

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, 29. septembar 2006.

**MINISTARSTVO NAUKE I
ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE
REPUBLIKE SRBIJE:
NACIONALNI PROGRAM
ENERGETSKE EFIKASNOSTI
GRAĐEVINSKIH OBJEKATA**

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

ZAVRŠNI IZVEŠTAJ: 01.07.2003-30.06.2006.

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.....	2
1. Kratak prikaz programskog zadatka u periodu istraživanja.....	2
2. Sadržaj projekta u periodu istraživanja	3
3. Osnovne aktivnosti projekta.....	3
4. Cilj projekta.....	3
5. Rezultati predviđeni programskim zadatkom.....	4
6. Popis rezultata projekta od početka trajanja projekta	4
Realizacija obaveza definisanih predlogom projekta	5
Prikaz rezultata koji su ostvareni u periodu istraživanja	6
Pregled rezultata koji nisu realizovani sa obrazloženjem i prognozom njihove realizacije	10
Pregled rezultata koji su omogućili realizaciju projekta.....	10
Ocena uspešnosti realizacije projekta i uticaj rezultata na dalje aktivnosti i završetak celog projekta	12
Procena ostvarenih energetske ušteda ili povećanja energetske efikasnosti	12
Argumentovano proceniti kolika se ušteda energije ili povećanje energetske efikasnosti postiže primenom rezultata ostvarenih projektom.....	12
Dati kratku tehno-ekonomsku analizu primene ostvarenih rezultata projekta.....	13
Primena rezultata projekta.....	15
Navedi aktivnosti koje preduzima korisnik radi primene rezultata projekta.	15
Dati analizu mogućnosti masovne primene rezultata projekta u drugim sličnim slučajevima.	15
Navedi aktivnosti koje preduzima rukovodilac projekta radi obezbeđivanja uslova (sredstava) za praktičnu primenu rezultata projekta kod korisnika.	15
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.	15
Predložiti aktivnosti mntr neophodne za uspešnu oprimenu rezultata projekta kod korisnika i za primenu u drugim sličnim slučajevima.....	15
Problemi realizacije projekta.....	16
Navedi probleme koje su postojali pri realizaciji projekta i potrebne aktivnosti kolegijuma direktora i mntr koje su neophodne za uspešnu realizaciju projekta.....	16

OBAVEZE PREDVIĐENE PROGRAMSKIM ZADATKOM ZA PRETHODNU GODINU

1. KRATAK PRIKAZ PROGRAMSKOG ZADATKA U PERIODU 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 oglednih stambenih građevinskih objekata u Novom Beogradu, u ulici Bulevar AVNOJ-a 213 i u Bloku 29, korišćenjem programskog paketa "Design Builder"

Ogledni objekti su simulirani kao virtualne zgrade sa stanovišta 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 i rezultujuće temperature u stanovima u kojima su izvršene pojedinačne rekonstrukcije spoljašnjeg omotača ili prozora. Izložena su kvalitativna i kvantitativna razmatranja dobijenih rezultata, kao i poredenje sa dostupnim rezultatima terenskih merenja.

Na osnovu rezultata numeričkih simulacija na demonstracionom stambenom objektu dobijnih u drugoj godini istraživanja u trećoj godini definisana su optimalna konstruktivna rešenja fasadnog omotača sa aspekta uštede energije i zaštite životne sredine. Radilo se na definiciji sistema kvaliteta na bazi utvrđivanja realnih parametara funkcionalnosti objekta koji se mogu valorizovati i kontrolisati.

Obezbediće se podloge za poboljšanje postojećih i izradu novih propisa u oblasti projektovanja, izvođenja i tehničkog prijema građevinskih objekata primenom kompleksnih merenja svih relevantnih parametara. Planira se korišćenje i dostupnih rezultata temperaturnog polja dobijenog termovizijskom kamerom radi identifikacije grešaka pri izvođenju građevinskih radova, kao i poredenje tih rezultata sa merenjem vazdušne propustljivosti.

2. SADRŽAJ PROJEKTA U PERIODU ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj projekta 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 glavni projekti građevinskih preduzeća "Napred" i "Energoprojekt". Primenom numeričke simulacije termičkog ponašanja omotača zgrade na demonstracionim objektima izračunata je i ocenjena varijacija potrošnje energije u odnosu na izvršene modifikacije spoljašnjeg omotača zgrade i prozora u oglednim stanovima. Takođe, izvršena je numerička simulacija rada sistema za grejanje, kao metoda za verifikaciju rada sistema ugrađenih delitelja toplote. Urađena je numerička simulacija termičkog ponašanja oglednih objekata u funkciji od promene spoljnih bioklimatskih uslova. Izvršena su merenja vazdušne propustljivosti i kompletno snimanje demonstracionih objekata termovizijskom kamerom.

3. OSNOVNE AKTIVNOSTI PROJEKTA

U okviru projekta urađena je numerička simulacija 3-D modela tipskog sprata sa akcentom na globalne gubitke toplote. Numerički model je verifikovan 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; 3) uticaj promene mase zidova i 4) uticaj promene orijentacije stana. Urađena je numerička simulacija sistema za grejanje – prenos toplote od kotlarnice do radijatora u stanu.

Za projekat 196 urađena je numerička analiza sanacione mere "oblačenja" fasade silikonskim premazom. Dobijena numerička rešenja temperaturnog stanja površine fasade upoređena su 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 premazima.

