

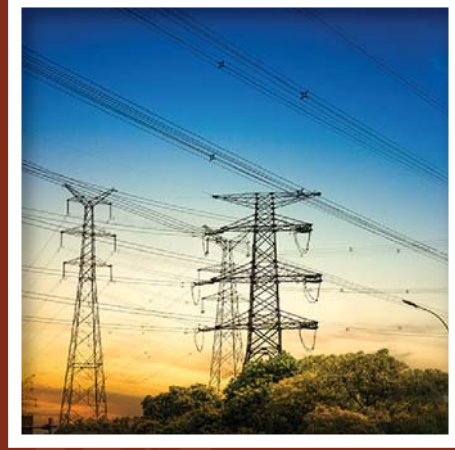
ISSN br. 03540-8651



List Saveza energetičara
Broj 1-2 / Godina XX Mart 2018.
UDC 620-9

energija

■ ekonomija ■ ekologija



ENERGETIKA 2018.

34. međunarodno savetovanje u organizaciji

SAVEZA ENERGETIČARA

ORGANIZACIONO - PROGRAMSKI ODBOR

Predsednik: **Prof.dr Milun Babić**, Mašinski fakultet u Kragujevcu

Sekretar: **Nada Negovanović**, sekretar Saveza energetičara

ČLANOVI:

- Dr Matthias Jochem**, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH, Nemačka
Dr.Jean Rizzon, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH
Dr.Patrick Weckes, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH
Jovica V. Milanović, The University of Manchester, Manchester
Christian Kissling, HEAD OF Sales, MHPSE, GER
Dejan Popović, Predsednik Agencije za energetiku Srbije
Prof.dr Adriana Sida Manea, Politehnica-University of Timisoara, Romania
dr Ivan Souček, Ph. D., Prague Institute of Chemical Technology, Czech Republic
Prof. dr Miloš Banjac, pomoćnik ministra
Prof.dr Branko Kovačević, predsednik Nadzornog odbora JP EPS
Prof.dr Aleksandar Gajić, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Zvonimir Kostikj, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje
Zlate Veličković, Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu
Mirko Petković, Rafinerija ulja Modriča a.d. Modriča
Prof.dr Valantino Stojkovski, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje
Institute for Hydraulic Engineering and Management of Water
Prof.dr Predrag Popovski, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje
dr Goce Vasilievski, Rudarski institut, Skopje
Prof.dr Atanasko Tuneski, Faculty of Mechanical Engineering, Skopje
dr Aleksandar Levkoski, ELEM Macedonian Power Plants - Skopje
Prof.dr Vladimir Rajs, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
Doc.dr Željko Đurišić, Elektrotehnički fakultet Beograd
dr Tatjana Luppova, Rusija
Prof.dr Nebojša Petrović, Mašinski fakultet u Beogradu
Prof.dr Dejan Ivezić, Rudarsko-geološki fakultet
Prof.dr Vlatko Chingoski, Faculty of Electrical Engineering, University "Goce Delcev" Macedonia
Prof. Daniela Marasova, CSc. Technical university of Kosice Faculty of Mining, Ecology
Prof.dr Беляков Алексей Васильевич, Российская Федерация
MSc. Ljupco Davcev, Institute for Standardization of R.Macedonia-ISR, Skopje
Olga Stavskaya, Lead Engineer JSC «ZiO-COTES», Russian Federation
Prof.dr Nebojša Mitrović, dekan Tehničkog fakulteta u Čačku
Prof.dr Zoran Jovanović, dekan Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu
Prof.dr Radivoje Mitrović, dekan Mašinskog fakulteta u Beogradu
Prof.dr Ozren Očić, Faculty of International Engineering Management
dr Miodrag Arsić, IMS Beograd
Prof.dr Željko Despotović, IMP
Prof.dr Zoran Rajić, Poljoprivredni fakultet Beograd
Prof dr Silvana Ilić, Fakultet za menadžment Zaječar
Jovica Budimir, izvršni direktor JP Srbijagas
Prof.dr Pavlović Vladimir, Rudarsko-geološki fakultet
dr Radoslav Raković, Energoprojekt Entel a.d. Beograd
dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore
Prof.dr Nenad Đajić, glavni i odgovorni urednik časopisa ENERGIJA



SAVEZ ENERGETIČARA

predsednik: **Nikola Rajaković**

sekretar: **Nada Negovanović**

adresa: **11000 Beograd, Dečanska 5 - pp8**

tel./fax: **+381 11 322 6 007**

e-mail: **savezenergeticara@eunet.rs**

web: **www.savezenergeticara.org.rs**

ZBORNİK RADOVA

Zlatibor, 27-30. mart 2018.

