izv. prof. dr .sc. Marijana Hadzima-Nyarko - glavna urednica

Izv. prof. dr. sc. Damir Blažević

Doc.dr. sc. Krešimir Fekete

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš

Izv. prof. dr. sc. Mirko Karakašić - izvršni urednik

Grafička oprema / *Design and layout*

Alberta naklada - Osijek

Tisak / *Printed by*

INFOS - Osijek

Naklada / *Issue*: 100

ISSN 2706-4131

Kontakt / *Contact*

e-mail: panon.institut@gmail.com

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli neovisne recenzije. Organizator konferencije nije ulazio u načine izražavanja te oni predstavljaju stavove i stil autora.

Each paper in the conference proceedings was reviewed by independent reviewers. The content of the conference proceedings does not reflect the official opinion of the conference organizers. Responsibility for the information and views expressed in the papers lies entirely with the respective author(s).

Sadržaj

1. Utjecaj starosti poljoprivredne mehanizacije na troškove održavanja Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić, Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević	1
2. Konstrukcija alata za zavarivanje u cilju smanjenja deformacije stuba kabine voza Borivoj Novaković, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Mića Đurđev	5
3. Dijagnostika u održavanju poljoprivrednih strojeva Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer	9
4. Sprovođenje postupaka dijagnostike na sistemima vazduha pod pritiskom Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev, Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš	17
5. Proračun struje kratkog spoja u srednjenaponskim mrežama sa priključenim obnovljivim izvorima energije Branimir Čošković, Krešimir Fekete, Slaven Kaluđer, Zorislav Kraus	25
6. Izbor osobne zaštitne opreme za zaštitu od posljedica električnog luka Damjan Simonović, Goran Knežević	31
7. Optimalni dizajn FN sustava za potrebe kućanstva temeljen na analizi isplativosti Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš	37
8. Održavanje sustava rasvjete obrazovne ustanove uvažavanjem ekonomskih i energetske pokazatelja Ivica Čabraja, Dominika Crnjac Milić, Zvonimir Klaić, Hrvoje Glavaš	45
9. Zelene infrastrukture – upravljanje i održavanje Marija Šperac, Dino Obradović	53
10. Pomaci i oštećenja zgrada uzrokovani neodržavanjem Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić	61
11. Procjena oštetljivosti, održavanje i pojačanje konstrukcija u potresno aktivnim područjima Marijana Hadzima-Nyarko	67
12. Održavanje vodoopskrbnog sustava Valpovo – Belišće Tatjana Mijušković - Svetinović, Vinko Blažević	79
13. Održavanje višestambenih objekata Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić	87
14. Karakteristike i područje primjene cjelovitog učinkovitog održavanja Držislav Vidaković, Nataša Šuman, Daniela Dvornik-Perhavec	93
15. Osnovni elementi tehničke dijagnostike kao preventive u aktivnostima održavanja Zlatko Lacković	101

16. Važnost pristupa servisnim informacijama u postupku održavanja "novih" vozila	107
Mirko Mesić, Marina Peko, Hrvoje Glavaš	
17. Organizacija i automatsko zakazivanje termina u više liječničkom/više uslužnom okruženju	111
Ivica Lukić , Erik Kiralj, Mirko Köhler	
18. Projektiranje i održavanje informacijskog i komunikacijskog sustava za upravljanje pametnim objektom	117
Robert Šojo, Marina Peko, Krešimir Lacković	
19. Društvene mreže i javni mediji kao izvor digitaliziranog baštinskog gradiva	123
Darko Mrkonjić	
20. Edukacije iz područja klasične fotografije	131
Hrvoje Glavaš, Dalibor Mesarić, Đorđe Nešić	
21. Ekonomičnost komunalnih djelatnosti održavanja komunalne infrastrukture jedinica lokalne samouprave	139
Antun Marinac, Marko Dumančić	
22. Visokoškolska izobrazba za razvoj održivog turizma	145
Darko Mrkonjić, Vesnica Mlinarević	
23. Marketinška uloga održavanja odnosa sa poduzetnicima kroz sustav digitalne komore	153
Marko Dumančić, Antun Marinac, Marko Piletić	
24. Izgradnja pogona za kiseljenje 'Čepinskog kupusa'	157
Lara Liović	
25. Komunalno zbrinjavanje otpada - stanje u gradovima slavonske regije	163
Milan Ivanović	

Contents

1. The Influence of Agricultural Mechanization Age on Maintenance Costs	1
Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić, Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević	
2. Designing of Welding Tools to Reduce The Cabin Pillar Deformation	5
Borivoj Novaković, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Mića Đurđev	
3. Diagnostics in the Maintenance of Agricultural Machines	9
Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer	
4. Implementation of Diagnostics Procedures on Pressure Air Systems	17
Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev, Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš	
5. Short-circuit Calculations in Medium Voltage Distribution Networks with Renewable Energy Sources	25
Branimir Čošković, Krešimir Fekete, Slaven Kaluđer, Zorislav Kraus	
6. Selection of Personal Protective Equipment for Arc Flash Hazard	31
Damjan Simonović, Goran Knežević	
7. Optimal Design of a Photovoltaic System for Household Needs Based on Cost-Benefit Analysis	37
Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš	
8. Maintenance of the lighting system of educational institution based on economic and energy indicators	45
Ivica Čabraja, Dominika Crnjac Milić, Zvonimir Klaić, Hrvoje Glavaš	
9. Green Infrastructure – Management and Maintenance	53
Marija Šperac, Dino Obradović	
10. Movements and Damages to Buildings Caused by Non-maintenance	61
Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić	
11. Vulnerability Assessment, Maintenance and Strengthening of Structures in Seismically Active Areas	67
Marijana Hadzima-Nyarko	
12. Maintenance of Valpovo / Belišće water supply system	79
Tatjana Mijušković - Svetinović, Vinko Blažević	
13. Maintenance of Apartment Buildings	87
Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić	
14. Characteristics and Field of Application of Total Effective Maintenance	93
Držislav Vidaković, Nataša Šuman, Daniela Dvornik-Perhavec	
15. Basic Elements of Technical Diagnostics as Preventive Measures In Maintenance Activities	101
Zlatko Lacković	

