



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U NOVOM SADU



Žarko Bojić

**UTICAJ PARAMETARA MIKROKLIME, BUKE I
OSVETLJENJA NA TOPLOTNI KOMFOR U
RADNOJ SREDINI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad 2018. godine



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска документација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	Жарко Бојић
Ментор, МН:	Проф. др Илија Ћосић, емеритус
Наслов рада, НР:	Утицај параметара микроклиме, буке и осветљења на топлотни комфор у радној средини.
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Српски/Енглески
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Република Србија, А.П. Војводина
Година, ГО:	2018
Издавач, ИЗ:	Аутор
Место и адреса, МА:	Трг Доситеја Обрадовића, бр.6, Нови Сад
Физички опис рада, ФО: <small>(поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)</small>	7 / 226 / 145 / 35 / 87 / 20
Научна област, НО:	Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
Научна дисциплина, НД:	Заштита на раду
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	микроклима, топлотни осећај, топлотни комфор, радна средина
УДК	
Чува се, ЧУ:	Библиотека Факултета техничких наука, Нови Сад, Р.Србија
Важна напомена, ВН:	---
Извод, ИЗ:	У раду се проучава утицај параметара микроклиме, буке и осветљења на топлотни осећај и топлотни комфор у радној средини. Између човека и његовог окружења постоји стална интеракција, која може узроковати физиолошке поремећаје у организму. У оквиру рада, приказане су теоријске основе параметара микроклиме, буке и осветљења, као и њихов теоријски утицај на генерисање и размену топлотне енергије између човека и околине. Рад обухвата истраживање међузависности проучаваних параметара, топлотног осећаја и топлотног комфора човека на радном месту у позицији стајања.
Датум прихватања теме, ДП:	19.01.2016. године.
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Академик Др Миљко Сатарић, ред. проф. Члан: Др Славко Ђурић, ред. проф. Члан: Др Драган Ружић, доцент Члан: Др Драган Спасић, ред. проф. Члан: Др Миодраг Хаџистевић, ред. проф. Члан, ментор: Др Илија Ћосић, професор емеритус
	Потпис ментора



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic documentation
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	PhD thesis
Author, AU :	Žarko Bojić
Mentor, MN :	Ilija Ćosić, PhD, emeritus
Title, TI :	Influence of parameters of microclimate, noise and lighting on thermal comfort in the working environment
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian / English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Republic of Serbia-Vojvodina
Publication year, PY :	2018
Publisher, PB :	Author
Publication place, PP :	Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	7 / 226 / 145 / 35 / 87 / 20
Scientific field, SF :	Environmental Engineering and Occupational Safety
Scientific discipline, SD :	Occupational Safety
Subject/Key words, S/KW :	microclimate, thermal sensation, thermal comfort, working environment
UC	
Holding data, HD :	Library of Faculty of Technical Sciences, Trg D. Obradovića 6, Novi Sad, Serbia
Note, N :	---
Abstract, AB :	This paper examines the influence of the parameters of microclimate, noise and lighting on the thermal sensation and thermal comfort in the working environment. There is a constant interaction between a person and his environment, which can cause physiological disorders in the organism. In the framework of this paper, the theoretical bases of the parameters of microclimate, noise and lighting, as well as their theoretical influence on the generation and exchange of heat energy between person and environment are presented. The paper encompasses research on the interdependence of the parameters studied for thermal sensation and the thermal comfort of a person at the workplace in a standing position.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	19.01.2016.
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Academician PhD Miljko Satarić, full. prof.
	Member: PhD Slavko Đurić, full. prof.
	Member: PhD Dragan Ružić, assist.prof.
	Member: PhD Dragan Spasić, full. prof.
	Member: PhD Miodrag Hadžistević, full. prof.
	Member, Mentor: PhD Ilija Ćosić, profesor emeritus
	Mentor's sign

Sadržaj

Spisak slika	iii
Spisak tabela	vii
Spisak priloga	ix
Spisak oznaka i simbola	x
Sažetak/Abstract	xiii
1. Uvod	1
1.1 Predmet i problem istraživanja	2
1.2 Cilj istraživanja	4
1.3 Hipoteze istraživanja	4
1.4 Metod rada	5
1.5 Prikaz disertacije po poglavljima	6
2. Stanje u oblasti istraživanja	7
2.1 Istraživanja uticaja mikroklimе na toplotni komfor čoveka	8
2.2 Istraživanja uticaja buke na toplotni komfor čoveka	13
2.3 Istraživanja uticaja osvetljenja na toplotni komfor čoveka	15
2.4 Rezime poglavlja	17
3. Fizički uslovi radne sredine	19
3.1 Mikroklima u objektima	19
3.1.1 Temperatura vazduha	20
3.1.2 Vlažnost vazduha	22
3.1.3 Brzina strujanja vazduha	28
3.1.4 Toplotno zračenje	31
3.2 Formiranje mikroklimе u objektima	32
3.2.1 Uticaj spoljnih faktora na formiranje mikroklimе u objektima	32
3.2.2 Uticaj unutrašnjih faktora na formiranje mikroklimе u objektima	36
3.3 Buka	38
3.4 Osvetljenje	41
3.5 Rezime poglavlja	44
4. Toplotne osobine čovekovog organizma	45
4.1 Generisanje toplotne energije u organizmu čoveka	45

4.2	Telesna temperatura čovekovog organizma	48
4.3	Regulacija telesne temperature	50
4.4	Prenos toplotne energije između čoveka i okoline	53
4.4.1	Prenos toplotne energije provođenjem (kondukcija) između čoveka i okoline	55
4.4.2	Prenos toplotne energije konvekcijom na vazduh između čoveka i okoline.....	57
4.4.3	Prenos toplotne energije zračenjem između čoveka i okoline.....	58
4.4.4	Kombinovani prenos toplotne energije između čoveka i okoline	61
4.4.5	Prenos toplotne energije između čoveka i okoline isparavanjem vlage.....	62
4.5	Toplotni osećaj čoveka.....	64
4.6	Rezime poglavlja	66
5.	Toplotni komfor	67
5.1	Lokalna toplotna neugodnost.....	69
5.1.1	Promaja	69
5.1.2	Vertikalna razlika temperature vazduha.....	70
5.1.3	Asimetrija toplotnog zračenja.....	71
5.2	Procena toplotnog komfora	71
6.	Eksperimentalno istraživanje toplotnog komfora u radnoj sredini	74
6.1	Područje istraživanja	74
6.2	Metodologija istraživanja	75
6.2.1	Anketiranje ispitanika	77
6.2.2	Ispitivanje fizičkih uslova radne sredine	77
6.3	Rezultati i diskusija istraživanja toplotnog komfora u radnoj sredini	81
6.3.1	Opis uzorka istraživanja	84
6.3.2	Procena intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće.....	89
6.3.3	Ispitivanje fizičkih uslova radne sredine	92
6.3.4	Rezultati proračuna PMV indeksa i poređenje sa izjašnjavanjem ispitanika o toplotnom osećaju	103
6.3.5	Zavisnost toplotnog osećaja od fizičkih uslova radne sredine	110
7.	Zaključci i pravci daljih istraživanja	168
8.	Literatura.....	172
9.	Prilozi.....	182

Spisak slika

Slika 3.1. Molijerov h-x dijagram (Todorović 2005).....	26
Slika 3.2. Određivanje brzine strujanja vazduha (ISO 7730 2005).	30
Slika 3.3. Spektar elektromagnetskog zračenja.	31
Slika 3.4. Intenzitet Sunčevog zračenja.	32
Slika 3.5. Formiranje mikroklimatskih uslova u objektu.	38
Slika 4.1. Dnevne varijacije unutrašnje temperature tela, preuzeto iz: (Various 2004).....	49
Slika 4.2. Temperatura kože različitih delova tela nage osobe (Olesen 1982).	50
Slika 4.3. Razmena toplotne energije između čoveka i okoline (Guyton & Hall 2008).	54
Slika 5.1. Skala čovekovog toplotnog osećaja (S.T.O.) (Fanger 1970).	68
Slika 5.2. Zavisnost između PMV i PPD.	73
Slika 6.1. Skica mobilnog sistema za merenje fizičkih uslova radne sredine.	78
Slika 6.2. Fotografski izgled mernih instrumenata.	79
Slika 6.3. Prikaz mobilnog sistema za merenje fizičkih uslova radne sredine.	81
Slika 6.4. Broj i polna struktura ispitanika.	85
Slika 6.5. Vreme zaposlenosti ispitanika u preduzećima.	86
Slika 6.6. Nedeljno vreme provedeno u ispitivanom radnom prostoru.....	86
Slika 6.7. Obrazovna struktura ispitanika.	87
Slika 6.8. Raspored ispitanika prema spratnosti objekta.....	87
Slika 6.9. Broj ispitanika čije se radno mesto nalazi u blizini prozora.	88
Slika 6.10. Pozicija ispitanika na radnom mestu u šest preduzeća.	88
Slika 6.11. Izvori osvetljenja na radnim mestima u šest preduzeća.	89
Slika 6.12. Intenzitet metabolizma kod ispitanika u šest preduzeća.	90
Slika 6.13. Intenzitet metabolizma prema polu ispitanika.	91
Slika 6.14. Prikaz srednjih vrednosti toplotne izolacije odeće u šest preduzeća.	92
Slika 6.15. Toplotna izolacija odeće prema polu ispitanika.	92
Slika 6.16. Rezultati merenja spoljnih klimatskih parametara ispred preduzeća.	93
Slika 6.17. Zavisnost temperature vazduha od visine merenja u šest preduzeća.	95
Slika 6.18. Zavisnost relativne vlažnosti vazduha od visine merenja u šest preduzeća.....	96
Slika 6.19. Zavisnost brzine strujanja vazduha od visine merenja u šest preduzeća.	98
Slika 6.20. Poređenje aritmetičkih sredina temperature crnog globus termometra, srednje temperature zračenja i temperature vazduha u šest preduzeća.	100
Slika 6.21. Rezultati merenja nivoa buke u šest preduzeća.....	102
Slika 6.22. Rezultati srednjih vrednosti izmerene osvetljenosti u šest preduzeća.	103
Slika 6.23. Rezultati PMV indeksa u šest preduzeća.	105
Slika 6.24. Rezultati izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju i toplotnom komforu. ...	107
Slika 6.25. Poređenje rezultata srednjih vrednosti PMV indeksa i toplotnog osećaja ispitanika u radnoj sredini.	109
Slika 6.26. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 0,1 m.	113

Slika 6.27. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 1,1 m.	114
Slika 6.28. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 1,7 m.	114
Slika 6.29. Zavisnost osećaja temperature vazduha od izmerenih vrednosti temperature vazduha kod ispitanika muškog pola.	116
Slika 6.30. Zavisnost osećaja temperature vazduha od izmerenih vrednosti temperature vazduha kod ispitanika ženskog pola.	116
Slika 6.31. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra.	118
Slika 6.32. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od srednje temperature zračenja.	118
Slika 6.33. Zavisnost osećaja temperature vazduha od izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra prema polu ispitanika.	119
Slika 6.34. Zavisnost osećaja temperature vazduha od srednje temperature zračenja prema polu ispitanika.	120
Slika 6.35. Distribucija osećaja vlažnosti vazduha ispitanika i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha.	122
Slika 6.36. Distribucija osećaja vlažnosti vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha kod ispitanika muškog pola.	123
Slika 6.37. Distribucija osećaja vlažnosti vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha kod ispitanika ženskog pola.	124
Slika 6.38. Distribucija osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika i njegova zavisnost od izmerenih vrednost brzine strujanja vazduha.	126
Slika 6.39. Distribucija osećaja brzine strujanja vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika muškog pola.	128
Slika 6.40. Distribucija osećaja brzine strujanja vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika ženskog pola.	129
Slika 6.41. Distribucija osećaja nivoa buke ispitanika i zavisnost od nivoa buke.	131
Slika 6.42. Distribucija osećaja osvetljenosti na ukupnom uzorku ispitanika i srednje vrednosti izmerene osvetljenosti.	134
Slika 6.43. Korelacija između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti.	136
Slika 6.44. Korelacija između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti prema polu ispitanika.	136
Slika 6.45. Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja ispitanika u radnoj sredini.	138
Slika 6.46. Distribucija ocene toplotnog osećaja prema polu ispitanika u radnoj sredini.	138
Slika 6.47. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini na ukupnom uzorku 403 ispitanika.	140
Slika 6.48. Zavisnosti toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti temperature vazduha u radnoj sredini.	141

Slika 6.49. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola.....	142
Slika 6.50. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini kod ispitanika ženskog pola.	142
Slika 6.51. Zavisnost toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti temperature vazduha u radnoj sredini prema polu ispitanika.	143
Slika 6.52. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha na ukupnom uzorku 403 ispitanika.....	144
Slika 6.53. Zavisnost toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini.	145
Slika 6.54. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola.	145
Slika 6.55. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini kod ispitanika ženskog pola.	146
Slika 6.56. Zavisnost toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini prema polu ispitanika.	146
Slika 6.57. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini na ukupnom uzorku 403 ispitanika.	148
Slika 6.58. Zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini.	148
Slika 6.59. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola.	149
Slika 6.60. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini kod ispitanika ženskog pola.	149
Slika 6.61. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha kod ispitanika ženskog pola.	150
Slika 6.62. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja u radnoj sredini.	152
Slika 6.63. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature crnog globus termometra prema polu ispitanika.	153
Slika 6.64. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od srednje temperature zračenja prema polu ispitanika.	153
Slika 6.65. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od intenziteta metabolizma. ...	155
Slika 6.66. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od toplotne izolacije odeće.....	155
Slika 6.67. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od intenziteta metabolizma prema polu ispitanika.....	156
Slika 6.68. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika.....	157
Slika 6.69. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od ekvivalentnog nivoa buke u radnoj sredini.	158
Slika 6.70. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od nivoa buke u radnoj sredini.	159

Slika 6.71. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti u radnoj sredini.	161
Slika 6.72. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti prema polu ispitanika.....	162
Slika 6.73. Distribucija ispitanika u zavisnosti od izvora osvetljenja u radnoj sredini.....	162
Slika 6.74. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti prema izvoru osvetljenja.	163
Slika 6.75. Distribucija ispitanika prema polu u zavisnosti od izvora osvetljenja u radnoj sredini.	164
Slika 6.76. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti kod ispitanika mukog pola prema izvoru osvetljenja.	165
Slika 6.77. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti kod ispitanika ženskog pola prema izvoru osvetljenja.	166

Spisak tabela

Tabela 3.1. Preporučene vrednosti mikroklimatskih uslova u zatvorenim objektima	22
Tabela 3.2. Sastav suvog vazduha	23
Tabela 3.3. Talasne dužine vidljivog spektra elektromagnetnog zračenja	42
Tabela 4.1. Intenzitet metabolizma za različite fizičke aktivnosti (ISO 7730 2005).....	48
Tabela 5.1. Kategorije toplotnog okruženja	73
Tabela 6.1. Specifikacija mernih instrumenata za realizaciju eksperimentalnog istraživanja	80
Tabela 6.2. Broj i polna struktura ispitanika u svih šest preduzeća	84
Tabela 6.3. Starosna struktura ispitanika u šest preduzeća	85
Tabela 6.4. Rezultati statističke analize procene intenziteta metabolizma kod ispitanika.....	90
Tabela 6.5. Rezultati statističke analize procene toplotne izolacije odeće.....	91
Tabela 6.6. Rezultati statističke analize izmerene temperature vazduha u radnoj sredini.....	94
Tabela 6.7. Rezultati statističke analize izmerene relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini ..	96
Tabela 6.8. Rezultati statističke analize izmerene brzine strujanja vazduha u radnoj sredini.	98
Tabela 6.9. Rezultati statističke analize izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i proračunate srednje temperature zračenja u radnoj sredini	100
Tabela 6.10. Rezultati statističke analize izmerenog nivoa buke u radnoj sredini	101
Tabela 6.11. Rezultati statističke analize izmerenih vrednosti osvetljenosti u radnoj sredini	102
Tabela 6.12. Rezultati statističke analize proračuna PMV indeksa u šest preduzeća	104
Tabela 6.13. Rezultati ocene toplotnog osećaja u radnoj sredini.....	106
Tabela 6.14. Rezultati korelacione analize između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju i stanju toplotnog komofra	108
Tabela 6.15. Korelacija između osećaja temperature vazduha ispitanika i izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja.....	113
Tabela 6.16. Korelacija između osećaja temperature vazduha i izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika.....	115
Tabela 6.17. Korelacija između osećaja temperature vazduha ispitanika, temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja	117
Tabela 6.18. Korelacija između osećaja temperature vazduha, temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja prema polu ispitanika	119
Tabela 6.19. Korelacija između osećaja vlažnosti vazduha ispitanika i izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na tri visine merenja	121
Tabela 6.20. Korelacija između osećaja vlažnosti vazduha i izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika	123
Tabela 6.21. Korelacija između osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja	126
Tabela 6.22. Korelacija između osećaja brzine strujanja vazduha i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika.....	127

Tabela 6.23. Korelacija između osećaja nivoa buke ispitanika i izmerenih vrednosti nivoa buke u radnoj sredini	130
Tabela 6.24. Korelacija između osećaja nivoa buke u radnoj sredini i izmerenih vrednosti nivoa buke prema polu ispitanika	132
Tabela 6.25. Korelacija između osećaja osvetljenosti ispitanika i izmerenih vrednosti osvetljenosti u radnoj sredini	133
Tabela 6.26. Distribucija osećaja osvetljenosti ispitanika u radnoj sredini i izmerenih vrednosti osvetljenosti.....	134
Tabela 6.27. Korelacija između osećaja osvetljenosti i izmerenih vrednosti osvetljenosti prema polu ispitanika	135
Tabela 6.28. Rezultati analize ocene toplotnog osećaja, parametara mikroklimе, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće na ukupnom uzorku istraživanja.....	137
Tabela 6.29. Rezultati analize rezultata ocene toplotnog osećaja, parametara mikroklimе, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika	139
Tabela 6.30. Rezultati optimalnih vrednosti parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini.....	167

Spisak priloga

Prilog 1. Upitnik.....	182
Prilog 2. Proračun srednje temperature zračenja	184
Prilog 3. Proračun PMV indeksa	197
Prilog 4. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika u radnoj sredini i analiza izmerenih vrednosti temperature vazduha	210
Prilog 5. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti temperature vazduha prema polu ispitanika	211
Prilog 6. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha	212
Prilog 7. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha prema polu ispitanika	213
Prilog 8. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha	214
Prilog 9. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha prema polu ispitanika	215
Prilog 10. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja	216
Prilog 11. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja prema polu ispitanika	217
Prilog 12. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza procene intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće	218
Prilog 13. Distribucija ocene toplotnog komfora, analiza intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika	219
Prilog 14. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti nivoa buke	220
Prilog 15. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti nivoa buke prema polu ispitanika	221
Prilog 16. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti.....	222
Prilog 17. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema polu ispitanika	223
Prilog 18. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema izvoru osvetljenja	224
Prilog 19. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika muškog pola i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema izvoru osvetljenja	225
Prilog 20. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika ženskog pola i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema izvoru osvetljenja.....	226

