



UTICAJ KVALITETA UNUTRAŠNJE KLIME NA OSJEĆAJ UGODNOSTI KORISNIKA
THE IMPACT OF INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY ON THE OCCUPANTS
COMFORT

Gordana Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu su date teorijske osnove na polju analize kvaliteta unutrašnje sredine, načini postizanja termičkog komfora, dosta je rečeno o uslovima za ostvarivanje adekvatnog kvaliteta unutrašnje sredine - KUS, kao i principima mjerenja parametara KUS. Kroz četiri studije, prikazano je mjerenje parametara za određivanje termičkog komfora u unutrašnjoj sredini, kao i uticaj CO₂ na KUS i kvalitet unutrašnjeg vazduha - KUV, odnosno izvršena je sveobuhvatna analiza KUS.

Abstract - *The paper presents the theoretical foundations in the field of analysis of the quality of the internal environment, ways to achieve thermal comfort, much has been said about the conditions for achieving adequate quality of the internal environment - IEQ, as well as the principles of measuring IEQ parameters. Through four studies, the measurement of parameters for determining the thermal comfort in the indoor environment, as well as the impact of CO₂ on IEQ and indoor air quality - IAQ, ie a comprehensive analysis of IEQ was performed.*

Keywords: *Air conditioning, indoor climate quality, thermal comfort*

1. UVOD

Jedan od osnovnih zahteva projektovanja zgrade je određivanje kvaliteta unutrašnje sredine, prvenstveno čistog, svežeg vazduha i termičkih uslova ugodnosti za ljude koji borave ili rade u zgradama. Zgrade i dostupna infrastruktura imaju ogroman uticaj na kvalitet života i životnu sredinu. Svetska statistika ukazuje da se taj uticaj manifestuje kroz korišćenje preko 30% ukupne potrošnje energije, 35% prirodnih resursa, 12% vode za piće i preko 30% emisije CO₂. Potrebna količina svežeg vazduha se obezbeđuje prirodnom, mehaničkom ili kombinovano prirodno/mehaničkom ventilacijom. Prirodna ventilacija je jedan od načina da se smanji potrošnja energije u odnosu na potrošnju energije sa mehaničkom ventilacijom, a time poveća energetska efikasnost objekta. Za postizanje adekvatnog kvaliteta unutrašnje sredine neophodni su pravilni sistemi grejanja, ventilacije i klimatizacije, utvrđivanje unutrašnjih zagađivača kao što su mikroorganizmi iz vazduha, čestice i isparljiva organska jedinjenja, ispitivanje buke, utvrđivanje jačine osvetljenja, procena rizika od nekih opasnih materija, kontrola kvaliteta vode u klimatskim uređajima i optimizacija upotrebe energije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Aleksandar Andelković.

**2. TEORIJSKE OSNOVE NA POLJU ANALIZE
KVALITETA UNUTRAŠNJE SREDINE**

KUS obuhvata uslove unutar zgrade, kao što su kvalitet vazduha, osvetljenje, buku, toplotne uslove i njihove uticaje na stanovnike. Unapređenjem kvaliteta unutrašnje sredine postiže se zaštita zdravlja ljudi, poboljšava se kvalitet života, kao i blagostanje ljudi. Pored toga, mogu se dobiti i druge koristi koje proističu iz ovih poboljšanja, poput povećane produktivnosti na poslu, poboljšanog učenja u nastavnim okruženjima i povećane vrednosti dotičnih prostora i zgrada. Kriterijumi koji se koriste u zatvorenom okruženju, kao i projektovanje i rad zgrade imaju veliki uticaj na potrošnju energije zgrade.

