Pregledni naučni članak
Rad prihvaćen: 18. 5. 2016.

UDK 620.9:520.131.1
502.3:504.7

Energetika i životna sredina

dr Živko Ralić, vanredni profesor¹

Sažetak: Ovaj rad se bavi energetikom, njenim značajem za razvoj društva, ali i ograničenjima vezanim za efekat staklene bašte i gasovima koji izazivaju taj efekat. Naglašeno je da se danas glavni ciljevi privrednog razvoja odnose na povećanje materijalne proizvodnje, produktivnosti, veći izvoz itd. U periodu industrijske revolucije formiran je stav da je neophodno i prihvatljivo uništavati okolinu u potrazi za maksimalnom proizvodnjom. S obzirom da su takva razmišljanja i danas prisutna cilj ovog rada je da pokaže koliko je to neprihvatljivo. Iako je energija osnova ekonomskog i tehnološkog prosperiteta svake zemlje, potreban je izbalansiran pristup zbog činjenice da energetske bilansi većine zemalja, i danas, počivaju na fosilnim gorivima. Navedeni su neki od pokazatelja negativnih efekata dejstva antropogenog faktora koji su doveli do klimatskih promena. Analizirane su posledice povećanja koncentracije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Koncept održivosti se može pratiti od antičkih vremena, preko industrijske revolucije kada se javlja opasnost da ključni resursi mogu biti iscrpljeni, do svesti o potrebi korištenja resurse na održiv način. Na kraju su prikazani koraci koje EU i Srbija preduzimaju u globalnoj borbi protiv klimatskih promena.

Ključne reči: energetika, odživi razvoj, efekat staklene bašte.

Energy and Environment

Abstract: This paper deals with energy, its importance for the development of society, but also the limitations related to the greenhouse gases. It was emphasized that today the main objectives of economic development are related to the increase of material production, productivity, higher export, etc. During the period of the industrial revolution it was widely accepted that it was necessary and acceptable to destroy the environment in pursuit of maximum production. Considering that such thinking is still present, goal of this paper is to show how it is unacceptable. Although energy is the basis of economic and technological prosperity of each country, a balanced approach is needed due to the fact that the energy balances of most countries, even today, are based on fossil fuels. Some of the indicators of the negative effects of anthropogenic factors which led to climate change are listed. The consequences of increasing concentration of gases that cause the greenhouse effect were analyzed. The concept of sustainability can be traced back to ancient times, through the industrial revolution when there was a risk that key resources could be exhausted, to the awareness of the need to use resources in a sustainable way. In the end, you see the steps that the EU and Serbia have undertaken in the global fight against climate change.

Keywords: energy, sustainable development, greenhouse gases.

¹ Univerzitet "Union – Nikola Tesla", Fakultet za inženjerski menadžment, Bulevar vojvode Mišića 43, 11000 Beograd, zivko.ralic@fim.rs

1. Uvod

Već dugo se glavni ciljevi privrednog razvoja odnose na povećanje dobara što se smatra osnovom blagostanja u društvu. Reč je o ciljevima kao što su porast materijalne proizvodnje, produktivnosti, veći izvoz itd. Podjednako bi trebali biti značajni rast životnog standarda, bolja socijalna i zdravstvena zaštita, visoka zaposlenost i sl. Razvoj društva, pored materijalne proizvodnje, mora obuhvatiti i prethodno navedene atribute da bi ekonomski rast bio održiv na duže vrijeme. Stimulisanje isključivo privrednoga rasta zajednice, u odsustvu političke, administrativne i kulturne infrastrukture, završavalo se najčešće neuspjehom. Kao što je razvoj društva neophodan uslov za ekonomski rast, isto tako je ekonomski rast potreban da bi se ostvario razvoj društva. Između dva navedena pojma postoji svojevrsna sinergija [10].

