

# Utjecaj robotizacije na tržište rada Europske unije

---

**Puljić, Marko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Libertas International University / Libertas međunarodno sveučilište**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:223:853344>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of the Libertas International University](#)



**LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE  
ZAGREB**

**MARKO PULJIĆ**

**DIPLOMSKI RAD  
UTJECAJ ROBOTIZACIJE NA TRŽIŠTE RADA  
EUROPSKE UNIJE**

**Zagreb, siječanj 2022.**

**LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE  
ZAGREB**

**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
POSLOVNA EKONOMIJA I GLOBALIZACIJA**

**UTJECAJ ROBOTIZACIJE NA TRŽIŠTE RADA EUROPSKE UNIJE**

**THE IMPACT OF ROBOTICS ON THE EUROPEAN UNION LABOR  
MARKET**

**KANDIDAT:** Marko Puljić  
**MENTOR:** doc.dr.sc. Helena Šlogar

**Zagreb, siječanj 2022.**

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Heleni Šlogar na svoj pomoći i stručnim savjetima, te svom izdvojenom vremenu tijekom pisanja ovoga diplomskoga rada.

Zahvaljujem se svojoj supruzi na podršci i strpljenju za vrijeme studiranja i pisanja ovoga rada.

Autor

## Sadržaj:

1.	Uvod .....	1
1.1.	Predmet i cilj rada.....	2
1.2.	Istraživačka pitanja .....	3
1.3.	Hipoteze rada .....	3
1.4.	Metodologija istraživanja .....	4
1.5.	Doprinos rada .....	4
1.6.	Struktura rada .....	5
2.	Razvoj robotike i pregled trenutnog stanja.....	6
2.1.	Roboti i njihova podjela .....	6
2.2.	Ideja i rani početci .....	8
2.3.	Nastanak i razvoj industrijskog robota .....	10
2.4.	Industrijski roboti i umjetna inteligencija.....	13
2.5.	Ekonomski troškovi i razlozi ugradnje industrijskih robota.....	15
2.6.	Primjena industrijskih robota.....	17
2.7.	Gustoća industrijskih robota .....	27
3.	Utjecaj robotizacije na tržište rada .....	37
3.1.	Utjecaj tehnologije na tržište rada kroz povijest .....	37
3.2.	Utjecaj robotizacije na tržište rada .....	42
3.3.	Robotika i novi poslovi.....	47
3.4.	Kolaborativni industrijski roboti .....	49
3.5.	Utjecaj industrijskih robota na sigurnost i zdravlje radnika .....	51
4.	Analiza i interpretacija podataka .....	53
4.1.	Povezanost između gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji EU .....	55
4.2.	Povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i broja zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU .....	61
4.3.	Povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječnih troškova za zaposlenike u prerađivačkom sektoru EU .....	66
5.	Zaključak .....	72
	Literatura .....	75
	Popis tablica .....	81
	Popis grafikona .....	82

## Sažetak

Rezultati statističke analize pokazuju kako gustoća industrijskih robota (broj industrijskih robota na 10.000 zaposlenih) u prerađivačkoj industriji utječe na tržište rada Europske Unije. Korelacijskom i regresijskom analizom prikazano je da je povećanjem broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije došlo i do povećanja udjela zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske Unije, te kako je i broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji rastao kako je rastao i broj industrijskih robota u njemu. Također je prikazano da zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju i veće troškove za zaposlenike. Rezultati istraživanja potvrđuju glavnu hipotezu  $H_0$  koja ispituje postoji li statistički značajna povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije i udjela zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske Unije. U svim zemljama Europske Unije dolazi do rasta broja industrijskih robota i robotizacije te automatizacije mnogih radnih mjesta, stoga je nužno pripremiti tržište rada na izazove koji ovakvi trendovi nose.

**Ključne riječi:** industrijski roboti, gustoća industrijskih robota, tržište rada EU, zaposlenost

## Abstract

The results of the statistical analysis show how the density of industrial robots (number of robots per 10,000 employees) in the manufacturing sector affects the labor market of the European Union. Correlation and regression analysis showed that the increase in the number of industrial robots in the processing sector of the European Union led to an increase in the share of employees in the total population of the European Union, and that the number of employees in the processing sector grew as did the number of industrial robots. It is also shown that European Union countries with a larger number of industrial robots in the manufacturing sector also have higher costs for employees in the same. The results of the research confirm the main hypothesis  $H_0$  which examines whether there is a statistically significant correlation between the density of industrial robots in the EU manufacturing sector and the share of employees in the total EU population. In all countries of the European Union, the number of industrial robots is growing, as well as the robotization and automation of many jobs, and it is necessary to prepare the labor market for the challenges posed by such trends.

**Keywords:** industrial robots, density of industrial robots, EU labor market, employment

# 1. Uvod

Četvrta industrijska revolucija, ili skraćeno I4.0, kao pojam prvi je puta predstavljen javno na sajmu u Hannoveru 2011. godine. Tada se prisutnima na ceremoniji otvaranja obratio profesor Wolfgang Wahlster, direktor njemačkog istraživačkog centra za umjetnu inteligenciju, a pojam je opisao kao alat kojim tvrtke mogu biti uspješne u regiji i omogućiti zaposlenicima visoke nadnice. Predložio je okupljenima da se pripreme za nadolazeću četvrtu industrijsku revoluciju, koja će, prema njegovim riječima, biti pokretana od strane interneta (Pfeiffer, 2017). Četvrta industrijska revolucija je revolucija nastala spajanjem tradicionalnih proizvodnih i industrijskih sustava i praksi s najnovijom, tzv. pametnom tehnologijom. Karakterizira ju korištenje tehnologija kao što su robotika, umjetna inteligencija, komunikacija stroj-stroj, nanotehnologija, kvantna računala, biotehnologija, internet stvari, bežična tehnologija pete generacije, autonomna vozila i slično.

Četvrta industrijska revolucija donijeti će, i dobrim dijelom već donosi, niz tehnoloških, društveno-političkih i kulturnih promjena koje će uvelike transformirati pojedince, tvrtke, industrije i institucije. Rezultat svega je društvena transformacija na gotovo svim razinama. Produkti ove revolucije mijenjaju ekonomske norme, način na koji komuniciramo, učimo, zabavljamo se, ali i radimo. Kao i dosadašnje revolucije i ova revolucija imati će pozitivne i negativne utjecaje na njene dionike (Deloitte, 2020). Iako su korišteni i ranije, upravo su roboti prepoznati kao jedni od glavnih nositelja Četvrte industrijske revolucije (Pfeiffer 2016). Po svojoj definiciji robot je stroj koji se programira pomoću računala, zamjenjuje ljudski rad i sposoban je automatski obavljati složeni niz akcija. Prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (engl. *International Organization for Standardization – ISO*) roboti se dijele na industrijske i servisne robote. Glavna razlika između industrijskih i servisnih robota je ta što se industrijski roboti primjenjuju za automatizaciju industrije, npr. robot za zavarivanje, dok se pod pojmom servisni roboti podrazumijeva sve vrste robota koji obavljaju zadatke za ljude ili opremu, uz iznimku njihove primjene u automatizaciji industrije, npr. robotski usisavač (ISO, 2012). S obzirom na izloženo, ovaj rad usredotočiti će se na utjecaj industrijskih robota na tržište rada Europske Unije. Također će donijeti povijesni pregled razvoja robotike, a kroz različite znanstvene radove, istraživanja i drugu literaturu prikazati će dosadašnji efekt robotizacije na tržište rada, s posebnim fokusom na prerađivačku industriju.

## 1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovoga rada je analiza utjecaja porasta broja industrijskih robota na tržište rada Europske Unije. S obzirom da se industrijski roboti u najvećoj mjeri koriste u prerađivačkoj industriji, poseban fokus stavljen je na njihov utjecaj na tržište rada u prerađivačkoj industriji. Analiziranjem stanja u različitim državama Europske Unije doći će se do korelacije između porasta broja industrijskih robota i različitih informacija vezanih uz tržište rada.

Do uvođenja robota na tržište rada došlo se postepeno, te industrijski roboti kakvi se danas koriste nastajali su desetljećima. Da bi se definirao industrijski robot i prikazale sve njegove značajke, izložiti će se povijesni pregled razvoja robotike, od njezinih začetaka do današnjih dana. S obzirom da različite zemlje imaju različite veličine gospodarstva, populaciju i broj zaposlenih, apsolutni broj industrijskih robota u pojedinim zemljama ne može biti podatak s kojim se pojedine zemlje mogu uspoređivati. Iz toga razloga se umjesto apsolutnog broja industrijskih robota kao referentna veličina uzima gustoća robota. Gustoća industrijskih robota označava broj industrijskih robota u odnosu na broj zaposlenih i može se protumačiti kao mjera usvojenosti industrijskih robota u industriju pojedine zemlje. Za statističke analize koje će kasnije biti prikazane gustoća industrijskih robota definirati će se kao broj industrijskih robota na 10.000 zaposlenih.

Cilj istraživanja je utvrditi postoji li značajna povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i rasta ili pada zaposlenosti u Europskoj Uniji. Također, za istraživanje su definirani i pomoćni ciljevi:

- procijeniti dosadašnji utjecaj robotizacije na tržište rada prerađivačke industrije,
- definirati pojam industrijski robot i odrediti njegove karakteristike,
- povijesni pregled razvoja industrijskih robota,
- procjena budućih trendova na tržištu rada.



## 1.2. Istraživačka pitanja

Na temelju ciljeva rada postavljena su sljedeća istraživačka pitanja:

- IP1: Je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske Unije?
- IP2: Je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije?
- IP3: Imaju li zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji veće prosječne troškove za zaposlenike u istoj?

## 1.3. Hipoteze rada

Na temelju predmeta i ciljeva istraživanja postavljene su glavna i pomoćne hipoteze rada:

- H0: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije.  
Period: 2010. do 2019. godina.

Pomoćne istraživačke hipoteze:

- PH1: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije.  
Period: 2010. do 2018. godina.
- PH2: Zemlje Europske unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike u prerađivačkoj industriji.

## **1.4. Metodologija istraživanja**

U radu će biti prikazane spoznaje iz stručne literature, znanstvenih članaka i internetskih izvora. Koristiti će se sljedeće znanstvene metode: metoda kompilacije, metoda deskripcije, induktivna i deduktivna metoda, metoda analize, metoda sinteze, metoda klasifikacije, te statistička metoda korelacije i regresijske analize. Metoda kompilacije podrazumijeva postupak kompiliranja tuđih rezultata znanstvenoistraživačkih radova, stavova, zaključaka i sl. Metoda deskripcije je postupak opisivanja činjenica, procesa i predmeta, te njihovih veza, ali bez znanstvenog tumačenja ili objašnjavanja. Induktivna metoda označava primjenu induktivnog načina zaključivanja, gdje se na temelju analize pojedinačnih činjenica dolazi do općih zaključaka. Suprotna njoj je deduktivna metoda, kojom se od općeg suda dolazi do pojedinačnih zaključaka. Metoda analize je postupak istraživanja i objašnjavanja stvarnosti raščlanjivanjem složenijih pojmova, sudova ili zaključaka na jednostavnije dijelove. Metoda sinteze je postupak znanstvenog istraživanja i objašnjavanja kod kojega se putem spajanja jednostavnih sudova i zaključaka dolazi do složenijih. Metoda klasifikacije je znanstvena metoda kojom se izvodi sustavna podjela općeg pojma na posebne. Statističkom metodom korelacije utvrđuje se povezanost dvaju ili više pojava, a regresijska analiza daje kvantitativni izraz te povezanosti (Zelenika, 2000).

## **1.5. Doprinos rada**

Ovim radom želi se prikazati utjecaj porasta robotizacije na tržište rada, odnosno na prerađivačku industriju. Za pretpostaviti je da bi radnici u ovome sektoru trebali biti najpogođeniji porastom robotizacije. Kompletno tržište rada, tako i tržište rada prerađivačke industrije, se permanentno mijenja i do sada se susretalo sa različitim izazovima. Eksponencijalni rast znanosti, čiji su uzroci različiti, ovoga puta stavilo je pred tržište rada možda i najveći izazov, ubranu robotizaciju i automatizaciju – pojavu koja za različite poslove u prerađivačkoj industriji može u potpunosti zamijeniti potrebu za ljudskim radom. Strojevi su i do sada zamjenjivali ljudski rad i utjecali na tržište rada, ali nikad do sada tim intenzitetom kao u zadnjih desetak godina. Različiti ekonomisti postavljaju pitanja i iznose svoje brige o tome što će se dogoditi ako veliki broj radnih mjesta bude u potpunosti zamijenjeno različitim vrstama robota ili drugih pametnih strojeva u kratkom vremenskom periodu. Pregledom različite literature i statističkom analizom doći će se do podataka kako su

do sada industrijski roboti utjecali na tržište rada, te kakvo stanje se može očekivati ako se trenutni trendovi nastave.

## **1.6. Struktura rada**

Rad se sastoji od tri poglavlja uz uvod, zaključak i literaturu. Prvo poglavlje je uvod u kojem se prikazuje cilj i svrha rada, te se navodi glavna hipoteza, korištene znanstvene metode, te istraživačka pitanja i struktura rada.

U drugom poglavlju rada objašnjeno je što su roboti, kako ih se klasificira, što je to industrijski robot, te je prikazan povijesni pregled razvoja industrijskih robota. Prikazano je i stanje po zemljama u razdoblju od 2010. do 2019. godine, odnosno gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji za različite zemlje i regije. Također su definirani bitni pojmovi koji je često koriste u radu, poput gustoće industrijskih robota.

Treće poglavlje bavi se utjecajem robotizacije i tehnologije na tržište rada, te pokazuje kako su tehnološki napreci do sada utjecali na radna mjesta. Industrijske revolucije i tehnološki napredak do sada su pozitivno utjecali na tržište rada, te je u ovom poglavlju prikazano je li tome tako i kod primjene industrijskih robota, te je opisano kako je robotizacija utjecala na zemlje i regije koji su bili prvi masovniji korisnici robotskih tehnologija, Europa, Sjedinjene Američke Države i Japan.

U četvrtom poglavlju rada provedena je statistička analiza na temelju podataka dobivenih iz godišnje publikacije Međunarodne federacije robotike (engl. *International federation of robotics – IFR*) za 2020. godinu i podataka iz baze Eurostata. Analiza potvrđuje ili opovrgava glavnu i pomoćne hipoteze diplomskog rada.

U zadnjem poglavlju prikazuje se sažetak rezultata dobivenih statističkom analizom, te se daje osvrt na trenutni odnos robotizacije radnih mjesta i tržišta rada.

## 2. Razvoj robotike i pregled trenutnog stanja

U drugom poglavlju prikazati će se razvojni put robotike kao znanstvenog područja i inženjerske grane kroz povijest. Također, definirati će se neki bitni pojmovi koji će se spominjati kroz diplomski rad. Važno je napomenuti da različite institucije i znanstvenici različito definiraju određene pojmove, te za mnoge od pojmova ne postoji jedinstvena i općeprihvaćena definicija.

### 2.1. Roboti i njihova podjela

Postoji veliki broj definicija kojim se opisuje pojam robot. Međunarodna organizacija za standardizaciju (engl. *International Organization for Standardization – ISO*) u svojoj normi ISO 8373:2012 robot definira kao pokretni mehanizam koji se može programirati u dvije ili više osi, koji je autonoman, te koji se pokreće u zadanome okruženju izvršava određene zadatke. S obzirom da se u ovome radu neće ulaziti u tehničke značajke robota, polazi se od definicije da je robot bilo koji automatski upravljani stroj koji zamjenjuje ljudski rad (Enciklopedija Britannica, 2021). Znanost koja se bavi konstruiranjem, proizvodnjom i primjenom robota naziva se robotika (ISO, 2021).

Robote je moguće kategorizirati prema različitim značajkama. Tako je robote moguće podijeliti prema stupnju samostalnosti, načinu upravljanja, konfiguraciji, generaciji robota, pogonu itd. Za potrebe ovoga rada najbitnija je podjela robota prema namjeni. Roboti se prema namjeni dijele na industrijske i servisne robote. Industrijski roboti su automatski upravljani, reprogramibilni i višenamjenski strojevi, koji se obično sastoje od niza segmenata, mogu biti fiksno postavljeni ili mobilni, te se upotrebljavaju za automatizaciju industrije. Servisni roboti su svi oni roboti koji obavljaju korisne zadatke za ljude ili opremu, ali se ne primjenjuju za automatizaciju industrije. Klasični primjeri industrijskog robota su roboti za zavarivanje, roboti za manipulaciju objektima, roboti za paletiranje i slično. Primjeri servisnih robota su različiti roboti za domaćinstvo, roboti za razminiranje, medicinski roboti i slično (ISO, 2021).

Industrijski roboti sastoje se od tri glavne komponente: manipulatora, upravljačke jedinice i alata. Manipulator se sastoji od baze robota, ruke robota i izvora napajanja, te omogućuje kretanje robota u određenom broju stupnjeva slobode. Upravljačka jedinica služi za programiranje robota, te sadrži sučelja sa upravljačkim uređajima i senzorskim jedinicama. Alat industrijskog robota služi za izvršavanje određene operacije. Alati koji se koriste na industrijskim robotima mogu biti različiti, od alata za bušenje ili brušenje, do alata za manipulaciju, zavarivanje ili bojanje i slično (Singh, Sellappan, Kumaradhas, 2013).

Kako navode Gupta, Arora i Westcott (2017) industrijski roboti se najčešće koriste zajedno s drugim proizvodnim strojevima i uređajima, te su integrirani u sustav koji kao cjelina izvršava određeni proizvodni zadatak ili radnju. Oni su jedan od glavnih nositelja današnje industrije, sposobni precizno i repetitivno izvršavati različite radnje. Danas se industrijski roboti koriste mnogo više nego što većina ljudi misli, te se ne koriste samo u velikim, nego i srednjim i malim proizvodnim pogonima. Općenito gledano roboti se najviše koriste za repetitivne, monotone, prljave, opasne ili teške poslove, odnosno za one poslove koji ljudi rade najlošije. Wittes i Blum (2015) navode da je cijela današnja industrija toliko ovisna o robotima da se predviđa da će oni zauvijek promijeniti tržište rada. Roboti se danas ne koriste samo na proizvodnim linijama, nego i u medicini, logistici, poljoprivredi i različitim drugim industrijskim granama u većem dijelu zapadnog svijeta.

## 2.2. Ideja i rani počeci

Umjetno stvorena bića, prasluku današnjih robota, moguće je naći već u ranim godinama ljudske civilizacije. Tako grčka mitologija donosi priču o Hefestu, bogu vatre, vulkana, obrtnika i kovača, koji je izradio dva mehanička psa, zlatnog i srebrenog, da bi mu čuvali palaču. Hefest je, također, stvorio i Talosa, metalnog diva izrađenog od bakra, a čija je zadaća bila čuvati Kretu od neprijatelja i prenositi naredbe kretskog kralja Minosa. U staroindijskoj književnosti postoji priča o čovjeku koji je otišao u drugu zemlju i tamo posjetio dom jednoga od učitelja obrtništva, gdje je sreo djevojku koja se ponašala kao čovjek, ali je zapravo bila stroj. U hebrejskoj mitologiji poznat je lik Golema, bića načinjenog od gline i blata, koji ne posjeduje vlastitu volju, već je podčinjen gospodaru koji ga je izradio. Godine 1818. Mary Wollstonecraft Shelley u svojoj knjizi „*Frankenstein* ili moderni Prometej“, u kojem znanstvenik Victor Frankenstein iz različitih materijala, uključujući i dijelove ljudskih leševa, stvara biće koje oživljava. Iako mitološke priče ili književna dijela. Ovi primjeri ukazuju na to da je ideja robota, stroja čiji je primarni zadatak osloboditi čovjeka teških ili opasnih poslova, puno starija od primjene prvih industrijskih robota u 20. stoljeću (Iavazzo i sur., 2014).

Riječ robot prvi se puta pojavila u predstavi češkoga pisaca i dramatičara Karela Čapeka 1921. godine, „Rossumovi univerzalni roboti“. U toj predstavi ljudi stvaraju robote koji im služe i s kojima upravljaju, ali se oni nakon nekoliko godina pobune protiv ljudi, zarate s njima, te ljudska rasa u posljednjim trenucima biva spašena. Za potrebe ove predstave Čapek je izmislio novu riječ – robot, koju je izveo iz češke riječi *robot*, a koja označava težak i prisilni rad (Britannica, 2021). Jedna od nezaobilaznih figura kada se priča o povijesti robotike je Isaac Asimov, američki pisac znanstvene fantastike koji je imao veliki utjecaj na povijest i razvoj robotike. Odrastao je u New Yorku gdje je i razvio je poseban interes prema znanstvenoj fantastici. Diplomirao je i doktorirao na Sveučilištu Columbia, te predavao biokemiju na Sveučilištu u Bostonu. Bio je izrazito uspješan pisac sa objavljenih preko 500 naslova. Njegova najpoznatija djela su ciklus pripovijetki „Ja, robot“, te serijal o galaktičkom carstvu „Zaklada“. Uvelike je doprinio kreativnom razmišljanju u onome što će se poslije nazvati robotika, a njegova djela znanstvene fantastike ostavila su veliki trag na svijet znanosti i tehnologije.

Asimov je u svome djelu „Runaround“ iz 1942. godine predstavio tri zakona robotike:

1. Robot ne smije naštetiti čovjeku ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovjeku našetiti.
2. Robot mora slušati ljudske naredbe, osim kad su one u suprotnosti s prvim zakonom.
3. Robot treba štiti svoj integritet, osim kad je to u suprotnosti s prvim ili drugim zakonom.

U ovome djelu također se prvi puta spominje riječ robotika, a definira se kao tehnologija koja se bavi dizajnom, konstrukcijom i primjenom robota. U kasnijim djelima Asimov dodaje i četvrti, tzv. nulti zakon robotike, a koji kaže da robot ne smije naškoditi čovječanstvu ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovječanstvu našetiti (Hrvatska enciklopedija, 2021).

Glavni preduvjet za razvoj robotike bio je prethodni razvoj strojarstva, elektrotehnike i računarstva. Jedan od najstarijih dizajniranih robota je „Mehanički vitez“ Leonarda da Vincija, koji je ujedno i prvi zabilježeni humanoidni robot, skiciran 1495. godine. Robot je uz pomoć sustava kablova i kolotura mogao ustati, sjesti, podignuti vizir, te micati rukama, glavom i vilicom. Jacques de Vaucanson izradio je 1739. godine stroj u obliku patke, koji je mogao jesti, piti, probavljati hranu, izbacivati otpad, mahati krilima i slično. Pri probavljanju, patka nije zaista probavljala hranu, nego bi se hrana smještala u posudu, dok bi se iz druge posude izbacivao otpad. Japanac Tanaka Hisashige 1819. godine izradio je seriju kompleksnih igračaka koje su mogle izvoditi neke relativno složene radnje kao npr. nositi čaj, ispaljivati strijele, slikati, pisati i slično. Pierre Jaquet-Droz je između 1768. i 1774. godine konstruirao tri stroja, automatsku glazbenu kutiju, crtača i pisca. Strojevi su se nalazili u izlogu njegove radnje i trgovine za prodaju satova, a danas su u Muzeju umjetnosti i povijesti u švicarskom gradu Neuchatelu. Strojevi i uređaji kojima bi se moglo upravljati na daljinu pojavili su se krajem 19. stoljeća. Nikola Tesla je 1898. godine ispred Madison Square Gardena predstavio brod kojim se upravljalo na daljinu (Dokić, 2021). Prvi humanoidni robot u Velikoj Britaniji bio je „Eric“, robot izrađen od strane veterana Prvog svjetskog rata W.H. Richardsa 1928. godine. Robot je mogao ustati i sjesti, ali ne i hodati, sa njim je moralo upravljati dvoje ljudi, a radiovezom je bio povezan sa mikrofonom te je na taj način „komunicirao“. Westinghouse Electric Company razvila je 1940. godine humanoidni robot nazvan „Electro“ koji je mogao reproducirati snimljeni govor, reagirati na glasovne naredbe, te se i kretati uz pomoć kotača pričvršćenih za njegova stopala (Bhaumik, 2018).

Atkinson (2019) navodi da se većina robota danas koristi u proizvodnji, te da su roboti ključni alat za povećanje produktivnosti. Stalnim inovacijama i napretkom robotskih tehnologija roboti su se također proširili i na druge sektore poput poljoprivrede, logistike i ugostiteljstva. Roboti su sve autonomniji, dostupniji i fleksibilniji, te su se uvelike integrirali sa tehnologijama umjetne inteligencije. Atkinson (2019) smatra kako će nastavkom ovoga trenda usvajanje robota biti ključna odrednica rasta produktivnosti koji će potencijalno preoblikovati globalne lance opskrbe.

