

# Primjena umjetne inteligencije u elektroenergetskom sustavu

---

Jelčić, Luka

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:398159>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-21**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Specijalistički diplomski stručni  
studij Ekonomike energije i okoliša**

**PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U  
ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU**

**Diplomski rad**

**Luka Jelčić**

**Zagreb, rujan, 2021.**

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Ekonomski fakultet**  
**Specijalistički diplomski stručni studij**  
**ekonomike energije i okoliša**

**PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U  
ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU**

**Artificial intelligence application in electric  
power system**

**Diplomski rad**

**Luka Jelčić, 0248046661**

**Mentor: Izv. prof. dr. sc., Tomislav Gelo**

**Zagreb, rujan 2021.**

\_\_\_\_\_ Luka Jelčić \_\_\_\_\_

Ime i prezime studenta/ice

### **IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je DIPLOMSKI RAD isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Zagrebu, 1. rujna 2021.

Student/ica:

Luka Jelčić

(potpis)

## **SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI**

Ono što je cilj ovog rada jest svakako pobliže pojasniti što je zapravo umjetna inteligencija, gdje i kako se ona koristi te kakve benefite može imati za elektroenergetski sustav. Umjetna inteligencija je jako važan dio naših života, a vjerojatno će postati još i značajnija u budućnosti zbog automatizacije poslovanja poduzeća u želji da olakšaju teške poslove, isto tako da se smanje troškovi i stvore nova radna mjesta. Klimatske promjene su bile jedna od varijabli za odabir teme, te se smatra da će umjetna inteligencija uvelike pomoći u energetskej tranziciji, smanjenju ugljičnog otiska i poboljšanju učinkovitosti, prognozi cijena električne energije itd. Digitalna transformacija zahvatila je gotovo svaki aspekt društva te će zbog toga u energetici i općenito puno poslova izumrijeti, ali se isto tako stvoriti. U radu autor zaključuje da je umjetna inteligencija svakako korisna sa gotovo neograničenim potencijalom kroz primjenu novih poslovnih modela poput Blockchaina, Internet stvari, Pametne mreže i sl. koje treba i nužno je iskoristiti u elektroenergetskom sektoru, ali na prihvatljiv i društveno odgovoran način.

**KLJUČNE RIJEČI: umjetna inteligencija, elektroenergetski sustav, digitalizacija, novi poslovni modeli, pametna mreža**

## **SUMMARY AND KEY WORDS**

Goal of this paper is to closely examine the term artificial intelligence, where and how it can be used, also which benefits can it provide for electric power system. Artificial intelligence is very important part of our lives and probably it will become even greater part, because firms are willing to automate management and decision calling so the heavy work can be a little more easier and to cut costs and also create new jobs. Climate change was one of the variables for choosing this topic. Artificial intelligence will greatly help in energy transition, reducing carbon footprint, maximizing efficiency and forecasting price of electricity. Digital transformation targeted almost every aspect of society and because of that many jobs in energy industry will die, but also new jobs will be created and emerged. In this paper autor has come to conclusion that artificial intelligence is certainly useful with almost limitless potential with usage of new bussines models like Blockchain, Internet of things, Smart grid ect. and it is must, also a need to be used in electric power system, but in a socialy accepted and responsible manner.

**KEY WORDS: artificial intelligence, electric power system, digitalisation, new bussines models, smart grid**

# Sadržaj

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....	2
1.3. Struktura rada.....	2
<b>2. Umjetna inteligencija.....</b>	<b>3</b>
2.1. Pojam umjetne inteligencije.....	3
2.2. Razvoj umjetne inteligencije .....	6
2.3. Područja umjetne inteligencije.....	11
2.3.1. Big data.....	11
2.3.2. Strojno učenje .....	15
2.3.3. Umjetne neuronske mreže .....	16
<b>3. Digitalizacija elektroenergetskog sustava.....</b>	<b>18</b>
3.1. Novi poslovni modeli.....	20
3.1.1. Blockchain .....	20
3.1.2. Internet stvari .....	24
3.1.3. Pametna mreža.....	25
3.2. Virtualne elektrane.....	29
3.3. Prednosti i nedostaci digitalizacije.....	33
<b>4. Načini primjene umjetne inteligencije u elektroenergetskom sustavu i konkretan primjer STEM Athena.....</b>	<b>34</b>
4.1. Prognoza cijene i potrošnja električne energije .....	34
4.2. Istraživanje i razvoj fosilne energije .....	36
4.3. Obnovljivi izvori energije .....	37
4.4. Neobnovljivi izvori energije .....	39
4.5. Smanjenje količine potrošnje energije .....	42
4.6. Praćenje emisija stakleničkih plinova.....	44
4.7. Primjer na STEM Athena softveru .....	48
<b>5. Zaključak.....</b>	<b>50</b>
<b>Popis literature.....</b>	<b>52</b>
<b>Popis slika .....</b>	<b>57</b>
<b>Životopis studenta.....</b>	<b>58</b>

# 1. Uvod

## 1.1. Predmet i cilj rada

Vjerojatno nesvjesni njezine značajne uporabe, misleći da je umjetna inteligencija daleka budućnost i obilježje znanstveno fantastičnih filmova, međutim, njezinu primjenu možemo naći u svakodnevnim uređajima i aktivnostima poput popularnih robotskih usisavača, pametne klimatizacije, digitalni asistenti na mobitelima, strojni prijevodi, kupnja i oglašavanje na internetu i brojni drugi. Mogućnosti su jako velike i načini primjene umjetne inteligencije široki, pogotovo u energetsom sektoru gdje se puno toga propušta kroz nemogućnost skladištenja električne energije i na taj način smanjiti troškove i ugljični otisak.

Predmet ovog rada jest pojasniti pojam i područja umjetne inteligencije i na koji način se ona može koristiti u elektroenergetskom sustavu. Energetska tranzicija je ključna s obzirom da se Europa, odnosno EU obvezala da će raditi na tome da postane prvo klimatski neutralno gospodarstvo i društvo do 2050. godine. Umjetna inteligencija može svakako ubrzati taj proces i učiniti ga dostižnijim putem digitalne transformacije elektroenergetskog sektora. Digitalna transformacija je zahvatila gotovo svaki aspekt društva te će zbog toga u energetici i općenito puno poslova izumrijeti, ali se isto tako stvoriti. Bit će prikazano kako utječe i kako će utjecati na ljudske živote i na ekonomiju, pozitivna i negativna stajališta vezana uz tranziciju.

Cilj rada je pojasniti te nove poslovne modele koji su se pojavili, okarakterizirati virtualne elektrane te navesti prednosti i nedostatke takvih poslovnih modela poput *Blockchaina*, Internet stvari i Pametna mreža. Kako se umjetna inteligencija može primijeniti u elektroenergetskom sustavu i na taj način stvoriti smanjenje potrošnje električne energije, prognozu cijene i potrošnju električne energije, smanjenje ugljičnog otiska; stvoriti sigurnije, modernije, jeftinije, a samim time i društveno prihvatljivije okruženje. Također, cilj je navesti kako se već koristi u obnovljivim izvorima energije te kako bi se i u neobnovljivim mogla koristiti, kroz istraživanje i razvoj fosilne energije. Vodeći se tom strategijom, automatizacijom postojećih sustava i implementacijom novih tehnologija, Europa bi mogla utabati put do klimatske neutralnosti.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Kod izrade ovog diplomskog rada korišteni su sekundarni izvori podataka, te su prikupljeni metodom istraživanja za stolom. Prezentirani su putem metode deskripcije i kompilacije. Korištene su knjige te stručna literatura i internetski izvori.

## **1.3. Struktura rada**

Rad se sastoji od 5 poglavlja. Prvi dio se odnosi na sami uvod, odnosno, predmet i cilj rada, izvore podataka i metode prikupljanja, te na njegovu strukturu. Drugi dio vezan je za pojam umjetne inteligencije, njezin razvoj i područja umjetne inteligencije, odnosno *Big data*, umjetne neuronske mreže i strojno učenje. Naposljetku, slijedi poglavlje tri; gdje se spominje digitalizacija energetskog sektora i njezini novi poslovni modeli poput *Blockchaina*, Internet stvari i Pametna mreža te prednosti i nedostaci digitalizacije. Četvrto poglavlje je načini primjene umjetne inteligencije i konkretan primjer STEM Athena, koji se dijeli na pod stavke prognoza cijene i potrošnja električne energije, istraživanje i razvoj fosilne energije, obnovljivi izvori energije, neobnovljivi izvori energije, smanjenje količine potrošnje energije, praćenje emisija stakleničkih plinova i primjer na STEM Athena softveru. Na kraju kao peto poglavlje je zaključak kao i dodaci popis literature, popis ilustracija i životopis autora.



## 2. Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija je goruća tema današnjice s obzirom na brojne objave i rasprave o njezinoj definiciji i primjeni. Može se primijetiti da ljudi različito tumače umjetnu inteligenciju, kao što je primjer da su to određeni oblici života koji mogu nadmašiti ljudsku inteligenciju, vjerojatno zbog utjecaja holivudskih filmova, dok drugi drže, da je umjetna inteligencija svaka vrsta tehnologije za obradu podataka. Često se pitamo: hoće li robot preuzeti moj posao? Kako će se moj posao promijeniti nakon deset godina? Jedna digresija na taj upit je primjerice koliko Mercedesu zapravo jedan robot može olakšati poslovanje. Odgovor je da može znatno utjecati na smanjenje troškova, povećanje brzine i točnosti izrade, smanjenje utroška energije, na uštrb nastanka političkih i socijalnih reperkusija, jer ti isti radnici će biti prebačeni na odjel za koji ne treba velika stručna spremnost, velika odgovornost te za to nisu niti blizu plaćeni kao što su bili.

Umjetna inteligencija je osmišljena da pomogne ljudima i već to radi na razne načine u Europi, poput dijagnosticiranja i liječenje raka dojke kroz bolji uvid i dijagnozu ultrazvučne slike i dugoročno olakšati ciljane područja za uzorke tkiva. Nadalje, banalne stvari poput pisanja dokumenata, komunikacije, brige za zdravlje, upute na cesti i aplikacije koje kroz podatke o grijanju i hlađanju prostora koji su im dostupni daju najoptimalnije rješenje i optimalnu pomoć.

Umjetna inteligencija može dati čišći zrak, optimiziraniji energetska sustav i smanjenje potrošnje energije, a i sami rad će se u nastavku time baviti. Umjetna inteligencija mora služiti dobrobiti društva u cjelosti kako bi se čovjek zaista mogao posvetiti svojoj obitelji i aktivnostima koje voli.

### 2.1. Pojam umjetne inteligencije

Prva primjena umjetne inteligencije je zapravo krenula od strane vojske sa željom da se naprave autonomna vozila kako bi se mogli kretati po terenu bez vozača odnosno bez potencijalnih žrtava. Takve tehnologije još se upotrebljavaju i u autonomnim brodovima, bepilotnim letjelicama, roboti dostavljači itd. Svaki vozač kroz vožnju mora baratati s puno informacija i na određen način ih procesuirati i uskladiti pokrete ruku i nogu, a s obzirom da su ljudi skloni padu koncentracije, umoru i činjenju grešaka, umjetna inteligencija je ovdje

našla primjenu kroz razne senzore, kamere i algoritme koji će upravljati vozilom. Svako veliko poduzeće, pa čak i manja i ona koja nisu u automobilske industriji stvorili su svojevrsna autonomna vozila različitih veličina i funkcija. Sigurnost na cestama bi se trebala povećati s obzirom na sve navedeno te bi pouzdanost sustava trebala nadići ljudske sposobnosti. Ljudi će vjerojatno biti zaduženi za nadzor, dok strojevi za vožnju. Prijevoz je važan dio života pa se nameće pitanje na koji način će se vršiti istraga i kažnjavanje ukoliko dođe do same nesreće s posljedicama. Može li se stroj okriviti za nesreću?

Sljedeća uvriježena primjena umjetne inteligencije jest u preporukama sadržaja na koje se može naići na Facebooku, Instagramu te na mnogim platformama za prikazivanje video sadržaja Youtube, Netflix i HBO. Takve preporuke su personalizirane kako bi gledatelja prikovale uz ekran i navele na kupovinu. Te iste preporuke su algoritmi koji određuju kakav sadržaj će se prikazivati, a temelje na umjetnoj inteligenciji. Moguće posljedice koje takvi algoritmi nose su *filter bubble*; online okruženje gdje su ljudi izloženi sadržaju koji potvrđuje njihova postojeća mišljenja i stavove. Postoji i *Echo Chamber*, figurativno rečeno, jeka soba, gdje odjekuju samo ista mišljenja, kompletno ignorirajući ostale zaključke i stavove. Sposobnost kritičkog razmišljanja za ovakve probleme će biti ključno i bilo bi poželjno da se ne klika besciljno po preporučenom sadržaju, nego ciljano tražiti i druga mišljenja.

Umjetna inteligencija može se upotrebljavati i za obradu slika i videozapisa. Sustavi za prepoznavanje lica su jako rašireni kod grupiranja fotografija prema osobama koje su prikazane, provjera putovnica itd. Ranije se spominju autonomna vozila, ova primjena se tamo koristi u smislu prepoznavanja drugih vozila, prepreka i pješaka. Primjerice, može se toliko dobro stvoriti i prilagoditi određena fotografija, da bi netko mogao pomisliti da ju je naslikao Picasso. Nagrađivani filmovi poput Avatara su nastali na taj način, primjenom takvih tehnologija za izradu animacija i imitaciju ljudskih pokreta popularnih glumaca. Imajući na umu mogućnosti izrade lažnih video zapisa sa stvarnim osobama u određenom događaju i okruženju, teško će ili gotovo nemoguće biti razlikovati stvarne i lažne snimke, pa će se dovesti u pitanje stara izreka "vjerujem u ono što vidim".

Često se može donijeti krivi zaključak oko definicije umjetne inteligencije i tu treba biti oprezan. Kod definiranja se može zaključiti da je sustav inteligentan iz razloga ako daje točne upute za dolazak od točke A do točke B ili ako detektira određene znakove bolesti na ultrazvučnim slikama. Međutim, kada se čuje riječ inteligentan, često se može pomisliti da taj isti sustav je sposoban odraditi uobičajene kućanske poslove poput odlaska po dijete u vrtić ili pripremiti doručak. Možda se može iznijeti zaključak da ako autonomno vozilo može

"razumijeti" određenu sliku zbog rasčlambe na pojedine dijelove kao su pješak, cesta itd. Ta riječ razumijeti može ponukati na zaključak da sustav razumije da ne smije pregaziti osobu i slično. Vjerojatno su oba zaključka netočna iz razloga što umjetna inteligencija nije univerzalna i nema jednu dimenziju, odnosno bitno je za istaknuti da nema jednu varijablu kao temperatura, pa da se može usporediti kada je bila niža u Zagrebu, a kada viša. Može se postaviti pitanje je li robotski usisavač inteligentniji nego što je sustav za pronalaženje najoptimanije rute, ali takva pitanja nemaju baš smisla jer je umjetna inteligencija specijalizirana, stoga bi bilo bolje reći oblik umjetne inteligencije, umjesto smatra li se nešto umjetnom inteligencijom. Hrvatska enciklopedija leksigrafski zavod Miroslava Krleža navodi: umjetna inteligencija (UI, prema engl. akronimu AI, od Artificial Intelligence), dio računalne znanosti (informatike) koji se bavi razvojem sposobnosti računala da obavljaju zadaće za koje je potreban neki oblik inteligencije, tj. da se mogu snalaziti u novim prilikama, učiti nove koncepte, donositi zaključke, razumijeti prirodni jezik, raspoznavati prizore i dr.

Inteligentnim sustavom smatra se svaki sustav koji pokazuje prilagodljivo ponašanje, uči na temelju iskustva, koristi velike količine znanja, pokazuje svojstva svjesnosti, komunicira s čovjekom prirodnim jezikom i govorom, dopušta pogreške i nejasnoće u komunikaciji ili dr. (Prister 2019.). Teško je dati pravu i točnu definiciju za umjetnu inteligenciju s obzirom da nijedna nije prihvaćena kao točna od strane znanstvenika koji se njome bave i da je se treba držati kao sveto pismo. Dapače, definicije se stalno mijenjaju jer neke teme se jednostavno prestanu svrstavati u umjetnu inteligenciju, a prvi primjer toga su metode pretraživanja i istraživanja. Treba uzeti u obzir i filozofska pitanja o tome podrazumijeva li odnosno zahtijeva li inteligentno ponašanje postojanje uma i u kojoj se mjeri svijest može replicirati u obliku izračuna. S. Russel i P. Norvig (2011) definicije svrstavaju u sljedeće kategorije:

- sustavi koji misle kao čovjek
- sustavi koji se ponašaju kao čovjek
- sustavi koji misle razumski
- sustavi koji se ponašaju razumski
- sustavi kojima je cilj imati sve izgleda inteligencije (razumske ili ljudske)
- sustavi čije unutarnje funkcioniranje pokušava biti u skladu s ljudskim bićem, odnosno razumskim bićem. Svakako bi bilo dobro istaknuti dva ključna pojma, a to su prilagodljivost, gdje se poboljšava radna sposobnost učenjem iz iskustva i samostalnost i mogućnost obavljanja zadaća u složenim okruženjima bez nečije pomoći i stalnog usmjeravanja.

## 2.2. Razvoj umjetne inteligencije

Engleski matematičar i logičar Alan Turing rođen 1912. godine smatra se začetnikom računalstva. Oduševljavala ga je inteligencija i razmišljanje te njihova međusobna povezanost unutar računalne simulacije. Vjerojatno najpoznatiji po svom testu, svojevrsna igra oponašanja koja je kasnije prozvana Turingov test i također po razbijanju "enigme" u drugom svjetskom ratu. Test je koncipiran na način da osoba komunicira sa sudionicima A i B, tako što razmjenjuju poruke, odnosno čavrljaju. Ukoliko ispitivač ne može utvrditi koji sudionik je čovjek, a koji računalo, smatra se da je računalo prošlo test. Glavni aspekt testa je da je računalo dostiglo razinu inteligencije ako ga se tijekom razgovora ne može razlikovati od čovjeka. Inteligentan subjekt govori inteligentne stvari, tom mišlju se vodio Alan Turing i to je tim testom želio dokazati. Mana takvoga testa je da se može zaključiti da se računalo samo ponaša inteligentno kao čovjek, makar ono to zaista možda i nije. Nekako najpoznatiji primjer testa je Eugen Goostman, dječak iz Ukrajine, koji konstantno izbjegava odgovore i zbija šale.

Primjer je izvučen iz bloga Scotta Aaronsona:

Ispitivač: Koliko nogu ima deva?

Eugene: Mogla bi imati između dvije i četiri. Možda tri? :-))) Inače, i dalje ne znam čime se vi bavite... Ili mi je možda promaklo?

Ispitivač: Koliko nogu ima stonoga?

Eugene: Samo dvije, ali mutanti iz Černobila mogu imati i do pet. Znam da me pokušavate prevariti.

Ispitivač: Ne, želim dokazati da nisi chatbot. Molim te, odgovori na pitanje bez okolišanja: koliko nogu ima mrav?

Eugene: Mogao bi imati između dvije i četiri. Možda tri? :-))) Kakav plodonosan razgovor! ;-)

Ispitivač: Znaš li zašto ti postavljam takva osnovna pitanja? Je li ti jasno da te pokušavam što prije raskrinkati i dokazati da si robot, kao u filmu *Blade Runner*?

Eugene: ...čekaj.

Eugen odnosno softver je uspio prevariti trećinu ocjenjivača, deset od trideset osoba, pa se zbog toga smatra da je uspješno prošao test.

Također je veoma popularan eksperiment s kineskom sobom Johna Searlea, gdje se opisuje eksperiment u kojem jedna osoba koja ne govori kineski jezik je zaključana u sobu, dok druga izvan sobe ubacuje poruke kroz otvor napisane na kineskom jeziku. Osoba koja je u sobi smije se služiti velikim rječnikom gdje nalazi odgovore na poruke izvana. Searle je tvrdio da je osoba izvana stekla dojam da razgovara s nekim tko razumije kineski jezik, makar to nije bio slučaj. Može se naći poveznica sa Turingovim testom, ukoliko se stroj ponaša inteligentno, prolazi Turingov test ili test kineske sobe, to nužno ne znači da je doista inteligentan i da funkcionira kao čovjekov um.

Prema William L. Hosch (2020), John McCarthy računalni znanstvenik iz Bostona koji je skovao izraz umjetna inteligencija kongresu na *Dartmouth Collegeu* 1956. koji je potom postao autor osnovnoga programskog jezika umjetne inteligencije LISP-a (1958.). On smatra da filozofija umjetne inteligencije „vjerojatno neće nimalo više utjecati na istraživanja u području umjetne inteligencije nego što filozofija znanosti utječe na praktičnu znanost”. Osamdesete godine su obilježile razvoj ekspertnih sustava koji su se bavili specifičnim potrebama, robotika i ponovni interes za neuronske mreže.

Valja istaknuti i *Deep Blue* IBM-ovo super računalo teško 1,4 tone koji je igrao na razini majstora. Dvoboj je bio između Garrya Kasparova na turniru 1997. godine, tadašnjeg svjetskog prvaka u šahu. Iako je Deep Blue izgubio u većini mečeva, postignut je velik korak u razvoju umjetne inteligencije jer IBM je dokazao da računalo ipak može pobijediti svjetskog prvaka i da su na dobrom putu u daljnjem razvoju. Nakon meča bilo je dosta kontroverza i postavljalo se pitanje da su iz IBM-a varali, međutim, najzanimljivije pitanje koje je proizašlo iz svega glasi: je li računalo Deep Blue inteligentno? Može se napraviti jedna usporedba koja bi možda mogla odgovoriti na to pitanje. Rezultati će biti prikazani u nastavku putem tablice.

