

Jasmin Suljević

UTICAJ KOMPAKTNOSTI I ORJENTACIJE OBJEKTA NA ENERGIJU POTREBNU ZA GREJANJE

Rezime: Ovaj članak pokazuje rezultate istraživanja parametara oblika volumena zgrade, prozora na južnoj fasadi i koeficijenta U (W/m^2K) te njihovog uticaja na potrošnju energije za grijanje u zavisnosti od orijentacije.

Ovi parametri se trebaju analizirati u ranoj fazi projektovanja. Za različite oblike i isti volumen objekta, te isti kvalitet izolacije prozora i kvalitet zidova, u zavisnosti od orijentacije, gubici su takođe različiti. Energetske uštede koje se ostvaruju na ovaj način prelaze čak 50 % transmisionih gubitaka. Stoga očekuje se da će zaključci ovog članka obezbediti korisna pravila i smernice arhitektima kako bi koristili oblik objekta i njegovu orijentaciju kao energetske efikasne meru.

Ključne reči: Oblik objekta, orijentacija, solarni dobici, prozori, energija potrebna za grejanje

THE IMPACT OF COMPACTNES AND ORIENTATION OF THE OBJECT ON HEATING ENERGY

Abstract: This paper shows the results of a research on parameters of building volume shaping and windows per south facade and coefficient U (W/m^2K), and its impact on energy consumption for heating in corelation with orientation.

This parameters should be analyzed by architects in earliest design phase. For diferent shapes and same volume of the object, and same insulation quality of windows and walls, in acordance to orientation heat loss is also diferent. Energy savings that are achived in this way, as solar direct gain, exceed even 50 % of transmission losses.

Thus, the findings of this study are expected to provide useful rules and guides to the architects to utilize building shapes and orientation as an energy effecncy measure.

Key words: Shape of building, orientation, solar gain, windows, energy for heating

1. VERNAKULARNE FORME OBJEKATA

Prvobitne ljudske zajednice bile su vezane za svoj kontekst i isključivo su zavisile od svog okruženja. Ove zajednice su se bavile sakupljanjem plodova, lovom i ribolovom, a kasnije stočarstvom i poljoprivredom. Materijal za izgradnju njihovih prvobitnih nastambi bio je onaj dostupan iz okruženja, bilo da je to sneg za izgradnju igloa ili blato, zemlja i pruće za izgradnju koliba, zemljanih kuća i pletera.

Zajednička karakteristika im je da su bile kompaktne forme ukoliko su se nalazile u oblasti hladne klime, najčešće konusnog, cilindričnog, kupolastog i kubičnog oblika. Osnove su kvadratnog, pravougaonog, trapezastog i kružnog oblika. Neka od ovih naselja su ona iz Lepenskog čija osnova je oblika trapeza, jurta iz Azije cilindričnog oblika i iglo iz predela Arktika u formi polulopte. Kasnije su nastankom prvobitnih ljudskih zajednica i naselja graditelji ovu kuću prilagodili novim potrebama, ali je zadržala kompaktan oblik kubusa sa kvadratnom do pravougaonom osnovom u zavisnosti od datosti lokacije i urbane matrice.

Današnje energetske efikasne građevine takođe imaju kompaktan oblik i zasnivaju se upravo na načelima ovih prethodnih, te pravilnicima ograničavaju toplotne gubitke kako bi zgrade bile niskoenergetske.

2. ZAVISNOST FORME I POTREBNE DEBLJINE TERMOIZOLACIJE

Za postizanje nisko energetske standarda (ili nula energetske, za hladan i umeren klimatski pojas), ukoliko se odabere što kompaktija forma (što manji odnos A/V), moguće je smanjiti debljinu termoizolacije u strukturi zida. Analizom pet slučajeva objekata: a) oblika sfere, b) cilindra, c) polulopte, d) kocke i e) kvadra, sa istim volumenom, potrebna debljina termoizolacije a za strukturu ventiliranog zida dobija se redom za a) oko 20-22 cm, za b) 24 cm i c) 26 cm, d) 28 cm i e) 35 cm, a za postizanje standarda autonomne kuće (koef. volumetrijskog toplotnog gubitka $G=0,26 \text{ W/m}^3\text{K}$, *Tabela 1.*).

