

Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj

Mrkonja, Danijel

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:223386>

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

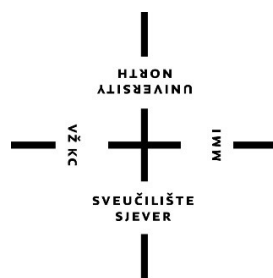
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



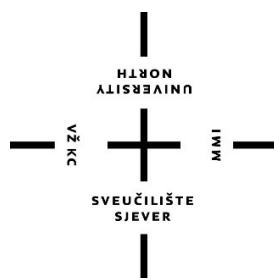


**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 339/PS/2020

Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj

Danijel Mrkonja, 2709/336



Sveučilište Sjever

Odjel za Proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 339/PS/2020

Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj

Student

Danijel Mrkonja, 2709/336

Mentor

Predrag Ćosić, prof.dr.sc.

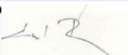
Varaždin, rujan 2020. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo		
PRISTUPNIK	Danijel Mrkonja	MATIČNI BROJ	2709/336
DATUM	22.09.2020.	KOLEGIJ	Tehnološka priprema proizvodnje
NASLOV RADA	Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Possibility of applying the concept of Industry 4.0 in Croatia		
MENTOR	Prof.dr.sc. Predrag Čosić	ZVANJE	redoviti profesor u trajnom zvanju
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Prof.dr.sc. Živko Kondić		
	2. Prof.dr.sc. Predrag Čosić		
	3. Veljko Kondić, mag.ing.mech..., viši predavač		
	4. Marko Horvat, dipl.ong.stroj., predavač		
	5.		

Zadatak završnog rada

BROJ	339/PS/2020
OPIS	U radu dati prikaz koncepta industrija 4.0 kao rezultat razvoja u zadnjih 20-30 godina na području robotike, umjetne inteligencije, razvoja memorijskih i procesorskih čipova, senzora, fleksibilnosti alatnih strojeva, ubranog razvoja interneta. Cilj je razmotriti kakve su mogućnosti primjene koncepta industrije 4.0 u Hrvatskoj.
	Dakle, rad treba dati prikaz: 1. Povijest Industrijskih revolucija 2. Prednosti i nedostaci Industrije 4.0 3. Mogućnosti primjene u Hrvatskoj, Industrije 4.0, preduvjeti i ograničenja 4. Pojam spremnosti primjene Industrije 4.0 5. Mogući problemi primjene koncepta Industrije 4.0 u RH
ZADATAK URUČEN	POTPIS MENTORA 

Predgovor

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Ovom prilikom želio bih izraziti zahvalu mentoru prof.dr.sc. Predragu Ćosiću na velikoj dozi strpljenja i razumijevanja koje je pokazao, te na stručnim savjetima koji su bili važni u izradi ovog rada.

Posebna zahvala mojoj supruzi i roditeljima koji su me pratili kroz cijeli proces mojeg fakultetskog obrazovanja, te mi davali motivaciju i potporu u teškim situacijama.

Sažetak

Iz općeg natjecanja između svjetskih sila realiziran je koncept Industrija 4.0 kao rezultat razvoja u zadnjih 20 do 30 godina na području robotike, umjetne inteligencije, razvoja memorijskih i procesorskih čipova, senzora, fleksibilnosti alatnih strojeva, ubrzanog razvoja interneta (4G, sada već i 5G). Može se reći da to nije revolucija, već logičan, evolutivan i ubrzan razvoj gore spomenutih područja. Dat je povijesni prikaz industrijskih revolucija sa glavnim obilježjima. Potom su razmatrane prednosti i nedostaci Industrije 4.0. Osobita pažnja, temeljem dostupne literature, posvećena je mogućnosti primjene Industrije 4.0 u Hrvatskoj. Sukladno tome, data je klasifikacija hrvatske industrije obzirom na broj zaposlenih, Nacionalnu klasifikaciju djelatnosti, udio prihoda pojedinih industrijskih grana te udjelu pojedinih grana u prerađivačkoj industriji prema ukupnom prihodu. Kao jedan od preduvjeta primjene Industrije 4.0, razmatrana je DESI usporedba društvene i gospodarske digitalizacije po članicama EU te rezultat istraživanja DESI 2020 po kategorijama. Potom su razmatrani preduvjeti za primjenu Industrije 4.0 u Hrvatskoj. Kao mogući egzaktni pokazatelj mogućnosti primjene koncepta Industrije 4.0 korišten je Koeficijent spremnosti na Industriju 4.0. Kao primjeri metoda za procjenu Koeficijenta spremnosti prikazane su i razmatrane metode IMPULS, AHP, SIRI uz potporu procjene neovisnih procjenitelja. Navedeni su očekivani problemi kod uvođenja koncepta Industrija 4.0 te razmatrana moguća strategija uvođenja koncepta Industrija 4.0 u razmatranoj tvrtki, ali i šire na razini RH.

Ključne riječi: Industrija 4.0, hrvatska industrija, pametne tvornice, digitalizacija, koeficijent spremnosti

Abstract

From general competition between the world powers, the concept of Industry 4.0 was realized as a result of development in the last 20 to 30 years in the field of robotics, artificial intelligence, development of memory and process chips, sensors, machine tool flexibility, accelerated internet development (4G, now 5G). It can be said that this is not a revolution, but a logical, evolutionary and accelerated development of the above-mentioned areas. A historical overview, with the main features of Industrial Revolution, is given. Then, the advantages and disadvantages of Industry 4.0 were discussed. Special attention, based on the available literature, is paid to the possibilities of application of Industry 4.0 in Croatia. Accordingly, classification of Croatian industry with regard to the number of employees, the National Work Classification, the share of revenues of individual industries and the shares of individual branches in the manufacturing industry according to total revenue is given. As one of the preconditions for the application of Industry 4.0, the DESI comparison of social and economic digitizations by EU member states and the result of the DESI 2020 survey by categories were considered. Then, the preconditions for the application of Industry 4.0 in Croatia were discussed. The Industry 4.0 Readiness Coefficient was used as a possible exact indicator of the possibility of implementing the Industry 4.0 concept. As examples of the method for estimating the Readiness Coefficient, the methods IMPULSE, AHP, SIRI are presented and considered with the support of the assessment of independent assessors. The expected problems with the introduction of the Industry 4.0 concept and the consideration of possible strategies for the introduction of the Industry 4.0 concept in the considered company and beyond at the level of the Republic of Croatia are stated.

Keywords: Industry 4.0, Croatian industry, smart factories, digitization, readiness coefficient

Popis korištenih kratica

1. IOT (eng. *Internet of Things*) – internet stvari
2. BMS (eng. *Biological Manufacturing Systems*) – biološki sustav proizvodnje
3. IIOT (eng. *Industrial Internet of Things*) – industrijski internet stvari
4. BN (eng. *Brain and Neurons*) – mozak i neuroni
5. DNK – Deoksiribonukleinska kiselina
6. CPS (eng. *Cyber-Physical Systems*) – kibernetičko-fizički sustavi
7. M2M (eng. *Machine to Machine*) – stroj na stroj
8. LAN (eng. *Local Area Network*) – lokalna računalna mreža
9. WAN (eng. *Wide Area Network*) – mreža širokog pojasa
10. IT – informatička tehnologija
11. FESB – Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
12. NKD – Nacionalna kvalifikacija djelatnosti
13. INSENT (eng. *Innovative Smart Enterprise*) – inovativno pametno poduzeće
14. DESI (eng. *Digital Economy and Society Index*) – index digitalne ekonomije i društva
15. SME (eng. *Small and Medium-sized Enterprises*) – mala i srednja poduzetništva
16. AHP (eng. *Analytic Hierarchy Process*) – analitički hijerarhijski proces
17. CAD (eng. *Computer Aided Design*) – oblikovanje pomoću računala
18. CAM (eng. *Computer Aided Manufacturing*) – računalno potpomognuta proizvodnja
19. SIRI (eng. *Smart Industry Readiness Index*) - indeks spremnosti pametne industrije

Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Koncept Industrije 4.0.....	3
2.1	Pojam BMS.....	3
2.2	Povijest industrijskih revolucija III-II4.....	5
2.2.1	Prva industrijska revolucija.....	5
2.2.2	Druga industrijska revolucija.....	5
2.2.3	Treća industrijska revolucija.....	6
2.3	Industrija 4.0.....	6
2.3.1	Prednosti Industrije 4.0.....	8
2.3.2	Nedostaci Industrije 4.0.....	9
3	Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0.....	10
3.1	Stanje hrvatske industrije.....	10
3.2	Preduvjeti za primjenu Industrije 4.0.....	16
3.3	Koeficijent spremnosti na Industriju 4.0.....	17
3.3.1	IMPULS.....	18
3.3.2	Metoda bazirana na AHP metodi.....	19
3.3.3	SIRI.....	21
3.3.4	Procjena od strane neovisnih procjenitelja.....	21
4	Mogući problemi uvođenja koncepta Industrije 4.0 u Hrvatsku.....	23
5	Moguća strategija uvođenja Industrije 4.0 u Hrvatsku.....	25
6	Zaključak.....	27
7	Literatura.....	30
8	Popis slika.....	33

1 Uvod

U današnjem svijetu globalne ekonomije, u kojem se natječu sve svjetske sile, potrebno je biti što konkurentniji, fleksibilniji, brži, kvalitetniji, efikasniji i pristupačniji. Samim tim što se svi natječu na globalnom tržištu, neophodno je da želja za većim profitom, odnosno većim komadom kolača, rezultira i bržim tehnološkim iskorakom, inovacijama i većim ulaganjem u brži napredak.

Izraz Industrija 4.0 kreirala je 2011. godine skupina predstavnika iz različitih područja od strane njemačke vlade radi poboljšanja konkurentnosti njihovog proizvodnog sektora. Koncept je usvojila njemačka vlada kao dio njihove visoke tehnološke strategije za 2020. godinu [1]. Može ju se interpretirati i kao primjenu digitalizacije, interneta stvari (IOT), pametne tvornice te kao povezivanje strojeva, proizvoda i alata kako bi se povećala efikasnost, fleksibilnost, konkurentnost proizvodnje te kako bi se povećala povezanost proizvoda i kupca [2]. Primjer Industrije 4.0 je organizacija u kojoj proizvodi, proizvodni procesi i uređaji međusobno komuniciraju nezavisno od čovjeka. To bi značilo da svaki stroj u svakom trenutku može „znati“ i u kojem kapacitetu radi stroj pored ili stroj na drugom kraju proizvodnog prostora. Isto tako stroj i proizvod „komuniciraju“ te se stroj može prilagoditi proizvodu i proizvod može ići na stroj koji mu odgovara. Preventivni servisi ili zastoji dešavali bi se prema nalogu stroja koji ima mogućnost praćenja stanja (preko senzora) i dijagnostike sustava (predikcijskim algoritmima) te mogućnost upozoravanja drugih strojeva i, u „dogovoru“ s drugim strojevima, preorijentirati proizvodnju. Očito, ovakvo „upravljanje“ proizvodnje je u oštroj opreci s klasičnim upravljanjem proizvodnjom koja je orijentirana na plansko tjedno, mjesečno, kvartalno i godišnje planiranje realizacije radnih naloga temeljem potrebnog vremena izrade, potrebnih resursa (materijal, komponente, strojevi, alati, izvršitelji) te broja smjena, rokova isporuke, potrebnih kooperanata i sl.

