

Implementacija sustava industrije 4.0 u organizaciju

Šantek, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:906296>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-21**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



DIPLOMSKI RAD br. 033/STR/2021

IMPLEMENTACIJA SUSTAVA INDUSTRIJE
4.0 U ORGANIZACIJU

Domagoj Šantek

Varaždin, lipanj 2021.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Diplomski sveučilišni studij Strojtarstvo



DIPLOMSKI RAD br. 033/STR/2021

IMPLEMENTACIJA SUSTAVA INDUSTRIJE
4.0 U ORGANIZACIJU

Student:

Domagoj Šantek, 1416/366D

Mentor:

Prof.dr.sc. Živko Kondić

Varaždin, lipanj 2021.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveu ilišni studij Strojstvo		
PRISTUPNIK	Domagoj Šantek	MATIČNI BROJ	1416/336D
DATUM	16.04.2021.	KOLEGIJ	LEAN PROIZVODNJA
NASLOV RADA	IMPLEMENTACIJA SUSTAVA INDUSTRIJE 4.0 U ORGANIZACIJU		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Implementation of Industry 4.0 system in the Organization		
MENTOR	prof.dr.sc. Živko Kondić	ZVANJE	Redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc.Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva		
	2. prof.dr.sc.Živko Kondić, mentor, član		
	3. doc.dr.sc.Tomislav Veliki, član		
	4. doc.dr.sc. Matija Bušić, rezervni član		
	5. _____		

Zadatak diplomskog rada

BROJ 033/STR/2021

OPIS

Pristupnik u svome diplomskom radu treba obraditi sljedeće:

- Nakon uvodnog dijela potrebno je ukratko opisati povjest razvoja industrije kroz prvu, drugu i treću industrijsku revoluciju.
- Opisati pojam i objasniti detaljnije četvrtu industrijsku revoluciju kroz značajke industrije 4.0 (internet, kibemetska sigurnost, Big data, integracija sustava, robotizacija, proširena stvarnost, simulacije, aditivna proizvodnja i računalni oblak).
- Ukratko opisati i staviti hrvatsko gospodarstvo u kontekstu industrije 4.0.
- Objasniti postupke implementacije principa industrije 4.0 u proizvodne organizacije (izazovi, ključni faktori uspješnosti, primjena u malim i srednjim poduzećima, te prednosti i nedostaci)
- U praktičnom dijelu rada objasnite primjenu principa industrije 4.0 u odabranom poduzeću.
- U završnom dijelu diplomskog rada treba se kritički osvrnuti na svoj rad te ograničenja koja su bila aktualna tijekom izrade.

ZADATAK URUČEN

29.06.2021.



SAŽETAK

Industrija 4.0 u sklopu četvrte industrije revolucije označava transformaciju poslovanja integracijom informacijsko komunikacijskih tehnologija s ciljem povećanja produktivnosti i učinkovitosti organizacija. Implementacija sustava Industrije 4.0 velik je izazov za organizacije te zahtijeva suradnju poslovnih subjekata, politike i akademske zajednice. Na implementaciju utječu brojni unutarnji i vanjski izazovi sa kojima se organizacija mora nositi. Stoga je bilo potrebno definirati utjecajne faktore koji bi organizacijama omogućili bolje razumijevanje i dali smjernice za implementaciju. U radu su definirani ključni faktori koji utječu na uspješnost implementacije sustava Industrije 4.0 u organizaciju. Ključni faktori definirani su pretraživanjem i analizom radova na temu implementacije i Industrije 4.0. Na kraju rada navedene su prednosti i nedostaci Industrije 4.0 te je dan praktični prikaz implementacije tehnologija Industrije 4.0 u prehrambenoj industriji.

Ključne riječi: Industrija 4.0, implementacija, organizacija, industrija

ABSTRACT

Industry 4.0 as part of the fourth industrial revolution marks the transformation of the business by integrating information and communication technologies to increase the productivity and efficiency of organizations. The application of Industry 4.0 is the main challenge for organizations and requires the collaboration of business entities, politics, and the academic community. The process of implementation is affected by several internal and external challenges that the organization has to deal with. Therefore, it was necessary to define the influencing factors that will enable organizations to better understand and provide guidelines for implementation. The paper defines the key factors that affect the success of the Industry 4.0 system in the organization. The key factors are defined by searching and analyzing papers on the topic of implementation and Industry 4.0. At the end of the paper, the advantages and disadvantages of Industry 4.0 are listed, and a practical overview of the application of 4.0 technologies in the food industry is shown.

Keywords: Industry 4.0, implementation, organization, industry

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. RAZVOJ INDUSTRIJE	2
2.1. Prva industrijska revolucija.....	4
2.2. Druga industrijska revolucija	6
2.3. Treća industrijska revolucija.....	8
3. ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA.....	10
3.1. Industrija 4.0	13
3.2. Karakteristike Industrije 4.0.....	15
3.2.1. Internet stvari (IoT)	16
3.2.2. Kibernetička sigurnost	17
3.2.3. Big Data	17
3.2.4. Integracija sustava	18
3.2.5. Autonomni roboti	19
3.2.6. Proširena stvarnost.....	19
3.2.7. Simulacije.....	20
3.2.8. Aditivna proizvodnja	21
3.2.9. Računalni oblak.....	21
4. HRVATSKA U KONTEKSTU INDUSTRIJE 4.0	22
5. IMPLEMENTACIJA INDUSTRIJE 4.0 U ORGANIZACIJU	25
5.1. Izazovi implementacije Industrije 4.0.....	27
5.1.1. Unutarnji izazovi	27
5.1.2. Vanjski izazovi.....	30
5.2. Ključni faktori za uspješnu implementaciju	32
5.2.1. Procjena položaja tvrtke	32
5.2.2. Strategija organizacije	33
5.2.3. Menadžment	33
5.2.4. Organizacijska kultura i komunikacija	35
5.2.5. Organizacijska struktura	36
5.2.6. Zaposlenici	37
5.2.7. Sigurnost i zaštita podataka.....	38
5.2.8. Modeli implementacije Industrije 4.0.....	39
5.2.9. Integracija u postojeće sustave	40
5.2.10. Pametni proizvodi/usluge.....	40

5.2.11. Financijska izvedivost.....	40
5.3. Implementacija u mala i srednja poduzeća	41
5.4. Prednosti i nedostaci implementacije	43
6. INDUSTRIJA 4.0 U TVRTKI PODRAVKA D.D.	44
6.1. Općenito o tvrtki Podravka d.d.	44
6.2. Tvornica „Kalnik“ Varaždin	45
6.3. Implementacija sustava Industrije 4.0	46
6.4. Benefiti implementacije sustava Industrije 4.0.....	51
7. ZAKLJUČAK	52
LITERATURA.....	53

POPIS SLIKA

Slika 1: Razvoj industrije kroz povijest.....	3
Slika 2: Tkalački stroj.....	5
Slika 3: Izmjenična struja za prijenos i proizvodnju	6
Slika 4: Fordov pogon za proizvodnju automobila na pokretnoj traci	7
Slika 5: IBM računalo u NASA 1957. godine.....	8
Slika 6: Treća industrijska revolucija – digitalna revolucija.....	9
Slika 7: Ključne tehnologije Industrije 4.0	15
Slika 8: Internet stvari – IoT.....	16
Slika 9: Vertikalna i horizontalna integracija sustava organizacije.....	18
Slika 10: Proširena stvarnost.....	19
Slika 11: Simulacija razvoja proizvoda.....	20
Slika 12: Izvješće o spremnosti za budućnost, 2018. godina	23
Slika 13: Index digitalne i ekonomije i društva u 2020. godini	24
Slika 14: Ključni faktori implementacije Industrije 4.0.....	32
Slika 15: Implementacije u mala i srednja poduzeća	41
Slika 16: Proizvodi tvornice "Kalnik"	45
Slika 17: Proces proizvodnje prije modernizacije	46
Slika 18: Proizvodna linija prije modernizacije	47
Slika 19: Inspekcijska traka prije modernizacije	47
Slika 20: Oprema za sortiranje i inspekciju sirovine.....	48
Slika 21: Oprema za vaganje	49
Slika 22: Uređaj za kontrolu prisutnosti stranih tijela u proizvodu.....	49
Slika 23: Proces proizvodnje nakon modernizacije	50

POPIS TABLICA

Tablica 1: Trendovi nove industrijske revolucije.....	10
Tablica 2: Prijelomne točke do 2025. godine	11
Tablica 3: Značajke Industrije 4.0	14
Tablica 4: Prednosti i nedostaci Industrije 4.0.....	14
Tablica 5: Mogućnosti buduće proizvodnje	22
Tablica 6: Ciljevi implementacije sustava Industrije 4.0	26
Tablica 7: Izazovi implementacije Industrije 4.0.....	27
Tablica 8: Glavni zahtjevi menadžmenta	34
Tablica 9: Kompetencije zaposlenika za Industriju 4.0.....	37
Tablica 10: Prednosti implementacije Industrije 4.0.....	43
Tablica 11: Nedostaci implementacije Industrije 4.0	43

1. UVOD

Razvoj industrije uvijek je bio potaknut i usmjeravan tehnološkim izumima i ljudskim dostignućima. Izumi poput parnog stroja iz temelja su promijenili dotadašnji način života i rada. Društvo je poprimilo sasvim nove mogućnosti razvoja čime su utkani temelji smjera u kojem će se kretati civilizacija. Industrijske revolucije bile su prekretnice koje su određivale daljnji tijek razvoja društva i poretka, te se gotovo uvijek čovjek prilagođavao tehnologiji odnosno industriji nego obratno.

Danas smo na začecima nove industrijske revolucije koja će iz temelja promijeniti način na koji živimo i radimo. Utjecaj tehnoloških otkrića i mogućnosti koje ono pruža promijenit će društveni, socijalni, ekonomski, ekološki i politički način života. Moderne tehnologije pružaju neograničene mogućnosti povezivanja ljudi, prikupljanja, obrade i spremanja velikih količina podataka. Današnje i buduće tehnologije zahtijevaju nova shvaćanja i promjenu poslovnih modela te promjenu percepcije organizacija o proizvodnji, potrošnji, transportu i komunikaciji. Organizacije se trebaju prilagoditi novonastalim trendovima te pronaći načine na koje će promijeniti svoje poslovanje kako bi uhvatile korak sa tehnološkim razvojem. Proces implementacije novih tehnologija još su uvijek u početku te je stoga sav teret stavljen na same organizacije koje se moraju suočiti sa ovim izazovom.

U ovom radu pokušat će se ustanoviti ključni elementi koji utječu na implementaciju tehnologija i sustava Industrije 4.0 u organizaciju, zatim pretpostavke i preduvjeti za uvođenje tehnologije te prednosti i nedostaci sustava Industrije 4.0.

U radu će se prikazati povijesni razvoj industrije kroz industrijske revolucije, objasniti pojam nove industrijske revolucije te opisati njene glavne karakteristike i promjene koje ona donosi. Glavni dio rada bazirati će se na definiranju ključnih elemenata implementacije sustava Industrije 4.0 u organizaciju te definiranju koristi koje se očekuju od primjene. U završnom dijelu rada prikazat će se praktični primjer implementacije tehnologija sustava Industrije 4.0 u prehrambenoj industriji.

2. RAZVOJ INDUSTRIJE

Revolucija kao riječ i pojam „označava naglu i radikalnu promjenu.“ Povijesno gledajući revolucije su nastajale prilikom otkrića novih tehnologija i novih načina percepcije svijeta te su izazvale korijentne promjene u ekonomskom i socijalnom smislu. Prva značajna promjena u načinu života čovjeka dogodila se prije otprilike 10 000 godina kada je došlo do tranzicije od pronalaženja hrane do uzgoja hrane pripitomljavanjem životinja. *Agrarna revolucija* odnosi se na korištenje kombinacije ljudske i životinjske snage u svrhu proizvodnje, transporta i komunikacije. Daljnjim napretkom proizvodnje hrane potaknut je rast populacije te stvaranje većih naselja što je dovelo do razvoja gradova i urbanizacije. Takav oblik promjene u načinu života bio je početak industrijske revolucije. [1]

Industrija kao pojam definira se kao gospodarska djelatnost koja korištenjem strojeva i mehaniziranog radnog procesa ostvaruje standardiziranu i masovnu proizvodnju. [2] Tri su temeljna aspekta koja su pridonijela nastanku industrije:

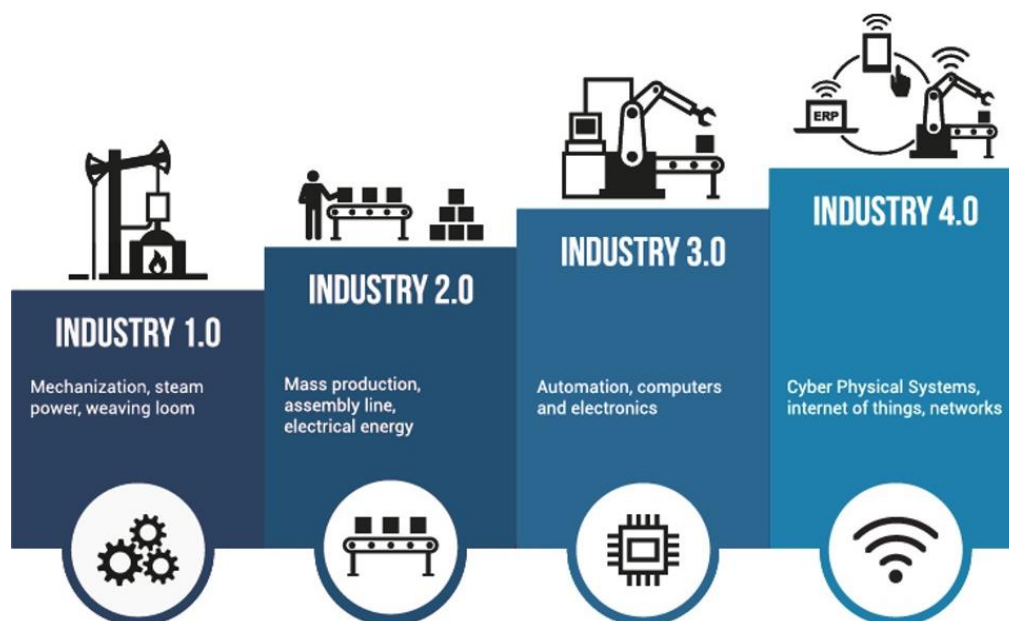
- *Znanje* – odnosi se na opseg razumijevanja učenjaka i izumitelja od prije desetljeća koji su u to vrijeme istraživali, proučavali i tražili mogućnosti za nova otkrića i trudili se povećati sposobnost razumijevanja i asimilacije
- *Eksperimentiranje* – postupak eksplicitnog prešutnog znanja učenjaka i suradnika kako bi se dokazale mogućnosti odnosno neizvodljivost
- *Poduzetničke inovacije* – samopouzdanje poslodavca tog vremena da vjeruje i ulaže u nova otkrića, modele rada, način proizvodnje i širenje svog poslovanja do tada nezamislivim mjerilima [3]

Pojam „*industrijska revolucija*“ obično se odnosi na kompleksne tehnološke inovacije koje su zamijenile ljudski rad i vještine sa strojevima odnosno „živu silu“ sa „neživom silom“. Industrijska revolucija na ovaj je način povijesno transformirala brojne zemlje. Temelj revolucije bio je međusobno povezan slijed tehnoloških promjena koje su neprestano generirale nove promjene.

Začeci industrijske revolucije krenuli su u Engleskoj u 18. stoljeću te se proširili na ostale zemlje kontinentalne Europe te je došlo do promijene života zapadnog čovjeka, prirode njegovog društva te njegove povezanosti i odnosa sa drugim narodima svijeta.

Revoluciji je prethodilo ekonomski stabilno društvo u Europi i bogatstvo koje je bilo daleko iznad razine minimalnog preživljavanja u odnosu na druge dijelove svijeta. Stoljeća akumuliranja bogatstva temeljnog na ulaganjima, prisvajanju vaneuropskih resursa i radne snage kao i značajni tehnološki napredak u proizvodnji, organizaciji, financiranju, razmjeni dobara i distribuciji bili su preduvjeti koji su označili promjene koje su se kasnije prelile na ostale zemlje svijeta te zauvijek promijenile društvo. [4]

Povijest su obilježile tri industrijske revolucije, a danas smo na pragu četvrte industrijske revolucije koja je još u samim začecima. Prvu industrijsku revoluciju karakterizirao je parni stroj koji je omogućio mehaniziranu proizvodnju. Druga industrijska revolucija obilježena je otkrićem električne energije koja je omogućila masovnu proizvodnju. Treća industrijska revolucija nazvana digitalnom revolucijom omogućila je automatizaciju proizvodnje korištenjem IT-a i računalne tehnologije. Četvrta industrijska revolucija biti će bazirana na Internetu stvari koji će omogućiti umrežavanje proizvodnih pogona i svih dionika proizvodnog procesa.



