



TEROTEHNOLOŠKE AKTIVNOSTI U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJIZASNOVANE NA KONCEPTU PROIZVODNJE SVETSKE KLASJE

TEROTECHNOLOGICAL ACTIVITIES IN AUTOMOTIVE INDUSTRY BASED ON WORLD CLASS MANUFACTURING CONCEPT

Živorad Milić¹, Dragan Simov², Dragan Radović³

Rezime: Cilj rada je implementacija postignutih znanja i veština u upotrebi tehnika kvaliteta i upravljanja održavanjem prema konceptu proizvodnje svetske klase (WCM) koji je Fiatova primarna poslovna filozofija u svim fabrikama širom sveta. Zbog kompleksnosti samog koncepta rad je ograničen samo na segment autonomnog i profesionalnog održavanja na jednoj robotizovanoj radnoj stanici u Fabrici karoserija FAS.

Ključne reči: Fiat, proizvodnja svetske klase (WCM), autonomno održavanje (AM), profesionalno održavanje (PM)

Abstract: In the paper, implementation of the attained knowleges and artificial in application of the technique of quality and maintenance management according World Class Manufacturing (WCM), is given. This is Fiat primary business philosophy in all factory world wide. Because of the complexity of the concept, paper only presents segment autonomous and professional maintenance on one workstation in Body shop.

Key words: Fiat, World Class Manufacturing (WCM), Autonomous Maintenance (AM), Professional Maintainance (PM)

UVOD

Koncept proizvodnje svetske klase predstavlja sinergetski efekat korišćenja četiri sistema poboljšanja proizvodnje – totalnog industrijskog inženjerstva (TIE), totalne kontrole kvaliteta (TQC), totalnog produktivnog održavanja (TPM) i sistema tačno na vreme (JIT). Glavni zadatak ovakve poslovne filozofije je razvijanje organizacije koja kontinuirano uči, sprovodi poboljšanja i pritom uključuje u procese sve zaposlene, a ne samo inženjere ili menadžment.

WCM metodologija kakva se danas primenjuje u Grupi Fiat nastala je kao proizvod saradnje menadžmenta te kompanije i jednog broja evropskih i japanskih stručnjaka iz oblasti organizacije proizvodnje i upravljanja. Jedan od tih eksperata je Prof. dr. Haime Jamašina sa Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Kjotu. Njegovi radovi preporučili su ga menadžmentu Grupe Fiat kao konsultanta za uspostavljanje i primenu koncepta WCM-a u svim Fiatovim fabrikama.

¹ Živorad Milić, Fakultet za poslovno industrijski menadžment Beograd

² Dragan Simov, Kompanija Fiat automobili Srbija, Kragujevac

³ Dragan Radović, Fakultet za menadžment Novi Sad

Da bi jedno preduzeće postalo proizvođač svetske klase ono mora da postigne što bolje rezultate u kvalitetu, ceni, brzini i pouzdanosti isporuke, fleksibilnosti i inovacijama. Ova koncepcija zahteva rigoroznu primenu znanja (standardizovanih procedura) kroz sedam koraka u deset tehničkih i deset menadžerskih stubova (pilara). Svi predlozi poboljšanja objedinjavaju se na jednom mestu, i ukoliko se odobre kao tehnički primenjivi i ekonomski isplativi, usvajaju se kao standard u kompletnoj Grupi Fiat. Kako visina nagrade za poboljšanje zavisi od konkretne uštede, jasno je da su i poslodavac i zaposleni trajno motivisani za iznalaženje što boljih rešenja, a to samo doprinosi razvoju organizacije, povećanju profita i poboljšanju konkurentne pozicije same kompanije.



Prema metodologiji WCM-a, dva od deset tehničkih stubova WCM-a odnose se na održavanje, koje je podeljeno na autonomno i profesionalno (AM i PM) [1]

OPIS PROIZVODNOG PROCESA

Proizvodni proces u Fabrici karoserija FAS odvija se na više odvojenih poluautomatskih linija i radnih zona. Delovi koji se zavaruju u radnim zonama transportuju se na proizvodne linije, a zatim se pristupa procesu finalnog zavarivanja kompletne školjke. Taj deo procesa obavlja se robotima na posebnoj liniji. Posle jedne radne stanice koja služi samo kao prolaz, pristupa se finalnom zavarivanju školjke koje obavljaju roboti. Ovu operaciju nazvaćemo radna stanica RO 01-04 i nadalje ćemo analizirati samo nju.