U svijetu se koncept Industrije 4.0 primjenjuje unatrag nekoliko godina dok Hrvatska već duže vrijeme zaostaje za većinom razvijenih industrijskih sila. Pošto se kroz medijski i politički prostor ne vodi dijalog oko primjene Industrije 4.0, mnogi manji poduzetnici i poduzeća nisu dovoljno upoznati s korisnim stranama Industrije 4.0 te se pribojavaju rizika koji dolazi s reorganizacijom proizvodnje. Cilj ovog rada je razmotriti kakve su mogućnosti primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj, na kojoj razini ima smisla primijeniti Industriju 4.0, koje su smjernice primjene Industrije 4.0 za Hrvatsku te da li je primjena u ovom trenutku moguća.

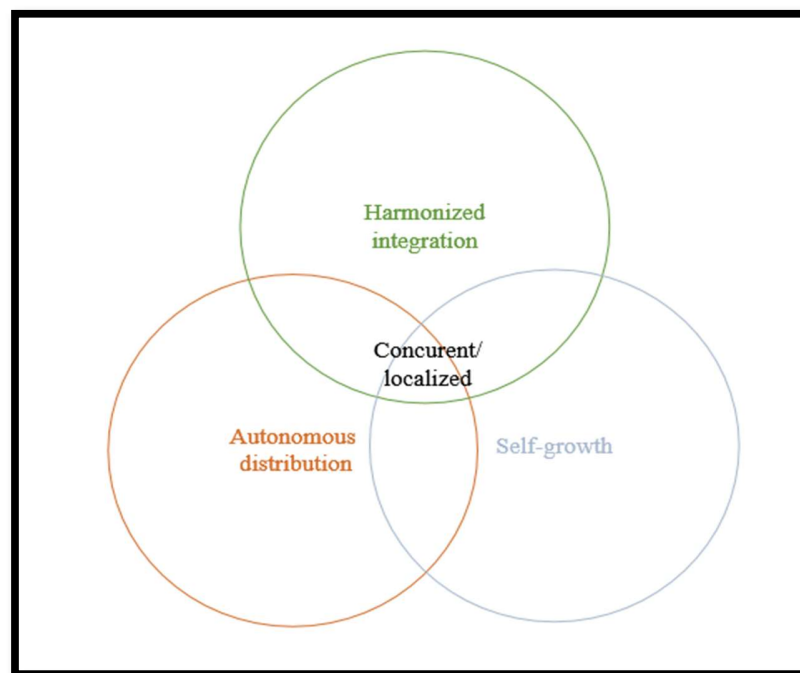
Kako je koncept Industrije 4.0 napravljen s ciljem da se smanji vrijeme obavljanja procesa što znači smanjenje utjecaja čovjeka i veća iskoristivost stroja za posao koji obavljaju ljudi, realno je očekivati veća otpuštanja ljudi u raznim sektorima. Isto tako roboti, strojevi i umjetna inteligencija današnjice nemaju mogućnost kreativnog razmišljanja i brze reakcije na promjene. Iz tih ali iz drugih razloga pojavljuje se i koncept industrije 5.0[3] u kojem čovjek i stroj rade kao jedno uz pomoć novih tehnologija.

2 Koncept Industrije 4.0

Iako se Industrija 4.0 kao pojam javlja formalno tek 2011. godine, može se reći da koncept Industrije 4.0 seže dalje u prošlost. Kako se približavalo 21. stoljeće, više autora razmatralo je različite koncepte napretka u industriji. Jedan od tih autora Kanji Ueda predstavlja svoj koncept takozvanog biološkog sustava proizvodnje (Biological Manufacturing Systems, BMS) [4].

2.1 Pojam BMS

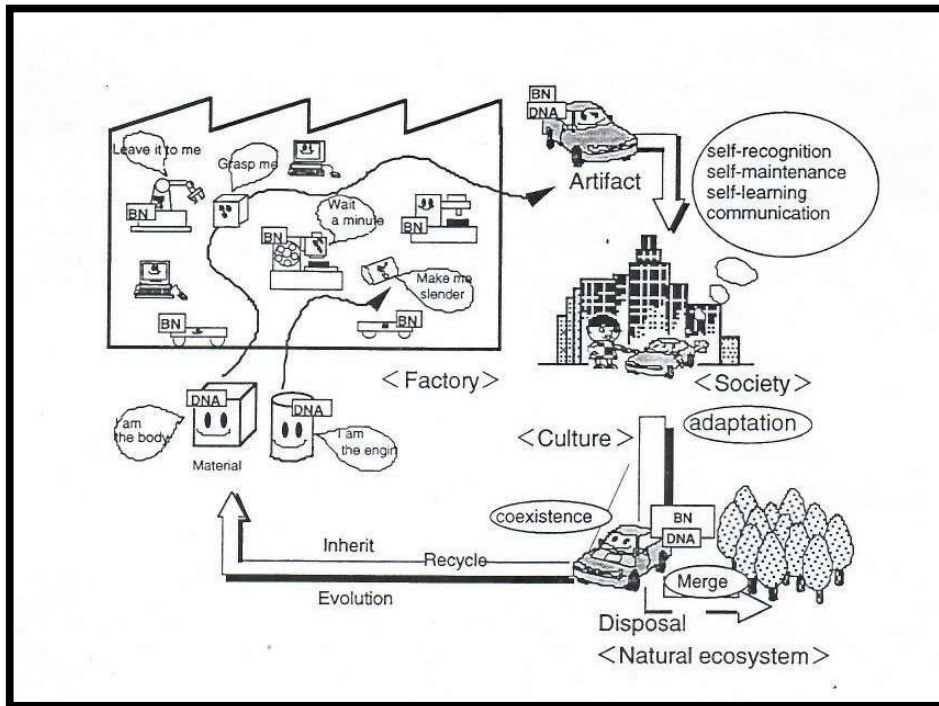
Kako bi se udovoljilo različitim zahtjevima kupaca, povećanju raznolikosti proizvoda i njihovom smanjenju životnog ciklusa, pojavljuje se koncept novog autonomnog i fleksibilnog sustava. Pojavljuje se ideja o evolucijskom proizvodnom sustavu koji promatra inteligentne biološke procese koji su fleksibilniji i autonomniji od tadašnjih proizvodnih procesa [4]. BMS kao koncept javlja se 1988.g kao prijedlog Japanskog vijeća za računalno potpomognutu proizvodnju[4]. Tri su osnovne značajke BMS-a koje pokazuje Slika 2.1.1: *autonomna distribucija, samostalan razvoj, usklađena integracija* [4]



Slika 2.1.1 Značajke BMS-a [4]

BMS je predstavljen kao rješenje nenadanih problema i događaja u proizvodnji. Ako bi se dogodio nenadani kvar ili zastoje, proizvodnja bi se automatski trebala prilagoditi. Predlaže se sustav koji uči od bioloških organizama i koji je u suživotu s njim 1996.g. Taj sustav je na bazi DNK i BN informacija. DNK je nasljedna informacija i ovisna o genima, a BN je stečena informacija prenošena

živčanim sustavom i nauči s vremenom kroz rast i pridržavanje pravila te kroz akumulaciju znanja. DNK informacija je važna jer govori organizmu što je on i što on želi biti (samospoznaja i samooblikovanje) [4]. Takav sustav, baziran na evolucijskom konceptu, htjelo se implementirati u realan proizvodni proces.

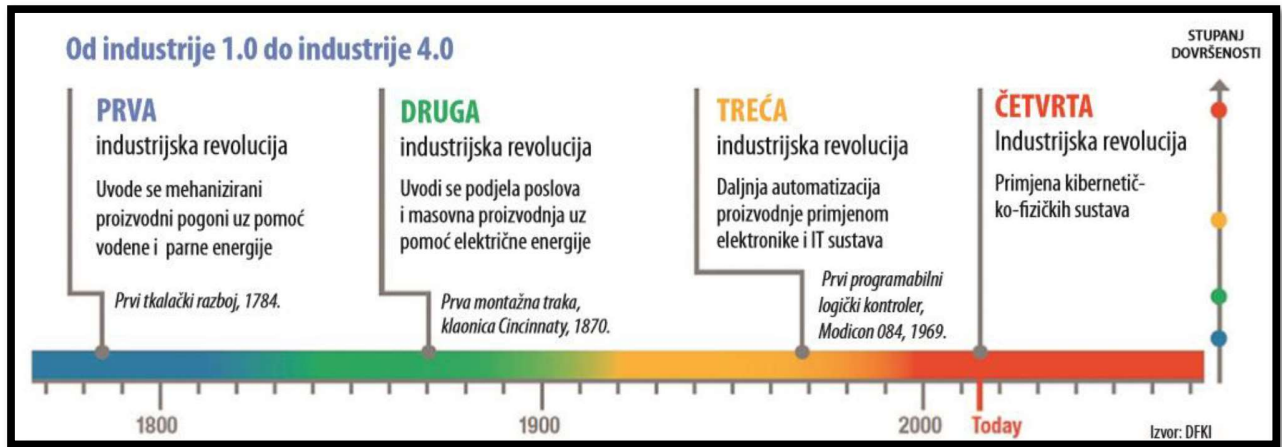


Slika 2.1.2 Primjer funkcioniranja BMS-a u stvarnosti [5]

Slika 2.1.2 prikazuje primjer kako bi taj sustav mogao funkcionirati u stvarnosti. Materijal obratka sa svojim DNK informacijama daje uputu stroju što da radi s njim te za koji dio je materijal namijenjen. Ovisno o tome koji stroj je slobodan, on pomoću naučenih BN informacija preuzima taj materijal na obradu. Proizvod nakon svojeg procijenjenog životnog vijeka javlja upravljačkom sustavu da je spreman za recikliranje te se daje na raspolaganje za upotrebu u nekom drugom objektu ili proizvodu.

Ovakav sustav nikada nije zaživio u stvarnosti te nije bilo realnog pokušaja ostvarivanja takvog sustava proizvodnje. Najvjerojatniji razlog tome je taj što tehnologije (senzorika, robotika, fleksibilnost strojeva, algoritmi umjetne inteligencije, internet) 90-ih godina nisu dovoljno uznapredovale za takav način proizvodnje. Tadašnje najmodernije tehnologija nisu bile dovoljno brze, efikasne, ekonomski isplative, raznolike i nisu bile rasprostranjene. Brzina interneta bila je pre mala za bilo kakvu komunikaciju u stvarnom vremenu te aspekt fleksibilnosti i efikasnosti u BMS-u ne bi došao do izražaja. Iz tih razloga taj koncept ostao je samo idejni.

2.2 Povijest industrijskih revolucija II1-II4



Slika 2.2.1 Industrijska revolucija kroz povijest [6]

Pojam revolucija općenito označava naglu i temeljitu promjenu. U tehnologiji, korjenita promjena načina proizvodnje i rada.[7]

Slika 2.2.1 prikazuje sliku razvoja industrije kroz povijest. Iako je Industrija 4.0 samo prirodna evolucija industrije 3.0 odnosno treće industrijske revolucije, u mnogim medijima govori se o četvrtoj industrijskoj revoluciji iako se samo radi o poboljšanju procesa koji su se pojavili u sklopu treće industrijske revolucije, a ne o nagloj korjenitoj promjeni načina proizvodnje i rada, kako nalaže samo značenje riječi „revolucija“.