Danijela. Nikolić*, Saša Jovanović, Jasmina Skerlić, Minja Velemir, Natalija Aleksić
Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34 000 Kragujevac

ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA U SEKTORU ZGRADARSTVA

SAŽETAK

Sektor zgradarstva ima značajan uticaj na ukupnu potrošnju energije i emisiju štetnih gasova. Zgrade troše energiju tokom čitavog svog životnog veka, tj. od svoje izgradnje pa do rušenja. Analiza životnog ciklusa (Life Cycle Analysis - LCA) je jedan od alata koji se koristi za razmatranje uticaja proizvoda na životnu sredinu kroz proizvodnju, upotrebu, odlaganje i recikliranje samog proizvoda, uključujući i materijale od kojih je proizvod napravljen. Integracijom LCA metode u proces konstrukcije zgrade, projektanti mogu da ocene uticaj građevinskog materijala, komponenti i sistema na životnu sredinu tokom životnog ciklusa zgrade, i da ih odaberu tako da oni imaju što manji negativni uticaj na životnu sredinu. Ovaj rad predstavlja pregled studija o analizi životnog ciklusa zgrada (LCA) koje su sprovedene u cilju analize uticaja stambenih i nestambenih zgrada na životnu sredinu.

Ključne riječi: analiza životnog ciklusa (LCA), faza životnog ciklusa, stambena zgrada, ne-stambena zgrada

Life Cycle Analysis in the Building Sector

ABSTRACT

The building sector has a significant influence over the total energy consumption and on the emissions released. Buildings use energy throughout its life i.e. from its construction to its demolition. Life Cycle Assessment (LCA) is one of the tools used to consider environmental issues related to the production, use, disposal and recycling of products, including the materials from which they were made. By integrating LCA into the building design, designer can evaluate the life cycle impact of building materials, components and systems and choose combinations which will be able to reduce building's life cycle environmental impacts. This paper represents the review of the literature on life cycle assessment (LCA) of buildings carried out for environmental evaluation of residential and non-residential buildings.

Key words: life cycle analysis (LCA), life cycle phase, residential building, non-residential buildings

1. UVOD

Problem energetske stabilnosti je poslednjih nekoliko godina postao najbitnije pitanje svetskog privrednog, ekonomskog i društvenog sistema. Nagli porast populacije prouzrokovao je veliki ekonomski razvoj koji ide u korak sa još većom potrošnjom energije na svetskom nivou. Što se tiče stambenog sektora, iz brojnih izvora se može doći do podataka da je potrošnja energije u zgradarstvu na svetskom nivou 20-40 % od ukupne potrošnje energije, a u Srbiji je ona na nivou oko 35 % [1, 2]. Povećanje potrošnje energije i korišćenje fosilnih goriva, doveli su do povećanog zagađenja životne sredine usled velike emisije štetnih gasova, koje je rezultiralo globalnim zagrevanjem i klimatskim promenama. Prema podacima Međunarodne agencije za energiju – IEA (International Energy Agency) [3] energetski sektor emituje

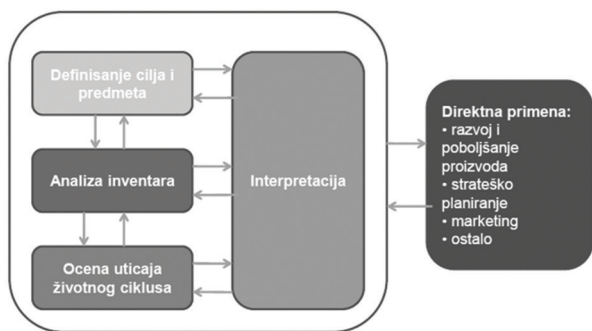
26 biliona tona ugljen-dioksida godišnje, a očekuje se da se emisija CO₂ 2030. godine poveća za 55 % i dostigne nivo veći od 40 biliona tona godišnje. Ukupna emisija CO₂ koja potiče od zgrada u Evropskoj uniji iznosi 36 % [4]. Zato treba težiti unapređnju energetske efikasnosti u zgradarstvu koji podrazumeva kontinuiranu primenu širokog opsega delatnosti čiji je krajnji cilj smanjenje potrošnje svih vrsta energije uz iste ili bolje uslove u objektu. Ovakve mere utiču na smanjenje emisije štetnih gasova (CO₂, SO₂, NO_x) i na taj način doprinose zaštiti životne sredine i smanjenju globalnog zagrevanja [5].

