

# O optimalnoj orijentaciji zgrade

Nenad Miloradović, dipl. maš. inž.

JKP Beogradske elektrane

[nesoni2@mts.rs](mailto:nesoni2@mts.rs)

# Uvod

U današnje vreme, kada raspoložemo moćnim softverskim alatima i meteorološkim bazama podataka, možemo postaviti pitanje koje je veoma staro: koja je najbolja orijentacija zgrade iz aspekta energetske efikasnosti i potrošnje energenata za njeno zagrevanje i hlađenje, a imajući u vidu njeno prirodno okruženje i uslove ugodnosti u njoj?

# Uvod

Budući da na našim geografskim prostorima imamo zimsku i letnju sezonu korišćenja zgrade koje diktiraju potrebe za grejanjem odnosno hlađenjem, samo uslovno tačnim možemo smatrati uobičajeno mišljenje da je južna orijentacija najpovoljnija, jer može da prihvati najviše Sunčevog zračenja. Još je Sokrat, starogrčki filozof iz IV veka pre n.e. smatrao da veće strane kuće treba orijentisati prema jugu. Međutim, detaljnija analiza pokazuje da zbog letnje sezone ovaj stav moramo korigovati.

# Uvod

Optimalna orijentacija objekta zavisi od više faktora koji imaju uticaj na termičko ponašanje objekta. To su faktori koji imaju različite vrednosti po azimutu i oni se grubo mogu podeliti na:

- meteorološke,
- astronomske,
- geografske.

# Uvod

U meteorološke faktore ubrajaju se:

- spoljna temperatura (različita toplotna opterećenja po pravcima tokom dana),
- jačina Sunčevog zračenja (koje je promenljivo po pravcima kako tokom dana, tako i tokom godine),
- brzine i pravac vetrova.

Astronomski faktori su:

- položaji izlaska i zalaska, kao i položaj Sunca,

Geografski faktori su:

- konfiguracija terena koja utiče na izgled linije horizonta i
- geografske koordinate.

# Uvod

U analizi koja koristi program Microsoft Excel možemo proračunati vrednosti koji utiču na optimalnu orijentaciju zgrade. Ovaj program je pogodan jer je veoma dostupan, može sabrati sume pojedinih faktora na godišnjem nivou i predstaviti podatke u radar dijagramu, a koji su značajni za ilustraciju analize optimalne orijentacije.

# Uvod

Od meteoroloških baza podataka može se za analizu koristiti program METEONORM i njegove tipične meteorološke godine koje sadrže podatke o meteorološkim parametrima na časovnom nivou za celu godinu.

U radu je kao primer korišćena tipična meteorološka godina za Beograd iz programa METEONORM. Astronomske podaci mogu biti korišćeni iz primera proračuna položaja Sunca iz poznate literature vezane za primenu u solarnoj energetici. Geografski ulazni podaci mogu biti precizno određeni primenom geodetskog snimanja postojeće linije horizonta na lokaciji, a mogu se koristiti i situacioni planovi lokacije koji sadrže precizne podatke o kotama terena.

# Astronomski uticaji

Iz literature [5] preuzete su formule za izračunavanje sledećih parametara na časovnom nivou: časovni ugao, visina Sunca i azimut Sunca.

Ti položaji Sunca proračunati su za celu godinu korišćenjem programa Microsoft Excel i nalaze se u kolonama od 8.760 redova.

Ovi parametri zavise od geografskih koordinata i ugla deklinacije  $\delta$ , a koji pak zavisi od rednog broja dana u godini. Korišćene formule nisu astronomski precizne, ali imaju zadovoljavajuću tačnost za primenu u solarnoj energetici.



# Astronomski uticaji

Važnost ovih astronomskih podataka je velika jer omogućuje sagledavanje jačine Sunčevog zračenja po pravcima.

Takođe, može se preračunavati vrednost jačine Sunčevog zračenja na površinama koje nisu horizontalne.

Sve ovo omogućava izradu radar-dijagrama koji predstavlja uticaj Sunčevog zračenja po pravcima na godišnjem nivou.

Analiza podataka za celu godinu, kao i definisanje uslova za potrebe grejanja ili hlađenja, daje mogućnost izrade radar-dijagrama.

Ovo je izuzetno važno za odabir optimalne orijentacije, jer uticaj Sunčevog zračenja postoji na svakoj otvorenoj lokaciji.

# Geografski uticaji

Glavni geografski ulazni podaci su geografske koordinate i konfiguracija terena. Konfiguracija terena određuje liniju horizonta čime se precizno definišu trenuci izlaska i zalaska Sunca. Prisustvo okolnih objekata i vegetacije takođe utiču na izgled linije horizonta.