Ideje i razmišljanja o napretku ljudskog društva se menjaju kroz istoriju. Tokom renesanse razvile su se ideje o cikličkom ponavljanju, ali su reformatorski mislioci obnovili ideju o linearnom napretku čovečanstva [8]. Industrijska revolucija stupa na svetsku scenu u 18. veku, neopovratno menja ljudsko društvo, a ljudski napredak povezuje sa privrednim rastom i materijalnim dobrima. Industrijalizacija se opisuje kao „najveća revolucija koja se ikada dogodila navodeći ljude da misle da je to dobro za njih da dominira materijalni poredak koji se transformiše u robe široke potrošnje, da je neophodno i prihvatljivo uništavati okolinu u potrazi za maksimalnom proizvodnjom, i to samo zbog industrijskih proizvoda koji se iznose na tržište“ [16].

Intenzivan rast industrijske proizvodnje, rast ljudske populacije i njenih potreba doprineli su značajnom povećanju potrošnje energije. Porast je zabeležen u svim segmentima ljudske delatnosti, a time i emisija štetnih materija u atmosferu [15]. Povećana koncentracija štetnih materija, smatra se, izaziva efekat staklene bašte, razaranje ozonskog omotača, stvaranje kiselih kiša, smoga, uticaja na zdravlje ljudi, itd.

Najveći deo emisije štetnih materija (oko 90%) potiče od sagorevanja fosilnih goriva [5]. Povećana koncentracija ugljen-dioksida je i posledica nekontrolisane seče šuma, ali je uticaj ostalih uzročnika zanemariv u odnosu na sagorevanje fosilnih goriva. Fosilna goriva (ugalj i proizvodi od uglja; nafta i proizvodi od nafte; prirodni gas) negativno utiču na životnu sredinu u toku istražnih radnji preduzetih u cilju njihovog pronalaženja, u toku eksploatacije iz nalazišta, transporta i u toku korišćenja.

2. Značaj energetike

Za energetiku se često koristi definicija da je to oblast privrede koja se bavi proizvodnjom, prenosom i distribucijom energije i energenata. Prethodna definicija opisuje energetiku sa jednog aspekta, a ona ima svoju ekonomsku, naučnu, pa i filozofsku dimenziju. Energija je osnova ekonomskog i tehnološkog prosperiteta svake zemlje. U osnovi gladi za energijom neke zemlje leži želja za napretkom. Ugalj je omogućio ulazak ljudske civilizacije u industrijsku eru, a korišćenje nafte je suštinski promenilo saobraćaj i približilo najudaljenije destinacije. Verovalo se da će nuklearna energija biti sledeća stepenica u komotnom korišćenju energetskih resursa, ali su problemi bezbednosti znatno smanjili popularnost ovog vida energije.

Drvo je i kao gorivo i kao građevinski materijal bilo nezamenjiva sirovina do 18. veka, a koristilo se u gotovo svim proizvodnim procesima. Georg Agricola, nemački inženjer rudarstva, opisao je negativne uticaje sečenje drveta i rudarstva na biljni i životinjski svet još u 16. veku [4]. U 19. veku ugalj postaje najvažniji izvor energije, pa se uključuju alarmi koji signaliziraju da rezerve uglja mogu biti iscrpljene. Tako W. Stanley Jevons, 1866. godine u radu „Pitanje uglja“ zaključuje da će engleske rezerve uglja biti potrošene u narednih sto godina [6]. O ograničenosti rezervi nafte i gasa danas se dosta govori i piše, a prognoze su manje ili više pesimističke. Prognoze se često primaju sa rezervom zato što su motivi za donošenje takvih prognoza politički i špekulativni, ali je činjenica je da su rezerve konačne i iscrpljive.

Ranije se nije razmišljalo o ograničenosti prirodnih resursa, pa su sirovine i goriva pronađena u prirodi nekontrolisano trošeni. Energetski bilansi većine zemalja, i danas, počivaju na fosilnim gorivima (ugalj, gas i nafta). Predviđa se iscrpljivanje zaliha ovih energenata u doglednoj budućnosti, ako se nastavi eksploatacija ovim intenzitetom. Naglo smanjenje rezervi može izazvati razne poremećaje, od nekontrolisanog rasta cena do ishitrenih *preorijentacija* na druge energente. Upravo je podsticanje korišćenja obnovljivih izvora energije pokušaj da se spreči negativan scenario.