Na osnovu rezultata numeričkih simulacija na demonstracionom stambenom objektu dobijenih u dugoj godini istraživanja biće definisana optimalna konstruktivna rešenja fasadnog omotača sa aspekta uštede energije i zaštite životne sredine. Radiće se na definiciji sistema kvaliteta na bazi utvrđivanja realnih parametara funkcionalnosti objekta koji se mogu valorizovati i kontrolisati.

Obezbedite se podloge za poboljšanje postojećih i izradu novih propisa u oblasti projektovanja, izvođenja i tehničkog prijema građevinskih objekata primenom kompleksnih merenja svih relevantnih parametara.

Planira se korišćenje i dostupnih rezultata temperaturnog polja dobijenog termovizijskom kamerom na projektu EE196 radi identifikacije grešaka pri izvođenju građevinskih radova.

4. CILJ PROJEKTA

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

Racionalna izgradnja novih gradskih naselja, ali i rekonstrukcija postojećeg stambenog fonda, treba da bude zasnovana na kontrolisanoj potrošnji energije. Tokom izrade ovog projekta biće definisana je metodologija za optimizaciju konstruktivnog rešenja fasadnog omotača sa aspekta uštede energije i zaštite životne sredine. Takođe su urađene osnove za definisanje 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 inovaciju propisa koji se tiču građevinske fizike u oblasti projektovanja, izvođenja i posebno kontrole krajnjih korisnički relevantnih svojstava. Takođe je data definicija i usavršavanje validnih ponovljivih i uporedivih parametara i postupaka

koji bi se sprovodili pri tehničkom prijemu zgrada kao osnova za licenciranje kontrolnih organizacija.

Osnovni cilj projekta u trećoj godini je naučno-stručni doprinos razvoju novih tehnologija, kao što je upotreba termovizijske kamere i jena kombinacija sa ispitivanjem vazdušne propustljivosti, u postupaku racionalnog projektovanja i građenja novih gradskih naselja sa stambenim i poslovnim objektima povećane energetske efikasnosti.

Na osnovu softvera simulaciju energetske efikasnosti građevinskih objekata “DesignBuilder”, sopstvenog 3D softvera iz meode konačnih elemenata i kontrolnog kupljenog 3d softvera, u nastavku istraživanja će se nastaviti istraživanje preciznom proračunu i analizi potrošnje energije na pilot objektu u bloku 34, a na bazi merenja koja su obavljena i svrsishodno obražena na projektu 198, kao i korišćenjem prototipa merno-akvizicionog sistema za višekanalno merenje temperaturnog polja u 20 tačaka, koji je proizašao kao rezultat istraživanja na ovom projektu u drugoj istraživačkoj godini.

Primenom numeričke simulacije termičkog ponašanja omotača zgrade na demonstracionom objektu, i njegovim snimanjem termovizijskom kamerom, dalje će se izračunavati i ocenjivati varijacija parametara potrošnje energije, a sa posebnim aspektom na različite načine konstruktivnog izvođenja omotača (“oblačenja”) zgrade, a u saradnji sa projektom NPEE196, kao i rada sistema za grejanje, kao metoda za verifikaciju rada sistema ugrađenih delitelja toplote.

5. REZULTATI PREDVIĐENI PROGRAMSKIM ZADATKOM

Faza	Aktivnost	Naziv	Rezultati	Resursi
1	1	Studija matematičko-fizičkog modela termičke otpornosti objekta	R54–2, R51-1	MF, IMS, IKS
2	1	Projektovanje i izrada prototipa mernog sistema	R33–2	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	T102-2	MF, IMS
3	3	Studija evaluacije projektnih parametara na osnovu simulacionih ispitivanja	T102-2	MF, IKS

6. POPIS REZULTATA PROJEKTA OD POČETKA TRAJANJA 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 ogleđnoj stambenoj zgradi u Bulevaru ANOJ-a 213*, Dušan Gajić, Dubravka Mijuca, Ivan Jojić
5. *Nova metodologija proračuna broja prosečnih izmena vazduha na osnovu izmerenih vrednosti u ogleđnoj 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. *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

