

MINISTARSTVO NAUKE I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE REPUBLIKE SRBIJE:

NACIONALNI PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

**Projekat NPEE 197B:
MATEMATIČKO MODELIRANJE I RAZVOJ METODA I TEHNIKE ZA
DIJAGNOSTIKU ENERGETSKE EFIKASNOSTI POSTOJEĆIH I NOVIH
OBJEKATA.**

PERIODIČNI IZVEŠTAJ POSLE DRUGE GODINE ISTRAŽIVANJA

ELABORAT: PRIMENA NUMERIČKE SIMULACIJE U OCENI ENERGETSKE EFIKASNOSTI GRAĐEVINSKIH OBJEKATA NA OGLEDNOM OBJEKTU U NOVOBEOGRADSKOM BLOKU 34

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

AUTORI

Studija evaluacije konzervacije fasade silikonskim premazima sa aspekta poboljšanja termičke zaštite, odnosno poboljšanja energetske efikasnosti: *Dubravka Mijuca, Nina Kordić-Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić*

Studija evaluacije energetske efikasnosti stana bez izmena: *Dubravka Mijuca, Nina Kordić-Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić*

Studija evaluacije postupka poboljšanja energetske efikasnosti zgrade zamenom prozora: *Dubravka Mijuca, Nina Kordić-Diković, Ivan Jojić, Dušan Gajić*

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*

Metodologija proračuna broja prosečnih izmena vazduha na osnovu izmerenih vrednosti u karakterističnoj prostoriji stana. *Dušan Gajić, Strahinja Kostić, Ivan Jojić*

KLJUČNE REČI:

- Energetska efikasnost građevinskih objekata / Energy efficiency of buildings
- Design Builder ([DesignBuilder Software Ltd](#))
- Simulacija / Simulation
- Računska mehanika / Computational mechanics

SADRŽAJ

Uvod.....	4
Specifikacija stanova	5
Meterološki podaci.....	5
Lokacija	6
Geometrija	6
Konstruktivni elementi.....	8
Aktivnosti	22
Klimatizacija, grejanje i hlađenje (KGH)	23
Otvori	24
Osvetljenje	24
Studija evaluacije konzervacije fasade silikonskim premazima sa aspekta poboljšanja termičke zaštite, odnosno poboljšanja energetske efikasnosti	25
Ulazni podaci	25
Rezultati simulacije	25
Analiza rezultata	29
Zaključna razmatranja	29
Literatura.....	29
PRILOG BR.1	29
Metodologija proračuna broja prosečnih izmena vazduha na osnovu izmerenih vrednosti u karakterističnoj prostoriji stana	29
Literatura.....	29

Uvod

Cilj projekta EE 197 B je da razvijena metodologija detaljne numeričke simulacije pomogne u procesu analize pojedinih parametara pri uvođenju 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, može da se izvrši precizna simulacija i analiza uticaja njihovih promena. Poređenjem dobijenih rezultata, dobija 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.

SPECIFIKACIJA STANOVA

U sklopu ovih istraživanja kao ogledni objekat izabrana je stambena zgrada u ulici Bulevar AVNOJ-a br.213 na Novom Beogradu. Analizirano je termičko ponašanje referentnih stanova br.8, 12 i 16, koji se nalaze na prvom, drugom i trećem spratu posmatrane zgrade. Kota poda stana na prvom spratu je 5,60 m.

Prilikom ove analize korišćen je programski paket Design Builder, zasnovan na programskom paketu Energy Plus. Uneta su meteorološki podaci, odnosno spoljni klimatski uslovi, lokacija stana, geometrija stana sa orijentacijom, izabrani su konstruktivni elementi, prozori i otvori, aktivnosti po zonama, namene pojedinih prostorija, parametri KGH.

U daljem će biti dat detaljan prikaz izvršene analize termičkog ponašanja referentnog stana br: 8. i stanova blizanaca br. 3 na prvom spratu i stana br. 13 na trećem spratu ogledne zgrade.

METEROLOŠKI PODACI

LOCATION,BELGRADE,,YUG,IWEC Data,132720,44.82,20.28,1.0,99.0

DESIGN CONDITIONS,1,World Climate Design Data 2001 ASHRAE Handbook,

HEATING,-11.5,-8.9,11.1,9.1,7.8,10.2,-0.4,8.9,0.1,2.5,10,2.7,120,36.2,-14.6,2.2,4.6,

COOLING,33.4,21.8,31.8,21.1,29.9,20.5,22.7,30.3,21.8,29.6,21.1,28.6,20.1,15,26.8,19.2,14.1,25.4,18.4,13.4,24.4,12.3

TYPICAL/EXTREME PERIODS,6,Summer - Week Nearest Max Temperature For Period,Extreme,7/ 6,7/12,Summer - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,7/20,7/26,Winter - Week Nearest Min Temperature For Period,Extreme,1/13,1/19,Winter - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,1/27,2/2, Autumn - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,10/20,10/26, Spring - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,5/ 3,5/ 9

GROUND

TEMPERATURES,3,.5,,,,,1.67,3.51,7.10,10.50,16.92,20.31,21.24,19.52,15.56,10.62,5.76,2.54,2,,,,,4.21,4.66,6.70,8.98,13.92,17.08,18.65,18.30,16.04,12.63,8.79,5.77,4,,,,,6.84,6.52,7.41,8.71,11.97,14.42,16.00,16.39,15.40,13.39,10.79,8.44

HOLIDAYS/DAYLIGHT SAVINGS,No,0,0,0

COMMENTS 1,"IWEC- WMO#132720 - Europe -- Original Source Data (c) 2001 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Inc., Atlanta, GA, USA.
www.ashrae.org

COMMENTS 2, -- Ground temps produced with a standard soil diffusivity of 2.3225760E-03 {m**2/day}

DATA PERIODS,1,1,Data,Tuesday,1/1,12/31

LOKACIJA

Uneta je lokacija objekta, tako što je odabran postojeći šablon (template) za Beograd iz baze podataka Design Builder-a. Šablonom su zadati geografska širina ($44,82^\circ$ sgš) i dužina ($20,28^\circ$ igd), vremenska zona, nadmorska visina (99m), izloženost vetru (normalna), sastav, temperatura, emisivnost i boja zemljišta, časovni klimatski podaci, zimski projektni klimatski uslovi. Uneta je orijentacija objekta. Zimski projektni uslovi su izmenjeni tako da odgovaraju domaćim standardima. Letnji režim rada sistema KGH u ovoj fazi nije uzet u obzir.

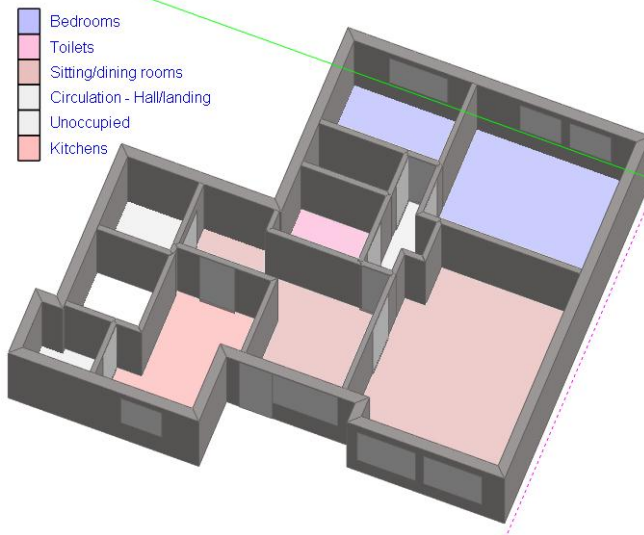
GEOMETRIJA

Geometrija stana je uneta u Design Builder na osnovu arhitektonsko-građevinskih podloga koje su bile na raspolaganju, a koje je izradilo GP "Napred" iz Beograda. Uneti su svi geometrijski elementi (spoljni i pregradni zidovi sa pripadajućim otvorima).



Posmatrani stan je površine $68,85\text{m}^2$, spratna visina iznosi 2.4m. Stan se sastoji od sledećih prostorija, prkazanih na Slici 1 i Tabeli 1:

Slika 1



U odeljku konstruktivni elementi Design Builder-a potrebno je definisati i infiltraciju kroz procepe građevinskih elemenata.

Za svaku prostoriju je uneta odgovarajuća infiltracija. Infiltracija je zadata brojem izmena vazduha na čas. U rezultatima simulacija u daljem tekstu biće detaljno obrazloženo gde je i na koji način usvojen određeni broj izmena vazduha na čas.

Raspored građevinskih konstrukcija po prostorijama je dat u tabeli 4.

Na slikama 3-11 dat je ilustrativni prikaz gore opisanih građevinskih konstrukcija.

Tabela 1

Redni broj	Naziv prostorije	Površina m ²	Zapremina m ³
1	Dnevna soba	19,09	48,30
2	Spavaća soba 1	13,26	33,55
3	Spavaća soba 2	6,12	15,48
4	WC	2,33	5,89
5	Kupatilo	3,79	9,59
6	Trpezarija	10,86	27,48
7	Kuhinja	8,38	21,20
8	Ostava	2,22	5,62
9	Predsooblje	2,80	7,08
	Σ	68,85	174,19

Nacrtna je prvo osnova stana (block), uneti su pregradni zidovi (partitions). Zatim su uneti svi otvori u spoljnim i pregradnim zidovima dimenzija i rasporeda prema tabeli 2.

Tabela 2.

Redni broj	Prostorija	Zid	Otvor
1	Dnevna soba	Spoljni zid orijentacije JI	Drveni prozori 2 x 140/158 cm
		Pregradni zid prema trpezariji	Drvena vrata 95/253 cm
2	Spavaća soba 1	Spoljni zid orijentacije SZ	Drveni prozori 2 x 100/138 cm
		Pregradni zid prema predsooblju	Drvena vrata 85/253 cm
3	Spavaća soba 2	Spoljni zid orijentacije SZ	Drveni prozor 140/138 cm
		Pregradni zid prema predsooblju	Drvena vrata 85/253 cm
4	WC	Pregradni zid prema predsooblju	Drvena vrata 85/253 cm
5	Kupatilo	Pregradni zid prema predsooblju	Drvena vrata 85/253 cm
6	Trpezarija	Spoljni zid orijentacije JI	Balkonska drvena vrata 80/253 cm
			Drveni prozor 160/253 cm
		Pregradni zid prema predsooblju	Drvena vrata 85/253 cm
		Zid prema stepeništu	Drvena vrata 95/205 cm
7	Kuhinja	Pregradni zid prema kuhinji	Drvena vrata 85/253 cm
		Spoljni zid orijentacije JI	Drveni prozor 100/138 cm
8	Ostava	Pregradni zid prema kuhinji	Drvena vrata 85/253 cm

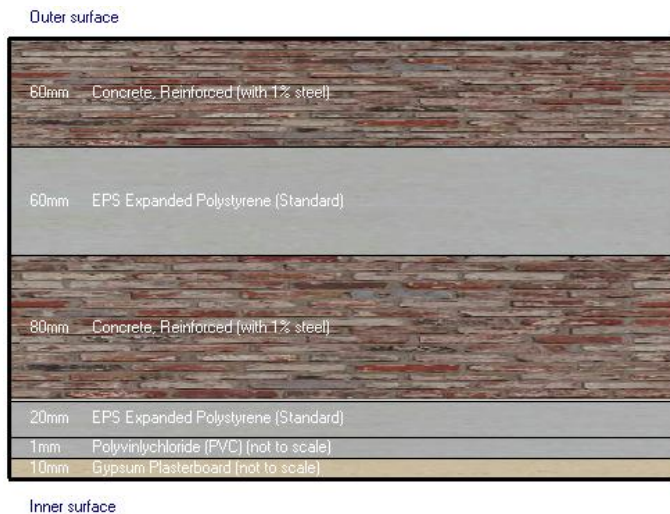
KONSTRUKTIVNI ELEMENTI

Prilikom unosa podataka za konstruktivne elemente objekta nisu korišćeni postojeći šabloni Design Builder-a, već podaci iz postojećeg arhitektonsko-građevinskog projekta. Za svaku prostoriju su uneti podaci za svaki konstruktivni deo njenog omotača (zid, plafon, pod). Uneti podaci i proračunati koeficijenti prolaza toplote prikazani su u tabeli 3.