Radna stanica RO 01-04 je potpuno automatizovana i njom upravlja PLC, koji ima preko 200 ulaza i približno toliko izlaza. Pod ulazima se smatra položaj transporta, položaj stega i alata za zatvaranje školjke, položaj robota, stanje na prethodnim i sledećim stanicama ove linije, ali i bezbednostni uslovi propisani tehnološkim postupkom. PLC ne dozvoljava prisustvo ljudi u toku ove operacije jer, pored ostalog, on stalno analizira stanje prostora na podu ove operacije preko foto ćelija (barijera); ukoliko bilo šta prekine signal između njih proces se prekida. Pod izlazima podrazumevamo naredbe robotima, stegama, alatima i motorima za transport, ali i mogućnost manualnog upravljanja preko upravljačkih panela linije ili nezavisnog PC-a, preko LAN mreže.

Na osnovu prethodno iznetog može se reći da je PLC „mozak” ove operacije, ali i cele proizvodne linije. Međutim, za tehnološki proces bitni su i izvršioci, a to su u ovom slučaju roboti četvrte generacije proizvođača *Comau*, modeli Smart NH1 i Smart NH3. Iako su roboti Smart NH1 i NH3 slični po težini i ukupnim performansama (vidi sliku 1, [5 i 6]) bitnija njihova razlika je u tome što robot Smart NH3 po četvrtoj osi ima mogućnost kretanja od skoro osam punih krugova (2700°) u jednom ili drugom smeru, što je za ovaj deo tehnološkog procesa neophodno. Robot Smart NH1 se uglavnom koristi za pravolinijska kretanja, dok se robot Smart NH3 koristi kod složenijih kretanja i nepristupačnijih tačaka.

	Smart NH1		Smart NH3	
	Š		Š	
Brzina (kg/s)	130		220	
Radni prostor (mm)	4000		7000	
Preciznost (mm)	0,07		0,09	
	Ugao okretanja	Brzina okretanja	Ugao okretanja	Brzina okretanja
Osa 1 (°)	180	108 %/s	180	85 %/s
Osa 2 (°)	75, -55	104 %/s	175, -60	90 %/s
Osa 3 (°)	110, 170	110 %/s	110, 170	90 %/s
Osa 4 (°)	280	190 %/s	2700	150 %/s
Osa 5 (°)	120	190 %/s	125	135 %/s
Osa 6 (°)	2700	230 %/s	2700	200 %/s

Slika 1

Roboti koje vidimo na slici 1 samostalno ne mogu da obavljaju nikakav radni zadatak, osim da svoju ruku pomeraju u prostoru. Iz tog razloga se u proizvodnji koristi mogućnost njihovog „naoružanja” različitim uređajima kao što su aparati za odsecanje, zavarivanje ili nanošenje lepka, alati za prihvatanje određenih delova, merni instrumenti ili kamere. U konkretnom primeru koji obrađujemo, ovi roboti nose određenu kombinaciju klješta za tačkasto zavarivanje. Sama kombinacija

klješta zavisi od pristupačnosti mesta na kome se zavarivanje vrši, ali i od hemijskog sastava i debljine materijala koji se zavaruje. Iz tog razloga je jedan od ključnih parametara za izbor robota u proizvodnom procesu njegova nosivost, a ona je u konkretnom slučaju do 130 i do 220 kg.

Da bismo objasnili princip rada na radnoj stanici RO 01-04 potrebno je reći da na njoj postoji i veći broj pneumatskih, mehaničkih, električnih i elektronskih komponenti koje stvaraju uslove za automatsko upravljanje.

TEROTEHNOLOŠKE AKTIVNOSTI

Radna stanica RO 01-04 koristi se kao model zona za druge radne stanice u Fabrici karoserija FAS. Iz razloga usvajanja standarda osmišljenih i prihvaćenih u Grupi Fiat [2] preventivno održavanje podeljeno je na dve faze, pri čemu su u prvoj, koja se naziva AM (autonomno održavanje), radno angažovani operateri koji upravljaju ovom proizvodnom linijom i određen broj proizvodnih radnika, dok su u drugoj angažovani isključivo radnici profesionalnog održavanja (PM).