Slika 1: Razvoj industrije kroz povijest

Izvor: <https://en.supertek.de/products-and-services/machine-and-plant-engineering/industry-4.0>,

8.6.2021.

2.1. Prva industrijska revolucija

Prva industrijska revolucija počinje je u Engleskoj oko 1760. godine te traje sve do između 1820-tih i 1840-tih godina. Revolucija je omogućila povijesni prelaz na novi proizvodni proces odnosno prelazak sa agrarne tj. poljoprivredne i zanatske ekonomije u dominantnu ekonomiju industrije i proizvodnje strojeva. Trend promjena nejednoliko se proširio na ostale zemlje kontinentalne Europe i nekoliko prekomorskih područja.

Karakteristike industrijske revolucije odnosile su se na materijalni napredak koji je uključivao:

- zamjenu ljudskih vještina sa mehaničkim uređajima
- zamjenu „žive sile“ sa „neživom silom“ – posebno parom i ugljenom
- poboljšanja u dobivanju i obradi sirovina – metalurška i kemijska industrija

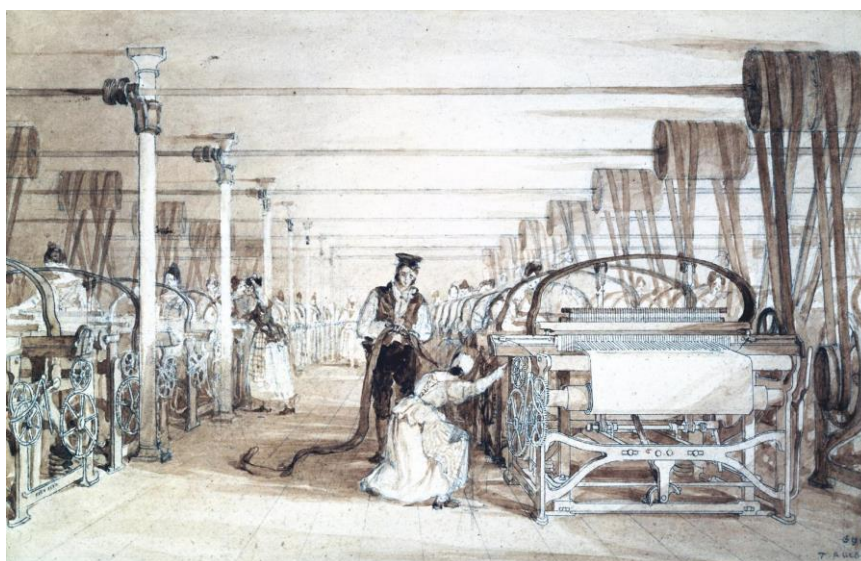
Mnoga tehnička poboljšanja bila su izvediva i primjenjiva tek nakon napretka u povezanim granama. Klasičan primjer tehnološke međusobne povezanosti bila je nemogućnost proizvodnje učinkovitog kondenzacijskog motora sve dok se postupci obrade metala nisu unaprijedili. Glavna značajka revolucije bio je izum parnog stroja škotskog inovatora Jamesa Watta. [5] Parni stroj omogućio prijelaz iz poljodjelstva i feudalnog društva u novi proizvodni proces [6] potaknuvši niz promjena koje su olakšale proizvodnju i povećale produktivnost.

Tehnološke inovacije koje su obilježile industrijsku revoluciju u drugoj polovici 18. stoljeća omogućile su bržu i masovniju proizvodnju pogotovo u tekstilnoj industriji koja je bila lider revolucije uporabom strojeva pokretanih parom ili vodom poput tkalačkog stroja [5] i stroja za odvajanje pamuka od sjemenki [7]. Do tada korišteni izvori voda, životinjska energija i drvo koje je služilo kao građevni i materijal za izgaranje zamijenjeni su uporabom ugljena kao glavnog energenta. [3] Korištenjem pare kao energenta omogućeno je korištenje parnih strojeva za industrijsku uporabu radi njihove učinkovitosti i iskoristivosti. [4] Revolucija je zabilježena u prometu i komunikacijama širenjem željeznica, telegrafa i prekooceanske plovidbe parnim čamcima. [3] Zamjenom koksa sa ugljenom zbog jeftine opskrbe smanjili su se troškovi proizvodnje sirovog i kovanog željeza koju je gušio nedostatak goriva [4]. Izumom alatnih strojeva poput tokarskog stroja i glodalice omogućena je ekonomična izrada metalnih dijelova. [8]

Širenjem industrije te konstantnim rastom uporabe strojeva potražnja za energijom i željezom postajala je sve veća i bile su potrebne veće količine ugljena i pare. Proizvodi od tekstila, kemikalije i željezo ovisili su o kretanjima robe na kopnu i moru, od izvora sirovina do tvornica te natrag do tržišta. Time su stvorene tehnologije za proizvodnju željeznice i parobroda čime se povećala potražnja za željezom i gorivom te širenje tržišta za gotove proizvode.

Promjenom proizvodnih procesa i strojeva nastali su i novi oblici industrijske organizacije. Trgovina i obrtništvo zamijenjeno je u velikoj mjeri sa tvornicama koje su postale proizvodni sustavi sa funkcijama i odgovornostima različitih sudionika proizvodnog procesa. Poslodavci više nisu unajmljivali radnu snagu i prodavali gotov proizvod, već su opskrbljivali opremu i nadzirali njezinu upotrebu. Radnici su od obrtnika postali samo „ruke“ te je ekonomski odnos između poslodavaca i radnika bio temeljen na plaći, funkcionalnom nadzoru i disciplini koja je bila smjernica daljnjeg napretka jer je kontrola rada omogućavala racionalizaciju rada.

Industrijska revolucija promijenila je način i organizaciju proizvodnje, radne uvjete, društveni, socijalni i politički poredak, komunikaciju, transport te potaknula preseljenje ljudi u gradove koji su postali glavna središta. [4]



Slika 2: Tkalački stroj

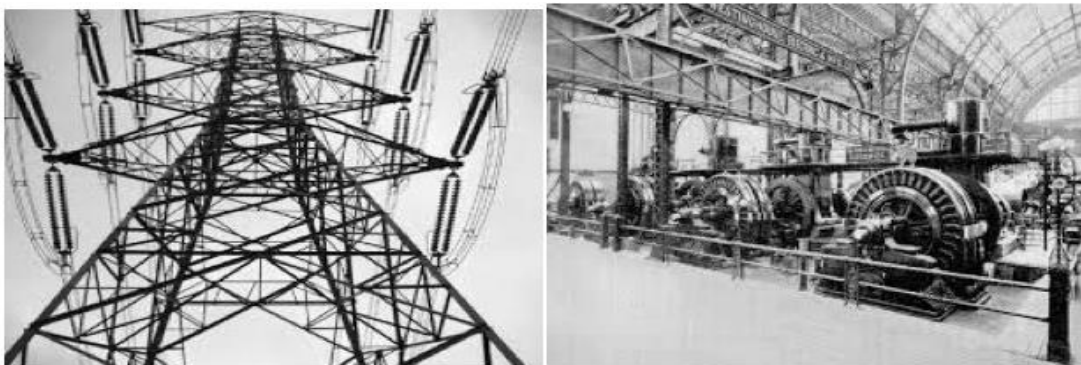
Izvor: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8003676/power-loom-weaving-drawing>, 22.4.2021.

2.2. Druga industrijska revolucija

Rast industrije tekstila, željeza, kemikalija, te željeznice počeo je usporavati krajem 19. stoljeća u najnaprednijim zapadnoeuropskim zemljama. Padajući trend industrijskih grana kompenziran je usponom novih industrija temeljnih na napretku u kemijskoj i elektrotehničkoj znanosti te na novom mobilnom izvoru energije – motoru sa unutarnjim izgaranjem. Time je službeno započela druga industrijska revolucija te trajala sve do ranog 20. stoljeća odnosno početka Prvog svjetskog rata 1914. godine. [4] Prvu industrijski revoluciju karakterizirao je lokalni značaj i ograničeni uspjeh, dok drugu industrijsku revoluciju obilježila težnja za povezivanjem, umrežavanjem i stvaranjem tehnoloških sustava, obrazovanjem, istraživanjem i razvojem tehnologija, te širenjem tržišta i područja primjene proizvoda i tehnologije.

Tehnološke inovacije i nove tehnologije koje su obilježile drugu industrijsku revoluciju uključuju:

- proizvodnju velikih količina jeftinog čelika
- razvoj željeznice i cestovnog prijevoza te prometne infrastrukture
- prijevoz željeznicama, parobrodima, automobilima i dizalima
- izum telegrafa i telefona
- kemijsku industriju – umjetne boje, gnojiva, sintetski materijali
- elektroindustriju – el. struja i prijenos struje, rasvjeta, električni motor



Slika 3: Izmjenična struja za prijenos i proizvodnju

Izvor: <https://arhivanalitika.hr/blog/kraj-dugog-19-stoljeca-druga-industrijska-revolucija/>,

25.4.2021.

Industrijska revolucija nije samo promijenila tehnologiju i ekonomske odnose, već je promjena bila značajna i u sferi društvenog života. [9] Revolucija u komunikacijama i transportu jačala je širenjem automobilske i zrakoplovne industrije te telefonije i radio prijenosa. [3] Rezultat je bilo širenje poslovanja na nove zemlje te se povećanjem količine i raznolikosti dobara razvila svjetska trgovina. Dobava sirovina vršila se iz kolonijalnih zemalja, a gotovi proizvodi izvozili su se na nova tržišta pomoću parnih brodova koji su omogućili manje troškove i povećali sigurnost i efikasnost trgovine.

Masovna proizvodnja jedna je od glavnih značajki revolucije. Proizvodnja u velikim serijama, standardizirani proizvodi te međusobno zamjenjivi dijelovi razvili su novi tvornički sistem proizvodnje. Razvojem industrijskog kapitalizma društvo se razdvaja na kapitaliste i radnike, a mala poduzeća nestaju. Životni standard raste za pojedinca i društvo, ali se zadržavaju vrlo teški uvjeti rada kao i siromaštvo.

Druga industrijska revolucija temeljena je na školovanim inženjerima koji su imali definirane zadatke i usmjerena istraživanja s ciljem pronalaženja rješenja za probleme odnosno potrebe. Organizacija proizvodnje odvijala se u velikim tvornicama, a električna struja odnosno elektromotor omogućio je svakom stroju vlastiti pogon što je dovelo do samostalne i linearne proizvodnje te takozvane pokretne trake koja je promijenila organizaciju rada i povećala proizvodnost. Stvaranje velikih mreža u telekomunikacijama, željezničkom i cestovnom prometu dovelo je do umrežavanja na svjetskoj razini. [9]



Slika 4: Fordov pogon za proizvodnju automobila na pokretnoj traci

Izvor: <https://arhivanalitika.hr/blog/kraj-dugog-19-stoljeca-druga-industrijska-revolucija/>, 25.4.2021.

2.3. Treća industrijska revolucija

Treća industrijska revolucija poznata pod nazivom Digitalna revolucija počinje u drugoj polovici 20. stoljeća te je označavala prelazak sa mehaničke i analogne tehnologije na digitalnu tehnologiju [10] odnosno u informacijsko doba. Osnovna karakteristika revolucije bila je primjena elektronike i informacijske tehnologije za automatizaciju proizvodnje. [6] Glavno otkriće digitalne revolucije bio je tranzistor [11] koji je postao osnovni element svakog mikroprocesora, memorijskog čipa i telekomunikacijskog uređaja. [12] Proizvodnjom elektroničkih komponenata zamijenjene su električne komponente što je rezultiralo je izumom računala. [13] Tehnološke inovacije u obliku računala, mikroprocesora, interneta promijenile su dotadašnje proizvodne procese i način poslovanja. [14] Automatizirani su mnogi poslovi temeljni na podacima poput administrativnih djelatnosti, nadzor podataka, računovodstva i revizije. Numerički strojevi pretvoreni su u računalno numerički upravljane strojeve što je dovelo do bolje učinkovitosti i djelotvornosti procesa obrade podataka. [13] Shodno tome otvorena su mnogobrojna nova radna mjesta. [15]

Ekonomski utjecaj revolucije bio je golem. Internet je omogućio globalizaciju te na taj način promijenio način komunikacije pojedinaca i organizacija. Male organizacije su pomoću novih tehnologija dobile mogućnost pristupa na veća tržišta, a koncepti softverskih usluga i proizvodnje na zahtjev smanjili su troškove tehnologija te time omogućili pronalazak novih inovacija u industriji i svakodnevnom životu. Također, digitalne tehnologije uvelike su povećale produktivnost organizacija. [16]



Slika 5: IBM računalo u NASA 1957. godine

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_711#/media/File:IBM_Electronic_Data_Processing_Machine_-_GPN-2000-001881.jpg, 25.4.2021.

Revoluciju sa ekonomskog gledišta karakterizira strukturiranje kapitala čime je predstavljena nova paradigma kojom se ciljevi tvrtke mogu postići samo zajednički. Tvrtke su se okupljale kako bi postigle preciznije i konsolidirano gospodarsko djelovanje. Revolucija je nazvana tržišnom ekonomijom jer je osiguravala ubrzani razvoj u medijima i prometu te omogućila globalnu interakciju. [3]

Revolucija je stvorila potrebu za novim vještinama koja su zahtijevala stručna znanja iz oblasti novih tehnologija. [17] Obrazovanje orijentirano na usluge u drugoj industrijskoj revoluciji prelaskom na novu revoluciju preoblikovano je u model učenja kupaca. [18]

Pojavom digitalnih tehnologija i mogućnostima pristupa tehnologiji sa svih strana povećale su se mogućnosti zlouporabe tih tehnologija u svrhe za koje ona primarno nije namijenjena. Sustavi komunikacije i proizvodni sustavi postali su ranjivi te se zahtijevala zaštita komunikacijskih kanala i samih računalnih sustava.

Digitalna revolucija utjecala je na život čovjeka kao niti jedna prijašnja revolucija. Mogućnosti komunikacije i umrežavanja u realnom vremenu postali su svakodnevnica i novi način te standard u životu čovjeka i poslovanja organizacija.



Slika 6: Treća industrijska revolucija – digitalna revolucija

Izvor: <https://trendlog.dk/the-story-about-the-third-industrial-revolution/>, 25.4.2021.

3. ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

Danas smo na samim začecima nove industrijske revolucije koja će po svom opsegu, složenosti i brzini transformacije promijeniti način na koji živimo, radimo, komuniciramo i „tko smo“. [1] Nova industrijska revolucija razlikuje se od prethodnih revolucija po tome što nije direktno povezana s izumima temeljenim na probojnim znanstvenim otkrićima, već je to prvi puta da se revolucija predviđa a priori¹. [19] Nadovezujući se na treću industrijsku revoluciju karakterizira je spoj tehnologija koje brišu granice između fizičkih, digitalnih i bioloških sfera. [1]

Četvrta industrijska revolucija počiva na razvoju potpuno automatizirane i inteligentne proizvodnje sposobne za autonomnu komunikaciju svih sudionika. [20] Označava daljnji korak razvoja industrije i društva u kojem će ljudi, strojevi i proizvodi biti međusobno povezani jedni s drugima i sa svojim okruženjem. [21] Postoje tri razloga koji karakteriziraju da je u tijeku četvrta industrijska revolucija:

- *Brzina* – eksponencijalni razvoj, novija i sposobnija tehnologija
- *Širina i dubina* – kombinacija tehnologija dovodi do neviđenih promjena u gospodarstvu, poslovanju i društvu, te mijenja „što“ i „kako“ radimo i „tko smo“
- *Učinek na sustave* – transformacija sustava u zemljama, tvrtkama, društvu

Četvrta industrijska revolucija ne odnosi se samo na pametne i povezane strojeve i sustave, već je njezin opseg mnogo širi. Označava spoj novih tehnologija i njihovu interakciju između fizičke, digitalne i biološke domene po čemu se razlikuje od prethodnih industrijskih revolucija. U Tablici 1 su prikazane tehnologije i trendovi koji su pokretači nove industrijske revolucije. [1]

Tablica 1: Trendovi nove industrijske revolucije



Izvor: Izrada autora prema [1]

¹ Apriori - atribut koji označava zaključivanje ili prihvatanje nekog stava ili mišljenja na osnovi pretpostavke koja nije iskustveno doživljena i empirijski provjerena (https://hr.wikipedia.org/wiki/A_priori), 10.6.2021.