Precizno definisanje linije horizonta moguće je izvršiti merenjem geodetskim instrumentima, dok je za grublje procene dovoljno koristiti situacione planove koji precizno sadrže kote terena.

# Meteorološki podaci

Od meteoroloških podataka za analizu pogodno je koristiti bazu podataka tipične meteorološke godine.

Na tržištu su dostupne tipične meteorološke godine programa METEONORM.

Toplotno opterećenje zgrade nije isto po pravcima zbog promena spoljne temperature tokom dana.

Iz meteorologije i iskustva znamo da dnevni tok temperature ima svoje zakonitosti, te da su tokom dana najniže spoljne temperature pred zoru, a najviše oko 14-15h.

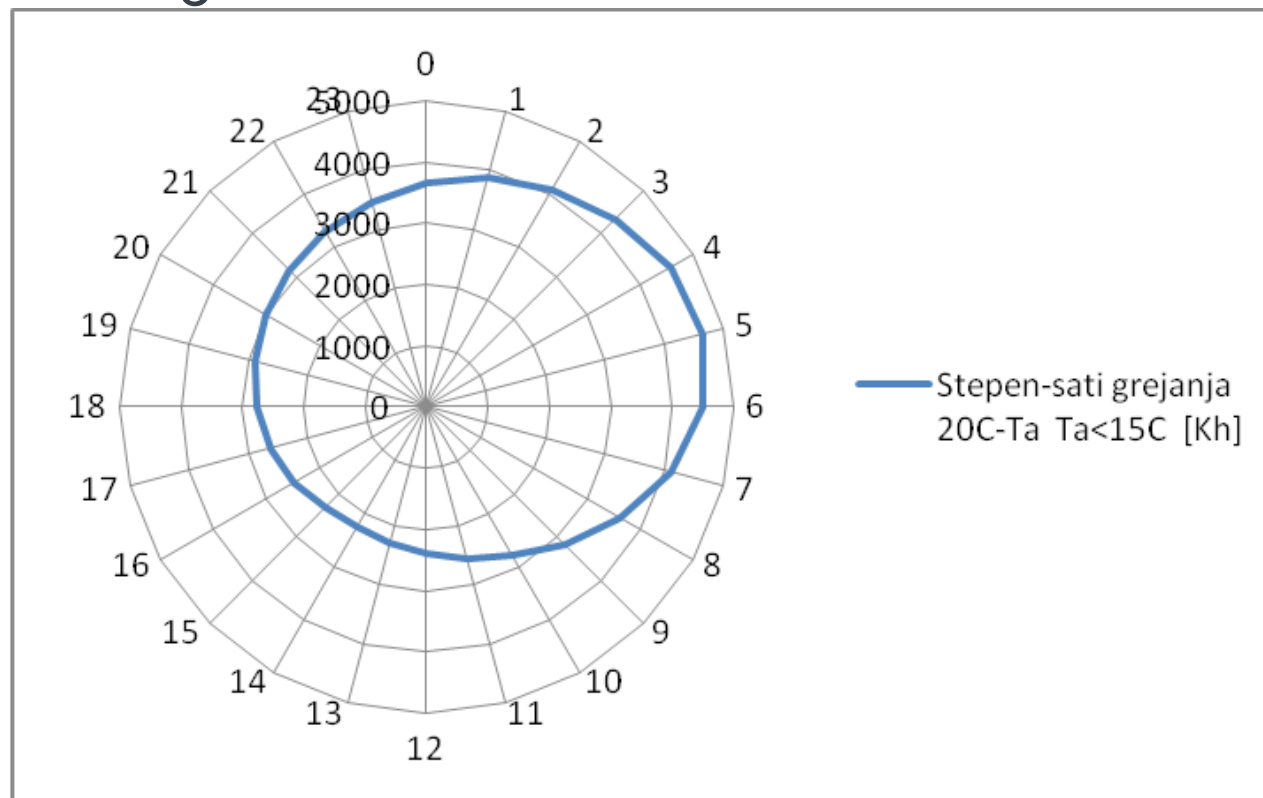
To znači i da su potrebe za grejanjem, odnosno hlađenjem različite tokom dana što značajno utiče na orijentaciju zgrade.