16. The Importance of Access to Service Information in the Maintenance Process of "New" Vehicles	107
Mirko Mesić, Marina Peko, Hrvoje Glavaš	
17. Information and Communication System Design and Maintenance for Smart Object Management	111
Robert Šojo, Marina Peko, Krešimir Lacković	
18. Organization and Automatic Appointment Scheduling in Multi Doctor/Multi Services Environment	117
Ivica Lukić, Erik Kiralj, Mirko Köhler	
19. Social Networks and Public Media as the Sources of Digitized Heritage Materials	123
Darko Mrkonjić	
20. Education in the Area of Classical Photography	131
Hrvoje Glavaš, Dalibor Mesarić, Đorđe Nešić	
21. Economical Municipal Activities of Maintaining Municipal Infrastructure of Local Self-Government Units	139
Antun Marinac, Marko Dumančić	
22. Higher Education for development of Sustainable Tourism	145
Darko Mrkonjić, Vesnica Mlinarević	
23. Marketing Role of Maintaining Relationships With Entrepreneurs Through the Digital Chamber System	153
Marko Dumančić, Antun Marinac, Marko Piletić	
24. Construction of 'Čepin Cabbage' Pickling Plant	157
Lara Liović	
25. Municipal Waste Management - Situation in Cities of the Slavonia Region	163
Milan Ivanović	

KARAKTERISTIKE I PODRUČJE PRIMJENE CJELOVITOG UČINKOVITOG ODRŽAVANJA

Characteristics and Field of Application Total Productive Maintenance

Subject review

Držislav Vidaković¹, Nataša Šuman², Daniela Dvornik-Perhavec²

¹ Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilišta J. J. Strossmayera, Hrvatska

² Fakulteta za građbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, Univerza v Mariboru, Slovenija

E-mail: dvidak@gfos.hr

Sažetak

Naglašena je današnja potreba za sustavima održavanja koji omogućuju veću učinkovitost i pouzdanost poslovanja proizvodnih i drugih organizacija. U članku je opisan razvoj pristupa održavanju koji vodi k Svjetskoj klasi proizvodnje. Pojašnjeni su ciljevi i karakteristike cjelovitog učinkovitog održavanja, alati koji se koriste te tijekom implementacije u tvrtki. Navedene su prepreke koje smetaju provedbi ovakvog održavanja i područja gdje je ono pogodno za primjenu.

Cljučne riječi: Cjelovito učinkovito održavanje, Koristi, Prepreke, Primjena

Abstract

Today, the need for maintenance systems that enable greater efficiency and reliability of the operations in manufacturing and other organizations is emphasized. The article describes the development of a maintenance approach that leads to World class production. The goals and characteristics of Total productive maintenance, the tools used and the course of implementation in the company are explained. Obstacles that impede the implementation of such maintenance and areas where it is suitable for use are listed.

Keywords: Application, Benefits, Obstacles, Total productive maintenance

1. Uvod

Zahtjevi tržišta mijenjaju se za sva područja poslovanja, a da bi ih tvrtke mogle zadovoljiti i biti konkurentne moraju imati odgovarajući sustav održavanja. Strategija održavanja ključno utječe na učinkovitost sustava održavanja i raspoloživost opreme [1].

Održavanje određenog tehničkog sustava uvijek se može realizirati na više, u osnovi, različitih načina (prema koncepciji, organizaciji i tehnologiji) i s više varijantnih rješenja koja se razlikuju u nizu detalja [2]. Pod strategijom, odnosno koncepcijom održavanja podrazumijeva se princip donošenja odluka o vremenu kada koje aktivnosti treba da se provode. Tehnološki aspekt se odnosi na vrstu i način izvođenja aktivnosti održavanja, a organizacija određuje strukturu sustava održavanja, nadležnosti, odnose i koordinaciju između pojedinih razina na kojima se te aktivnosti provode [3].

2. Razvoj pristupa održavanju

U posljednjih sedamdeset godina upravljanje opremom i funkcija održavanja doživjeli su značajne promjene i prošli kroz mnoge faze [4]. Tradicionalni pristup održavanju je pasivan, s reaktivnim djelovanjem (gotovo isključivo orijentirano na otklanjanje nastalih kvarova). Pri takvom održavanju dolazi do dugotrajnijih, neplaniranih zastoja i prekomjernog oštećivanja, pa je ukupni trošak velik, a pouzdanost niska. Danas se tradicionalnim smatra čak i preventivno djelovanje ako je primarno usmjereno na neposredne i kratkoročne ciljeve. U tradicionalnim tvrtkama na održavanje se gleda kao na trošak koji se lako može reducirati u relaciji ukupnog poslovanja, naročito kratkoročno [3].

