

Sastavio rukovodilac:
docent dr Dubravka Mijuca
dmijuca@matf.bg.ac.yu

Matematički fakultet
Univerzitet u Beogradu
Studentski trg 16
11000 Beograd

www.matf.bg.ac.yu
Tel: (011)-630-151
Fax: (011)-630-151

Beograd, 14. avgust 2005.

MINISTARSTVO NAUKE I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE REPUBLIKE SRBIJE:

NACIONALNI PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

**NPEE 197: Matematičko modeliranje i razvoj metoda i
tehničke za dijagnostiku energetske efikasnosti postojećih i
novih objekata**

GODIŠNJI IZVEŠTAJ: 01.07.2004-30.06.2005.

Evidencioni broj:	451-03-1549/2003-01/EE813-197B
Organizacija koordinator:	Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu
Organizacije učesnice:	D.D. Istraživački institut Kirilo Savić Institut za ispitivanje materijala Srbije IMS D.D.
Korisnici:	Građevinska direkcija Srbije Hemieko, Beograd
Broj meseci istraživača/inženjera	39/0

OBAVEZE PREDVIĐENE PROGRAMSKIM ZADATKOM ZA PRETHODNU GODINU

1. KRATAK PRIKAZ PROGRAMSKOG ZADAKA U DRUGOJ GODINI ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja je matematičko modeliranje za potrebe razvoja metoda za dijagnostiku dinamičkog termičkog ponašanja objekata radi ocene integralne energetske efikasnosti postojećih i novih objekata i sistema klimatizacije, grejanja i hlađenja (KGH).

Modeli su obuhvatili ispitivanje energetske efikasnosti oglednog stambenog građevinskog objekta u Novom Beogradu, u ulici Bulevar AVNOJ-a 213, korišćenjem programskog paketa "Design Builder"

Posmatrani objekat simuliran je kao virtualna zgrada sa stanovista omotača i unutrašnjih zidova, sistema za KGH, režima stanovanja i osvetljenja, a u projektnim zimskim i letnjim uslovima i karakterističnim danima u sezoni grejanja. Posebno je dat uporedni prikaz potrošnje energije u stanovima u kojima su izvršene pojedinačne rekonstrukcije spoljašnjeg omotača ili prozora. Izložena su kvalitativna i kvantitativna razmatranja dobijenih rezultata, kao i poređenje sa dostupnim rezultatima terenskih merenja.

2. SADRŽAJ PROJEKTA U DRUGOJ GODINI ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj projekta u drugoj godini istraživanja je naučno-stručni doprinos razvoju novih tehnologija i postupaka racionalnog projektovanja i građenja novih gradskih naselja sa stambenim i poslovnim objektima povećane energetske efikasnosti.

Korišćen je akademski softver za multidisciplinarnu analizu energetske efikasnosti zgrade "Designbuilder/EnergyPlus" za precizan proračun i analizu potrošnje energije na pilot objektu u bloku 34. Izvršeno je i poređenje dobijenih rezultata sa dostupnim rezultatima terenskih merenja dobijenih u okviru projekta NPEE198, kao i glavnim projektom građevinskog preduzeća Napred.

Primenom numeričke simulacije termičkog ponašanja omotača zgrade na demonstracionom objektu izračunata je i ocenjena varijacija potrošnje energije u odnosu na izvršene modifikacije spoljašnjih omotača zgrade u jednom kontrolnom stanu i prozora u drugom, a u odnosu na treći kontrolni stan u kome nije vršena nikakva rekonstrukcija niti revitalizacija. Takođe, izvršena je numerička simulacija rada sistema za grejanje, kao metoda za verifikaciju rada sistema ugrađenih delitelja toplote.

Za arhitektonska rešenja dvojnih fasada koje će se uraditi na projektu 196, numeričkom simulacijom termičkog ponašanja za razne varijante konstrukcije fasade izvršiće se ocena energetske efikasnosti i izabrati najpovoljnije rešenje.

3. OSNOVNE AKTIVNOSTI PROJEKTA

Za projekat 198 urađena je numerička simulacija 3-D modela tipskog sprata sa akcentom na globalne gubitke toplote. Numerički model je tariran na osnovu dostupnih rezultata merenja sa projekta 198, u po jednoj karakterističnoj tački na obe fasade i unutar stana. Upoređivana su rešenja poboljšanja termičkih svojstava omotača: 1) uticaj zamene prozora; 2) uticaj postavljanja traka na prozorima i konzervacije fasade silikonskim premazima. Urađena je numerička simulacija sistema za grejanje – prenos toplote od kotlarnice do radijatora u stanu

Za projekat 196 urađena je numerička analiza sanacione mere "oblačenje" fasade silikonskim premazom. Planira se da se dobijena numerička rešenja temperaturnog stanja površine fasade uporede u trećoj istraživačkoj godini sa rezultatima osmatranja objekta termovizijskom kamerom, radi verifikacije metoda osmatranja.

U saradnji sa participantom Građevinskom direkcijom Srbije, napravljen je prototip merne opreme za merenje temperaturnih polja - terenski merni instrument.

U saradnji sa participantom firmom "Hemieko" iz Beograda napravljen je poboljšani tehnološki postupak sanacije i konzervacije fasada silikonskim pemazima.

4. CILJ PROJEKTA

Cilj istraživanja je da se numeričkom simulacijom termičkog ponašanja zgrade, kao i poređenjem sa dostupnim eksperimentalnim rezultatima na demonstracionom objektu, utvrde i realno ocene uticajni parametri sa stanovišta potrošnje energije.