AM održavanje nastalo je kao preventivna mera pre nastanka kvara, jer je zaključeno da određen broj kvarova nastaje usled negativnih uticaja procesa zavarivanja (garež, varnice, različiti opiljci). Na osnovu prethodnih iskustava nastao je kalendar AM, koji predstavlja jedan deo radnih obaveza operatera koji upravlja proizvodnom linijom. On je obavezan da prvog dana u radnoj nedelji pregleda upravljačke ormane robota, drugog dana da vrši pregled zaptivenosti komandnih ormana proizvodne linije, trećeg da čisti prašinu sa svih spoljnih delova na ovoj proizvodnoj operaciji, četvrtog da vrši pregled oštrilice elektroda i njenih noževa i vizuelnu kontrolu elektro i fluidne instalacije, a petog dana da kontroliše zaprljanost induktivnih davača i stanje samih klješta za zavarivanje. Sticanje novih iskustava omogućava da se period vremena u kome se vrše ovi pregledi produžava ili skraćuje, čime se AM kalendar menja dok se u potpunosti ne optimizuje. Iskustvo operatera može skratiti vreme samih pregleda, što omogućava da posle izvesnog vremena u kalendaru prvog dana kao obavezu ubaci i neke druge poslove (vizuelni pregled ruke nekog od robota, stanje ožičenja, davača, stega i drugih delova koji se koriste na ovoj proizvodnoj operaciji). Treba napomenuti da operater na ovoj liniji prilikom ovih pregleda ne remeti proizvodni proces i da za preglede koristi vreme kada linija ne radi (pauza ili nedostatak delova). Drugi deo aktivnosti predviđenih AM kalendarom odnosi se na temeljno čišćenje svih uređaja, što se obavlja van redovnog radnog vremena i u čemu operateru pomažu drugi proizvodni radnici.

Ovakvim pristupom stvaraju se optimalni uslovi za eksploataciju proizvodne opreme, ali i otvara mogućnost da radnici profesionalnog održavanja preventivno preduzimaju radnje u cilju sprečavanja nastanka kvara jer je operater na ovoj proizvodnoj operaciji dužan da svaku promenu koju uoči prilikom AM pregleda evidentira otvaranjem posebne kartice (AM Tag)[3] u koju unosi tačno mesto potencijalnog kvara i stepen hitnosti za njegovo otklanjanje.

Sve aktivnosti koje se izvršavaju prema AM kalendaru potvrđuju se potpisima izvršioca, ali i kontrolora ovih aktivnosti, a to je u ovom slučaju poslovođa proizvodne linije. Statistiku oko istih vodi odgovorno lice za poslove AM održavanja, koje po svojoj funkciji ne mora da bude iz sastava profesionalnog održavanja fabrike.

Drugi deo aktivnosti oko preventivnog održavanja preduzimaju radnici profesionalnog održavanja na osnovu analize otvorenih lista prilikom inspeksijskog nadzora operatera i ledžer dijagrama, osmišljenog od strane proizvođača opreme koja se koristi u proizvodnom procesu. Svrha ovog dijagrama je da se do najsitnijih detalja prikaže deo proizvodne opreme (robot, upravljački orman, oštrilica, klješta za zavarivanje itd.), i na osnovu toga izvrši identifikacija kritičnih mesta na koja treba delovati preventivno u cilju sprečavanja nastanka kvara. Kako su ovakvi pojedinačni dijagrami prilično veliki njihov kombinovani prikaz bi bio previše komplikovan, pa se u PM kalendaru upisuju samo najkritičnija mesta koja radnici profesionalnog održavanja svakodnevno pregledaju i svojim potpisom verifikuju.

Za postupanje po PM kalendaru planira se vreme kada radnici profesionalnog održavanja nisu angažovani na otklanjanju hitnih popravki proizvodne opreme, uglavnom za vreme pauza, kako se ne

bi pravili nepotrebni zastoji, ali i u za te svrhe posebno planirano vreme. Nadzor nad ovim procesom verifikuje rukovodilac profesionalnog održavanja.