### **2.3. Nastanak i razvoj industrijskog robota**

Nakon Drugog svjetskog rata Sjedinjene Američke Države (u daljnjem tekstu: SAD) razvile su gospodarstvo ulaganjem u razvoj tehnologije. Na ovaj način došlo je do novog industrijskog vala koji je iznjedrio servo uređaje, digitalnu logiku, nova elektronska rješenja itd. Godine 1954. George Devol prijavio je patent na uređaj koji je nazvao „Sustav za programirano premještanje objekata“ (engl. *Programmed Article Transfer*). U prijavi patenta Devol je napisao: „Ovaj izum po prvi puta omogućava stroj, više manje opće namjene, koji ima univerzalnu primjenu na širok spektar radnji u kojima je poželjna ciklička digitalna kontrola“. Glavna uloga stroja bila je automatsko premještanje objekata s jedne pozicije na drugu, a za to je koristio senzore, te u to vrijeme naprednu elektroniku i računalno logičku jedinicu.

Devol je poslije nazvao ovaj uređaj univerzalnim automatom, ili skraćeno unimatom. Nakon prijave patenta Devol je tražio tvrtku koja bi htjela financirati razvoj njegovog stroja, te je razgovarao sa mnogim velikim korporacijama u SAD-u, ali one nisu bile zainteresirane. Obiteljskim vezama došao je do tvrtke Manning, Maxwell and Moore u Stratfordu, Connecticut, gdje je u to vrijeme jedan od vodećih ljudi tvrtke bio Joseph Engelberger. Engelberger je od ranije bio zainteresiran za znanstvenu fantastiku i dijela Isaaca Asimova, te je zbog svoje opsesije robotima i upisao fiziku na Sveučilištu Columbia. Nakon kraćeg razgovora i upoznavanja sa patentom, Engelberger postaje vrlo zainteresiran, te pristaje financirati i pomagati daljnji razvoj projekta. Devol, Engelberger i tim inženjera 1961. godine isporučuju „Unimate“, prvi industrijski robot, General Motorsu u Trentonu, New Jersey, gdje



se robot koristi za istovarivanje proizvoda visoke temperature iz stroja za lijevanje kalupa (Kurfes, 2005).

Tadašnji tehnički direktor Forda, Del Harder, nakon što je uvidio kolike prednosti donosi proizvodnja potpomognuta industrijskim robotima, izjavio je da je Ford zainteresiran za ugradnju 2000 Unimate robota. S obzirom da se takva isporuka nije mogla izvesti u roku koji je on zamislio, Del Harder je kopirao specifikaciju robota i poslao je drugim proizvođačima s kojima je surađivao, te na taj način natjerao veći broj američkih tvrtki da uđu u robotsku industriju. Potražnja za industrijskim robotima u početku je bila mala i ispod očekivanja Engelbergera i Devola, ali su mediji postali izrazito zainteresirani za ovu temu, te je Engelberger postao stalni gost na američkim televizijskim i radijskim kanalima, i tiskovinama toga vremena (Wallen, 2008).

Godine 1962. Engelberger osniva tvrtku Unimation, Inc., a iako sve do 1975. godine tvrtka nije poslovala s profitom, Unimation je vremenom postao ne samo pionir, nego i svjetski lider u robotici. Tvrtku je 1980. godine kupio Westinghouse Electric Corporation, a kasnije, 1988. godine švicarska tvrtka Staubli. Zbog svoga doprinosa razvoju robotike, poduzetništva, te zagovaranja primjene robotske tehnologije ne samo u proizvodnji, nego i drugim poljima, poput uslužnih djelatnosti i zdravstva, Joseph Engelberger proglašen je ocem robotike (Kurfes, 2005).

Tvrtka American Machine and Foundry 1961. godine pokreće projekt koji ima za cilj razviti svestrani stroj, robotsku ruku koja će se moći koristiti za više namjena. Nositelji projekta bili su Harry Johnson i Veljko Milenkovic, a već su 1962. godine predstavili prve modele, „Model 102“ i „Model 212“, kasnije nazvani „Versatran“ modelima. Ovi roboti bili su prvi zabilježeni roboti koje se ovisno o postavkama moglo koristiti za različite zadaće, od zavarivanja do manipulacije objektima. Godine 1964. u Norveškoj dolazi do manjka radne snage, te se lokalni proizvođač kolica odlučuje na kupnju robota koji će mu poslužiti za bojanje. Tvrtka Trallfa Nils Underhaug tada razvija hidrauličkog robota „Trallf“, a isti tip robota 1976. godine modificira tvrtka Ransome, Sims and Jeffers, te ga koriste za zavarivanje poljoprivrednih strojeva. Jedna od zemalja koja je relativno rano krenula s primjenom robota u industriji bio je Japan. Prvi robot dolazi u Japan 1967. godine, a model robota bio je ranije navedeni

Versatran. Već godine 1971., uz velike potpore japanske vlade, osniva se Japansko udruženje industrijskih robota (JIRA). Nakon nekog vremena Japan preuzima primat od SAD-a, te postaje zemlja s najvećim brojem industrijskih robota u svijetu. Kawasaki kupuje dizajn Unimate robota od Unimation-a, poboljšava ga, te 1974. godine konstruira robota za zavarivanje koji koristi za izradu okvira za motocikle. Godine 1973. Richard Hohn iz tvrtke Cincinnati Milacron razvija „The Tomorrow Tool“, prvi komercijalno dostupan robot kojim upravlja mikroprocesor.

Robot je bio hidraulički pokretan, a koristio se za zavarivanje i manipulaciju dijelova automobila, te za utovar alatnih strojeva. The Tomorrow Tool, ili skraćeno „T3“, 1975. godine postaje prvi robot koji se koristi u zrakoplovnoj industriji. Godine 1977. Unimation kupuje prava na „Vicarm“, robotsku ruku koju je 1970. godine razvio Victor Scheinman, profesor na Sveučilištu Stanford. Koristeći Scheinmanovu tehnologiju Unimation razvija „PUMA“ robot (engl. *Programmable Universal Machine for Assembly*), relativno mali, ali visoko funkcionalni električni robot. U Švedskoj je ASEA group sedamdesetih godina razvila napredne električne robote koji su se koristili u postupcima obrade metala, „IRb6“ i „IRb60“.

Nakon nekog vremena ti su roboti postali prvi koji su korišteni u ljevaonici željeza. Kasnije, 1988. godine, ASEA group spaja se s tvrtkom BBC Brown Boveri, te formiraju ABB (ASEA, Brown, Boveri) jednoga od današnjih lidera na polju robotike i automatizacije. Hiroshi Makino, profesor na Sveučilištu Yamanashi, u suradnji sa IBM-om razvija revolucionarnu robotsku ruku nazvanu „SCARA“ (engl. *Selective Compliance Assembly Robot Arm*), konstruiranu tako da ima veliku krutost u vertikalnom, a fleksibilnost u horizontalnom smjeru, što je omogućilo postizanje većih brzina rada robota. Pomaci u robotici kroz industriju isprepletali su se sa napretkom u znanstvenim institucijama, te uvelike utjecali na promjenu proizvodnih tehnologija i načina proizvodnje (Kurfes, 2005).

Većina industrijskih robota koja se danas koriste prilagođena je zahtjevima masovne proizvodnje, obično definiranim od automobilske i elektroničke industrije. Predviđa se da industrijski roboti budućnosti neće biti puko nadograđivanje na današnje robote, nego da će slijediti neka nova načela dizajna koja će omogućiti mnogo širi raspon njihove primjene. Također, novi tehnološki napreci, osobito daljnji razvoj informacijskih tehnologija, imati će

sve veći utjecaj na dizajn, karakteristike i primjenu budućih industrijskih robota (Hägele i sur., 2016). Tegmark (2017) tvrdi da su se u posljednje vrijeme raznorazne tvrtke za robotsku tehnologiju pojavile po cijelom svijetu, te da ne postoji ozbiljna država koja nema barem jednu takvu tvrtku. Ni jedan od robota nije se ni izbliza približio ljudskoj inteligenciji, no ipak su stubokom promijenili kompletno gospodarstvo, te postupno zamjenjuju ljude u proizvodnji, skladištenju, maloprodaji, prijevozu, poljoprivredi, rudarstvu i ribarstvu.

## **2.4. Industrijski roboti i umjetna inteligencija**

Edwards (2018) tvrdi da će kombinacija umjetne inteligencije i robotike u bliskoj budućnosti u potpunosti promijeniti proizvodni sektor i podići ga na višu razinu, slično kao što je to uradila automatizacija u 20. stoljeću, te tvrdi da će sve tvornice u budućnosti biti – pametne tvornice. Copeland (2021) definira umjetnu inteligenciju kao sposobnost računala ili robota da izvršava zadatke koji se povezuju s inteligentnim bićima, kao što su sposobnost procjenjivanja, otkrivanja značenja, generaliziranja ili učenja iz prošlih iskustava. Edwards (2018) dalje navodi da će spoj robotike i umjetne inteligencije povećati produktivnost i iskorištavanje resursa, te omogućiti odvijanje proizvodnih procesa bez zastoja.

Wang (2019) tvrdi da je najjednostavniji način masovnijeg korištenja umjetne inteligencije u proizvodnji kroz strojno učenje. Strojno učenje je područje umjetne inteligencije koje proučava poboljšavanje računalnih algoritama kroz iskustvo i korištenje podataka, suprotno od klasičnog načina poboljšavanja algoritama programiranjem. Na ovaj način roboti koji će se koristiti u proizvodnji lako će se programirati, biti će fleksibilni, te sigurni za ljude i okolinu, s obzirom da će biti programirani na ljudski rad u njihovoj blizini. Na sličnom tragu je i Vuine (2021) koji tvrdi da će umjetna inteligencija proći sličan put kao i digitalizacija. On navodi da je ključan razlog uspjeha digitalizacije bio to što su komercijalna računala bila relativno jednostavna za korištenje i lako razumljiva, te da su sva poduzeća, neovisno o veličini kapitalizirala na inovacijama u IT sektoru.

Vuine (2021) tvrdi da će umjetna inteligencija slijediti isti takav put, te da će tvrtke moći kupiti proizvode koji omogućavaju njihovu implementaciju i korištenje bez vanjske pomoći. Langefeld, Moehrle i Zinn (2019) navode tri glavne prepreke za brže uvođenje AI u proizvodnju. Kao prvi razlog navode tehnološku zaostalost strojnog parka velikog broja tvrtki nastao uslijed rasta tih tvrtki kroz vrijeme. Naime, proizvodnja velike većine uspješnih tvrtki bazirana je na mješavini moderne i zaostale tehnologije, te takva proizvodnja dovodi do nemogućnosti komunikacije između različitih nekompatibilnih sustava. Kao drugu prepreku navode kadrovski problem, odnosno nekompetenciju trenutno zaposlenih kadrova i nedostatak kompetentnih kadrova u ovome području. Konačno, kao treću prepreku navode nedostatak visoko specijaliziranih tvrtki koje se bave nadogradnjom postojećih proizvodnih pogona na višu razinu automatizacije.

Mnogo ekonomista pribojava se da bi kombinacijom i daljnjim razvojem robotike i umjetne inteligencije moglo doći do točke u kojoj ljudski rad više uopće nije potreba. Tom problematikom bacio se i Upchurch (2018) koji navodi da teoretski postoji točka u kojoj bi roboti i umjetna inteligencija bili samodostatni, takozvana točka singulariteta. U toj točki strojevi bi u potpunosti zamijenili ljude kroz procese samopoboljšavanja, a umjetna inteligencija bi putem tehnike strojnog učenja omogućila pisanje vlastitog softvera koji bi uvelike nadmašio mogućnosti čovjeka. Premda je teoretski takav scenarij moguć, Upchurch (2018) navodi da trenutno ne postoji dovoljno dokaza koji ukazuju na takav ishod, te navodi da je dosadašnji tehnološki napredak generalno vodio u suprotnom smjeru. Rajnai i Kocsis (2017) tvrde da će daljnja digitalizacija, a napose umjetna inteligencija napraviti velike promjene na tržištu rada, te da će se otvoriti neka nova radna mjesta, ali i da će neka radna mjesta nestati. Oni navode da će se umjetna inteligencija implementirati različitim brzinama u različitim industrijama, ovisno o složenosti automatizacije i poslovnih modela u njima.

Rajnai i Kocsis (2017) predviđaju da će srednje plaćeni poslovi biti u najvećem riziku od zamjene inteligentnim strojevima. Perez i sur. (2018) tvrde da je potrebna jasna strategija koja će razmotriti sve etičke i pravne izazove korištenja umjetne inteligencije, s ciljem da se poveća dobrobit njezina korištenja i smanje potencijalno štetni učinci. Perez i sur. (2018) pozivaju vlade da pripreme i prilagode tržište rada na promjene koje slijede, te ističu nužnost osposobljavanja i prekvalifikacije radne snage u svrhu rasta i održavanja konkurentnosti.

## 2.5. Ekonomski troškovi i razlozi ugradnje industrijskih robota

Kako navodi Todd (1986) industrijski roboti mogu se smatrati zamjenom za radnike. Oni mogu zamijeniti radnike na proizvodnim linijama, u transportu, pri operacijama paletiranja i pakiranja i slično. Kao neke od glavnih razloga za instaliranje industrijskih robota navodi uštedu novca uz uvjet da su troškovi robota tijekom roka trajanja manji od troškova zaposlene osobe, povećanje brzine radnih operacija i na taj način povećanje proizvodnosti, poboljšanje kvalitete proizvoda, mogućnost rukovanja opasnim teretom i slično.

Glavni razlog korištenja industrijskog robota je ekonomska računica, te se ona smatra glavnim čimbenikom odgovornim za rast industrije robota. Bitno je naglasiti da postoje slučajevi kod kojih korištenje robota nema alternativu, pa odluka da se koriste roboti nije ekonomske naravi. Neki od najbitnijih troškova zamjene radnika robotom su: cijena robota, cijena posebnog alata za rad, ugradnja i puštanje u rad robota, obuka osoblja, održavanje, potrošnja električne energije i redovito servisiranje. Uštede i prednosti koji nastaju ugradnjom robota su: trošak radnog mjesta radnika, povećanje kvalitete proizvoda, povećanje proizvodnosti, te uštede na kvaliteti okoline radnog mjesta. Kvantificiranjem ovih stavki moguće je izračunati razdoblje povrata uložених sredstava.

Razdoblje povrata računa se prema formuli:

$$P = \frac{I}{L - E},$$

gdje je  $P$  razdoblje povrata u godinama,  $I$  početni trošak,  $L$  ukupni godišnji trošak rada zamijenjen industrijskim robotom, a  $E$  godišnji trošak održavanja. Nužno je da razdoblje povrata bude manje od vijeka trajanja robota. Iz izraza je vidljivo da je razdoblje povrata nisko kada su plaće visoke i obrnuto, te se smanjuje ako robot zamjeni više radnika, obično radeći u dvije ili tri smjene. Navedena formula je najjednostavniji izraz kojim je moguće vidjeti isplati li se ugraditi robot na određeno radno mjesto, a kompliciraniji izračuni u obzir mogu uzimati i promjene u proizvodnji nastale povećanjem proizvodnosti, te različite financijske metode poput godišnjeg povrata na kamate i metode uzimanja u obzir kamatnih stopa i inflacije.

Todd (1986) navodi da se, barem u teoriji, svaki proizvodni proces može izvesti uz pomoć radnika, industrijskih robota, specijaliziranim strojevima ili kombinacijom svih troje, te obično povećanjem obujma proizvodnje dolazi do napretka od ljudske manualne proizvodnje, do robota i specijaliziranih strojevima. Predviđa se da će troškovi rada rasti brže od troškova proizvodnje, te da će u budućnosti jako veliki broj proizvoda biti izrađeno u mnoštvu različitih modela, te će fleksibilni industrijski roboti ekonomski nadmašiti i ljudski rad i specijalizirane strojeve. Osim ekonomskih razloga, kao jedan od bitnih čimbenika koji pridonosi rastu broja industrijskih robota u proizvodnim pogonima, Attaran (1990) navodi i vanjske čimbenike poput nedostatka kvalificiranih radnika i strogog zakonodavstva pojedinih država o sigurnosti na radu.

Neke od očitih prednosti korištenja robota u proizvodnim pogonima su:

- roboti ne trebaju odmor, te mogu raditi 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu
- roboti ne moraju na godišnji, ne razbolijevaju se, ne trebaju pauze, te mogu raditi i neradnim danima
- roboti mogu raditi u potpunom mraku, te im ne smeta visoka ili niska temperatura
- roboti su precizniji i brži od ljudi u ponavljajućim operacijama
- roboti mogu obrađivati veliku količinu podataka pritom izvršavajući neku drugu radnju.

Neki od nedostataka uvođenja robota su:

- relativno visoka cijena robota
- česta potreba za korištenjem specijalnih alata
- visok trošak ugradnje i puštanja u pogon
- potreba za održavanjem i remontom.

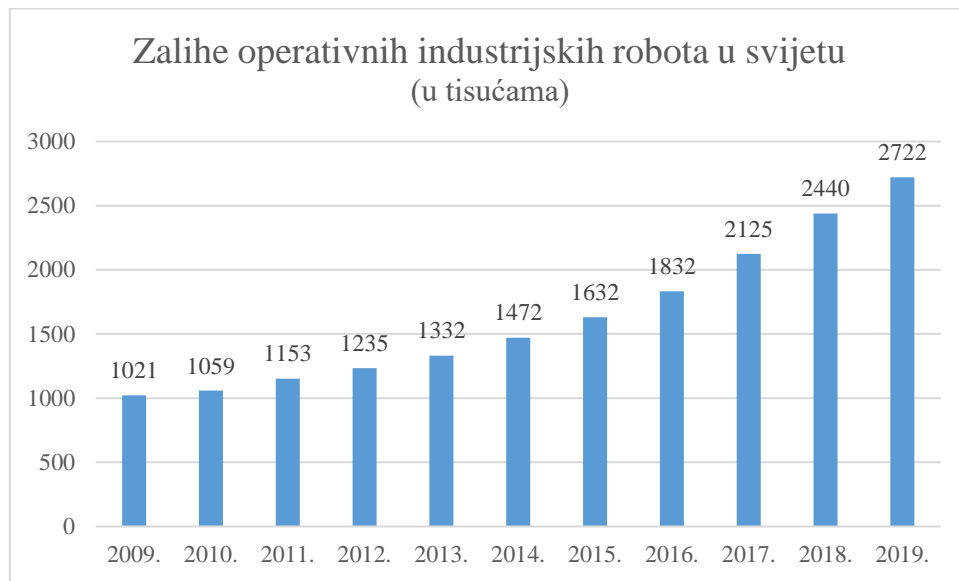
Industrijski roboti danas se najčešće koriste za operacije manipuliranja materijalom, zavarivanje, sklapanje, strojnu obradu i slično (IFR, 2021).

## 2.6. Primjena industrijskih robota

Danas se najveći broj robota koristi u tvornicama, primjenjuju se za skladišta, laboratorije, bolnice i za misije u svemir. Industrijski roboti su reprogramibilni i višenamjenski strojevi, te im te značajke omogućuju manipulaciju različitim vrstama materijala, alata i drugih specijaliziranih uređaja koji se koriste u modernoj proizvodnji. Razlozi zbog kojih se tvrtke odlučuju na primjenu industrijskih robota razlikuju se od tvrtke do tvrtke, ali neki zajednički nazivnik pod koji se sve one mogu svesti bio bi povećanje produktivnosti, povećanje kvalitete proizvoda, smanjenje otpada, povećanje sigurnosti radnika i smanjenje troškova (Saha, 2008). Industrijski roboti koriste se u mnogim aspektima proizvodnje s ciljem povećanja produktivnosti uz smanjenje proizvodnih troškova, te kao u mnogim drugim industrijama roboti u proizvodnji surađuju s radnicima, najčešće na ponavljajućim, monotonim ili kompleksnim zadacima. Kod robota se preciznost i mogućnost reprogramiranja za specifične zadatke cijeni više od brzine (Ohio University, 2021).

Groover (2021) navodi da se načini primjene industrijskih robota mogu podijeliti u tri kategorije: rukovanje materijalom, operacije obrade, te sklapanje i kontrola. Rukovanje materijalom uključuje operacije prijenosa, te utovara i istovara materijala ili radnih dijelova s jednog mjesta na drugo. Neke od ovih operacija su jednostavnije, poput prijenosa materijala s jednog radnog stola na drugi, a neke složenije, poput paletiranja robe pri kojoj industrijski robom mora izračunati optimalni raspored na paleti. Prilikom rukovanja materijalom robot je opremljen određenom vrstom hvataljke koja mu služi za primanje materijala s kojim rukuje. Pri operacijama obrade robot se služi određenim vrstima alata za procese obrade, primjerice alatom za točkasto zavarivanje ili alatom za bojanje. Operacije u ovoj kategoriji su također i brušenje, poliranje, glodanje, bušenje i slično. Zbog sve većeg troška ručnog rada roboti se sve više koriste i u operacijama sklapanja proizvoda, pri čemu se posebna briga vodi da se proizvodi unaprijed dizajniraju tako da ih industrijski roboti mogu jednostavnije sklapati. Još jedno područje u kojima broj robota koji se primjenjuju raste je i kontrola proizvoda, gdje se u tipičnim operacijama kontrole na robota postavlja senzor kojim se kontrolira je li proizvod u skladu s traženim specifikacijama.

### Grafikon 1. Zalihe operativnih industrijskih robota u svijetu

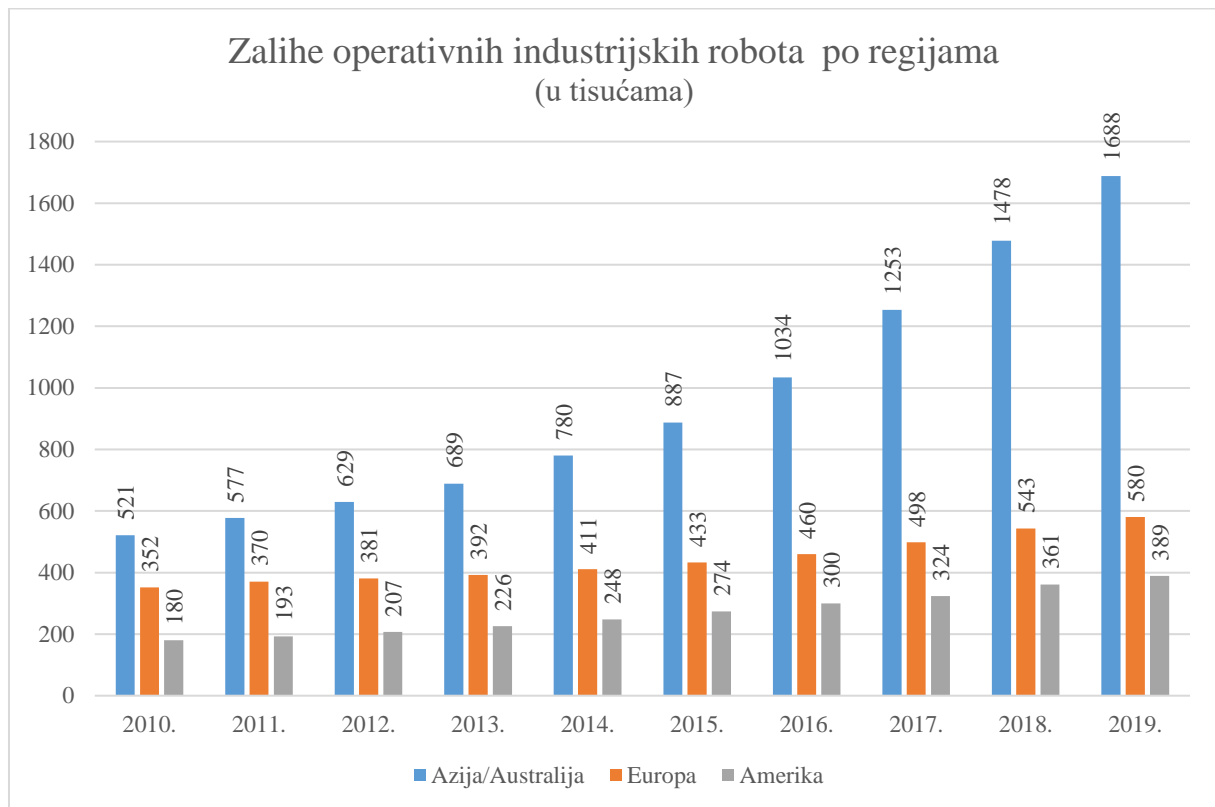


Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Izvešće Međunarodne federacije robotike (engl. *International federation of robotics – IFR*), World Robotics za 2020. godinu pokazuje da je do 2019. godine ukupni broj operativnih industrijskih robota u svijetu bio preko 2,7 milijuna, što je porast od 12% u odnosu na godinu prije. U Grafikonu 1. vidljiv je ukupni broj operativnih industrijskih robota za pojedinu godinu, počevši od 2009., pa do 2019. godine. Vidljiv je trend rasta ukupnog broja industrijskih robota u promatranom razdoblju.