EU sistemskim merama obavezuje svoje članice na stalno povećanje energetske efikasnosti donoseći brojne direktive za ostvarenje veće energetske efikasnosti i smanjenje postojeće ekološke neravnoteže na Zemlji. Prema direktivi 2009/28/EC i "TRIPLE 20" proceduri [6], u zemljama Evropske

*Corresponding author: danijelan@kg.ac.rs

unije do 2020. godine emisija gasova staklene bašte i potrošnja energije treba da se smanji za 20 %, i istovremeno da se ugradi 20 % obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije. Godine 2010. usvojena je EPBD direktiva (Energy Performance of Buildings Directive) koja je obavezujuća i prema kojoj sve nove zgrade do 31. 12. 2020. god. treba da budu potpuno energetske efikasne (ZERO ENERGY BUILDING) - da ne troše energiju iz mreže i da ne emituju CO₂.

Jedan od najznačajnijih alata koji kvantifikuju uticaj nekog proizvoda na životnu sredinu, jeste Analiza životnog ciklusa (Life Cycle Analysis - LCA) ili ocena životnog ciklusa (Life Cycle Assessment). Analiza životnog ciklusa procenjuje uticaj proizvoda na životnu sredinu, imajući u vidu celokupan životni ciklus proizvoda. Može se reći i da je to proces analize materijala, energije, emisija i otpada koje „produkuje“ proizvod (ili sistem usluga), kroz celokupan životni ciklus od svog nastanka tj. počev od resursa i eksploatacije sirovina, preko proizvodnje, transporta, montaže, eksploatacije i odžavanja, sve do recikliranja i trajnog odlaganja. Kroz ovaj postupak analize se takođe identifikuju i svi procesi između različitih faza i za svaki od njih se definišu ulazi (materijali, resursi i energija) i izlazi (emisije u vodi, vazduhu i čvrsti otpad) koji se uzimaju u obzir pri definisanju uticaja. Metodološka struktura studije Analize životnog ciklusa data je u seriji standarda ISO 14040 kojima je uspostavljen fleksibilan okvir pod kojim se LCA studija sprovodi na praktičan i tehnički pouzdan način. Metod Analize životnog ciklusa obuhvata četiri faze (definisane cilja i predmeta, analiza inventara, ocena uticaja životnog ciklusa i interpretacija rezultata) i zaključna razmatranja [7]. Prikaz metode Analize životnog ciklusa je dat na Slici 1.



Slika 1. Faze Analize životnog ciklusa

U metodi LCA formira se tzv. Funkcionalna jedinica (FU) koja je mera za funkcionalne izlaze i u skladu je sa zahtevima postavljenog cilja i predmeta Studije LCA. Osnovna svrha funkcionalne jedinice je da obezbedi referentni nivo za normalizaciju ulaznih i izlaznih podataka u cilju daljeg poređenja rezultata LCA studije. Funkcionalna jedinica se često izražava po količini proizvoda i treba da bude povezana sa funkcijom usluge proizvoda, po ekvivalentu/meri upotrebe.

2. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA ZGRADA

Analiza životnog ciklusa se primenjuje u sektoru zgradarstva, gde je presudan deo procene ekološke održivosti zgrada. Pristup analize životnog ciklusa pomera fokus iz faktora koji su vezani za završenu zgradu u proces izgradnje zgrade. Metoda LCA je uključena u evropske standarde održive gradnje, uredbu o građevinskim proizvodima i u sertifikovane šeme za održivu gradnju. Za stručnjake koji rade na proceni ekološkog uticaja održivih zgrada, ova analiza pruža osnovna znanja o parametrima koji doprinose korišćenju resursa i potencijalnim uticajima na životnu sredinu tokom životnog veka zgrade. Uključivanjem metode LCA u početnu fazu izgradnje zgrade, omogućava se bolji izbor sirovina i materijala za konstrukciju zgrade, kao i smanjivanje štetnih uticaja zgrade tokom njenog životnog ciklusa.

Analiza životnog ciklusa je uglavnom razvijena za dizajniranje proizvoda sa malim uticajem na životnu sredinu ali zgrade su posebni proizvodi jer su lokalno građene i jedinstvene - retko ima više njih koje su iste vrste i istih karakteristika. Osim toga, dve zgrade izgrađene na isti način mogu se eksploatisati potpuno drugačije tokom svog životnog ciklusa. Za analizu životnog ciklusa zgrada bitno je definisanje funkcionalne jedinice (FU). Funkcionalna jedinica građevinskog materijala i kombinacije komponenata se fokusira samo na finalni proizvod, dok je kod celokupne izgradnje to korisna površina jednog m² zgrade. Većina LCA podataka o životnom ciklusu zgrada je preuzeta iz crteža arhitekata i inženjerskih specifikacija, dok je LCA građevinskog materijala i kombinacije komponenata bazirana na industrijskim podacima i procesima.

Neki specifični problemi LCA studije vezani za zgrade su sledeći: svaka zgrada je jedinstveni proizvod, dug životni vek zgrade u odnosu na potrošnu robu, uticaj faze upotrebe tj. eksploatacije zgrade, različita funkcija i sastav građevina i njihovih komponenti, uticaj okoline i alokacija za reciklažu [8].

3. FAZE ŽIVOTNOG CIKLUSA ZGRADA

Kada se sprovodi Analiza životnog ciklusa zgrade, mora da budu uključene sve faze – od faze iskopavanja i snabdevanje sirovinama i proizvodnje građevinskog materijala, faze izgradnje, faze korišćenja, do rušenja i reciklaže i odlaganja materijala. Zbog toga je metod analize životnog ciklusa zgrade podeljen u pet faza: faza proizvodnje, faza izgradnje, faza korišćenja, završna faza i faza reciklaže (Slika 2). U fazi proizvodnje možemo izdvojiti dve podfaze, a to su eksploatacija resursa i proizvodnja sirovina. Najčešće, za prve dve faze iako u praksi postoji dovoljno podataka, kalkulacije mogu biti problematične. Sledeće tri faze su zasnovane na scenariju, odnosno mora se predvideti kako će se zgrada koristiti, održavati i na kraju srušiti. Prema Evropskom standardu EN 15978:2011, završna faza, koja se odnosi na reciklažu građevinskog otpada, mora biti prijavljena kao poseban deo kalkulacije [9].

3.1 Faza proizvodnje

Faza proizvodnje se odnosi na procese koji uključuju proizvodnju sirovina za građevinski materijal od koga se zgrada gradi, snabdevanje sirovinama, transport na određenu lokaciju, kao i konačnu proizvodnju građevinskih proizvoda. Životni ciklus većine građevinskih proizvoda počinje sa iskopavanjem resursa kao što su rude gvožđa, drvo, itd. U ovoj fazi se prati korišćenje energije, zagađenje vode, vazduha i zemljišta po jedinici resursa. Pored rudarstva i eksploatacije ruda, ova podfaza obuhvata i transport sirovih resursa do fabrike gde se oni dalje obrađuju. Upravo ona definiše razliku između eksploatacije resursa i proizvodnje. Jedna od velikih poteškoća u proceni uticaja eksploatacije na životnu sredinu je što se mnogi efekti koji brinu ljude, kao što su biodiverzitet, kvalitet vode, stabilnost zemljišta, itd, teško mere i zavise od same lokacije. Zbog toga su često izostavljeni iz studija ili su samo napomenuti.

Proizvodnja je faza koja najčešće obuhvata najveći procenat potrošnje energije i emisije. Ova faza započinje sa isporukom sirovih resursa i drugih materijala na kapiji i završava se isporukom građevinskih materijala maloprodajnom preduzeću [10].



