Energetski i ekološki aspekti industrijskih revolucija

Žužić, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:459594

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Maja Žužić

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Maja Žužić

Energetski i ekološki aspekti industrijskih revolucija

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada: Izv.prof.dr.sc.Zvonimir Glasnović,

Članovi ispitnog povjerenstva: Izv.prof.dr.sc. Zvonimir Glasnović
Prof.dr.sc. Ante Jukić
Dr.sc. Karmen Margeta,viši znanstveni suradnik

Zagreb, srpanj 2017.

Ovaj rad izrađen je na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za mjerenja i automatsko vođenje procesa, akademske godine 2016./2017.

Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Zvonimiru Glasnoviću na pomoći prilikom izrade ovoga rada, na strpljivosti i stručnim savjetima.

Posebna zahvala dr. sc. Karmen Margeti za pomoć prilikom izrade ovoga rada i potrebnim ustupljenim materijalima.

SAŽETAK

Svjedoci smo sve izraženijih klimatskih promjena i posljedično prirodnim katastrofama koje su uzrokovane nebrigom za okoliš kroz proteklih dvije stotine godina. U ovom radu analizirano je postojeće energetsko i ekološko stanje preko posljedica prve i druge industrijske revolucije. Posljedice prve industrijske revolucije, u smislu njenog djelovanja na okoliš, puno su poznatije jer je ona u potpunosti završila, dok su posljedice na okoliš druge industrijske revolucije još nepoznate jer u energetsko - ekološkom smislu i dalje živimo u vremenu druge industrijske revolucije i izuma Nikole Tesle. Najveći problem prve i druge industrijske revolucije su visoke koncentracije ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi.

U smislu rješenja tog problema, očuvanja okoliša i smanjenja ugljičnog dioksida (CO_2), u ovom radu je prikazana i radikalno nova tehnologija nazvana *„Seawater Steam Engine“* koja bi trebala biti pokretač treće industrijske revolucije. Predloženom tehnologijom istovremeno bi se dobivala i energija i pitka voda korištenjem triju prirodnih sila: obnovljivih izvora energije, morske vode i gravitacije, a minimalno proizvedene količine ugljičnog dioksida (CO_2) omogućile bi zaustavljanje klimatskih promjena. *„Seawater Steam Engine“* je jedina tehnologija koja nudi konkretan način na koji bi se naselja/gradovi opskrbljivali energijom i pitkom vodom iz obnovljivih izvora energije, potpuno neovisno o vanjskim utjecajima tijekom cijele godine i omogućava realizaciju održivih zajednica.

Iz analize rezultata pojedinačne i kumulativne potrošnje fosilnih goriva (ugljen, nafta i prirodni (zemni) plin) te pripadajuće emisije ugljičnog dioksida (CO_2), može se zaključiti da će klimatske promjene biti iz godine u godinu sve veće te da se čovječanstvo nalazi pred ozbiljnim izazovima. Nova tehnologija prikazana u ovom radu ima potencijal zaustavljanja klimatskih promjena, a samo o nama ovisi da li ćemo tu priliku i iskoristiti.

KLJUČNE RIJEČI: Industrijske revolucije, energija, pitka voda, emisija ugljičnog dioksida (CO_2), *„Seawater Steam Engine“,* održive zajednice

ABSTRACT

We are witnessing more and more pronounced climate change and the consequent natural disasters that have been caused by environmental damage over the past two hundred years. This thesis analyzes the existing energy and ecological status as a result of the first and second industrial revolution. The consequences of the first industrial revolution, in terms of its environmental impact, are much better known as it has completely ended, while the consequences for the environment of the second industrial revolution are still unknown because in the energy - ecological sense we continue to live in the time of the second industrial revolution and the invention of Nikola Tesla . The biggest problem of the first and second industrial revolutions is the high concentration of carbon dioxide (CO_2) in the atmosphere.

For the purpose of solving this problem, environmental protection and carbon dioxide reduction (CO_2), a radically new technology called „*Seawater Steam Engine*“, which should be the mover of the third industrial revolution, is presented in this paper. The proposed technology would simultaneously generate both energy and drinking water by using three natural forces: renewable energy sources, sea water and gravity, and minimally produced amounts of carbon dioxide (CO_2) to stop the climate change. "*Seawater Steam Engine*" is the only technology that provides a concrete way for settlements/cities to supply energy and water from renewable energy sources, totally independent of external influences throughout the year, and enables the realization of sustainable communities

From the analysis of the results of individual and cumulative consumption of fossil fuels (coal, oil and natural gas) and the associated carbon dioxide (CO_2) emissions, it can be concluded that climate change will increase year by year and that humanity will be facing serious challenges. The new technology outlined in this paper has the potential to stop climate change and only depends on us whether we will use that opportunity and use it.

Keywords: Industrial revolutions, energy, drinking water, carbon dioxide (CO_2) emissions, *"Seawater Steam Engine",* sustainable communities

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PRVA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 2
3. DRUGA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 5
4. TREĆA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 7
4.1. Uvjeti za početak treće industrijske revolucije 7
4.2. Tehnologija za treću industrijsku revoluciju – „Seawater Steam Engine“ 10
5. ASPEKTI INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA 14
5.1. Energetski aspekti industrijskih revolucija 14
5.1.1. Ugljen 14
5.1.2. Nafta 16
5.1.3. Prirodni (zemni) plin 18
5.1.4. Ukupna proizvodnja energije iz određenog energenta (ugljen, nafta i prirodni plin) 19
5.2. Ekološki aspekti industrijskih revolucija 20
6. RASPRAVA I ZAKLJUČAK 24
LITERATURA 27
ŽIVOTOPIS 31

1. UVOD

Pod pojmom industrijske revolucije podrazumijeva se „prevrat u proizvodnoj tehnici izazvan izumom i primjenom novih radnih strojeva koji su omogućili organizaciju proizvodnje u velikim razmjerima“ [1]. Međutim, ta definicija ipak ne opisuje dublji smisao i suštinsko značenje industrijskih revolucija.

Naime, industrijska revolucija je pojam koji u prvom redu ukazuje na odnos između izvora energije i tvornica (radne snage) [2]. Ukoliko se tvornice grade blizu izvora energije, radi se o prvoj industrijskoj revoluciji; ukoliko su izvori energije dislocirani u odnosu na tvornice (radnu snagu) radi se o drugoj industrijskoj revoluciji. Dakle, preostaje još odnos u kojem se tvornice mogu graditi bilo gdje, ukoliko im se energija osigura na samoj lokaciji radne snage, a što je moguće obnovljivim izvorima energije i što se onda može označiti trećom industrijskom revolucijom. Time treća industrijska revolucija postaje ujedno i zadnja industrijska revolucija [2].

Pokretačem industrijske revolucije smatra se novi izum bez kojeg ona ne bi bila ostvariva niti izvediva. Osim novog izuma potrebna je, naravno i pogonska sila.

Do sada smo imali dvije industrijske revolucije s pripadajućim pokretačima:

- Prva industrijska revolucija nastala je u Engleskoj u 18. stoljeću u tekstilnoj industriji. Njezinim pokretačem smatra se izum ***parnog stroja***, čiji patent je usavršio James Watt 1769. godine. Prva tvornica na parni pogon puštena je u rad u Londonu 1772. godine [1].
- Druga industrijska revolucija nastala je u Americi u drugoj polovici 19. stoljeća. Karakteriziraju je nafta i električna energija kao nove pogonske sile. Pokretačem druge industrijske revolucije smatra se izum **izmjeničnog *polifaznog sustava*** (Nikola Tesla 1887. godine) [3].

2. PRVA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

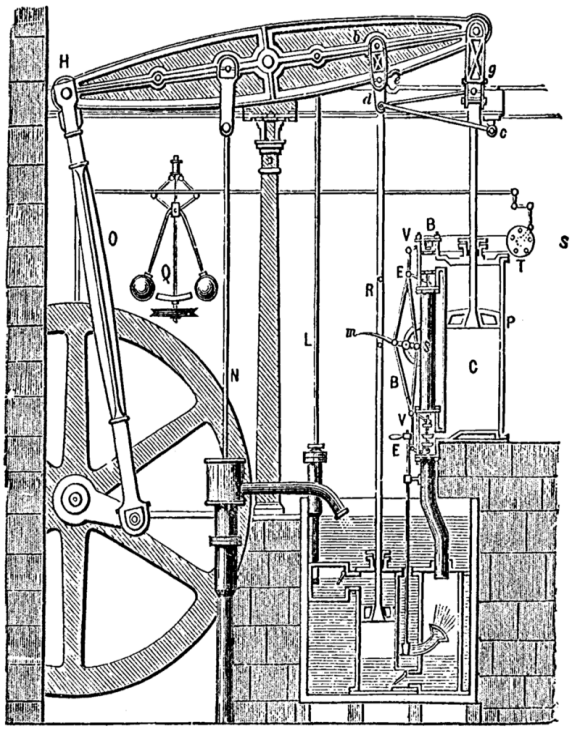
Prije prve industrijske revolucije većina ljudi je živjela u malim, ruralnim zajednicama, a svakodnevna egzistencija bazirala se na uzgoju poljoprivrednih proizvoda. Život prosječne osobe bio je poprilično težak zbog malih primanja i čestih oboljenja. Ljudi su proizvodili većinu potrebne hrane, odjeće i alata. Proizvodnja se odvijala u kućama ili malim ruralnim trgovinama, a koristili su se ručni alati ili vrlo jednostavni strojevi (manufakturna proizvodnja) [4].

Kako je ranije spomenuto, prva industrijska revolucija započela je krajem 18. stoljeća u Velikoj Britaniji jer je Velika Britanija imala goleme količine ugljena i željezne rude. Također, u tom vremenskom periodu Velika Britanija je bila relativno stabilno političko društvo koje je imalo brojne kolonije. Upravo te kolonije služile su joj kao izvor sirovina, ali isto tako i kao tržište za dobivene proizvode. S vremenom je potražnja za proizvodima rasla i javila se potreba za porastom mehanizacije, pojave tvorničkog sustava odnosno uvođenja industrijalizacija.

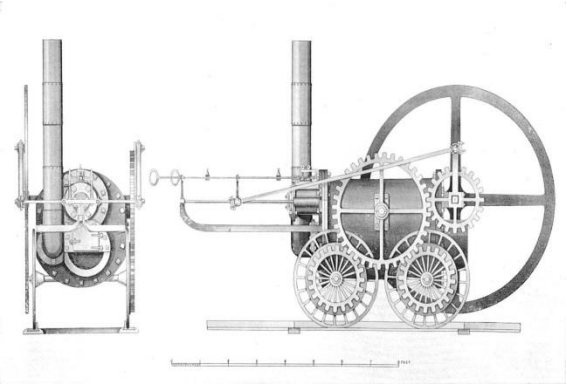
Jedna od najrazvijenijih industrija bila je tekstilna industrija i u njoj se prvoj javila potreba za industrijalizacijom. Potražnja za gotovim proizvodima bivala je sve veća pa se moralo naći učinkovitiji i brži način proizvodnje. Dakle, dolazilo je do zamjene manufakture strojevima. Jedan takav stroj bio je stroj za predenje koji je izumio James Hargreaves [4].