2.2.1 Prva industrijska revolucija

Prva industrijska revolucija desila se potkraj 18. stoljeća primjenom parnog stroja u proizvodnji. To je uključivalo prelazak od ručne proizvodnje na proizvodnju pogonjenu vodenom parom kao izvorom energije. Industrije kojima je ta promjena najviše pomogla su bili poljoprivredna i tekstilna industrija.[8]

2.2.2 Druga industrijska revolucija

Druga industrijska revolucija desila se između 1870.g. i 1914.g. primjenom postojećih sustava kao što je telegraf i željeznica u industrijska postrojenja. Masovna proizvodnja jedna je od definirajućih karakteristika tog vremenskog perioda. Elektrifikacija tvornica i izum pokretne trake doprinijeli su povećanoj proizvodnji. Masovna proizvodnja čelika doprinijela je implementaciji pruge u sistem proizvodnje što je dalje povećalo proizvodnju [8]

2.2.3 Treća industrijska revolucija

Treća industrijska revolucija poznatija i kao digitalna revolucija [8] počela je između 1950.g. i 1970.g. Treća industrijska revolucija rezultat je iskoraka u računalnoj tehnologiji i digitalizaciji, te implementacijom istih u proizvodni proces. Taj se napredak nastavlja do današnjeg dana razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologija (razvoj interneta). Analogni i mehanički sustavi zamijenjeni su digitalnim sustavima. [8]

2.3 Industrija 4.0

Industrija 4.0 nastavak je razvoja tehnologija koje su se primjenile u trećoj industrijskoj revoluciji. Razvoj interneta, mehatronike/robotike, senzoričke te računalnih sposobnosti doveo je do toga da ideje koje su spomenute u BMS-u nisu bile nikad bliže ostvarivanju nego u ovom trenutku.

Mnogi aspekti BMS-a uklopljeni su u današnju Industriju 4.0. Cilj oba koncepta je fleksibilniji, konkurentniji sustav koji uz komunikaciju među strojevima omogućava brz, dinamičan, efikasan rad kako bi krajnji korisnik proizvod dobio u roku i po specifikacijama. I jedan i drugi koncept žele se riješiti nepotrebnih čekanja i zastoja uvođenjem „samospoznaje“ i „učenja“ stroja.

Kako bi se ostvarili ciljevi koji su zadani za Industriju 4.0, koriste se određeni koncepti i alati koji su razvijeni unazad više godina.

Kao jedan od glavnih aspekata Industrije 4.0 je Internet stvari (*Internet of Things*). Internet stvari je koncept u kojem je povezano više uređaja i objekata pomoću interneta nego što je ljudi [9]. Internet stvari grana se na više dijelova. Najrelevantniji za Industriju 4.0 je industrijski internet stvari (*Industrial Internet of Things, IIOT*) [1]. Industrijski internet stvari sastoji se od povezanih uređaja, računala i senzora koji sakupljaju i distribuiraju velike količine podataka. IIOT može se koristiti u raznim industrijama i u svim aspektima industrije. IIOT se kao pojam koristi umjesto pojma Industrija 4.0 u nekim člancima te se ti pojmovi ponekad isprepliću. [10].

Računalni oblak (*Cloud*) je model računalnog spremanja podataka preko interneta u kojem se digitalni podaci spremaju na više servera koji su u vlasništvu poslužitelja. Poslužitelj je odgovoran da podaci budu dostupni odmah i uvijek, a fizičko okruženje bude sigurno i uvijek radi.[11]. U spremanje u oblak ne spada lokalna memorija koja se fizički nalazi u blizini kao lokalni hard drive odnosno lokalni centar za spremanje podataka. Oblak je zapravo metafora za internet. Poslužitelji koji

se bave spremanjem i obradom podataka imaju na raspolaganju velika serverska postrojenja koja mogu velikom brzinom obraditi podatke što na lokalnoj razini ne bi bilo moguće odnosno ne bi bilo financijski isplativo budući da takva postrojenja koriste mnogo električne energije i potrebno je za njih izdvojiti veliki početni kapital. [12]

Veliki podaci (*Big Data*) je tehnologija koja služi za prikupljanje, obradu i analizu velike količine podataka [13]. Naglasak je na brznoj obradi i analizi velike količine podataka koja je moguća upotrebom složenih računalnih programa. Podaci mogu biti iz više različitih izvora kao što su informacije od dobavljača, kupaca i prodavača [14]

Pametna tvornica (*Smart Factory*) fleksibilan je sustav koji može sam optimizirati značajke širom mreže, samostalno se prilagođavati i učiti iz novih uvjeta u stvarnom ili skoro stvarnom vremenu te autonomno pokretati čitave proizvodne procese. [15]

Proširena stvarnost (*Augmented reality*) također je alat koji se koristi u konceptu Industrije 4.0. Proširena stvarnost je tehnologija u kojoj se stvarni svijet proširuje percepcijskim informacijama koje su generirane na računalu. To znači da se informacije mogu doživjeti auditorno, vizualno, dodirno pa čak i mirisom. Proširena stvarnost omogućuje da virtualne informacije prikazemo u stvarnom svijetu u obliku 3D objekata koje možemo kontrolirati pomoću gesti. [16]

Kibernetičko-fizički sustavi (*Cyber-Physical Systems; CPS*) predstavlja sustave potpune integracije fizičkih i računalnih procesa. To bi značilo da u svakom trenutku računalni sustav motri stanje fizičke proizvodnje odnosno određenih proizvodnih procesa.[8] Postizanje takvog sustava omogućava se pomoću tri faza:

1. **Identifikacija** – svaki stroj ima svoju identifikacijsku radio frekvenciju koja je osnovni jezik kojim se koristi
2. **Integracija senzora i aktuatora** – stroj može osjetiti promjene u svom okruženju, ali ne može te podatke analizirati
3. **Razvoj senzora i aktuatora** – omogućuje strojevima da pohranjuju i analiziraju podatke svih senzora koji su u ovoj fazi uključeni [8]

Koncept komunikacije stroja sa strojem (*Machine-to-machine; M2M*) znači međusobnu povezanost strojeva udaljenih jedan od drugog pomoću interneta i softverskog upravljanja. M2M veza

slična je LAN i WAN vezama. Strojevi međusobno izmjenjuju podatke, te ih se analizira korištenjem računalnog oblaka [17].

Kako ne postoji proces koji je u konačnici savršen u svakom pogledu, tako i Industrija 4.0 ima svoje prednosti i nedostatke.

2.3.1 Prednosti Industrije 4.0

- *Veća produktivnost* – Industrija 4.0 omogućava da se napravi više s manje resursa. Zbog povezanosti strojeva i mogućnosti samo-analize, smanjuju se vremena čekanja, odnosno nema gubitka vremena radi automatskog donošenja odluka od strane računala[18]
- *Efikasnost* – povećanu efikasnost javlja se zbog smanjenja vremena proizvodnje, odnosno visoke autonomije strojeva koji ne trebaju čekati naredbe odnosno naloge od strane čovjeka već automatski pokreću postupke potrebne za proizvodnju. [18]
- *Širi pristup informaciji i znanju* – Industrija 4.0 omogućava proizvodnom postrojenju, poslovnim procesima i ostalim dijelovima poduzeća da međusobno komuniciraju neovisno o tome gdje se nalaze. Tako je moguća razmjena informacija u realnom vremenu te bez utjecaja čovjeka koristeći M2M vezu. [18]
- *Veća fleksibilnost* – tvornica se može veoma brzo prilagoditi zahtjevima tržišta zbog minimalnog utjecaja čovjeka te visoke automatiziranosti i brze komunikacije koja se dešava između sustava. Proizvodnja se može povećati i smanjiti ovisno o kretanju tržišta. Također je omogućena visoka razina prilagodbe na zahtjeve individualnih korisnika.[18]
- *Bolje korisničko iskustvo* – uz kraći rok isporuke krajnjem korisniku omogućena je brza izmjena specifikacije proizvoda, veća kvaliteta i povećan izbor proizvoda[18]
- *Smanjenje troškova (početni troškovi veliki)* – troškovi u Industriji 4.0 smanjuju se samim tim što se bolje može raspolagati resursima, proizvodnja je brža od konvencionalne, smanjeno vrijeme čekanja, manje problema s kvalitetom, manje potrošenog materijala što rezultira većom konkurentnosti poduzeća. [18]
- *Veća profitabilnost* – ako neki proizvod u sustavu koncepta Industrije 4.0 bude proizveden brže uz povećanu kvalitetu, dolazi do povećanja profitabilnosti [18]

2.3.2 Nedostaci Industrije 4.0

- Budući da su svi sustavi u Industriji 4.0 povezani na globalnu internetsku infrastrukturu, mogućnost "hakiranja" je velika. Moguća je manipulacija zatvorenog proizvodnog sustava te laka kontrola uređaja i krađa podataka. [19]
- Kako Industrija 4.0 podržava komunikaciju bežičnim putem, postaje osjetljiva na vanjske faktore kao što su elektromagnetski utjecaji (munje, solarne magnetske i plazma oluje), fizičke prepreke te tvorničke sustave. Isto tako neželjeno ubacivanje u sustav olakšano je kod bežične mreže. [19]
- Ako je sustav spojen na „oblak“ on mora preuzeti podatke iz „*big data*“ u stvarnom vremenu. Za neke sustave to vrijeme je previše dugo te može doći do nenadanih sigurnosnih problema ako se ta slabost iskoristi. [19]
- Skraćeni životni vijek sigurnosnih sustava koji brže zastarijevaju kako se brže razvijaju novi softverski sustavi znači češće izmjene sigurnosnih sustava. Isto tako, skraćenje životnog ciklusa sigurnosnog sustava sprečava korisniku da lakše dođe do informacije o dokazano pouzdanom i dobrom prijašnjem iskustvu drugih korisnika koji su koristili taj sustav. [19]
- Softverske greške bit će najočekivaniji kvar u sustavu jer je ovisnost o softveru velika te će samo rasti[19]
- Poteškoće se nalaze i u integraciji različitih softvera odnosno mogućnošću istih da međusobno komuniciraju istim „jezikom“. To bi značilo da za različite sustave postoje razni sigurnosni prioriteti. Kako je u proizvodnji bitno da su radnici, proizvodi, alati i strojevi zaštićeni tako je u tehnologiji odnosno IT-u bitno da se zaštite podaci u sustavu. Za sada ne postoji mnogo standarda i procesa koji bi pomogli različitim sustavima da komuniciraju „istim jezikom“ što se tiče internet sigurnosti.[20]

3 Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0

Primjena koncepta Industrije 4.0 postupan je proces koji će se odvijati različitim brzinama u različitim poduzećima i sektorima.[21]. Jedan od ciljeva ovog rada je pokušati saznati koji su to sektori i poduzeća, odnosno, kod kojih bi se poduzeća proces primjene industrije 4.0 odvio najbrže. Isto tako, nije za svaki sektor trenutno isplativa primjena industrije 4.0 te je potrebno odrediti koji bi bio najbolji put postupne primjene industrije 4.0 u Hrvatskoj. Početak razmatranja primjene Industrije 4.0 kreće od promatranja sadašnjeg stanja hrvatske industrije.