Nakon Drugog svjetskog rata razvija se znanstveni pristup održavanju, koji rezultira uvođenjem prvih velikih programa preventivnog održavanja (prema vremenskom planu ili na osnovu utvrđenog stanja elemenata sustava). Rapidne promjene potreba moderne proizvodnje i sve veće globalno natjecanje nametnuli su potrebu za preispitivanjem

unaprjeđenja upravljanja održavanjem s ciljem jačanja konkurentnosti organizacije [4].

U posljednje vrijeme upravljanje održavanjem mijenja se kao ni jedno drugo područje upravljanja, osim informatičkog sistema upravljanja. To je povezano s rastom očekivanja od održavanja, boljim razumijevanjem toga kako dolazi do kvarova i podizanjem razine uspješnosti tehnika održavanja i upravljanja s njim [5]. Jedan od odgovora na takve zahtjeve je cjelovito (prevođeno i kao integrirano ili potpuno) učinkovito održavanje (*Total productive maintenance* – TPM). Ono se, kao i upravljanje na osnovu rizika (*Risk Based Management* – RBM), održavanje usmjereno na pouzdanost (*Reliability centered maintenance* – RCM), održavateljski pregledi na osnovu rizika (*Risk Based Inspection* – RBI), upravljanje kontinuitetom poslovanja (*Business Continuity Management* – BCM) i slični suvremeni koncepti odražavanja, ubraja u “4. Generaciju” održavanja [6],[7],[8]. Te novije strategije održavanja nastale su na osnovi prethodnih, ali se bitno razlikuju prema ukupnim troškovima i riziku te pretpostavljaju veću razinu povezanosti između projektiranja i funkcioniranja opreme i veću ulogu informatičke tehnologije. S TPM je povezano “Sveukupno efikasno upravljanje imovinom” (*Total Productive Equipment Management* - TPEM), koje je definirano kao produktivno održavanje uz potpuno uključivanje svakog zaposlenog pojedinca i kontrolu upravljanja opremom [8]. Također, TPM zajedno s cjelovitim upravljanjem kvalitetom (*Total Quality Management* – TQM), pristupom “*upravo na vrijeme*” (*Just in Time* – JIT) i cjelovitim industrijskim inženjerstvom (*Total Industrial Engineering* – TIE) predstavlja komponente “*Svjetske klase proizvodnje*” (*World Class Manufacturing*) [9].

Koncept TPM-a predstavljen je 1971. godine od *Nippon Denso Co. Ltd.* u Japanu (dobavljač *Toyota Motor Company*). Zbog razlika u radnoj kulturi i prihvaćanju i provođenju zadataka na poslu ovaj koncept je dobio svoju zapadnjačku inačicu 1994. godine u knjizi Petera Willmotta “*Total Productive Maintenance: The Western Way*”.

Cjelovito učinkovito održavanje temelji se na filozofiji razvijenoj na temelju koncepta i metoda produktivnog održavanja

(*Productive maintenance*), koje je usmjereno na podizanje učinkovitosti opreme i cijele tvrtke i smanjenje ukupnog troška opreme kroz aktivnosti preventivnog i korektivnog održavanja tijekom njenog cijelog životnog ciklusa. Programi preventivnog održavanja uobičajeno su koncentrirani u odjelima održavanja i inovativnost pristupa TMP-a je u promicanju samostalnog (autonomnog) održavanja kroz svakodnevne aktivnosti na poslu u koje je uključena sveukupna radna snaga tvrtke (iz svih odijela) [4].

“1. generacija TPM-a” imala je samo pet glavnih aktivnosti koje su bile fokusirane na poboljšanje performansi opreme ili samo na učinkovitost. U 80-tim godinama 20. st. primijećeno je da, i pored potpune posvećenosti TPM-u i eliminacije ili minimalizacije šest grupa velikih gubitaka, i dalje postoji šansa za gubitke. Zato je razvijena “2. generacija TPM-a”, koja se bavila cjelokupnim proizvodnim procesom. Poslije se shvatilo da ukoliko se želi ostvariti pun potencijal u iskorištenju kapaciteta i smanjivanju troškova mora biti uključena cijela organizacija i tako je nastala “3. generacija TPM-a” [3], koja se bavi s još više vrsta gubitaka (obuhvaćaju gubitke u svezi učinkovitost opreme, gubitke kod pokretanja uređaja, gubitke izazvane kod ljudskog rada i gubitke kod korištenja proizvodnih resursa (potrošnja alata, gubici energije i dr.) [10].

Da bi TPM bio implementiran u sve odjele unutar tvrtke, naknadno je modificiran tako da [10][11]:

- ima za cilj stvoriti korporativni sustav koji maksimalizira (sveukupno unapređuje) učinkovitost sustava proizvodnje
- osigurava mehanizam za sprječavanje pojave gubitaka na prvoj liniji proizvodnje i usmjeren je na krajnji proizvod
- se primjenjuje u svim sektorima, uključujući proizvodnju, razvoj i administraciju
- se temelji na sudjelovanju svih zaposlenika, od najvišeg menadžmenta do radnika na prvoj liniji proizvodnje i
- postiže nula gubitaka kroz preklapanje aktivnosti malih grupa.

