O OPTIMALNOJ ORIJENTACIJI ZGRADE

ABOUT THE OPTIMAL ORIENTATION OF THE BUILDING

Nenad MILORADOVIĆ*,

PUC „Beogradske elektrane“, Belgrade

<https://doi.org/10.24094/kgkh.017.48.1.281>

U današnje vreme, kada raspoložemo moćnim softverskim alatima i meteorološkim bazama podataka, možemo postaviti pitanje koje je veoma staro: koja je najbolja orijentacija zgrade imajući u vidu njeno prirodno okruženje i uslove ugodnosti u njoj? 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. Dakle, detaljnija analiza pokazuje da zbog letnje sezone i uzgrevanja u zimskom periodu, kao i dnevnih promena spoljne temperature, ovaj stav moramo korigovati.

Na optimalnu orijentaciju zgrade utiču meteorološki, astronomski i geografski parametri izabrane lokacije. Meteorološki parametri se odnose na dnevne promene spoljne temperature, jačine Sunčevog zračenja i uticaj vetra, geografski na liniju horizonta i konfiguraciju lokacije, dok astronomski podaci definišu trenutke izlaska i zalaska, kao i položaje Sunca. Svi ovi faktori zavise od azimuta i predstavljaju uticaje na prirodne energetske tokove zgrade. Zbog svega navedenog odgovor na postavljeno pitanje nije jednostavan, a u radu se za pasivne kuće preporučuje istočna orijentacija kao kompromisno rešenje između najpovoljnije severoistočne orijentacije leti i jugoistočne i istočne zimi.

Ovi uticaji koji su značajni za optimalnu orijentaciju zgrade analizirani su u EXCEL tabeli na nivou cele godine (8.760 časova) i predstavljeni u radar-dijagramima koji omogućavaju sagledavanje tih uticaja po pravcima, što je dobro iz ugla izbora povoljnih strana sveta na lokaciji. Za analizu se od meteoroloških baza podataka može 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. Astronomski podaci su uzeti u obzir preko 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, iako je u primeru pretpostavljen ravan horizont.

Za svaku konkretnu lokaciju može se proceniti optimalna orijentacija zgrade koja zavisi od navedenih parametara imajući u vidu potrebe za grejanjem i hlađenjem. Ovakve detaljne analize mogu biti od koristi arhitektama i projektantima koji se bave energetsom efikasnošću i uslovima ugodnosti u objektu.

* Author's e-mail: nenad.miloradovic@bgdel.rs

Ključne reči: orijentacija; energetska efikasnost; Sunčevo zračenje; tipična meteorološka godina; simulacija;

Nowadays, when we have powerful software tools and meteorological databases, we can ask a question that is very old: what is the best orientation of a building bearing in mind its natural environment and the conditions of its benefits? Because in our geographical areas we have winter and summer season of use buildings that dictate the need for heating or cooling, only conditionally accurate we can consider these usual opinion that the southern orientation is the best because it can hold up to solar radiation. Therefore, a more detailed analysis shows that due to the summer season and heating up in the winter, as well as daily changes in outside temperature, this attitude we need to correct.

The optimum orientation of the building is influenced by the meteorological, astronomical and geographical parameters of the selected location. Meteorological parameters related to the daily changes in ambient temperatures, the intensity of solar radiation and the wind effect, the geographic related configuration of the horizon line and the ground location and astronomical data defining the rising and setting, and also the positions of the Sun. All these factors depend on azimuth and affect the natural energy flows of the building. For all the above, answer to the question is not simple, and this work for passive houses recommends east orientation like compromise solution between best Northeast orientation in summer and Southeast and East in winter.

These effects which are of importance for optimum orientation of the building analyzed in EXCEL table for the whole year (8,760 hours) and shows up in the wake of the radar – chart there that allows her understanding of these influences along the axis, which is good from the perspective of choices over the world at the site. For the analysis of the meteorological database can use the program METEONORM and its typical meteorological year containing data on meteorological parameters on the hourly level for the whole year. In this paper, a typical meteorological year for Belgrade from the METEONORM program was used. Astronomical data consider across calculation of the position of the Sun from the well-known literature related to the application in solar energy. Geographic inputs can be accurately determined using a surveying existing line of the horizon of the site, although in the case was supposed flat horizon.

For each specific location, the optimum orientation of the building, which depends on the mentioned parameters, can be estimated considering the need for heating and cooling. Such detailed analysis can be of benefit to architects and designers who deal with energy efficiency and facility conditions.

Key words: orientation; energy efficiency; solar radiation; typical meteorological year; simulation

1. 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 sa aspekta energetske efikasnosti i potrošnje energenata za njeno zagrevanje i hlađenje, a imajući u vidu njeno prirodno okruženje i uslove ugodnosti u njoj? 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.