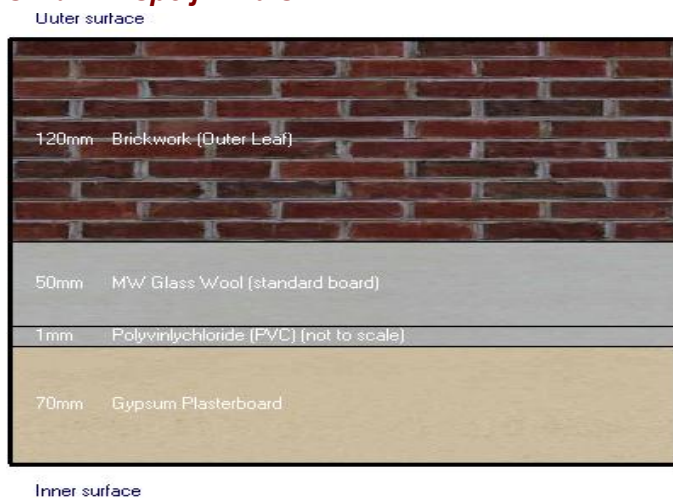
Tabela 3.

Građevinska konstrukcija	Sastav građevinske konstrukcije	Debljina [cm]	U – vrednost [W/m ² K]
Spoljni zid SFZ 1.1.	Gipsani malter	1	0,438
	Parna brana (PVC)	0,1	
	Stiropor	2	
	Armirani beton	8	
	Stiropor	6	
	Armirani beton	6	
Spoljni zid SFZ 1.2.	Gips ploče	7	0,501
	Parna brana (PVC)	0,1	
	Standardne ploče staklene vune	5	
Unutrašnji zid između dva stana UZ1	Fasadna opeka	1,2	0,9
	Rabic malter	2	
	Standardne ploče mineralne vune	3	
Unutrašnji zid ka stepeništu UZ2	Armirani beton	15	0,731
	Gips ploče	7	
	Standardne ploče mineralne vune	3	
Zid između stana i liftovskog okna UZ3	Armirani beton	15	0,885
	Rabic malter	2	
	Parna brana (PVC)	0,01	
Pregradni zid PZ	Porofen	3	1,946
	Armirani beton	1,5	
Dilatacioni zid DIL	Gipsane ploče	7	1,226
	Gips ploče	5	
	Opeka	12	
Međuspratna konstrukcija MK1	Zarobljen vazduh	15	0,595
	Armirani beton	15	
	Parket	2,5	
	Cementna košuljica	2,5	
	Standardne ploče mineralne vune	4	
	Armirani beton	15	
Međuspratna konstrukcija MK2	Fasadni malter	2	0,465
	Keramike pločice	2,5	
	Cementna košuljica	2,5	
	Standardne ploče mineralne vune	5	
	Armirani beton	15	
	Fasadni malter	2	

Slika 3. – Spoljni zid SFZ 1.1.



Slika 4. – Spoljni zid SFZ 1.2.



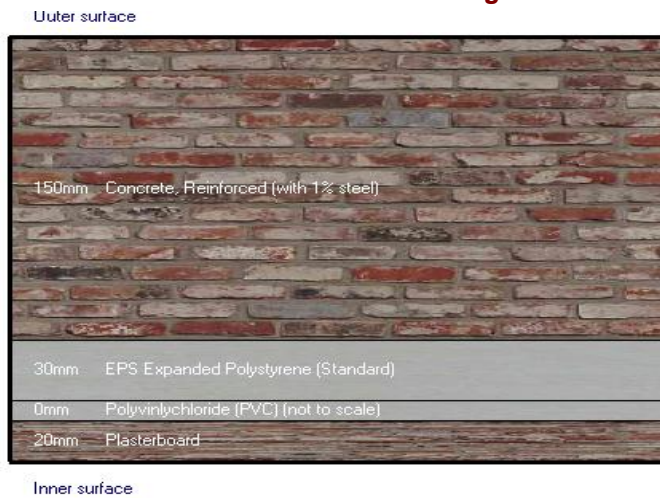
Slika 5. – Unutrašnji zid između dva stana UZ1



Slika 6. – Unutrašnji zid ka stepeništu UZ2



Slika 7. – Zid između stana i liftovskog okna UZ3



Slika 8. – Pregradni zid PZ



Slika 9. – Dilatacioni zid DIL



Slika 10. – Međuspratna konstrukcija MK1



Slika 11. – Međuspratna konstrukcija MK2



Tabela 4.

Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
1	Dnevna soba	Spoljni zid (JI)	SFZ 1.1.
		Dilatacioni zid	DIL
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 1	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Pod	MK1
2	Spavaća soba 1	Plafon	MK1
		Dilatacioni zid	DIL
		Spoljni zid (SZ)	SFZ 1.1.
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 2	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka dnevnoj sobi	PZ
3	Spavaća soba 2	Pod	MK1
		Plafon	MK1
		Spoljni zid (SZ)	SFZ 1.1.
		Zid ka susednom stanu	UZ1
		Pregradni zid ka WC-u	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
4	WC	Pregradni zid ka spavaćoj sobi 1	PZ
		Pod	MK1
		Plafon	MK1
		Zid ka susednom stanu	UZ1
		Pregradni zid ka kupatilu	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
5	Kupatilo	Pregradni zid ka spavaćoj sobi 2	PZ
		Pod	MK2
		Plafon	MK2
		Zid ka susednom stanu	UZ1
		Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
6	Trpezarija	Pod	MK2
		Plafon	MK2
		Spoljni zid (JI)	SFZ 1.2.
		Pregradni zid ka dnevnoj sobi	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka kupatilu	PZ
7	Kuhinja	Zid ka susednom stanu	UZ1
		Zid ka stepeništu	UZ2
		Pregradni zid ka kuhinji	PZ
		Pod	MK1
		Plafon	MK1
		Spoljni zid (SI)	SFZ 1.2.
8	Ostava	Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Zid ka liftovskom oknu	UZ3
		Pregradni zid ka ostavi	PZ
		Pod	MK2
		Plafon	MK2
		Spoljni zid (JZ)	SFZ 1.1.
8	Ostava	Spoljni zid (JI)	SFZ 1.1.
		Pregradni zid ka kuhinji	PZ
		Zid ka liftovskom oknu	UZ3

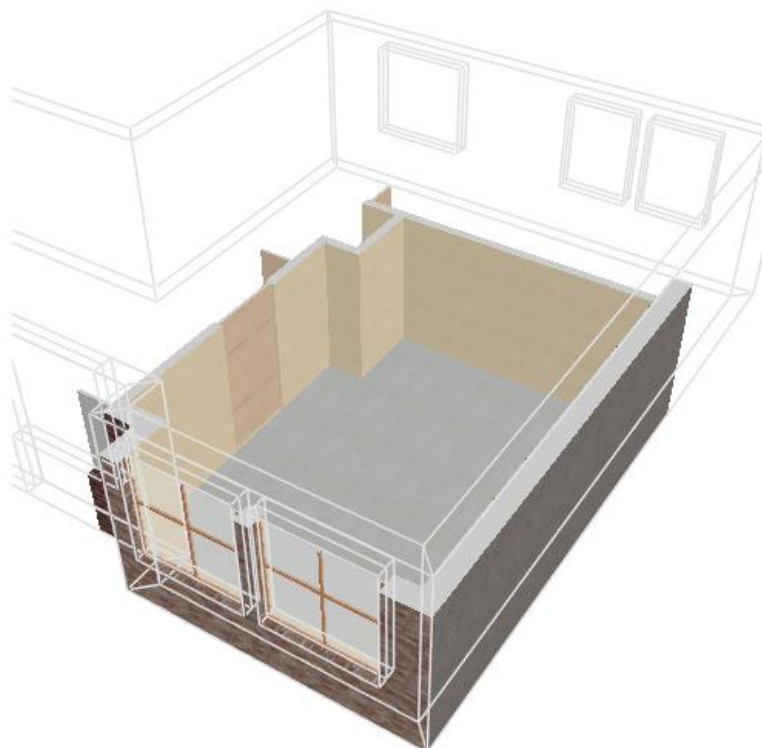
9	Predsoblje	Pod	MK2
		Plafon	MK2
		Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Pregradni zid ka dnevnoj sobi	PZ
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 1	PZ
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 2	PZ
		Pregradni zid ka WC-u	PZ
		Pregradni zid ka kupatilu	PZ
		Pod	MK1
		Plafon	MK1

Na slikama 12-20. data je ilustracija omotača svih prostorija sa otvorima.

Slika 12. Prostorija 1 – Dnevna soba

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 1 - Dnevna soba

Visualise



Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
1	Dnevna soba	Spoljni zid (JI)	SFZ 1.1.
		Dilatacioni zid	DIL
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 1	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Pod	MK1