10. *A new multifield finite element method in steady state heat analysis*. With A. Žiberna and B. Medjo. Thermal Science, ISBN 0354-9836. No.9 (1): pp.111-130 (2005)
11. *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).
12. *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
13. *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
14. *On The New Solution Approach In The Steady State Heat Problem*. Dubravka Mijuca and Ana Žiberna. XI Kongres matematicara Srbije i Crne Gore, Petrovac, 28.Sept.-3.Oct. 2004.
15. *On the Low Order Tests of the Novel Mixed Finite Element in Steady State Heat Transfer Analysis*, Dubravka Mijuca and Bojan Medjo, Compilation of Abstracts for the Third M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics, June 14-17, 2005, pp. 254
16. *On the new multifield Finite Element method in Steady State Heat Analysis*, Dubravka Mijuca, Bojan Medjo, and Ana Žiberna, The First International Conference in Computational Mechanics, Belgrade 2005, www.cm2004.matf.bgf.ac.yu
17. *Ventilacioni gubici*, Dragoslav Šumarac, Veljko Georgijević, Nina Kordić-Diković, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005.
18. *Snimanje termovizijskom kamerom*, Veljko Georgijević, Dragoslav Šumarac, Nina Kordić-Diković, Strahinja Kostić, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005.
19. *Merenje temperature, relativne vlažnosti, toplotnog fluksa i potrošene toplotne energije*, Dušan Gajić, Veljko Georgijević, Dragoslav Šumarac, Seminar Energetska efikasnost zgrada, Beograd 2005.
20. *Prikaz metodologije i rezultata simulacije potrošnje energije i rada sistema za grejanje i klimatizaciju na oglednom objektu u Novom Beogradu*. Mijuca Dubravka, Kordić-Diković Nina, Jojić Ivan, Gajić Dušan, Đurović-Petrović Maja. Naučno-stručni skup KGH 2005, Beograd
21. *Prikaz komparativnih prednosti sistema za hlađenje vodonikom ležajeva parnih turbina*. Gajić Dušan, Jojić Ivan. Naučno - stručni skup GAS 2006, Vrnjačka Banja
22. *Toplotni bilans i tehnokonomska analiza povećanja energetske efikasnosti realizacijom projekta adaptacije sistema grejanja toplom vodom i sistema za proizvodnju i distribuciju tehnološke pare u zgradi "Hirurgija" u KBC "Dr Dragiša Mišović - Dedinje" u Beogradu*. Gajić Dušan, Jojić Ivan. Institut "Kirilo Savić" Beograd, 2006.
23. *Studija evaluacije novih metodologija analize uticaja karakterističnih bioklimatskih faktora i termičkih karakteristika zgrade na njenu energetsku efikasnost koristeći kao referentni objekat oglednu zgradu u bloku 29 na novom beogradu*. Gajić Dušan, Jojić Ivan, Mijuca Dubravka, , Beograd 2006
24. *Studija evaluacije novih metodologija analize termičkih karakteristika i časovne i ukupne potrošnje energije u sezoni grejanja u novoj oglednoj stambenoj zgradi u bloku 29 na novom beogradu sa analizom alternativne orijentacije zgrade i infiltracije vazduha*. Gajić Dušan, Jojić Ivan, Mijuca Dubravka, Beograd 2006
25. *Thermographic Inspections in Energetic Efficiency of Buildings*. Dubravka Mijuca (2006).
26. *Studija implementacije kompleksne nedestruktivne metode za otkrivanje defekata u termičkom omotaču zgrada*. Dubravka Mijuca, Nina Kordić, Slaviša Bogunović, Miomir Senčanin, Dejan Vasović, Goran Petrović.
27. *A Novel Primal-Mixed Finite Element Approach for Heat Transfer in Solids*, Computational Mechanics, Dubravka Mijuca, Bojan Medjo, and Ana Žiberna, on-line first (2006) DOI 10.1007/s00466-006-0034-0

PRIKAZ REZULTATA KOJI SU OSTVARENI U PERIODU ISTRAŽIVANJA

1	<p><i>Studija implemetacije postupka sanacije i konzervacije fasada silikonskim pemazima:</i> 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. <i>Realizatori: Institut IMS Beograd, Matematički fakultet Beograd, Korisnici: preduzeće Hemieko Beograd, Građevinska direkcija Srbije</i></p>
2	<p><i>Studija evaluacije konzervacije fasade silikonskim premazima sa aspekta poboljšanja termičke zaštite, odnosno poboljšanja energetske efikasnosti (korišćen licencirani programski paket DesignBuilder).</i> <i>Dubravka Mijuca, Nina Kordić Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić.</i> 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 ušteda. 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.</p>
3	<p><i>Studija evaluacije postupka poboljšanja energetske efikasnosti zgrade zamenom prozora (korišćen licencirani programski paket DesignBuilder).</i> <i>Dubravka Mijuca, Nina Kordić Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić.</i> 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 ušteda. 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. <i>Realizatori: Institut IMS Beograd, Matematički fakultet Beograd, Korisnici: preduzeće Hemieko Beograd, Građevinska direkcija Srbije</i></p>
4	<p><i>Studija evaluacije novih metodologija analize termičkih karakteristika i časovne i ukupne potrošnje energije u zimskom i letnjem periodu u oglednoj stambenoj zgradi,</i> <i>Dušan Gajić, Dubravka Mijuca, Ivan Jojić.</i> 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.</p>
5	<p><i>Nova metodologija proračuna broja prosečnih izmena vazduha na osnovu izmerenih vrednosti u oglednoj prostoriji stana,</i> <i>Ivan Jojić, Dušan Gajić.</i> 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.</p>

6	<i>Nova metodologija za analizu potrebne srednje časovne temperature tople vode u grejnim telima grejanih prostorija</i> , 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.
7	<i>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</i> , 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.).
8	<i>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</i> , 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.
9	<i>A new multifield finite element method in steady state heat analysis</i> . Dubravka Mijuca, Ana Ziberna 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.
10	<i>Three-dimensional finite element method in the heat analysis of buildings</i> . Dubravka Mijuca. Marko Vukobrat and Dusan Gajic, " Termotehnika ", ISBN 0350-218X, Vol. 29 (2003), 1-4, 119134 (technical paper in Serbian). (Stručni rad ya 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. <i>Ključne reči</i> : omotač zgrade, revitalizacija, nehomogeni zid, prenos toplote, računska mehanika, matematički model, numerička simulacija, metoda konačnih elemenata, toplotni gubici, energetska efikasnost građevinskih objekata.