Racionalna izgradnja novih gradski naselja, ali i rekonstrukcija postojećeg stambenog fonda, treba da bude zasnovana na kontrolisanoj potrošnji energije. Tokom izrade ovog projekta biće definisani optimalna konstruktivna rešenja fasadnog omotača sa aspekta uštede energije i zaštite životne sredine. Takođe će proizaći definicija sistema kvaliteta na bazi ustanovljenja realnih parametara funkcionalnosti objekta koji se mogu valorizovati i kontrolisati.

Pored toga, cilj je i da se obezbede podloge za noveliranje propisa koji se tiču građevinske fizike u oblasti projektovanja, izvođenja i posebno kontrole krajnjih korisnički relevantnih svojstava. Takođe će biti data definicija i usavršavanje validnih ponovljivih i uporedivih parametara i postupaka koji bi se sprovodili pri tehničkom prijemu zgrada kao osnova za ovlašćivanje i licenciranje kontrolnih organizacija.

5. REZULTATI PREDVIĐENI PROGRAMSKIM ZADATKOM

Faza	Aktivnost	Naziv	Rezultati	Resursi
1	1	Studija matematičko-fizičkog modela termičke otpornosti objekta	R54-2	MF, IMS, IKS
2	1	Projektovanje i izrada prototipa mernog sistema	R33-1	MF, IMS
3	1	Nova simulaciona metoda za proračun 3D termičke otpornosti zgrade	R53-2	MF
3	2	Studija implemenatacije projektnih parametara na osnovu simulacionih ispitivanja	T102-1	MF, IMS
3	3	Studija evaluacije projektnih parametara na osnovu simulacionih ispitivanja	T102-1	MF, IKS

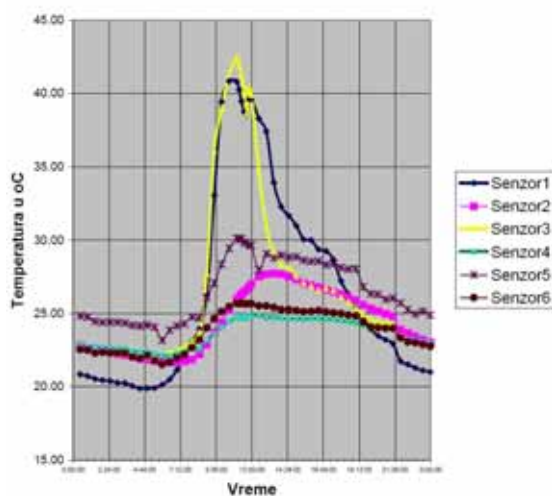
Legenda

IMS Institut za ispitivanje materijala Srbije IMS D.D.
IKS D.D. Istraživački institut Kirilo Savić
MF Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu

6. POPIS REZULTATA KOJIMA SE PRATI REALIZACIJA PROJEKTA

1. Studija implemetacije postupka sanacije i konzervacije fasada silikonskim pemazima: Sretko Stevanovic, Nina Kordić Diković, Maja Đurović Petrović, Dubravka Mijuca
2. Studija evaluacije konzervacije fasade silikonskim premazima sa aspekta poboljšanja termičke zaštite, odnosno poboljšanja energetske efikasnosti (korišćen licencirani programski paket DesignBuilder). Dubravka Mijuca, Nina Kordić Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić.
3. Studija evaluacije postupka poboljšanja energetske efikasnosti zgrade zamenom prozora (korišćen licencirani programski paket DesignBuilder). Dubravka Mijuca, Nina Kordić Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić.
4. Studija implementacije novih metodologija analize termičkih karakteristika i časovne i ukupne potrošnje energije u zimskom i letnjem periodu u oglednoj stambenoj zgradi, *Dušan Gajić, Dubravka Mijuca, Ivan Jojić*
5. Nova metodologija proračuna broja prosečnih izmena vazduha na osnovu izmerenih vrednosti u oglednoj prostoriji stana, Ivan Jojić, Dušan Gajić
6. Nova metodologija za analizu potrebne srednje časovne temperature tople vode u grejnim telima grejanih prostorija, *Ivan Jojić, Dušan Gajić*
7. Nova metodologija (uz korišćenje programskog paketa Design Builder) za analizu časovne srednje temperature zidova i osetne temperature pri grejanju objekta radijatora u zimskom periodu i hlađenju prostorija rashladnom jedinicom u letnjem periodu, Ivan Jojić, Dušan Gajić, Dubravka Mijuca
8. Nova metodologija (uz korišćenje programskog paketa Design Builder) za analizu časovne i ukupne potrošnje toplotne energije pri grejanju objekta radijatora u zimskom periodu i časovne i ukupne potrošnje električne energije pri hlađenju prostorija rashladnom jedinicom u letnjem periodu, Ivan Jojić, Dušan Gajić, Strahinja Kostić, Saša Radulović. Dubravka Mijuca
9. Izrada prototipa merne opreme za merenje temperaturnih polja građevinskih objekata - terenski meri instrument. Nina Kordić Diković, Dubravka Mijuca, Dejan Vasović.

