

NASTAVNO NAUČNOM VEĆU MAŠINSKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U NIŠU

PREDMET: Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno naučnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu br. 612-786-8/2013 od 25.11.2013. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Biljane Vučićević dipl. maš. inž. pod nazivom:

“ANALIZA I OCENA ODRŽIVOG RAZVOJA ENERGETSKOG SISTEMA U ZGRADARSTVU”

Nakon pregleda doktorske disertacije, saglasno Zakonu o visokom obrazovanju i Statutu Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu, članovi Komisije podnose sledeći

IZVEŠTAJ

1. OSNOVNI BIOGRAFSKI PODACI

1.1. Lični podaci

Ime i prezime: Biljana Vučićević

Datum i mesto rođenja: 23.10.1969. u Beogradu

1.2. Podaci o dosadašnjem obrazovanju

Osnovnu školu završila je u Lazarevcu, a zatim Matematičku gimnaziju "Veljko Vlahović" u Beogradu 1988. god. (smer: matematičko-tehnički saradnik). Iste godine je upisala osnovne studije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (smer Termotehnika), a diplomirala 1994.godine na Katedri za primenjenu termomehaniku sa temom *"Mogućnosti primene solarne energije za pripremu potrošne vode"* sa prosečnom ocenom u toku studija 8,79 i ocenom 10 na odbrani diplomskog rada. Poslediplomske studije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, smer Primenjena termomehanika, upisala je u oktobru 1994.god., a 2004.god. odbranila magistarski rad na temu *"Prilog rešavanju problema određivanja ukupne polusferne emisivnosti naslaga stvorenih pri sagorevanju domaćih lignita"*.

1.3. Profesionalna karijera

Kao stipendista Ministarstva za nauku i tehnologiju bila je angažovana na projektima Ministarstva pri Laboratoriji za termotehniku i energetiku Instituta za nuklearne nauke "Vinča" u periodu od marta 1995.god. do maja 1996.god., kada je primljena u radni odnos u Institutu "Vinča" gde i danas radi. U periodu od oktobra 1999.god. do aprila 2001.god. boravila je na Kjoto Univerzitetu u Japanu na Katedri za inženjersku fiziku i mehaniku kod profesora Tošira Makina kao stipendista japanske Vlade gde se bavila eksperimentalnim radom vezanim za određivanje totalne i spektralne emisivnosti naslaga nastalih u kotlu usled sagorevanja lignita.

Od prijema u radni odnos u Institutu za nuklearne nauke "Vinča", radila je u svojstvu istraživača i bila angažovana na raznim projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj i jednom međunarodnom projektu. Poslednjih godina se bavi energetsom efikasnošću stambenih zgrada i održivim razvojem u zgradarstvu. Projekat na kojme je ostvarila učešće a koji je neposredno povezan sa temom doktorske disertacije je:

"Razvoj i primena komplementarnih metoda za procenu energetske efikasnosti i indikatora kvaliteta unutrašnjeg prostora stambenih objekata na području Beograda"- Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj, evidencioni broj 18004 u periodu 2008.-2011.g.

Autor je i koautor većeg broja naučnih radova iz oblasti prenosa toplote zračenjem (eksperimentalna istraživanja), energetske efikasnosti, održivog razvoja i zaštite životne sredine objavljenih u časopisima ili predstavljenih na naučnim skupovima u zemlji i inostranstvu. Radovi kandidata koji su neposredno povezani sa temom doktorske disertacije objavljeni u naučnom časopisu sa SCI liste iz kategorije M21 su:

1. Biljana Vucicevic, Mladen Stojiljkovic, Naim Afgan, Valentina Turanjanin, Marina Jovanovic, Vukman Bakic: **"Sustainability assessment of residential buildings by non-linear normalization procedure"**, *Energy and Buildings*, Vol.58 (2013), p.p. 348-354.
2. Biljana Vučićević, Marina Jovanović, Naim Afgan, Valentina Turanjanin: **"Assessing the Sustainability of the Energy Use of Residential Buildings in Belgrade through Multicriteria Analysis"**, *Energy and Buildings*, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.enbuild.2013.10.022>