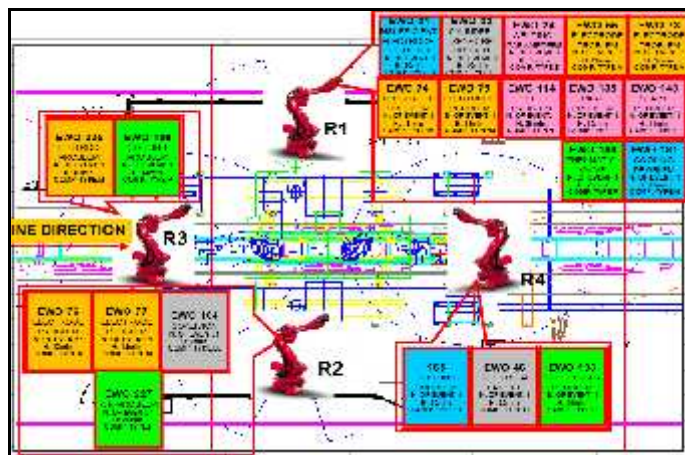
Za razliku od AM kalendara koji je univerzalan za celu posmatranu radnu stanicu, PM kalendara može biti više, odnosno pojedinačno za svaki robot, klješta za zavarivanje i upravljački i komandni orman.

NAJČEŠĆI OTKAZI

Pod otkazima se, u našem slučaju, podrazumevaju prekidi u proizvodnom procesu prouzrokovani kvarovima na proizvodnoj opremi koja se koristi na radnoj stanici RO 01-04, uključujući i havarijska isključenja napona i fluida.

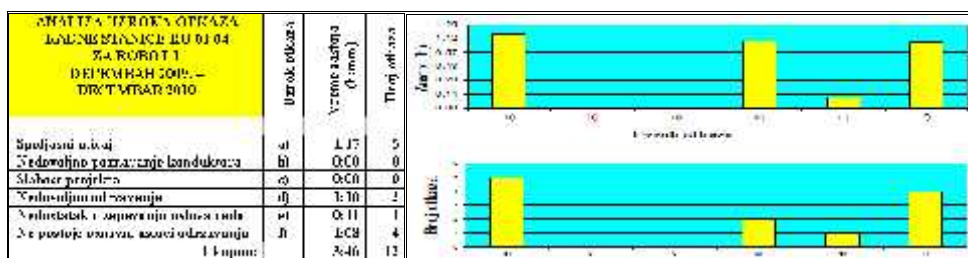
Prema metodologiji korišćenoj u posmatranom poslovnom sistemu, otkazi u trajanju do pet minuta računaju se u tzv. mikro zastoje, dok se otkazi u trajanju dužem od pet minuta računaju kao havarije). Svi zastoji se evidentiraju i prezentuju lično menadžeru Fabrike od strane ovlašćenog lica, a otkazi za koje je odgovorna služba održavanja Fabrike analiziraju se i ulaze u jedinstvenu bazu podataka ove službe. Iz ove baze se mogu izdvojiti otkazi po mestu nastanka, dužini trajanja, ili vrsti otkaza (mehanika, pneumatika, hidraulika, elektronika ili elektrika). što obezbeđuje polazni osnov za primenu pojedinih terorehnoških aktivnosti, o čemu će biti više reči u narednom delu ovog rada. Ovakva podela odgovornosti za zastoje samo je delimično umanjila pritisak na službu održavanja kao „dežurnog krivca” jer su sa njihovih leđa skinuti zastoji izazvani od strane izvršilaca u proizvodnji prouzrokovani nepoznavanjem procesa ili nepridržavanjem propisanih radnih procedura, zastoji izazvani neblagovremenim transportom procesnih komponenti na ovu proizvodnu liniju i zastoji izazvani smanjenim brojem ljudstva u ovom delu posmatranog poslovnog sistema.

Međutim, jedan od najčešćih otkaza na radnoj stanici RO 01-04, problem elektroda za zavarivanje, statistički najviše opterećuje održavanje, iako ono, po ovom pitanju, nema nikakvu odgovornost. Zašto je to tako? Zato što prilikom zavarivanja nekvalitetnom elektrodom dolazi do promene parametara zavarivanja, povećanja struje ili vremena zavarivanja, a to dovodi do progorevanja tačke varenja, lepljenja pipka elektrode za mesto vara, čupanja pipka iz njegovog ležišta i najzad, signala da su klješta za zavarivanje na tom robotu u defektu, na osnovu čega PLC daje komandu o prestanku radnog ciklusa svih robota. U ovom slučaju radnik održavanja mora da izađe na mesto kvara (minut do dva), prebaci upravljanje robotom u manuelni način rada (minut), izvede ga iz putanje na mesto koje je prikladno za zamenu pipka ili elektrode (dva do četiri minuta), izvrši njihovu zamenu (pola minuta), odvede robot u oštrilicu (dva do četiri minuta), vrati ga u prvobitnu putanju na mesto koje je najpribližnije sledećoj tački zavarivanja (tri do pet minuta), i prebaci upravljanje robotom u daljinski režim rada (minut). Operater na ovoj radnoj stanici resetuje sve greške u PLC-u (pola minuta), a dodatnih dva do tri minuta potrebno je da se, zbog smanjene brzine rada robota, izvrši ciklus zavarivanja. Analizirajući vreme trajanja ovakvog zastoja dolazimo do saznanja da je u idealnim okolnostima (samo zamena pipka) potrebno najmanje 13 a najviše 21 minut za njegovo otklanjanje, bez garancije da se isti kvar neće ponoviti prilikom sledećeg ciklusa ove radne stanice. Ukoliko se kao posledica kidanja pipka ošteti konus na njegovom nosaču, to će izazvati nedovoljnu zaptivenost rashladnog fluida u sistemu hlađenja i zahtevati zamenu takvog dela, što znatno povećava vreme zastoja jer se tada robot mora dovesti u najpovoljniji ergonomski položaj za duži rad (EWO 55, 73, 74, 76, 77, 79, i 225, na slici 2).