DAN PRVI



10. [On the Three-dimensional Finite Element Method in the Energy Efficiency of Building's Envelope](#), Dubravka Mijuca, Dusan Gajic and Marko Vukobrat, 35th International Congress on HVAC, Belgrade (2004) (in print) and [PPS](#)
11. [A new multifield finite element method in steady state heat analysis](#). With A. Ziberna and B. Medjo. [Thermal Science](#), ISBN 0354-9836. No.9 (1): pp.111-130 (2005) (prvi časopis Van SCI liste u oblasti Fizika)
12. [Three-dimensional finite element method in the heat analysis of buildings](#). Dubravka Mijuca, Marko Vukobrat and Dušan Gajić, "Termotehnika", Vol. 29 (2003), 1-4, 119-134 (technical paper in Serbian).
13. [A New Original Unconditionally Stable Mixed Finite Element Approach In Transient Heat Analysis Without Dimensional Reduction](#), Dubravka Mijuca and Bojan Medjo, Seminar For Rheology [Abstract](#)
14. [On the New Solution Approach in the Finite Element analysis of the Heat Transfer Problem](#), Dubravka Mijuca and Ana Žiberna, Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, 2005, pp. 71, Novi Sad, 1-3 June 2005
15. [On The New Solution Approach In The Steady State Heat Problem](#). Dubravka Mijuca and Ana Ziberna. XI Kongres matematicara Srbije i Crne Gore, Petrovac, 28.Sept.-3.Oct. 2004.
16. [On the Low Order Tests of the Novel Mixed Finite Element in Steady State Heat Transfer Analysis](#), Dubravka Mijuca and Bojan Međo, Compilation of Abstracts for the Third M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics, June 14-17, 2005, pp. 254
17. [On the new multifield Finite Element method in Steady State Heat Analysis](#), Dubravka Mijuca, Bojan Međo, and Ana Žiberna, The First International Conference in Computational Mechanics, Belgrade 2005, www.cm2004.matf.bgf.ac.yu
18. [Ventilacioni gubici](#), Dragoslav Šumarac, Veljko Georgijević, Nina Kordić-Diković, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005.
19. [Snimanje termovizijskom kamerom](#), Veljko Georgijević, Dragoslav Šumarac, Nina Kordić-Diković, Strahinja Kostić, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005.
20. [Merenje temperature, relativne vlažnosti, toplotnog fluksa i potrošene toplotne enrgije](#), Dušan Gajić, Veljko Georgijević, Dragoslav Šumarac, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005.

REALIZACIJA OBAVEZA DEFINISANIH PREDLOGOM PROJEKTA

1. PRIKAZ REZULTATA KOJI SU OSTVARENI U PRETHODNOJ GODINI

Studija implemetacije postupka sanacije i konzervacije fasada silikonskim pemazima: U okviru studije prikazan je postupak konzervacije i sanacije klasične fasade, koji je primenjen na pilot objektu u okviru projekta 198, u bloku 34 na Novom Beogradu. Analizirana je primenljivost ovog postupka za sanaciju betonskih sendvič fasada sa aspekta poboljšanja termičkih karakteristika objekta, kao i zaštite objekta radi konzervacije i povećanja dugotrajnosti. Silikonski premazi betonskih fasada poboljšavaju termičku otpornost fasadnih elemenata tako što su vodootpornih svojstava, te ne dozvoljavaju kvašenje fasade, a paropropusni su. Kod izrade premaza istovremeno se radi i konzervacija fasade sa popravkom oštećenja i zamenom dilatacionih spojnica. Postupak konzervacije i sanacije fasada silikonskim premazima omogućava dugotrajnu zaštitu natur betonskih fasada koje su masovno rađene na stambenim i industrijskim objektima u periodu 70-80 godine prošlog veka. Sprečavanje kvašenja fasade i popravke oštećenja za rezultat imaju uštedu energije potrebne za grejanje i hlađenje zgrade. Pri izradi studije korišćen je softverski paket Design Builder i oprema za merenje infiltracije vazduha. *Realizatori: Institut IMS Beograd, Matematički fakultet Beograd, Korisnici: preduzeće Hemieko Beograd, Građevinska direkcija Srbije*

Studija evaluacije konzervacije fasade silikonskim premazima sa aspekta poboljšanja termičke zaštite, odnosno poboljšanja energetske efikasnosti (korišćen licencirani programski paket DesignBuilder). *Dubravka Mijuca, Nina Kordić Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić.* U okviru Studije izvršena je procena energetske efikasnosti, odnosno procena smanjenja potrošnje (odnosno uštede) toplotne energije, premazivanjem fasade zaštitnim sistemom poznatim kao emulziona boje od silikonske smole. Izvršena modifikacija - revitaliacija fasade implementirana je na kontrolnom stanu br. 3 u Bul. AVNOJ-a 213 na Novom Beogradu. Procena uštede energije izvršena numeričkom simulacijom u programskom paketu DesignBuilder je poređenjem sa potrošnjom energije stana blizanca br. 8 na istom ulazu, na kome nije izvršena nikakva modifikacija. U studiji je dat tehnički opis termičkog poboljšanja omotača zgrade silikonskim premazima i dihtovanjem prozora, rezultati merenja smanjene infiltracije vazduha i toplotnog fluksa, i rezultati simulacije termičkog ponašanja omotača oglednih stanova i energetske uštede. Pri izradi studije korišćen je softverski paket Design Builder i oprema za merenje infiltracije vazduha. Postoje mogućnosti šire primene i korišćenja dobijenih rezultata za izradu novih standarda i propisa. (Postoje mogućnosti šire primene i korišćenja dobijenih rezultata za izradu novih standarda i propisa. Postoje mogućnosti šire primene i korišćenja dobijenih rezultata za izradu novih standarda i propisa.