Međutim, stroj koji je pokrenuo prvu industrijsku revoluciju bio je parni stroj. Njegov izum započeo je Thomas Newcomen 1712. godine kada je korišten poglavito za ispumpavanje vode iz rudika. Parni stroj je doradio i usavršio James Watt 1769. godine (slika 1) koji se počeo koristiti za pokretanje drugih strojeva u industriji, ali i kao pogonski stroj lokomotiva (slika 2) i brodova (slika 3). Samim time počeo se pojačano razvijati promet i prijevoz sirovina te gotovih proizvoda. Od toga trenutka parni stroj koji je bio pokretač prve industrijske revolucije postao je i okosnica energetike [4].

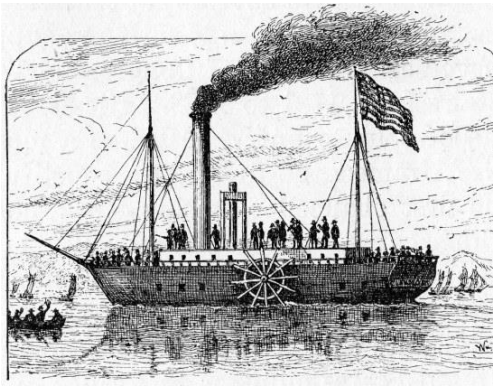
I. INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA



Slika 1. *Crtež iz 1774. godine koji prikazuje parni stroj konstruiran u tvrtki „Boulton & Watt“* [5].



Slika 2. *Prikaz prve parne lokomotive Richarda Trevithicka* [6].



Slika 3. *Prikaz prvog parobroda Roberta Fultona* [7].

Prva industrijska revolucija donijela je veću količinu i raznolikost proizvoda, ali isto tako podigla je i životni standard mnogim ljudima, poglavito srednjim i višim klasama. Život siromašne i radničke klase nije se previše promijenio. Plaće onih koji su radili u tvornicama su bile niske, a radni uvjeti teški i opasni. Ljudi koji su prije prve industrijske revolucije radili u poljima u neposrednoj blizini domova sada su

svakodnevno putovali na posao. Osim mjesta rada promijenilo se i vrijeme rada. Tijekom industrijske revolucije ljudi su imali točno određeno radno vrijeme kroz cijelu godinu, a ne samo sezonski (prije industrijskih revolucija uglavnom radili po cijele dane tokom ljetnih mjeseci dok su im zimska razdoblja bila puno mirnija). Razvojem industrije javila se potreba i za drugačijim radnim vještinama kako bi radnici bili uspješni u izvršavanju svojih dužnosti [4].

Također, područja u kojima su se nalazile tvornice postala su prenaseljena zbog stalnog priljeva novih radnika. Međutim, poseban problem predstavljao je onečišćen zrak i nehigijenski uvjeti života koji su uzrokovali razvoj mnogih bolesti.

Da bi zaštitila izvoz svojih tehnologija i kvalificiranih radnika, Velika Britanija je donijela i odgovarajuće zakone. Međutim, industrijalizacija se iz Velike Britanije proširila na Belgiju, Francusku, Njemačku te u konačnici i na Sjedinjene Američke Države. Do početka 20. stoljeća Amerika je postala vodeća svjetska industrijska nacija [4].

Za analizu posljedica industrijskih revolucija potreban je dugačak vremenski period. U tom smislu se sociološke promjene izazvane prvom industrijskom revolucijom mogu valorizirati tek danas, odnosno 200 godina kasnije.

3. DRUGA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

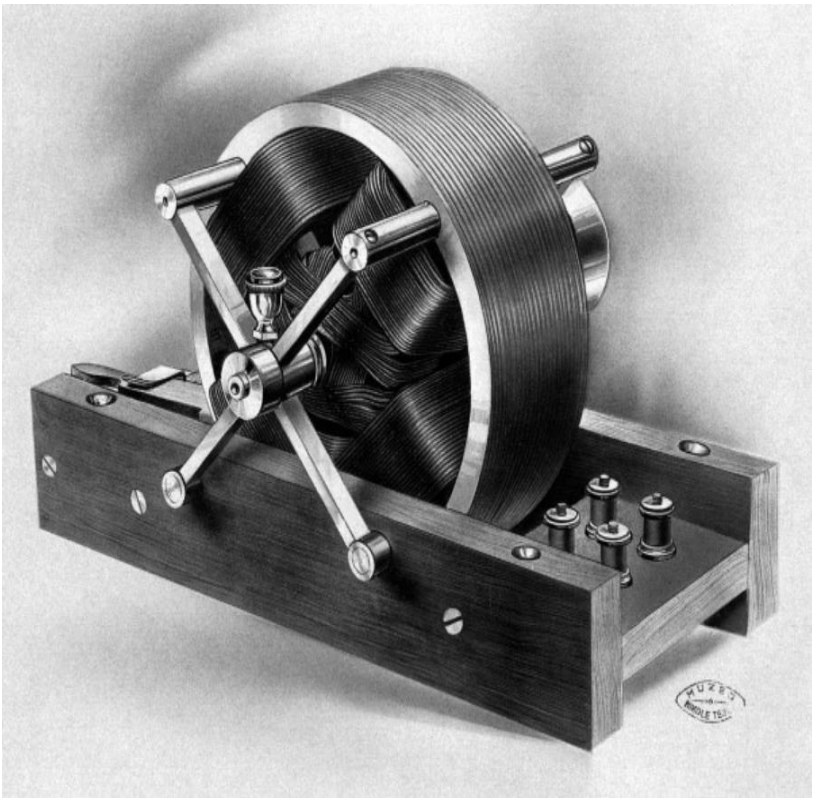
Druga industrijska revolucija započela je u razdoblju između 1870. – 1914. godine i traje do danas. Poznata je i pod nazivom tehnološka revolucija zbog brojnih tehnoloških izuma.

Druga industrijska revolucija je doba u kojemu su znanost i tehnologija postale međusobno neodvojive, u kojemu je osmišljen suvremeni proces istraživanja i razvoja i u kojem se znanost utemeljila kao neophodna za proces gospodarskog rasta i razvitka. Do svih poznatijih otkrića druge industrijske revolucije došlo se u vrlo kratkom vremenskom periodu: otkriće telefona 1876. godine koje se pripisuje Alexandru Grahamu Bellu (slika 4), Bessemerov proces proizvodnje čelika iz 1856. godine te izum benzinskog Otto motora (slika 5) [1,8,9].

Slika 4. *Prvi telefon Alexandera Grahama Bella* [10].

Slika 5. *Prvi benzinski Otto motor* [11].

Međutim, glavni pokretač druge industrijske revolucije predstavlja izmjenični polifazni sustav koji je izumio Nikola Tesla (slika 6). Tesla je izumom izmjeničnog generatora, visokonaponskog transformatora i asinkronog motora stvorio uvjete za prijenos električne energije na daljinu i tako omogućio da se tvornice ne moraju više graditi blizu izvora energije, nego se mogu graditi na mjestima gdje postoji radna snaga. Upravo ta činjenica je omogućila sve veću proizvodnju energije i njezin prijenos na veće udaljenosti [12].



Slika 6. *Prikaz Teslinog indukcijskog motora* [13].

Druga industrijska revolucija imala je direktan utjecaj na stvarne plaće i životne standarde ljudi koji su se znatno poboljšali. Velik utjecaj druge industrijske revolucije vidljiv je i u transportu. U tom smislu može se spomenuti zamjena konjske zaprege s električnim tramvajem (Berlin, 1881.) [14] i zamjena parnih lokomotiva električnim lokomotivama , a što je sve značajno unaprijedilo promet.

S druge strane, većina električne energije proizvodila se iz fosilnih goriva (preko 65%) zbog čega se drugu industrijsku revoluciju može nazvati visokougljičnom (velike emisije ugljičnog dioksida (CO_2)) i time uzrokom današnjih klimatskih promjena [15].

4. TREĆA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

Prva i druga industrijska revolucija temeljene su na fosilnim gorivima (ugljenu , nafti i prirodnom (zemnom) plinu) te se u tom smislu mogu smatrati visokougljičnim, zbog čega su nastale i posljedice, odnosno klimatske promjene kojih smo i danas svjesni. Zbog toga je logično očekivati da bi sljedeća, treća industrijska revolucija, trebala biti niskougljična revolucija kako bi se ponovo uspostavila ravnoteža u okolišu. Za treću industrijsku revoluciju potreban je pokretač, odnosno tehnologija, koja bi po uzoru na prethodne industrijske revolucije, promijenila način dobivanja i proizvodnje potrebne energije uzimajući u obzir stanje okoliša uzrokovano prijašnjim industrijskim revolucijama i koja bi u konačnici omogućila realizaciju održivih zajednica.

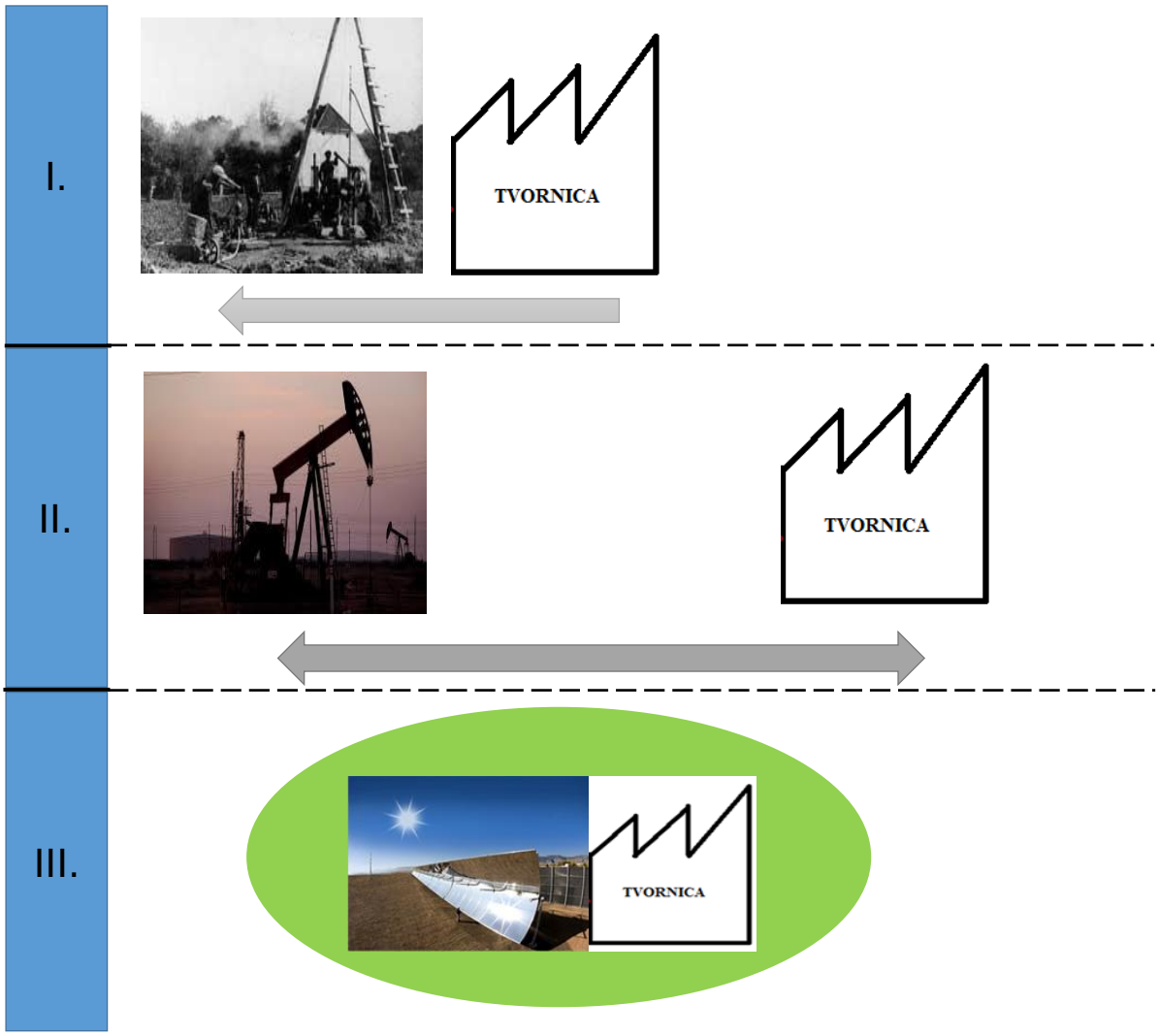
4.1. Uvjeti za početak treće industrijske revolucije