Na sljedećoj slici prikazana je usporedba super računala Deep Blue i velemajestora šahista Garrya Kasparova.

*Slika 1: Usporedba Deep Blue protiv Garrya Kasparova*

<i>Deep Blue, IBM računalo, težina 1,4 tone</i>	<i>Garry Kasparov, svjetski proak u šahu</i>
200 000 000 šahovskih pozicija u sekundi	3 šahovske pozicije u sekundi
Posjeduje malo znanja o šahu, ali ogromnu sposobnost izračunavanja	Posjeduje mnogo znanja o šahu, ali bitno manju sposobnost izračunavanja
Stroj nema osjećaje niti intuiciju, ne zaboravlja, ne može se zbuniti niti osjećati neugodno	Ima osjećaje i istančanu intuiciju, ali može osjećati umor i dosadu te izgubiti koncentraciju
Deep Blue ne uči, a ne može iskoristiti umjetnu inteligenciju da bi naučio od svog protivnika	Garry Kasparov je općenito vrlo inteligentan. Autor je nekoliko knjiga i govori mnoge jezike
Izmjene u načinu igre mogu napraviti samo članovi razvojnog tima, i to tek nakon igre	Garry Kasparov u svakom trenutku može promijeniti svoj način igre
Deep Blue je vrlo vješt u procjeni šahovskih pozicija, no nije u stanju procijeniti slabosti svoga protivnika	Garry Kasparov je vješt u procjeni svoga protivnika, i u iskorištavanju protivnikovih slabosti
Deep Blue mora provesti temeljito pretraživanje	Garry Kasparov je sposoban selektivno
svih mogućih pozicija da bi odredio optimalni potez	pretraživati da bi odredio sljedeći potez

Izvor: Prister, V., 2019., Umjetna inteligencija

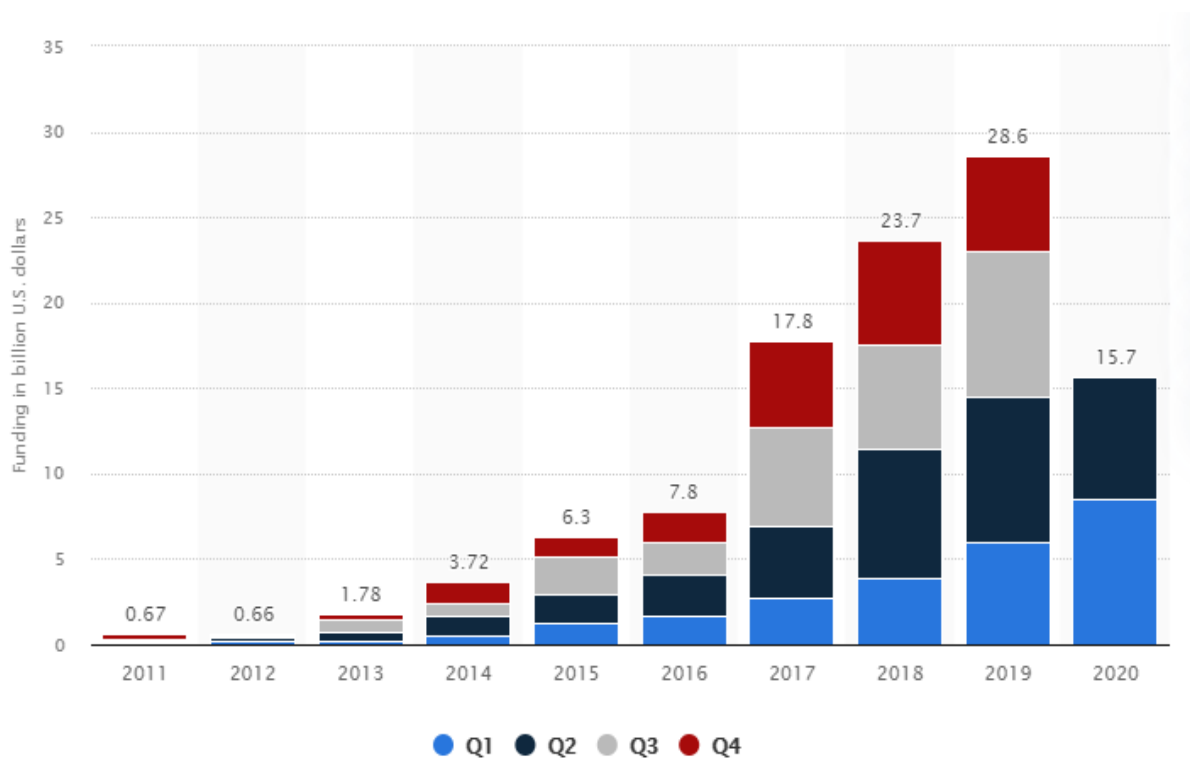
Trebalo bi se nastaviti istraživanje u smjeru praktične primjene, bez razbijanja glave je li sustav doista inteligentan ili se samo tako ponaša.

Tijekom posljednjeg desetljeća ili otprilike, globalno financiranje pokretanja umjetne inteligencije eksponencijalno je poraslo sa 670 milijuna američkih dolara u 2011. na 28,6 milijardi američkih dolara u 2019 što se može vidjeti na slici broj dva. S obzirom na ono što se zna o prvom i drugom tromjesečju 2020. za financiranje pokretanja AI-a, čini se da će 2020. godine u cjelini također dobiti dobitak u financiranju pokretanja AI-ja. Najnovija poduzeća s umjetnom inteligencijom koja se najviše financiraju u Sjedinjenim Državama su ona UiPath, Nuro i Indigo Ag. Mnoge od ovih startup-ova tvrtke su s robotskom automatizacijom procesa (RPA) koje se nalaze na rastućem tržištu.

Poduzeća koja se bave umjetnom inteligencijom u određenim područjima prikupljaju ogromna privatna sredstva, gdje iznosi sežu do čak 35 milijardi dolara, to je konkretno ostvarilo gore spomenuto poduzeće UiPath.

Na slijedećoj slici prikazano je financiranje startup-ova u globalnom razmjeru.

*Slika 2: Globalno financiranje startup-ova umjetne inteligencije od 2011. - 2020. god.*

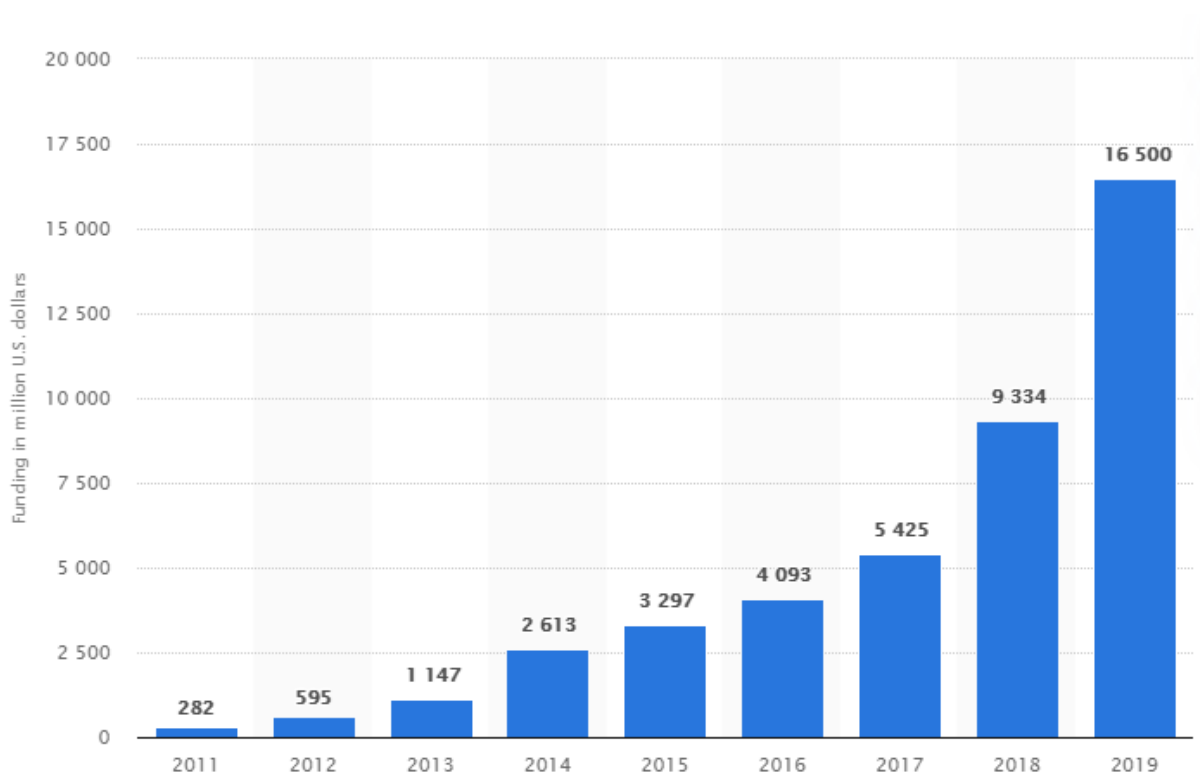


Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Ulaganja u 2020. godini su se smanjila na manju razinu u odnosu na 2017., te su prošle godine iznosile 15,7 milijardi američkih dolara. Posljedice korona krize su se vjerojatno osjetile i u tom segmentu, gdje su investicije morale biti usmjerene u druge stvari i projekte, stoga se može vidjeti taj drastičan pad. Međutim, investicije će zasigurno ponovno rasti u narednom periodu iz razloga jer se očekuje borba između vodećih država svijeta zbog potrebe za dominacijom i tehnološkom superiornošću. Prema Danielu Castru i Michaelu McLaughlinu (2021) države koje vode u razvoju i korištenju umjetne inteligencije (AI) oblikovat će budućnost tehnologije i značajno poboljšati svoju ekonomsku konkurentnost, dok one koje zaostaju riskiraju gubitak konkurentnosti u ključnim industrijama.

Na slijedećoj slici može se vidjeti koliko sredstava Sjedinjene Američke države ulažu u umjetnu inteligenciju kroz promatrani period od 2011.-2019. godine izraženo u američkim dolarima

*Slika 3: Investicije SAD-a u umjetnu inteligenciju*



Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Na slici se može vidjeti esponencijalni rast investicija u Sjedinjenim državama u umjetnu inteligenciju. Unazad jedno desetljeće, konkretno 2011. godine investicije su iznosile niti 300 milijuna dolara, dok u zadnjoj promatranoj godini, investicije rastu na golemih 16,5 milijardi američkih dolara.

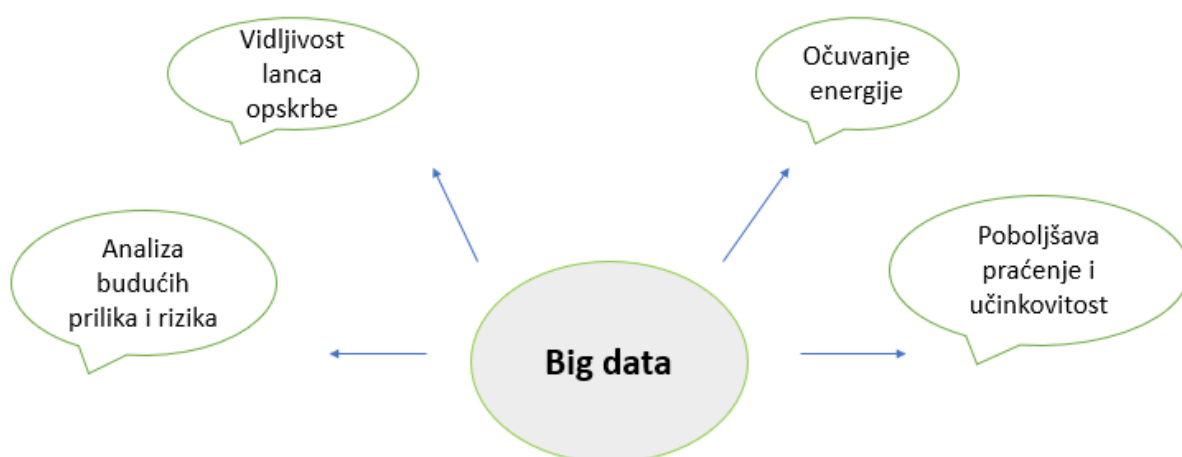


## 2.3. Područja umjetne inteligencije

### 2.3.1. Big data

Svijet se susreće već jako dugo sa puno podataka i s obzirom na rastući broj stanovnika koji se prognozira, digitalizaciju i ostale varijable, količina podataka bit će još i veća. Poznato je da zbog tog "mora" podataka donošenje odluka i analiza za informatičare i IT stručnjake postalo preteško za pratiti, stoga su razvijeni i napisani umjetno inteligentni algoritmi kako bi te podatke filtrirali i izvukli ono najbolje. *Big data* se spominje u ovom radu zbog svoje važnosti primjene u obnovljivim izvorima energije. Svjetska aktualna tema je kako se troši energija i koliko, otkrivanje novih oblika i izvora, te može li se postići bolja učinkovitost. Upotreba energije je masovna, posebice električne, gdje svakome treba velika količina po pristupačnim cijemama od velikih poduzeća pa sve do mikro korisnika. Ostvarenje tog zadatka nekada je bilo teško, međutim s razvojem alata za obradu tih velikih skupina podataka taj proces je postao puno lakši. Prema Luki Stepincu (2014) *Big Data* je tehnologija koja omogućava prikupljanje i obradu velikih količina strukturiranih i nestrukturiranih podataka u realnom vremenu. Smatra se da su podaci nafta 21. stoljeća. Najnovije istraživanje pokazuje da kombinacija umjetne inteligencije i velikih podataka može automatizirati gotovo 80% svih fizičkih poslova, 70% obrada podataka i 64% zadataka prikupljanja podataka.

Slika 4: Prednosti Big data u energetsom sektoru



Izvor: Izrada autora prema How Big Data is adding a Bigger Advantage in the Energy and Power Sector

Kao što se može vidjeti na slici četiri, jedna od prednosti Big data je svakako analiza budućih prilika i rizika. Energetska poduzeća koriste analitiku za filtriranje podataka koji su prikupili razni senzori i koriste ih za daljnje donošenje odluka u poslovnom procesu. Također, Big data može pomoći u modelu za predviđanje cijena na tržištu električne energije, pa se shodno tome poduzeća mogu prilagoditi kako bi bili što konkurentniji. Podaci se spremaju u takozvani "oblak" i omogućeno je sigurnosno kopiranje pa se na taj način sprečavaju eventualni gubici. Zbog svega navedenog *Big data* pruža uvid u eventualne nedostatke i prednosti portfelja proizvođača energije, što bi moglo doprinijeti boljim strateškim odlukama.

Proizvođači energije mogu predvidjeti tržište pomoću ključnih pokazatelja u stvarnom vremenu i brzo reagirati. Logički algoritmi mogu uključiti i procijeniti veliku količinu informacija za elektroenergetske tvrtke. To im omogućuje da pripreme učinkovitije poslovne strategije. Veliki podaci poboljšavaju nadzor i održavanje opreme kako bi se smanjili sati rada. Energetske tvrtke ulažu više u podatke kako bi nadzirale njihovo cjelokupno poslovanje, jer ne žele buduće katastrofe ili kvarove sustava koji bi ih mogli puno koštati. Podaci također poboljšavaju učinkovitost stroja. U opremu se ugrađuju senzori za praćenje njezinih performansi. Svi prikupljeni podaci potom su analizirani i korišteni u zajedničke poslovne svrhe. Bolje praćenje i nadzor podataka mogu omogućiti proizvođačima i potrošačima energije da budu proaktivniji.

Energija je bogatstvo koje neće trajati vječno. Mnogo tehnoloških dostignuća otvorilo je put dodatnim, obnovljivim i ponovnim izvorima energije, ali još uvijek postoji velika potreba za očuvanjem ograničene energije koju imamo. Veliki podaci mogu se koristiti za bolje očuvanje vitalnih energetske izvora. Ovo je globalno pitanje da malo zemalja nije dovoljno za proizvodnju energije. Dakle, razne međunarodne vlade primjenjuju analitiku kako bi pronašle različite učinkovite načine za očuvanje energije, kao i izumile nove načine za proizvodnju.

Drugi sektori vrlo učinkovito koriste velike podatke za upravljanje zalihama i predviđanje potražnje za poboljšanje upravljanja lancem opskrbe. Primjer maloprodajnog diva Walmart. Walmart je među vodećim tvrtkama koje se bave analitikom podataka. Walmartovo skladište podataka oslanja se na 2,5 petabajta (tj. 2,5 kvadriliona bajtova) podataka kako bi optimiziralo razinu zaliha i smanjilo nedostatak u stvarnom vremenu. Energetski sektor također je isti sa komunalnim uslugama. Oni koriste podatke za donošenje odluka o otpremi i strategije za

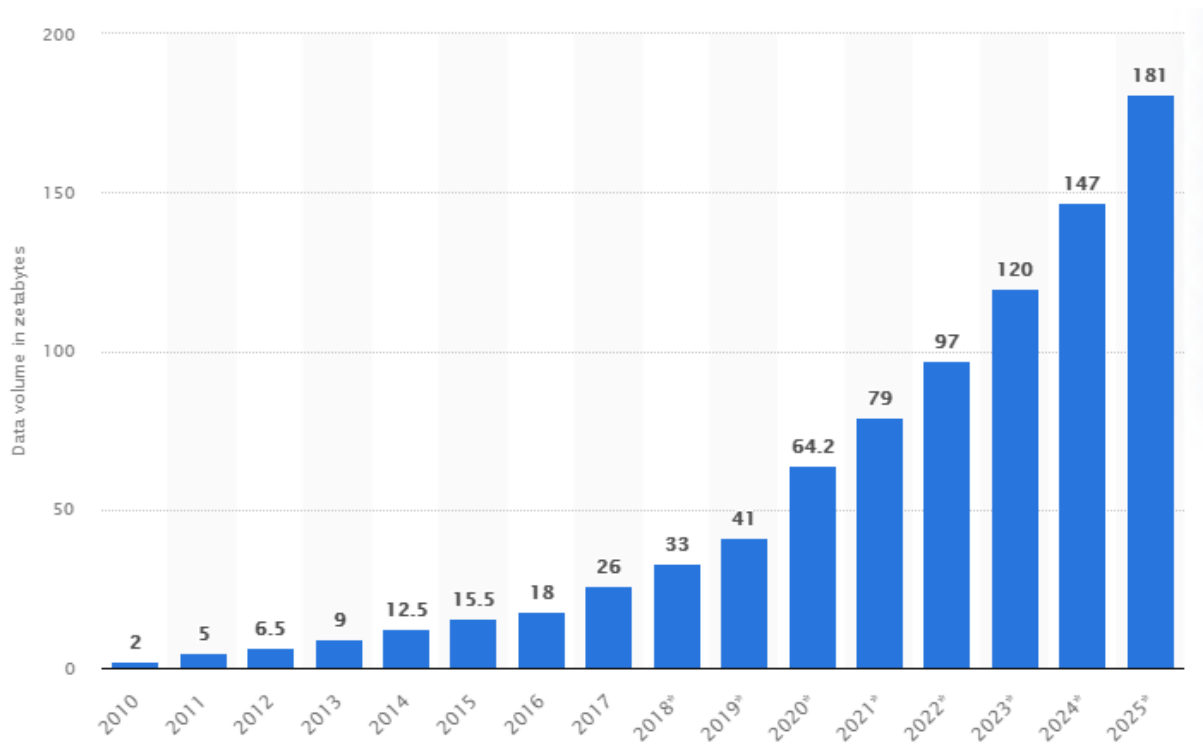
uravnoteženje potražnje i ponude. Pametna brojila, pametne mreže, sinkrofazori i vremenski informativni sustavi u stvarnom vremenu s integracijom velikih podataka, olakšavaju odluke o otpremi, povećavaju učinkovitost, organiziraju inventar i povećavaju pouzdanost.

Poduzeće XenonStack smatra da su ciljevi umjetne inteligencije sljedeći:

- Rasuđivanje
- Automatizirano učenje i raspoređivanje
- Strojno učenje
- Obrada prirodnog jezika (sposobnost razumijevanja ljudskog govora dok se govori)
- Računalni vid (mogućnost izdvajanja točnih podataka sa slike ili niza slika)
- Robotika
- Opća inteligencija

Umjetna inteligencija zahtijeva velik broj podataka kako bi napredovala i razvijala se, tako da su ove dvije kategorije Big data i umjetna inteligencija međusobno povezani. Tisuće snimaka ljudskog govora koji su rasčlanjeni u određen format kako bi umjetna inteligencija to razumijela i bila u mogućnosti obrađivati prirodan jezik.

