



Kvaliteta je početak.
Izvrsnost je put.
Uspješnost je cilj!



ZBORNIK RADOVA

19. HRVATSKA KONFERENCIJA O KVALITETI

i 10. znanstveni skup Hrvatskog društva za kvalitetu

MEDUNARODNI STRUČNI I ZNANSTVENI SKUP

15. - 18. svibnja 2019. Vodice, Hrvatska

ISSN 1848-8633
© 2019-HDK
Sva prava pridržana

19. HRVATSKA KONFERENCIJA O KVALITETI

I

10. ZNANSTVENI SKUP

HRVATSKOG DRUŠTVA ZA KVALITETU

MEĐUNARODNI STRUČNI I ZNANSTVENI SKUP

Kvaliteta je početak. Izvrsnost je put. Uspješnost je cilj!

15. – 18. svibnja 2019., hotel *Punta*, Vodice, Hrvatska

Izdavač: Hrvatsko društvo za kvalitetu

Za izdavača: Tihomir Babić

Glavni urednik: Janko Peranić

Stručni urednik: Davor Markota

Tehnički urednik: Jadranka Pavlinić Tomlinson

Tehnički organizator: ProConventa d.o.o., Zagreb

Dizajn naslovnice: Tomlinson d. o. o., Zagreb

Oblikovanje, priprema za tisak i izrada CD-ova: TINA obrt za informatičke i druge usluge

Naklada: 110 primjeraka

Napomene:

Radovi su poredani abecednim slijedom prezimena autora odnosno prvog autora.

Tekstovi radova na hrvatskom i engleskom jeziku nisu lektorirani.

Stavovi autora nisu nužno i mišljenje Hrvatskog društva za kvalitetu.

Lektura sažetaka na engleskom jeziku:

Tomlinson d.o.o., Zagreb

ISSN: 1848-8633

© 2019-HDK

Sva prava pridržana



**19. HRVATSKA
KONFERENCIJA O KVALITETI**
i 10. znanstveni skup Hrvatskog društva za kvalitetu

MEĐUNARODNI STRUČNI I ZNANSTVENI SKUP

Kvaliteta je početak. Izvrsnost je put. Uspješnost je cilj!

15. – 18. SVIBNJA 2019. VODICE, HRVATSKA

ORGANIZATOR

HRVATSKO DRUŠTVO ZA KVALITETU



VISOKO POKROVITELJSTVO



PREDSJEDNICA REPUBLIKE HRVATSKE KOLINDA GRABAR-KITAROVIĆ

POKROVITELJI



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo gospodarstva,
poduzetništva i obrta

