

# Uticaj MES digitalne tehnologije na digitalizaciju sistema upravljanja kvalitetom (QMS): Studija slučaja

SLOBODAN R. ANTIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Fakultet organizacionih nauka, Beograd  
ORCID: 0000-0003-0449-0687

Stručni rad  
UDC: 005.72:005.74]:004  
005.336.3  
DOI: 10.5937/tehnika2404497A

*Koncept Industrija 4.0 podrazumeva korišćenje savremenih digitalnih tehnologija za radikalnu transformaciju proizvoda, usluga, procesa i ljudi, u cilju unapređenja performansi procesa. Razvoj digitalnih tehnologija u proizvodnji, posebno implementacija MES (eng. Manufacturing Execution System) kao digitalne tehnologije u proizvodnji, daje snažan podsticaj razvoju sistema upravljanja kvalitetom (eng. Quality Management System - QMS). Integracija MES i QMS sistema stvara preduslove za digitalnu transformaciju metoda i tehnika upravljanja kvalitetom u proizvodnji. Teškoće u kreiranju efikasnog sistema upravljanja kvalitetom korišćenjem digitalnih tehnologija ogleda se u nedostatku integracije savremenih metoda upravljanja kvalitetom sa postojećim softverskim proizvodima. U većini gotovih rešenja, upravljanje kvalitetom je ograničeno na kontrolu parametara procesa (toplota, pritisak, nivo tečnosti...) i na kvalitet proizvoda u smislu praćenja funkcionalnih karakteristika proizvoda. U digitalnom sistemu upravljanja kvalitetom dodatno je potrebno omogućiti automatsku registraciju i evidenciju parametara procesa i proizvoda sa analizom podataka u realnom vremenu u skladu s postavljenim procedurama i uputstvima i dati mogućnost uticaja i praćenja kvaliteta procesa proizvodnje u realnom vremenu. U tom kontekstu, ovaj rad ima za cilj da istraži, odnosno da putem studije slučaja u proizvodnji kozmetičkih proizvoda predstavi kako MES digitalna tehnologija utiče na digitalizaciju sistema menadžmenta kvalitetom (QMS) i kako doprinosi digitalnoj transformaciji organizacije.*

**Ključne reči:** *Sistem za upravljanje proizvodnjom (MES), digitalne tehnologije, sistem upravljanja kvalitetom (QMS), upravljanje kvalitetom (QM), digitalizacija*

## 1. UVOD

Kvalitet predstavlja ključnu dimenziju svakog proizvoda i svakog procesa. Smatra se konkurentskom prednošću za kompanije na globalnom tržištu. Međutim, u poslednjih nekoliko godina disciplina upravljanja kvalitetom (QM) je u stagnaciji, jer se predlaže veoma malo inovativnih modela kvaliteta povezanih sa Industrijom 4.0. Industrija 4.0 je prilika da QM postane vodeći faktor i smernica digitalizacije procesa rada. Ovo predstavlja značajan izazov za sistem upravljanja kvalitetom (QMS), jer naglašava potrebu prilagođavanja svih instanci upravljanja kvalitetom tehnološkim inovacijama u oblasti digitalizacije. Da bi domen QM-a predstavili kao vodeću smernicu u procesu digitalizacije, neophodno je da kvalitet bude pos-

matran kao disciplina zasnovana na podacima uz primenu tehnika modeliranja i tehnika simulacije inženjeringa kvaliteta, u cilju digitalnog integrisanog upravljanja kvalitetom u svim procesima kompanije.

Digitalizacija transformiše i integriše naše društvo i nove tehnologije na različite načine [1], donoseći nove mogućnosti i izazove kako za društvo u celini [2], tako i za kompanije koje rade u globalnom dinamičnom tržišnom okruženju [3], [4].

Postoji nekoliko aspekata s kojih digitalizacija oblikuje ulogu QM-a u organizacijama. Prvo, mnoge digitalne tehnologije nude rešenja za unapređenje tehničkog kvaliteta proizvoda i usluga [5]. Drugo, digitalna tehnologija otvara nove forme interakcije sa klijentima, što dovodi do izazova u korišćenju podataka od korisnika u realnom vremenu [6], kao i za pronalaženje boljih načina pružanja usluga korisnicima [7]. Treće, podrška upravljanju kvalitetom se ogleda u poboljšanju internih procesa rada upotrebom specifičnih digitalnih rešenja [8]. Četvrto, aktivnosti upravljanja kvalitetom, na isti način kao i digitalizacija, nisu ograničene na jednu specifičnu funkciju u

---

Adresa autora: Slobodan Antić, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Jove Ilića 154

e-mail: slobodan.antic@fon.bg.ac.rs

Rad primljen: 06.08.2024.

Rad prihvaćen: 08.08.2024.

organizaciji, već se odnose na celu organizaciju i sve njene procese stvaranja vrednosti [9]. Kako se ova studija fokusira na stvarna iskustva kompanije na „putu razvoja digitalizacije proizvodnje“ vlažnih maramica, osnovna svrha studije da se identifikuju različite uloge koje MES ima u inicijativama za digitalizaciju QMS-a. Sledeći navedenu svrhu, mogu se formulisati dva osnovna istraživačka pitanja (IP1 i IP2):

- IP1: Koji su suštinski razlozi za digitalizaciju QMS-a u proizvodnim procesima?
- IP2: Koje su ključne karakteristike MES-a za digitalizaciju procesa rada u okvirima QMS-a?

