

Prof. dr. Abdulah Akšamović

Univerzitet u Sarajevu / University of Sarajevo
Elektrotehnički fakultet / Faculty of Engineering
aaksamovic@etf.unsa.ba

Prof. dr. Senad Odžak

Univerzitet u Sarajevu / University of Sarajevo
Prirodno-matematički fakultet /
Faculty of Natural Sciences and Mathematics
senad.odzak@gmail.com

UDK 551.583+378

Stručni članak

TEHNOLOŠKI NAPREDAK I KLIMATSKE PROMJENE – TEMA U OBRAZOVANJU INŽENJERA

TECHNOLOGICAL PROGRESS AND CLIMATE CHANGE – TOPIC IN ENGINEERING EDUCATION

Sažetak

Okolinske teme su bez konkurencije na početku 21 stoljeća postale vodeće u svim oblastima ljudskog djelovanja. Sve druge važne teme: zdravlje, hrana, energija, voda, vazduh su trenutno dominantno određene okolinskim problemima. Promjena klime kao posljedica prekomjerne emisije CO₂ usljed stakleničkog efekta, zagađenje zraka kao posljedica emisije štetnih materija od strane termoelektrana, hemijskih postrojenja, kotlovnica za grijanje, individualnih ložišta, prevoznih sredstava; zagađenje vode za piće, zagađenje i devastacija obradivog zemljišta, uništavanje šuma, zagađenje rijeka zbog neadekvatnog tretmana otpadnih voda, itd. su problemi koji iziskuju korjenitu promjenu odnosa čovjeka naspram okoline što dovodi do potrebe preispitivanja i mijenjanja trenutnog načina privređivanja. U radu se analizira uticaj naučnih dostignuća u oblasti elektrotehnike na ubrzani industrijski rast koji je doveo do okolinskih problema koji su danas prisutni. Analizira se industrijski razvoj po fazama (Industrija 1.0, Industrija 2.0, Industrija 3.0, Industrija 4.0) u pogledu uticaja na korjenite promjene u načinu privređivanja. Danas kada smo u fazi 4 dominantne teme su: energetska tranzicija, energetska efikasnost, izvori obnovljive energije, reciklaža, inovacije, električna vozila, umrežavanje, internet stvari (IoT), vještačka inteligencija, 5G. Iako su sve navedene teme multidisciplinarne, jasan je značajan udio elektrotehnike u istim. Postojeći planovi i programi u oblasti elektrotehnike bilo da su zasnovani na tradicionalnom modelu obrazovanja ili su u postupku inoviranja prilagođeni novim tehnološkim trendovima,

u pravilu, malo ili nimalo pridaju važnost okolinskim temama. Kao jedan od odgovora na navedeni problem prilikom inoviranja nastavnih planova i programa na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu uvršten je novi predmet 'Održivi razvoj'. U radu je kratko opisan sadržaj navedenog predmeta.

Ključne riječi: ekologija, reciklaža, energetska efikasnost, internet stvari, održivi razvoj

Summary

At the beginning of the 21st century, environmental issues became leaders in all areas of human activity without competition. All other essential topics: health, food, energy, water, and air, are predominantly determined by environmental problems. Climate change is a result of excessive CO₂ emissions due to the greenhouse effect, air pollution as a result of emissions of harmful substances by thermal power plants, chemical plants, heating boilers, individual furnaces, means of transport; pollution of drinking water, pollution and devastation of arable land, destruction of forests, pollution of rivers due to inadequate wastewater treatment, etc. are problems that require a radical change in man's attitude towards the environment, which leads to the need to reconsider and change the current way of doing business. The paper analyzes the impact of scientific achievements in electrical engineering on the accelerated industrial growth that has led to today's environmental problems. Industrial development is explored in phases (Industry 1.0, Industry 2.0, Industry 3.0, Industry 4.0) regarding the impact of radical changes in doing business. Since we are now in phase 4, the dominant topics are energy transition, energy efficiency, renewable energy sources, recycling, innovation, electric vehicles, networking, Internet of Things (IoT), artificial intelligence, and 5G. Although all the above topics are multidisciplinary, a significant share of electrical engineering is clear. Existing plans and programs in electrical engineering, whether based on the traditional model of education or in the process of innovation, are adapted to new technological trends. As a rule, little or no importance is attached to environmental issues. As one of the answers to the mentioned problem at the Faculty of Electrical Engineering, University of Sarajevo, a new course, "Sustainable Development" was included. The paper briefly describes the content of this course.

Keywords: Ecology, Recycling, Energy Efficiency, Internet of Things, Sustainable Development

I Uvod

Prekomjerna emisija CO₂ smatra se glavnim uzrokom porasta prosječne temperature na Zemlji. Emisija ovoga gasa je posljedica prekomjernog sagorijevanja fosilnih goriva, spaljivanja šuma i organskih materija. Sve to

dovodi do efekta stakleničke bašte koji uzrokuje porast temperature na Zemlji [1]. Prema podacima Our World in Data [2] u posljednjih 70 godina (1950.-2020.) došlo je do povećanja godišnje emisije CO₂ približno 6 puta (sa 6 milijardi tona na 34.8 milijardi tona). Za isto to vrijeme došlo je do: porasta potrošnje energije 6 puta (sa 28516 TWh na 173340 TWh), povećanja broja stanovnika na Zemlji 3 puta (sa 2.54 milijarde na 7.79 milijardi) i povećanja bruto društvenog proizvoda (GDP) 12 puta (sa $9.8 \cdot 10^{12}$ \$ na $119.56 \cdot 10^{12}$ \$).

U istom ovom periodu srednja temperatura površine Zemlje je porasla za blizu 1°C [2]. Zabrinjavajući je linearni trend porasta temperature u posljednjih 50 godina koji, ako se ne zaustavi, može dovesti do povećanja temperature za čak 4° u 2100 [3]. Ove crne prognoze u pogledu klimatskih promjena dovele su do niza konkretnih koraka u vidu međunarodnih sporazuma o ograničenju emisije CO₂. EU je postavila cilj da do 2050. godine postane klimatski neutralna [4]. U ukupnom iznosu emisije CO₂ u 2013. godini (i drugih stakleničkih plinova) značajan udio čini energija (ugalj, nafta, plin) od čak 72%, dok sama proizvodnja električne energije i grijanje čine 31% [5]. U tom kontekstu kao osnovne smjernice u pogledu dekarbonizacije uvode se alternative nafti i uglju u vidu klimatski neutralnih obnovljivih izvora energije kao što su fotonaponske elektrane (PV) i vjetroelektrane (VE). Problem klimatskih promjena je u direktnoj vezi sa ubrzanim ekonomskim razvojem koji se zasniva na prekomjernoj upotrebi fosilnih goriva i devastaciji prirodne okoline. Potreba da se napravi balans između ekonomskog razvoja i uticaja na okolinu iskazana je kroz termin ‘održivi razvoj’. Navedeni termin se prvi put javlja od strane britanske političarke Barbare Ward 1969. godine, a preporučen je i uveden u širu upotrebu na Konferenciji o okolišu i razvoju UN u Rio de Janeiru 1992. godine [6]. U prethodnih 30 godina na nivou UN, grupe G7, G20, EU održano je niz konferencija i donešeno niz odluka i preporuka kojima se nastoji problem klimatskih promjena staviti pod kontrolu [4,7,8,9]. BiH je u nastojanju da postane članica EU deklarativno prihvatila donesene odluke i djelimično ih sprovodi. U području energetske tranzicije BiH evidentno zaostaje za EU zbog značajnog učešća uglja u ukupnoj proizvodnji električne energije [10].