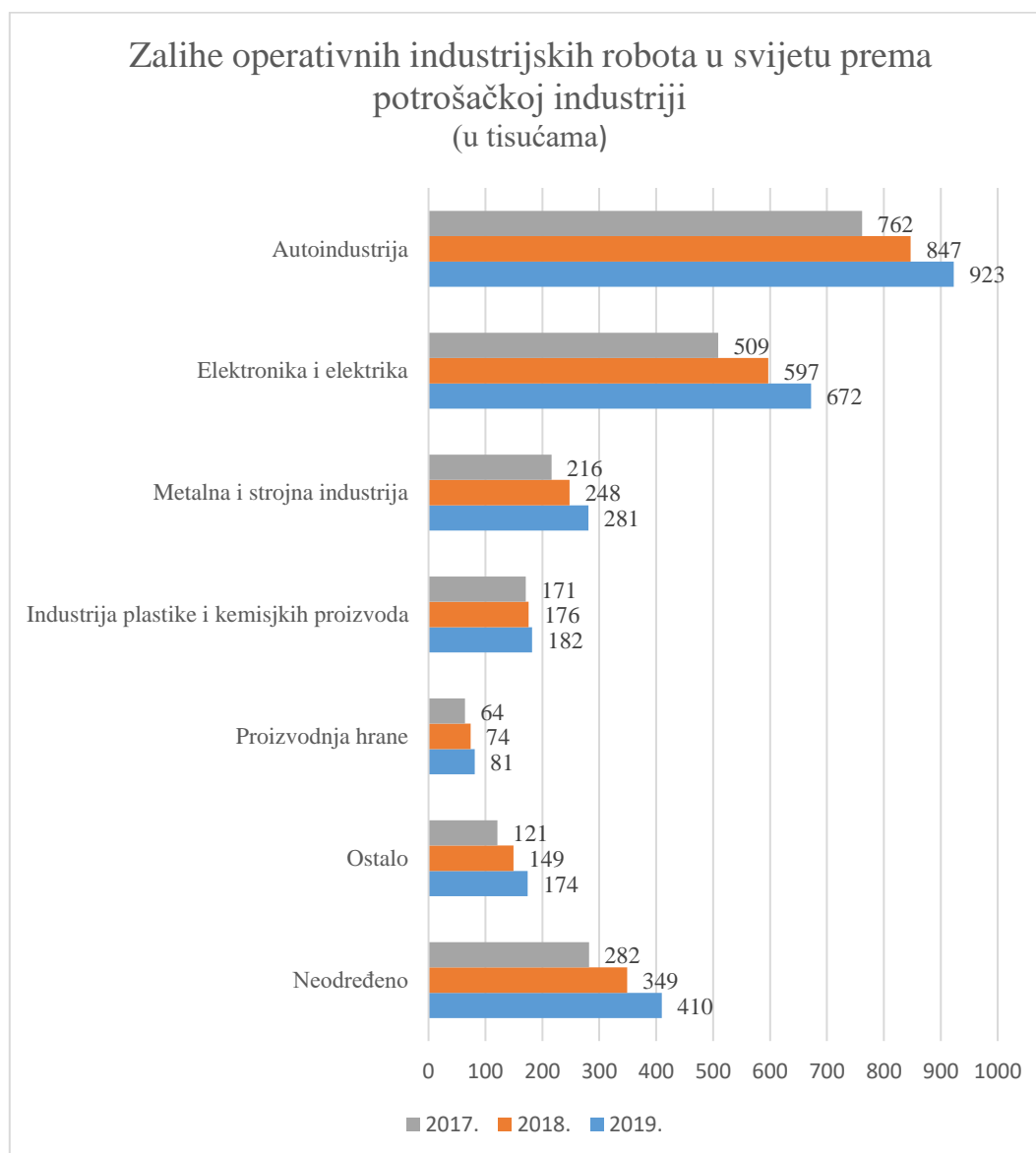
**Grafikon 2. Zalihe operativnih industrijskih robota po regijama**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Više od 1,6 milijuna industrijskih robota u 2019. godini koristilo se u regiji Azija/Australija, te je iz Grafikona 2. vidljivo da ta regija godinama drži primat po broju industrijskih robota koje koristi. U regiju Azija/Australija osim azijskih zemalja i Australije, spada i Novi Zeland. Regiju Europa čine europske zemlje, zajedno sa Rusijom i Turskom, a regiju Amerika zemlje Sjeverne i Južne Amerike.

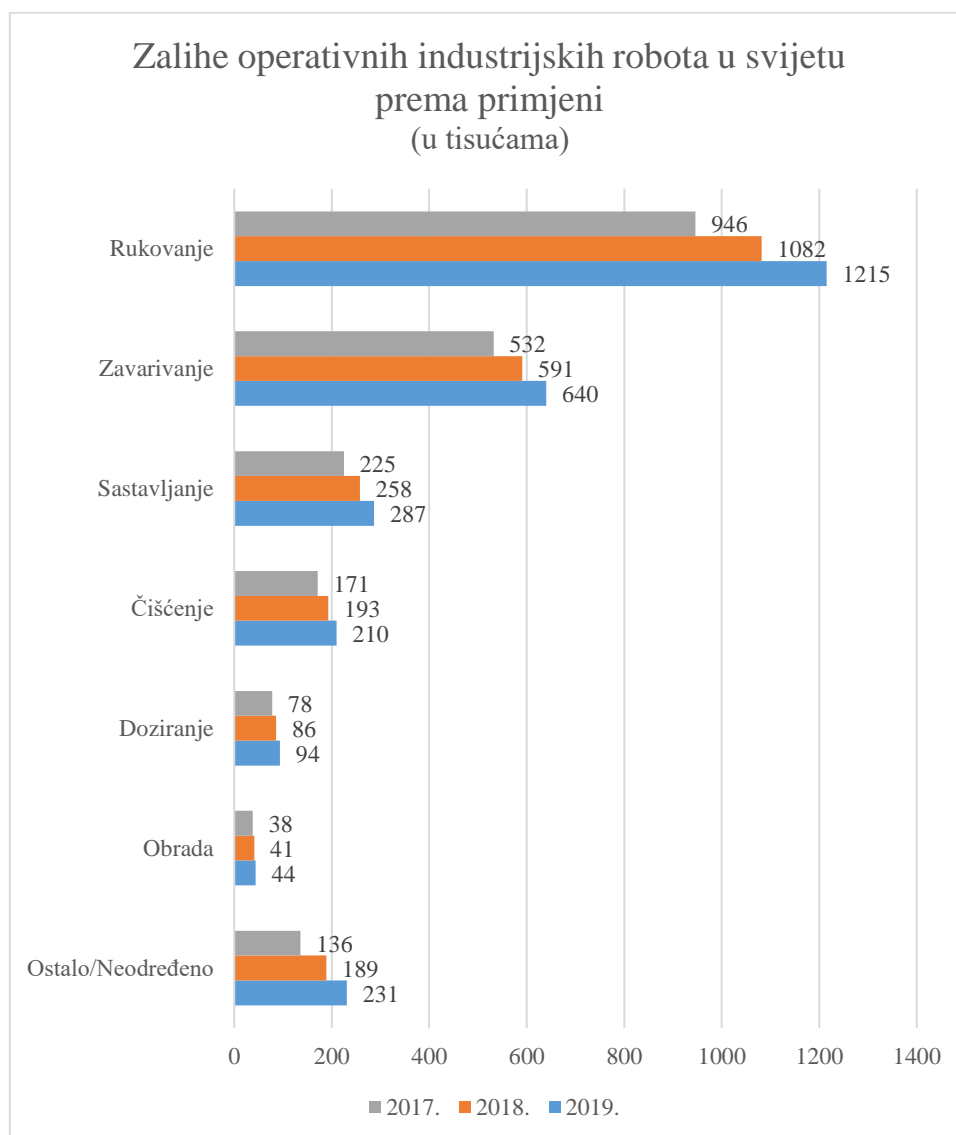
### Grafikon 3. Zalihe operativnih industrijskih robota u svijetu prema potrošačkoj industriji



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Najveći broj operativnih industrijskih robota koristi se u autoindustriji, čak 923 tisuće robota u 2019. godini. Nakon autoindustrije roboti se najviše koriste u elektroindustriji, nakon toga u metalnoj i strojnoj industriji, zatim za proizvodnju plastike i kemikalija. Za oko 15% industrijskih robota nije poznato gdje se koriste. Grafikon 3. prikazuje broj operativnih industrijskih robota u svijetu prema potrošačkoj industriji od 2017. do 2019. godine.

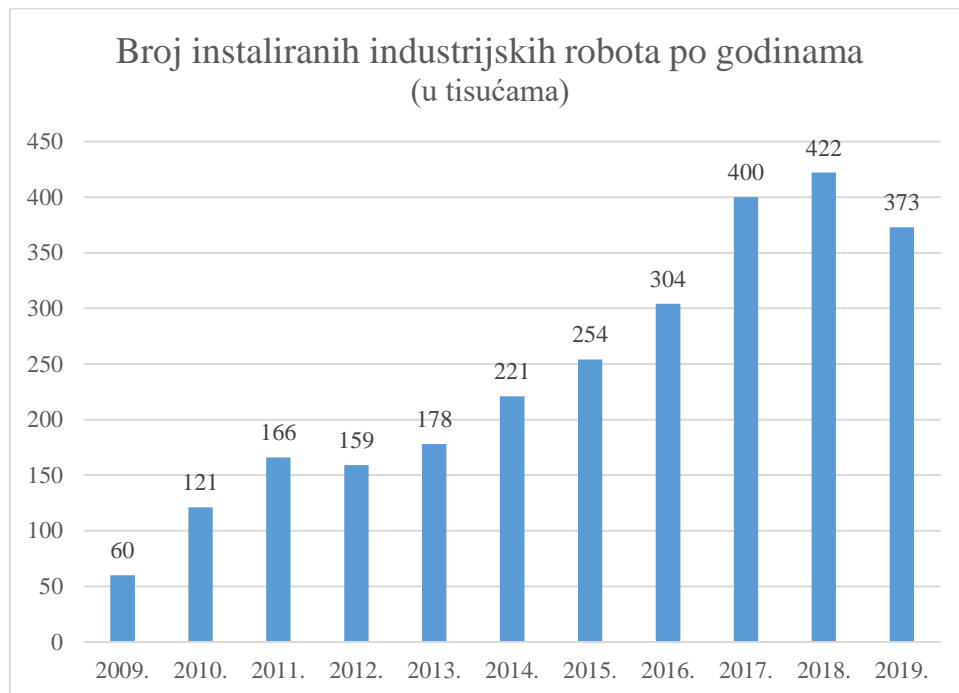
**Grafikon 4. Zalihe operativnih industrijskih robota u svijetu prema primjeni**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Više od 1,2 milijuna industrijskih robota u 2019. godini koristili su se za manipulaciju objektima. Nakon toga za zavarivanje, sastavljanje i tako dalje. Grafikon 4. prikazuje za što su najviše bili namijenjeni industrijski roboti od 2017. do 2019. godine.

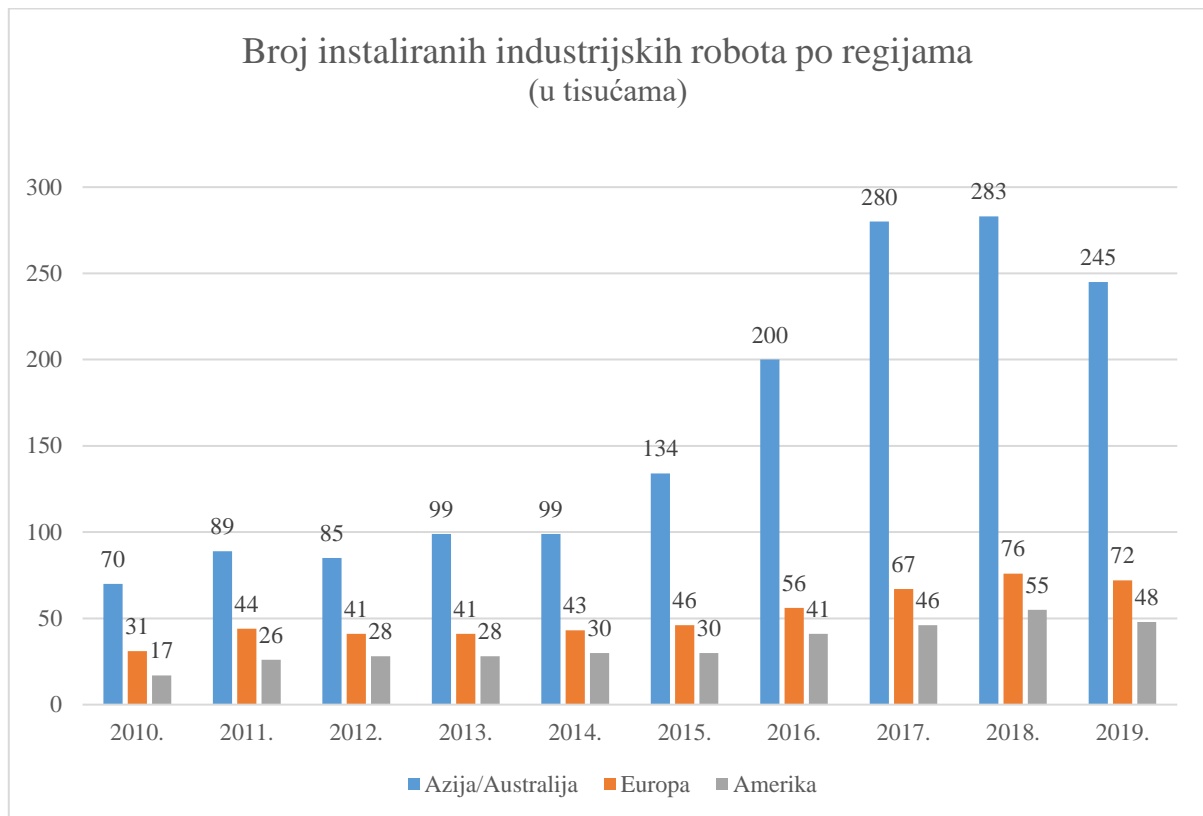
**Grafikon 5. Broj instaliranih industrijskih robota od 2009. do 2019.**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Broj instaliranih industrijskih robota u 2019. godini bila je na relativno visokoj razini, sa instaliranih više od 373 tisuće novih robota. Ipak, prvi put nakon 2012. godine vidljiv je pad broja novih robota u odnosu na prethodnu godinu, a iznosio je 12 %. Jedan od glavnih razloga pada broja instalacija bili su politički odnosi između SAD i Kine. SAD, jedan od najvećih izvoznika robota i robotskih tehnologija, državnom je politikom spriječio i otežao uvoz industrijskih robota u Kinu, koja je godinama njihov najveći kupac. Grafikon 5. prikazuje broj instaliranih robota od 2009. do 2019. godine.

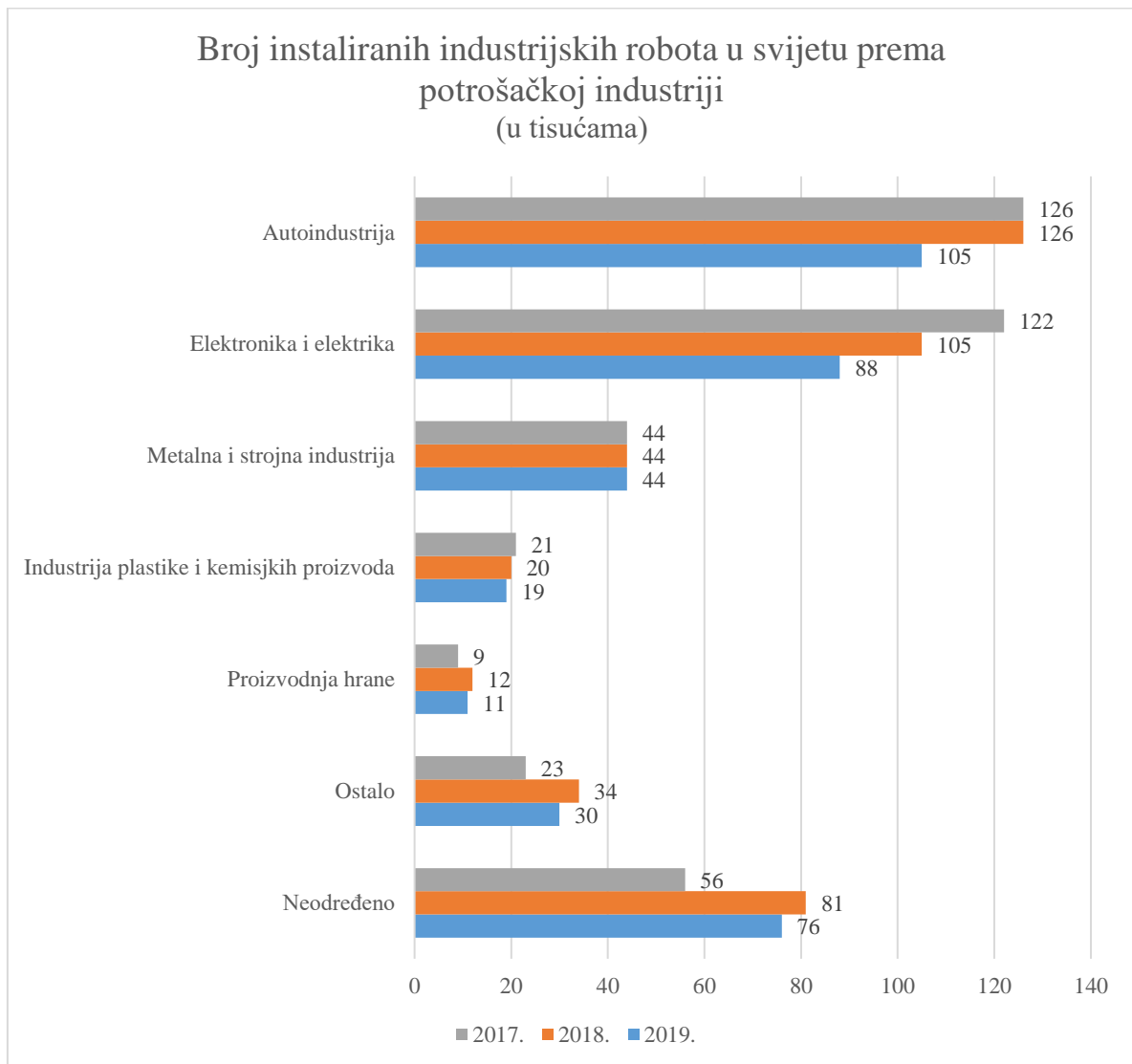
**Grafikon 6. Broj instaliranih industrijskih robota po regijama**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Najveći broj novoinstaliranih industrijskih robota u 2019. godini bio je u regiji Azija/Australija, sa instaliranih više od 245 tisuća robota, što je pad od 15 % u odnosu na 2018. godinu. Iz Grafikona 6. vidljivo je da se dogodio pad broja instalacija industrijskih robota u svim prikazanim regijama. Također je vidljivo da je svake godine, od 2010. do 2019. godine, najveći broj industrijskih robota instalirano u regiju Azija/Australija.

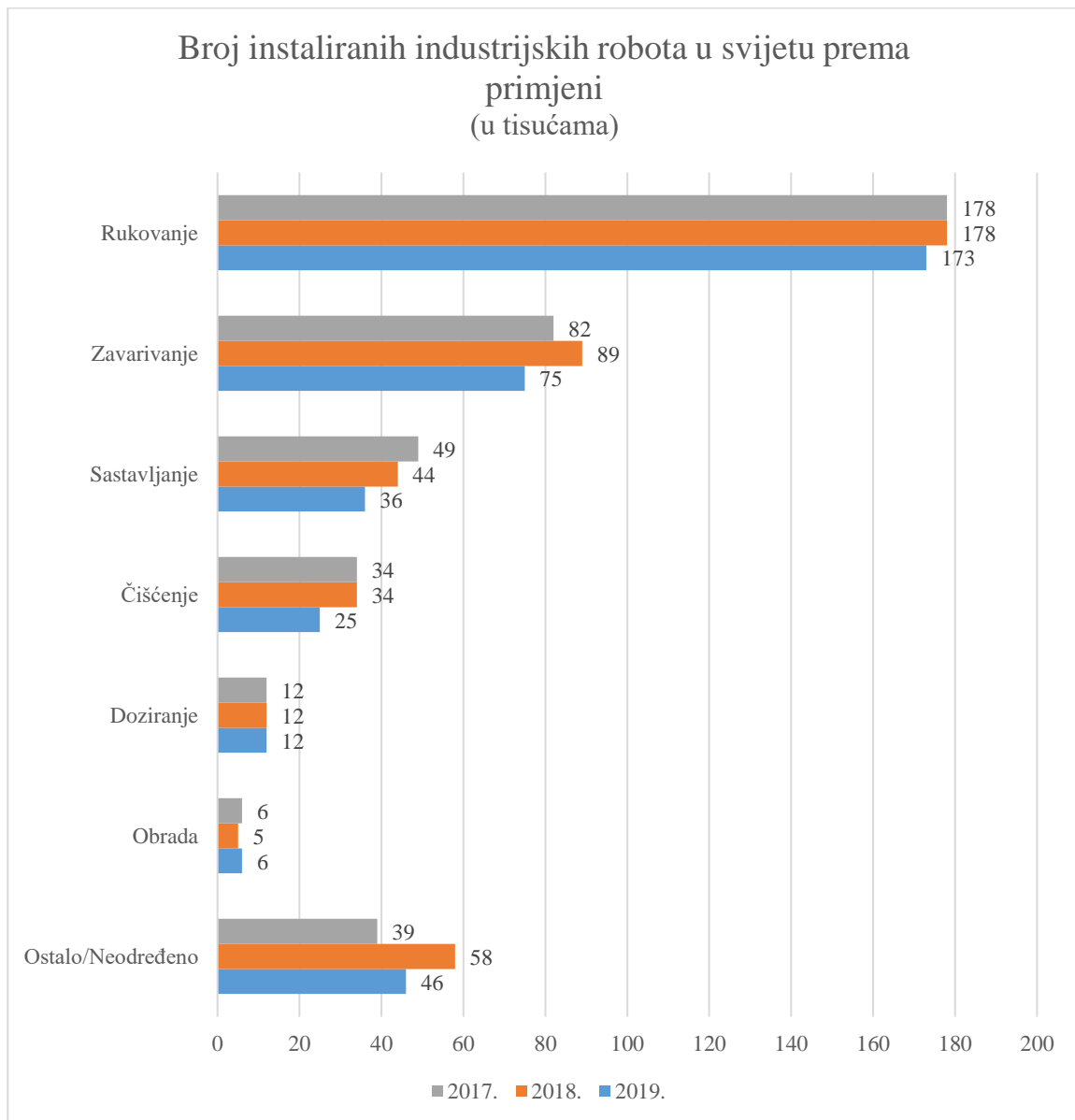
**Grafikon 7. Broj instaliranih industrijskih robota u svijetu prema potrošačkoj industriji**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Premda je autoindustrija u 2019. godini ostvarila pad instalacije novih industrijskih robota od 20 % u odnosu na godinu prije i dalje je najveći potrošač novih industrijskih robota. Grafikon 7. prikazuje broj instaliranih industrijskih robota prema potrošačkoj industriji od 2017. do 2019. godine.