Rad je organizovan tako da se uvodni i drugi deo rada odnosi na teorijski okvir za definisanje pojmova i odnosa digitalizacije i upravljanja kvalitetom. Takođe, navedeni deo rada daje definiciju digitalizacije, koju prati rezime literature o kvalitetu i digitalizaciji. Predstavljani deo rada pruža analitički okvir za proučavanje uloge MES-a u digitalizaciji upravljanja kvalitetom. U trećem delu rada predstavljen je teoretski okvir za definisanje procesa digitalizacije i odnosa sa QM. U ovom delu rada se prepoznaje važnost razloga za digitalizaciju procesa QMS-a. U trećem delu rada predstavljena je MES digitalna tehnologija, kao i uloga MES-a u digitalizaciji proizvodnih procesa. Cilj navedenog dela rada je da se stekne utisak kako MES na sveobuhvatan način omogućava proces digitalizacije proizvodnje i igra važnu ulogu u digitalizaciji procesa u okviru QMS-a. U narednom četvrtom delu rada predstavljena je studija slučaja digitalizacije procesa upravljanja kvalitetom u proizvodnji pomoću MES-a. Ovaj deo rada predstavlja studiju slučaja, odnosno praktičan primer, kako izgleda jedan proces upravljanja kvalitetom u MES-u. Na kraju, u završnom delu rada date su zaključne napomene o koristima i ulogama MES sistema u digitalizaciji procesa QMS-a, kao i smernice daljih istraživanja.

## 2. DIGITALIZACIJA I UPRAVLJANJE KVALITETOM – TEORIJSKI OKVIR

Sve izraženiji trend digitalizacije proizvodnih operacija dovodi do radikalnih promena u industrijskoj proizvodnji, odnosno omogućava kreiranje novih, efikasnijih procesa, kao i proizvodnju novih proizvoda i usluga [10], što dovodi do značajnih promena u: organizacionoj strukturi, poslovnim modelima, lancima snabdevanja i proizvodno-poslovnom okruženju [11]. Posmatrano direktno u proizvodnji, rezultat digitalizacije se manifestuje kroz nastanak jednostavnog, stabilnog i standardizovanog procesa rada, odnosno kroz: kreiranje minimalnih zaliha, stabilan tok proizvoda, proizvodnju zasnovanoj na realnoj tražnji, kraće vreme podešavanja mašina i zaposlene koji su stalno

uključeni u cilju održanja i unapređenja procesa proizvodnje [12]. Svi navedeni aspekti, koji nastaju kao rezultat digitalizacije proizvodnje, mogu dovesti do poboljšanja operativnih performansi proizvodnje, odnosno kvaliteta proizvoda, smanjenja troškova proizvodnje, smanjenja vremena isporuke, povećanja fleksibilnosti proizvodnje i povećanja pouzdanosti u radu [13].

Digitalizacija je nesumnjivo postala vodeća tema poslednjih 50 godina ovog veka, zbog činjenice da digitalizacija utiče na sve ljudske aktivnosti [14], menjajući način na koji komuniciramo, trošimo i stvaramo [15]. Informacije, znanje i kapacitet obrade informacija sada postaju stalni i sveprisutni zahtevi procesa digitalizacije i uslovljavaju sve veće potrebe za vezama između ljudi, objekata, uređaja i sistema, menjajući uslove u kojima pojedinci, preduzeća i društva žive i rade [14]. Dakle, nijedna industrija ili organizacija nije „imuna“ na efekte digitalizacije [14]. S tim u vezi, nije „imuna“ ni oblast QM-a, na koju značajno utiče trend digitalizacije [16].

Autori navedeni u [17], predlažu sledeća četiri nivoa na kojima digitalizacija uzrokuje promene u kompaniji: nivo procesa (promene u izvođenju radnih zadataka i aktivnosti uslovljene su implementacijom novih digitalnih alata), nivo organizacije (novi načini organizacije rada i službi uslovljeni digitalizacijom), nivo poslovanja (promena ili preobražaj delatnosti rada i lanca vrednosti kompanije) i nivo društva (preobražaj poslova i kompetencija, kao i kreiranje infrastrukture za digitalizaciju). Digitalizacija takođe pokreće nove strategije snabdevanja tržišta, odnosno zbog naprednih inovacija dovodi do skraćenog životnog ciklusa proizvoda i proizvodnih tehnologija, kreirajući dodatne zahteve za fleksibilnošću QM-a [18]. Digitalizacija organizacija stvara jedinstvene mogućnosti za upravljanje kvalitetom proizvoda i kvalitetom usluga koje pruža organizacija. S druge strane, autori navedeni pod [16], navode da je izazov potvrditi koliko su daleko tradicionalne prakse upravljanja kvalitetom i metode apsorbovale: brze promene procesa u fazama razvoja proizvoda, smanjenje vremena proizvodnih ciklusa i povećanje napora zaposlenih da ispune potražnju i očekivanja kupaca. U isto vreme, današnja visoka složenost potreba koji dolaze s tržišta dovodi do povećanja vremena isporuke prema kupcima, jer je potrebno da se prilagode sva fizička podešavanja procesa u skladu s postavljenim zahtevima s tržišta, da bi proizvod na tržište došao u zahtevanom kvalitetu. Jaz između postavljenih strategija i fizičkog podešavanja procesa, kao i jaz između raspoloživog i potrebnog vremena za prilagođavanje QMS-a u praksi predstavljaju ozbiljan izazov [18]. Ovo praktično predstavlja suštinski zadatak i razloge zbog kojih QMS treba da obezbedi brzo i tačno ispunjenje zahteva kupaca za

potrebnim kvalitetom proizvoda ili usluge, usled skraćenog životnog ciklusa proizvoda, povećane složenosti proizvoda, povećane dinamika tržišta i promena koje donosi digitalizacija [18].