MINISTARSTVO GOSPODARSTVA,
PODUZETNIŠTVA I OBRTA



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo
zdravstva

MINISTARSTVO ZDRAVSTVA



HRVATSKA GOSPODARSKA KOMORA



Američka gospodarska komora u Hrvatskoj
American Chamber of Commerce in Croatia

AMERIČKA GOSPODARSKA KOMORA U
HRVATSKOJ



DRŽAVNI ZAVOD
ZA MJERITELJSTVO

DRŽAVNI ZAVOD ZA MJERITELJSTVO



HAA

Hrvatska akreditacijska agencija
Croatian Accreditation Agency

HRVATSKA AKREDITACIJSKA AGENCIJA



HZN

Hrvatski zavod za norme
Croatian Standards Institute

HRVATSKI ZAVOD ZA NORME



prehrambena
biotehnoški
fakultet

Sveučilište
u Zagrebu

PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU



FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU



ŠIBENSKO-KNINSKA
ŽUPANIJA

ŠIBENSKO-KNINSKA ŽUPANIJA



GRAD VODICE

DIREKTOR KONFERENCIJE

Tihomir Babić

ORGANIZACIJSKI ODBOR

Janko Peranić, predsjednik
Jadranka Pavlinić Tomlinson
Tihomir Babić

PROGRAMSKI ODBOR

Davor Markota, predsjednik

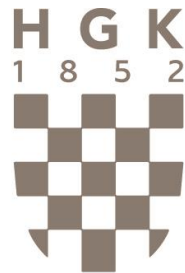
Operativni tim Programskog odbora

Bojana Knežević
Jadranka Pavlinić Tomlinson
Zlatko Dautović

Recenzenti

mr. sc. Ana Devčić-Jeras
izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Vrtodušić Hrgović
dr. sc. Anita Rakić
prof. dr. sc. Biserka Runje
Blaženka Vlahović
doc. dr. sc. Bojana Knežević
prof. dr. sc. Davor Zvizdić
prof. dr. sc. Dragana Grubišić
Ivan Galetić
dr. sc. Jadran Šundrica
izv. prof. dr. sc. Krešimir Buntak
mr. sc. Ladislava Klasić Stanković
mr. sc. Lenka Francišković
Lidija Sarta
prof. dr. sc. Marija Šiško Kuliš
dr. sc. Nenad Injac
dr. sc. Nenad Savič
Olga Štajdohar-Pađen
mr. sc. Rosana Asić Pukljak
mr. sc. Sanela Ljubenko Mihelj
doc. dr. sc. Sanja Dolanski Babić
Siniša Prugovečki
Tihomir Babić
izv. prof. dr. sc. Tomislav Baković
dr. sc. Toni Bjažić, prof. v. š.
prof. dr. sc. Vesna Bosilj Vukšić
dr. sc. Vesna Dodiković-Jurković
Zlatko Dautović

SREBRNI SPONZORI



**HRVATSKA
GOSPODARSKA
KOMORA**

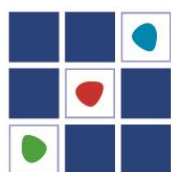
BRONČANI SPONZORI



**GRADSKA
PLINARA
ZAGREB**



POSEBNA ZAHVALA



**NASTAVNI ZAVOD ZA
JAVNO ZDRAVSTVO
DR. ANDRIJA ŠTAMPAR**

Stvaramo zdraviju budućnost



HRVATSKO DRUŠTVO ZA KVALITETU

Upravni odbor

Tihomir Babić, predsjednik
Janko Peranić, potpredsjednik
Sanela Ljubenko Mihelj, tajnik
Blaženka Vlahović
Davor Markota
Eugen Zobaj
Hrvoje Petošić
Štefica Mezdjić
Vesna Dodiković-Jurković

Nadzorni odbor

Davor Zvizdić, predsjednik
Krešimir Buntak
Rosana Asić Pukljak

Poslovna tajnica

Jadranka Pavlinić Tomlinson

Hrvatsko društvo za kvalitetu
Berislavićeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska
Mob: +385 (0) 99 504 65 99
e-pošta: info@hdkvaliteta.hr
www.hdkvaliteta.hr

izv. prof. dr. sc. KREŠIMIR BUNTAK; MATIJA KOVAČIĆ, bacc. oec.; MAJA MUTAVDŽIJA, bacc. oec.

Sveučilište Sjever, Koprivnica

kresimir.buntak@unin.hr ; matkovacic@unin.hr ; mamutavdzija@unin.hr

UTJECAJ INDUSTRIJE 4.0 NA LEAN MENADŽMENT: OD LEAN 1.0 DO LEAN 4.0

Stručni rad / Professional paper

Sažetak

Industrija se kroz povijest prilagođavala novonastalim uvjetima na tržištu koji su povezani uz inovacije i tehnologije koje su se razvijale. Novorazvijena tehnologija i njena implementacija u poslovanje, mijenja i produktivnost ljudskog rada što može dovesti do potrebe optimizacije poslovnih procesa. Za optimizaciju poslovnih procesa organizacija na raspolaganju ima više metoda koje može primjenjivati, a jedna od najčešće korištenih je Lean filozofija. Implementacijom nove tehnologije, kao i razvojem novih načina na koje se može pristupiti poboljšanjima procesa kao i osiguranja potrebnih podataka za poboljšanje, imperativ evolucije lean sustava postaje izraženiji. Promjene u tehnologiji utjecale su na promjene u organizacijskim procesima, a Lean filozofija omogućavala je optimizaciju i povećanje efikasnosti istih. Industrija 4.0 posebno je značajna za promjenu paradigme optimizacije procesa pomoću lean-a zbog činjenice kako nova tehnologija, razvijena unutar Industrije 4.0, omogućuje efikasniji i efektivniji pristup poboljšanju. Sukladno tome, razvija se nova generacija lean filozofije, Lean 4.0.

Ključne riječi: *Industrija 4.0, Lean filozofija, Lean 4.0, Lean evolucija*

1. UVOD

Industrija se kroz povijest prilagođava novonastalim uvjetima u okruženju koji su često povezani uz promjene tehnologije i tehnološka dostignuća. Metode optimizacije poslovnih procesa razvijale su se sukladno potrebama, a na temelju identificiranih uvjeta iz okruženja, odnosno organizacijske potrebe za održavanjem željene razine konkurentnosti koja može biti uvjetovana produktivnosti organizacijskih zaposlenika. Produktivnost organizacijskih zaposlenika može biti determinirana razinom automatizacije i robotizacije kao i vrstom tehnologije koja se primjenjuje u organizacijama.