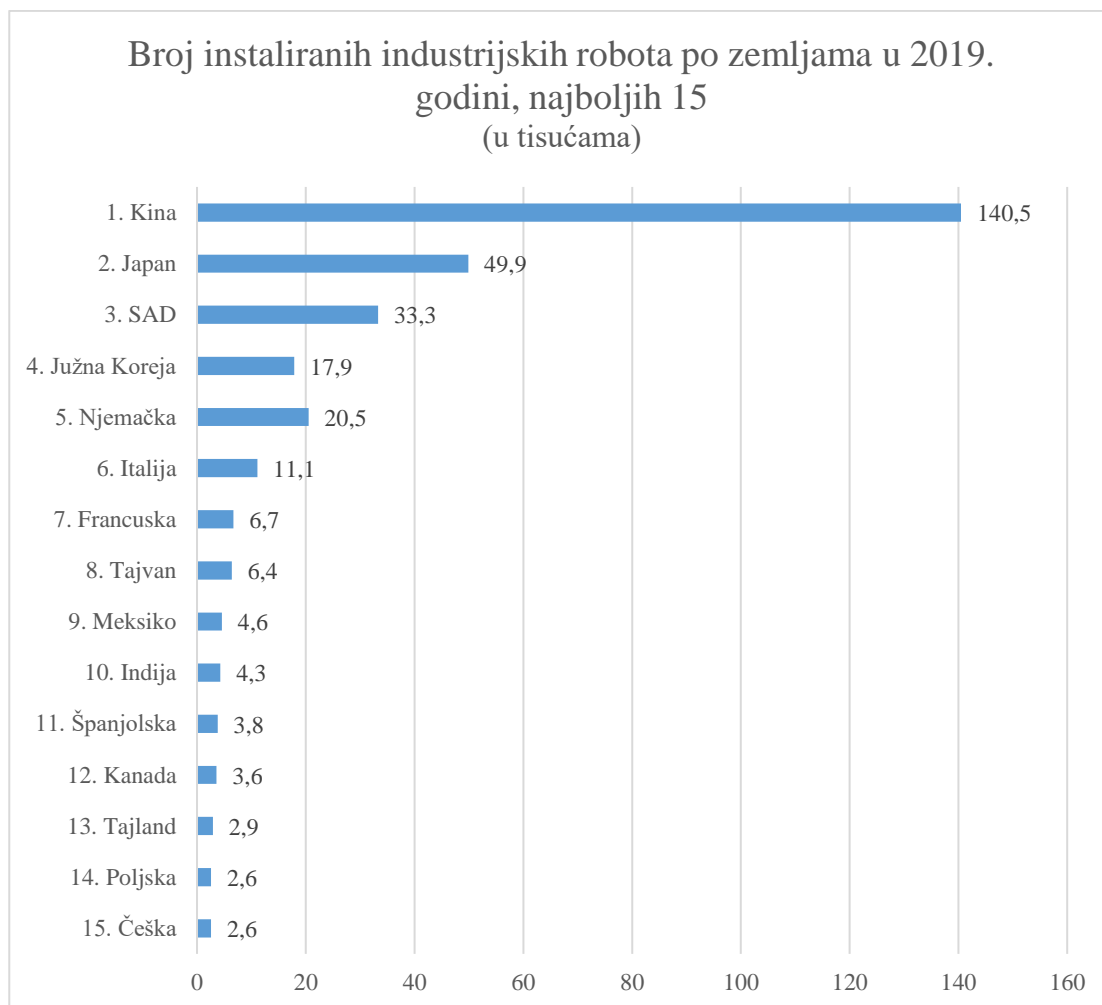
## Grafikon 8. Broj instaliranih industrijskih robota prema primjeni



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Grafikon 8. prikazuje za što su najčešće bili namijenjeni novoinstalirani industrijski roboti od 2017. do 2019. godine, primjerice, rukovanje, dizajniranje, sastavljanje, čišćenje, doziranje, obradu i drugo.

**Grafikon 9. Broj instaliranih industrijskih robota po zemljama u 2019. godini, najboljih 15**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Najveći broj novoinstaliranih industrijskih robota u 2019. godini bilo je u Kini, koja je sa više od 145 tisuća novih robota preuzela mjesto Japana, drugog najvećeg korisnika, SAD, Južnu Koreju, Njemačku i ostale zemlje. Grafikon 9. prikazuje u kojim zemljama je u 2019. godini instaliran najveći broj novih industrijskih robota.



## 2.7. Gustoća industrijskih robota

S obzirom da različite zemlje imaju različite veličine gospodarstva, apsolutni broj industrijskih robota koji se u tim zemljama koristi nije dobar pokazatelj s kojim bi se pojedine zemlje mogle uspoređivati, te se umjesto apsolutnog broja industrijskih robota kao relevantan podatak uzima gustoća industrijskih robota. Gustoća industrijskih robota je broj operativnih industrijskih robota u odnosu na broj zaposlenih, te može obuhvaćati cijelu prerađivačku industriju, ili njezine pojedine sektore, kao npr. autoindustriju. Gustoća industrijskih robota može se protumačiti kao mjera robotiziranosti industrije. Međunarodna federacija za robotiku definira gustoću industrijskih robota kao broj industrijskih robota u odnosu na 10.000 zaposlenih. Na ovaj način moguća je usporedba pojedinih regija, zemalja ili industrijskih sektora kroz vrijeme (IFR, 2020).

**Grafikon 10. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u 2019. godini, najboljih 20**



Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

Grafikon 10. prikazuje gustoću industrijskih robota pojedinih zemalja u prerađivačkoj industriji za 2019. godinu. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u 2019. godini bila je 113 robota na 10 000 zaposlenih. Zemlje koje imaju najveću gustoću industrijskih robota i koje prednjače pred svim ostalima su Singapur sa 918 i Južna Koreja sa 855 industrijskih robota na 10 000 zaposlenih u prerađivačkoj industriji. Južna Koreja bila je do 2018. godine zemlja s najvećom gustoćom industrijskih robota, kada ju je prestigao Singapur. Instalacija novih industrijskih robota u Singapuru na godišnjoj je razini izrazito porasla, te je nakon nekoliko godina instalacije od oko 1200 jedinica, 2017. godine porasla na 4000 jedinica. Singapur je relativno mala zemlja, sa oko 240 tisuća ljudi u prerađivačkoj industriji, a preuzeo je vodeće mjesto.

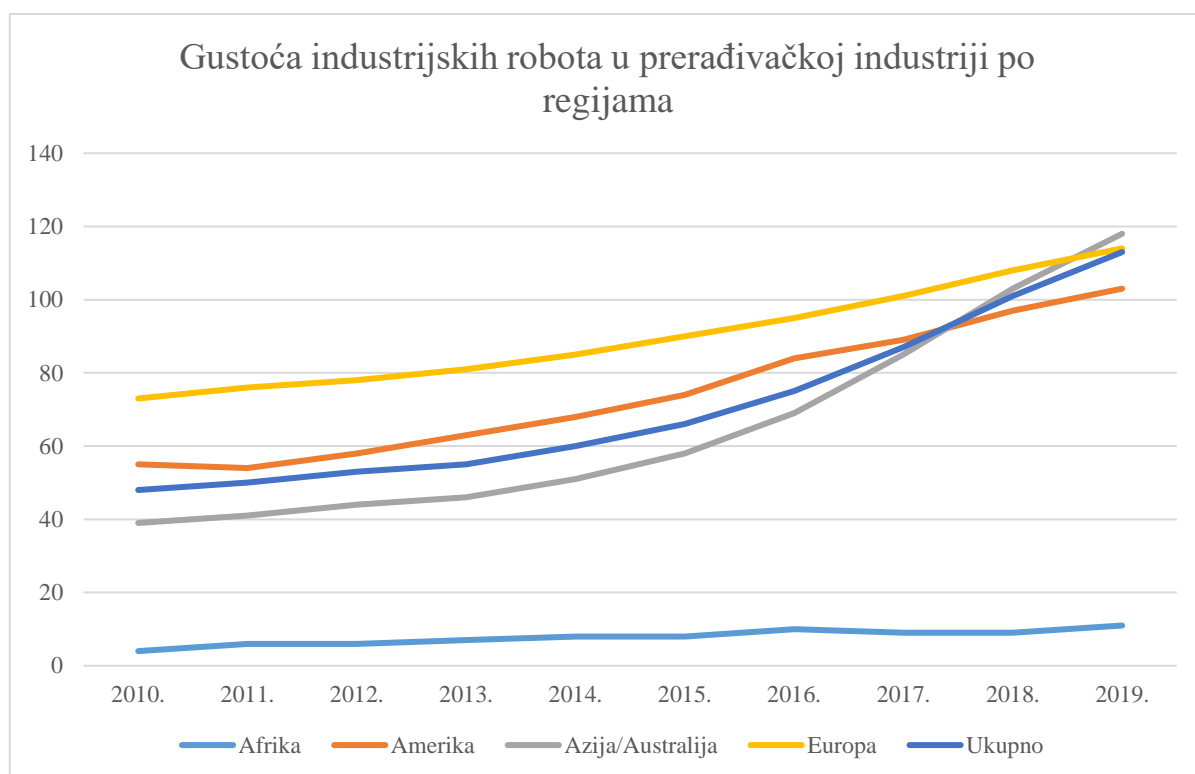
Gustoća industrijskih robota u Južnoj Koreji rasla je oko 11 % godišnje od 2014. godine, te je dosegla 855 robota na 10 000 zaposlenih u 2019. godini. Na trećem mjestu nalazi se Japan sa 364 robota na 10 000 zaposlenih, a na četvrtom Njemačka sa 346. Japan je 2009. godine imao najveću gustoću industrijskih robota, sa 331 industrijskim robotom na 10 000 zaposlenih, a 2010. godine prvo mu je mjesto oduzela Južna Koreja. Slijede Švedska i Danska sa 277, odnosno 243 robota. Gustoća industrijskih robota u Danskoj se povećava iz godine u godinu, bez obzira što nema jaku autoindustriju, kao najvećeg kupca industrijskih robota. Hong Kong, kao i Singapur, ima mali broj ljudi u prerađivačkoj industriji, oko 118 tisuća, te sa relativno malim brojem industrijskih robota postiže veliku gustoću. Na osmom mjestu nalazi se prerađivačka industrija Tajvana sa 234 robota na 10.000 zaposlenih. Deveto mjesto pripada SAD-u sa 228, a deseto mjesto Italiji sa 212 robota. Iako se godina po apsolutnom broju instalacija novih industrijskih robota na prvom mjestu nalazi Kina, zbog izrazito velikog broja ljudi u prerađivačkoj industriji, Kina zauzima tek 15. mjesto, sa 187 industrijskih robota na 10.000 zaposlenih u prerađivačkoj industriji (IFR, 2020).

**Tablica 1. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji po regijama**

Regija/Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Afrika	4	6	6	7	8	8	10	9	9	11
Amerika	55	54	58	63	68	74	84	89	97	103
Azija/Australija	39	41	44	46	51	58	69	85	103	118
Europa	73	76	78	81	85	90	95	101	108	114
<b>Ukupno</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>75</b>	<b>87</b>	<b>101</b>	<b>113</b>

Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

**Grafikon 11. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji po regijama**



Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 1. i Grafikon 11. prikazuju gustoću industrijskih robota, odnosno broj industrijskih robota na 10.000 zaposlenih, u prerađivačkoj industriji pojedinih regija u rasponu od 2010. do 2019. godine. Iz tablice 11. je vidljivo da sve regije bilježe rast gustoće industrijskih robota u promatranom razdoblju, s izuzetkom regija Afrika i Amerika za pojedine godine. Tako regija Afrika stagnira od 2011. do 2012. godine, sa gustoćom od 6 industrijskih robota, ima pad gustoće u 2017. godini sa 10 na 9 robota, te opet stagnaciju od 2017. do 2018. godine.

Regija Amerika, koja uključuje podregije Sjeverna i Južna Amerika, ima pad gustoće u 2011. godini, gdje ima jedinicu gustoće manje u odnosu na godinu prije kada je imala 55 industrijskih robota na 10.000 zaposlenih. Regija sa najvećom gustoćom industrijskih robota u 2019. godini bila je Azija/Australija, sa gustoćom od 118. Od 2010. do 2018. godine prvo je mjesto držala Europa, te je 2018. godine imala gustoću od 108, 5 više od Azije i Australije i 11 više od regije Amerika. Primjetno je da je svih prikazanih godina najnižu gustoću industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imala regija Afrika, sa gustoćom u rasponom od 4 do 11 (IFR, 2020).

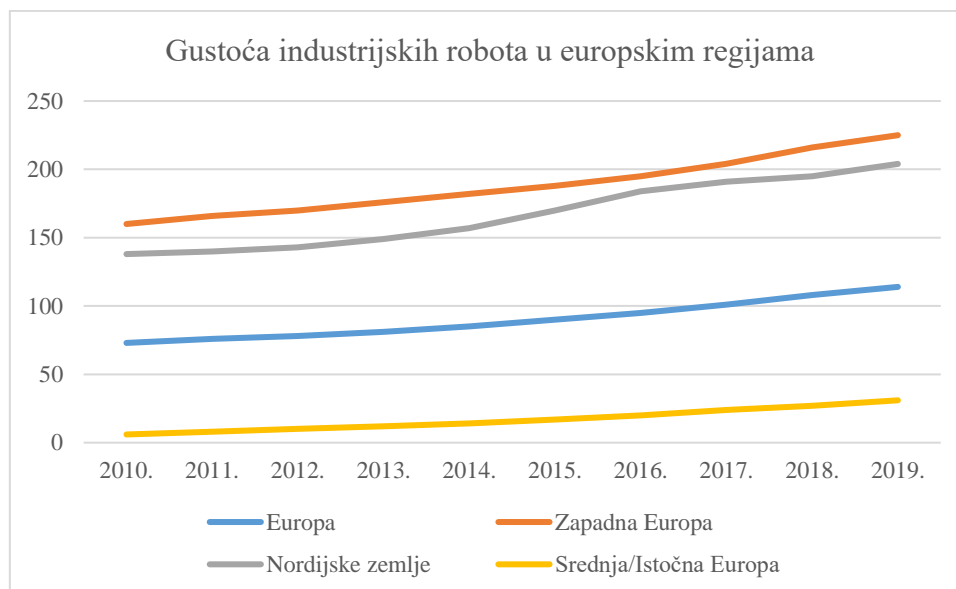
**Tablica 2. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u regiji Europa**

Regija/Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
<b>Europa</b>	<b>73</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>101</b>	<b>108</b>	<b>114</b>
Zapadna Europa	160	166	170	176	182	188	195	204	216	225
Austrija	97	101	109	115	119	129	147	163	175	189
Belgija i Lux	120	120	134	159	164	168	180	193	198	211
Njemačka	263	270	273	282	292	301	309	322	338	346
Španjolska	140	152	159	164	166	172	172	175	187	191
Francuska	133	133	131	128	128	131	136	145	162	177
Italija	173	174	173	174	179	185	185	189	199	212
Nizozemska	72	82	91	102	118	136	157	172	180	194
Portugal	28	30	34	38	39	41	51	58	61	67
Švicarska	76	80	88	90	98	110	118	130	146	161
UK	59	60	66	69	74	76	81	84	88	89
Nordijske	138	140	143	149	157	170	184	191	195	204
Danska	150	157	167	176	188	198	212	224	230	243
Finska	133	129	125	128	128	128	139	136	140	149
Norveška	45	46	45	44	44	48	55	60	58	60
Švedska	172	176	183	194	211	236	253	261	267	277
Srednja/Istočna Europa	6	8	10	12	14	17	20	24	27	31
BiH	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
Bugarska	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9
Hrvatska	2	2	3	4	5	5	6	6	7	8
Češka	40	50	58	68	80	90	102	118	133	147
Estonija	3	4	5	6	8	9	11	15	19	26
Mađarska	18	31	42	50	55	62	67	91	97	106
Latvija	1	1	1	1	2	2	2	3	5	7
Litva	1	2	2	2	3	5	7	10	14	19
Poljska	12	14	16	18	21	26	30	33	39	46
Rumunjska	2	5	6	7	9	11	15	18	21	25
Rusija	1	1	2	2	3	3	3	4	5	6
Srbija	0	0	0	1	1	2	2	3	3	5
Slovačka	46	52	54	85	91	99	132	148	160	169
Slovenija	44	55	71	79	88	97	107	116	140	157
Ukrajina	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Grčka	6	7	9	11	12	13	14	16	18	18
Island	7	7	7	10	11	12	16	22	21	20
Irska	19	22	25	28	30	33	35	38	41	44
Izrael	16	17	19	20	22	26	30	36	42	49
Turska	5	7	9	11	13	16	20	23	26	29

**Legenda:** Lux – Luksemburg; UK – Ujedinjeno Kraljevstvo; ; BiH – Bosna i Hercegovina.

Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

## Grafikon 12. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u europskim regijama



Izvor: Sistematizacija autora

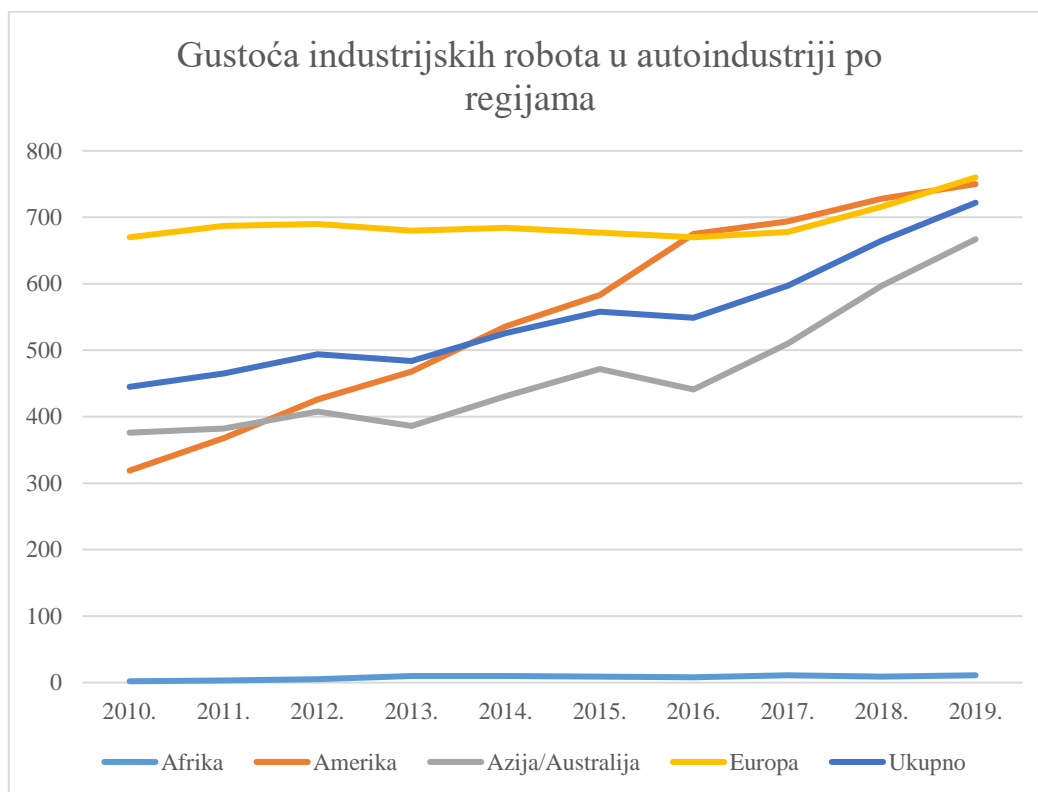
Tablica 2. i Grafikon 12. prikazuju gustoću industrijskih robota, odnosno broj industrijskih robota na 10.000 zaposlenih, u prerađivačkoj industriji europskih podregija i zemalja od 2010. do 2019. godine. Iz tablice je vidljivo da je u svim podregijama gustoća rasla u svim promatranim godinama. Podregija Zapadna Europa u svim godinama ima najveću gustoću u 2019. godini i iznosi 225, zatim je slijede Nordijske zemlje sa 204 i podregija Srednja i Istočna Europa sa gustoćom od 31 industrijskog robota na 10 000 zaposlenih u prerađivačkoj industriji u 2019. godini.

**Tablica 3. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji po regijama**

Regija/ Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Afrika	2	3	5	10	10	9	8	11	9	11
Amerika	319	368	426	468	536	583	675	694	728	750
Azija/ Australija	376	382	408	386	431	472	441	510	597	667
Europa	670	687	690	680	684	677	670	678	716	760
<b>Ukupno</b>	<b>445</b>	<b>465</b>	<b>494</b>	<b>484</b>	<b>526</b>	<b>558</b>	<b>549</b>	<b>597</b>	<b>665</b>	<b>722</b>

Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

**Grafikon 13. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji po regijama**



Izvor: Sistematizacija autora

Ranije je navedeno da je autoindustrija najveći kupac industrijskih robota, a to pokazuje i Tablica 3 i Grafikon 13, gustoća industrijskih robota u autoindustriji u periodu od 2010. do 2019. godine. Dok je prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u 2019. godini bila 131, u sektoru prerađivačke industrije poznat kao autoindustrija, punog naziva proizvodnja motornih vozila, prikolica i poluprikolica, ona je iznosila 722. Vidljivo je da je prosječna svjetska gustoća robota u ovome sektoru svake godine uvelike premašivala prosječnu gustoću robota u prerađivačkoj industriji, te je 2010. godine gustoća industrijskih robota u autoindustriji bila za više od 9 puta veća od gustoće u prerađivačkom sektoru, 2015. za više od 8 puta, a 2019. godine za više od 6 puta.

S obzirom da se razlika u gustoći industrijskih robota između autoindustrije i prerađivačke industrije u promatranom razdoblju smanjuje, može se zaključiti da su i ostale industrijske grane prihvatile prednosti koje robotizacija donosi, te nastavljaju sa ubrzanom implementacijom industrijskih robota u svoje poslovanje. Najveća gustoća industrijskih robota u autoindustriji u 2019. godini bila je u regiji Europa, koja je sa gustoćom od 760 robota preuzela prvo mjesto od regije Amerika, koja je u toj godini imala gustoću 750 industrijskih robota. Regija Azija/Australija godinama drži treće mjesto, ali autoindustrija jedne njezine članice, Južne Koreje, svih je godina na prvome mjestu.



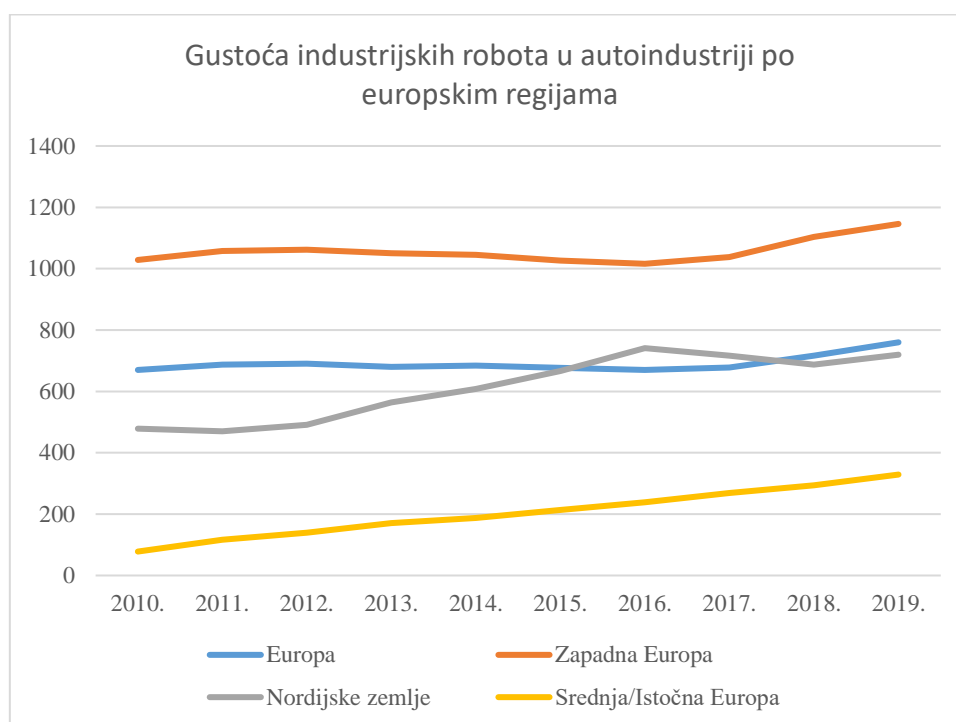
**Tablica 4. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji u europskim zemljama**

<b>Regija/Godina</b>	<b>2010.</b>	<b>2011.</b>	<b>2012.</b>	<b>2013.</b>	<b>2014.</b>	<b>2015.</b>	<b>2016.</b>	<b>2017.</b>	<b>2018.</b>	<b>2019.</b>
<b>Europa</b>	<b>670</b>	<b>687</b>	<b>690</b>	<b>680</b>	<b>684</b>	<b>677</b>	<b>670</b>	<b>678</b>	<b>716</b>	<b>760</b>
Zapadna	1029	1058	1062	1050	1045	1026	1016	1038	1104	1146
Austrija	581	590	626	689	703	706	888	1017	974	1051
Belgija i Luksemburg	866	839	914	1015	1103	1350	1501	1635	1524	1564
Njemačka	1101	1139	1133	1140	1149	1143	1131	1160	1268	1311
Španjolska	1138	1175	1153	1103	1014	1023	1004	1007	1124	1165
Francuska	1550	1577	1502	1380	1352	1327	1322	1344	1439	1609
Italija	1138	1135	1110	1033	1027	912	780	750	745	729
Nizozemska	218	268	332	414	591	738	945	926	941	1063
Portugal	211	215	267	269	243	220	318	330	307	377
Švicarska	593	847	945	1136	1147	1915	2081	2397	2200	2044
UK	623	637	721	708	728	666	657	699	717	707
Nordijske	479	470	491	564	608	666	741	717	687	720
Danska	294	286	395	484	532	526	512	522	553	514
Finska	371	394	543	681	675	613	1083	931	840	869
Norveška	406	397	317	246	241	297	477	493	459	452
Švedska	509	497	502	576	629	701	727	709	682	722
Srednja/Istočna Europa	78	117	140	171	187	214	239	269	294	329
BiH	5	10	10	15	9	11	31	55	72	44
Bugarska	6	5	10	12	13	10	11	12	13	16
Hrvatska	0	8	19	16	63	100	62	61	58	75
Češka	155	183	221	274	316	364	398	469	540	607
Estonija	8	7	7	15	21	33	56	72	138	200
Mađarska	102	171	178	180	223	216	221	355	366	396
Latvija	18	13	12	11	17	16	15	14	52	44
Litva	0	0	0	0	8	13	18	53	99	117
Poljska	80	92	105	114	128	131	133	143	166	190
Rumunjska	9	39	44	43	42	45	68	66	70	85
Srbija	0	0	0	4	6	7	7	7	6	7
Slovačka	242	273	270	470	494	500	668	721	748	775
Slovenija	270	294	419	423	427	365	437	445	566	686
Grčka	23	23	36	75	86	57	76	89	84	60
Irska	8	28	39	38	73	83	113	224	160	177
Turska	42	61	84	92	114	133	153	171	182	224

**Legenda:** UK – Ujedinjeno Kraljevstvo; BiH – Bosna i Hercegovina;

Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots.