Studija evaluacije postupka poboljšanja energetske efikasnosti zgrade zamenom prozora (korišćen licencirani programski paket DesignBuilder). *Dubravka Mijuca, Nina Kordić Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić.* U okviru Studije izvršena je procena energetske efikasnosti, odnosno procena smanjenja potrošnje (odnosno uštede) toplotne energije, zamenom prozora. Izvršena rekonstrukcija fasade implementirana je na kontrolnom stanu br. 13 u Bul. AVNOJ-a 213 na Novom Beogradu. U studiji je dat tehnički opis termičkog poboljšanja omotača zgrade ugradnjom novih PVC prozora, rezultati merenja smanjene infiltracije vazduha i rezultati simulacije termičkog ponašanja omotača oglednih stanova i energetske uštede. Procena uštede energije izvršena numeričkom simulacijom u programskom paketu DesignBuilder je poređenjem sa potrošnjom energije stana blizanca br. 8 na istom ulazu, na kome nije izvršena nikakva modifikacija. Postoje mogućnosti šire primene i korišćenja dobijenih rezultata za izradu novih standarda i propisa. *Realizatori: Institut IMS Beograd, Matematički fakultet Beograd, Korisnici: preduzeće Hemieko Beograd, Građevinska direkcija Srbije*

Studija evaluacije novih metodologija analize termičkih karakteristika i časovne i ukupne potrošnje energije u zimskom i letnjem periodu u oglednoj stambenoj zgradi, *Dušan Gajić, Dubravka Mijuca, Ivan Jojić*. Studija obuhvata prikaz rezultata analize časovne temperature zidova, osetne temperature i časovne i ukupne potrošnje energije za projektne zimske i letnje uslove, kao i karakteristične dane u oglednoj stambenoj zgradi.

Nova metodologija proračuna broja prosečnih izmena vazduha na osnovu izmerenih vrednosti u oglednoj prostoriji stana, *Ivan Jojić, Dušan Gajić*. Metodologija obuhvata proračun broja prosečnih izmena vazduha u funkciji od infiltracije spoljnog vazduha u oglednu prostoriju grejanog objekta, u zavisnosti od vrste i načina ugradnje elemenata spoljnog i unutrašnjeg omotača grejanih prostorija kao i meteoroloških uslova.

Nova metodologija za analizu potrebne srednje časovne temperature tople vode u grejnim telima grejanih prostorija, *Ivan Jojić, Dušan Gajić*. Metodologija analize obuhvata proračun srednje časovne temperature tople vode u grejnim telima u funkciji od časovne potrošnje toplotne energije izračunate primenom odabranih softvera.

Nova metodologija (uz korišćenje programskog paketa Design Builder) za analizu časovne srednje temperature zidova i osetne temperature pri grejanju objekta radijatora u zimskom periodu i hlađenju prostorija rashladnom jedinicom u letnjem periodu, *Ivan Jojić, Dušan Gajić, Strahinja Kostić, Saša Radulović, Dubravka Mijuca*. U priloženoj Studiji aplikacije su prikazani rezultati analize za projektne zimske uslove i karakterističan januarski i martovski dan, kao i za projektne letnje uslove i karakterističan letnji dan uzimajući u obzir uticaj omotača zgrade, vrste prozora i zastora i spoljnih uslova (temperature, sunčeve energije, vetra, osenčenosti i dr.).

Nova metodologija (uz korišćenje programskog paketa Design Builder) za analizu časovne i ukupne potrošnje toplotne energije pri grejanju objekta radijatorima u zimskom periodu i časovne i ukupne potrošnje električne energije pri hlađenju prostorija rashladnom jedinicom u letnjem periodu, *Ivan Jojić, Dušan Gajić, Strahinja Kostić, Saša Radulović, Dubravka Mijuca*. U priloženoj Studiji aplikacije su prikazani rezultati analize časovne potrošnje toplotne energije za projektne zimske uslove, karakterističan januarski i martovski dan, kao i uporedni rezultati analize i merenja ukupne potrošnje toplotne energije u oglednom objektu. Isto tako u Studiji aplikacije su prikazani rezultati analize časovne potrošnje električne energije pri hlađenju u projektnim letnjim uslovima i karakterističnom letnjem danu, kao i ukupne potrošnje električne energije za hlađenje u letnjem periodu za ogledni objekat.

[A new multifield finite element method in steady state heat analysis](#), *Dubravka Mijuca, Ana Zibera and Bojan Medjo*. [Thermal Science](#), ISBN 0354-9836. No.9 (1): pp.111-130 (2005) (prvi časopis Van SCI liste u oblasti Fizika) **Abstract.** A new original primal-mixed finite element approach and related hexahedral finite element "FEMIX HC T/q" for the analysis of behavior of solid bodies under thermal loading is presented. The essential contributions of the present approach is the treatment of temperature and heat flux as fundamental variables that are simultaneously calculated, as well as capability to introduce initial and prescribed temperature and heat flux. In order to minimize accuracy error and enable introductions of flux constraints, the tensorial character of the present finite element equations is fully respected. The proposed finite element is subjected to some standard benchmark tests in order to test convergence of the results, which enlighten the effectiveness and reliability of the approach proposed. **Key words:** steady state heat, finite elements, mixed formulation.