Problem čuvanja materijalnih resursa u osnovi je problem čuvanja energije. Materija može, u principu, da se koristi u zatvorenom ciklusu. Reciklaža mnogih hemijskih jedinjenja koja su predstavljala balast (plastika npr.) danas su deo tehničke i tehnološke prakse. Kvalitet vazduha može da se odgovarajućim postupcima popravi i da bude bezopasan za ljudsku upotrebu. Pitka voda može da se dobije adekvatnom pripremom i iz zagađenih izvora ili desalinizacijom iz mora. Navedeni postupci su mogući, ali je za njihovu realizaciju potrebna energija. Ne treba zanemariti ekonomsku dimenziju postupaka preduzetih u cilju prečišćavanja materije ili njene reciklaže. Veći stepen zagađenja podrazumeva složeniju tehnologiju i poskupljuje proces dovođenja materije na nivo prihvatljiv za čovekovu upotrebu.

3. Efekat staklene bašte

Klima je određena brojnim interakcijama između Sunca, okeana, atmosfere, kopna i živih organizama. Narušavanjem odnosa u atmosferi, narušava se i klimatska ravnoteža. U poslednjih sto godina, ljudske su se aktivnosti jako intenzivirale pa i one imaju direktan uticaj na klimu, pre svega zbog sagorevanja fosilnih goriva. Smatra se da nijedna katastrofa u celokupnoj poznatoj prošlosti neće izazvati toliko poguban uticaj na civilizaciju i život na planeti kao što bi to mogao izazvati trend globalnog zagrevanja.

Sagorevanjem fosilnih goriva, pored štetnih gasova koji se tom prilikom emituju, dolazi i do emisije čestica koje se dalje vezuju sa drugim materijama u atmosferi, utičući na stvaranje smoga u nižim slojevima atmosfere. Koliko će se čestica emitovati u atmosferu zavisi, pre svega, od vrste korišćenog energenta, a zatim i od kvaliteta sagorevanja, opremljenosti postrojenja filterima, itd. Posledica ovih, najvećim delom antropogenih, aktivnosti je zagađenje životne sredine. Prirodni ambijent ne uspeva da apsorbuje toliku količinu emitovanih polutanata tako da dolazi do poremećaja u ekosistemu.

Štetno dejstvo antropogenog faktora nije samo zbog njegovog intenziteta nego i zbog nepovratnosti procesa. Klimatske promene koja se odvijaju zbog povećanja koncentracije ugljen-dioksida u velikoj meri su ireverzibilne narednih 1000 godina kada bi se zaustavila emisija. Prestankom emisije CO₂, uklanjanjem atmosferskog ugljen-dioksida smanjila bi se snaga zračenja, ali bi u velikoj mjeri bila kompenzovana usporenim gubitkom toplote okeana, tako da atmosferske temperature ne bi značajno pale najmanje 1000 godina [12].

Kao ilustraciju ireverzibilnih efekata koje bi trebalo očekivati, ako se atmosferska koncentracija ugljen-dioksida poveća sa sadašnjeg nivoa blizu 385 ppmv (milioniti deo, volumni) do ekstremnih 450-600 ppmv tokom narednog veka, su nepovratne suve sezone bez oborina u pojedinim regionima i neumoljivo dizanje nivoa mora. Zagreavanje okeana dovešće do nepovratnog porasta globalnog prosečnog nivoa mora od najmanje 0,4 -1,0 m ako koncentracija CO₂ u 21. veku pređe 600 ppmv ili 0,6 -1,9 m za vršne koncentracije CO₂ iznad 1000 ppmv. Dodatni doprinosi glečera i ledenih površina na buduće podizanje nivoa može biti nekoliko metara u narednih hiljadu ili više godina [12].

Na slici 1. prikazani su rast emisije ugljenika kao posledica ljudskih aktivnosti (sagorevanje fosilnih goriva i promena namene zemljište), povećanje koncentracije ugljen-dioksida u atmosferi i temperature vazduha. Deo podataka je izveden iz istorijskih izvora, analizom godova stabala i korala, dok su noviji podaci direktno izmereni. Merenja koncentracije CO₂ počela su 1957. godine, a podaci za raniji period su dobijeni merenjem ugljen-dioksida u mehurićima vazduha zarobljenim u ledu [1].