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 i geografske. U meteorološke faktore ubrajaju se spoljna temperatura (iako je spoljna temperatura objekta u datom trenutku ista sa svih strana objekta, u ovom slučaju imamo varijacije spoljne temperature tokom dana, te su zbog toga različita toplotna opterećenja po pravcima), jačina Sunčevog zračenja (koje je promenljivo po pravcima kako tokom dana, tako i tokom godine) i brzine i pravac vetrova. Astronomski faktori su položaji izlaska i zalaska, kao i položaji Sunca, dok u geografske faktore ubrajamo konfiguraciju terena koja utiče na izgled linije horizonta i tako diktira dobitke od Sunčevog zračenja.

Zbog toga što zgrade koristimo tokom cele godine, u analizi koja koristi program Microsoft Excel, možemo proračunati vrednosti koji utiču na optimalnu orijentaciju zgrade. Ovaj program je pogodan jer je veoma dostupan, potom mogu se sabirati sume pojedinih faktora na godišnjem nivou i predstaviti podaci u radar-dijagramu, a koji su značajni za ilustraciju analize optimalne orijentacije. Njegov nedostatak je sporost računanja podataka za 8.760 časova godišnje i veličina fajla, ali ti nedostaci su zanemarljivi u odnosu na mogućnosti koje može da pruži.

Ukoliko posedujemo podatke o promenama faktora koji utiču na toplotna opterećenja na časovnom nivou možemo izvući zaključak o tome koju bi orijentaciju trebalo preporučiti za konkretnu datu lokaciju. 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. Astronomski podaci mogu biti korišćeni iz primera proračuna položaja Sunca iz poznate literature vezane za primenu u solarnoj energici. 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.

2. Astronomski i geografski uticaji

2.1. Astronomski uticaji

Astronomski podaci o časovnom položaju Sunca takođe predstavljaju ulazne podatke u proračunu. Iz literature [5] preuzete su formule za izračunavanje sledećih parametara na časovnom nivou: časovni ugao, visina Sunca i azimut Sunca. Ti polo-

žaji 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 δ , a koji pak zavisi od rednog broja dana u godini. Korišćene formule nisu astronomske precizne, ali imaju zadovoljavajuću tačnost za primenu u solarnoj energetici. Jedino treba obratiti pažnju na položaje izlaska i zalaska Sunca, jer korišćeni proračuni ne prepoznaju uglove azimuta veće od 90° (npr. ugao azimuta od -100° biće prikazan kao -80°). Takođe, treba biti obazriv i u korišćenju formula za Južnu poluloptu.

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 (u bazi podataka METEONORM vrednosti jačine Sunčevog zračenja – globalnog, direktnog i difuznog – odnose se na horizontalnu površinu). 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 koji su prikazani na Slikama 3, 4 i 5. Ovo je izuzetno važno za odabir optimalne orijentacije, jer uticaj Sunčevog zračenja postoji na svakoj otvorenoj lokaciji.

2.2. 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. Potrebno je definisati uglove pod kojima se vidi horizont jer npr. strmo zaleđe sa jugozapadne strane može znatno da redukuje toplotno opterećenje i dobitke od Sunčevog zračenja u letnjem periodu.

Izgled linije horizonta je važan sa istočne i zapadne strane zbog trenutaka izlaska i zalaska Sunca, dok sever i jug nisu toliko bitni, jer noću nema Sunčevog zračenja, dok je preko dana Sunce uglavnom dovoljno visoko. Precizno definisanje linije horizonta moguće je izvršiti merenjem geodetskim instrumentima, dok je za grublje procene dovoljno koristiti situacione planove koji precizno sadrže kote terena. Naravno, treba imati u vidu i novoizgrađene objekte i vegetaciju, usled čega se posle izvesnog vremena, položaj linije horizonta može izmeniti.

3. Meteorološki podaci

Od meteoroloških podataka za analizu pogodno je koristiti bazu podataka tipične meteorološke godine. Na tržištu su dostupne tipične meteorološke godine programa METEONORM, a čiji su fajlovi u tm2 ili tm3 formatu. Za njihovo korišćenje u programu Microsoft Excel neophodno je te podatke konvertovati u xls fajl.

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. Ukoliko želimo

da kao energent koristimo Sunčevu energiju kao obnovljivi izvor energije moramo da prilikom orijentacije zgrade izvršimo usklađivanje ili harmonizaciju proizvodnje i potrošnje energije za potrebe zagrevanja ili hlađenja objekta. To znači da Sunčevu energiju koristimo za zagrevanje objekta onda kada je to najpotrebnije.