Sledeći radovi kandidata koji su u vezi sa doktorskom disertacijom su izloženi na međunarodnim konferencijama i pripadaju kategoriji M33:

3. B. Vučićević, M. Jovanović, V. Turanjanin, . Bakić: **"Sustainability assessment of residential building energy system in Belgrade"**, *10th International conference for enhanced building operations (ICEBO1020)*, October 26-28, 2010, Kuwait, Kuwait
4. M. Jovanović, B. Vučićević V. Turanjanin, V. Spasojević: **"Determination of energy indicators in the household sector with aim to sustainable development of urban areas"**, *International conference Power Plants 2010*, Proceedings on CD, 26.-29. October 2010, Vrnjačka Banja, Serbia
5. O. Ećim-Đurić, M. Kavgić, V. Turanjanin, B. Vučićević, Ž. Stevanović, M. Jovanović: **"Energy consumption in Belgrade households sector, Part 1: Modeling and simulation of buildings and houses from representative sample"**, *International conference Power Plants 2010*, Proceedings on CD, 26.-29. October 2010, Vrnjačka Banja, Serbia

6. V. Turanjanin, M. Kavgić, O. Ećim-Đurić, B. Vučićević, M. Jovanović, V. Spasojević: **“Energy consumption in Belgrade households sector, Part 2: Possibility of energy efficiency increasing”**, *International conference Power Plants 2010*, Proceedings on CD, 26.-29. October 2010, Vrnjačka Banja, Serbia
7. V. Spasojević, M. Kavgić V. Turanjanin, D. Đurović, B. Vučićević, M. Jovanović: **“Estimate of residential energy consumption in Belgrade”**, *International conference Power Plants 2010*, Proceedings on CD, 26.-29. October 2010, Vrnjačka Banja, Serbia
8. V. Turanjanin, O. Ećim-Đurić, B. Vučićević, M. Kavgić, M. Jovanović: **“Numerical simulation of energy consumption optimization in residential buildings in Belgrade”**, *The 24th International Conference in Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS2011)*, Proceedings on CD, 4.-7. July 2011, Novi Sad, Serbia
9. B. Vučićević, N. Afgan, V. Turanjanin M. Jovanović, V. Bakić: **“Non-linear method for Sustainability Assessment of Residential Building”**, *6th Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water and environment systems*, 25.-29. September 2011, Dubrovnik, Croatia
10. M. Jovanović, N. Afgan, V. Turanjanin, B. Vučićević, V. Bakić: **“Evaluation of sustainability indicators for residential building”**, *6th Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water and environment systems*, 25.-29. September 2011, Dubrovnik, Croatia
11. B. Vučićević, M. Stojiljković, N. Afgan, V. Turanjanin, M. Jovanović: **“Residential buildings’ sustainability by non-linear normalization”**, *15th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia*, 18.-21. October 2011, Sokobanja, Serbia

2. ANALIZA DOKTORSKE DISERTACIJE

2.1. Struktura i sadržaj doktorske disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Biljane Vučićević, dipl. maš. inž., pod naslovom **“Analiza i ocena održivog razvoja energetskeg sistema u zgradarstvu”** je formata A4 i predstavljena je na ukupno 182 numerisane strane. Osnovni tekst doktorata je izložen na 130 strana u okviru 10 različitih poglavlja. Zatim sledi poglavlje sa literaturom koji sadrži spisak od 139 upotrebljenih referenci na ukupno 11 strana i četiri priloga na ukupno 41-oj strani. Osnovni tekst teze sadrži 61 jednačinu, 35 numerisanih slika i dijagrama, 38 numerisanih tabela i 42 fusnote.