Slika 2

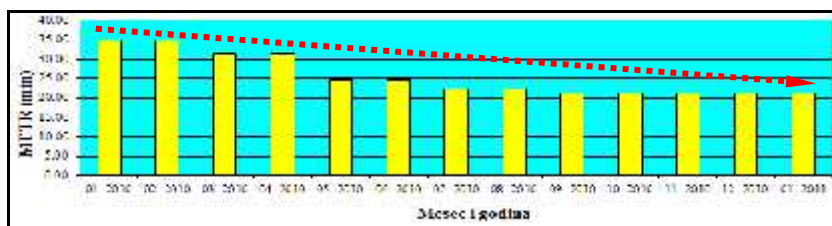
Analizirajući ukupno vreme zastoja pripisano robotu 1 na radnoj stanici RO 01-04 u periodu od 12 meseci (slika 3), evidentno je da otkazi usled lošeg kvaliteta elektroda čine 5 od 12 otkaza, ili 41,67%. Oni prednjače i u ukupnom vremenu zastoja, čineći njegovih 34,07%, sa potrošenih sat i sedamnaest minuta prema tri sata i četrdesetšest minuta.



Slika 37

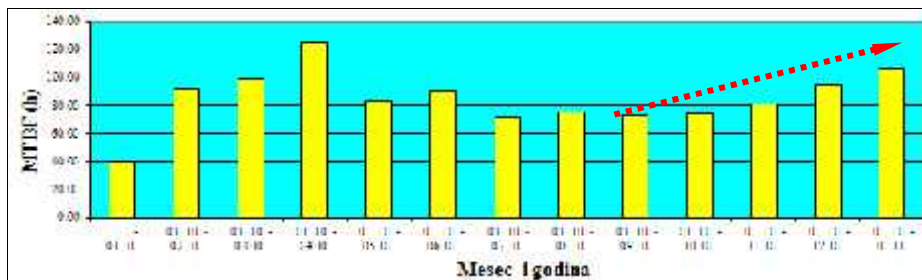
Zanemarujući činjenicu da „spoljašnji uticaj“ ima najveći udeo u ukupnom broju i dužini zastoja prikazaćemo indekse MTTR i MTBF (Slike 4 i 5).

Za Robot 1 na radnoj stanici analiziranoj u ovom radu, ovaj indeks od septembra 2010. godine iznosi 21,07 minuta i zadržan je na tom nivou do januara 2011. godine jer u međuvremenu nije bilo kvarova.



Slika 4

Za Robot 1 na radnoj stanici analiziranoj u ovom radu, indeks MTBF na kraju januara 2011. godine iznosio je 106,96 radnih sati i evidentan je trend njegovog rasta pošto je poslednji zastoj bio u septembru 2010. godine. Sa aspekta ove službe održavanja, MTBF indeks je nepovoljan jer tek treba da dostigne nivo indeksa iz aprila prethodne godine kada je iznosio 125,39.



Slika 5

PRIMENA TEROTEHNOLOŠKIH AKTIVNOSTI

Kako terotehnoške aktivnosti u službi održavanja posmatranog poslovnog sistema možemo predstaviti i kao primenu tehnika kvaliteta u održavanju, što je ujedno poslednji deo ovog rada, ovde ćemo pomenuti samo jedan slučaj inoviranja dela poslovnog procesa u detekciji i prevenciji zastoja na posmatranoj radnoj stanici.