Slika 2. Faze životnog ciklusa zgrade

3.2 Faza izgradnje

Faza izgradnje predstavlja dodatni korak proizvodnje gde se pojedinačni proizvodi i komponente sastavljaju u jednu celinu - zgradu. Ova faza počinje sa transportom pojedinačnih proizvoda i podsklopova od distributivnih centara do gradilišta. Prosečna ili tipična transportna udaljenost od fabrike do gradilišta se koristi u metodi Analize životnog ciklusa.

Ova faza može biti veoma važna u pogledu korišćenja energije i drugih efekata na životnu sredinu, jer može da rezultira stvaranjem velike količine otpada. Dodatak transportu proizvoda i potrošnji energije koju troše mašine na gradilištu, kao što su dizalice i mešalice, je i transport opreme od i do gradilišta, betonske forme i povremeno zagrevanje i ventilacija [10].

3.3 Faza eksploatacije (korišćenja)

Tokom faze korišćenja – eksploatacije zgrade, potrebno

je uzeti više faktora u obzir. To su faktori poput grejanja, hlađenja, rasvete i korišćenje vode, kao i uvođenje novih proizvoda kao što su boje, podne obloge i druge unutrašnje obrade. Takođe se mora uzeti u obzir i činjenica da se zgrada može preuređivati ili renovirati nekoliko puta tokom svog životnog veka (oblik ponovne upotrebe), sa promenama unutrašnjeg sadržaja i eventualnim dodavanjem novih proizvoda i sistema. Tokom održavanja, neki delovi zgrade mogu biti izmenjeni (kao npr. krečenjem), dok se određeni delovi ne vide sve dok zgrada ne bude srušena [10].

3.4 Faza rušenja i reciklaže

Rušenje označava kraj životnog ciklusa zgrade, ali to ne znači kraj i za pojedinačne komponente materijala i proizvoda koje se zatim součavaju sa sledećom fazom, fazom reciklaže. U ovoj fazi energija koja je korišćena za rušenje različitih strukturnih sistema, razmatra se u različitim klimatskim uslovima pod pretpostavkom 100% reciklaže i 100% ponovne upotrebe komponenata. Ovo je završna faza u životnom ciklusu pojedinačnih komponenti i proizvoda koji obuhvataju zgradu. To je veoma teško područje za analizu životnog ciklusa zgrade, jer je veoma nepredvidivo [10].

4. STUDIJE ANALIZE ŽIVOTNOG CIKLUSA ZGRADA

Zgrade se mogu podeliti prema njihovoj upotrebi na stambene i nestambene zgrade. Stambene zgrade se dalje mogu podeliti na jedno-porodične zgrade i višeporodične zgrade (kuće). Nestambene zgrade su namenjene za kolektivno korišćenje. To su javni objekti, različite vrste stanica za javni prevoz, turistički objekti, sporske hale, kancelarije, industrijski objekti (hale), poljoprivredni objekti, prodavnice, tržni centri, objekti za komercijalne usluge, itd.

4.1 Analiza životnog ciklusa stambenih zgrada

Adalberth i saradnici [11] sprovodili su LCA na 4 višeporodične zgrade izgrađene 1996. godine u Švedskoj. Za funkcionalnu jednicu uzeta je korisna površina poda (m²), dok je životni vek zgrade procenjen na 50 godina. Glavni cilj je bio proučavanje različitih faza životnog ciklusa ove 4 zgrade, utvrđivanje koja faza ima najveći uticaj na životnu sredinu i da li bi došlo do nekih promena koje bi uticale na životnu sredinu prilikom odabira drugačije vrste gradnje. Uticaj na životnu sredinu je određen pomoću LCA alata koji je razvijen na Danskom građevinskom istraživačkom institutu. Razmatrane su sve faze životnog ciklusa zgrade. Procenjena vrednost potrošnje energije tokom 50 godina je 6400 kWh/m². Faze izgradnje imala je udeo 70 – 90 % u ukupnom uticaju na životnu sredinu, tako da je veoma bitno odabrati konstrukcije i instalacije koje imaju što manji ekološki uticaj.