# Meteorološki podaci

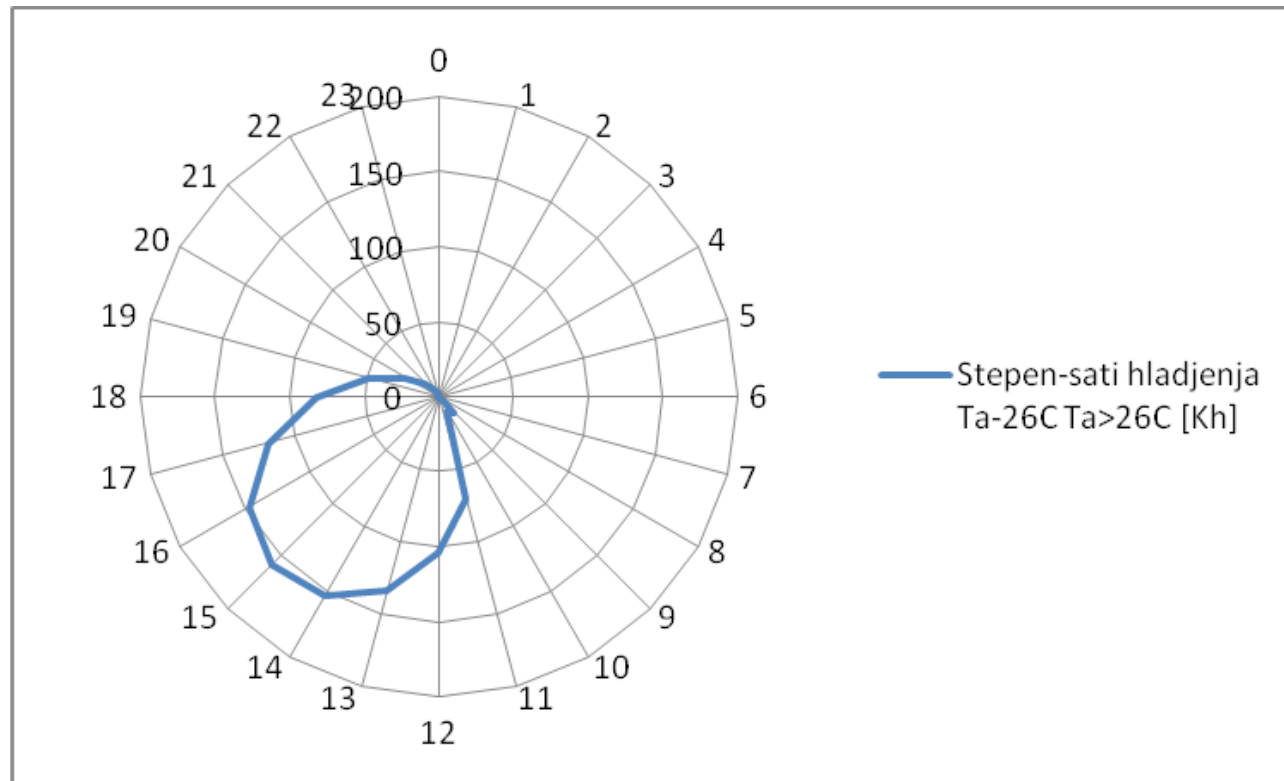
Na slikama 1 i 2 prikazani su toplotni gubici zimi i toplotno opterećenje leti po satima tokom dana na nivou cele godine za Beograd.

Oni su izraženi u stepen-satima [Kh]. Korišćenjem tipične meteorološke godine za Beograd izračunata je temperaturna razlika između unutrašnje i spoljne temperature za svaki sat tokom dana i izvršeno sumiranje na nivou cele godine.

Slika 1 – Toplotni gubici za grejanje po satima za Beograd tokom cele godine



*Slika 2 – Toplotno opterećenje za hlađenje po satima za Beograd tokom cele godine*



# Meteorološki podaci

Za potrebe grejanja pretpostavljeno je da aktivne sisteme grejanja koristimo ukoliko je spoljna temperatura niža od  $15^{\circ}\text{C}$ , a za potrebe hlađenja ukoliko je spoljna temperatura viša od  $26^{\circ}\text{C}$ .

Dobijeni podaci predstavljeni su u radar-dijagramu, gde apscisu predstavlja vreme od 0 do 23h, dok su vrednosti toplotnog opterećenja dati u [Kh] (Kelvin ili Celzijus časovima ili stepen-satima).

# Meteorološki podaci

Sunčevo zračenje treba maksimalno iskoristiti **za zagrevanje** u jutarnjim satima i zbog toga **koristiti pretežno jugoistočnu ili istočnu orijentaciju**.