### Grafikon 14. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji u europskim regijama



Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 4. i Grafikon 14. prikazuju gustoću industrijskih robota, odnosno broj industrijskih robota na 10.000 zaposlenih, u autoindustriji europskih podregija i zemalja od 2010. do 2019. godine. Podregija Zapadna Europa ima najveću gustoću u 2019. godini i iznosi 1146, zatim je slijede Nordijske zemlje sa 720 i podregija Srednja i Istočna Europa sa gustoćom od 330 industrijskog robota na 10 000 zaposlenih u autoindustriji. Švicarska ima najveću gustoću u 2019. godini, čak 2044 industrijskih robota na 10 000 zaposlenih, no to ipak nije rezultat samo broja robota koji se koristi, nego i relativno malog broja ljudi zaposlenih u autoindustriji.

### **3. Utjecaj robotizacije na tržište rada**

U ovome poglavlju prikazano je kako je primjena industrijskih robota do sada utjecala na promjene na tržištu rada. Kao uvod u poglavlje opisan je dosadašnji utjecaj tehnologije na tržište rada, počevši od prve industrijske revolucije, pa do računala. U poglavlju je analizirano kako je robotizacija utjecala na tržišta rada u tri tehnološki najnaprednijim ekonomskim cjelinama Europi, SAD-u i Japanu. U poglavlju je također prikazano i kako robotika utječe na stvaranje novih poslova, te kako već sada nedostaje stručnjaka koji bi popunili takva radna mjesta. Pretposljednja tema poglavlja objašnjava što je to kolaborativni robot od kojega se očekuje da u skorije vrijeme bude glavni suradnik i pomoćnik radnika u prerađivačkoj industriji. Posljednji tema poglavlja je utjecaj primjene industrijskih robota na fizičko i mentalno zdravlje radnika.

#### **3.1. Utjecaj tehnologije na tržište rada kroz povijest**

Tijekom 1960-ih godina ekonomist i nobelovac Milton Friedman bio je jedan od savjetnika kineske vlade, te je prilikom jednog posjeta odveden na projekt javnih radova. Friedman je bio iznenađen vidjevši da većinu posla radnici obavljaju ručno, te da koriste jako malo teške mehanizacije poput bagera i buldožera. Na njegovo pitanje zašto je tome tako, državni dužnosnik mu je pojasnio da je projekt zamišljen kao program zapošljavanja. Friedmanov odgovor na to je bio: „Pa zašto onda radnicima ne date žlice umjesto lopata?“. Friedmanova primjedba često se navodi kao primjer i kontraargument u raspravama s ekonomistima koji se pribojavaju mogućnosti da bi tehnološki napredak mogao uništiti radna mjesta i stvoriti dugoročnu nezaposlenost (Ford, 2015).

U svome radu Frey i Osborne (2013) navode da je zabrinutost da će tehnološki napredak negativno utjecati na zaposlenost ideja koja je desetljećima prisutna u ekonomskim krugovima. To razmišljanje zorno pokazuje primjer Williama Lea koji je 1589. godine izumio stroj za pletenje. Nakon što ga je pokazao kraljici Elizabeti I., tražeći od nje određeni vid patenta na svoj izum, ona ga odbija uz ukor da bi taj izum veliki broj njezinih podanika mogao ostaviti bez posla i učiniti ih siromašnima. Kraljičinom mišljenju uvelike je doprinio i

lobi cehova obrtnika koji su smatrali da bi izum njihove članove doveo u lošiji položaj. Ovakav razvoj događanja potvrđuje Schumpeterov zaključak (1962) da tehnološki *status quo* najviše održavaju snažni socioekonomski interesi, a ne nedostatak inventivnih ideja. Dosadašnje je pravilo da se radnici i različita interesna udruženja opiru svim novim tehnologijama zbog kojih njihove vještine zastarijevaju, te im se zbog toga posljedično smanjuje zarada. Iz navedenog se može zaključiti da ravnoteža između očuvanja radnih mjesta i tehnološkog napretka uvelike odražava i odnos snaga u društvu (Frey, Osborne, 2013; Schumpeter, 1962 prema Frey, Osborne, 2013).

Jedan od najistaknutijih primjera otpora društva prema novim tehnologijama je luditski pokret. Pokret je nastao u Engleskoj polovicom 18. stoljeća, a karakteriziralo ga je nasilno suprotstavljanje uvođenju strojeva u proizvodne pogone. Ime je, prema predaji, dobio po Nedu Luddu, koji je navodno potakao pobunu tako što je uništio razboj za izradu čarapa. Luditi su smatrali da je uvođenje strojeva u pogone glavni uzrok njihove nezaposlenosti i lošeg ekonomskog statusa. Pripadnici pokreta zbog toga su spaljivali skladišta, uništavali strojeve i rušili tvorničke zgrade. Zbog ovih događanja 1769. godine donesen je zakon koji je predviđao čak i smrtne kazne za sve one koji pokušaju uništiti strojeve ili rušiti tvornice. Do dvadesetih godina 19. stoljeća pokret je nestao, ali se 1820-ih i 1830-ih slične pobune javljaju u drugim dijelovima Europe (Hrvatska enciklopedija, 2021).

Kako navode Frey i Osborne (2003), promjena stava prema tehnološkom napretku u Velikoj Britaniji dogodila se iz dva razloga. Prvi je bio taj što su nakon uspostavljanja parlamentarne prevlasti nad Krunom vlasnici imovine postali dominantna politička snaga u Britaniji. Njima tehnološki napredak nije predstavljao rizik, a neki su imali i koristi od istog, te je moć cehova obrtnika, kao najvećih protivnika tehnološkog napretka u proizvodnji gubila utjecaj. Drugi razlog je što su širi društveni slojevi uglavnom imali koristi od tehnološkog napretka, te su nekvalificirani radnici, kojih je tada bilo najviše, izašli kao najveći dobitnici prve industrijske revolucije. Iako su vlasnici kapitala povećali dobit, također su i radnicima porasli prihodi. Sve navedeno implicira da je tehnološki napredak nastao za vrijeme prve industrijske revolucije smanjio vrijednost umijeća i rada obrtnika, ali da se dobit nastala kao rezultat tehnološkog napretka raspodijelila tako da je donijela korist većem broju ljudi (Frey, Osborne, 2013).

Druga industrijska revolucija, posebice uvođenje pokretne proizvodne traka i elektrifikacija, donijela je velike promjene na tržištu rada. Prvi patent za pokretnu traku prijavio je izumitelj Oliver Evans 1790. godine, no značajniju industrijsku primjenu dobiva tek 1913. godine kada je Henry Ford uvodi u svoju tvornicu, za potrebe proizvodnje Fordovog „Modela T“. Jedna od ključnih značajki te trake je što je konstruirana za strojeve, naprave i alate na kojima su trebali raditi nekvalificirani radnici. Uvođenjem ove tehnologije u proizvodne pogone došlo je do segmentiranja posla, te rad koji je prije obavljao jedan čovjek, sada se podijelio na više ljudi. Na ovaj način došlo je do povećanja zaposlenosti, ali i pada cijene proizvoda i smanjenja proizvodnog vremena. Primjer tvrtke Ford potvrđuje obrazac nastao za vrijeme Prve industrijske revolucije, a to je da vlasnici kapitala svojim aktivnostima pogoduju nekvalificiranoj radnoj snazi, a obrtnike dovode u nepovoljniji položaj.

Uvođenjem električne energije u proizvodne pogone, u kombinaciji sa proizvodnjom na pokretnim trakama, dolazi do smanjenja potražnje za nekvalificiranim radnicima na mnogim poslovima, ali ujedno dolazi i do povećanja potražnje za više kvalificiranim radnicima. Proizvodne linije u početku su trebale veliki broj radnika, ali je elektrifikacija omogućila automatizaciju mnogih poslova, što je povećalo potražnju za relativno kvalificiranim radnicima, te uz to pridonijelo potražnji za većim brojem neproizvodnih radnika. Osim pokretne trake i elektrifikacije, veliki pozitivni učinak na tržište rada imala je i prometna revolucija.

Prometna revolucija, tj. širenje i poboljšavanje prometne infrastrukture, smanjilo je logističke troškove na domaćim i inozemnim tržištima. Sve do prometne revolucije tržište zanatske robe bilo je ograničeno na neposredno okruženje, a glavni razlog tome je što su troškovi prijevoza do udaljenih mjesta bili visoki. S prometnom revolucijom došlo je do povećanja tržišta, ali i konkurencije, što je natjeralo tvrtke na dodatno povećanje produktivnosti. Kako su tvrtke rasle i postajale sve složenije, te prodajom svojih proizvoda na sve udaljenija mjesta, također se pojavila i potreba za većim brojem radnika na upravnim, rukovodećim i službeničkim pozicijama (Frey, Osborne, 2013).

Pisaći stroj izumljen je 1860-ih, ali se u uredima masovnije počeo koristiti tek početkom 20. stoljeća, zajedno sa prvim diktafonima i kalkulatorima. Novi uredski strojevi smanjili su troškove obrade informacija i povećali potražnju za obrazovanim uredskim radnicima, no s obzirom da je u relativno kratkom vremenu došlo do povećane ponude uredskih radnika, dogodio se nagli pad plaća uredskih radnika u odnosu na proizvodne radnike. Razlike u plaćama u SAD-u s obzirom na obrazovanje smanjivale su se od 1915. do 1980. godine, ali se trend nakon 1980. godine odjednom mijenja.

Premda u ekonomskim krugovima ne postoji opći konsenzus koji je razlog tome, Frey i Osborne (2013) dovode takvu promjenu trenda u korelaciju sa tzv. računalnom revolucijom (Krueger, 1993; Autor i sur., 1998; Bresnahan, i sur., 2002). Računalna revolucija započela je 1960. godine sa prvim komercijalnim korištenjem računala, nastavila se razvojem interneta, te je utjecala na mnoge industrije. Troškovi obrade podataka smanjivali su se iz godine u godinu, pojavili su se skeneri bar kodova, bankomati, sustavi za rezervacije karata i slično, a početkom 1980-ih predstavljena su i prva osobna računala. Računala, zajedno s drugim uredskim strojevima, povećali su potražnju za radnicima koji su radili kao službenici.

Vremenom je dokazano da su radnici koji su na svome poslu koristili računalo zarađivali 10 do 15 posto više od onih koji nisu. Gubitak radnih mjesta i pad plaća uslijed kompjuterizacije određenih zanimanja rezultirao je višom ponudom radne snage na niskokvalificirana uslužna zanimanja, te je udio radnih sati u uslužnim zanimanjima u SAD-u od 1980. do 2005. godine porastao za 30 %, nakon tri desetljeća stagnacije ili blagog pada (Frey, Osborne, 2013; Krueger, 1993, Autor i sur., 1998, Bresnahan, i sur., 2002 prema Frey, Osborne, 2013). O kompleksnosti utjecaja tehnologije na radna mjesta pisali su Jesuthasan i Boudreau (2018). Oni navode da je u SAD-u 1985. godine bilo 60 000 bankomata i 485 000 bankovnih blagajnika, a da je 2002. godine broj bankomata porastao na 352 000, a broj bankovnih blagajnika na 527 000. Ovaj paradoks objašnjava se time da je veći broj bankomata smanjilo potreban broj radnika, ali da je bankama omogućilo jeftinije poslovanje i otvaranje novih podružnica. U međuvremenu je broj transakcija narastao, složenost posla se povećala i bio je potreban veći broj radnika na rješavanju kompleksnijih zadataka.

Acemoglu u svome radu iz 2002. godine navodi da je tehnološki napredak dvadesetog stoljeća, posebno njegovih zadnjih desetljeća, pogodovao kvalificiranim radnicima, što je u suprotnosti od onoga što se događalo u devetnaestom stoljeću. Naime, u Britaniji su u devetnaestom stoljeću tvornice s nekvalificiranom radnom snagom ugasili veliku većinu obrta koji su zapošljavali vješte i kvalificirane zanatske radnike. Autor također navodi da su u dvadesetom stoljeću tehnološke promjene pogodovale kvalificiranim radnicima i na taj način povećale nejednakost, a da je posljednjih desetljeća na to najviše utjecalo korištenje računala.

Premda je povećanje nejednakosti bila pojava koja se dogodila i u razvijenim i nerazvijenim državama, postoji velika razlika u rastu nejednakosti između pojedinih zemalja, te je tako nejednakost koja se pojavila u kontinentalnoj Europi mnogo manja od one u SAD-u, Kanadi i Ujedinjenom Kraljevstvu. Krugmanova hipoteza (1994) objašnjava ovu pojavnost time što su institucije tržišta rada u kontinentalnoj Europi izrazito jake, te da su one zapravo te koje su ograničili veličinu nejednakosti. Kao glavni uzročnici manjoj nejednakosti Europe navode se jaki sindikati, minimalna plaća i programi prekvalifikacije (Acemoglu, 2002; Krugman, 1994 prema Acemoglu, 2002).

## 3.2. Utjecaj robotizacije na tržište rada

Utjecaj automatizacije i robotizacije na tržište rada tema je kojom su se u različitim dijelovima svijeta i različitim periodima bavili različiti znanstvenici, te ne postoji konsenzus o tome kako su automatizacija i robotizacija utjecali na tržište rada, posebno na stavke kao što su zaposlenost i rast plaća. Bez obzira na to, kako navodi Anderson (2012), nemoguće je zamisliti da bilo kakva velika proizvodnja može funkcionirati bez automatizacije, te ne postoji način da se automatizacija ukloni iz proizvodnje. Pri analizama utjecaja robotizacije na tržište rada najčešće se proučavao utjecaj na tri velika tržišta, te ujedno i tri velika konzumenta robotskih tehnologija, Europu, SAD i Japan.

Anton i sur. (2020) istražili su utjecaj usvajanja robotskih tehnologija na europsko tržište od 1995. do 2015. godine. Predmet njihovog istraživanja bio je učinak industrijskih robota na radna mjesta i zapošljavanje. Uz globalizaciju, automatizacija je jedan od glavnih izvora ekonomske zabrinutosti građana, najviše iz razloga jer se boje za očuvanje svojih radnih mjesta, iako povijest pokazuje da je napredak proizvodnih tehnologija podigao životni standard društva. Usprkos toj spoznaji, mnogi ekonomski stručnjaci izražavaju svoju zabrinutost da bi ovoga puta moglo biti drugačije. Sama analiza utjecaja robotike na tržište rada, posebno utjecaj na zaposlenost, je izuzetno složen posao jer treba uzeti u obzir smanjenje potrebe za radnom snagom uslijed robotizacije, ali i stvaranje novih radnih mjesta koje robotizacija potiče, te je teško doći do jasne spoznaje koji učinak dominira.

Izvor podataka za broj usvojenih robota je Međunarodna federacija robotike, odnosno njezin godišnjak za 2018. godinu, a izvor za zaposlenost baze podataka Eurostata. Anton i sur. (2020) došli su do rezultata koji pokazuju da je povezanost usvajanja robota i zaposlenosti pretežno negativna u prvoj polovici analiziranog razdoblja, a uglavnom pozitivna u drugoj. Kao objašnjenje ovoga fenomena nude se više razloga, a prvi je utjecaj ekonomske krize 2008. godine na europska tržišta rada. Drugi mogući razlog je potencijalno negativan neposredni utjecaj usvajanja robota koji kroz određeno vrijeme ostvaruje pozitivan učinak. Kao treći razlog navodi se da je učinak robotizacije relativno male vrijednosti u usporedbi s drugim odrednicama zaposlenosti, te da bi se do puno većih efekata možebitno došlo ako bi se promatrao utjecaj na pojedine industrijske sektore, a ne na regije, jer je ranijim radovima



(Fernández-Macías i sur., 2020) dokazano da je primjena robota visoko koncentrirana u određenim industrijskim sektorima. Četvrti razlog je taj što podaci za zemlje istočne Europe nisu bili dostupni u prvom promatranom razdoblju, a upravo je u tim zemljama došlo do snažnog rasta robotizacije i ekonomskog rasta. Kao peti i posljednji razlog navodi se mogućnost znatnog napretka robotske tehnologije kroz promatrano razdoblje, što upućuje na to da bi noviji roboti mogli imati veći pozitivan utjecaj na zaposlenost. Ukupni rezultati sugeriraju da su učinci robotizacije na regionalna tržišta rada mali do zanemarivi, ali da je ukupni efekt povećanja broja robota ipak pozitivan (Anton i sur., 2020; Fernández-Macías i sur., 2020 prema Anton i sur., 2020).

Industrijski roboti u Sjevernoj Americi počeli su se više koristiti početkom 1980-ih godina, nakon čega je sredinom 80-ih došlo do stagnacije, te pada broja novoinstaliranih industrijskih robota. Pred kraj 1980-ih i početkom 90-ih ponovo dolazi do rasta broja novoinstaliranih robota, te se takav trend nastavlja do današnjih dana. Glavni razlog rasta broja novih industrijskih robota je pad cijene, ali i povećanje brzine, točnosti i fleksibilnosti, te trend povećanja cijene ljudskoga rada (Craig, 2005). John Maynard Keynes izjavio je 1930. godine da bi tehnološki napredak kroz sljedećih 90 godina mogao biti uzrok tehnološke nezaposlenosti, a Wassily Leontief (1952) predvidio je da će rad s vremenom postati sve manje važan, te da će ga zamijeniti strojevi.

Svjetska banka (2016) predviđa da bi oko 57 % radnih mjesta u zemljama članicama OECD-a moglo biti automatizirano u sljedeća dva desetljeća. Ponukani time, te nedostatkom sustavnih dokaza o utjecaju robotizacije na zaposlenost i plaće, Acemoglu i Restrepo (2017) analizirali su učinak povećanja broja industrijskih robota u SAD-u u periodu od 1990. do 2007. godine. Industrijski roboti utjecali su na tržište rada, te se zaliha robota u SAD-u i zapadnoj Europi između 1993. i 2007. godine učetrostručila, a predviđanja Međunarodne federacije robotike govore da bi do 2025. godine broj industrijskih robota mogao biti između 4 i 6 milijuna. Acemoglu i Restrepo (2017) smatraju da je utjecaj robota dvojak; povećanjem broja robota u industriji dolazi do povećanja produktivnosti, ali roboti negativno utječu na plaće i zaposlenost, te potiču raseljavanje. Njihov rad analizira utjecaj porasta broja industrijskih robota na lokalna tržišta rada SAD-a, odnosno na zone putovanja na posao, te tvrde da postoji snažna povezanost između izloženosti pojedinih zona putovanja na posao porastu broja

robota. U područjima koji su bili najizloženiji, između 1990. i 2007. godine, zaposlenost i plaće su gubile na vrijednosti više u usporedbi s drugim, manje izloženim područjima. Uz uvjet da nije bilo prelaska radne snage s jednog radnog mjesta na drugo, procijenjeno je da je povećanjem od jednog robota naspram tisuću zaposlenih u prosjeku smanjio omjer broja zaposlenih i broja stanovnika za 0,37 %, a prosjek plaće za 0,73 % u odnosu na zone putovanja na posao koje nisu bile izložene robotima. Ako se u obzir uzme prelazak radne snage s jednog radnog mjesta na drugo tada je ukupni omjer zaposlenosti i broja stanovnika manji za 0,34 %, a plaće za 0,54 %.

Negativni učinci djelovanja robota najizraženiji su u proizvodnom sektoru, nije pronađen pozitivan učinak niti u jednoj obrazovnoj skupini, a učinci na žene i muškarce su slični. Premda ovo istraživanje dovodi povećanje broja robota u negativan odnos naspram zaposlenosti i plaća, ono ipak ne može prikazati ukupni učinak robotizacije negativnim. Glavni razlog tome je mogućnost da robotizacija dovodi do ukupnog povećanja zaposlenosti i plaća, s time da je povećanje više u zonama putovanja na posao s manjom izloženošću robotima (Pajić, 2020)

Adachi, Kawaguchi i Saito u svome radu iz 2020. godine proučavali su utjecaj industrijskih robota na zapošljavanje u Japanu u periodu od 1978. do 2017. godine. Ovo istraživanje posebno je zanimljivo ako se uzme u obzir da je Japan prva zemlja koja je počela s ozbiljnijom implementacijom robotske tehnologije u svojoj industriji. Roboti se u proizvodnim procesima u Japanu koriste već krajem 1970-ih, dvadesetak godina prije ostalih razvijenih zemalja. Adachi, Kawaguchi i Saito (2020) u svome radu otkrivaju da se pri padu cijene robota za 1 % usvajanje robota povećalo za 1,54 %, a zaposlenost za 0,44 %, te da se pri porastu broja robota od 1 % zaposlenost povećavala za 0,28 %.

Ovakvi rezultati pokazuju da je porast broja robota i zaposlenost u pozitivnoj korelaciji, te da je povećanje broja robota u Japanu pozitivno utjecalo i na tržište rada. Acemoglu i Restrepo (2017), analizirali su utjecaj porasta broja robota na zaposlenost u zonama putovanja na posao, te je pokazano da je jedan novi robot na tisuću radnika povećao zaposlenost za 2,2 %. Suprotno pretpostavci da usvajanje robota smanjuje broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji, a povećava u uslužnoj, zaposlenost u uslužnom sektoru nije se značajnije ni povećavala ni

manjivala nakon usvajanja robota. Iako je ukupna zaposlenost rasla kako se povećavao broj industrijskih robota, radni sati po radniku su se smanjili, što sugerira da su tehnološke promjene utjecale na podjelu posla i uštedu vremena, te implicira da bi efekt na satnicu mogao biti još pozitivniji.

Byron Reese (2018) navodi da postoje određene kategorije poslova koje roboti vjerojatno nikada neće raditi, te ih razvrstava u sedam kategorija. To su:

- poslovi koje roboti mogu raditi, ali vjerojatno nikada neće
- poslovi koje ne želimo da obavljaju roboti
- nepredvidivi poslovi
- poslovi koji zahtijevaju visok stupanj socijalne inteligencije
- poslovi koji se obavljaju na licu mjesta
- poslovi koji zahtijevaju kreativnost ili apstraktno razmišljanje
- poslovi koji još uvijek nisu izmišljeni.

Poslovi koje roboti mogu raditi, ali vjerojatno nikada neće su oni poslovi kod kojih ne postoji ekonomska računica da ih roboti rade, kao npr. poslovi koji se obavljaju povremeno poput restauracija satova, popravaka kamina i slično. Poslovi koje iz jasnih razloga nećemo željeti da rade roboti su primjerice nogometaši, duhovni vodiči ili balerine. Neki poslovi su sami po sebi toliko kompleksni i nepredvidljivi da bi ih bilo jako teško, možda i nemoguće isprogramirati, kao na primjer posao izvršnog direktora velike kompanije. Poslovi kojima treba visok stupanj socijalne inteligencije su poslovi kod kojih je potreban visok stupanj interakcije s drugim ljudima, te vrhunske komunikacijske sposobnosti ili empatiju. Roboti jako dobro rade u kontroliranom okruženju poput tvornica ili skladišta, ali postoje i poslovi koji se obavljaju na licu mjesta u nekontroliranom okruženju poput šuma ili litica, te se ljudi mogu puno brže prilagoditi takvim uvjetima nego roboti.