Za primer cilindra uzet je najracionalniji sa namanjim odnosom A/V , (to je cilindar čiji je prečnik osnove jednak njegovoj visini) u suprotnom slučaju oblik polulopte bi bio ispred oblika cilindra.

Tabela 1 – Zavisnost debljine termoizolacije od faktora oblika za niskoenergetski standardsa koeficijentom $G=0,26 \text{ W/m}^3\text{K}$

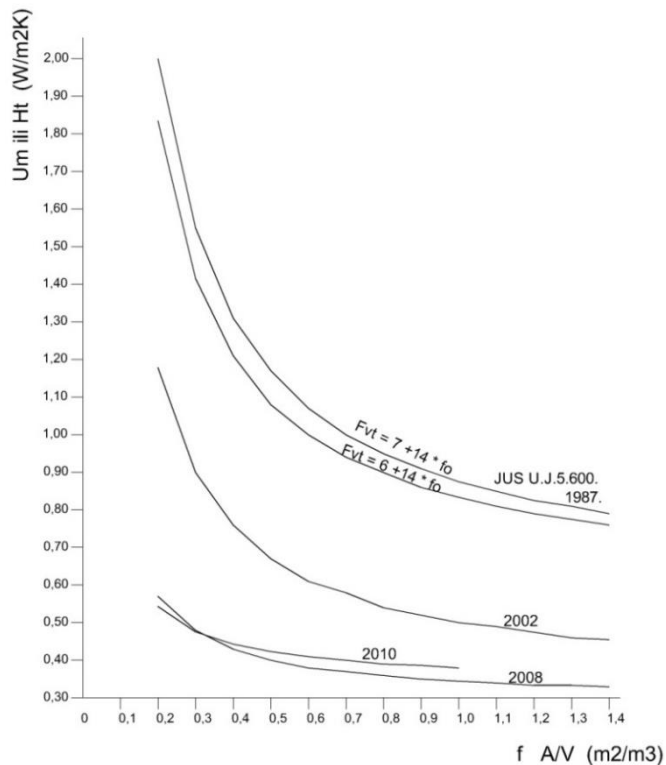
3d oblik $V=4\pi/3 \text{ const}$	lopta	Cilindar $2r=H$	Polulopta	Kocka $a \cdot a \cdot a$	Kvadar $2a \cdot a/2 \cdot a$
A/V	3,0	3,43	3,57	3,72	4,34
A/V	0,3	0,34	0,36	0,37	0,43
$U \text{ (W/m}^2\text{K)}$	0,087	0,076	0,073	0,070	0,060
Debljina t.i.(cm)	20-22	24	26	28	35

Podaci su uzeti za heterogeni ventilisani zid sa termoizolacijom koeficijenta $\lambda=0,020$ W/mK koja se nalazi sa vanjske strane spoljašnjeg zida.

Takođe kompaktniji objekti imaju manje toplotne gubitke pa samim tim su energetski efikasniji ili štedljiviji. Da bi objekat imao iste performanse u pogledu potrošnje energije, a u obliku je kocke trebao bi imati bolje termičke karakteristike ili bi imao znatno deblje zidove, od onog u obliku cilindra.

2.1. Klimatski uslovi Novog Pazara i potrebna termička transmisija omotča

Na osnovu Pravilnika o efikasnoj upotrebi energije [1], a koji je usklađen sa evropskom direktivom o štednji energije, dat je *Dijagram 1.* sa koga se vidi međuovisnost koeficijenta prosečne termičke transmisije omotača (U_m) i faktora oblika (A/V), za uslove Novog Pazara.



Dijagram 1. Koeficijent prosečne termičke transmisije omotača u zavisnosti od faktora oblika za Novi Pazar (prosečna godišnja temperatura vani 11 °C, vanjska temperatura -4° C) , izvor: autor

Na osnovu *Dijagrama 1.* uočljivo je da kompaktniji objekti mogu imati znatno veći koeficijent termičke transmisije omotača. U odnosu na nekadašnje standarde

današnji pravilnici imaju znatno strožije uslove u pogledu toplotne propustljivosti omotača.