Spisak oznaka i simbola

A_{cl}	površina tela odevenog čoveka, m^2
A_{eff}	efektivna površina odevenog čoveka koja učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem, m^2
A_{Du}	površina čovekovog tela, m^2
C	razmena toplotne energije konvekcijom sa površine kože, W/m^2
C_{res}	razmena toplotne energije konvekcijom u respiratornom traktu, W/m^2
D	prečnik crnog globus termometra, m
DR	procenat nezadovoljnih osoba uzrokovan promajom (<i>engl. Draught Rating</i>), %
E	ukupna energija zračenja, W/m^2
E	energije molekula gasa, J
E	osvetljenost, lx
E_{res}	razmena toplotne energije isparavanjem u respiratornom traktu, W/m^2
E	isparavanje (evaporacija) vlage sa površine kože, W/m^2
E_{sk}	prenos toplotne energije isparavanjem, W/m^2
E_d	difuzija vodene pare kroz kožu, W/m^2
E_d	difuzija vodene pare kroz kožu, W/m^2
E_{sw}	isparavanje znoja na površini kože, W/m^2
E_r	prenos toplotne energije u respiratornom traktu, W/m^2
f_{cl}	faktor površine odeće, –
f_{eff}	faktor efektivne površine zračenja odevenog čoveka koje učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem, –
F_{p-i}	geometrijski faktor između čovekovog tela i i-te površine njegovog okruženja, –
h	entalpija, J
h_b	visina tela, m
h_c	koeficijent prelaza toplotne energije između čoveka i vazduha, $W/(m^2\text{°C})$
h_r	linearni koeficijent prenosa toplotne energije zračenjem, $W/(m^2\text{°C})$
h	koeficijent prenosa toplotne energije konvekcijom i zračenjem, $W/(m^2\text{°C})$
H	razmena toplotne energije provođenjem, konvekcijom i zračenjem po metru kvadratnom kože, W/m^2
I	intenzitet zvuka, W/m^2
I	svetlosni intenzitet, cd
I_0	referentna vrednost za intenzitet zvuka, $10^{-12} W/m^2$

I_{cl}	toplotna izolacija odeće, $m^2\text{°C/W}$
K	provođenje toplotne energije sa površine kože (kondukcija) , W/m^2
k_B	Bolcmanova konstanta, $k_B = 1,3803 \cdot 10^{-23} J/K$
L	sjajnost, cd/m^2
L_p	nivo zvučnog pritiska, dB
L_I	nivo zvučnog intenziteta, dB
L_{eq}	ekvivalentni nivo buke, dB(A)
$L_A(t)$	vremenski promenljiv nivo buke, dB
m	masa čestice (molekula), kg
m_w	masa vodene pare (vlage) u vlažnom vazduhu, kgw
m_{sv}	masa suvog vazduha u vlažnom vazduhu, kgsv
m_{vv}	masa vlažnog vazduha, kgvv
M	intenzitet metabolizma, W/m^2
m_b	telesna masa čoveka, kg
N	broj molekula gasa
p	pritisak gasa, Pa
p	pritisak vlažnog vazduha, Pa
p	zvučni pritisak , Pa
p_{vv}	pritisak vlažnog vazduha, Pa
p_w	parcijalni pritisak vlage, Pa
p_{sv}	parcijalni pritisak suvog vazduha, Pa
p_a	parcijalni pritisak vodene pare u zasićenom vlažnom vazduhu, Pa
p_0	referentna vrednost za zvučni pritisak, $2 \cdot 10^{-5}$ Pa
p_s	pritisak zasićenja vodene pare na površini kože, Pa
PD	procenat nezadovoljnih ljudi, %
PMV	predviđena srednja ocena (<i>engl. Predicted Mean Vote</i>), –
PPD	predviđeni procenat nezadovoljnih (<i>engl. Predicted Percentage Dissatisfied</i>), %
R	razmena toplotne energije zračenjem, W/m^2
S	akumulacija toplotne energije u telu, W/m^2
t_R	tačka rose, °C
t_R	temperatura vlažnog termometra, °C
T_i	intenzitet turbulencije, %
T	interval merenja, s.
T	apsolutna temperatura, K
t_{sk}	srednja temperatura kože, °C,

t_{cl}	temperatura površine odeće, °C
t_a	temperatura vazduha, °C
t_{mr}	srednja temperatura zračenja, °C
t_i	temperatura i-te površine, °C
t_g	temperatura crnog globus termometra, °C
t_o	operativna temperatura, °C
v_{ksk}	koren srednjeg kvadrata brzine molekula, m/s
V	zapremina gasa, m ³
v_a	brzina strujanja vazduha, m/s
W	mehanička snaga čoveka, W/m ²
x	apsolutna vlažnost vlažnog vazduha, kgw/ kgsv
φ	relativna vlažnost vazduha, %
Φ	svetlosni fluks, lm
x^z	vlažnost zasićenog vazduha, kgw/kgsv
σ	Stefan-Boltzmannova konstanta, $\sigma=5,669 \cdot 10^{-8}$, W/m ² K ⁴
ε	emisivnost spoljne površine odevenog čoveka, –
ε_g	emisivnost crnog globus termometra, –
$\Delta t_{a,v}$	vertikalna razlika temperature vazduha između glave i nogu, °C

Sažetak/Abstract

Na prostoru Republike Srbije, Bezbednost i zdravlje na radu definiše da u zavisnosti od fizičkog opterećenja čoveka i spoljnih uslova, u objektima namenjenim za rad neophodno je voditi računa o tri parametra mikroklimе, a to su: temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha i brzina strujanja vazduha. Prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) koji je prihvaćen kao srpski standard, toplotni komfor u objektima je moguće obezbediti sa četiri parametra mikroklimе (temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha i toplotno zračenje, odnosno srednja temperatura zračenja) i dva lična čovekova parametra (intenzitet metabolizma i izolacija odeće).

Pregledom literature u oblasti istraživanja, uočava se da postoje i drugi uticajni fizički parametri koji u laboratorijskim istraživanjima mogu dati efekte na promenu čovekovog toplotnog osećaja. Buka i osvetljenost, kao fizičke veličine radne sredine u laboratorijskim istraživanjima daju efekte na toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka, ali rezultati istraživanja u pojedinim slučajevima su kontradiktorni i nisu potvrđeni.

Predmet istraživanja u okviru disertacije obuhvata međuzavisnot subjektivno i objektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti, te utvrđivanje njihovog pojedinačnog uticaja na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini. Istraživanje uticaja parametara mikroklimе na tri visine merenja, buke i osvetljenja na toplotni osećaj i toplotni komfor je izvedeno u šest preduzeća, odnosno prirodno ventilisanih objekata. U istraživanju je učestvovalo 403 ispitanika, od toga 201 ispitanik muškog i 202 ispitanika ženskog pola, raspoređenih na 77 mernih mesta.

Rezultati ispitivanja su pokazali da u prirodno ventilisanim objektima, postoji nehomogenost parametara mikroklimе u vertikalnom pravcu. Na osnovu izvršenih ispitivanja, prema standardu (ISO 7730 2005), izvršen je proračun PMV indeksa. Rezultati korelacije između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika na skali toplotnog osećaja, su pokazali da u prirodno ventilisanim objektima nije moguće predvideti toplotni komfor pomoću PMV indeksa.

Rezultati ispitivanja i matematički model (regresiona prava) su pokazali da u radnoj sredini postoji uticaj parametara mikroklimе (temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha i toplotno zračenje, odnosno srednja temperatura zračenja), ličnih parametara čoveka (intenzitet metabolizma, izolacija odeće), nivoa buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka. U okviru prikazanih rezultata, date su „optimalne“ vrednosti ispitivanih parametara za stanje toplotnog komfora čoveka na radnom mestu u poziciji stajanja. Dobijeni rezultati su pokazali da postoje razlike između muškaraca i žena u pogledu „optimalnih“ vrednosti razmatranih parametara za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini.

On the territory of the Republic of Serbia, Occupational safety and health, defines that, depending on the physical burden of man and the external conditions, in the objects intended for work it is necessary to take into account three parameters of the microclimate, which are: air temperature, relative humidity and air flow rate. According to the international standard (ISO 7730 2005), which is accepted as a Serbian standard, thermal comfort in the objects can be provided with four parameters of microclimate (air temperature, air humidity, air flow rate and thermal radiation, respectively, mean radiation temperature) and two personal human parameters (intensity of metabolism and insulation of clothes).

By reviewing the literature in the field of research, it is noted that there are other influential physical parameters that in laboratory research can have effects on the change in the human's warmth. Noise and illumination, as the physical size of the working environment in laboratory research, give effects on the heat and warmth of a person, but the results of the research in some cases are contradictory and not confirmed.

The subject of the research within the framework of the dissertation includes the interdependencies of subjectively and objectively measured parameters of microclimate, noise and illumination, and determination of their individual influence on the thermal comfort of a man in the working environment. The study of the influence of the parameters of the microclimate on the three heights of measurement, noise and lighting on the thermal sensation and thermal comfort was carried out in six enterprises, ie, naturally ventilated objects. The research involved 403 respondents, of which 201 male and 202 female respondents, distributed in 77 measuring points.

The results of the study showed that in naturally ventilated objects, there is a non-homogeneity of the parameters of the microclimate in the vertical direction. Based on the conducted tests, according to the standard (ISO 7730 2005), the PMV index was calculated. The results of the correlation between the PMV index and the response of the respondents to the scale of thermal sensation showed that in the naturally ventilated facilities it was not possible to predict the thermal comfort with the PMV index.

The results of the tests and mathematical model (regression line) have shown that in the working environment there is an influence of the parameters of the microclimate (air temperature, relative air humidity, air velocity and thermal radiation, ie mean radiation temperature), personal parameters of the person (intensity of metabolism, clothing isolation), the level of noise and lighting on the heat comfort of a man. Within the results presented, the "optimal" values of the tested parameters for the state of the thermal comfort of a person at the workplace in the standing position are given. The obtained results showed that there are differences between men and women in terms of the "optimal" values of the parameters considered for the condition of the thermal comfort in the working environment.

1. Uvod

Zaštita na radu, odnosno bezbednost i zdravlje na radu, ima za cilj da obezbedi čoveku uslove na radnom mestu u kojima se smanjuju povrede, profesionalna oboljenja i oboljenja u vezi sa radom. Implementacijom standarda i preporuka u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu, stvaraju se preduslovi za puno fizičko, psihičko i socijalno blagostanje čoveka na radnom mestu. Prema Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu Republike Srbije, svakom zaposlenom tokom obavljanja radnih aktivnosti, kroz zaštitu na radu neophodno je obezbediti bezbedno i zdravo radno mesto i radnu okolinu, koja neće uzrokovati fiziološka i psihološka opterećenja čoveka (Jocić 2008; Sl. glasnik RS br.91/15 2015).

Rad i radne aktivnosti čoveka u većini slučajeva se obavlja u objektima. Objekti namenjeni za obavljanje procesa rada projektuju se i izgrađuju da čoveku omoguće bezbedne i zdrave uslove na radnom mestu i u radnoj sredini, tokom obavljanja radnih aktivnosti. Prilikom projektovanja i izgradnje objekata koji su namenjeni za obavljanje procesa rada u kojima učestvuje čovek, neophodno je voditi računa o dimenzionisanju objekata, materijalima za izgradnju, pozicioniranju itd., a u cilju obezbeđivanja povoljnih uslova radne sredine. Objekti u kojima se obavlja proces rada treba da zaštite čoveka od spoljnih meteoroloških uticaja i da obezbede prostorni, toplotni, akustični, svetlosni, vazdušni, vizuelni i estetski komfor (Ivanović 2000). Minimum zahteva za obezbeđivanje preventivnih mera bezbednosti, zdravlja na radu i komforne radne sredine, odnosno uslova radne sredine propisano je Zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu i podzakonskim aktima iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu, kao što je Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu (Sl. glasnik RS br.91/15 2015; Sl. glasnik RS br.21/09 2009).

Uslovi radne sredine u objektima, mogu se podeliti na fizičke, hemijske i biološke, a oni se periodično mere u cilju obezbeđivanja bezbedne, zdrave i komforne radne sredine. Fizički uslovi radne sredine kao što su mikroklimatski uslovi, buka i osvetljenje imaju direktan uticaj na zdravlje i komfor čoveka, a zatim na produktivnost (Parsons 2000). Povoljni mikroklimatski uslovi imaju za cilj da obezbede optimalnu razmenu toplotne energije između čoveka i njegovog okruženja, a zatim toplotni komfor. Buka je jedan od uslova radne sredine koji ima negativan uticaj na čoveka, a najčešće javlja se kao posledica obavljanja procesa rada. Osvetljenje na radnom mestu neophodno je za vid, a ima uticaj na zdravlje, biološki ritam i toplotnu regulaciju čovekovog organizma (Parsons 2000; Parsons 2003; Parsons 2014). Zdrava životna i radna sredina je preduslov za čovekovo zdravlje (Nematchoua et al. 2014).

Kako bi se ispunio osnovni cilj bezbednosti i zdravlja na radu, neophodno je voditi računa o svakom vidu komfora. Međutim, toplotni komfor radne sredine, od strane korisnika objekta ocenjuje se kao najvažniji uslov za postizanje zadovoljstva unutrašnjim okruženjem (Frontczak & Wargocki 2011). Toplotni komfor ima uticaj na produktivnost i zadovoljstvo čoveka na radnom mestu, visoke i niske temperature vazduha, pored fiziološkog uticaja na čoveka imaju uticaj i na produktivnost (Parsons 2000). Između čoveka i njegovog okruženja

postoji stalna interakcija koja uzrokuje fiziološke i psihološke efekte. U svakom toplotnom okruženju, čovekov organizam će nastojati da održi telesnu temperaturu u granicama oko 37°C, tako da je toplotni balans u organizmu neophodan (Parsons 2014).

U cilju postizanja toplotnog balansa između čoveka i njegovog okruženja i toplotnog komfora čoveka, kao najvažnijeg faktora radne sredine za obezbeđivanje zadovoljstva, nije dovoljno dati preporuke za temperaturu vazduha u određenom intervalu. Fiziološke reakcije i zadovoljstvo toplotnim okruženjem zavisi i od drugih mikroklimatskih faktora radne sredine. Pored temeprature vazduha, uticaj imaju i ostali parametri mikroklimе, kao što su, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha, toplotno zračenje, itd. Lični parametri čoveka imaju uticaj na toplotno zadovoljstvo, a najvažniji su intenzitet metabolizma i toplotna izolacija odeće. Pored fizioloških posledica koje uzrokuje buka i osvetljenje na radnom mestu, ovi uslovi radne sredine imaju i psihološke efekte na čoveka (Parsons 2014; Kulve et al. 2015; James P. 2016).

Usled klimatskih promena i globalnog zagrevavanja, u prirodno ventilisanim objektima namenjenim za obavljanje procesa rada dolazi do povećanja temperature vazduha, naročito u letnjem periodu, bez obzira na vrstu odvijanja procesa rada i broj ljudi u objektima (Simurdić 2010; RHMZ 2015). Širom sveta, objekti namenjeni za obavljanje procesa rada sve više troše energije za sisteme grejanja, ventilacije, klimatizacije i veštačkog osvetljenja (Rupp et al. 2015). Zbog velikog utroška energije odvijanje procesa rada se često obavlja u prirodno ventilisanim objektima. Neophodno je pristupiti israživanju uticaja parametara mikroklimе i drugih uticajnih uslova radne sredine, u cilju postizanja toplotnog komfora na radnom mestu u prirodno ventilisanim objektima.

1.1 Predmet i problem istraživanja

Postoji stalna dinamička interakcija između ljudi i njihovog okruženja, koje proizvodi fiziološko i psihološko opterećenje čoveka. Na fiziološke i psihološke reakcije čoveka utiču parametri radne sredine, kao što su: mikroklimatski uslovi, osvetljenje, buka, itd. (Parsons 2000).

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji je istraživanje međuzavisnosti između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti, te utvrđivanje njihovog pojedinačnog uticaja na osećaj i toplotni komfor čoveka u radnoj sredini, bez direktnog Sunčevog zračenja, van grejne sezone i spoljnjim temperaturama vazduha u intervalu od 5°C do 28°C.

Prema autoru (Dukić 1998) mikroklima je stanje prirodnih pojava na vrlo malom prostoru. Parametri mikroklimе u objektima namenjenim za rad su: temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha, toplotno zračenje, atmosferski pritisak vazduha, itd. (Dukić 1998). Tokom radnog vremena u radnom okruženju, radnici mogu biti izloženi lošim uticajima mikroklimatskih uslova (Kralikova et al. 2014). Nepovoljni uslovi radne sredine, kao što su: mikroklimatski uslovi, osvetljenost i buka, imaju direktan uticaj na zadovoljstvo, zdravlje, komfor i produktivnost radnika (Parsons 2000; Ismail et al. 2009; Tanabe et al. 2013).

Buka ima iste fizičke efekte kao i zvuk, stim što se razlikuje od zvuka po tome što izaziva različite fiziološke i psihološke reakcije, a ima štetna dejstva na zdravlje čoveka (Cvetković & Praščević 2005). Prema autorima (Cvetković & Praščević 2005) osnovna pretpostavka u tretiranju zvuka kao buke je da postoji subjekt (čovek ili životinja) koji opaža zvuk i kome taj zvuk smeta. Različite osobe imaju različiti stav prema željenom i neželjenom zvuku, tako da neki zvuk može biti buka za neku osobu, a veoma prijatan događaj za druge. Buka je subjektivna kategorija, dok je zvuk fizička kategorija (Cvetković & Praščević 2005). Buka visoke i niske frekvencije je jedan od najvažnijih štetnih i neprijatnih faktora koji se javljaju u radnom okruženju čoveka. Buka ima direktan uticaj na čoveka, odnosno uticaj na koncentraciju, glavobolju, osećaj umora, oštećenje sluha, nelagodnost u ušima, smetnje u govoru, poremećaj spavanja, kardiovaskularne probleme, stres itd. (Kaczmarska & Łuczak 2007; Berglund et al. 1999). Prema dosadašnjim istraživanjima, visok intenzitet buke može imati uticaj na sužavanje krvnih sudova (Heinecker & Eberhard 1959; Jansen 1966), a takođe može povećati napetost mišića i uzrokovati poremećaj metabolizma (Candas & Dufour 2005). Akustična percepcija čoveka se smanjuje kada je toplotno okruženje neprijatno po čoveka (Pellerin & Candas 2004).

Svetlost je deo energije zračenja elektromagnetnog spektra koji čovek registruje preko čula vida. Tela koja emituju ili zrače svetlost nazivaju se svetlosnim izvorima (Petrović 1979). Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja (Kulve et al. 2015), uočava se da je svetlost neophodna za vid, a ima važnu ulogu u nevizuelnim reakcijama čoveka posredovanu preko očiju, čime utiče na budnost, raspoloženje, cirkadijalni ritam, fiziološke procese i toplotnuregulaciju organizma (Kulve et al. 2015). Svetlost sinhronizuje cirkadijalni ritam ljudskog tela dnevno-noćnog ciklusa. Toplotni i fiziološki procesi imaju cirkadijalni ritam, stoga svetlost može da utiče na ljudske toplotne reakcije (Falchi et al. 2011; LeGates et al. 2014), dok dugoročni poremećaj cirkadijalnog ritma ima negativne efekte po zdravlje (Pritchett et al. 2012).

Toplotni komfor prema (Fanger 1970) definisan je kao psiho-fiziološko stanje čoveka, a ne stanje okoline, pa ga je samim tim teško objektivno iskazati. Iako se čovek može prilagoditi promenljivom toplotnom stanju okoline u svom okruženju (aklimatizovati), ipak postoji jedna oblast, tzv. oblast ugodnosti, u kojoj će se on najprijatnije osećati u toplotnom smislu. Prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) toplotni komfor, odnosno toplotna ugodnost je takvo stanje uma koje izražava zadovoljstvo toplotnim okruženjem. Osećaj toplote kod čoveka uglavnom se odnosi na toplotnu ravnotežu celog tela. Ovaj balans je pod uticajem fizičkih parametara sredine i ličnih parametara čoveka. Fizički parametri radne sredine su: temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha u blizini tela, srednja temperatura zračenja, pritisak vazduha. Lični parametri čoveka su: stepen odevnosti, nivo fizičke aktivnosti, starost, pol i masa čoveka (ISO 7730 2005). Toplotni komfor u nekom okruženju je ostvaren, ako je najmanje 80% prisutnih osoba zadovoljno toplotnim okruženjem (ISO 7730 2005). Važan uslov za apsolutni toplotni komfor i 100% zadovoljnih u nekom okruženju je lična kontrola mikroklimatskih uslova radne sredine (Fanger 1970).

