

OCENA ŽIVOTNOG CIKLUSA BIOENERGETSKIH SISTEMA

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF BIOENERGY SYSTEMS

Slobodan CVETKOVIĆ^{*1}, Mirjana KIJEVČANIN²

¹ Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije, Beograd, Srbija

² Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-Metalurški fakultet, Beograd, Srbija

Svi energetske sistemi utiču na životnu sredinu. Bioenergetski sistemi se smatraju ključnim rešenjem u povećanju budućih potreba za energijom i ublažavanju emisija gasova sa efektom staklene bašte. Jedna od metoda za procenu uticaja bioenergetskih sistema na životnu sredinu je analiza životnog ciklusa (LCA). Cilj ovog istraživanja je da predstavi sveobuhvatne informacije o LCA za bioenergetske sisteme. Ova studija može da pruži bolje razumevanje globalnih žarišta u specifičnim istraživanjima vezanim za LCA za bioenergiju, ali takođe može da pruži korisne informacije za širenje istraživačkog područja bioenergije u Republici Srbiji.

Ključne reči: Bioenergetski sistemi, energija, LCA analiza

All energy systems have an impact to the environment. Bioenergy systems are considered as a crucial solution in the increasing future energy demand and mitigation of greenhouse gas emissions. One of method to assess influence of bioenergy systems to the environment is the life cycle analysis (LCA). The objective of this reseach is to present the comprehensive informations about LCA for bioenergy systems. This study can provide a better understanding of global hotspots in the specific research related to the LCA for bioenergy, but may also provide useful information to broaden research area of bioenergy in the Republic of Serbia..

Key words: Bioenergy system, energy, LCA analysis

1 Uvod

Da bi se izvršila kompletna analiza uticaja proizvodnih procesa i sistema na životnu sredinu, oni se moraju posmatrati u svom celokupnom životnom ciklusu (od projektovanja do finalne upotrebe ili prestanka korišćenja). Imajući ovo u vidu, uveden je koncept analize životnog ciklusa (eng. Life cycle assesment-LCA) proizvodnih procesa ili proizvoda u posmatranju njihovih uticaja na prirodno okruženje [1]. Ovaj koncept razmatra uticaje na životnu sredinu od ekstrakcije sirovina za proizvodni proces ili proizvod pa do finalne upotrebe proizvoda, odlaganja proizvoda na deponiju ili ponovne upotrebe proizvoda. Ekstrakcija prirodnih resursa i njihovo korišćenje se određuje i uključuje u razmatranje uticaja ovih procesa na ključne ekološke resurse kao što su vazduh, voda i zemljište.

Analiza obuhvata: snabdevanje resursima, proces proizvodnje, transport, distribuciju, ponovnu upotrebu, reciklažu i odlaganje proizvoda ili kraj proizvodnog procesa. Svi tokovi materijala i energije su obuhvaćeni LCA analizom.

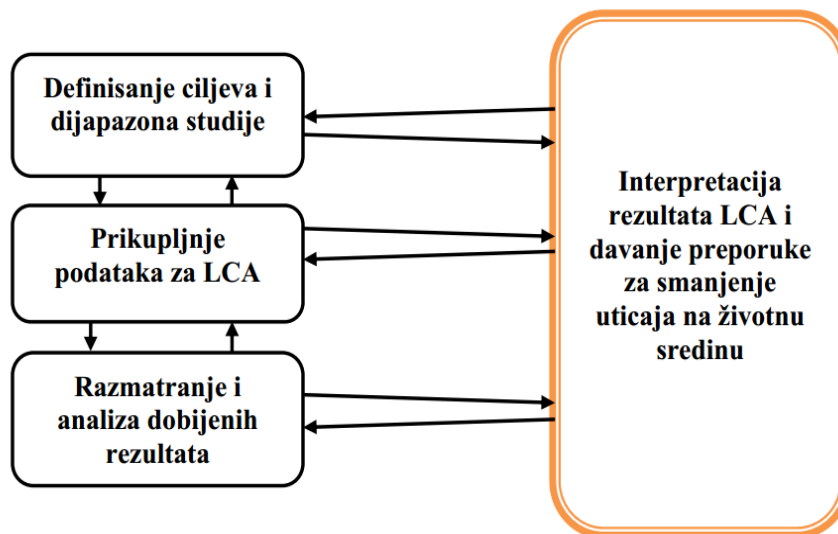
Prve LCA studije pojavile su se sredinom šezdesetih godina 20. veka. Osnivanje organizacije SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry), doprinelo je da LCA analiza postane jasnija i standardizovanija [2]. Standardizacija ove metodologije je uspostavljena 1993. godine, kada su objavljeni prvi ISO standardi za razvoj međunarodne norme i pravila za LCA metodologiju. Ova standardizacija je postavila osnovu za sve buduće LCA studije. U 2006. godini izvršeno je revidiranje ovih standarda, kada su uspostavljena dva nova standarda serije ISO 14040: 2006 [3,4]. Faze LCA anlize prikazane su na Slici 1.