Svjetski ekonomski forum je 2015. godine identificirao 21 prijelomnu točku odnosno trenutke kada će specifični tehnološki pomoci oblikovati naš budući digitalni i umreženi svijet. Istraživanje je provedeno na preko 800 rukovoditelja i stručnjaka iz informacijske i komunikacijske tehnologije. Rezultati su prikazani u postocima te označavaju vjerojatnost ostvarenja prijelomne točke na temelju percepcije ispitanika. U Tablici 2 prikazane su prijelomne točke za koje se očekuje da će se ostvariti do 2025. godine.

Tablica 2: Prijelomne točke do 2025. godine

PRIJELOMNE TOČKE	%
10% ljudi koji nose odjeću povezanu s internetom	91.2
90% ljudi ima neograničenu i besplatnu pohranu podataka	91,0
1 bilijun senzora spojenih na internet	89.2
Prvi robotski farmaceut u SAD-u	86,5
10% naočala za čitanje spojenih na internet	85,5
80% ljudi s digitalnom prisutnošću na internetu	84.4
Proizvodnja prvog automobila 3D ispisom	84.1
Prva vlada koja je svoj popis zamijenila izvorima velikih podataka	82.9
Prvi mobilni telefon za implantaciju dostupan u prodaji	81.7
5% potrošačkih proizvoda proizvedenih 3D tehnologijom	81.1
90% populacije koja koristi pametne telefone	80.7
90% stanovništva s redovitim pristupom internetu	78.8
10% automobila bez vozača na američkim cestama	78,2
Prva transplantacija 3D printane jetre	76.4
30% revizija poduzeća provedeno umjetnom inteligencijom (AI)	75.4
Porez prikupljen putem blockchaina	73.1
50% + internetskog prometa prema kućama za aplikacije i uređaje	69,9
Globalno više putovanja/prijevoza dijeljenim autima	67.2
Prvi grad s više od 50.000 ljudi i bez semafora	63.7
10% globalnog BDP-a pohranjenog na blockchain tehnologiji	57,9
Prvi AI stroj u korporacijskom odboru	45,2

Izvor: Izrada autora prema [1]

Promjene koje donosi četvrta industrijska revolucija pružaju mnoge mogućnosti za unapređenje poslovanja, komunikacije i života ljudi. Nova industrijska revolucija omogućava:

- Niže barijere između izumitelja i tržišta
- Aktivnu ulogu umjetne inteligencije
- Integraciju različitih čimbenika tehnika i domena
- Poboljšanje kvalitete našeg života
- Povezani/umrežen život [22]

Četvrta industrijska revolucija na različite će načine utjecati na društvo i gospodarstvo. Većina ljudi će koristiti platforme društvenih medija za povezivanje, učenje i razmjenu informacija. Inovativni proizvođači i konkurenti će imati pristup digitalnim platformama za marketing, prodaju i distribuciju čime će se poboljšati kvaliteta i cijena roba i usluga, a potrošači će biti uključeni u proizvodne i distributerske lance. Tehnološke inovacije dovesti će do čuda na strani ponude što će rezultirati dugoročnim povećanjem učinkovitosti i produktivnosti. Smanjit će se troškovi prijevoza i komunikacija, dok će logistika i globalni lanci opskrbe postati učinkovitiji. To će dovesti do otvaranja novih tržišta i potaknuti će se gospodarski rast. [1]

Revolucija će prouzročiti i posljedice poput velike nejednakosti te poremetiti tržište rada. Nisko kvalificirane i plaćene poslove zamijenit će računala i digitalizacija, a pojavit će se novi poslovi koji zahtijevaju više vještina. [18] U novoj eri pojavljuju se i etičke zabrinutosti u vezi genetskog inženjerstva i robota. Genetsko inženjerstvo je poželjno u sprečavanju genetskih bolesti genetskim inženjerstvom, dok je modifikacija čovjeka u svrhu željenih osobina etički i moralno upitna. Roboti postaju pametniji i autonomniji uz pomoć umjetne inteligencije i strojnog učenja, ali imaju ogroman nedostatak – moralno rasuđivanje/kontekst. Time se ograničava sposobnost donošenja etičkih odluka u složenim situacijama te se postavlja pitanje koje moralne standarde bi roboti trebali naslijediti. [1]

Najcjenjeniji i najrjeđi resurs modernog doba biti će ljudi s idejama tj. oni koji mogu stvarati nove ideje i inovacije. U budućnosti će talent, više od kapitala, biti ključni faktor proizvodnje. [18] Neizvjesnost oko razvoja i usvajanja novih tehnologija, njihova složenost i međusobna povezanost među sektorima podrazumijeva da su svi dionici globalnog društva, vlade, poduzeća, akademska zajednica i civilno društvo, odgovorni surađivati na boljem razumijevanju novih trendova.

3.1. Industrija 4.0

Industrija 4.0 podrazumijeva novi pristup kontroli proizvodnih procesa [23] inteligentnim umrežavanjem strojeva i proizvodnih procesa korištenjem informacijske i komunikacijske tehnologije. [24]

Industrija 4.0 u korelaciji sa četvrtom industrijskom revolucijom označava koncept organizacijskih i tehnoloških promjena, integracije lanca vrijednosti i razvoj novih poslovnih modela pokrenutih potrebama kupaca i zahtjevima masovne prilagodbe omogućeni inovativnim tehnologijama, povezivanjem i integracijom IT-a. [25] Odnosi se na podatke i usluge koje će promijeniti buduću proizvodnju, logistiku u radne procese. [26] Kao takva, Industrija 4.0 pruža prostor za kreativnost, inovacije i nove mogućnosti. [23]

Ishodište ideje Industrije 4.0 započinje u „Strategiji visoke tehnologije“ koju je njemačka vlada predstavila u Hannoveru 2006. godine. Cilj njemačke vlade bio je poticanje tehnoloških i socijalnih inovacija, stvaranje vrijednosti te poboljšanje kvalitete života putem koncepta „digitalne ekonomije i društva“. [24] Pojedine značajke identificirane su u njemačkoj industrijskoj politici 2010. godine, a 2012. godine vlada je Industriju 4.0 označila jednim od 10 budućih projekata „Strategije visoke tehnologije“. [27] Na sajmu u Hannoveru 2011. godine prvi je puta spomenut pojam Industrija 4.0 pri čemu je fokus stavljen na povezivanje proizvodnje, informacijske tehnologije i interneta kombinacijom najnovijih tehnologija sa tradicionalnim industrijskim procesima. [21] Prednosti i nedostaci Industrije 4.0 navedeni su u Tablici 4.

Svrha Industrije 4.0 je implementacija visoko učinkovitih i automatiziranih proizvodnih procesa pri čemu će se pojedinačni proizvodi i proizvodi na zahtjev kupca proizvoditi prema strategijama masovne prilagodbe [21] kroz samo-regulirajuću proizvodnju u kojoj će ljudi, strojevi, oprema i proizvodi komunicirati jedni s drugima. [26] Industrija 4.0 nameće se kao rješenje globalnih izazova poput smanjenja delokalizacije tvrtki, poboljšanja personalizacije proizvoda, povećanje fleksibilnosti u operativnim procesima, održivosti [28] učinkovitosti potrošnje resursa i energije te povećanja konkurentnosti. [21] Glavni cilj sustava Industrije 4.0 odnosi se na poboljšanje učinkovitosti i fleksibilnosti tvrtki na prilagodbu za buduće zahtjeve. [29]

U Tablici 3 prikazane su glavne značajke na kojima se temelji Industrija 4.0.

Tablica 3: Značajke Industrije 4.0

ZNAČAJKE INDUSTRIJE 4.0	
INTEROPERABILNOST	<ul style="list-style-type: none"> - kibernetско-fizički sustavi za obradu podataka - povezivanje i komunikacija pametnih tvornica i ljudi
VIRTUALIZACIJA	<ul style="list-style-type: none"> - stvaranje virtualne kopije fizičkog svijeta - povezivanje senzora, virtualnih i simulacijskih modela
DECENTRALIZACIJA	<ul style="list-style-type: none"> - sposobnost samostalnog donošenja odluka - veća autonomija ljudi u donošenju odluka
REALNO VRIJEME	<ul style="list-style-type: none"> - prikupljanje i analiza podataka u realnom vremenu - učinkovitost uporabe resursa i energije
ORIJENTACIJA NA USLUGU	<ul style="list-style-type: none"> - dostupnost usluga, usluga i informacija u realnom vremenu pomoću virtualnih i digitalnih platformi
MODULARNOST	<ul style="list-style-type: none"> - prilagodba zahtjevima zamjenom/proširenjem modula - prilagodba proizvodnje okolišu, sustavu ili kupcu

Izvor: Izrada autora prema [30]

U Tablici 2 navede su prednosti koje dolaze primjenom tehnologija i sustava Industrije 4.0, te su također navedeni i nedostaci.

Tablica 4: Prednosti i nedostaci Industrije 4.0

PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> Digitalizacija i automatizacija Personalizirana proizvodnja Optimizacija i prilagodba proizvodnje Povećana konkurentnost Usmjerenost na produktivnost Efikasna uporaba resursa Interakcija čovjek - stroj 	<ul style="list-style-type: none"> Sigurnost podataka Manipulacija proizvodnim sustavima Nedostatak pokrivenosti širokopoljnim internetom Infrastruktura Tehnički standardi Znanje i vještine zaposlenika

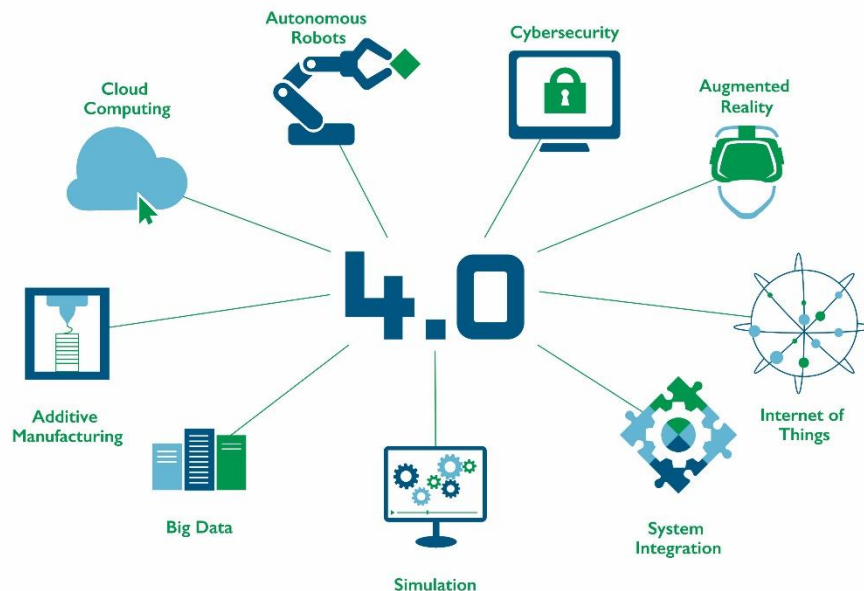
Izvor: Izrada autora prema [31,32]

3.2. Karakteristike Industrije 4.0

Industriju 4.0 karakteriziraju devet tehnoloških dostignuća koji su temelj nove industrijske paradigme. Tehnologije se već koriste u proizvodnji te će u budućnosti transformirati proizvodnju od izoliranih i optimiziranih stanica u potpuno integriranu i automatiziranu proizvodnju kako bi se postigla veća učinkovitost te promijenili tradicionalni odnosi između proizvođača, dobavljača i kupaca kao i između čovjeka i stroja.

Industrija 4.0 temelji se na devet osnovnih tehnologija prikazanih na Slici 7:

- 1) Internet stvari (IoT)
- 2) Kibernetska sigurnost
- 3) Big data
- 4) Integracija sustava
- 5) Autonomni roboti
- 6) Proširena stvarnost
- 7) Simulacije
- 8) Aditivna proizvodnja
- 9) Računalni oblak



Slika 7: Ključne tehnologije Industrije 4.0

Izvor: <https://www.pis.eu.com/oblikovanje-industrije-40.aspx>, 6.7.2021.

3.2.2. Kibernetaska sigurnost

Kibernetaska sigurnost podrazumijeva kibernetisku i fizičku sigurnost sačinjenu od niza umreženih internetskih sustava poput hardvera, softvera i podataka koji čine zaštitnu od kibernetaskih napada. [13] Uključuje zaštitu i radnje koje tvrtke poduzimaju kako bi spriječile napade na informacijske sustave i uređaje. [29] Kibernetaska sigurnost postaje vrlo važan aspekt Industrije 4.0 zbog povećane povezanosti i upotrebe komunikacijskih kanala i protokola.

Komunikacijski kanali poslovnih okruženja mogu biti meta hakerskih i terorističkih napada što može dovesti do potpunog pada sustava odnosno prekida proizvodnih procesa. [35] Ogromna je potreba za učinkovitim rješenjima i obrambenim sustavima koji mogu spriječiti napade te negativne učinke na poslovanje. Za sigurno poslovanje ključne su pouzdane komunikacije sa sofisticiranim pristupom upravljanju strojeva i provjerom identiteta korisnika. [36]

3.2.3. Big Data

Big Data označava velike, raznolike i složene skupove podataka koji utječu na tvrtke u pogledu donošenja strateških odluka. Tvrtke povećanjem količine podataka, praćenjem, mjerenjem, upravljanjem te unapređenjem tehnoloških sposobnosti postižu konkurentsku prednost kroz rast produktivnosti, inovacija [35], kvalitete proizvodnje, uštede energije i poboljšanje usluga. Također omogućuju brzo i učinkovito upravljanje i korištenje baza podataka te olakšavaju selekciju i analizu važnih i manje važnih podataka. [34]

Big Data koristi se za rješavanje izazova na organizacijskoj razini te se stoga mogu se promatrati kao:

- *Alat* - rješavanje problema u lancu vrijednosti postojećim mogućnostima
- *Industrija* - novi pothvati i razvoj softverskih sustava za rukovanjem podacima
- *Strategija* - izgradnja podatkovnih resursa i razvoj novih poslovnih modela [35]

3.2.4. Integracija sustava

Integracija sustava u Industriji 4.0 sastoji se od integriranja neovisnih proizvodnih lanaca i podsustava dodane vrijednosti jedne tvrtke te se dijeli na: [29]

- *vertikalnu integraciju* – unutar sektora organizacije
- *horizontalnu integraciju* – kroz poslovne partnere i dobavljače

Vertikalna integracija podrazumijeva povezivanje svih procesa unutar organizacije. Umrežava pametne proizvodne sustave, uslužne programe i usluge na zahtjev orijentirane na prilagođavanje operativnih tokova. [13] Cilj vertikalne integracije je objediniti sve razine organizacije. Glavna prednost vertikalne integracije je u mogućnosti autonomije cijelog poslovanja. [29]

Horizontalna integracija povezuje sva poduzeća koja pružaju usluge matičnoj organizaciji. Razvija se inovativna međunarodna mreža koja omogućava integraciju svih dionika. [13] Industrijska mreža prikuplja velike podatke kako bi se optimizirale performanse sustava. [35] Horizontalna integracija koristi povezane mreže kibernetско-fizičkih i komercijalnih sustava koji rezultiraju boljom automatizacijom, fleksibilnošću i operativnom učinkovitosti u proizvodnim procesima. [29]

Integracija sustava stvara okvir pametne tvornice u kojoj su proizvodni sustavi zamišljeni kao samoorganizirana struktura koja integrira fizičke sustave putem pametnih mreža. [35]



Slika 9: Vertikalna i horizontalna integracija sustava organizacije

Izvor: <https://www.equipment-news.com/industry-4-0-needs-horizontal-integration/>, 8.6.2021.

3.2.5. Autonomni roboti

Autonomni roboti su jedna od glavnih karakteristika Industrije 4.0 pri čemu roboti postaju autonomniji, fleksibilniji i kooperativniji. Razvoj autonomnih robota omogućava njihovu komunikaciju međusobno i sa ljudima uz smanjene troškova.