11	<p><i>On the Three-dimensional Finite Element Method in the Energy Efficiency of Building's Envelope</i>, 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.</p>
12	<p><i>Ventilacioni gubici</i>, 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.</p>
13	<p><i>Snimanje termovizijskom kamerom</i>, 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.</p>
14	<p><i>Merenje temperature, relativne vlažnosti, toplotnog fluksa i potrošene toplotne enrgije</i>, 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.</p>
15	<p><i>Prikaz metodologije i rezultata simulacije potrošnje energije i rada sistema za grejanje i klimatizaciju na oglednom objektu u Novom Beogradu</i> Mijuca Dubravka, Kordić-Diković Nina, Jojić Ivan, Gajić Dušan, Đurović-Petrović Maja, 36th International Congress on HVAC, Belgrade (2005), Beograd.</p>
16	<p><i>Prikaz komparativnih prednosti sistema za hlađenje vodonikom ležajeva parnih turbina</i>. Gajić Dušan, Jojić Ivan, Naučno - stručni skup GAS 2006, Vrnjačka Banja. U prvom delu rada data je metodologija i uporedni prikaz rezultata proračuna kapaciteta hladnjaka komprimovanog vodonika od orebrenih cevi u odnosu na komprimovani vazduh u zatvorenom sistemu za hlađenje ležajeva parnih turbina. U drugom delu rada dat je prikaz konstrukcije vodenih hladnjaka vodonika od orebrenih cevi sa bakarnim spiralnim rebrima visoke efektivnosti i pouzdanosti. Prikazani su uporedni dijagrami vrednosti koeficijena prelaza toplote, pada pritiska i kapaciteta hladnjaka sa analizom komparativnih prednosti vodonika. U zaključnim razmatranjima date su preporuke za korišćenje opisanih hladnjaka za hlađenje drugih tehničkih i agresivnih gasova ili tečnosti.</p>
17	<p><i>Toplotni bilans i tehnoeekonomska analiza povećanja energetske efikasnosti realizacijom projekta adaptacije sistema grejanja toplom vodom i sistema za proizvodnju i distribuciju tehnološke pare u zgradi "Hirurgija" u KBC "Dr Dragiša Mišović - Dedinje" u Beogradu</i>, Gajić Dušan, Jojić Ivan. Institut "Kirilo Savić" Beograd, 2005. U studiji je prikazan toplotni bilans i tehnoeekonomska analiza povećanja energetske efikasnosti sistema KGH u KBC "Dr Dragiša Mišović - Dedinje" u Beogradu primenom savremenih tehničkih rešenja. Tehnička rešenja obuhvataju dogradnju novih sistema za automatizaciju i regulaciju rada sistema KGH, ugradnju termostatskih ventila na grejnim telima i sistema za štednju tehnološke pare.</p>

18	<p><i>Izrada prototipa merne opreme za merenje temperaturnih polja građevinskih objekata - terenski meri instrument (2005)</i> Prototip- Podtip rešenja: meri instrument Izradjen je prototip terenske merne opreme za merenje temperaturnog polja u građevinskim objektima i izvršeno je testiranje. Oprema -prototip ima CPU jedinicu sa 6 senzora za merenje temperature opsega -20 do +100 oC, tacnosti 0.1oC. Uz opremu postoji laptop za prenos podataka u toku merenja. Za opremu je napravljen softver za merenje domace izrade. Kontinualno merenje temperature u i na građevinskim objektima. Zadaje se vremenska baza za merenje kod aktiviranja interaktivnog softvera. Mogucnost merenja u 15 tacaka jednovremeno u svim vremenskim uslovima. CPU mora biti u obezbedjenoj prostoriji. Matematički fakultet Beograd, Institut IMS Beograd. Korisnik Građevinska direkcija Srbije.</p>
19	<p><i>Studija evaluacije novih metodologija analize uticaja karakterističnih bioklimatskih faktora i termičkih karakteristika zgrade na njenu energetsku efikasnost koristeći kao referentni objekat oglednu zgradu u bloku 29 na novom beogradu.</i> (2006) Gajić Dušan, Jojić Ivan, Mijuca Dubravka. U okviru studije dat je prikaz rezultata simulacije uticaja različitih spoljašnjih bioklimatskih faktora na termičko ponašanje oglednog stambenog objekta u Bloku 29 na Novom Beogradu. Analizirani su uticaji spoljne temperature, brzine vetra, sunčevog zračenja, broja ljudi, mase zidova i orijentacije objekta. Prilikom analize termičkog ponašanja oglednog stambenog objekta korišćen je programski paket DesigBuilder.</p>
20	<p><i>Studija evaluacije novih metodologija analize termičkih karakteristika i časovne i ukupne potrošnje energije u sezoni grejanja u novoj oglednoj stambenoj zgradi u bloku 29 na novom beogradu sa analizom alternativne orijentacije zgrade i infiltracije vazduha.</i> (2006) Gajić Dušan, Jojić Ivan, Mijuca Dubravka. Prikazani su rezultati studije su analize časovne i dnevne osetne temperature i potrošnje toplotne energije karakterističnih prostorija oglednog stambenog objekta u Bloku 29 na Novom Beogradu. Prilikom analize termičkog ponašanja oglednog stambenog objekta korišćen je programski paket DesigBuilder.</p>
21	<p><i>Thermographic Inspections in Energetic Efficiency of Buildings.</i> Dubravka Mijuca (2006). This study of infrared thermography can be used as a building quality assurance tool. Almost all building materials will retain heat energy and therefore can be checked for quality of installation. Improper installation of insulation and/or seals in buildings can be seen in the form of heat loss and air leaks. Also, building components “inside” the walls, ceilings and floors are recognizable because of their differences in mass. Infrared thermography can be used to determine the presence and correct placement of grouted cells in concrete block walls (see figure 5). If the owner of a new block building spends a little money checking their [low-bidder’s] work with infrared thermography, the contractor will be forced to build the building per specifications or face the added direct cost of repairs and resulting loss of schedule repercussions.</p>
22	<p><i>Studija implementacije kompleksne nedestruktivne metode za otkrivanje defekata u termičkom omotaču zgrada.</i> Dubravka Mijuca, Nina Kordić, Slaviša Bogunović, Mimir Senčanić, Dejan Vasović, Goran Petrović. U studiji je ispitan stan u novoj zgradi u Bloku 29 na Novom Beogradu, koji je u proleće useljen nakon standardnog tehničkog prijema. Otkriven je niz grešaka na objektu ali i značajna neracionalnost u sistemu grejanja, jer nisu uvedeni merači na sistem grejanja. Dat je predlog korisniku-Građevinskoj direkciji Srbije da ove nedostatke otkloni na postojećem objektu i na sličnom susednom bloku koji je u fazi projektovanja. Kompleksne terenske metode koje su primenjene je merenje propusnosti svih fasadnih zidova, termovizijski snimak stanja spolja i iznutra i merenje temperaturnog polja unutar stana (2006)</p>