Ove faze obuhvataju:

- definisanje ciljeva i opsega studije sa definisanjem granica sistema za analizu,
- prikupljanje podataka, pri čemu se sakupljaju svi ulazi unutar granice sistema za analizu i u kome se izlazi određuju i prezentuju,

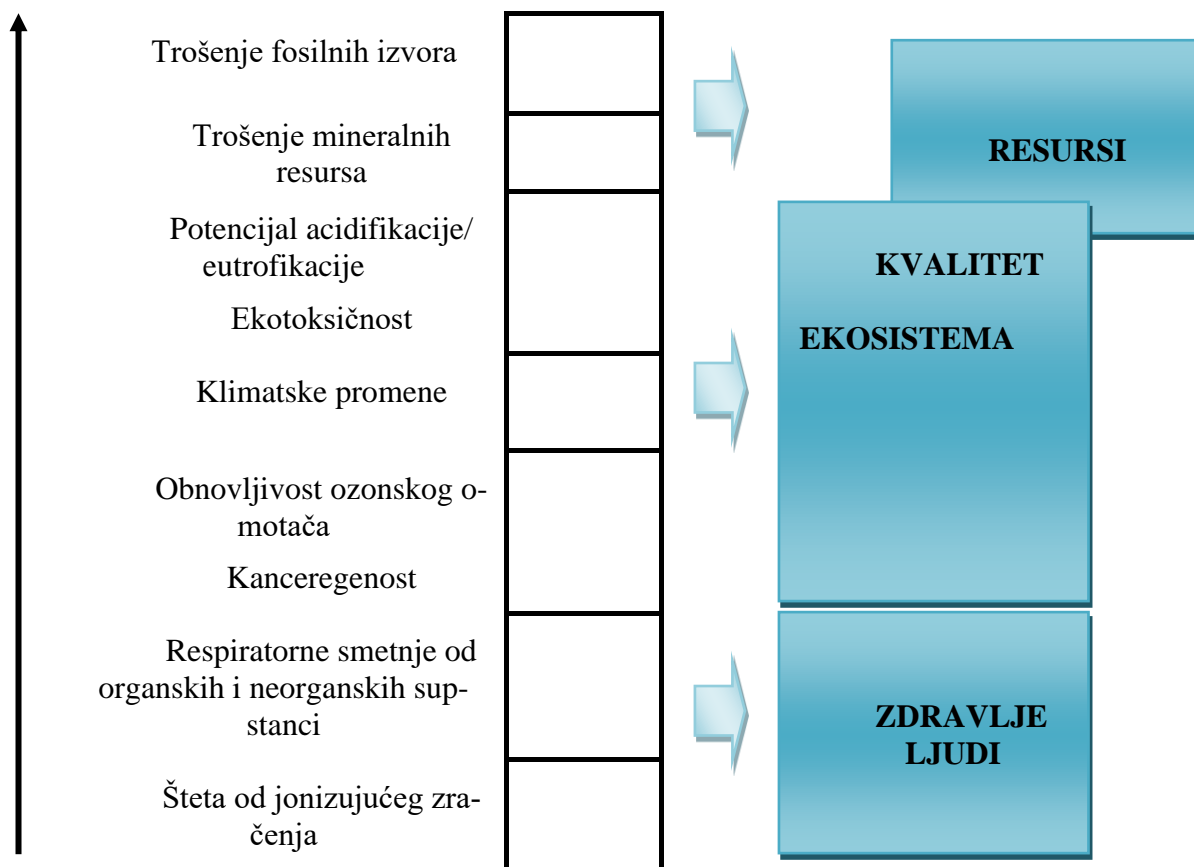
^{*} Corresponding author, email: ing.slobodancvetkovic@yahoo.com

- procena uticaja životnog ciklusa na životnu sredinu, pri čemu su uticaji određeni i kvantifikovani,
- analiza rezultata zasnovanih na prethodnim fazama gde su opisani uticaji na životnu sredinu i date preporuke za smanjenje uticaja na životnu sredinu procesa ili proizvoda.