Pitanje koje se nameće jeste da li i u kojoj mjeri obrazovni sistem adekvatno reagira na evidentan problem klimatskih promjena. Pitanje je vrlo važno i za adekvatan odgovor bilo bi potrebno napraviti mnogo šire istraživanje nego što je sprovedeno u ovom radu. Naime, u radu je prezentiran samo jedan primjer uvođenja novog predmeta ‘Održivi razvoj’ na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu. Uvođenje ovog predmeta je inicirano potrebom da

se studenti elektrotehnike tokom studija upoznaju sa ekološkim rizicima primjene tehnologija koje se redovno izučavaju na ovom fakultetu i koje su direktna posljedica razvoja elektrotehnike. Evidentno je da, bez posjedovanja znanja o štetnom uticaju pojedinih tehnologija, nije moguće posjedovanje svijesti o istom problemu. Zato je nužno u procesu obrazovanja na naučno utemeljen način studentima prenijeti spoznaje o djelovanju štetnih tehnologija i štetnih materija na okolinu i čovjeka u konačnici. Ove spoznaje će stvoriti pretpostavke o razvoju okolinske svijesti kod studenata.

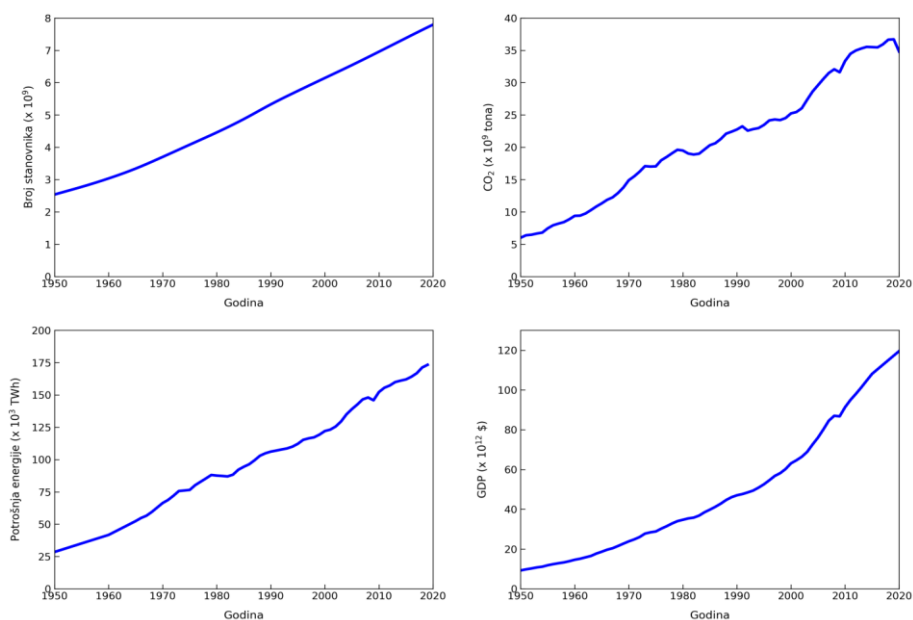
Rad se sastoji od uvoda, četiri poglavlja, zaključka i spiska literature. U uvodu je data motivacija za rad. U drugom poglavlju opisuju se prve tri faze industrijskog privređivanja. U trećem poglavlju opisuje se 4 faza industrijskog privređivanja. U četvrtom poglavlju je data kratka analiza stanja u BiH u pogledu odgovora na okolinske probleme po pitanju energetske tranzicije i zbrinjavanja ee-otpada. U petom poglavlju je dat kratak sadržaj novog predmeta 'Održivi razvoj'. Na kraju je dat zaključak i spisak korištene literature.

II Epoha industrijskog privređivanja

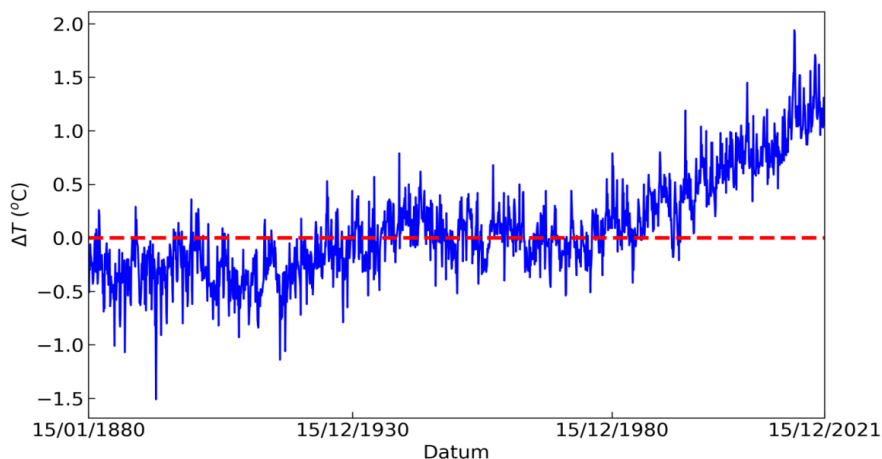
Epoha industrijskog privređivanja započinje u drugoj polovini 18-og stoljeća i traje do danas. Predindustrijsko vrijeme karakteriše poljoprivreda kao dominantna djelatnost i zanatstvo zasnovano na individualnom i ručnom radu. Ovaj period trajao je nekoliko hiljada godina sa vrlo sporim tehnološkim napretkom. Velika geografska i naučna otkrića koja su se desila u periodu XV–XVIII stoljeća unose značajne promjene u ekonomsku moć stanovništva u vidu sticanja znatnih materijalnih dobara stanovništva koje se bavilo trgovinom i zanatstvom. To dovodi do društvenih promjena koje rezultiraju Francuskom buržoaskom revolucijom, 1789. Paralelno sa ovim promjenama na društvenoj ravni odvijaju se promjene u načinu privređivanja tako što slabi uticaj poljoprivredne djelatnosti, a jača značaj zanatstva koje prelazi u industriju. Francuskom buržoaskom revolucijom na društvenoj ravni, 1789. i parnom mašinom na privrednoj ravni, 1765. započinje epoha industrijskog privređivanja. Terminima Industrija 1.0, 2.0 i 3.0 označavaju se tri faze industrijskog privređivanja koje karakterišu promjene u industrijskoj proizvodnji, a dovele su do skokovitog napretka u produktivnosti. Tkalački stroj pogonjen parom je smanjio potreban broj radnika i povećao proizvodnju. Pokretna traka u industriji mesa, a kasnije u automobilskoj industriji je omogućila rad priučenih radnika koji su obavljali samo jednu operaciju čime

su bili produktivniji i, zbog manjeg zahtjeva za stručnošću, jeftiniji. Programabilni logički kontroler (PLC) je omogućio fleksibilnost u proizvodnim fazama čime se na istoj proizvodnoj liniji mogla vršiti proizvodnja više različitih proizvoda na način da se samo mijenjao program u PLC-u. Otuda se za nulte godine u ovim fazama koriste 1784. (tkalački stroj pogonjen parom), 1870. (proizvodna linija u industriji mesa) i 1969. (programabilni logički kontroler, PLC) [11]. Termini Industrijska revolucija 1,2 i 3 se koriste da se označi uticaj promjena u industriji na korjenite promjene društva u cjelini.