2.1. Termički komfor

Termički komfor igra veliku ulogu u načinu na koji doživljavamo mesta u kojima živimo i radimo. Termički komfor ili udobnost predstavlja stanje uma koje izražava zadovoljstvo termičkim okruženjem. Stanje termičkog komfora je postignuto kada je osoba zadovoljna sa temperaturom, vlažnošću i strujanjem vazduha u svojoj neposrednoj okolini i ne oseća potrebu za promenom niti jedne od navedenih veličina. Ovakvo definisan termički komfor predstavlja subjektivan i individualan osećaj, pa je zbog toga nemerljiva veličina. Dve vrste termičkog komfora:

1. Termički komfor sa prinudnom ventilacijom
2. Adaptivni termički komfor

2.2. Kvalitet unutrašnjeg vazduha

Zahvaljujući sistemu klimatizacije, ostvaruje se veliki broj funkcija u cilju postizanja uslova ugodnosti tokom cele godine. Osnovne funkcije su: zagrijavanje prostora u zimskom periodu i hlađenje prostora u ljetnjem periodu, održavanje relativne vlažnosti, održavanje potrebnog nivoa čistoće vazduha i ventilacija. Sve ove funkcije utiču na kvalitet vazduha u zatvorenom prostoru. Kako su se klimatizacioni sistemi tokom vremena sve više razvijali cilj je bio da se što više energija uštedi i to je dovelo do smanjenja broja izmjena svežeg vazduha na sat, što automatski predstavlja problem lošeg kvaliteta vazduha u klimatizacionim prostorijama.

2.3. Osvetljenje

Da bi ljudi mogli efikasno i precizno obavljati vizuelne zadatke, mora biti obezbeđena odgovarajuća rasveta. Kriterijumi osvetljenja biraju se u skladu sa zadacima i aktivnostima koje preduzimaju i moraju obezbediti komforne uslove za osobe koje borave unutar prostorije. Nivo osvetljenosti se dobija u zavisnosti od sredstava za dnevnu svetlost, električno svetlo ili kombinaciju ova dva. Dizajn prozora ne sme prouzrokovati nelagodu vida zbog odsjaja, a toplotno opterećenje od svetlostnih sistema se

uzima u obzir prilikom izračunavanja potrošnje energije u nestambenim objektima zgrade za grejanje i hlađenje. Prozori treba da budu glavni izvor svetlosti tokom dana, koji takođe pružaju kontakt sa spoljnim okruženjem. Da bi se postigla veća udobnost, a smanjila potrošnja energije upotreba dnevne svetlosti je vrlo poželjna. To sve zavisi od različitih faktora, kao što su lokacija zgrade, količina dnevnog svetla leti i zimi i drugi.

2.4. Buka

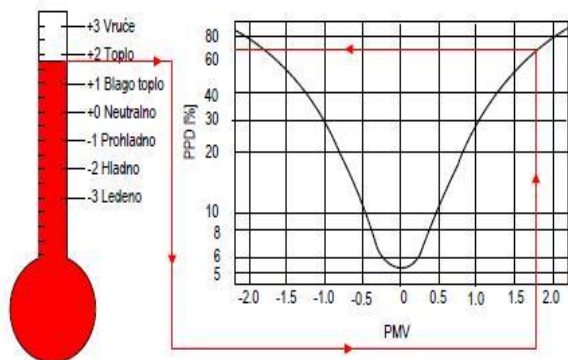
Za adekvatan kvalitet unutrašnje sredine neophodno je navesti potrebne nivoe zvuka. Buka koja nastaje od sistema za servisiranje zgrade može narušiti udobnost unutar prostorije, kao i sprečiti ili narušiti nameravanu upotrebu prostora. Buka u prostoru mora se proceniti korišćenjem A-ponderiranog ekvivalentnog nivoa zvučnog pritiska, koje je normalizovan u odnosu na vreme reverberacije, da bi se uzela u obzir apsorpcija zvuka u prostoriji. Buka ventilacionih i klimatizacionih sistema se takođe može koristiti za maskiranje ostalih izvora zvuka i poboljšati akustičnu privatnost. Takođe neophodna je i potrebna izolacija zgrade kako bi se izbegla buka iz spoljašnjih i susjednih prostorija. Ventilacija se ne oslanja na operativne prozore, ako se zgrada nalazi u prostoru sa visokom visinom spoljašnje buke u poređenju sa nivoom koji treba da se postigne u prostoru unutar zgrade.