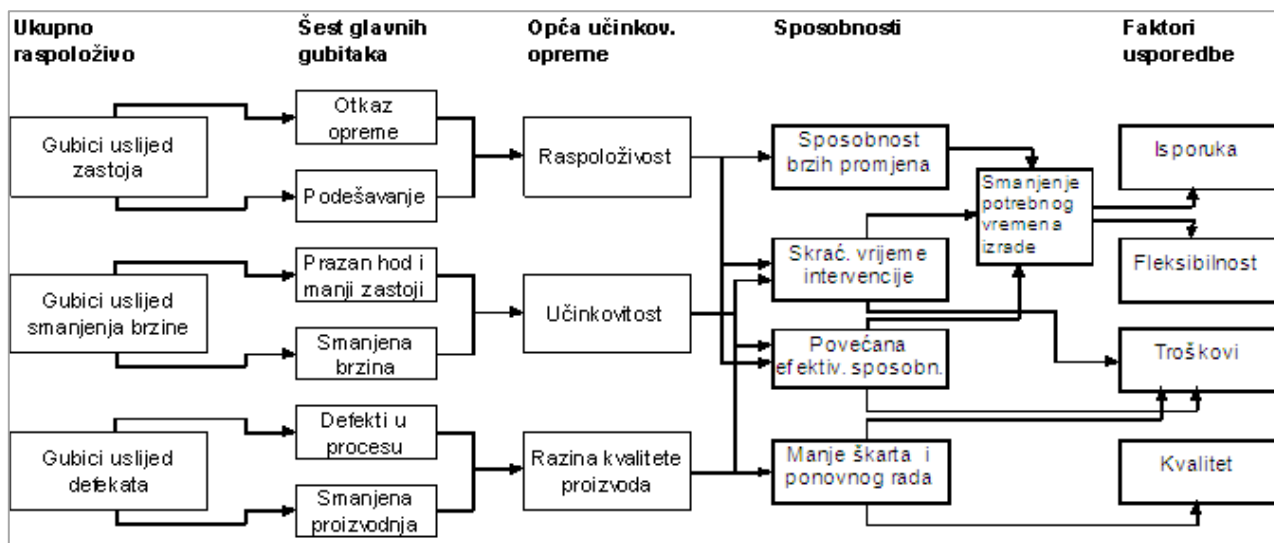
3. Karakteristike TPM-a

3.1. Načela TPM-a

Cjelovito učinkovito održavanje se temelji na prevenciji na izvoru i primarno je usmjereno na identifikaciju i eliminaciju izvora (uzroka) oštećenja opreme [3]. Naziv TPM-a proizlazi iz toga da je odgovornost za pravilan rad i funkcioniranje tehničkih sustava prebačena na zaposlenike koji direktno rukuju s njima [12] i potiče se suradnja i povezivanje znanja operatera, prodavača opreme, inženjera i osoblja za podršku. Kroz timski rad (aktivnosti malih grupa – samostalnih radnih timova, koji se sami usmjeravaju u radu, te grupa za rješavanje problema) u održavanje su uključeni zaposlenici od vrha do dna organizacije. Teži se proizvodnji s 0 kvarova, 0 incidenata, 0 defekata (nedostataka, tj. grešaka) i 0 otpada (nepotrebnih gubitaka vremena i materijala). Nakon identifikacije gubitaka treba identificirati uzroke da bi se poduzele odgovarajuće korektivne mjere i kon-

tinuirano provodilo mala poboljšanja (*Kaizen*) za spriječavanje daljnje pojave gubitaka.

Ovakvo održavanje iziskuje veću spoznaju o prirodi kvarova i cjeloživotnu obuku svih zaposlenika te promjenu načina razmišljanja na svim razinama. Uprava mora prepoznati važnost pouzdanosti održavanja i ekonomske učinkovitosti u projektiranju postrojenja (sagledava se cjelokupni životni vijek). Konceptom održavanja kojim se eliminiraju kvarovi i smanjuju neplanirane aktivnosti i promjene vremenskog rasporeda, optimiziraju se radne performanse opreme (strojeva) i otkrivaju njeni skriveni kapaciteti. Tako se radikalno smanjuje neiskorištenosti resursa što rezultira maksimiziranjem učinkovitosti. Uz to, TPM doprinosi boljoj pouzdanosti, kvaliteti i sigurnosti zaposlenika. Kako TPM smanjujući glavne grupe gubitaka može poboljšati konkurentnost tvrtke prikazuje sl.1.



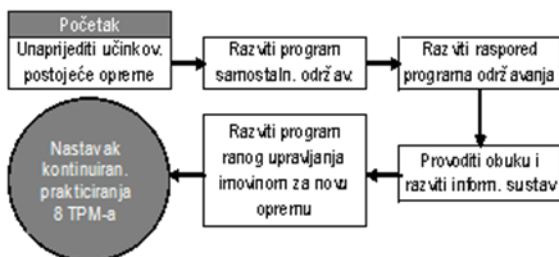
Slika 1. Utjecaji TPM-a na konkurentnost tvrtke [13]

3.2. Provedba TPM-a

Odluku o izboru strategije održavanja treba donijeti u što ranijoj fazi razvoja proizvodnog ili uslužnog sustava, najbolje kada se sustav projektira. Kako bi održavanje omogućilo maksimalnu efikasnost postrojenja mora se uzeti u obzir cjelokupni sustav (uključujući zaposlenike i ostale raspoložive resursa) i njegovo okruženje. Tvrtke koje uvode TPM obično koriste osnovni koncept Japanskog instituta za održavanje postrojenja (*Japan*

Institute of Plant Maintenance – JIMP), pa ga prilagođavaju svojoj organizaciji i svojim ciljevima [14].

