

# PROIZVODNJA ENERGIJE U SVEMIRU - MIT ILI REALNOST?

Vladan Ivanović<sup>1</sup>

*Ključne reči: solarni energetska sateliti, obnovljivi izvori, energija*

## SAŽETAK:

Procene su da će svetska populacija dostići nivo od 10 milijardi sa potrošnjom energije od 2 do 3 kW po osobi sredinom 21 veka. Ovo će zahtevati nove metode proizvodnje energije koje neće zavisiti od ograničenih energetskih izvora i koje nisu kontrolisane od strane jedne ili grupe nacija, koje su ekološki prihvatljive i zadovoljavaju odgovarajuće ekonomske kriterijume.

Svaka procena mogućeg razvoja obnovljivih i ekološki prihvatljivih tehnologija u budućim svetskim zahtevima treba da uključi u razmatranje, pored mogućih zemaljskih obnovljivih izvora energije, i solarnu energiju pretvorenu u svemiru za upotrebu na zemlji.

U radu je dat prikaz novih tehnologija proizvodnje energije u svemiru koje su sa stranica naučno fantastičnih romana prešle u laboratorije i čija se upotreba očekuje za 30 do 40 godina, možda čak i ranije.

## 1. UVOD

Za većinu ljudi sve što je vezano sa svemirom spada u oblast fantastike. U tu kategoriju spada i davno iznet predlog o snabdevanju Zemlje električnom energijom sa orbitalnih solarnih električnih stanica uz bežični prenos do prijemnika na zemlji.

Međutim, prvi predlozi [1] korišćenja svemirskih solarnih elektrana za snabdevanje Zemlje električnom energijom, nisu naišli na širi odziv stručne javnosti, iako su ovi predlozi bili vrlo logični: na Zemlji se korišćenje alternativnih obnovljivih izvora energije, naročito sunčeve, razvija vrlo sporo, skupe su, i njihova ukupna snaga je i dalje mala (1 - 2% ukupne energetske snage). Solarne elektrane na površini Zemlje zavise od stanja atmosfere i doba dana, i ne mogu se smatrati sigurnim, stabilnim izvorom energije. Solarne elektrane razmeštene u kosmosu bile bi oslobođene mnogih nedostataka u odnosu na zemaljske.

U poslednje vreme javlja se novi talas takvih predloga, čemu doprinosi niz novih činjenica:

---

<sup>1</sup> Docent dr Vladan Ivanović, dipl.inž.maš. - Mašinski fakultet Podgorica, Cetinjski put bb

- tehnički progres u kosmičkoj tehnici;
- poboljšanje političke klime u svetu i u vezi sa tim povećani interes ka zajedničkom korišćenju svemirske tehnike;
- saznanja o negativnim ekološkim uticajima postojećih energetske postrojenja;
- moguće havarije atomskih elektrana, štetni uticaji termoelektrana, potapanje zemljišta akumulacijama hidroelektrana, iscrpljivanje zemaljskih resursa, povišenje temperature i promena klime, efekat staklene bašte, itd;
- odustajanje od razvoja atomske energetike od strane mnogih zemalja, kao i povećani zahtevi za ekološki čistom energijom;
- neslaganje stanovništva sa izgradnjom energetske objekata u njihovoj blizini, itd.

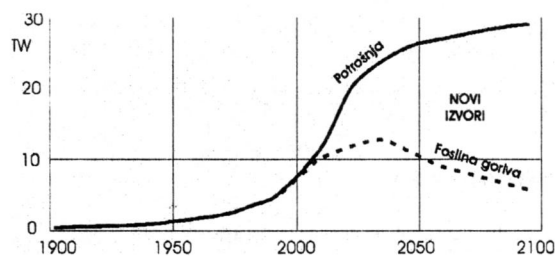
## 2. POTREBE ZA ENERGIJOM

Potrošnja energije je proizvod dva faktora:

1. broja stanovnika, koji je u stalnom porastu, i
2. potrošnje po glavi stanovnika, koja u velikoj meri zavisi od ekonomskog razvoja.