U podne, kada su najveći dobici od Sunčevog zračenja za grejanje, spoljna temperatura vazduha dostiže maksimalne vrednosti, a potrebe za zagrevanjem su smanjene.

**Zbog potreba hlađenja** u letnjem periodu **najpovoljnija je severoistočna orijentacija**. Ona eliminiše dobitke Sunčevog zračenja koje je nepoželjno u popodnevним satima – kada je najveće toplotno opterećenje za hlađenje objekta usled zajedničkog dejstva visoke spoljne temperature i jačine Sunčevog zračenja.



# Meteorološki podaci

Svi dosadašnji proračuni potrebne količine toplote za grejanje bazirani su na prosečnim vrednostima spoljne temperature tokom dana, dok ovakav način proračuna predstavlja dublju analizu, a od značaja je za odabir pravilne orijentacije i daje preciznije rezultate za procene potrošnje goriva, odnosno – za mogućnost korišćenja Sunčeve energije za potrebe uslova ugodnosti u objektu.

To je omogućeno proračunavanjem u programu Microsoft Excel i korišćenjem baza podataka tipične meteorološke godine, savremenim alatima koje Sokrat nije imao.

# Stepen izolovanosti objekta

Stepen izolovanosti objekta veoma je bitan za potrebe grejanja i primenu Sunčeve energije pasivnim zahvatom. Za to je merodavan koeficijent prolaza toplote  $U$  [ $W/m^2K$ ], a zgrade mogu biti bolje ili lošije izolovane.

U Tabeli 1 su prikazane vrednosti koeficijenta prolaza toplote koje su korišćene u analizi.

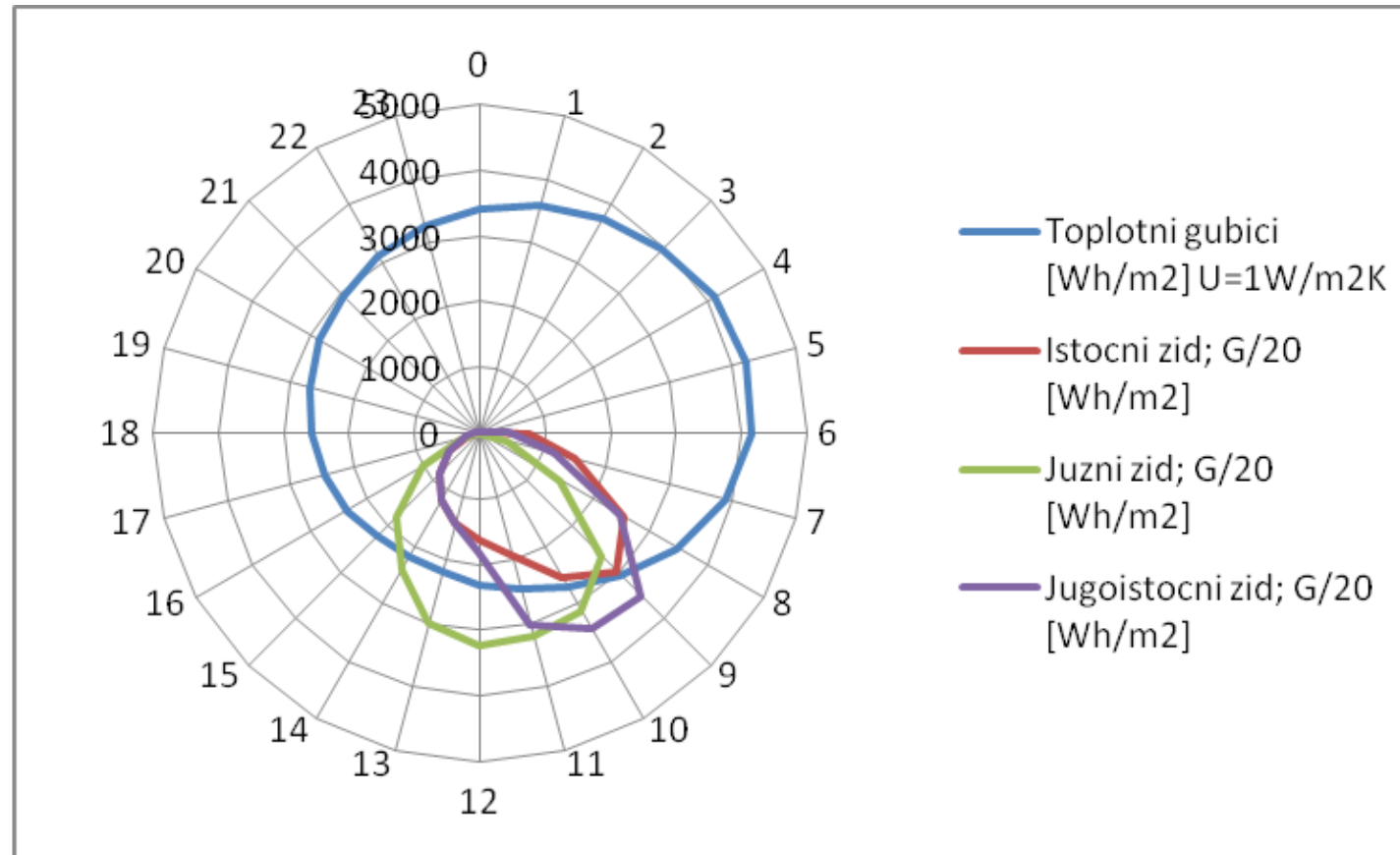
*Tabela 1 – Stepen izolovanosti zgrade, koeficijent prolaza toplote zgrade i toplotni gubici*