Aktuelnost istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji sadržana je u obradi savremene i nove oblasti održivog razvoja energetskeg sistema, tj u primeni koncepta održivog razvoja na stambeni građevinski fond Beograda. S obzirom na kompleksnost predmeta istraživanja i postavljenih ciljeva, struktura disertacije je izložena kroz sledeće celine:

1. Uvod
2. Urbana sredina i potrošnja energije
3. Održivi razvoj
4. Održivi razvoj energetske sistema
5. Indikatori kao kriterijumi u proceni održivosti
6. Procena održivosti kompleksnih sistema na osnovu višekriterijalne analize
7. Višekriterijalni metod u procesu donošenja odluka
8. Primena višekriterijalne analize za ocenu održivog razvoja zgradarstva u Beogradu
9. Određivanje prioriteta razmatranih opcija sa stanovišta održivog razvoja energetske sistema
10. Zaključci

2.2. Kratak prikaz poglavlja

U uvodnom delu je predstavljena struktura potrošnje energije u Sektoru zgradarstva sa osvrtom na veoma veliko učešće stambenog sektora u finalnoj potrošnji. Takođe, u ovom delu je opisan stambeni fond Beograda kroz periode njegovog nastajanja sa akcentom na kvalitet izgrađenih objekata za stanovanje u vreme kada je tradicionalni jednokriterijumski pristup u donošenju odluka u vezi sa razvojem grada u osnovi bio ekonomske prirode i kao cilj je postavljao odabir najjeftinije opcije. Obrazložena je metodologija za ocenu održivosti energetske sistema u sektoru zgradarstva (objekata stambenog fonda grada Beograda) sa ekonomskog aspekta, aspekta životne sredine i sociološkog aspekta na osnovu različitih kriterijuma.

U drugom poglavlju je prikazan istorijski tok procesa urbanizacije koji se prati na osnovu udela broja stanovnika koji žive u gradovima u ukupnom broju stanovnika kao i nove izazove koje je dvadeseti vek nametnuo u vezi sa očuvanjem životne sredine, uštedom energije i održivim razvojem u zgradarstvu. Ovde je dat osvrt na višekomponentnost energetske pečata jedne izgrađene sredine. Prikazana je potrošnja finalne energije u Srbiji u sektoru zgradarstva i značaj unapređenja energetske efikasnosti u zgradarstvu. Predstavljena je struktura potrošnje toplotne energije u domaćinstvima prema vrsti goriva, zatim struktura potrošnje električne energije u domaćinstvima u Srbiji kao i potrošnja različitih energenata po sektorima potrošnje za grad Beograd. Istaknut je značaj efikasnog korišćenja energije u sektoru zgradarstva.

Koncept održivog razvoja kao uspostavljeni balans između zadovoljenja osnovnih životnih potreba i dostizanja određenog životnog standarda i raspoloživih prirodnih resursa uz očuvanje životne sredine predstavljen je u trećem poglavlju. Takođe, u ovom poglavlju je dat osvrt na istorijat održivog razvoja kao i ekonomski aspekt, aspekt životne sredine i sociološki aspekt koji čine stubove održivosti.

U četvrtom poglavlju je dat kratak pregled metoda i alatki koje su dostupne za procenu održivosti jedne urbane infrastrukture sa posebnim osvrtom na podelu zasnovanu na različitim

komponentama održivosti. Takođe su predstavljene neke od najpoznatijih metoda razvijenih poslednjih decenija za ocenu održivosti u sektoru zgradarstva.

U petom poglavlju je predstavljen istorijat nastanka i ciljevi koji su doveli do razvoja indikatora kao kriterijuma u proceni održivosti. U ovom delu je dat osvrt na period kada je započeo dugoročni program izrade energetske indikatora održivog razvoja od strane Međunarodne agencije za atomsku energiju sa idejom da se akcenat stavi na proizvodnju i potrošnju energije. Ovde su predstavljena osnovna pitanja koja razmatraju ekonomska dimenzija, dimenzija životne sredine i sociološka dimenzija energetske indikatora. Na kraju, kao prvi korak u vrednovanju energetske sistema označeno je određivanje granice tog sistema. Za granicu stambenog fonda kao energetske sistema uzet je termički omotač stambenog objekta koji razdvaja unutrašnju i spoljašnju sredinu preko koje se vrši razmena energije, a kao drugi korak u vrednovanju stambenog fonda kao energetske sistema, određivanje kriterijuma za njegovu ocenu.