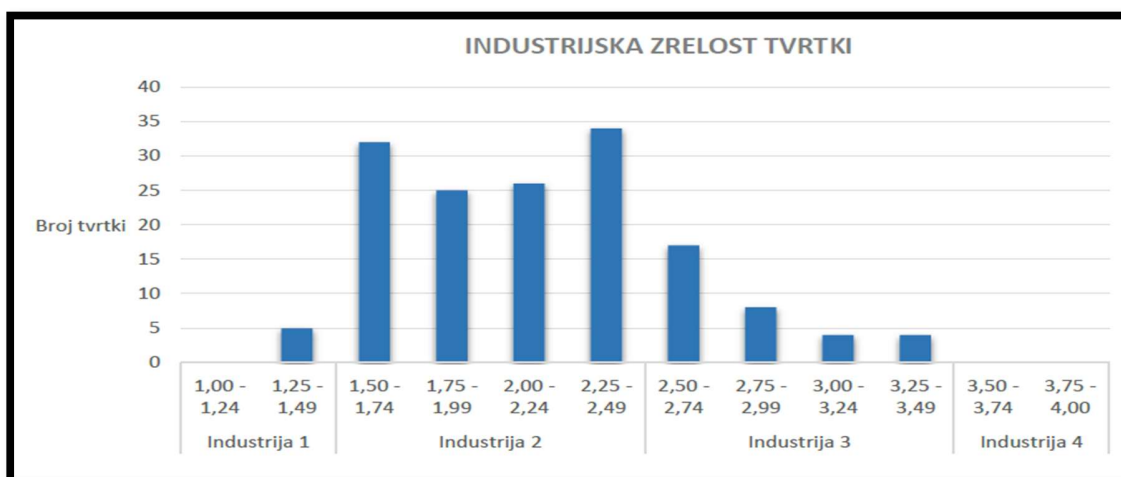
3.1 Stanje hrvatske industrije

Stanje hrvatske industrije promatrat će se kroz prizmu industrijske revolucije odnosno razine industrijske razvijenosti u Hrvatskoj. Također je potrebno vidjeti koji sektor ima najveći udio u hrvatskoj industriji te koja je razina spremnosti Hrvatske za primjenu Industrije 4.0.

Prema istraživanju koje je proveo Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (FESB) u Splitu (prof.dr.sc Ivica Veža) , razina industrijske revolucije u Hrvatskoj u prosjeku je 2,15 [22] . Istraživanje je napravljeno na uzorku od 161 poduzeća koje se nalaze u Hrvatskoj. U tom uzorku spektar poduzeća kreće se od mikro poduzeća do velikih poduzeća u sljedećim omjerima:

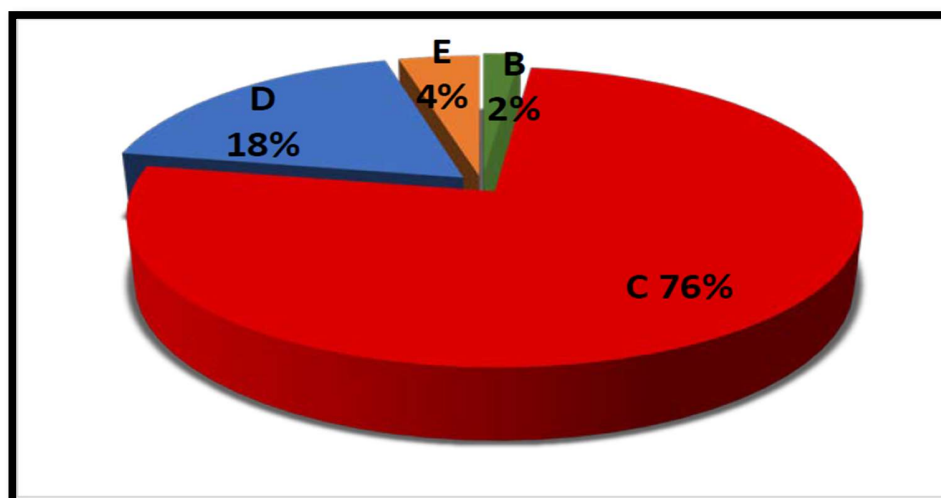
- | | |
|--|----------|
| • Mikro poduzeće (5-9 zaposlenih) | 14% |
| • Malo poduzeće (10-49 zaposlenih) | 39% |
| • Srednje poduzeće (50-249 zaposlenih) | 30% |
| • Veliko poduzeće (više od 250 zaposlenih) | 17% [22] |

Taj uzorak nije dovoljno velik niti raznolik da bi se podatak o industrijskoj revoluciji uzeo kao činjenični već kao orijentir za daljnju analizu. Također upitan je način istraživanja jer su ispitanici skloni uljepšavati stvarno stanje. U istom istraživanju pokazalo se kako niti jedno poduzeće od 161 ispitanih nije ušla u stadij primjene industrije 4.0 što pokazuje Slika 3.1.1. To nam pokazuje da, iako je moguće da u Hrvatskoj postoje poduzeća koje su počele primijeniti koncept Industrije 4.0, ta poduzeća su malobrojna ili ih uopće nema. S druge strane, navedeno istraživanje provedeno je 2015. godine te se može pretpostaviti da je u nekim poduzećima proces primjene Industrije 4.0 u međuvremenu započeo.



Slika 3.1.2 Graf industrijske zrelosti tvrtki u istraživanju INSENT [22]

Industrija u Hrvatskoj prema Nacionalnoj kvalifikaciji djelatnosti (NKD) [22] obuhvaća područja rudarstvo i vađenje, prerađivačku industriju, opskrbu električnom energijom, plinom, parom i klimatizacijom te opskrbu vodom, uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša. [23]. Međutim, ova klasifikacija je iz 2007. g. te nije dopunjena pa ne uključuje sektore kao što su IT sektor ili gaming sektor. IT sektor pokazuje sve veći rast zbog ulaganja države, donošenja strategije eHrvatske i mnogih zakona koji reguliraju elektronički potpis, poslovanje, nabavu [23] Pristupanje EU dovelo je do pristupa mnogim fondovima koji su omogućili financiranje i modernizaciju kroz IT sektor što je nadalje dovelo do novih inovacija i rasta IT sektora. „Hrvatska IT industrija prati svjetski trend gdje se IT poduzeća sve više vežu uz pojedine industrije i pospješuju njenu digitalizaciju“ [23]. Jedan aspekt IT sektora je i gaming industrija koja zadnjih godina raste te postaje prepoznatljiva u svijetu. Sve gore navedeno pokazatelj je mogućnosti brze transformacije



Slika 3.1.1 Udio prihoda industrije za 2015.g [23]

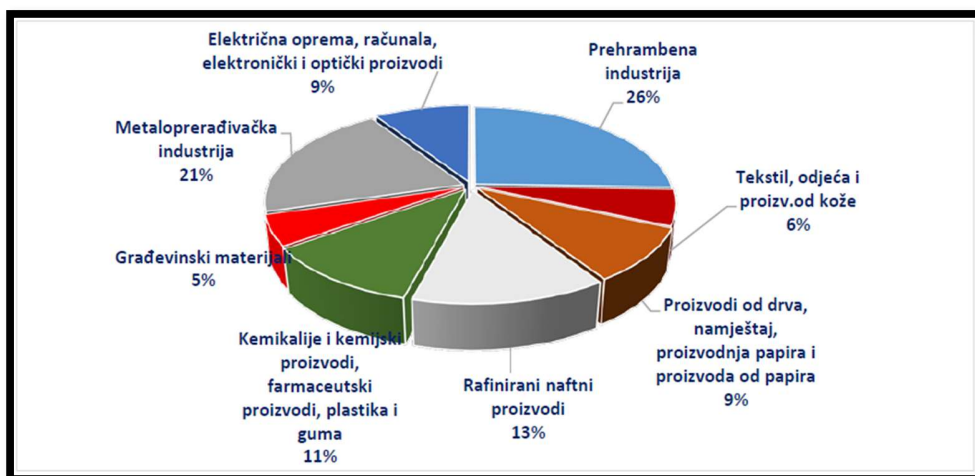
industrije kroz inovacije u IT sektoru što dalje pokazuje kako bi se prilikom primjene Industrije 4.0 transformacija, bar što se IT sektora tiče, mogla odviti brže od očekivanog.

Slika 3.1.2 prikazuje udio prihoda pojedinih industrijskih grana u prihod industrije za 2015. godinu prema sljedećim oznakama

- B – Rudarstvo i vađenje,
- C – Prerađivačka industrija,
- D – Opskrba električnom energijom, plinom, parom i klimatizacija
- E – Opskrba vodom, uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša. [23]

Prema navedenim podacima Financijske agencije vidljivo je kako većina prihoda od industrije u 2015. godini pripada prerađivačkoj industriji. Prema navedenim podacima može se zaključiti kako bi sektor prerađivačke industrije mogao biti prvi u kojem bi se mogla pokrenuti primjena Industrije 4.0. Prerađivačka industrija grana se na sljedeće dijelove:

- Prehrambena industrija
- Metalprerađivačka industrija
- Tekstil, odjeća i proizvodi od kože
- Proizvodi od drva, namještaj, proizvodnja papira i proizvoda od papira,
- Rafinirani naftni proizvodi
- Kemikalije i kemijski proizvodi, farmaceutski proizvodi, plastika i guma
- Građevinski materijali
- Električna oprema, računala, elektronički i optički proizvodi[23]

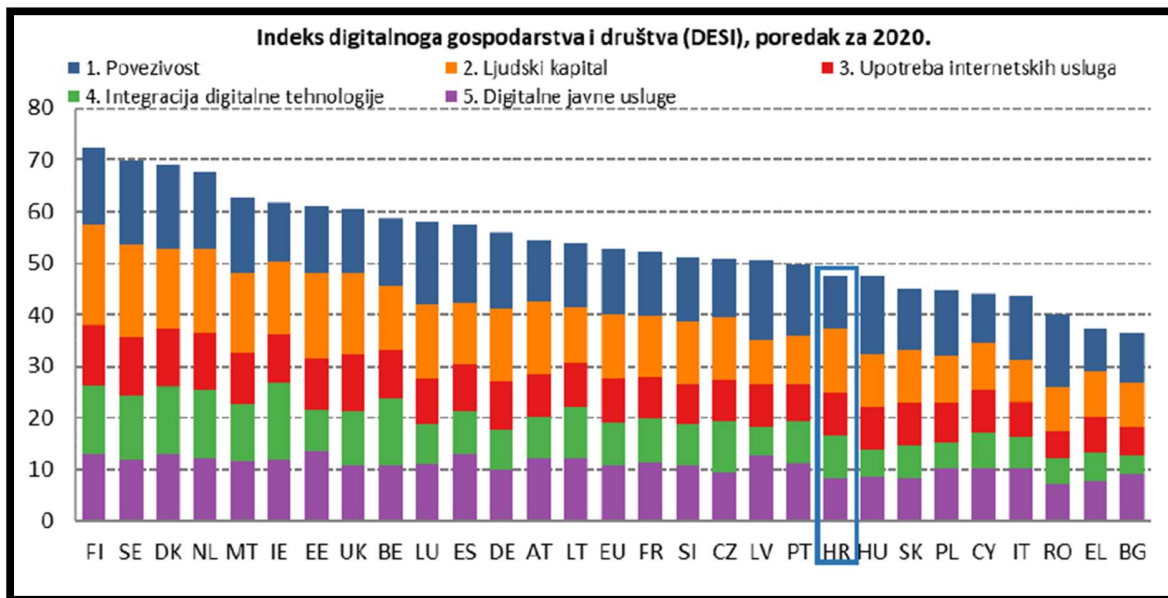


Slika 3.1.3 Udio grana prerađivačke industrije po ukupnom prihodu za 2015. godinu. [23]

Kako prikazuje Slika 3.1.3. udio prehrambene industrije, metaloprerađivačke industrije i rafinirani naftni proizvodi doprinose skoro dvije trećine prihoda u prerađivačkoj industriji, kako govore podaci iz 2015 godine. To bi značilo da bi prvi u primjeni Industrije 4.0 mogle biti upravo te grane prerađivačke industrije. Međutim, podaci su zastarjeli te ne prikazuju pravu sliku sadašnjeg stanja hrvatske industrije. Veliki udar na industriju rafiniranih naftnih proizvoda bilo je zatvaranje rafinerije u Sisku te preusmjeravanje nafte u Mađarsku od strane MOL-a. Isto tako budući da se oko nafte vode političke borbe, postoji opravdana sumnja da se primjena Industrije 4.0 u ovom području neće odviti tako brzo.