A Novel Primal-Mixed Finite Element Approach for Heat Transfer in Solids, **Computational Mechanics**, Dubravka Mijuca, Bojan Medo, and Ana Žinberna, on-line first (2006) DOI 10.1007/s00466-006-0034-0. A new reliable primal-mixed finite element approach for the heat transfer analysis in solids, is examined in detail. The essential contribution is that both variables of interest, temperature and heat flux, are calculated simultaneously from the same system of finite element equations. In addition, as a novelty, continuity of the trial and test heat flux functions is enforced, to avoid the need for some *a posteriori* heat flux smoothing technique. In order to minimize the accuracy error and enable introduction of the flux constraints, tensorial character of the present finite element equations is fully respected. The proposed finite element is subjected to low and high order convergence and efficiency tests in steady state and transient heat transfer analysis, which enlighten its solvability, stability, accuracy and effectiveness, i.e. its reliability. Key words: heat transfer, finite element method, mixed variational, solid mechanics, reliability.

PREGLED REZULTATA KOJI NISU REALIZOVANI SA OBRAZLOŽENJEM I PROGNOZOM NJIHOVE REALIZACIJE

Sve predviđene aktivnosti izvršene su sa procentom realizacije 100%

PREGLED REZULTATA KOJI SU OMOGUĆILI REALIZACIJU 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. 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, dipl.hem. 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 201 (Slika 1), na kome je za potrebe poređenja potrošnje energije, energetske efikasnosti, osetne temperature i ostalih parametara, izvršena sanacija omotača zgrade i prozora.

Izvršen je numerički eksperiment / numerička simulacija demonstracionog objekta u bloku 29, bul AVNOJa 79 (Slika 2), na kome je za potrebe poređenja potrošnje energije, energetske efikasnosti, osetne temperature i ostalih parametara, kao i praćenje ponašanja snimanjem termovizijskom kamerom i merenjem broja izmena vazduha, kao i merenje tačkasto merenje temperature suvim termometrom radi komparacije rezultata.



Slika 1. Demonstracioni objekat



Slika 2. Demonstracioni objekat u bloku

**u bloku 34, bul AVNOJa 209-
217**

29, bul AVNOJa 79

Dana 11.02.2006. izvršen je izlazak termovizijske kamere na ogledni objekat u bloku 29.

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. U okviru projekta izvršena su kompleksna-uporedna merenja vazdušne propustljivosti, termovizijiskog pregleda objekta i merenja temperatura u oglednom stanu Gradjevine Direkcije Srbije u Bloku 24 na Novom Beogradu, kao podloge za poboljšanje propisa pri projektovanju, izvodenju i tehničkom prijemu zgrada.