Te promjene su se stvarno desile, međutim, nisu uzrokovane samo promjenom u industrijskoj proizvodnji. Postoji jako puno važnih dešavanja koja su dovela do ovih promjena. Slika 1 prikazuje kretanja ključnih parametara industrijske epohe u periodu 1950–2020. Slika 2 prikazuje promjenu temperature na Zemlji u periodu 1880–2020.



Slika 1. Prikaz ukupnih kretanja na Zemlji za period 1950–2020.: broja stanovnika, emisije CO₂, potrošnje energije, bruto društvenog proizvoda (GDP)



Slika 2. Prikaz promjene temperature na Zemlji u periodu 1880.-2020.

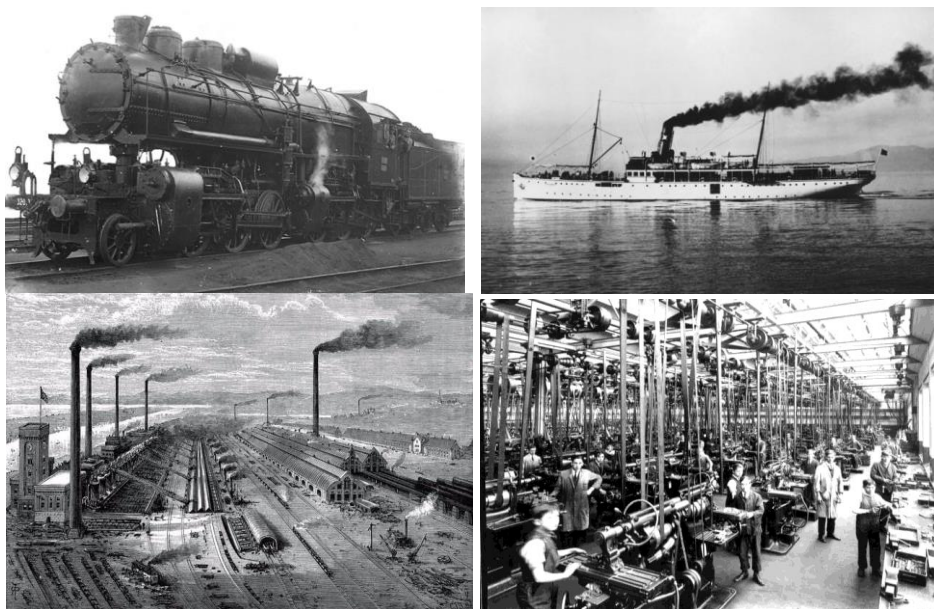
U posljednjih deset godina koriste se termini Industrija 4.0 i Industrijska revolucija 4. Pri tome se ne navodi nulta godina niti temeljni tehnološki izum koji ih je inicirao. Umjesto toga konstatira se potreba da se napravi korjenita promjena u industrijskoj proizvodnji sa ciljem da postane produktivnija (manje radnika, manje potrošnje energije, manje materijala, itd.), i to se označava terminom Industrija 4.0. S druge strane termin Industrijska revolucija 4 obuhvata očigledne promjene nastale u posljednjih 20 godina u cjelokupnom društvu za koje se tek traže uzroci i diskutira o mogućim posljedicama.

Da bismo razumjeli termine Industrija 4.0 i Industrijska revolucija 4 potrebno je detaljno analizirati uzroke, postignuća i posljedice Industrija 1.0, 2.0 i 3.0. U nastavku će biti dat kratak osvrt na značajke Industrija 1.0, 2.0 i 3.0 te napravljena analiza postignuća i posljedica.

II.1 Industrija 1.0

Prva industrijska revolucija se karakteriše prelaskom sa manuelne na mašinsku proizvodnju, upotrebom uglja za pogon parnog stroja za potrebe proizvodnje i transporta. Osnovni izum koji je omogućio ove promjene je nastao 1765. godine usavršavanjem parnog stroja od strane James Watta [12]. To je dovelo do nagle proizvodnje uglja i čelika, te niza revolucionarnih izuma: 1784. tkalački stroj pogonjen parom [13], 1807. prvi parobrod [14], 1814. prva parna lokomotiva [15], 1835. prvi telegraf [16], 1839. prvi uspješan postupak izrade fotografije [17], 1839. prvi bicikl s pedalama [18]. Kao posljedica dolazi do transformacije društva iz dominantno feudalnog u

dominantno građansko društvo. Na slici 3 date su fotografije parne lokomotive, parobroda, željezara i tekstilne tvornice kao simbola perioda prve industrijske revolucije [19,20,21,22].

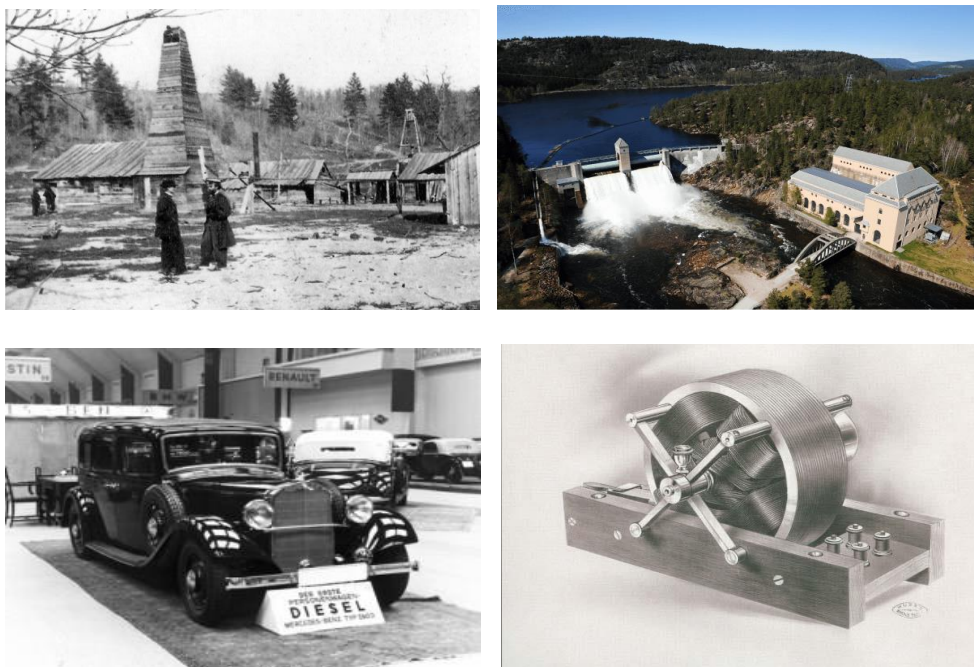


Slika 3. Parna lokomotiva, parobrod, željezara i tekstilna tvornica iz vremena prve industrijske revolucije

II.2 Industrija 2.0

Druga industrijska revolucija se karakteriše upotrebom nafte kao pogonskog goriva te širokom upotrebom električne energije u javnom sektoru, industriji i domaćinstvima. Krajem 19. stoljeća desili su se veliki iskoraci u razvoju elektrotehnike. Otvaranjem elektrane u centrali Pearl Station na Manhattanu 1882. Thomas Edison je uveo prvi komercijalni sistem javne rasvjete i snabdijevanja električnom energijom na istosmjernom naponu [23]. 1896. pušta se u pogon prvi prenos višefaznog AC sistema koji je realiziran na bazi izuma Nikole Tesle [24]. Ostali izumi: 1876. Nikolaus August Otto je konstruisao četverotaktni motor s unutrašnjim sagorjevanjem [25], 1897. Rudolf Diesel je konstruisao motor na naftni pogon [26], 1895. prva električna lokomotiva [27], početkom 20-og stoljeća Henry Ford je započeo prvu serijsku proizvodnju automobila na traci [28], 1903. braća Wright su prvi poletjeli avionom sa dva motora [29], Alexander Graham Bell je konstruisao

prvi upotrebljivi telefon 1876. [30], Guglielmo Giovanni Maria Marconi 1897. ostvaruje prvi bežični prenos govora [31]. Na slici 4 date su fotografije naftne pumpe, hidroelektrane, automobila, indukcionog motora kao simbola perioda druge industrijske revolucije [32,33,34,35].