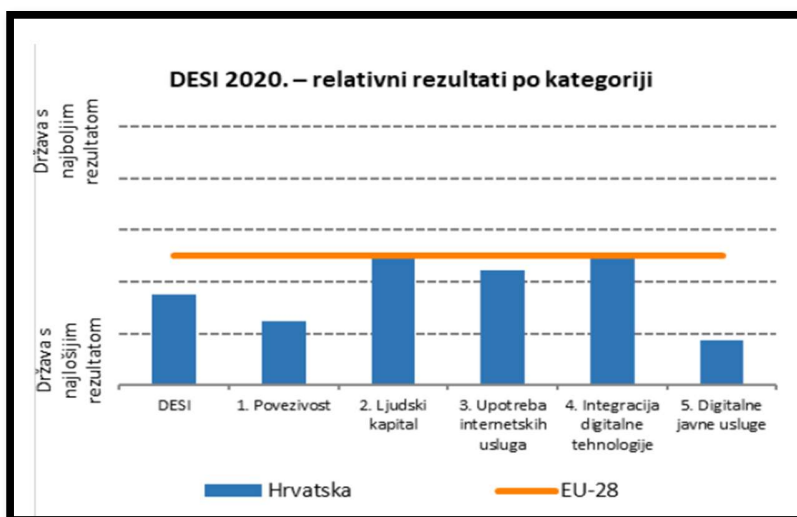
Jedan od sektora koji se ne spominje, a pripada prerađivačkoj industriji, je hrvatska vojna industrija koja iz godine u godinu pokazuje sve veći rast izvoza te poduzeća koja se nalaze u tom sektoru (Primjerice: HS Produkt, Šestan-Buch, DOKING, Kroko, Brodosplit, Remontni zavod, Šibenik, Đuro Đaković-specijalna vozila, Aster) postaju globalna imena u proizvodnji vojne opreme [24]. Navedena industrija također se samim time može smatrati kao jedna od industrija u kojoj će poduzeća pokrenuti primjenu industrije 4.0

Jedan od najvažnijih preduvjeta za uspješnu primjenu Industrije 4.0 je gospodarska i društvena digitalizacija. Europska unija prati godišnji razvoj gospodarske i društvene digitalizacije država članica. Područja koja prati Europska unija su: *povezivanje, ljudski kapital, upotreba internetskih usluga, integracija digitalne tehnologije, digitalne javne usluge*



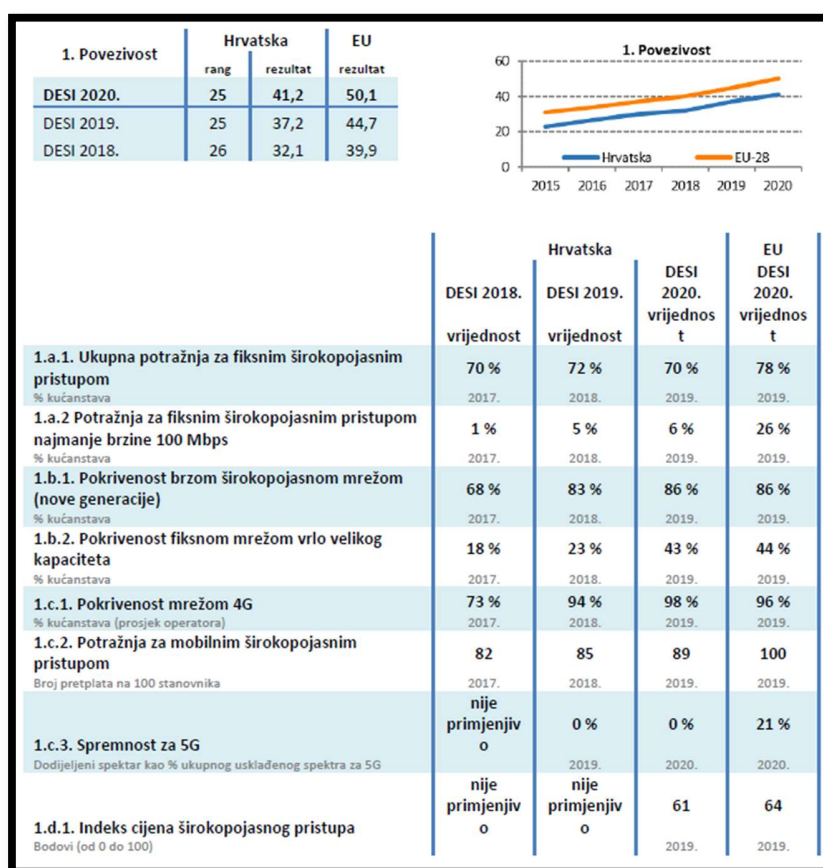
Slika 3.1.4 DESI poredak za 2020.g [25]

Prema novijem europskom izvješću o indeksu gospodarske i društvene digitalizacije za 2020. godinu (DESI 2020) od 28 zemalja Europske unije, Hrvatska zauzima 20. mjesto što pokazuje Slika 3.1.4 [25].



Slika 3.1.5 Relativni rezultati istraživanja po kategorijama [25]

Nadalje, slika 3.1.5 pokazuje rezultate istraživanja po kategorijama i u usporedbi s europskim prosjekom. Ovi podaci koje je prezentirala Europska unija u izvješću pokazuju kako je Hrvatska ispod prosjeka Europske unije u područjima *povezanosti, upotrebe internetskih usluga, i digitalne javne usluge*. Ta područja su veoma važna u primjenu Industrije 4.0, a jedna od najvažnijih je povezanost. Kako pokazuje slika 3.1.6 i kako se prikazuje u izvješću, Hrvatska nije spremna za primjenu 5G mreže, odnosno nema strategiju primjene 5G mreže. Isto tako kaska u području potražnje za fiksnim širokopojasnim internetom. Međutim, vidljiv je napredak kroz godine u pokrivenosti širokopojasnom mrežom što je ključno za primjenu industrije 4.0



Slika 3.1.6 Razina povezanosti u Hrvatskoj u usporedbi s prosjekom Europske unije [25]

Ovakav niski plasman Hrvatske također je rezultat niske potražnje za fiksnim širokopojasnim internetom najmanje brzine 100 Mbps

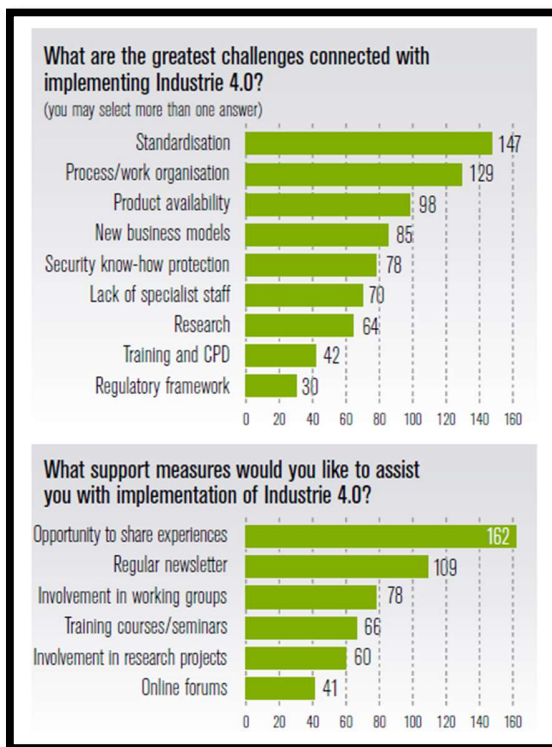
3.2 Preuvjeti za primjenu Industrije 4.0

Kako bi primjena Industrije 4.0 bila moguća, potrebni su određeni preuvjeti. Pristup super-brzom internetu jedan je od glavnih preuvjeta primjene koncepta Industrije 4.0. Kako pokazuje slika 3.1.6 za 2020.g, u Hrvatskoj je pokrivenost brzom širokopojasnom mrežom 86% što je u prosjeku Europske unije te je pokrivenost 4G mobilnom mrežom veća te iznosi 98% što je malo iznad prosjeka Europske unije. Ti podaci nam govore kako je zadovoljen preuvjet o pristupačnosti širokopojasnom super-brzom internetu na području većine teritorija Republike Hrvatske.

Dakako, za uvođenje koncepta Industrije 4.0 potreban je kapital. Kako je pokazalo istraživanje FESB-a, u Hrvatskoj je stupanj razvijenosti industrije u prosjeku na razini druge industrijske revolucije[22]. Mnoga mala i srednja poduzetništva u Hrvatskoj trebala bi mnogo uložiti kako bi premostila zaostatak za ostatkom zapadnog industrijskog svijeta. Kako bi se odučili na takav pothvat, potrebne su detaljne analize isplativosti i rizika koji dolaze primjenom koncepta Industrije 4.0. To bi značilo da je to proces koji se mora obaviti zasebno u svakom poduzeću po nalogu nadležnih osoba u poduzeću. Isto tako bi se za svako poduzeće trebalo analizirati koje korake, odnosno preuvjete, i u kojoj mjeri treba poduzeti kako bi mogli pokrenuti primjenu koncepta Industrije 4.0. Uz to, podrška države u vidu edukacije, financijske pomoći (smanjenje kamatne stope kredita za primjenu Industrije 4.0; otplata dijela zaduženja; financijski poticaji u vidu bespovratnih sredstava), fleksibilnosti državnog aparata u vidu sređivanja papirologije, smanjenje nameta poduzetnicima te mnogi drugi načini podrške uvelike bi olakšali i ubrzali primjenu koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj

Jedan od važnijih preuvjeta za primjenu koncepta Industrije 4.0 su pravilno educirani djelatnici. Kako bi se pokretanje primjene Industrije 4.0 najefikasnije odvijalo, potrebno je educirati ljude o konceptu Industrije 4.0 kao i o svim tehničkim aspektima iste. Također je potrebna edukacija o načinu upravljanja potrebnim sistemima, ako ta edukacija nije obavljena ranije. Zapošljavanje educiranih, te edukacija postojećih radnika neophodna je za uspješnu primjenu Industrije 4.0 i općenito efikasnije i konkurentnije poslovanje.

Prema izvješću o preporukama za provedbu inicijative Industrije 4.0 u Njemačkoj, napravljene 2013.g., njemačka poduzeća su navela *standardizaciju, organizaciju rada i procesa, te dostupnost proizvoda* kao najveće prepreke prilikom primjene industrije 4.0 što prikazuje slika 3.2.1[21].