Three-dimensional finite element method in the heat analysis of buildings. *Dubravka Mijuca, Marko Vukobrat and Dusan Gajic, "Termotehnika", ISBN 0350-218X, Vol. 29 (2003), 1-4, 119-134 (technical paper in Serbian). (Stručni rad za potrebe nacionalnog programa Energetske Efikasnosti)* **Rezime.** Savremeni zahtevi projektovanja građevinskih objekata, kao što su minimizacija mase uz povećanje otpornosti, predviđanje kvaliteta i ponašanja konstrukcije na duže vreme ili pod neuobičajenim okolnostima, kao što su seizmičko opterećenje, vatra ili eksplozija, zatim povećanje energetske efikasnosti [1] uz minimizaciju korišćenih materijala i energenata, utiču da se i u ovoj oblasti sve češće, pa i za manje objekte, koriste neke od numeričkih metoda računске mehanike. Svetska praksa je pokazala da, ako se metode računске mehanike koriste pravilno [2], projektovanje postaje brže, efikasnije, i jeftinije, a kvalitet projektovanog, rekonstruisanog ili revitalizovanog objekta se povećava. U ovom radu razmatra se primena dve standardne numeričke metoda iz oblasti računске mehanike u izračunavanju toplotnih gubitaka nehomogenih omotača zgrade, sa ciljem da se kvantitativno oceni ušteda energije koja se dobija optimizacijom mase, cene i kvaliteta korišćenih materijala omotača zgrade. Dobijeni rezultati pokazuju da se korišćenjem predloženih programskih paketa dobijaju pouzdani rezultati, uz mogućnost optimizacije odnosa: cena omotača / minimizacija toplotnih gubitaka, a u cilju povećanja energetske efikasnosti građevinskih objekata. **Ključne reči:** omotač zgrade, revitalizacija, nehomogeni zid, prenos toplote, računska mehanika, matematički model, numerička simulacija, metoda konačnih elemenata, toplotni gubici, energetska efikasnost građevinskih objekata

On the Three-dimensional Finite Element Method in the Energy Efficiency of Building's Envelope. *Dubravka Mijuca, Dusan Gajic and Marko Vukobrat, 35th International Congress on HVAC, Belgrade (2004) (in print) and PPS Abstract.* Contemporary design in the civil engineering becomes shorter in time, more efficient and less expensive by the use of numerical methods of computational mechanics [1]. Therefore, it is worthwhile to see how finite element method [1] is used in the calculation of heat gain/losses of non-homogenous building envelopes, in order to estimate energy savings achieved by the optimization of mass, price and quality of applied building envelope materials. The program package, with the one of the best cost/quality ratio on the market, named "Straus7" [2], as well as in-house software package "FEMIX HC" [3,4] is used in the calculations. Obtained results show that the use of the proposed program packages gives reliable results, with the possibility to optimize the rate: envelope price/ minimization of heat losses, either in design stage, either in the process of the revitalization of the building envelope, in order to increase energy efficiency of the civil facilities.

Ventilacioni gubici, Dragoslav Šumarac, Veljko Georgijević, Nina Kordić-Diković, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005. U radu su prikazani rezultati merenja ventilacionih gubitaka u tri različita ogledna stana, kao i uticaj broja izmena vazduha na potrošnju energije.

Snimanje termovizijskom kamerom, Veljko Georgijević, Dragoslav Šumarac, Nina Kordić-Diković, Strahinja Kostić, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005. U radu su prikazani rezultati merenja termovizijskom kamerom oglednog objekta u ul. Bul. AVNOJ-a br. 213 u Beogradu. Ovim postupkom su ustanovljeni toplotni gubici nastali kao posledica loše izvedene građevinske konstrukcije i neadekvatno izvedene izolacije.

Merenje temperature, relativne vlažnosti, toplotnog fluksa i potrošene toplotne energije, Dušan Gajić, Veljko Georgijević, Dragoslav Šumarac, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005. U radu su prikazani rezultati merenja temperatura, relativne vlažnosti, toplotnog fluksa i potrošene toplotne energije u oglednim stanovima na Novom Beogradu u Bloku 34 u ul. Bul. AVNOJA-a br. 213.

2. PREGLED REZULTATA KOJI NISU REALIZOVANI SA OBRAZLOŽENJEM I PROGNOZOM NJIHOVE REALIZACIJE

Sve predviđene aktivnosti izvršene su sa procentom realizacije 100%

3. PREGLED REZULTATA KOJI DIREKTNO OMOGUĆAVAJU NASTAVAK REALIZACIJE PROJEKTA

Nabavljen je softverski paket za simulaciju energetske efikasnosti građevinskih objekata [Desigbuilder](#). Taj program predstavlja veoma udoban korisnički interfejs za svetski priznati programski paket [EnergyPlus](#). Po pitanju ovog projekta Akademska licenca za programski paket DesignBuilder vodi se na Katedru za mehaniku Matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Softverski je implementirana originalna i nova potpuno trodimenziona konačno-elementna metoda $HCT-q$ za nestacionarnu termičku analizu, koja je za razliku od postojećih u naučnoj literaturi stabilna takva da su i temperatura i temperaturni fluks fundamentalne promenljive. Time je plan iz prethodne godine što se tiče ove aktivnosti, kada je bio dostupan kod samo za stacionarnu analizu bez radijacije i objavljen u domaćem časopisu *Thermal Science*, u potpunosti izvršen. Naučni rad koji opisuje ovu nestacionarnu metodu prenošenja toplote prošao je prvu recenziju u časopisu ekstra kategorije sa ISI liste. U toku je izrada korisničkog interfejsa na srpskom jeziku.

Razvijene su nove metodologije za analizu srednje temperature omotača objekata, osetne temperature, časovne i ukupne potrošnje energije u zimskom i letnjem periodu, merenje toplotnog fluksa, kao i za analizu sistema za grejanje i hlađenje.

Sa participantom preduzećem Hemieko-Beograd, Antona Aškerca 17, 11000 Beograd, koga zastupa direktor Srećko Stefanović, dip.hem.inž urađena je studija evaluacije postupka sanacije i konzervacije fasade silikonskim premazima sa aspekta poboljšanja termičke zaštite, odnosno poboljšanja energetske efikasnosti.