2.5. Principi određivanja termičkog komfora

ANSI/ASHRAE Standard 55 predstavlja metode za određivanje termičkih uslova, odnosno parametara za postizanje kvaliteta unutrašnje sredine. Predviđanje udobnosti pomoću fizičkog merenja zasnovano je na dva osnovna principa:

- ✓ PMV metod (Predicted Mean Vote) – predviđeno srednje glasanje, odnosi se na prinudnu ventilaciju
- ✓ Adaptivni metod – primarno prirodna ventilacija

PMV predstavlja najistaknutiji model toplotne udobnosti i može se primeniti na klimatizovane zgrade, dok se adaptivni može primeniti samo na zgrade u kojima nisu instalirani nikakvi mehanički sistemi (slika1.).



Slika 1. Grafički metod – predviđen procenat nezadovoljnih

3. PRINCIPI MERENJA PARAMETARA UNUTRAŠNJE SREDINE

Standard ISO 7726 jedan u nizu međunarodnih standarda namenjenih za ispitivanje termičkog okruženja [6]. Ova serija međunarodnih standarda posebno se bavi definisanjem termina koji će se koristiti u metodama

merjenja, ispitivanja i tumačenja, uzimajući u obzir i standarde koji već postoje. Ovaj standard precizira minimalne karakteristike instrumenata za merenje fizičkih veličina karakterišući okruženje kao i metode za merenje fizičkih veličina ove sredine. Cilj mu nije da definiše opšti indeks komfora, već jednostavno da standardizuje proces beleženja informacija koje vode do određivanja takvih indeksa.

Određivanje ukupnih indeksa komfora zahteva znanje fizičkih veličina povezanih sa okolinom, ove fizičke veličine dele se u dve grupe, prema njihovom stepenu zavisnosti od okoline:

- osnovne fizičke veličine - karakterišu jedan od faktora okruženja nezavisno od drugog
- izvedene fizičke veličine – karakterišu grupu faktora okruženja prema karakteristikama senzora koji se koristi

4. ODREĐIVANJE TERMIČKOG KOMFORA U UNUTRAŠNJOJ SREDINI

Kao što je već rečeno parametri životne sredine koji čine termalno okruženje su: temperatura vazduha, zračenja i površine, vlažnost vazduha, brzina vazduha i lični parametri, kao što su odeća i nivo aktivnosti. Kriterijumi za prihvatljivu termalnu klimu su specificirani kao zahtevi za opšti termički i lokalni komfor.

Opšti toplotni komfor se izražava radnom temperaturom, brzinom vazduha i vlažnošću vazduha, dok lokalni komfor se predstavlja promenom srednje brzine i temperature vazduha, vertikalnim razlikama u temperaturi vazduha, asimetrijom zračenja i temperaturom poda.

Parametrima koji predstavljaju predviđeno srednje glasanje lica koja borave unutar prostorije – PMV (Predicted Mean Vote) se vrši ocena ugodnosti unutar prostorije. Takođe koristi se još jedan parametar za predstavljanje termičkog komfora, a to je predviđeni procenat nezadovoljnih osoba - PPD (Predicted Percentage Dissatisfied).

Studija koja se bavi poređenjem termičkih uslova u dve različite kancelarije (studija 03), pokazuje da u zgradama sa slobodnim kretanjem vazduha, bez mehaničkog hlađenja, prirodno provetravanjem, ljudi se psihološki prilagođavaju zatvorenom prostoru sa većim temperaturama, nego što je to predviđeno PMV modelom. PMV-PPD indeksi izražavaju topli i hladni osećaj za telo u celini. Termalno nezadovoljstvo je uzrokovano neželjenim hlađenjem ili zagrijavanjem jednog određenog dela tela - lokalna neprijatnost. Lokalna toplotna nelagoda može biti uzrokovana strujanjem vazduha, velikom vertikalnom temperaturnom razlikom između glave i stopala, podom koji je previše topao ili hladan.

5. UTICAJ CO₂ NA KUV I KUS

Kako bi se pokazala veza kvaliteta vazduha u zatvorenom prostoru i koncentracije CO₂, odnosno uticaj ugljen dioksida na KUS i KUV izvršena su različita merenja i eksperimentalna ispitivanja predstavljena kroz:

- Studija uticaja CO₂ na nezadovoljstvo korisnika objekta [7].
- Studija proračuna emisije CO₂ od strane ljudi pri dve različite aktivnosti [10].