Cjelovito učinkovito održavanje zahtijeva odgovarajuću strukturu i direktive [4], a uspostavlja se u sustavno, u fazama. Da bi TMP potpuno zaživio u većoj, složenijoj tvrtki potrebno je i više godina. Razvoj TPM-a u tvrtki koji usvaja osnovna načela te strategije pokazan je na sl. 2.



Slika 2. Tijek TPM-a u tvrtki (prema [15])

Za implementaciju TPM-a JIMP preporuča osam “podupirućih stupova”. Oni su s inicijativama za njihovu provedbu navedeni u tab. 1.

Tablica 1. Inicijative povezane sa stupovima koji podupiru TPM-a (prema [4])

Osnovni stupovi TPM	Inicijative unutar stupova
Samostalno održavanje	<ul style="list-style-type: none"> - Razvoj vještina operatera; - Gajenje osjećaja vlasništva operatera; - Izvođenje čišćenja, podmazivanja, zatezanja, podešavanja, pregleda, ponovnog podešavanja na opremi
Održavanje fokusirano na unaprjeđenje	<ul style="list-style-type: none"> - Sustavna identifikacija i eliminacija glavnih grupa gubitaka; - Rad bez gubitaka i smanjenje gubitka kroz strukturnu analizu; - Postići unaprjeđenje učinkovitosti sustava; - Unaprjeđenje sveukupne učinkovitosti proizvodne opreme sustava
Planirano održavanje	<ul style="list-style-type: none"> - Planiranje učinkovitog i djelotvornog sustava preventivnog i prediktivnog održavanja na temelju vremena za cijeli život ciklusa opreme; - Uspostavljanje kontrolnih lista preventivnog održavanja; - Skraćivanje prosječ. vremena između kvara i popravka
Održavanje kvalitete	<ul style="list-style-type: none"> - Postizanje nula defekata; - Praćenje problema s opremom i njihovih početnih uzroka; - Postavljanje 3M (stroj/čovjek/materijal) uvjeta

Edukacija i osposobljavanje	<ul style="list-style-type: none"> - Prenošnje tehnoloških vještina, vještina kontrole kvalitete i međuljudskih vještina; - Obučavanje radnika za više vještina; - Usmjeravanje zaposlenika na ciljeve tvrtke; - Periodično ocjenjivanje vještina i njihovo obnavljanje
Sigurnost, zdravlje i okoliš	<ul style="list-style-type: none"> - Briga o odgovarajućoj radnoj okolini – postizanje sigurnih uvjeta rada; - Eliminiranje incidenata koji rezultiraju ozljedama i nesrećama; - Osiguranje standard. radnih procedura
Ured (služba) za TPM	<ul style="list-style-type: none"> - Povećanje sinergije između različitih poslovnih funkcija; - Uklanjanje proceduralnih smetnji; - Fokusiranje na bilježenje problema u svezi troškova; - Primjena 5S u svim radnim prostorima
Razvojni menadžment	<ul style="list-style-type: none"> - Minimalni problemi i vrijeme pokretanja nove opreme; - Korištenje znanja od postojećeg sustava za nove sustave; - Inicijative unaprjeđivanja održavanja.

Za planiranje, pripremu, praćenje i analizu uspješnosti složenih procesa održavanja, kako bi se osigurao bolji protok i raspoloživost informacija te veća razina automatizacije, potreban je odgovarajući kompjuterski sustav (*Computerized maintenance management system – CMMS*).

Kako bi se analiziralo i riješilo probleme s opremom i procesima TPM koristi različite tehnike i alate, među kojima su često Pareto dijagram (da se uoči ono što je najvažnije jer u pravilu oko 80% onoga što utječe ima samo oko 20% utjecaja), radar karta (može npr. pokazivati razinu znanja zaposlenika potrebnu za eliminaciju identificiranih gubitaka, iz čega je vidljivo koja područja treba pojačati), shematsko opisivanje pojave i problema (crtanje skica pomaže boljem shvaćanju pojave/ problema u detaljima), statistička kontrola procesa (SPC – kontrolne karte), tehnike rješavanja problema, kao što su *brainstorming*, uzročno-posljedični dijagrami i 5-M pristup (podrazumijeva sagledavanje problema u svezi ljudi (*Man*), metoda (*Methods*), materijala (*Materials*) i strojeva (*Machines*), a pod petim 'M' može biti mjerenje (*Measurement*),

upravljanje (*Management*), misija (*Mission*), održavanje (*Maintenance*) ili okolina (*Medium* ili *Mother nature*), *Poka Yoke* (tehnika za sprječavanje da iz proizvodnog procesa izlaze dijelovi neprimjerene kvalitete), 5S – razvoj radne discipline do promjene svijesti zaposlenih o radnom okruženju kroz pet koraka: razvrstavanje (*Seiri*), smještanje po redu (*Seiton*), čišćenje (*Seiso*), standardiziranje (*Seiketsu*) i ustaljivanje (*Shitzuke*), redukcija vremena postavljanja (*Setup Time Reduction*), brza i učinkovita izmjena alata (*Single Minute Exchange of dies – SMED*), *benchmarking* (usporedba s drugima prema ključnim pokazateljima), analiza uskog grla, analiza pouzdanosti, pogodnosti održavanja i raspoloživosti (*Reliability, Maintainability and Availability – RMA*), obrazac za otkrivanje skrivenih problema (*The Way to Teach People – TWTP*), 5G - alat za opisivanje prirode gubitaka kod kompletnog i detaljnog opisivanja situacije, održavanja odnosa između teorije i prakse te praćenja logičnog slijeda radnji u procesu - prema početnim slovima japanskih riječi: tvornica, materijal, analiza, teorija i metoda i sl. Još četiri tehnike analize primjenjive za kontinuirano pronalaženje i eliminiranje gubitaka (u okviru *Kaizen*) u tipičnoj tvrtki u farmaceutskoj industriji navedene su u tab. 2.