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

Dana 02.02.2006. godine izvršeno je snimanje vazdušne propustljivosti u posmatranom stanu u Bloku 29. Merenje je sproveda ekipa stručnjaka za građevinsku fiziku Instituta IMS, a rukovodilac ekipe je bio Dragiša Ivanišević, dipl. inž. maš. Od učesnika u NP prisutan je bio tokom celog ispitivanja Goran Petrović, dipl. inž. arh, a po završetku merenja objekat su posetili i upoznali se sa postupkom merenja i preliminarnim rezultatima prof. dr. Dubravka Mijuca. Merenjem su obuhvaćene mala soba i kupatilo. Predsoblje nije bilo predviđeno za snimanje, a vazdušna propustljivost u dnevnom boravku i kuhinji nisu izmereni jer nije bilo moguće izvršiti merenja bez prethodnog zaptivanja jednog od dva otvora ka predsoblju. Planira se da se merenje ovog prostora izvrši naknadno. Merenje se vršilo tako što se preko otvora vrata postavi posebna pregrada. Kroz otvor u ovoj pregradi se pomoću industrijskog ventilatora izvlačio vazduh iz merene prostorije, tako da se ostvari razlika u pritisku od 50 Pa. Zatim se meri količina vazduha koju je potrebno dodatno izvlačiti da bi se održao isti pritisak u prostoriji. Ta količina vazduha je zapravo jednaka količini koja ulazi na različite otvore. Dobijene vrednosti se upoređuju sa standardom propisanim i, nakon obrade rezultata, konstatuje se da li je objekat zadovoljio propise u pogledu broja izmena vazduha u jednom satu. Tokom merenja utvrđeno je da objekat ne zadovoljava, i to zato što krila ugrađenih PVC prozora ne naležu dobro na okvir. Prozorska krila su prevelikih dimenzija za primenjeni materijal – projektom je inicijalno bila predviđena ugradnja drvene stolarije, ali je kasnije u projektu ona zamenjena PVC-om, o čemu postoji beleška projektanta. Krila se zato vitopere, što može biti i posledica neodgovarajuće konstrukcije samog krila, odnosno nedostajućih ukrućenja u samom krilu. Takođe je primetno da su prozori prilikom ugradnje loše naštelovani, što je nedostatak koji se može otkloniti. Interesantno je da nema nedostataka na mestima na kojima se oni obično javljaju – po spoju prozorskog okvira i zida i oko ugrađene roletne. Dana 21.03.2006. izvršeno je dodatno merenje kojim je obuhvaćen je prostor kuhinje sa ručavanjem i dnevnog boravka. Da bi se sprovedo merenje na vratima dnevnog boravka, prethodno su zaptivena vrata između kuhinje i predsoblja. Merenje je izvršila ista ekipa Instituta IMS, u prisustvu Gorana Petrovića. Prisutan tokom celog postupka je bio i Dr Dejan Vasović, koji se na licu mesta upoznao sa propisima i postupkom merenja, kao i sa prvim rezultatima. Merenjem su dobijene slične numeričke vrednosti, na granici dopuštenih, ali su gubici ustanovljeni na drugim mestima. Za razliku od otvora u spavaćoj sobi, kod kojih je najveći problem bio na spoju prozorskog krila i okvira, u ovoj prostoriji je naleganje krila bilo manje problematično od spojeva prozorskih okvira i zida. Ovo pre svega zbog značajno komplikovanijeg oblika otvora – prozor i balkonska vrata izjedna, kao i zbog nepredvidivosti ljudskog faktora – nema razloga da majstori dva identična prozora u istom stanu ne ugrade podjednako kvalitetno, pa ipak je to slučaj.

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

Velika produktivnost u aktivnostima i rezultatima ovog projekta, garant je da je ovaj istraživački tim sazeo da bi nastavio daljui istraživaki rad u oblasti energetske efikasnosti u građevinarstvu.

PROCENA OSTVARENIH ENERGETSKIH UŠTEDA ILI POVEĆANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

ARGUMENTOVANO PROCENITI KOLIKA SE UŠTEDA ENERGIJE ILI POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI POSTIŽE PRIMENOM REZULTATA OSTVARENIH PROJEKTOM

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. 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 istraživanjima drugih autora primenom numeričke simulacije već pri projektovanju sistema za klimatizaciju može se uštedeti energija do 10% primenom racionalnijeg tehničkog rešenja opreme za klimatizaciju.

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 kWh/m² 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.

Projektom, u kome je korišćen programski paket za numeričku simulaciju DesignBuilder, prikazane su sledeće uštede energije u zimskom i letnjem periodu:

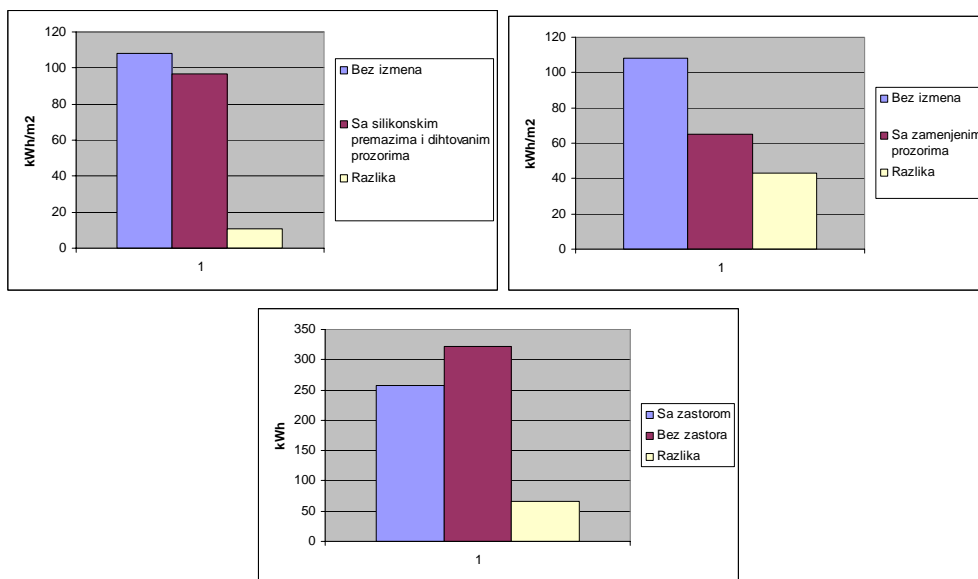
1. U zimskom periodu su primenom dihtovanih prozora i silikonskih premaza fasade dobijene uštede toplotne energije u iznosu od oko 10%, a zamenom starih drvenih prozora sa novim PVC prozorima dobijene su uštede toplotne energije u iznosu od oko 40%.
2. U letnjem periodu korišćenjem zastora u prostoriji na jugoistočnoj strani sa ugrađenom rashladnom "split" jedinicom dobijene su uštede u električnoj energiji za hlađenje u iznosu od oko 20%.
3. Projektom je prikazano da se ugradnjom tankog sloja mineralne vune u horizontalni sloj maltera u zidu od blokova sa polistirolom uložena investiciona sredstva vraćaju u periodu od 5 (pet) godina.
4. Analize su pokazale da intenzitet sunčevog zračenja ima značajan uticaj na potrošnju toplotne energije za grejanje stana u zimskom periodu. Za prostoriju sa južnom orijentacijom je povećanjem intenziteta sunčevog zračenja od 50% dobijena 19% manja potrošnja toplotne energije.
5. Projektom je prikazano smanjenje potrošnje toplotne energije za grejanje u zimskom periodu od 30% pri povećanju srednje temperature spoljnog vazduha za 5°C, što sa obzirom na klimatske trendova ukazuje na velike mogućnosti investicione uštede smanjivanjem spoljne projektne temperature.
6. Analize su pokazale da se pravilnim izborom orijentacije objekta može postići i do 10% uštede toplotne energije za grejanje u zimskom periodu.
7. Analize su pokazale da se upotrebom zidova srednje teške konstrukcije u toku sezone grejanja mogu postići uštede od 4% u potrošnji toplotne energije za grejanje u odnosu na zidove lake