Autonomni roboti koriste se u proizvodnoj industriji za rješavanje složenih zadataka. [34] Sučelje čovjek-robot stvara usku suradnju korištenja robota i ljudskog mozga. Čovjek u ulozi operatera daje upute industrijskim robotima i kontrolira cjelokupni sustav. Roboti pronalaze primjenu u proizvodnji, logistici, distribucijskim aktivnostima, dok ih ljudi daljinski kontroliraju. [35]

Korištenjem autonomnih robota povećava se produktivnost, smanjuju pogreške [29] te se omogućuje veća ponovljivost, pouzdanost i osiguranje kvalitete. [13] Daljnjim razvojem roboti će brzo i učinkovito upravljati objektima različitih veličina i oblika pri čemu će samostalno donositi inteligentne i precizne odluke. [29]

3.2.6. Proširena stvarnost

Proširena stvarnost definira se kao interaktivna tehnologija koja omogućuje sklad između virtualnog svijeta i njegovih korisnika pri čemu se virtualni svijet koristi kao dio stvarnog okruženja. [35] Proširena stvarnost služi kao alat koji prekrivene računalno generirane slike sinkronizira sa stvarnim svijetom. [13]

Ova tehnologija poboljšava interakciju čovjeka i stroja, omogućuje daljinsko upravljanje i vizualni pregled ljudi koji je koriste virtualno. [35] Koristi se za obuku operatera ili kao sučelje u interakciji s robotima. Prednosti uporabe proširene stvarnosti povećavaju produktivnost, smanjuju vrijeme i troškove, sprječavaju pogreške te poboljšavaju dizajn i razvoj. [34]



Slika 10: Proširena stvarnost

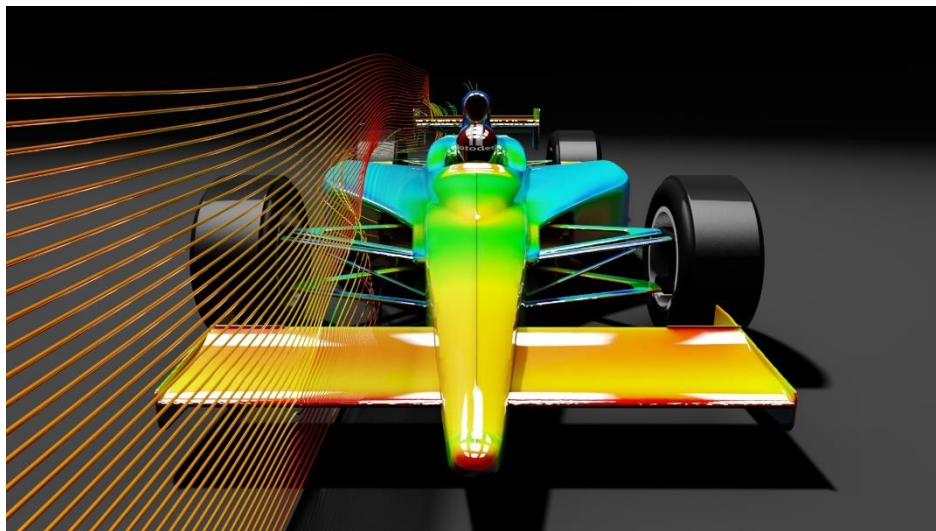
Izvor: <https://www.mbtmag.com/home/blog/13247119/four-key-technology-trends-and-how-companies-can-capitalize-on-them>, 8.6.2021.

3.2.7. Simulacije

Simulacija je moćna i široko priznata tehnika za pristupanje trenutnim izazovima proizvodne industrije te predstavlja ogroman potencijal za razvoj i poboljšanje proizvoda i proizvodnih procesa. [13] U kontekstu Industrije 4.0 simulacije oponašaju procese u svrhu razumijevanja njihovog ponašanja, donošenja odluka te poboljšanja performansi. [29] Simulacije mogu uključivati strojeve i alate koji omogućavaju korisniku da testira i poboljša postavke stroja u virtualnom modelu prije fizičkog. [34]

Alati za simulaciju igraju pomoćnu ulogu u proizvodnim aktivnostima promicanjem održivog proizvodnog okruženja. [35] Virtualna simulacija pruža brži i fleksibilniji odgovor na nestabilnu potražnju na tržištu. [37]

Simulacije su široko korištene u proizvodnji za dizajniranje proizvoda ili optimizaciju izvan mreže. [29] Mogu se koristiti za integriranje razvoja proizvoda s fizičkom i digitalnom proizvodnjom gdje digitalni dizajn, virtualno modeliranje procesa i 3D print omogućuju kontinuirani razvoj, smanjenje vremena dizajna i izrade [34] te uštedu resursa. [29] Glavne prednosti korištenja simulacija su smanjenje kvarova u procesu, niža stopa otpada, pouzdaniji proizvodni sustavi, smanjenje zastoja, povećanje razine kvalitete. [37]



Slika 11: Simulacija razvoja proizvoda

Izvor: <https://www.prior.hr/simulation/>, 8.6.2021.

3.2.8. Aditivna proizvodnja

Aditivna proizvodnja je postupak u kojem se proizvodi dizajniraju digitalno te nastaju taloženjem slojeva materijala. [34] Aditivna proizvodnja definira se kao 3D ispis te je najčešći način prototipa i metoda 3D ispisa u proizvodnji malih serija proizvoda.

Evolucijom proizvodnih tehnika 3D tiska omogućena je fleksibilna proizvodnja u odnosu na tradicionalne metode. Omogućava se proizvodnja složenih dijelova, ali u manjim količinama. Sustavi aditivne proizvodnje smanjuju probleme potrošača interakcijom s proizvođačima i širokom mogućnošću prilagođavanja proizvoda od sve većeg broja podataka kupaca. [13] Iznimne su koristi za industriju u tome što se na taj način mogu proizvesti personalizirani proizvodi visoke kvalitete, ubrzati inovativni postupci te skratiti vrijeme izlaska na tržište. [34]

Aditivna proizvodnja dovest će do smanjene uporabe resursa, smanjenja proizvodnih troškova te brzog povrata ulaganja i profit.

3.2.9. Računalni oblak

Računalni oblak je model koji omogućava sveprisutan i prikladan mrežni pristup na zahtjev korisnika koji se mogu brzo provjeriti i osigurati im pristup uz minimalan napor upravljanja ili interakciju davatelja usluga. [24] Podrazumijeva način virtualizacije resursa, usluga i kombiniranja sustava temeljenog na klijentu i poslužitelju. Uključuje skupove IT resursa koji nude mogućnost pohrane i obrade podataka u virtualnom sustavu opsluživanjem više korisnika. [35] Podrazumijeva pohranu i pristup podacima i programima putem Interneta, umjesto putem tvrdog diska lokalnog računala. Omogućuje organizacijama trenutnu razmjenu informacija ili podataka, a proizvodnim sustavima omogućuje komunikaciju u stvarnom vremenu. [29]

Postoje tri modela Računalnog oblaka:

- *Softver kao usluga (SaaS)* – korištenje softvera, npr. ERP
- *Platforma kao usluga (PaaS)* - pristup i korištenje aplikacija u oblaku
- *Infrastruktura kao usluga (IaaS)* – pohrana podataka [35]

4. HRVATSKA U KONTEKSTU INDUSTRIJE 4.0

Nova industrijska politika koja dolazi otvara potrebu propitivanja spremnosti Hrvatske na promjene koje donosi Industrija 4.0. Države moraju odlučiti kako najbolje odgovoriti u odnosu na njihove nacionalne strategije, što zahtijeva da najprije definiraju čimbenike i uvjete koji imaju najveći utjecaj na transformaciju njihovih proizvodnih sustava, a slijedom toga mogu poduzeti odgovarajuće mjere za uklanjanje potencijalnih nedostataka vezanih uz njihovu spremnost za budućnost proizvodnje.

Svjetski ekonomski forum prema Izvještaju o spremnosti na budućnost proizvodnje iz 2018. godine „spremnost“ definira kao mjeru sposobnosti država da:

- iskoriste napredne mogućnosti proizvodnje
- ublaže rizike i izazove
- budu otporne i spretne na buduće nepoznate šokove

U Tablici 5 prikazano je na koji način Svjetski ekonomski forum analizira procjenu spremnosti država na buduće mogućnosti proizvodnje. Procjena se temelji na dvije različite komponente, *strukturu proizvodnje* i *pokretače proizvodnje*.

Tablica 5: Mogućnosti buduće proizvodnje



Izvor: Izrada autora prema [18]

Analiza spremnosti na buduće mogućnosti proizvodnje svrstala je države u četiri kategorije:

- *vodeće* – jaka proizvodna baza i visoka razina spremnosti
- *zemlje s naslijeđem* – jaka proizvodna baza, slabi pokretači proizvodnje
- *visoko potencijalne* – postojanje kapaciteta za povećanje proizvodnje
- *početne* – ograničena proizvodna baza, niska razina spremnosti na budućnost

Na Slici 12 prikazani su rezultati istraživanja Svjetskog gospodarskog foruma na kojem su prikazane četiri kategorije u koje su svrstane države prema strukturi proizvodnje i pokretačima proizvodnje. Hrvatska se nalazi među zemljama početnicama, te je jedna od posljednjih među državama članicama Europske unije. [38]



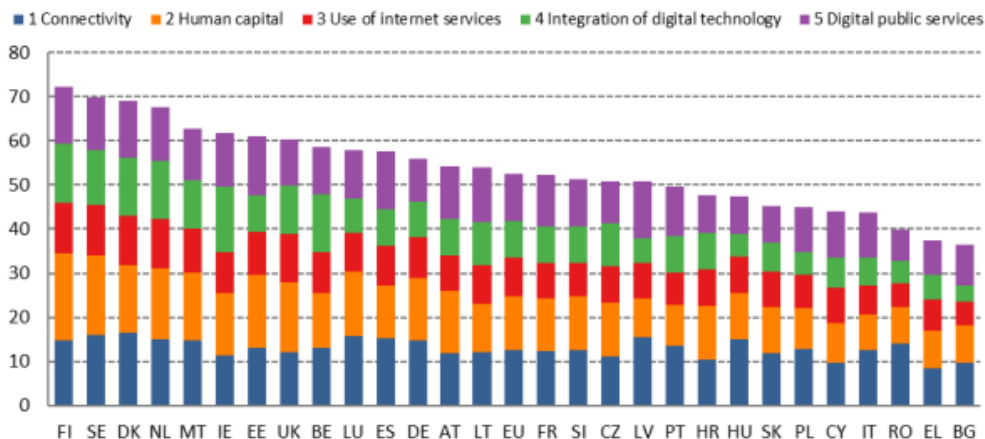
Slika 12: Izvješće o spremnosti za budućnost, 2018. godina

Izvor: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf, (25.4.2021.)

Indeks digitalne ekonomije i društva (DESI) odnosi se na praćenje ukupne europske digitalizacije te napretka država Europske unije u digitalnoj konkurentnosti. Podacima o digitalizaciji za svaku državu članicu pomaže se u identificiranju područja koja zahtijevaju prioritetna ulaganja i djelovanje. DESI se temeljni na pet karakteristika po kojima se mjeri stupanj digitalizacije svake države:

- 1) *Povezanost* – fiksni širokopojasni pristup i pokrivenost
- 2) *Ljudski kapital* – internetske vještine i napredne vještine
- 3) *Korištenje interneta* – internetske usluge i on line transakcije
- 4) *Integracija digitalnih tehnologija* – digitalizacija poslovanja i e-trgovina
- 5) *Digitalne javne usluge* – digitalizacija javnih usluga

Na Slici 13 prikazano je rangiranje država članica Europske unije prema indeksu digitalne ekonomije i društva u 2020. godine prema podacima iz 2019. godine. Republika Hrvatska nalazi se na 20. mjestu od ukupno 28 članica. [39]



Slika 13: Index digitalne i ekonomije i društva u 2020. godini

Izvor: DESI 2020

Istraživanjem koje je 2019. godine provela vodeća hrvatska konzultantska tvrtka Apsolon o digitalnoj transformaciji Hrvatska pokazuje zaostalost u primjeni i uvođenju digitalizacije. U samom istraživanju sudjelovalo je 300 velikih i srednjih tvrtki pri čemu se proučavalo stanje digitalizacije i digitalne transformacije, digitalna spremnost, strategija, interesi te utjecaj digitalne transformacije na poslovanje. Dobiveni rezultati pokazuju da tvrtke u velikoj mjeri ne razumiju što je digitalna transformacija, nemaju digitalnu strategiju, ne shvaćaju njezin prioritet i same posljedice izostanka digitalne transformacije. [40]

Industrija 4.0 pruža priliku koju treba iskoristiti u svrhu digitalizacije. Poticaj za digitalnu transformaciju treba biti sastavljen od jasne, profilirane i neupitne državne ekonomske politike te obrazovnog sustava. Trenutno postoji STEM² inicijativa od strane pojedinaca koji su prepoznali potrebu kako bi uhvatili korak sa razvijenim svijetom.

Gledajući sa pozicije vodećih ekonomija, tranzicija prema Industriji 4.0 je u velikom tijeku i označava sadašnjost, dok se sa pozicije razmišljanja građana i industrije u Hrvatskoj gleda sa nerazumijevanjem i nepovjerenjem te je stoga ona daleka budućnost, mada ima potencijala. [41]

² STEM – science, technology, engineering, mathematics

5. IMPLEMENTACIJA INDUSTRIJE 4.0 U ORGANIZACIJU

Implementacija sustava Industrije 4.0 u organizaciju kompleksan je proces koji zahtijeva promjenu dosadašnjeg razumijevanja organizacije i poslovanja te se odnosi na kontinuirano unapređenje poslovanja primjenom najnovijih tehnologija. Implementacija ne ovisi samo o tvrtkama već zahtijeva angažman i suradnju poslovnih subjekata, politike i akademske zajednice. Tvrtke se prilikom implementacije susreću sa brojnim izazovima koji se ne mogu samostalno prevladati, te je stoga potrebno definirati smjernice i parametre za uspješnu implementaciju sustava Industrije 4.0.

Implementacijom Industrije 4.0 u proizvodne organizacije mogu se postići tri razine transformacije:

- *Digitalna proizvodna transformacija*
- *Transformacija digitalne servitizacije³*
- *Potpuno digitalna transformacija*

Digitalna proizvodna transformacija postiže se usvajanjem tehnologija Industrije 4.0. Proizvođači prilikom transformacije zadržavaju tradicionalno poslovanje poboljšavajući pritom svoje rutine sa svrhom rasta produktivnosti i kvalitete.

Transformacija digitalne servitizacije postiže se prihvaćanjem tehnoloških mogućnosti poput analitike velikih podataka i dijeljenja resursa. Iskorištava se potencijal novih tehnologija u promjeni tradicionalne proizvodne filozofije na pružanje usluga putem digitalnih proizvoda. Glavni cilj je postizanje konkurentnosti, zadržavanje kupaca te stabilizacija izvora prihoda. Oslanjajući se na suradnju kupaca, transformacija omogućuje zatvorenu ponudu u kojoj proizvođači sudjeluju u cjeloživotnom upravljanju svojim proizvodima gradeći usluge s dodanom vrijednošću.

Potpuno digitalna transformacija usko je povezana s prethodnim transformacijama. Postiže se usvajanjem čitavog spektra tehnoloških mogućnosti Industrije 4.0. Proizvodni programi poboljšavaju se najnovijim tehnologijama, te se razvijaju potpuno novi prijedlozi vrijednosti. Služi za poboljšanje učinkovitosti poslovanja te pronalaženje novih načina za interakciju sa kupcima. [42]

³ Servitizacija – postupak nuđenja usluga sa proizvodom u proizvodnim poduzećima [43]

Organizacije implementacijom sustava Industrije 4.0 žele unaprijediti i olakšati svoje poslovanje. Neke organizacije samoinicijativno kreću u projekt implementacije ili dok su druge prisiljene pratiti trendove na tržištu i konkurenciju da bi opstale u poslovnom svijetu prepunom izazova i brzih promjena. U Tablici 6 navedeni su ciljevi implementacije sustava Industrije 4.0.

