

## СУБЈЕКТИВНИ ОСЈЕЋАЈ ТОПЛОТНОГ КОМФОРА НА РАДНОМ МЈЕСТУ

Љубиша Прерадовић<sup>1</sup>

Биљана Антуновић<sup>2</sup>

Александра Крстић-Фурунџић<sup>3</sup>

УДК: 331.422:66-97

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.108

**Резиме:** У раду је изложена анализа субјективног осјећаја топлотног комфора на радном мјесту базирана на резултатима анкете спроведене међу запосленима бањалучког Универзитета током прољећа 2012. године. Анкетом су обухваћени запослени у пет институција, лоцираних у различитим дијеловима града, и при томе су се изјашњавали о различитим аспектима топлотне угодности у зимском и љетњем периоду. Резултати анализе су показали опште незадовољство запослених климом унутрашњег простора, љети нешто више него зими. Примјеном  $\chi^2$ -теста није добијена статистички значајна разлика субјективног осјећаја запослених према институцији зими, као ни љети, за различите аспекте топлотне угодности, осим у случају осјећаја нагле промјене дневне температуре у зимском периоду ( $\chi^2 = 9.621$ ,  $p = 0.022$ ).

**Кључне ријечи:** Топлотни комфор, анкета, субјективни осјећај

### 1. UVOD

Топлотни комфор директно утиче на општи осјећај угодности, здравље, радну способност, квантитет и квалитет рада запослених [1] због чега представља неzaобилазан чинилац како у пројектовању нових зграда, тако и у реконструкцији постојећих. Према важећем европском стандарду „Топлотни комфор је стање ума које представља задовољство топлотним окружењем“, при чему се угодном средином сматра она коју најмање 80% испитаника сматра пријатном, односно, neutralном [2, 3]. Како на услове унутрашњег комфора важан утицај има и клима поднебља битно је напоменути да се Бања Лука налази у подручју са умјерено-континенталном климом, са релативно благим зимима и топлим лјетима. Просјечна годишња температура ваздуха за период од 1981. до 2013. год. износила је 11.4°C, док је укупна релативна влажност износила 76% [4].

<sup>1</sup> Љубиша Прерадовић, Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Банjoj Luci, Република Српска – БиH, tel: 0038751462543, e – mail: ljpreradovic@agfbl.org

<sup>2</sup> Биљана Антуновић, Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Банjoj Luci, Република Српска – БиH, tel: 0038751462543, e – mail: bantunovic@agfbl.org

<sup>3</sup> Александра Крстић-Фурунџић, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Република Србија, e-mail: akrstic@arh.bg.ac.rs

## 2. MJERA TOPLOTNE UGODNOSTI

Toplotna ugodnost se ne može na jednostavan način odrediti i kvantifikovati, te je uobičajeno da se procjenjuje na osnovu subjektivnog osjećaja velikog broja ispitanika (najmanje 1300). Prema standardu ISO 7730 u okviru metoda zasnovanog na radu Fanger [5] uvode se indeksi kojima se ocjenjuje ugodnost boravka u prostoriji i to: PMV indeks (engl. Predicted Mean Vote), odnosno srednje mišljenje koje predviđa kako će grupa ljudi ocijeniti ugodnost boravka u prostoriji i PPD indeks (engl. Predicted Percentage of Dissatisfied) koji predviđa procenat osoba nezadovoljnih klimom u nekoj prostoriji. Nivo ugodnosti vrednuje se na skali od 7 tačaka (ASHRAE skala), pri čemu grupa ispitanika određuje brojevima na skali svoj subjektivan osećaj toplotne ugodnosti, i to: vruće +3, toplo +2, prilično toplo +1, neutralno/ugodno 0, prilično hladno -1, hladno -2, svježe -3 [2,3]. Stanje toplotne ugodnosti se izražava neutralnim mišljenjem „0“, a osobe koje su se izjasnile brojevima  $\pm 2$  ili  $\pm 3$  spadaju u grupu nezadovoljnih stanjem u prostoriji.