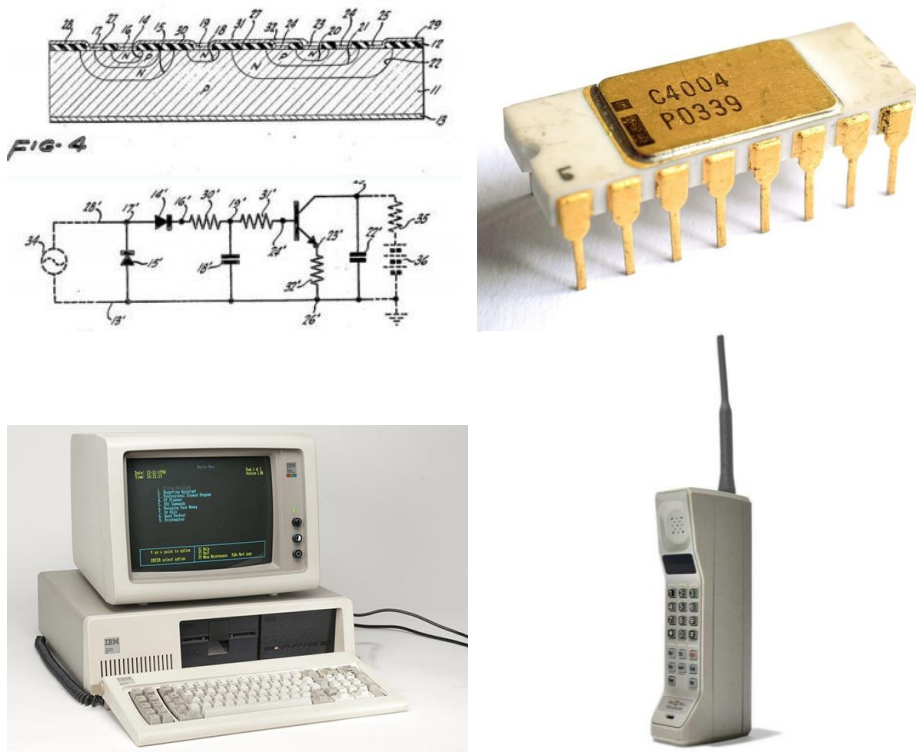


Slika 4. Nafta i električna energija kao pokretači druge industrijske revolucije

II.3 Industrija 3.0

Treća industrijska revolucija se vezuje uz pojavu tehnologije proizvodnje integriranih krugova. Ovo je dovelo do masovne primjene digitalnih računara i sveopšte digitalizacije. Dolazi do automatizacije značajnog dijela industrijske proizvodnje, pojave interneta, razvoja komunikacija i opšte upotrebe mobilnih telefona. Monolitna ideja realizirana od strane Jack Kilbya 1958. [36] dovodi do patentiranja tehnologije proizvodnje integriranih krugova od strane Robert Noycea 1959 [37]. Gordon Moore 1965. analizira produktivnost proizvodnje integriranih krugova i ustanovljava poznato Mooreovo pravilo prema kojem će se broj komponenti udvostručavati svake dvije godine na istoj površini pločice silicija [38].

Proizvođači integriranih krugova su slijedili ovo pravilo u narednih 57 godina. Intel je 1971. godine realizirao prvi mikroprocesor na čipu koji je sadržavao 2900 tranzistora da bi integrirani krugovi u 2020. sadržavali više od 10 milijardi tranzistora [39]. Ključni izumi koji su odredili ovu fazu su: programabilni logički kontroler 1969, personalni računar 1981, internet 1991, mobilni aparat 1989. Na slici 5 date su fotografije prvog plenarnog procesa proizvodnje integriranog kruga, prvog mikroprocesora, IBM personalnog računara i mobitela kao simbola perioda treće industrijske revolucije [40,41,42,43].

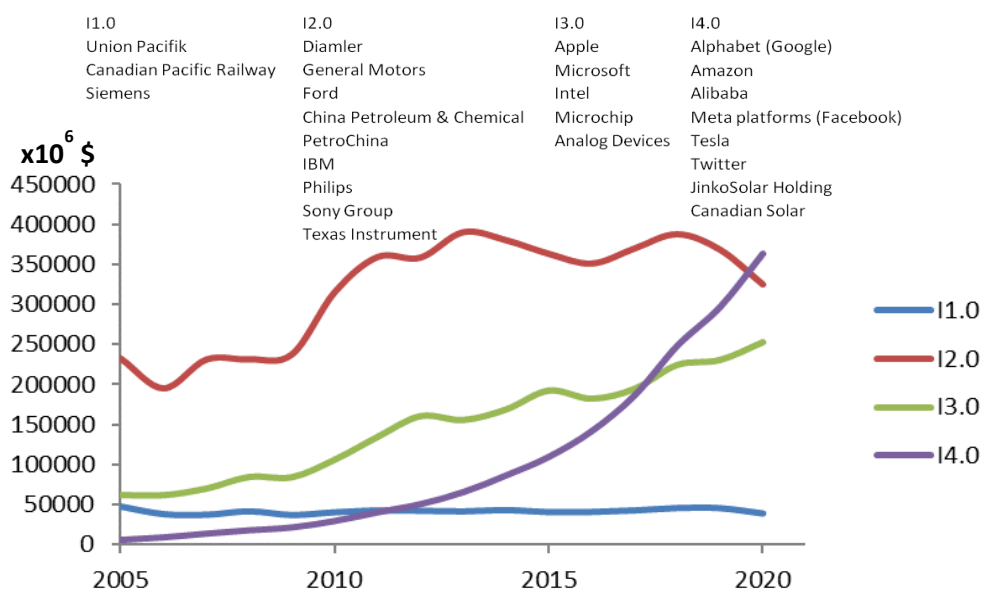


Slika 5. Integrirani krug, mikroprocesor, PC i mobilni aparat kao pokretači treće industrijske revolucije

III. Industrija 4.0

Termin Industrija 4.0 se prvi put javlja kao njemački projekt pod nazivom „Industrie 4.0“ 2011. na sajmu Hannover Messe kada je prezentiran plan da Njemačka digitalizira industriju u sklopu akcionog plana ‘High-Tech Strategy 2020. for Germany’ [11]. Pod tim terminom je definiran koncept savremene industrije koja u centar stavlja „pametnu“ tvornicu (Smart Factory) koja koristi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju za upravljanje proizvodnim i poslovnim procesima u cilju dominacije na tržištu ostvarivanjem poboljšane kvalitete, nižih troškova i fleksibilnije proizvodnje [44].