konstrukcije, dok se upotrebom zidova teške konstrukcije mogu dobiti uštede od 8% u potrošnji toplotne energije za grejanje u odnosu na zidove lake konstrukcije.

8. Merenjem na pilot projektima je dokazano da ne samo stari već i novi objekti koji su prošli rigorozan tehnički pregled, imaju defekte u termičkom omotaču zgrade i da je neophodno izmeniti zakonsku regulativu da bi se uočene uštede mogle realizovati kroz sve tri faze života zgrada: projektovanje, izvođenje i održavanje. Neophodno je izmeniti postupak revizije projekta, uvesti termički tehnički prijem i omogućiti naplatu stvarno potrošene energije za grejanje, kroz uvođenje merača potrošnje. Projekat je pokazao da se merači isplate i treba da se uvedu samo na zgradama ili kompletnim delovima zgrada čija je fasada u celosti pre toga sanirana tako da zadovoljava evropske kriterijume.

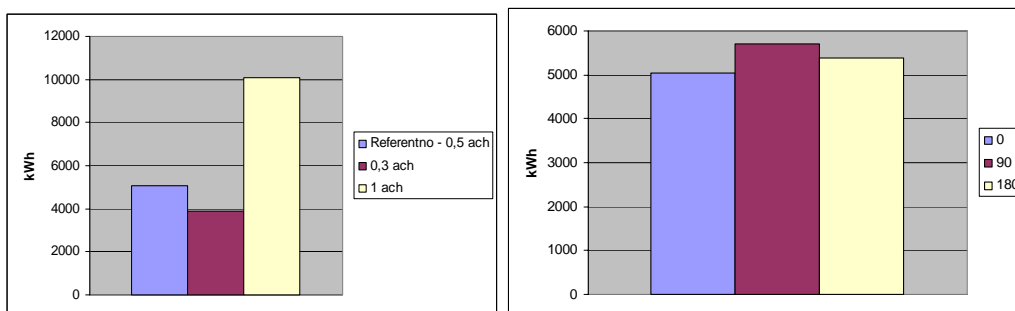
DATI KRATKU TEHNO-EKONOMSKU ANALIZU PRIMENE OSTVARENIH REZULTATA PROJEKTA

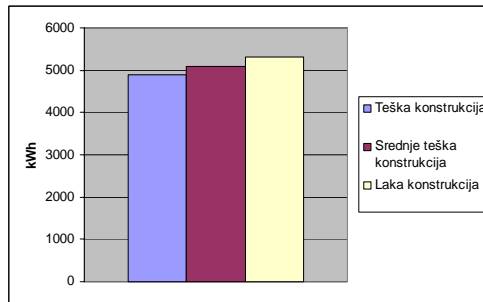
Projektom su prikazane sledeće uštede energije u zimskom i letnjem periodu: Na gornjim dijagramima su prikazane sledeće uštede:



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%.

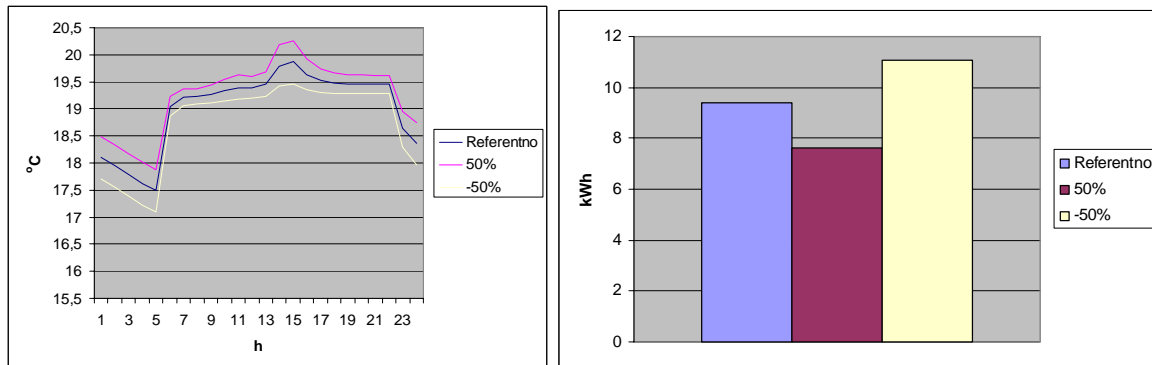
U letnjem periodu korišćenjem zastora u prostoriji na jugoistočnoj strani sa ugrađenom rashladnom "split" jedinicom dobijene su uštede u električnoj energiji za hlađenje u iznosu od oko 20%.