Izvršen je numerički eksperiment / numerička simulacija demonstracionog objekta u bloku 34, bul AVNOJa 213 (Slika 1), na kome je za potrebe poređenja potrošnje energije, energetske efikasnosti, osetne temperature i ostalih parametara, izvršena sanacija omotača zgrade i prozora.



Slika 1. Demonstracioni objekat u bloku 34, bul AVNOJa 209-217

U okviru participantskog ugovora sa Građevinskom direkcijom Srbije očekuje se da ona na svojim novim objektima uvede poboljšanja prema dobijenim rezultatima poređenja parametara. Za to je napravljen prototip sistema za merenje temperaturnog polja na zgradi koji bi se koristio pri tehničkim prijemima objekata.

Kako kod nas ne postoje ni pravilnik za prijem objekta ni standardi za ocenu termičke efikasnosti objekata, da bi se svetske metode simulacije i vizuelnog pregleda

termovizijskom kamerom uvele kao validirane i kod nas, neophodno je da se izvrši kalibracija metoda na jednom realnom starom i novom objektu.

Na osnovu ovakvih istraživanja, može samo savezna komisija Zavoda za Standardizaciju da uvede nove metode u upotrebu tako da direkcija i ostali korisnici imaju pravnu podlogu za korišćenje ocena objekata.

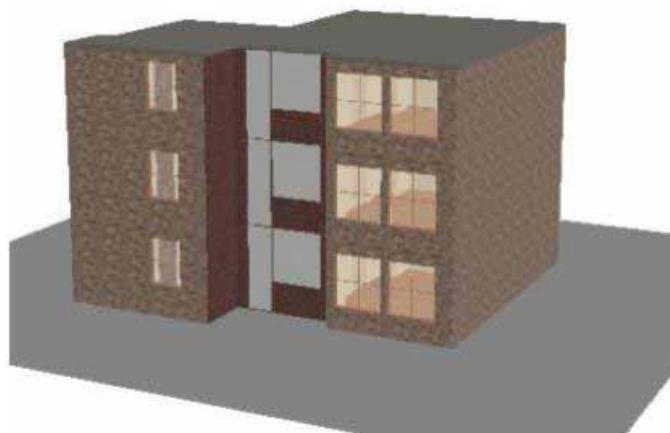
4. OCENA USPEŠNOSTI REALIZACIJE PROJEKTA I UTICAJ REZULTATA NA DALJE AKTIVNOSTI I ZAVRŠETAK CELOG PROJEKTA

Ocena uspešnosti realizacije projekta u drugoj istraživačkoj godini	Uticaj ostvarenih rezultata na dalje aktivnosti i završetak celog projekta
100%	100%

PROCENA OSTVARENIH ENERGETSKIH UŠTEDA ILI POVEĆANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

1. ARGUMENTOVANO PROCENITI KOLIKA SE UŠTEDA ENERGIJE ILI POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI POSTIŽE PRIMENOM REZULTATA OSTVARENIH PROJEKTOM U PRETHODNOJ GODINI

Osnovna primena rezultata projekta EE 197 B je mogućnost simulacije termičkog ponašanja omotača zgrade i potrošnje toplotne i električne energije u zimskom i letnjem periodu (Slika 2). Prema tome, jedan od osnovnih ciljeva projekta EE 197 B je obezbeđenje metodologije preciznijeg proračuna i analize toplotnih gubitaka u zgradama u odnosu na postojeće inženjerske metode. Prema prof. dr Branislavu Živkoviću sa Mašinskog fakulteta iz Beograda (Zbornik radova sa 32. Kongresa o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, str. 157) primenom preciznih metoda numeričke simulacije već pri projektovanju sistema za klimatizaciju može se uštedeti energija do 10% primenom racionalnijeg tehničkog rešenja opreme za klimatizaciju.