Suočeni sa ozbiljnom konkurencijom novih industrija, prvenstveno kineske, Njemačka i zemlje EU ozbiljno pristupaju restrukturiranju vlastite industrije da bi se usporio pad udjela iste na svjetskom tržištu. Zato se u parlamentu EU 2015. godine usvaja plan transformacije industrije kada se usvaja definicija za Industriju 4.0. Po toj definiciji industrija 4.0 je digitalna industrijska transformacija s naglaskom na automatizaciji, razmjeni podataka, cyber-fizičkim sistemima, robotima, umjetnoj inteligenciji, internet stvarima (engl. Internet of Things – IoT), 3D štampi, nanotehnologiji, biotehnologiji, znanosti materijala, skladištenju energije, autonomnim vozilima i autonomnim industrijskim tehnikama za ostvarenje pametne industrije i proizvodnih ciljeva [44]. Oznaka 4.0 označava da je riječ o četvrtoj industrijskoj revoluciji na svijetu, nasljednici triju ranijih industrijskih revolucija koje su dovele do značajnih poboljšanja u produktivnosti i promijenile živote ljudi širom svijeta.



Slika 6. Finansijski učinci globalnih kompanija u svijetu razvrstanih po fazama

Poslije ovih inicijalnih planova Njemačke i EU u literaturi se javljaju mnoge definicije, koncepti analize i tumačenja pojma Industrija 4.0. Sve ove analize su jasan signal da se nalazimo u periodu koji se razlikuje od perioda karakterističnih za prethodne tri faze. Za razliku od prethodne tri faze koje su se jednostavno desile, a onda je uslijedila analiza posljedica i uzroka, ovdje se radi o planiranju novog koncepta Industrija 4.0 sa ciljem da se prevaziđu nedostaci postojećeg modela privređivanja.

U ovom radu autori su pretpostavili da se današnje društvo već uveliko nalazi u fazi 4 te je napravljena kratka analiza uzroka i posljedica. U analizi se pošlo od potrage za odgovorom na dva pitanja: 1. Koji su to privredni subjekti koji su se pojavili u zadnjih 20-ak godina te izrasli u poslovne gigante (Top 100 svjetskih kompanija)? 2. Koje su to temeljne tehnologije (izumi) na kojima se zasniva poslovanje privrednih subjekata iz pitanja 1? Kao odgovor na prvo pitanje ustanovljeno je da novi globalni privredni subjekti predstavljaju dominantne poslovne sisteme iz domena: pretraživača, društvenih mreža i internet prodaje. Kao ilustracija napravljeno je poređenje ukupne godišnje zarade privrednih subjekata nastalih u fazama 1, 2, 3 i 4 (slika 6). Kao izvor podataka korištena je 'Macrotrends - The Premier Research Platform for Long Term Investors', [45].

Kriterij svrstavanja odabranih privrednih subjekata je bio vrijeme nastanka i osnovna djelatnost. Tako su firme prema djelatnosti svrstane kako slijedi: željeznica i industrija čelika (faza I), automobilska industrija, industrija nafte, elektronska industrija (faza II), poluprovodnička industrija, softverska industrija (faza III), pretraživači, društvene mreže, internet prodaja, industrija solara, električni automobili (faza IV). Dijagram pokazuje da se finansijski udio privrednih subjekata faze IV približava vodstvu i to po eksponencijalnom trendu. Odgovor na drugo pitanje ukazuje da su naredne 4 tehnologije u osnovi poslovanja privrednih subjekata faze 4: World Wide Web (WWW), internet stvari (IoT), vještačka inteligencija (VI), mobilna mreža 5-e generacije (5G). World Wide Web, WWW. WWW je iniciran od strane Tim Berners-Lee 1989. koji je radeći u okviru CERN-a predložio, a kasnije i demonstrirao korištenje hipertekstualnih dokumenata putem interneta [45]. Za razliku od standardnog tekstualnog dokumenta hipertekstualni dokument sadrži: tekst, dijagrame, slike, zvuk, video i sl. Ovakav dokument postaje dinamičan na način da mijenja svoj sadržaj u skladu sa novim podacima ili zahtjevima korisnika. Također, hipertekst sadrži poveznice sa drugim sadržajima na internetu koje omogućuju lakše pronalaženje informacija. WWW koristi uspostavljenu klijent-server arhitekturu na internetu. Server predstavlja aplikaciju koja

skladišti, čuva i na zahtjev klijenta dostavlja tražene dokumente. Klijent predstavlja aplikaciju koja omogućuje potraživanje i preuzimanje dokumenata od servera.

Internet stvari, IoT (Internet of Things) prvi put se kao termin javlja 1985. godine od strane Peter T. Lewisa [46] gdje se definira novi koncept povezivanja uređaja široke upotrebe na internet. Ti uređaji obavljaju svoju postojeću funkciju, a sa povezivanjem na internet mogućnosti primjene se proširuju te se pojavljuju novi uređaji sa potpuno novim funkcijama. Za razliku od već postojećih uređaja koji imaju konekciju na internet (PC i mobilni telefon) ovi uređaji mogu komunicirati putem interneta bez posredovanja operatera, troše mnogo manje energije i jeftiniji su. Navedene tri osobine su nametnule definiranje potpuno novih koncepata dizajna takvih uređaja te razvoj novih protokola. Kompletan koncept je zasnovan na potrebi da se automatizira unos podataka iz okruženja u realnom vremenu te da se ti podaci učinkovito mogu koristiti. Iako sam koncept IoT nije reduciran isključivo na parametre fizičkih sistema koji se putem senzora automatski prikupljaju i putem interneta stavljaju na upotrebu korisnicima, trenutno se dominantno razmatra arhitektura gdje su kao izvor podataka senzori. IoT je naslonjen na mrežnu infrastrukturu interneta koja se ubrzano razvija i putem bežične komunikacije omogućuje razmjenu podataka između uređaja lociranih na širokom prostoru ljudskog djelovanja. Da bi se omogućila konekcija velikog broja ovih uređaja postojeći format IP adrese IPv4 je proširen na IPv6 [47]. IoT svoje začetak vuče iz tehnologije RFID kao automatske identifikacije proizvoda radio putem u procesu proizvodnje ili prodaje.

Vještačka inteligencija, VI. Velike količine podataka koje se prikupljaju u postupku digitalne transformacije postaju problem u pogledu algoritama obrade takvih podataka i dolaska do znanja koja će povećati efikasnost sistema. Kao jedno od rješenja koriste se ekspertni sistemi zasnovani na primjeni vještačke inteligencije (VI) [48]. VI svoje algoritme zasniva na imitiranju bioloških sistema. U osnovi se radi o tome da, umjesto standardnih metoda obrade podataka koje izlaze formiraju na bazi uspostavljene funkcionalne veze sa ulaznim podacima, kod VI izlazi se formiraju iterativnim prilagođavanjem koeficijenata sistema. To se postiže tako da se izlazi približavaju rješenjima koja se nude u postojećoj praksi (učenje) da bi na bazi novih ulaznih podataka ponudili izlaze za koje pretpostavljamo da su u domenu poželjnih (primjena).

Mobilna mreža 5-e generacije, 5G. Jako mnogo različitih izvora istovremeno generiraju velike količine podataka kao rezultat primjene koncepta IoT što

nameće potrebu za znatnim unapređenjem komunikacionog sistema. To unapređenje se provodi u pogledu većih brzina prenosa, manjim kašnjenjima u prenosu, te većoj pokrivenosti prostora. Razvojem mobilnih komunikacija od analognog prenosa (G1), preko digitalnog prenosa (G2,G3,G4) dolazi se do G5 kao trenutno najbržeg prenosa u mobilnoj mreži. G5 koristi frekvencije i do 30GHz što omogućuje primjene u real time sistemima sa zahtjevom za malim kašnjenjima. Posebna primjena G5 se očekuje u pogledu razvoja i primjene autonomnih vozila. Prve instalacije G5 mreže su izvršene u SAD-u (Chicago i Minneapolis) 2019. godine [49]. U nekim primjenama G5 se koristi samo lokalno (WiFi), a veza prema internetu se ostvaruje na bazi infrastrukture za G3 ili G4.