Prema teorijskim podlogama (Fanger 1970) i međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) toplotni komfor čoveka u radnoj sredini moguće je obezbediti ukoliko se izvrše merenja temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha, srednje temperature zračenja i procene lični parametri čoveka, a to su intenzitet metabolizma i toplotna izolacija odeće. Na osnovu izvršenih merenja moguće je proračunati i predvideti toplotni komfor prema (ISO 7730 2005). Pregledom literature u oblasti istraživanja, uočava se da postoje i drugi fizički faktori, kao i lični parametri čoveka koji imaju uticaj u laboratorijskim istraživanjima na toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka, ali ti faktori u pojedinim slučajevima nisu potvrđeni (Pellerin & Candas 2004; Kulve et al. 2015; Rupp et al. 2015). Prema autorima (Rupp et al. 2015) toplotni komfor nije moguće u svakom konkretnom slučaju predvideti sa četiri parametra mikroklimе i dva lična parametra čoveka, jer postoje i drugi uticajni faktori, kao što su kulturni aspekti, individualne razlike, starost, pol itd. (Rupp et al. 2015). Prema (Fanger 1970), neutralna temperatura za obezbeđivanje toplotnog komfora je slična kod muškaraca i kod žena (Fanger 1970). Prema autorima (Kim et al. 2013), kod žena u kancelarijskom radnom prostoru nivo zadovoljstva sa toplotnim komforom, bukom i osvetljenošću je niži u odnosu na muškarce (Kim et al. 2013).

1.2 Cilj istraživanja

Cilj istraživanja u doktorskoj disertaciji je da se ispita uticaj pojedinačnih mikroklimatskih parametara, buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka u zatvorenom okruženju, bez direktnog Sunčevog zračenja, van grejne sezone i spoljnim temperaturama vazduha u intervalu od 5°C do 28°C. Pored osnovnog, cilj je ispitati neutralne, odnosno optimalne vrednosti parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti koje će zaposlenima odnosno muškarcima i ženama u radnoj sredini obezbediti neutralan osećaj, tj. toplotni komfor na skali toplotnog osećaja. Rezultati istraživanja treba da ukažu da li i u kojoj meri pojedinačno mikroklimatski parametari, buka i osvetljenost imaju uticaj na toplotni komfor čoveka u zatvorenom okruženju, odnosno radnoj sredini. Rezultati istraživanja će poslužiti kao osnova prilikom dimenzionisanja i projektovanja objekata u kojima se obavljaju procesi rada, razmeštaja mašina i opreme za rad koja emituje buku i toplotno zračenje, kao i za procenu bezbednosti radnog mesta u zatvorenom okruženju.

1.3 Hipoteze istraživanja

Iz predmeta istraživanja i u skladu sa postavljenim ciljevima istraživanja, a na osnovu do sada postignutih rezultata u oblasti, moguće je postaviti sledeće hipoteze istraživanja:

Hipoteza 1. Postoji povezanost između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti kod muškaraca i žena.

Hipoteza 2. Postoji povezanost između mikroklimatskih parametara i toplotnog komfora u radnoj sredini kod muškaraca i kod žena.

- Postoji povezanost između temperature vazduha i toplotnog komfora u radnoj sredini.
- Postoji povezanost između relativne vlažnosti vazduha i toplotnog komfora u radnoj sredini.
- Postoji povezanost između brzine strujanja vazduha i toplotnog komfora u radnoj sredini.
- Postoji povezanost između toplotnog zračenja i toplotnog komfora u radnoj sredini.

Hipoteza 3. Postoji povezanost između buke i toplotnog komfora u radnoj sredini.

Hipoteza 4. Ne postoji povezanost između osvetljenosti i toplotnog komfora u radnoj sredini.

1.4 Metod rada

Istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji su podeljena u dva dela. Prvi, teorijski deo predstavlja pregled relevantnih objavljenih naučnih publikacija iz oblasti ergonomije toplotnog komfora, odnosno uticaja mikroklimatskih uslova, buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka. Zatim, prikaz teorijskih podloga fizičkih parametara mikroklimatske buke i osvetljenja i njihov uticaj na toplotnu regulaciju čovekovog organizma. Date su teorijske podloge toplotnih karakteristika čoveka, prenos, odnosno razmena toplotne energije između čoveka i njegove okoline u radnoj sredini.

Drugi, istraživački deo doktorske disertacije se bazira na objektivnom, fizičkom merenju mikroklimatskih parametara (temperature vazduha, vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha i toplotnog zračenja), buke i osvetljenosti u realnom okruženju, odnosno objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, u kojima učestvuju ljudi. Paralelno sa merenjima, koja se vrše pomoću Mobilnog sistema za merenje fizičkih uslova radne sredine, zaposleni u izabranom okruženju su se izjašnjavali na upitniku koji je razvijen za potrebe istraživanja o svom toplotnom stanju i subjektivnom osećaju fizičkih uslova radne sredine u datom trenutku.

Rezultati ovih ispitivanja su poslužili za definisanje međuzavisnosti fizičkih parametara i toplotnog komfora čoveka u radnoj sredini. Nakon izmerenih vrednosti parametara mikroklimatske buke, procenjenog intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće, izvršen je proračun PMV indeksa. Zatim izvršena je komparativna analiza između proračunatog PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom komforu u radnoj sredini. Za utvrđivanje međuzavisnosti izvršena je statistička obrada prikupljenih podataka objektivnih fizičkih meranja i izjašnjavanja zaposlenih u radnoj sredini.

1.5 Prikaz disertacije po poglavljima

Disertacija je podeljena u sedam poglavlja, shodno materiji koja je predmet proučavanja. U prvom uvodnom poglavljju prikazani su predmet, problem, ciljevi i hipoteze istraživanja u doktorskoj disertaciji.

U drugom poglavljju prikazan je pregled dosadašnjih istraživanja u predmetnoj oblasti, koje se sastoji od tri dela. U prvom delu dat je pregled dosadašnjih istraživanja uticaja mikroklimatskih parametara na toplotni komfor čoveka. U drugom delu prikazan je pregled literature dosadašnjih istraživanja koja se bave uticajem buke na toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka, a u trećem delu je dat pregled literature o uticaju svetla na toplotnofiziološke reakcije i toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka.

U trećem poglavljju dat je prikaz teorijskih podloga fizičkih parametara mikroklimе i uticaj spoljnih i unutrašnjih faktora na formiranje mikroklimе u objektima namenjenim za obavljanje procesa rada. Prikazane su teorijske podloge buke i osvetljenja, kao i njihov uticaj na toplotnu regulaciju čovekovog organizma.

U četvrtom poglavljju su date teorijske podloge toplotnih osobina čoveka, generisanje toplotne energije, telesna temperatura i regulacija telesne temperature. Prikazani su načini prenosa toplotne energije provođenjem, konvekcijom, zračenjem i isparavanjem vlage sa površine čovekove kože, kao i toplotni osećaj čoveka.

U petom poglavljju doktorske disertacije definisan je toplotni komfor čoveka i prikazani uticajni parametri na toplotni komfor. Zatim je dat prikaz lokalne toplotne neugodnosti, koji je pod uticajem fizičkih parametara mikroklimе i mogućnost procene toplotnog komfora u radnoj sredini.

U šestom poglavljju doktorske disertacije je prikazana metodologija istraživanja, mesto i instrumenti za merenje fizičkih parametara mikroklimе pomoću mobilnog sistema za merenje i opisan je način objektivnog i subjektivnog merenja koji je izvršen pomoću razvijenog upitnika. Zatim su prikazani rezultati i diskusija rezultata zajedno sa statističkom obradom podataka.

U sedmom poglavljju doktorske disertacije prikazani su zaključci istraživanja, sa kritičkim osvrtom na prikazano istraživanje i dati su pravci daljih istraživanja u oblasti. Nakon sedmog poglavlja, dat prikaz korišćene literature u oblasti istraživanja toplotnog komfora.

2. Stanje u oblasti istraživanja

Dosadašnja istraživanja toplotnog komfora se baziraju na dva pristupa, a to su: racionalni (statički) i adaptivni pristup. U proteklih sto godina, vršena su mnogobrojna istraživanja o uticaju mikroklimatskih parametara na toplotni komfor čoveka (Moujalled et al. 2008; Djongyang et al. 2010; Taleghani et al. 2013).

Prvi, racionalni pristup se bazira na toplotnom balansu čovekovog organizma. Istraživanja pomoću ovog pristupa se izvode u strogo kontrolisanom okruženju, tj. klima komorama, u cilju utvrđivanja modela toplotnog komfora. Tokom istraživanja pomoću racionalnog pristupa, fizički parametri mikroklimе i lični parametri čoveka (intenzitet metabolizma i toplotna izolacija odeće), se kontrolišu i variraju u vremenu, sa ciljem dobijanja rezultata prihvatljivog toplotnog okruženja. Iz ovog pristupa istraživanja, proizašli su Fangerovi matematički modeli, kao što su PMV (*engl. Predicted Mean Vote*) predviđanje srednje ocene glasanja i PPD (*engl. Predicted Percentage Dissatisfied*) predviđanje procenta nezadovoljnih osoba toplotnim okruženjem. Ova dva modela su kasnije prihvaćena i međunarodnim standardom iz oblasti ergonomije toplotnog okruženja (Fanger 1970; ISO 7730 2005).

Drugi, adaptivni pristup istraživanja toplotnog okruženja, odnosno toplotnog komfora, se bazira na definisanju optimalnog toplotnog okruženja u zatvorenom prostoru, koje zavisi od spoljne temperature vazduha i lokacije istraživanja (Dear & G.S. Brager 2002; Moujalled et al. 2008; Taleghani et al. 2013). Adaptivni pristup istraživanja se izvodi u realnom okruženju, takozvane terenske studije, kao što su istraživanja u proizvodnim objektima, školama, bolnicama itd. Cilj ovih istraživanja je proučavanje toplotnog komfora u realnom okruženju i dobijanje rezultata o uticaju radnog i životnog okruženja na toploni komfor čoveka, bez uticaja istraživača na toplotne uslove u kojem se obavlja istraživanje (Taleghani et al. 2013). Svrha ovog pristupa je analiza prihvatljivosti toplotnog okruženja čoveka, koje u velikoj meri zavisi od konteksta, ponašanja i očekivanja ljudi u realnom okruženju. Adaptivni pristup istraživanja uzima u obzir adaptaciju čoveka u vidu ponašanja, fiziološku i psihološku adaptaciju (Brager & de Dear 1998). Prihvatljivost mikroklimatskih uslova i određivanje operativne temperature može biti pod uticajem adaptacije čovekovog organizma na tople i hladne uslove (ISO 7730 2005; Moujalled et al. 2008; Djongyang et al. 2010). Osobe koje žive i rade u toplim okruženjima, lakše mogu podneti visoke temperature, za razliku od ljudi koji žive u hladnom okruženju (Guyton & Hall 2008).

Fizički uslovi radne sredine mogu imati negativan uticaj na čoveka, što se manifestuje na zdravlje, komfor i produktivnost, a to su: svetlost, buka, vibracije, visoke ili niske temperature vazduha, toplotno zračenje, atmosferski pritisak vazduha, kvalitet vazduha, gasovi, itd., (Parsons 2000). U zatvorenim objektima, tokom radnog vremena, radnici mogu biti izloženi negativnim uticajima mikroklimatskih uslova, koji imaju direktan uticaj na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline, što direktno utiče na toplotni komfor čoveka u radnom okruženju (Kralikova et al. 2014; Parsons 2014).

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da se nisko emocionalno zdravlje (stanje) manifestuje kao psihološki stres i depresija, dok se nisko fizičko (stanje) zdravlje manifestuje kao oboljenje srca, nesanica, glavobolja, infekcije itd. Ovi zdravstveni problemi mogu da utiču na nezadovoljstvo poslom, odsustvovanje sa posla i loš kvalitet rada. Iritirana sluzokoža, promuklost, zapašen nos, mentalni umor i glavobolja su rezultati negativnih ekoloških uslova radne okoline na radnom msetu (Tarcan et al. 2004).

Dosadašnja istraživanja ukazuju da na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline, a zatim i na toplotni komfor čoveka utiču mikroklimatski parametri (temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha, toplotno zračenje, atmosferski pritisak), kao i lični parametri čoveka: fizička aktivnost, nivo odevenosti čoveka, starosna dob, pol, i td. (Fanger 1970; Ismail et al. 2009; Parsons 2014). Buka je jedan od fizičkih uslova radne sredine, a ima uticaj na čoveka tako što oštećuje sluh, uzrokuje poremećaj spavanja, glavobolju kardiovaskularne problema, itd. (Kaczmarska & Łuczak 2007; Berglund et al. 1999). Buka kao fizički uslov radne sredine može imati uticaj na sužavanje krvnih sudova (Heinecker & Eberhard 1959; Jansen 1966), a takođe može povećati napetost mišića i uzrokovati poremećaj intenziteta metabolizma kod čoveka (Candas & Dufour 2005).

U radnom i životnom prostoru čoveka, svetlost je neophodna za vid, a ima važnu ulogu u nevizuelnim reakcijama čoveka posredovanu preko očiju, čime utiče na budnost, raspoloženje, cirkadijalni ritam, fiziološke procese i toplotnuregulaciju čovekovog organizma (Kulve et al. 2015). U nastavku će biti prikazani rezultati dosadašnjih reprezentativnih istraživanja o uticaju parametara mikroklimе, buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka.

2.1 Istraživanja uticaja mikroklimе na toplotni komfor čoveka

Istraživanja uticaja mikroklimatskih parametara na toplotni komfor čoveka se izvode širom sveta u poslednjih sto godina, kako u laboratorijskim uslovima, tj. klima komorama, tako i u realnom okruženju. Pregled reprezentativnih publikacija na polju toplotnog komfora koji je pod uticajem mikroklimatskih uslova (temperature vazduha, vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha, toplotnog zračenja i atmosferskog pritiska), ličnih parametra (pola, starosti, odevenosti, nivoa metaboličke aktivnosti), ukazuje da postoje poteškoće u definisanju jedinstvenog toplotnog okruženja, koje će zadovoljiti sve prisutne u prostoru.

Istraživanje uticaja mikroklimatskih parametara na čoveka, u Hong Kongu, grupa autora sprovedla je laboratorijsko, eksperimentalno istraživanje toplotnog komfora, sa povećanom brzinom kretanja vazduha, temperaturom i relativnom vlažnošću vazduha, u klimatizovanim uslovima. U istraživanju je učestvovalo 300 ispitanika, uzrasta od 19 do 50 godina starosti. Laboratorijsko istraživanje je obuhvatalo temperaturu vazduha u intervalu od 25°C do 30°C, brzinu strujanja vazduha u intervalu od 0,5 m/s do 3 m/s i relativnu vlažnost vazduha od 50% do 85%. Analiza rezultata ukazuje da su ljudi u Hong

Kongu, kao i u drugim azijskim gradovima osjetljiviji na promenu temperature vazduha i brzine strujanja vazduha, a manje na relativnu vlažnost vazduha. Sa brzinom kretanja vazduha od 0,1 m/s do 0,2 m/s, nivoom odeće 0,55 clo i nivoom metabolizma 1 met, neutralna temperatura je 25,4°C, za radno mesto sedećeg tipa. Rezultati ukazuju da osećaj toplotne ugodnosti kod žena u Hong Kongu je osjetljiviji, na promene temperature, ali manje na promene brzine strujanja vazduha, nego kod muškarca. U odnosu na muškarce, žene žele višu temperaturu vazduha. Razlika toplotne ugodnosti oba pola se sužava na višim temperaturama vazduha (Chow et al. 2010).

Eksperiment u klima komori, koji je sproveden sa mladim ljudima u Pekingu, gde se obično zimi koristi grejanje i u Šangaju, gde se grejanje obično ne koristi u zimskom periodu. Ispitanici koji su učestvovali u eksperimentu, bili su izloženi varijacijama temperature vazduha u intervalu od 12°C do 20°C, hladno okruženje. Rezultati eksperimentalnih istraživanja ukazuju da ispitanici koji su navikli na više temperature u zatvorenom prostoru (Peking), osećaju hladnije, nego ispitanici koji su navikli na niže unutrašnje temperature (Šangaj) (Yu et al. 2013).

Grupa autora sporvela je studije u kontrolisanim uslovima, odnosno klima komorama, da bi se ispitala uloga različitog pola na toplotni komfor kineskih (Lan et al. 2008; Chow et al. 2010) i holandskih učesnika u eksperimentima (Schellen et al. 2012). Rezultati istraživanja ukazuju da su žene osjetljivije na temperaturu vazduha (uglavnom hladnu), a manje osjetljive na relativnu vlažnost vazduha, u odnosu na muškarce. Žene imaju nižu temperaturu kože u odnosu na muškarce (Lan et al. 2008; Schellen et al. 2012). Muškarci žele "malo hladnije" okruženje, a žene više žele "malo toplije" okruženje (Lan et al. 2008; Schellen et al. 2012).

Difuzioni prenos isparavanja vode se povećava u uslovima sa sniženim atmosferskim pritiskom vazduha, dok gubitak toplotne energije preko konvekcije opada (Wang et al. 2010). U eksperimentu, autori (Wang et al. 2010), istraživali su efekt atmosferskog pritiska vazduha na toplotni komfor čoveka. U barokomoru smešteno je deset muškaraca i deset žena u zimskoj garderobi, koji su ocenjivali toplotni komfor na brojčanoj sedmostepenoj ASHARE skali. Tokom eksperimenta, temperatura vazduha bila je konstantna 20°C, relativna vlažnost vazduha oko 50%. Brzina strujanja vazduha menjana je po fazama kako je navedeno: <0,1 m/s, 0,2 m/s, 0,25 m/s i 0,3 m/s, dok je promena pritiska vazduha bila menjana po fazama: $1,013 \cdot 10^5$ Pa, $0,861 \cdot 10^5$ Pa i $0,760 \cdot 10^5$ Pa, što je približno nadmorskoj visini od 0 m, 1300 m i 2300 m. Rezultati su pokazali da sa porastom nadmorske visine, odnosno padom atmosferskog pritiska vazduha smanjuje se toplotni osećaj, ljudi se osećaju hladnije, osjetljiviji su na promaju (*engl. draught*), a očekuju niže brzine kretanja vazduha. Rezultati ovog istraživanja ukazuju da se ljudi osećaju hladnije u uslovima sniženog atmosferskog pritiska (Wang et al. 2010).

Autori studije (Katafygiotou & Serghides 2014) koja je izvedena u školskoj učionici i laboratoriji u srednjoj školi u Kipru, u različitim godišnjim dobima, ukazuju na različit toplotni osećaj između dečaka i devojčica. Tokom zime, devojčice su bile više osjetljivije

na niskim temperaturama, što je dovelo do povećanja upotrebe sistema za grejanje i uticalo na toplotnu ugodnost dečaka, dečaci su se osećali toplije. Tokom leta, dečaci su osetljiviji na visoke temperature, osećali su se toplije nego devojčice. Ove razlike, autori pripisuju različitom intenzitetu metabolizma i razlikama u površini kože između dečaka i devojčica (Katafygiotou & Serghides 2014).

U objektima namenjenim za rad sa prirodnom ventilacijom autori (Yang & Zhang 2009) su ispitivali percepciju brzine kretanja vazduha. U istraživanju su učestvovali radnici koji su radili u kancelarijama, rezidencijama i učionicama. Istraživanja su obavljena u različitim godišnjim dobima u vlažnom području Kine. Rezultati istraživanja ukazuju da radnici žele više brzine kretanja vazduha u toplom uslovima (Yang & Zhang 2009).

Toplotni komfor i ponašanje ljudi u poslovnim objektima koji se nalaze u toploj i suvoj klimi, istraživali su autori (Cena & De Dear 2001), tokom terenske studije u zapadnoj Australiji. Istraživanje je obavljeno merenjem objektivno i subjektivno, parametara mikroklimе u 22 poslovna objekta, a u studiji je učestvovalo 640 i 589 ljudi u dva godišnja doba, zimi i leti u gradu Kalgoorlie-Boulder, u zapadnoj Australiji. Svi ispitanici su obavljali radne aktivnosti sedeći, a 48 % ispitanika su bile žene, prosečna starost ispitanika je 35 godina. Nivo odevenosti ispitanika je bio u toku zime 0,7 clo, a leti 0,5 clo, nivo metaboličke aktivnosti oko 70 W/m² ili 1,3 met. Merenje objektivnih parametara mikroklimе je obavljeno uz pomoć Mobilnog sistema na koji su bili raspoređeni instrumenti za merenje; temperature vazduha, relativne vlažnosti, tačke rose, temperature crnog globus termometra i brzine strujanja vazduha. Instrumenti su bili raspoređeni vertikalno na visini od 0,1 m; 0,6 m i 1,1m iznad nivoa poda. Merenje subjektivnih stavova, obavljeno je uz pomoć upitnika, koji se sastoji od demografskih podataka, broјčane ASHARE skale od sedam bodova u intervalu od (-3) hladno, (0) neutralno do (+3) veoma toplo, kao i sa mogućim odgovorima želim toplije, želim hladnije. Izmerene vrednosti brzine kretanja vazduha se kreću u intervalu od 0,15 m/s do 0,25 m/s. Rezultati merenja ukazuju da oko polovine ispitanika koji su uzeli učešće u istraživanju želi više kretanja vazduha, a 40% ispitanika bez promene. Rezultati su pokazali da je toplotna neutralnost zimi na 20,3°C, a leti 23,3°C. Razlika između polova, bila je mala u pogledu toplotnog osećaja, iako je bilo više nezadovoljstva toplintim okruženjem kod žena (Cena & De Dear 2001).