U knjigama Clarka II., Rifkina i Clarka i Cooka [2, 16, 17] navedeni su uvjeti koji trebaju biti ispunjeni kako bi se realizirale održive zajednice i uvjeti na kojima bi trebala biti temeljena treća industrijska revolucija:

I. Upotreba obnovljivih izvora energije
II. Upotreba tehnologija koje su u mogućnosti skladištiti energiju i distribuirati je kada je potrebna
III. Decentralizacija proizvodnje energije u kojoj bi stambene zgrade bile elektrane koje proizvode energiju za svoje potrebe, ali i potrebe drugih korisnika
IV. Povezivanje proizvođača i korisnika u jedinstvenu energetsku mrežu.

Za treću industrijsku revoluciju potrebna su i radikalno nova rješenja te inovacijski iskorak s kvalitativno novim karakteristikama koje mogu dati obnovljivi izvori energije.

Kada se promatraju ranije spomenuti odnosi udaljenosti i ovisnosti mjesta pronalaska sirovine i izgradnje tvornica, treća industrijska revolucija bi u tome zaista donijela značajne promjene. Naime, za razliku od prve dvije industrijske revolucije koje su na ovaj ili onaj način ovisile o mjestima izvora energije i potrošnje, u trećoj industrijskoj revoluciji taj odnos je potpuno nezavisan (slika 7).



Slika 7. *Dispozicija izvora energije i tvornica u industrijskim revolucijama* [18].

Industrijska postrojenja koja bi proizvodila potrebnu energiju mogla bi se izgraditi na svim naseljenim mjestima, ali isto tako i na mjestima koja nisu naseljena zbog nedostatka osnovnih uvjeta za život kao, na primjer, voda. To je moguće iz razloga što je tehnologija treće industrijske revolucije u potpunosti

neovisna o vanjskim izvorima energije i vode. Velika prednost ove tehnologije je u tome da bi se energija mogla proizvoditi tamo gdje bi se i trošila te ne bi bilo potrebe za prijenosom energije, a ista situacija je i s pitkom vodom.

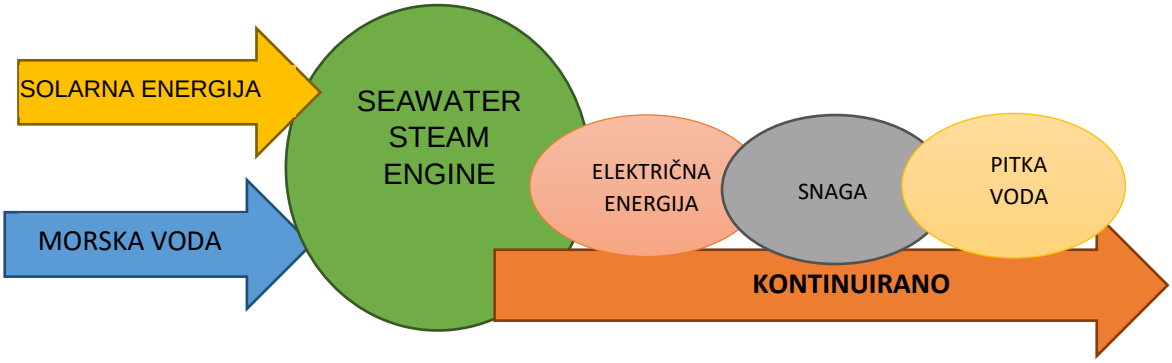
Nova tehnologija za treću industrijsku revoluciju trebala bi imati veliki potencijal daljnjeg razvoja kao i mogućnost da nekom naselju/gradu kao konzumu; iz isprekidanog OIE sustava (sunca, vjetra ...) i mora ili nekog drugog nečistog izvora vode kao prirodnog resursa; u svakom momentu osiguravaju energiju i potrebnu snagu te pitku vodu s vršnim opterećenjima koja se traže i to kontinuirano tijekom cijele godine, a potpuno neovisno o vanjskim izvorima energije i pitke vode [19], odnosno:

OIE i SNAGA + PITKA VODA + KONTINUIRANO + NEOVISNO
= TREĆA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA + ODRŽIVE ZAJEDNICE

4.2. Tehnologija za treću industrijsku revoluciju – „*Seawater Steam Engine*“

Tehnologija „*Seawater Steam Engine*“ temeljena je na inovativnom rješenju istovremenog i kontinuiranog dobivanja energije i pitke vode iz obnovljivih izvora energije, morske vode (ili nekog drugog nečistog izvora) i sile gravitacije koju su osmislili Z. Glasnović i K. Margeta [19, 20].

Osnovna ideja „*Seawater Steam Engine*“ tehnologije je osigurati energiju i pitku vodu za određeno područje u količinama dostatnim za potrebe stanovništva, ali isto tako i za razvoj industrijske proizvodnje kroz cijelu godinu, neovisno o vanjskim izvorima energije (slika 8).



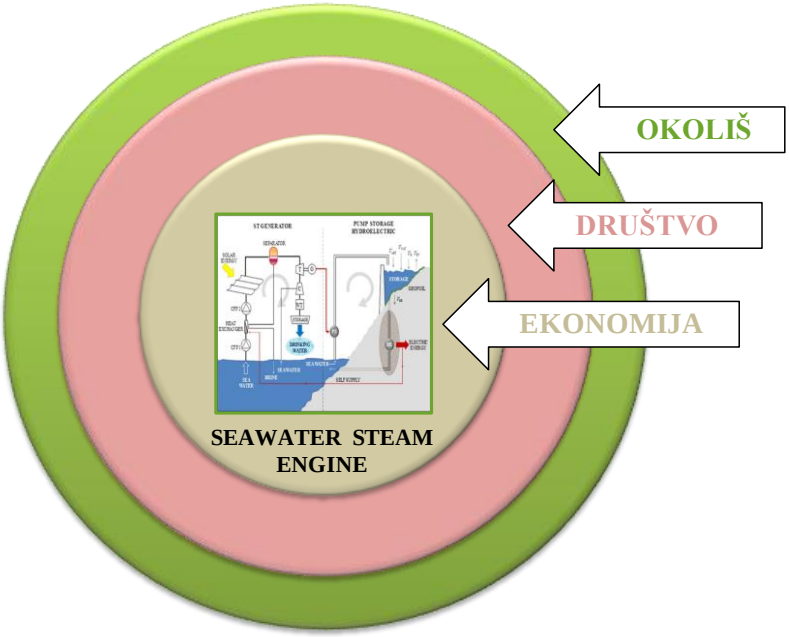
Slika 8. *Osnovna ideja „Seawater Steam Engine“* [20].

Glavne karakteristike tehnologije „*Seawater Steam Engine*“:

- radikalno novo rješenje
- inovacijski iskorak s kvalitativno novim karakteristikama koje mogu dati obnovljivi izvori energije temeljeno na patentima i znanstvenim istraživanjima [2, 16, 17, 18, 20]
- „zelena tehnologija“
- korištenje tehnologije na svim mjestima gdje ljudi žive trebalo bi imati za posljedicu zaustavljanje klimatskih promjena
- veliki potencijal daljnjeg razvoja

- rješavanje problema diskontinuirane proizvodnje energijom iz obnovljivih izvora energije
- sezonsko skladištenja energije kako bi se izbalansirala količina energije potrebna u datom trenutku, neovisno o trenutnoj dostupnosti obnovljivih izvora energije.
- tehnologija zadovoljava ekonomske, ekološke i društvene aspekte i samim time predstavlja budućnost održivog razvoja.

Upravo zbog navedenih karakteristika, ta nova tehnologija je i smještena u krug Ekonomije, a koju okružuje krug Društva i Okoliša (tri aspekta održivosti po „Green Economy“) [20] (slika 9).



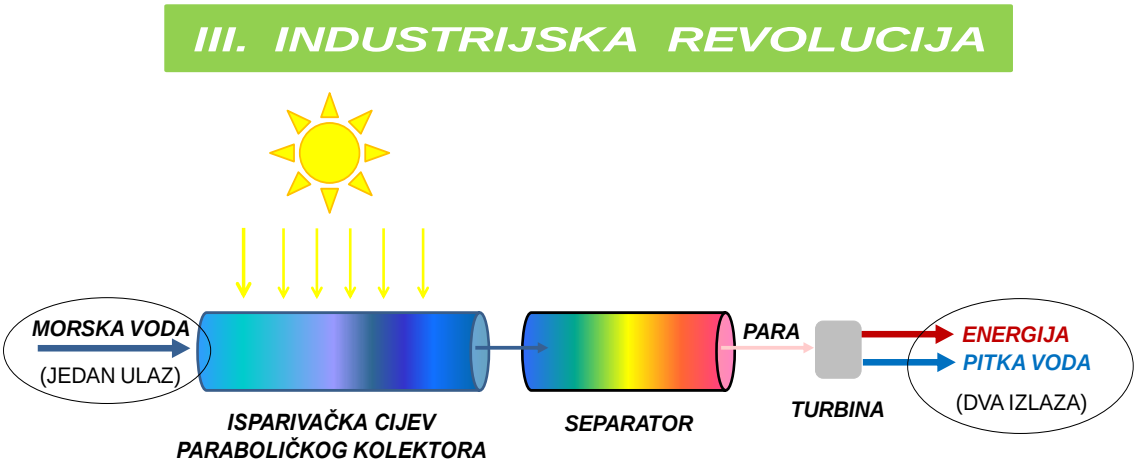
Slika 9. *Prikaz odnosa održivog razvoja i „Seawater Steam Engine“ tehnologije.*

Kako bi se razumio način rada „*Seawater Steam Engine*“ tehnologije te upotreba obnovljivih izvora energije potrebno je razlikovati dva moguća krajnja slučaja (Glasnović, Margeta, Premec (2016) [20]):

I. Slučaj kada bi se sva solarna energija koristila za dobivanje samo energije u konvencionalnom ST (solarno – termalnom) generatoru, bez dobivanje pitke vode

II. Slučaj kada bi se sva solarna energija koristila za dobivanje isključivo pitke vode bez dobivanja energije.

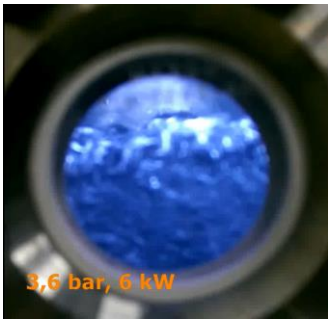
Kod primjene tehnologija „*Seawater Steam Engine*“ istovremeno se i kontinuirano dobiva i energija i pitka voda, pri čemu se iz jednog ulaza (morska voda prolazi kroz parabolični kolektor) dobivaju dva izlaza – energija i pitka voda (nakon separacije para se koristi i za pokretanje turbina i nakon hlađenja za dobivanje pitke vode) (slika 10).