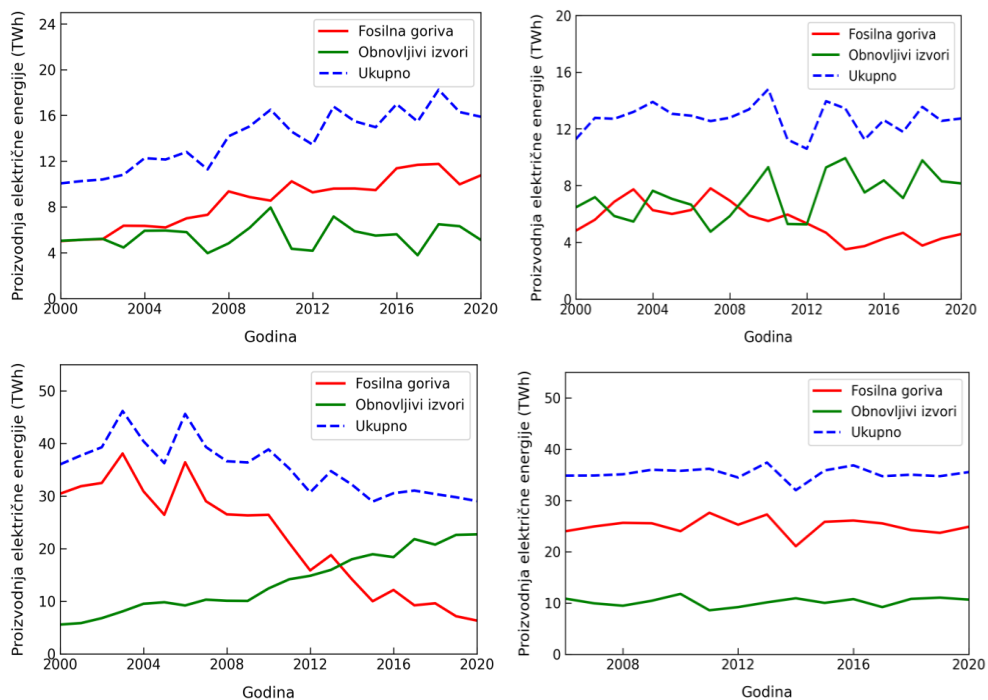
IV. Stanje u BiH u pogledu odgovora na proizvedene okolinske probleme

Industrije 1.0, 2.0, i 3.0 su proizvele dva dominantna izvora ekoloških problema: prekomjerna emisija CO₂ i prekomjerno generiranje otpada. Za oblast elektrotehnike oba izvora su značajna, jer u emisiji CO₂ proizvodnja električne energije zauzima visoko mjesto, a ee-otpad je direktan produkt upotrebe tehnologija primarnih za elektrotehniku. BiH kao zainteresirani subjekt za članstvo u EU usklađuje svoje zakonodavstvo i prakse sa istim u EU i u tom kontekstu po pitanju energetike i zbrinjavanja ee-otpada poduzima određene korake. Doneseno je niz mjera u vidu zakonskih rješenja koja omogućuju uvođenje praksi implementacije standarda EU po navedenim pitanjima.

IV.1 Energetska tranzicija

BiH je članica Evropske energetske zajednice i preuzela je obaveze usklađivanja svojih energetske politika sa standardima EU. Implementacija tih obaveza ne ide dogovorenom dinamikom i BiH ima ozbiljne primjedbe od strane EU na ovu temu. Na slici 7 je prikazana dinamika proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva (ugalj, nafta, plin) i obnovljivih izvora (fotonaponske elektrane, PV; vjetroelektrane, VE; hidroelektrane, HE) za zemlje: BiH, Hrvatska, Danska i Srbija. Za poređenje su uzete dvije zemlje koje su članice EU (Danska i Hrvatska) i dvije koje nastoje dobiti status kandidata (BiH i Srbija). Danska se uz Njemačku pozicionirala kao vodeća zemlja EU u dostignutom stepenu energetske tranzicije i s te strane je interesantna kao cilj kome bi BiH trebala težiti. Slika 7 pokazuje da se za

period 2000–2020. u BiH povećala proizvodnja električne energije sa 10.06 TWh na 16.96TWh godišnje, dok je najveća proizvodnja ostvarena u 2018. u iznosu od 17.64 TWh [50]. Nažalost, to povećanje je nastalo kao povećanje proizvodnje električne energije iz uglja. U 2021. godini udio TE u ukupnoj proizvodnji električne energije iznosio je 62.3%, dok je udio iz novih izvora obnovljive energije (PV i VE) samo 2.2% [51]. Pored povećanja proizvodnje iz postojećih kapaciteta izgrađena je i nova termoelektrana u Stanarima instalisane snage 300 MW koja je u vlasništvu privatne kompanije EFT Grupa [52]. Navedeni pokazatelji jasno ilustriraju primjedbe EU na energetske politiku BiH. S druge strane za isti period Danska je smanjila proizvodnju električne energije, povećala udio obnovljivih izvora (prvenstveno VE) i značajno smanjila udio fosilnih goriva (ugalj). Tako u 2021. godini Danska je 52.75% proizvedene električne energije ostvarila iz obnovljivih izvora (VE i PV), a samo 15.92% iz uglja, ostatak je proizveden u HE i elektranama na gas, naftu i biogorivo [52]. Srbija i Hrvatska su zadržale nivo proizvodnje pri čemu je Hrvatska malo popravila odnos obnovljivih izvora u odnosu na izvore iz fosilnih goriva, dok je Srbija zadržala odnos.



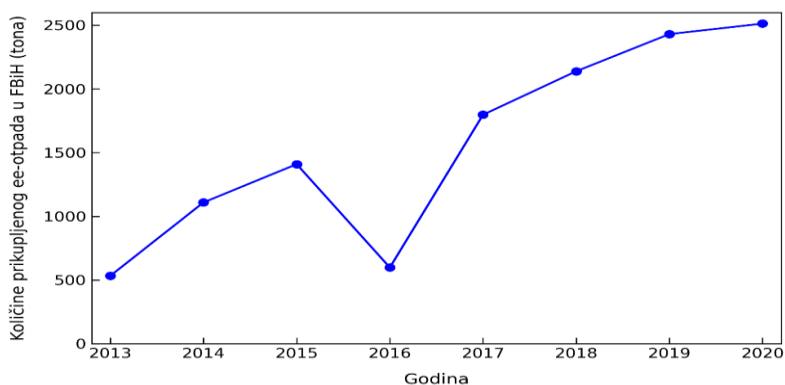
Slika 7. Godišnja proizvodnja električne energije u periodu 2000–2020. za BiH (gornja lijeva slika), Hrvatsku (gornja desna slika), Dansku (donja lijeva slika) i Srbiju (donja desna slika)