Određeni poslovi zahtijevaju kreativno ili apstraktno razmišljanje, te će ih roboti jako teško moći izvršavati, jer ni ljudima nije u potpunosti jasno kako ih izvode. To su poslovi poput pisanja književnih dijela, skladanja glazbe, dizajniranja, savjetovanja uprave i slično. Također, nova tehnologija i novo vrijeme donijeti će i mnoštvo poslova koja još uvijek ne postoje. Primjerice 2000. godine nije postojao veliko broj poslova koji postoje danas, poput

specijalista za digitalni marketing ili specijalista za „cloud“ servise. Baldwin (2019) navodi da bi roboti mogli preuzeti neke od zadataka koji se izvode na određenim poslovima, ali da takav rasplet događaja ne dovodi nužno do potpunog ukidanja određenih poslova. Kako on navodi, to samo znači da će radnici postati produktivniji i da će biti potrebno manji broj ljudi za obavljanje nekog posla. Kelly (2016) postavlja tezu da se radnici, ni društvo općenito, u budućnosti ne bi trebali natjecati protiv robota, nego sa njima. S obzirom da je neizbježno sve veće korištenje različitih vrsta robota na mnogim radnim mjestima, predviđa se da će primanja radnika u budućnosti ovisiti o tome koliko dobro radnici rade s robotima.

Roboti bi trebali na sebe preuzeti mnoštvo poslova koje ljudi ne žele raditi, ali trenutno moraju, te će u tim poslovima biti puno bolji od ljudi. S druge pak strane, takvo stanje stvari stvoriti će preduvjete za stvaranje mnoštva novih i neotkrivenih poslova koji će omogućiti da ljudi više rade na poslovima koji su im prirodniji. Na sličnom tragu kao Kelly (2016) je i Pugliano (2017) koji tvrdi da će roboti pomoći ljudima, posebno onima na teškim poslovima. Napominje da je neizbježno da će dio radnika biti otpušteno ili primorano na prijevremenu mirovinu, ali da će dio radnika profitirati. Razlika će biti u tome da li će radnici prihvatiti robote i naučiti raditi s njima ili odustati od istih. Radnici koji prihvate robote, s njima će se služiti za prevladavanje svojih slabosti i povećavanje svojih prednosti, dok će dio radnika bježati od robota i novih tehnologija, te će postati neatraktivni na tržištu rada.

### 3.3. Robotika i novi poslovi

Roboti sve više ulaze u industriju i mijenjaju način na koji ljudi rade. Premda su radna mjesta istiskuju radnike koji su najčešće radili jednostavne i ponavljajuće poslove, također stvaraju i neka nova radna mjesta koja do sada nisu postojala. Deloitte u svojoj studiji (2015), u kojem analizira utjecaj novih tehnologija na tržište rada Ujedinjenog Kraljevstva u posljednjih 15 godina, navodi da su tehnološke promjene utjecale na gubitak oko 800 000 radnih mjesta, ali da postoje snažni dokazi da su ih stvorili oko 3,5 milijuna. Plaće na novim poslovima bile su više u prosjeku 10.000 funti godišnje naspram onih poslova koji su zbog novih tehnologija nestali. Također, Svjetski ekonomski forum (engl. *World Economic Forum – WEF*) u svome izvješću „*Future of jobs report*“ (2018) predviđa neto pozitivan ishod za radna mjesta uslijed utjecaja novih tehnologija.

WEF predviđa da bi do 2022. godine broj izgubljenih radnih mjesta u svijetu zbog novih tehnologija trebao biti oko 75 milijuna, ali da će nove tehnologije otvoriti i do 133 milijuna novih radnih mjesta. Joseph Aoun (2017) iznio je zanimljiv zaključak iz izvješća renomirane konzultantske tvrtke McKinsey, da bi se čak 45 % poslova koji ljudi trenutno obavljaju moglo automatizirati koristeći samo postojeću tehnologiju. Izgledno je da roboti neće zamijeniti ljude, nego će ih potaknuti na dodatno obrazovanje, prekvalifikaciju i proširivanje znanja. Automatizacija i robotizacija stvara potražnju za kvalificiranom radnom snagom, te zahtjeva od niže kvalificirane radne snage prilagodbu novim okolnostima (Andrews, 2019). S obzirom da roboti stvaraju poslove koji traže višu razinu znanja, tvrtke i države su te koje bi trebale raditi na strategiji usavršavanja svojih trenutnih radnika i pripremati obuke te školovanje za buduće zaposlenike.

Roboti su danas pristupačniji, prilagodljiviji i lakši za programiranje, te se koriste ne samo u velikim nego i srednjim i malim tvrtkama. Roboti su u mnogim tvrtkama utjecali na preraspodjelu radnika na druge zadatke, s većom dodanom vrijednošću, te stvorili nova zanimanja kao što su robot programer, robot operater, robotski tehničar, inženjer alata za korištenje na robotu, inženjer za upravljanje robotom itd. Iako neke poslove mogu zamijeniti, ljudski rad će i dalje biti prisutan, ali manje na rutinskim i ponavljajućim poslovima, a više na složenijim i kreativnim poslovima (Leath, 2020). Prema istraživanju koje su proveli Shmatko

i Volkova (2020), u kojem su se usredotočili na ponudu i potražnju za visokokvalificiranim znanstvenicima, inženjerima, tehničarima i stručnjacima u robotici, već sada na globalnoj razini nedostaje profesionalaca sa traženim vještinama za rad. Nedostatak visoko kvalificirane radne snage je prepreka daljnjem razvoju robotike, te utječe i na brzinu budućega razvoja. Autori navode da je brzina tehnoloških promjena izazov i za obrazovni sustav jer nije uputno osposobljavati buduće profesionalce isključivo na temelju vještina koje poslodavci trenutno traže iz razloga što bi te vještine mogle zastarjeti u periodu obrazovanja budućih profesionalaca. Također, u istraživanju je prikazano da poslodavci ne trebaju visoko specijalizirane radnike sa uskim rasponom znanja, nego da traže da radnici imaju multidisciplinarno znanje, visoku motivaciju, analitičke sposobnosti i da su spremni na stalno učenje i usavršavanje.

Brynjolfsson i McAfee (2016) na temu obrazovanja i novih tehnologija navode da ekonomske nejednakosti često nastaju kao posljedica zastarjelog obrazovanja koje ne prati razvoj tehnologije, te da se pojedinci i društvo moraju više poraditi na osuvremenjivanju obrazovanja i prilagoditi ga budućim potrebama poslodavaca. Međunarodna federacija robotike (2021) pozvala je vlade i tvrtke da omoguće stjecanje vještina budućim radnicima, u svrhu nastavka pozitivnog utjecaja robota na broj zaposlenih, kvalitetu rada i prihode radnika. Navedena organizacija apelira jednako na vlade, kao i na tvrtke, te navodi da svatko od njih ima određenu ulogu u procesu pripreme tržišta rada na promjene koje roboti donose. Vlade pojedinih zemalja poziva na donošenje obrazovnih politika koje će omogućiti stjecanje potrebnih vještina za poslove koji se stvaraju ili mijenjaju uvođenjem robota na tržište rada, a tvrtke pozivaju na osiguranje odgovarajućih programa prekvalifikacije za zaposlenike kako bi ih osposobili za potrebna radna mjesta. Međunarodna federacija za robotiku navodi da će željeni ciljevi zahtijevati pojačanu i koordiniranu suradnju između javnog i privatnog sektora.

### 3.4. Kolaborativni industrijski roboti

Tradicionalni industrijski roboti i robotski sustavi jako su dobri u izvođenju ponavljajućih operacija, no postoji veliki broj zadataka koja zahtijevaju kognitivna znanja koja posjeduje samo čovjek. Zbog toga se suradnja čovjeka i industrijskog robota nameće kao idealan proizvodni koncept, te predstavlja daljnji pomak u integraciji industrijskih robota u proizvodnju i način dobre suradnje između radnika i robota. Krajnji cilj ovakvog proizvodnog koncepta je postići sigurnu i produktivnu fizičku interakciju između ljudi i robota, te omogućiti svakome od dionika proizvodnog procesa maksimalno iskorištavanje vlastitih kvaliteta (Castro, Silva, Santos, 2021).

U proizvodnim procesima industrijski roboti i radnici najčešće su bili razdvojeni, a roboti bi u ogradenim prostorima obavljali operacije kao što su zavarivanje, manipulacija, obrada i slično. Jedan od glavnih razloga tome je što su roboti radili velikom brzinom i često manipulirali teškim, oštrim ili opasnim predmetima, te su samo ovlašteni radnici, uz posebne mjere predostrožnosti, mogli biti u radnom prostoru robota. Novije vrste industrijskih robota omogućuju proizvođačima da robote koriste zajedno s radnicima, što je od posebne važnosti kod proizvodnih procesa koji se ne mogu u potpunosti automatizirati, ili kod kojih je to neekonomično. Ovakvi roboti nazivaju se kolaborativni, ili suradnički roboti, te su opremljeni značajkama koje im omogućuju usporavanje ili zaustavljanje kada su radnici u blizini, te se automatski pokrenu kada se radnik odmakne.

Namjena kolaborativnog robota je da radi usklađeno s radnikom, te da bude njegov pomoćnik kod izvođenja ponavljajućih i neergonomskih zadataka koji se ne moraju izvoditi velikom brzinom i kod kojih nije presudna ljudska vještina, poput operacija manipulacije objektima, pridržavanja teških predmeta, provođenja pregleda kvalitete i slično. Osim tehnologije koja ograničava silu i brzinu, ovi roboti su i posebno dizajnirani, tako da u slučaju nezgode na radu sa radnikom nanose nikakve ili zanemarive posljedice (IFR, 2019). Antonelli i Bruno (2017) navode da većina ovakvih robota imaju ograničenja u vidu nosivosti, brzine i snage, koja su povezana sa nužnošću poštivanja određenih tehničkih normi. Jedna od takvih normi je ISO 15066:2016 (2016) koja pruža smjernice za rad kolaborativnih industrijskih robota i ljudi. Norma navodi da postoji velika korist od zajedničkog neposrednog rada ljudi i robota, ali da

je nužno osigurati da takav rad bude siguran po ljude, te navodi brzinu i silu koju robot može razviti kao najveću potencijalnu sigurnosnu ugrozu (ISO, 2016).

Kolaborativni industrijski roboti razvijeni su uglavnom za primjenu pri montaži i proizvodnji elektroničkih proizvoda, za autoindustriju, te za korištenje u malim i srednjim tvrtkama. Razvoj kolaborativnih industrijskih robota jedan je od prioriteta robotske industrije, najviše iz razloga jer je prepoznata mogućnost integracije ovakvih vrsta robota s promjenama koje donosi Industrija 4.0. Kolaborativni industrijski robot treba surađivati s ljudima u istom proizvodnom okruženju, te je nužno spojiti njegove proizvodne funkcije s zahtjevima sigurnosti na radu (Vido i sur., 2020).

Očekuje se da će kolaborativni industrijski roboti biti glavni pokretač tržišta robotike u narednom vremenu, te da će omogućiti pristupačna i fleksibilna rješenja za integraciju robotskih sustava u tradicionalno manualne poslove. Kolaborativni industrijski roboti ne samo da će povećati proizvodnost tvrtkama koje ih budu koristile, nego će i smanjiti opterećenost radnika, te povećati sigurnost na radu. Na ovaj način ljudima i robotima biti će omogućeno da dijele radni prostor i kombiniraju prednosti koji svatko od njih posjeduje (Gleirscher sur., 2020).



### **3.5. Utjecaj industrijskih robota na sigurnost i zdravlje radnika**

Od kada su se industrijski roboti pojavili, pa sve do današnjih dana, postoji veliki interes znanstvene zajednice o utjecaju robota na tržište rada, međutim, relativno je malo radova o tome kako roboti utječu na zdravlje radnika i sigurnost radnih mjesta. Ponukani time Gihleb i sur. (2020) izradili su studiju u kojoj su istražili odnos korištenja industrijskih robota, te sigurnosti i zdravlja radnika u Njemačkoj i SAD-u od 2005. do 2011. godine. Roboti se često koriste za fizički intenzivne zadatke koji štete ili dovode u rizik radnike koji ih izvode, te za ponavljajuće i jednolične poslove u kojima ljudi imaju tendenciju pogriješiti i potencijalno dovesti u opasnost sebe i ostale zaposlenike. S druge strane roboti zbog svoje mase, brzine i mogućeg nedostatka senzoričke mogu predstavljati različite opasnosti za radnike. Također, roboti mogu predstavljati i određenu vrstu psihološkog problema i stvarati dodatni stres na radnom mjestu.

Zbog svega navedenog može se zaključiti da je odnos između robota i sigurnosti i zdravlja radnika izuzetno složen. Podaci iz SAD-a (Giheb i sur., 2020) otkrivaju da povećanje jedne standardne devijacije korištenja industrijskih robota smanjuje ozljede na radu za oko 16 %, te da ne postoji značajni učinak na najteže ozljede. S druge strane, u studiji je pokazano da je usvajanje robota povezano sa znatnim porastom broja smrtnih slučajeva koji su povezani s drogama, alkoholom i mentalnim problemima. Podaci su pokazali da se jednim povećanjem standardne devijacije, za oko 7 % povećava smrtnost zbog upotrebe droge i alkohola, te da se broj dana za koje su ispitanici smatrali da im mentalno zdravlje nije bilo dobro povećava za 17 %.

Iako se ne nalazi povezanost između stope samoubojstava i povećanja izloženosti industrijskim robotima, ova otkrića ukazuju da roboti mogu imati izrazito štetne učinke na mentalno zdravlje radnika, barem što se tiče SAD-a. Podatci iz Njemačke otkrivaju da je povećanje izloženosti robotima za jednu standardnu devijaciju povezano s smanjenjem rizika od prijave bilo kakve invalidnosti za 5 %, smanjenje rizika od nezgoda na radu za 25 % i smanjenjem vjerojatnosti zaposlenja na fizički vrlo intenzivnom zadatku za 4 %. U Njemačkoj nije pronađen značajniji dokaz bilo kakvog učinka na mentalno zdravlje radnika.

Utjecajem industrijskih robota na zdravlje radnika u Njemačkoj od 2002. do 2014. godine bavili su se i Abeliasky i Beulmann (2019). Njihovo istraživanje je pokazalo da je porast broja robota za 10 % povezan sa prosječnim smanjenjem od 0,59 % od prosječnog mentalnog zdravlja. Negativnog utjecaja na zaposlenje i ekonomiju općenito se najviše boje radnici na neinteraktivnim i rutinskim poslovima. Podjela uzorka prema dobnim skupinama pokazuje da je mentalno zdravlje mlađih radnika najosjetljivije na povećanje broja industrijskih robota. Rad sugerira da povećanje izloženosti robotima dovodi do toga da se radnici osjećaju manje produktivno i manje vrijedno, te da im zbog toga pati cjelokupno mentalno zdravlje. Davenport i Kirby (2016) navode istraživanje koje je 1988. godine izvedeno u Japanu, a koje otkriva da postoji velika razlika u percepciji kada se na visoko automatizirane poslove postave radnici koji su dulje vremena zaposleni i novi radnici. Dok su radnici koji su dulje vremena bili zaposleni najvećim dijelom bili ponosni što su postali dio tehnološki napredne proizvodnje, novijim radnicima je bilo teško pronaći smisao i motivaciju u poslovima s jako malo ili nimalo ljudske interakcije. Iz svega navedenog može se zaključiti da bi tvrtke i javna politika ovome problemu trebala posvetiti veću pozornost, te radnicima omogućiti određenu vrstu psihološke pomoći, edukacije i slično.

Schwabe i Castellacci (2020) u svome radu dovode brzi tempo uvođenja industrijskih robota u vezu sa procesom Schumpeterog kreativnog uništenja i navode da će trenutno stanje stvari vjerojatno kratkoročno uzrokovati strah od zamjene i neizvjesnost kod niskokvalificiranih radnika. Svoju tezu dokazuju istraživanjem provedenom u Norveškoj od 2016. do 2019. godine, koje je pokazalo da 40 % norveških radnika smatra da bi njihove radne zadatke u budućnosti mogao preuzeti stroj, a u studiji navode da empirijski nalazi nisu relevantni samo za Norvešku, nego i za druge zemlje. Najveća bojazan za gubitkom posla uočena je kod niskokvalificiranih radnika koji su obavljali rutinske poslove. S obzirom da dosadašnja istraživanja nisu postigla konsenzus oko utjecaja automatizacije i robotizacije na tržište rada, a u medijima postoji prenaglašavanje negativnih učinaka istih. Schwabe i Castellacci (2020) drže da je glavni uzročnik ovakvog razmišljanja velikog broja ljudi - neupućenost u ovu temu. Njihovo istraživanje pokazalo je da individualne procijene radnika mogu ugroziti zadovoljstvo poslom, koje dalje može dovesti do anksioznosti, mentalnog stresa i niske motivacije za radom, što rezultira smanjenom kreativnosti i produktivnosti na radnom mjestu.

## 4. Analiza i interpretacija podataka

U ovome poglavlju provjerene su postavljene hipoteze diplomskog rada. Cilj ovog rada je utvrditi postoji li značajna povezanost između broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i značajki tržišta rada u Europskoj Uniji. Radi ostvarivanja cilja ovoga rada postavljena su sljedeća istraživačka pitanja:

- IP1: Je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske Unije?
- IP2: Je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije?
- IP3: Imaju li zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji veće prosječne troškove za zaposlenike?

Kako bi se odgovorilo na navedena istraživačka pitanja, u radu su provjerene tri hipoteze:

- H0: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije.
- Period: 2010. do 2019. godina.

Pomoćne istraživačke hipoteze:

- PH1: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije.
  - Period: 2010. do 2018. godina.
- PH2: Zemlje EU sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike.

Izvori podataka za gustoću robota analiziranih zemalja je Međunarodna federacija za robotiku, tj. njihova godišnja publikacija World Robotics 2020 Industrial Robots, a izvori podataka vezani uz zaposlenost baza podataka Eurostata. Hipoteze su testirane pomoću koeficijenta jednostavne linearne korelacije – Pearsonovim koeficijentom korelacije.

Korelacija predstavlja stupanj povezanosti dviju varijabli, te ju je moguće brojčano iskazati koeficijentom korelacije. Koeficijent korelacije je pokazatelj stupnja statističke povezanosti dviju varijabli. Pearsonov koeficijent korelacije označava se malim slovom  $r$ , a može poprimiti vrijednost od -1 do 1. Predznak vrijednosti označava smjer, a brojčana vrijednost jakost korelacije. Ako je  $r=1$  tada između varijabli postoji pozitivna i potpuna ili maksimalna korelacija, tj. linearnom porastu jedne varijable odgovara linearni porast druge varijable. Ako je  $r=-1$  tada između varijabli postoji negativna i potpuna ili maksimalna korelacija, tj. linearnom porastu jedne varijable odgovara linearni pad druge varijable. Korelacija između varijabli ne postoji ako je vrijednost  $r=0$ . U slučaju da je  $r$  veći od 0, a manji od 1,  $0 < r < 1$ , korelacija je pozitivna, ali nepotpuna. U slučaju da je  $r$  manji od 0, a veći od -1,  $-1 < r < 0$ , korelacija je negativna i nepotpuna (Udovičić i sur., 2020).

Pearsonov koeficijent korelacije računa se izrazom:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

gdje je  $n$  veličina uzorka,  $x_i$  vrijednost varijable  $x$  od  $i$ -tog para,  $y_i$  vrijednost varijable  $y$  od  $i$ -tog para,  $\bar{x}$  aritmetička sredina vrijednost varijabli  $x$ , a  $\bar{y}$  aritmetička sredina vrijednost varijabli  $y$ .

## **4.1. Povezanost između gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji EU**

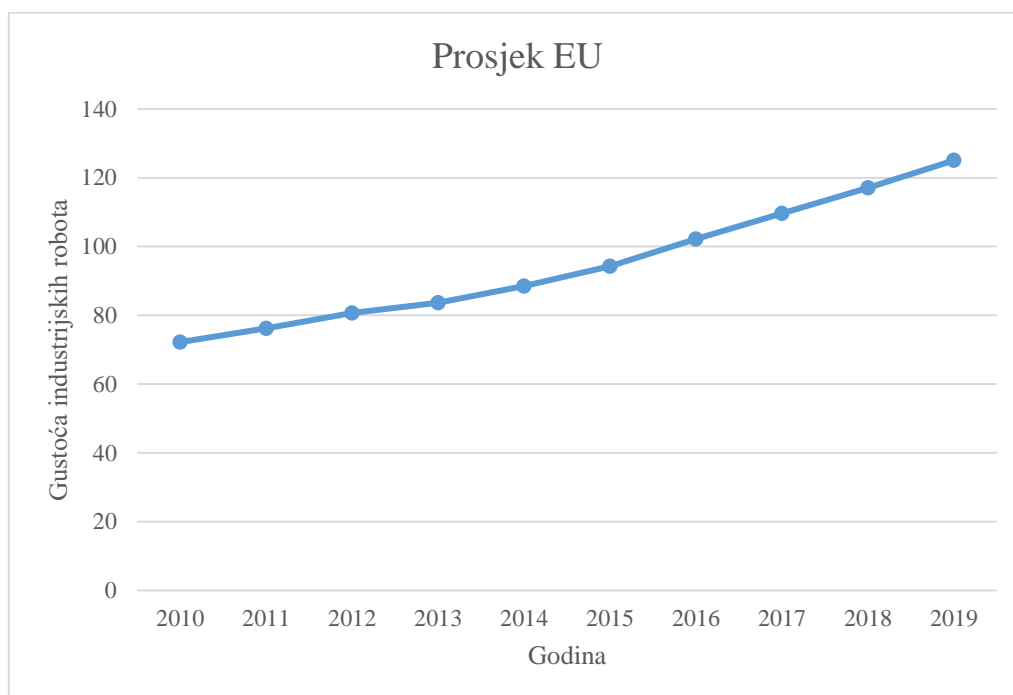
U radu je ranije navedeno da različite zemlje imaju različite veličine gospodarstva, te da apsolutni broj industrijskih robota koji se u tim zemljama koristi nije relevantan pokazatelj s kojim bi se pojedine zemlje mogli uspoređivati. Zbog toga se umjesto apsolutnog broja industrijskih robota kao relevantan podatak uzima gustoća industrijskih robota. Gustoća industrijskih robota je broj operativnih industrijskih robota u odnosu na broj zaposlenih, te može obuhvaćati cijelu prerađivačku industriju, ili njezine pojedine sektore, kao npr. autoindustriju. Međunarodna federacija robotike definira gustoću industrijskih robota kao broj industrijskih robota u odnosu na 10.000 zaposlenih (IFR, 2020).

**Tablica 5. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja EU u periodu od 2010. do 2019. godine**

<b>Država\ Godina</b>	<b>2010.</b>	<b>2011.</b>	<b>2012.</b>	<b>2013.</b>	<b>2014.</b>	<b>2015.</b>	<b>2016.</b>	<b>2017.</b>	<b>2018.</b>	<b>2019.</b>
Austrija	97	101	109	115	119	129	147	163	175	189
Belgija i Luksemburg	120	120	134	159	164	168	180	193	198	211
Bugarska	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9
Češka	40	50	58	68	80	90	102	118	133	147
Danska	150	157	167	176	188	198	212	224	230	243
Estonija	3	4	5	6	8	9	11	15	19	26
Finska	133	129	125	128	128	128	139	136	140	149
Francuska	133	133	131	128	128	131	136	145	162	177
Grčka	6	7	9	11	12	13	14	16	18	18
Hrvatska	2	2	3	4	5	5	6	6	7	8
Irska	19	22	25	28	30	33	35	38	41	44
Italija	173	174	173	174	179	185	185	189	199	212
Latvija	1	1	1	1	2	2	2	3	5	7
Litva	1	2	2	2	3	5	7	10	14	19
Mađarska	18	31	42	50	55	62	67	91	97	106
Nizozemska	72	82	91	102	118	136	157	172	180	194
Njemačka	263	270	273	282	292	301	309	322	338	346
Poljska	12	14	16	18	21	26	30	33	39	46
Portugal	28	30	34	38	39	41	51	58	61	67
Rumunjska	2	5	6	7	9	11	15	18	21	25
Slovačka	46	52	54	85	91	99	132	148	160	169
Slovenija	44	55	71	79	88	97	107	116	140	157
Španjolska	140	152	159	164	166	172	172	175	187	191
Švedska	172	176	183	194	211	236	253	261	267	277
UK	59	60	66	69	74	76	81	84	88	89
<b>Prosjek EU</b>	<b>72</b>	<b>76</b>	<b>81</b>	<b>84</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>102</b>	<b>110</b>	<b>117</b>	<b>125</b>

Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020). World Robotics 2020 Industrial Robots

**Grafikon 15. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2019. godine**



Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 5. prikazuje gustoću industrijskih robota u prerađivačkom sektoru zemalja Europske Unije od 2010. do 2019. godine. Malta i Cipar nisu na popisu iz razloga što podatci za te dvije zemlje nisu dostupne. S obzirom da se Hrvatska priključila Europskoj Uniji 2013. godine, podatci za Hrvatsku nisu se do tada uzimali u prosjek EU, bez obzira što su prikazani u tablici. Iz Tablice 5. i Grafikona 15. vidljivo je da prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU raste u promatranom razdoblju.