U skladu sa [19], literatura koja se odnosi na QM i digitalizaciju može se organizovati prema principu domena istraživanja na sledeće: prethodnike digitalizacije QM, procese digitalizacije u QM i dokumentovane rezultate iz empirijskih studija i analiza za QM.

Kada govorimo o prethodnicima digitalizacije u oblasti QM, literatura iz ovog domena se odnosi na istraživanja digitalizacije na organizacionom nivou, odnosno na poslovno okruženje koje ima uticaj i usmerava digitalni razvoj kompanije. Na primer, u radu navedenom pod [20], navodi se studija neuspeha procesa digitalizacije novinske industrije, jer se čekalo da se prvo analiziraju efekti uvođenja digitalizacije u kreativnim industrijama. Međutim, prelazeći sa organizacionog nivoa na nivo poslovanja i nivo poslovnih rezultata, studija autora navedena u [21], fokusira se na opisivanje uticaja na digitalizaciju kompanije izazvanog pojedinačnim zahtevima kupaca, koji mogu biti intezivni i specifični, tako da efikasna realizacija istih zavisi samo od digitalizacije procesa. Kao još jedna tematska oblast u literaturi za domen prethodnika digitalizacije izdvaja se nivo pojedinca, odnosno koje su to potrebne veštine, motivacije i ponašanja zaposlenih, koja su pogodna za usvajanje digitalnih tehnologija [22]. U skladu sa prethodno navedenim, autori navedeni u [9], istražuju kompetencije zaposlenih potrebne za digitalizaciju QM i naglašavaju potrebne strukturne kompetencije (metodologiju) i kontekstualne kompetencije (IT kompetencije) zaposlenih za proces digitalizacije. Drugo, veći broj radova se odnosi na procese digitalizacije u QM i navedene studije autora daju praktične slučajeve kako se vrši digitalna transformacija [23], [24], [25], [26]. Polazna tačka za istraživanje u ovom domenu literature može se opisati sledećom rečenicom „Ono što je zaista važno nije samo dostupnost informaciono komunikacione infrastrukture i tehnologije, već sposobnost i veština da se ista koristi na efikasan ili kreativan način od strane pojedinaca i organizacije“ [27]. Ostale studije o procesima digitalizacije u QM se fokusiraju na činjenicu kako inicijative za digitalizaciju utiču na unutrašnje procese organizaciji. Ova grupa studija uključuje istraživanja o automatizaciji procesa proizvodnje [26], kao i analitiku za unapređenje posmatranih internih procesa [28]. Treće, postoji veći broj različitih radova koji pokazuju praktične slučajeve i primere digitalizacije, kao i dokumentovane rezultate iz empirijskih studija i analiza za QM [23], [24], [25], [26].

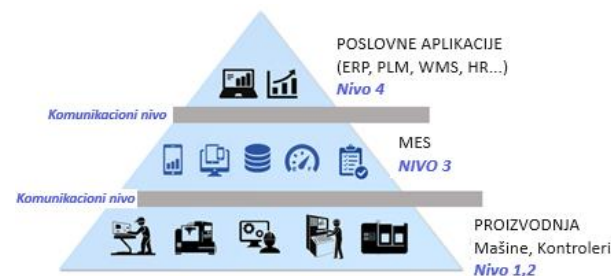
Industrija 4.0 je opšti pojam koji obuhvata sve veći broj različitih digitalnih tehnologija i domena digitalizacije. Međutim, ovaj rad se fokusira na deo

Industrije 4.0 koji nazivamo još Digitalizacija fabrike ili digitalan blizanac fabrike. Na mnogo načina, digitalizacija je znatno širi pojam od Industrije 4.0 budući da ima godinama konstantan uticaj na celo društvo. U najširem smislu, digitalizacija proizvodnje može se definisati kao „upotreba digitalnih podataka i tehnologije da automatizuje rukovanje podacima i optimizuje procese proizvodnje“ [29]. Digitalizacija proizvodnje je posebno vezana za autonomno prikupljanje i analizu podataka, kao i međupovezanost između proizvoda, procesa i ljudi [30].

### 3. MES DIGITALNA TEHNOLOGIJA KAO POKRETAČ DIGITALIZACIJE QM

„Pametna fabrika“ je osnovni koncept Industrije 4.0, a da bi se ista ostvarila, domen specijalnih informacionih podsistema (koji uključuje inovativne MES/-ERP pristupe) dolazi u centar pažnje [31]. Koncept Industrija 4.0 omogućava osnove za unapređenje produktivnosti proizvodnje, ispunjavanjem rastućih zahteva kupaca za bržim odgovorom u realnom vremenu putem decentralizovane kontrole proizvodnje. MES ispunjava ova očekivanja u cilju poboljšanja performansi, kvaliteta i agilnosti proizvodnih preduzeća [32].