Tablica 6: Ciljevi implementacije sustava Industrije 4.0

CILJEVI IMPLEMENTACIJE INDUSTRIJE 4.0	
Produktivnost	Smanjenje jediničnih troškova i vremena Upravljanje skladištima i zalihama
Učinkovitost resursa Kruženje materijala	Manja uporaba resursa, bolje gospodarenje otpadom Veća vrijednost proizvoda tijekom životnog ciklusa
Kvaliteta	Smanjenje broja pogrešaka Poboljšanje kvalitete proizvodnih procesa
Agilnost	Utjecaj na okretnost opskrbnog lanca Brzi redizajn tokova vrijednosti
Procjena potrošača	Sposobnost prikupljanja zahtjeva kupaca Virtualni razvoj proizvoda, analitika podataka
Prilagođavanje proizvoda i usluga	Sposobnost ponude proizvoda prema zahtjevu kupca Sposobnost pružanja personaliziranog sadržaja
Monitoring	Praćenje proizvoda i strojeva, daljinska dijagnostika Preventivno/proaktivno održavanje, kontrola, revizija
Sigurnost i zaštita	Uporaba dronova i robota za rizična radna mjesta Poboljšana sigurnost i zaštita kupaca
Razmjena informacija	Poboljšanja u prikupljanju i razmjeni podataka unutar i izvan tvrtke
Odlučivanje	Iskorištavanje prikupljenih podataka za proaktivne odluke, optimizaciju proizvodnje, opskrbe i zaliha
Konkurentnost	Povećanje konkurentnosti u vlastitom sektoru Konkurentnost u novim sektorima, novi kupci

Izvor: Izrada autora prema [42]

5.1. Izazovi implementacije Industrije 4.0

Organizacije se prilikom implementacije Industrije 4.0 suočavaju sa mnogo problema unutar i izvan organizacije. Uspješnost implementacije ovisi o faktorima na koje organizacije mogu utjecati te faktorima na koje nemaju utjecaja. U Tablici 7 prikazani su unutarnji i vanjski izazovi o kojima ovisi uspješnost implementacije Industrije 4.0 u organizaciju.

Tablica 7: Izazovi implementacije Industrije 4.0



Izvor: Izrada autora

5.1.1. Unutarnji izazovi

Interna znanja i razumijevanje Industrije 4.0 presudni su u izbjegavanju zablude i pogrešnih očekivanja koja mogu negativno utjecati na prijelazni proces. Organizacije se pritom suočavaju sa pronalaskom prikladnih izvora informacija [44] te profitabilnom uporabom velikih količina informacija. Korisna uporaba informacija temelji se na dvije vrste perspektiva uporabe: [42]

- *Unutarnja* - pretvaranje informacija u stratešku i taktičku prednost
- *Vanjska* - razvoj aktivnosti pretvarajući informacije u dodatne novčane tokove

Novom revolucijom u poslovanju mijenjaju se i vještine potrebne za proizvodnju. Povećana razina automatizacije, uporaba pametnih uređaja te naprednih

informatičkih sustava zahtijevaju specifične vještine. [44] Vještine i kvalifikacije zaposlenika ključan su faktor uspjeha organizacije. Organizacije bi trebale pokrenuti besplatno obrazovanje i programe za osposobljavanje zaposlenika kako bi uskladile njihove vještine s najnovijim tehnologijama prilikom implementacije. [34] Nedostatak vještina radnika, osposobljavanje, starenje radne snage [42] te unutarnji otpor organizacijskim promjenama biti će glavni izazovi za organizacije u smislu razumijevanja Industrije 4.0. [45]

Strategija pomaže u identificiranju potencijalnih prepreka i njihovom prevladavanju. Nedostatak razvoja strategije može dovesti do nesporazuma i pogrešnih očekivanja od koncepta Industrije 4.0. Usklađivanjem strategije Industrije 4.0 sa cjelokupnom korporativnom strategijom tvrtke mogu spriječiti pogrešno razumijevanje temeljnih karakteristika i dinamike Industrije 4.0. Razvoj strategije trebao bi biti usklađen sa glavnom strategijom korporacije, a ne samo usmjeren na pojedinačne projekte. [44]

Tehnologije i infrastruktura važan su element za implementaciju i funkcioniranje Industrije 4.0 te čine jedan je od najvažnijih izazova [44] u pogledu tehničkih komponenata, funkcionalnosti te načina operacionalizacije istih. [35]

Upravljanje novim tehnologijama zahtijeva sposobnost, znanje i vještine zaposlenika. IT zrelost podrazumijeva sposobnost tvrtke da upravlja složenim zadacima pokrenutim tehnologijama Industrije 4.0. Sposobnost osim vještina i znanja zaposlenika zahtijeva kompatibilnost trenutno korištenih tehnologija te stabilnost internetske povezanosti. IT infrastruktura može biti ograničavajući faktor u prikupljanju podataka. Naprednija infrastruktura omogućuje preciznije simulacije i optimizaciju procesa, čime se dodatno naglašava važnost infrastrukture. Zrelost infrastrukture čini kontinuirani proces čime fleksibilnost dovodi do otvorenije infrastrukture. [44]

Lean iskustvo može pomoći tvrtkama u implementaciji Industrije 4.0. Tvrtke sa Lean proizvodnim iskustvom vjerojatnije će se odlučiti za implementaciju sustava Industrije 4.0 u odnosu na one bez iskustva Lean-a.

Kompatibilnost Lean-a i Industrije 4.0 temelji se na zajedničkim cjevima povećanja ukupne fleksibilnosti i produktivnosti poduzeća. Obje filozofije preferiraju decentralizirane infrastrukture nad velikim i složenim sustavima. Lean proizvodnja može se poboljšati Industrijom 4.0 i obrnuto. Industrija 4.0 može pomoći tvrtkama da postignu višu razinu Lean proizvodnje zbog potencijala novih tehnologija i ciljeva obje filozofije. Također, Industrija 4.0 može pridonijeti implementaciji Lean-a tvrtkama koje tek namjeravaju implementirati ili poboljšati Lean proizvodnju. [44]

Sigurnost na radu važan je čimbenik koji može utjecati na implementaciju Industrije 4.0 u organizaciju. Rizici povezani sa Industrijom 4.0 mogu biti fizičke i psihološke prirode. Fizički rizici odnose se na povećanu uporabu robota što može rezultirati potencijalnim porastom rizika od nastanka nesreća. Psihološki rizici podrazumijevaju tjeskobu zbog mogućnosti gubitka posla, nedostatka povjerenja u implementirane sustave te transparentnost podataka [42] što se može riješiti stvaranjem radnog okruženja koje zaposlenicima nudi podršku. [44] Tvrtnice se trebaju suočiti sa nedostatkom internih sposobnosti da zajamče sigurnost ljudi u kontaktu s autonomnim strojevima, razmjeni i pohrani podataka te nedostatku zakona. [42]

Organizacije moraju razmotriti potencijalne rizike prije samog razvoja ili primjene novih tehnologija jer naknadne prilagodbe mogu dovesti do visokih troškova te postati neizvedive. [44]

Sektor i veličina tvrtke imaju utjecaja na vjerojatnost implementacije Industrije 4.0. Ovisno o sektoru tvrtke se suočavaju s različitim izazovima i mogućnostima implementacije. Ponavljajuća i visoko automatizirana proizvodna okruženja prikladna su za integraciju tehnologija i koncepata Industrije 4.0.

Spremnost tvrtke na implementaciju povezana je sa njezinom veličinom. Veće tvrtke pokazuju višu razinu spremnosti, dok je za manje tvrtke Industrija 4.0 izazov zbog različitih razloga poput nedostatka resursa koji sprečavaju tvrtke da identificiraju buduće mogućnosti jer su usredotočene se na svoje svakodnevno poslovanje. [44]

Organizacijska ograničenja prisiljavaju tvrtke da promijene svoje postojeće poslovne modele kako bi podnijele izazov koji predstavlja Industrija 4.0. Opstanak, napredak i uspjeh poduzeća djelomično ovisi o naporima, ponašanju i interakciji zaposlenika jer su oni ključni u provedbi misije i strategije tvrtke. Prema tome postojeća organizacijska kultura može ometati provedbu Industrije 4.0. [34] Tvrtnice bi se trebale oduprijeti ovom izazovu reorganizacijom zaposlenika, preraspodjelom radne snage, strukturnim i organizacijskim promjenama, usvajanjem tehnologija proizvodnje u oblaku te tvorničkom mrežom partnerstva. [42]

Troškovi i sposobnost procjene ulaganja presudni su za uspjeh tvrtke da implementira sustav Industrije 4.0. Ulaganje u obnovu infrastrukture, resursa, ljudi i strojeva [44] velik je rizik i izazov za primjenu Industrije 4.0. [34] Zabrinutost tvrtki zbog ulaganja u dugoročne projekte poput provedbe Industrije 4.0 raste zbog strategija koje su usredotočene na kratkoročno postizanje financijskih rezultata te nemar budućih kupaca što je rezultat prejake usredotočenosti na trenutne kupce. [44]

Tvrtke se moraju suočiti sa neizvjesnim povratom ulaganja, čekanja na povrat ulaganja te primijenjenih napora i ulaganja u infrastrukturu. [45]

Menadžment ima ključnu ulogu u odlučivanju, upravljanju i provođenju promjena u tvrtki tijekom primjene Industrije 4.0. [45] Menadžeri bi trebali surađivati sa drugim tvrtkama te vladinim institucijama i znanstvenicima. [44] Prepreka implementaciji može biti sumnja menadžmenta prema potencijalnim prednostima i problemima nove tehnologije. Menadžment se mora suočiti sa nedostatkom multidisciplinarnih praktičnih znanja, metodoloških postupaka, nerazumijevanjem koncepta, prakse, djelovanja te koristi i suradnje između tvrtki. [45] Menadžment će imati izazov razviti i ispostaviti kulturu orijentiranu na kupce, osmisliti nove vrijednosne prijedloge, [42] boriti se sa nedostatkom kvalificirane radne snage te potaknuti organizacijske promjene. [45]

5.1.2. Vanjski izazovi

Politika. Vlade imaju ključnu ulogu, od infrastrukture do obrazovanja, preko ekonomskih ublažavanja, do suradnje, da povećaju vjerojatnost uspješne provedbe transformacije. Političke institucije odgovorne su za stvaranje odgovarajućeg okruženja za tvrtke koje namjeravaju implementirati Industriju 4.0. Postavljanjem zakonskih granica, postizanjem širenja širokopojasne mreže i stvaranjem socijalnog sustava u smislu obrazovanja pomaže se tvrtkama u procesu transformacije. Vlade mogu biti pouzdan izvor financijske potpore mjerama poput smanjenja poreza za istraživanja čime se može pomoći u prevladavanju prepreka. Također, Vlade mogu podržati programe koji podižu svijest. [44]

Vlade se moraju suočiti sa izradom okvira za zaštitu korporacija, poslodavaca i kupaca od zlouporabe informacija kao i izgradnjom mrežne infrastrukture za razmjenu velikih količina podataka. [42] Izazov za Vlade nedostatak propisa i politika [45] te ograničeni poticaji za mala i srednja poduzeća. [42] Državna uprava trebala bi odozgo prema dolje inicirati kulturne promjene i biti uzor, pružajući jasnu viziju. [46]

Sigurnost podataka sastavni je dio razvoja i implementacije Industrije 4.0 te je stoga važno razumjeti potencijalni utjecaj novih tehnologija na ukupnu sigurnost. [44] Osjetljivi podaci i informacije povezani sa kupcem i organizacijom moraju biti osigurani i zaštićeni od neovlaštenog pristupa, hakiranja i oštećenja. [34] Tvrtke će morati uložiti velike napore u sigurnost podataka te se nositi sa izazovima upravljanja, kontrole i zaštite podataka i informacija. [45]

Korporativna i akademska suradnja odnosi se na suradnju između vlada, tvrtki i sveučilišta u svrhu provedbe Industrije 4.0. Suradnja sa industrijskim partnerima presudna je u jačanju vještina za implementaciju dok je suradnja s obrazovnim sektorom važna u pristupu rješavanja izazova. Suradnjom s drugim tvrtkama mala i srednja poduzeća mogu smanjiti ukupne rizike koji proizlaze iz razvoja, testiranja i proizvodnje novih tehnologija i proizvoda. [44]

Financije. Financijska ograničenja u kombinaciji s visokim troškovima tehnologija i sustava povezanih s Industrijom 4.0 stvaraju snažnu prepreku za tvrtke. Tvrtke se zbog složenosti tehnologija Industrije 4.0 suočavaju sa poteškoćama u procjeni isplativosti svojih budućih ulaganja. Održavanje sigurnosnih standarda tijekom transformacije dovodi do povećanih financijskih napora što nepovoljno utječe na uspješnost primjene. Visoki troškovi sprečavaju tvrtke u daljnjem radu s Industrijom 4.0 te da dosegnu višu razinu zrelosti Industrije 4.0. [44]

Radna snaga kritična je točka za svaku tvrtku u procesu implementacije Industrije 4.0. Nedostatak kvalificirane radne snage sa znanjem i iskustvom [45] te nedostatak tehničkih vještina u radnoj snazi [42] prepreka je i izazov za tvrtke koji se može riješiti samo međusobnom suradnjom vlada, tvrtki i akademske zajednice. Za instalaciju i održavanje tehnologije potrebni su stručnjaci i kvalificirana radna snaga sa specifičnim skupom vještina. [34] Stoga bi Vlade i korporacije trebale povećati ulaganja u obrazovanje, istraživanje i razvoj. [44]

Nedostatak standardizacije i kompatibilnosti. Povezivanje svih subjekata unutar tvrtke zahtijeva upotrebu tehnologija poput velikih podataka i računalstva u oblaku. Povećanjem količine podataka koji će se dijeliti, prikupljati i obrađivati, povećava se i ranjivost sustava za upravljanje podacima. Neprimjereno osiguranje i upravljanje podacima može rezultirati padovima sustava i zaustavljanjem cijele proizvodnje. [44] Proizvodne industrije moraju nadograditi svoju postojeću infrastrukturu u pametnu infrastrukturu koja će uključivati integraciju heterogenih komponenata, alata i metoda. [34]

Nedostatkom standardizacije novih tehnologija, zakona, [44] komunikacijskih standarda i protokola za različite strojeve [42] otežava se provedba Industrije 4.0 te se tvrtke izlažu financijskim rizicima i dodatnoj količini nesigurnosti koja se smatra jednom od najvažnijih mjera za brzu provedbu. [44] Stoga je potrebno uspostaviti standarde koji predviđaju mehanizme suradnje i razmjenu informacija. [34]

5.2. Ključni faktori za uspješnu implementaciju

Implementacija sustava Industrije 4.0 u organizaciju ovisi o nekoliko faktora koji utječu na odluku o implementaciji. Organizacije bi trebale razmotriti ključne faktore te razumjeti koje korake poduzeti kako bi uspješno implementirale sustav Industrije 4.0 u svoje poslovanje. U tablici 14 navedeni su ključni faktori o kojima ovisi uspjeh organizacija.

Slika 14: Ključni faktori implementacije Industrije 4.0



Izvor: Izrada autora

5.2.1. Procjena položaja tvrtke

Procjena položaja tvrtke prvi je korak u procesu implementacije sustava Industrije 4.0. Realna procjena tvrtkama daje informacije na kojima će se temeljiti opseg i budući koraci implementacije. Procjena bi se trebala temeljiti na:

- Mjerenju trenutnog stanja tvrtke – početne dijagnostičke i nadzorne procjene
- Uspoređivanju sa različitim tvrtkama
- Planiranju budućeg željenog stanja i cilja
- Pružanju osnovnih smjernica za predviđanje napora i za budući razvoj

5.2.2. Strategija organizacije

Strategija organizacije služi kao smjernica za sve poslovne odluke. Dugoročni i kratkoročni poslovni uspjeh ovisi o učinkovitosti strategije organizacije. Tvrtke bi prijelazni proces trebale započeti definiranjem Industrije 4.0 u smislu kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih strategija. Pritom je potrebno opisati trenutni položaj organizacije, smjer razvoja i način postizanja cilja na temelju unaprijed postavljenih vizija i planova Industrije 4.0. [32]

Tvrtke i tranzicijski timovi trebali bi implementirati prijelazni postupak u detaljan projektni plan, navesti karakteristike rada u svakoj fazi tranzicije te provoditi sveobuhvatnu analizu troškova i koristi povezane sa svakom fazom. Proizvođači bi trebali osmisliti nove marketinške strategije počevši od procjene njihove razine zrelosti za digitalno tržište.