Tablica 2. Primjer primjene tehnika analize gubitaka kod TPM-a [16]

Tehnike analize	Svrha
Zašto - zašto analiza (<i>Why-Why Analysis</i>)	Jednostavni kvarovi
Zašto - zašto - zato logička analiza (<i>Why-Why Because Logical Analysis</i>)	Ponavljajući i složeni kvarovi
Razjašnjavanje pojava, tj. analiza Fenomen - fizički mehanizam (<i>Phenomenon, Physically Mechanism Analysis</i>)	Kronični gubici i nedostaci kvalitete
Eliminacija, kombinacija, smanjenje, pojednostavljenje (<i>Elimination, Combination, Reduction, Simplification</i>)	Kompletna izmjena

4. Primjena TPM-a

4.1. Problemi kod implementacije TPM-a

Implementacija TPM-a nije lak zadatak, pa se smatra da je broj organizacija koje uspješno provode TPM program relativno mali. U praksi je TPM dosta teško primijeniti u cjelosti, pogotovo u malim i srednjim tvrt-

kama jer one često nemaju dovoljno potrebnih resursa za to [11]. Postoje pojedini uspješni slučajevi, ali istraživanja o TPM-u dokumentirala su i niz propusta u implementaciji TPM programa. Stoga je bitno pitanje: "Misli li neka tvrtka da ima TPM ili ga zaista ima?"

Organizacije se mogu podijeliti na one kod kojih stvarno postoji strukturirana i radna metodologija TPM, one koja kažu da ga imaju, ali nemaju čak ni strukturirana osnovna načela i one koja su uspostavile stupove TPM-a, ali puštaju da struktura propada (koristeći samo elemente kako bi zadovoljili reviziju) [17].

Zbog različitih problema i nedostataka događa se da provedba TPM-a ne uspijeva te da bude samo djelomična i površna. Naravno, nije dobro ni ako su očekivanja preoptimistična, odnosno nerealna obzirom na postojeće uvjete i ograničenja. Prepreke koje smetaju implementaciji TPM-a u tvrtkama Ahuja [4], [18] je grupirao kao u tab.3.

4.2. Područje primjene i pozitivna postignuća TPM-a u svjetskoj praksi

Neke tvrtke primjenjuju TPM da bi preživjele, a druge da bi bile svjetski lideri na tržištu. Seger smatra da se TPM može primijeniti u različitim tvrtkama i u svakom odjelu organizacije [14]. No, TPM je najpogodniji za složene, heterogene sustave, pa ga koriste najveće svjetske kompanije u proizvodnoj industriji (gdje su velike serije, kao npr. *Toyota, Ford* i *Harley Davidson*), ali i tvrtke u drugim djelatnostima. Npr. ovogodišnja studija slučaja efekata primjene TPM-a u sveučilišnom centru za kopiranje u Etiopiji takođe pokazuje pozitivan utjecaj na parametre poslovanja [19].

Prvi efekti primjene TPM-a osjetni su već nakon 6 mjeseci, a prema nekim proučavanjima najveća poboljšanja su u prve 3 godine implementacije, nakon čega uspješnost sporije raste [4], [20]. Najniža razina postignuća uspješne implementacije TPM inicijativa u organizaciji uključuje manje operativne troškove, dulji radni vijek opreme i manje ukupne troškove održavanja [4].

Tablica 3. Grupe prepreka uspješnoj implementaciji TPM-a (prema [4], [17], [18])

Grupe prepreka	Primjeri prepreka
Organizacijski	<ul style="list-style-type: none"> - Nedostatak predanosti top menadžmenta i nedostatak komunikacije u svezi TPM-a; - Nedostatak razumijevanja TPM koncepta i principa (nerazmijevanje što je TPM i zašto TPM); - Pogrešan tempo implementacije TPM-a i fokusiranje na previše inicijativa unaprjeđenja; - Manjkavosti mehanizma nagrađivanja i nagrada; - Nesposobnost organizacije da poveća kompetencije zaposlenika za posao; - Neadekvatni uvjeti za zaposlene u organizacijama; - Problemi s nabavom zamjenskog materijala koji sprječavaju izvršenje planiranog održavanja; - Nedostatak praćenja mjerila izvedbe održavanja i napretka programa TPM i kritičke evaluacije; - Implementacija TPM-a na brzi način kod kojeg izostaju neki koraci konsolidacije i dr.
Kulturni	<ul style="list-style-type: none"> - Nemogućnost usklađivanja zaposlenih s ciljevima i namjerama tvrtke; - Jaki sindikati, kruti načini razmišljanja, nefleksibilni pristup i neprilagodljivi stavovi; - Odnos zaposlenika prema poslu sa stavom "kakvu korist ja imam u tome"; - Marginalno sudjelovanje zaposlenika u donošenju odluka u tvrtki; - Kompromitiranje stava o kvaliteti proizvodnje s prihvaćanjem ponovnog rada kao dijela proizvodnih aktivnosti; - Odbacivanje prijedloga zaposlenika za unaprjeđenje bez obrazloženja i dr.
Bihevioralni	<ul style="list-style-type: none"> - Nedovoljni naponi za stjecanje više vještina i periodično obnavljanje vještina zaposlenika; - Nedostatak dragovoljne spremnosti operatera da nauče više o funkcioniranju proizvodnog sustava; - Otpor prihvaćanju promjena zbog nesigurnosti posla i straha od gubitka specijalizacije zbog tehnoloških unaprjeđenja i dr.
Tehnološki	<ul style="list-style-type: none"> - Premalo nastojanja da se proizvodni kapaciteti unaprijede izvan dosega projektiranja; - Nepostojanje mehanizama za istraživanje neučinkovitosti proizvodnog sustava; - Jedan operater istovremeno radi s više strojeva; - Mali naglasak na inicijative prevencije održavanja (dijelovi opreme projektirani tako da nemaju potrebe za održavanjem) i dr.