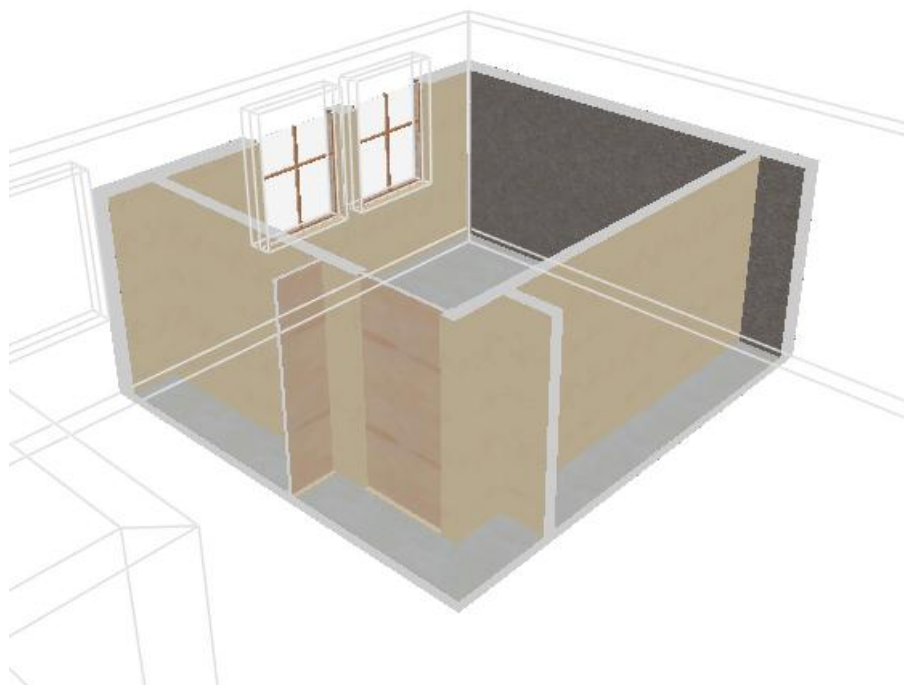
Plafon

MK1

Slika 13. Prostorija 2 – Spavaća soba 1

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zona 2- Spavaca soba

Visualise

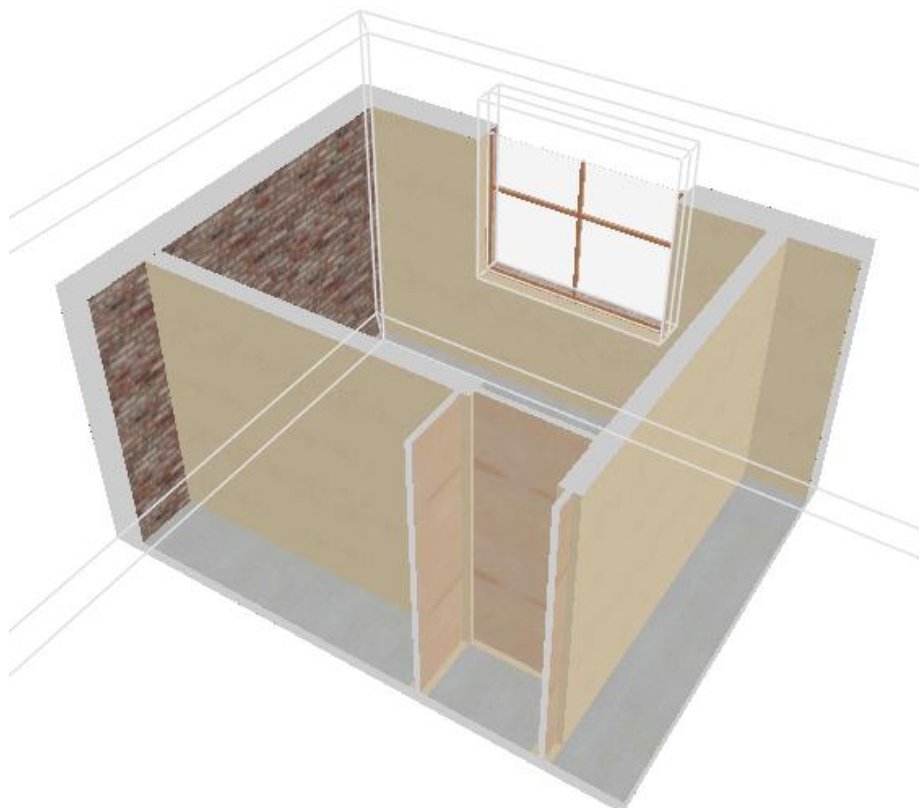


Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
2	Spavaća soba 1	Dilatacioni zid	DIL
		Spoljni zid (SZ)	SFZ 1.1.
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 2	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka dnevnoj sobi	PZ
		Pod	MK1
		Plafon	MK1

Slika 14. Prostorija 3 – Spavaća soba 2

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 3 - Spavaca soba

Visualise

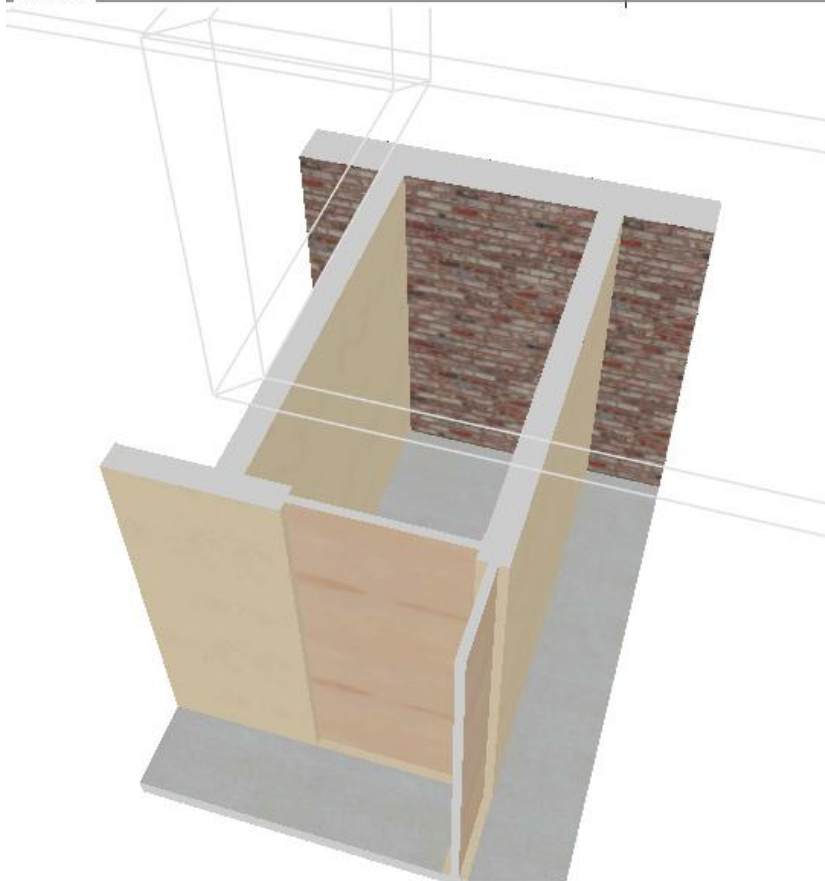


Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
3	Spavaća soba 2	Spoljni zid (SZ)	SFZ 1.1.
		Zid ka susednom stanu	UZ1
		Pregradni zid ka WC-u	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 1	PZ
		Pod	MK1
		Plafon	MK1

Slika 15. Prostorija 4 – WC

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 4 - WC

Visualise



Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
4	WC	Zid ka susednom stanu	UZ1
		Pregradni zid ka kupatilu	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka spavaćoj sobi 2	PZ
		Pod	MK2
		Plafon	MK2

Slika 16. Prostorija 5 – Kupatilo

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 5 - Kupatilo

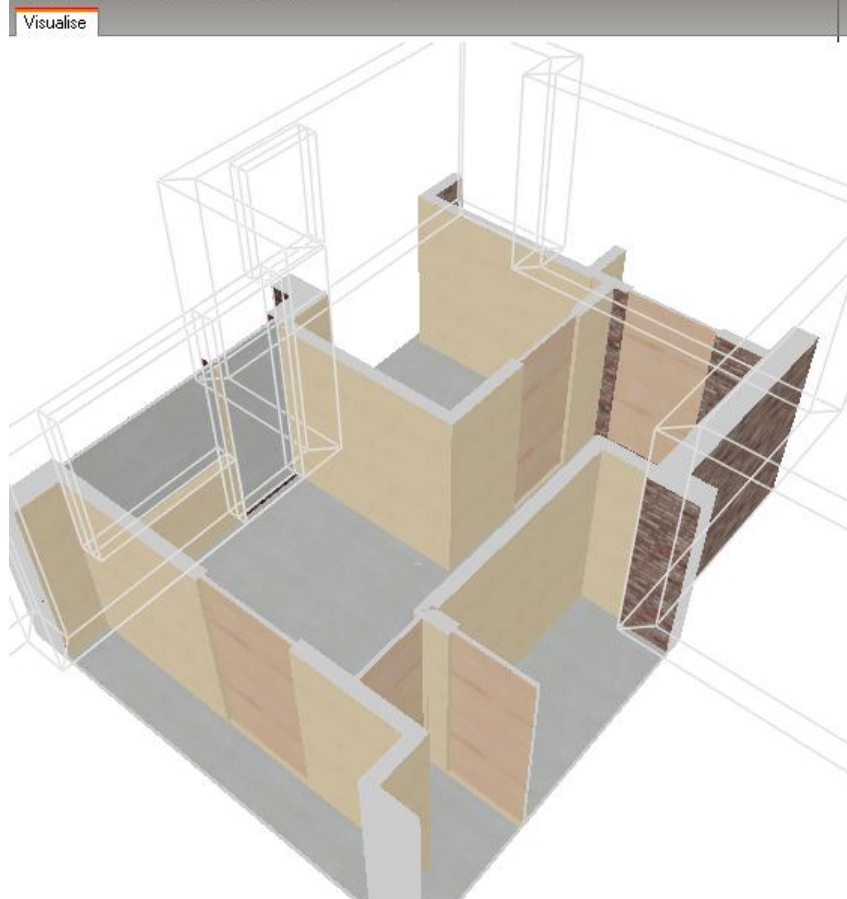
Visualise



Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
5	Kupatilo	Zid ka susednom stanu	UZ1
		Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pod	MK2
		Plafon	MK2

Slika 17. Prostorija 6 – Trpezarija

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 6 - Trpezarija

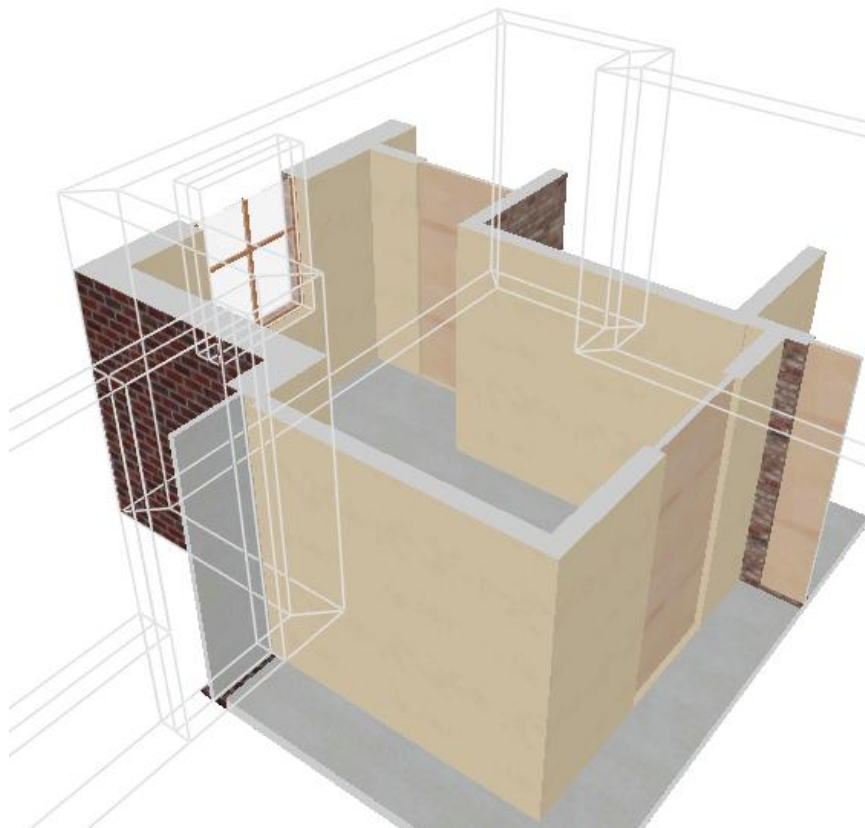


Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
6	Trpezarija	Spoljni zid (JI)	SFZ 1.2.
		Pregradni zid ka dnevnoj sobi	PZ
		Pregradni zid ka predsoblju	PZ
		Pregradni zid ka kupatilu	PZ
		Zid ka susednom stanu	UZ1
		Zid ka stepeništu	UZ2
		Pregradni zid ka kuhinji	PZ
		Pod Plafon	MK1 MK1