Na subjektivni osjećaj toplotne ugodnosti utiču kako fizički parametri (temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha u blizini tijela i temperatura svih površina koje ograničavaju prostoriju), tako i personalni faktori (stepen odjevenosti i fizičke aktivnosti itd.) [2,3]. Kako bi bili ispunjeni uslovi toplotnog komfora dva osnovna segmenta moraju biti zadovoljena: Prvi uslov je da kombinacija temperature kože i temperature tijela daju osjećaj toplotne neutralnosti, a drugi uslov je da postoji energetska ravnoteža tijela, odnosno da je toplota koju metabolizam stvara jednaka toploti koju tijelo gubi.

## 3. ISTRAŽIVANJE - ANKETA

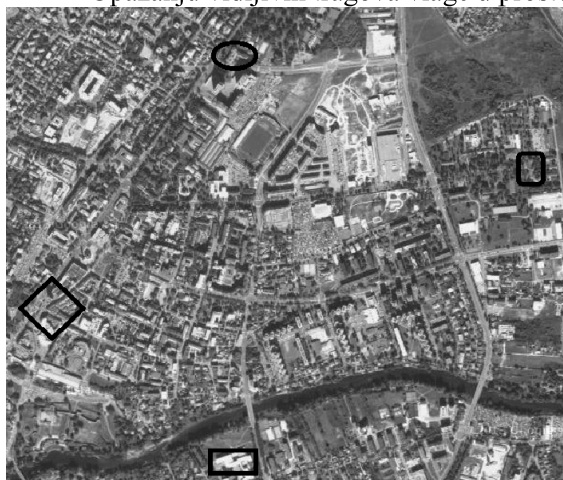
Rad se bavi istraživanjem subjektivnog osjećaja uslovima toplotnog komfora na radnom mjestu, dobijenog analizom rezultata sprovedene ankete među zaposlenim banjalučkog Univerziteta tokom proljeća 2012. godine. Zadatak je bio ispitati da li postoje značajne razlike u osjećaju toplotne ugodnosti ispitanika u različitim zgradama, osjećaju toplotnog komfora zimi i ljeti, ali i povezanosti različitih parametara, tj. njihovog osjećaja, što će dovesti do generalnih zaključaka kada je u pitanju toplotni komfor na radnom mjestu.

Anketirani su zaposleni u pet institucija (smještenih u pet nezavisnih zgrada): Rektorat (R) i Akademija umjetnosti (AU) (ista zgrada), Prirodno-matematički fakultet (PMF), Arhitektonsko-građevinski fakultet (AGF, smješten u zgradama u oba univerzitetska kampusa) i Filološki fakultet (FF).

U anketi je učestvovalo ukupno 104 ispitanika, od čega 32 (33%) muškog i 65 (67%) ženskog pola. Pored ličnih podataka (pol, starost, tjelesna masa), podataka o radnom mjestu (stručna sprema, radno mjesto, vrsta posla, način obavljanja posla, aktivnost, stepen odjevenosti i sl.) ispitanici su odgovarali na pitanja u vezi različitih aspekata komfora (toplotni, vazdušni, vizuelni, zvučni). S obzirom na to da su brojna istraživanja pokazala dominantost toplotnog u odnosu na ostale aspekte komfora za sveopšti osjećaj ugodnosti ispitanika [7,8], u ovom radu će biti predstavljen samo dio rezultata koji se odnose na toplotni komfor zasnovan na odgovorima ispitanika koji su se izjašnjavali o:

- Osjećaju nagle promjene temperature u toku radnog vremena (zimi i ljeti);

- Osjećaju toplotne ugodnosti-temperature u visini glave (zimi i ljeti) na ASHRAE skali [2,3];
- Osjećaju suvog ili vlažnog vazduha u prostoriji (zimi i ljeti);
- Osjećaju strujanja vazduha u blizini tijela pri zatvorenim vratima i prozorima u visini glave (zimi i ljeti);
- Opažanju vidljivih tragova vlage u prostoriji, kondenzacije, buđi i sl.,



Oznaka	Naziv institucije
	Centar grada
	Rektorat i Akademija umjetnosti
	Arhitektonsko-građevinski fakultet /lokacija br. 1/
	Prirodno-matematički fakultet

Slika 1. Lokacija anketiranih institucija [6]

Prosječna starost svih ispitanika iznosi 38.66 godina (najmlađi ispitanici su iz zgrade R i AU sa prosjekom od 35.47 godina, a najstariji su sa PMF-a - 42.68 godina). Na pitanje o dužini boravka na radnom mjestu tokom dana svega 14.6% ispitanika se izjasnilo da na radnom mjestu provode od 1 do 4 sata, dok su se preostali izjasnili da na radnom mjestu provode više od 4 sata, što dodatno implicira važnost uslova komfora radne sredine.