**Tablica 6. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udio zaposlenih od 20 od 64 godine u EU za period od 2010. do 2019. godine**

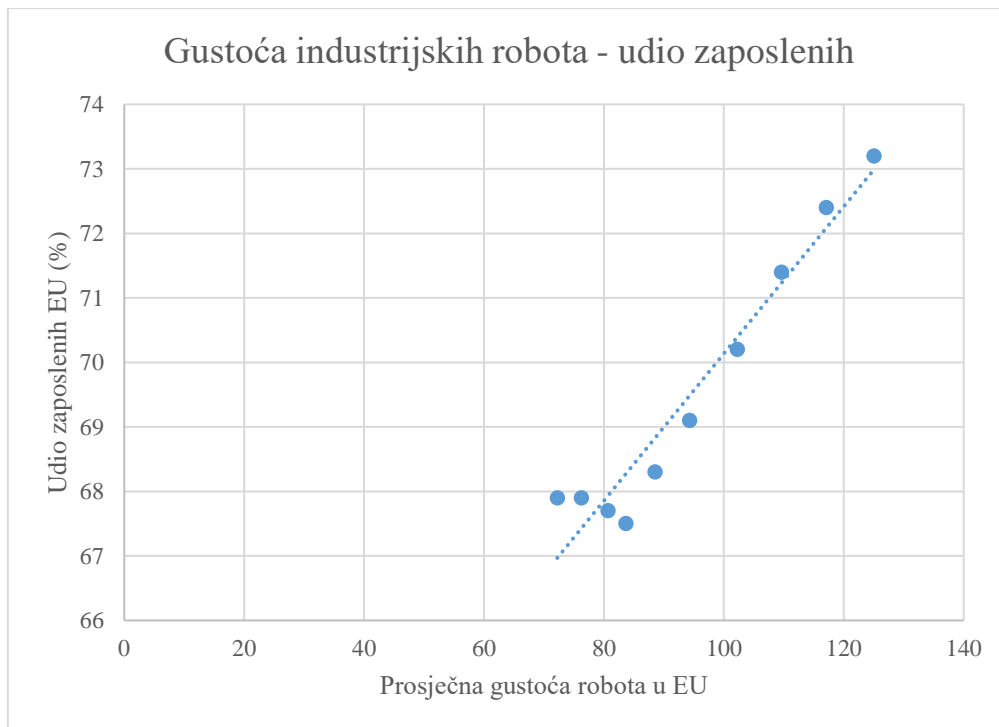
<b>Godina</b>	<b>2010.</b>	<b>2011.</b>	<b>2012.</b>	<b>2013.</b>	<b>2014.</b>	<b>2015.</b>	<b>2016.</b>	<b>2017.</b>	<b>2018.</b>	<b>2019.</b>
<b>Prosječna gustoća robota u EU</b>	72,21	76,21	80,67	83,64	88,52	94,28	102,2	109,6	117,08	125,04
<b>Udio zaposlenih EU (%)</b>	67,9	67,9	67,7	67,5	68,3	69,1	70,2	71,4	72,4	73,2

Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 6. prikazuje prosječnu gustoću robota i udio zaposlenih od 20 od 64 godine od 2010. do 2019. godine. Iz tablice je vidljivo da je od 2010. do 2013. godine obilježila stagnacija i blagi pad udjela zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije, dok se nakon 2013. godine bilježi rast sa prosječnom vrijednosti od 0,95 %.



**Grafikon 16. Odnos gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i udjela zaposlenih od 2010. do 2019. godine**



Izvor: Izvor: Sistematizacija autora

Grafikon 16. je dijagram raspršenja koji prikazuje odnos između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udjela zaposlenih od 2010. do 2019. godine. Pearsonov koeficijent korelacije iznosi  $r=0,97$  što pokazuje da je korelacija između prosječne gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udjela zaposlenih u EU jaka i pozitivna.

Jednadžba linearne regresije pokazuje zavisnost udjela zaposlenosti  $y_1$ , u ovisnosti o prosječnoj gustoći robota  $x_1$ .

$$y_1 = 0,114x_1 + 58,736$$

Jednadžba pokazuje da kada bi se prosječna gustoća industrijskih robota u 2020. godini povećala za 10, da bi očekivani udio zaposlenih bio 74,13 %.

Koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,9408$ ) ukazuje da je 94,08% veze između gustoće industrijskih robota i udjela zaposlenih objašnjeno linearnim regresijskim modelom.

Na temelju dobivene vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi  $r=0,97$  zaključuje se da nezavisna varijabla (prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (udio zaposlenih u EU), te se zaključuje da je dobiveni linearni regresijski model statistički značajan, a time je potvrđena i glavna hipoteza H0: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije. Na taj način je i odgovor na istraživačko pitanje IP1 potvrđan, odnosno gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji u Europskoj Uniji.

## **4.2. Povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i broja zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU**

Analiza koja slijedi prikazati će povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i broja zaposlenih u istoj. U ovom poglavlju također će se prikazati i broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji za svaku od zemalja EU, te njihov ukupan broj u periodu od 2010. do 2018. godine. Nakon toga provesti će se analiza Pearsonovim koeficijentom korelacije, te će se dobiti jednadžbe linearne regresije.

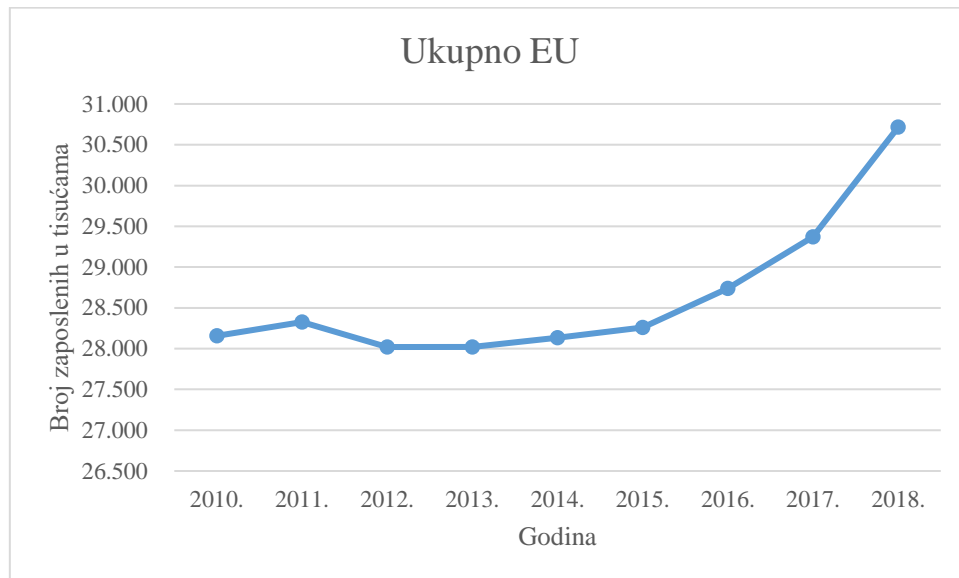
**Tablica 7. Broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji u zemljama EU u periodu od 2010. do 2018. godine u tisućama**

Država\	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Austrija	580	589	597	598	602	605	610	619	659
Belgija	503	504	491	482	470	459	461	464	471
Bugarska	515	516	505	503	515	524	526	533	533
Češka	1.053	1.077	1.075	1.064	1.077	1.110	1.136	1.160	1.166
Danska	289	358	354	344	351	355	300	305	316
Estonija	95	99	102	103	107	108	107	108	108
Finska	360	360	352	339	335	327	320	322	328
Francuska	3.016	2.972	2.933	2.904	2.906	2.815	2.813	3.021	3.034
Grčka	302	268	271	254	246	241	254	261	304
Hrvatska	266	260	251	250	244	246	254	259	259
Irska	175	174	172	174	183	193	206	212	220
Italija	3.417	3.359	3.307	3.203	3.148	3.122	3.175	3.264	3.309
Latvija	107	110	116	119	120	115	115	115	115
Litva	175	181	186	191	200	203	206	208	210
Luksemburg	34	34	34	33	33	33	33	34	34
Mađarska	630	643	645	641	654	691	712	731	764
Nizozemska	660	657	648	642	635	636	644	655	671
Njemačka	6.748	6.965	6.995	7.061	7.094	7.104	7.198	7.261	7.934
Poljska	2.195	2.188	2.162	2.150	2.226	2.285	2.372	2.438	2.665
Portugal	655	644	614	605	619	638	654	679	701
Rumunjska	1.119	1.158	1.157	1.157	1.170	1.192	1.196	1.207	1.227
Slovačka	387	400	390	385	397	413	422	441	452
Slovenija	188	184	181	178	177	180	185	193	202
Španjolska	1.911	1.824	1.704	1.628	1.612	1.665	1.749	1.811	1.912
Švedska	590	595	584	568	555	534	536	546	574
UK	2.457	2.466	2.446	2.441	2.456	2.463	2.554	2.526	2.549
<b>Ukupno</b>	<b>28.159</b>	<b>28.325</b>	<b>28.021</b>	<b>28.021</b>	<b>28.132</b>	<b>28.260</b>	<b>28.738</b>	<b>29.372</b>	<b>30.715</b>

Izvor: Eurostat, Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E)

[SBS\_NA\_IND\_R2\_custom\_1549208]

**Grafikon 17. Broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2018. godine**



Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 7. prikazuje broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji u zemljama EU u periodu od 2010. do 2018. godine. S obzirom da se Hrvatska priključila Europskoj Uniji 2013. godine, podaci za Hrvatsku nisu se do tada uzimali u ukupnu sumu EU, bez obzira što su prikazani u tablici. Iz Tablice 7. i Grafikona 17. vidljivo je da je nakon pada 2012. i stagnacije 2013. godine, ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU rastao iz godine u godinu, prosječno za 539.000 zaposlenika.

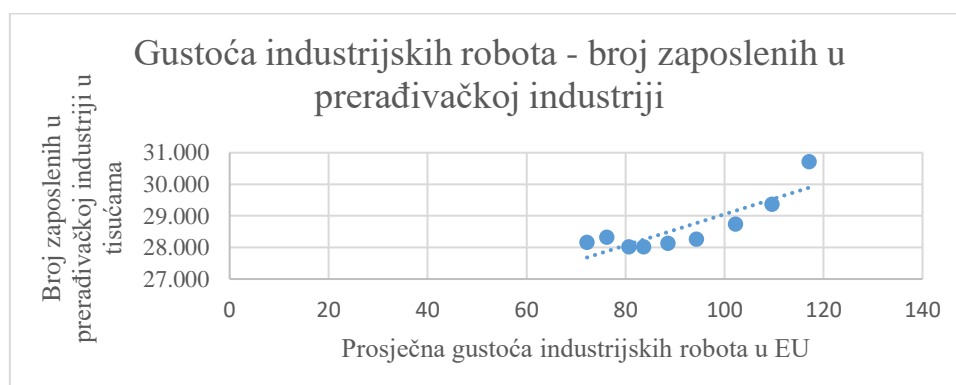
**Tablica 8. Prosječna gustoća industrijskih robota i ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2018. godine**

Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Prosječna gustoća robota u EU	72,21	76,21	80,67	83,64	88,52	94,28	102,2	109,6	117,08
Ukupno zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU u tisućama	28.159	28.325	28.021	28.021	28.132	28.260	28.738	29.372	30.715

Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 8. prikazuje prosječnu gustoću industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i broj ukupno zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU od 2010. do 2018. godine. Iz tablice je vidljivo da od 2014. godine broj zaposlenih raste iz godine u godinu. Prosječan broj novozaposlenih od 2014. do 2018. je 539.000, s time da se najveći skok dogodio od 2017. do 2018. godine kada se u prerađivačkoj industriji zaposlilo više od 1,3 milijuna ljudi.

**Grafikon 18. Odnos gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i broja zaposlenih u proizvodnom sektoru EU od 2010. do 2018. godine**



Izvor: Sistematizacija autora

Grafikon 18. je dijagram raspršenja koji prikazuje odnos između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i broja zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU od 2010. do 2018. godine. Pearsonov koeficijent korelacije iznosi  $r=0,85$  što pokazuje da je korelacija između prosječne gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i ukupnog broja zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU jaka i pozitivna.

Jednadžba linearne regresije pokazuje zavisnost broja zaposlenih  $y_2$ , u ovisnosti o prosječnoj gustoći robota  $x_1$ .

$$y_2 = 49,264x_1 + 24126$$

Jednadžba pokazuje da kada bi se prosječna gustoća industrijskih robota u 2020. godini povećala za 10, da bi očekivani broj zaposlenih bio oko 30,4 milijuna.

Koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,7252$ ) ukazuje da je 72,52 % veze između gustoće industrijskih robota i broja zaposlenih objašnjeno linearnim regresijskim modelom.

Na temelju dobivene vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi  $r=0,85$  zaključuje se da nezavisna varijabla (prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU), te se zaključuje da je dobiveni linearni regresijski model statistički značajan, a time je potvrđena i pomoćna hipoteza PH1: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije. Na taj način je i odgovor na istraživačko pitanje IP2 potvrđan, odnosno gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske Unije.

### **4.3. Povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječnih troškova za zaposlenike u prerađivačkom sektoru EU**

Analiza koja slijedi prikazati će povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i prosječnog troška za zaposlenike u istoj. U ovom poglavlju također će se prikazati i prosječan trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku od zemalja EU u periodu od 2010. do 2018. godine. Provesti će se analiza Pearsonovim koeficijentom korelacije gdje će se za nezavisnu varijablu uzeti gustoća industrijskih robota, a za zavisnu varijablu prosječan trošak za zaposlenika u promatranim zemaljama EU. Nakon toga biti će prikazan i koeficijent linearne regresije.



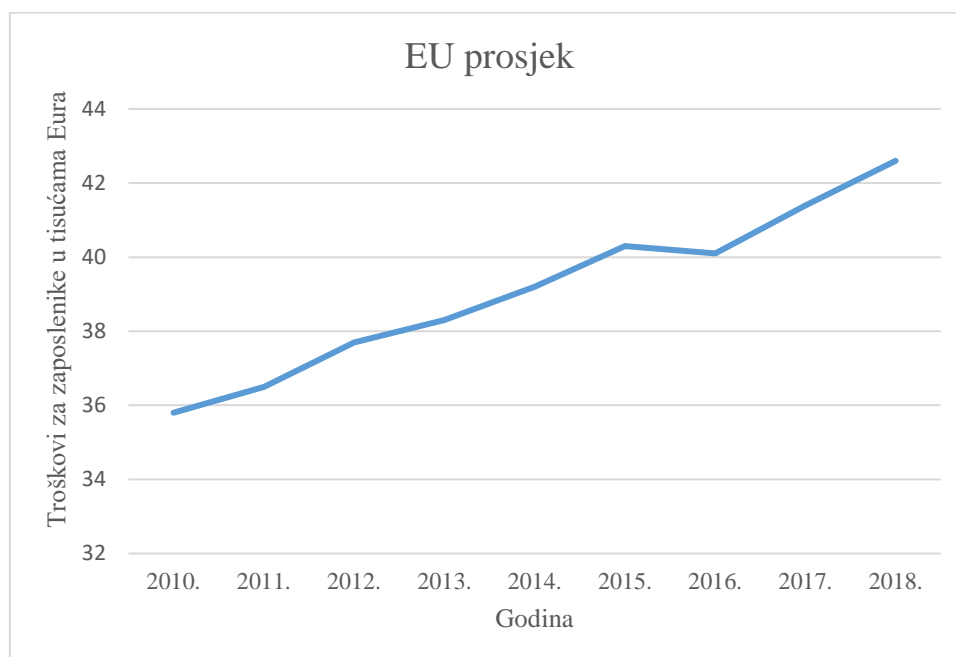
**Tablica 9. Prosječni troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji zemalja EU u periodu od 2010. do 2018. godine u tisućama eura**

<b>Država\Godina</b>	<b>2010.</b>	<b>2011.</b>	<b>2012.</b>	<b>2013.</b>	<b>2014.</b>	<b>2015.</b>	<b>2016.</b>	<b>2017.</b>	<b>2018.</b>
Austrija	48,6	50,3	52,3	53,8	54,9	56,1	57,2	57,6	60,9
Belgija	56,4	57,5	60,1	62,4	63,8	63,6	63,5	64,8	66,9
Bugarska	4	4,3	4,6	4,9	5,2	5,7	6,2	6,9	7,6
Češka	15,1	16,1	16,2	15,9	15,5	16,1	17	18,7	20,7
Danska	59	47,9	49,2	50,1	51,3	52,8	64,9	66	67,1
Estonija	11,9	12,8	13,6	14,6	15,6	16,2	17,3	18,3	19,8
Finska	46,1	48,2	49,9	50,2	50	52,1	51,9	52,5	53,3
Francuska	48,8	50,1	51,6	52,4	53,3	55,1	55	58,1	59,5
Grčka	28,3	28,1	25,6	24,3	23,3	23,3	22,8	23,1	20,9
Hrvatska	12	11,7	11,9	11,5	11,9	12,2	13,3	13,6	14,7
Irska	48,6	49	50,4	50,5	53,1	53	53,2	53,9	55,7
Italija	38,1	39,6	39,6	40,5	41,5	42,4	42,8	44,1	44,6
Latvija	7	7,6	8,3	8,5	8,9	9,6	10,4	11,3	12,4
Litva	7,8	8,3	8,6	9,2	9,7	10,4	11,3	12,4	13,8
Luksemburg	52,2	53,8	54,6	55,3	56,6	57,6	57,3	58,8	59,3
Mađarska	12,3	13	13,1	13,2	13,4	13,7	14,4	15,5	16,6
Nizozemska	50,4	53	54	54,2	56,6	57,7	57,9	59	61
Njemačka	47,8	48,7	50,3	51,5	53,1	55,1	55,2	57	58,8
Poljska	10,8	11,3	11,8	12	12,5	12,9	12,8	14	15
Portugal	16,7	17	17	17,1	17,3	17,5	17,7	18,3	18,8
Rumunjska	5,8	6,2	6,2	6,7	7,1	7,6	8,5	9,7	10,5
Slovačka	13,2	13,8	14,8	15,4	15,8	16,2	16,9	17,9	19,4
Slovenija	21	21,8	22,4	22,7	23,6	24,1	24,9	25,6	26,7
Španjolska	35,8	36,6	37,1	37,5	37,6	37,3	36,7	37,1	38,3
Švedska	54,6	60,5	63,6	65,4	63,9	63,1	64	65	63,2
UK	35,3	35,2	38,8	38,2	41	46	41,6	40,7	40,5
<b>EU prosjek</b>	<b>35,8</b>	<b>36,5</b>	<b>37,7</b>	<b>38,3</b>	<b>39,2</b>	<b>40,3</b>	<b>40,1</b>	<b>41,4</b>	<b>42,6</b>

Izvor: Eurostat, Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E)

[SBS\_NA\_IND\_R2\_custom\_1170739]

**Grafikon 19. Troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2018. godine u tisućama eura**



Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 9. prikazuje troškove za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku od EU zemalja od 2010. do 2018. godine. Iz Tablice 9. i Grafikona 19. vidljivo je da je prosječan trošak za zaposlenike u Europskoj Uniji rastao svake godine izuzev 2015. Prosječna godišnja stopa rasta troškova za zaposlenike iznosi 2,2 %.

**Tablica 10. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječan godišnji trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji zemalja EU za 2018. godinu**

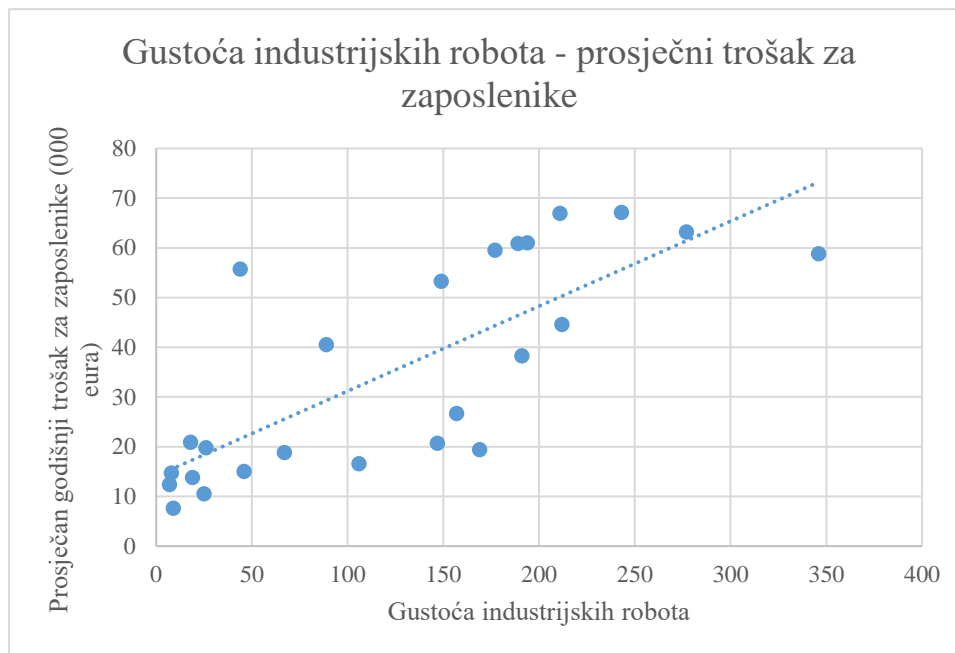
<b>Država</b>	<b>Gustoća industrijskih robota</b>	<b>Prosječan godišnji trošak za zaposlenike (000 eura)</b>
Austrija	189	60,9
Belgija i Luksemburg	211	66,9
Bugarska	9	7,6
Češka	147	20,7
Danska	243	67,1
Estonija	26	19,8
Finska	149	53,3
Francuska	177	59,5
Grčka	18	20,9
Hrvatska	8	14,7
Irska	44	55,7
Italija	212	44,6
Latvija	7	12,4
Litva	19	13,8
Mađarska	106	16,6
Nizozemska	194	61,0
Njemačka	346	58,8
Poljska	46	15,0
Portugal	67	18,8
Rumunjska	25	10,5
Slovačka	169	19,4
Slovenija	157	26,7
Španjolska	191	38,3
Švedska	277	63,2
Ujedinjeno Kraljevstvo	89	40,5

Izvor: Sistematizacija autora

Tablica 10. prikazuje prosječnu gustoću industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječan trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku pojedinu zemlju Europske Unije u 2018. godini. Iz tablice je vidljivo da je zemlja sa najvećom gustoćom industrijskih

robota bila Njemačka sa gustoćom od 346 robota na 10.000 zaposlenih, a sa najnižom Latvija sa 7. Također je vidljivo da je najveći prosječni godišnji trošak za zaposlenike imala Danska (67,1 tisuća eura), a najniži Bugarska (7,6 tisuća eura).

**Grafikon 20. Odnos gustoće industrijskih robota i prosječnog godišnjeg troška za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za pojedine zemlje EU u 2018. godini**



Izvor: Sistematizacija autora

Grafikon 20. je dijagram raspršenja koji prikazuje odnos između gustoće industrijskih robota i prosječnih troškova za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku pojedinu zemlju Europske Unije za 2018. godinu. Pearsonov koeficijent korelacije iznosi  $r=0,77$  što pokazuje da je korelacija između gustoće industrijskih robota i prosječnih godišnjih troškova za zaposlenike u prerađivačkoj industriji srednje jaka i pozitivna.