***Slika 10**. Koncept radikalno nove tehnologije – „Seawater Steam Engine“.*

Vrlo važna komponenta cijelog sustava je visokotlačni separator (autori tehnologije nazvali su ga „Srce sustava“) u kojem se odvaja parna faza od tekuće faze (morske vode) (slika 11).

Prototip visokotlačnog separatora - »Ecom« Ruše, Slovenija.



Preliminarna istraživanja na Fakultetu za strojništvo, Sveučilišta u Ljubljani, Slovenija

***Slika 11**. Prototip visokotlačnog separatora* [18].

Konstrukcija visokotlačnog separatora i način njegovog rada još nisu u potpunosti prilagođeni za rad u zadanim uvjetima temperature (375°C) i tlakova (80 bara) jer su u tijeku preliminarna istraživanja koja se provode na Fakulteta za strojništvo, Sveučilišta u Ljubljani.

Efikasnost separacije u visokotlačnom separatoru ovisi o:

- konstrukciji separatora i razini morske vode u separatoru
- kontroli kemijskih faktora (visoka koncentracija krutih čestica, povećana lužnatost, prisutnost organskih tvari) [21].

Prilikom upotrebe morske vode kao radnog fluida u procesu separacije, potrebno je poznavati fizikalno kemijske karakteristike morske vode. Udio mineralnih komponenata u morskoj vodi iznosi 0,05 – 1,00 kg/m^3. Mineralne komponente koje je bitno spomenuti su kalcijev sulfat ($CaSO_4$) i magnezijev sulfat ($MgSO_4$) koji su netopljivi i negativno utječu na proces separacije. Uzrok pojave kamenca kod separacije su topljivi kalcijevi i magnezijevi spojevi. Problemi koji nastaju zbog pojave kamenca su sljedeći:

- smanjenje učinkovitosti prijenosa topline
- smanjenje učinkovitosti procesa separacije
- povećanje toplinskog opterećenja materijala.

Uz navedeno, na proces separacije negativno utječu također:

- kisik, O_2 (udio u radnom mediju ne bi trebao prelaziti 0,01mg/L)
- ugljični dioksid, CO_2 (povećava lužnatost radnog medija)
- kloridi.

Njihova prisutnost u radnom mediju, u ovom slučaju morskoj vodi, uzrokuje pojavu korozijskih procesa koji oštećuju dijelove separatora.

Izlazna voda u spomenutom procesu separacije, koje se dalje koristi za dobivanje pitke vode, sadrži manje od 4mg/L ukupno otopljene tvari. Ukoliko se želi postići još bolja čistoća izlazne vode, koriste se ionski izmjenjivači pomoću kojih se koncentracija ukupno otopljenih tvari može dovesti do 1mg/L. Ionski izmjenjivači također uklanjaju CO_2 koji može uzrokovati koroziju [21].

5. ASPEKTI INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA

Govoreći o aspektima industrijskih revolucija, pozornost će biti usmjerena na:

- energetske i ekološke apsekte
- utjecaj energetskih i ekoloških aspekata na okoliš i današnju kvalitetu života
- usporedbu aspekata prve i druge industrijske revolucije kao i treće industrijske revolucije koju bi mogla pokrenuti „*Seawater Steam Engine*“ tehnlogija.

5.1. Energetski aspekti industrijskih revolucija

Kada se govori o energetskim aspektima, misli se na potrošnju sirovina koje su se poglavito koristile u nekoj od industrijskih revolucija. U prvoj industrijskoj revoluciji to je bio ugljen, a u drugoj industrijskoj revoluciji, uz ugljen, nafta i prirodni (zemni) plin.

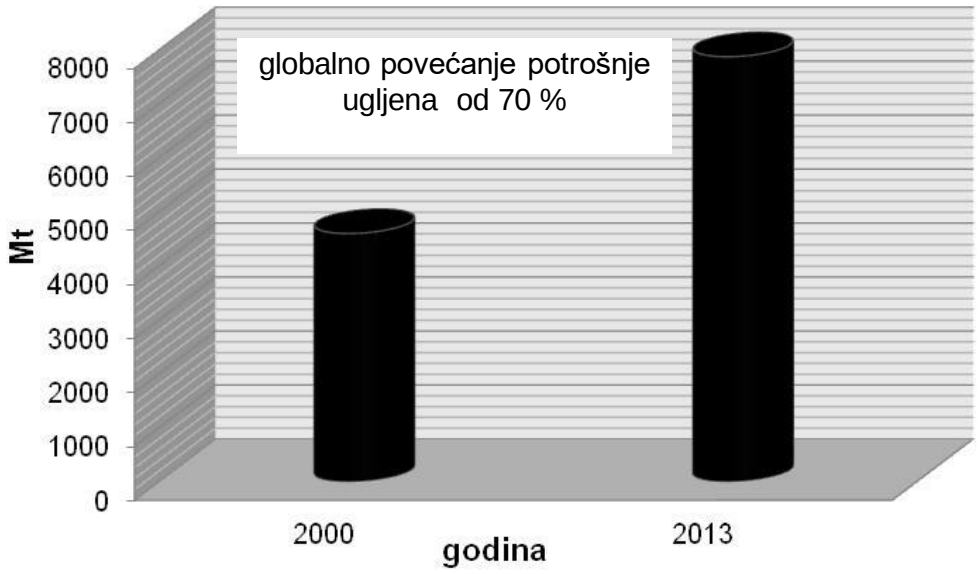
Energetski aspekti za treću industrijsku revoluciju odnose se na korištenje obnovljivih izvora energije (Sunca, vjetra i dr.).

5.1.1. Ugljen

Prvu industrijsku revoluciju obilježila je upotreba ugljena kao glavne sirovine. Uglavnom se u početku radilo o nalazištima ugljena blizu površine. Poznati su podaci za Veliku Britaniju: 1700. godine godišnja proizvodnja ugljena iznosila je nešto manje od 3 miliona tona. Između 1770. i 1780. godine godišnja proizvodnja ugljena iznosila je 6,375,000 miliona tona (ekvivalentno proizvodnji u 10 dana u 20. stoljeću). Nakon 1790. proizvodnja je i dalje rasla i dosegla 16,320,000 tona godišnje do 1815. godine. Do kraja prve industrijske revolucije godišnja potrošnja ugljena dosegla je 30 miliona tona [22].

Rezerve ugljena i njegovi resursi široko su rasprostranjeni diljem svijeta, a opskrba nije koncentrirana samo na nekoliko regija, kao što je to slučaj s prirodnim plinom i naftom. Ključne zemlje izvoznice ugljena su: Indonezija, Australija, Rusija, Južna Afrika, Kolumbija i SAD ali činjenica da oko 90% izvoza ugljena dolazi iz samo tih šest zemalja ukazuje na potrebu daljnjeg diverzifikacije [23].

Od početka 21. stoljeća proizvodnja ugljena je najbrže rastući primarni izvor energije, a što se jasno vidi na slici 12.



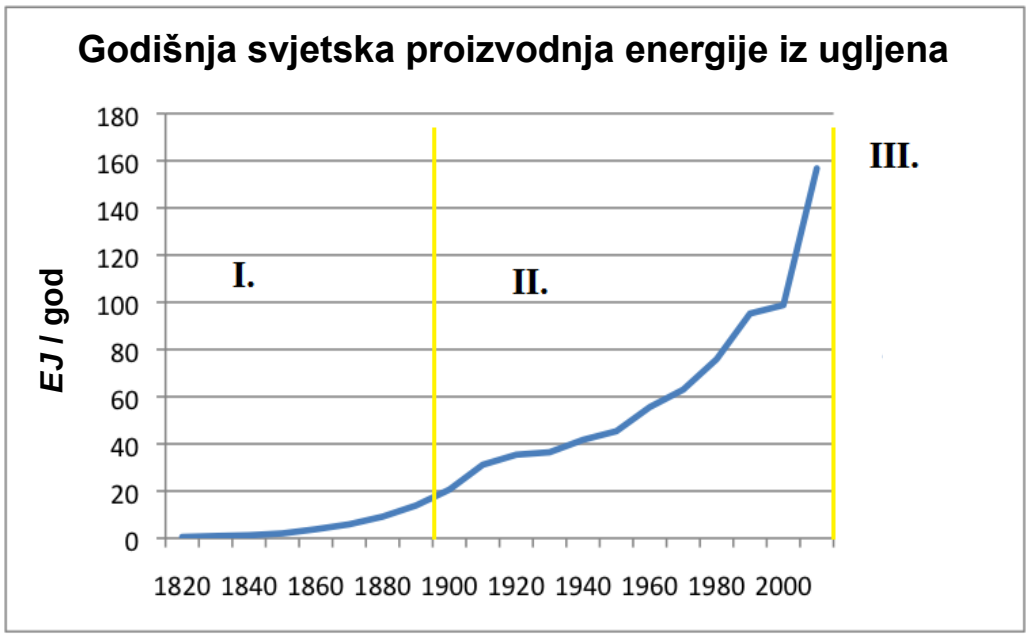
Slika 12. *Globalno povećanje potrošnje ugljena u periodu od 2000. - 2013.* [23].

Proizvodnja ugljena povećana je i u zemljama jugoistočne Azije i Indiji. Kineski udio u globalnoj proizvodnji ugljena gotovo je četiri puta veći od proizvodnje Saudijske Arabije. Kina predstavlja polovicu ukupne globalne potrošnje ugljena, čiji je udio u potražnji dvostruko veći od potražnje nafte u SAD-u. Tržište domaćeg ugljena u Kini je trostruko puta veće od svih međunarodnih trgovina ugljena. Kina je 2011. godine postala najveći uvoznik ugljena u svijetu. Međutim, uvoz ugljena u Kini čini samo 5% ukupne potrošnje ugljena. Stoga, svaka fluktuacija kineske proizvodnje ili potražnje ima veliki utjecaj na globalnu trgovinu ugljenom.