IV.2 Zbrinjavanje ee-otpada u BiH

Razvoj elektroničke industrije (faza 2 i faza 3), poluprovodničke industrije (faza 3), te masovna primjena uređaja za prikupljanje, prenos, skladištenje i upotrebu digitalnih podataka (faza 4) doveli su do enormnih količina elektroničkih uređaja u upotrebi. Ovi uređaji, prvenstveno zbog tehnološkog zastarjevanja, se vrlo brzo stavljaju van upotrebe što proizvodi velike količine elektroničkog otpada (e-otpad). To je najbrže rastući otpad [54]. Ovakav otpad sadrži blizu stotinu različitih supstanci od kojih su neke jako štetne za okolinu (živa, olovo, hrom, berilij...) a neke su važne sirovine (aluminij, bakar, zlato...) [55]. Na bazi istraživanja o problemu zbrinjavanja elektroničkog otpada za Kanton Sarajevo prezentiranog u [56] napravljena je procjena količina i sastava ovog otpada za BiH. Ovaj otpad dolazi iz industrije i javnog sektora, te iz domaćinstava. U ovoj analizi obuhvaćen je samo e-otpad široke potrošnje koga generišu domaćinstva. Zbog nedostatka polaznih podataka za primjenu neke od korištenih metoda procjene količina e-otpada ovdje je korištena metoda zasnovana na podacima o broju stanovnika, te procjeni navika i rezultatima ankete u pogledu vremena korištenja aparata. Prema rezultatima prezentiranim u [57] procijenjeno je da se u BiH godišnje rashoduje: 66685 TV, 211253 PC, 599662 mobilnih telefona. Ako uzmemo da su prosječne mase TV, PC i mobilnog aparata: 25kg, 20kg, 135gr respektivno, dobijemo 5967 tona rashodovanog e-otpada godišnje u BiH. Reciklažom ovog iznosa e-otpada može se dobiti 1612 tona stakla (27%), 1612 tona plastike (27%), 1367 tona mekog čelika (23%), 476 tona tvrdog čelika (8%), 176 tona bakra (3%), 176 tona aluminijuma (3%), 476 tona ostalih materijala (8%) i 53 tone otrovne supstance (1%).

BiH zakonsku regulativu koja tretira upravljanje otpadom donosi na entitetskom nivou. FBiH je 2012. godine donijela Pravilnik o upravljanju otpadom od električnih i elektronskih proizvoda (ee-otpad) [58], dok je u RS tek u izradi Pravilnik o upravljanju električnim i elektronskim otpadom [59]. FBiH koristi integralni sistem upravljanja ee-otpadom. Integralni sistem odgovornost za brigu o ee-otpadu postavlja na državne službe. Ove službe preko nadležnih ministarstava formiraju potrebne zakonom definirane procedure. Tim procedurama uspostavlja se operator sistema koji preuzima obavezu prikupljanja i zbrinjavanja ee-otpada, kao i obavezu izvještavanja. Operater sistema je neprofitna organizacija koja po ovlaštenju Fonda za zaštitu okoliša vrši poslove iz oblasti upravljanja električnim i elektronskim otpadom. Proizvođači ili uvoznici plaćaju zakonom definiranu naknadu koja uključuje troškove prikupljanja, reciklaže i rada nadležnog vladinog tijela. Od krajnjeg korisnika se zahtijeva pravilno odlaganje ee-otpada, koje je bez naknade.

Korisnici opreme se obavještavaju o obavezi posebnog odvajanja ee-otpada. Krajnji korisnik je dužan odvojeno odložiti na posebna mjesta ee-otpad, a operator sistema je dužan isti besplatno preuzeti. Slika 8 pokazuje količine prikupljenog otpada jednog ovlaštenog operatera u FBiH (ZEOS). RS je izmjenama i dopunama zakona o upravljanju otpadom omogućila naplatu naknade od proizvođača i uvoznika ee-opreme [60] što omogućuje rad operatora sistema za prikupljane otpada.



Slika 8. Zbrinjavanje ee-otpada u FBiH u periodu 2013–2020.

V. Predmet ‘Održivi razvoj’ na studijskom programu u oblasti elektrotehnike

Evidentno je da je ubrzani industrijski razvoj doveo do povećanja standarda i poboljšanja kvaliteta života. Međutim, kao direktna posljedica prekomjernog korištenja prirodnih resursa došlo je do značajnog narušavanja prirodne ravnoteže koja se ogleda u evidentnim klimatskim promjenama. Značajan udio u emisiji CO₂ kao ključnom uzroku klimatskih promjena ima elektroenergetika. Isto tako potrošačko društvo koje je u osnovi industrijskog društva generira enormne količine otpada svih vrsta. Posebno mjesto u generiranom otpadu pripada elektronskom otpadu koji predstavlja najbrže rastući otpad. S druge strane tehnološki temelji industrije 4.0 su IoT, WWW, VI, 5G koji izvorno pripadaju oblasti elektrotehnike i računarstva. S te strane smatramo da je u edukaciji inženjera elektrotehnike potrebno posebnu pažnju posvetiti okolinskim temama. U tom kontekstu prilikom inoviranja nastavnih planova i programa na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu ponuđen je novi predmet ‘Održivi razvoj’. Predmet se sluša u drugoj godini I ciklusa i kao izborni može biti biran od studenata svih studijskih programa.

Cilj (ciljevi) predmeta: Razvoj svijesti o održivom razvoju elektronike. Ovladavanje okolinski prihvatljivim pristupom dizajnu novih proizvoda. Razvoj kreativnosti i stimulacija startup trendova.

Ishodi učenja: Znanje o procesima kruženja materije u prirodi. Znanje o nužnosti uspostave okolinske i ekonomske ravnoteže. Spoznaja o ograničenosti resursa u prirodi.

Vještine: Rad u timu, prezentiranje rezultata istraživanja.

Kompetencije: donošenje sudova o okolinskoj dimenziji privrede, razlikovanje štetnih od manje štetnih tehnoloških postupaka, društveno odgovorno tehnološko ponašanje.

Tematske jedinice: Tehnologije proizvodnje. Manufakturna proizvodnja. Industrijska proizvodnja. Distribuirana proizvodnja. Prva industrijska revolucija: parni stroj. Druga industrijska revolucija: energija nafte, električna energija. Treća industrijska revolucija: digitalni računari, automatizacija proizvodnje. Četvrta industrijska revolucija: umreženo djelovanje, internet stvari (IoT), vještačka inteligencija. Kretanje energije i materije u prirodi. Prirodni ciklusi. Energija sunca. Energija vjetra. Hidroenergija. Energija vodonika. Energija biomase. Ciklus H₂O. Ciklus C-O. Skladištenje električne energije. Hemijski izvori energije. Baterije. Punjive baterije. Olovne baterije. Litijum jonske baterije. Parametri baterija. Mjerenje parametara baterija. Preostali životni vijek. Superkondenzatori. Energetska efikasnost. Rasvjeta. Led tehnologija. Pametni gradovi. Električna vozila. Elektronički materijali. Poluprovodnici. Sirovine za dobivanje poluprovodnika. Metali. Izolatori. Elektroničke komponente. Sirovinski sastav elektroničkih komponenti. Ekološka analiza sastava elektroničkih sistema. Reciklaža. Propisi. Tehnološki aspekti reciklaže. Zbrinjavanje štetnih materija iz rashodovanih proizvoda. Sirovinski potencijal reciklaže. Ekonomski aspekt reciklaže. Ekološki aspekt reciklaže. Razvoj novog proizvoda. Ideja. Prototip. Preliminarni rezultati. Patentna zaštita. Investicije. Tržište. Plasman. Proizvodnja. Razvoj uređaja. Životni ciklus proizvoda. Linearni model. Cirkularni model.