Autori (Kim et al. 2013) su istraživali polne razlike u percepciji kvaliteta unutrašnjeg kancelarijskog okruženja. Kvalitet unutrašnjeg okruženja (*engl. Indoor environmental quality-IEQ*), između ostalog obuhvata; toplotni komfor, kvalitet vazduha, osvetljenje, akustiku, raspored kancelarijskog nameštaja, higijenu, održavanje itd. Istraživači su koristili bazu podataka CBE (*Center for the Built Environment*), na Berkli Univerzitetu u Kaliforniji. CBE baza podataka sadrži istraživanja o zadovoljstvu korisnika objekta, uključujući i toplotni komfor, akustiku, osvetljenje, čistoću i održavanje. Uzorak istraživanja je obuhvatio 38257 ispitanika korisnika, u 351 objektu iz različitih krajeva sveta, uključujući Australiju, Kanadu, Finsku i Sjedinjene Američke Države. Rezultati istraživanja su pokazali da žene imaju veće nezadovoljstvo prema ispitivanim (IEQ) faktorima nego muškarci. U zatvorenom

radnom okruženju, žene se više žale na umor, glavobolju, iritaciju sluzokože. Najviša stopa nezadovoljstva unutrašnjim okruženjem je zvuk, a temperatura kod žena je ocenjena kao neprihvatljivija u odnosu na muškarce (Kim et al. 2013).

Toplotni komfor ima uticaj na produktivnost u zatvorenim objektima (Ismail et al. 2009). Autori studije (Ismail et al. 2009) su istraživali toplotni komfor u malezijskoj automobilskoj industriji. Malezija je poznata po toploj i vlažnoj klimi, a rezultati istraživanja ukazuju da su radnici u malezijskoj automobilskoj industriji izloženi visokim temperaturama. Istraživanje je obuhvatalo objektivno i subjektivno merenje parametara mikrokline, tj. temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, srednje temperature zračenja, brzine strujanja vazduha, nivoa metaboličke aktivnosti i nivoa odevenosti radnika. Subjektivno merenje je obavljeno uz pomoć brojčane ASHARE skale od sedam bodova u intervalu od (-3) veoma hladno, (0) neutralno do (+3) veoma toplo. Za procenu zadovoljstva radnika korišćen je PMV i PPD indeks. Izmerene vrednosti temperature vazduha su 31°C, relativne vlažnosti vazduha su izmerene u intervalu od 60% do 90%. Procena toplotnog komfora dobijena uz pomoć PMV indeksa. Rezultati istraživanja su ukazali da je index PMV od 1,07 do 1,41, a indeks PPD iznosio je od 27% do 46% nezadovoljnih radnika. Rezultati istraživanja pokazuju da postoji sklad između PMV i PPD indeksa, a odnos između relativne vlažnosti vazduha i WBGT indeksa su dobijeni u toku promene spoljnih vremenskih uslova, odnosno pada kiše u toku istraživanja (Ismail et al. 2009).

Istraživanje uticaja toplotnog komfora na produktivnost radnika u pet poslovnih objekta u Tokiju sprovedeno je tokom leta, pri unutrašnjoj konstantnoj temperaturi vazduha koja je iznosila 27°C. Rezultati istraživanja ukazuju da radnici osećaju neugodnost na temperaturi vazduha od 27°C. Produktivnost radnika u odnosu na istraživanje iz prethodne godine, ispitivana je kroz samoocenjivanje i rezultiralo je gubitkom produktivnosti od 6,6% (Tanabe et al. 2013).

Grupa autora je istraživala toplotni komfor i produktivnost radnika u poslovnim objektima u Finskoj tokom letnjeg perioda. Rezultati samoprocenjivanja efikasnosti rada ukazuju da se efikasnost rada smanjuje kada je temperatura vazduha iznad 25°C (Kekäläinen et al. 2010).

Grupa autora (Tanabe et al. 2009) istraživali su uticaj toplotnog komfora na performanse radnika, u japanskom pozivnom centru. Rezultati istraživanja su pokazali da porast temperature vazduha za 1°C u intervalu od 25°C do 26°C utiče na smanjenje performansi radnika za 1,9% (Tanabe et al. 2009).

Povećanje relativne vlažnosti vazduha pri visokim temperaturama vazduha, sprečava hlađenje putem isparavanja vode, tj. znoja kod čoveka, u tom slučaju, ljudi žele veće brzine kretanja vazduha, kako bi se održao toplotni komfor (Kimura & Tanabe 1993). Padom atmosferskog pritiska vazduha, smanjuje se toplotni osećaj kod ljudi, ljudi se osećaju hladnije, a žele manje brzine kretanja vazduha (Wang et al. 2010). Postoje različita mišljenja kod nekih autora da ne postoji razlika u percepciji toplotnog komfora sa godinama starosti (Hoof 2008), iako metabolička aktivnost kod starijih ljudi je niža, ljudi iznad 67 godina starosti žele više temperature u odnosu na mlađu populaciju (Schellen et al. 2010). Osobe koje su adaptirane na

više temperature vazduha u zatvorenom prostoru, imaju hladniji toplotni osećaj, nego osobe koje su adaptirane na niže temperature u zatvorenom prostoru (Yu et al. 2013).

Istraživanje uticaja parametara mikrokline je izvedeno na Tajlandu, a u studiji je učestvovalo 15 učenika, da bi se ispitaio uticaj kretanja vazduha u polukontrolisanom okruženju. Tokom studije, temperatura vazduha se kretala u intervalu od 25°C do 28°C, a brzina strujanja vazduha od 0,2 m/s; 0,5 m/s; 1 m/s; 1,5 m/s i 2 m/s. Tokom eksperimenta, učenici su se izjašnjavali o svom toplotnom osećaju. Rezultati su pokazali da toplotno okruženje se smatra prihvatljivo kada je temperatura vazduha do 28°C, a brzina kretanja vazduha u intervalu od 0,2 m/s do 2 m/s. Ljudi na Tajladnu su navikli na visoke temperature vazduha i visoke brzine strujanja vazduha (Atthajariyakul & Lertsattanakorn 2008).

Percepciju, odnosno subjektivan osećaj toplotnog okruženja u italijanskim srednjim školama i univerzitetima su istraživali autori (Corgnati et al. 2007). Istraživanje je obavljeno u četiri različite škole i četiri univerzitetske učionice u Torinu, a sprovedeno je u periodu grejne sezone i obuhvatalo je objektivno i subjektivno merenje u toku redovnog izvođenja nastave. Objektivno istraživanje se sastojalo u merenju; temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha i srednje temperature zračenja. Subjektivno merenje je obuhvatalo da se ispitanici na Fanger-ovoj brojčanoj skali u intervalu od (-3) veoma hladno, (0) neutralno do (+3) veoma toplo, izjasne o toplotnom komforu. Srednja subjektivna ocena glasanja PMV je upoređena sa percepcijom, rezultati ukazuju da učenici prihvataju one sredine koje su ocenjene na brojčanoj skali kao neutralne ili tople (Corgnati et al. 2007).

Povezanost toplotnog komfora sa telesnom masom čoveka istraživali su (Leites et al. 2013). U Studiji je učestvovalo 27 mršavih i gojaznih devojaka u Južnom Brazilu, koje su bile fizički aktivne, tokom i posle vežbanja u toplim i toplotno neutralnim uslovima. Rezultati istraživanja ukazuju da ne postoje razlike toplotnog osećaja u obe grupe u oba toplotna uslova (Leites et al. 2013).

Autori (Schellen et al. 2010) su sprovedli studiju na osam mladih ljudi uzrasta od 22 do 25 godina starosti i osam starijih ljudi, uzrasta od 67 do 73 godine starosti, koji su bili izloženi različitim temperaturama vazduha od 17°C do 25°C. Rezultati istraživanja ukazuju da osobe u starosnoj dobi od 67 do 73 godine, žele višu temperaturu u poređenju sa mladim osobama (Schellen et al. 2010). Rezultati koje je dobio Fanger, kod vrednovanja svog modela sa starijim osobama, ukazuju na to da ne postoji razlika u percepciji toplotnog komfora sa godinama starosti, iako metabolička aktivnost je niža kod starijih osoba (Hoof 2008).

U preglednom radu, autor (Karjalainen 2012), je ukazao da su žene manje zadovoljne toplotnim okruženjem od muškaraca u istom toplotnom okruženju i da žene preferiraju toplije okruženje nego muškarci. Žene su osetljivije od muškaraca na visoke temperature i hladan diskomfor (Karjalainen 2012).

Autori studije (Tanabe et al. 1987) istraživali su toplotne uslove u Japanu, a u studiji je učestvovalo 172 japanska studenta, koji su nosili odeću 0,6 clo. Rezultati istraživanja ukazuju da je "neutralna temperatura" 26,3°C, za aktivnosti u sedećem položaju. Rezultati studije ukazuju da Japanci žele više temperature u odnosu na ljude sa zapada i to za 0,6°C do 0,7°C (Tanabe et al. 1987).

Autori studije (Tanabe & Kimura 1989), su istraživali efekte brzine kretanja vazduha na toplotni komfor, kako bi predvideli toplotni osećaj pri visokim brzinama kretanja vazduha. Rezultati istraživanja ukazuju da se ljudi (ispitanici) osećaju ugodno pri temperaturi 28 °C, kada je brzina vazduha 1 m/s (Tanabe & Kimura 1989). Povećanje relativne vlažnosti vazduha pri visokim temperaturama vazduha, sprečava hlađenje putem isparavanja, u tom slučaju se preporučuju veće brzine kretanja vazduha kako bi se održao toplotni komfor kod ljudi (Kimura & Tanabe 1993). Rezultati istraživanja, koje je sprovodio (Toftum 2004) su pokazali da ljudi koji se osećaju „hladnije“, žele manje brzine kretanja vazduha i ljudi koji se osećaju „toplije“, žele veće brzine kretanja vazduha (Toftum 2004).

2.2 Istraživanja uticaja buke na toplotni komfor čoveka

Preporuke, odnosno standardi za projektovanje i izgradnju objekata, bezbednost i zdravlje na radu u objektima, uzimaju u obzir buku i toplotno okruženje radne sredine odvojeno, kao nezavisne parametre koji imaju uticaj na čoveka u zatvorenom prostoru. U zatvorenim uslovima, odnosno objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, ovim parametrima radne sredine, ljudi su izloženi u integrisanom okruženju (Parsons 2000).

Pregledom literature u oblasti toplotnog komfora, pronađeno je nekoliko autora koji su se bavili istraživanjem uticaja buke na toplotni komfor čoveka. Dosadašnji rezultati istraživanja uticaja buke na toplotni komfor čoveka su različiti. Prema pojedinim autorima, buka ne može da uzrokuje poremećaj toplotnog komfora, odnosno nema uticaja na toplotni komfor čoveka u njegovom okruženju. Nasuprot ovim stavovima, postoje rezultati istraživanja koji potvrđuju tezu da buka u okruženju čoveka može da utiče na toplotni komfor.

Istraživanja fizioloških posledica uzrokovanih bukom i uticaj buke na toplotni komfor u svom eksperimentu je istraživao (Fanger et al. 1977). U eksperimentu je učestvovalo 8 žena i 8 muškaraca u strogo kontrolisanim uslovima. Ispitanici su bili izloženi na dva nivoa buke (40 dB i 85 dB), a merena je temperatura kože, rektalna temperatura i isparavanje putem znojenja. Rezultati ukazuju da fiziološka merenja nisu bila pod uticajem inteziteta buke, a takođe buka nije imala nikavo dejstvo na toplotni komfor (Fanger et al. 1977).

Autori (Nagano & Horikoshi 2005) su istraživali kombinovane efekte buke i temperature na toplotni komfor. U istraživanju je učestvovalo 22 muška japanska studenta, uzrasta od 19 do 26 godina. Eksperiment je izveden u test sobi, a studenti su bili izloženi različitim nivoima operativne temperature u intervalu od 18,9°C do 28,1°C i različitim nivoima buke u intervalu od 58,5 dB do 95,5 dB. Relativna vlažnost vazduha bila je u intervalu od 30% do 60%, a brzina strujanja vazduha niža od 0,15 m/s. Učesnici u eksperimentu su svoj

toplotni osećaj neugodnosti iskazivali na brojačanoj skali u intervalu od (0) hladno do (100) vruće. Rezultati eksperimenta ukazuju da nivo buke ima mali uticaj na toplotni komfor u području "hladno", "neutralno" i "toplo" ali ne i u području "vruće" (Nagano & Horikoshi 2005). Rezultati istraživanja koje su objavili autori (Borsky et al. 1993), su ukazali da buka značajno utiče na subjektivnu procenu toplotnog komfora (Borsky et al. 1993).

Autori studije (Pellerin & Candas 2003), su istraživali kombinovane efekte temperature i buke, na toplotni komfor. U Eksperimentu su učestvovala 54 žene i 54 muškarca, a izveden je u zatvorenoj prostoriji. Ispitanici su bili lagano obučeni (0,6 clo). Prosečna starost kod žena je bila 23,5 godina, a kod muškaraca 22,9 godina. Brzina strujanja vazduha je bila 0,1m/s, srednja temperatura zračenja je jednaka temperaturi vazduha, a rezultati su prikazani preko operativne temperature. Ispitanici su bili izloženi različitim nivoima buke u intervalu od 35 dB(A) do 85 dB(A) i temperature vazduha od 14°C do 34°C, a izjašnjavali su se na brojačanoj skali od 0 do 100, o toplotnom osećaju i percepciji buke. Rezultati eksperimenta ukazuju da žene prihvataju bučnije okruženje u odnosu na muškarce, što ukazuje da je toplotni komfor dominantan kod žena. Buka je ocenjena kao neprijatan faktor, kada je početni intenzitet buke u toku eksperimenta bio visok, dok je temperatura najveći remetilački faktor kada su ispitanici počeli sa eksperimentom u toplim uslovima, daleko od toplotno „neutralnih“ uslova. Zaključak autora koji su izveli eksperiment je da buka može izmeniti toplotnu prijatnost u toplim uslovima (Pellerin & Candas 2003).

Isti autori, ali u drugoj studiji (Pellerin & Candas 2004) su istraživali kombinovane efekte buke i temperature vazduha na percepciju toplotnog okruženja i prihvatljivost, u eksperimentu sa 9 žena i 9 muškaraca, odevenih 0,6 clo, izloženih različitom nivou buke (35 dB(A), 60 dB(A), 75 dB(A)) i temperature vazduha (18°C, 24°C i 30°C), brzine strujanja vazduha 0,1 m/s u strogo kontrolisanim uslovima (Pellerin & Candas 2004). Eksperiment je izveden u klima komori, a ispitanicu su podeljeni u tri grupe i bili su izloženi u tri različita eksperimentalna uslova. U toku eksperimenta ispitanici su se izjašnjavali o percepciji toplotnog komfora i buke na brojačanoj skali od 0 do 100. Eksperimentalni rezultati ukazuju da buka i temperatura vazduha mogu biti u interakciji u ocenjivanju toplotnog komfora. Toplotno opterećenje smanjuje akustičnu percepciju i samim tim može smanjiti akustični komfor. Visok nivo buke povećava toplotnu neugodnost. Rezultati pokazuju da se akustična percepcija samanjuje kada je toplotno okruženje daleko od toplotne neutralnosti čoveka, iako kombinovani efekti buke i temperature vazduha, tokom eksperimenta nisu prouzrokovali fiziološke efekte. Rezultati ukazuju da bez obzira na ambijentalnu temperaturu toplotna neugodnost je viša kada raste nivo buke. Odstupanje operativne temperature za 1°C od toplotne neutralnosti dovodi do iste promene toplotnog osećaja kao povećanje buke za 2,6 dB(A) kratkoročno ili 2,9 dB(A) dugoročno (Pellerin & Candas 2004).

Grupa autora (Clausen et al. 1993) je istraživala efekte toplotnog opterećenja i buke na komfor čoveka. Eksperiment je izveden u strogo u kontrolisanim uslovima, u klima komori sa 16 ispitanika. Rezultati istraživanja su pokazali da u opsegu od 23°C do 29°C,

promena u operativnoj temperaturi od 1°C ima isti efekat na komfor čoveka kao promena nivoa buke od 3,9 dB(A) (Clausen et al. 1993).

Autori studije (Gunnarsen & Santos 1998) su napravili poređenje opterećenja uzrokovanog između temperature vazduha, buke i zastakljenih površina u objektu za dugotrajnu izloženost. Rezultati eksperimenta ukazuju da uticaj snižavanja temperature vazduha na toplotni komfor od 1°C ima isti efekat kao snižavanje buke od 7 dB(A) (Gunnarsen & Santos 1998). Razlika između dve studije koje su sproveli Clausen i drugi, u odnosu na studiju koju su izveli Gunnarsen i Santos, se može objasniti činjenicom da su autori Clausen i drugi svoju studiju sproveli u suvom regionu Skandinavije, a Gunnarsen i Santos, u toplom i vlažnom regionu Filipina.

Kombinovane efekte temperature vazduha i buke kroz ponašanje i merenje performansi su istraživali (Hancock & Pierce 1985). Istraživači ukazuju da problem može nastati i biti složen kada je u pitanju trajanje izloženosti. Ulazak u objekat na nekoliko minuta ili zadržavanje unutar objekta nekoliko sati, sigurno će izazvati različite efekte koji se odnose na percepciju i procenu akustičnog i toplotnog okruženja. Buka i temperatura vazduha nezavisno uzrokuju fiziološke reakcije, ali na ocenu toplotnog komfora deluju istovremeno (Hancock & Pierce 1985).

U studijama koje su izvedene u strogo kontrolisanim laboratorijskim uslovima, prikazano je da odstupanje operativne temperature za 1°C od toplotne neutralnosti dovodi do iste promene toplotnog osećaja kao odstupanje buke za 2,6 dB(A) kratkoročno ili 2,9 dB(A) dugoročno (Pellerin & Candas 2004). Promena operativne temperature za 1°C u opsegu od 23°C do 29°C, ima isti efekat na komfor čoveka kao promena buke od 3,9 dB(A) (Clausen et al. 1993).

2.3 Istraživanja uticaja osvetljenja na toplotni komfor čoveka

Dosadašnja istraživanja, koja su povezana sa uticajem svetla na toplotne reakcije čovekovog organizma ukazuju da svetlo sinhronizuje cirkadijalni ritam ljudskog tela dnevno-noćnog ciklusa, stoga svetlo može da utiče na ljudske toplotne reakcije, preko foto-sinhronizacije (*eng. photoentrainment*) (Falchi et al. 2011; LeGates et al. 2014).

Istraživanja uticaja svetla na toplotni osećaj i toplotni komfor, uglavnom se izvode eksperimentalno širom sveta. Autori (Myers & Badia 1993) su objavili rezultate studije o uticaju svetla na telesnu temperaturu, a sprovedena je sa učešćem 15 ispitanika, odnosno ljudi. Ispitanici su bili testirani na tri različite osvetljenjenosti, za koje se predpostavlja da mogu da pomere lučenje hormona melatonin (500, 1000 i 5000 lx), i nivo osvetljenosti koji je poznat da ne utiče na hormon melatonin (50 lx). Ispitanici su testirani tokom noćnih sati, a rezultati eksperimenta ukazuju da osvetljenost od 500 lx može biti blizu početka za značajno suzbijanje hormona melatonin (Myers & Badia 1993).