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. Za potrebe grejanja pretpostavljeno je da aktivne sisteme grejanja koristimo ukoliko je spoljna temperatura niža od 15°C , a za potrebe hlađenja ukoliko je spoljna temperatura viša od 26°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).

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

Iz prikazanih dijagrama možemo videti da je uključivanje aktivnog sistema grejanja potrebno za sve sate tokom dana, ali da je najveće toplotno opterećenje oko 5h ujutru. To se ogleda u ekscentričnosti dobijene krive koja predstavlja toplotne gubitke po satima na nivou cele godine. Osim toga, jutarnja potrošnja energenata je povećana i zbog uzgrevanja. Zato 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 popodnevnom satima – kada je najveće toplotno opterećenje za hlađenje objekta usled zajedničkog dejstva visoke spoljne temperature i jačine Sunčevog zračenja.

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.

4. Step en izolovanosti objekta i uticaj mase

4.1. Step en izolovanosti

Step en izolovanosti objekta veoma je bitan za potrebe grejanja i primenu Sunčeve energije pasivnim zahvatom. Za to je merodavan koeficijent prolaza toplote U [W/m²K], a zgrade mogu biti bolje ili lošije izolovane. U Tabeli 1 su prikazane vrednosti koeficijenta prolaza toplote koje su korišćene u analizi.

Tabela 1. Step en izolovanosti zgrade, koeficijent prolaza toplote zgrade i toplotni gubici

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

Vrednosti u Tabeli 1 za koeficijente prolaza toplote U [W/m²K] uzete su radi ilustracije stepena izolovanosti objekta, dok su vrednosti za toplotne gubitke grejanja Q_g [kWh/m²god] dobijene korišćenjem baze podataka METEONORM za tipičnu meteorološku godinu za Beograd.

Sunčevo zračenje kod pasivnog solarnog zahvata jednim delom se koristi za direktno zagrevanje unutrašnjih prostorija. U ovom radu je pretpostavljeno da se 5%

te energije koristi za direktno zagrevanje ($G/20$ [kWh/m^2]). Ova pretpostavka je gruba procena, a tačan konkretan podatak zavisi od konstrukcije objekta. Može se reći da kuća (objekat) zbog direktnog zahvata Sunčeve energije predstavlja toplotni prijemnik Sunčeve energije čiji je stepen korisnosti svega 5%. Vrednost $G/20$ predstavlja korisnu jačinu Sunčevog zračenja. Ovo se odnosi na zimski režim rada, dok je leti neophodno eliminisati nepovoljan uticaj Sunčevog zračenja. To se može postići povoljnom orijentacijom, kao i uređenjem okruženja objekta. Pri višim spoljnim temperaturama korisna jačina Sunčevog zračenja biće veća, a pri nižim – manja. Podsećam da se vrednosti toplotnih gubitaka Q_g i korisne jačine Sunčevog zračenja $G/20$ odnose na sate tokom cele godine, pri kojima je spoljna temperatura niža od 15°C .

Vrednosti za Sunčevo zračenje uzete su iz baze podataka tipične meteorološke godine za Beograd iz programa METEONORM. Odatle prosečna dnevna jačina Sunčevog zračenja za Beograd iznosi oko $3,7 \text{ kWh/m}^2$ dnevno. Ta količina toplote je znatno veća od potreba za grejanjem pasivne kuće ($15 \text{ kWh/m}^2\text{god}$), te zbog toga smatram da 5% iskorišćenja Sunčeve energije za pasivno grejanje predstavlja realnu vrenost.

Na sledećim slikama 3, 4 i 5 prikazana je dostupnost Sunčeve energije na istočni, južni i jugoistočni zid i toplotnih gubitaka Q_g [$\text{Wh/m}^2\text{god}$] 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^2]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Beograd Q_g [Wh/m^2] ($U=1\text{W/m}^2\text{K}$)

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 Qg. Ove slike su grafička ilustracija gorenavedenih zaključaka o optimalnoj orijentaciji.

Slika 4. Vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja po satima za Beograd tokom grejne sezone (G/20 [Wh/m²]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Beograd Qg [Wh/m²] (U=0,5W/m²K)

Slika 5. Vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja po satima za Beograd tokom grejne sezone (G/20 [Wh/m²]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Beograd Qg [Wh/m²] (U=0,2W/m²K – pasivna kuća)

Iz dijagrama se može zaključiti da ukoliko je korisna jačina Sunčevog zračenja G/20 veća u odnosu na konturu Qg tada je povoljnija istočna orijentacija, a ukoliko je manja u odnosu na konturu Qg – u obzir dolazi južna orijentacija. To znači da je pri višim spoljnim temperaturama povoljnija istočna orijentacija. Ovo se odnosi na direktan zahvat Sunčeve energije.