Slika 18. Prostorija 7– Kuhinja

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 7 - Kuhinja

Visualise

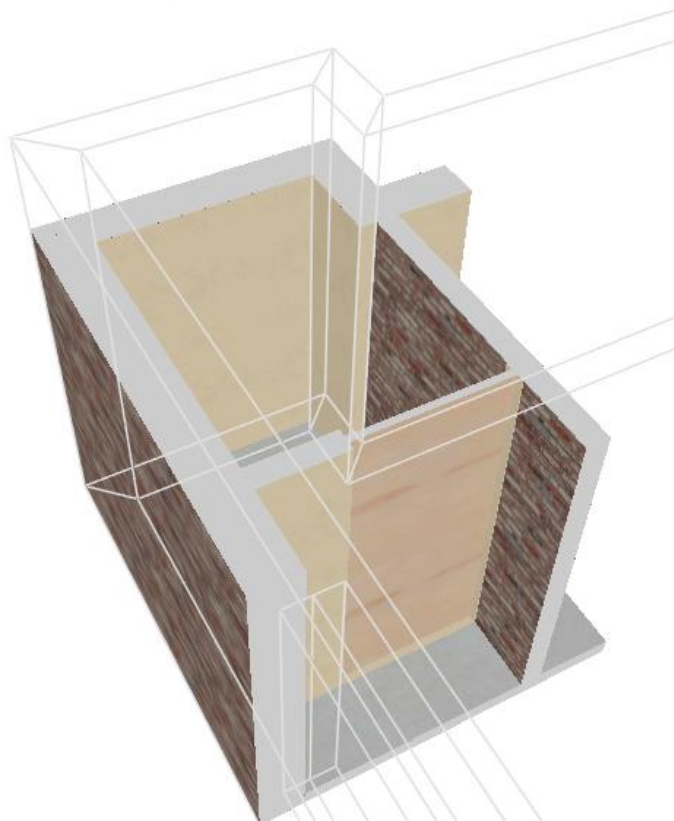


Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
7	Kuhinja	Spoljni zid (JI)	SFZ 1.1.
		Spoljni zid (SI)	SFZ 1.2.
		Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Zid ka liftovskom oknu	UZ3
		Pregradni zid ka ostavi	PZ
		Pod	MK2
		Plafon	MK2

Slika 19. Prostorija 8 – Ostava

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 8 - Ostava

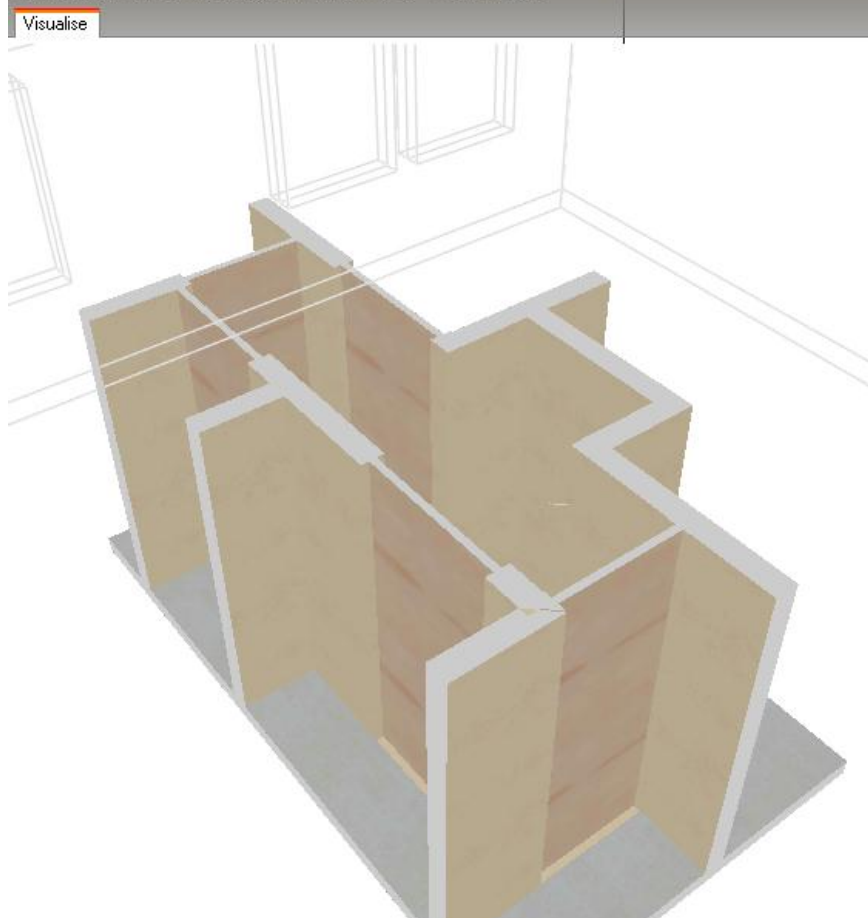
Visualise



Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
8	Ostava	Spoljni zid (JZ) Spoljni zid (JI) Pregradni zid ka kuhinji Zid ka liftovskom oknu Pod Plafon	SFZ1.1. SFZ1.1. PZ UZ3 MK2 MK2

Slika 20. Prostorija 9 – Predsoblje

Blok 34 ver2, Lamela 3, Stan 8, Zone 9 - Predsoblje



Redni broj	Prostorija	Zid (orijentacija)	Građevinska konstrukcija
9	Predsoblje	Pregradni zid ka trpezariji	PZ
		Pregradni zid ka dnevnoj sobi	PZ
		Pregradni zid ka spavacoj sobi1	PZ
		Pregradni zid ka spavacoj sobi2	PZ
		Pregradni zid ka WC-u	PZ
		Pregradni zid ka kupatilu	PZ
		Pod	MK1
Plafon	MK1		

AKTIVNOSTI

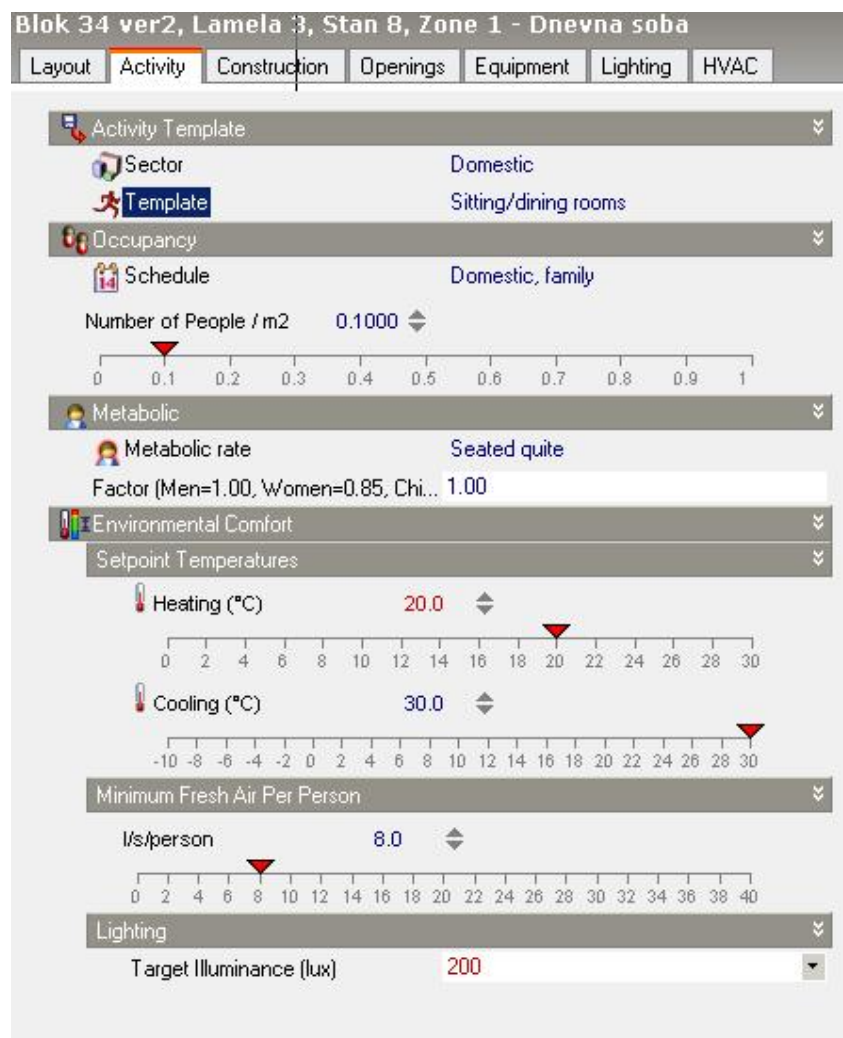
U odeljku aktivnost se definiše namena pojedinih prostorija. Zavisno od namene prostorije izabrani su odgovarajući šabloni koje nudi softver, a u okviru kojih je definisano sledeće:

- Broj ljudi po kvadratnom metru prostorije, kao i raspored korišćenja prostorije
- Metabolička toplota
- Unutrašnja projektna temperatura za zimski i letnji period
- Minimalna količina svežeg vazduha po osobi
- Snaga osvetljenja

Unutrašnje projektne temperature za zimski period su prilagođene domaćim preporukama.

Na nivou celog objekta zadat je i broj prazničnih dana u toku godine.

Slika 21. Primer unošenja podataka za aktivnost



Blok 34 ver2, Lamela :3, Stan 8, Zone 1 - Dnevna soba

Layout Activity Construction Openings Equipment Lighting HVAC

Activity Template

Sector Domestic

Template Sitting/dining rooms

Occupancy

Schedule Domestic, family

Number of People / m2 0.1000

Metabolic

Metabolic rate Seated quite

Factor (Men=1.00, Women=0.85, Chi... 1.00

Environmental Comfort

Setpoint Temperatures

Heating (°C) 20.0

Cooling (°C) 30.0

Minimum Fresh Air Per Person

l/s/person 8.0

Lighting

Target Illuminance (lux) 200

KLIMATIZACIJA. GREJANJE I HLAĐENJE (KGH)

U odeljku KGH softver nudi šablone za izbor: Sistema grejanja, Sistema hlađenja i Ventilacije

Izabran je sistem toplovodnog radijatorskog grejanja. U okviru ovog šablona softver sam proračunava toplotno opterećenje pojedinih prostorija, tako da nije bilo moguće uneti stvarno instalisani toplotni kapacitet.

Hlađenje je obrađivano za dnevnu sobu referentnog stana.

Za ventilaciju je izabrana prirodna ventilacija, osim za blokirane prostorije (prostorija br.4 – WC i prostorija br.5 – kupatilo) kod kojih je usvojena mehanička ventilacija.

Slika 22. Primer unošenja podataka za KGH

Blok 34 ver2, Lamela 3

Layout Activity Construction Openings Lighting HVAC

HVAC Template

Template Wet radiator heating, nat vent

Heating

Heating system installed

System type Hot water radiators

Type Non-Finned

Cooling

Boilers

Installed

Fuel Gas

Maximum load (kW) 0.0

Losses

Distribution loss (%) 15

Seasonal efficiency (%) 80.00

Operation

Schedule <System>

Chillers

Natural Ventilation

On

Set point temp. (°C) 20.0

Rate (ach) 5.0

Timing

Schedule Domestic, family

Mechanical Ventilation

On

Rate (ach) 2.0

Set point temp. (°C) 22.0

Schedule Domestic, family

Fans

Fan type Don't model fan power

OTVORI

Slika 22. Primer unošenja podataka za Openings

The image shows a software interface for defining window and door properties, organized into several sections:

- Glazing Template**
 - Template: Energy code standard
- External Glazing**
 - Layout: None
 - Glazing type: Dbl Clr 3mm/13mm Air
 - Frame type: Wooden window frame
 - Window spacing (m): 1.00
 - Glazing %: 0.00 (with a slider from 0 to 100)
 - Window shading:
 - Local shading:
- Internal Glazing**
 - Layout: Discrete windows (preferred height 1.5m)
 - Glazing type: Internal - Energy code standard
 - Frame type: Wooden window frame
 - Window spacing (m): 4.00
 - Internal glazing %: 0.00 (with a slider from 0 to 100)
 - Window shading:
- Roof Glazing**
 - Layout: None
 - Glazing type: Roof - Energy code standard
 - Frame type: Wooden window frame
 - Window spacing (m): 4.00
 - Window shading:
- Doors**
 - External
 - Door fitted?:
 - Internal: >>
- Vents**: >>

OSVETLJENJE

Slika 22. Primer unošenja podataka za Lightings

The image shows a software interface for defining lighting properties, organized into several sections:

- Lighting Template**
 - Template: Tungsten
- General Lighting**: >>
- Lighting Control**: >>>

STUDIJA EVALUACIJE KONZERVACIJE FASADE SILIKONSKIM PREMAZIMA SA ASPEKTA POBOLJŠANJA TERMIČKE ZAŠTITE, ODNOSNO POBOLJŠANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Simulacija br. 1: Konzervacija fasade u ul. Bulevaru AVNOJ-a br.213, I sprat, stan br.3

ULAZNI PODACI

U ovom stanu je izvršena konzervacija fasade.