Slika 1. Faze LCA analize [2,3]

Kao što se može videti sa Slike 2., LCA analiza razmatra uticaj procesa ili proizvoda na nivo korišćenja fosilnih i mineralnih resursa, na kvalitet ekosistema kao i uticaj na zdravlje ljudi. Tokom LCA analize moguće je razmatrati sve ove navedene uticaje ili samo neke pojedinačno, u zavisnosti od granice sistema za analizu i vrste procesa.



Slika 2. Šematski prikaz mogućih uticaja procesa i proizvoda na životnu sredinu koji se razmatraju kroz LCA analizu [5]

2 LCA analiza bioenergetskih sistema

Pod bioenergetskim sistemima podrazumevamo proizvodne sisteme koji za proizvodnju energije koriste biomasu ili energente nastale iz biomase. Studije životnog ciklusa bioenergetskih sistema mogu se svrstati u tri grupe [6,7]:

- analiza tokova energije u životnom ciklusu (LCEA), koja je fokusirana na razmatranje trošenja fosilnih resursa, energetske efikasnosti ili karakterizaciju biogoriva sa aspekta obnovljivosti,
- procena emisije GHG gasova tokom životnog ciklusa,
- procena životnog ciklusa, u kojoj se razmatra uticaj različitih kategorija koje su prikazane na Slici 2. i njihov uticaj na životnu sredinu.

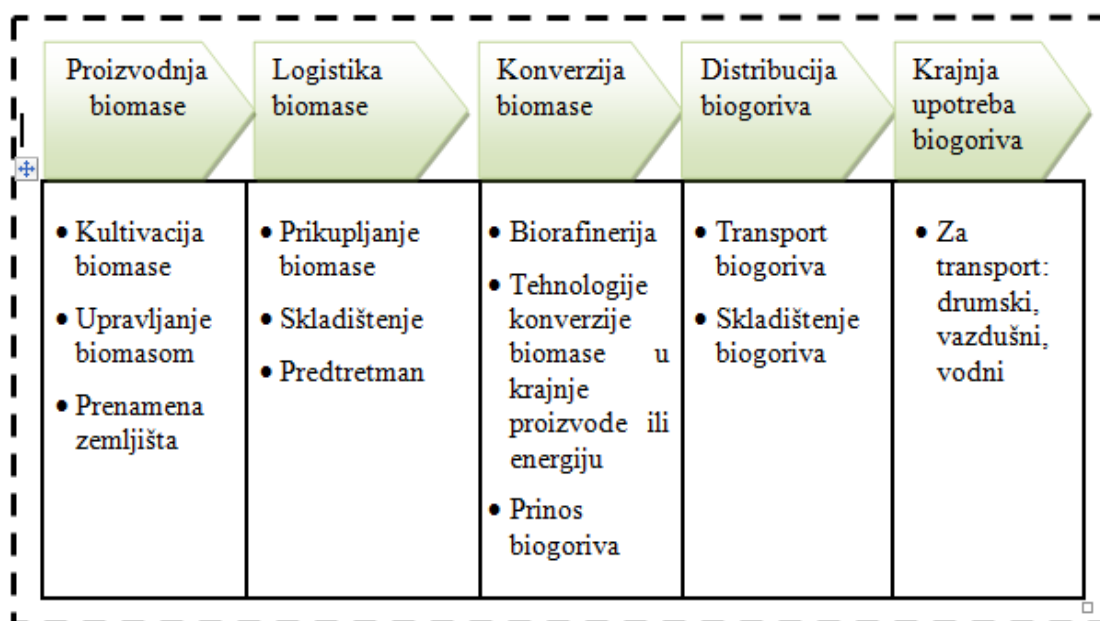
Osim toga, LCA studije bioenergetskih sistema se mogu podeliti [8] na:

- komparativne studije LCA, u kojima se bioenergetski sistemi upoređuju sa energetske sistemima koji koriste fosilne resurse (ove analize se koriste u cilju kreiranja energetske politike kada treba izvršiti supstituciju nekog fosilnog izvora),
- LCA studije bioenergetskih sistema koje se koriste za dobijanje uvida u najveće uticaje na životnu sredinu u lancu proizvodnje energije iz određenog izvora biomase, i
- LCA studije bioenergetskih sistema koje se koriste da identifikuju glavne faze u životnom ciklusu proizvodnje energije iz biomase, sa ciljem da kompanije koje proizvode energiju iz biomase poboljšaju efikasnost u tim fazama.