Autori eksperimenta (Teramoto et al. 1996), istraživali su uticaj osvetljenosti na toplotni osećaj i toplotni komfor. Eksperiment je izveden u klima komori, a učestvovalo je 10 žena,

koje su bile izložene različitim temperaturama vazduha, u intervalu od 20°C do 31°C. Osvetljenje je bilo podešeno tako da se izbegne infracrveno, odnosno toplotno zračenje, a ispitivanje je izvedeno u vremenskom razdoblju od 09:00h do 13:00h. Ispitanice su bile izložene na dve različite osvetljenosti (200 lx i 4000 lx), a svoj toplotni osećaj su ocenjivali na brojčanoj skali raspoređenoj u intervalu od (-6) veoma hladno do (+6) veoma toplo. Rezultati eksperimentalnog istraživanja su pokazali da je toplotni osećaj ocenjen kao "topliji", tokom izloženosti jakoj osvetljenosti od 4000 lx (Teramoto et al. 1996).

Istraživanje uticaja „jake“ i „slabe“ osvetljenosti na oblačenje garderobe i toplotnoregulatorne odgovore (toplotni osećaj) obavljeno je u eksperimentu tokom dnevnog perioda, u kojem je učestvovalo pet žena u zrelijoj starosnoj dobi, a bile su izložene na dve različite osvetljenosti. Ispitanice su prvo izložene osvetljenosti od 3000 lx, jaka osvetljenost, a zatim 50 lx, slaba osvetljenost. Temperatura vazduha u početku izvođenja eksperimenta je bila 30°C i snižena je do 15°C, a ispitanice su mogle da biraju garderobu u kojoj će se osećati prijatno. Izjašnjavanje o toplotnom osećaju je bilo na brojčanoj skali od (-3) hladno, (0) neutralno, do (+3) veoma toplo. Rezultati eksperimenta su ukazali da su ispitanice tokom jake osvetljenosti nosile manje garderobe, kada su bile izložene nižoj temperaturi vazduha, u poređenju kada su bile izložene slaboj osvetljenosti. Tokom jake osvetljenosti, ispitanice su se osećale manje hladno, kada je temperatura vazduha snižena, a temperatura tela merena rektalno se spuštala nakon izlaganja jakoj osvetljenosti (Kim & Tokura 2000).

Autori studije (Kim & Tokura 2007) su istraživali efekte osvetljenosti na toplotni komfor, a u eksperimentu je učestvovalo devet mladih žena, izloženih različitoj osvetljenosti i temperaturi vazduha. Osvetljenosti kojem su ispitanice bile izložene je kontrolisana u toku dana, u vremenu od 09:00 h do 16:00 h na 100 lx, a od 16:00h do 20:30 h na 3000 lx, zatim na slaboj osvetljenosti od 10 lx u vremenu od 20:30 h do 23:00 h. Ispitanice su nosile odeću, da se osećaju prijatno tokom pada temperature vazduha sa 30°C na 15°C u vremenu od 21:00 h do 22:00 h, a zatim temperatura vazduha je zadržana konstantno na 15°C do 23h. Rezultati eksperimenta su ukazali da je toplotni osećaj bio hladniji nakon izloženosti osvetljenosti od 3000 lx. Toplotni komfor je bio veći posle izloženosti niskoj osvetljenosti, odnosno tamnom osvetljenosti od 100 lx (Kim & Tokura 2007).

Rezultati ove studije koje su objavili (Kim & Tokura 2007) su pokazali kontradiktornost sa rezultatima ostalih studija (Kim & Tokura 2007; Teramoto et al. 1996), da se ispitanici osećaju hladnije tokom i nakon izlaganja višoj osvetljenosti.

Autori studije (Ishibashi et al. 2010) su prikazali rezultate fizioloških funkcionisanja potisnutih od hormona melatonina kroz toplotnu regulaciju u hladnom okruženju, a studija je izvedena sa učešćem deset muškaraca. Tokom eksperimenta muškarci su bili izloženi 4,5 h na dve različite osvetljenosti (30 lx i 5000 lx) i dva nivoa temperature vazduha (15°C i 27°C). Rezultati ukazuju da su se ispitanici osećali hladnije pod niskom osvetljenošću (Ishibashi et al. 2010).

Pregledom literature koja proučava odnos između osvetljenosti, toplotnog osećaja i toplotnog komfora, može se zaključiti da postoje efekti osvetljenosti na toplotnofiziološke

reakcije čoveka i da mogu dovesti do promene toplotnog osećaja čoveka. Kod nekih autora su dokazani efekti osvetljenosti na nošenje garderobe i toplotni osećaj. U većini analiziranih eksperimentalnih rezultata, toplotni osećaj je ocenjen kao "topliji", na brojčanoj skali toplotnog osećaja, tokom i nakon izloženosti jakoj osvetljenosti (>3000 lx), u poređenju sa slabom osvetljenosti.

2.4 Rezime poglavlja

Pregledom literature u predmetnoj oblasti, može se zaključiti da istraživanje toplotnog komfora se obavlja širom sveta u terenskim studijama, koje su izvedene u zatvorenim objektima uključujući i klasične eksperimente u klimatizovanim komorama gde su istraživači imali punu kontrolu nad uslovima. Postoje razlike u toplotnoj prihvatljivosti korisnika u objektima sa prirodnom ventilacijom, u odnosu na korisnike u klimatizovanim objektima. U objektima sa prirodnom ventilacijom, korisnici su tolerantniji na unutrašnje toplotne uslove.

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da je toplotni osećaj kod žena osetljiviji, na promene temperature vazduha, ali manje na promene brzine strujanja vazduha, nego kod muškarca. U odnosu na muškarce, žene žele višu temperaturu vazduha. Razlika toplotnog komfora oba pola se sužava na višim temperaturama vazduha. Ljudi žele više brzine kretanja vazduha u toplim uslovima. Osobe koje su navikle, odnosno adaptirane na više temperature vazduha u zatvorenom prostoru, imaju hladniji toplotni osećaj, nego ljudi koji su adaptirani na niže unutrašnje temperature. Neki autori su pri stavu da ne postoje razlike toplotnog osećaja kod mršavih i gojaznih ljudi. Rezultati pojedinih autora su kontradiktorni i ukazuju da ne postoji razlika u percepciji toplotnog komfora sa godinama starosti, iako metabolička aktivnost je niža kod osoba u zrelijoj starosnoj dobi.

Pregledom relevantnih publikacija je uočeno da kombinovani efekti buke i temperature vazduha u pojedinim eksperimentalnim istraživanjima, nisu prouzrokovali fiziološke efekte i da buka nema uticaj na toplotni komfor. Ipak postoje rezultati eksperimentalnih istraživanja koji ukazuju da bez obzira na ambijentalnu temperaturu, toplotna neugodnost je viša kada raste nivo buke. Toplotni komfor i toplotna neugodnost su blisko povezani, iako su rezultati nekih istraživanja pokazali da buka sa temperaturom vazduha, može da promeni toplotni komfor i dalje postoji odsustvo čvrstog dokaza da nivo buke može izmeniti toplotni osećaj čoveka i toplotni komfor. Uticaj buke i temperature vazduha, na toplotni komfor predmet je malobrojnih laboratorijskih istraživanja, a rezultati pojedinih istraživanja su ukazali da postoji povezanost sa toplotnim komforom i toplotnim osećajem. Dosadašnja istraživanja kombinovanih efekata buke i toplotnog komfora su sprovedena u strogo kontrolisanim laboratorijsko eksperimentalnim uslovima, a u nekim istraživanjima prikazano je da postoji povezanost, međutim primećuje se nedostatak istraživanja u realnim uslovima, odnosno objektima namenjenim za obavljanje procesa rada na velikom broju ispitanika.

Pregledom literature uočava se da svetlost može biti uzročnik fizioloških reakcija, koje nisu pod direktnim uticajem vizuelne percepcije osvetljenosti, kao naprimer toplotnaregulacija čoveka, putem poremećaja cirkadijalnog ritma, a vizuelni inputi okoline

mogu da promene percepciju toplotnog okruženja. Dosadašnji pojedini rezultati eksperimentalnih istraživanja vizuelnog uticaja svetlosti, na toplotne reakcije su neuverljivi i njihov uticaj je veoma nizak na toplotni komfor, a teorijski okvir u velikoj meri nije istražen.

3. Fizički uslovi radne sredine

Čovek u proseku provede oko jedne trećine dana na radnom mestu. U prirodno ventilisanim objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, tokom radnog vremena čovek može biti izložen negativnim uticajima uslova radne sredine, naročito mikroklimatskim uslovima, visokom nivou buke i nepovoljnoj osvetljenosti. Radna mesta u industriji, odnosno objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, može da karakteriše nepravilno ergonomsko oblikovanje radnih mesta, nesklad između sposobnosti radnika i zahteva posla, nepovoljno radno okruženje, loš dizajn opreme za rad, mašine i uređaji koji odaju toplotnu energiju (Ismail et al. 2009; Parsons 2000; Kralikova et al. 2014). Ergonomske podloge oblikovanja radnih mesta podrazumevaju fiziološke, psihosociološke, antropometrijske uslove i uslove radnog okruženja. Fizički uslovi radnog okruženja mogu imati negativne efekte na čoveka, a to su mikroklimatski uslovi, koji su pod uticajem spoljnih i unutrašnjih faktora, visok nivo buke na radnom mestu, nepovoljna osvetljenost u objektima, itd. (Čosić & Miletić 1996). Uslovi radnog okruženja, odnosno ergonomska oblikovanost radnih mesta, se manifestuje na zdravlje, komfor i produktivnost čoveka (Parsons 2000; Kralikova et al. 2014). Između čoveka i njegovog okruženja postoji stalna dinamička interakcija, što može imati uticaj na fiziološko i psihološko stanje čoveka, jer ljudsko telo nije pasivan sistem koji ne reaguje na uslove okruženja. Fiziološke i psihološke reakcije čoveka su pod direktnim uticajima uslova radne sredine (Parsons 2003). Objekti namenjeni za rad, odnosno obavljanje radnih procesa, projektuju se i izgrađuju sa ciljem da zaštite čoveka od uticaja klimatskih uslova (vetra, kiše, visokih ili niskih temperatura vazduha, zračenja, itd), odnosno da čoveku obezbede povoljne uslove radne sredine, a pre svega mikroklimatske uslove.

Uslovi radne sredine u objektima namenjenim za obavljanje procesa rada se mogu podeliti na fizičke, hemijske i biološke. Fizički uslovi radne sredine, čije delovanje može imati negativno dejstvo na čoveka su: mikroklima, zvuk, vibracije, osvetljenost, nejonizujuće zračenje, jonizujuće zračenje, aerozagađenje, mehanička sila, električna struja (Arandelović & Jovanović 2009). U skladu sa predmetom istraživanja, u disertaciji su razmatrani fizički uslovi radne sredine koji imaju uticaj na razmenu toplotne energije, intenzitet metabolizma i toplotnuregulaciju čovekovog organizma, a to su mikroklimatski uslovi (temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha, toplotno zračenje), buka i osvetljenje.

3.1 Mikroklima u objektima

Prema (Dukić 1998) klima se može definisati kao skup svih meteoroloških elemenata, koji karakterišu srednje stanje atmosfere u različitim mestima na Zemljinoj površini (Dukić 1998). Pod klimatskim uslovima se podrazumevaju prosečne vrednosti osnovnih meteoroloških elemenata za jedno mesto ili čitavu oblast, koji se dobijaju na osnovu merenja u nekom vremenu (Milosavljević 1990). Mikroklima je stanje prirodnih pojava na vrlo malom prostoru kao što je šuma, livada, polje, deo grada, itd. u vazduhu nižem od dva metra (Dukić 1998).

Mikroklima se odnosi na klimu geografskih veličina kao što je klima u: skladištu, hladnjači, stanovima, objektima za rad, radnim prostorijama (Milosavljević 1990; Dukić 1998).

Klimu nekog prostora, odnosno mikroklimu čine sledeći meteorološki elementi: Sunčevo zračenje, Zemljino izračivanje, temperatura vazduha, vazdušni pritisak, vlažnost vazduha, vetar, isparavanje, snežni pokrivač, vegetacija itd. Proučavanje mikroklimе se odnosi na prizemni sloj vazduha, jer u vazduhu nižem od dva metra nisko je turbulentno kretanje vazduha, a brzina mala, dok su vertikalni gradijenti temperature vazduha i vlažnosti vazduha visoki (Dukić 1998; Milosavljević 1990). Tokom dana i u toku godine, mikroklimatski parametri su promenljivi, a značajno zavise od posmatrane lokacije, kao što je geografska širina, nadmorska visina i konfiguracija terena (Plaznić 1985). Za proučavanje meteoroloških elemenata u zatvorenom objektu, umesto termina mikroklima, može se naći i termin kriptoklima (Dukić 1998). U zatvorenom objektu, najznačajniji meteorološki elementi, odnosno parametri mikroklimе koji imaju uticaj na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline su (Fanger 1970; Dukić 1998; Ćosić et al. 2015):

- temperatura vazduha,
- vlažnost vazduha,
- brzina strujanja vazduha,
- toplotno zračenje,
- pritisak vazduha.

Nepovoljni mikroklimatski uslovi u objektima namenjenim za rad imaju direktan uticaj na zdravlje, toplotni komfor i produktivnost čoveka (Parsons 2000). Hladni mikroklimatski uslovi, tj. niske temperature vazduha uzrokuju promrzline, a topli uslovi, tj. visoke temperature vazduha mogu dovesti do toplotnog stresa (Mikov & Mikov 2007; Arandelović & Jovanović 2009).

3.1.1 Temperatura vazduha

Stepen zagrejanosti nekog tela karakteriše se poznatim parametrom, tj. temperaturom. U fizici, temperatura je uvedena kao mera srednje kinetičke energije translatornog kretanja jedne čestice sa sledećom vezom (Satarić 1997; Mušicki 1987; Agneš & Kobilarov 1995):

$$\frac{m \cdot v_{\text{ksk}}^2}{2} = \frac{3}{2} k_B \cdot T, \quad (3.1)$$

gde su:

m – masa čestice (molekula), kg,

v_{ksk} – koren srednjeg kvadrata brzine molekula, m/s,

$k_B = 1,3803 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ – Bolcmanova konstanta,

T – apsolutna temperatura, K.

Kinetička teorija daje vezu između srednje translatorne kinetičke energije molekula gasa (E) i apsolutne temperature (T):

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{ksk}}^2 = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T, \text{J.} \quad (3.2)$$

Osnovna jednačina kinetičke teorije gasova u ovom slučaju može se napisati kao:

$$p \cdot V = \frac{3}{2} \cdot N \cdot E, \quad (3.3)$$

gde su:

p – pritisak gasa, Pa,

V – zapremina gasa, m^3 ,

N – broj molekula gasa.

Temperaturom se izražava toplotno stanje vazduha, a ukoliko postoje promene temperature vazduha, to podrazumeva promenu toplotnog stanja vazduha. Dejstvo toplotne energije na masu vazduha i promena toplotnog stanja vazduha se prikazuje temperaturom, jer toplotna energija ima kvantitativnu vrednost, a temperatura je odgovarajuća vrednost toplotnog efekta. Pri određivanju temperature vazduha obično se koriste dve vrste skala, a najčešće se koristi Celziovova skala, na kojoj je 0°C određena kada pod atmosferskim pritiskom od $1,013 \cdot 10^5$ Pa čista voda smrzava, a na 100°C takođe pod atmosferskim pritiskom od $1,013 \cdot 10^5$ Pa čista voda ključa. Koristi se i apsolutna skala, koja se označava sa K, a na kojoj je 0 K apsolutne skale označava najmanju temperaturu koja iznosi $-273,15^\circ\text{C}$, jedan stepen jednak je kao i kod Celziovove skale. Temperatura izražena u Celziovskoj skali označava se sa t , u apsolutnoj skali T, a odnos je $T = 273,15 + t$ (Plaznić 1985; Voronjec & Kozić 1980; Satarić 1997; Parsons 2014).

Čovekov organizam u svakoj prilici će nastojati da održi telesnu temperaturu u granicama oko 37°C . Temperatura vazduha pre svega ima uticaj na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline, tj. ona je uticajan faktor na prenos toplotne energije konvekcijom sa površine kože i odeće na okolinu, kao i razmenu toplotne energije u respiratornom traktu čoveka (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014). Porastom temperature vazduha koja okružuje čovekovo telo, odnosno približavanjem temperature vazduha temperaturi kože koja se nalazi na oko 33°C i telesnoj temperaturi na oko 37°C , dolazi do pada prenosa toplotne energije sa površine kože i odeće konvekcijom na vazduh. Kako ne bi došlo do porasta telesne temperature, doći će do porasta odavanja toplotne energije iz čovekovog organizma putem isparavanja vode sa površine kože, tačnije rečeno čovek će početi da se znoji. U zavisnosti od intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće, pad temperature vazduha daleko ispod temperature kože čoveka će uticati na povećanje prenosa toplotne energije sa površine čovekove kože na okolinu konvekcijom, a čoveku će biti hladno (Fanger 1970; Parsons 2003; Ganić 2005). Posledica visoke temperature vazduha može dovesti do nastanka toplotnog udara, toplotnih grčeva i sunčanice, dok niske temperature vazduha uzrokuju osećaj hladnoće, a zatim nastanak promrzlina na ekstremitetima (Arandelović & Jovanović 2009). Prema dosadašnjim rezultatima istraživanja (Recknagel & Sprenger 1984) može se smatrati da tokom letnjeg perioda, odnosno visokih spoljnih temperatura vazduha, toplotna ugodnost čoveka se nalazi na

višim temperaturama vazduha nego u zimskom periodu (Recknagel & Sprenger 1984). Više temperature vazduha u letnjem periodu su prihvatljivije, zato što čovek nosi odeću sa manjom toplotnom izolacijom, a adaptiran je na više toplotne uslove (Parsons 2014). Prostorije u kojima borave osobe u zrelijoj starosnoj dobi, temperature vazduha treba da imaju nešto više vrednosti (Recknagel & Sprenger 1984).

Dosadašnja istraživanja ukazuju da nijedna pojedinačna vrednost temperature vazduha se ne može smatrati prihvatljivom, koja će zadovoljiti sve osobe i obezbediti optimalan prenos toplotne energije sa površine kože na okolinu. Toplotni osećaj je pod uticajem i drugih faktora, a naročito toplotnog zračenja okolnih površina, vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće (Fanger 1970; Recknagel & Sprenger 1984; Parsons 2003).

Preporučene vrednosti mikroklimе za obezbeđivanje toplotnog komfora se razlikuju prema autorima. Prema (Parsons 2014) vrednosti treba da se nalaze u sledećim intervalima: temperatura vazduha od 23°C do 26°C, brzina vazduha od 0,2 m/s do 0,6 m/s, relativna vlažnost vazduha od 30% do 60%. U svim objektima namenjenim za rad, prema Pravilniku o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu u Republici Srbiji, vrednosti mikroklimе bez toplotnog zračenja, treba da se nalaze u intervalima prikazanim u tabeli 3.1 (Sl. glasnik RS br.21/09 2009).

Tabela 3.1. Preporučene vrednosti mikroklimatskih uslova u zatvorenim objektima

Vrsta rada	Temperatura spoljnog vazduha								
	Do +5°C			Od +5°C do +15°C			Više od +15°C		
	Temp. vazduha, °C	Rel. vlaž. vazduha, %	Brzina strujanja vazdha, m/s	Temp. vazduha, °C	Rel. vlaž. vazduha, %	Brzina strujanja vazdha, m/s	Temp. vazduha, °C	Rel. vlaž. vazduha, %	Brzina strujanja vazduha, m/s
Laki rad	18-28	Maks. 75	Maks. 0,3	18-28	Maks. 75	Maks. 0,6	Maks. 28	28°C→55 26°C→60 24°C→65 <24°C→73	Maks. 0,5
Srednji rad (laki fizički rad)	15-28	Maks. 75	Maks. 0,5	15-28	Maks. 75	Maks. 0,6	Maks. 28	28°C→55 26°C→60 24°C→65 <24°C→73	Maks. 0,7
Teški fizički rad	15-28	Maks. 75	Maks. 0,5	15-28	Maks. 75	Maks. 0,6	Maks. 28	28°C→55 26°C→60 24°C→65 <24°C→73	Maks. 1,0

3.1.2 Vlažnost vazduha

U realnim uslovima životne i radne sredine, ljudi su izloženi atmosferskom vazduhu, koji u sebi sadrži neku količinu vodene pare. Atmosferski vazduh koji okružuje čoveka, mešavina je suvog vazduha i vodene pare, koji se naziva vlažan vazduh (Voronjec & Kozić 1980). Suv vazduh, vazduh u kome nema vlage, kao jedna komponenta vlažnog vazduha, predstavlja i sam mešavinu gasova. U tabeli 3.2, prikazan je sastav čistog suvog atmosferskog vazduha (Recknagel & Sprenger 1984).