3. UTICAJ KOMPAKTNOSTI I ORJENTACIJE OBJEKTA NA ENERGETSKI BILANS

Da bi se ispitao uticaj oblika objekta na potrebnu količinu energije za grejanje objekta urađen je primer različitih formi objekata iste zapremine. Izračunati su transmisijski gubici za jedan zimski mesec, sa prosečnom vanjskom temperaturom - 3,9 °C. Ventilacijski gubici obzirom da su isti za sve uzete oblike, jer im je zapremina ista, nisu uzeti u obzir. Unutrašnja temperatura je 18 °C obzirom da nisu uzeti u obzir dobici od ljudi i opreme unutar objekta. Ako je omotač objekta isti za sve slučajeve, sa koeficijentom $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, transmisioni gubici će iznositi redom: za cilindar 7030 kWh, kocku ivicom okrenutom prema jugu 7621 kWh, kocku front jugu 7621 i kvadar 8891 kWh.

Ukoliko se uzmu u obzir solarni dobici preko omotača objekta za jedan zimski mesec (iz Pravilnika o energetskej efikasnosti zgrada [2]), gubici energije biće redom: cilindar 6564 kWh, kocka ivicom okrenutom prema jugu 7013 kWh, kocka frontalna jugu 7115 kWh i kvadar orjetisan jugu 8303 kWh. Redosled efikasnosti ostaje isti (*Tabela 2.*).

Tabela 2. Zavisnost energetskog bilansa objekata od njegove kompaktnosti i orijentacije, te energetska efikasnost svakog od njih za jedan zimski mesec prosečne temperature -4°C

3d oblik V=const	Cilindar 2r=H=17,5m	Kocka <45° 16x16x16m	Kocka 16x16x16m	Kvadar 32x8x16
A/V	0,34	0,37	0,37	0,43
Gubici transm.	7030,7 kWh	7621 kWh	7621 kWh	8891 kWh
Solarni dobici	466,5 kWh	608 kWh	506 kWh	588 kWh
Ukupno	6564 kWh	7013 kWh	7115 kWh	8303 kWh
Energ. Efik.	1	2	3	4

Ukoliko se razmotri slučaj da su na južno orjentisanim fasadama prozori, koji iznose 30 % površine južne fasade, sa koeficijentom $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dvostruko stakla niskoemisiona punjena Kriptonom), gubici iznose redom: za cilindar 5144 kWh, kocka ivicom okrenutom prema jugu 4423 kWh, kocka frontalna jugu 5576 kWh i kvadar 4827 kWh. Sada će redosled transmisionih gubitaka po efikasnosti biti: najmanje gubitke ima kocka ivicom okrenutom prema jugu, zatim kvadar (izduženi gabarit), cilindar i kocka (*Tabela 3.*). Dakle rezultat je kada se uzmu u obzir solarni dobici od transparentnih površina sasvim drugačiji.

Za površinu prozora za cilindar uzet je u obzir samo četvrtina fasadnog omotača, koja je izložena južnoj orijentaciji, dok ostale $\frac{3}{4}$ omotača nisu uzete u obzir. Dok je kod kocke koja je ivicom okrenuta jugu uzeta u obzir orijentacija od jugo-zapadne do jugoistočne fasade.

Tabela 3. Zavisnost energetskog bilansa objekata od njegove kompaktnosti i orijentacije, te energetska efikasnost svakog od njih za jedan zimski mesec prosečne temperature -4°C sa prozorima koji iznose 30% južne fasade

3d oblik V=const	Cilindar $2r=H=17,5\text{m}$	Kocka $<45^{\circ}$ 16x16x16m	Kocka 16x16x16m	Kvadar 32x8x16
A/V	0,34	0,37	0,37	0,43
Gubici transm.	7967,6 kWh	9640 kWh	8637,2 kWh	10912 kWh
Solarni dobici	2823 kWh	5217 kWh	3060,6 kWh	6085 kWh
Ukupno	5144,6 kWh	4423 kWh	5576,6 kWh	4827 kWh
Površ. osnove	1199 m ²	1299 m ²	1299 m ²	1299 m ²
Energ. Efik.	3	1	4	2

Ukoliko se uzme u proračun slabije dvostruko staklo sa koeficijentom $U = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ redosled efikasnosti će biti kao i u slučaju bez transparentnih površina. Ovo je iz razloga zato što su gubici kroz ovakve prozore preveliki pa solarni dobici nisu u stanju nadoknaditi prevelike transmisionne gubitke kroz prozore.