Ne postoji jedinstvena strategija koja odgovara svim organizacijama, već je primjena Industrije 4.0 za svaku tvrtku jedinstven poduhvat te bi se trebala osmisliti na temelju temeljnih kompetencija, motivacija, mogućnosti, namjere, ciljeva, prioriteta i proračuna tvrtke. [47]

5.2.3. Menadžment

Provedba sustava Industrije 4.0 zahtijeva predanost i doprinos najvišeg menadžmenta. Najviši menadžment mora razumjeti koncepte Industrije 4.0. te imati realna očekivanja. Menadžment treba potaknuti promjenu davanjem ispravnih podataka vizije, stvaranjem odgovarajuće kulture te suradnje unutar organizacije. Uspjeh primjene Industrije 4.0 također će ovisiti i o sposobnosti vođenja timova. Uspješno upravljanje projektom implementacije biti će važan aspekt primjene Industrije 4.0. Izazov upravljanja projektima u Industriji 4.0 bazira se na ravnoteži opsega projekta i rokova. Faze životnog ciklusa projekta poput pokretanja, planiranja, izvršenja, kontrole i zatvaranja projekta igraju važnu ulogu u implementaciji.

Za provedbu Industrije 4.0 potrebno je mnogo vrsta resursa. Menadžment bi trebao uz raspodjelu resursa podržavati promjenu organizacijskih struktura, planiranje, organiziranje, usmjeravanje, koordinaciju, kontrolu, ciljeve te stilove vođenja.

Menadžment će se prilikom implementacije Industrije 4.0 suočiti sa sljedećim izazovima:

- Opseg i integracije projekta
- Ljudski resursi
- Komunikacije
- Vrijeme
- Rizik
- Kvaliteta
- Troškovi
- Vertikalna, horizontalna i potpuna integracija [32]

Menadžment organizacije ima ključnu ulogu u cjelokupnom procesu primjene sustava Industrije 4.0. U Tablici 8 prikazani su glavni menadžerski zahtjevi koji bi se trebali provesti za uspješnu implementaciju.

Tablica 8: Glavni zahtjevi menadžmenta

GLAVNI ZAHTJEVI MENADŽMENTA	
Razumijevanje	Razumijevanje elemenata Industrije 4.0 Stjecanje znanja, vještina i samopouzdanja
Dijagnoza	Trenutno stanje tvrtke Tehnološka i menadžerska zrelosti tvrtke
Planiranje	Definiranje i analiza upravljačkih strategija Planiranje i provedba akcija
Izvršenje	Uspostava pilot projekta Konfiguracija suradničkih mreža između tvrtki
Poslovni modeli	Definicija poslovnih modela Interna primjena poslovnih modela
Ljudski rad	Uključivanje ljudi u Industriju 4.0 Stvaranje potreba za obukom
Strategija	Organizacijske i kulturne promjene Upravljanje i nadziranje promjena

Izvor: Izrada autora prema [45]

5.2.4. Organizacijska kultura i komunikacija

Promjena organizacijske kulture važna za implementaciju Industrije 4.0 jer su informacije izuzetno vrijedne u budućem stvaranju vrijednosti. [45] Organizacijska kultura ima utjecaj na razmjenu znanja te se smatra ključnim za primjenu Industrije 4.0. [48] Otvorena razmjena informacija i rasprave s ciljem razmjene znanja i iskustva integracijom u svakodnevno poslovanje pospješuju primjenu Industrije 4.0. Promjene korporativne kulture trebalo bi pokrenuti i prikazati na primjeru top menadžmenta u postupnom i odozgo nadolazećem procesu.

Organizacijsku kulturu trebalo mijenjati postupno kako bi se smanjila vjerojatnost unutarnjeg otpora. Uz to organizacijska kultura uvijek treba biti usredotočena prema kupcu i njegove zahtjeve.

Karakteristike organizacijske kulture u skladu sa Industrijom 4.0 su:

- Visoka razina spremnosti za učenje
- Otvorenost za nove stvari
- Promicanje kreativnosti i stvaranja ideja
- Poduzetnički način razmišljanja
- Demokratsko vodstvo [46]

Inovativna kultura i kreativnost ključ su uspjeha organizacije te ovise o tipu organizacije bez obzira njezinu veličinu. Tvrtke bi trebale nastojati inovirati samo ukoliko su sigurne u svoje tehnološke i tržišne mogućnosti u budućnosti. Za organizacije je presudno znati kako stvoriti organizacijsku klimu koja njeguje inovacije među zaposlenicima. Organizacijsko osposobljavanje, učenje i inovacije duboko ovise o ulozi zaposlenika u organizaciji te iz tog razloga organizacije moraju formulirati svoje strategije prema onome što žele i očekuju od svojih zaposlenika.

Prilagodba i primjena inovacija moraju se savršeno uskladiti s korporativnom kulturom kako bi se postigao uspjeh. Među zaposlenicima tvrtke nužno je uspostaviti kooperativni, istraživački i poduzetnički način razmišljanja. To podrazumijeva veću potrebu za stalnim inovacijama unutarnjih procesa i ponašanja uz inovacije proizvoda i usluga. Organizacije koje imaju višu razinu inovativne kulture vjerojatnije će biti spremnije i imati uspješniju implementaciju Industrije 4.0. [48]

Otvorena komunikacija omogućava lakšu implementaciju zbog mogućnosti povezivanja cijelog lanca vrijednosti. Potrebno je omogućiti komunikaciju u kojoj bi zaposlenici mogli slobodno komunicirati i raspravljati unutar hijerarhijskih razina i organizacijskih granica. [46]

Otvorenost i povjerenje ključno je za razmjenu podataka sa partnerskim tvrtkama u cijelom opskrbnom lancu. [25] Privremena suradnja, mreže i strateški savezi mogu se koristiti za razvoj novih poslovnih modela temeljenih na novim vrijednostima i pojačanim odnosima s kupcima i partnerima. [46]

5.2.5. Organizacijska struktura

Organizacijske promjene ključne su za pružanje odgovarajuće osnove za implementaciju Industrije 4.0. [45] Digitalna tranzicija zahtijeva nove organizacijske modele te promjene u cijeloj organizaciji, infrastrukturi, proizvodnim procesima i tehnologijama, ljudskim resursima i upravljanju praksama. [47] Prema tome implementacija Industrije 4.0 rezultirat će i promjenom odnosa između:

- organizacije i prirode
- organizacije i lokalnih zajednica
- organizacije i lanaca vrijednosti
- organizacije i zaposlenika [32]

Organizacijsku strukturu trebala bi karakterizirati horizontalna hijerarhija i komunikacija, decentralizirano donošenje odluka, fleksibilna struktura i procesi, [977] osnaživanje zaposlenika, [48] suradnički timovi te snažne veze s izdvojenim organizacijama. [25] Organizacije bi trebale formirati interdisciplinarne projektne timove koje bi činili programeri, inženjeri i stručnjaci iz područja poslovnog razvoja i prodaje.

Horizontalno i vertikalno povezivanje omogućava tvrtkama mogućnost razvoja novih i snažno orijentiranih poslovnih modela koji bi trebali potaknuti kreativnost i promicanje poduzetničkog duha, rješavanje problema te brže donošenje odluka. [46] Prema tome upravljanje organizacijskim promjenama imperativ je za uspješnu implementaciju sustava Industrije 4.0. [32]

5.2.6. Zaposlenici

Zaposlenici su iz perspektive upravljanja ljudskim resursima najvažniji čimbenik za uspjeh primjene koncepta Industrije 4.0. Prvi korak ka uspjehu tranzicije je procjena ljudskih sposobnosti i vještina među trenutnim zaposlenicima, prepoznavanje digitalnih vještina te identifikacija vještina koje nedostaju. [47]

Implementacija stvara izazovno radno okruženje za zaposlenike u kojem će sposobnost praćenja, upravljanja i donošenja odluka biti važan faktor kako bi organizacije preživjele. [32] Prema tome od zaposlenika se traži visoka razina razumijevanja tehnologije, relevantne kvalifikacije te prilagodba nadolazećim tehnologijama i postupcima. Neki aspekti tranzicije zahtijevaju naprednu stručnost i vještine koje se ne mogu podučavati na licu mjesta. Organizacije bi trebale izvršiti detaljnu analizu troškova i koristi inicijativa za razvoj ljudskih potencijala te po potrebi težiti zapošljavanju novih zaposlenika. [47]

Organizacijsko osposobljavanje, učenje i inovacije snažno ovise o ulozi zaposlenika u organizaciji te zbog toga organizacije moraju pripremiti svoje strategije u skladu s onim što očekuju od svojih zaposlenika [48] Tvrtke bi trebale osmisliti prilagođene programe obuke za trenutne zaposlenike s ciljem stjecanja novih vještina i prilagodbe novim zahtjevima radnog mjesta. [32] Obuka i razvoj zaposlenika trebao bi biti usmjeren na specifične kompetencije i vještine koje zahtijeva Industrija 4.0 prikazane u Tablici 9.

Tablica 9: Kompetencije zaposlenika za Industriju 4.0

KOMPETENCIJE ZAPOSLENIKA			
Tehničke	Metodološke	Društvene	Osobne
Vrhunsko znanje Tehničke vještine Razumijevanje procesa Medijske vještine Vještine kodiranja IT sigurnost	Kreativnost Poduzetničko razmišljanje Rješavanje problema Rješavanje sukoba Donošenje odluka Analitičke vještine Istraživačke vještine Učinkovitost	Intelektualne Jezične Komunikacijske Umrežavanje Timski rad Suradnja Prenošenje znanja Vođenje	Fleksibilnost Tolerancija Motivacija za učenje Rad pod pritiskom Održivo razmišljanje Usklađenost

Izvor: Izrada autora prema [29]

Kontinuirano obrazovanje i osposobljavanje biti će izazov i važna vještina organizacije prilikom zapošljavanja zaposlenika zbog eksponencijalnog rasta tehnologija u Industriji 4.0. [32] Menadžeri bi trebali uvjeriti zaposlenike u dobrobit Industrije 4.0 i aktivno se baviti njihovim brigama. [48]

Zaposlenici bi trebali biti otvoreni za promjene. Fleksibilnim radnim mjestima koja podržavaju razmjenu znanja i vještina zaposlenika te veća moć odlučivanja zaposlenicima bi trebali omogućiti da iskoriste svoj kreativni potencijal i potencijal za rješavanje problema. Tolerancija na neuspjeh, spremnost učenja na greškama te kreativnost imati će važan utjecaj na razvoj zaposlenika. U novim organizacijskim oblicima zaposlenici ne moraju stalno kontrolirati strojeve. Korištenjem tehnoloških mogućnosti daljinskog upravljanja te uređaja s proširenom i virtualnom stvarnošću moguće je uspostaviti fleksibilni model radnog vremena.

Novi oblici poslovanja zahtijevaju od organizacija da prenesu znanje o informacijsko komunikacijskim tehnologijama na zaposlenike provođenjem treninga, radionica te programa daljnjeg obrazovanja stavljajući naglasak na nove modele učenja poput e-učenja i učenja temeljenog na scenarijima i iskustvu.

Organizacije bi trebale ostvariti suradnju sa sveučilištima i školama na razvoju i dizajnu obrazovnih programa za stjecanje odgovarajućih vještina i kvalifikacija prema specifičnim potrebama Industrije 4.0. [46]

5.2.7. Sigurnost i zaštita podataka

Industrija 4.0 temelji se na digitalnom umrežavanju ljudi, proizvoda i strojeva, uključujući inteligentnu obradu podataka, digitalne usluge s dodanom vrijednošću te poslovne procese. Digitalizacija poslovanja izložit će organizacije mnoštvu kibernetičkih napada. Uspješno funkcioniranje sustava Industrije 4.0 u organizaciji ovisit će uspostavi i provedbi strategije kibernetičke sigurnosti u početnoj fazi implementacije. [32] Najkritičnije točke prema istraživanjima čine vanjski partneri i kupci prilikom međusobne interakcije sa organizacijom. [46]

Organizacije bi trebale razmotriti i osmisliti politiku kibernetičke sigurnosti te uspostaviti okvire upravljanja rizikom. Zakoni, direktive i politike o kibernetičkoj sigurnosti trebale bi biti akreditirane i certificirane čime bi se omogućile stroge kontrole kibernetičke sigurnosti. [32]

Sigurnost na radu važan je aspekt u primjeni tehnologija Industrije 4.0. Interakcija između čovjeka i stroja zahtijeva brigu o sigurnosti zaposlenika. Aspekti zaštite na radu moraju biti uzeti u obzir prilikom dizajna novih poslovnih sustava i strojeva. [46]

5.2.8. Modeli implementacije Industrije 4.0

Organizacije bi trebale prije implementacije sustava Industrije 4.0 razviti modele i rješenja za provedbu transformacije. Prilikom razvoja modela i rješenja organizacije bi trebale koristiti relevantne informacije iz različitih izvora. Izvori informacija mogu biti:

- *Vanjski* – najbolja praksa drugih tvrtki, akademska literatura, publikacije
- *Unutarnji* – istraživačke i razvojne aktivnosti, učenje na pogreškama

Model implementacije trebali bi izraditi projektni timovi sastavljeni od ljudi za znanjem upravljanja projektima, zaposlenika sa tehničkim predznanjem, stručnjaka za prodaju, marketing i razvoj poslovanja te zaposlenicima jer su oni ključni u primjeni novih tehnologija i upravljanju strojevima.

Planiranje provođenja Industrije 4.0 sastoji se od dva pristupa:

- *Sustavni pristup*
- *Metoda pokušaja i pogreške*

Sustavni pristup slijedi unaprijed definiran akcijski plan sa opisanim ciljevima i procesima. Ovakav pristup pruža dobru osnovu za analizu ciljne izvedbe. Ovim pristupom je planiranje ograničeno s obzirom na velike i složene projekte koji dolaze sa Industrijom 4.0.

Metoda pokušaja i pogreške potiče fleksibilnost te omogućava brzo učenje na pogreškama. Također ova metoda omogućuje testiranje novih pristupa sa ciljem razvoja i primjene učinkovitih rješenja

Organizacije trebaju planirati proces implementacije Industrije 4.0, dok tehnička rješenja trebaju razviti i implementirati. Pilot projekti i pokušaji primjene omogućuju stjecanje znanja te kasniji prijenos Industrije 4.0 u druge modele, kontekste i scenarije za implementaciju. Obje metode pristupa, sustavi pristup i metoda pokušaja i pogreške doprinose razvoju primjenjivih rješenja usmjerenih na uspješnu implementaciju sustava Industrije 4.0 u organizaciju. [46]

5.2.9. Integracija u postojeće sustave

Uspjeh primjene Industrije 4.0 ovisi o sposobnosti komunikacije tehnologija u stvarnom vremenu te inteligentnom funkcionalnošću prikupljanja podataka, interpretacije i uvida u sustav upravljanja. Integracija u postojeće sustave zahtijevat će nadogradnju softvera i hardvera i postojeće infrastrukture. Upravljački timovi moraju osigurati usklađivanje i integraciju strojeva i opreme na način da su sve komponente međusobno povezane i interoperabilne. [47]

Nove tehnologije i rješenja trebali bi se integrirati u postojeće proizvodne sustave i strojeve. Organizacije bi trebale primijeniti sljedeće korake prilagodbe:

- Ispitati kontekst aplikacije i pravilno definirati ciljeve
- Prikupljanje, sažimanje, analiza i upravljanje postojećim podacima
- Integracija rješenja [46]

5.2.10. Pametni proizvodi/usluge

Proizvod ili usluge trebali bi biti u mogućnosti komunicirati s automatiziranim, fleksibilnim, učinkovitim i autonomnim proizvodnim procesima. Pametni proizvodi koriste napredak u tehnologijama za prikupljanje, obradu te proizvodnju proizvoda na automatiziran i autonoman način. Pametne usluge podrazumijevaju usluge koje koriste napredne tehnologije za komunikaciju s drugim web portalima, aplikacijama i sličnim tehnologijama olakšavajući komunikaciju i obradu informacija između pružatelja usluga i kupaca na automatiziran i autonoman način.