VI. Zaključak

Razvoj tehnologije je omogućio znatan napredak čovječanstva, ali je proizveo i niz vrlo ozbiljnih problema. Moderne tehnologije su interdisciplinarne i korjenito mijenjaju sve društvene norme. Prirodni resursi su ograničeni i prema trenutnom stepenu iskorištenja opasno smo se približili krajnjim granicama. U području tehničkih nauka u postupku obrazovanja vrijeme je da

se umjesto termina “težno-ekonomska analiza” koristi termin “eko-težno-ekonomska analiza”. Budući rudnici trebaju biti tvornice za reciklažu. Izvori energije dominantno trebaju biti obnovljivi i bez emisije CO₂. Nove IT tehnologije su velika šansa za nerazvijene zemlje jer na jeftin način omogućavaju prevladavanje tehnološke razlike između razvijenih i nerazvijenih.

Ako ljudska zajednica ne riješi probleme koje je sama proizvela, a ogledaju se u značajnom narušavanju prirodne ravnoteže, onda će priroda pronaći način da se svojim odbrambenim mehanizmima oslobodi negativnih efekata djelovanja ljudske zajednice sa potencijalno pogubnim posljedicama po čovječanstvo u cjelini.

Literatura

1. 1911 Encyclopædia Britannica, Volume 5 — Cartwright, Edmund
2. 1911 Encyclopædia Britannica/ Stephenson, George
3. Abdulah Akšamović, Senad Odžak, *Digitalna transformacija: uzroci, posljedice, očekivanja, ICPAE 2022*, Zrenjanin.
4. Abdulah Aksamovic; Emina Huseinović, Electronic waste disposal in District Sarajevo, 2018 *41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), IEEE 2018*. Opatija
5. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "greenhouse effect". *Encyclopedia Britannica*, 27 May. 2020, <https://www.britannica.com/science/greenhouse-effect>. Accessed 25 March 2022.
6. By Robert Henry Thurston, *A History of the Growth of the Steam-engine*, London 1883.
7. Damir Miljević, Nikola Rajaković, Igor Kalaba, *Energetska tranzicija: teret ili razvojna šansa za BiH?*, Centar za životnu sredinu / Центр за животну средину, Banja Luka 2020.
8. Daniel, Malcolm. “Daguerre (1787–1851) and the Invention of Photography.” In *Heilbrunn Timeline of Art History*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–. http://www.metmuseum.org/toah/hd/dagu/hd_dagu.htm (October 2004)
9. Drake Well Museum. <https://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-october-9-1865-first-successful-us-oil-pipeline/>
10. Gojko Nikolić, Industrija i obrazovanje, *Andragoški glasnik* Vol 21, Broj 1-2, 2017., str. 37-48 Pregledni rad
11. <http://www.bicyclehistory.net/bicycle-inventor/kirkpatrick-macmillan/>
12. <http://www.chetansharma.com/correcting-the-iot-history/>
13. <http://www.eft-stanari.net/>

14. http://www.railfaneurope.net/ric/hr_elektrifikacija.htm
15. https://dieselnet.com/tech/diesel_history.php
16. https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law#/media/File:Moore's_Law_Transistor_Count_1970-2020.png
17. <https://hexus.net/tech/news/systems/61737-pioneer-behind-ibm-pc-bill-low-dies-aged-72/>
18. <https://mojkontakt.com/2021/07/22/gdje-bacati-elektronski-otpad-laus-ima-jedini-kontejner-u-cijeloj-republici-srpskoj/>
19. https://ohiohistorycentral.org/w/Wilbur_Wright
20. <https://ourworldindata.org/>
21. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-generation?country=~BIH>
22. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked?country=~BIH>
23. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked?country=~DNK>
24. <https://sciencespinning.com/2015/10/17/the-diesel-engine-a-nineteenth-century-invention-remains-the-worlds-most-widely-used-engine-but-does-it-have-a-future/>
25. <https://sdg.iisd.org/events/g20-climate-and-energy-joint-ministerial-session-2021/>
26. <https://tehnika.lzmk.hr/lokomotiva/>
27. <https://unfccc.int/documents?f%5B0%5D=topic%3A3552>
28. <https://www.analyticsinsight.net/using-artificial-intelligence-in-big-data/>
29. <https://www.britannica.com/biography/Alexander-Graham-Bell>
30. <https://www.britannica.com/biography/Samuel-F-B-Morse>
31. <https://www.c2es.org/content/international-emissions/#:~:text=by%20Sector%2C%202013-2014,Notes,72%20percent%20of%20all%20emissions.>
32. <https://www.elektormagazine.com/articles/the-birth-of-the-microprocessor-intel-4004>
33. <https://www.engineering.com/story/was-the-industrial-revolution-really-worth-it>
34. <https://www.fuergy.com/blog/hydroelectricity-in-the-early-20th-century>
35. <https://www.g7uk.org/the-cornwall-summit/>
36. <https://www.internetsociety.org/deploy360/ipv6/>
37. <https://www.lindahall.org/robert-noyce/>
38. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1909/marconi/biographical/>
39. <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/kilby-lecture.pdf>
40. https://www.portofon.com/muzej_mobitela/prvi-poziv-mobitela-3-travnja-1973
41. <https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/>
42. <https://www.sutori.com/en/item/the-first-industrial-revolution-began-around-1760-in-the-textile-industry-in-gre>

43. <https://www.verizon.com/about/our-company/5g/when-was-5g-introduced>
44. <https://www.zmescience.com/science/history-science/history-induction-motor/>
45. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
46. Lider.media (2015). *Industrija 4.0 – nova opasnost za većinu domaćih proizvođača*, *Lider. media*, <https://lider.media/aktualno/tvrtke-i-trzista/poslovna-scena/industrija40-nova-opasnost-za-vecinu-domacih-proizvodaca/>, objavljeno 23. 04. 2015.
47. Moore, Gordon (April 19, 1965). Cramming More Components onto Integrated Circuits, *Electronics Magazine*. 38 (8): 114–117.
48. Održivi razvoj. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 24. 3. 2022.<<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=44778>>.
49. Official Journal of the European Union, REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'), L 243/1
50. *Old Steamboat Days on The Hudson River*, By: David Lear Buckman, The Grafton Press, 1907. <http://www.hmmm.org/diglib/oldsteam/prt-chapter1.html>
51. Otto, Nikolaus August. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 26. 3. 2022.<<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=45926>>.
52. *Pearl Street Station*, [Online], dostupno na: https://ethw.org/Pearl_Street_Station, [05 Veljače 2020]
53. Pomorski i povijesni muzej Hrvatskog primorja Rijeka, <https://tehnika.lzmk.hr/parobrod/>
54. Robert N. Noyce, Fairchild Semiconductor Corporation, Semiconductor Device-and-Lead Structure Reprint of U.S. Patent 2,981,877 (Issued April 25, 1961. Filed July 30, 1959), IEEE Solid-State Circuits Society Newsletter (Volume: 12, Issue: 2, Spring 2007)
55. S. Chatterjee, Sustainable electronic waste management and recycling process, *American Journal of Environmental Engineering* 2012. 2(1) 23-33.
56. Službene novine FBiH, 87/12, Pravilnik o upravljanju otpadom od električnih i elektronskih proizvoda, Sarajevo, 2012.
57. Swan, Tony (April 2013). Ford's Assembly Line Turns 100: How It Really Put the World on Wheels. *Car and driver*. Retrieved 26 March 2017.

58. Tesla, Nikola. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 26. 3. 2022.
<<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61021>>.
59. Tim Berners-Lee, 'Information Management: A Proposal', CERN, 1989.
60. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o upravljanju otpadom, *Službeni glasnik Republike Srpske* – broj 70. 16. 7. 2020.