Prvi deo šestog poglavlja je posvećen principima koje je potrebno poštovati pri odabiru racionalnog broja kriterijuma a da se ne ugrozi proces ocenjivanja održivosti. Predstavljene su osnovne metode za selekciju koje omogućavaju odabir bitnog kriterijuma (Delfi metod, Metod najmanjih kvadrata, Minmax metod devijacije i Metod korelacionog koeficijenta), razdvajajući pri tome glavno od sporednog. U drugom delu ovog poglavlja su predstavljene višekriterijumske metode za ocenu održivosti energetske sistema (osnovne metode, metode sa posebnim sinteznim kriterijumom, metode potiskivanja) čija upotreba obezbeđuje eliminaciju teškoća u procesu odlučivanja i daju mogućnost sveobuhvatne procene jednog energetske sistema sa gledišta održivosti.

Sedmo poglavlje je posvećeno multikriterijumskoj metodi koja je korišćena u ovom radu. U prvom delu poglavlja je predstavljena "Fuzzy logic" metoda koja je upotrebljena u procesu normalizacije svih numeričkih vrednosti podindikatora (koji imaju različite fizičke dimenzije i različite opsege) radi dobijanja skupa bezdimenzionih elemenata čije vrednosti se kreću između 0 i 1 bez gubitaka pri njihovom uopštavanju. Date su matematička formulacija i grafički prikaz linearne i nelinearne normalizacije. Predstavljen je niz sinteznih funkcija koje se često koriste u postupcima aglomeracije zajedno sa težinskim koeficijentima koji se uvode radi određivanja pojedinačnog doprinosa svakog podindikatora odgovarajućem indikatoru. Detaljno je prikazana ASPID (Analiza i sinteza parametara usled nedostatka informacija) metodologija kao matematički postupak koji se zasniva na "sinteznoj tehnici fazi skupova" i predstavlja podršku u procesu odlučivanja, a njena suština leži u mogućnosti da radi sa nenumeričkim (nebrojivim), neegzaktim (intervalnim) i nepotpunim informacijama. Na kraju ovog poglavlja dat je matematički postupak za određivanje indeksa održivosti kao mere kvaliteta jednog kompleksnog energetske sistema.

Na početku osmog poglavlja je predstavljen građevinski fond Beograda sa osnovnim karakteristikama građevinskih objekata nastalih u različitim vremenskim periodima. Prikazan je način određivanja reprezentativnog uzorka stambenog fonda upotrebom Kohranove formule kao i kvalitativne karakterizacije tog uzorka uz pomoć tehnike stratifikacije: prema periodu izgradnje, načinu grejanja i spratnosti. Na osnovu kvalitativne karakterizacije, formirano je 9 različitih podgrupa, tj. opcija koje su uzete u razmatranje.

Izbor indikatora i podindikatora iz skupa energetske indikatora održivog razvoja je, takođe, urađen u ovom poglavlju. Osnovni cilj je bio kvantifikacija indikatora s obzirom na njihovo korišćenje za potrebe procene kompleksnog sistema. Pažnja je bila usmerena na izračunavanje

sledećih grupa indikatora: ekonomskih indikatora, indikatora životne sredine i socioloških indikatora. Svaku od ovih grupa činio je niz podindikatora koji opisuju specifične osobine sistema. Ekonomski kriterijumi opisuju potrošnju električne i toplotne energije, potrošnju tople vode i energije za kuvanje u domaćinstvima. Kriterijumi životne sredine pokazuju kvalitet vazduha u domaćinstvima preko temperature, relativne vlažnosti i koncentracije CO₂. Sociološki kriterijumi obuhvataju raspoloživi stambeni prostor, zastupljenost klimatizacije, zastupljenost mašina za sudove i kvalitet vazduha. Brojnih vrednosti podindikatora su izračunate na osnovu podataka prikupljenih merenjima i analizom upitnika sprovedenog nad svim domaćinstvima reprezentativnog uzorka. Upotrebljena je korelaciona analiza radi međusobne provere odabranih podindikatora. Sa ciljem da se ispita uticaj procesa normalizacije na vrednosti izračunatog indeksa održivosti za neku opciju, u ovom poglavlju je normalizacija brojnih vrednosti podindikatora izvršena na dva različita načina (linearni i nelinearni postupak normalizacije). Predstavljen je matematički postupak za određivanje težinskih koeficijenta i aglomeraciju podindikatora i indikatora u indeks održivosti, kao i sopstveni fortranski program razvijen u svrhu izračunavanja indeksa održivosti i pripadajuće standardne devijacije.