Integracija proizvoda, proizvodnje i kibernetičkih tehnologija omogućit će autonomiju, praćenje i optimizaciju organizacijskih procesa te će rezultirati konkurentskom prednošću. Time se organizacijama omogućava prodaja integriranih proizvoda i usluga sa dodatnom vrijednošću. Pametni proizvodi i usluge omogućavaju proizvođačima praćenje podataka o upotrebi proizvoda te pomažu u osmišljavanju dodatnih usluga proizvod. [32]

5.2.11. Financijska izvedivost

Implementacija Industrije 4.0 može se mjeriti i ocjenjivati na tri različita načina. *Pokazatelji profitabilnosti* prikladni su za monetarnu procjenu projekta implementacije. *Povrat ulaganja* i ušteda troškova najčešći je način procjene. *Pokazatelji učinkovitosti* korisni su za mjerenje specifičnih ciljeva projekta implementacije Industrije 4.0.

5.3. Implementacija u mala i srednja poduzeća

Procesu implementacije sustava Industrije 4.0 u mala i srednja poduzeća razlikuju se u odnosu na velike organizacije. Mala i srednja poduzeća spremna su se suočiti sa zahtjevima digitalizacije, ali rizici i prepreke smanjuju njihovu spremnost te na taj način usporavaju proces. [33] Prepreke koje sputavaju mala i srednja poduzeća u usvajanju koncepta Industrije 4.0 su:

- Lokalno upravljanje
- Kratkoročne strategije
- Nedostatak stručnosti, metoda i postupaka
- Nefunkcionalna organizacija
- Ograničeni resursi [23]

Mala i srednja poduzeća u velikoj su mjeri kompetentna za digitalizaciju samo određenih područja poslovanja, poput digitalizacije skladišta ili interakcije u opskrbnom lancu. [47] Na taj način mala i srednja poduzeća uspješno mogu iskoristiti tehnologije koje pruža Industrija 4.0 poput analize podataka, komunikacijskih alata te alata za simulaciju. [23]

Implementacija sustava Industrije 4.0 veliki je izazov za mala i srednja poduzeća. Stoga je potrebno definirati korake za uspješniju implementaciju. Na Slici 15 prikazani su koraci implementacije Industrije 4.0 u mala i srednja poduzeća.



Slika 15: Implementacija u mala i srednja poduzeća

Izvor: Izrada autora prema [33]

Identifikacija uskih grla započinje identificiranjem proizvodnih procesa koji ometaju učinkovito poslovanje organizacije. Temelji se na procjeni ključnih pokazatelja uspješnosti proizvodnje pri čemu organizacija mora utvrditi zašto treba djelovati te gdje se trenutno nalazi.

Razvoj strategije najvažnija je karika u procesu implementacije. Odgovorna osoba u malim i srednjim organizacijama mora predložiti dugoročna rješenja za utvrđena uska grla pomoću tehnologija Industrije 4.0 vodeći računa o troškovima. U ovom koraku organizacije moraju dati odgovor na pitanja gdje žele biti, kako to postići, što činiti i u kojem vremenskom periodu.

Ideje i prototipi. Nakon razvoja strategije organizacija bi trebala početi sa postavljanjem odabranih alata na odabrana mjesta na proizvodnim linijama. Uvođenje alata započinje primjenom prototipa, pri čemu se uspjeh prototipa mora procijeniti tijekom zadanog vremenskog perioda. Ukoliko prototip ne ispuni očekivanja, postupak se vraća na početak odnosno predlažu se nova dugoročna rješenja.

Integracija podrazumijeva povezivanje i instalaciju odabranih tehnologija na cijeloj proizvodnoj liniji. Preduvjet za integraciju je uspješna primjena i funkcioniranje prototipa. Integracija započinje obukom rukovatelja na proizvodnoj liniji. Ovim se korakom nastoji poboljšati prihvaćanje odabranih tehnologija od strane radnika.

Analiza funkcionalnosti primijenjenih tehnologija zahtijeva predlaganje i definiranje novih ključnih pokazatelja uspješnosti, jer prethodni možda neće biti primjereni. Računalstvo u oblaku mora biti sposobno pohraniti i analizirati podatke koje će generirati nova tehnologija.

Pokretanje označava službeno predstavljanje tehnologije na cijeloj proizvodnoj liniji. Pažnja se usmjeravana na praćenje definiranih ključnih pokazatelja uspješnosti te kontrolu održivosti tijekom određenog vremenskog perioda.

Mala i srednja poduzeća trebala bi preneti koristi tehnologija Industrije 4.0 sa razine vizije u stvarnost. Smanjenje prepreka za male i srednje poduzetnike trebala bi se riješiti poticanjem ulaganja u tehnologije javnim novcem. Zbog manje sposobnosti suočavanja sa financijskim, tehnološkim i kadrovskim izazovima mala i srednja poduzeća trebala bi se podržavati odvojeno od velikih poduzeća.

Pozitivni učinci Industrije 4.0 na mala i srednja poduzeća mogu se postići uz pomoć vlasti, vladinih agencija te međunarodnih udruga koje pomažu manjim tvrtkama u procesu digitalne transformacije. [33]

5.4. Prednosti i nedostaci implementacije

Organizacije implementacijom Industrije 4.0 poboljšavaju svoje poslovanje te stječu brojne prednosti prikazane u Tablici 10. Industrija 4.0. nosi sa sobom i neke nedostatke prikazane u Tablici 11 sa kojima se organizacija mora suočiti i boriti.

Tablica 10: Prednosti implementacije Industrije 4.0

PREDNOSTI IMPLEMENTACIJE INDUSTRIJE 4.0	
Strateška i konkurentna prednost	Pametni proizvodi i veća pregovaračka moć kupaca Diferencijacija proizvoda, usluge s dodanom vrijednošću
Efikasnost i efektivnost	Učinkovita uporaba resursa i rukovanje opskrbnim lancem Proizvodi visoke kvalitete, konkurentne cijene i prilagodbe
Agilnost organizacije	Proizvodnja malih količina na ekonomski održiv način Razvoj i prilagodljivost proizvoda prema potrebama
Proizvodne inovacije	Sposobnost proizvodnih linija da prihvate velike kombinacije i male količine proizvoda
Profitabilnost	Povećanje kvalitete, manje otpada, niži troškovi rada Privlačenje novih kupaca i lojalnost kupaca
Sigurnost i kvaliteta proizvoda	Smanjenje opoziva, incidenata uporabom IT tehnologija Nadziranje i testiranje kvalitete proizvoda pomoću AI
Korisničko iskustvo	Veća brzina i dostupnost informacija kupcima Kupcima se omogućuje veća važnost i kontrola
Poboljšane operacije	Kraće vrijeme izrade proizvoda i izlaska na tržište Povećanje kvalitete proizvodnog procesa
Ekološke i socijalne koristi	Povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje otpada Poboljšanje kvalitete radnih uvjeta korištenjem robota

Izvor: Izrada autora prema [49]

Tablica 11: Nedostaci implementacije Industrije 4.0

NEDOSTACI IMPLEMENTACIJE INDUSTRIJE 4.0
Negativan utjecaj razmjene podataka na konkurentno okruženje
Za uspjeh je potrebna potpuna primjena Industrije 4.0
Upravljanje ljudskim resursima i sindikatima
Potreba za visokokvalificiranom radnom snagom
Društveno – tehničke implikacije Industrije 4.0
Kibernetska sigurnost
Visoki početni troškovi

Izvor: Izrada autora prema [49]

6. INDUSTRIJA 4.0 U TVRTKI PODRAVKA D.D.

6.1. Općenito o tvrtki Podravka d.d.

Podravka d.d. jedna je od vodećih hrvatskih internacionalnih kompanija koja posluje na više od 60 tržišta diljem svijeta. Tvrtka je nastala 1947. godine u Koprivnici na temeljima nekadašnje tvornice pekmeza i prerade voća koju su osnovali braća Wolf. Danas je Podravka jedna je od vodećih tvrtki u području srednje, istočne i jugoistočne Europe. Glavne djelatnosti tvrtke su prehrambena i farmaceutska industrija. Desetljećima građeno povjerenje kupaca doveli su Podravku do vodećeg branda prehrambene industrije u regiji. Poštujući tradiciju i njene vrijednosti, tvrtka je uz pomoć potrošača te kombinacijom najsuvremenijih kreativnih metoda i tehnoloških dostignuća postavila standarde te stvorila nove trendove na tržištu.

Podravku karakteriziraju temeljene vrijednosti kao što su:

- kreativnost
- povjerenje
- strast
- zadovoljstvo potrošača
- izvrsnost

Misija tvrtke Podravka promoviranje inovativnog kulinarskog iskustva te pružanje zdravih životnih rješenja za potrošače.

Vizija tvrtke je usmjerena na poboljšanje svakodnevne kvalitete života potrošača, kupaca te zaposlenika korištenjem inovativnosti te internacionalnosti. Tvrtka od samih početaka ulaže napore i sredstva u znanost i obrazovanje, održivi razvoj, kulturu i umjetnost, sport te humanitarne projekte. Poslovanjem prema načelima održivog razvoja tvrtka nastoji optimalno koristiti resurse smanjujući količine otpada, vodeći računa o zaštiti okoliša te razvoju zajednice pažljivo osluškajući potrebe.

Tvrtku odlikuje uključenost u životne procese zaposlenika i zajednice njegujući poštovanje, povjerenje, suradnju, kolegijalnost te transparentnost. [50]

6.2. Tvornica „Kalnik“ Varaždin

Tvornica „Kalnik“ osnovana je davne 1946. godine u Varaždinu. U počecima tvornica se bavila proizvodnjom kandiranog voća, voćnih sokova i čokolade, a nedugo kasnije 1953. godine počinje sa preradom povrća. Tvornica „Kalnik“ od 1967. godine postaje dijelom Poslovnog sustava Podravka iz Koprivnice te se danas bavi proizvodnjom pasteriziranog i steriliziranog povrća. Tvornica danas prerađuje povrće poput krastavaca, paprike, cikle, graha, graška, mrkve te miješane salate. Uz to proizvode se i poznati Podravkini kondimenti kao što su ajvar, senf, hren, umaci i prilazi, ketchup, koncentrat rajčice te marinade. Na Slici 16 prikazan je proizvodni program tvornice koji se sastoji od navedenih proizvoda u različitim pakiranjima kao što je staklo, limenke i tube.



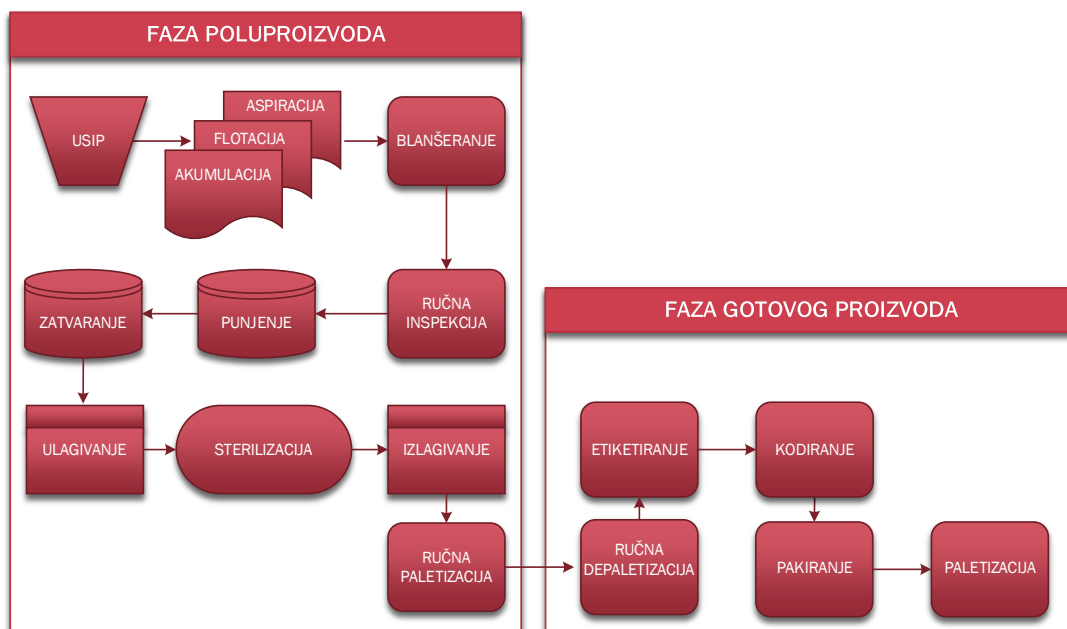
Slika 16: Proizvodi tvornice "Kalnik"

Izvor: <https://epodravina.hr/foto-saznali-smo-podravkinom-ajvaru-se-kunu-da-bolji-domaceg-provjerili-smo-nastaje-sieme-bili-polju-pitomaci-kraju-srcu-price-tvornici-kalnik/>, 30.4.2021.

6.3. Implementacija sustava Industrije 4.0

Tvornica „Kalnik“ dijeli svoju proizvodnju na dvije osnovne grupe proizvoda, pasterizirano i sterilizirano. Procesi proizvodnje steriliziranog i pasteriziranog proizvoda razlikuju se te su stoga potrebne zasebne proizvodne linije. Tvornica posjeduje linije za proizvodnju pasteriziranog i steriliziranog povrća koje karakteriziraju drugačiji postupci proizvodnje te specifični strojevi za prihvata, pripremu i proizvodnju gotovog proizvoda.

U ovom radu analizirat će se linija proizvodnje steriliziranog povrća prije i poslije modernizacije. Linija prije modernizacije proizvodila je određen broj komada proizvoda dnevno sa određenim brojem radnika koji su bili raspoređeni u smjenama po strojevima i pretpostavljenim radnim mjestima na liniji. Čitava proizvodna linija bila je direktno upravljana od strane radnika koji su međusobno surađivali u koordiniranom procesu proizvodnje. Drugim riječima linija steriliziranog povrća nije bila automatizirana te je isključivo ovisila o radnicima. Na Slici 17 prikazan je proces proizvodnje steriliziranog povrća prije same modernizacije. Proces se odvijao u dvije faze. Prva faza sastojala se od proizvodnje poluproizvoda, a druga faza sastojala se od finalizacije poluproizvoda odnosno proizvodnje gotovo proizvoda za tržište.



Slika 17: Proces proizvodnje prije modernizacije

Izvor: Izrada autora

Na Slici 18 prikazan je proces proizvodnje steriliziranog povrća prije same modernizacije. Prikazan je dio linije nakon punjenja proizvoda u ambalažu te prije samog zatvaranja ambalaže. Na Slici 19 prikazana je inspeksijska traka za kontrolu proizvoda na kojoj su radnici pregledavali i odvajali neadekvatnu sirovinu.



Slika 18: Proizvodna linija prije modernizacije

Izvor: www.podravka.hr/storage/repository/download/b1318984-4984-11ea-8cc4-b6765453ea7f/,

30.4.2021.



Slika 19: Inspeksijska traka prije modernizacije

Izvor: <http://metro-portal.hr/galleries/photo/9356?m=0>, 30.4.2021.

Podravka d.d. odnosno Tvornica Kalnik Varaždin je projektom „Modernizacija tvornice za preradu povrća“ krenula u proces modernizacije linije za preradu odnosno proizvodnju steriliziranog povrća. Modernizacijom ima za cilj znatno unaprijediti proces proizvodnje, uštedu energenata, povećanje kapaciteta te brzinu pripreme i prerade sirovina u gotove proizvode. Projektom modernizacije linije se također želi povećati standard sigurnosti gotovog proizvoda. Modernizacija linije obuhvaćala je zamjenu pojedinih strojeva novim strojevima, nabavu novih strojeva koji su dodani postojećoj liniji te zamjenu dotrajale opreme novom.

Opremanje linije steriliziranog povrća sastojalo se nabave, zamjene i instalacije:

- opreme za čišćenje i sortiranje
- opreme za punjenje i zatvaranje
- opreme za vaganje
- opreme za kontrolu prisutnosti stranih tijela u proizvodima
- opreme za povećanje kapaciteta sterilizacije

Na Slici 20 prikazana je nabavljena oprema za sortiranje odnosno za inspekciju sirovine koja je uvelike doprinijela kvaliteti i sigurnosti proizvoda te ubrzala i olakšala način uočavanja i odvajanje neadekvatne sirovine i nečistoća kako bi krajnja kvaliteta proizvoda bila što veća. Ova oprema zamijenila je ručni rad nekoliko radnika kao što je bilo prikazano na Slici 19.



Slika 20: Oprema za sortiranje i inspekciju sirovine

Izvor: <https://www.sealpac-uk.com/raytec-vision-discovery>, 3.5.2021.