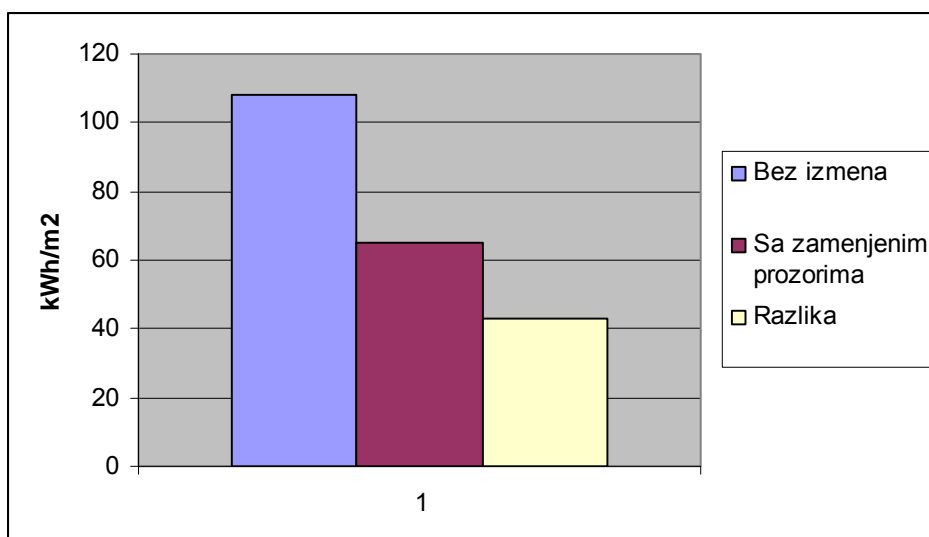
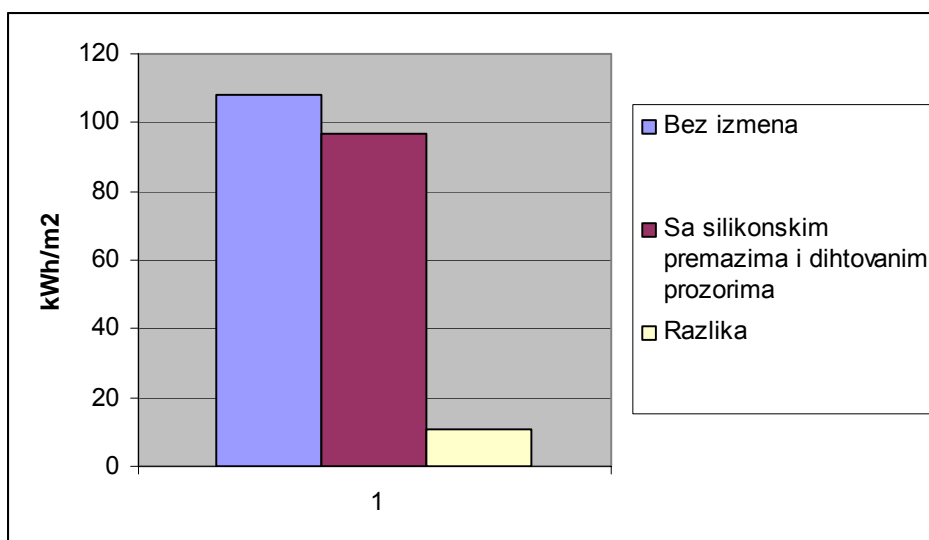
Slika 2. Vizualizacija demonstracionog objekta bul AVNOJa 213

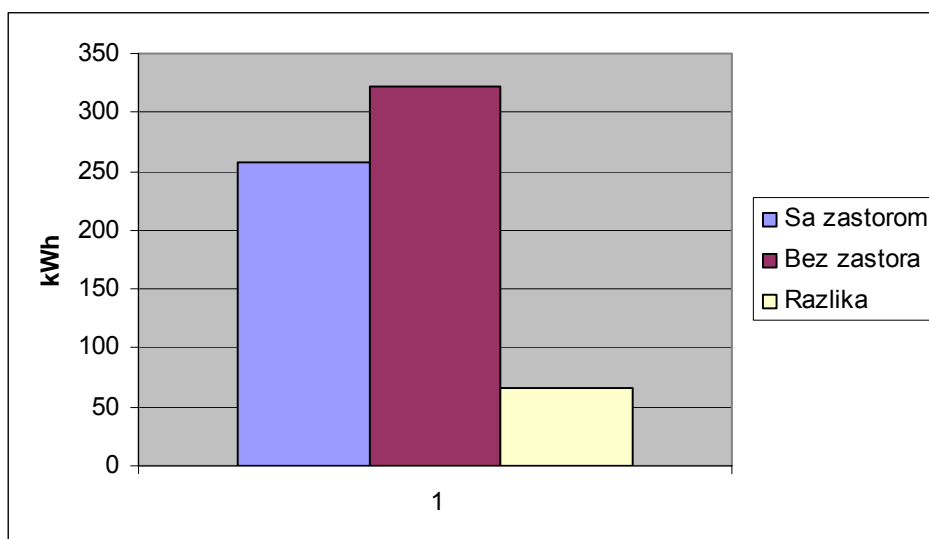
Pored toga, cilj projekta EE 197 B je da razvijena metodologija numeričke simulacije pomogne u procesu uvođenja novih tehničkih propisa, koji će projektantima pomoći pri projektovanju novih energetski efikasnih zgrada i naselja ili rekonstrukciji postojećih zgrada. Variranjem bilo kog od

ulaznih parametara, bilo da se radi o termičkim karakteristikama elemenata omotača zgrade, bilo da se menja neki od spoljnih i unutrašnjih projektnih parametara, moći će se precizno analizirati uticaj njihovih promena. Poređenjem dobijenih rezultata, dobiće se kompletna slika termičkog ponašanja objekta, kao i predstava o najuticajnijim faktorima. U većini evropskih zemalja projektuju se i grade nova naselja sa prosečnom potrošnjom energije ispod $100 \text{ kWh/m}^2 \text{ god.}$, a i rekonstrukcija postojećih objekata ima za cilj postizanje slične energetske efikasnosti. Prateći evropska dostignuća i standarde, krajnji cilj ovog projekta je da se da puni doprinos reviziji domaće zakonske i tehničke regulative u cilju projektovanja i izgradnje energetski efikasnih građevinskih objekata.

2. DATI KRATKU TEHNO-EKONOMSKU ANALIZU PRIMENE OSTVARENIH REZULTATA PROJEKTA

Projektom su prikazane sledeće uštede energije u zimskom i letnjem periodu:





Na gornjim dijagramima su prikazane sledeće uštede:

1. U zimskom periodu su primenom dihtovanih prozora i silikonskih premaza fasade dobijene su uštede toplotne energije u iznosu od oko 10%, a zamenom starih drvenih prozora sa novim PVC prozorima dobijene su uštede toplotne energije u iznosu od oko 40%.
2. U letnjem periodu korišćenjem zastora u prostoriji na jugoistočnoj strani sa ugrađenom rashladnom "split" jedinicom dobijene su uštede u električnoj energiji za hlađenje u iznosu od oko 20%.