Slika 3.2.1 Rezultati izvješća vezani za probleme u primjeni Industrije 4.0[21]

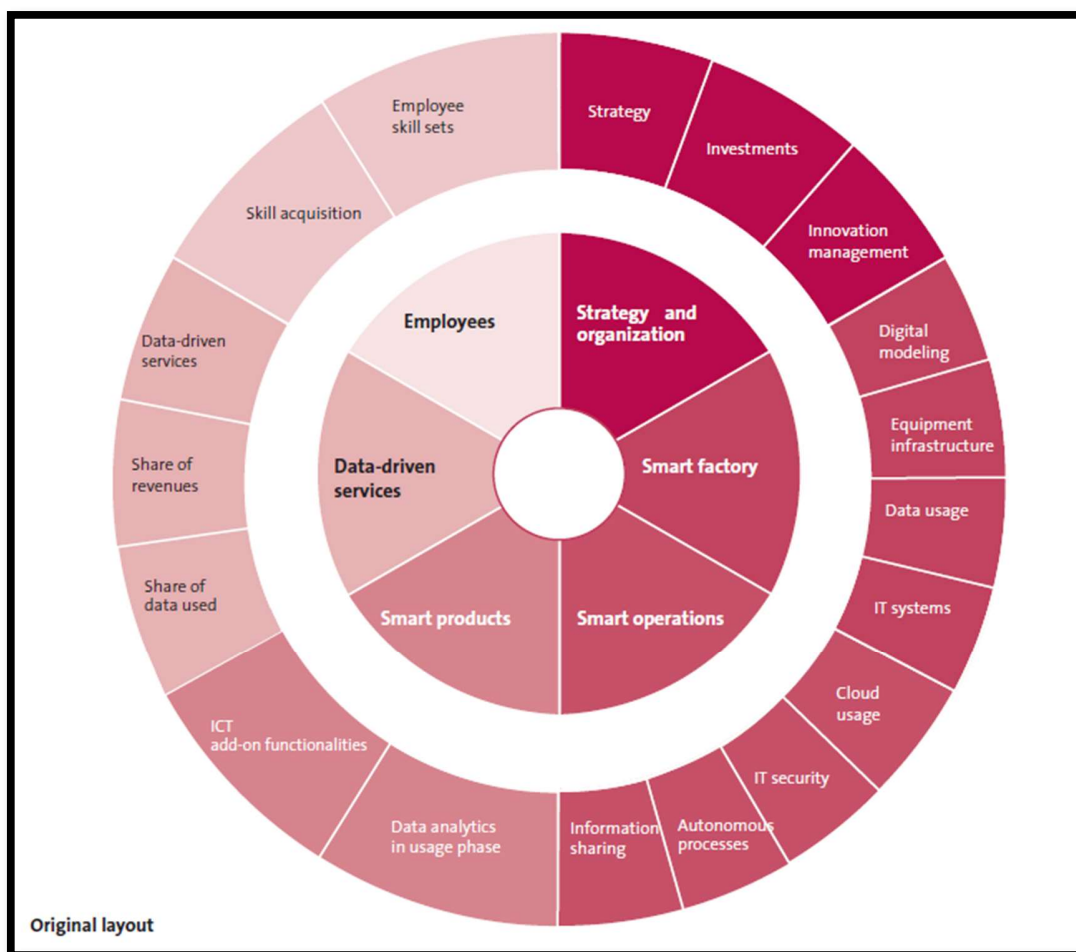
Potrebno je naglasiti kako je skoro 50 posto poduzeća od 278 ispitanih već tada bilo u procesu primjene Industrije 4.0. te 12 posto poduzeća koje su počele prakticirati Industriju 4.0 što nije slučaj u Hrvatskoj. Samim time bi se na ista pitanja, postavljena u njemačkim poduzećima, mogli dobiti drugačiji odgovori u hrvatskim poduzećima. Međutim, ovi podaci se mogu iskoristiti kao pokazatelj u kojem je smjeru potrebno ići glede primjene Industrije 4.0 i koji se problemi mogu očekivati prilikom same primjene. Iskustva poduzeća iz drugih država možemo iskoristiti kao putokaz primjene industrije 4.0.

3.3 Koeficijent spremnosti na Industriju 4.0

Kako bi se olakšalo primjena koncepta Industrije 4.0 potrebno je odrediti koliko je poduzeće spremno na taj korak. Zato se koristi podatak o stupnju industrijske revolucije u kojem se nalazi poduzeće kao što je slučaj u istraživanju FESB-a iz 2015 [23]. Međutim, postoje i druge metode koje se mogu koristiti kako bi se odredilo spremnost primjene koncepta Industrije 4.0.

3.3.1 IMPULS

Metoda mjerenja stupnja „zrelosti“ poduzeća da primijeni Industriju 4.0, uz mjerenje industrijske razvijenosti poduzeća, najviše se spominje u akademskim člancima i radovima. Neki od najpoznatijih programa za procjenu stanja zrelosti poduzeća su IMPULS, Uni-Warwick i PwC tools [2]. Prema istraživanju koje su proveli Bernhard Axmann iz Fakulteta strojarstva i menadžmenta u Ingolstadt [2], te Harmoko Harmoko [2]. iz Centra za primijenjena istraživanja (ZAF) također u Ingolstadt, u kojem su usporedili navedena tri programa (IMPULS, Uni-Warwick i PwC tools)



Slika 3.3.1 Kategorizacija alata IMPULS [26]

zaključili su kako niti jedan od ta tri programa nije izričito usmjeren na mala i srednja poduzetništva (*Small and Medium-sized Enterprises; SME*) [2]. Prema istraživanju najbliže takvom alatu je IMPULS zbog više dimenzija i kategorija koje su bitne za mala i srednja poduzetništva [2]. Kako u Hrvatskoj većina poduzetništva spada u malo i srednje, jedan takav alat bio bi od neizmjerne važnosti.

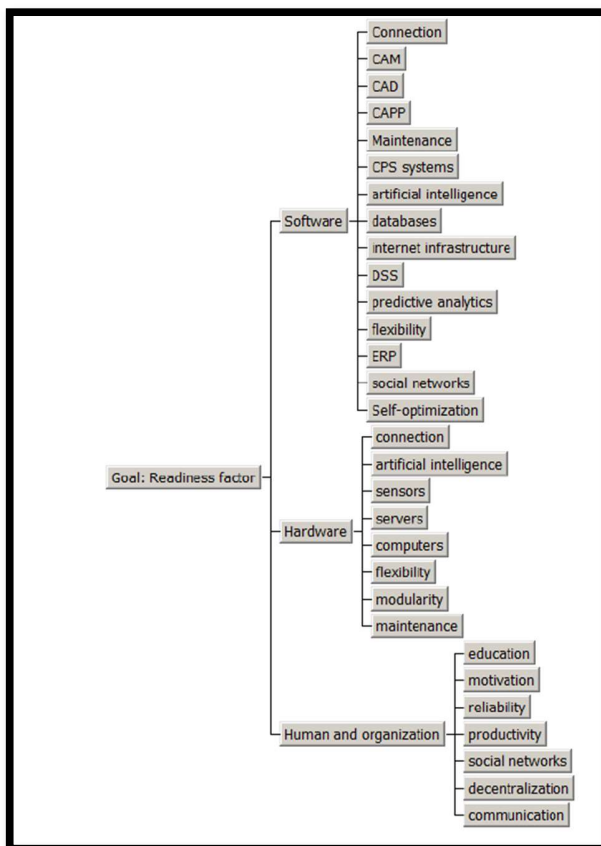
Kako prikazuje slika 3.3.1, IMPULS se sastoji od 6 glavnih dimenzija podijeljenih na 18 kategorija prema kojima se procjenjuje zrelost poduzeća za primjenu koncepta Industrije 4.0 [26]

Procjena se može obaviti samostalno preko internetskog portala www.industrie40-readiness.de na kojem se nalazi anketa za samoprocjenu.

Problem koji se mora spomenuti kod ovoga alata upravo je samoprocjena poduzeća. Ovisno o tome tko u poduzeću ispunjava navedenu anketu, rezultati mogu biti drastično drugačiji. Moguće je uljepšati ocjenu stanja u poduzeća te na primjer taj podatak iskoristiti u promidžbi poduzeća. Također aplikacija je napravljena za njemačke poduzeća u 2014. i 2015. godini te je napravljena s pretpostavkom kako su velika poduzeća prva i trenutno jedina koja bi se mogla upustiti u primjenu Industrije 4.0 [26]. Iako se u pitanjima spominje 2014.godina, zastarjelost aplikacije nije problem jer su pitanja vezana za proizvodnju i profit te se umjesto podaci za tu godinu primjenjuju podaci od prošle godine.[26]

3.3.2 Metoda bazirana na AHP metodi

Kako bi se ispitala razina spremnosti primjene koncepta Industrije 4.0, u Hrvatskoj, može se iskoristiti metoda koju predlaže istraživačica i doktorandica Maja Trstenjak s FSB-a [28]. Navedena metoda također se zasniva na anketiranju poduzeća, ispunjavanju upitnika prema kojem se određuje



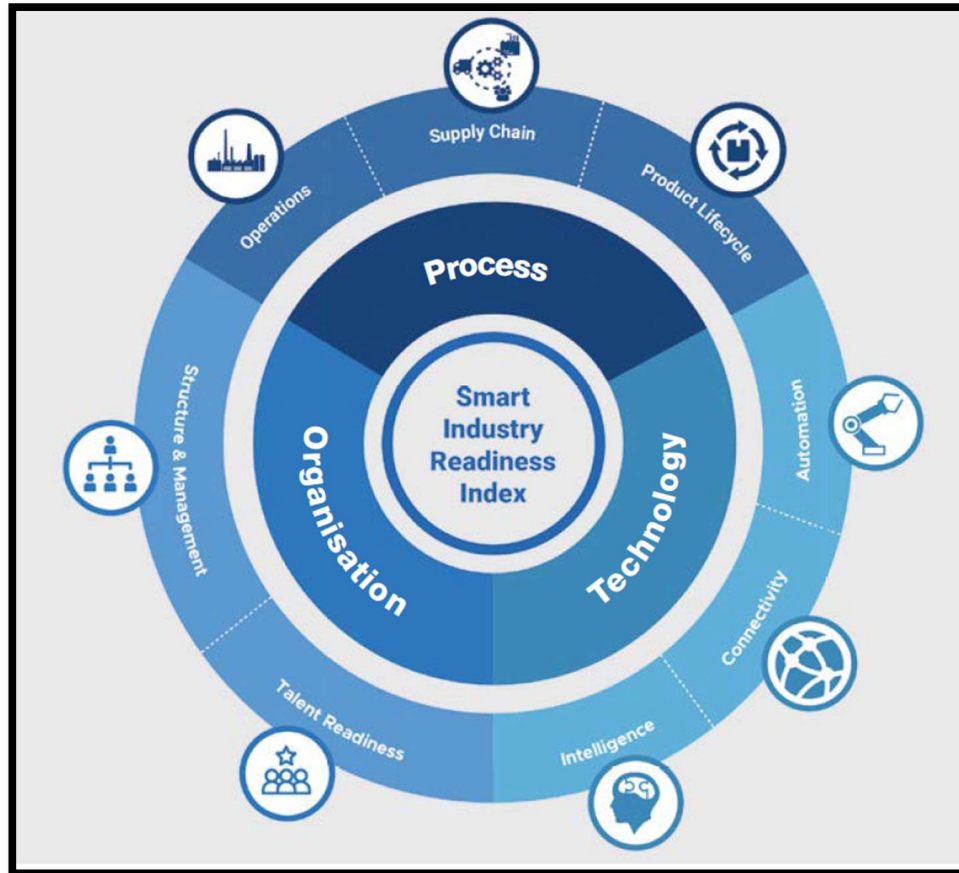
Slika 3.3.2 Kategorizacija za metodu baziranu na AHP metodi [27]

spremnost poduzeća. Metoda ima 3 dimenzije podijeljene u 30 kategorija koje omogućavaju detaljniju analizu poduzeća te samim tim i točniju procjenu razine spremnosti poduzeća[27]. Takav detaljniji upitnik napravljen je kako bi do izražaja došla mala i srednja poduzetništva, Pitanja koja se postavljaju u navedenoj anketi posložena su po kategorijama koje su prikazane na slici 3.3.2 kao na primjer : „Kakav tip komunikacije se koristi (e-mail, telefon, društvene mreže)?“ ili „Koristite li CAD ili CAM sustave?“ [27]