	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_g$ [kWh/m <sup>2</sup> god]
Lošija izolacija	1	74
Bolja izolacija	0,5	37
Pasivna kuća	0,2	14,8

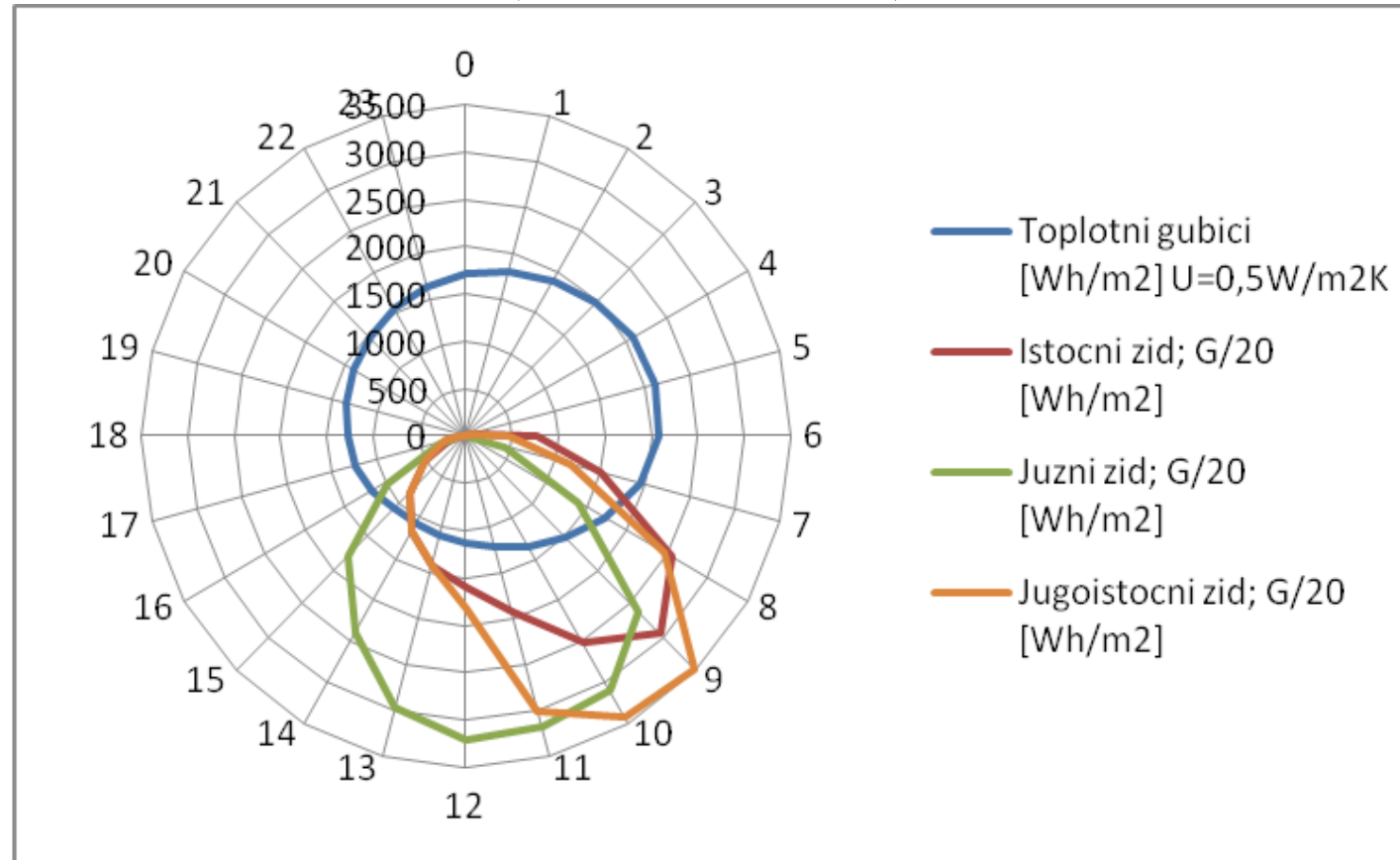
# Stepen izolovanosti objekta

Vrednosti u Tabeli 1 za koeficijente prolaza toplote  $U$  [ $W/m^2K$ ] uzete su radi ilustracije stepena izolovanosti objekta, dok su vrednosti za toplotne gubitke grejanja  $Q_g$  [ $kWh/m^2god$ ] dobijene korišćenjem baze podataka METEONORM za tipičnu meteorološku godinu za Beograd. Na sledećim