U podacima poznatim za 2014. godinu po prvi puta se javlja pad potrošnje ugljena kao primarnog energenta za 0,9% [23]. U podacima za 2015. godinu vidljiv

je pad potrošnje ugljena za 1,8% iz čega se može zaključiti da se nastavlja trend padanja potrošnje ugljena [24].

Godišnje proizvodnje energije iz ugljena u svijetu u periodu od prve do treće industrijske revolucije prikazane su na slici 13.



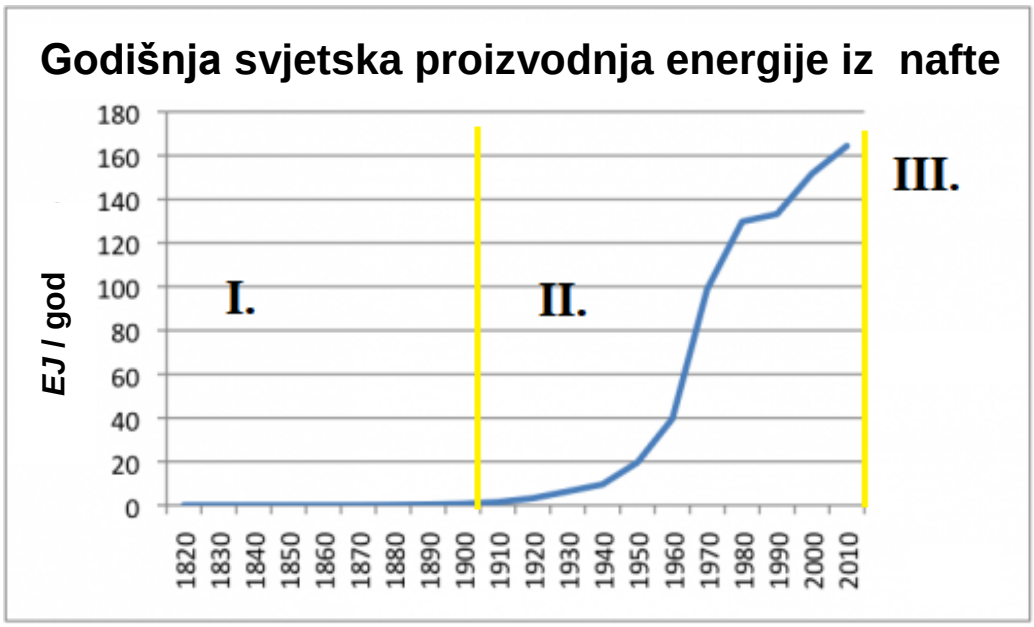
Slika 13. *Grafički prikaz godišnje proizvodnje energije iz ugljena u svijetu* [25].

Od 2013., ugljen je osigurao približno 41% svjetskih potreba za električnom energijom [23].

5.1.2. Nafta

U kolovozu 1859. godine u Pennsylvaniji iz tzv. bušotina Drakea doprlo se do nafte na dubini od 21,2 m što se uzima kao početak iskorištavanja nafte iz njezinih ležišta [26].

Intenzivan porast potrošnje nafte nakon 1950. godine prikazan je na slici 14.

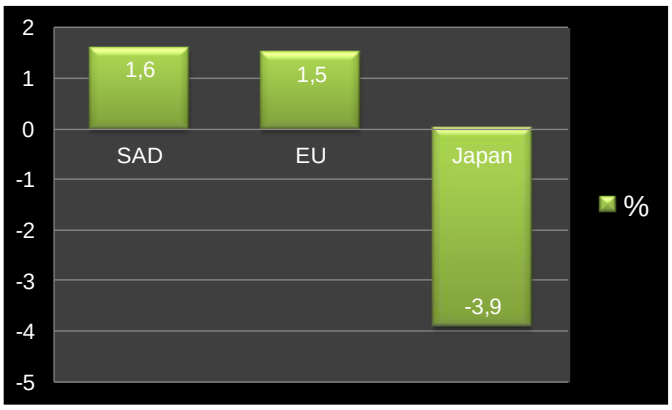


Slika 14. *Godišnje proizvodnje energije iz nafte u svijetu u periodu od 1820-2010 godine* [25].

Noviji podatci iz 2010. godine pokazuju povećanje potrošnje rafiniranih proizvoda od 3,8% što je bio prvi porast nakon 2004. godine. Taj porast potrošnje uzrokovan je cestovnim i zračnim prometom, poglavito u razvijenijim zemljama.

Prema podacima za 2015. godinu globalna potrošnja nafte porasla je za 1,9 miliona barela po danu, tj. 1,9%. To je gotovo duplo povećanje u odnosu na potrošnju iz 2014. godine od 1% .

Potrošnja nafte u SAD-u, Europi i Japanu za 2015. godinu prikazana je na slici 15 [24].



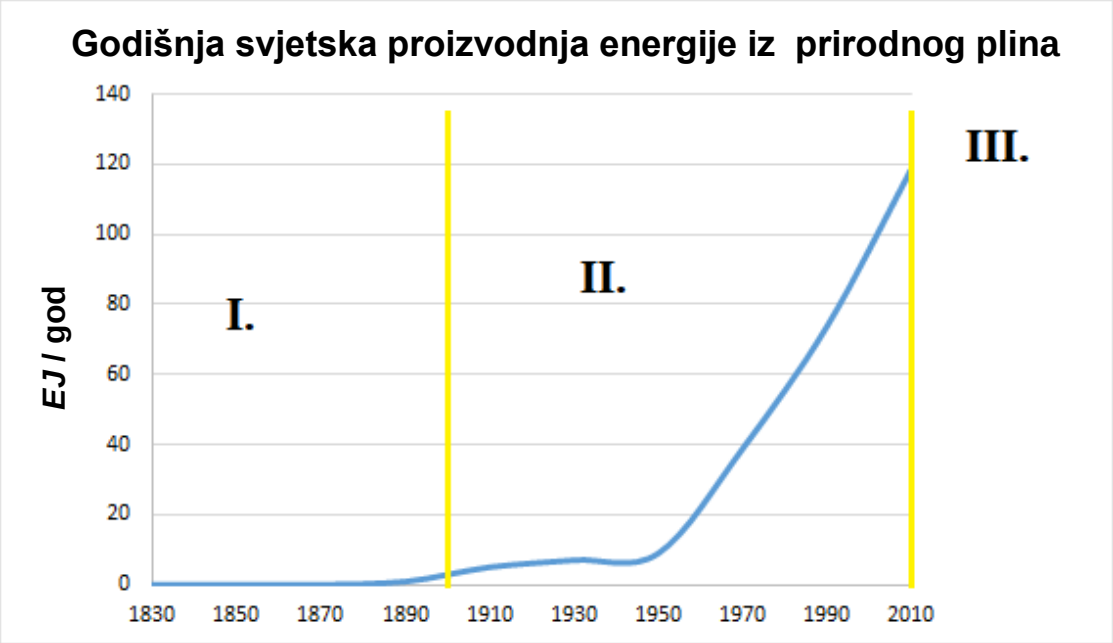
Slika 15. *Promjena potrošnje nafte po zemljama (SAD, EU i Japan) za 2015. godinu u odnosu na 2014., izražena u postocima* [24].

5.1.3. Prirodni (zemni) plin

Velika Britanija je bila prva zemlja koja je komercijalizirala upotrebu prirodnog plina. Oko 1785. prirodni (zemni) plin proizveden od ugljena korišten je za osvjetljavanje kuća kao i za uličnu rasvjetu.

Prirodni (zemni) plin nalazi se, kao i nafta, u prirodnim zamkama iz kojih plin ne može migrirati prema površini. Takva nalazišta prirodnog plina nalaze se uglavnom u sedimentnim stijenama (pješčenjaci, karbonati, dolomiti) na dubini od nekoliko stotina do nekoliko tisuća metara. Plin se u ležištima nalazi pod tlakom, a bušenjem se kao i kontroliranim eruptiranjem dovodi na površinu. Ovisno o okruženju razlikuju se dva režima iskorištavanja: volumetrijski i vodonaporni [27].

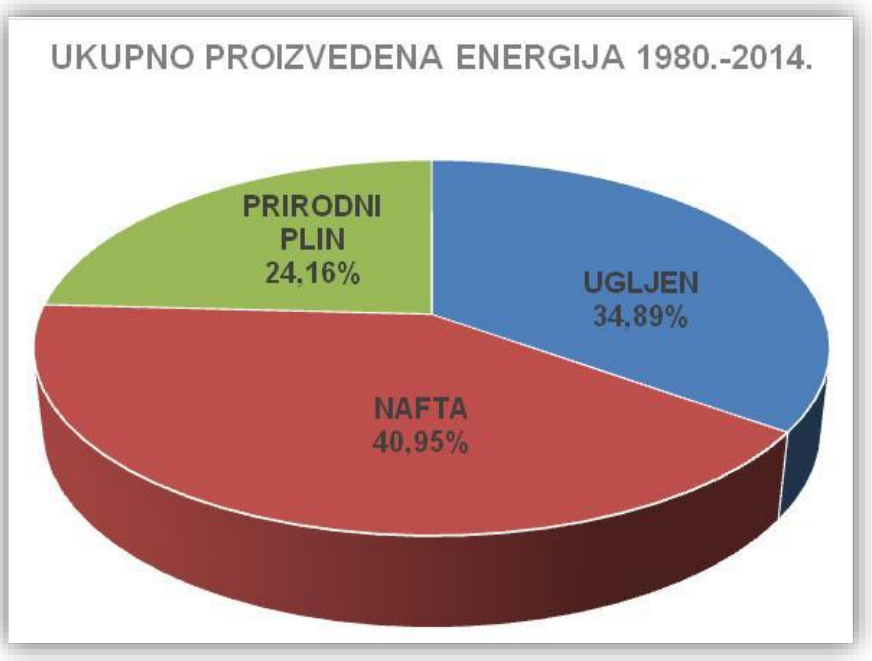
Na slici 16. prikazana je godišnja proizvodnja energije iz prirodnog plina u svijetu. Jasno je izražen nagli porast potrošnje pline nakon 1950. godine.



Slika 16. *Godišnja proizvodnja energije iz prirodnog plina u svijetu u periodu od 1830 – 2010. godine* [28].