Prema [33], pojam integracije predstavlja međusobna reakcija i saradnja između različitih procesa, koje mogu biti na više nivoa, a deljenje informacija je jedan od nivoa integracije, koji se opisuje zahtevima standarda ISA SP-95. Standard ISA SP-95 [34], predstavlja strukturu operacija u proizvodnji podeljene na četiri nivoa. Nivoi 1 i 2 uključuju zonu kontrole procesa. MES nivo 3 se sastoji od upravljačkih i kontrolnih funkcija, koje zavise od različitih vrsta proizvodnje. Nivo 4 odgovara poslovnom planiranju i logističkim operacijama. Cilj standarda ISA-95 je smanjenje rizika, troškova i greška povezanih s implementacijom interfejsa između ERP i MES sistema.



Slika 1 - Struktura operacija na nivou fabrike [34]

MES predstavlja digitalnu tehnologiju koja omogućava razmenu informacija između organizacionog nivoa kompanije, koji je podržan ERP sistemom i upravljačkog sistema proizvodnje koji se obično sastoje od nekoliko različitih i veoma prilagođenih softverskih aplikacija u proizvodnji [35]. Prema istim autorima navedenim u [35], MES ima dve glavne

svrhe. Prvo, sistem mora da obezbedi optimalno planiranje redosleda operacija uzimajući u obzir ograničenja procesa, kao što su vremena za obradu i vremena podešavanje mašina, kao i kapacitet radnih stanica, uzimajući u obzir zahteve i potrebe koje daje organizacioni nivo kompanije. Takođe, MES upravlja i raspoređuje resurse uz obezbeđenje analitičkog praćenja sledljivosti utroška resursa, kao što su zaposleni i potreban materijal za proizvodnju. Drugi cilj MES je da upravlja protokom podataka „od poda fabrike prema krovu fabrike“, odnosno „odozdo prema gore“. Prikupljanje podataka je neophodna aktivnost za upravljanje različitim procesima u proizvodnji, merenjem tokova putem jeftinih, malih i lako dostupnih elektronskih senzora na mašinama. MES je zadužen za prikupljanje podataka iz procesa proizvodnje u realnom vremenu, koji se posle analiziraju odgovarajućim matematičkim tehnikama i upravljačkim modelima u cilju izdvajanja informacija neophodnih za pravovremeno donošenje odluka u toku proizvodnog procesa. MES podrazumeva sledeće domene upravljanja proizvodnim procesom, prema [36]:

- Upravljanje proizvodnjom (upravljanje proizvodima, upravljanje radnim nalogima, napredno planiranje i terminiranje, elektronsko slanje zadataka i dokumenata, prikupljanje podataka o proizvodnji, upravljanje „bez papira“, praćenje u realnom vremenu i nadzor, OEE - izračunavanje i analiza učinka, web analiza stanja u proizvodnji, interfejs za poslovne aplikacije i napredno planiranje i raspoređivanje).
- Upravljanje održavanjem (upravljanje održavanjem, preventivno održavanje, upravljanje otkazima, autonomno održavanje, prediktivno održavanje, potrošnja rezervnih delova/materijala, analiza učinka u održavanju).
- Upravljanje materijalom (automatska identifikacija materijala, menadžment skladišta (lokacija i lotova), prijem i isporuka robe, upravljanje odabirom materijala i proizvoda, korišćenje i manipulacija materijalom, monitoring stanja i analiza nivoa zaliha, elektronski kanban, interfejs s automatskim skladištima).
- Upravljanje kvalitetom (upravljanje nalogima za kontrolu kvaliteta, ulazna, procesna i završna kontrola kvaliteta, upravljanje instrumentalnim ili vizuelnim testovima, praćenje serijskih brojeva i testova kvaliteta, sledljivost serijskih brojeva, praćenje genealogija serija, automatska identifikacija serijskih brojeva, upravljanje procesnim podacima, automatsko sakupljanje podataka iz procesa, praćenje podataka o proizvodnji u realnom vremenu, SPC analiza kontrolnih grafikona).
- Priklučenje spoljnih IoT uređaja (protokoli i upravljanje logikom povezivanja uređaja, automatsko

prikupljanje podataka sa uređaja, automatsko slanje podataka na uređaje, kontrolna tabla u realnom vremenu).

- Prediktivna analitika (integracija veštačke inteligencije, prediktivno praćenje stanja, prediktivno održavanje, prediktivno upravljanje kvalitetom, kontrolna tabla u realnom vremenu, upravljanje alarmima i obaveštenjima).
- Kompjuterska upotreba veštačke inteligencije (prepoznavanje lica, praćenje temperature, praćenje međuljudske distance, praćenje broja ljudi u oblasti, praćenje upotrebe lične zaštitne opreme).

#### 4. PRIMENA MES U DIGITALIZACIJI PROCESA UPRAVLJANJA KVALITETOM

U studiji slučaja predstavljena je kompanija koja je svoj put implementacije MES sistema počela 2020. godine, u tri proizvodna pogona proizvodnje: vlažnih maramica, papirne konfekcije i lične higijene. Kompanija je implemetirala MES firme TRACE iz Slovenije, s modulima: ATTENDANCE AND ACCESS (praćenje prisustva i pristupa zaposlenih), WMS (praćenje skladišnih operacija) i MES (praćenje proizvodnje). U ovom trenutku kompanija je predstavila lidera na tržištu u proizvodnji pomenutog asortimana proizvodnje i u Republici Srbiji se izdvaja kao kompanija koja je među prvima izvršila digitalizaciju proizvodnje implementacijom MES-a u više različitih pogona proizvodnje. U proizvodnji vlažnih maramica, kompanija je u potpunosti implementirala sistem digitalnog praćenja indikatora kontrole kvaliteta procesa putem MES-a, tako da u sadašnjem trenutku ne postoji nijedan „papirni dokument“ za praćenje kontrole kvaliteta procesa u proizvodnji.