Oprema za vaganje, prikazana na Slici 21, implementirana je u liniju za preradu steriliziranog povrća čime se osigurala kvaliteta i kvantiteta svakog pojedinačnog pakiranja proizvoda te podigla učinkovitost cijelog proizvodnog procesa.



Slika 21: Oprema za vaganje

Izvor: https://www.mt.com/hr/hr/home/products/Product-Inspection_1/checkweighing/dynamic-checkweighing.html, 3.5.2021.

Nabavom opreme za kontrolu prisutnosti stranih tijela u gotovim proizvodima podignuta je razina kvalitete proizvodnog procesa na najvišu moguću razinu. Ovom opremom osigurava se i jamči visoka kvaliteta finalnog proizvoda te se mogućnost pojave stranih tijela u gotovom proizvodu smanjuje na najmanju moguću mjeru.



Slika 22: Uređaj za kontrolu prisutnosti stranih tijela u proizvodu

Izvor: https://www.mt.com/gb/en/home/products/Product-Inspection_1/safeline-x-ray-inspection/retail-packaging-x-ray-inspection/X36-Series.html, 3.5.2021.

Nakon modernizacije linije odnosno nabavom, zamjenom i instalacijom nove oprema proces proizvodnje steriliziranog povrća podignut je na višu razinu te su u sam proces dodani novi postupci. Na Slici 23 prikazan je novi proces proizvodnje u koji su implementirani novi uređaji koji spadaju u domenu uređaja iz sustava Industrije 4.0. Nova linija je u potpunosti modernizirana i automatizirana gdje svi uređaji međusobno komuniciraju te se automatski regulira sam proces i parametri proizvodnje.



Slika 23: Proces proizvodnje nakon modernizacije

Izvor: Izrada autora

Modernizacijom linije steriliziranog proizvoda nastoji unaprijediti proizvodni proces kako bi se postiglo:

- smanjenje troškova proizvodnje
- kontinuitet poslovanja
- povećanje kapaciteta proizvodnje
- smanjenje rastepa sirovine
- preraspodjela radne snage
- povećanje kvalitete i sigurnosti finalnih proizvoda

6.4. Benefiti implementacije sustava Industrije 4.0

Projektom modernizacije linije steriliziranog povrća postignut je značajan pomak u daljnjoj konkurentnosti proizvoda kako na domaćim tako i na stranim tržištima. Projekat modernizacije omogućio je stabilnost proizvodnje te predstavio temelje za kvalitetnije uvjete daljnjeg rasta i razvoja poslovanja.

Modernizacijom linije steriliziranog povrća Tvornica Kalnik dobila je jedan od najmodernijih i najsigurnijih proizvodnih linija te se:

- povećao kapacitet proizvodnje za 30%
- smanjio broj radnika na liniji za 60%
- smanjila potrošnju energenata
- vratio dio asortimana iz outsourcinga u vlastitu proizvodnju
- omogućio razvoj novih proizvoda

Tvornica nakon modernizacije linije ostvaruje rast u gotovo svim prerađenim kategorijama sterilnih proizvoda, što je na kraju rezultiralo i porastom plana proizvodnje cijele tvornice za 14 % u odnosu na prethodne godine.

Ukupnim uložnim sredstvima u modernizaciju linije steriliziranog povrća tvornica je poboljšala uvjete proizvodnje:

- osiguravanjem kontinuiteta proizvodnje
- podizanjem standarda, kvalitete i sigurnosti
- stvaranjem mogućnosti za uvođenje novih proizvoda
- mogućnosti za daljnji rasta proizvodnje i izvoza
- smanjenje troškova materijala i sirovina
- osiguranje održivosti proizvodnje

Projektom ulaganja u modernizaciju proizvodne linije smanjila se ukupna potrošnja električne energije, emisije CO₂ te potrošnja vode doprinoseći očuvanju prirode i okoliša. Ulaganjem je neposredno utjecalo na poboljšanje kvalitete života u ruralnom području unutar djelokruga tvornice, osiguravajući na taj način radna mjesta stanovnicima tih područja, kao i osiguravanje prihoda cijeloj lokalnoj zajednici.

Ulaganje u proizvodne kapacitete povećava se kvaliteta gotovih proizvoda, na korist svih potrošača u Hrvatskoj svim ostalim zemljama u kojima tvrtka Podravka posluje. [51]

7. ZAKLJUČAK

Nadolazeća industrijska revolucija poznata kao Industrija 4.0 mijenja način života ljudi i poslovanja organizacija. Radikalne promjene koje će se dogoditi biti će rezultat integracije i uporabe novih tehnologija sa svrhom međusobnog povezivanja i interakcije između ljudi, strojeva i organizacija. Industrija 4.0 zahtijeva promjenu dosadašnjeg načina funkcioniranja i poslovanja organizacija. Promjene će dovesti do novih poslovnih modela korištenjem komunikacijsko informacijskih tehnologija te uključivanjem kupaca u cjelokupan proces proizvodnje i poslovanja.

Implementacija Industrije 4.0 u organizacije kompleksan je proces koji zahtijeva kontinuirano unapređenje poslovanja primjenom najnovijih tehnologija Industrije 4.0. Implementacija ne ovisi samo o organizacijama već zahtijeva angažman i suradnju poslovnih subjekata, politike i akademske zajednice. Organizacije se moraju suočiti i prevladati brojne izazove unutar same organizacije te vanjske izazove kako bi primjena koncepta Industrije 4.0 bila uspješna.

Za uspješnu implementaciju sustava Industrije 4.0 postoji nekoliko ključnih faktora koje bi organizacije trebale razumjeti te poduzeti potrebne korake. Cjelokupan proces trebao bi započeti *procjenom trenutnog položaja* tvrtke te izradom nove *strategije organizacije*. *Menadžment* mora imati ključnu ulogu u inicijativi, upravljanju i donošenju odluka kroz promjenu *organizacijske kulture i strukture*, te upravljanja ljudskim resursima u pogledu potrebnih *znanja i kompetencija zaposlenika*. *Izrada modela primjene i integracija* u postojeće sustave biti će izazov zbog nedostatka standardizacije i kompatibilnosti tehnologija. *Pametni proizvodi i usluge* prevladati će tržištem stoga se proizvođači moraju usmjeriti na dodatne usluge koje će se nuditi uz proizvod stvarajući time dodatnu vrijednost. Novim načinom poslovanja i umrežavanjem organizacije moraju posvetiti posebnu pažnju *sigurnosti i zaštiti podataka* kako bi zaštitili poslovanje od mogućih negativnih utjecaja. Na kraju organizacija mora utvrditi *financijsku izvedivost* cjelokupnog poduhvata te načine financiranja i potpora.

Organizacije će implementacijom Industrije 4.0 postati konkurentnije i održive, te će povećati produktivnost, učinkovitu uporabu resursa i energije, kvalitetu proizvodnog procesa, te stvoriti dodatne vrijednosti.

LITERATURA

- [1] Schwab, K.; The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, 2016, ISBN: 978-0-241-30075-6
- [2] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=27357>, 12.4.2021.
- [3] Núbia Gabriela Pereira Carvalho and Edson Walmir Cazarini (March 25th 2020). Industry 4.0 - What Is It?, Industry 4.0 - Current Status and Future Trends, Jesús Hamilton Ortiz, IntechOpen, <https://www.intechopen.com/books/industry-4-0-current-status-and-future-trends/industry-4-0-what-is-it->, 18.5.2021.
- [4] Landes, D.; The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present, Cambridge University Press 1969, ISBN: 0521094186
- [5] Ayres, R.U. (1989). Technological Transformations and Long Waves. IIASA Research Report. IIASA, Laxenburg, Austria: RR-89-001, ISBN: 978-0-917914-73-7
- [6] Xu, Min & David, Jeanne & Kim, Suk. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. International Journal of Financial Research.
- [7] Roe, Joseph Wickham (1916); English and American Tool Builders, New Haven, Connecticut: Yale university Press, LCCN 16011753, ISBN: 978-0-91791273-7
- [8] Hounshell, David A. (1984), From the American System to Mass Production 1800-1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States, Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, ISBN: 978-0-8018-2975-8
- [9] Bićanić I.; Kraj dugog 19. stoljeća: Druga industrijska revolucija, 18.10.2017., Ekonomski Lab, <https://arhivanalitika.hr/blog/kraj-dugog-19-stoljeca-druga-industrijska-revolucija/>, 24.4.2021
- [10] Esawatz Siregar D.; The Digital Revolution in India and the World, 25.4.2021.
- [11] Wong, Kit Po (2009). Electrical Engineering - Volume II. EOLSS Publications. p. 7. ISBN 9781905839780
- [12] Information Age; <https://searchcio.techtarget.com/definition/Information-Age>, 25.4.2021.
- [13] Umachandran, K.; Industry 4.0 and its associated technologies, Journal of Emerging Technologies (JET), Volume 1, Issue 1, 2021
- [14] Bojanova, I.; The Digital Revolution: What's on the Horizon?, IT Professional, 1520-9202/12\$31.00, 2014.

- [15] How many Commodore 64 computers were really sold?, <https://web.archive.org/web/20160306232450/http://www.pagetable.com/?p=547>, 25.4.2021.
- [16] Hitt, Lorin M.; Brynjolfsson, Erik; "Computing Productivity: Firm-Level Evidence", 2003.
- [17] Hodson, Richard. "Digital revolution."; *Nature* vol. 563,7733 (2018): S131. doi:10.1038/d41586-018-07500-z
- [18] Xu, Min & David, Jeanne & Kim, Suk. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*
- [19] L. Bassi, "Industry 4.0: Hope, hype or revolution?," 2017 IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/RTSI.2017.8065927.
- [20] Hejduková, Pavlína & Kureková, Lucie & Krechovská, Michaela. (2020). THE MEASUREMENT OF INDUSTRY 4.0: AN EMPIRICAL CLUSTER ANALYSIS FOR EU COUNTRIES. *International Journal of Economic Sciences*. IX. 10.20472/ES.2020.9.1.007.
- [21] Matt, Dominik & Modrák, Vladimír & Zsifkovits, Helmut. (2020). Industry 4.0 for SMEs Challenges, Opportunities and Requirements: Challenges, Opportunities and Requirements. 10.1007/978-3-030-25425-4.
- [22] Xu, Min & David, Jeanne & Kim, Suk. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*
- [23] Alexandre Moeuf, Samir Lamouri, Robert Pellerin, Simon Tamayo-Giraldo, Estefania Tobon-Valencia & Romain Eburdy (2020) Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs, *International Journal of Production Research*, 58:5, 1384-1400
- [24] I-SCOOP; <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>, 20.5.2021.
- [25] Ortt, R., Stolwijk, C. and Punter, M. (2020), "Implementing Industry 4.0: assessing the current state", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 31 No. 5, pp. 825-836. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2020-0284>
- [26] Hejduková, Pavlína & Kureková, Lucie & Krechovská, Michaela. (2020). THE MEASUREMENT OF INDUSTRY 4.0: AN EMPIRICAL CLUSTER ANALYSIS FOR EU COUNTRIES. *International Journal of Economic Sciences*. IX. 10.20472/ES.2020.9.1.007.

- [27] Directorate General for Internal Policies; Policy Department a: Economic and Scientific Policy; Industry 4.0, European Union 2016, <http://www.europarl.europa.eu/studies>, 26.5.2021.
- [28] Erro, Amaya ,2019,Industry 4.0: defining the research agenda. Benchmarking: An International Journal. ahead-of-print. 10.1108/BIJ-12-2018-0444.
- [29] Hernández de Menéndez, Marcela & Morales-Menendez, Ruben & Escobar, Carlos & MCGovern, Megan. (2020). Competencies for Industry 4.0. International Journal for Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM). 14. 1511-1524. 10.1007/s12008-020-00716-2.
- [30] Núbia Gabriela Pereira Carvalho and Edson Walimir Cazarini (March 25th 2020). Industry 4.0 - What Is It?, Industry 4.0 - Current Status and Future Trends, Jesús Hamilton Ortiz, IntechOpen, <https://www.intechopen.com/books/industry-4-0-current-status-and-future-trends/industry-4-0-what-is-it->, 18.5.2021.
- [31] INDUSTRIJA 4.0 - tvrtke koje je ne provode daruju konkurenciju, 17.3.2021., Hrvatska gospodarska komora, <https://www.hgk.hr/industrija-40-tvrtke-koje-je-ne-provode-daruju-konkurenciju-najava>, 26.5.2021.
- [32] Michael Sony & Subhash Naik (2020) Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction, Production Planning & Control, 31:10, 799-815, DOI: 10.1080/09537287.2019.1691278
- [33] Cotrino A, Sebastián MA, González-Gaya C. Industry 4.0 Roadmap: Implementation for Small and Medium-Sized Enterprises. *Applied Sciences*. 2020; 10(23):8566. <https://doi.org/10.3390/app10238566>
- [34] Bakhtari, Ahmad. (2020). Industry 4.0 Implementation Challenges In Manufacturing Industries: An Interpretive Structural Modelling Approach., 24th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems
- [35] Erboz, Gizem. (2017),How To Define Industry 4.0: Main Pillars Of Industry 4.0.
- [36] Industry 4.0, <https://www.bcg.com/en-il/capabilities/manufacturing/industry-4.0>, 28.5.2021.
- [37] Müller JM, Kiel D, Voigt K-I. What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability* 2018;10(1):247. <https://doi.org/10.3390/su10010247>

- [38] World Economic Forum; Readiness for the Future of Production Report 2018, <https://www.weforum.org/reports/readiness-for-the-future-of-production-report-2018>, 1.6.2021.
- [39] European Commission; Digital Economy and Society Index (DESI) 2020, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>, 1.6.2021.
- [40] Digitalna transformacija u Hrvatskoj 2019., Apsolon, <https://digitalnakoalicija.hup.hr/wp-content/uploads/2019/05/HDI-prezentacija.pdf>, 2.6.2021.
- [41] Matejak, Nedeljko. "Industrija 4.0 -sadašnjost ili budućnost u Hrvatskoj." Diplomski rad, Sveučilište Sjever, 2017.
- [42] Armando Calabrese, Manoj Dora, Nathan Levialdi Ghiron & Luigi Tiburzi (2020) Industry's 4.0 transformation process: how to start, where to aim, what to be aware of, Production Planning & Control, DOI: 10.1080/09537287.2020.1830315
- [43] Prester, Jasna i Biljana Peleš. "TRENDS IN SERVICIZATION: EVIDENCE FROM CROATIA." *Ekonomski pregled* 68, br. 5 (2017): 507-540. <https://hrcak.srce.hr/190458>
- [44] Hoyer, Christian & Gunawan, Indra & Reaiche, Carmen. (2020). The Implementation of Industry 4.0 - A Systematic Literature Review of the Key Factors. *Systems Research and Behavioral Science*. 37. 10.1002/sres.2701.
- [45] Vander Luiz Da Silva, João Luiz Kovaleski, Regina Negri Pagani, Jaqueline De Matos Silva & Alana Corsi (2020) Implementation of Industry 4.0 concept in companies: empirical evidences, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33:4, 325-342, DOI: 10.1080/0951192X.2019.1699258
- [46] Veile, Johannes & Kiel, Daniel & Müller, Julian & Voigt, Kai-Ingo. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 10.1108/JMTM-08-2018-0270.
- [47] Ghobakhloo, M. (2018), "The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29 No. 6, pp. 910-936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- [48] Nafchi, Majid & Mohelska, Hana. (2020). Organizational Culture as an Indication of Readiness to Implement Industry 4.0. *Information*. 11. 174. 10.3390/info11030174.

- [49] Michael Sony (2020) Pros and cons of implementing Industry 4.0 for the organizations: a review and synthesis of evidence, *Production & Manufacturing Research*, 8:1, 244-272, DOI:10.1080/21693277.2020.1781705
- [50] <https://www.podravka.hr/kompanija/o-podravki/>, 29.4.2021
- [51] <https://www.podravka.hr/kompanija/investitori/eu-projekti/projekti/sufinanciranje-projekta-2-m-4-2-1-ulaganje-u-modernizaciju-tvornice-kalnik/>, 29.4.2021.

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DOMAGOJ ŠANTEK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom IMPLEMENTACIJA SUSTAVA INDUSTRIJE 4.0 U ORGANIZACIJI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Domagoj Šantek
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DOMAGOJ ŠANTEK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom IMPLEMENTACIJA SUSTAVA INDUSTRIJE 4.0 U ORGANIZACIJI (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Domagoj Šantek
(vlastoručni potpis)