slikama 3, 4 i 5 prikazana je dostupnost Sunčeve energije na istočni, južni i jugoistočni zid i toplotnih gubitaka  $Q_g$  [ $Wh/m^2god$ ] u zavisnosti od različitih pretpostavljenih vrednosti za koeficijenta prolaza toplote  $U$ .

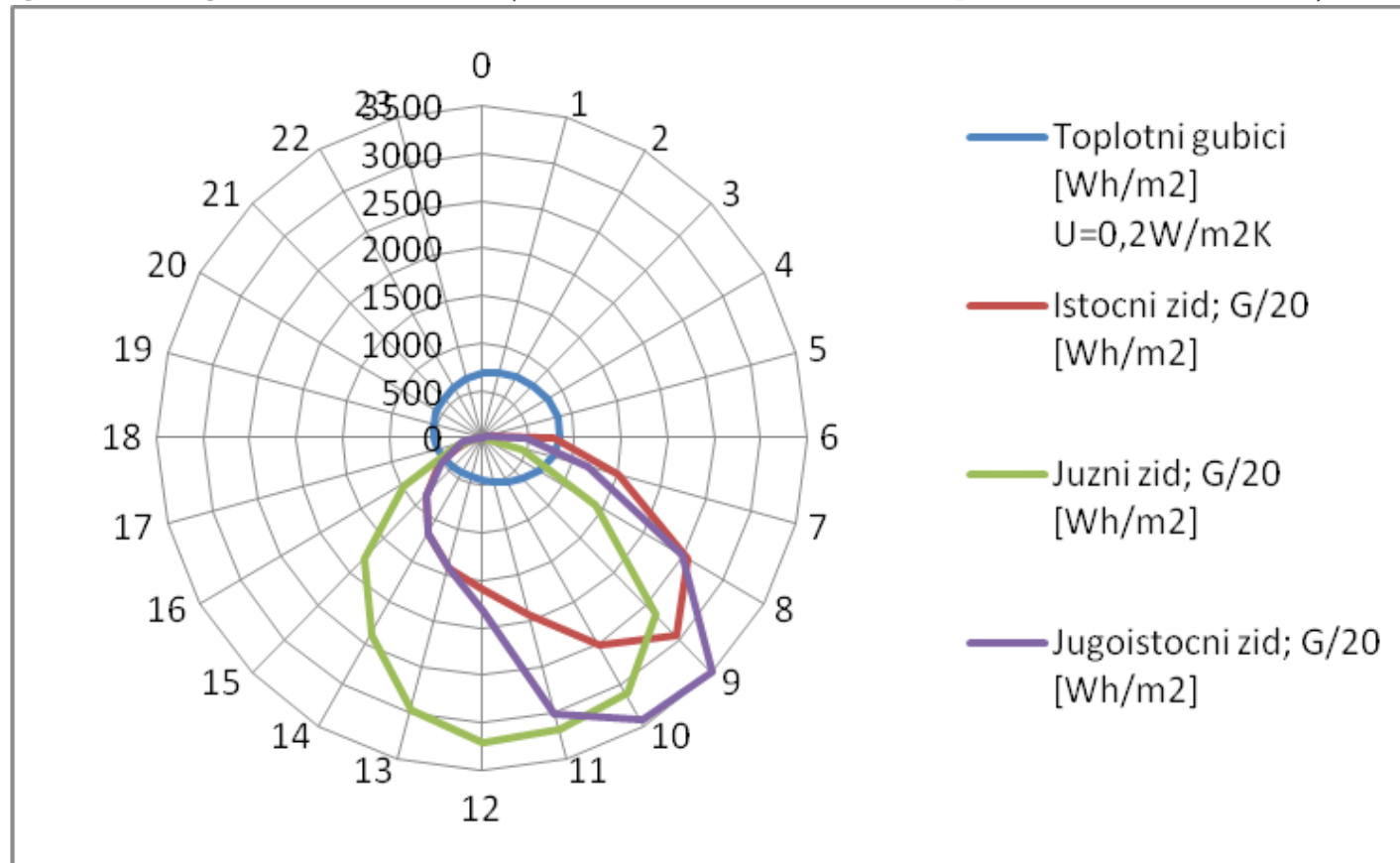
Slika 3 – Vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja po satima za Beograd tokom grejne sezone ( $G/20$  [Wh/m<sup>2</sup>]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Beograd  $Q_g$  [Wh/m<sup>2</sup>] ( $U=1$ W/m<sup>2</sup>K)