Celokupno prikupljanje i ocenjivanje testova kontrole kvaliteta se vrši preko MES-a instaliranog na pokretnim tablet računarima. Kao osnovni problemi upravljanja dokumentacijom u QMS-u uočeni su sledeći:

- Stalne i ponavljajuće greške u popunjavanju dokumentacije (kontrolne liste, kontrolni zapisi, evidencije i slično).
- Ogroman utrošak radnog vremena zaposlenih na ručno popunjavanje evidencija i arhiviranje evidencija (zaposlenima je fokus na administraciji, a ne na procesu).
- Popunjavanje dokumentacije kontrole kvaliteta s zakašnjenjem ili naknadno nedozvoljeno popunjavanje dokumentacije kontrole kvaliteta od strane zaposlenih u procesima proizvodnje, održavanja i logistike (zaposleni kontrolu kvaliteta procesa i održavanje dokumentacije smatraju kao nužno zlo, koje uzima dragoceno vreme u operativnim poslovima)

- Nemogućnost procesne kontrole proizvodnje usled teškoća praćenja indikatora kontrole kvaliteta tokom procesa proizvodnje (Ph vrednost mešanja emulzije ili praćenje redosleda dodavanja komponenti u zavisnosti od vremena mešanja)
- Nemogućnost pravovremenog i tačnog „papirnog“ arhiviranja dokumentacije kontrole kvaliteta, kao i nedostatak prostora za arhiviranu dokumentaciju u pogonu proizvodnje,
- Izuzetno teško proveravanje spornih događaja i testova sledljivosti usled povlačenja proizvoda s tržišta zbog loše popunjenih evidencija dokumentacije kontrole kvaliteta,
- Nemogućnost prikupljanja podataka u elektronskom formatu za potrebe vršenja analitike nad podacima iz kontrolnih listi i zapisa u slučaju pojave neuslovnosti,
- Nemogućnost održanja i sertifikacije standarda kvaliteta, koji omogućavaju izvoz proizvoda na inostrana tržišta/kompanija poseduje BRC standard (engl. British Retail Consortium Standard).
- Problemi u komunikaciji između menadžmenta kompanije i zaposlenih u Službi kontrole kvaliteta.
- Pojava neuslovnih proizvoda usled kašnjenja informacija i loše komunikacije između Službe kvaliteta i ostalih službi.
- Pojava škarta proizvoda i ponovnih dorada u procesu proizvodnje.
- Nemogućnost evidencija škarta u svakom delu procesa od strane različitih zaposlenih.
- Kašnjenje isporuka zbog naknadnih testova kontrole kvaliteta i naknadnih dorada proizvoda.

Generalno posmatrano, procentulano učešće dorada u procesu proizvodnje do 2020. godine je bilo oko 30% od ukupno proizvedene količine gotovog proizvoda. Osnovni cilj digitalizacije procesa kontrole kvaliteta i QMS sistema u celini je bio prvenstveno eliminacija dorada proizvoda zbog nedoslednosti u procesima kontrole kvaliteta u cilju smanjenja vremena proizvodnje i ubrzanja procesa isporuka. Postavljeni cilj je ostvaren upotrebom modelu u MES-u za kreiranje kontrolnih zapisa i listi za tri vrste kontrole kvaliteta: prijemne kontrole kvaliteta, procesne kontrole kvaliteta i izlazne kontrole kvaliteta. U ovoj studiji slučaja biće predstavljen proces procesne kontrole kvaliteta, odnosno opisano prethodno stanje načina popunjavanja „papirne evidencije“ zapisa procesne kontrole kvaliteta, kao i novo stanje popunjavanja istog zapisa procesne kontrole kvaliteta u elektronskoj formi u MES sistemu.

Ako govorimo o procesu proizvodnje vlažnih maramica, celokupan proces proizvodnje možemo podeliti na nekoliko faza: istovar i obeležavanje sirovina, prijem sirovina na prijemnoj rampi, prijem sirovina u

magacinu sirovina, lansiranje radnog naloga i materijalnih listi za odvajanje repromaterijala, izdavanje sirovina po radnom nalogu, zaduživanje sirovina na radne naloge na mašinama, proizvodnja i označavanje gotovog proizvoda, izdavanje sirovina u magacin gotovog proizvoda i vraćanje viškova repromaterijala u skladište.



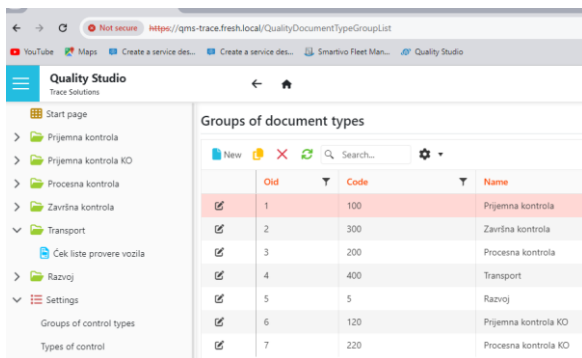
Slika 2 - Proces proizvodnje u MES sistemu