Međutim problem kod ove metode je što je još uvijek u povojima te je trenutno nemoguće procijeniti njenu točnost i djelotvornost. Isto tako se javlja problem samoprocjene u poduzeću, ali tom se problemu doskočilo tako da se anketira više djelatnika te se statističkom metodom određuje točnost podataka i kolika je razina spremnosti poduzeća. Tom problemu moguće je doskočiti i uvrštavanjem kontrolnih pitanja u upitnik koja bi služila kao indikator za krivu procjenu i uljepšavanje stanja u poduzeću. Kako ova metoda cilja više na mala i srednja poduzetništva, ona predstavlja veoma dobar način procjene spremnosti za poduzeća u Hrvatskoj [27].

3.3.3 SIRI

Još jedan primjer metode određivanja spremnosti poduzeća nastao je kao suradnja odbora za ekonomski razvoj (Economic Development Board; EDB) singapurske vlade i tvrtke Tüv Süd pod



Slika 3.3.3 Kategorizacija SIRI modela [28]

nazivom indeks spremnosti pametne industrije (Smart Industry Readiness Index; SIRI)[28]. To je također jedan model koji omogućava malim i srednjim poduzetništvima te velikim poduzećima da procjene u kojem su stadiju zrelosti za primjenu koncepta Industrije 4.0[29]. To je alat baziran na samoprocjeni samo tri dimenzije podijeljenih u osam kategorija kako prikazuje slika 3.3.3.. Navedena metoda razlikuje se od IMPULS metode samim tim što nije fokusirana na velika poduzeća, nego je njen cilj odrediti spremnost poduzeća bez obzira na njenu veličinu i profit [29].

3.3.4 Procjena od strane neovisnih procjenitelja

Sve gore spomenute metode baziraju se na procjeni poduzeća koja je subjektivna bez obzira na to tko je u poduzeću provodi. Ako je netko zadovoljan radom u poduzeću, možda neće primijetiti neke negativne stvari u poduzeću koje treba promijeniti ili obrnuto. Ako je netko nezadovoljan radom u poduzeću može nesvjesno ili svjesno naći mnogo više negativnih stvari nego je stvarni slučaj. Kako

bi se riješilo pitanje subjektivnosti procjene stanja u poduzeću, potrebno je izvršiti procjenu stanja koristeći usluge vanjskih suradnika odnosno procjenitelja koji se bave procjenom stanja poduzeća.

Prednosti ovakvog načina procjene su objektivnost i individualni pristup svakom poduzeću zasebno. Sam problem subjektivnosti anketa i upitnika ne postoji u ovom slučaju jer osoba koja provodi procjenu poduzeća nije vezan za tu tvrtku te je samim tim mnogo objektivniji u procjeni tvrtke. Isto tako, problem upitnika je generalizacija poduzeća te nije omogućen individualni pristup u procjeni. Upitnikom se ne mogu točno utvrditi faktori kao što je financijsko stanje i struktura tvrtke, što se lako može utvrditi uvidom od strane stručnjaka koji se bave procjenom spremnosti na primjenu Industrije 4.0. Takva procjena može biti mnogo opsežnija te samim fizičkim prisustvom u poduzeću moguće je usredotočiti se na specificirane aspekte poduzeća mnogo više.

Međutim postoje i određeni nedostaci. Ovakav pristup nije besplatan kao ankete i upitnici. Kako bi se provelo tako opsežna procjena tvrtke, potrebno je odvojiti određena financijska sredstva. Takav pristup ne odgovara malim i srednjim poduzetnicima koji nisu spremni odvojiti ta financijska sredstva samo kako bi saznali koliko su spremni za primjenu Industrije 4.0. Također postoji mogućnost odbijanja suradnje zaposlenika zbog osjećaja ugroženosti ili zbog toga što vide promjene kao nešto negativno te se njima opiru.

4 Mogući problemi uvođenja koncepta Industrije 4.0 u Hrvatsku.

Kako u mnogim segmentima društva postoje problemi i prepreke koje je potrebno riješiti, tako i u ovom pogledu postoje problemi koje je potrebno naglasiti. Budući da je cilj ovog rada ukazati na mogućnost primjene Industrije 4.0 u Hrvatskoj, potrebno je prikazati sve moguće probleme kako općenite, tako i specifične za Hrvatsku.

- Jedan od problema koji je već naveden u prijašnjim dijelovima rada je *samoprocjena*. Prilikom korištenja alata koji se baziraju na razne upitnike i ankete, moguće je svjesno ili nesvjesno na navedena pitanja dati odgovore koji ne reflektiraju stvarno stanje u određenom poduzeću.
- Kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj, problem primjene Industrije 4.0 je globalna i lokalna umreženost poduzeća. Kako bi koncept funkcionirao onako kako je zamišljen, svi partneri poduzeća trebali bi biti *umreženi*. Budući da u Hrvatskoj još uvijek poduzeća funkcioniraju na razini industrije 2.15, *komunikacija s partnerima* najčešće se provodi preko elektroničke pošte ili održavanjem sastanaka umjesto M2M komunikacije između poduzeća. Također kako bi se stvorila mreža poduzeća koja komuniciraju na razini Industrije 4.0 potrebna je *volja partnera da se upuste u integraciju* Industrije 4.0 u svoje poduzeće. No, korisna posljedica COVID 19 i ne samo u Hrvatskoj je veoma široko korištenje online analiza za edukaciju, sastanke i konferencije, primjerice Zoom, MS Teams, Google Event, Moodle, Webex itd.
- Jedna od prepreka koja se nalaze na putu prema primijeni Industrije 4.0 je Hrvatska *birokracija, te tromost* iste. Da bi se otvorilo poduzeće u Hrvatskoj potrebno je mnogo papirologije te hodanja od šaltera što nije slučaj u drugim zemljama Europske unije. Ako se gradi neko postrojenje, potrebno je mnogo dozvola za koje nadalje treba dodatne dozvole. Na primjer kako bi se dobila građevinska dozvola za neki objekt potrebno je: zahtjev za izdavanje građevinske dozvole, glavni projekt, izjavu projektanta da je glavni projekt izrađen u skladu s prostornim planom i drugim propisima, izvješće o kontroli glavnog projekta, potvrde javnopravnih tijela da je glavni projekt izrađen u skladu s posebnim propisima, potvrdu javnopravnog tijela da je glavni projekt izrađen u skladu s rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš, dokaz pravnog interesa za izdavanje građevinske dozvole i upravnu pristojbu [30]. Vidljivo je iz tog primjera da je potrebno mnogo papirologije koja bi se morala riješiti. To

predstavlja problem kako i novim poduzećima tako i poduzećima koja se žele širiti na adekvatan način. Također je potrebno dosta vremena kako bi se ta papirologija prikupila i kako bi se obradila. Isto tako za tu papirologiju potrebno je odvojiti pozamašna financijska sredstva što nekim poduzećima predstavlja veliki problem te se ne žele upuštati u takve projekte koji bi mogli biti potrebni za primjenu industrije 4.0.

- Budući da se nalazimo u vremenu pandemije virusa COVID-19, i time prouzročene ekonomske krize, moguće je da se poduzeća ne žele upuštati u rizik transformacije, te im je trenutno bitnije stabilno poslovanje. Pad BDP-a od 15 % u drugom tromjesečju 2020. godine najveći je od 2009. godine te je indikator početka krize [31]. Upravo bi zemlje koje su počele s primjenom koncepta Industrije 4.0 mogle lakše podnijeti teret krize zbog fleksibilnijeg poslovanja. Općenito, ovisnost Hrvatske o turizmu kao najvećem dijelu BDP-a, stavlja državu u položaj ranjiv za nenadane situacije kao što je pandemija virusa, a i buduće nenadane situacije koje bi mogle biti mnogo utjecajnije na Hrvatsku. Upravo zbog toga je bitna fleksibilnost koju pruža Industrija 4.0 te je potrebno uhvatiti ritam s ostatkom zapadno-europskih zemalja kako bi se započela primjena Industrije 4.0
- *Problem radne snage* u Hrvatskoj, kao i u većini tranzicijskih zemalja, je u radnoj snazi koja nakon završenog obrazovanja odluči potražiti posao u drugoj državi. To predstavlja veliki gubitak za Hrvatsku kako financijske prirode tako i s aspekta same radne snage s visokim stupnjem obrazovanja

5 **Moguća strategija uvođenja Industrije 4.0 u Hrvatsku**

Prema svemu prikazanom moguće je uspostaviti nekoliko koraka koji bi mogli poslužiti kao moguća strategija uvođenju Industrije 4.0

1. **PROCJENA** – prvi korak koji bi svako poduzeće trebalo poduzeti je objektivna procjena tvrtke. Potrebno je znati u kojem stadiju je svaki aspekt poduzeća od spremnosti samih radnika na promjene do menadžmenta i IT sektora poduzeća. Trenutna situacija oko pandemije virusa COVID 19 donosi određenu nesigurnost u poslovanju, te se samim tim predlaže korištenje onih aplikacija i alata koji omogućuju kvalitetnu procjenom. Predlaže se samoprocjena od strane više djelatnika iz više sektora kako bi se osigurala što objektivnija procjena. Ili procjena od strane vanjskih nezavisnih procjenitelja, ovisno o tome koja od navedenih opcija je isplativija
2. **FINANCIJSKA ANALIZA** – nakon procjene potrebna je financijska analiza tvrtke. U to između ostalog spada analiza dobiti i troškova, odnosno čistog profita. Budući da je za prelazak poduzeća na Industriju 4.0 potrebno mnogo kapitala, financijskom analizom potrebno je odrediti isplativost i rizik primjene koncepta Industrije 4.0. Međutim navedeni kapital je moguće rasporediti kroz duži vremenski period te je potrebno napraviti određeni plan kako rasporediti sredstva s kojima raspolaže poduzeće
3. **PLAN PRIMJENE KONCEPTA INDUSTRIJE 4.0 U FAZAMA**– kako bi počela primjena Industrije 4.0 neizbježne su promjene u poduzeću te je potrebno napraviti redosljed odjela i djelatnosti po kojima će se restrukturirati poduzeće. Ova točka veoma je važna kako bi došlo do primjene koncepta Industrije 4.0 uz najmanje gubitaka te kako bi se proces koji je sam po sebi dugotrajan provelo u najkraćem mogućem roku. Neke od točaka takvoga plana svakako su obuka ljudi, nabava opreme, reorganizacija prostora postrojenja te još mnogi detalji koji utječu na proces primjene Industrije 4.0. Plan bi morao biti detaljno osmišljen kako bi se svaki aspekt uzeo u obzir. Iz tog razloga za izradu plana bi trebali biti zaduženi oni ljudi u poduzeću koji su najkompetentniji te koji dovoljno dobro poznaju poduzeće te način rada i korisnike njihovih usluga ili dobara. Treba naglasiti potrebu edukacije ljudi da ne bi pružali otpor promjenama ili kako bi taj otpor bio u što manjoj mjeri. Dakle, i uz dobru primjenu, dobre alate, primjena koncepta Industrije 4.0 može pasti ili biti dovedena u pitanje zbog otpora ljudi i u privatnom sektoru.