## 4. REZULTATI ANKETA

### 4.1. Osjećaj toplotne ugodnosti u prostoriji

Optimalna temperatura ljudskog tijela kreće se u intervalu od 36,1°C do 37,4 °C za tijelo koje miruje i nalazi se u ugodnim uslovima okoline. Kako bi ostvarilo stanje termičke ravnoteže, odnosno održalo stalnu temperaturu tijelo neprekidno proizvodi i odaje toplotu okolini. Kao što je to već ranije rečeno toplotna ugodnost, a time i količina proizvedene i odate toplote sa tijela zavisi od niza objektivnih parametara (temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha itd.), ali i subjektivnih parametara (pol, starost, tjelesna masa, psihičko-zdravstveno stanje, nivo fizičke aktivnosti, stepen odjevenosti, itd). Čovjek toplotu može da odaje na dva načina:

- 1.preko površine kože - konvekcijom, zračenjem i kondukcijom;
- 2.odavanjem latentne toplote - oslobađanjem vlage putem disanja i znojenja.

Kada se temperatura tijela podigne iznad normalne organizam suvišnu toplotu oslobađa znojenjem, a brzina isparavanja kože zavisi od temperature, relativne vlažnosti i brzine

strujanja vazduha. Optimalna temperatura vazduha u prostoriji nalazi se u intervalu od 19 do 23°C, a najviša dopuštena temperatura vazduha iznosi 26°C.

Na pitanje da li se tokom radnog dana temperatura vazduha zimi u prostoriji značajno mijenja potvrdno je odgovorilo 30.6% zaposlenih (54.4% ispitanika na PMF-u osjeća nagle promjene), a primjenom  $\chi^2$ -testa dobijena je statistički značajna razlika ( $\chi^2 = 9.621$ ,  $p = 0.022$ ) prema instituciji. Međutim, na isto pitanje u toku ljetnjeg perioda čak 49.5% zaposlenih je dalo potvrđan odgovor (od čega 65.6% ispitanika sa AGF-a), a primjenom  $\chi^2$ -testa nije otkrivena statistički značajna razlika prema institucijama.

Dalje, ispitanici su osjećaj toplotne ugodnosti u visini glave (zimi i ljeti) kvantifikovali na ASHRAE skali [3]. Najveći broj ispitanika je nezadovoljan klimom u prostoriji ljeti i to čak 56.7%, pri čemu je najviše onih koji smatraju da je u prostoriji prevruće (41.2%). Svega 27.8% ispitanika smatra da je klima u prostoriji prijatna što je skoro tri puta manje od procenta potrebnog da bi se klima u prostoriji smatrala ugodnom. Najveće zadovoljstvo klimom iskazali su ispitanici sa FF-a (50% ispitanika klimu smatra ugodnom), dok su zaposlenici AGF-u najnezadovoljniji (58.8% smatra da je ljeti pretoplo, a svega 14.7% klimu smatra ugodnom). S druge strane, najveći broj ispitanika se izjasnio da im je u zimskom periodu klima prijatna (44.9%), a najzadovoljniji su ispitanici sa AGF-a (52.9%), međutim procenat zadovoljnih klimom je i dalje značajno manji od 80%. Nezadovoljnih klimom zimi je manji nego ljeti i iznosi 33.7%.

Činjenica da su zaposleni na AGF-u najnezadovoljniji klimom ljeti može se objasniti time da se određeni broj kancelarija nalaze u nadograđenom potkrovlju koje nije dodatno termoizolovano, a prostorije nisu klimatizovane<sup>4</sup>. Interesantno je napomenuti da mnogo veće nezadovoljstvo u pogledu toplotnog komfora ispitanici u svim institucijama iskazuju za ljetni nego za zimski period.

#### 4.2. Osjećaj vlažnosti vazduha

Imajući u vidu činjenicu da su strujanje vazduha kao i relativna vlažnost vazduha u korelaciji sa subjektivnim osjećajem temperature i toplotne ugodnosti uopšte ispitanici su se izjašnjavali i o ovim aspektima.