Važni metodološki izazovi u oblasti LCA bioenergetskih sistema odnose se na izbor jedinične veličine na osnovu koje se porede ulazne i izlazne vrednosti za posmatranu granicu sistema. Najčešće se ova jedinična veličina iskazuju [9]:

- u pređenom 1 km u određenom vozilu koje koristi biogorivo koje je predmet analize;
- po 1 MJ proizvedenog biogoriva;
- po 1 kg proizvedenog biogoriva;
- po 1 litar proizvedenog biogoriva; i
- po 1 ha zemljišta za proizvodnju biomase iz koje je proizvedeno biogorivo koje je predmet analize.

Na slici 3. prikazan je bioenergetski sistem sa fazama životnog ciklusa.



Slika 3. Prikaz bioenergetskog sistema sa fazama životnog ciklusa [10]

Bilans energije i razmatranje uštede gasova sa efektom staklene bašte, zahtevaju uspostavljanje odgovarajuće referentne osnove. Najčešće se kao referentne osnove koriste fosilna goriva (benzin ili dizel). Izbor granice sistema za koji se vrši LCA analiza je od ključne važnosti za krajnje rezultate i njihovu interpretaciju. Granica sistema može obuhvatiti sve ili pojedinačne faze životnog ciklusa procesa ili proizvoda sa svim materijalnim i energetske tokovima.

3 Zaključak

Ocena životnog ciklusa nekog procesa uspostavlja maseni i eneregtski bilans u ispitivanom bioenergetskom sistemu analizom svih ulaza i izlaza procesa tokom čitavog njegovog životnog ciklusa ili tokom nekih faza životnog ciklusa. LCA obezbeđuje sistematski i multidisciplinarni pristup u kvantifikaciji opterećenja u životnoj sredini i njihovim potencijalnim uticajima tokom čitavog životnog ciklusa proizvodnje energije u bioenergetskom sistemu. Uključivanje faktora životne sredine zasnovanih na konceptu životnog ciklusa u procese donošenja odluka o većoj primeni obnovljive energije od velikog je značaja za vladine institucije, kompanije i industrijske organizacije. LCA metodologija se još uvek razvija šireći svoje granice ka sveobuhvatnoj proceni održivosti tehnoloških procesa.

4 Literatura

- [1] **Ahmadi, L., Kannangara, M., Farid Benseba, F.**, Cost-effectiveness of small scale biomass supply chain and bioenergy production systems in carbon credit markets: A life cycle perspective, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, 2020, 100627
- [2] **Sonnemann, G., Castells, F., Schumacher, M.**, 2003. *Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes*. 1 ed. Lewis Publishers, London
- [3] *** ISO 14044, *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. International Organization for Standardization, 2006
- [4] *** ISO 14040, *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, International Organization for Standardization, 2006
- [5] *** Tutorial, 2006. *SimaPro 7. Tutorial*.
- [6] **Liska, A.J., Cassman, K.G.**, Towards Standardization of Life-Cycle Metrics for Biofuels: Greenhouse Gas Emissions Mitigation and Net Energy Yield. *J. Biobased Mater. Bioenergy* 2, 2008, 187–203
- [7] **Cherubini, F., Strømman, A.H.**, Life cycle assessment of bioenergy systems: state of the art and future challenges. *Bioresour. Technol.* 102 (2), 2011, 437-51
- [8] **van der Voet, E., Lifset, R.J., Luo, L.**, Life-cycle assessment of biofuels, convergence and divergence. *Biofuels*, (3), 2010, 435-449
- [9] **Malça, J., Freire, F.**, Life-cycle studies of biodiesel in Europe: A review addressing the variability of results and modeling issues. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (1), 2011, 338-351
- [10] **Zhang, F., Johnson, D.M., Wang, J.**, Life-Cycle Energy and GHG Emissions of Forest Biomass Harvest and Transport for Biofuel Production in Michigan. *Energies*, 2015,8,32