Procesnom kontrolom kvaliteta se potvrđuje da li je proizveden proizvod u skladu s zahtevanim karakteristikama kontrolnog uzorka proizvoda. Na slici 3 navedenoj ispod, prikazana je kontrolna lista procesne kontrole za pakovanje vlažnih maramica, koja se popunjava na svakih 10 minuta od strane tehničara kvaliteta u proizvodnji. Posmatrajući prethodno stanje popunjavanja kontrolnih listi lako je dolazilo do propusta u popunjavanju datih evidencija, odnosno nisu se pravovremeno popunjavale, tražile su mnogo vremena za popunjavanje istih. Takođe, pristup podacima u slučaju opoziva proizvoda je veoma komplikovan, jer je potrebno za datu šaržu proizvodnje, po određenom radnom nalogu u određenoj smeni i po određenom datumu pronaći adekvatan papirni izveštaj u registratorima evidencije izveštaja. Pored prikazane kontrolne liste za evidenciju kvalitativnih karakteristika proizvoda nakon proizvodnje u pogonu proizvodnje neophodno je redovno popunjavati dodatnih 12 kontrolnih listi (provera tačnosti odmeravanja sirovina prema šaržnom kartonu, kontrola umešavanje emulzije, kontrola Ph vrednosti emulzije, konduktivnost demineralizovane vode, kvalitet netkanog materijala, kontrolna lista za proveru provog uzorka i druge)

ČEK LISTA PROCESNE KONTROLE za vlažne maramice											Oznaka dokumenta				
											PIR72-02-PR-001.05				
Datum		Naziv artikla									Broj mašine				
06.07.2023		PERCO KAMILICA 72/1									2				
Lot broj	Proizvođač / Datum	St. Reži *	Broj komada u paketu *	Vreme (na 10 min.) *	Pisac *	Šiker *	Pomoćni var *	Uložiti var *	Uji *	Težina artikla (g) (obavezno označiti data u barčonu kartonu)	Vrsta datuma (mm) (± 2%)	Dužina paketa (mm) (± 2%)	Širina paketa (mm) (± 2%)	Visina paketa (mm) (± 2%)	Potpis šefa smene
PSU1234	DA	12	72	14:30	✓	✓	✓	✓	✓	364.9	PSAT	150	90	55	
PSU1234	DA	12	72	15:00	✓	✓	✓	✓	✓	365	PSAT	150	90	55	

Slika 3 - Kontrolna lista procesne kontrole za vlažnu maramicu

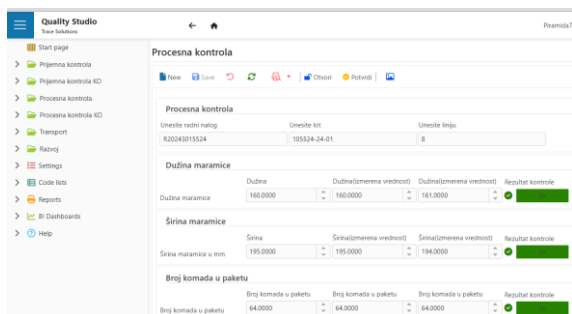
U okviru MES sistema primenjene su funkcionalnosti posebnog modula za upravljanje kvalitetom, tačnije napravljene su sve potrebne kontrolne liste i izveštaji za prijemnu, procesnu i izlaznu kontrolu u okviru QMS sistema. Kada se pristupi modulu, dobija se sledeći ekran na kome možemo izabrati kontrolne liste određene vrste kontrole.



Slika 4 – Ulazni panel u modul za kontrolu kvaliteta MES sistema

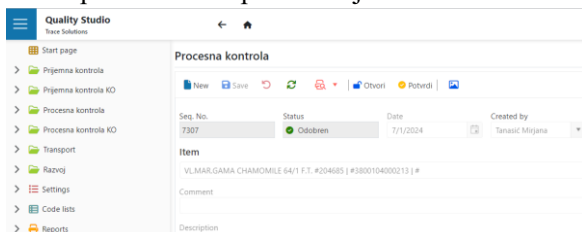
Kada s leve strane u upravljačkom panelu odaberemo kontrolnu listu procesne kontrole, MES nam daje mogućnost da filtriramo bazu i izaberemo sve kontrolne liste od/do određenog datuma. Na slici 5 prikazanoj ispod, prikazana je kontrolna lista procesne kontrole koja predstavlja novo stanje u odnosu na kontrolnu listu prikazanu prethodno na slici 3. Sa slike 5 se može jasno videti da tehničari kvaliteta jednostavnim skeniranjem bar koda šaržnog kartona vrše popunjavanje kontrolne liste procesne kontrole i na jednostavan način upisuju izmerene dimenzije i težinu proizvoda.

MES poredi unete vrednosti veličina s normativima iz šaržnog kartona i daje odobrenje za po svakoj izmerenoj veličini karakteristike kvaliteta posmatranog proizvoda (polje postaje obojeno zelenom bojom).



Slika 5 – Prikaz kontrolne liste za procesnu kontrolu

Na osnovu svih odobrenih polja za merene karakteristike kvaliteta proizvoda, sistem daje konačan status ODOBRENO, za posmatrani broj kontrole i proizvod se može dalje nastaviti proizvoditi prema količinama planiranim za proizvodnju u radnim nalogima.