Industrija 4.0 posljedica je razvoja informacijsko-komunikacijske tehnologije i implementacije automatiziranih i robotiziranih sustava u organizaciju. Tradicionalan način proizvodnje znatno se mijenja usporedno implementacijom spomenutih sustava. Dosadašnje shvaćanje poslovanja kao i dosadašnji zahtjevi zainteresiranih strana mijenjaju se na što organizacije moraju razviti adekvatni odgovor. Optimizacija procesa i upravljanje kvalitetom u digitalnom okruženju mijenja se zbog implementacije informacijsko-komunikacijskih tehnologija koje omogućuju prikupljanje podataka kao i potporu u odlučivanju.

Kako bi se prilagodile novonastalim uvjetima na tržištu, organizacije započinju s procesom digitalne transformacije svojeg poslovanja, što podrazumijeva implementaciju

automatiziranih i robotiziranih sustava kao i senzora za prikupljanje podataka. Implementacija ovakvih sustava može imati velik utjecaj na kvalitetu proizvoda i usluga s obzirom na to da je moguće prikupiti veliku količinu podataka koji prikazuju procesne performanse, temeljem kojih se može generirati više alternativnih rješenja mogućeg poboljšanja i optimizacije procesa. Pronalazak optimalnog rješenja koje će se implementirati može se provesti kroz višekriterijalnu analizu pomoću koje se identificira rješenje koje će maksimizirati željene učinke.

2. INDUSTRIJA 4.0

Industrija 4.0 spominje se u kontekstu industrijske revolucije i visoko tehnološke strategije nastale u Njemačkoj, a koja podrazumijeva korištenje tehnoloških inovacija poput *Internet of Things* (IoT), senzora, *big data* sustava itd. [1] Okosnica i esencijalna tehnologija na kojoj počiva razvoj Industrije 4.0 su *cyber* fizički sustavi koji transliraju sve pojave koje se događaju u fizičkom okruženju u virtualno okruženje i obrnuto. Ovakav sustav može se upotrijebiti za kreiranje autonomnih procesa koji, kroz spomenutu translaciju, postaju inteligentni. Ovako dizajnirani sustavi i procesi znatno su prilagodljiviji i mogu u kratkom vremenu odgovoriti na promjenjive zahtjeve koji dolaze s tržišta. [2]

Veća fleksibilnost poslovnih procesa kao posljedicu ima razvoj kompetitivnih i konkurentskih prednosti koje se temelje na mogućnosti povećanja zadovoljstva zainteresiranih strana kroz brži odgovor na identificirane zahtjeve. Upotrebom smart tehnologije, pod kojom se podrazumijevaju tehnološka rješenja temeljena na povezivanju fizičkih elemenata u mrežu pomoću internetskih tehnologija, stvara se digitalno okruženje koje se sastoji od smart rješenja u logistici, mobilnosti, izgradnji infrastrukture i suprastrukture, poslovanju organizacija itd. Implementacija senzora koji pomoću informacijsko-komunikacijske tehnologije stvaraju baze podataka, unutar kojih je sadržana velika količina podataka o performansama koje razvijaju fizički sustavi unutar kojih su implementirani, omogućuje nove koncepte kontrole, osiguranja i upravljanja kvalitetom.

IoT tehnologija omogućuje povezivanje fizičkih sustava u mrežu koja međusobno komunicira. Ovako stvorena mreža može se koristiti za istovremeno dijeljenje podataka, što može podrazumijevati i dijeljenje radnih uputa automatiziranim strojevima i uređajima koji se koriste u procesu. [3] Vrijeme prebacivanja iz jednog režima rada u drugi režim rada na ovaj način se znatno smanjuje što može povećati protočnost resursa ali i prilagoditi proces novodefiniranim zahtjevima.

Uz IoT, Industrija 4.0 potencira razvoj i primjenu niza drugih tehnologija kao što je aditivna proizvodnja koja podrazumijeva nanošenje čestica proizvoda u slojevima što olakšava fleksibilnost u dizajnu. [4] Nadalje, RFID (*Radio-frequency identification* – identifikacija pomoću radio frekvencije) omogućuje komunikaciju proizvoda sa strojevima i uređajima što znatno može olakšati proces proizvodnje ali i kontrole kvalitete. Uključivanjem umjetne inteligencije, mogućnosti korištenja podataka iz *big data* baza dodatno se proširuju. To je posebice vidljivo kod sustava za predviđanje prodaje, odnosno potražnje u kojima se, pomoću umjetne inteligencije i prikupljenih podataka, može prognozirati buduća potraživana količina što može utjecati na bolje upravljanje zalihama i smanjenje troškova.