5.1.4. Ukupna proizvodnja energije iz određenog energenta (ugljen, nafta i prirodni plin)

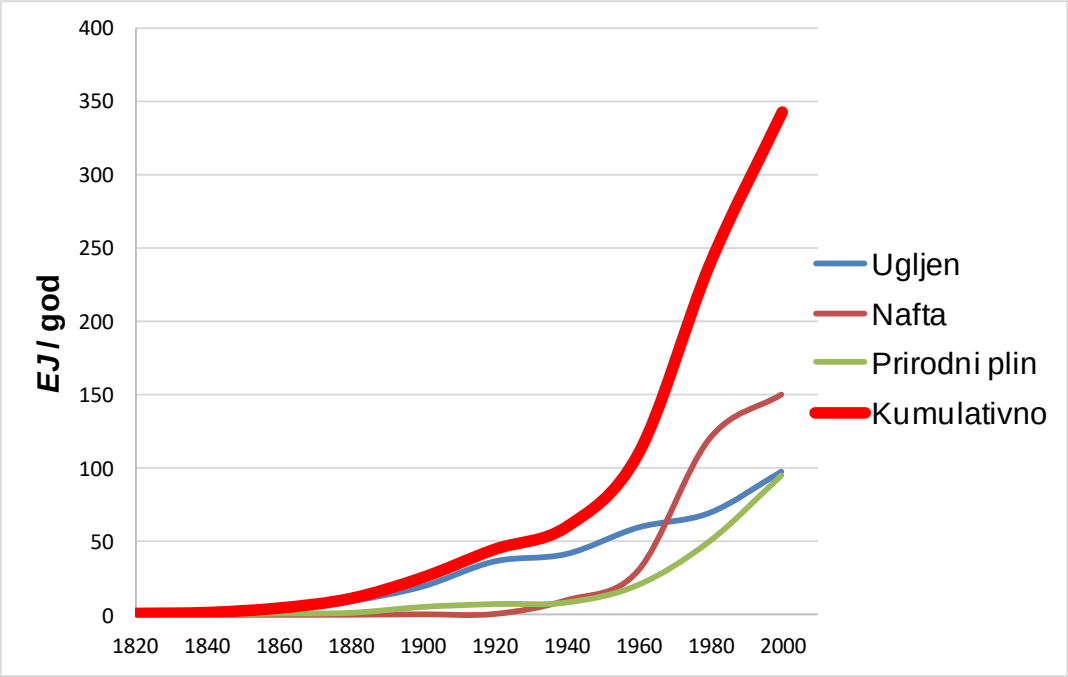
Uzmu li se dostupni podaci za godine od 1980. do 2014. mogu se dobiti konkretni podatci koji govore u ukupnoj proizvodnji energije (u postocima) iz određenog energenta u navedenom razdoblju (slika 17).



Slika 17. *Proizvodnja energije (u postocima) po vrsti energenta u svijetu* [25] [28].

Tako se za ugljen dobiva podatak da je od 1980. godine do 2014. godine proizvedeno 4 646 12 077 TJ energije iz ugljena, što pretvoreno u TWh daje 1,291 $x10^6$ TWh ulazne energije. Za naftu se dobiva podatak da je, u istom vremenskom razdoblju, ukupno proizvedeno 5 452 333 643 TJ nafte što iznosi 1,515 $x10^6$ TWh ulazne energije. Na isti način dobiju se i podaci za prirodni plin, ukupna potrošnja iznosi 3 217 378 619 TJ što preračunato iznosi 8,937 $x10^5$ TWh ulazne energije. Zbroje li se ulazne energije sva tri promatrana energenta dobiva se podatak da se od 1980.-2014. godine ukupno proizvedeno 3 699 700 TWh ulazne energije [29].

Na slici 18. prikazana je pojedinačna ukupno proizvedena energija po vrsti energenata i kumulativni prikaz proizvedene energije.



Slika 18. *Grafički prikaz ukupno proizvedene energije po vrsti energenta* [29].

5.2. Ekološki aspekti industrijskih revolucija

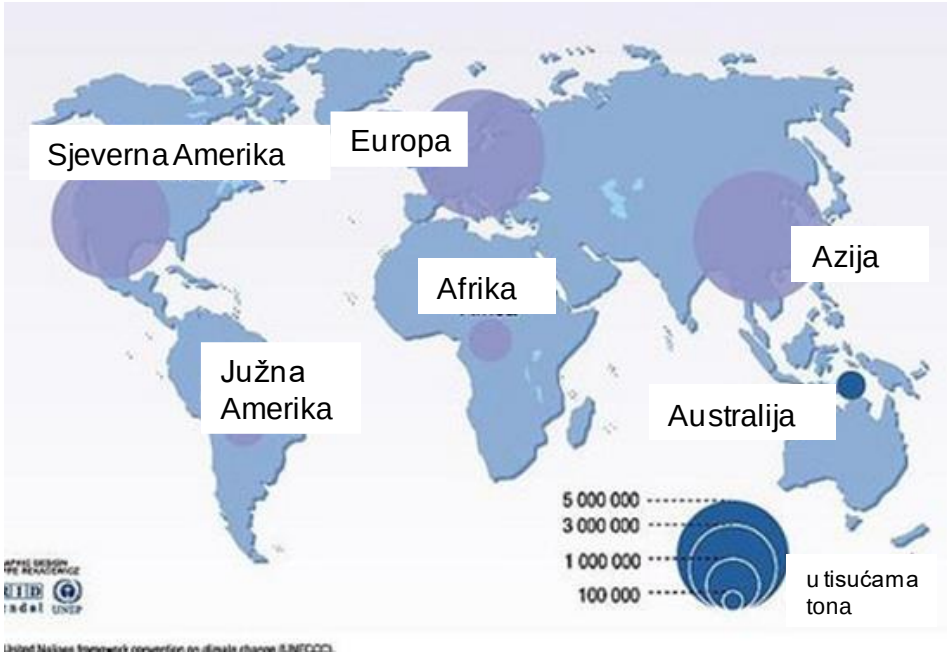
Kada se govori o ekološkim aspektima industrijskih revolucija među najvažnijima utjecajima na okoliš spominjemo utjecaj prouzrokovan ugljičnim dioksidom (CO_2). Prva i druga industrijska revolucija su visokougljične revolucije. Naime, korištenjem velikih količina fosilnih goriva (ugljen, nafta) koja preradom prelazi u toplinsku energiju i u konačnici u mehanički rad stvara visoke koncentracije ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi. Tek se zadnjih godina spominju tehnologije pročišćavanja ugljena i ostalih fosilnih goriva kako bi preradom stvarali što manje ugljičnog dioksida (CO_2).

Ugljični dioksid (CO_2) je jedan od prirodnih stakleničkih plinova koji ima direktan utjecaj na globalnu temperaturu. Njegova koncentracija u troposferi bila je u ravnoteži sve do industrijskog razdoblja (oko 1850.). Početkom industrijskog

razdoblja njegova koncentracija se povećala što ima za posljedicu prekomjerno zagrijavanje Zemlje, tzv. globalno zagrijavanje. Globalno zagrijavanje manifestira se velikim klimatskim promjenama: topljenje ledenih kapa, poplave, uragani, suše i druge pojave [30].

Prije industrijalizacije koncentracija ugljičnog dioksida (CO_2) iznosila je 280 ppm, a u posljednjih 300 - 400 godina ta koncentracija je porasla na 390 ppm. Najnoviji podaci (13.6.2017.) pokazuju njezin daljnji rast i ona iznosi 409,62 ppm [31].

Uzrok tome su upravo prva i druga industrijska revolucije. Izgaranjem fosilnih goriva nastaje 76% ugljičnog dioksida prisutnog u atmosferi [32]. Količine emisije ugljičnog dioksida u svijetu nastale izgaranjem fosilnih goriva za 2005. godinu prikazane su na slici 19., a u tablici 1. prikazana je količina emisije ugljičnog dioksida u KWh ovisno o gorivu (sirovini) koje je bilo upotrebljeno.

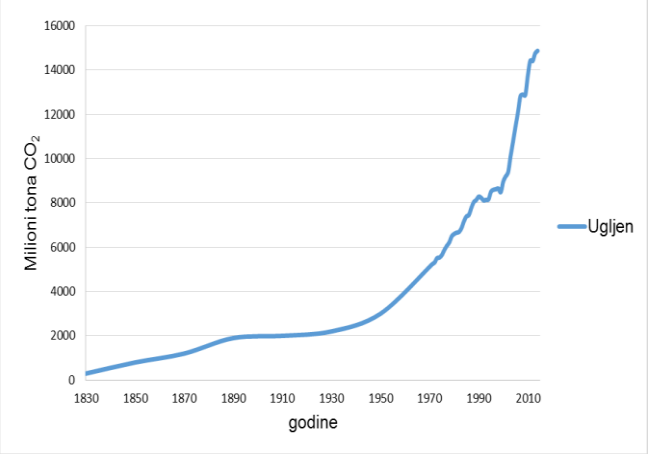


Slika 19. *Emisije ugljičnog dioksida (CO_2) u svijetu nastale izgaranjem fosilnih goriva (2005)* [33].

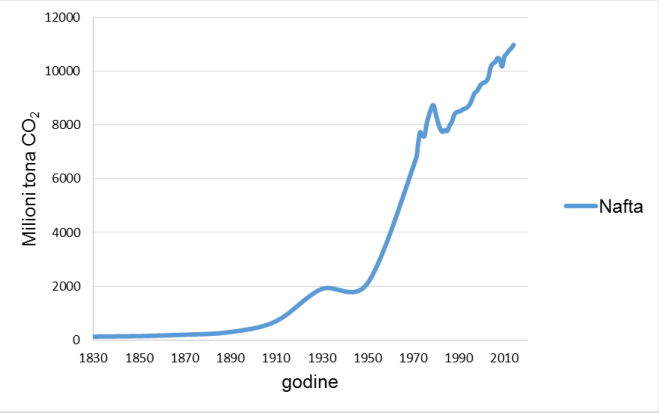
Tablica 1. Emisija CO_2 po kWh [34 i 35].

GORIVO	KOLIČINA CO_2 (kg/kWh)
Kameni ugljen	**0,955**
Nafta	**0,893**
Prirodni plin	**0,599**

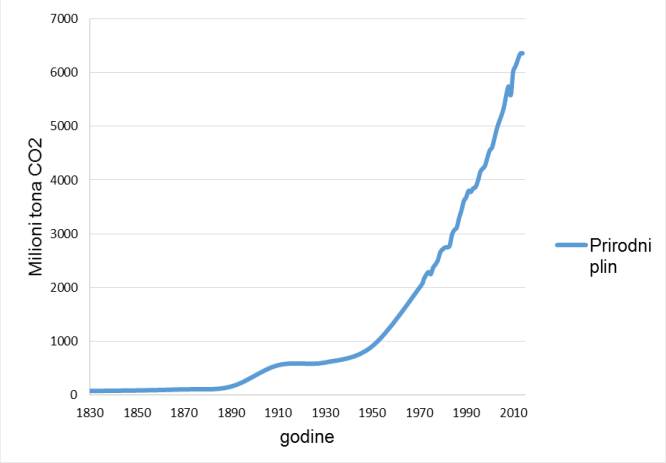
Pojedinačne emisije ugljičnog dioksida (CO_2) u svijetu za vremensko razdoblje od 1830 – 2010. godine nastale potrošnjom ugljena, nafte i prirodnog (zemnog) plina kao energenta prikazane su na slikama 20, 21 i 22.



Slika 20. *Emisija ugljičnog dioksida (CO_2) u svijetu nastale potrošnjom ugljena kao energenta* [34].