Arpke i Hutzler [12] su koristili metodu analize životnog ciklusa za proučavanje korišćenja vode u porodičnim zgradama u SAD-u (Boulder-Colombia, Houghton-Michigan, Ames-Iowa i Newark-New Jersey). Proučavali su 25-to godišnji životni ciklus za vodovodne instalacije i urađaje za vodosnabdevanje ua 4 različita objekta – stan, studentski

dom, motel i poslovna zgrada, a rezultati su pokazali da treba koristiti efikasnije uređaje od konvencionalnih, kao i prirodni gas umesto električne energije za zagrevanje vode, čime bi se uštedelo oko 80 000 \$.

Norman i saradnici [13] su upoređivali naseljene i manje naseljene zgrade u Torontu, njihovu potrošnju energije i emisiju štetnih gasova. U ovom slučaju, izbor funkcionalne jedinice je relevantan za potpuno razumevanje urbane gustine naseljenosti. Zato su odabrane dve funkcionalne jedinice, površina stambenog prostora (m²) i broj stanovnika u domaćinstvu. Studija je pokazala da je energija i emisija štetnih gasova koja proizilaze iz proizvodnje materijala za zgrade manje gustine naseljenosti veća čak i do 1,5% u odnosu na zgrade veće gustine naseljenosti na osnovu broja stanovnika u domaćinstvu. Kada se za funkcionalnu jedinicu uzme površina stambenog prostora, tada zgrade veće gustine naseljenosti imaju 1,25% veću potrošnju energije i emisiju štetnih gasova. Analiza je takođe pokazala da su građevinski materijali koji doprinose potrošnji energije i emisiji za obe gustine naseljenosti opeka, prozori, suvi zid i strukturni beton koji se koriste u zgradama. Kombinacija ova 4 materijala imala je 60 – 70% uticaja na ukupnu potrošnju energije i emisiju štetnih gasova za oba tipa zgrada.

Guggemos i Horvath [14] su upoređivali zgrade izgrađene od čelika i betona uz pomoć LCA. Posmatrane su dve petospratne zgrade ukupne površine 4400 m² u Midwestern-u (SAD) sa životnim vekom od 50 godina. Rezultati su pokazali da betonski strukturni okvir zgrade utiče na veću potrošnju energije i emisiju štetnih gasova, zbog dužeg vremenskog perioda gradnje.

Blengini [15] je primenio LCA na zgradu u Torinu (Italija) koja je 2004. godine srušena. Usvojena funkcionalna jedinica bila je 1 m² neto površine u periodu od jedne godine. U ovoj studiji proučavana je završna faza i potencijal materijala za reciklažu. Analiza uticaja životnog ciklusa u početku je bila fokusirana na kategorizaciju, a razmatrano je 6 različitih indikatora. Korišćeni su SimaPro 6.0 i Boustead Model 5 a rezultati su pokazali da reciklirani građevinski materijal nije samo ekonomski isplativ i profitabilan, već i održiv sa energetske i ekološke tačke gledišta.

Iz ovih primera se može zaključiti da operativna faza ima 80 – 85% uticaja na životnu sredinu. Zbog toga treba da se budući napori usmere na njeno smanjivanje, čak i po cenu povećanja uticaja neke druge faze koja sada i nema značajniji uticaj [16].

4.2 Analiza životnog ciklusa nestambenih zgrada

Junnila i Horvath [17] su proučavali ekološke aspekte novog, modernog poslovnog objekta u južnoj Finskoj, sa životnim vekom od 50 godina. Funkcionalna jedinica je bila 1 kWh/m²/god. Analiza životnog ciklusa koja je sprovedena imala je tri faze (analizu inventara za kvantifikaciju emisije i otpada, procenu potencijalnih uticaja emisije i otpada na životnu sredinu i interpretaciju najznačajnije definisanih aspekata), kroz 5 faza životnog ciklusa zgrade. Rezultati su pokazali da su najveći uticaji povezani sa korišćenjem električne energije i proizvodnjom građevinskog materijala. Električna energija koja je korišćena za osvetljenje, KGH

sistemi, toplotna provodljivost kroz različite strukture, proizvodnja čelika, betona, boja i kancelarijski otpad, su definisani kao najznačajniji aspekti. Emisija štetnih gasova je procenjena na 48000 t CO₂eq/m² za 50 godina.