Slika 1: Promena koncentracije ugljen-dioksida, ugljenika i temperature [1]

Gasovi koji su inače u sastavu atmosfere malo zastupljeni glavni su uzrok klimatskih promena. Određeni gasovi (najviše CO_2) zadržavaju se u atmosferi obrazujući "štit" koji propušta sunčeve zrake koji zagrevaju i površinu Zemlje i atmosferu. Kao posledica zagrevanja, sa površine Zemlje emituje se infracrveno zračenje. Deo zračenja prolazi kroz atmosferu, deo biva reflektovan od strane gasova staklene bašte, a deo biva apsorbovan. Zbog apsorpcije zračenja od strane gasova staklene bašte, dolazi do ponovnog emitovanja zračenja prema Zemlji. Ova pojava poznata je kao efekat staklene bašte, a njena posledica je zagrevanje površine Zemlje i nižih slojeva atmosfere.

4. Gasovi staklene bašte

Najzastupljeniji gas staklene bašte je ugljen-dioksid koji je u atmosferi zastupljen sa samo 0,038% zemljine atmosfere. Najveći deo emisije ugljen-dioksida potiče od sagorevanja fosilnih goriva, dok se ostatak emituje pri proizvodnji cementa, proizvodnji kreča, sagorevanju otpada i sl. Iako nema štetno dejstvo na zdravlje, ugljen-dioksid izaziva efekat staklene bašte pa na taj način utiče na globalno zagrevanje. Na slici 2. prikazana je struktura gasova staklene bašte [11].

Slika 2. Struktura gasova staklene bašte [11]

Veliki problem predstavlja prisustvo oksida sumpora u produktima sagorevanja. U atmosferi SO_2 i SO_3 reaguju sa vlagom iz vazduha i formiraju sitne kapljice sumporaste i sumporne kiseline. Kao posledica emisije SO_x nastaju kisele kiše koje štetno deluju na živi svet, a mogu da izazovu koroziju i razaranje objekata.

Oksidi azota, koji se uobičajeno označavaju NO_x , poslednjih godina dospeli su u centar pažnje, s obzirom na to da su identifikovani kao uzročnici mnogih neželjenih pojava. Njihovo štetno dejstvo vezuje se za [11]:

- uticaj na zdravlje ljudi
- smanjenje vidljivosti i stvaranje fotohemijskog smoga - posledica reakcija NO_x sa organskim materijama u prisustvu sunčeve svetlosti
- razaranje ozona u višim slojevima atmosfere
- stvaranje štetnog ozona u nižim slojevima atmosfere
- stvaranje kiselih kiša

Preko 90% oksida azota emitovanih usled procesa sagorevanja čini azot-monoksid (NO), dok ostatak čini azot-dioksid (NO_2). Međutim, kako se azot-monoksid (NO) u atmosferi konvertuje u azot-dioksid, većina propisa iz oblasti zaštite životne sredine tretira sve okside azota kao NO_2 .

Ne doprinose sva goriva u istoj meri emisiji ugljen-dioksida. Ona se razlikuje zavisno od hemijskog sastava, odnosno od masenog udela gorivog ugljenika i toplotne moći goriva. Isti toplotni efekat ima različite posledice zavisno od korišćenog goriva. Da bi se goriva mogla međusobno porediti, uveden je koeficijent emisije ugljen-dioksida (KE_{CO_2}), koji predstavlja masu emitovanog ugljen-dioksida u atmosferu svedenu na jedinicu energije.

Posmatrano sa ekološkog aspekta prvenstveno je važna vrsta energenta koji se koristi, ali su podjednako važne karakteristike izvora toplote. Bolje tehničke karakteristike postrojenja, nivo automatizacije i merenje potrošene energije garantuju uštedu energije. S obzirom na to da je većina raspoloživih energenata koji sagorevaju, u suštini, fosilnog porekla svako smanjenje potrošnje ima pozitivne ekološke efekte.