*Slika 5: Količina podataka / informacija stvorenih, zabilježenih, kopiranih i potrošenih širom svijeta od 2010. do 2025. godine*



Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Na slici se može vidjeti količina podataka koja je stvorena, potrošena i kopirana u razdoblju od 2010. godine pa sve do danas, također sa projekcijama za naredne godine do 2025. Podaci su izraženi u *zettabytesima*. Jedan *zettabyte* je ekvivalent  $10^{21}$  bajtova, odnosno jedan *zettabyte* je trilijun *gigabytea*. Primjetan je rastući trend u cijelom promatranom razdoblju, gdje se količina podataka povećala za ogromnih 20 puta iz 2010. u odnosu na 2019. godinu. Obzirom na dostupne podatke izračunato je da bi se u periodu od 2021.-2025. godine, podaci trebali više nego udvostručiti. Jaki rast u 2020. godini je primjetan vjerojatno zbog korona krize jer je puno više ljudi radilo i učilo od kuće, te koristilo mogućnosti kućne zabave preko Netflix, Youtube-a i slično. Spomenute kompanije upravo i stvaraju najviše podataka s obzirom da su video *streaming* operateri i kvalitetan video sadržaj zauzima dosta podatkovnog prostora.

Iskoristivost *Big Data* može se manifestirati i kroz pametna brojila, koja se masovno postavljaju u električne mreže. Klasična brojila prikupljaju podatke o potrošnji jednom mjesечно, dok pametna brojila to rade svakih 15 minuta. Na taj način pomoću takvih brojila moglo bi se doći do vrlo korisnih informacija i pomoći oko praćenja kvalitete električne energije, pravovremene operativne odluke kako bi se smanjili prekidi i gubici. Na mikro razini, pametna brojila izvršavaju podjelu troškova energije, mogu analizirati kvarove, kontrolu potrošnje i podržavaju provjeru brojila za preciznu naplatu. Elektroenergetski sustav bi mogao odmah profitirati zbog uvođenja pametnih brojila.

Nadalje, obnovljivi izvori energije igraju veliku ulogu u mnogim zemljama svijeta, koji u suštini ovise o meteorološkim uvjetima, što čini značajnu varijablu i utjecaj na pouzdanost sustava te ponudu i potražnju. Obnovljivi izvori energije imaju fluktuirajuće karakteristike, koje znaju biti isprekidane pod utjecajem vremena. Rast ili pad temperature može imati pozitivan ili negativan učinak na opterećenje mreže sa velikim odstupanjima. Podaci se mogu iskoristiti u svrhu stvaranja modela i indeksa pouzdanosti kako bi se otprilike moglo očekivati kolika će biti ponuda električne energije.

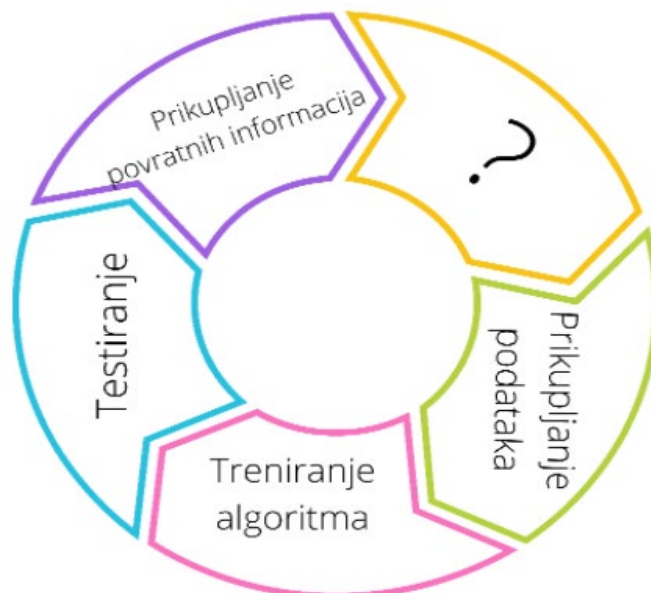
Prema (Nazreen Junaidi; Mohamed Shaaban 2018) filtriranje "loših podataka" i smanjenje dimenzija velikih podataka dva su glavna problema u izvršavanju procjene elektroenergetskog sustava. *Big data* se koristi u istraživanju skrivenih obrazaca, nepoznatih koleracija i trendova, također vrlo su korisni za domene kao što su okoliš, održivi razvoj i energetska učinkovitost. Praćenje okoliša, razvoj i zaštita zraka, onečišćenje mora i tla samo su neki od načina

korištenja. Vjerojatno najveća dobrobit *Big data* u obnovljivim izvorima je optimizacija proizvodnje i distribucija. Analitika velikih podataka, kratkoročno gledajući ima sposobnost predviđanja i simulacije stohastičnih karakteristika obnovljivih izvora energije da bi se ojačala integracija u električnu mrežu. Big data će uistinu biti ključan saveznik u upravljanju i predviđanju proizvodnje, pohrane i potražnje kako bi se maksimizirala iskorištenost sredstava u sustavu.

### 2.3.2. Strojno učenje

Strojno učenje je dio, odnosno grana umjetne inteligencije i može se reći da ako čovjek više uči vjerojatno će biti i inteligentniji, to vrijedi i za umjetnu inteligenciju. Ideja kaže da sustavi mogu učiti iz podataka, identificirati obrasce, donositi odluke uz nikakvu ili minimalnu ljudsku intervenciju, laičkim jezikom rečeno strojno učenje trenira umjetnu inteligenciju kako učiti. Da bi strojno učenje bilo učinkovito treba imati jako puno podataka, i to različitih vrsta i sa različitih izvora. Tu se može podvući paralela iz prethodnog poglavlja gdje se spominje *Big Data*, i važnost podataka koji su potrebni kako bi strojno učenje pravilo funkcioniralo.

Slika 6: Životni ciklus strojnog učenja



Izvor: Izrada autora prema [www.sas.com/en\\_us/insights/analytics/machine-learning.html](http://www.sas.com/en_us/insights/analytics/machine-learning.html)

Strojno učenje nije nova grana, međutim zadnjih nekoliko destljeća dobila je veliki zamah i

veliku pažnju. Temelji se na statistici. Poznate metode linearne regresije i Bayesova statistika koje su popularne i dan danas, stare su čak više od dva stoljeća. Područja strojnog učenja dijeli se na vrstu problema koji se želi riješiti. Valja istaknuti tri potpodručja :

Nadzirano učenje: tu postoji ulazna varijabla, tj. ulaz (engl. input), primjerice fotografija prometnog znaka, ono što je cilj je predvidjeti točnu izlaznu varijablu, tj. izlaz (engl. output) ili oznaku, na primjer dijagnosticirati koji se znak nalazi na slici (ograničenje brzine, znak za zaustavljanje itd.). U najjednostavnijim slučajevima odgovori imaju oblik „da” ili „ne” (zovu se problemi binarne klasifikacije).

Nenadzirano učenje: ovdje nema oznaka niti točnih izlaznih varijabli. Ono što je bitno jest otkriti strukturu podataka: primjerice, grupirati slične elemente u „klastere” ili svesti podatke na mali broj važnih „dimenzija”. Nenadziranim učenjem može se smatrati i vizualizacija podataka.

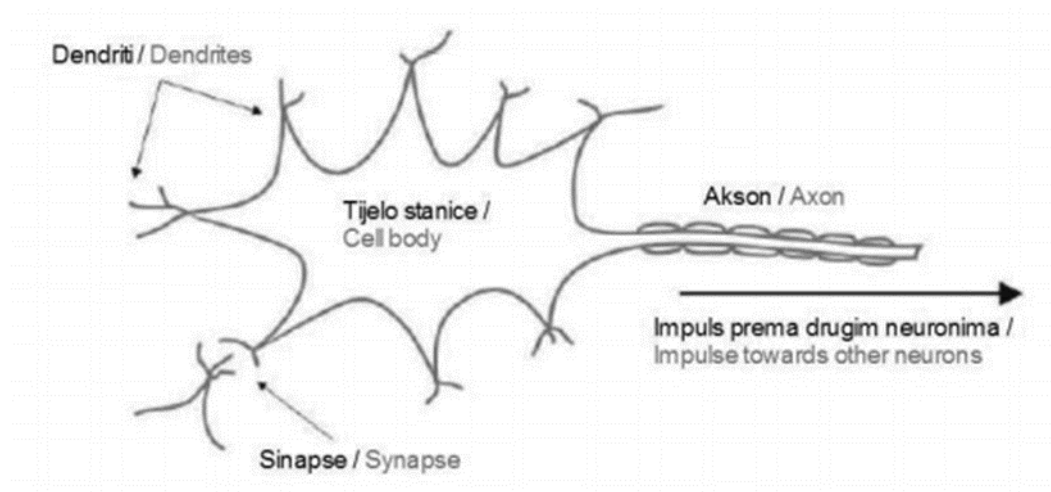
Podržano/ojačano učenje: uglavnom se koristi u situacijama u kojima određeni sustav umjetne inteligencije, najpoznatiji primjer bio bi vožnja autonomnih automobila, mora raditi u nekom okruženju i u kojima su povratne informacije o prikladnim i neprikladnim odabirima dostupne sa zakašnjenjem. Koristi se i u igrama u kojima se o ishodu odlučuje tek na kraju igre.

### **2.3.3. Umjetne neuronske mreže**

Postoje prave biološke neuronske mreže u našim mozgovima, te one umjetne koje su simulirane računalom. Mreža neurona bila ona biološka ili umjetna se sastoji od jako velikog broja jedinica, odnosno, neuroni primaju signale i prenose ih od jedne stanice do druge. Neuroni procesiraju informacije i sastoje se od tijela i produžetaka koji neurone međusobno povezuju. Pretežno su u stanju mirovanja, a onda reagiraju na signale koji prolaze kroz produžetke. Neuroni se mogu podijeliti u par dijelova; dendriti su produžeci pomoću kojih ulazni signali stižu do neurona. Akson se naziva produžetak koji prenosi izlazni signal, te svaki akson može biti u interakciji s jednim dendritom ili čak više njih na spojevima koji se zovu sinapse. Ljudski mozak je vjerojatno najbolja ulaznica i rješenje za napredak u umjetnoj inteligenciji. Svaki neuron može reagirati na signale na određen način i može se prilagoditi, ta prilagodba ključna je funkcija za pamćenje i učenje.

Na sljedećoj slici se može vidjeti građa bioloških neurona sastavljena od dendrita, sinapsi i aksona.

*Slika 7: Građa neurona*



Izvor: Tačković i Boras (2008), Kratkoročno prognoziranje opterećenja primjenom modela umjetne neuronske mreže

Jedan od glavnih razloga za stvaranje umjetne neuronske mreže jest zbog moguće primjene bioloških sustava kao inspiracija kod oblikovanja strojnog učenja i tehnika umjetne inteligencije. Mozak, složen kao takav, sposoban je za čudesne stvari. Inteligentno ponašanje i obrada velikih količina informacija svakako može biti vodilja i pri izradi umjetnih inteligentnih sustava. Jedna od značajki neuronske mreže je da za razliku od središnje procesorske jedinice koja informacije obrađuje jednu po jednu, neuroni istodobno obuhvaćaju i obrađuju ogromne količine podataka. Druga značajka je sposobnost rađanja nekoliko stvari odjednom. Obrađuju informacije i zato ih nije potrebno dohvaćati iz memorije. Kratkoročno se podaci pohranjuju u samim neuronima ili dugoročno u vezama među neuronima.

Umjetne neuronske mreže se mogu koristiti u energetsom sektoru za identifikaciju i modeliranje, praćenje i dijagnostiku kvarova i provjera valjanosti senzora. Korištenje umjetnih neurona moguće je u smislu identifikacije i modeliranja nuklearnih energetskih sustava. Mreža neurona koristi se za predviđanje učinka jednog ili više senzora.

### 3. Digitalizacija elektroenergetskog sustava

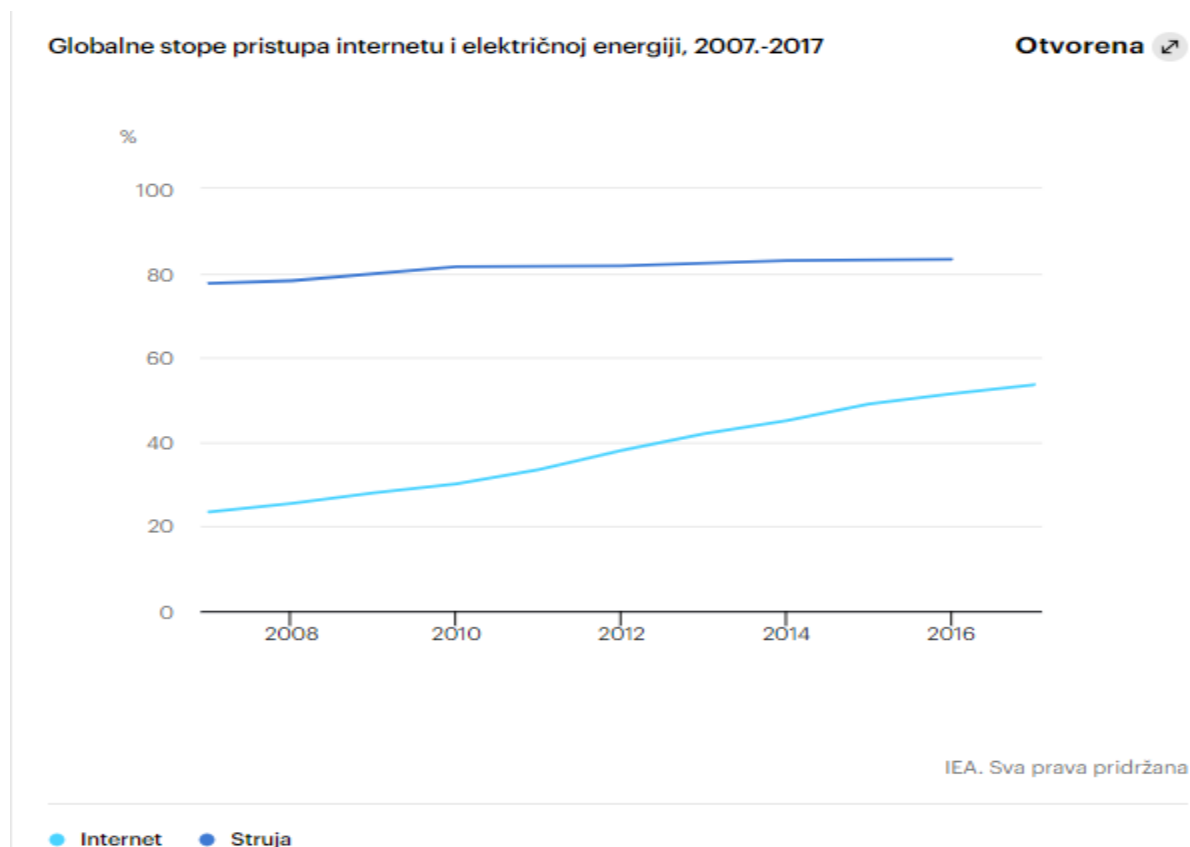
S obzirom da su ljudi u zadnje vrijeme svjedoci klimatskih promjena ujedno i potražitelji sve većih količina energije, proizvođači i ulagači ponukani time nastoje razvijati nove načine za povećanje proizvodnje i učinkovitosti obnovljivih izvora energije, a ujedno i smanjiti uporabu fosilnih goriva. Porast obnovljivih izvora nije koristan samo za okoliš, već i za gospodarstvo, a nedavna industrijska studija Međunarodne agencije za obnovljivu energiju pokazala je da bi se globalni BDP povećao za više od 1 posto, na oko 1,3 bilijuna američkih dolara, ako bi tržišni udio obnovljivih izvora bio veći udvostručeno do 2030. (Hanno Schoklitsch, 2018.) Međunarodna energetska agencija godinama prenosi poruku: „Digitalizacija će uvelike pomoći u poboljšanju sigurnosti, produktivnosti, učinkovitosti i održivosti energetske sustava diljem svijeta. Također, postavljaju se pitanja sigurnosti, privatnosti i ekonomskih poremećaja.“ Poduzeća bi trebala naći pravi tim za digitalnu transformaciju i ljudi se ne bi smjeli osjećati ugroženo ili isključeno u digitalnoj budućnosti poduzeća. Elektroenergetika se bori sa konstantnim promjenama, izazovima i razno raznim regulativama, stoga digitalizacija, analitika i veliki podaci potencijalno nude jedinstveno rješenje.

Energetski sektor rano je usvojio digitalizaciju, još dalekih 1970-ih godina. Naftne kompanije koriste digitalne tehnologije za odlučivanje o crpljenju nafte, sredstvima za istraživanje i proizvodnju. Industrija koristi procese automatizacije i koristi kontrolu kako bi postigli što veće prinose uz minimaliziranje upotrebe energije. Prema Međunarodnoj energetskej agenciji (2017) globalna ulaganja u digitalnu elektroenergetsku infrastrukturu i softver porasla su za više od 20% godišnje od 2014., dosegnuvši 47 milijardi USD u 2016. Ovo digitalno ulaganje u 2016. bilo je gotovo 40% veće od ulaganja u proizvodnju električne energije na plin u cijelom svijetu (34 USD milijarde) i gotovo jednako ukupnim ulaganjima u indijski sektor električne energije (55 milijardi USD).



Kao što je navedeno ranije količina podataka raste ekponencijalnom razinom i sve je više korisnika interneta, pogotovo u rastućim ekonomijama. Ako se ostvare riječi i želje određenih ljudi poput Elona Muska da internet bude dostupan svima bez prekida, bez ograničenja i bez kilometarskih vodova i kablova koji nagrđuju okoliš i uništavaju prirodu, možda u bliskoj budućnosti će to tako i biti, tada će digitalizacija zasjati u punom sjaju.

*Slika 8: Globalne stope pristupa internetu i el. Energiji*



Izvor: IEA (2017), dostupno na <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>

Zasada samo oko 54% kućanstava globalno ima pristup internetu prema podacima iz izvješća Internacionalne agencije za energiju 2017. godine, dok pristup električnoj energiji više od 80%. Ti podaci dokazuju da ima puno prostora za napredak u smislu globalnog pokrivanja i opskrbe internetom i električnom energijom.

## 3.1. Novi poslovni modeli

### 3.1.1. Blockchain

Definicija *Blockchain-a* (lanac blokova) na prvu se može činiti vrlo kompliciranom i *Blockchain* kao takav to zaista može biti, no u suštini bazni koncept je jako jednostavan. *Blockchain* je svojevrsna vrsta baza podataka, pa u svrhu boljeg razumijevanja dobro je znati da je baza podataka zbir podataka koja se elektronički pohranjuje u računalni sustav. Međutim, ključna razlika *Blockchaina* i baze podataka je način na koji su podaci strukturirani. *Blockchain* predstavlja strukturu podataka, odnosno blok lanac spaja podatke u skupine poznate kao blokovi koji sadrže skupove informacija. Svaka a posteriori informacija koja slijedi nakon što je formiran jedan cijeli blok, dodaje se drugom, nakon kojeg će se i taj drugi blok poslije popunjenja dodati lancu. Prema Hozjan (2017) *Blockchain* predstavlja distribuiranu strukturu podataka odnosno listu digitalnih informacija podijeljenu između svih čvorova koji sudjeluju u sustavu.

Radi boljeg razumijevanja valja istaknuti i porijeklo nastanka *Blockchaina*. Krenuo se koristiti u svrhu kriptovalute Bitcoin osnovanu 2008. godine, danas jako dobro poznate svima. Prvenstveno korišten u financijskom sektoru radi ušteda i smanjenja troškova. *Bitcoin* je korištenjem *Blockchaina* eliminirao potrebu za središnjom bankom jer se postigao sigurne transakcije digitalnog novca i na taj način je potignuta potpuna decentraliziranost.

U *blockchain-u* svaki čvor ima potpunu evidenciju podataka koji su pohranjeni na *blockchain-u* od njegovog početka. Za *Bitcoin* su podaci cijela povijest svih *Bitcoin* transakcija. Ako jedan čvor ima pogrešku u podacima, on može koristiti tisuće drugih čvorova kao referentnu točku da se ispravi. Na taj način niti jedan čvor u mreži ne može mijenjati podatke koji se u njoj nalaze. Zbog toga je povijest transakcija u svakom bloku koji čine *Bitcoinov Blockchain* nepovratna (Conway 2021). *Blockchain* osigurava da podaci budu efikasnije korišteni ne samo od strane određene organizacije, nego svim partnerima u sustavu. Jedino na taj način se postiže transparentnost i integritet podataka.