Iz tabele je vidljivo da je površina osnove cilindra manja od ostalih površina što predstavlja problem ukoliko se uzima u razmatranje i karakteristika veličine osnove objekta, pa ovo treba imati na umu.

3.1. Diskusija rezultata

Na osnovu prethodno izloženog, mogu se izvesti određeni zaključci:

U zavisnosti od lokacije tj. klimatskih uslova treba odabrati najpogodniji volumen i gabarit objekta, ukoliko je broj sunčanih dana mali bolje je odabrati što kompaktniji volumen. Dok u suprotnom potrebno je odabrati volumen sa što više jugu eksponiranih fasada. Na primer osnove trebaju biti trapezaste sa dužom stranicom orjentisanom jugu, zarotirani kvadrat tako da su mu ivice okrenute stranama sveta, pravougaonik čija je duža strana jugu eksponirana i dr.

Potrebno je jugu otvoriti što više transparentnih površina (prozora) te obezbediti im mali koeficijent U , u suprotnom gubici su preveliki pa nije moguće ostvariti uštede. Manji koeficijent prolaza toplote se može postići boljim zastakljenjem, kao primenom termopan stakala punjena inertnim gasovima ili trostrukim zastakljenjem, kopcima ili roletnama. Naročito treba biti obazriv sa primenom terasa i lođa, jer mogu

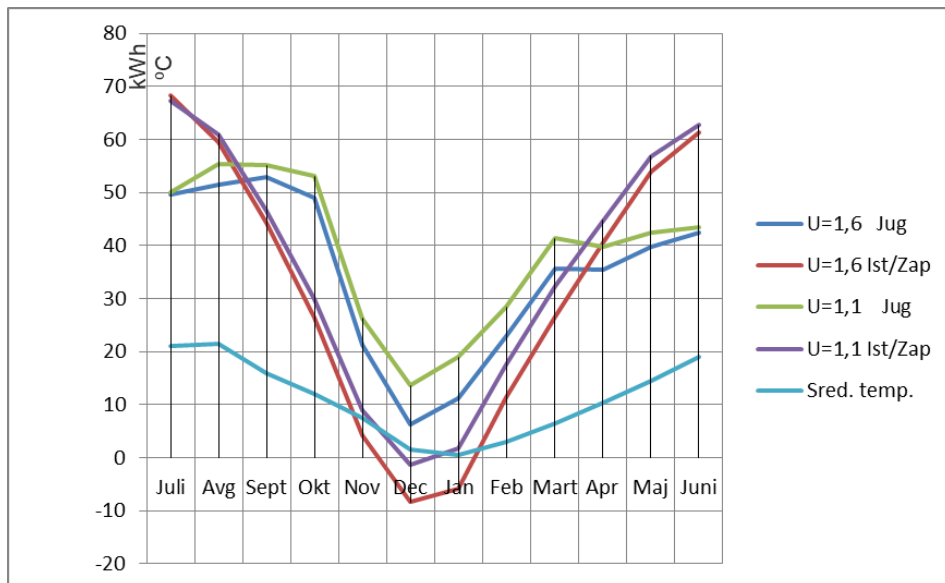
stvoriti senku koja sprečava prodor sunčevih zraka, za šta je potrebno ispitati zasenčenje. Uštede koje se ostvaruju na ovaj način, direktnim pasivnim solarnim dobicima prelaze čak 50 % transmisionih gubitaka. Otklon od juga je moguć od pravca jugo-istok do jugo-zapada.

Ukoliko topografija ili susjedni objekti u gusto građenim gradskim sredinama sprečavaju insolaciju treba odabrati kompaktniji oblik sa što manjim faktorom oblika. U zonama naselja najbolje odgovara radialna ili zrakasta mreža sa dijagonalnim ulicama, tako da objekti imaju izloženu jugo-zapadnu i jugo-istočnu fasadu.