Slika 6 – Prikaz kontrolne liste s statusom ODOBRENO

#### 4. ZAKLJUČAK

Razvoj digitalnih tehnologija može dati novi podsticaj razvoju upravljanja kvalitetom (QM). Razvoj novih pristupa zasnovanih na integraciji metoda upravljanja kvalitetom i digitalnih tehnologija stvara preduslove za digitalnu transformaciju i skraćenje celokupnog životnog ciklusa proizvoda u domenu ubrzavanja izlaska proizvoda na tržište. U takvom poslovnom okruženju, dolazi do potrebe „ubrzavanja“ procesa QM, u cilju da ovaj proces prati izlazak kvalitetnog proizvoda na tržište. U navedenoj studiji slučaja možemo videti da MES sistem omogućava digitalizaciju procesa kontrole kvaliteta i otklanjanje svih navedenih nedostataka, koje je pomenuta proizvodnja imala. Kao najveće dostignuće digitalizacije procesa QMS-a u posmatranoj proizvodnji može se navesti potpuno otklanjanje procesa dorade gotovog proizvoda i 100% eliminacija neuslovnih proizvoda nastalih usled nenamernih grešaka operatera u proizvodnji.

Stoga, u radu su dati odgovori na postavljena istraživačka pitanja, odnosno pokazano je da MES digitalna tehnologija ubrzava procese QM-a, kao i operativne performanse svih procesa u proizvodnji.

Pravci dalje primene MES sistema u procesima QMS-a se ogledaju u primeni i povezivanju MES-a sa svim ostalim upravljačkim sistemima van procesa proizvodnje (logistika, nabavka, planiranje itd).

#### 5. ZAHVALNICA

Zahvalnica kompaniji Piramida 72 iz Šapca, odnosno vlasnicima kompanije, na prepoznavanju potreba za kontinualno unapređenje proizvodnje, odnosno na materijalnoj, finansijskoj i moralnoj podršci u projektu implementacije TRACE MES rešenja u pogonima proizvodnje.

#### LITERATURA

- [1] Tilson D, Lyytinen K. and Sorensen C. Research Commentary – Digital Infrastructures: The Missing is Research Agenda. *Information Systems Research* 21 (4): 748–759. doi: 10.1287/isre.1100.0318, 2010.
- [2] Brennen J. and Kreiss D. Digitalization, *In The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, 556 – 566. Chichester: John Wiley & Sons Inc, 2016.
- [3] Esposito De Falco S, Renzi A, Orlando B. and Cucari. N. Open Collaborative Innovation and Digital Platforms, *Production Planning & Control* 28 (16): 1344–1353. doi: 10.1080/09537287.2017.1375143, 2017.
- [4] Lindgren L, Østergaard Madsen C, Hofmann S. and Melin U. Close Encounters of the Digital Kind: A Research Agenda for the Digitalization of Public Services. *Government Information Quarterly* 36 (3): 427–436. doi: 10.1016/j.giq.2019.03.002, 2019.

- [5] Zhou J. Digitalization and Intelligentization of Manufacturing Industry, *Advances in Manufacturing* 1 (1): 1–7. doi: 10.1007/s40436-013-0006-5, 2013
- [6] Geolzer P. and Fritzsche A. Data-Driven Operations Management: Organisational Implications of the Digital Transformation in Industrial Practice, *Production Planning & Control* 28 (16): 1332–1343. doi: 10.1080/09537287.2017.1375148, 2017.
- [7] Ramaswamy V. and Ozcan K. What is Co-Creation? An Interactional Creation Framework and Its Implications for Value Creation, *Journal of Business Research* 84: 196–205. doi: 10.1016/j.jbusres. 2017. 11.027, 2018.
- [8] Alic M. Integration of the ISO 9001 QMS with the Company's IT Business System, *Total Quality Management & Business Excellence*. 29 (9–10): 1143–1160. doi: 10.1080/14783363.2018.1487216, 2018.
- [9] Ponsignon F, Kleinhans S. and G. Bressolles G. The Contribution of Quality Management to an Organisation's Digital Transformation: A Qualitative Study. *Total Quality Management & Business Excellence* 30 (sup. 1): S17 – S34. doi: 10.1080/14783363. 2019.1665770, 2019.
- [10] OECD. The Next Production Revolution: *Implications for Governments and Business*. Paris: OECD Publishing, 2017.
- [11] Kagermann H, Helbig J, Hellinger A. and Wahlster W. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative *INDUSTRIE 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Munich: Acatech, 2013.
- [12] Chavez R, Yu W, Jacobs M, Fynes B, Wiengarten F, and Lecuna A. Internal Lean Practices and Performance: The Role of Technological Turbulence, *International Journal of Production Economics* 160: 157–171, 2015.
- [13] Marodin G. and Saurin T. Implementing Lean Production Systems: Research Areas and Opportunities for Future Studies, *International Journal of Production Research* 51 (22): 6663–6680, 2013.
- [14] Brunetti F, Matt D, Bonfanti A, De Longhi A, Pedrini G. & Orzes G. Digital transformation challenges: Strategies emerging from a multi-stakeholder approach. *The TQM Journal*, 32(4), 697–724. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0309>, 2020.
- [15] Aral S, Dellarocas C. & Godes, D. Social media and business transformation: A framework for research. *Information Systems Research*, 24(1), 3–13. <https://doi.org/10.1287/isre.1120.0470>, 2013.
- [16] Sony M, Antony J. and Douglas J. Essential ingredients for the implementation of quality 4.0: A narrative review of literature and future directions for research. *The TQM Journal*, 32(4), 779–793. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0275>, 2020.
- [17] Parviainen P, Tihinen M, Keearieainen J. and Teppola S. Tackling the Digitalization Challenge: How to Benefit from Digitalization in Practice. *International Journal of Information Systems and Project Management* 5 (1): 63–77, 2017.
- [18] Behmer F, Jochem R. & Hanke H. Planning and reorganising quality management organisations - an empirical analysis of current practice, *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(7-8), 963–978. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1202754>, 2016.
- [19] Gastaldi L, Appio F, Corso M. and Pistorio A. Managing the Exploration-Exploitation Paradox in Healthcare: Three Complementary Paths to Leverage on the Digital Transformation, *Business Process Management Journal* 24 (5): 1200–1234. doi:10.1108/BPMJ-04-2017-0092, 2018.
- [20] Rothmann W, and Koch J. Creativity in Strategic Lock-Ins: The Newspaper Industry and the Digital Revolution, *Technological Forecasting and Social Change* 83: 66–83. doi:10.1016/j.techfore.2013. 03.005, 2014.
- [21] Henriette E., Feki M., and Boughzala I. Digital Transformation Challenges, *MCIS 2016 Proceedings* 33. <http://aisel.aisnet.org/mcis2016/33>, 2016.
- [22] Billon M, Lera-Lopez and Marco R. Differences in Digitalization Levels: A Multivariate Analysis Studying the Global Digital Divide, *Review of World Economics* 146 (1): 39–73. doi:10.1007/s10290-009-0045-y, 2010.
- [23] Carlsson C. Decision Analytics Mobilized with Digital Coaching, *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management* 25 (1): 3–17. doi:10.1002/isaf.1421, 2018.
- [24] Christiansson P, Svidt K., and Sorensen B. Future Integrated Design Environments. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* 14: 445–460, 2009.
- [25] Cocca P, Marciano F, Rossi D. and Alberti M. Business Software Offer for Industry 4.0: The SAP Case. *IFAC-PapersOnLine, 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018*, 51, 1200 – 1205. doi: 10.1016/j.ifacol. 2018. 08.427, 2018.
- [26] Dewa M, Van der Merwe F. and Matope S. Digitalization of Shop-Floor Operations in the South African Tool, Die, and Mould-Making Industry. *South African Journal of Industrial Engineering* 29 (2):153–170. doi:10.7166/29-2-1899, 2018.
- [27] Evangelista R, Guerrieri P. and Meliciani V. The Economic Impact of Digital Technologies in Europe. *Economics of Innovation and New Technology* 23