4.2. 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.

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. Na taj način bi se najveći deo akumulirane Sunčeve energije oslobađao iz poda, a pod bi predstavljao svojevrstan akumulator toplote čija bi osnovna temperatura zavisila od povoljne temperature tla. Temperatura tla je zimi viša od spoljne temperature vazduha, dok je ljeti znatno niža. Zbog laganog termoizolacionog omotača pasivnih kuća, gde zidovi uglavnom ne mogu da akumuliraju dovoljno energije, a da bi se primenio direktan zahvat Sunčeve energije, optimalne postaju jugoistočna i istočna orijentacija pasivnih kuća. Time se postiže harmonizacija dostupnosti Sunčeve energije i potrošnje energije za zagrevanje i vrši se direktno zagrevanje jednim delom Sunčeve energije. To je bitan uslov za primenu obnovljivih izvora energije.

Povoljan raspored masa zidova može se poboljšati ukopavanjem ili nasipanjem zemlje sa one strane na kojoj je minimalno Sunčevo zračenje. Naravno, tu se mora još uzeti i uticaj vetra, jer nasipanje zemlje je mera i za zaštitu od vetra.

5. Organizacija podataka u Microsoft Excel tabeli

Proračuni vezani za optimalnu orijentaciju vršeni su u tabeli Microsoft Excel. Ovaj program je pogodan za izračunavanje velikog broja podataka. 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.

Radar-dijagram je pogodan za predstavljanje podataka na dnevnom nivou, od 0 do 24h, a što se u određenoj meri poklapa i sa predstavljanjem strana sveta na terenu. Tako, npr. za Severnu hemisferu 0h približno predstavlja sever, 6h – istok, itd... Na taj način analizom rezultata proračuna možemo doći do zaključka koji su vezani za optimalnu orijentaciju zgrade. Ovo je veoma bitno za analizu meteoroloških podataka: spoljne temperature vazduha, jačine Sunčevog zračenja, brzine i pravca vetrova. Treba napomenuti da za primenu Sunčevog zračenja u solarnoj energetici nije potrebna astronomska preciznost određivanja optimalne orijentacije, jer neznatna odstupanja ne utiču bitno na korisnu jačinu Sunčevog zračenja.

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 δ . 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. Linija horizonta se definiše za prvi dan u godini, a ponavlja se tokom cele godine (tako se i ona može lako izmeniti). 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. Za upotrebu u Excel-u potrebno je konvertovati podatke iz tipične meteorološke godine. Posle ubacivanja potrebnih podataka iz tipične meteorološke godine, u sledećoj grupi se vrši filtriranje podataka po časovima. 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.

Tabela 2. Organizacija podataka u Microsoft Excel tabeli

Vremenski podaci	Geografski podaci	Astronomski podaci	Meteorološki podaci	Meteorološki podaci po satima u danu	Položaj zida
01/01 1h	Geografske koordinate	Časovni ugao	Jačina Sunčevog zračenja (globalno, direktno, difuzno)	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		

6. 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.

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.

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. Ovo kompromisno rešenje omogućava smanjenje potrošnje energenata za ostvarivanje uslova ugodnosti u objektu i može naći primenu prilikom izgradnje pasivnih zgrada. Zaključak se prvenstveno odnosi na pasivne kuće.

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 preduslov za uspešnu primenu obnovljivih izvora energije. Zbog toga što isti objekat ima potrebe zimi za grejanjem, a leti za hlađenjem, primena istočne orijentacije omogućava najmanje troškove prilikom izgradnje ili eksploatacije zgrade. Od značaja je i to što su potrebe za grejanjem najveće ujutru i pred zoru, a zbog dnevnih promena spoljne temperature vazduha. Takođe, uvek ostaje otvorena mogućnost da još dublja analiza dovede do novijih i drugačijih zaključaka.

7. References

- [1] **Pucar, M.**, Bioklimatska arhitektura – zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi, IAUS, Beograd, Srbija, 2006.
- [2] **Chen, C. J.**, Physics of Solar Energy, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2011.
- [3] **Todorović, B.**, Klimatizacija, SMEITS, Beograd, Srbija, 2005.
- [4] **Todorović, B.**, Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija, 2005.
- [5] **Twidal, J. W., A. D. Weir**, Renewable energy resources, E. & F.N. Spon., London, UK, 1986.
- [6] *******, METEONORM, Data bases of typical meteorological year for Belgrade.

kgb