Izmereni broj izmena vazduha iznosi $n=6,5$ i/h. Merenje je izvršeno u spavaćoj sobi br.1 (zona 2), koja je izabrana kao reprezentativna u pogledu infiltracije spoljnog vazduha. Merenje je vršeno prema JUS.J5.100. Infiltracija je zadata na sledeći način: uzeto je da konstantna infiltracija tokom grejne sezone iznosi $n_1=2$ i/h, dok je uzeto da merni uslovi postoje u periodu izlaska i zalaska sunca.

Svi ostali podaci su kao za stan br.8, što je opisano u poglavju *Specifikacija* (strana 5).

REZULTATI SIMULACIJE

Legenda	
1	Temperatura vazduha [°C]
2	Srednja temperature unutrašnje površine zidova [°C]
3	Osetna temperatura [°C]
4	Spoljna temperatura vazduha po suvom termometru [°C]
5	Dobici toplote kroz prozore [kWh/m ²]
6	Dobici toplote kroz zidove [kWh/m ²]
7	Dobici toplote kroz tavanicu [kWh/m ²]
8	Dobici toplote kroz podove [kWh/m ²]
9	Dobici toplote kroz pregradne zidove [kWh/m ²]
10	Dobici toplote infiltracijom spoljnog vazduha [kWh/m ²]
11	Dobici toplote prirodnom ventilacijom [kWh/m ²]
12	Gubici toplote kroz prozore [kWh/m ²]
13	Gubici toplote infiltracijom spoljnog vazduha [kWh/m ²]
14	Gubici toplote prirodnom ventilacijom [kWh/m ²]
15	Dobici toplote od ljudi [kWh/m ²]
16	Dobici toplote od sunca [kWh/m ²]
17	Toplota dovedena sistemom grejanja [kWh/m ²]

Tabela 5. Rezultati simulacije za devnu sobu (zona 1)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17.10	17.37	17.97	19.21	21.57	23.02	24.50	24.51	21.50	19.33	17.97	17.07
2	15.64	16.24	17.59	19.41	22.41	23.99	25.62	25.65	22.56	19.88	17.42	15.63
3	16.37	16.80	17.78	19.31	21.99	23.51	25.06	25.08	22.03	19.61	17.70	16.35
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
5	-1.05	-0.99	-0.83	-0.29	0.17	0.37	0.40	0.67	0.43	0.08	-0.54	-0.87
6	-10.54	-8.73	-7.30	-4.15	-2.03	-1.28	-1.18	-1.21	-2.02	-3.99	-7.08	-10.03
7	-0.08	-0.13	0.00	-0.35	-0.03	-0.32	0.03	-0.14	0.29	0.48	0.26	0.01
8	-0.05	-0.16	0.08	-0.23	-0.00	-0.26	0.01	-0.03	0.14	0.31	0.21	0.01
9	0.31	0.12	-0.18	-0.44	-0.47	-0.36	-0.35	-1.06	-1.02	-0.87	-0.10	0.50
10	0.00	0.00	0.00	0.06	0.17	0.26	0.20	0.23	0.09	0.08	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.06	0.17	0.29	0.23	0.25	0.12	0.07	0.00	0.00
12	-5.24	-4.04	-3.34	-1.91	-1.38	-1.05	-1.20	-1.33	-1.43	-2.34	-3.71	-5.14
13	-23.27	-19.06	-16.03	-9.14	-5.45	-3.60	-3.82	-3.90	-4.79	-9.28	-16.27	-22.70
14	-19.25	-15.57	-12.62	-7.07	-4.77	-3.54	-3.72	-3.97	-4.82	-7.91	-13.32	-16.98
15	2.91	2.61	2.95	2.74	2.47	2.30	2.07	2.10	2.50	2.76	2.82	3.04
16	4.76	5.63	7.93	7.10	7.27	6.96	7.40	8.48	8.03	8.08	6.21	3.73
17	51.56	40.42	29.53	13.90	4.15	0.53	0.16	0.19	2.77	12.79	31.65	48.28

Tabela 6. Rezultati simulacije za spavaću sobu 1 (zona 2)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17.20	17.49	18.06	19.20	21.61	23.24	24.75	24.26	21.06	19.10	18.03	17.21
2	15.37	15.93	17.13	19.13	22.45	24.33	25.97	25.29	21.83	18.99	16.85	15.46
3	16.29	16.71	17.59	19.16	22.03	23.78	25.36	24.77	21.44	19.05	17.44	16.34
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
5	-1.28	-1.38	-1.24	-0.53	0.09	0.38	0.40	0.37	0.01	-0.48	-1.03	-1.06
6	-11.57	-9.47	-7.77	-4.30	-2.01	-1.30	-1.24	-0.99	-1.70	-4.01	-7.70	-11.05
7	-0.05	-0.04	-0.09	-0.35	-0.07	-0.32	0.03	-0.09	0.46	0.34	0.19	0.03
8	-0.03	-0.04	-0.04	-0.23	-0.04	-0.27	0.04	-0.01	0.28	0.23	0.13	0.02
9	1.14	0.99	1.12	0.70	0.39	0.02	0.08	0.69	1.17	1.38	1.19	1.06
10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.24	0.31	0.24	0.43	0.31	0.20	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.09	0.18	0.26	0.19	0.34	0.26	0.15	0.00	0.00
12	-4.74	-3.54	-2.81	-1.72	-1.31	-1.06	-1.20	-1.25	-1.28	-2.02	-3.26	-4.71
13	-23.40	-19.20	-16.14	-9.17	-5.57	-3.92	-4.17	-3.79	-4.46	-9.12	-16.35	-22.89
14	-19.12	-15.53	-12.67	-7.23	-5.25	-4.01	-4.20	-4.00	-4.77	-7.88	-13.34	-16.93
15	1.79	1.61	1.79	1.73	1.74	1.63	1.61	1.66	1.70	1.79	1.73	1.79
16	1.48	2.16	3.83	5.12	7.12	7.92	8.19	6.48	4.40	3.04	1.63	1.26
17	55.74	44.47	34.14	15.94	4.64	0.51	0.12	0.20	3.62	16.44	36.79	52.22

Tabela 7. Rezultati simulacije za spavaću sobu 2 (zona 3)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17.55	17.82	18.35	19.45	22.08	23.93	25.49	24.78	21.40	19.27	18.28	17.57
2	16.19	16.69	17.79	19.66	23.07	25.08	26.75	25.80	22.23	19.33	17.38	16.26
3	16.87	17.25	18.07	19.55	22.58	24.51	26.12	25.29	21.81	19.30	17.83	16.92
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
5	-2.08	-2.26	-2.12	-1.03	-0.15	0.22	0.24	0.33	-0.15	-0.85	-1.70	-1.72
6	-4.92	-3.99	-3.12	-1.72	-0.62	-0.32	-0.23	-0.28	-0.58	-1.65	-3.27	-4.74
7	-0.04	-0.05	-0.08	-0.38	-0.11	-0.31	0.03	-0.07	0.50	0.33	0.16	0.03
8	-0.03	-0.05	-0.04	-0.24	-0.07	-0.28	0.05	0.01	0.31	0.23	0.11	0.02
9	-1.76	-1.78	-1.72	-1.40	-1.81	-2.62	-2.58	-1.46	-0.21	-0.10	-1.17	-1.77
10	0.00	0.00	0.00	0.07	0.17	0.21	0.15	0.34	0.26	0.19	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.07	0.13	0.16	0.11	0.27	0.22	0.14	0.00	0.00
12	-7.76	-5.81	-4.63	-2.85	-2.23	-1.85	-2.11	-2.12	-2.15	-3.29	-5.31	-7.71
13	-23.88	-19.60	-16.54	-9.45	-6.10	-4.66	-5.01	-4.36	-4.83	-9.32	-16.67	-23.39
14	-18.99	-15.46	-12.71	-7.89	-6.05	-4.88	-5.17	-4.68	-5.29	-8.32	-13.44	-16.90
15	1.79	1.61	1.79	1.73	1.72	1.60	1.55	1.62	1.69	1.79	1.73	1.79
16	2.38	3.48	6.18	8.26	11.47	12.77	13.20	10.45	7.10	4.90	2.63	2.03
17	55.29	44.00	33.16	15.08	3.90	0.29	0.03	0.08	3.09	16.00	36.96	52.07

Tabela 8. Rezultati simulacije za WC (zona 4)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	15.35	15.55	16.51	18.80	22.24	24.05	25.70	25.20	21.99	18.86	16.29	15.32
2	15.70	16.05	17.25	19.31	22.61	24.34	26.01	25.48	22.37	19.45	16.97	15.73
3	15.53	15.80	16.88	19.06	22.42	24.20	25.86	25.34	22.18	19.15	16.63	15.53
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
6	-11.21	-8.72	-5.26	-2.31	-0.08	0.76	1.09	1.73	0.43	-1.93	-6.58	-10.95
7	-0.07	-0.10	-0.09	-0.39	-0.10	-0.23	0.03	-0.16	0.43	0.37	0.31	0.03
8	-0.04	-0.10	-0.03	-0.25	-0.03	-0.19	0.02	-0.07	0.25	0.24	0.19	0.01
9	14.06	13.12	12.77	6.89	2.62	1.26	0.85	0.27	1.17	6.08	12.65	14.05
14	-4.11	-4.83	-7.40	-5.70	-4.83	-3.82	-3.93	-3.83	-4.77	-6.81	-6.69	-4.54
15	3.37	3.04	3.38	2.96	2.53	2.31	2.05	2.15	2.57	3.00	3.24	3.52
17	0.41	0.33	0.28	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.27	0.49

Tabela 9. Rezultati simulacije za kupatilo (zona 5)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	19.58	19.81	20.43	21.24	22.87	23.80	25.18	24.86	22.71	21.36	20.34	19.42
2	17.79	18.09	19.00	20.29	22.65	23.94	25.49	25.14	22.58	20.49	18.85	17.75
3	18.68	18.95	19.71	20.77	22.76	23.87	25.33	25.00	22.64	20.93	19.60	18.59
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
6	-10.58	-8.49	-5.99	-2.88	-0.44	0.58	0.91	1.11	-0.39	-3.02	-7.01	-10.30
7	-0.06	-0.06	-0.06	-0.18	-0.09	-0.19	0.03	-0.18	0.39	0.21	0.18	0.01
8	-0.03	-0.05	-0.02	-0.10	-0.04	-0.16	0.02	-0.08	0.22	0.13	0.11	0.00
9	-11.03	-9.41	-9.22	-6.47	-2.64	-0.53	0.03	0.08	-2.58	-6.35	-8.92	-10.32
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	-16.26	-14.37	-17.57	-11.40	-6.47	-3.90	-3.40	-3.49	-6.27	-12.71	-16.88	-18.14
15	2.84	2.54	2.81	2.59	2.42	2.34	2.13	2.21	2.45	2.60	2.69	2.97
17	31.83	27.93	29.64	18.38	7.29	1.87	0.29	0.39	6.20	19.11	29.23	32.58