Tabela 3.2. Sastav suvog vazduha

Gas	Formula	Maseni udeo, %	Zapreminski udeo, %
Kiseonik	O ₂	23,01	20,93
Azot	N ₂	75,51	78,10
Argon	Ar	1,286	0,9325
Ugljen-dioksid	CO ₂	0,04	0,03
Vodonik	H ₂	0,001	0,01
Neon	Ne	0,0012	0,0018
Helijum	He	0,00007	0,0005
Kripton	Kr	0,0003	0,0001
Ksenon	Xe	0,00004	0,000009

U većini slučajeva, može se smatrati da se sastav suvog vazduha ne menja, dok se u pojedinim slučajevima mora uzeti u obzir i promenljivost sastava suvog vazduha, naročito u odnosu na ugljen dioksid i kiseonik. Kako azot i kiseonik zajedno čine 99,03% (zapreminski udeo) atmosferskog vazduha, u mnogim slučajevima ostale komponente se mogu zanemariti. Udeo druge osnovne komponente vlažnog vazduha, vodena para, podložan je znatnim promenama. Za datu temperaturu i pritisak vlažnog vazduha ovaj udeo ne može da pređe određenu vrednost. Pri snižavanju temperature ili povećanju pritiska deo vodene pare prelazi u kondenzovanu, tj. tečnu ili čvrstu fazu. Vlaga u vlažnom vazduhu, može da bude delimično ili potpuno u parnom stanju, delimično u tečnom ili čvrstom stanju ili u tečnom i čvrstom stanju. U tom smislu razlikuju se dve karakteristike oblasti stanja vlažnog vazduha (Voronjec & Kozić 1980):

- oblast nezasićenog vlažnog vazduha u kojoj su obe komponente, suvi vazduh i vlaga u gasovitom agregatnom stanju,
- oblast zasićenog vlažnog vazduha, mešavina se sastoji iz dve ili čak tri faze, gasovite faze i kondenzata.

Gasovita faza je homogena i sadrži zasićenu vodenu paru i nekondenzujući suvi vazduh, a kondenzat je čista voda ili led. Stanje vlažnog vazduha, u termodinamičkom smislu, je određeno sa bilo koje tri nezavisne veličine stanja, a to su: ukupan pritisak, temperatura mešavine i sastav mešavine. Postojanje više ili manje vodene pare u vlažnom vazduhu, odnosno njen količinski deo, se razmatra kao kategorija veće ili manje vlažnosti vlažnog vazduha. Sadržaj vlage u vlažnom vazduhu se može izraziti na sledeće načine (Voronjec & Kozić 1980): apsolutna vlažnost; relativna vlažnost; stepen zasićenja; temperatura tačke rose, i td.

Apsolutna vlažnost vlažnog vazduha definiše se kao količnik mase vlage (vodene pare) i mase suvog vazduha:

$$x = \frac{m_w}{m_{sv}}, \frac{\text{kgw}}{\text{kgsv}}, \quad (3.4)$$

gde su:

x – apsolutna vlažnost vlažnog vazduha, kgw/ kgsv,

m_w – masa vodene pare (vlage) u vlažnom vazduhu, kgw,

m_{sv} – masa suvog vazduha u vlažnom vazduhu, kgsv.

Iz jednačine (3.4) može se uočiti da se vrednost apsolutne vlažnosti vazduha može menjati u gradnicama od 0 do ∞ . Suv vazduh ($m_w=0$) može se smatrati vlažnim vazduhom sa apsolutnom vlažnošću ($x=0$), a čista vlaga ($m_{sv}=0$) vlažnim vazduhom sa apsolutnom vlažnošću $x=\infty$. Masa vlažnog vazduha je jednaka zbiru mase vlage (vodene pare) i mase suvog vazduha:

$$m_{vv}=m_w+m_{sv}, \quad (3.5)$$

gde je:

m_{vv} – masa vlažnog vazduha, kgvv.

Pritisak vlažnog vazduha prema Daltonovom zakonu se može dobiti iz sledećeg izraza:

$$p_{vv}=p_w+p_{sv}, \quad (3.6)$$

gde su:

p_{vv} – pritisak vlažnog vazduha, Pa,

p_w – parcijalni pritisak vlage, Pa,

p_{sv} – parcijalni pritisak suvog vazduha, Pa.

Korišćenjem jednačina (3.4) i (3.5) može se dobiti veza između vlažnog vazduha i apsolutne vlažnosti:

$$m_{vv}=m_w+m_{sv}=m_{sv} \cdot \left(1 + \frac{m_w}{m_{sv}}\right) = m_{sv} \cdot (1+x). \quad (3.7)$$

Iz jednačine (3.7) može se odrediti masa suvog vazduha u vlažnom vazduhu:

$$m_{sv} = \frac{m_w}{1+x}. \quad (3.8)$$

Relativna vlažnost vazduha ili stepen zasićenja vlažnog vazduha vlagom, definisana je kao odnos parcijalnog pritiska vodene pare u vlažnom vazduhu, temperature i parcijalnog pritiska vodene pare u zasićenom vlažnom vazduhu pri toj temperaturi:

$$\varphi = \frac{p_w}{p_a(T)}, \quad (3.9)$$

gde su:

φ – relativna vlažnost vazduha, %,

p_a – parcijalni pritisak vodene pare u zasićenom vlažnom vazduhu, Pa,

ili u procentima:

$$\varphi = \frac{p_w}{p_a(T)} \cdot 100. \quad (3.10)$$

Ako je vlažan vazduh zasićen ($\varphi=100\%$), parcijalni pritisak vodene pare je jednak naponu pare pri temperaturi vazduha. Tako se, vlažnost zasićenog vazduha izračunava prema izrazu:

$$x^z = \frac{18}{29} \cdot \frac{p_a}{p - p_a}, \quad (3.11)$$

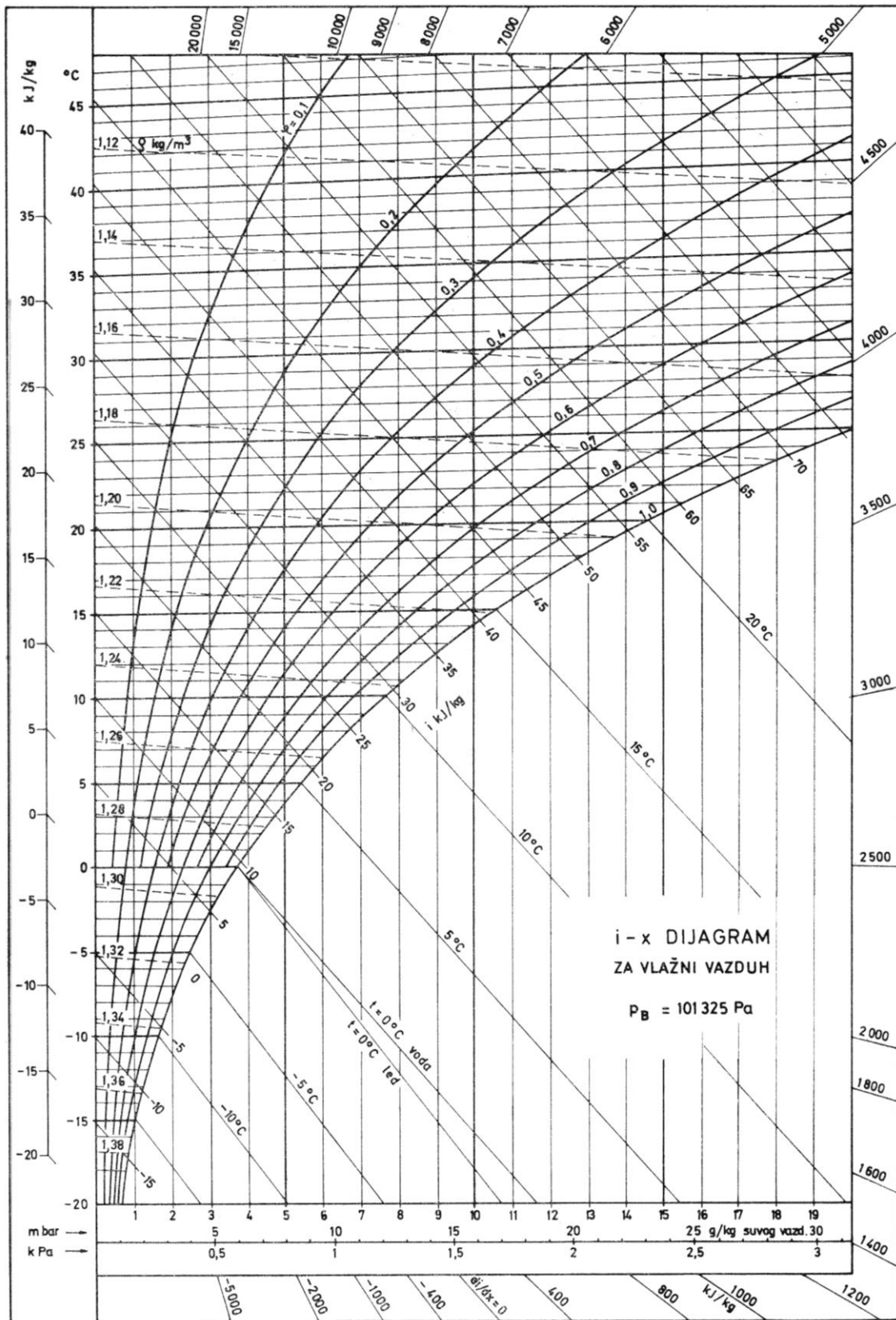
gde je:

x^z – vlažnost zasićenog vazduha, kgw/kgsv,
 p – pritisak vlažnog vazduha, Pa.

Između apsolutne vlažnosti (x) i relativne vlažnosti (φ) postoji veza:

$$x = \frac{18}{29} \cdot \frac{p_w}{p - p_w} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_a}{p - \varphi \cdot p_a}, \text{kgw/kgsv.} \quad (3.12)$$

Temperatura rose vlažnog vazduha je ona temperatura do koje treba ohladiti vazduh (pri konstantnom pritisku), da bi on postao zasićen. To znači da je to ona temperatura na kojoj je napon vodene pare jednak aktuelnom parcijalnom pritisku vodene pare u razmatranom vazduhu. Temperatura rose vlažnog vazduha i stanje vlažnog vazduha pri konstantnom pritisku se može odrediti u Molijerovom h-x dijagramu, slika 3.1 (Voronjec & Kozić 1980). Osnovne koordinate h-x dijagrama su: ordinata, entalpija h i apscisa, apsolutna vlažnost x vlažnog vazduha. Dijagram uvek važi samo za jedan određeni pritisak vlažnog vazduha ($p=1,013 \cdot 10^5$ Pa). Izoterme u takozvanom nezasićenom području (tj. kada je $x < x_z$) su nagnute prave linije i to što je nagib veći to je temperatura viša. Ako na svakoj izotermi označimo graničnu vlažnost (x_z) koja pripada toj temperaturi, a te tačke povežemo, možemo dobiti liniju zasićenja vlažnog vazduha ili liniju rošenja. Svakom stanju vlažnog vazduha odgovaraju parametri vlažnog vazduha: apsolutna vlažnost (x), relativna vlažnost (φ), temperatura vlažnog vazduha (t_a), tačka rose (t_R), temperatura vlažnog termometra (t_{VT}), entalpija (h), parcijalni pritisak vlage (p_w) (Voronjec & Kozić 1980; Todorović 2005).



Slika 3.1. Molijerov h-x dijagram (Todorović 2005).

Vlažnost vazduha pre svega utiče na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline. Visok sadržaj vlage u vazduhu utiče na smanjenje otpora provođenju toplotne energije sa površine kože na odeću, a zatim na okolinu. Nizak sadržaj vlage u vazduhu, odnosno nizak parcijalni pritisak vodene pare u vazduhu, pozitivno utiče na isparavanje znoja, tj. razmenu toplotne energije sa površine čovekove kože na okolinu (Todorović 2005). U prostoru sa visokim temperaturama vazduha i temperaturama zračenja okolnih površina, prenos toplotne energije isparavanjem vlage sa površine kože na okolinu je najznačajnije. Visoka relativna vlažnost vazduha otežava prenos toplotne energije isparavanjem i znojenjem, a time negativno utiče na mogućnost uspostavljanja toplotne ravnoteže u organizmu čoveka (Todorović 2005). Međutim u prostoru sa niskim temperaturama vazduha i temperaturama zračenja okolnih površina, visoka relativna vlažnost vazduha utiče na vlaženje odeće na čoveku i smanjuje otpor provođenju toplotne energije, u tom slučaju dolazi do povećanog prenosa toplotne energije kondukcijom i konvekcijom sa površine kože na okolinu i narušava se toplotna ravnoteža organizma (Todorović 2005). Glavni efekat visoke vlažnosti u vazduhu je što su osećaji hladnoće i toplote kod čoveka izraženiji (Parsons 2003).

Nizak sadržaj vlage u vlažnom vazduhu može da ima negativan uticaj na čoveka, tako što će uzrokovati isušivanje okoline, a time i pojavu prašine koja nadražuje disajne organe. Pored toga može doći i do isušivanja kože, a naročito sluzokože očiju i respiratornog trakta. Prema dosadašnjim istraživanjima, relativna vlažnost vazduha bi se trebala kretati u intervalu od 35% do 70% (Recknagel & Sprenger 1984). U tabeli 3.1, prikazane su preporuke prema Pravilniku o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu, međutim minimalne vrednosti relativne vlažnosti vazduha nisu propisane, a maksimalne vrednosti su 73% (Sl. glasnik RS br.21/09 2009).

Pri visokim temperaturama vazduha i temperaturama zračenja okolnih površina, vlažnost vazduha ima bitnu ulogu u razmeni toplotne energije, jer tada dolazi do povećanog isparavanja i znojenja. „Kriva zapare“ (omorina) za normalno odevenog čoveka u stanju sa niskim intenzitetom metabolizma, može se prikazati u Molijerovom h-x dijagramu slika 3.1, a nalazi se pri apsolutnoj vlažnosti vazduha od 12 g/kg suvog vazduha (Recknagel & Sprenger 1984). Rezultati istraživanja ukazuju da ukoliko je relativna vlažnost vazduha u prostoru 70%, većina ljudi će početi da se znoji pri temperaturi vazduha od 24°C. Pri relativnoj vlažnosti vazduha od 30%, većina ljudi će početi da se znoji pri mnogo višim temperaturama vazduha, a to je 37°C (Recknagel & Sprenger 1984). Kako bi čovekovo telo bilo u stanju toplotne ravnoteže, relativna vlažnost vazduha treba da bude manja ukoliko je temperatura vazduha viša, naročito pri većim fizičkim aktivnostima, odnosno većem intenzitetu metabolizma (Recknagel & Sprenger 1984). Pri temperaturama vazduha od 22°C, relativna vlažnost vazduha bi trebala da se nalazi u intervalu od 35% do 65%, a pri temperaturi od 26°C, trebala bi da se smanji na 55%, a to odgovara i manjoj apsolutnoj vlažnosti od „krive zapare“ 11,5 g/kg suvog vazduha (Recknagel & Sprenger 1984).

3.1.3 Brzina strujanja vazduha

Kao i u atmosferi, tako i u objektima nastaje pokretanje vazdušne mase, a to se događa zbog nejednakog zagrevanja vazduha iznad površina, tako da dolazi do promene vazdušnog pritiska i vazduh počne da struji iz oblasti sa višom temperaturom i pritiskom, prema oblastima sa nižim temperaturama i pritiscima vazduha. Ova kretanja vazduha u objektima sa dobrom toplotnom izolacijom u proseku imaju mnogo manje brzine kretanja u odnosu na kretanja vazdušnih masa izvan objekata. Kretanje vazdušnih masa, koje nastaje kao posledica nejednakog zagrevanja, može biti horizontalno i vertikalno, a prema svom karakteru usmereno i vrtložno (Plaznić 1985).

Kretanje vazduha može biti uzrokovano prirodnom i prinudnom ventilacijom. Prirodna ventilacija u objektu nastaje kao posledica različitih vrednosti pritiska vazduha ispred i u objektu, tako da dolazi do prirodnog konvektivnog strujanja vazduha (Plaznić 1985; Todorović 2005). Povećanje brzine kretanja vazduha u objektima može biti uzrokovano korišćenjem ventilatora, gde nastaje prinudno konvektivno strujanje vazduha. Kretanje vazduha je vektorska veličina, koja ima svoj pravac, smer i intenzitet (Milosavljević 1990). Karakteristično je da kretanje i minimalne vazdušne mase ima oscilacije u vremenu, prostoru i pravcu (Parsons 2003).

U toku analize kretanja vazduha, poteškoće mogu nastati zbog temperaturnih razlika i sile inercije, jer postoje stalne promene pravca i brzina čestica vazduha, međutim može doći do promene i odstupanja brzine vazduha, bez promene pravca (Recknagel & Sprenger 1984). Ova karakteristika, ne mora biti izazvana prinudnom konvekcijom, može nastati i prirodnom konvekcijom, tj. nejednakim zagrevanjem vazduha od ljudi, zidova objekta, mašina itd. U većini slučajeva, brzina strujanja vazduha se kreće oko srednje vrednosti, a odstupanja se mogu prikazati pomoću Gausove raspodele (Recknagel & Sprenger 1984).

U oba slučaja, i kod prirodne i prinudne konvekcije, brzina strujanja vazduha oko čovekovog tela, utiče na razmenu toplotne energije konvekcijom i isparavanjem vode sa površine kože (Fanger 1970; Cena & Clark 1981; Todorović 2005; Parsons 2003). U uslovima sa visokim temperaturama vazduha i povišenom relativnom vlažnošću vazduha, dolazi do otežanog prenosa toplotne energije sa površine kože na okolinu. U tom slučaju su neophodne veće brzine strujanja vazduha kako bi se toplotna energija prenela na okolinu sa površine kože i odeće (Kimura & Tanabe 1993). Ako strujanje vazduha oko čovekovog tela ima veću brzinu, dolazi do porasta koeficijenta prelaza toplotne energije, u tom slučaju će doći do povećanja razmene toplotne energije između čoveka i okoline, konvekcijom. Koeficijent prelaza toplotne energije je funkcija brzine strujanja vazduha sa kojim čovekovo telo vrši razmenu toplotne energije (Fanger 1970; Todorović 2005). Kako čovekov organizam teži da bude u stanju toplotne ravnoteže, ne postoji minimalna brzina kretanja vazduha koja će obezbediti optimalanu razmenu toplotne energije. Povećana brzina strujanja vazduha povoljno utiče na razmenu toplotne energije pri višim temperaturama vazduha, dok negativno utiče u objektima sa nižim temperaturama vazduha (Parsons 2003; Todorović 2005).

Strujanje vazduha oko čovekovog tela utiče i na prenos toplotne energije isparavanjem znoja. U prostoru sa visokim temperaturama, isparavanje znoja sa površine čovekove kože, zavisi od razlike parcijalnog pritiska vodene pare u vazduhu i vode (znoja) na površini čovekove kože. U objektima sa malim brzinama kretanja vazduha, vazduh koji dodiruje čovekovo telo brzo postaje zasićen vodenom parom. Razlika parcijalnih pritisaka na površini kože i u vazduhu postaje minimalna, u tom slučaju neophodna je veća brzina strujanja vazduha koja će sa površine kože odneti zagrejan vazduh, a na njegovo mesto doneti vazduh koji je manje zasićen vodenom parom, a ima nižu temperaturu (Todorović 2005). Veće brzine strujanja vazduha, frekvencije promene brzine i intenzitet turbulencije strujanja vazduha mogu imati negativan uticaj na toplotni osećaj čoveka. Osećaj neugodnosti može nastati ukoliko se radi o opstrujivanju čovekovog tela sa hladnom masom vazduha, jer u tom slučaju dolazi do povećanog odavanja toplotne energije sa površine čovekove kože (Cena & Clark 1981; Parsons 2003; Recknagel & Sprenger 1984). Intenzitet turbulencije se može dobiti iz lokalne prosečne brzine vazduha i njene standardne devijacije u vremenskom intervalu od 3 minuta, sledećim izrazom (ISO 7726 1998).

$$T_i = \frac{S}{v_a} \cdot 100, \quad (3.13)$$

gde su:

T_i – intenzitet turbulencije, %,

S – standardna devijacija, m/s,

v_a – brzina strujanja vazduha, m/s.