Na osnovu dobijenih rezultata, zaključna razmatanja su data u poglavlju 9. Ovde su međusobni odnosi različitih kriterijuma dati u obliku nenumeričkih informacija koje su matematički predstavljene u formi jednačina i nejednačina i grupisane u šest različitih slučajeva. Prednost je data nekom od kriterijuma preko matematički izračunatih vrednosti težinskih koeficijenata. Pokazano je da ovaj vid informacije može biti koristan u proceni energetskog sistema. Na osnovu dobijenog ranga (međusobnog odnosa indeksa održivosti posmatranih opcija) zaključeno je koje opcije imaju najbolji nivo održivosti sa aspekta različitih kriterijuma. Takođe, ovo poglavlje sadrži analizu uticaja postupaka linearne i nelinearne normalizacije na vrednosti indeksa održivosti i pripadajuće standardne devijacije.

U desetom poglavlju je dat opšti zaključak sa mogućim pravcima daljih istraživanja.

Na samom kraju rada se nalaze četiri priloga: *Merenja* (prikazana su merenja koja su izvršena u objektima reprezentativnog uzorka), *Upitnik* (dat je kompletan Upitnik koji su popunjavali stanari reprezentativnog uzorka), *Izračunavanje brojnih vrednosti podindikatora opcije 2* (dat postupak izračunavanja vrednosti podindikatora za drugu opciju) i *Algoritam* (dat je algoritam izračunavanja indeksa održivosti koji je korišćen kao osnova za sopstveni fortranski program).

2.3. Ostvareni naučni doprinos

Doktorska disertacija obrađuje savremenu novu oblast u proučavanju održivog razvoja energetskog sistema u zgradarstvu. Imajući u vidu postavljeni cilj disertacije, korišćene naučne metode i dobijene rezultate, mogu se izvesti sledeći naučni doprinosi:

- Primenom multikriterijumske metode za ocenu kvaliteta energetskog sistema stambenog fonda Beograda, otvaraju se nove mogućnosti za razvoj metodologije za planiranje održivog razvoja u zgradarstvu;
- Stambeni fond Beograda je predstavljen reprezentativnim uzorkom formiranom primenom Kohranove formule i tehnikom stratifikacije;
- Definisani su i kvantifikovani energetski indikatori i podindikatora sa ekonomskog aspekta, aspekta životne sredine i sociološkog aspekta, određene su njihove agregacione vrednosti na

različitim nivoima, što predstavlja osnovu za određivanje „indeksa održivost“ energetskeg sistema stambenog fonda Beograda;

- Izvršeno je vrednovanje različitih opcija u okviru posmatranog energetskeg sistema korišćenjem ASPID multikriterijumske metode za donošenje odluka pri nedostatku informacija;
- Ova teza je dala analizu uticaja nelinearnog načina normalizacije pri vrednovanju i aglomeraciji apsolutnih vrednosti podindikatora na izračunate indekse održivosti;
- Napravljen je sopstveni fortranski program za izračunavanje indeksa održivosti i njegove standardne devijacije za promenljivi broj podindikatora, linearni i nelinearni način normalizacije, kao i različite podele intervala za određivanje težinskih koeficijenata.

3. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Pregledom doktorske disertacije „Analiza i ocena održivog razvoja energetskeg sistema u zgradarstvu“, Komisija zaključuje sledeće:

- Doktorska disertacija po svom sadržaju odgovara temi prihvaćenoj od strane Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu;
- Tema i rezultati ostvareni u doktorskoj disertaciji su od značaja za planiranje razvoja energetskeg sistema stambenog fonda;
- Kandidat je pri rešavanju postavljenih zadataka određivanja održivosti stambenog fonda Beograda na bazi višekriterijumskog odlučivanja koristio savremene metode, standardnu stručnu terminologiju. Struktura doktorske disertacije i metodologija izlaganja su u skladu sa univerzitetskim normama;
- Kandidat je pokazao multidisciplinarna znanja i sistemski pristup u realizovanim istraživanjima u veoma aktuelnoj oblasti održivog razvoja;
- Na osnovu izvršenih istraživanja i dobijenih rezultata kandidat je ovim radom dao naučni doprinos razvoju metodologije za ocenu održivog razvoja u oblasti energetskeg sistema u zgradarstvu. Višestruki doprinos je ostvaren kroz: (a) formiranje reprezentativnog uzorka stambenog fonda Beograda, (b) primenu metode višekriterijumskog odlučivanja sa analizom i sintezom parametara energetskeg sistema stambenog fonda pri nedostatku potpunih informacija, (c) višekriterijumsko odlučivanje prilagođeno potrebama primene na energetske sistem stambenog fonda Beograda, (d) izvršenu analizu uticaja nelinearnog načina normalizacije podindikatora na izračunate indekse održivosti, (e) samostalnu izradu kompjuterskog softvera koji je korišćen pri višekriterijumskom odlučivanju;
- Ostvareni naučni doprinos je verifikovan publikovanjem dva rada sa iz kategorije M21 kao i devet radova predstavljenih na međunarodnim konferencijama.

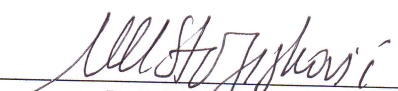
Na osnovu izloženog, Komisija sa zadovoljstvom konstatuje da podneta doktorska disertacija kandidata mr Biljane Vučićević, dipl. maš. inž. pod nazivom:

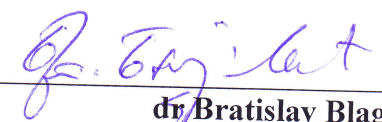
**“ANALIZA I OCENA ODRŽIVOG RAZVOJA ENERGETSKOG SISTEMA
U ZGRADARSTVU”**

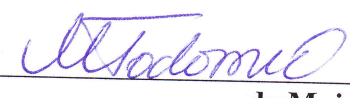
predstavlja originalan naučni rad koji daje značajan doprinos u oblasti održivog razvoja u zgradarstvu. Komisija predlaže Nastavno naučnom veću Mašinskog fakulteta u Nišu da prihvati Izveštaj i u skladu sa zakonskom procedurom zakaže javnu odbranu pred Komisijom u istom sastavu.

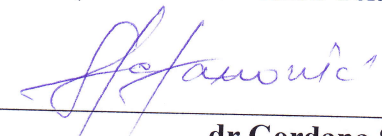
U Nišu i Beogradu
Decembar 2013.god.

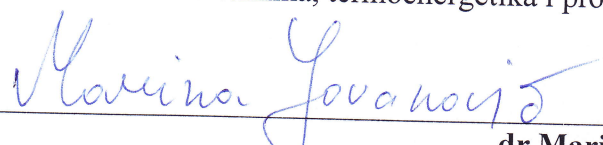
ČLANOVI KOMISIJE ZA OCENU I ODBRANU:


dr Mladen Stojiljković
Redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu
(Uža naučna oblast: Termotehnika, termoenergetika i procesna tehnika)


dr Bratislav Blagojević
Redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu
(Uža naučna oblast: Termotehnika, termoenergetika i procesna tehnika)


dr Maja Todorović
Vanredni profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu
(Uža naučna oblast: Termotehnika)


dr Gordana Stefanović
Vanredni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu
(Uža naučna oblast: Termotehnika, termoenergetika i procesna tehnika)


dr Marina Jovanović
Naučni saradnik Instituta za nuklearne nauke Vinča
(Uža naučna oblast: Termoenergetika)