Međutim, uključivanjem umjetne inteligencije u organizacijske sustave, potreba za zaposlenicima nije u opadanju već se mijenja način na koji se promatra upravljanje ljudskim

potencijalima ali i svim ostalim menadžerskim funkcijama. Razvojem i transformacijom industrije, imperativ je prilagoditi tradicionalne funkcije menadžmenta novom digitalnom okruženju. Isto tako, tradicionalno poimanje upravljanja kvalitetom znatno se mijenja i javlja se pojam Quality 4.0 koji podrazumijeva korištenje nove tehnologije razvijene unutar Industrije 4.0 koja se upotrebljava u kombinaciji s tradicionalnim načinima kontrole i upravljanja kvalitetom. [5] Treba spomenuti i vjerojatnost evoluiranja Industrije 4.0 u Industriju 5.0 kao posljedicu razvoja sustava umjetne inteligencije.

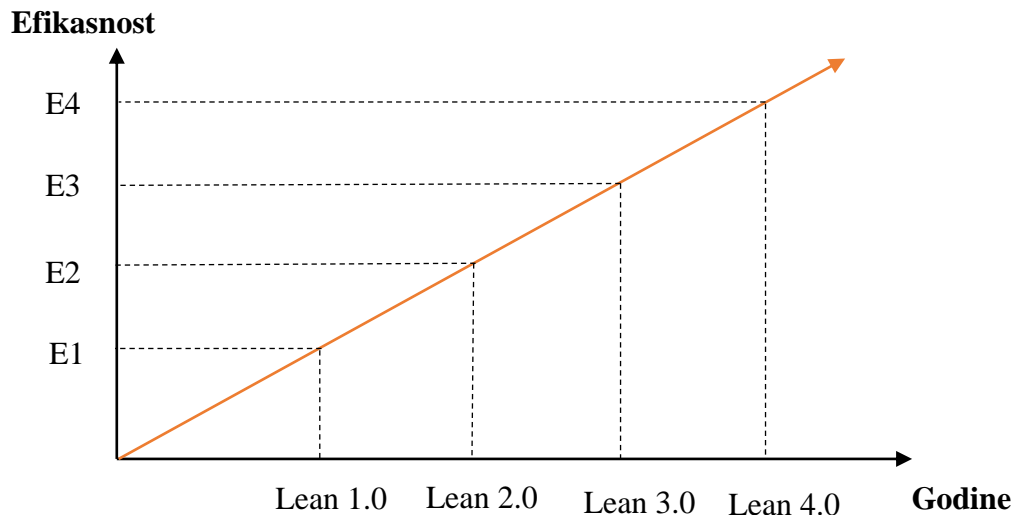
2.1. Posljedice pojave Industrije 4.0

Industrija 4.0 nameće imperativ digitalizacije i digitalne transformacije potaknute razvojem digitalnog okruženja. Organizacije, s obzirom na razvoj digitalnog okruženja, prilagođavaju poslovne modele implementacijom tehnologije poput big data, senzora, automatiziranih sustava, IoT itd. [19] Postojeći radovi koji se bave temom Industrije 4.0, odnosno tehnologijama koje su posljedice pojave Industrije 4.0 istražuju modele digitalne transformacije, *big data* tehnologiju, *cloud* tehnologiju, tehnologiju koja služi kao potpora za donošenje odluka, umjetnu inteligenciju kao i načine na koje je moguće prikupljati podatke i informacije iz organizacijskih procesa. [20]

S obzirom na tehnologije i metode koje su predmet znanstveno-istraživačkog rada, javlja se niz izazova koji proizlaze iz implementacije takvih tehnologija i metoda, a koje su povezane uz drugačije odvijanje poslovnih procesa, potrebu za novim kompetencijama zaposlenika, sigurnost jednom uspostavljenih digitalnih sustava, upravljanje i prikupljanje organizacijskim znanjem itd.