Tabela 10. Rezultati simulacije za trpezariju (zona 6)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17.13	17.50	18.21	19.21	21.36	22.78	24.23	24.17	21.27	19.31	18.21	17.20
2	16.27	16.72	17.76	19.17	21.82	23.32	24.87	24.77	21.91	19.53	17.72	16.37
3	16.70	17.11	17.98	19.19	21.59	23.05	24.55	24.47	21.59	19.42	17.96	16.79
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
6	-3.99	-3.25	-2.50	-1.18	-0.19	0.23	0.28	0.08	-0.48	-1.44	-2.78	-3.88
7	-0.02	-0.04	-0.06	-0.26	-0.05	-0.29	0.03	-0.15	0.36	0.36	0.16	0.04
8	-0.01	-0.04	-0.03	-0.16	-0.00	-0.22	0.02	-0.06	0.20	0.22	0.10	0.03
9	-0.66	-0.41	0.45	1.13	2.22	2.25	2.59	2.61	2.71	1.97	0.26	-0.78
10	0.00	0.00	0.00	0.14	0.37	0.53	0.49	0.55	0.29	0.18	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.28	0.47	0.41	0.43	0.23	0.11	0.00	0.00
13	-23.31	-19.21	-16.35	-9.23	-5.41	-3.59	-3.77	-3.81	-4.72	-9.37	-16.58	-22.87
14	-17.03	-14.48	-12.57	-7.29	-5.07	-3.75	-3.87	-4.13	-5.12	-8.22	-13.22	-15.35
15	3.68	3.25	3.58	3.31	2.95	2.72	2.42	2.44	2.99	3.34	3.43	3.81
17	58.03	47.47	37.64	17.77	5.12	0.58	0.15	0.19	3.19	16.31	38.92	55.63

Tabela 11. Rezultati simulacije za kuhinju (zona 7)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17.47	17.74	18.30	19.27	21.51	22.98	24.46	24.48	21.62	19.46	18.31	17.50
2	16.33	16.84	18.03	19.38	22.16	23.72	25.30	25.35	22.54	19.98	17.94	16.40
3	16.90	17.29	18.17	19.32	21.83	23.35	24.88	24.91	22.08	19.72	18.13	16.95
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
5	-0.77	-0.68	-0.44	-0.01	0.41	0.53	0.57	0.78	0.53	0.25	-0.35	-0.63
6	-2.75	-2.17	-1.51	-0.72	-0.03	0.10	0.16	0.27	0.02	-0.47	-1.56	-2.69
7	-0.04	-0.09	-0.01	-0.30	-0.07	-0.26	0.01	-0.15	0.32	0.43	0.19	0.04
8	-0.02	-0.12	0.06	-0.19	-0.03	-0.21	-0.00	-0.05	0.15	0.27	0.15	0.02
9	-8.39	-7.14	-5.82	-3.96	-2.28	-1.66	-1.53	-2.05	-1.82	-3.18	-5.08	-7.64
10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.29	0.41	0.34	0.38	0.16	0.12	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.27	0.44	0.37	0.39	0.17	0.10	0.00	0.00
12	-3.74	-2.87	-2.42	-1.37	-0.98	-0.76	-0.85	-0.96	-1.06	-1.69	-2.65	-3.71
13	-23.77	-19.51	-16.47	-9.26	-5.50	-3.71	-3.91	-4.02	-5.00	-9.49	-16.72	-23.29
14	-19.09	-15.50	-12.69	-7.35	-5.16	-3.79	-3.93	-4.21	-5.29	-8.42	-13.41	-16.98
15	3.55	3.17	3.57	3.31	2.95	2.71	2.41	2.43	2.96	3.33	3.40	3.70
16	3.75	4.59	6.69	5.97	6.39	6.03	6.43	7.28	6.73	6.68	4.99	2.97
17	51.36	40.44	29.20	13.95	4.00	0.39	0.09	0.11	2.36	12.36	31.14	47.97

Tabela 12. Rezultati simulacije za ostavu (zona 8)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	11.84	12.78	15.31	17.15	20.81	22.95	24.57	24.47	21.52	17.84	15.17	12.32
2	11.57	12.51	15.18	17.32	21.25	23.33	25.00	24.89	22.02	18.35	15.12	12.05
3	11.70	12.64	15.25	17.23	21.03	23.14	24.79	24.68	21.77	18.09	15.15	12.18
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
6	-12.79	-10.27	-7.06	-2.81	0.65	1.26	1.71	1.93	0.43	-1.86	-7.77	-12.58
7	-0.01	-0.10	-0.17	-0.48	-0.16	-0.15	0.01	-0.23	0.43	0.51	0.39	0.28
8	-0.01	-0.07	-0.08	-0.29	-0.07	-0.13	0.01	-0.12	0.24	0.31	0.23	0.15
9	9.24	7.29	4.83	3.65	1.90	0.85	0.68	0.81	1.56	3.89	5.35	8.47
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	-0.02	-0.91	-2.84	-4.89	-4.23	-4.56	-4.59	-5.24	-5.61	-1.35	0.00
15	3.57	3.17	3.40	3.05	2.63	2.39	2.12	2.18	2.54	3.01	3.26	3.68

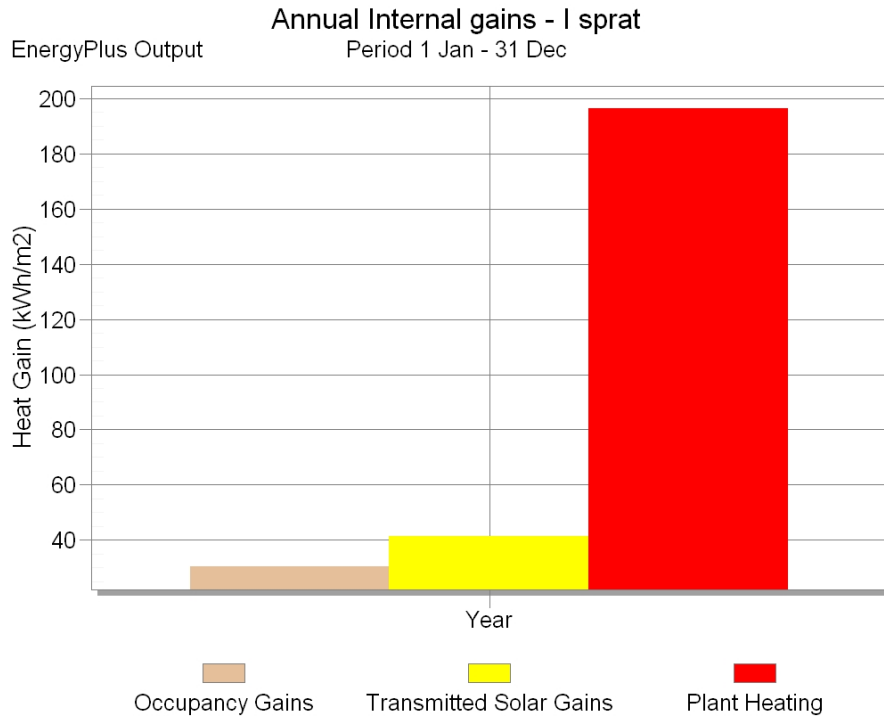
Tabela 13. Rezultati simulacije za predsoblje (zona 9)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17.46	17.83	18.69	20.01	22.68	24.23	25.80	25.38	22.40	20.13	18.56	17.54
2	17.03	17.42	18.36	19.85	22.66	24.22	25.83	25.40	22.44	20.01	18.21	17.08
3	17.25	17.63	18.53	19.93	22.67	24.23	25.82	25.39	22.42	20.07	18.39	17.31
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
7	-0.03	-0.04	-0.09	-0.28	-0.10	-0.22	0.03	-0.17	0.41	0.32	0.18	0.04
8	-0.02	-0.04	-0.05	-0.18	-0.04	-0.18	0.02	-0.08	0.25	0.21	0.11	0.03
9	-5.34	-4.59	-4.08	-2.11	-1.24	-0.83	-0.86	-0.68	-1.66	-2.81	-4.53	-5.87
15	3.08	2.74	3.02	2.75	2.42	2.23	1.96	2.06	2.47	2.77	2.90	3.20

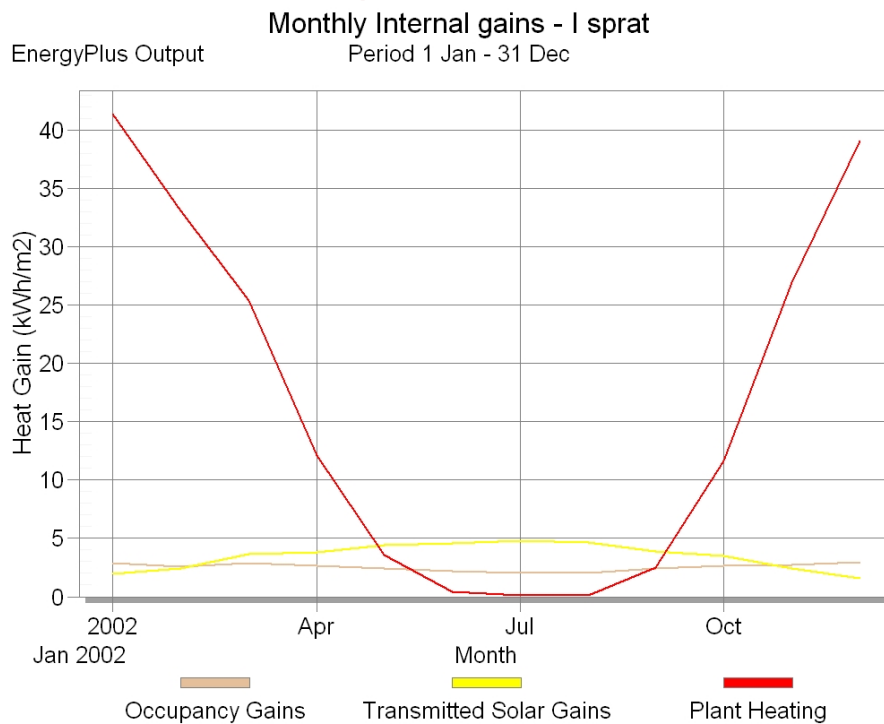
Tabela 14. Rezultati simulacije za stepenište (zona 10)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	12.00	12.69	14.84	17.22	21.10	23.19	24.72	24.51	21.93	18.38	15.17	12.52
2	11.93	12.60	14.77	17.19	21.17	23.25	24.82	24.58	22.12	18.57	15.23	12.45
3	11.97	12.65	14.80	17.21	21.13	23.22	24.77	24.55	22.02	18.47	15.20	12.49
4	-0.02	1.66	5.91	12.03	17.46	20.32	21.65	21.62	17.72	12.30	5.41	0.44
7	0.13	-0.04	-0.23	-0.45	-0.23	-0.06	-0.03	-0.23	0.47	0.39	0.37	0.28
8	-4.81	-4.04	-3.30	-1.70	-0.56	-0.27	-0.15	-0.13	-0.80	-1.76	-3.32	-4.69
9	3.11	2.53	2.01	0.96	0.27	-0.16	0.05	-0.03	0.57	1.53	2.23	2.80
10	0.01	0.01	0.02	0.11	0.21	0.24	0.22	0.25	0.13	0.10	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.20	0.24	0.22	0.25	0.13	0.10	0.00	0.00
13	-4.10	-3.37	-3.00	-1.76	-1.39	-1.14	-1.20	-1.18	-1.44	-2.09	-3.17	-4.15
14	0.00	0.00	-0.09	-0.63	-0.63	-0.47	-0.47	-0.45	-0.67	-1.08	-0.36	0.00
15	2.56	2.26	2.37	2.05	1.69	1.49	1.31	1.35	1.61	1.97	2.23	2.64