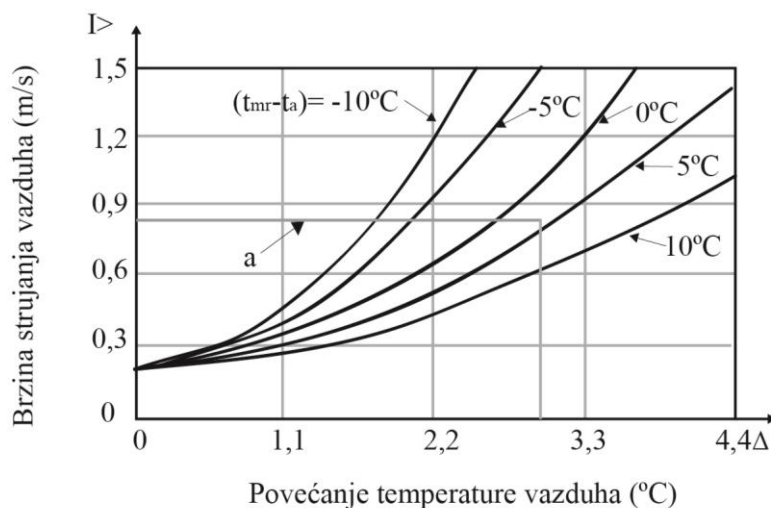
Prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) intenzitet turbulencije treba da se nalazi u intervalu od 10% do 60%, ukoliko je nepoznat kod proračuna se preporučuje korišćenje 40%, temperatura vazduha od 20°C do 26°C, brzina strujanja vazduha <0,5 m/s (ISO 7730 2005).

Kada se čovek nalazi izvan objekta, umerene brzine, frekvencije brzine i intenzitet turbulencije vazduha, mogu pozitivno da utiču na toplotni osećaj, jer u većini slučajeva zahvataju veće površine tela, pa je razmena toplotne energije približno ravnomerna po čitavom telu (Recknagel & Sprenger 1984). U zatvorenom prostoru, veće brzine strujanja vazduha, mogu da uzrokuju neugodnost, jer opstrujivanje jednog dela čovekovog tela može da izazove hlađenje (promaju) ili grejanje jednog dela tela (Recknagel & Sprenger 1984). Prinudna konvekcija, odnosno veštačko pokretanje vazduha u cilju postizanja toplotnog komfora, može dati dobre rezultate, naročito pri temperaturama vazduha iznad 22°C. Određivanje maksimalne brzine strujanja u zavisnosti od temperature vazduha i srednje temperature zračenja, prikazano je na slici 3.2. Referentna tačka temperature vazduha je 26°C, a brzina strujanja vazduha 0,20 m/s (ISO 7730 2005). Rezultat koji se postiže povećanjem brzine strujanja vazduha, zavisi od odevenosti čoveka, fizičke aktivnosti, tj. intenziteta metabolizma i razlike između temperature površine odeće, odnosno kože i temperature vazduha. Na slici 3.2, vrednosti brzine strujanja vazduha važe za povećanje

temperature iznad 26°C , tj. za temperaturu vazduha i srednju temperaturu zračenja okolnih površina (ISO 7730 2005).

Brzina strujanja vazduha je manje efikasna u ostvarivanju prenosa toplotne energije sa površine kože na okolinu, ukoliko je temperatura zračenja niža od temperature vazduha. Međutim u uslovima kada je čovekovo telo izloženo visokim temperaturama toplotnog zračenja, a niskoj temperaturi vazduha, povišena brzina strujanja vazduha ima mnogo veću efikasnost u prenosu toplotne energije sa površine čovekove kože na okolinu (ISO 7730 2005; Incropera et al. 2011). Brzine strujanja vazduha ljudi različito prihvataju, jer postoje individualne razlike između ljudi, naročito kod osoba u zrelijoj starosnoj dobi, međutim postoje razlike kod muškaraca i žena (Chow et al. 2010).

Za uslove toplotnog komfora, prilikom određivanja maksimalne brzine strujanja vazduha, neophodno je voditi računa o razlici temperature vazduha i srednjoj temperaturi zračenja okolnih površina. Za čoveka u sedećem položaju 1,2 met ($70\text{W}/\text{m}^2$) i letnjom garderobom 0,5 clo ($0,080\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$), razlika između temperature vazduha i srednje temperature zračenja okolnih površina treba da bude $\Delta t < 3^{\circ}\text{C}$ i srednja vrednost brzine strujanja vazduha $\bar{v}_a = 0,82\text{ m/s}$. Ukoliko je neophodna veća brzina strujanja vazduha, ona mora biti pod kontrolom čoveka koji je izložen, ali ne treba da bude iznad $0,15\text{ m/s}$. Na slici 3.2 prikazano je određivanje brzine strujanja vazduha u cilju neutralizacije povišenih temperatura vazduha i temperatura zračenja okolnih površina (ISO 7730 2005).



Slika 3.2. Određivanje brzine strujanja vazduha (ISO 7730 2005).

gde su:

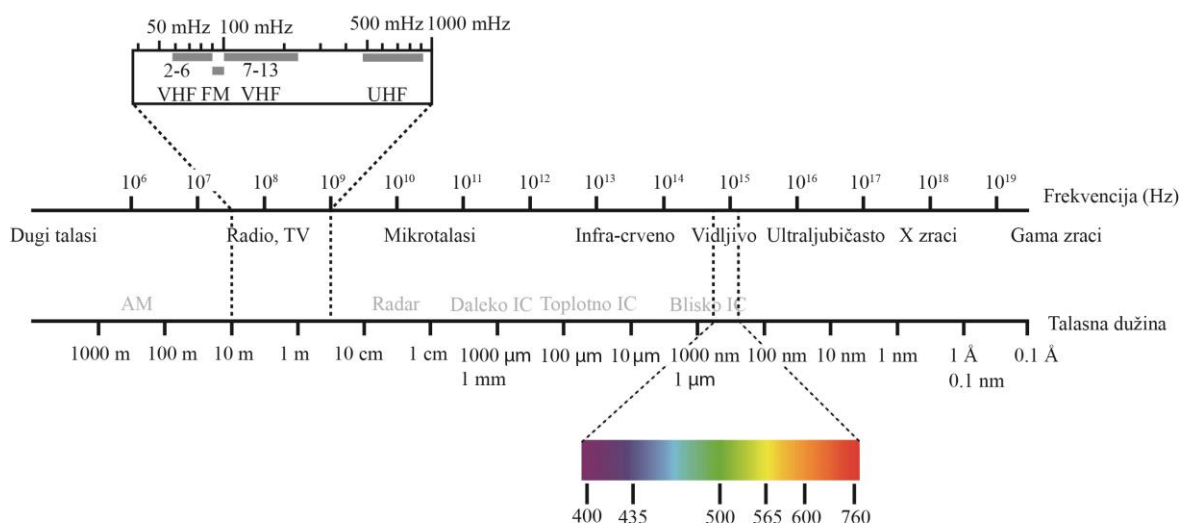
Δt – temperature iznad 26°C ,

^a – linija koja označava ograničenje za sedeću i laku aktivnost,

$(t_{mr} - t_a)$ – razlika između srednje temperature zračenja i temperature vazduha, $^{\circ}\text{C}$.

3.1.4 Toplotno zračenje

Spektar zračenja se deli na jonizujuće i nejonizujuće zračenje (Satarić 1997). Nejonizujuće zračenje je elektromagnetno zračenje nekog tela koje nema dovoljno energije po kvantu, da izazove jonizaciju atoma. Spektar elektromagnetnog zračenja se sastoji od zrakova različitih talasnih dužina i frekvencija, a to su: γ zraci, X zraci, ultraljubičasto zračenje, vidljivo zračenje, infracrveno, mikrotalasno, radio i tv zračenje, kao što je prikazano na slici 3.3 (Satarić 1997). Infracrveno zračenje nastaje pri ubrzanom kvantnom kretanju, naelektrisanja u molekulima, takvo ubrzano kretanje se javlja pri rotaciji molekula i vibraciji atoma unutar molekula, čija se temperatura nalazi iznad apsolutne nule koja iznosi $-273,15^{\circ}\text{C}$, pa se infracrveno zračenje još naziva i toplotno zračenje (Satarić 1997).



Slika 3.3. Spektar elektromagnetskog zračenja.

Toplotno zračenje predstavlja emitovanje elektromagnetnih talasa u određenom intervalu talasnih dužina koji nastaju usled temperature nekog tela. Svako telo, koje ima veću temperaturu iznad apsolutne nule, emituje toplotnu energiju odnosno zrači toplotne zrake na svakoj temperaturi, ali različitih talasnih dužina. Ukoliko neko telo ima nisku temperaturu, takvo telo zrači talase većih talasnih dužina. Odnosno ukoliko neko telo ima veću temperaturu emituju se infracrveni talasi manjih talasnih dužina. Intenzitet zračenja zavisi od temperature, što je temperatura nekog tela viša, intenzitet zračenja postaje veći, a pomera se prema kraćim talasnim dužinama, to je poznato kao Vinov zakon pomeranja prikazan na slici 3.4 (Đurić & Ćulum 1966). Najviše zrači i apsorbuje sve zrake optičkog spektra kako vidljivog tako i nevidljivog dela apsolutno crno telo. Prema Stefan Boltzmannovom zakonu ukupno zračenje crnog tela je srazmerno četvrtom stepenu apsolutne temperature pa važi da je (Đurić & Ćulum 1966).

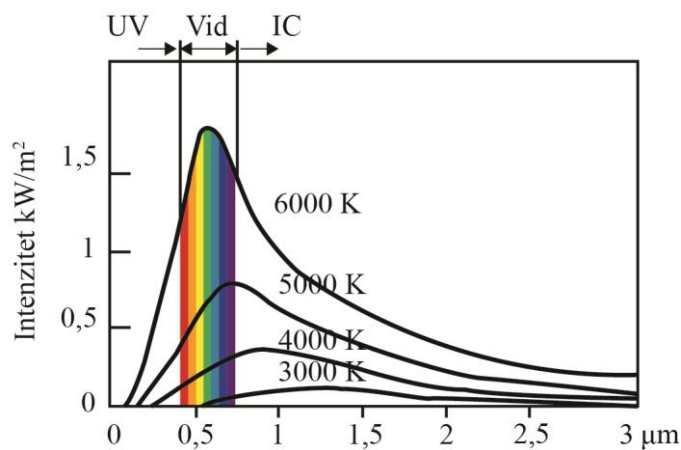
$$E = \sigma T^4, \quad (3.14)$$

gde su:

E – ukupna energija zračenja, W/m^2 ,

σ – Stefan-Boltzmannova konstanta, $\sigma = 5,669 \cdot 10^{-8}, \text{W}/\text{m}^2\text{K}^4$,

T – apsolutna temperatura, K .



Slika 3.4. Intenzitet Sunčevog zračenja.

Pored uticaja temperature vazduha, vlažnosti vazduha i brzine strujanja vazduha na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline uticaj ima toplotno zračenje, odnosno temperatura zračenja površina koje okružuju čoveka. Tu se pre svega misli na zidove, podove, plafon, prozore, kao i na izmenjivače toplotne energije, mašine i opremu za rad koja emituje toplotno zračenje (Fanger 1970; Parsons 2014). U realnim uslovima to jeste u objektima namenjenim za rad, površine koje okružuju čoveka veoma često imaju različitu temperaturu, koja odstupa od srednje vrednosti temperature svih površina. U tom slučaju može se dogoditi da čovek jednim delom svoga tela prima veću količinu toplotne energije zračenjem, a drugim delom tela mnogo manju količinu, to će negativno uticati na toplotni osećaj čoveka (Recknagel & Sprenger 1984; Todorović 2005; Atmaca et al. 2007).

Ukoliko je čovekovo telo izloženo toplotnom zračenju, toplotnu energiju će apsorbovati čovekovo telo, bez obzira na temperaturu vazduha. Efekat toplotnog zračenja na čoveka ima biološki uticaj. Čovekova koža apsorbuje toplotno zračenje koje prodire u kožu i podiže temperaturu kože, pri čemu nastaju fiziološke i patogene promene. Zagrevanje kože, koje nastaje kao posledica toplotnog zračenja može dovesti do vazodilatacije (širenje krvnih sudova), toplotnog udara i pada pritiska krvnih sudova (Arandžević & Jovanović 2009).

3.2 Formiranje mikroklimе u objektima

Formiranje mikroklimе i mikroklima u prirodno ventilisanim objektima namenjenim za obavljanje procesa rada je pod uticajem spoljnih i unutrašnjih faktora (Recknagel & Sprenger 1984; Dukić 1998; Todorović 2005):

3.2.1 Uticaj spoljnih faktora na formiranje mikroklimе u objektima

Mikroklima u prirodno ventilisanim objektima namenjenim za obavljanje procesa rada je pod uticajem spoljnih faktora: Najznačajniji spoljni faktori koji imaju uticaj na formiranje mikroklimе u objektima namenjenim za obavljanje procesa rada su (Recknagel & Sprenger 1984; Dukić 1998; Todorović 2005):

- Sunčevo zračenje,

- temperatura spoljnog vazduha,
- vlažnost spoljnog vazduha,
- atmosferski pritisak,
- vetar.

Spoljni mikroklimatski faktori koji vladaju u nekom području u većoj ili manjoj meri imaju uticaj na formiranje mikroklike u objektima, a to pre svega zavisi od: karakteristika materijala od kojih je objekat izgrađen, pozicioniranja objekta prema stranama sveta, veličine prozora i karakteristika staklenih površina (Recknagel & Sprenger 1984; Todorović 2005).

Najznačajniji spoljni meteorološki faktor koji ima uticaj na formiranje mikroklike u objektima je Sunčevo zračenje. Prirodni izvor sa najvećom količinom toplotne i svetlosne energije je Sunčevo zračenje, a ono je deo energije elektromagnetnog spektra. Sunčeva energija se emituje zračenjem, u obliku elektromagnetnih talasa, kao crno telo, čija temperatura na površini Sunca iznosi oko 6000°C (Recknagel & Sprenger 1984; Milosavljević 1990). Ukupno zračenje Sunca se sastoji od zrakova različite talasne dužine i različitog intenziteta, a energija Sunčevog zračenja na površini Zemlje ima sledeći raspored: ultraljubičasto zračenje sadrži oko 3% energije Sunčevog spektra, vidljivi deo spektra sadrže oko 44% ukupne energije Sunčevog spektra. Najviše energije Sunčevog spektra oko 53% sadrži infracrveno zračenje (Milosavljević 1990; Ivanović & Vučić 1991; Kostić 2000).

Pri srednjem odstojanju Sunca, ukoliko Zemlja ne bi imala vazdušni omotač, ona bi se ozračila količinom toplotne energije od 1300 W/m². Ova vrednost se naziva solarna konstanta. Solarna konstanta je količina energije dozračene od Sunca na gornjoj granici atmosfere u jedinici vremena, vertikalno na neku površinu pri srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca. Solarna konstanta uključuje sve vrste elektromagnetnog spektra zračenja (Ivanović & Vučić 1991). Sunčevo zračenje koje dospeva na Zemlju može biti: direktno Sunčevo zračenje, difuzno zračenje i globalno Sunčevo zračenje (Milosavljević 1990).

Intenzitet zračenja Sunca zavisi od delovanja meteoroloških pojava (kiše, magle, oblačnosti, itd.), geografske širine i nadmorske visine. Intenzitet zračenja Sunca sa spoljašnje strane nekog objekta na Zemljinoj površini može biti od 0 W/m² do 1000 W/m² (Recknagel & Sprenger 1984).

Uticaj Sunčevog zračenja na formiranje mikroklike u građevinskom objektu je različit, zbog različitog načina prenosa toplotne energije kroz prozirne i neprozirne materijale. Treba razlikovati uticaj zračenja na zidove i krovove od zračenja kroz prozore, odnosno staklene površine objekta. Sunčevo zračenje se reflektuje na površini zida nekog objekta ali i apsorbuje. Samo apsorbovana toplotna energija zagreva zid i tako se provođenjem (kondukcijom) prenosi na unutrašnjost objekta. Tokom leta prenos toplotne energije kroz zidove i krovove objekta je pod uticajem visokog intenziteta Sunčevog zračenja, samim tim i toplotno opterećenje objekta je visoko, odnosno ima uticaj na mikroklimu u objektu. U toku zimskog perioda, odnosno smanjenog intenziteta Sunčevog zračenja na zidove i krovove objekta, toplotno opterećenje objekta je nisko (Todorović 2005).

Staklene površine (prozori) na objektu, osim refleksije, manjim delom apsorpcije Sunčevog zračenje propuštaju kroz staklo i tako direktno dospeva u unutrašnjost objekta. Deo energije Sunčevog zračenja staklo apsorbuje, a odnos reflektovane, apsorbovane i propuštene energije zavisi od upadnog ugla Sunčevih zraka kao i od vrste stakla. Propustljivost Sunčevih zraka kroz staklo zavisi od: debljine staklene ploče, sastava materijala stakla, talasnih dužina Sunčevih zraka, kao i od njihovog upadnog ugla. Sunčevo zračenje koje je propušteno kroz staklene površine objekta, dospeva na zidove objekta, pod i tavanicu (plafon) gde se delimično apsorbuje, a delimično reflektuje. Apsorbovani deo Sunčevog zračenja zagreva površinske slojeve zida kako iznad temperature zida tako i iznad temperature vazduha u prostoriji. Temperaturna razlika između površine zida i njenih dubljih slojeva uzrokuje prenos toplotne energije kondukcijom u dublje slojeve zida i akumulira se u samom zidu. Razlika u temperaturi zida i vazduha, u objektu dovodi do konvektivnog prenosa toplotne energije na vazduh, odnosno dolazi do zagrevanja vazduha u samom objektu (Todorović 2005). Staklene površine na građevinskom objektu, mogu da uzrokuju gubitak toplotne energije u zimskom periodu, odnosno tokom niskih temperatura i niskog intenziteta zračenja Sunca, a imaju uticaj na toplotne dobitke od Sunčevog zračenja u zimskom i letnjem periodu, tokom većeg intenziteta zračenja Sunca. U zimskom periodu, najveći deo toplotne energije zrači na južnoj strani sveta, a tokom letnjeg perioda na istočnoj i zapadnoj strani sveta. Temperature vazduha u objektu su uvek najviše na zapadnoj strani sveta, a na istočnoj strani sveta znatno niže, usled toplotne akumulacije i niskih spoljnih temperatura u jutarnjim časovima (Recknagel & Sprenger 1984).

Na formiranje mikroklimе u objektima uticaj ima i spoljna temperatura vazduha. U atmosferi zagrevanje i hlađenje vazduha uglavnom se vrši od Zemljine površine, a zavisi od intenziteta Sunčevog zračenja. Promena temperature vazduha zavisi od temperaturnih promena podloge iznad koje se vazduh nalazi. U zavisnosti od doba dana kada Sunčevo zračenje nadvlada Zemljino izračivanje, toplotna energija sa Zemljine površine prelazi molekularnim provođenjem na sloj vazduha koji leži iznad same Zemljine površine. Što je intenzitet Sunčevog zračenja jači to je i zagrevanje Zemljine površine jače, prema tome i zagrevanje najnižeg sloja vazduha će biti veće. U toku ovih procesa, gustina vazduha postaje manja, a težina vazduha se smanjuje sa porastom temperature vazduha. Ukoliko se vazduh na nekom mestu više zagreva on postaje lakši od vazduha iznad njega i diže se u vis, a na mesto zagrejanog vazduha dolazi hladniji i gušći vazduh, koji se takođe zagreva na Zemljinoj površini i ponovo podiže u vis. Tokom odvijanja ovih procesa, dolazi do obezbeđivanja konvektivnih struja koje prenose toplotnu energiju od Zemljine površine do atmosfere (Milosavljević 1990). U toku ovih procesa, zagrejan vazduh dospeva u objekat putem infiltracije kroz razne nezaptivene otvore vrata i prozore objekta. Kako se intenzitet zračenja Sunca menja pod uticajem meteoroloških pojava i godišnjih doba, vrednosti temperature vazduha se periodično menjaju u toku dana i godine. Tako će i različito zagrejan vazduh biti infiltriran u objekte, što može da ima različit uticaj na mikroklimatske uslove u objektu. Vazduh se dodatno zagreva i u samom objektu, a to pre svega zavisi od vrste

procesa rada. Oprema za rad, odnosno površine u objektu koje odaju toplotnu energiju imaju direktan uticaj na zagrevanje vazduha konvekcijom u samom objektu (Todorović 2005).