3. LEAN MENADŽMENT

Lean menadžment jedna je od najčešće upotrebljivanih poslovnih strategija u posljednjih tri desetljeća, a što je posljedica pristupa koji naglašava. Eliminacijom procesnog otpada kao i povećanjem isporučene vrijednosti kupcu, Lean filozofija poslovanje organizacije u potpunosti usmjerava prema zadovoljenju potreba zainteresiranih strana, odnosno osiguranje proizvoda i usluga definirane kvalitete uz niske troškove. [6] Temelj za razvoj Lean menadžmenta nastao je naporima znanstvenika i gospodarstvenika iz Japana koji su bili usmjereni prema razvoju sustava koji bi unaprijedio stanje u kojem se Japan u to vrijeme nalazio zbog ratnog stanja i gospodarske krize. Napori su rezultirali stvaranjem TPS-a (Toyota production system – sustav proizvodnje u Toyoti). [11] Lean sustav pristup je i metoda koja naglašava važnost identifikacije procesnog otpada u što svrstava nepotrebne procese, nepotrebne pokrete, nepotrebne zalihe, nepotrebni transport, nesukladnosti, intelektualni otpad itd. Eliminacijom procesnog otpada, efikasnost, efektivnost i ekonomičnost procesa povećava se što je korelirano protokom resursa kroz proces. Razvojem tehnologije i promjenama koje isti implicira, javlja se i potreba za drugačijim sagledavanjem Lean menadžmenta kao i općenito Lean filozofije. Inovacije i tehnološka dostignuća u znatnoj mjeri mijenjaju pristup tradicionalnom shvaćanju Lean menadžmenta. To se posebice odnosi na Industriju 4.0 koja kao posljedicu ima razvoj koncepta Lean 4.0 o kojem će biti riječi u poglavlju 4.



Slika 1: Pregled evolucije lean menadžmenta

Kao što je vidljivo na slici 1, Lean menadžment započinje s razvojem nakon drugog svjetskog rata kada se javlja u prvobitnom obliku uz razinu efikasnosti procesa E1. Kroz godine, efikasnost procesa raste, a sve sukladno tehnološkim inovacijama, odnosno razvojem novih industrijskih oblika kroz povijest. Potrebno je naglasiti kako se kroz razvoj generacija Lean filozofije razvijaju i novi alati, odnosno novi pristupi koji se koriste za poboljšanje. Jedan od takvih alata koji nije bio dio Lean sustava u prvoj generaciji je kanban koji je osmišljen i implementiran u Lean sustav 1950-tih godina. [13] Osim toga, kroz evoluciju i razvoj, Lean je primjenjivan u kombinaciji s drugim metodama i metodologijama poboljšanja i optimizacije kao što je to 6 Sigma, odnosno DMAIC.

3.1. Lean 1.0

Lean menadžment može se podijeliti u više generacija koje su u sukladnosti s tehnologijom koja je korištena u vrijeme pojedine Lean generacije. Prva generacija Lean menadžmenta nastala je kao posljedica potrebe razvoja sustava koji bi mogao konkurirati sustavu proizvodnje u SAD-u. Temeljena je na već spomenutom TPS-u. [7] Potencira i naglašava važnost eliminacije procesnog otpada kojeg naziva MUDA, a unutar kojeg klasificira karakteristične aktivnosti koje usporavaju protočnost resursa kroz proces; zalihe, nepotrebni procesi, nepotrebni pokreti, pretjerana proizvodnja, transport, čekanja i nesukladni proizvodi. Prva generacija Lean-a potencira upotrebu JiT sustava (Just in time) pomoću kojeg reducira zalihe i smanjuje troškove povezane uz iste, jednako kao i što potencira automatiziranje aktivnosti u procesu što su dva stupa TPS-a. [12] Nadalje, Lean 1.0 naglašava važnost uključenja zaposlenika u proces poboljšanja kvalitete proizvoda i usluga kao i poboljšanja produktivnosti za što su razvijeni alati, metode i metodologije kao što su 5S (japanski: seiri, seiton, seisō, seiketsu, shitsuke), Kaizen, krugovi kvalitete itd. Dakle, fokus je stavljen na primjenu alata za poboljšanje kvalitete. [8] Lean se temelji se na četrnaest principa koji su podijeljeni u četiri sekcije usmjerene prema stvaranju filozofije upravljanja kvalitetom, pristupa da pravi procesi razvijaju prave performanse, da razvoj i edukacija ljudi utječe na dodavanje vrijednost i unaprjeđenje organizacije kao cjeline i filozofije da stalna unaprjeđenja utječu na povećanje organizacijskog znanja. [9]

3.2. Lean 2.0

Lean 2.0 posljedica je zahtjeva za povećanjem efikasnosti u lancu vrijednosti kao i eliminacijom procesnog otpada koji utječe na manju protočnost resursa kroz proces. [10] To je vrijeme pojave 6 Sigma pristupa poboljšanju i optimizaciji poslovnih procesa koji, kroz primjenu DMAIC (akronim za 5 faza metodologije: *define, measure, analyze, improve, control*) metodologije optimizacije procesa, naglašava mapiranje lanca vrijednosti kako bi se identificirale aktivnosti koje ne dodaju vrijednost kupcu. Povezivanjem Lean i 6 Sigma metodologije dobivena je sinergija koja se temelji na statističkim izračunima koje naglašava 6 Sigma i osiguranju protočnosti resursa kroz proces koje naglašava Lean. Takve aktivnosti se eliminiraju iz procesa ili ih se optimizira kako bi njihovo trajanje bilo što kraće. Nadalje, potencira se upotreba alata koji se upotrebljavaju u sklopu spomenute metodologije optimizacije i poboljšanja, kao što su poka-yoke, SMED, mapiranje toka vrijednosti, uspostava pull sustava itd.