Prema Bolanča i Pavlović (2018) osnovne značajke *blockchaina* su:

- Uobičajeno je da je sustav koji koristi „*Blockchain*“ izgrađen prema modelu ravnopravnih partnera („*peer-to-peer*“).
- Sustav je u potpunosti decentraliziran, nema potrebe za središnjim autoritetom.
- Svaki novi zapis je u gotovo realnom vremenu distribuiran između mnoštva čvorova.
- U svrhu identifikacije sudionika u sustavu, potvrde identiteta, dokazivanja autentičnosti i u nekim slučajevima iskorištavanja prava za čitanje/pisanje koristi se kriptografija.
- Čvorovi sustava mogu dodavati podatke u „*Blockchain*“.
- Čvorovi sustava mogu čitati podatke iz „*Blockchaina*“
- „*Blockchain*“ ima razvijen mehanizam koji onemogućuje promjenu nad podacima koji su jednom upisani u „*Blockchain*“ ili u najmanju ruku omogućuje lako otkrivanje promjene na podacima

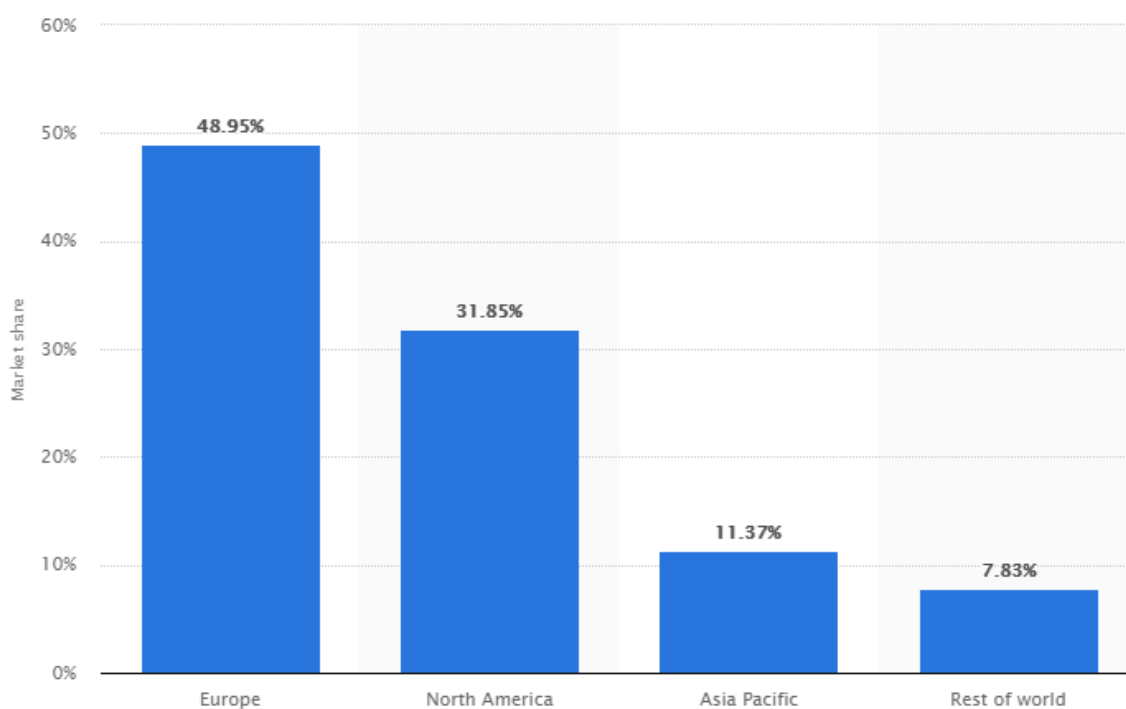
Činjenica je da će električni automobili u nekoj mjeri omesti prijevoznički sektor. Elektrifikacija automobila svakako bi mogla ponukati razvoj i ostalih prijevoznih sredstava u smislu implementacije sličnih tehnologija i rješenja. Prema Martinu Thomasu (2020) Kina želi da petina od njezine 35 milijuna godišnje prodaje vozila budu električni automobili do 2025. Indija razmatra dramatične planove da elektrificira sva vozila do 2032. godine. Velika Britanija se obvezala zabraniti prodaju novih benzinskih i dizelskih vozila do 2040. godine, a Škotska do 2032. Klasično punjenje goriva na benzinskim crpkama kakvo je danas rašireno, bit će stvar prošlosti i ljudi će imati punionice u kućama, trgovačkim centrima, uredskim parkiralištima itd. Transformacija tržišta energije će to ubrzati, promijenit će se dobavljači energije, odnosno drugim riječima, stvarati će se interakcija između dobavljača i potrošača, tržišta koja su izvan centraliziranih i kontroliranih sustava.

Energija kao takva je roba, isto kao i bilo koji drugi proizvod, iako nema fizičkih trgovina. Energijom se trguje putem duboke mreže brokera, dobavljača, proizvođača, burzi, mrežnih operatora, agregatora itd. Takvi sustavi su često netransparentni, a *Blockchain* bi na tom planu

trebao donijeti velike promjene. Postoji takozvano *peer-to-peer* trgovanje bez intervencije treće strane i takve programe podržali su veliki europski komunalni divovi kao što su Enel SpA i RWE AG. Korištenjem takvih mjera trgovanja mogu se slati anonimne narudžbe u decentralizirani sustav kojem mogu pristupiti svi drugi trgovci, pa bi se na taj način smanjili troškovi bez prisustva klirinških kuća, brokera ili mjenjačnica. Nepovredivost i automatizam ugovora koji su sklopljeni preko *Blockchaina* omogućuju parterima, potrošačima povjerenje u mjerenju i naplati. Osim toga, uvođenje pametnih ugovora, koji su u suštini računalni kodovi pohranjeni na „*Blockchainu*“ koji imaju sposobnost izvršiti akcije u određenim okolnostima (temeljem rezultata obrade pristiglih podataka), trebali bi ulagačima nafte i plina povećati interes za poboljšanje lanca opskrbe i financiranja. (Bolanča i Pavlović 2018.)

Na slijedećoj slici prikazan je tržišni udio *Blockchaina* u energetskektoru po regijama.

Slika 9: Tržišni udio *Blockchaina* u energetskektoru po regijama



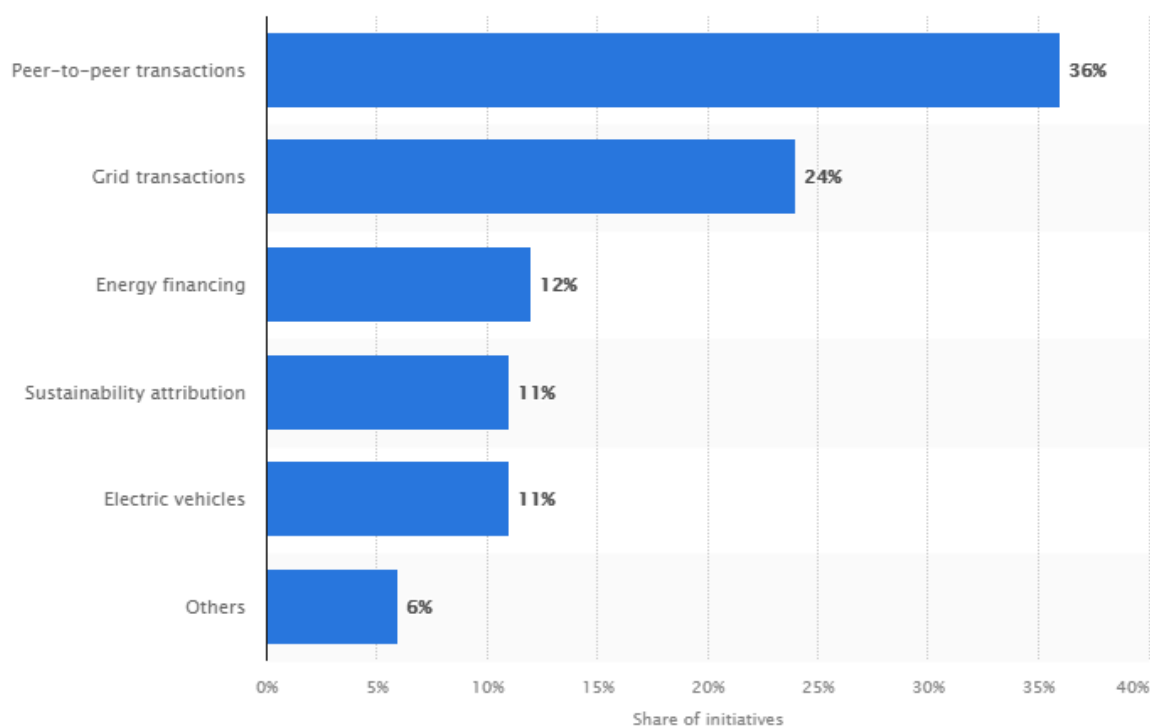
Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Kao što se može primijetiti na slici Europa prednjači u implementaciji *Blockchain* tehnologije sa malo manje od 50%, zatim slijedi sjeverna Amerika sa nešto više od 30% korištenja, dok Azija ima oko 11%, a ostatak svijeta manje od 10, točnije 7.83%. Velika europska poduzeća

poput BP plc i Royal Dutch Shell plc već prije nekoliko godina su najavila razvoj „Blockchain“ platforme za razmjenu i trgovanje robom, te je Njemačko ministarstvo za energetiku objavilo podršku u istraživanju potencijala *Blockchaina*. Prema Sabine Brink (2021) Shell je član osnivač *The Energy Web Foundation*, čiji je cilj ubrzati nisko-ugljični sustav orijentiran na kupca. Kao dio ovog pokreta, Zaklada je objavila priručnike otvorenog koda koji omogućavaju bilo kojoj energetskej imovini u vlasništvu bilo kojeg kupca da sudjeluje na bilo kojem energetskej tržištu. Zbog tih činjenica Europa je pionir i najveći korisnik *Blockchaina* u energetskej sektoru.

Iduća slika prikazuje distribuciju *Blockchain* inicijativa u elektroenergetskej sektoru diljem svijeta kroz ožujak 2017. do ožujka 2018. godine.

*Slika 10: Blockchain inicijative*



Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Kao što je vidljivo na slici ranije spomenute *peer-to-peer* transakcije su najviše zastupljene sa 36% korištenja pametnih ugovora. Mrežne transakcije slijede sa 24% što znači da te dvije inicijative u zbroju odnose čak 60% *Blockchain* inicijativa. Ostale poput financiranja energije, doprinos održivom razvoju i električna vozila i zauzimaju tek nešto više od 10%.

### 3.1.2. Internet stvari

Pojednostavljeno rečeno Internet stvari krilatica (IoT) može se definirati kao jedna poveznica između ljudi koji su povezani na digitalne mreže i uređaji povezani na internet kao što su tableti, pametni telefoni, računala u svrhu dijeljenja informacije, kupnje ili razgovora itd. Jedna od definicija glasi Internet stvari je mreža fizičkih objekata koji sadrže ugrađenu tehnologiju za komunikaciju i osjet ili interakciju s njihovim unutarnjim stanjima ili vanjskim okolišem. Kevin Ashton, Britanski tehnološki pionir je prvi pružio svijetu termin Internet stvari 1999. godine u nadi da će opisati sustav u kojem je internet povezan sa fizičkim svijetom putem općeprisutnih senzora. Senzori povezuju podatke s različitim oblicima i parametrima i mogu dijeliti podatke o svom unutarnjem stanju. Često se određene uređaje zbog takvih ugrađenih senzora smatra pametnim, a Internet stvari to povezuje u jednu cjelinu. Teoretski se sve može povezati putem Interneta stvari, tu se misli na predmete, a i na živa bića odnosno ljude. Pitanje koje se postavlja je zašto bi nešto povezivali, zapravo koja je svrha toga, koji je ishod. Galileo Galilei je jednom rekao „mjeri ono što se može mjeriti, a ono što nije, učini mjerljivim.“

Odgovor na pitanje zašto bi nešto bilo poželjno mjeriti se nameće u smjeru ograničenja ljudskog baratanja s velikim količinama podataka i praćenja više stvari odjednom. Na tom polju Internet stvari briljira i omogućuje minimalnu ljudsku intervenciju, smanjenje troškova i uvid u realno stanje potrošnje, kvarova itd. Nakon razvitka IoT koncepta, razvijeni su i novi termini u primjeni industrije, odnosno Industrijski internet stvari (IIoT), koji se često povezuje i dio je 4. industrijske revolucije.

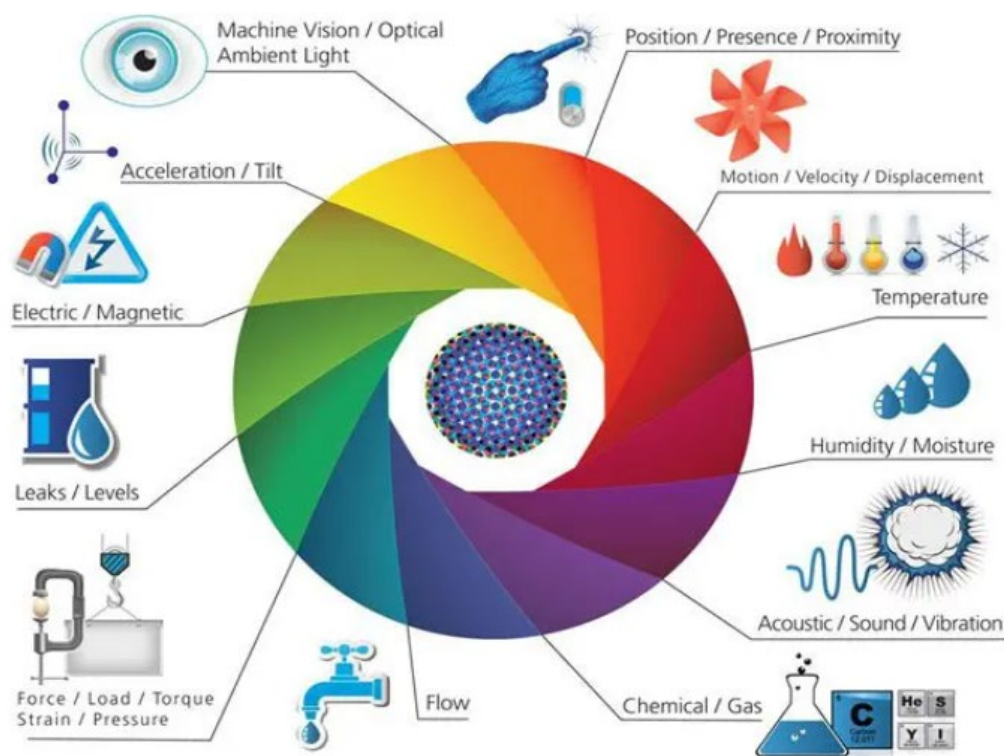
Prema Cicvariću (2016.) nekoliko je vrsta komunikacije u konceptu IoT:

- razmjena podataka između strojeva/uređaja (engl. *Machine-to-machine* – M2M)
- razmjena podataka strojeva/uređaja s ljudima (eng. *Machine-to-person* – M2P)
- razmjena podataka između ljudi (eng. *Person-to-person* – P2P)

Pretežno na spomen IoT uređaja razmišlja na razini pametnih brojila, pametni alarmni sustavi, fitness trekeri, pametni kućanski uređaji, a u poslu i industriji inteligentni sustavi zgrada, roboti, pametna ulična rasvjeta itd.

Na slici 11 mogu se vidjeti primjene senzora u raznim područjima .

Slika 11: IoT uređaji, primjena senzora



Izvor: [www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/](http://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/), pristupano 19.07.2021.

Kao što je vidljivo na slici mogućnost primjene IoT uređaja, odnosno senzora je stvarno beskrajna, dok je za ovaj rad najvažnija primjena u pozicioniranju, blizina, temperatura, određena curenja, ubrzanje i nagnjanje, pritisak, propusnost itd. Zapravo sve što je bitno u integraciji obnovljivih izvora energije, poput solara.

### 3.1.3. Pametna mreža

Pametnu mrežu se može definirati kroz omogućavanje dvosmjernog protoka električne energije i podataka, dok se pametno mjerenje nameće kao prvi korak. Pametne mreže dio su digitalne transformacije elektroenergetskog sektora i kao takve poznate su više od deset godina. Naravno ovdje veliku ulogu igraju analitika velikih podataka (*Big data*) i ranije spomenuti Internet stvari te pametna mreža koristi više tehnologija osim informacijskih. Pametna mreža je električna mreža koja omogućuje dvosmjerni protok električne energije i podataka s digitalnom komunikacijskom tehnologijom koja omogućuje otkrivanje, reagiranje i

djelovanje na promjene u upotrebi i višestruke probleme. Pametne mreže imaju sposobnost samoizlječenja i omogućavaju kupcima električne energije da postanu aktivni sudionici. Prelazak sa tradicionalnih električnih mreža na pametne potaknut je sa više čimbenika sa željom da se dobije decentralizirana (distribuirana energija), deregulacija tržišta energije, evolucija u mjerenju, promjene na razini otrošnje električne energije, promjena propisa, porast mikrogeneracije i izoliranih mikro mreža itd. Karakteristika pametne mreže koju valja istaknuti je sposobnost samoizlječenja, odnosno automatska detekcija i reakcija na probleme mreže i osiguranje brzog oporavka nakon određenih smetnji. Također, protok u dva smjera energije i podataka omogućuje informacije na dohvata ruke dionicima na tržištu električne energije na analizu zbog optimizacije, eventualnih problema i brže reakcije kad se pojave nove prepreke.

Poduzeće AllThingsTalk čiji je osnivač Tom Casaer navodi kako su česti zahtjevi od velikih igrača na polju energije i mreže da im pomognu riješiti povezivanje brojila i normalizaciju podataka što rezultira bržim i automatiziranim vođenjem. Pametna mreža se i dalje bazira na dvosmjerni prijenos podataka i električne energije, međutim, značenje pojma se proširilo s obzirom na široke mogućnosti i puno više tehnologija svrstanih u taj kontekst. To podrazumijeva Big data i naprednu analitiku, strojno učenje koje se upotrebljava za slanje podataka iz jedne do druge točke, primjerice od pametnih brojila do komunalnih poduzeća. Pametna brojila jedna od prvih inicijativa spomenutih prilikom inicijative pametne mreže sljedeća su faza u evoluciji koje je započela prije nekoliko desetljeća. Ono što također čini jednu od ključnih uloga u izgradnji pametne mreže je mikro mreža. Prema Elisi Wood (2020) mikro mreža je samodostatan energetski sustav koji služi diskretnom zemljopisnom otisku, poput fakultetskog kampusa, bolničkog kompleksa, poslovnog centra ili susjedstva. Mikro mreža raspolaže s jednom ili više vrsta raspodijeljene energije kao što su vjetroagregati, solarni paneli, generatori, kombinirana toplina i energija itd., također mogu sadržavati akumulator energije, to je obično baterija. Mikro mreža također omogućuje opskrbu energijom tamo gdje to nije moguće zbog geografske izoliranosti i preskupog spajanja na gradsku mrežu.

Mikro mreža može se definirati trima ključnim karakteristikama:

### **1. Mikro mreža je lokalna**

To znači da opskrbljuje energijom kupce u blizini i to ju razlikuje od centraliziranih mreža. Centralne mreže prenose električnu energiju na velike udaljenosti što dovodi do



gubitaka s obzirom na neučinkovitost, čak od osam do petnaest posto. Mikro mreža to prevladava jer generira energiju onima kojima služi.

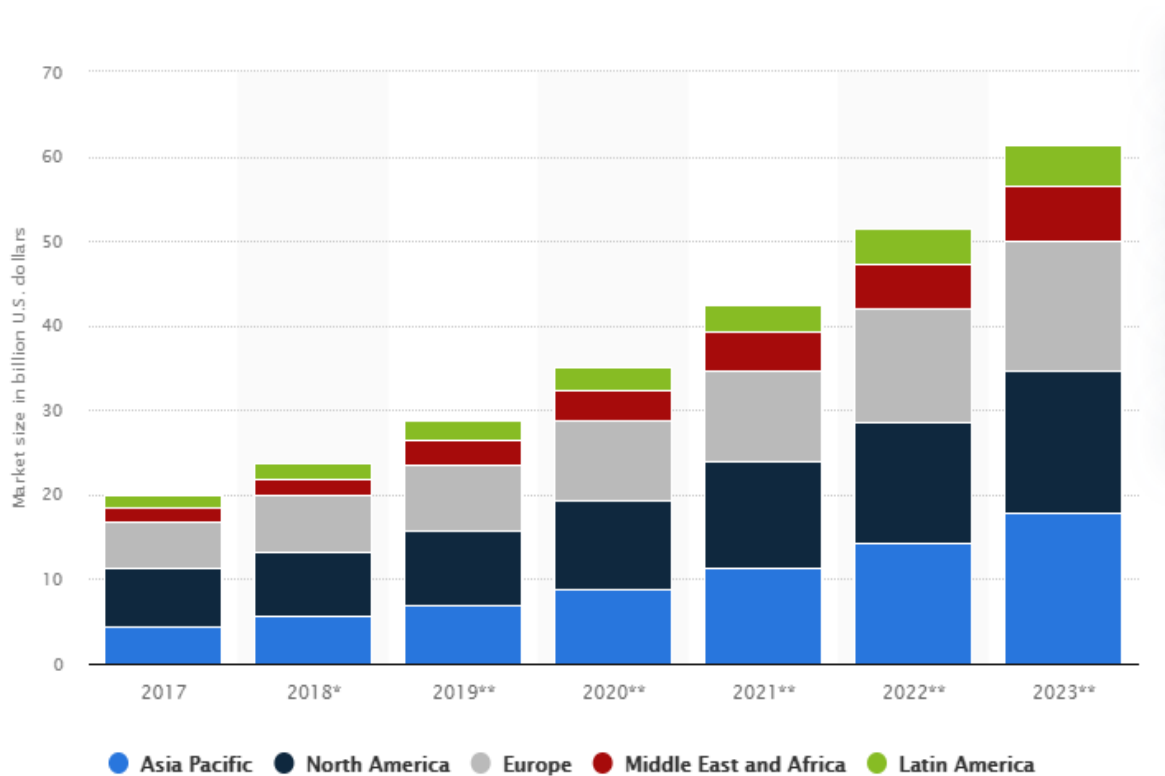
## 2. Mikro mreža je neovisna

Mikro mreža radi neovisno o središnjoj mreži pa joj to omogućuje napajanje kupaca onda kada nastupi oluja ili nekakav drugi oblik nesreće koji obično uzrokuje prekid rada električne mreže. Kilometarski dugi vodovi mogu biti onesposobljeni samo sa jednim padom drveta i automatski onemogućiti energiju čak i u nekoliko država.