Relativna vlažnost vazduha predstavlja stepen zasićenosti vazduha vodenom parom i izražava se u procentima, direktno zavisi od temperature i obrnuto je srazmjerna temperaturi. O osjećaju vlažnosti vazduha ljeti i zimi ispitanici su se izjašnjavali odgovarajući na pitanja: da li je vazduh u prostoriji suh odnosno vlažan. Da je vazduh u prostoriji suh zimi potvrdno se izjasnilo čak 66.7% ispitanika, od čega najviše zaposlenih na FF-u (77.5%). Na isto pitanje za ljetnji period 50% ispitanika je odgovorilo potvrdno, pri čemu su opet ispitanici sa FF-a najbrojniji (čak 66.7%). Primjenom  $\chi^2$ -testa nije dobijena statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja suhoće vazduha kod zaposlenih prema instituciji zimi, kao ni ljeti. Primjenom Fisher-ovog testa dobijena je visoko statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja suhoće vazduha zaposlenih ljeti prema instituciji ( $p = 0.000$ ). Na pitanje o vlažnosti vazduha u prostoriji zimi potvrdno se izjasnilo čak svega 10.3% zaposlenih, a ljeti nešto više - 18.8%. Primjenom Fisher-

<sup>4</sup> Kancelarije AGF-a koje se nalaze na drugoj lokaciji su u prizemlju, ali takođe nemaju klimatizaciju.

ovog testa dobijena je visoko statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja vlažnosti vazduha u prostoriji ljeti kod zaposlenih prema instituciji ( $p = 0.003$ ).

Svega 17.2% zaposlenih (najviše sa PMF-a) se izjasnilo o vidljivim tragovima vlage u prostoriji.

U oblasti temperature vazduha u prostoriji pri kojoj se čovjek prijatno osjeća (opseg temperature: 19 do 23 °C), može da se mijenja vlažnost vazduha u jednom relativno širokom opsegu od oko 35% do 70%, a da se lica koja u njoj borave ipak osjećaju ugodno, dok se pri povišenoj vlažnosti vazduha javlja osjećaj sparine [9]. Preniska vlažnost vazduha nije ugodna za čovjeka jer može izazvati pretjerano isušivanje kože, a naročito sluzokože (očiju i disajnih puteva). Nasuprot tome, previsoka vlažnost pri visokim temperaturama onemogućava odavanje toplote sa tijela znojenjem dok previsoka vlažnost pri niskim temperaturama doprinosi vlaženju odjeće i samim tim povećanom odavanju toplote sa tijela, što nije ugodno pri niskim temperaturama okoline. Jednostavno pravilo toplotne ugodnosti glasi: Što je viša temperatura vazduha, relativna vlažnost treba da je niža.

#### 4.3. Osjećaj strujanja vazduha

Ispitanici su se prvo izjašnjavali o osjećaju strujanja vazduha pri zatvorenim vratima i prozorima i isključenim mehaničkim uređajima za ventilaciju (ukoliko postoje) pri čemu je njih 31.2% odgovorilo da ne osjećaju strujanje vazduha. Dalje su se samo ispitanici koji osjećaju strujanje vazduha izjašnjavali o tom osjećaju posebno zimi i ljeti. Čak 76.7% ispitanika ne osjećaju zimi strujanje vazduha u blizini glave (100% ispitanika sa FF-a). O osjećaju strujanja vazduha u blizini glave ljeti potvrdno se izjasnilo čak 88.5% ispitanika, pri čemu su se 100% ispitanika sa AGF-a, PMF-a i FF-a izjasnili potvrdno. Primjenom  $\chi^2$ -testa nije dobijena statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja strujanja vazduha kod zaposlenih prema instituciji.