3.3. Lean 3.0

Treća generacija Lean menadžmenta, odnosno Lean proizvodnje javlja se 90-tih godina prošlog stoljeća u vrijeme diseminacije mogućnosti interneta i primjenjivosti internetskih tehnologija u svakodnevnom poslovanju organizacija. Organizacije, svjesne promjene uvjeta na tržištu, pristupaju prilagodbi svojeg poslovanja kroz implementaciju digitalnih rješenja. Posljedica digitaliziranja industrije u Lean pristup uvodi brigu o osiguranju efikasnosti i efektivnosti procesa kao i usklađivanju ciljeva procesa s ciljevima organizacije, odnosno organizacijskim planovima. Naglasak se stavlja na stvaranje konsenzusa svih zainteresiranih strana u organizaciji. [8] Temelji TPS mijenjaju se na strani upravljanja ljudima i to tako da se umjesto poštovanja zaposlenika uvodi pojam podupiranja zaposlenika kao što se naglašava i važnost eliminacije intelektualnog otpada iz procesa. Međutim, intelektualni otpad kao pojam treba biti na adekvatan način komuniciran u organizaciji kako ne bi utjecao loše na motiviranost zaposlenika i na osjećaj zaposlenika da su višak u samom procesu. U prvom redu, intelektualni otpad odnosi se na zaposlenike koji obavljaju aktivnosti koje su znatno manje složene u odnosu na kompetencije kojima oni raspolažu. Nadalje, treba naglasiti kako se, s obzirom na razvoj tehnologije koja je dostupna organizacijama, odnosno na razvoj informacijskih sustava, pristup poboljšanju i unaprjeđenju procesa znatno mijenja u odnosu na prethodne generacije Lean sustava. Ovo je generacija koja ja dokazala primjenjivost Lean sustava u različitim ne-proizvodnim granama kao što je to primjerice zdravstveni sustav. [10]

3. LEAN 4.0

Posljedica razvoja Industrije 4.0 implementacija je visoko tehnoloških informacijsko-komunikacijskih tehnologija u organizaciju čime je omogućeno efikasnije praćenje poslovnih procesa kao i prikupljanje podataka o performansama koje proces razvija. Automatizacijom aktivnosti u procesu omogućuje se veći protok resursa kroz proces kao i eliminaciju procesnog otpada. Nadalje, automatizacija je, kao takva, jedan od temelja koji je naglašavan u temelju Lean filozofije i jedna je od esencija TPS-a. [14] Automatizacija i primjena automatskih sustava temelj je koji naglašava Industrija 4.0 iz čega proizlazi sukladnost osnovnih principa Lean filozofije i koncepata koje naglašava Industrija 4.0.

Razvoj potrebe kao i razvoj koncepta Lean 4.0 filozofije do sada su naglašavali autori poput W. Hubera (2016), H.Kunzel (2016), A.Sanders et.al (2016) i nekolicine drugih koji su

povezali i stvorili korelaciju između inovacija i tehnoloških unaprjeđenja temeljenih na Industriji 4.0 i Lean filozofiji. Nadalje, sličnosti Lean filozofije i Industrije 4.0 temelje se na potrebi za stalnim poboljšanjima, eliminaciji procesnog otpada, osiguranju protočnosti resursa u procesu, orijentiranosti kupcu, povećanju fleksibilnosti i smanjenju kompleksnosti jednako kao i automatizaciji aktivnosti, decentralizaciji, povećanju efikasnosti i holističkom pristupu. [15] Temeljem sličnosti i zajedničkih principa koje zagovaraju Lean filozofija i Industrija 4.0, nastaje nova generacija Lean filozofije, Lean 4.0. U prilog tome ide i trend znanstveno-istraživačkih radova koje predstavljaju Sven-Vegard, Ola Strandhagen i Chan (2018), a koji je u istraživanju identificirao kako se fokus istraživača usmjerava prema utjecaju koji Industrija 4.0 ima na razvoj i unaprjeđenje Lean filozofije jednako kao i fokus istraživača usmjeren prema kombinaciji Industrije 4.0 i Lean filozofije, a koja je usmjerena prema povećanju performansi poslovnih procesa. [16]