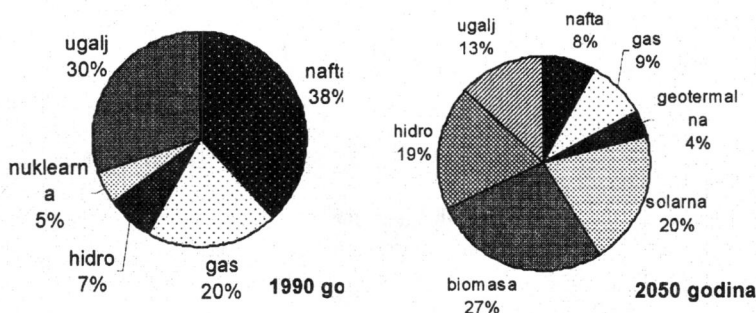
Procene populacije pokazuju da će nas biti oko 10 milijardi sredinom 21. veka, dok nas je danas oko 6 milijardi. Tako, samo na osnovu broja stanovnika, ne uzimajući u obzir i ekonomski razvoj, potrošnja energije će biti udvostručena.

Procene stope potrošnje veoma variraju u zavisnosti od stope razvoja zemlje koja sa razmatra. Prihvaćena je pretpostavka da će potrebe Zemlje za električnom energijom biti oko 25000 GW na nivou 2050. godine pri današnjoj snazi od oko 4000 GW i prosečnim rastom od oko 3% godišnje.



Slika 1. Potencijalni nedostatak energije u 21. veku

Problem snabdevanja Zemlje energijom se može najlakše uočiti na slici 1 [1], upoređivanjem ukupnih energetske potreba i dela koji može biti dobijen od strane fosilnih goriva, uz pretpostavku da će njegova eksploatacija morati da bude strogo kontrolisana. Razlika koja se predviđa mora biti popunjena novim izvorima čiste energije. Jedna od procena izvora za sredinu 21. veka data je na slici 2 [2].



Slika 2. Sadašnji i pretpostavljeni izvori konvencionalne enerije

Osnovni razlog svih varijanti snabdevanja električnom energijom Zemlje iz svemira je jasan: svetski energetske resursi su još uvek veliki, ali ograničeni, i na kraju će biti iscrpljeni, a energija iz svemira je za nas praktično beskonačna. Današnje svetske rezerve se procenjuju na 450 do 600 godina, ali u nafti i gasu na samo 50 do 60 godina, a pored toga njihova eksploatacija se znatno otežava - krajnji sever, morsko dno, neosvojene teritorije. Energija okeana i termonuklearna fuzija još uvek nisu osvojeni. Zbog toga, bez obzira na veliku tehničku složenost i skupoću, treba razmotriti varijante dobijanja energije iz svemira.

### 3. MOGUĆA REŠENJA

Energija zasnovana na nezemaljskim izvorima može biti dobijena na najmanje dva načina [1]:

- a) direktnim prihvatanjem solarne energije i usmeravanjem na Zemlju.
- b) dobijanjem goriva (za fuziju) sa planetarnih tela.

Predlagane su mnoge opcije od kojih većina ima vrlo značajna ograničenja. Prve studije razmatraju tri moguća scenarija [3], jedan indirektni pristup u kome se gorivo uvozi na Zemlju, i dva direktna pristupa angažovanja čiste energije Sunca u energetski bilans Zemlje.

#### 3.1. GORIVO SA MESECA ZA TERMONUKLEARNU FUZIJU

Organizuje se proizvodnja helijuma tri ( $He3$ ) i njegov transport na Zemlju za korišćenje umesto deuterijuma u svojstvu goriva za nuklearnu fuziju (umesto ranije predlagane reakcije deuterijum - tricijum). Prednost je da se u primarnoj reakciji gotovo ne oslobađaju neutroni, što značajno smanjuje oštećenja zidova reaktora, tako da mogu biti u upotrebi i nekoliko decenija umesto godinu ili dve. Kontaminacioni efekti su mnogo blaži, što značajno pojednostavljuje problem odlaganja otpada.

Svi procesi, povezani sa dobijanjem i preradom mesečevih minerala koji sadrže  $He3$ , sa sagorevanjem helijuma za dostavu na Zemlju, izvode se korišćenjem sunčeve energije. Procena je da 25 tona  $He3$  u reakciji sa  $D2$ , može da da oko 2750 milijardi KWh

(skoro trenutne potrebe SAD). Resursi mesečevog He3 su neobnovljivi, međutim njegove rezerve na površini Meseca su dovoljne za obezbeđivanje potreba Zemlje u električnoj energiji za više od narednih 1000 godina.