Jednadžba linearne regresije pokazuje zavisnost prosječnog godišnjeg troška za zaposlenike  $y_3$ , u ovisnosti o gustoći robota  $x_1$ .

$$y_3 = 0,1708x_1 + 14,105$$

Jednadžba pokazuje da kada bi se gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Hrvatske u 2019. godini bila 12, da bi očekivani prosječni godišnji trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji bio 16,2 tisuća eura, što bi bio porast od 1,5 tisuća eura.

Koeficijent determinacije ( $R^2 = 0,5939$ ) ukazuje da je 59,39% veze između gustoće industrijskih robota i troškova za zaposlenike objašnjeno linearnim regresijskim modelom.

Na temelju dobivene vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi  $r=0,77$  zaključuje se da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja EU) utječe na vrijednost zavisne varijable (prosječni godišnji troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji), te se zaključuje da je dobiveni linearni regresijski model statistički značajan, a time je potvrđena i pomoćna hipoteza PH2: Zemlje EU sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike u prerađivačkoj industriji. Na taj način je i odgovor na istraživačko pitanje IP3 potvrđan, odnosno zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju i veće troškove za zaposlenike.

## 5. Zaključak

Pregledom razvoja robotike, uvidom u različite znanstvene radove, istraživanja, publikacije i drugu literaturu, te temeljem rezultata dobivenih statističkom analizom zaključuje se da razvoj i primjena industrijskih robota nisu utjecali negativno na tržište rada, kao ni na tržište rada u prerađivačkoj industriji, na razini Europske Unije. Temeljem podataka Međunarodne federacije robotike ustanovljeno je da gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji na razini cijelog svijeta iz godine u godinu raste. U 2010. godini ukupna svjetska gustoća industrijskih robota bila je 48, 2015. godine bila je 66, a 2019. godine, koja je ujedno i zadnja godine s dostupnim podacima, gustoća je iznosila 113. Trendovi pokazuju da bi se u 10 godina, od 2010. do 2020. godine, gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji mogla udvostručiti, što pokazuje da je svjetska industrija prepoznala važnost primjene robotike i uočila mnoge prednosti koje primjena industrijskih robota donosi. Regija Europa sa gustoćom od 114 robota na 10.000 zaposlenih u prerađivačkoj industriji druga je po gustoći, odmah nakon regije Azija/Australija sa gustoćom od 118. Zemlja sa najvećom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u EU je Njemačka, sa gustoćom od 346, a najmanju gustoću ima Latvija, sa 6 industrijskih robota na 10.000 zaposlenih.

Nakon provedene analize čiji je cilj bio odgovoriti na prvo istraživačko pitanje IP1, utvrditi povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji EU, dobivena je vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije  $r=0,97$ . Na temelju te vrijednosti zaključeno je da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (udio zaposlenih u EU), te je zaključeno da je dobiveni statistički model značajan, a na taj način potvrđena je i glavna hipoteza  $H_0$ : Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije, te je i odgovor na istraživačko pitanje IP1 potvrđan, odnosno gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji u Europskoj Uniji. Temeljem postavljene hipoteze, obradom statističkih podataka, zaključuje se da povećanjem gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije povećava i udio zaposlenih u ukupnoj populaciji u Europskoj Uniji.

Drugo istraživačko pitanje, IP2, treba utvrditi je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije. Na temelju vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije  $r=0,85$  zaključeno je da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU). Zaključeno je da dobiveni statistički model je značajan i na taj način potvrđena je pomoćna hipoteza PH1: Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije, te je odgovor na istraživačko pitanje IP2 potvrđan, odnosno gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije. Temeljem postavljene hipoteze, obradom statističkih podataka, zaključuje se da povećanjem gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije povećava i broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije.

Treće istraživačko pitanje treba odgovoriti postoji li povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji pojedinih zemalja Europske Unije, sa prosječnim troškovima za zaposlenike u prerađivačkoj industriji tih zemalja, IP3: Imaju li zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji veće prosječne troškove za zaposlenike. Na temelju vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi  $r=0,77$  zaključuje se da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja EU) utječe na vrijednost zavisne varijable (prosječni godišnji troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji), te je i odgovor na treće istraživačko pitanje IP3 potvrđan, odnosno zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju i veće troškove za zaposlenike. Temeljem postavljene hipoteze i obradom statističkih podataka, zaključuje se da zemlje Europske Unije sa većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju i veće troškove za zaposlenike.

Iz prethodnih dijelova rada razvidno je da u cijelom svijetu dolazi do rasta broja industrijskih robota. Ovakav rast nagnao je različite ekonomske stručnjake na promišljanje o tome kako će ovaj rast utjecati na tržište rada, posebice na tržište rada prerađivačke industrije, te se na razini cijeloga svijeta vode različite znanstvene i stručne debate na ovu temu. Dok neki ekonomisti u robotizaciji radnih mjesta vide opasnost po radnike u vidu masovnih otpuštanja i smanjenja primanja, drugi u robotizaciji vide priliku za dodatna zapošljavanja i rast prihoda na osnovi povećanja efektivnosti proizvodnih sustava.

Ovaj rad pokazao je da rast broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske Unije ne utječe negativno na tržište rada, odnosno da se povećanjem broja industrijskih robota pozitivno utječe na ukupni broj zaposlenih, kao i na broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji, a koji bi trebao najviše osjetiti promjene pri robotizaciji i automatizaciji pojedinih poslova. Neke od ključnih stavki koje bi mogle odrediti da li će pojedinci u izazovima koje daljnja robotizacija donosi izaći kao pobjednici ili gubitnici biti će obrazovanje, dodatno usavršavanje i prekvalifikacija. Zbog različitih prednosti koje robotizacija nosi sa sobom, poput povećanja efektivnosti i smanjenja cijene proizvoda, tvrtke se masovno odlučuju na robotizaciju pojedinih radnih mjesta. Istovremeno, nužno je da institucije pojedinih zemalja ulože dodatni napor u osvještavanje društva o važnosti ove teme, i u sinergiji sa gospodarstvenicima omogućiti radnicima, čiji bi posao mogao biti ugrožen, usavršavanje i prekvalifikaciju. Takvo rješenje zadovoljilo bi poslodavce, koji bi dobili kvalificiranu radnu snagu na tržištu rada.



# Literatura

## KNJIGE

- [1] Anderson, C. (2014) *Makers: The New Industrial Revolution*, New York: Crown Business.
- [2] Aoun, J.E. (2017) *Robot-proof: higher education in the age of artificial intelligence*, Cambridge: MIT press.
- [3] Baldwin, R. (2019) *The globotics upheaval: Globalization, robotics, and the future of work*, Oxford: Oxford University Press.
- [4] Bhaumik, A. (2018) *From AI to robotics: mobile, social, and sentient robots*, Boca Raton: CRC Press.
- [5] Brynjolfsson, E., McAfee, A. (2016) *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, New York: WW Norton & Company.
- [6] Centre for the New Economy and Society. (2018) *The future of jobs report*, Cologne: World Economic Forum.
- [7] Craig, J.J. (2005) *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*, London: Pearson.
- [8] Davenport, T.H., Kirby, J. (2016) *Only humans need apply: Winners and losers in the age of smart machines*, New York: Harper Business.
- [9] Ford, M. (2015) *The rise of the robots: Technology and the threat of mass unemployment*, New York: Basic Books.
- [10] Gupta, A.K., Arora, S.K., Westcott, J.R. (2017) *Industrial automation and robotics*, Duxbury: Mercury Learning and Information.
- [11] Hägele, M., i sur. (2016) *Industrial robotics*, New York: Springer.
- [12] Jesuthasan, R., Boudreau, J. (2018) *Reinventing jobs: A 4-step approach for applying automation to work*, Cambridge: Harvard Business Press.
- [13] Kelly, K. (2017) *The inevitable: Understanding the 12 technological forces that will shape our future*, London: Penguin Books.
- [14] Kurfess, T.R. (2005) *Robotics and automation handbook*, Boca Raton: CRC Press.
- [15] Međunarodna federacija robotike. (2020) *World Robotics Industrial Robots*, Frankfurt na Majni: Međunarodna federacija robotike.

- [16] Međunarodna organizacija za standardizaciju. (2012) *Robots and robotic devices - Vocabulary*, Ženeva: Međunarodna organizacija za standardizaciju.
- [17] Međunarodna organizacija za standardizaciju. (2016) *Robots and robotic devices — Collaborative robots*, Ženeva: Međunarodna organizacija za standardizaciju.
- [18] Pugliano, J. (2017) *The Robots are Coming: A human's survival guide to profiting in the age of automation*, Berkeley: Ulysses Press.
- [19] Reese, B. (2018) *The fourth age: Smart robots, conscious computers, and the future of humanity*, New York: Atria Books.
- [20] Saha, S.K. (2008) *Introduction to Robotics*, New York: McGraw-Hill Education.
- [21] Tegmark, M. (2017) *Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence*, New York: Knopf.
- [22] Todd, D.J. (1986) *Fundamentals of robot technology: An introduction to industrial robots, teleoperators and robot vehicles*, New York: Springer.
- [23] Wittes, B., Blum, G. (2015) *The Future of Violence: Robots and Germs, Hackers and Drones-Confronting A New Age of Threat*, New York: Basic Books.
- [24] Zelenika, R. (2000) *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog rada*, IV. izdanje, Rijeka: Ekonomski fakultet u Rijeci.

## **ČLANCI OBJAVLJENI U ČASOPISIMA I OSTALIM PUBLIKACIJAMA**

- [25] Acemoglu, D. (2002) "Technical Change, Inequality, and the Labor Market", *Journal of Economic Literature*, 40(1), str. 7–72.
- [26] Acemoglu, D., Restrepo, P. (2017) Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, *SSRN Electronic Journal*, 128(6), str. 2188-2244.
- [27] Attaran, M. (1990) "Robotics Applications in Manufacturing", *Journal of Information Systems Management*, 7(1), str. 14-21.
- [28] Castro, A., Silva, F., Santos, V. (2021) "Trends of Human-Robot Collaboration in Industry Contexts: Handover, Learning, and Metrics", *Sensors*, 21(12), str.1-28.
- [29] Frey, C., Osborne, M. (2013) The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?, *Technological Forecasting and Social Change*, 114(1), str. 254-280.

- [30] Iavazzo, C. i sur. (2014) "Evolution of robots throughout history from Hephaestus to Da Vinci Robot", *Acta medico-historica Adriatica*, 12(2), str. 247-258.
- [31] Pfeiffer, S. (2016) "Robots, Industry 4.0 and humans, or why assembly work is more than routine work", *Societies*, 6(2), str. 1-26.
- [32] Pfeiffer, S. (2017) "The Vision of "Industrie 4.0" in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded", *NanoEthics*, 11(1), str. 107-121.
- [33] Rajnai, Z., Kocsis, I. (2017) "Labor market risks of industry 4.0, digitization, robots and AI", *IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, str. 343-346.
- [34] Schwabe, H., Castellacci, F. (2020) "Automation, workers' skills and job satisfaction", *PLoS ONE*, 15(11), str 1-26.
- [35] Shmatko, N., Volkova, G. (2020) "Bridging the Skill Gap in Robotics: Global and National Environment", *SAGE Open*, 10(3), str. 1-13.
- [36] Singh, B., Sellappan, N., Kumaradhas, P. (2013) "Evolution of industrial robots and their applications", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(5), str. 763-768.
- [37] Udovičić, M. i sur. (2007) "Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije?", *Biochemia Medica*, 17(1), str. 10-15.
- [38] Upchurch, M. (2018) "Robots and AI at work: the prospects for singularity", *New Technology, Work and Employment*, 33(3), str. 205-218.
- [39] Vido, M. i sur. (2020) "The impact of the collaborative robot on competitive priorities: case study of an automotive supplier", *Gestão & Produção*, 27(4), str. 1-21.
- [40] Wang, L. (2019) "From Intelligence Science to Intelligent Manufacturing", *Engineering*, 5(4), str. 615-618.

## INTERNET IZVORI

- [41] Abeliansky, A.L., Beulmann, M. (2019) "Are they coming for us? Industrial robots and the mental health of workers", *University of Göttingen, Center for European, Governance and Economic Development Research*. Dostupno na: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/201804/1/1671551540.pdf> [pristupljeno: 04.06.2021]
- [42] Adachi, D., Kawaguchi, D., Saito, Y.U. (2020) "Robots and Employment: Evidence from Japan, 1978-2017", *Research Institute of Economy, Trade and Industry*. Dostupno na: <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/20e051.pdf> [pristupljeno: 07.05.2021]
- [43] Andrews, L. (2019) "Robot Automation Can Actually Create More Jobs, Here's Why", *SensrTrx*. Dostupno na: <https://www.sensrtrx.com/robot-automation-can-actually-create-more-jobs/> [pristupljeno: 27.05.2021]
- [44] Anton Perez, J.I. i sur. (2020) "The labour market impact of robotisation in Europe", *Joint Research Centre, Europska Komisija*. Dostupno na: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/231338/1/jrc-wplet202006.pdf> [pristupljeno: 01.05.2021]
- [45] Antonelli, D., Bruno, G. (2017) "Human-robot collaboration using industrial robots", *Information Technology & Innovation Foundation*. Dostupno na: <https://www.atlantispress.com/article/25875767.pdf> [pristupljeno: 03.06.2021]
- [46] Atkinson, R.D. (2019) "Robotics and the Future of Production and Work", *Information Technology and Innovation Foundation*. Dostupno na: <https://itif.org/sites/default/files/2019-robotics-future-production.pdf> [pristupljeno: 18.03.2021]
- [47] Copeland, B.J. (2020) "Artificial intelligence", *Encyclopedia Britannica*. Dostupno na: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> [pristupljeno: 03.04.2021]
- [48] Deloitte Development LLC (2020) "The Fourth Industrial Revolution: at the intersection of readiness and responsibility". Dostupno na: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Growth/deloitte-ukinsights-from-brawns-to-brain.pdf> [pristupljeno 20.05.2021]
- [49] Deloitte LLP (2015) "From Brawn to Brains The impact of technology on jobs in the UK". Dostupno na: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/human-capital/Deloitte\\_Review\\_26\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/human-capital/Deloitte_Review_26_Fourth_Industrial_Revolution.pdf) [pristupljeno 02.03.2021]
- [50] Dokić, M. (2021) "Razvoj robotike", *Fakultet računalnih znanosti*. Dostupno na: <https://raf.edu.rs/citaliste/istorija/4104-razvoj-robotike> [pristupljeno: 12.03.2021]

- [51] Edwards, J. (2018) "Building a Smart Factory with AI and Robotics", *Robotics Business Review*. Dostupno na: [https://www.roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2018/02/RBR\\_BuildingAI\\_WP3.pdf](https://www.roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2018/02/RBR_BuildingAI_WP3.pdf) [pristupljeno: 01.04.2021]
- [52] Eurostat (2021) "Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E) [SBS\_NA\_IND\_R2\_\_custom\_1170739]". Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS\\_NA\\_IND\\_R2\\_\\_custom\\_1549244/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS_NA_IND_R2__custom_1549244/default/table?lang=en) [pristupljeno 20.04.2021]
- [53] Eurostat (2021) "Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E) [SBS\_NA\_IND\_R2\_\_custom\_1549208]". Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS\\_NA\\_IND\\_R2\\_\\_custom\\_1549208/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS_NA_IND_R2__custom_1549208/default/table?lang=en) [pristupljeno 20.04.2021]
- [54] Eurostat (2021) "Employment and activity by sex and age - annual data [LFSI\_EMP\_A\_\_custom\_1173219]". Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/LFSI\\_EMP\\_A\\_\\_custom\\_1173219/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/LFSI_EMP_A__custom_1173219/default/table) [pristupljeno 20.04.2021]
- [55] Gihleb, R. i sur. (2020) "Industrial Robots, Workers' Safety, and Health", *IZA Institute of Labor Economics*. Dostupno na: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3691385](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3691385) [pristupljeno: 04.04.2021]
- [56] Gleirscher, M. i sur. (2020) "Challenges in the Safety-Security Co-Assurance of Collaborative Industrial Robots", *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*. Dostupno na: <https://arxiv.org/pdf/2007.11099.pdf> [pristupljeno: 03.04.2021]
- [57] Groover, M.P. (2019) "Automation", *Encyclopedia Britannica*. Dostupno na: <https://www.britannica.com/technology/automation> [pristupljeno: 22.04.2021]
- [58] Hrvatska enciklopedija (n.d.) "Isaac Asimov". Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4182> [pristupljeno 12.03.2021]
- [59] Hrvatska enciklopedija (n.d.) "Luditi". Dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=37398> [pristupljeno 26.04.2021]
- [60] Langefeld, B., Moehrle, M., Zinn, J. (2019) "Rise of the machines – How robots and artificial intelligence are shaping the future of autonomous production", *Roland Berger*. Dostupno na: [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_\\_autonomous\\_production\\_rise\\_of\\_the\\_machines.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger__autonomous_production_rise_of_the_machines.pdf) [pristupljeno: 18.04.2021]
- [61] Leath, J. (2020) "What Jobs Do Robots Create?", *Robotics Business Review*. Dostupno na: <https://www.roboticsbusinessreview.com/rbr/what-are-the-jobs-robots-create/> [pristupljeno: 27.05.2021]
- [62] Međunarodna federacija robotike (2018) "From Brawn to Brains The impact of

- technology on jobs in the UK”. Dostupno na: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/human-capital/Deloitte\\_Review\\_26\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/human-capital/Deloitte_Review_26_Fourth_Industrial_Revolution.pdf) [pristupljeno 02.06.2021]
- [63] Međunarodna federacija robotike (2019) “Industrial Robots”. Dostupno na: <https://ifr.org/industrial-robots> [pristupljeno 13.03.2021]
- [64] Međunarodna federacija robotike (n.d.) “Robots Create Jobs!”. Dostupno na: <https://ifr.org/robots-create-jobs> [pristupljeno 01.06.2021]
- [65] Moravec, H. (2018) "Robot", *Encyclopedia Britannica*. Dostupno na: <https://www.britannica.com/technology/robot-technology> [pristupljeno: 07.03.2021]
- [66] Ohio University (2018) “5 Industries Utilizing Robotics”. Dostupno na: <https://onlinemasters.ohio.edu/blog/5-industries-utilizing-robotics/> [pristupljeno 23.04.2021]
- [67] Pajić, E. (2020) "Utjecaj automatizacije i robotizacije na tržište rada, Diplomski rad", *Sveučilište u Splitu*, Ekonomski fakultet. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/efst%3A3354> [pristupljeno: 05.05.2021]
- [68] Perez, J.A. i sur. (2018) "Artificial intelligence and robotics", *EPSRC UK-RAS Network*. Dostupno na: <https://www.ukras.org/publications/white-papers/artificial-intelligence-robotics/> [pristupljeno: 17.04.2021]
- [69] Vuine, R. (2021) "How AI-controlled robots enable flexible manufacturing", *The Robot Report*. Dostupno na: <https://www.therobotreport.com/ai-controlled-robots-flexible-manufacturing/> [pristupljeno: 07.04.2021]
- [70] Wallén, J. (2008) "The history of the industrial robot", *Linköping University Electronic Press*. Dostupno na: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:316930/FULLTEXT01.pdf> [pristupljeno: 24.03.2021]

## Popis tablica

Tablica 1. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji po regijama.....	29
Tablica 2. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u regiji Europa .....	31
Tablica 3. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji po regijama.....	33
Tablica 4. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji u europskim zemljama.....	35
Tablica 5. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja EU u periodu od 2010. do 2019. godine.....	56
Tablica 6. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udio zaposlenih od 20 do 64 godine u EU za period od 2010. do 2019. godine.....	58
Tablica 7. Broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji u zemljama EU u periodu od 2010. do 2018. godine u tisućama.....	62
Tablica 8. Prosječna gustoća industrijskih robota i ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2018. godine.....	64
Tablica 9. Prosječni troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji zemalja EU u periodu od 2010. do 2018. godine u tisućama eura.....	67
Tablica 10. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječan godišnji trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji zemalja EU za 2018. godinu.....	69

## Popis grafikona

Grafikon 1. Zalihe operativnih industrijskih robota u svijetu.....	18
Grafikon 2. Zalihe operativnih industrijskih robota po regijama.....	19
Grafikon 3. Zalihe operativnih industrijskih robota u svijetu prema potrošačkoj industriji.....	20
Grafikon 4. Zalihe operativnih industrijskih robota u svijetu prema primjeni.....	21
Grafikon 5. Broj instaliranih industrijskih robota po godinama.....	22
Grafikon 6. Broj instaliranih industrijskih robota po regijama.....	23
Grafikon 7. Broj instaliranih industrijskih robota u svijetu prema potrošačkoj industriji.....	24
Grafikon 8. Broj instaliranih industrijskih robota prema primjeni.....	25
Grafikon 9. Broj instaliranih industrijskih robota po zemljama u 2019. godini, najboljih 15.....	26
Grafikon 10. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u 2019. godini, najboljih 20.....	27
Grafikon 11. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji po regijama.....	29
Grafikon 12. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u europskim regijama.....	32
Grafikon 13. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji po regijama.....	33
Grafikon 14. Gustoća industrijskih robota u autoindustriji u europskim regijama.....	36
Grafikon 15. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2019. godine.....	57
Grafikon 16. Odnos gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i udjela zaposlenih od 2010. do 2019. godine.....	59
Grafikon 17. Broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU u periodu od 2010. do 2018. godine.....	63
Grafikon 18. Odnos gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji EU i broja zaposlenih u proizvodnom sektoru EU od 2010. do 2018. godine.....	64
Grafikon 19. Troškovi za zaposlenike u proizvodnom sektoru EU u periodu od 2010. do 2018. godine u tisućama eura.....	68
Grafikon 20. Odnos gustoće industrijskih robota i prosječnog godišnjeg troška za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za pojedine zemlje EU u 2018. godini.....	70



## LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Marko Puljić svojim potpisom jamčim da je ovaj specijalistički diplomski rad odnosno diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju popis korištene literature.

Izjavljujem da niti jedan dio specijalističkog diplomskog rada odnosno diplomskog rada nije prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_

**Student:**

\_\_\_\_\_



## Europass Životopis

### Osobni podaci

Prezime / Ime **Puljić Marko**  
Adresa(e) Maruševečka 6, 10.000 Zagreb, Hrvatska  
E-mail mpuljic1@student.libertas.hr  
Državljanstvo Hrvatsko  
Datum rođenja 29.08.1990.  
Spol Muški

### Radno iskustvo

Datumi srpanj 2019. -  
Zanimanje ili radno mjesto Razvojni inženjer  
Glavni poslovi i odgovornosti Konstruiranje i razvoj proizvoda iz područja grijanja, hlađenja i ventilacije  
Ime i adresa poslodavca Klimaoprema d.d., Gradna 78A, Samobor  
Vrsta djelatnosti ili sektor Proizvodnja  
Datumi studeni 2018. – travanj 2019.  
Zanimanje ili radno mjesto Tehnolog  
Glavni poslovi i odgovornosti Tehnolog u proizvodnji svjetlosne signalizacije  
Ime i adresa poslodavca Telegra d.o.o., Plešivička 3, Sveta Nedelja  
Vrsta djelatnosti ili sektor Proizvodnja

## **Obrazovanje i osposobljavanje**

Datumi	ožujak 2016. – siječanj 2018.
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Magistar inženjer strojarstva
Glavni predmeti / stečene profesionalne vještine	Konstruktor
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnja
Datumi	listopad 2012. – ožujak 2016.
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Prvostupnik inženjer strojarstva
Glavni predmeti / stečene profesionalne vještine	Konstruktor
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnja

## **Osobne vještine i kompetencije**

Materinski jezik(ci) **Hrvatski**

Drugi jezik(ci)	<b>Engleski</b>									
Samoprocjena	<b>Razumijevanje</b>				<b>Govor</b>				<b>Pisanje</b>	
<i>Europska razina</i>	Slušanje		Čitanje		Govorna interakcija		Govorna produkcija			
(*)										
<b>Jezik</b>	C	1	C	1	C	1	C	1	C	1
<b>Jezik</b>										
	(*) <a href="#"><u>Zajednički europski referentni okvir za jezike</u></a>									
Tehničke vještine i kompetencije	Poznavanje postupaka razvoja novih proizvoda, istraživanja tržišta, procedure zaštite izuma patentom, proizvodnih postupaka (obrada materijala, rad sa limom, 3D print...)									
Računalne vještine i kompetencije	MS office programi, programi za modeliranje i konstruiranje (Solidworks, Inventor, CREO Parametric, Catia), programi za numeričku analizu napreznja (Abaqus, Autodesk Nastran)									
Vozačka dozvola	B kategorija									