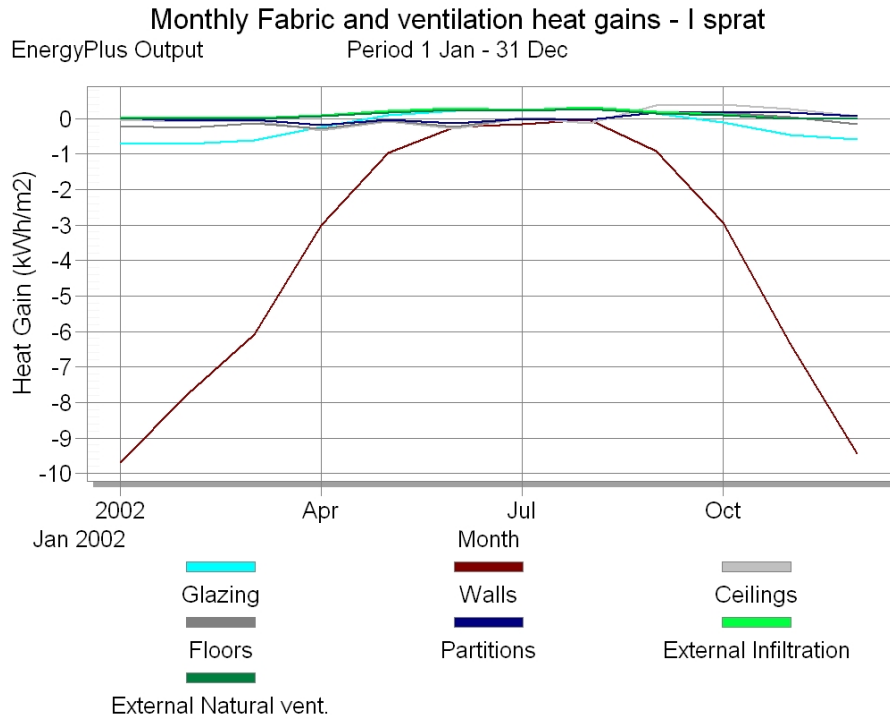
Slika 23. Godišnji dobici toplote za ceo stan



Slika 24. Mesečni dobici toplote za ceo stan



Slika 25. Mesečni spoljni dobici toplote za ceo stan



ANALIZA REZULTATA

U zimskom i prelaznom periodu su primenom dihtovanih prozora trakama i silikonskih premaza fasade uz mere konzervacije fasade sa spoljne strane, dobijene uštede toplotne energije na grejanju u iznosu od oko 10% za ekstrapolaciju za 2003 godinu. Numerička simulacija pokazuje da za realnu 2002 godinu, na osnovu godišnjih merenja spoljne temperature, ukupna ušteda potrošnja energije za grejanje može biti i 19.6%.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Cilj projekta EE 197 B je da razvijena metodologija detaljne numeričke simulacije pomogne u procesu analize pojedinih parametara pri uvođenju 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, može da se izvrši precizna simulacija i analiza uticaja 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.

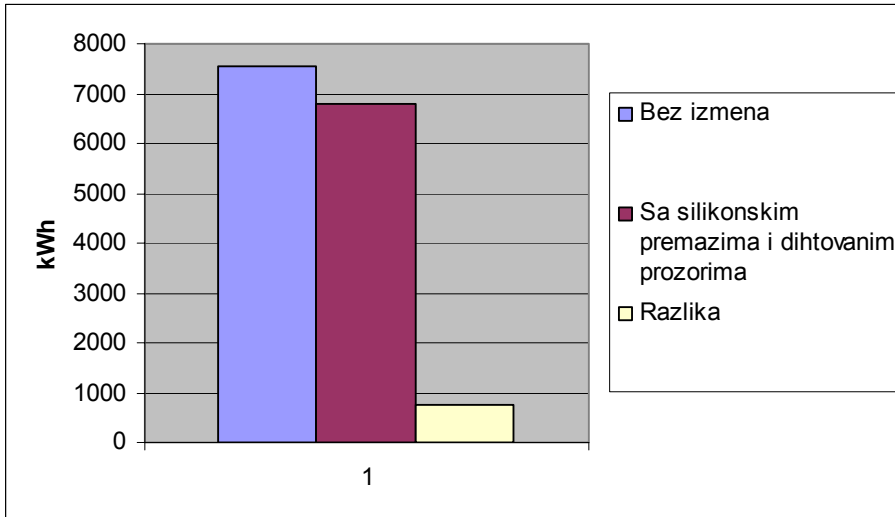
Pri numeričkoj simulaciji (vidi Prilog 1.) korišćeni realni izmereni podaci o vazdušnoj propustljivosti stanova na oglednom objektu u Bul. AVNOJ-a 213, Novi Beograd:

Stan/sprat	Datum	Temperatura	Broj izmena vazduha na čas
Stan 3 - I sprat	18 Nov 2004.	4°C	6.4 i/h
Stan 8 - II sprat	17 Maj 2005.	18°C	13.3 i/h
Stan 13 - III sprat	18 Nov 2004.	4°C	5.0 i/h
	17 Maj 2005.	18°C	4.5 i/h

Na Slici 53. prikazan je dijagram izračunate ukupne uštede toplotne energije u referentnoj sezoni grejanja u oglednom stanu sa dihtovanim prozorima i silikonskim premazima u odnosu na ogledni stan u kom nisu vršene izmene.

Analiza pokazuje da se realne uštede kreću u granicama od 10 %.

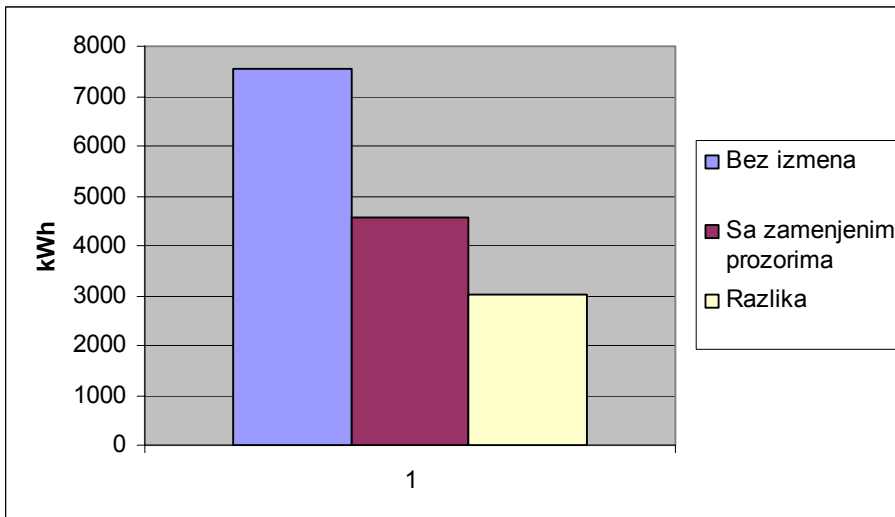
Slika 53. Dijagram ukupne uštede toplotne energije u oglednom stanu sa dihtovanim prozorima i silikonskim pemazima



Na slici 54. prikazan je dijagram izračunate ukupne uštede toplotne energije u referentnoj sezoni grejanja (2002/2003) u oglednom stanu sa ugrađenim novim PVC prozorima u odnosu na ogledni stan u kom nisu vršene izmene.

Analiza pokazuje da se realne uštede kreću u granicama od 40 %.

Slika 54. Dijagram ukupne uštede toplotne energije u oglednom stanu sa novim PVC prozorima



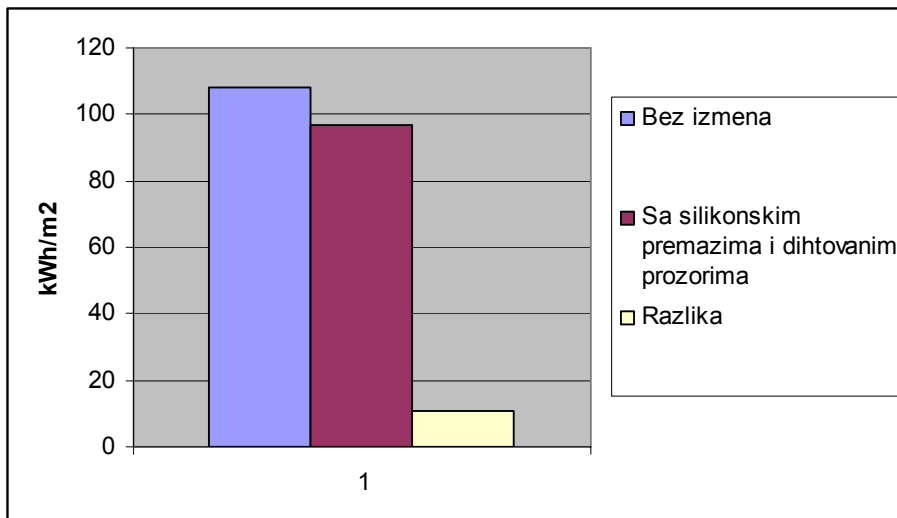
Projektom su prikazane sledeće uštede energije u zimskom i letnjem periodu.

- Uštede energije za grejanje na osnovu merenja sprovedenih na projektu 198 u kratkom vremenskom intervalu 2003 godine i važećih propisa, ekstrapolirane na celu godinu za sva tri stana;
- Uštede ukupne energije za grejanje za 2002 godinu na osnovu numeričke simulacije potrošnje i doprinosa svih vrsta energije za sva tri stana;
- Uštede energije za hlađenje-klimatizaciju prostorija u letnjem periodu/

Na dijagramima i slikama su prikazane sledeće uštede:

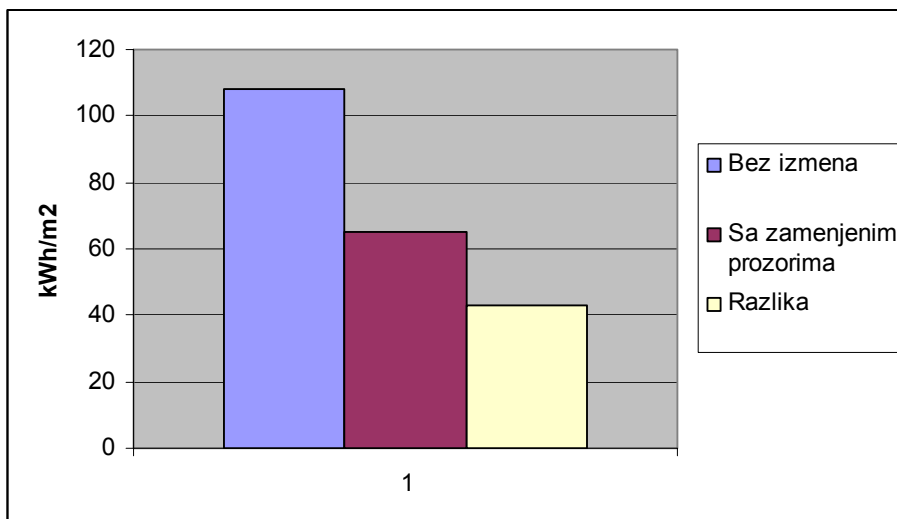
1. U zimskom i prelaznom periodu su primenom dihtovanih prozora trakama i silikonskih premaza fasade uz mere konzervacije fasade sa spoljne strane, dobijene uštede toplotne energije na grejanju u iznosu od oko 10% za ekstrapolaciju za 2003 godinu. Međutim, numerička simulacija pokazuje da za realnu 2002 godinu, na osnovu godišnjih merenja spoljne temperature, ukupna ušteda potrošnja energije za grejanje može biti i 19.6%.