Ove studije imaju za cilj da dokažu uticaj zagađivača na kvalitet vazduha, kao što u CO₂, organska isparljiva

jedinjenja, čestice i drugi. Takođe prikazuje i nezadovoljstvo lica koja borave unutar prostorije termičkim komforom, i uticaj ugljen dioksida na ljude koji se bave različitim aktivnostima, na primer jedna osoba sedi, druga se kreće ili slično. Istraživanja su obavljena na Danskom tehničkom univerzitetu (DTU)

6. SVEOBUHVAJNA ANALIZA KUS

Za ocenu KUV koristi se osam reprezentativnih parametara okruženja u zatvorenom prostoru. Najbolji način da se analizira i proceni okruženje u zatvorenom prostoru, odnosno da se objasni sveobuhvatna analiza KUS, jeste da se detaljno razjasni studija određivanja kvaliteta unutrašnje sredine u dve kancelarije. Kako bi se utvrdio KUS izvršeno je merenje osam reprezentativnih parametara u tri kancelarije i sale za sastanke na drugom spratu zgrade 402, zgrada je bez mehaničke ventilacije, kancelarije su iste veličine i orijentacije. Upravljanje prozorima i roletnama je ručno. Prostori za sastanke su ocenjivani pojedinačno, jer su različite veličine i imaju različite vrste funkcije. U tabeli 24. su navedeni parametri od koji zavisi kvalitet unutrašnjeg okruženja.

Parametri koji su već izmereni upoređuju se sa standardnim vrednostima da bi se dobila procena da li je zgrada u skladu sa odgovarajućom kodom. Na osnovu dobijenih i standardnih vrednosti klasifikovan je građevinski KUV. Proračunata predviđena srednja vrednost glasa - PMV i procenat nezadovoljnih - PPD procenjuje izgradnju KUS. Kada se odredi PMV i PPD, rezultat se analizira i komentariše s obzirom na parametre za zatvoreno okruženje. Posle izvršene ankete stanara dobijeni podaci su obrađeni, a prevalencija simptoma i žalbe na KUV predstavljene su u tabelama 1. i 2.

Tabela 1. Prevalencija simpoma

Simptomi	Nikad	Ponekad	Često	Svaki dan	Povezana izgradnja
Umor	29,4	64,7	5,9	0,0	0,0
Osjećaj teške glave	47,1	52,9	0,0	0,0	0,0
Glavobolja	29,4	70,6	0,0	0,0	0,0
Vrtoglavica/mučnina	29,4	58,8	1,8	0,0	5,9
Teškoća za koncentraciju	64,7	29,4	5,9	0,0	0,0
Svrab, pečenje	35,3	41,2	23,5	0,0	0,0
Nadražen, začepljen nos	70,6	23,5	5,9	0,0	0,0
Promuklo, suvo grlo	64,7	17,6	11,8	5,9	0,0
Suva, svrbežna crvena koža	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Drugi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 2. Pritužbe u zatvorenom

Komfor	Nikad	Ponekad	Često	Svaki dan	Zbir dnevne i nedeljne prevalencije
Previsoka sobna temperatura	81,25	0	18,75	0	18,75
Variranje sobne temperature	62,50	18,75	18,75	0	18,75
Preniska sobna temperatura	50,00	18,75	18,75	6,25	25,00
Strujanje vazduha	68,75	25,00	6,25	0	6,25
Zagušen/loš vazduh	31,25	31,25	25,00	12,50	37,50
Suv vazduh	62,50	31,25	6,25	0	6,25
Buka	37,50	31,25	18,75	12,50	31,25
Prigušena svetlost	75,00	12,50	12,50	0	12,50
Odsjaj na monitoru	62,50	25,00	12,50	0	12,50
Nedovoljno svetla	75,00	6,25	6,25	12,50	18,75
Prašina/prljavština	56,25	31,25	0	12,50	12,50
Duvanski dim	100	0	0	0	0

7. ZAKLJUČAK

Kroz četiri studije predočena je metodologija postizanja adekvatnog KUS, na koji način koncentracije CO₂ utiču na nezadovoljstvo korisnika. Iz sprovedenih merenja tokom istraživanja na Danskom Tehničkom univerzitetu mogu se izvesti određeni zaključci. Ljudi koji rade u kancelarijama za vreme svog rada stvaraju znatne količine CO₂.