### **3.2. SOLARNI ENERGETSKI SATELITI**

Na niskim geostacionarnim orbitama izgrađuju se specijalni geostacionarni sateliti, koji primaju sunčevu energiju, pretvaraju je u električnu energiju i predaju je Zemlji pomoću snopa mikrotalasa (ili pomoću laserskih zraka). Za to se na Mesecu organizuje proizvodnja početnih materijala i njihova prerada takođe upotrebom sunčeve energije. Za emisiju mikrotalasnog snopa energije sa geostacionarne orbite na Zemlju, predajna antena mora imati prečnik oko 1 km, dok prijemna antena (rektena) približno 10 - 13 km. Sunčevo zračenje na geosinhronim orbitama deluje dan i noć u toku cele godine. Zato je prijem sunčeve energije kroz gore spomenute satelite moguć pri minimalnim zapreminama specijalnih akumulatora električne energije koji bi bili izgrađeni na Zemlji. Bitno je da oko 90% materijala, neophodnih za izgradnju energetskih satelita, može biti dobijeno sa Meseca.

### **3.3. MESEČEVI ENERGETSKI SISTEMI**

U ovom predlogu na površini Meseca se izgrađuje bazni prijemnik Sunčeve energije, koja se dobija nezavisno od Mesečevog dana i noći, zahvaljujući razmeštaju specijalnih reflektora u Mesečevoj orbiti, pa velika akumulacija energije na Zemlji nije potrebna. Sa Meseca se na Zemlju energija predaje snopom mikrotalasnog zračenja. Za njegov siguran prijem u Zemaljskoj rekteni u Zemljinoj orbiti se izgrađuje specijalni reflektor.

Krajnja proračunska snaga sistema Mesečevog elektro snabdevanja Zemlje je usvojena na 300 GW. Broj personala u svemiru (na Mesecu, oko Mesečevih i Zemljinih orbita), neophodnih za uvođenje za 10 godina 100 GW snage procenjuje se na 300 ljudi.

Posebnu pažnju zaslužuje jedna karakteristika sve tri varijante: značajan deo opterećenja između Svemira i Zemlje usmeren je na stranu Zemlje, a ne obratno. Korišćenje nezemaljskih materijala za sistem električnog snabdevanja Zemlje iz Svemira daje tim varijantama posebnu privlačnost.

## **4. NOVI POGLEDI NA SOLARNU ENERGIJU IZ SVEMIRA**

Lunarne opcije trenutno nisu komercijalne, ali su ova gledišta vrlo interesantna za najverovatnije kraj 21. veka kada se očekuje da sva bitna infrastruktura može biti operacionalizovana.

Najviše pažnje se poklanja solarnim energetskim satelitima, koji mogu biti razmešteni u različitim orbitama oko Zemlje, od niske do geostacionarne. Pod pokroviteljstvom vladinih organizacija zaduženih za energetiku i svemirska istraživanja [6, 9-11] ispituje se veći broj naprednih tehnologija za izgradnju solarnih svemirskih satelita i to uključujući sve segmente: svemirski, zemaljski, svemirsku infrastrukturu i transport .

Svemirski segment. Ovde se razmatraju i konvencionalne strukture i vrlo inovativni pristupi, kao velike paučinaste strukture koje čine jedinstven sistem sastavljen od većeg broja nezavisnih podsistema. Različiti načini konverzije solarne u električnu energiju kao i načini konstrukcije antena od pojedinačnih do višestrukih nezavisnih, ali koordiniranih jedinica. Raznovrsna sredstva prenosa, uključujući mikrotalase, milimetarske talase i optičko-laserske talasne dužine koji se generišu u magnetronima, klistronima, žirotronima i laserima sa slobodnim elektronima, kao i njihovi biološki uticaji kako na zemlji tako i u svemiru.

Za sada najviše obećavaju dva koncepta:

- "Solarne kule" - gravitaciono stabilizovane, svemirske lančane strukture, i
- "Solarni diskovi" - rotaciono stabilizovani sa konceptom upotrebe na različiti način upredenih spiralnih elemenata.