Operativni	<ul style="list-style-type: none"> - Neustrajavanje na standardnim operativnim procedurama; - Nehaj top menadžmenta za prakticanje sigurnog rada na radnom mjestu; - Nedostatak vremena za samostalno održavanje; - Pogrešno dimenzioniranje tima za održavanje koji se bavi programiranim aktivnostima – povećavanje dnevnog ritma proizvodnje, s istim radnim timom; - Loše i slabo poticajno okruženje na radnom mjestu zbog neprovođenja 5S-a; - Naglasak na obnovi stanja opreme, umjesto na prevenciji kvarova.
Financijske	<ul style="list-style-type: none"> - Zahtjevi za značajnim dodatnim resursima na početku implementacije TPM programa s umjerenim unaprjeđenjem izvedbe u tom razdoblju; - Smanjenja proračuna bez jasnih kriterija i objašnjenja za operatere i stručnjake održavanja; - Nepodržavanje inicijativa unaprjeđenja zbog poteškoća s resursima - financijski sektor blokira prijedloge (pogotovo je loše ako izostanu objašnjenja) i dr.
Odnos odjela u tvrtki	<ul style="list-style-type: none"> - Niska sinergija i koordinacija između odjela održavanja i odjela proizvodnje; - Podjeljenost odgovornosti u tvrtki između službe održavanja i proizvodne funkcije; - Općeniti nedostatak povjerenja odjela održavanja u sposobnosti operatera u proizvodnji za obavljanje osnovnih zadataka samostalnog održavanja i dr.

Zastoji se skraćuju 20 - 30%, pa i preko 50% i investicije u TPM se vraćaju za najmanje 3 puta [21]. Npr. japanske tvrtke koje su dobile JIPM PM nagradu između 1984. i 1986. godine postigle su da im je smanjen mjesečni broj kvarova opreme s 1.000 na 20, proizvoda s greškom s 1,0% na 0,1%, potraživanje jamstva za 25%, troškova održavanja za 30%, rad u tijeku za 50%, a produktivnost je poboljšana za 50% [22]. Izvan Japana implementacija TPM-a inicijativa dovela je do toga da su pozivi za održavateljske servise smanjeni za 29%, brzina proizvodnje povećana je za 10%, defekti su smanjeni za 90%, produktivnost je povećana za 50%, troškovi održavanja su smanjeni za 30%, a povrat ulaganja povećan je za 262 - 500% [23]. Primjerice, *Kodak* u svojem izvješću navodi da je investicija od 5 milijuna dolara u primjenu TPM-a imala za direktnu posljedicu povećanje dobiti od 16 milijuna dolara, dok *Texas Instruments* pri-

javljuje povećanje proizvodnje u nekim oblastima i do 80%. Sve navedene, poznate tvrtke imale su 50% ili više umanjene vremena zastoja, manje zalihe rezervnih dijelova i kraće vrijeme isporuke [11].

Od 1005 godišnjih nagrada za TPM (*TPM Award-winners*) u razdoblju od 2005 do 2012. godine najviše ih je dodjeljeno u Japanu (279), Indiji (156), Tajlandu (96), Tajvanu (50), Turskoj (45), Kini (41), Brazilu (41) i Francuskoj (39) [24].

5. Zaključak

Sadašnji uvjeti na tržištu od većine tvrtki zahtijevaju maksimalnu konkurentnost, a za to je potrebna implementacija koncepta održavanja koji se razlikuje od tradicionalnog pristupa. Izborom i provođenjem optimalne strategije održavanja, kroz maksimalnu iskorištenost raspoloživih resursa, može se povećati pouzdanost, učinkovitost postrojenja i kvalitet proizvoda/usluga i smanjiti ukupne troškove (gledano kroz cjeloživotni vijek opreme za rad). U nekim organizacijama to može najbolje pružiti TPM strategija, koja se u zadnjih 25 godina proširila iz Japana na Zapad i ostali svijet, gdje su istraživane mogućnosti primjene u tvrtkama različitih djelatnosti.

Uočene su brojne prepreke koje u praksi ometaju i onemogućavaju implementaciju TPM-a u tvrtkama i obvezno ih treba imati u vidu te nastojati izbjeći (prevenirati pravilnim pristupom). No, postoje i mnogi uspješni primjeri provođenja TPM-a gdje se pokazalo da vrlo pozitivno djeluje na učinkovitost, kvalitet, troškove, isporuku i fleksibilnost proizvodnje, a također i na sigurnost zaposlenika, njihovu radnu kulturu i način razmišljanja, tj. mentalni sklop.