## 3. Mikro mreža je inteligentna

Tu se prvenstveno misli na središnji mozak sustava, upravljač generatora, baterija i obližnjih energetske sustavima. Upravljač dirigira s više izvora kako bi maksimizirao ciljeve postavljene od strane kupaca mikro mreže, bilo da je to niža cijena, čišća energija bolja električna pouzdanost itd. Može se postići cjenovna efikasnost na način da se kupi električna energija iz središnje mreže kada je jeftinija, umjesto korištenja svoje energije iz solarnih panela i dati im priliku da se napune, pa nekada kada električna mreža postane skupa, mikro mreža može isprazniti svoje baterije.

*Slika 12: Tržišna vrijednost pametnih mreža po regijama do 2023. godine*



Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Kao što se može vidjeti na slici tržišna vrijednost pametnih mreža po regijama je u porastu, gdje je zamjetan trend povećanja udjela Azije i Latinske Amerike i Afrike. Tržište tehnologija pametne mreže neprestano je u porastu i očekuje se da će se globalno tržište utrostručiti i doseći oko 61 milijardu američkih dolara do 2023. godine.

Prednosti pametne mreže koje bi se svakako trebale istaknuti su:

- Brže obnavljanje električne energije nakon prekida napajanja
- Učinkovitiji prijenos električne energije
- Smanjena vršna potražnja, što će također pomoći nižim stopama električne energije
- Smanjeni troškovi rada i upravljanja za komunalne usluge, a u konačnici niži troškovi električne energije za potrošače
- Povećana integracija velikih sustava obnovljivih izvora energije
- Bolja integracija sustava za proizvodnju električne energije od vlasnika kupaca, uključujući sustave obnovljive energije
- Poboljšana sigurnost

Prema Michaelu Kanellosu (2011) procjenjuje se da bi implementacija potpuno funkcionalne pametne mreže moglo koštati od 338 do 476 milijardi dolara, dok bi korist mogla rezultirati vrijednošću od čak 1,2 do 2 bilijuna dolara. Studija napravljena od strane Electric Power Research Instituta (EPRI) navodi da bi modernizacija mreže mogla smanjiti emisije za 58% do 2030. godine u odnosu na baznu, osnovnu 2005. godinu. Eventualni nedostaci koji bi se mogli naglasiti su visoka cijena zbog zamjene analognih brojila s onim pametnim sofisticiranim, također nedostatak regulatornih normi za standarde za tehnologiju pametne mreže i nedostatak službene tehnološke dokumentacije.

Aktivni korisnici imaju važnu ulogu u komunalnom lancu energetske tvrtke i pametne mreže ne bi trebale samo smanjiti gubitke električne energije, već isto tako i imati više potrošača „pod kontrolom“ odnosno smanjenje neplaćenih računa. Decentralizacija je u suštini ništa drugo nego revolucija u generiranju, skladištenju i potrošnji energije. Sve više energije se pohranjuje na razne načine koji su bliži kupcu kojem je potrebna energija. Važna je sposobnost integriranja resursa i decentralizirana energija se odnosi na energiju koja je proizvedena bliže lokalitetu korištenja, umjesto slanja preko nacionalne mreže u nekom većem postrojenju. Prema Zhuangli Hu (2014) tradicionalni sustav napajanja ne može zadovoljiti potrebu spajanja velikog broja obnovljivih energetske izvora, stoga novi okviri i tehnologije moraju se koristiti kako bi se podržala energetska učinkovitost. Pametna mreža također podržava uštedu energije

kroz bolju učinkovitost korištenja resursa za proizvodnju energije, također putem bolje električne opreme s odazivom na potražnju sa pametnim brojilima koji bilježe podatke o potrošnji u stvarnom vremenu. Pametna mreža daje potrebne podatke za korisnike kao što je povijesna potrošnja i trenutna, emisije ugljičnog dioksida iz potrošnje, potražnja, temperatura okoliša te vlažnost i osvjetljenje. Svi ti podaci pomažu korisnicima da se prilagode, eventualno promijene koncept napajanja zbog poboljšane učinkovitosti sve u svrhu bolje interakcije i zelene uštede energije.

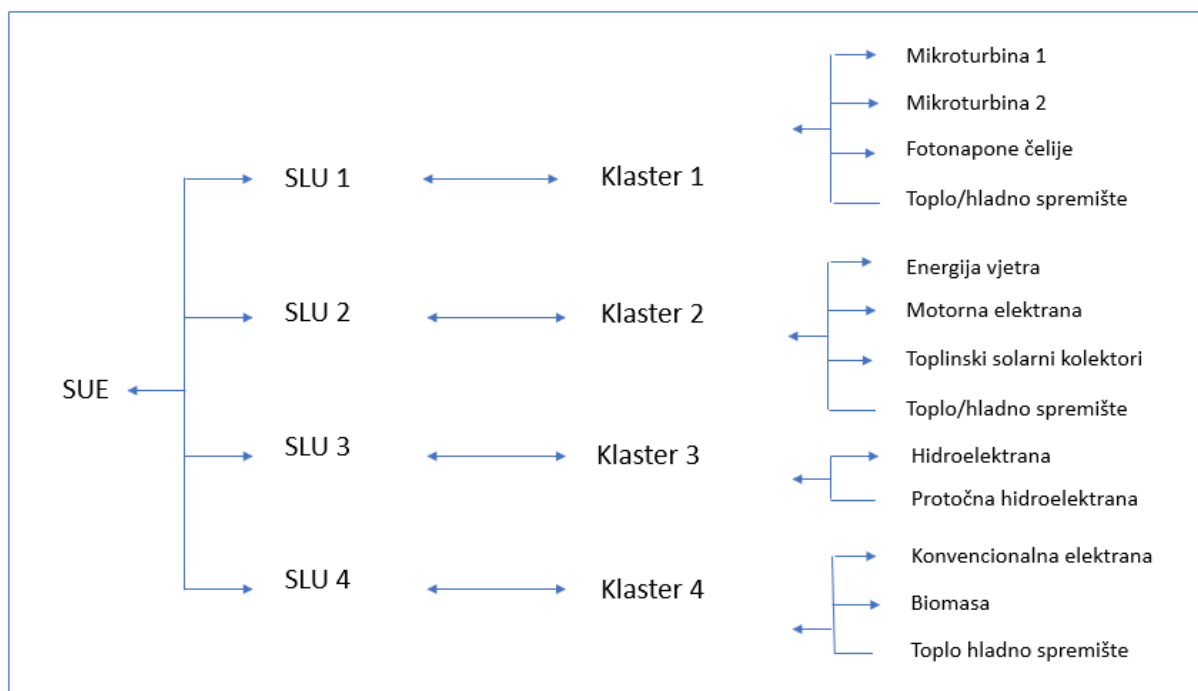
### **3.2. Virtualne elektrane**

Virtualna elektrana kroz rad na daljinu kombinira nekoliko neovisnih energetske izvora s različitim lokacija u mrežu koja pruža cjelodnevnu pouzdanu energiju. U pitanju je softverska tehnologija koje se pouzdaju u pametnu mrežu. Može se reći da je cilj virtualne elektrane rasterećenje mreže pametnom raspodjelom snage koje generiraju pojedine jedinice tijekom vršnog opterećenja. Kombinirana proizvodnja i potrošnja energije umreženih jedinica virtualne elektrane trguje se na razmjeni energije. Naravno da jedan sustav ili jedna kućna baterija ne može obavljati posao na razini elektrane, ali nekoliko tisuća ili milijun bi to svakako mogli. Solarni paneli ne stvaraju energiju noću te mreža s više vremenski ovisnih obnovljivih izvora će imati veću varijabilnost. Tim rečeno traži se rješenje za pohranu tog viška energije kako bi mreža bila uravnotežena i brinula o dostupnosti energije kada je potrebno. Spajajući velike količine pojedinačnih baterija iz kućanstava dobiva se trenutna injekcija energije u sustav kako bi se riješio problem neravnoteže frekvencije i napona, lokalni poremećaji i istovremeno mreža održala stabilnom. Za sudjelovanje kućanstva se nagrađuje i to pretežno preko izravnih plaćanja ili nekih oblika kredita. Fokus je na solarnim baterijama od kućanstava, ali naravno, može se referirati i na energiju iz širokog portfelja energetske sredstava ili generatora.

Ono što je neophodno jest decentraliziranost jedinica da njima može upravljati i regulirati centralna jedinica zvana Sustav upravljanja energijom, akronim SUE vidljivo na slici 12. Također sustav upravljanja energijom se može podijeliti na manje komponente koji se zovu Sustavi lokalnog upravljanja, akronim SLU. SLU pokreće i regulira svoj klaster i može preuzeti na sebe dio aktivnosti SUE. Klaster kao takav je odvojen od mreže srednjeg napona gdje je priključeno malo srednjih potrošača. Uporabom kogeneracijskih energetske jedinica se može efikasnije integrirati obnovljivi izvori energije u smislu virtualne elektrane.

Slika broj 13 prikazuje primjer konfiguriranja virtualne elektrane.

*Slika 13: Primjer konfiguracije virtualne elektrane*



Izvor: Izrada autora prema Dielmann, K., and A. van der Velden, 2003., “Virtual Power Plants (VPP)—A New Perspective for Energy Generation?”

Prema K. Dielmann ; A. Van der Velden (2003) kriteriji koji se ispituju za istraživanje egzogenih čimbenika za uporabu virtualne elektrane su sljedeći:

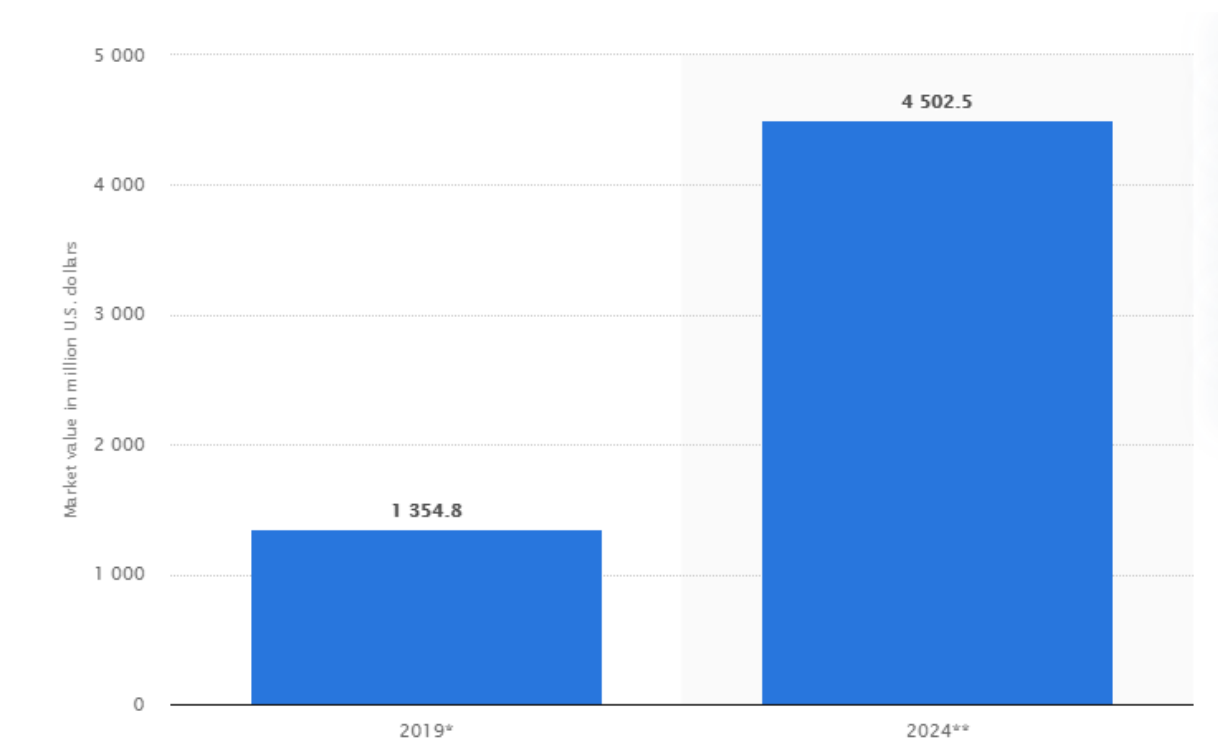
- Razvoj SUE-a kako bi se postigao maksimalni omjer iskorištenja;
- Pouzdana proizvodnja električne energije, topline i energije za hlađenje;
- Korištenje obnovljivih izvora energije;
- Zahtjevi za spajanje električne mreže virtualne elektrane;
- Troškovi proizvodnje proizvedene energije u virtualnoj elektrani;
- Emisija stakleničkih plinova (usporedba CO<sub>2</sub>).

Prema Łukasz Nikonowicz, Jarosław Milewski (2012) dobro dizajnirana struktura virtualne elektrane može eliminirati:

- nesigurnost predviđanja proizvodnje energije;
- novčane kazne za neuravnoteženost;
- nedostatak malih proizvođača energije na tržištu – ima mjesta za male igrače;
- probleme s tržištem CO<sub>2</sub> ;
- visoke troškove upravljanja.

Slika broj 14 prikazuje tržišnu vrijednost elektrana od 2019. godine sa projekcijama do 2024. godine.

*Slika 14: Globalna tržišna vrijednost virtualnih elektrana od 2019.-2024. godine*



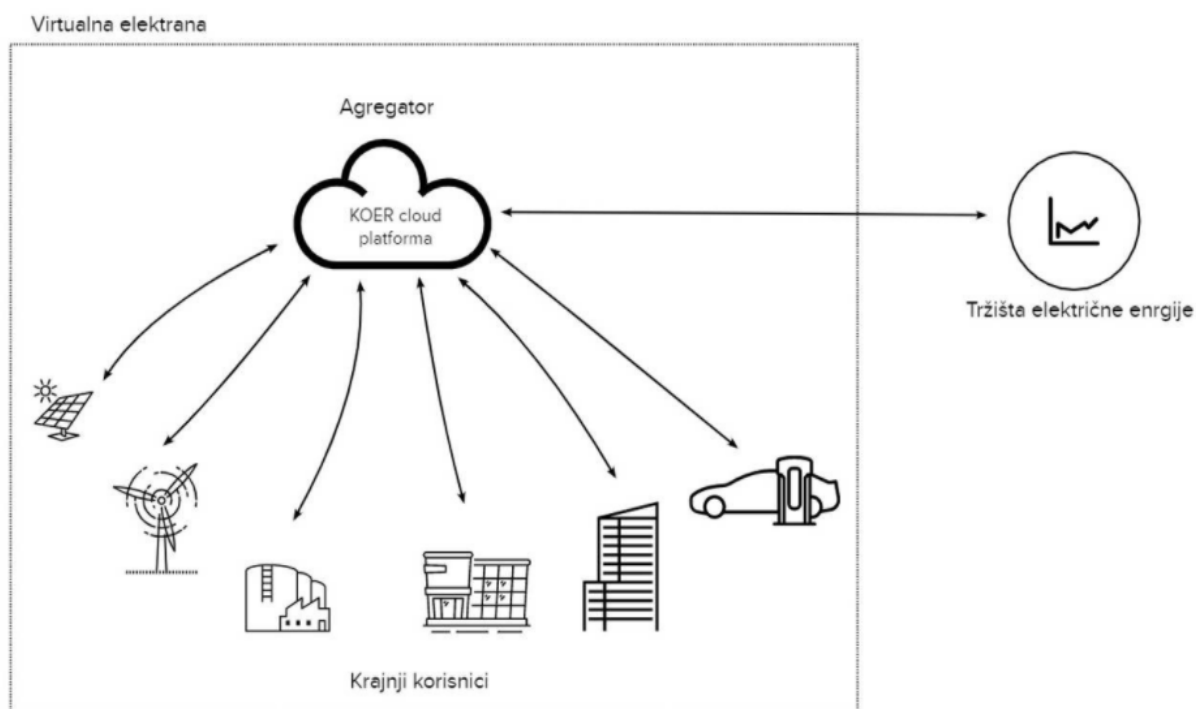
Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Primjetno je na slici više od trostruko povećanje globalne tržišne vrijednosti virtualnih elektrana u periodu od 2019. do 2024. godine. Kroz 5 godina očekuje se rast s procijenjenih nešto više od 1,3 milijarde američkih dolara vrijednosti na približno 4,5 milijardi u 2024. godini, te će vjerojatno sjevernoameričko tržište dominirati tijekom ovog razdoblja, a Sjedinjene Države su primarno tržište.

Samoborska tvrtka KOER u suradnji sa partnerima pustila je u pogon prvu hrvatsku virtualnu elektranu i prema njima ona je domaći visokotehnološki proizvod koji omogućuje korisniku u poslovnim zgradama, hotelima, trgovačkim centrima, bolnicama, podatkovnim centrima itd. spajanje te manipulaciju potrošnje energije bez utjecaja na komfor. Ako je prisutna mogućnost upravljanja ili komunikacijska oprema na postrojenju, tada iznos ulaganja može biti minimalan i on se često bazira na ugradnju KOER-ova komunikacijskog ormara. Virtualna elektranu može baratati sa kapacitetima od 100 kW pa sve do nekoliko megavata i sami prihodi ovise upravo o kapacitetima. Poduzeće ima potpisano nekoliko ugovora sa velikim tvrtkama te će ubrzo postati prva virtualna elektranu na području Hrvatske. (Vitas 2021.)

Na slijedećoj slici može se vidjeti na koji način funkcioniра koncept virtualne elektrane gdje KOER djeluje kao agregator preko kojeg se šalje višak električne energije na njihovu cloud platformu ili obratno.

*Slika 15: KOER-ov koncept virtualne elektrane*



Izvor: [www.koer.com](http://www.koer.com), pristupano: 10.08.21.

Još jedan primjer virtualne elektrane jest Statkraft virtualna elektrana koja je bila prva i najveća te vrste u Europi 2012. godine kada je osnovana i raspolaže sa oko 1300 vjetroelektrana, 100 proizvođača solarne energije, 12 elektrana na biomasu i 8 hidroelektrana. Proizvodi eenergiju ekvivalentu 10 nuklearnih reaktora odnosno više od 10 000 mega watta što je čak više od dvostruko više u odnosu na najveću Njemačku elektranu na ugljen Neurath. Trenutačno uvode i nove virtualne elektrane u Velikoj Britaniji, Francuskoj i Turskoj. Prema Baderu (2018.) kombiniraju brojne vremenske prognoze i povezuju sa statističkim modelom sa posebnim upozorenjima za izvanredne vremenske uvjete kao što su oluje. Digitalna platforma obrađuje analizira preko 50 tisuća podatkovnih točaka u minuti. Razvijaju se i algoritmi koji automatizmom prodaju energiju na energetskim tržištima u svrhu smanjenja rizika za kupce i povećanje povrata. Ako bi se dogodio nagli pad tržišne cijene ili ograničenje, tada se u mreži može smanjiti stopa proizvodnja elektrane što daje elektrani mogućnost uravnoteženja

proizvodnje energije u virtualnom stvarnom vremenu. Na taj način se nezavisni dobavljači energije prilagođavaju u smislu proizvodnje prema zahtjevima tržišta i ograničava višak proizvodnje i negativne cijene. Ono što je cilj i svrha virtualne elektrane jest integracija industrijskih potrošača i pružanje decentraliziranog rješenja za skladištenje.

### **3.3. Prednosti i nedostaci digitalizacije**

Svakako se prednosti digitalizacije mogu ogledati u održavanju stabilnosti i pouzdanosti mreže, gdje energetska sredstva i industrijska opterećenja u realnom vremenu pružaju preciznost kod reguliranja frekvencija i odgovor na potražnju. Također, nadgledanje mreža i prepoznavanje točke kvara može pružiti prednost poduzećima kroz softver i pohranu, te bi se digitalne tehnologije koje su primjenjene na prijenosnu mrežu, mogle proširiti na distribucijsku. Nadalje, optimizacija i prognoza proizvodnje energije kroz predviđanje proizvodnje energije vjetrova i sunca pruža priliku kratkog vijeka digitalnih tehnologija za omogućavanje bolje integracije obnovljivih izvora energije. Veća kontrola potrošača svakako pruža još jednu prednost digitalizacije. Kućni sustavi za proizvodnju energije kao što su krovni solarni paneli povezivanjem s pametnim upravljanjem energije, vlasnicima bi pružilo integraciju u lokalne mikro mreže ili blockchain programe.

*Bloomberg New Energy Finance* (BNEF) procjenjuje da bi danas godišnji prihod od digitalizacije energije mogao iznositi 54 milijarde američkih dolara, više od polovice prihoda od prodaje tehnologije za poboljšanje poslovanja i održavanja fosilnih goriva. Do 2025. godine, to će se povećati na 64 milijarde dolara, zahvaljujući "značajnom rastu prodaje pametnih brojlara i rješenja za upravljanje kućnom energijom sa kombiniranih 22 milijarde u 2017. na 36 milijardi u 2025."

Kao nedostatke treba istaknuti relativno slabu mogućnost prilagodbe starije populacije s obzirom na brzu stopu promjene. Tehnologija se mijenja doslovno iz dana u dan i starijim ljudima je to teško pratiti i prilagoditi se. To bi moglo stvarati dodatan stres i određen loš psihološki utjecaj. Digitalizacija odnosno podaci koji su pohranjeni na *cloud* skloni su hakerskim napadima. Podaci koji su preuzeti mogu biti krivi i loši i nužna je stalna revizija jer modeli strojnog učenja su jako osjetljivi na loše podatke. Česta provjera podataka je nužna kako bi se osiguralo da algoritmi ostanu dobri tijekom vremena. Također, treba ulagati puno sredstava u digitalizaciju, stoga bi takvi poduhvati bili teški za izrealizirati državama s niskim stopama rasta BDP-a i velikom zaduženošću.