Drugi po efikasnosti je kvadar s odnosom strana u osnovi 1 : 4 , što je takođe zanimljivo obzirom da je ovaj gabarit često primjenljiv u projektantskoj praksi. Ovo se naročito može odnositi na jednotraktne i dvotraktne zgrade koje imaju samo južnu ili jugo-istočnu te jugo-zapadnu orijentaciju.

4. SOLARNI DOBICI PROZORIMA

Neto solarni dobiti energije za prozor zavise od sunčeve radijacije, orijentacije, površine prozora, karakteristika zastakljenja, temperaturne razlike i faktora osenčenosti. Na *Dijagramu 2.* prikazani su neto dobiti energije po mesecima za istočno/ zapadno i južno orijentisan prozor površine 1 m² različitih koeficijenta prolaza toplote U (U= 1,6 W/m²K i U= 1,1 W/m²K) za klimatske prilike Novog Pazara.



Dijagram 2. Neto dobiti energije u kWh za istočno/ zapadno i južno orijentiran prozor površine 1 m² koeficijenta U=1,1 W/m²K i U=1,6 W/m²K, te srednje mjesečne temperature za Novi Pazar u °C, izvor: autor

Za istočnu ili zapadnu orijentaciju u mesecima decembru i januaru veći su gubici od dobitaka pa je potrebno prozore dodatno zaštititi vanjskim roletnama i kopcima ili usvojiti prozore boljeg koeficijenta U (na primer trostruka stakla punjena inertnim gasom). Za niže temperature veći su i gubici toplote kroz prozore, pa su tako mogući kapci i na južno orijentisanim stranama. Drugi način smanjenja gubitaka je prozor boljeg koeficijenta U (niskoemisiona stakla nižeg koeficijenta U), trostruka stakla s ventilisanim slojem i senilom unutar ili duple fasade. Obzirom da je zapadna orijentacija treba predvideti roletnu unutar ventiliranog prostora duple fasade kako bi se smanjilo pregrevanje leti.

Na osnovu ovih gubitaka toplotne energije mogu se ograničiti veličina prozora u odnosu na površinu poda za različito orijentisane prostorije. Naravno da osim gubitaka treba kontrolisati i uslove osvetljenja za zadati prostor. Gde visina prostorije znači i dubinu osvetljenosti pa se mogu kontrolisati i zapremine prostora (koja zavisi od broja izmene zraka na čas).

Na primer za geografsko i klimatsko područje Ujedinjenog Kraljevstva površina prozora treba iznositi oko 1/4 do 1/3 površine poda , dok naš pravilnik za naše podneblje predlaže od oko 1/5 do 1/7, što nije dovoljno ukoliko se želi pasivnim solarnim načinom grejati objekat.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog moguće su brojne varijante i slučajevi u cilju smanjenj potrošnje energije za grejanje. Tako da bi objekat oblika kocke, izložene frontalno jugu, imao gubitke energije iste kao i onaj orijentisan jugo-zapadu i jugo-istoku (ivicom ka jugu-- najefikasniji), trebao bi imati dodatnih 48 % prozora na istočnoj fasadi čiji bi koeficijent U iznosio 1,1 W/m²K (na osnovu datog *Dijagrama 2.*).

Tako je moguće variranjem dobiti mnoštvo kombinacija orijentacija i površine prozora za gornje slučajeve, a da bi različite objekte sveli na određeni stepen energetske efikasnosti.

Dakle potrebno je u ranoj fazi istraživanja volumetrije i orijentacije objekta ispitati koji slučajevi daju najmanje gubitke energije, te parametrima veličina, položaja i orijentacije prozora usvojiti fasadne površine. Potrebno je u konceptualnoj fazi ispitati moguće slučajeve formi i orijentacija objekta,te otvora tj. prozora, te na taj način determinisati koji slučaj daje najbolje rezultate za zadate uslove lokacije.

6. LITERATURA

- [1] Medved, S (2014): *Građevinska fizika*. Prevod: Ružica Nikolić, Državni univerzitet u Novom Pazaru, Kragujevac: Grafostil
- [2] Pravilnik o energetskeoj efikasnosti zgrada, Sl. Glasnik RS, br. 61/2011