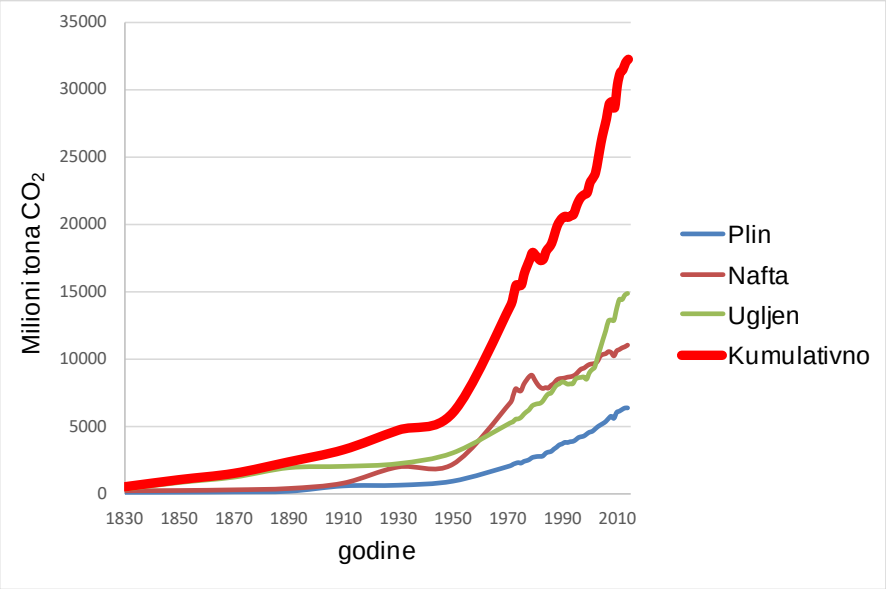


Slika 21. *Emisije ugljičnog dioksida (CO_2) u svijetu nastale potrošnjom nafte kao energenta* [34].



Slika 22. *Emisije ugljičnog dioksida (CO_2) u svijetu nastale potrošnjom prirodnog plina kao energenta* [34].

Pojedinačna ukupna emisija ugljičnog dioksida (CO_2) po vrsti energenata i kumulativni prikaz emisije ugljičnog dioksida (CO_2) u istom vremenskom razdoblju prikazano na slici 23. pokazuje da ugljen kao energent najviše pridonosi emisiji ugljičnog dioksida (CO_2).



Slika 23. *Emisija ugljičnog dioksida (CO_2) za prirodni plin, naftu i ugljen kao energente* [34].

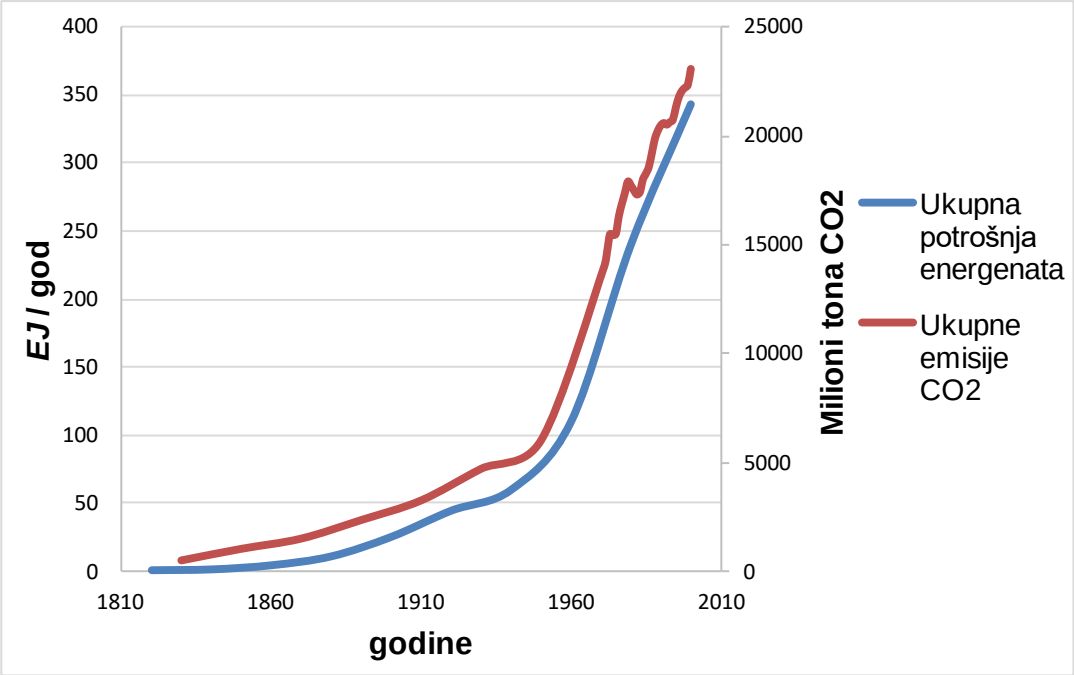
Upravo iz tog razloga njegova se upotreba mora maksimalno minimizirati.

Uzevši u obzir prikazane podatke može se zaključiti kako je koncentracija ugljičnog dioksida (CO_2) u zraku globalni problem. Zbog velike eksploatacije i korištenja isključivo fosilnih goriva za dobivanje potrebne energije neophodno je što prije djelovati kako bi se taj problem riješio. Tehnologija koja može pokrenuti treću industrijsku revoluciju nudi rješenje tog problema. Energija dobivena tehnologijom *„Seawater Steam Engine*“ u potpunosti je iz obnovljivih izvora energija, uz minimalnu količinu proizvedenog ugljičnog dioksida (CO_2).

6. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

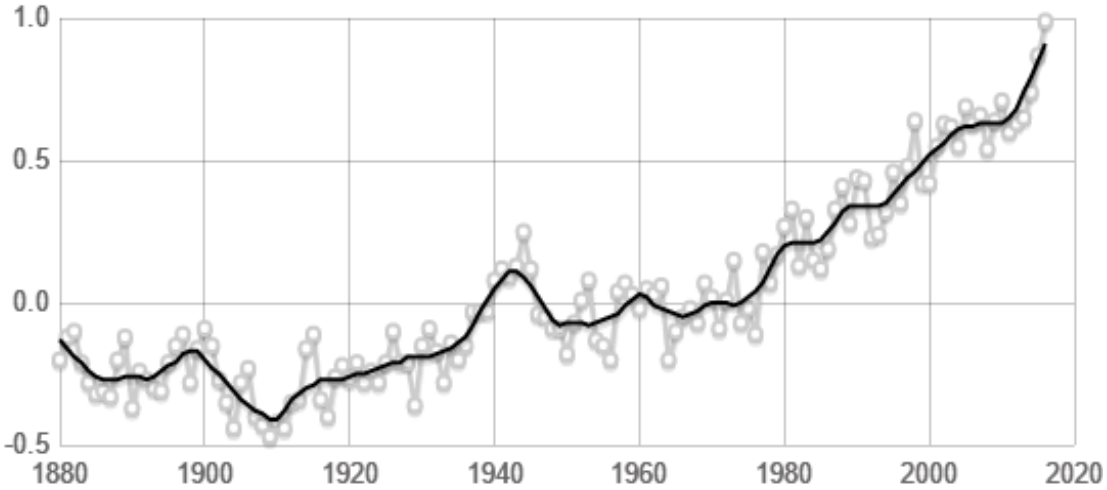
Pojava industrijskih revolucija neminovno je uzrokovala porast emisija ugljičnog dioksida (CO_2). Na slikama 20., 21. i 22. može se vidjeti da su emisije za ugljični dioksid (CO_2) eksponencijalno rasle za sva tri dominantna fosilna energenta (ugljen, nafta, prirodni plin) što je uzročno – posljedični odnos antropogenih aktivnosti. Danas samo 3% znanstvenika smatra da toliki porast koncentracija ugljičnoga dioksida (CO_2) nisu posljedica ljudskih aktivnosti, a što dodatno daje doprinos tvrdnji da su upravo one uzrok tome [36]. Na slici 23. vidljivo je koliko je porast emisija ugljičnog dioksida (CO_2) drastičan, poglavito kada je promatrana kumulativna krivulja emisija ugljičnog dioksida (CO_2). Također, primjećuje se da su potrošnje sva tri energenta, kao i emisije ugljičnog dioksida (CO_2) time uzrokovane, ujednačeno rasle. Upravo taj njihov ujednačeni rast imao je vodeću ulogu u nastanku klimatskih promjena na globalnoj razini.

Na slici 24. prikazane su usporedne krivulje ukupnog rasta potrošnje sva tri energenta i ukupnih emisija ugljičnog dioksida (CO_2). Iz danog prikaza jasno je da krivulja emisije ugljičnog dioksida (CO_2) prati krivulju potrošnje energenata te se tim prikazom opovrgava svaka sumnja u njihovu međusobnu povezanost.



***Slika 24**. Usporedni prikaz ukupne potrošnje energenta i ukupnih emisija ugljičnog dioksida (CO_2)* [25, 28, 34].

Na slici 25. prikazan je porast globalne temperature od predindustrijskog doba do danas [38]. U zadnjih desetak godina primjetan je eksponencijalan rast temperature, odnosno rast od gotovo pola stupnja Celzijeva. Usporedivši to s porastom temperature u periodu 1920. – 1940., što je dvadesetogodišnji period, gdje je porast temperature također oko pola stupnja Celzijeva, dobivamo podatak da je u periodu 2006. – 2016. došlo dvostruko brže do jednakog porasta temperature od pola stupnja. Svakako alarmantan podatak je da je 2016. godina najtoplija zabilježena godina [37].

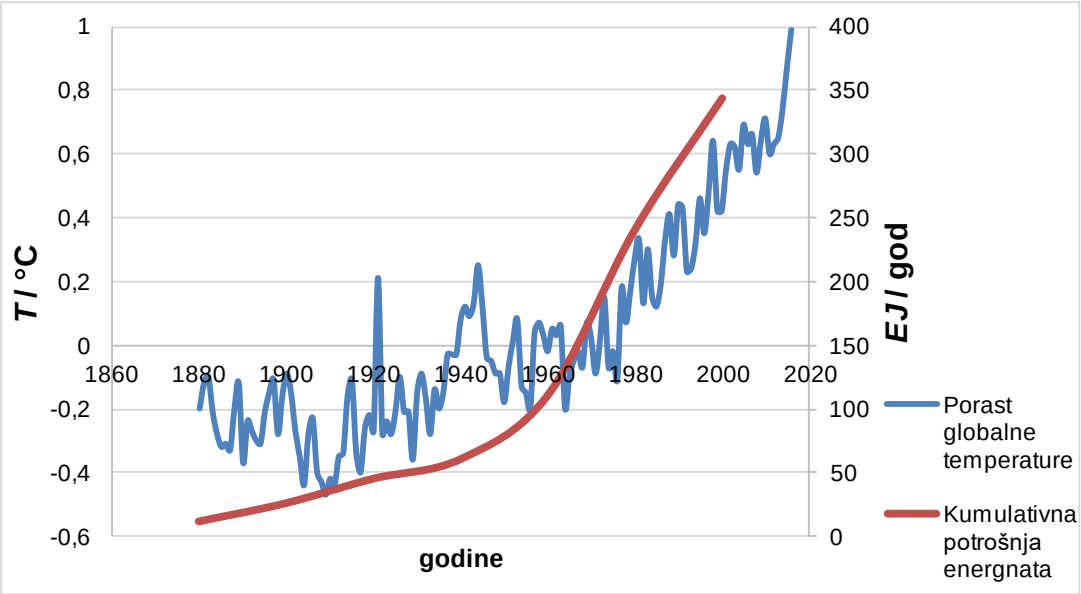


Slika 25. *Prikaz promjena u globalnoj površinskoj temperaturi* [38].