## **4. Načini primjene umjetne inteligencije u elektroenergetskom sustavu i konkretan primjer STEM Athena**

### **4.1. Prognoza cijene i potrošnja električne energije**

Svrha prognoze opterećenja jest svakako predviđanje opterećenja da bi se moglo unaprijed planirati. Prognoza je veoma važna za energetske tržište i drugim sudionicima na tržištu zbog boljeg planiranja transakcija i strategija ponuda. Ono što je bitno razaznati jesu određeni faktori koji utječu na opterećenja. Meteorološki faktori, ekonomski uvjeti na nekom području te vremenski faktor u smislu godišnjih doba, doba dana itd. Primjerice ljeti se smanjuje opterećenje zbog većeg broja sati danjeg svjetla. Prema Čosić (2014) kod predikcije potrošnje izbor faktora je jako bitan jer premalo parametara može dati premalo informacija za dobru prognozu, dok previše parametara daje istu informaciju na razne načine pa se bespotrebno povećava dimenzija prostora pretraživanja i vrijeme izračuna buduće potrošnje.

Prema Klešić (2018) faktori koji se koriste za predviđanje cijene električne energije mogu se grupirati na sljedeći način:

- Vrijeme: sat u danu, dan u tjednu, mjesecu, godini i posebni dani,
- Pričuva: povijesna ili predviđena,
- Cijena: povijesna cijena,
- Opterećenje: povijesno ili predviđeno. Promjene opterećenja mogu utjecati na cijenu,

ali i promjena cijena na opterećenje. Zbog toga se predviđanje cijene i opterećenja promatra u istom modelu,

- Cijena goriva.

Pretežno se predviđanje bazira na kratkoročnoj prognozi potrošnje zbog sve veće stope decentraliziranosti energetske sustava. Samim time je sve više nepoznatih varijabli i teža procjena. Prognoza također pomaže u detekciji eventualne veće potrošnje od proizvodnje što rezultira prejakim padom napona i određene probleme s održavanjem stabilnosti sustava. U suprotnom, ako je potrošnja manja od proizvodnje tada se beskorisno proizvodi energija i proizvođač ima gubitke. Ukoliko postoji u sustavu regiranje na potražnju tada bi kratkoročno prognoziranje moglo biti još korisnije s obzirom da se onda potrošnja može odgoditi u periodu kada je cijena niža, primjerice večernje pranje odjeće ili posuđa. Tada potrošač ujednačuje



potrošnju i snizuje odstupanja u kritičnim, odnosno vršnim satima potrošnje energije. Cijena električne energije se referira na tržišnu cijenu poravnivanja (eng. MCP- *market clearing price*), drugim riječima ponuda je i mora biti jednaka potražnji. Postoji nekoliko metoda prognoze potrošnje električne energije, a to su metode kratkoročnog, srednjeročnog i dugoročnog prognoziranja. Ono s čime se ovaj rad bavi je kratkoročno prognoziranje i tu spadaju neuronske mreže. Pretežno proučavana literatura za prognozu cijene električne energije koristi ranije spomenute algoritme s umjetnom inteligencijom odnosno umjetne neuronske mreže. Prema Klešić (2018) umjetna neuronska mreža analiza ostvaruje vezu između cijene električne energije i uzročnika promjene cijene. Ukoliko ne postoji zagušenje u mreži, tržišna cijena će vrijediti za cijelo tržište, a u suprotnom dolazi do formiranja cijene poravnivanja za neke zone ili lokacije.

Prema Tačković i Boras (2008) temeljni cilj kratkoročnog prognoziranja opterećenja je:

- da osigura predviđanje opterećenja za funkcije planiranja temeljne proizvodnje,
- za procjenu sigurnosti djelovanja elektroenergetskog sustava i
- za povremene informacije dispečerima.

Pretežno se prognozira dan unaprijed, makar je moguće i do sedam dana unaprijed, takvo prognoziranje se ne preporuča zbog kumulativnih pogrešaka. Svaka prognoza će imati pogrešku koja je referira na stvarno opterećenje, a prognoziranje na duže razdoblje imat će zajedničke pogreške koje kroz vrijeme daju nepreciznost prognoziranju. Također jedan od razloga ne provođenja prognoze duže od sedam dana jest dostupnost prognoze temperature. Meteorološke stanice rijetko rade satnu prognozu za toliko unaprijed, čak i kada je ima tada nije vjerodostojna.

Prije nego što se krene u izradu umjetne neuronske mreže i obrade podataka umjetnu mrežu je potrebno naučiti odnosno trenirati. Znanje o obradi podataka pohranjeno je implicitno u težinama veza između neurona. Težine se prilagođavaju kroz postupak učenja neuronske mreže sve do trenutka kada je izlaz iz mreže, provjeren na skupu podataka za testiranje, zadovoljavajući.

Prilikom izrade dizajna umjetne neuronske mreže za kratkoročnu prognozu opterećenja definirani su slijedeći parametri prema Feinberg, E.A., Genethliou (2006)

$$L = L_n + L_1 + L_s + L_r,$$

gdje  $L$  predstavlja ukupno opterećenje sustava, zatim  $L_n$  predstavlja normalni dio opterećenja određeno standardiziranom krivuljom opterećenja za svaki tip dana u bilo kojem dijelu godine.  $L_1$  je meteorološki promjenjivi dio opterećenja koji je strukturno povezan s godišnjim dobima u godini.  $L_s$  predstavlja posebne događaje slučajnog karaktera, neuobičajenim sa jakim odstupanjem od klasičnog ponašanja krivulje opterećenja. Na kraju je  $L_r$ , potpuno nasumični uvjet koji predstavlja bijeli šum.

Može se složiti puno modela za prognoziranje cijena, Tačković i Boras (2008) koristili su model sezonske umjetne neuronske mreže i model višestrukog prognoziranja dana. Može se napraviti pojedinačni model za svaki od godišnjih doba. Predviđanje cijena električne energije važno je pitanje za ekonomsku učinkovitost i likvidnost tržišta električne energije ( Weron 2014).

## 4.2. Istraživanje i razvoj fosilne energije

Ljudima je teško kontrolirati, odnosno pregledavati i popravljati kotlove od elektrana, a s obzirom da su najvažniji dio elektrane Ured za upravljane fosilnom energijom i ugljikom razvija robote koji koriste umjetnu inteligenciju kako bi oni izvršili pregled zidova peći kotlova u stvarnom vremenu. Ukoliko se pronađe pukotina tada mogu upravljati uređajima za popravak i ujedno ga odmah i izvršiti, te pomoću umjetne inteligencije pružiti analizu podataka i autonomiju.

Još jedan od načina za primjenu umjetne inteligencije u fosilnoj energiji otkrivanju emisija metana jer metan kao takav zadaje sve veću brigu u industriji nafte i prirodnog plina. Poznati je staklenički plin i kada je prisutan u velikim količinama u nafti i plinu smatra se izgubljenim proizvodom. U nadi za suzbijanje emisija, razvija se pametan sustav koji je zadužen za otkrivanje emisija metana. Curenje će otkrivati na način tako što će se pasivni optički podaci upariti sa AI algoritmima. Taj isti sustav će se montirati na dronove odnosno bespilotne letjelice, što daje još pouzdaniju metodu otkrivanja curenja metana.

Postoje i modeli koji predviđaju produktivnost naftnih i plinskih bušotina nakon hidrauličkog loma. Umjetna inteligencija u ovom polju se koristi kako bi se predvidjelo koliko se nafte i

plina može izvući iz određenog bazena. Ona služi za predviđanje performansi bušotine prije bušenja i za osmišljavanje više skupova podataka. Takvi modeli uvelike mogu pomoći proizvođačima optimizirati proizvodnju nafte i plina te na koncu smanjiti otpad. Ured za upravljanje fosilnom energijom i ugljikom razvio je inicijativu strojnog učenja bazirano na znanosti za ubrzavanje odluka u stvarnom vremenu zvana SMART-CS kako bi odgovorili na sporu obradu podataka i pohranili ugljični dioksid u podzemlje. Takva inicijativa kroz primjenu strojnog učenja i umjetne inteligencije pruža superiornije upravljanje rezervoarima zbog bržeg donošenja odluka. Razvija se vizualizacija u realnom vremenu i pruža mogućnost predviđanja i okruženja za virtualno učenje. Na taj način skladište geološkog ugljika dobiva na sigurnosti i regulatori mogu imati više povjerenja te prevladati skupe neučinkovitosti. Algoritam dubokog učenja u industriji nafte i plina pomaže u obradi ogromne količine podataka i postizanju najboljih performansi s velikom količinom podataka.

### **4.3. Obnovljivi izvori energije**

Ono u čemu će umjetna inteligencija biti ključna kod razvitka obnovljivih izvora energije jest usklađenost ponude i potražnje, unatoč poznatoj nepredvidljivosti kroz razvoj i implementaciju strojnog učenja i algoritama. Proizvodnja energije koja se odvija preko obnovljivih izvora zahtijeva određenu prognozu prije proizvodnje o tome kako će vremenske prilike djelovati na vjetroturbine i solarne panele. Potrebni su ažurirani podaci o potrošnji i tržišnoj cijeni električne energije. Strojno učenje se primjenjuje na satelitskim snimkama i klimatskoj fizici te uvelike može pomoći u postizanju željene neutralnosti. Da bi se povećao udio obnovljivih izvora energije u energetsom miksu, nužno je da izlazni podaci budu predvidljivi kako bi operateri znali koliko je energije potrebno „upumpati“ u sustav, odnosno koliko je pohraniti za potražnju u budućnosti. Primjerice u poduzeću Open Climate Fix čiji je osnivač Jack Kelly, navodi da je njihov primarni cilj predviđanje proizvodnje energije solarnih panela kroz predviđanje oblačnosti, tako da analizirane satelitske snimke su u gotovo stvarnom vremenu. Satelit svakih pet minuta snima na dvanaest različitih kanala, zatim kroz ta očitavanja satelita se podaci unose u različite modele strojnog učenja da bi se otkrilo koliko će energije biti proizvedeno u skoroj budućnosti. Velika Britanija je poznata po korištenju metoda dubokog učenja koji je dio strojnog učenja za predikciju utjecaja vremena na vjetar i solarnu energiju. Prema Glover (2020) stotine trafostanica postavljenih diljem zemlje su zapravo čvorišta koja su poveznica za distribuciju i povezivanje energije. Za svaku od stanica može se voditi zaseban

model gdje će se jedan prilagoditi jako sunčanom, a drugi zimskom danu.

Ranije spomenuta pametna brojila i njihova instalacija omogućuje slanje podataka o potražnji pružateljima komunalnih usluga pa se ti podaci mogu lako apsorbirati kroz algoritme i slati po satu da bi se predvidjelo opterećenje mreže i uvidjele navike potrošnje. Sa napretkom umjetne inteligencije dobiva se uvid u ponašanje obnovljivih izvora energije te se zbog toga može učinkovitije kontrolirati i ostale elektrane, poput onih na ugljen jer im je potrebno neko vrijeme za povećanje.

Umjetna inteligencija je sposobna istog trenutka riješiti kvarove u sustavu kako ne bi došlo do lančane reakcije. Primjerice u slučaju otkaza jedne elektrane, očekuje se nagli skok u opterećenju ostalih elektrana što dovodi do usporenog rada generatora i smanjenja frekvencije. U slučaju pada frekvencije ispod granične vrijednosti može se zahtijevati od operatora da obustavi dijelove mreže da bi se održala stabilnost sustava. Donošenje odluka u djeliću sekunde od strane algoritama daje sposobnost poduzimanja odgovarajućih, pravodobnih i automatiziranih protumjera.

Sa ekonomskog aspekta uvijek je ključno gledati financijsku održivost projekta pa se danas na to pitanje može odgovoriti vrlo brzo uz korištenje umjetne inteligencije. Podaci koji su dostupni trebaju biti provjereni kako bi se identificirali potencijalni rizici vezanih za projekt. Jedno britansko poduzeće ENIAN bavi se upravo time, softverska tvrtka koja ima jednu od najvećih baza podataka o projektima obnovljive energije. Ono što softver nudi je prepoznavanje slika i napravljen je model algoritma koji je obučen za prepoznavanje, odnosno identificiranje vjetroturbina. Predviđanje troškova samo je jedan od benefita umjetne inteligencije u obnovljivim izvorima, a ranije spomenuto prepoznavanje preko algoritamskog modela daje skupove podataka koji opisuju udaljenosti do najbliže trafostanice, sredstva za proizvodnju u tom području i pokazatelje o učinkovitosti te iste imovine.

Prema Mortieru (2020) podaci također mogu otkriti sunčevo zračenje i brzinu vjetra za potencijalna mjesta, isto tako i optimalnu procjenu rute za povezivanje proizvodnog objekta s mrežom. Time se mogu napraviti brzi i pouzdani modeli, odnosno uvid u prinose solarne i vjetroelektrane. Algoritam izbacuje model novčanog toka koji sugerira je li projekt vrijedan pažnje, drugim riječima isplati li se i dalje njime baviti. Tržišta poput srednje Azije nudi veliki potencijal za korištenje vjetro i solarnih elektrana, međutim o tim lokacijama i njihovim električnim mrežama se veoma malo zna, a podaci koji su dostupni su stari i u frakcijama. Sa takvim softverima takva područja se mogu skenirati i dati uvid što se tamo nalazi i gdje su točke međusobnog povezivanja, kapaciteti i tko je vlasnik bez uplitanja treće strane.

Strojno učenje može se koristiti i u planiranju hidroenergije. Model umjetnih neuronskih mreža koristi se za mapiranje ulaznih podataka za cijenu i priljev direktno u optimalne obrasce potrošnje. Prema Bordin, Skjelbred, Kong i Yang (2020) modeli umjetne neuronske mreže mogu dodati svakodnevne hidrološke modele usmjeravanja za simulaciju ispuštanja iz brana i ta tehnika se također koristi za modeliranje oborinskog otjecaja i savladavanje izazova povezanih s nelinearnostima modela. Ono što je krajnji cilj jest predvidjeti tok rijeke i upravljanje vodnim resursima s alatom koji pomaže da spremnik radi ispravno čak i u slučaju ekstremnih vremenskih uvjeta poput suša i poplava.

Prema Cornelissenu (2020) sustav umjetne inteligencije može upozoriti kada je potrebno zamijeniti dijelove turbina i sprječava da vjetroturbine budu jedna drugoj u sjeni. Projekt Smartwind nudi napredni alat za optimizaciju rada i održavanje vjetroelektrana te sa Sveučilištem u Bochumu fokusira na implementaciju umjetne inteligencije. Sustav nudi nadzor tehničkih komponenti turbina, a mjerni podaci koriste se za utvrđivanje kvarova na komponentama. Softver prepoznaje specifične vibracije ili dijelove koji se pregrijavaju kao određen simptom potencijalnog oštećenja, samim time tehničar ne mora stalno izlaziti na teren radi popravaka što dovodi do ušteda na putnim troškovima. Vjetar puše iz različitih smjerova tako da jedna turbina ne smije smetati drugoj, onoj koja je iza nje, sustav umjetne inteligencije može iskalkulirati kako se turbine moraju rotirati da bi što manje smetale jedna drugoj.

Kako bi se postigla ugljična neovisnost mreža mora biti puno pametnija i trebala bi se prilagoditi na različite uređaje za proizvodnju energije koji ju troše i ovdje umjetna inteligencija nalazi svoj potencijal, a njezina sposobnost osiguranja stabilne mreže je od velike važnosti s obzirom na sve veći priljev obnovljive energije u mrežu.

## **4.4 Neobnovljivi izvori energije**

Prema Song (2017) i izvučenim podacima u 2017. godini pokazalo se da 31 država svijeta ima 447 nuklearnih elektrana ukupne instalirane snage veće od 390 GW te je više od 60 nuklearnih elektrana bilo u izgradnji sa dodatnih 160 jedinica. Nuklearna energija daje i može oplemeniti svoj doprinos u opskrbi niskougljičnom energijom za industriju 4.0, a industrija 4.0 stoga ima mogućnost reformirati tu industriju. Pošto je nuklearni sustav kao takav jako složen, logično je za očekivati kvarove u instrumentima, opremi ili procesima elektrane što može imati značajan utjecaj na performanse i sigurnost. Primjerice u Černobilu su se dogodile pogreške u

ispitivanju turbina koje su prouzročile najgoru nesreću povezanu s nuklearnom energijom ikada.

Lu et al. (2020) navode kako tehnologija umjetne inteligencije može superiornije otkrivati kvarove opreme, smanjiti pritisak na ljudske resurse i poboljšati integraciju informacija o nuklearnoj mreži. Ono što je također moguće prema Xia i sur. (2014.) je sustav nadzora distribucije energije reaktora u 3D realnom vremenu. Ono sa čime se nuklearne elektrane susreću u današnje vrijeme su tri ograničenja odnosno izazova: razne greške, nedovoljna automatizacija i jako veliko opterećenje reaktora. Rano otkrivanje grešaka i kvarova je ključno i tu umjetna inteligencija prosperira u odnosu na tradicionalne metode odlučivanja. U nuklearnim elektranama i dalje nije postignuta potpuna automatizacija, međutim na bazi dubokog učenja razvijen je algoritam koji izvršava analizu na većini sustava i ostvariti visoku stopu autonomnog upravljanja na devet sigurnosnih funkcija i na taj način upravljati sigurnosnim sustavom. Zbog takvog načina upravljanja dovode se u pitanje nove prijetnje i izazovi u smislu neučinkovitih mjera za zaštitu informacija sustava tijekom životnog ciklusa podložnog raznim napadima.

Često ljudi pod stresom reaguju na način koji inače ne bi; pravu odluku u okruženju gdje se javljaju alarmi iz više različitih sustava otežavaju posao operateru u donošenju ispravne odluke i stvaraju mu veliko opterećenje. Tijekom godina nuklearne elektrane su postupno postale digitalne, ali digitalna rješenja prema Zou i sur. (2017.) ne pojednostavljaju rad operatera zbog toga što se ne uzimaju obzir emocionalni aspekti kao što su stres i opterećenje. Stoga će se najvjerojatnije dogoditi ljudska pogreška i potrebna je integracija takvih parametara kako bi se poboljšala učinkovitost rada i upravljanja elektranom.

S obzirom da je nuklearno gorivo kamen temeljac za dobar rad nuklearne elektrane u svrhu osiguranja kvalitete sastava goriva treba sustavno i standardizirano njime upravljati. AI se koristi za učinkovito upravljanje i obradu takvog goriva. Umjetna neuronska mreža koristi se za simulaciji žarenja koja ima ključnu ulogu u upravljanju nuklearnim gorivom koja čini rezultat optimalnim, a prednosti leže u brzini i sposobnosti izvođenja. Umjetne neuronske mreže mogu kroz podatke procijeniti vijek trajanja nuklearne elektrane i može pomoći u odabiru gradilišta za NE i analizi rizika.

Sljedeća primjena umjetne inteligencije u obnovljivim izvorima energije je u elektranama pogonjenim na ugljen za razvoj toplinske energije. ADEX sustav za samopodešavanje umjetne inteligencije mogao bi pružiti elektranama kontinuiranu optimizaciju performansi bez potrebe za promjenama u distribuiranom upravljačkom sustavu postrojenja. Termoelektrane na ugljen

su često u nepovoljnom položaju na tržištu električne energije, a posebno je to izraženo u regijama koje koriste velike količine energije iz obnovljivih izvora.

Umjetne neuronske mreže vjerojatno su najkorištenije i najviše istraženi model korištenja umjetne inteligencije pa tako može služiti i u predviđanju i kontroli u različitim radnim uvjetima. Prema Mikulandrić i sur. (2013.) umjetne neuronske mreže korištene su u otpremi ekonomskog tereta, smanjenje gubitaka, kontrola frekvencije, predviđanje opterećenja, analiza elektroenergetskog sustava, otkrivanje grešaka te dijagnostika i sigurnosna procjena. Umjetnoj neuronskoj mreži trebaju velike količine podataka odnosno ulaznih varijabli pa se tu može naići na određene probleme u smislu veličine baze podataka. Moraju biti dovoljno veliki kako bi pokrili varijaciju parametara u problemima domena. Prema Mikulandrić i sur (2013.) umjetnu inteligenciju koristi već desetak elektrana diljem svijeta i pokazale su dobru učinkovitost na polju minimizacije emisija ugljika i dušika čak do 40% i poboljšanje rada elektrane. Postoje i slučajevi gdje se uporaba umjetne inteligencije, konkretno na termoelektrani na ugljen u Tajvanu kroz poboljšanja u uštedi goriva prema testovima moglo uštedjeti na godišnjoj razini i do milijun dolara Ray (2018). Ono što je ključno jest podešavanje izgaranja i prilagođavanje niza parametara primjerice ravnoteža izgaranja, temperatura pare, karakteristike emisija dimnih plinova i učinkovitost kotla. Sustav umjetne inteligencije tijekom podešavanja izgaranja omogućuje da se analiziraju promjene radnih uvjeta i parametara i shodno tome preporuče i naprave promjene.