5. Koncept održivog razvoja

Ekološki problemi drevnih civilizacija egipatske, mezopotamske, grčke i rimske bili su krčenje šuma, povećanje saliniteta zemlje i gubitak plodnog tla, što bi se danas nazvalo problemima održivosti. Platon u 5. veku pre Hrista, raspravlja o različitim vrstama degradacije okoline koje su posledica ljudskih aktivnosti, kao što su poljoprivreda, seča šume i rudarstvo [13]. Pojava koncepta održivosti može se pratiti unazad do antičkih vremena. Rast populacije, povećanje potrošnje nakon industrijske revolucije, opasnost da ključni resursi, kao što su drvo, ugalj i nafta mogu biti iscrpljeni, pokrenuo je svest o potrebi korišćenja resurse na održiv način. Strah da sadašnje i buduće generacije možda neće biti u mogućnosti da zadrže svoj životni standard dovodi do razmišljanja koje priprema put za nastanak i globalno usvajanje održivog razvoja.

Većina aktuelnih problema su „nasleđeni“ iz prethodnog perioda, to su u stvari nerešeni problemi 20. veka, a neki traju i duže. Tako da se i danas živi u ambijentu agresivne ekspanzionističke ekonomske politike, vojnih i ne vojnih oblika rata, porasta upotrebe naučno-tehničke moći, egocentričnog odnosa čoveka prema prirodi, porasta svetskog stanovništva sa stalno rastućim jazom između bogatih i siromašnih. Čovek je šireći horizonte svoje neodgovorne slobode, pre svega ekspanzionističkom ekonomskom politikom, kolonizovao prirodu i ljudsko društvo. Prekomerno sistematsko rasipanje i uništavanje prirodnih i društvenih dobara ugrozilo je na kraju opstanak prirode i ljudskog društva.

Konceptualna podrška za tekuću upotrebu pojma „održivi razvoj“ je konsolidovana u ranim 1970-im. Goldsmith je u delu „Model opstanka“, 1972. pozvao na „stabilno društvo“ koje bi moglo biti „stabilno neodređeno vreme koje daje optimalno zadovoljstvo svojim članovima“[3]. U „Granici rasta“ upućuje se na „stanje ekološke i ekonomske stabilnosti koje je održivo daleko u budućnost“ i sposobno da zadovolji osnovne materijalne potrebe svih ljudi [7].

Održivi razvoj je skladan odnos čovekovog okruženja i unapređenja privrede. To je pokušaj da se prirodno bogatstvo naše planete sačuva i za buduće naraštaje. Suštinski on predstavlja generalno usmerenje, težnju da se stvori bolji svet, balansirajući socijalne, ekonomske i faktore zaštite životne sredine. Nekritičko insistiranje na politici ekonomskog rasta bez, uzimanja u obzir mogućnosti regeneracije planete Zemlje, dugoročno posmatrano, dovodi u opasnost i kreatora takve politike.

6. Zaključak

Energetika je od početka industrijske revolucije postala ključni faktor razvoja većine zemalja. Smatralo se da će razvojem novih tehnologija potreba za energijom biti sve manja, ali energetika je i dalje osnovni stub ekonomskog razvoja. Jedan od osnovnih zahteva je da se obezbedi sigurnost snabdevanja, tako da se godišnje vreme nestanka struje meri minutama [2]. Danas bi se u prvi plan trebala staviti zaštita životne sredine, odnosno korišćenje obnovljivih izvora energije, na čemu posebno insistira EU. Srbija je 2005. godine pristupila Energetskoj zajednici pa je u zakonodavstvo implementirala direktive EU.

EU vodi globalnu borbu protiv klimatskih promena, uspostavlja glavne prioritete i politiku energetske efikasnosti definiše na globalnom nivou. Kao jedan od rezultata tih napora, napravljen je, u martu 2007. godine, Akcioni plan o novoj energetskoj politici EU, koji definiše ciljeve do 2020. godine. Ambiciozni ciljevi, 20:20:20, su izraženi u „EU paketu za klimatske promene i obnovljivu energiju“, koji obavezuje zemlje članice da smanje svoju emisiju CO₂ za najmanje 20% do 2020. godine. Odluka se odnosi na:

- povećanje energetske efikasnosti za 20%
- povećanje učešća obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije na 20%
- smanjenje emisije CO₂ za 20% u odnosu na referentni nivo iz 1990. godine.
-

Napori usmereni ka rešavanju akutnih problema u energetici Srbije doveli su do Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, koju je usvojila Narodna skupština 2015. godine. Prema Strategiji prioriteti su izgradnja termoelektrana na ugalj snage 700 megavata do 2025. godine, od kojih 350 megavata do 2020. Tokom XX veka globalna populacija povećala se 3,7 puta, dok je tražnja za finalnom energijom porasla više od 30 puta [14]. Pored navedene Stragije značajna dokumenta su Zakon o energetici (Sl. glasnik br. 145/2014) i Zakon o efikasnom korišćenju energije (Sl. glasnik br. 25/2013).

Jedan od osnovnih koncepata koji vodi računa o trošenju prirodnih resursa i očuvanju životne sredine jeste koncept održivosti, ili održivog razvoja. Koncept održivog razvoja predstavlja moguće rešenje globalnog problema koji se sastoji u globalnom konfliktu, sa jedne strane su potrebe za privrednim razvojem, proizvodnjom i profitom, a sa druge strane je ograničenost resursa koja dovodi u pitanje mogućnost ostvarivanja potreba budućih generacija. Ovom konceptu danas pripada centralno mesto u razmatranju perspektive opstanka i napretka čovečanstva [9]. Održivost, ili održivi razvoj, je u stvari, i suštinski preduslov i krajnji cilj efikasne organizacije brojnih ljudskih aktivnosti na Zemlji. Koncept održivog razvoja se ne može primenjivati usko, u nekom izolovanom sistemu bez obzira na veličinu tog sistema, problem je globalan pa i rešenje mora biti globalno.

Literatura

- [1] ACIA Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. *Green Facts*. 2004. (accessed 6 21, 2016).
- [2] Federal Foreign Office. *Nemačka energetska tranzicija*. Berlin: Office, Federal Foreign, 2016.
- [3] Goldsmith E, Allen R, Allaby M, Davoll J, Lawrence S. *A blueprint for survival*. Harmondsworth: Penguin, 1972.
- [4] Hoover C. *Agricola G. De re metallica. Translated from the first Latin edition of 1556 by Herbert Clark Hoover and Lou Henry*. New York: Dover., 1950.

- [5] *Long-term trend in global CO2 emissions*. 2011. (accessed November 21, 2012).
- [6] Macmillan., Jevons W.S. . . London:. *The Coal Question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines. Second revised edition* . 1866. (accessed November 2005, 2005).
- [7] Meadows D.H. *The limits to growth: a report of the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: : Universe Books, 1972.
- [8] Nisbet R. *History of the idea of progress*. London: Heinemann, 1980.
- [9] Ralić Ž., " Primena metode rangiranja u funkciji povećanja energetske efikasnosti stambene zgrade." *KGH*. Beograd: SMEITS, 2012. 71-80.
- [10] Rea K.J. *A course in Canadian economic development,, Topic 1.*. 1998. (accessed January 25, 2001).
- [11] Rudarsko geološki fakultet. *Ekologija sagorevanja*. (accessed 6 22, 2016).
- [12] Solomona S, Plattnerb G-K, Knuttic R, and Pierre Friedlingsteind. *Irreversible climate change due to carbon*. 16 December 2008. (accessed 6 19, 2016).
- [13] Van Zon H. Geschiedenis. *Duurzame ontwikkeling in historisch perspectief: enkele verkenningen*. Nijmegen/Groningen: Werkgroep Disciplinaire Verdieping Duurzame Ontwikkeling, 2002.
- [14] Vlada Republike Srbije. *Strategija razvoja Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine*. Beograd: Službeni glasnik RS broj 101/2015, 2015.
- [15] Wilkinson S., Reed R. "Office building characteristics and the links with carbon emissions." *Journal: Structural Survey* , 2006: Vol. 24, Issue 3, pp 240-251.
- [16] Worster D. *The wealth of nature: environmental history and the ecological imagination*. New York: Oxford University Press, 1993.