Nadalje, lean filozofija i Industrija 4.0 komplementarni su, a inovacije i tehnološka unaprjeđenja koje potencira Industrija 4.0 mogu povećati fleksibilnost Leana. [16] Inovativna tehnologija koja omogućuje komunikaciju prema svim operaterima u procesu jednako kao i pravovremeno izvještavanje o mogućnostima pojave nesukladnosti, može imati povoljan utjecaj na preventivu nastanka većih troškova zbog potrebe poduzimanja popravnih radnji. Osim toga, senzori koji se mogu primijeniti i ugraditi na strojeve i proizvode mogu prikupiti informacije o performansama procesa i mjestima u procesu na kojima je moguće provesti optimizaciju i poboljšanje. [17]

Industrija 4.0 podrazumijeva niz novih tehnologija temeljenih na digitalnim inovacijama koje zahtijevaju prilagodbu tradicionalnih organizacijskih struktura novom digitalnom okruženju. Lean filozofija u sebi objedinjuje niz alata i metoda kojima nastoji poboljšati poslovne procese, a koji su pod izravnim utjecajem promjena i imperativa digitalizacije. U osnovi, inovacije Industrije 4.0 mogu se podijeliti u tri osnovne grupe; inovacije usmjerene boljem prikupljanju i upravljanju podacima, komunikaciju između strojeva i kao posljednju grupu treba navesti interakciju stroj – čovjek. Unutar svake od grupa postoje tehnološka rješenja poput virtualne stvarnosti, big data, senzora, cloud računala itd. koja utječu na tradicionalne alate i metode koji se upotrebljavaju unutar Lean filozofije. Jedan od temeljnih Lean alata kojemu se nameće imperativ digitalizacije je JiT sustav, a koji može digitalizacijom omogućiti korištenje naprednih mogućnosti poput predviđanja, odnosno simulacije, upotrebu naprednih analiza, vertikalnu i horizontalnu integraciju itd. [18]

Razvoj i inovacije unutar Industrije 4.0 kao posljedicu ima imperativ prilagodbe Lean sustava što rezultira stvaranjem filozofije Lean 4.0. No, automatizacija procesa sa sobom donosi izazove poput osiguranja sigurnog načina komuniciranja unutar organizacijskog sustava s obzirom na to, da se za komunikaciju i povezivanje automatskih sustava upotrebljavaju internetske tehnologije. Nadalje, nadolazeća evolucija Industrije 4.0, Industrija 5.0, kao posljedicu ima povezivanje operatera s automatiziranim sustavima što može rezultirati povećanjem efikasnosti i efektivnosti obavljanja aktivnosti.

4. ZAKLJUČAK

Digitalna transformacija tradicionalnih organizacijskih struktura imperativ je i posljedica razvoja Industrije 4.0. Paralelno s razvojem Industrije 4.0 i razvojem digitalnog okruženja u kojem se fizički objekti međusobno povezuju u mrežu koja omogućuje njihovu međusobnu komunikaciju, organizacija na raspolaganju ima niz novih, inovativnih načina temeljem kojih

može unaprijediti i optimizirati način na koji se procesi u organizaciji odvijaju. Stvaranje mreže fizičkih objekata povezanih internetom posljedica je niza tehnoloških inovacija poput RFID tehnologije, bežičnih mreža, cloud računalnih sustava itd. [21] Utjecaj digitalne tehnologije utječe na sve organizacijske sustave kao i do sada razvijene metode poboljšanja i optimizacije poslovnih procesa. Kroz povijest i kroz razvoj industrije, produktivnost ljudskog rada, oblik organizacijskih procesa, tehnologija automatizacije kao i ostale komponente procesa mijenjaju se, a sukladno promjenama mijenja se i Lean filozofija koja je jedna od najčešće upotrebljivanih u sustavima upravljanja kvalitetom. Industrija 4.0 potencira primjenu automatiziranih sustava što je ujedno i jedan od temelja Lean filozofije. Nadalje, implementacija senzora omogućuje efikasnije praćenje performansi koje proces razvija što je osnova za pristupanje poboljšanju i optimizaciji. No, senzorika omogućuje stvaranje baze podataka unutar koje se nalaze podatci koje je moguće upotrijebiti za predviđanja i simulacije. Evolucija Lean filozofije prati evoluciju i razvoj industrije i svaku generaciju Lean-a karakterizira primjena različitih pristupa i metoda mjerenja performansi organizacijskih procesa kao i optimizaciju istih. S obzirom na razvoj Industrije 5.0 za pretpostaviti je kako će Lean 4.0 evoluirati u koncept Lean 5.0 u skoroj budućnosti.