U slučaju kada nema dobre ventilacije dolazi do porasta koncentracije CO₂ preko dozvoljenih vrednosti koja utiče na koncentraciju i rad ljudi. Iz sprovedenih eksperimenata može se zaključiti da za vreme radnog vremena i boravka ljudi unutar prostorije raste temperatura vazduha, te dolazi do smanjenja vlažnosti vazduha. Suv vazduh uz minimalne količine relativne vlažnosti takođe nepovoljno deluje na ljude unutar kancelarije.

Kako se smanjuje koncentracija ugljen dioksida povećava se kvalitet unutrašnjeg vazduha, samim tim kvalitet unutrašnje sredine i smanjuje se negativan uticaj na zdravlje lica koja borave unutar prostorije. Studijama je dokazano da su u renoviranim zgradama, sa boljom izolacijom i bez mehaničke ventilacije postignuti bolji rezultati termičkog komfora, takođe potvrđeno je da je otkrivena eksponencijalna i pozitivna korelacija između CO₂ i procenta nezadovoljnih.

Jedna od studija pokazuje da nivo koncentracije ugljen dioksida zavisi od nivoa aktivnosti, pri niskom nivou aktivnosti koncentracija se smanjuje, takođe i tokom noći koncentracija CO₂ opada na spoljnu koncentraciju.

8. LITERATURA

- [1] Aleksandar Anđelković, Grejanje, ventilacija i klimatizacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [2] Aleksandar Anđelković, Nekonvencionalni sistemi grejanja i hlađenja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [3] John F. Dunlap, ANSI/ASHRAE Standard 55 – 2019, Physiology and Human Environment.
- [4] The European Standard, EN ISO 7730 – 2005, 2007 British standard.
- [5] The European Standard, EN ISO 16798-1 – 2019, English version.
- [6] Dansk Standard, DS/EN ISO 7726
- [7] Studija - Uticaja CO₂ na nezadovoljstvo korisnika objekta, Technical University of Denmark, 2013
- [8] Studija - Određivanje kvaliteta unutrašnjeg okruženja u 2 kancelarije, Technical University of Denmark, 2013
- [9] Studija –Poređenje termičkih uslova u novoj i staroj kancelariji, Technical University of Denmark, 2013
- [10] Studija – Proračun emisije CO₂ od strane ljudi pri dvije različite aktivnosti, Technical University of Denmark, 2013
- [11] Mjerenje toplinskog komfora, TURCERT, dostupno na: <https://www.sertifikasyon.net/hr/hizmet/termal-konfor-olcumu/>
- [12] Zoran Baus, Ergonomijski Prilagodljivo Neizrazito Vođenje Procesu Pri Održavanju Toplinskog Komfora U Mjernom Laboratoriju, Doktorska Disertacija, Zagreb, 2004, Dostupno Na: <https://Manualzz.Com/Doc/15505059/Ergonomijski---Prilagodljivo-Mjernom--Laboratoriju>

[13] Model predviđanja toplinskog ugodnosti prostora, Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci (Faculty of Engineering, University of Rijeka) Rijeka, Republic of Croatia, dostupno na:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjK1LzduNrAhUjlosKHRTmCv4QFjABegQICBAB&url=https%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F77596&usg=AOvVaw13NJYd4M1ssisiUDcmhwoE>

[14] Instruction Manula, Indoor Climate Analyzer Type 1213, dostupno na:

https://www.pearlhifi.com/06_Lit_Archive/15_Mfrs_Publications/10_Bruel_Kjaer/03_Instruction_Manuals/B&K%201213%20Instruction%20Manual.pdf

Kratka biografija:



Gordana Đurić, rođena u Vlasenici, BiH RS 1995. godine.
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Mašinstvo-Energetika i procesna tehnika
Osnovne studije završila 2018. godine

Email: gordanadubocanin88@gmail.com