4. **POMOĆ DRŽAVE** – gore navedene točke strategije odnose se na individualna poduzeća odnosno ne odnose se na strategiju primjene Industrije 4.0 na razini cijele države. Država je jako važan partner poduzećima jer ona može olakšati ili otežati procese koji omogućuju primjenu Industrije 4.0. U ovako nesigurna vremena za hrvatsku industriju potrebna je opsežna strategija države kako bi mogla pomoći u pokretanju primjene Industrije 4.0. U prvom redu to je analiza *stupnja informiranosti poduzetnika o konceptu Industrije 4.0* te naknadno *obrazovanje i informiranje kroz seminare, informativne letke te medijsku kampanju uključujući društvene mreže*. Nadalje je potrebna strategija potpore poduzetnicima što uključuje *pomoć kod financiranja projekata iz fondova Europske unije, donošenje zakona koji bi omogućili lakše poslovanje poduzetnika bez nepotrebne birokracije i gubljenja vremena, savjetovališta za poduzetnike koji su se odlučili na primjenu Industrije 4.0. te smanjenje nameta* kako bi se omogućilo lakše poslovanje i privukli investitori u Hrvatsku. Kao što je naveden ranije, za uspješnu primjenu Industrije 4.0 potrebna je kvalificirana radna snaga koja je adekvatno obrazovana za rad u novim uvjetima što znači fokusiranje na bolje obrazovanje nove radne snage, cjeloživotno obrazovanje postojeće radne snage te zadržavanje iste.

6 Zaključak

Koncept Industrije 4.0 predstavlja veliki napredak kako u industrijskoj proizvodnji, tako i u ostalim aspektima poslovanja poduzeća. Mnoge zemlje krenule su u primjenu koncepta Industrije 4.0 kako bi povećale svoju konkurentnost na globalnom tržištu. Veća fleksibilnost, koju pruža Industrija 4.0 bi, uz veću konkurentnost na globalnom tržištu, dala i određenu otpornost hrvatske industrije na krizu kakva je bila unazad nekoliko godina. U Hrvatskoj je koncept Industrije 4.0 relativno nov pojam. Hrvatska industrija bazirana je većinom na mikro malim i srednja poduzetništva koja nisu izložena informacijama o Industriji 4.0 ili im promjene s trenutnog stanja nisu nužne za uspjeh u poslovanju. Razmotreni su neophodni uvjeti, mogući problemi u primjeni koncepta Industrije 4.0 te procjena primjena koeficijenta spremnosti na Industriju 4.0. u Hrvatskoj.

Međutim, primjena koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj itekako je moguća. Hrvatski IT sektor iz godine u godinu raste te se može uspoređivati s najboljima u svijetu. Taj potencijal može se iskoristiti kako u primjeni Industrije 4.0 u IT sektoru, tako i u primjeni u ostalim sektorima Hrvatske industrije. Naglasak se može staviti na prerađivačku industriju koja ima najveći potencijal, uz IT sektor, biti prva industrija koja će pokrenuti promjenu prema Industriji 4.0, a posebno njeni segmenti kao što su vojna industrija i proizvodnja električne opreme koji nastavljaju rasti iz godine u godinu.

Primjer strategije navedene u ovom radu samo je okvirni pokazatelj u kojem smjeru je potrebno krenuti kako bi se pokrenula primjena koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj i kako bi Hrvatska uhvatila korak s ostatkom razvijenih zemalja. Kao mogući nastavak ovog rada bilo bi istraživanje putem intervjua, ankete reprezentativnih tvrtki što bi dublje i šire doprinijelo boljem sagledavanju razmatrane problematike. Razrada primjene Industrije 4.0 putem „case study“ u reprezentativnim tvrtkama dala bi uvid u neophodne ulazne podatke, faze rada, očekivanja od realnih rezultata primjene i sl. Isto tako, trebalo bi se šire pozabaviti EU projektima koji se bave primjenom Industrije 4.0 te refleksijom na Strategiju gospodarskog razvoja RH u narednom periodu.

U Varaždinu, 14. listopada 2020.



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, DANUEL MRKONJA (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Danuel Mrkonja
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završni/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, DANUEL MRKONJA (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Mogućnost primjene koncepta Industrije 4.0 u Hrvatskoj (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Danuel Mrkonja
(vlastoručni potpis)

9

7 Literatura

- [1] TXM tim, THE HISTORY & LANGUAGE OF INDUSTRY 4.0; TXM Lean Solutions 2018
- [2] Bernhard AXMANN, Harmoko HARMOKO; Industry 4.0 Readiness Assessment: Comparison of Tools and Introduction of New Tool for SME; Technical Journal 11, vol.4, 2017.
- [3] <https://www.cadcam-group.eu/hr/blog/industrija-5-0-sve-je-blize>
- [4] Kanji Ueda; A concept for bionic manufacturing systems based on DNA-type information; Elsevier Science Publishers B.V., 1992.
- [5] Kanji Ueda; „Biological manufacturing systems and IMS program, Proceedings of 7th International DAAAM Symposium“, Vienna, Austria, October, 1996.
- [6] Andrea Ćuk; „ULOGA I ZNAČAJ INFORMATIČKE REVOLUCIJE U RAZVITKU HRVATSKOG GOSPODARSTVA“ Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet, diplomski rad, Split, rujan 2019.
- [7] <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=52629>
- [8] <https://www.cleverism.com/industry-4-0/>
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [10] <https://www.tuvsud.com/en/industries/manufacturing/machinery-and-robotics/smart-industry-readiness-index>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_storage
- [12] <https://au.pcmag.com/networking-communications-software/29902/what-is-cloud-computing>
- [13] https://ec.europa.eu/croatia/basic/everything_you_need_to_know_about_big_data_technology_hr
- [14] Krzysztof Witkowski; „Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management“, Procedia Engineering 182, page 763 – 769, 2017.
- [15] <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html#endnote-sup-6>
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality
- [17] <https://smart-it.io/machine-to-machine-m2m-how-does-it-work/>
- [18] <https://slcontrols.com/benefits-of-industry-4-0/>
- [19] <https://www.smartindustry.com/articles/2018/the-impact-of-industry-4-0-on-safety-instrumented-systems/>

- [20] Lane Thames, Dirk Schaefer; „Industry 4.0: An Overview of Key Benefits, Technologies, and Challenge“, Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing – poglavlje 1, Springer Publishing, May 2017
- [21] Prof. Dr. Henning Kagermann, Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, Dr Johannes Helbig;, „Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0“, Heilmeyer und Sernau Gestaltung, April, 2013
- [22] Prof. dr.sc. Ivica Veža, Prof. dr.sc. Zoran Babić, Prof. dr.sc. Boženko Bilić, Izv.prof. dr.sc. Stipo Čelar, Izv.prof. dr.sc. Željko Stojkić, Dr.sc. Nikola Gjeldum, Dr.sc. Marko Mladineo, Ivan Peko Ivan Špar, „Analiza postojećeg stanja hrvatskih industrijskih poduzeća“, Split, Hrvatska zaklada za znanost, srpanj 2015
- [23] Hrvatska gospodarska komora, „HGK – SEKTOR INDUSTRIJE U BROJKAMA“, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwio1NiLmI_sAhWGyaQKHTCLDpMQFjACegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Fwww.hgk.hr%2FnaabavaDownload%2F2538%2F12&usq=AOvVaw2wRqGPhV2v1lxqA8O5-xP4, 2018
- [24] <https://www.energypress.net/rekordan-izvoz-hrvatske-vojne-industrije/>
- [25] Europska komisija, „Indeks gospodarske i društvene digitalizacije (DESI) za 2020“.; Europska komisija, https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=66963, 2020
- [26] Dr. Karl Lichtblau / Prof. Volker Stich, Dr.-Ing. /Dr. Roman Bertenrath / Matthias Blum / Martin Bleider /Agnes Millack / Katharina Schmitt /Edgar Schmitz / Moritz Schröter ; „INDUSTRIE 4.0 READINESS-Foundation for mechanical engineering, plant engineering, and information technology“ Aachen, Köln, VDMA, Listopad 2015
- [27] Maja Trstenjak, Hrvoje Cajner, Tihomir Opetuk; „Industry 4.0 Readiness Factor Calculation: Criteria Evaluation Framework“; FME Transactions, vol. 47, No. 4, 2019, 841-845
- [28] TÜV SÜD AG; „Smart Industry Readiness Index“, TÜV SÜD AG, <https://www.tuvsud.com/en/industries/manufacturing/machinery-and-robotics/smart-industry-readiness-index>, 2019
- [29] Economic Development Board; „The Prioritisation Matrix“; Singapur, Economic Development Board <https://www.edb.gov.sg/content/dam/edb-site/news-and-resources/news/advanced-manufacturing-release/Smart-Industry-Readiness-Index-Prioritisation-Matrix-Whitepaper.pdf>, 2019
- [30] <https://mipcro.hr/blog/gradenje-bez-gradevinske-dozvole-56/>

[31] <https://www.index.hr/vijesti/clanak/rekordan-pad-hrvatski-bdp-u-drugom-kvartalu-pao-151-posto/2208364.aspx>

8 Popis slika

Slika 2.1.1 Značajke BMS-a [4]	3
Slika 2.1.2 Primjer funkcioniranja BMS-a u stvarnosti [5]	4
Slika 2.2.1 Industrijska revolucija kroz povijest [6].....	5
Slika 3.1.2 Udio prohoda industrije za 2015.g [23].....	11
Slika 3.1.1 Graf industrijske zrelosti tvrtki u istraživanju INSENT [22]	11
Slika 3.1.3 Udio grana prerađivačke industrije po ukupnom prihodu za 2015. godinu. [23]	13
Slika 3.1.4 DESI poredak za 2020.g [25]	14
Slika 3.1.5 Relativni rezultati istraživanja po kategorijama [25]	14
Slika 3.1.6 Razina povezanosti u Hrvatskoj u usporedbi s prosjekom Europske unije [25]	15
Slika 3.2.1 Rezultati izvješća vezani za probleme u primijeni Industrije 4.0[21]	17
Slika 3.3.1 Kategorizacija alata IMPULS [26].....	18
Slika 3.3.2 Kategorizacija za metodu baziranu na AHP metodi [27]	19
Slika 3.3.3 Kategorizacija SIRI modela [28].....	21