PRIMENA REZULTATA PROJEKTA

1. NAVESTI AKTIVNOSTI KOJE PREDUZIMA KORISNIK RADI PRIMENE REZULTATA PROJEKTA.

U toku licitacije, ugovaranja i izgradnje objekata korisnik istraživanja preduzeće HEMIEKO će se uključiti na pozicijama koje se tiču završnih radova na fasadi objekta i izolacionih radova u objektu, a na način i prema detaljnoj specifikaciji koja će biti data aneksom participantskog ugovora.

Predviđeno je da korisnik Građevinska direkcija na svojim novim objektima uvede poboljšanja koja su primenjena u svetu a testirana prema prethodnom kod nas na postojećim objektima.

2. DATI ANALIZU MOGUĆNOSTI MASOVNE PRIMENE REZULTATA PROJEKTA U DRUGIM SLIČNIM SLUČAJEVIMA.

Da bi se svetske metode numeričke simulacije (metoda konačnih elemenata) kompetentno uvele kao jeftin i brz alat za analizu i ocenu termičkog ponašanja građevinskih konstrukcija u fazama projektovanja, revitalizacije i rekonstrukcije, neophodno je da se pokrene inovacioni centar Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine za pružanje usluga iz ove oblasti, ili odredi katedra ili institut koji će te usluge pružati u prvo vreme.

Kako kod nas ne postoje ni pravilnik za prijem objekta ni standardi za ocenu termičke efikasnosti objekata, da bi se svetske metode vizuelnog pregleda uvele kao validirane i

kod nas, neophodno je da se izvrši kalibracija metoda na jednom realnom starom i novom objektu. Na osnovu ovakvog eksperimenta, može samo savezna komisija Zavoda za Standardizaciju da uvede nove metode u upotrebu tako da direkcija i ostali korisnici imaju pravnu podlogu za korišćenje ocena objekata.

3. NAVESTI AKTIVNOSTI KOJE PREDUZIMA RUKOVODILAC PROJEKTA RADI OBEZBEĐIVANJA USLOVA (SREDSTAVA) ZA PRAKTIČNU PRIMENU REZULTATA PROJEKTA KOD KORISNIKA.

U saradnji sa participantom, Građevinskom direkcijom Srbije, napravljen je prototip merne opreme za merenje temperaturnih polja - terenski merni instrument, koji će biti u sledećoj istraživačkoj godini korišćen za kalibraciju numeričkih rezultata dobijenih na ovom projektu, kao i rezultata dobijenih u okviru projekta 196 termovizijskom kamerome, kao i proveru poboljšanog tehnološkog postupka sanacije i konzervacije fasada silikonskim pemazima u saradnji s participantom preduzećem Hemieko.

eksperimente koje će Matematički fakultet u saradnji sa Institutom IMS i IKS, i participantima GDS i Hemieko izvesti na demonstracionom objektu u Beogradu.

4. PREDLOŽITI AKTIVNOSTI KOJE SE OČEKUJU OD DIREKTORA PROGRAMA I KOLEGIJUMA DIREKTORA NPEE RADI OBEZBEĐIVANJA USLOVA ZA PRIMENU REZULTATA PROJEKTA KOD KORISNIKA I ZA PRIMENU U DRUGIM SLIČNIM SLUČAJEVIMA.

U ovoj fazi projekta pomoć koju pruža služba Ministarstva nadležna za projekat je dovoljna.

5. PREDLOŽITI AKTIVNOSTI MNTR NEOPHODNE ZA USPEŠNU OPRIMENU REZULTATA PROJEKTA KOD KORISNIKA I ZA PRIMENU U DRUGIM SLIČNIM SLUČAJEVIMA

Da bi se svetske metode numeričke simulacije (metoda konačnih elemenata) kompetentno uvele kao jeftin i brz alat za analizu i ocenu termičkog ponašanja građevinskih konstrukcija u fazama projektovanja, revitalizacije i rekonstrukcije, neophodno je da Ministarstva za nauku i zaštitu živone sredine podstakne otvaranje inovacionog centra pri Katedri za mehaniku Matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu za pružanje usluga edukacije i pod-konsaltinga iz simulacionih metoda u inženjerskoj praksi, a koja u toj oblasti ima svetski priznat renome, i koja i dalje treba da školuje kadar koji vlada terminologijom i problematikom oba sveta: i matematičkoga i inženjerskog.

Takođe, moli se Ministarstvo za nauku i zaštitu životne da sa svoje strane i dalje lobira kompetentnu primenu novih simulacionih tehnologija. Što znači da numerička ispitivanja i eksperimente treba da rade kompetentni istraživači sa odgovarajućim diplomama i/ili sertifikatima. Privremeno rešenje je pokretanje kurseva sa sertifikovanim diplomama, dok bi reviziju rezultata dobijenih programskim paketima vršila kompetentna lica.

PROBLEMI REALIZACIJE PROJEKTA

1. NAVESTI PROBLEME KOJE SU POSTOJALI PRI REALIZACIJI PROJEKTA I POTREBNE AKTIVNOSTI KOLEGIJUMA DIREKTORA I MNTR KOJE SU NEOPHODNE ZA USPEŠNU REALIZACIJU PROJEKTA

U ovoj istraživačkoj godini realizacija projekta je tekla bez problema. Pored toga, radi planirane potunije validacije numeričkih rezultata simulacije energetske efikasnosti demonstracionog stabenog objekta u trećoj istraživačkoj godini, bilo je potrebno naći materijalna sredstva za izradu

prototipa mernog sistema za merenje temperaturnog polja građevinskih objekata, što je ostvareno uz pomoć participanta Građevinska direkcija Srbije.