Strujanje vazduha (brzina strujanja) direktno utiče na prenos toplote konvekcijom i odavanje latentne toplote. Pri većim brzinama strujanja vazduha usljed porasta koeficijenta prelaza toplote povećava se i količina toplote predata konvekcijom kao odavanje latentne toplote. Veće brzine vazduha mogu izazvati neugodan osećaj naročito kada se radi o struji hladnog vazduha. Preporučuje se da u komfornoj klimatizaciji ta brzina ne prelazi 0.25 m/s u blizini boravka ljudi. Važno je napomenuti da čak i male promjene u brzini strujanja vazduha u okolini tijela utiču na osjećaj toplotne ugodnosti. Brzine vazduha do 0.20 m/s posmatraju se kao da je vazduh miran, a kod osjetljivih osoba ova granica može biti i do 0.10 m/s. Međutim, porastom temperature u prostoriji dozvoljene su i nešto više brzine strujanja vazduha jer se tada može bolje odvoditi suvišna toplota sa tijela [9]. Sa aspekta toplotne ugodnosti važi jednostavno pravilo da što je niža temperatura vazduha, brzina strujanja vazduha treba da je manja.

### 5. ZAKLJUČAK

Analiza rezultata sprovedena ankete među zaposlenima banjalučkog Univerziteta pokazala je da svega 27.8% zaposlenih smatra da je u toku ljeta klima prijatna, dok je procenat onih koji su nezadovoljni klimom veći skoro dva puta i iznosi čak 56.7%. Sa

druge strane, najveći broj ispitanika se izjasnio da im je u zimskom periodu klima prijatna, i to 44.9%, a procenat nezadovoljnih je nešto niži nego zimi i iznosi 33.7%. Primjenom  $\chi^2$ -testa nije dobijena statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja zaposlenih prema instituciji zimi, kao ni ljeti za različite aspekte toplotne ugodnosti, osim u slučaju osjećaja nagle promjene temperature tokom dana zimi ( $\chi^2 = 9.621$ ,  $p = 0.022$ ).

Iako predstavlja tek polaznu osnovu u analizi toplotnog komfora, izloženo istraživanje implicira da je toplotni komfor zaposlenih narušen, a uslovi radne sredine neadekvatni, što može direktno da utiče na smanjenu koncentraciju, produktivnost i nezadovoljstvo radnika. Međutim, neophodno je proširiti izloženo istraživanje na veći broj ispitanika, odrediti PMV i PPD indekse i izvršiti mjerenje fizičkih veličina koje određuju toplotni komfor kako bi se izvršila konačna evaluacija toplotnog komfora zaposlenih na Bajalučkom univerzitetu.

## LITERATURA

- [1] Eversheim, W., Schuh, G. *Produktion and Management (Teil 2)*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, **1996**.
- [2] ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, International Organisation for standardization, Switzerland, **2005**.
- [3] ASHRAE Standard 55-2004, "Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and airconditioning engineers ", **2004**.
- [4] Hidrometeorološki zavod Republike Srpske
- [5] Fanger P.O.: *Thermal Comfort – Analysis and Applications in Environmental Engineering*, Danish Technical Press, Copenhagen **1970**.
- [6] <http://maps.google.com/> , preuzeto, 13.01.2014.
- [7] Frontczak M., Wargocki P.: Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, **2011**, Vol. 46, No. 4, str. 922-937.
- [8] Antunović B., Preradović Lj., Krstić, Furundžić A.: Toplotni komfor i energetska efikasnost univerzitetskih zgrada u Banjaluci. *Naučno- stručni simpozijum, Instalacije & Arhitektura*, Beograd, **2013**, str. 23-30
- [9] Šild K., Vilems V. M., Dinter S.: *Građevinska fizika – priručnik – Deo I*, Građevinska knjiga, Beograd, **2008**.

## PERCEPTION OF THERMAL COMFORT IN THE WORKPLACE

**Summary:** *This paper presents the analysis of thermal comfort perception at the workplace based on the results of a survey conducted among the employees of Banja Luka University during the spring 2012<sup>th</sup> year. The survey covered employees at five institutions located in different parts of the city, and they were asked about various aspects of thermal comfort in winter and summer. Results showed a general dissatisfaction of employees with climate of the interior, which is slightly worse in summer than in winter.  $\chi^2$ -test showed that there was no statistically significant difference between the employees perception of the thermal comfort according to the institution for various aspects of thermal comfort unless the sense of sudden changes of temperature in the winter during the day ( $\chi^2 = 9.621$ ,  $p = 0.022$ ).*

**Keywords:** *Thermal comfort, survey, comfort perception*