LITERATURA

- [1] Sanders, Adam, Karthik RK Subramanian, Tobias Redlich, and Jens P. Wulfsberg. "Industry 4.0 and Lean Management—Synergy or Contradiction?." In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, pp. 341-349. Springer, Cham, 2017.
- [2] Klingenberg, Cristina Orsolin, and José Antônio do Vale Antunes Jr. "Industry 4.0: what makes it a revolution?."
- [3] Nagy, Judit, Judit Oláh, Edina Erdei, Domicián Máté, and József Popp. "The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary." *Sustainability* 10, no. 10 (2018): 3491.
- [4] Santos, B. Paiva, F. Charrua-Santos, and T. M. Lima. "Industry 4.0: An Overview." In *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. 2. 2018.
- [5] Aldag, M & Eker, Bülent. *What is quality in industry 4.0?*. (2018)
- [6] Sony, Michael. "Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions." *Production & Manufacturing Research* 6, no. 1 (2018): 416-432.
- [7] Fritze, Christopher. (2016). *The Toyota Production System - The Key Elements and the Role of Kaizen within the System*.
- [8] Perrin, Xavier. *Lean 4.0*. Consulting-XP. <http://www.consulting-xp.com/blog/?p=737> (pristupljeno 12.02.2019)
- [9] Liker, Jeffrey K. *The toyota way*. Esensi, 2005.
- [10] Brown, A.Robert. *Lean thinking 4.0 Qualitydigest*. <https://www.qualitydigest.com/inside/lean-article/lean-thinking-40-062117.html> (pristupljeno 12.02.2019)
- [11] Dekier, Łukasz. "The origins and evolution of Lean Management system." *Journal of International Studies* 5, no. 1 (2012): 46-51.
- [12] Abdumouti, Hassan. "Benefits of Kaizen to Business Excellence: Evidence from a Case Study." *Industrial Engineering & Management* 7, no. 2 (2018).
- [13] Iuga, Maria Virginia, and Claudiu Vasile Kifor. "Lean manufacturing: The when, the where, the who." *Revista Academiei Fortelor Terestre* 18, no. 4 (2013): 404-410.
- [14] Leyh, Christian, Stefan Martin, and Thomas Schäffer. "Industry 4.0 and Lean Production—A matching relationship? An analysis of selected Industry 4.0 models." In *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2017 Federated Conference on*, pp. 989-993. IEEE, 2017.
- [15] Mayr, A., M. Weigelt, A. Kühn, S. Grimm, A. Erll, M. Potzel, and J. Franke. "Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0." *Procedia CIRP* 72 (2018): 622-628.
- [16] Buer, Sven-Vegard, Jan Ola Strandhagen, and Felix TS Chan. "The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda." *International Journal of Production Research* 56, no. 8 (2018): 2924-2940.
- [17] Kolberg, Dennis, and Detlef Zühlke. "Lean automation enabled by industry 4.0 technologies." *IFAC-PapersOnLine* 48, no. 3 (2015): 1870-1875.

- [18] Wagner, Tobias, Christoph Herrmann, and Sebastian Thiede. "Industry 4.0 impacts on lean production systems." *Procedia CIRP* 63 (2017): 125-131.
- [19] Vuksanovic, D., Jelena Ugarak, and Davor Korčok. "Industry 4.0: The future concepts and new visions of factory of the future development." In *Conference Sinteza 2016*, www.researchgate.net. 2016.
- [20] Liao, Yongxin, Fernando Deschamps, Eduardo de Freitas Rocha Loures, and Luiz Felipe Pierin Ramos. "Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal." *International journal of production research* 55, no. 12 (2017): 3609-3629.
- [21] Xu, Li Da, Eric L. Xu, and Ling Li. "Industry 4.0: state of the art and future trends." *International Journal of Production Research* 56, no. 8 (2018): 2941-2962.

IMPACT OF INDUSTRY 4.0 ON LEAN MANAGEMENT: FROM LEAN 1.0 TO LEAN 4.0

Summary

Throughout history, industry has been adapting to newly established conditions in the market that are linked with innovations and technologies that have developed. Newly established technology, and its implementation in business, changes the productivity of human labour, which leads to a need for optimization of the business process. There are many methods that can be used for optimization, and one of those most used is Lean. Changes in technology have affected changes in organizational processes, and Lean philosophy has enabled optimization and increased their efficiency. Industry 4.0 is especially significant for the change of process-optimization paradigm, because of the fact that new technology provides a more efficient and effective approach to improvement. In accordance with this, a new generation of Lean philosophy has been developed, and it is called Lean 4.0.

Keywords: *Industry 4.0, Lean philosophy, Lean 4.0, Lean evolution*