Još jedna primjena umjetne inteligencije jest u naftnoj industriji odnosno u naftnom inženjerstvu. Primjena je predložena od strane međunarodne asocijacije još početkom 1970.-ih godina. Glavni algoritam jest još jednom umjetna neuronska mreža na koju će se ovaj rad i fokusirati jer daje najbolju točnost prema pregledanoj literaturi. U području istraživanja korištenje umjetne neuronske mreže rezultira smanjenjem rizika istraživanja i poboljšanjem uspješnosti stopa bušotina koje se istražuje. Postoji napredno digitalno naftno polje koje je podržano sa informacijskom tehnologijom za upravljanje koja uključuje niz procesa od istraživanja do kontrole. Inteligentno naftno polje je naprednija verzija digitalnog polja. Inteligentno naftno polje prema Li i sur (2020.) budući je trend naftnih poduzeća zbog mogućnosti smanjenja troškova proizvodnje nafte, poboljšanja prosječnog oporavka naftnih polja, poboljšanje učinkovitosti upravljanja poduzećima i promicanje gospodarskog i društvenog razvoja. Naftne kompanije ciljaju na pokretanje inteligentnog naftnog polja za poboljšanje kvalitete donošenja odluka i upravljanje. Internet stvari, *Big data*, računalstvo u oblaku i slične tehnologije mogu postaviti temelj za uspostavu inteligentnog naftnog polja sa

sposobnošću predviđanja, upozoravanja, detaljne analize i optimizacije.

Puno podataka je potrebno prikupiti prije bušenja zemlje i riješiti probleme istraživanja i proizvodnje kako se na kraju ne bi potrošilo puno novaca na neku neadekvatnu i neproduktivnu bušotinu. Poduzeće Total kao energetska div među prvima je krenuo koristiti umjetnu inteligenciju u svojim istraživanjima, te su 2013. godine sa implementacijom tehnologije strojnog učenja uštedjeli nekoliko milijuna dolara jer su predviđali kada održavati turbine, pumpe i kompresore. Suradnja Exxon mobilea i MIT-a rezultirala je dizajniranjem autonomnih robota pogonjenim raznim sensorima kako bi otkrivali curenja nafte s morskog dna jer su takvi prirodni izljevi najveći izvor nafte koja ulazi u oceane. Na taj način se mogu otkriti curenja i uvelike bi se umanjio rizik istraživanja i smanjile bi se loše posljedice na morski život. Poduzeće Shell je još jedan od korisnika umjetne inteligencije jer koriste algoritme za strojno učenje za precizno bušenje. Prema Sakrison (2021) Shellov model strojnog učenja uči se na povijesnim podacima iz Shellovih zapisa o bušenju kao i simulacijama za usmjeravanje bušilice u podzemlje. Uzimaju se na razmatranje podaci iz seizmičkih istraživanja, temperatura, tlak i drugi podaci iz bušilice. Osoba koja upravlja strojem za bušenje se stoga može prilagoditi novim i dinamičnim uvjetima u podzemlju što doprinosi boljem razumijevanju radnog okruženja, točnijih rezultata i nižoj stopi oštećenja strojeva.

## **4.5. Smanjenje količine potrošnje energije**

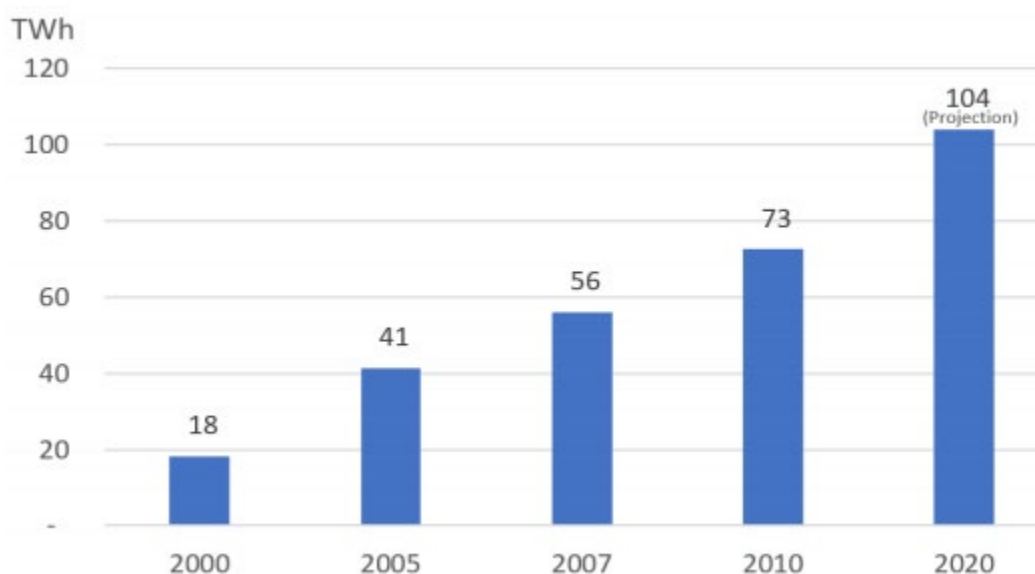
Može se reći da je paradoksalno što digitalizacija energetskog sektora donosi brojne promjene u pozitivnom smislu, međutim što se tiče potrošnje energije digitalni instrumenti, razni napredni softveri i računala koja ih pogone zaista troše više energije nego što je to bilo u analognom svijetu. Često se zna reći potrošnja energije, ali energija kao takva se ne može potrošiti pa bi možda bolje bilo to izreći na način da je zapravo snaga stopa potrošnje energije. S obzirom da su uređaji sve jači i snažniji trošiti će više energije, što ne mora nužno značiti jer poduzeća rade na što boljoj optimizaciji tehnologija i njihove potrošnje energije. Na primjer ako se umjetnim neuronskim mrežama podesi njihovo „treniranje“ odnosno smanji njihov rad, smanji broj podataka i ulaznih varijabli vjerojatno će trošiti manje energije. Manje računanja i manje podataka pretpostavlja manje potrošene energije ili manji modeli s manje slojeva i filtera opet znači manje računanja i manje memorije.

Svaka primjena umjetne inteligencije traži da ju se programira kroz svojevrsan hardver



informatičke i komunikacijske tehnologije i da ju se osposobi za rad. Taj isti rad digitalne strukture doprinosi ukupnoj potrošnji električne energije kroz njezino djelovanje u podatkovnim centrima i mrežama. Obrada podataka se odvija u velikim podatkovnim centrima i digitalna infrastruktura ima sve veće kapacitete i veličine.. Prema Gailhofer, P. i sur. (2021.) podatkovni centri, digitalne mreže i ostale informatičko komunikacijske tehnologije danas troše oko 7% svjetske električne energije, te se predviđa povećanje do 13% do 2030. godine. Na slijedećoj slici se može vidjeti potrošnja energije izražena u terawatt satima za podatkovne centre Europske unije.

*Slika 16: Potrošnja el. energije podatkovnih centara EU*



Izvor: JRC 2019.

Na slici se primjećuje linearni trend rasta potrošnje električne energije. Potrošnja 2000. godine iznosila je 18 TWh, dok za zadnju 2020. godinu je dana projekcija od 104 TWh potrošnje električne energije.

Aplikacije umjetne inteligencije mogu zaista doprinijeti uštedi energije pa za čak od 25% do 30% kroz softverska rješenja za predviđanje upravljanja opterećenjem u podatkovnim centrima prema Hilty, L. Et al. (2015). Dok u drugu ruku smatra se da je umjetna inteligencija jako energetska intenzivna kroz analizu postupaka obuke u neuronskim mrežama prema Mehmood, M. et al. (2019). Kao što je ranije spomenuto „obuka“ u početnim fazama mreže zahtijevaju dug rad računalnih sustava što naravno troši puno energije, te prema autorima Luccioni et al. (2020) računalna snaga koja je potrebna za ključne zadatke strojnog učenja

udvostručila se svaka tri mjeseca i povećala se čak 300 tisuća puta od 2012. i 2018. godine.

Kada bi se gledale samo ranije spomenute činjenice može se pomisliti da umjetna inteligencija nema apsolutno nikakvog pozitivnog učinka na smanjenje potrošnje električne energije. Međutim da nije sve tako crno ona se može koristiti i najčešće se koristi u zgradarstvu. U današnjem modernom svijetu većina ljudi živi u gradovima odnosno zgradama te je onda logično zaključiti da zgrade troše mnogo energije, točnije potrošnja energije zgrada čini 40% krajnje potrošene energije u cijelom svijetu. Stoga na tom području ima puno prostora za napredak i umjetnu inteligenciju i njezinom samom primjenom smanjiti opterećenje mreže. Prema Mckenzie (2020) strojno učenje i algoritmi umjetne inteligencije mogu predvidjeti i poboljšati energetske performanse zgrade. Strojno učenje zahtijeva podatke, a te podatke bi se mogli rudariti iz povijesnih i trenutnih podataka o potrošnji zgrade i građevinskim podacima kako bi algoritam učio i bio sposoban napraviti previđanje o potrošnji energije.

Puno energije se proizvodi i puno energije se troši, međutim kada se proizvedena energija ne potroši, odnosno kada se dogodi rasipanje, tu na staje problem. Približno 70% proizvede električne energije u elektranama i zgradama od kojih 60% te energije završi kao „otpad“ ili bude rasipano Shively (2020). To je primarna energija koja se pretvara u toplinu i onda gubi kao toplina koja nije dalje u tom trenutku iskoristiva. Sustavi umjerne inteligencije mogu predvidjeti kada će se to curenje dogoditi i detektirati energiju koja se troši na operativan rad u realnom vremenu sve u svrhu smanjenja gubitaka, ušteda novca i zaštita opreme te očuvanje infrastrukture. Ranije spomenuta solarna energija ovdje dobiva benefit korištenja strojnog učenja jer uvijek se pri instalaciji koja je ključna pri primjeni solarnih rješenja, treba obratiti pažnja na sjene drveća, prihode troškove energije, veličinu doma, poticaje i rabate. U svijetu je već instalirano puno pametnih brojila koji mogu pokriti veliki dio prikupljanja podataka, a za one domove gdje nisu instalirani, razvoj specifičnih algoritama strojnog učenja mogao bi omogućiti učenje bez nadzora i polunadzor koji isto tako može predvidjeti potrošnju.

## **4.6. Praćenje emisija stakleničkih plinova**

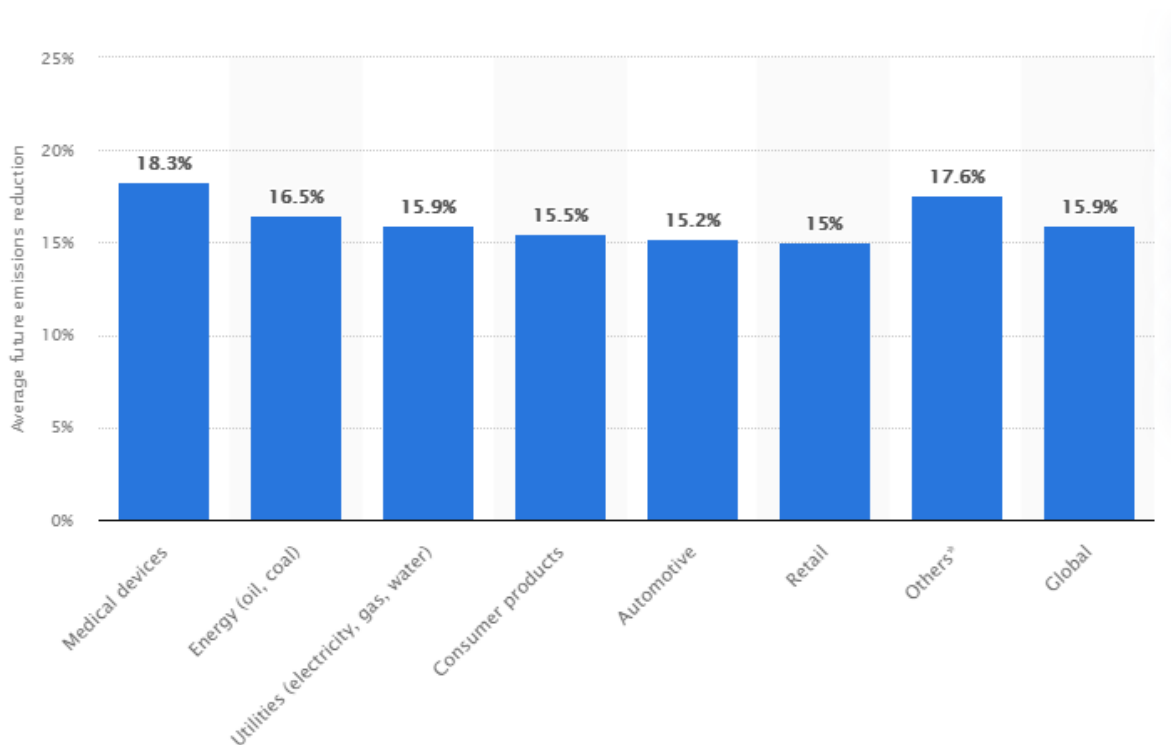
Hrvatska je 2013. godine postala punopravna članica Europske unije i zbog toga je preuzela neke obveze na sebe. Jedna od tih obveza je smanjenje stakleničkih plinova za 20% do 2020. godine, odnosno za 40% do 2030. godine u odnosu na promatranu i baznu 1990. godinu (Europska komisija, 2014.). Nekako se sve skupa čini da je jako malo vremena ostalo za promjenu prije nego što voda dođe do grla, stoga svako rješenje i tehnologija za boljitak u smjeru smanjenja emisija je dobrodošlo. Prema Kenyon (2021) istraživanje provedeno od

strane PwC UK koje je naručio Microsoft je dalo zaključak da bi primjena umjetne inteligencije mogla smanjiti globalne emisije stakleničkih plinova za 4% u 2030. godini, što je neki ekvivalent od 2,4 Gt ugljičnog dioksida, odnosno to je godišnja emisija Kanade, Japana i Australije zajedno. Učenje kroz iskustvo i obrada ogromne količine podataka trebalo bi osigurati uvide u i pozornost u stvari koje ljudi bez umjetne inteligencije ne bi mogli primijetiti. Tu bi trebalo naglasiti tri komponente pogotovo kod velikih poduzeća, kao što su praćenje emisija, gdje se podaci prikupljaju iz operacija ili određenih aktivnosti poput informatičke opreme ili putovanja, dobavljači, transporter i kako bi se mogli generirati podaci koji nedostaju za procjenu rezultata i daljnje sugestije. Druga komponenta je predviđanje emisija, odnosno kako poduzeće stoji i napreduje u odnosu na zadane ciljeve i buduću potražnju. Zadnja treća komponenta je smanjenje emisija naravno kroz detaljan uvid u učinkovitost proizvodnje, transport i ostale bitne varijable u poslovanju, pa se na taj način direktno smanjuju emisije, a i sami troškovi.

Rudarska industrija je veoma energetska intenzivna jer su prisutne operacije poput vađenja, transporta i prerada. Strojevi koji se koriste za takve zadatke su pretežno bageri, kopači, utovarivači, kamioni koji rade na dizel, te ga ujedno jako puno troše, što na kraju stvara emisije. Prema Soofastaei (2018) razvijeni model neuronske mreže može predvidjeti potrošnju energije kamiona u otvorenim jamama i rudnicima i na taj način pronaći koja je optimalna vrijednost parametara: korisni teret, brzina kamiona i ukupni otpor preko genetskog algoritma. Kroz takvu primjenu može se dobiti uvid kako promjena tih parametara može utjecati na potrošnju dizel goriva, a samim time i na stakleničke plinove.

Na slijedećoj slici može se vidjeti prosječno smanjenje emisija stakleničkih plinova zbog primjene umjetne inteligencije po sektorima za narednih 3 do 5 godina počevši od 2019. godine.

*Slika 17: Prosječno smanjenje emisija primjenom AI kroz 3 do 5 godina*

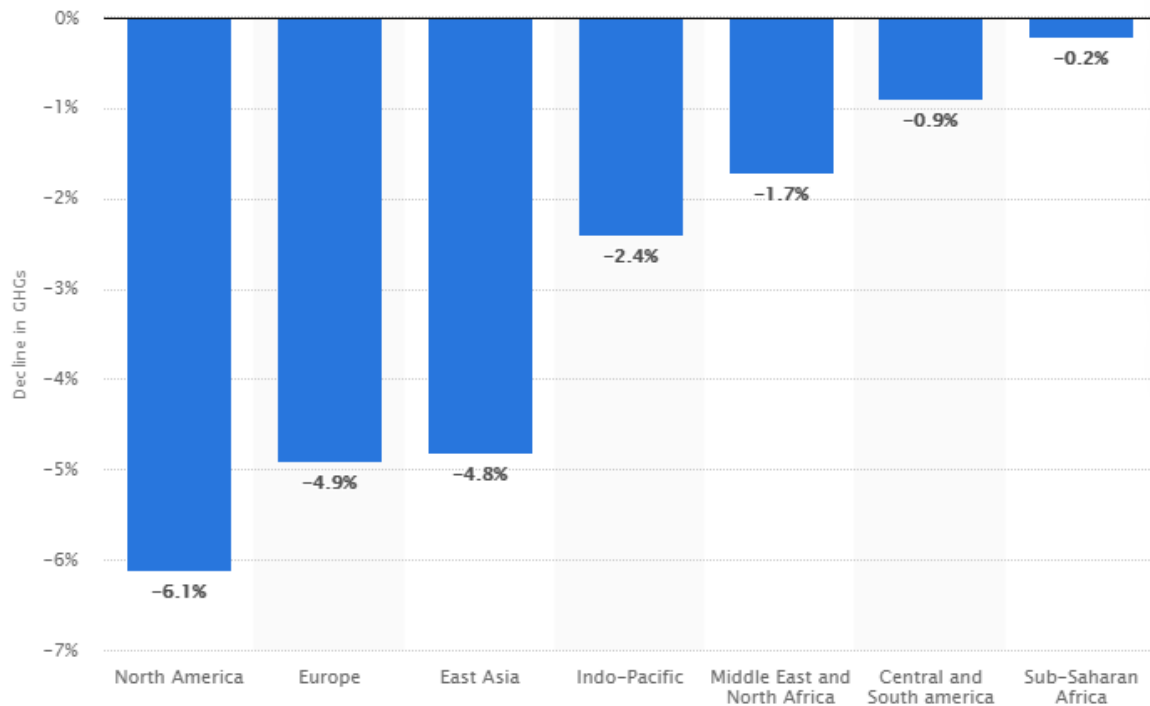


Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Može se primijetiti kako primjena umjetne inteligencije u energetske sektoru, na slici to drugi stupac prikazuje, smanjuje emisije stakleničkih plinova za čak 16,5%, dok njezina primjena u električnoj energiji, gorivu i vodi u promatranom 3. stupcu nalaže smanjenje emisija od 15,9% u promatranom periodu od 2019. pa unaprijed dvije do tri godine.

Iduća slika prikazuje utjecaj umjetne inteligencije na stopu promjene emisija stakleničkih plinova

*Slika 18: Utjecaj umjetne inteligencije na stopu promjene emisije stakleničkih plinova*



Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com)

Prema ovim podacima na slici utjecaj umjetne inteligencije na smanjenje stope promjene emisija biti najviše oko 6% globalno po regijama. Podaci prikazuju predviđanja do 2030. godine gdje je druga varijabla koja se uspoređuje (BAU) bussines as usual. Sjeverna Amerika bilježi najveću stopu smanjenja od nešto više od 6%, slijedi Europa sa malo manje od 5% te istočna Azija sa 4,8% smanjenja, dok se za ostale regije svijeta predviđa mali postotak od oko 2 % ili manje.

## 4.7. Primjer na STEM Athena softveru

STEM je poduzeće koje se bavi i djeluje u smjeru energetske tehnologije. Sjedište poduzeća je u Sjedinjenim američkim državama, točnije u Millbraeu u Kaliforniji te imaju nešto manje od 150 zaposlenika. Nude rješenja za pohranu energije kroz Athena softver. Athena je sposobna procijeniti nekoliko funkcija odjednom, kao što su troškovi energije, tu se podrazumijeva kada treba napuniti bateriju i po kojoj cijeni, zatim stanje napunjenosti baterije, ciklusi odnosno koliko brzo ciklus i duboko pražnjenje utječe na vijek baterije. Baterija kao takva sama po sebi nije neka složena struktura i relativno je stara tehnologija, međutim kada se ta baterija nadogradi s takvim sofisticiranim softverom koji će orkestrirati kada se ona puni ili prazni ili koliko se treba napuniti ili isprazniti, to doista čini drugu dimenziju i stvara vrijednost.

Prema Kelly-Detwiler (2018) može se koristiti analogija švicarskog noža energetske industrije zbog svojih višenamjenskih funkcija koje može obavljati. Skladište energije može obavljati mnogo funkcija, te su ovo neke od njih: može trenutno otpustiti ili apsorbirati energiju u mrežu radi stabilizacije frekvencije, zapravo ono što je ključno jest osiguranje energije u vršnim danima potražnje u ograničenom vremenskom periodu i na taj način preuzeti ulogu konvencionalne elektrane. Također, može se primijeniti uz brojila potrošača u svrhu smanjenja maksimalne potrošnje i da se smanji eksponiranost korisnika mjesečnim troškovima potražnje. Athena softver se može koninuirano nadograđivati sa AI komponentama, isto kao što se i pametni telefoni konstantno ažuriraju. Softver kroz uporabu strojnog učenja i analitike korisnika daje uvid u performanse klijenata jer svaki od njih ima drugačije zahtjeve i funkcije. Primjerice, neka zdravstvena ustanova neće isto koristiti energiju kao neki marketinški ured. Znajući to, Athena će prilagoditi baterije pod svojom komandom uz stalnu procjenu stanja i sposobnosti baterijskog izvora.