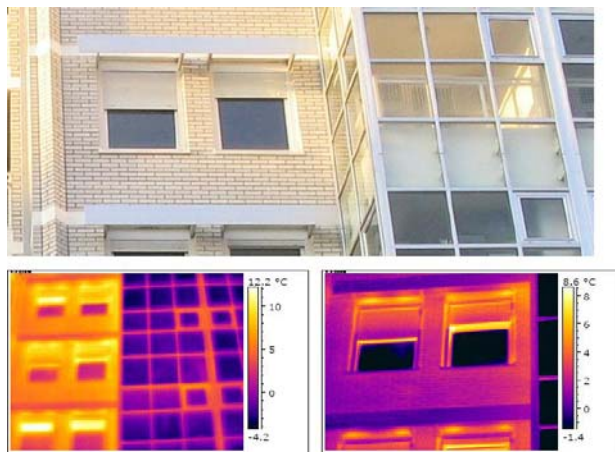
Pri smanjenju infiltracije vazduha u pojedinim prostorijama objekta sa 1 na 0,5 izm/h dolazi do smanjenja potrebne energije za grejanje u sezoni grejanja za čak 78%, dok pri smanjenju sa 0,5 na 0,3 izm/h dolazi do smanjenja potrebne toplotne energije za 31%. Pogodnom orijentacijom objekta mogu se postići uštede od 11% toplotne energije za grejanje u sezoni grejanja. Primenom teške konstrukcije zidova postiže se ušteda od 8% u odnosu na laku konstrukciju, dok se primenom srednje teške konstrukcije zidova postiže ušteda od 4% u odnosu laku konstrukciju.

Na sledeće dve slike prikazan je uticaj sunčevog zračenja na dnevni tok rezultujuće unutrašnje temperature u referentnoj prostoriji na južnoj strani, kao i dijagram uticaja sunčevog zračenja na dnevnu potrošnju toplotne energije za grejanje referentne prostorije na južnoj strani na oglednom objektu u Bulevaru AVNOJ-a 79 u bBlok 29.



Greške u termičkom omotaču zgrade koje nastaju pri projektovanju, izvođenju i zbog lošeg održavanja zgrada, MORAJU se sprečiti NA NOVIM OBJEKTIMA kako bi se prethodne uštede realizovale. Projektom je dokazano da se primenom numeričke simulacije koja se temelji na rezultatima kompleksnih kontrolnih merenja sa tačnošću do na % može numeričkom simulacijom odrediti i kontrolisati kod implementacije sanacionih mera, stepen uštede energije za grejanje i hlađenje. Ovo se postiže upotrebom domaćih znanja i opreme i kooperacijom referentnih istraživačkih preduzeća, čime je nadoknađen tehnološki zaostatak za evropom u ovoj oblasti.

Greške u termičkom omotaču zgrade koje nastaju pri projektovanju i izvođenju detektovane su i upotrebom FLIR termovizijske kamere u vlasništvu Instituta Nikola Tesla Beograd. Dobijeni rezultati su u korelaciji sa merenjima vazdušne propustljivosti.



PRIMENA REZULTATA PROJEKTA

NAVISTI 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.

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.

NAVISTI 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 je korišćen za kalibraciju numeričkih rezultata dobijenih na ovom projektu, kao i rezultata dobijenih u okviru ovog projekta i projekta EENPEE 196. kao i saradnjom sa Institutom Nikola Tesla Beograd u snimanju termovizijskom kamerom, kao i proveru poboljšanog tehnološkog postupka sanacije i konzervacije fasada silikonskim pemazima u saradnji s participantom preduzećem Hemieko. Razgovarano je sa rukovodstvom jedne Beogradske opštine, koja je zainteresovana da primeni rezultate projekta u jednom velikom beogradskom naselju ali su potrebna makro-ekonomske mere države.

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. Nedostaje pravilnik za ocenu termičke efikasnosti zgrada i ekonomska prefizibiliti studija implementacije-master plan za urbanu celinu koju mora država da inicira. Posebno nedostaju kreditno-poreske makroekonomske mere koje bi omogućile da pojedinci koriste podsticajna sredstva za oblačenje zgrada i energetske uštede, te je potrebno da Kolegijum inicira hitno donošenje istih od strane vlade i lokalnih uprava finansirajući implementaciju na jednom pilot projektu lokalne urbane celine.

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 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

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

Realizacija projekta je tekla bez većih problema. Pored toga, radi planirane potpunije 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 i izvođenje radova na sanaciji pilot objekata, što je ostvareno uz pomoć participanta Građevinska direkcija Srbije i preduzeća Hemieko. Softverski paket za ocenu integralne efikasnosti građevinskih objekata korišćen u ovom projektu dobijen je na besplatno korišćenje na jednom PC radnom mestu rukovodioca projekta. Ulaganje u još dva potrebna radna mesta je na nivou 1500Eura godišnje, na PC računarima klase za naučno tehničku primenu. Istraživači se zahvaljuju Institutu Nikola Tesla iz Beograda i direktoru Miomiru Senčaniću na ustupanju termovizijske kamere za potrebe aktivnosti projekta.