- (8): 802824doi:10.1080/10438599.2014.918438, 2014.
- [28]Ferrari E, Gamberi M, Pilati F. and Regattieri A. Motion Analysis System for the Digitalization and Assessment of Manual Manufacturing and Assembly Processes, *IFAC - Papers On Line, 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018*, 51:411–416. doi:10.1016/j.ifacol.2018.08.329, 2018.
- [29]Buer S, Fragapane G. and Strandhagen J. The Data-Driven Process Improvement Cycle: Using Digitalization for Continuous Improvement, *IFAC-Papers On Line* 51 (11): 1035–1040, 2018.
- [30]Sjobakk B. The Strategic Landscape of Industry 4.0. In *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0*, 122–127. Cham: Springer, 2018.
- [31]Lasi H, Fettke P, Kemper H, Feld T. and Hoffmann M. Industry 4.0, *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 239–242, 2014.
- [32]Almada-Lobo F, The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES), *J. Innov. Manag.*, vol. 3, no. 4, p. 17, 2016
- [33]Alter S. A General, Yet Useful Theory of Information Systems, *Inf. Syst.*, vol. 1, no. March, 1999.
- [34]ANS/ISA-95.00.03. Enterprise Control System Integration Part 3: Models of Manufacturing Operations, Draft 7, *International Society for Measurement and Control*, RTP North Carolina, USA, 2000.
- [35]Meyer H, Fuchs F, Thiesl K. Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal Design, *Planning, and Deployment*. McGraw-Hill Professional, New York, 2009.
- [36]Key-IT. Brošura za uvođenje MES sistema, Beograd, 2022

## SUMMARY

### THE IMPACT OF MES DIGITAL TECHNOLOGY ON THE DIGITALIZATION OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM (QMS): A CASE STUDY

*The concept of Industry 4.0 involves the use of modern digital technologies for the radical transformation of products, services, processes, and people to improve the performance of work processes. The development of digital technologies in manufacturing, especially the implementation of MES (Manufacturing Execution System) as a digital technology in production, provides a strong impetus for the development of Quality Management Systems (QMS). The integration of MES and QMS systems creates the prerequisites for the digital transformation of quality management methods and techniques in production. Difficulties in creating an effective QMS using digital technologies lie in the lack of integration of modern quality management methods with existing software products. In most ready-made solutions, quality management (QM) is limited to controlling process parameters (heat, pressure, fluid levels...) and product quality in terms of monitoring the functional characteristics of products. In a digital QMS, it is additionally necessary to enable automatic registration and recording of process and product parameters with real-time data analysis in accordance with established procedures and instructions, and to provide the ability to influence and control the quality of the production process in real time. In this context, this paper aims to explore, through a case study in the production of cosmetic products, how MES digital technology impacts the digitization of the QMS and how it contributes to the digital transformation of the organization.*

**Key Words:** *Manufacturing Execution System (MES), digital technologies, Quality Management System (QMS), quality management (QM), digitalization.*