Podaci koji ulaze u Athena softver dolaze iz nekoliko izvora, a to su redom:

- Athena Edge platforma koja je kontrolno središte svakog kupca i prikuplja podatke od brojila, sustava za skladištenje energije itd., a kontrolu provodi u realnom vremenu
- Athena u oblaku (Cloud platforma) je zapravo središte mreže uslužnih programa, davatelja podataka i trećih strana. Velika količina podataka se obrađuje preko platforme koji služe za Athenine aplikacije, da bi one predviđale, optimizirale i optimizirale imovinu. Athenine usluge pružaju integraciju krajnjih točaka u realnom vremenu koje imaju poveznicu sa tržišnim i komunalnim sustavima.

- Athena Analytics temelji se na strojnom učenju i bavi se predviđanjem potražnje za električnom energijom u zgradama te također u distribuiranoj solarnoj proizvodnji. Koristi se više od 3,5 terabajta podataka kako bi modeli bili što precizniji i pametniji. Ključni podaci su svakako cijena energije i potražnja, bilo da se radi o veleprodaji ili o tarifi kupca. Ti podaci o ulaznim cijenama se dodaju i predviđanjima opterećenja, podacima o emisijama stakleničkih plinova i prognozi o solarnoj proizvodnji. S obzirom da upravljaju sa više od stotinu lokacija, što je teško za ljudske operatere, Athena otkriva određene anomalije pa zatim upozorava da je potrebna ljudska intervencija da bi se izvukla maksimalna korisnost.

Ono što krasi STEM Athena softver jest to što se sama platforma dokazala pouzdanom jer upravlja mrežom sa više od 600 aktivnih sustava. Platforma je otvorena i podupire vodeće proizvode za pohranu energije i široku opciju integracije. Također u pogonu je više od 10 milijuna operativnih sati i vlasnički softver je zaštićen sa više od 20 patenata.

Athena optimizira kontrolu baterije za nekoliko izvora vrijednosti (STEM 2021):

- Sudjelovanje na veleprodajnom tržištu
- Punjenje solarnom energijom i vlastita potrošnja
- Mrežne usluge
- Upravljanje troškovima potražnje
- Rezervna snaga itd.

Baterija jedino uz korištenje takvog softvera može donijeti vrijednost na više frontova, jer se može odrediti vrijednost različitih varijabli u realnom vremenu i shodno tome postupiti i dati prioritet.

## 5. Zaključak

Iz svega navedenog može se zaključiti da primjena umjetne inteligencije u industrijskom sektoru sve više raste. Umjetna inteligencija je tehnologija koja ide pod ruku industriji 4.0 te će znatno olakšati poslove koje je ljudima teško raditi ili su jako opasni. Puno je podataka koje kolaju internetom i koje bi se moglo i koriste se na fantastičan način u realnom vremenu kroz izradu pametnih algoritama temeljenim na umjetnim neuronskim mrežama sličnim ljudskom mozgu, kako bi se pružio bolji uvid u poslovanje poduzeća, kako bi se energija efikasnije koristila, smanjio ugljični otisak i ostale emisije stakleničkih plinova, prognozirala potrošnja električne energije i njezina cijena, te što prije i bolje obnovljivi izvori energije implementirali u postojeću odnosno pametnu mrežu budućnosti. Umjetna inteligencija ima gotovo neograničen potencijal, zbog svoje sposobnosti samostalnog učenja kroz strojno učenje, samo ostaje pitanje načina njezinog korištenja. Kako bismo ju mi ljudi iskoristili i eksploatirali, a da bude društveno prihvatljiva i u drugu ruku opet učinkovita?

Energetski sektor idealan je sektor koji je počeo postepeno implementirati umjetnu inteligenciju kroz moderne i nove poslovne modele poput Interneta stvari kako bi sve postalo mjerljivo u realnom vremenu, Blockchain koji pruža fenomenalnu priliku da energetski sektor postane decentraliziran i na taj način automatski dostupniji prosumerima, a vjerojatno zbog svoje transparentnosti i vidljivosti transakcija će biti još i popularniji. Virtualne elektrane nude i cilj im jest integracija industrijskih potrošača i pružnje decentraliziranog rješenja za skladištenje, stoga se može izbjeći nastanak negativnih cijena na tržištu i pruža se prilagodba malim potrošačima uvjetima na tržištu. Pametna odnosno mikro mreža ima nekoliko odličnih karakteristika poput toga da djeluje lokalno pa se ne gubi energija na prijenos i neovisna je kada su u pitanju vremenske neprilike jer sama stvara svoju energiju i još k tome je inteligentna pošto može postići cjenovnu efikasnost na način da se kupi električna energija iz središnje mreže kada je jeftinija, umjesto korištenja svoje energije iz solarnih panela i dati im priliku da se napune, pa nekada kada električna mreža postane skupa, mikro mreža može isprazniti svoje baterije. Digitalizacija je realnost 21. stoljeća, a poduzeća i industrije koje ju ne implementiraju u svoje poslovanje snosit će posljedice, pa čak i u obliku gađenja poslovanja. Legendarni Kodak je tomu svjedok. Međutim ona nosi svoje prednosti i nedostatke. Za prednosti valja istaknuti kako digitalizacija pruža komociju u održavanju stabilnosti i pouzdanosti mreže i može prepoznati točke kvara kroz softver i pohranu. Svaka medalja ima dvije strane pa bi trebalo spomenuti i nedostatke koji su u manjini, ali svejedno važni, poput



sklonosti hakerskim napadima, te podaci koji su preuzeti za modele strojnog učenja mogu biti loši, stoga im je potrebna stalna revizija.

Na kraju rada obrađen je konkretan primjer na STEM Athena softveru. Baterije koje su relativno stara i poznata tehnologija, a s ovakvim softverom STEM ju je podigao na višu razinu. Zbog sve veće potrebe za energijom i konstantan rast stanovništva, potreba za skladištenjem električne energije je sve veća i softver Athena će zasigurno imati svjetlu budućnost i biti lider u tom području. Baterije će moći kroz primjenu strojnog učenja i puno dostupnih podataka biti navođene softverom Athena za razne usluge poput sudjelovanje na veleprodajnom tržištu, punjenje solarnom energijom i vlastita potrošnja, mrežne usluge, te upravljanje troškovima potražnje. *Summa summarum* budućnost će biti svakako zanimljiva uz umjetnu inteligenciju i biti će interesantno za vidjeti kako će ju industrija iskoristiti i implementirati u elektroenergetski sustav i hoće li će se umjetna inteligencija koristiti na društveno odgovoran i prihvatljiv način s obzirom da i ona sama utječe na ugljični otisak u nekoj mjeri, zbog jake energetske ovisnosti računalnih snaga i dugog početnog stvaranja modela strojnog učenja. Podaci su nafta 21. stoljeća, te će ih poduzeća eksploatirati na svakojake načine.

## Popis literature

Aaronson, S., 2021., My Conversation with “Eugene Goostman,” the Chatbot that’s All Over the News for Allegedly Passing the Turing Test, dostupno na <https://www.scottaaronson.com/blog/?p=1858>, pristupano 10.07.2021.

Bader., A., 2018., Virtual power plant: Europe's biggest power plant is 100 per cent renewable, dostupno na <https://www.statkraft.com/newsroom/news-and-stories/archive/2018/virtual-power-plant-europes-biggest-power-plant-is-100-renewable/>, pristupano 28.07.2021.

Bolanča, A., Pavlović, D. & Šijanović, Pavlović, Sanja (2018) "Internet of Things" i "Blockchain" kao alati razvoja fleksigurnog energetskeg sektora. NAFTA I PLIN: stručni časopis Hrvatske udruge naftnih inženjera i geologa, 38 (153), 107-117.

Bordin C., Skjelbred H.I., Kong J., Yang Z., 2020., Machine Learning for Hydropower Scheduling: State of the Art and Future Research Directions, Procedia Computer Science, Volume 176, Pages 1659-1668, ISSN 1877-0509

BNEF, 2017., Digitalization of Energy Systems, dostupno na <https://about.bnef.com/blog/digitalization-energy-systems/>, pristupano 30.07.2021.

Brink, S., 2021., How can blockchain support the energy transition?, dostupno na <https://www.shell.com/energy-and-innovation/digitalisation/news-room/blockchain-building-trust-to-enable-the-energy-transition.html>, pristupano: 23.07.2021.

Casaer, T., 2020., Making IoT projects happen for everyone – AllThingsTalk explains how, dostupno na <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/making-iot-projects-happen-for-everyone-allthingstalk-explains-how/>, pristupano: 25.07.2021.

Castro D., McLaughlin M., 2021., Who Is Winning the AI Race: China, the EU, or the United States?, dostupno na <https://datainnovation.org/2021/01/who-is-winning-the-ai-race-china-the-eu-or-the-united-states-2021-update/>, pristupano 15.07.2021.

Chow, Joe & Wu, Felix & Momoh, J.A.. (2006). Applied Mathematics for Restructured Electric Power Systems. 10.1007/0-387-23471-3\_1.

Cicvarić, B., 2016., Utjecaj koncepta "Internet stvari" na organizaciju distribucijskih sustava, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti

Conway, L., 2021., Blockchain explained, dostupno na <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>, pristupano: 22.07.2021.

Ćosić, M., 2014., Kratkoročna prognoza potrošnje električne energije, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva

Dielmann, K., and A. van der Velden, 2003., “Virtual Power Plants (VPP)—A New Perspective for Energy Generation?” Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference on Modern Techniques and Technologies, pp. 18-20.

Europska komisija, 2014., Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: a policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, Brussels, dostupno na <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/>, pristupano: 26.08.2021.

EPRI, 2011., Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid, dostupno na <https://www.epri.com/research/products/1022519>, pristupano 26.07.2021.

Feinberg, E.A. and Genethliou, D. (2006) Load Forecasting. Appl. Math. Restructured Electr. Power Syst., 269-285.

Gailhofer, Peter & Herold, Anke & Schemmel, Jan & Scherf, Cara-Sophie & Urrutia, Cristina & Koehler, Andreas & Braungardt, Sibylle. (2021). The role of Artificial Intelligence in the European Green Deal. 10.13140/RG.2.2.26789.22244.

Glover., C., 2020., How AI and machine learning can support the renewable energy transition, dostupno na <https://techmonitor.ai/leadership/sustainability/ai-renewable-energy>, pristupano: 03.08.2021.

Hilty, L. et al., 2015., Green Software: Establishing and exploiting potentials for environmental protection in information and communication technology (Green IT). Subproject 3: Analysis of potentials for optimizing software development and deployment for resource conservation. German Environment Agency (UBA)

Hosch., W. L., 2020., John McCarthy American mathematician and computer scientist, dostupno na <https://www.britannica.com/biography/John-McCarthy>, pristupano 18.07.2021.

Hozjan, D., 2017., Blockchain, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu PMF

(IEA) 2017., Međunarodna energetska agencija, dostupno na <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>, pristupano 21.07.2021.

JRC, 2019., The European Programme for Energy Efficiency in Data Centres: The Code of Conduct, dostupno na [http://www.energycoalition.eu/sites/default/files/20190904\\_CoC%20Sept%202019\\_Paolo%20Bertoldi.pdf](http://www.energycoalition.eu/sites/default/files/20190904_CoC%20Sept%202019_Paolo%20Bertoldi.pdf)), pristupano: 20.07.2021.

Kanellos, M., 2011., Smart Grid Price Tag: \$476 Billion; Benefits: \$2 Trillion, dostupno na <https://www.greentechmedia.com/articles/read/smart-grid-price-tag-476-billion-benefits-2-trillion>, pristupano: 26.07.2021.

Kelly-Detwiler, P., 2018., Stem Adding Artificial Intelligence To Storage And Branching Out To New Markets, dostupno na <https://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2018/01/08/stem-adding-artificial-intelligence-to-storage-and-branching-out-to-new-markets/?sh=b6cf27b74b9d>, pristupano: 29.08.2021.

Kenyon, T., 2021., Can AI help reduce greenhouse gas emissions?, dostupno na <https://aimagazine.com/technology-9/can-ai-help-reduce-greenhouse-gas-emissions>, pristupano: 26.08.2021.

Klešić, I., 2018., Prognoza cijene električne energije, diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija

Lu, C., et al., 2020., "Nuclear Power Plants With Artificial Intelligence in Industry 4.0 Era: Top-Level Design and Current Applications—A Systemic Review," in IEEE Access, vol. 8, pp. 194315-194332, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3032529

Luccioni, A et al., 2020., Estimating Carbon Emissions of Artificial Intelligence [Opinion]. IEEE Technology and Society Magazine, Vol.39(2), 2020, pp. 48–51. doi:10.1109/mts.2020.2991496.

Mckenzie, L., 2020., Using machine learning to ‘green’ our buildings, dostupno na <https://www.aurecongroup.com/thinking/thinking-papers/machine-learning-sustainable-building-design>, pristupano: 25.08.2021.

Mehmood, M. et al., 2019., A review of the applications of artificial intelligence and big data to buildings for energy-efficiency and a comfortable indoor living environment. In: Energy and Buildings 202, p. 109383

Mortier., T., 2020., Why artificial intelligence is a game-changer for renewable energy, dostupno na [https://www.ey.com/en\\_gl/power-utilities/why-artificial-intelligence-is-a-game-changer-for-renewable-energy](https://www.ey.com/en_gl/power-utilities/why-artificial-intelligence-is-a-game-changer-for-renewable-energy), pristupano: 03.08.2021.

Nazreen, Junaidi and Mohamed, Shaaban (2018) Big Data Applications in Electric Energy Systems. 2018 International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA), 2018. pp. 1-5. ISSN ISBN: 978-1-5386-8369-9

Nikonowicz, L., & Milewski, J., 2012., Virtual Power Plants-general review: structure, application and optimization. Journal of Power Technologies. 92. 135-149.

Prister, V., 2019., Umjetna inteligencija, Media, Culture and Public Relations, 10, 2019, 1, 67-72  
Russell S., P. Norvig, 2011., Artificial Intelligence: A Modern Approach, Third Edition.. Artif. Intell.. 175. 935-937. 10.1016/j.artint.2011.01.005.

Ray, R., 2018., AI System May Save Coal Plant \$1 Million Annually, dostupno na <https://www.power-eng.com/coal/ai-system-may-save-coal-plant-1-million-annually/>, pristupano: 23.08.2021.

Sakrison, E., 2021., Top 4 Real-World AI Applications in the Oil and Gas Industry, dostupno na [https://www.sparkcognition.com/top-4-ai-applications-oil-gas-industry/?utm\\_source=www.google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=Google&referrer-analytics=1](https://www.sparkcognition.com/top-4-ai-applications-oil-gas-industry/?utm_source=www.google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=Google&referrer-analytics=1), pristupano: 23.08.2021.

Schoklitsch H., 2018., Digitalization Is Revolutionizing the Renewable Energy Sector, dostupno na <https://www.renewableenergyworld.com/>, pristupano 21.07.2021.

Shively, B., 2020., How Much Primary Energy Is Wasted Before Consumers See Value from Electricity? Dostupno na [https://www.enerdynamics.com/Energy-Currents\\_Blog/How-Much-Primary-Energy-Is-Wasted-Before-Consumers-Sec-Value-from-Electricity.aspx](https://www.enerdynamics.com/Energy-Currents_Blog/How-Much-Primary-Energy-Is-Wasted-Before-Consumers-Sec-Value-from-Electricity.aspx), pristupano: 25.08.2021.

Soofastaei, A., 2018., The Application of Artificial Intelligence to Reduce Greenhouse Gas Emissions in the Mining Industry, dostupno na <https://www.intechopen.com/chapters/63443>, pristupano: 29.08.2021.

Song X., 2017., "World status of nuclear energy", China Inst. Nucl. Inf. Ekonomija , sv. 10, ne. 3, str. 439-443

Stepinac, L., 2014., Što je to zapravo Big Data i gdje se primjenjuje?, dostupno na <https://www.ictbusiness.info/poslovna-rjesenja/sto-je-to-zapravo-big-data-i-gdje-se-primjenjuje>, pristupano 20.07.2021.

Tačković, K., Boras, V., i Nikolovski, S. (2008). 'KRATKOROČNO PROGNOZIRANJE OPTEREĆENJA PRIMJENOM MODELA UMJETNE NEURONSKE MREŽE', Journal of Energy, 57(5), str. 560-579. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/>

Thomas, M., 2020., Blockchain creating the generation energy platform, dostupno na <https://www.wipro.com/oil-and-gas/blockchain-creating-the-next-generation-energy-trading-platform/>, pristupano: 22.07.2021.

Vitas, Z., 2021., Prvom virtualnom elektranom u Hrvatskoj do znatno manjih troškova za električnu energiju, dostupno na <https://www.vecernji.hr/biznis/prvom-virtualnom-elektranom->

[u-hrvatskoj-do-znatno-manjih-troskova-za-elektricnu-energiju-1491647,](https://doi.org/10.1016/j.ijfo.2014.04.001)  
28.07.2021.

pristupano

Weron, R., 2014., Electricity price forecasting: A review of the state-of-the-art with a look into the future, International Journal of Forecasting, Volume 30, Issue 4, 2014, Pages 1030-1081, ISSN 0169-2070

Wood., E., 2020., What is a Microgrid?, dostupno na <https://microgridknowledge.com/microgrid-defined/>, pristupano: 26.07.2021.

Xia H., Li B., Liu J., 2014., Research on intelligent monitor for 3D power distribution of reactor core, Annals of Nuclear Energy, Volume 73, Pages 446-454, ISSN 0306-4549

Zhuangli Hu, Canbing Li, Yijia Cao, Baling Fang, Lina He, Mi Zhang, 2014., How Smart Grid Contributes to Energy Sustainability, Energy Procedia, Volume 61, Pages 858-861, ISSN 1876-6102

Zou Y., Zhang L., Dai L., Li P., Qing T., 2017., Human Reliability Analysis for Digitized Nuclear Power Plants: Case Study on the LingAo II Nuclear Power Plant, Nuclear Engineering and Technology, Volume 49, Issue 2, Pages 335-341, ISSN 1738-5733

## Popis slika

Slika 1: Usporedba Deep Blue protiv Garrya Kasparova .....	8
Slika 2: Globalno financiranje startup-ova umjetne inteligencije od 2011. - 2022 . god. ....	9
Slika 3: Investicije SAD-a u umjetnu inteligenciju .....	10
Slika 4: Prednosti Big data u energetsom sektoru .....	11
Slika 5: Količina podataka / informacija stvorenih, zabilježenih, kopiranih i potrošenih širom svijeta od 2010. do 2025. godine .....	13
Slika 6: Životni ciklus strojnog učenja .....	15
Slika 7: Građa neurona.....	17
Slika 8: Globalne stope pristupa internetu i el. Energiji .....	19
Slika 9: Tržišni udio Blockchaina u energetsom sektoru po regijama.....	22
Slika 10: Blockchain inicijative .....	23
Slika 11: IoT uređaji, primjena senzora .....	25
Slika 12: Tržišna vrijednost pametnih mreža po regijama do 2023. godine.....	27
Slika 13: Primjer konfiguracije virtualne elektrane .....	30
Slika 14: Globalna tržišna vrijednost virtualnih elektrana od 2019.-2024. godine .....	31
Slika 15: KOER-ov koncept virtualne elektrane .....	32
Slika 16: Potrošnja el. energije podatkovnih centara EU .....	43
Slika 17: Prosječno smanjenje emisija primjenom AI kroz 3 do 5 godina .....	46
Slika 18: Utjecaj umjetne inteligencije na stopu promjene emisije stakleničkih plinova.....	47

# Životopis studenta



**LUKA JELČIĆ**  
STUDENT EKONOMIJE

## OSOBNI PROFIL

Motiviran da kontinuirano radim na sebi i usavršavam osobne, tako i profesionalne vještine. Spreman na timski i individualni rad. Ono što ne znam brzo i sa voljom budem naučio.

## KONTAKT

Janka Matka 2.  
10090 Zagreb  
luka.jelcic9@gmail.com  
095/3596119  
Rodn. 05.08.1995

## OBRAZOVANJE

- 1.) Bacc. oec., Veleučilište u Karlovcu
- 2.) Ekonomski fakultet Zagreb, specijalistički diplomski studij (trenutno sam tamo)

## VJEŠTINE

Izrazito dobre komunikacije vještine  
Ljubaznost i profesionalno ophođenje s kupcima  
Sposobnost praćenja danih instrukcija i dostave kvalitetnih rezultata  
Jako dobar engleski jezik u govoru i pismu  
Korištenje ms office paketa

## RADNO ISKUSTVO

**Studio moderna (Top shop)**  
15.5.2017. - kontinuirano  
- rad kao prodajni agent u telemarketingu, tako da imam jako puno iskustva u prodaji, obzirom da sam tamo skoro 3 godine

**Narodne novine**  
15.7.2015.-30.8.2015 | 15.7.2016.-30.8.2016.  
- rad u skladištu kao paker (pakiranje školskih udžbenika u pakete i preuzimanje robe)

**Narodne novine**  
1.9.2016.-20.12.2016.  
**Rad u trgovini Narodnih novina**  
- rad za pultom, prodaja tiskanica  
- slaganje i preuzimanje robe  
- kontaktiranje kupaca