Slika 4 – Vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja po satima za Beograd tokom grejne sezone ( $G/20$  [Wh/m<sup>2</sup>]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Beograd  $Q_g$  [Wh/m<sup>2</sup>] ( $U=0,5W/m^2K$ )



Slika 5 – Vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja po satima za Beograd tokom grejne sezone ( $G/20$  [ $Wh/m^2$ ]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Beograd  $Q_g$  [ $Wh/m^2$ ] ( $U=0,2W/m^2K$  – pasivna kuća)





# Stepen izolovanosti objekta

Iz radar-dijagrama može se zaključiti da je **južna orijentacija zgrade bolja ukoliko je objekat slabije izolovan, dok su jugoistočna i istočna orijentacija bolje za objekte sa dobrom izolacijom i za pasivne kuće.**

Tada se veći deo Sunčeve energije može iskoristiti za pasivan solarni zahvat.

Pošto je kod primene Sunčeve energije veoma bitno usklađivanje njene dostupnosti i potreba za energijom, nužno je da toplotni gubici  $Q_g$  budu u što većoj meri nadomešteni Sunčevim zračenjem.

U tom slučaju površina konture  $G/20$  treba da u što većoj meri pokriva konturu  $Q_g$ .

Ove slike su grafička ilustracija gorenavedenih zaključaka o optimalnoj orijentaciji.



# Uticaj mase

U radu nije analizirana masa objekta, kao ni termička inercija objekta i akumulacija Sunčeve energije. Zidovi, podovi i nameštaj mogu da akumuliraju toplotnu Sunčevu energiju, koja se može osloboditi u periodima kada Sunčevog zračenja nema, a možemo konstruisati i posebne akumulatore toplote. Zbog toga je za lošije izolovane objekte povoljnija južna orijentacija.

# Uticaj mase

Toplota Sunčevog zračenja treba da nadomesti deo toplotnog opterećenja za grejanje, pošto ga ima znatno više nego što je potrebno.

Ovo treba imati u vidu prilikom projektovanja objekta, jer raspored masa, kao i njena količina može znatno doprineti uslovima komfora u objektu.

Prilikom gradnje pasivnih kuća omotač zgrade je lagan sa odličnim termoizolacionim karakteristikama, dok pod treba da je masivan i integrisan u tlo kako bi se iskoristila povoljna temperatura tla.

# Uticaj mase

Na taj način bi se najveći deo akumulirane Sunčeve energije oslobađao iz poda, a pod bi predstavljao svojevrsan akumulator toplote čija bi osnovna temperatura zavisila od povoljne temperature tla.

Povoljan raspored masa zidova može se poboljšati ukopavanjem ili nasipanjem zemlje sa one strane na kojoj je minimalno Sunčevo zračenje.

# Organizacija podataka u Excelu

Do sada je uglavnom vršeno proračunavanje sa prosečnim dnevnim ili mesečnim vrednostima, a ovim programom je omogućeno relativno brzo proračunavanje u 8.760 redova za svaki sat u godini, sabiranje suma na godišnjem nivou, rad sa logičkim operacijama (čime se definišu potrebni uslovi) i što je najvažnije, njime je omogućeno grafičko predstavljanje podataka u radar-dijagramu.

# Organizacija podataka u Excelu

Redovi u tabeli predstavljaju časovne vrednosti podataka u nizu tokom kalendarske godine. Kolone su grupisane tako da se određeni tipovi podataka nalaze u grupama. Tako, npr. kolone započinjemo vremenskim podacima koji sadrže tačan sat, dan i mesec u godini, a zbog korišćenja astronomskih podataka, poželjno je uvrstiti i redni broj dana u godini zbog izračunavanja ugla deklinacije  $\delta$ .