Slika 55. Energetske uštede dobijene postupkom kontervacije fasade (2003 godina)



2. Zamenom starih drvenih prozora sa novim PVC prozorima, i popravkom otvora u špaletnama oko prozora iznutra dobijene su uštede toplotne energije na grejanju u iznosu do 40% za ekstrapolaciju za 2003 godinu.

Slika 56. Energetske uštede dobijene postupkom zamene prozora (2003 godina)



Numerička simulacija pokazuje da za realnu 2002 godinu, na osnovu godišnjih merenja spoljne temperature, ukupna ušteda potrošnja energije za grejanje može biti 33.2%.

Interesantna je uočena pojava da su dobitci na grejanju u zimskom periodu usled boravka i rada ljudi u prostoriji oko 20 kWh/m², a usled dobitaka od sunčeve energije i do 40 kWh/m².

Ni jedna od izmerenih prostorija ne zadovoljava prema našim standardima za vazдушnu propustljivost stana (2 izmene vazduha na sat). Na Slikama 57 i 58 prikazani su nedostaci analiziranog građevinskog objekta koji utiču na vrednosti broja izmena vazduha na sat.

Slika 57. Spoljna oštećenja fasade i dotrajalost stolarije (2004 godina)



Ovaj parametar (zaptivenost fasade) se pokazao kao najznačajniji uzrok energetske gubitaka u zgradama.

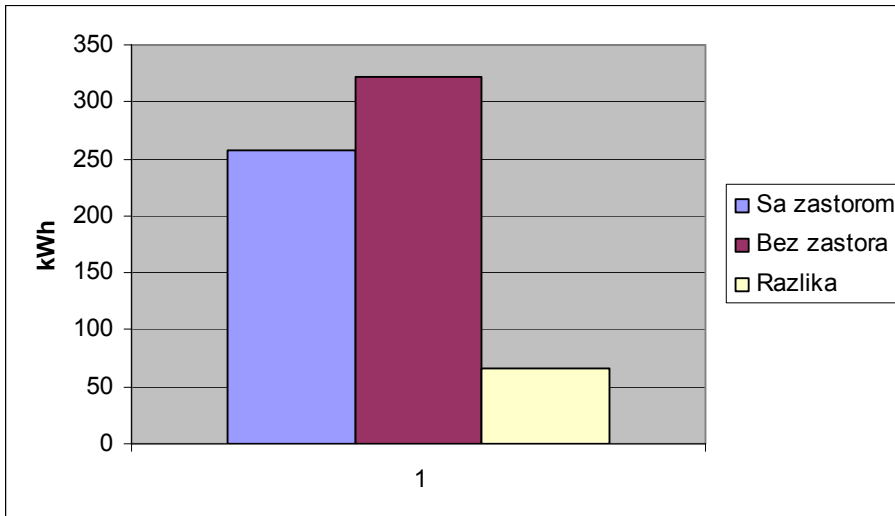
Slika 58. Pukotina ispod prozora i spoljna sanacija fasade (2004 godina)



Preduzete sanacione mere su značajno smanjile potrošnju energije za grejanje, ali nisu stanove doveli u potrebno stanje.

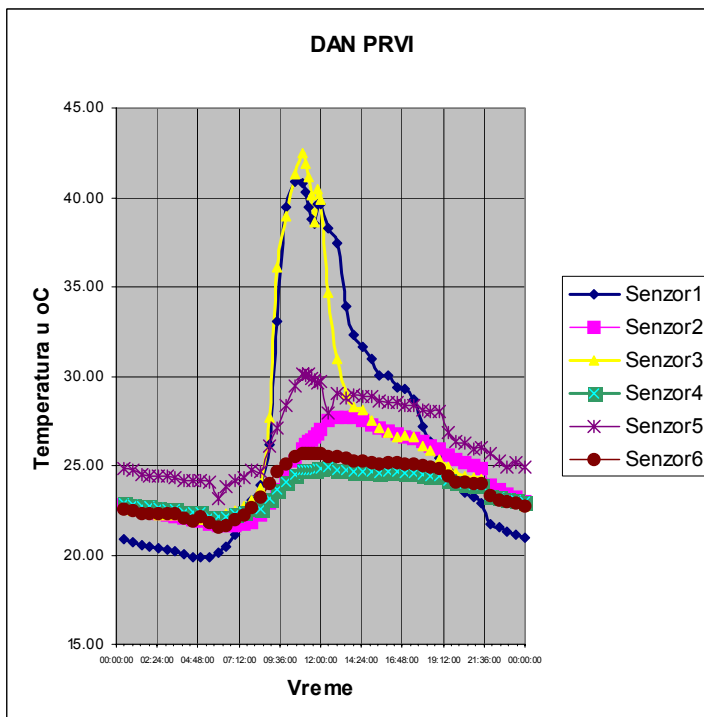
3. U letnjem periodu ispitan je efekat korišćenja zastora u prostoriji na jugoistočnoj strani sa ugrađenom rashladnom "split" jedinicom dobijene su uštede u električnoj energiji za hlađenje u iznosu od oko 20%.

Slika 59. Energetske uštede dobijene korišćenjem zastora leti (2003 godina)



Za potrebe daljeg nastavka simulacije problema hlađenja i klimatizacije napravljen je po zahtevima krajnjeg korisnika projekta prototip mernog sistema za merenje temperaturnog polja u zgradama i izvršena su baždarna merenja.

Slika 60. Izmerene letnje temperature na karakterističnim mestima u prostoriji u toku jednog letnjeg dana (juni 2005 godina)



LITERATURA

- [1] B.Todorović: Projektovanje sistema centralnog grejanja, Mašinski fakultet, Beograd, 1995. god.
- [2] P.Vasiljević: Rezultati merenja potrošnje energije na objektu u bloku 34, Novi Beograd, Seminar "Energetska efikasnost zgrada", Beograd, 2005. god.

PRILOG BR.1

METODOLOGIJA PRORAČUNA BROJA PROSEČNIH IZMENA VAZDUHA NA OSNOVU IZMERENIH VREDNOSTI U KARAKTERISTIČNOJ PROSTORIJI STANA

Infiltracija spoljnog vazduha u neku prostoriju je posledica procepa u građevinskoj konstrukciji i razlike pritisaka sa spoljnje i unutrašnje strane građevinske konstrukcije. Ova razlika pritisaka nastaje pod uticajem vetra, uzgonskih sila nastalih zbog razlike temperatura spoljnog i unutrašnjeg vazduha, kao i usled rada mehaničkih ventilacionih sistema.

Ukupna razlika pritisaka iznosi:

$$\Delta p = \Delta p_v + \Delta p_u + \Delta p_m \text{ [Pa]}$$

gde je:

$$\Delta p_v = s^2 \cdot C_p \cdot \rho_0 \cdot \frac{w_H}{2} \text{ [Pa]}$$

s – koeficijent zaklona koji uzima u obzir položaj zgrade u odnosu na okolne prepreke – okolne zgrade, drveće i sl. (korišćeni podaci iz [1])

C_p – koeficijent pritiska koji uzima u obzir pravac vetra koji napada posmatranu površinu i položaj posmatrane površine na zgradi (korišćeni podaci iz [1])

ρ_0 – gustina spoljnog vazduha [kg/m³]

w_H – srednja lokalna brzina vetra na visini zgrade [m/s]

Srednja lokalna brzina vetra za pojedine prostorije je određena na osnovu ruže vetrova za Beograd, a preračunavanje na lokalne uslove je izvršeno prema sledećem modelu [1]:

$$w_H = w_{met} \cdot \left(\frac{\delta_{met}}{H_{met}} \right)^{a_{met}} \cdot \left(\frac{H}{\delta} \right)^a \text{ [m/s]}$$

gde se oznake sa indeksom *met* odnose na lokaciju meteorološke stanice, dok se oznake bez indeksa odnose na lokaciju posmatrane zgrade.

δ – debljina atmosferskog graničnog sloja [m]

Ako se zanemare promene temperatura po visini procepa, razlika pritisaka usled uzgonskih sila je data sledećom jednačinom:

$$\Delta p_u = \rho_0 \cdot g \cdot \left(\frac{T_i - T_0}{T_i} \right) \cdot (H_{npl} - h) \cdot f \text{ [Pa]}$$

g – gravitaciono ubrzanje [m/s²]

T_i – temperatura unutrašnjeg vazduha [K]

T_0 – temperatura spoljnog vazduha [K]

H_{npl} – visina neutralnog nivoa na kome je $\Delta p_u = 0$ [m]

h – visina sredine posmatrane građevinske konstrukcije tj. procepa [m] (može se ovako zadati sa obzirom na linearnu promenu razlike pritiska po visini)

f – koeficijent uzgona koji uzima u obzir smanjenje uzgona zbog pregrada u samoj zgradi. Na osnovu arhitekture posmatrane zgrade i podataka iz literature [1] uzeto je da je zavisno od prostorije $f=0,5-0,8$.

U simulaciji je za unutrašnju temperaturu T_i uzeta procenjena srednja temperatura vazduha u zgradi od 15°C , dok je za spoljašnju temperaturu T_o uzeta srednja časovna spoljašnja temperatura za posmatrani period sezone grejanja koja prema ASHRAE podacima za 2002. godinu iznosi $4,6^{\circ}\text{C}$.

Razlika pritiska usled mehaničke ventilacije nastaje zbog unutrašnjih promena pritiska koje izazivaju ventilacioni sistemi što se kompenzuje većom ili manjom infiltracijom spoljnog vazduha kroz procepe u građevinskoj konstrukciji. U ovom razmatranju će ovaj uticaj biti zanemaren sa obzirom na veličinu i položaj prostorija koje imaju mehaničku ventilaciju (WC i kupatilo).

Protok vazduha koji kroz procepe ulazi u posmatranu prostoriju iznosi:

$$\dot{V} = \sum (a \cdot l)_s \cdot \Delta p^n \quad [\text{m}^3 / \text{h}]$$

Može se uzeti da je tipična vrednost za n 0,67.

Merenje je vršeno u spavaćoj sobi br.1 pri razlici pritiska od 50 Pa, i to za svaki od tri posmatrana stana. Infiltracija je svedena na procepe spoljnih prozora i vrata pa je određena srednja propustljivost a_{sr} [$\text{m}^3/(\text{mh}(\text{Pa})^n)$], i ona je uzeta kao merodavna za ceo posmatrani stan.

Na ovaj način su određeni brojevi prosečnih izmena vazduha za svaku prostoriju posmatranih stanova prema:

$$n_i = \frac{\dot{V}_i}{V_i} \quad [1/\text{h}]$$

LITERATURA

- [1] ASHRAE Handbook of Fundamentals 2001
- [2] G. van Moeseke et al. – Wind pressure distribution influence on natural ventilation for different incidences and environment densities, Energy and Buildings, 2004.