Porast globalne temperature spominje se i u Pariškom sporazumu o klimatskim promjenama koji je 4. studenog 2016. godine stupio na snagu. Njime se postavlja cilj ograničavanja globalnog zatopljenja na razini manjoj od 2°C u odnosu na predindustrijsko razdoblje, odnosno zadržati globalno zatopljenje na masimalnoj vrijednosti od 1,5°C [39]. Dakle, nije slučajno da se Pariški sporazum dovodi u direktnu vezu s pojavom industrijske revolucije. Promatrajući na slici 25. njegovu najnižu i najvišu točku, uočljivo je da je već sada globalno zatopljenje došlo do iznosa od gotovo 2°C, ne uzimajući u obzir upitnu poziciju prikazivanja referentne temperature 0.0°C. Upravo iz tog razloga, nije u potpunosti razjašnjeno na koji se način misli uspješno prekinuti kontinuirani porast globalne temperature koji ima neprekinuti rastući trend od 1910. godine. Problem se javlja zbog činjenice da se globalno zatopljenje ne može zaustaviti prekidanjem svih ljudskih aktivnosti (što nije ni izvedivo) jer je to posljedica dugogodišnjih ljudskih aktivnosti koja na naplatu

dolaze tek sada. Povezujući se na to, današnje ljudske aktivnosti uzrokuju posljedice koje ćemo tek kasnije moći jasno uočiti, ali samo i isključivo sada možemo na njih utjecati.

Iz svega navedenog, evidentna je korelacija između potrošnje fosilnih goriva i porasta globalne temperature, a što je i najbolji dokaz da su klimatske promjene uzrokovane upravo potrošnjom fosilnih goriva. Spomenuta korelacija prikazana je na slici 26.



Slika 26. *Korelacija između porasta globalne temperature i potrošnje fosilnih goriva* [34 i 38].

Obzirom da nije poznato hoće li će se klimatske promjene odvijati polagano ili će doći do naglih klimatskih promjena koje bi mogle rezultirati kataklizmom, nužno je hitno primijeniti tehnologiju koja ima tako snažan potencijal da može zaustaviti klimatske promjene. Tehnologija „*Seawater Steam Engine*“ prikazana u radovima i knjizi Z. Glasnovića i K. Margete [18 i 20] ima veliku prednost pred drugim tehnologijama jer se ona može na današnjem stupnju tehnološkog razvoja može primijeniti. No, njena specifičnost je u tome da se njome može istovremeno i simultano proizvoditi i energija i pitka voda i u tom smislu ona može biti pokretač treće, i zadnje industrijske revolucije (jer se tvornice mogu graditi na svim mjestima gdje ljudi žive) te na taj način omogućiti izgradnju održivih zajednica.

LITERATURA

[1] Hrvatska enciklopedija, Povijest i društvo, Ekonomija, *Industrijska revolucija*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=27361 (pristup 25. travnja 2017.)

[2] Clark, W.W., Cooke, G., *Global Energy Innovation: Why America Must Lead*, Praeger, Kalifornija 2012.

[3] Wikipedija – slobodna enciklopedija, *Druga industrijska revolucija*, https://hr.wikipedia.org/wiki/Druga_industrijska_revolucija (pristup 25. travnja 2017.)

[4] History, *Industrial revolution*, http://www.history.com/topics/industrial-revolution (pristup 25. travnja 2017.)

[5] Wikipedija – slobodna enciklopedija, *James Watt*, https://hr.wikipedia.org/wiki/James_Watt (pristup 28. travnja 2017.)

[6] Hrvatski povijesni portal, Elektronički časopis za povijest i srodne znanosti, *Prve lokomotive*, http://povijest.net/prve-lokomotive/ (pristup 28. travnja 2017.)

[7] Disney History Institute, *The Original Plans for the "Sailing Ship Columbia",* http://www.disneyhistoryinstitute.com/2016/01/original-plans-for-sailing-ship.html (pristup 28. travnja 2017.)

[8] Industrial development, *The Second Industrial Revolution,* Background, http://industrialdevelopement.weebly.com (pristup 28. travnja 2017.)

[9] Hrvatska enciklopedija, Priroda i tehnika, Strojarstvo, *Ottov motor,* Leksikografski zavod Miroslav Krleža, http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45927 (pristup 28. travnja 2017.)

[10] Wikipedija – slobodna enciklopedija, *Telefon*, https://hr.wikipedia.org/wiki/Telefon (pristup 5. svibnja 2017.)

[11] Vidi, Termodinamika, *ULTRaMo motor smanjuje potrošnju goriva za 50%*, http://www.vidi.hr/Pop-Tech/Revolucionarni-ULTRaMo-motor (pristup 6. svibnja 2017.)

[12] Yacht charter Croatia, *Tesla alternating current polyphase system*, http://www.yacht-chartercroatia.com/about_croatia/tesla/tesla-ac-system.htm (pristup 6. svibnja 2017.)

[13] Tesla universe, Tesla articles, *My Inventions III – My Later Endeavors*, https://teslauniverse.com/nikola-tesla/articles/my-inventions-iii-my-later-endeavors (pristup 6. svibnja 2017.)

[14] British Broadcasting Corporation, News in pictures, *In Pictures: A history of trams*, http://www.bbc.co.uk/news/in-pictures-15990563 (pristup 6. svibnja 2017.)

[15] Electropaedia, Battery and Energy Technologies, *Electricity Generation from Fossil Fuels*, http://www.mpoweruk.com/fossil_fuels.htm (pristup 6. svibnja 2017.)

[16] Clark II, W.W., *Sustainable Communitis*, Springer, New York 2009.

[17] Rifkin, J., *The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy*, *the economy, and the world*, Macmillan, London 2011.

[18] Margeta, K., Glasnović, Z., Prezentacija na promociji knjige *Seawater Steam Engine as a prime mover for third industrial revolution*, Zagreb 2017.

[19] Glasnović, Z., Margeta, K., *Seawater Steam Engine as a prime mover for third industrial revolution*, Lambert, 2017.

[20] Glasnović, Z., Margeta, K., Premec, K., *Could Key Engine, as a new open-source for RES technology development, start the third industrial revolution?*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57 (2016) 1194-1209

[21] Margeta, K., Glasnović, Z., Predavanje na Fakultetu za strojništvo, Sveučilište u Ljubljani, 30. svibnja 2017.

[22] Watson, J.S.,*The Reign of George III 1760-1815*, OUP Oxford, SAD 1960.

[23] International Energy Agency, *Coal,* https://www.iea.org/about/faqs/coal/ (pristup 15. svibnja 2017.)

[24] British Petroleum, *Statistical Review of World Energy June 2016,* https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-

2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf (pristup 20. svibnja 2017.)

[25] Our fine world, Exploring how oil limits affect the economy, *The Long-Term Tie Between Energy Supply, Population, and the Economy*, https://ourfiniteworld.com/2012/08/29/the-long-term-tie-between-energy-supply-population-and-the-economy/ (pristup 20. svibnja 2017.)

[26] Hrvatska enciklopedija, Priroda i tehnika, Kemijsko inženjerstvo, Rudarstvo, *Nafta,* Leksikografski zavod Miroslav Krleža, http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=42761 (pristup 20. svibnja 2017.)

[27] Wikipedija, slobodna enciklopedija, Prirodni plin, https://hr.wikipedia.org/wiki/Prirodni_plin (pristup 20. svibnja 2017.)

[28] The Oil Drum, Disscusions about energy and future, *World Energy Consumption - Beyond 500 Exajoules,* http://www.theoildrum.com/node/8936 (pristup 20. svibnja 2017.)

[29] Energy Information Administration Beta, *International energy statistics,* https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=0000000000000000000000000000000000000000000000008&c=000000000000000000000000000000000000000000000001&ug=2&tl_id=1-A&vs=INTL.7-2-WORL-TJ.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=1980&end=2014 (pristup 21. svibnja 2017.)

[30] Hrvatska enciklopedija, Priroda i tehnika, Meteorologija, *Globalno zagrijavanje,* Leksikografski zavod Miroslav Krleža, http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22331 (pristup 21. svibnja 2017.)

[31] CO_2 – Earth, Are we stabilizing yet?, *Earth's CO2 Home Page,* https://www.co2.earth (pristup 13. lipnja 2017.)

[32] Martinović, D., Ćemalović, M., Karišik, J., *Izazovi primjene obnovljivih izvora energije*, Tranzicija*, 14(30)*, 2012., 15-27, http://hrcak.srce.hr/94570 (pristup 13. lipnja 2017.)

[33] GRID – Arendal, Vital Climate Graphics , *CO_2 emissions from industry,* http://www.grida.no/resources/6459 (pristup 13. lipnja 2017.)

[34] International Energy Agency, Free Publications, *CO_2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2016,* *https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2016.html* (pristup 13. lipnja 2017.)

[35] Sun Earth Tools, *CO_2 emissions,* *https://www.sunearthtools.com/tools/CO2-emissions-calculator.php* (pristup 13. lipnja 2017.)

[36] Sceptical Science, *The 97% consensus on global warming,* https://www.skepticalscience.com/global-warming-scientific-consensus-advanced.htm (pristup 15. lipnja 2017.)

[37] Lider media, Biznis i politika, Svijet, *Istraživanja pokazala: 2016. najtoplija u povijesti mjerenja*, https://lider.media/aktualno/biznis-i-politika/svijet/istrazivanja-pokazala-2016-godina-najtoplija-godina-ikad-izmjerena/ (pristup 20. lipnja 2017.)

[38] NASA, Global climate change, Vital signs, *Global Temperature,* https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/ (pristup 20. lipnja 2017.)

[39] Službeni list Europske unije, *Pariški sporazum*, članak 2., http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019(01)&from=HR (pristup 27. lipnja 2017.)

ŽIVOTOPIS

Maja Žužić [redacted]

U Velikoj Gorici završava osnovnu školu „Osnovna škola Eugen Kvaternik“. Nakon završetka osnovne škole upisuje Prvu gimnaziju u Zagrebu koju završava 2010. godine te iste godine upisuje Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, smjer Kemijsko inženjerstvo. Na drugoj godini studija praksu odrađuje u laboratoriju tvrtke Jamnica d.d. S rezultatima svog znanstvenog rada sudjelovala je kao koautor na dva međunarodna kongresa (Natural Resources, green technology and sustainable development, Zagreb, Hrvatska, 2014.; XV. Ružičkini dani, „Danas znanost – sutra industrija“, Vukovar, Hrvatska), s posterskim priopćenjima i pratećim znanstvenim radovima u zbornicima radova (A. Sander, M. Žužić, M. Cvjetko Bubalo, Deep eutectic solvent choline chloride: glycerol as selective solvent for extraction od pyridine and thiophene from *n* – hexane; A. Sander, M. Dujmenović, M. Žužić, Nova otapala za ekstrakciju tiofena iz smjese sa *n* – heksanom. Završni rad na temu „Ekstrakcija S- i N- spojeva iz smjese ugljikovodika pomoću eutektičkih otapala“