Richman i saradnici [18] su sprovedeli LCA za hladnjače u Severnoj Americi. Kao funkcionalnu jedinicu koristili su RSI vrednost (vrednost izolacije). Studija je sprovedena u Američkim gradovima Tamp (Florida) i Milwaukee (Wisconsin). Ova studija je procenjivala potrebu za izolacijom krova u modernim hladnjačama. Razmatrana je i sa ekološkog i sa ekonomskog aspekta. Rezultati su pokazali potrebu za povećanjem debljine izolacije u zavisnosti od klimatskih uslova - u hladnijim predelima je preporučena izolacija RSI=8.45-9.86, dok je u toplijim RSI=9.86-11.27.

Scheuer i saradnici [19] su izvršili LCA analizu na šestospratnoj zgradi površine 7300 m², čiji je životni vek procenjen na 75 godina. Zgrada se nalazi u kampusu Michigan univerziteta u Mičigenu, SAD. Potrošnja energije, potencijal globalnog zagrevanja, potencijal nitrifikacije, potencijal acidifikacije i generisanje čvrstog otpada su bile kategorije uticaja koje su se razmatrale. Obavljeno je kompjutersko modeliranje kako bi se utvrdila potrošnja primarne energije za grejanje, hlađenje, ventilaciju i rasvetu, kao i potrošnja vode. Izračunata potrošnja energije tokom životnog ciklusa zgrade iznosila je 316 GJ/m². KGH sistem i električna energija čine 94,4% potrošnje energije u životnom ciklusu. Rezultati su pokazali da optimizacija faze korišćenja treba da bude primarna, jer ona obuhvata 83% ukupnih uticaja na životnu sredinu.

Kofoworola i Gheewala [20] su sprovedeli analizu životnog ciklusa za poslovnu zgradu u Bangkoku, Tajland od 38 spratova, životnog veka od 50 godina. Funkcionalna jedinica je bila bruto površina zgrade - 60 000 m². Tri glavne kategorije uticaja su istraživane – potencijal globalnog zagrevanja, potencijal acidifikacije i potencijal foto-oksidanata. Rezultati su pokazali da su uticaji dominantni u fazi korišćenja zgrade, i oni iznose: potencijal globalnog zagrevanja 52 %, potencijal acidifikacije 66 % i potencijal foto-oksidanata 71 %.

Arena i Rosa [21] razmatrali su zgradu škole i sprovele LCA da uporede različite vrste gradnje primenjene na seoskim školama, kako bi se dobio toplotni komfor uz minimalnu potrošnju fosilnih goriva. Škola se nalazi u Lavallo, malom gradu u severnoj Argentini a njen životni vek je procenjen na 50 godina. Korišćena je pojednostavljena tehnologija i uzete su u obzir samo dve faze - građevinska i operativna faza. Izračunata je godišnja potrošnja energije, i prikazano da ušteda tokom faze korišćenja iznosi 5307,5 MJ/god, i globalna ušteda energije 265 374.5 MJ. U ovoj studiji je prikazano da su ekološki aspekti poboljšani primenom konzervativnih tehnologija.

5. ZAKLJUČAK

Svrha primene analize životnog ciklusa zgrade je da se dobiju rezultati uticaja zgrade na životnu sredinu tokom njenog životnog veka. Korišćenjem ove analize moguće je pratiti sve faze životnog ciklusa zgrade i tako preduzeti odgovarajuće korake u fazi projektovanja zgrade, kako bi uticaji bili što manji. Za sprovođenje LCA bitno je definisanje

uticaja koji treba da se procene. Upoređuju se najvažnije faze LCA, životni vek, razmatrana funkcionalna jedinica, lokacija i tipologija zgrade.. Sledi analiza uticaja životnog ciklusa i na kraju tumačenje rezultata.

Funkcionalna jedinica nije navedena u svim studijama; obično oni koji razmatraju LCA zgrade je i ne identifikuju uvek. Važno je napomenuti da nema dogovora o funkcionalnoj jedinici koja će se razmatrati, što predstavlja razlog više za teže poređenje studija. Iz pregleda opisanih studija o analizi životnog ciklusa različitih vrsta zgrada, vidi se da većina studija jasno identifikuje tipologiju i lokaciju realnih zgrada, kao i da se one za sada sprovode samo u razvijenim zemljama Evrope i Severne Amerike.