Zemaljski segment. On obuhvata prijemne, konverzione, akumulacione sisteme i sredstva za prenos električne energije do lokalnih razvodnih postrojenja. On takođe obuhvata i razradu sistema prenosa vrlo velikih koncentracija snage i njihov uticaj na elemente postojećih elektro energetske sisteme, uključujući i ekološke i sigurnosne faktore.

Svemirska infrastruktura. Zbog smanjenja troškova razvoja početnog sistema kao strategija razvoja maksimalizovan je uticaj automatskih autonomnih sistema i robota, a nasuprot tome boravak ljudi i njihovo prisustvo je svedeno na najmanju moguću meru.

Transport. Transport sa zemlje u orbitu i orbitalni transport je od vitalnog značaja za bilo koji sistem snabdevanja energijom iz svemira, s obzirom na veliku težinu koju treba preneti za sve poznate koncepte proizvodnje i prenosa solarne energije. Ispituju se nova goriva i materijali i sistemi sredstava prevoza od kojih se zahteva životni vek od preko 1000 letova.

## **5. ZAKLJUČAK**

Evidentan problem je da postojeća praksa snabdevanja Zemlje energijom nije održiva na duži period. Veliki deo energije dolazi iz goriva fosilnog porekla sa ograničenim resursima i čija upotreba ima nepovoljan uticaj kako na ljude tako i na čitavu planetu.

Pored toga, svetski zahtevi za energijom rastu veoma brzo. Kako se većina zaliha iz naših postojećih izvora može dobiti samo povećanjem troškova eksploatacije, uz čak veći uticaj na okolinu, mi moramo tražiti nove izvore energije koji će biti postojani, ekonomični, i čija upotreba neće pogoršati ekološko stanje planete.

Interesovanje za energiju zasnovanu na dobijanju iz svemira je proizašlo iz teoretskih i konceptualnih studija i sada se izvode eksperimentalni razvojni programi uz učešće vladinih organizacija, naučnih i univerzitetskih instituta kao i niza nezavisnih kompanija i internacionalnih organizacija [7].

**LITERATURA**

- [1] Erb R.B.: "Power From Space for the Nexy Century", *Proc. IAF 38, paper 91.231*, 1991.
- [2] Dessus B., Potter S.D.: "Energy development and environment: What about solar energy in a long term perspective", *Proc. SPS, Paris*, 1991.
- [2] Ershevich V.V.: "Proizvodstvo elektroenergii s ispolzovaniem vnezemnih resursov", *Elektricheskie stancii, Vol 2, Moskva*, 1992.
- [3] Collins P.: "The Promise of Electricity from Space for World Economic Development", *Proc. IEC, paper 450-1, Vol 3*, 1993.
- [4] Nagatomo M., Sasaki S., Naruo Y.: "Conceptual study of a solar power satellite, SPS 2000", *Proc. ISTS, paper ISTS-94-e-04*, 1994.
- [5] Nagatomo M.: "An Approach to Develop Space Solar Power as a New Energy System for Developing Countries", *Solar Energy, Vol. 56, No 1*, 1995.
- [6] Mankins C.J.: "A Fresh Look at Space Solar Power: New Architectures, Concepts and Technologies", *Proc. IAF 42, paper R.2.03*, 1997.
- [7] Mankins J.: "Testemony before House Science Committee on Solar Power Satellites", [www.solarpower.doe.gov](http://www.solarpower.doe.gov), 2000.
- [8] Elliot C.T., Chen K., Swanekamp C.R.: "Standard Handbook of Powerplant Engineering", 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, 1997.
- [9] [www.spacefuture.com](http://www.spacefuture.com)
- [10] [www.doe.gov](http://www.doe.gov)
- [11] [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

**POWER PRODUCTION IN SPACE - MYTH OR REALITY****ABSTRACT:**

According to estimates global population may reach over 10 billion, and use 2 to 3 kW per person by the middle of the twenty-first century. This will require new energy generation methods that no longer depend on finite energy sources, are not controlled by any one nation or group of nations, which are environmentally acceptable and meet economic criteria.

Any assessment of the possible contributions of inexhaustible and environmentally compatible energy sources to meet future global demands should include the contributions of terrestrial renewable energy sources and solar energy converted in space for use on earth.

This paper presents a new technology of power production in space which passes from science fiction pages to laboratories and which use is expected in 30 to 40 years, may be even earlier.