# Organizacija podataka u Excelu

Drugu grupu podataka čine geografski podaci: geografske koordinate (koje imaju konstantnu vrednost, ali zbog čestog korišćenja u astronomskim podacima o položaju Sunca treba da sve vrednosti u koloni budu iste) i definisana linija horizonta.

# Organizacija podataka u Excelu

Treću grupu podataka čine astronomski podaci koji treba da daju vrednosti za položaje Sunca po satima: časovni ugao, visina i azimut Sunca. Astronomski podaci zavise od geografskih, te zato moraju da budu u trećoj grupi podataka. Sledeća grupa obuhvata meteorološke podatke koje se koriste iz baze podataka METEONORM.

# Organizacija podataka u Excelu

Posle ubacivanja potrebnih podataka iz tipične meteorološke godine, u sledećoj grupi se vrši filtriranje podataka po casovima.

Tako će se jedna kolona odnositi samo na dati sat u toku dana.

Na taj način možemo izračunati godišnje sume i lako ih predstaviti u radar-dijagramu.

Poslednja grupa podataka se odnosi na izračunavanje osunčanosti zida zadate orijentacije i nagiba. Korišćenjem logičkih operacija mogu se dobiti sume na nivou godine.



# Organizacija podataka u Excelu



Vremenski podaci	<i>Geografski podaci</i>	Astronomski podaci	<i>Meteorološki podaci</i>	<i>Meteorološki podaci po satima u danu</i>	<i>Položaj zida</i>
01/01 1h	Geografske koordinate	Časovni ugao	Jačina Sunčevog zračenja	Meteorološki podaci filtrirani od 0 do 24h	Nagib zida prema horizontali
01/01 2h	Linija horizonta	Visina Sunca	Spoljna temperatura		Azimut zida
01/01 3h		Azimut Sunca	Brzina vetra		
01/01 4h			Pravac vetra		

# Zaključak

U radu je analiziran uticaj geografskih, astronomskih i meteoroloških podataka na izbor optimalne orijentacije zgrade. Zbog ograničenosti prostora nisu prikazani detalji proračuna i korišćene formule, a koje se mogu pronaći u poznatoj stručnoj literaturi. Takođe, ilustrovano je kako stepen izolacije utiče na izbor optimalne orijentacije zgrade. Za grafičku ilustraciju podataka korišćen je radar-dijagram iz programa Microsoft Excel.

# Zaključak

Meteorološki podaci mogu se zasnivati na bazama podataka programa METEONORM, koji sadrže meteorološke podatke kao što su spoljna temperatura vazduha, jačina Sunčevog zračenja, brzina i pravac vetrova itd. Te baze podataka su u formi tipične meteorološke godine, a u radu je kao primer korišćena tipična meteorološka godina za Beograd.

# Zaključak

Na osnovu dobijenih podataka koji su predstavljeni u radar-dijagramima dolazimo do zaključka da je za Beograd, za dobro izolovane objekte, zbog potreba grejanja optimalna jugoistočna ili istočna orijentacija, a zbog potreba hlađenja, odnosno potreba za klimatizacijom, optimalna je severoistočna orijentacija.

Kako isti objekat tokom cele godine ima funkciju održavanja potrebnog komfora i zbog grejanja i zbog hlađenja, kao kompromisno rešenje za Beograd usvaja se pretežno istočna orijentacija zgrade.

Zaključak se prvenstveno odnosi na pasivne kuće.

# Zaključak

Uobičajeno mišljenje da zgrade treba orijentisati prema jugu, jer su na toj strani najveći dobici od Sunčevog zračenja, valjalo bi korigovati imajući u vidu sve prethodno rečeno – za naše uslove najpovoljnijom se pokazuje istočna orijentacija zgrade.

Treba razlikovati orijentaciju zgrade od orijentacije prijemnika Sunčeve energije. Istočna orijentacija zgrade omogućava harmonizaciju dostupnosti Sunčeve energije (njene „proizvodnje“) i njene potrošnje (za ostvarivanje željenih temperatura u zgradi), što je važan predušlov za uspešnu primenu obnovljivih izvora energije.

# O optimalnoj orijentaciji zgrade

## HVALA NA PAŽNJI

Nenad Miloradović, dipl. maš. inž.

JKP Beogradske elektrane

[nesoni2@mts.rs](mailto:nesoni2@mts.rs)