Procena uticaja zgrade na životnu okolinu je veoma kompleksan zadatak jer je potrebno uzeti u obzir mnogo podataka i pretpostaviti mnogo situacija. Zbog toga su vrlo česte studije koje su skoncentrisane samo na određene uticaje na životnu sredinu.

Primenom LCA može se sprečiti nepotrebna eksploatacija resursa, preterano korišćenje energije, emisija štetnih gasova, odnosno problemi sa kojima se danas suočavamo, kao što su efekat staklene bašte, globalno zagrevanje, oštećenje ozonskog omotača, kisele kiše, itd.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat istraživanja projekta TR 33015, koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci tokom ovog istraživanja.

LITERATURA

- [1] Z. Živković, Predlog mera za finansiranje energetske efikasnosti u zgradarstvu u Srbiji, Građevinska knjiga, Novi Sad, 2011
- [2] R. Cvejić, J. Cvejić, Energetska efikasnost – unapređenje energetske razreda stambenog objekta, Energija – ekonomija – ekologija, Godina 2015, Broj 1-2, str. 177-183, ISSN br. 0354-8651
- [3] A. Zervos, C. Kjaer: Pure Power–Wind Energy Scenarios up to 2030, EWEA (European Wind Energy Association), 2008
- [4] <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- [5] V. Đukić, B. Đukić, S. Stević, Energetska efikasnost u funkciji zaštite životne sredine, Energija – ekonomija – ekologija, Godina 2015, Broj 3-4, str. 27-32, ISSN br. 0354-8651
- [6] Sayigh AAW, Renewable energy: global progress and examples, Renewable Energy 2001, WREN 2001; p 15–17
- [7] K. Đonović, D. Nikolić, V. Šušteršič, Life cycle analysis of silicon photovoltaic panels, Energija – ekonomija – ekologija, Godina 2017, Broj 1-2, str. 300-305, ISSN br. 0354-8651
- [8] S. Reiter, Life Cycle Assessment of Buildings – a review, Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Bruxelles, Belgique, 2010
- [9] H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, Introduction to LCA of Buildings, Danska, 2016
- [10] A.F. Ragheb, Towards environmental profiling for office buildings using life cycle assessment (LCA) – Doctoral thesis, University of Michigan, Michigan, 2011
- [11] Adalberth K., Almgren A., Petersen E.H., Life cycle assessment of four multi-family buildings, International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, 2001, Vol 2; p. 1–21
- [12] Arpke A., Hutzler N., Operational life-cycle assessment and life-cycle cost analysis for water use in multi occupant buildings, Journal of Architectural Engineering, 2005; Vol 3, p. 99–109
- [13] Norman J., Mac Lean H.L., Kennedy C.A., Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and green house gas emissions, Journal of Urban Planning and Development, 2006, Vol 1, p: 10–21
- [14] Guggemos A.A., Horvath A., Comparison of environmental effects of steel-and concrete-framed buildings, Journal of Infrastructure Systems, 2005, Vol 2, p: 93–101
- [15] Blengini G.A., Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy, Building and Environment, 2009; Vol 2, p: 319–330
- [16] Cabeza L. F., Rincón L., Vilariño V., Pérez G., Castell A., Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2014, Vol 29, p: 394–416
- [17] Junnila S., Horvath A., Life-cycle environmental effects of an office building, Journal of Infrastructure Systems, 2003, Vol 4, p: 157–166
- [18] Richman R., Pasqualini P., Kirsh A., Life-cycle analysis of roofing insulation levels for cold storage buildings, Journal of Architectural Engineering, 2009; Vol 15, p: 55–61
- [19] Scheuer C., Keoleian G.A., Reppe P. Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications, Energy and Buildings, 2003, Vol 10, p: 1049–1064
- [20] Kofoworola O.F., Gheewala S.H., Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand, Energy and Buildings, 2009, Vol 10, p: 1076–1083
- [21] Arena A.P., de Rosa C., Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza — Argentina, Building and Environment, 2003; Vol 2, p: 359–368