Uspješno uspostavljanje TPM-a i kontinuirano unaprjeđivanje ne zahtjeva skupu dodatnu opremu, ali je potrebna odgovarajuća obučenost (koja prati napredak tehnologije i nove zahtjeve posla) i interakcija menadžmenta svih razina, stručnjaka održavanja i operatera - radnika koji svakodnevno rade na opremi koju treba održavati. Uz to, važna je dobra motiviranost svih uključenih i visoka razina organizacijske kulture (ozračje u tvrtki, norme ponašanja, odnosi i

stavovi zaposlenika prema poslu). Bez toga svi pokušaji mogu imati samo ograničeni i privremeni učinak na rezultate održavanja i poslovanja.

Literatura

- [1] Šegulja, I.; Tomas, V.; Vlahinić, I. RCM computer – based model in commercial shipping. / Zbornik referata 7th International Symposium on electronics in traffic (ISEP 98) / Žitnik, A. (ur.). Elektrotehniška zveza Slovenije, Ljubljana, 1998. str. 173-179
- [2] Vidaković, D., Glavaš, H., Pavelić, K. Mogućnosti primjene suvremenih strategija održavanja za složene tehničke sustave. / Zbornik 7nd International Natural Gas, Heat and Water Conference / 14. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi / Raos, P. (gl. ur.). HEP-Plin Ltd., Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod i Faculty of Engineering and Information Technology in Pecs, Osijek, 28.-30.09.2016. str. 243-253
- [3] Milekić, M. Pristupi koji doprinose poboljšanju održavanja nastali u proizvodnji transportnih sredstava. / Zbornik radova 3. Konferencija Održavanje 2014. / Brdarević, S.; Jašarević, S. (ur.). Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Zenica, 11-13.06.2014. str. 91-96
- [4] Ahuja, P. S. Handbook of Maintenance Management and Engineering, Chapter 17 – Total Productive Maintenance, Springer-Verlag, London, 2009.
- [5] Dunn, S. Re-inventing the Maintenance Process. / Queensland Maintenance Conference, Queensland, 1998. www.plant-maintenance.com/tzd.shtml (Pristupljeno 15.02.2019.)
- [6] Study of existing reliability centered maintenance approaches used in different industries. Technical Report. Facultad de Informatica, Universidad Politecnica, Madrid, 2000.
- [7] Industrial Maintenance. VATEH Presentation for CTSI. Zagreb, 2003.
- [8] Papić, Lj.; Milovanović, Z. Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema. Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću – DQM, Prijedor, 2007.
- [9] Cua K. O.; McKone K. E.; Schroeder R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT and TPM and manufacturing performance, / Journal of Operations Management 6 (2001) 19; pp 675 - 694

- [10] Shirose, K. Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. Japan Institute of Plant Maintenance, Tokio, 1996.
- [11] Čekerevac, S.: Totalno produktivno održavanje, Tehnička dijagnostika, 2 (2004); str.62-67
- [12] Milosavljević, P.; Rall, K. Six Sigma Concept in the Maintenance Process of Technical Systems, / Mechanical Engineering, 1 (2005) 3; pp 93 -108
- [13] Fredendall, L. D.; Patterson, J. W.; Kennedy, W. J.; Griffin, T. Maintenance: Modeling its strategic impact, / Journal of managerial issues, 4 (1997) 9; pp. 440 - 448
- [14] Seger, M. Total Productive Maintenance, mogućiheter och begransningar. Licentiate work, Luela Tehnical University, 1994.
- [15] Learning Center. Total Productive Maintenance (TPM), Information for building effective maintenance programs.
<https://www.onupkeep.com/learning/maintenance-types/total-productive-maintenance> (Pristupljeno 28.10.2019.)
- [16] Ahmed, T.; Ali, S. M.; Allama, M. M.; Parvez, M.S. A Total Productive Maintenance Approach to Improve Production Efficiency and Development of Loss Structure in a Pharmaceutical Industry, / Global Journal of Management and Business Research, 2 (2010)10; pp 186 -190
- [17] Rodrigues, M.; Hatakeyama, K. Analysis of the fall of TPM in companies, / Journal of Materials Processing Technology, 1-3 (2006) 179; str. 276-279.
- [18] Ahuja, P. S.; Khamba, J. S.: Strategies and Success factors for overcoming Challenges in TPM Implementation in Indian Manufacturing Industry, / Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2 (2008)14; pp 123-147.
- [19] Ali, A. J.: Application of Total Productive Maintenance in Service Organization, International Journal of Research in Industrial Engineering, 2 (2019) 8; str. 176-186.
- [20] Tomas, V.; Šegulja, I.; Čišić, D. Mogućnosti i problemi primjene suvremenih strategija održavanja u pomorstvu, / Pomorstvo - Scientific Journal of Maritime Research, 19 (2005); pp 29-41.
- [21] Kennedy, R.: Re-inventing the maintenance process. / Queensland Maintenance Conference, Queensland, 1998.
- [22] Patterson, J. W.; Kennedy, J. W.; Fredendall, D. V. Total Productive Maintenance Is Not for This Company, Production and Inventory Management Journal, 2(1995) 36; pp 61 - 64
- [23] Hartmann, E. Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant, TPM Press, Inc, Pittsburgh, 1992.
- [24] Jain, A.; Bhatti, R.; Singh, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice - A literature review and directions, International Journal of Lean Six Sigma, 3 (2014) 5; str. 293 - 323