Krajem februara 2011. godine naglo je porastao broj mikro zastoja na ovoj radnoj stanici. O njima se u službi održavanja nije vodila posebna evidencija jer liste o takvim otkazima popunjavaju i potpisuju operateri.

Kako služba održavanja nije mogla da odvoji jednog radnika koji bi nadgledao rad operatera, odlučeno je da manja radna grupa iznađe način za daljinsku kontrolu ovakvih zastoja i rešenje je pronađeno u jednom broju virtuelnih brojača čime je prepravljen izvorni program PLC-a. Brojači su evidentirali vreme prolaska kroz ovu radnu stanicu i broj ciklusa prolazaka, ali i vreme kada radnici sa sledećih radnih stanica daju signal da su završili svoju operaciju i da transport može da krene napred. Merenjem je utvrđeno da je pri brzini robota od 100% radni takt ove stanice 185 sekundi, pa je centralni brojač postavljen na 187 sekundi.

Prekoračenja vremena i broja ciklusa na posmatranoj operaciji evidentirani su kao zastoji službe održavanja, a prekoračenje broja ciklusa i vremena i kada se posmatrana operacija izvede u predviđenom roku a ne aktivira se signal za transport sa sledećih radnih stanica evidentira se kao proizvodni zastoj. Stop brojača je signal da je prekinuta proizvodnja a reset brojača je reset brojanja proizvedenih školjki prethodnog dana, a to su trenuci kada su radnici službe održavanja obavezni da budu uz operatera, zbog mogućnosti otkaza u poslednjem dnevnom proizvodnom ciklusu. Trodnevno brojanje pokazalo je očekivane rezultate koje je prvo analizirala radna grupa pa ih tek onda predstavila menadžmentu Fabrike.

Naime, brojanje od 03.03.2011. godine pokazalo je da su zastoji na teret održavanja iznosili 11,9 minuta a neevidentirani zastoji drugih radnih stanica 28,8 minuta. Indikativno je da su zastoji na ovoj radnoj stanici „pokriveni” sa 10 minuta iz 5 evidentiranih mikro zastoja, iako su roboti, zato što nisu krenuli sa 100% brzine ili iz nekih drugih razloga, napravili još 17 prekida u vremenu od preostalih 1,9 minuta, sa prosečnom dužinom kvara od 6,5 sekundi. Primera radi, samo resetovanje kapije na RO 01-04 traje 8,5 sekundi u idealnim uslovima, odnosno kada se kvar simulira! Nakon objavljivanja rezultata brojanja, mikro zastoji su se vratili u normalu, na jedan do dva mikro zastoja dnevno.

ZAKLJUČAK

Terotehnoške aktivnosti ne zahtevaju samo poštovanje unapred definisanih procedura vezanih za održavanje proizvodne opreme, stalni monitoring i korišćenje modernih sredstava za tehničku dijagnostiku već zahtevaju konstantnu analizu postojećeg stanja opreme i preduzimanje korektivnih mera za nova poboljšanja. Takođe, terotehnoške aktivnosti imaju za cilj identifikaciju kritičnih komponenti ili delova komponenti instalirane proizvodne opreme, njihovu analizu i pronalaženje rešenja za svodenje faktora rizika istih na najmanju moguću meru ili njihovu eliminaciju. Krajnji cilj ovih mera je usvajanje koncepta „Totalno produktivnog održavanja” (TPM) baziranog na

profitabilnosti (minimizacijom troškova održavanja) uz učešće svih zaposlenih – od radnika održavanja do top menadžmenta.

LITERATURA

1. Arsovski, S. i Đokić, I. (2011): *Kvalitet i proizvodnja svetske klase*, Festival kvaliteta FQ 2011, Kragujevac,
2. Ketter, S. (2010): Ppt prezentacija *World Class Manufacturing*, Fiat Investor Day, Turin, p. 2
3. Bozağaç, I. (2010): *World Class Manufacturing on Automobile Industry and Applications of Autonomous Maintenance in Press Shop*, MSc Thesis, Çukurova University Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, pp. 40-41.
4. Grupa autora (2003): *Metode i tehnike unapređenja procesa rada*, FTN – Institut za industrijsko inženjerstvo i menadžment, IIS, Novi Sad, str. 194.
5. <http://www.robots.com/comau.php?robot=nh1>
6. <http://www.robots.com/comau.php?robot=nh3>