Mikroklimatski uslovi u objektima zavise od vlažnosti vazduha koji se nalazi ispred objekta, a može da se razlikuje u odnosu na spoljne uslove. U zavisnosti od spoljnih vremenskih uslova, vrste procesa rada i broja ljudi u objektu može doći i do promene stanja vlažnog vazduha u objektima. Atmosferski vazduh, odnosno vlažan vazduh u objekte ulazi putem infiltracije kroz nezaptivene otvore i prozore objekta i tako ima direktan uticaj na formiranje mikroklimatskih uslova u građevinskom objektu. Tokom letnjih dana i visokih spoljnih temperatura vazduha, dolazi do pojave viših vrednosti apsolutne vlažnosti i nižih vrednosti relativne vlažnosti i obrnutno, tokom zimskog i kišovito perioda, tj. nižih temperatura vazduha, sadržaj vlage u vazduhu (apsolutna vlažnost) je manji, dolazi do pojave većih vrednosti relativne vlažnosti vazduha (Voronjec & Kozić 1980).

Atmosferski pritisak vazduha ima uticaj na formiranje mikroklimе u objektima, jer vazdušni pritisak se ne menja ili ima minimalne promene u horizontalnom pravcu u mirnoj atmosferi, ali se smanjuje porastom nadmorske visine. Pri porastu nadmorske visine, skraćuje se vazdušni stub, koji vrši pritisak vertikalno na niže, a gustina vazduha opada sa porastom nadmorske visine, usled Zemljine teže koja privlači vazdušne čestice ka površini. Atmosferski pritisak na nivou mora u proseku iznosi $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Dnevni tok vazdušnog pritiska se razlikuje u zavisnosti od doba dana, kao i sa porastom temperature i relativne vlažnosti vazduha. Vazdušni pritisak u zatvorenom objektu se približno izjednačava sa pritiskom ispred objekta (na otvorenom nebu), jer objekat za obavljanje procesa rada nije hermetički zatvoren (Plaznić 1985; Milosavljević 1990).

U zavisnosti od pozicioniranja objekta, na formiranje mikroklimе uticaj ima i vetar. Vazdušna strujanja su direktna posledica nejednakog zagrevanja Zemljine površine, odnosno tokom nejednakog zagrevanja vazduha nastaju razlike u atmosferskom pritisku. Ako vazduh u nekoj oblasti ima nižu temperaturu, on je teži i gušći, a vrši i jači pritisak na Zemljinu površinu od vazduha u drugoj oblasti sa višom temperaturom koji je lakši i ređi, a ima i manji pritisak. Strujanje vazduha nastaje zbog razlike u pritiscima i to uvek iz pravca oblasti sa visokim pritiskom u oblast sa niskim pritiskom. Strujanje vazduha se može podeliti na: horizontalno, vertikalno (konvektivno) i koso strujanje. Pored horizontalnog strujanja vazduha, postoje i vrtložna odnosno turbulentna strujanja vazduha oko horizontalne ili vertikalne ose. Svako strujanje vazdušne mase u približno horizontalnom pravcu nazivamo vetar. Za razliku od drugih mikroklimatskih uslova, vetar predstavlja vektorsku veličinu, a za njegovo određivanje je potrebno poznavati: pravac, smer i intenzitet (Đurić & Ćulum 1971; Milosavljević 1990). Pravac vetra određuje se prema stranama sveta, odakle vazduh struji. Prilikom označavanja pravca vetra koriste se međunarodne oznake koje označavaju strane sveta, a to su: E=East=istok; W=West=zapad; N=North=sever; S=South=jug. Ukoliko se napravi kombinacija koja uključuje sve strane sveta, pravac vetra se može podeliti u 32 pravca, tzv. ruža vetrova (Milosavljević 1990). Brzina strujanja vazdušnih masa, odnosno vetra, se izražava brojem pređenih metara koju

jedna čestica vazduha pređe u jedinici vremena, a obeležava se u metrima po sekundi (m/s) ili kilometrima po času (km/h). Brzina strujanja vazdušnih masa, tj. vetra zavisi od razlike u pritisku vazduha za dve posmatrene oblasti, odnosno barometarskog gradijenta (Milosavljević 1990; Đurić & Ćulum 1971). Pod jačinom vetra, podrazumevamo silu vetra kojom ona deluje na određeni objekat. Jačina vetra se meri pomoću Boforove skale koja ima trinaest stepeni (Đurić & Ćulum 1971; Milosavljević 1990). Gustina se definiše kao količnik mase i zapremine, a izražava se u kg/m^3 . Gustina vazduha opada sa porastom temperature. Pri atmosferskom pritisku od $1,013 \cdot 10^5 \text{Pa}$ i temperaturi od 0°C , gustina vazduha iznosi $\rho=1,293 \text{ kg/m}^3$, dok na temperaturi od 20°C i pritisku od $1,013 \cdot 10^5 \text{Pa}$, iznosi $\rho=1,204 \text{ kg/m}^3$ (Recknagel & Sprenger 1984).

Ukoliko je u objektu temperatura vazduha viša od temperature vazduha ispred objekta, razlika vazdušnog pritiska nastaje usled temperaturne razlike vazduha, tj. u objektu atmosferski pritisak ima veće vrednosti u odnosu na spoljne uslove. Na sredini vrata, prozora i procepa objekta dolazi do neutralne zone vazdušnog pritiska, a u donjem delu ovih otvora dolazi do strujanja vazduha u objekat, odnosno dolazi do formiranja ulaznih strujnica, jer vazdušni pritisak ispred objekta ima veće vrednosti. Vazduh koji ulazi u objekat ima nižu temperaturu, teži je i njegova gustina je veća. U gornjem delu vrata, prozora i procepa na objektu, usled dejstva temperature vazduha, vazdušni pritisak ima manje vrednosti, te dolazi do strujanja vazduha iz objekta, a taj vazduh ima višu temperatu, a njegova gustina i težina imaju manje vrednosti. Tokom odvijanja ovih konvektivnih strujanja vazduha, dolazi do direktonog uticaja na formiranje mikroklimatskih uslova u objektima namenjenim za obavljanje procesa rada (Plaznić 1985; Milosavljević 1990).

3.2.2 Uticaj unutrašnjih faktora na formiranje mikroklimе u objektima

Unutrašnji faktori koji mogu da budu od uticaja na formiranje mikroklimatskih uslova u prirodno ventilisanim objektima, odnosno imaju uticaj na toplotno opterećenje objekta, se pre svega razlikuju od vrste procesa rada koji se obavlja i vrste grejanja. Uopšteno, u svim objektima u kojima se obavlja proces rada, neophodni su predmeti rada, sredstva rada i čovek. Najznačajniji unutrašnji faktori koji utiču na formiranje mikroklimе u prirodno ventilisanim objektima su (Todorović 2005):

- osvetljenje u objektu,
- mašine i oprema za rad (vrsta procesa rada),
- dobici toplotne energije od ljudi u objektu,
- vrsta grejanja.

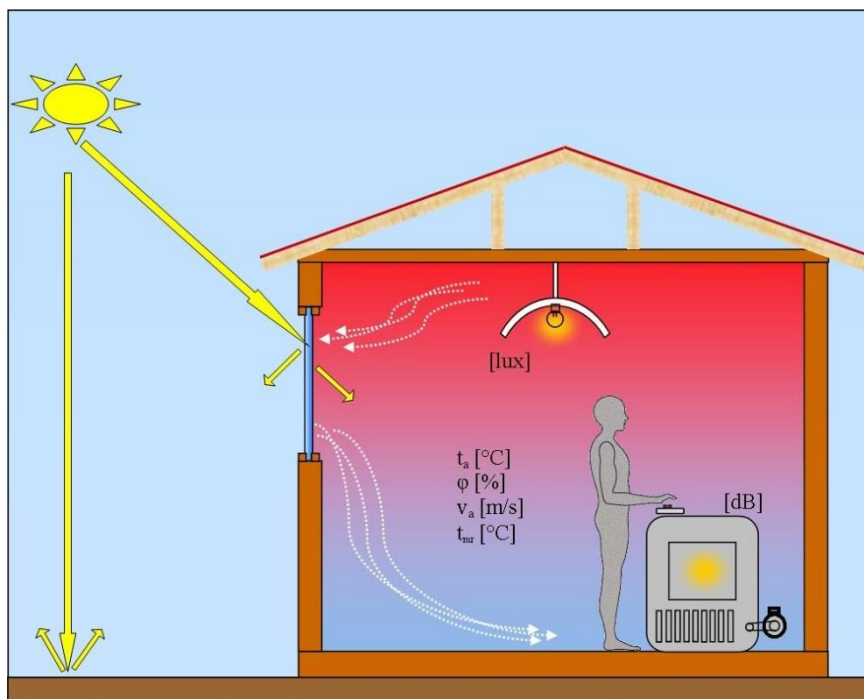
U unutrašnjosti objekta, u kojem se obavlja proces rada, izvori veštačkog osvetljenja tj. svetiljke odaju toplotnu energiju konvekcijom i zračenjem i na taj način imaju uticaj na mikroklimatske uslove. Konvekcijom prenetu toplotna energija na vazduh jeste trenutni uticaj na mikroklimatske uslove, odnosno toplotno opterećenje objekta. Toplotna energija koja potiče od veštačkog osvetljenja, tj. svetiljki, a koja se prenosi zračenjem podleže

apsorpciji u zidovima i refleksiji od zidove građevinskog objekta. Uticaj akumulirane toplotne energije na mikroklimatske uslove u građevinskom objektu može doći sa vremenskim zakašnjenjem, tj. i nakon isključivanja osvetljenja. Toplotna energija koja se apsorbuje i reflektuje od zidove, ima direktan uticaj na mikroklimatske uslove u objektu, tj. konvekcijom zagreva vazduh (Todorović 2005).

Na formiranje mikroklimatskih uslova u objektu uticaj ima i oprema za rad, jer toplotni dobici od instalirane opreme za rad i mašina mogu biti značajni. U zavisnosti od karakterisitka mašine, odnosno snage njenog pogonsog motora, može se izvršiti proračun toplotnih dobitaka. U zavisnosti od vrste opreme za rad, tj. mašina i vrste tehnološkog procesa rada, odavanje toplotne energije od opreme za rad može biti konvekcijom, kondukcijom i zračenjem, kao i latentno tj. isparavanjem vlage u zavisnosti od vrste procesa rada. Preneta toplotna energija zračenjem na zidove objekta se apsorbuje u zidovima i reflektuje od zidova građevinskog objekta, može doći do vremenskog zakašnjenja uticaja na mikroklimatske uslove od apsorbovane toplotne energije u objektu. Toplotna energija koja se reflektuje od zidove objekta, konvekcijom vrši zagrevanje vazduha u objektu, kao i toplotna energija koja je prenetna sa opreme za rad konektivnim putem na vazduh. U nekim slučajevima oprema za rad se smešta na sam pod ili zidove objekta (pekare, livnice itd.), može doći do uticaja na mikroklimatske uslove putem (provođenja) kondukcije toplotne energije kroz zidove i pod objekta (Todorović 2005).

Na formiranje mikroklimе u objektima za rad, uticaj mogu imati i ljudi, a to pre svega zavisi od broja ljudi i vrste radne aktivnosti koju obavljaju u objektu. Ljudsko telo ima osobinu da održava telesnu temperaturu približno konstantnom, tokom različitih fizičkih aktivnosti i svim stanjima vazduha koji se nalazi u objektu. Tokom minimalnih aktivnosti čoveka, generiše se toplotna energija u telu, koja je neophodna za održavanje života, a iznosi oko $44,47 \text{ W/m}^2$. Pri različitim fizičkim aktivnostima čoveka, dolazi do povećanog generisanja toplotne energije u telu, a te vrednosti su mnogo veće od bazalnih vrednosti (ISO 7730 2005; Recknagel & Sprenger 1984). U zavisnosti od fizičke aktivnosti, čoveku je neophodno više svežeg vazduha. Odraslom čoveku bez fizičkog napora je neophodno oko $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$, a maksimalno do $9 \text{ m}^3/\text{h}$, čistog vazduha. Izdahnuti vazduh iz pluća čoveka je oko 35°C i 95 % vlažnosti, a sadrži u proseku 4% ugljendioksida (CO_2) i 79% azota (N) (Recknagel & Sprenger 1984). U objektima za obavljanje procesa rada, koji su manjih dimenzija, odnosno čija je zapremina manja, može doći do značajnih uticaja na formiranje mikroklimе, u smislu podizanja temperature vazduha i vlažnosti vazduha.

Uticaj spoljnih mikroklimatskih faktora na mikroklimu u objektu, pre svega zavisi od karakteristika materijala od kojih je objekat izgrađen, pozicioniranja objekta prema stranama sveta, kao i broja i veličine prozora, vrata i drugih otvora na objektu. Na slici 3.5 prikazan je opšti primer formiranja mikroklimatskih uslova u objektu koji je pod uticajem ne samo spoljnih nego i unutrašnjih faktora.



Slika 3.5. Formiranje mikroklimatskih uslova u objektu.

3.3 Buka

U životnom i radnom prostoru, buka je jedan od uslova životne i radne sredine koja ima negativan uticaj na čoveka. Kako bi se razumeo uticaj buke na čoveka, neophodno je definisati fizičku osobinu zvuka.

Zvuk je makroskopski talas formiran usklađenim harmonijskim oscilovanjem čestica tela (Satarić 1997). Fizička pojava koja nastaje usled vremenski promenljivih mehaničkih poremećaja stacionarnog stanja elastične sredine, naziva se zvuk (Cvetković & Praščević 2005). Osnovni preduslovi za nastanak zvuka su: elastična sredina, tj. čestice koje osciluju i učestvuju u pojavi kretanja svojom inercijom i postojanje unutrašnjih sila koje teže da čestice elastične sredine vrata u prvobitni položaj. Usled pojave zvuka, odnosno mehaničkih pomeranja elastične sredine, dolazi do promene položaja čestica u elastičnoj sredini, tj. vremenski promenljivih mehaničkih poremećaja, a to predstavlja zvučne oscilacije koje su praćene promenama pritiska i gustine elastične sredine oko njihovih ravnotežnih vrednosti. Prema tome, zvuk se može prostirati kroz bilo koju sredinu u kojoj dolazi do mehaničkih oscilacija, kao što su čvrsta tela i fluidi (Cvetković & Praščević 2005).

Zvučni pritisak je posledica generisanja zvuka i prostiranja zvučnih talasa. U većini slučajeva promene zvučnog pritiska su male u odnosu na statički pritisak. Ukoliko se posmatra prostiranje zvuka kroz vazduh, statički pritisak odgovara atmosferskom pritisku. Jedinica za zvučni pritisak je ista kao i za pritisak ($N/m^2=Pa$) (Cvetković & Praščević 2005; Bies & Hansen 2009; James P. 2016).

Prema autorima (Cvetković & Praščević 2005) buka je svaki neželjeni zvuk, a ima iste fizičke karakteristike kao i zvuk. Buka je subjektivan izraz zvuka kao fizičke pojave, a razlikuje se od zvuka po tome što uzrokuje psihološke i fiziološke reakcije kod čoveka. Da bi neki zvuk postao buka, neophodan je čovek kojeg će uznemiravati zvuk. Različite osobe mogu da doživljavaju neki zvuk, za neku osobu je zvuk prijatan događaj, a za neku osobu je buka (Cvetković & Praščević 2005). Uzročnik zvučnih oscilacija, odnosno nastajanje zvuka, je dejstvo spoljne sile, koja podstiče čestice elastične sredine na oscilatorno kretanje oko ravnotežnog položaja. Izvor zvuka je sila koja uzrokuje poremećaj elastične sredine (Cvetković & Praščević 2005).

Ukoliko izvor zvuka osciluje on izaziva promenu gustine u elastičnoj sredini, čime se generišu zvučni talasi. U zavisnosti od sredine, zvučni talasi se mogu prostirati kao: longitudinalni, transvezalni, fleksioni, ekstenzioni i površinski talasi. Longitudinalni talasi nastaju ako čestice elastične sredine osciluju u pravcu prostiranja zvučnog talasa. Transvezalni talasi se javljaju u čvrstoj sredini, a karakteristični su po tome što čestice osciluju upravo na pravac prostiranja zvučnog talasa. Fleksioni i ekstenzioni talasi nastaju u čvrstim telima čija je dimenzija mala u odnosu na talasnu dužinu. Kombinacija longitudinalnog i transvezalnog talasa se naziva površinski talas. Površinski talasi nastaju na površini čvrstih i tečnih tela, a ograničeni su samo na deo površinskog sloja. Kod površinskih talasa čestice izvode kružno kretanje u smeru kazaljke na satu (Cvetković & Praščević 2005; Bluysen 2009; Bies & Hansen 2009; James P. 2016).

Karakteristike zvučnih talasa i poremećaj elastične sredine, koje uzrokuju zvučni talasi i prostiranje zvučnih talasa su: frekvencija f (Hz) i period oscilovanja T (s), talasna dužina λ (m) i brzina prostiranja zvučnih talasa c (m/s). Prostiranjem zvučnih talasa kroz čvrsta tela ili fluid, prenosi se energija koja je uzrokovana izvorom zvučnih talasa. Energetsko stanje izvora i elastične sredine se može prikazati sledećim veličinama: energija zvuka (W) i gustina zvučne energije ($E=J/m^3$), intenzitet zvuka ($I=W/m^2$) i zvučna snaga (W) (Cvetković & Praščević 2005; James P. 2016).

Zvučni signali imaju širok frekvencijski opseg, koji se deli na: infrazvuk, čujni zvuk, ultrazvuk. Čovekovo uvo može da registruje oscilacije u frekvencijskom obliku od 16 Hz do 20 000 Hz, a najosetljivije je u opsegu od 800 Hz do 6000 Hz (Satarić 1997). Prag čujnosti zavisi od frekvencije, a to je najniži zvučni pritisak, odnosno intenzitet zvuka koji čovekovo uvo registruje. Prag čujnosti čovekovog uva na 1000 Hz ima vrednost zvučnog pritiska $p_0=2 \cdot 10^{-5}$ Pa, a intenzitet iznosi $I_0=10^{-12}$ W/m². Prag bola takođe zavisi od frekvencije, a to je najviši zvučni pritisak, odnosno intenzitet zvuka koju čovekovo uvo registruje, a pri tom da ne dođe do fizioloških oštećenja. Prag bola na 1000 Hz ima zvučni pritisak od $p=20$ Pa, a ima intenzitet $I=1$ W/m² (Satarić 1997; Cvetković & Praščević 2005).

U opštem slučaju nivo određuje relativni odnos dve iste veličine, ali ne i apsolutnu vrednost. Logaritamska veličina koja se najčešće koristi prilikom analize uticaja zvuka odnosno buke na čoveka je decibel. Nivo zvuka moguće je definisati pomoću zvučnog pritiska ili nivoa

zvučnog intenziteta. Nivo zvučnog pritiska, odnosno nivo zvuka ili buke izražava se u dB, a definiše se sledećim izrazima (Cvetković & Praščević 2005; James P. 2016):

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}, \quad (3.15)$$

gde su:

L_p – nivo zvučnog pritiska, dB,

p – zvučni pritisak, Pa,

p_0 – referentna vrednost za zvučni pritisak, $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Nivo zvučnog intenziteta se definiše sledećim izrazom:

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}, \quad (3.16)$$

gde su:

L_I – nivo zvučnog intenziteta, dB,

I – intenzitet zvuka, W/m^2 ,

I_0 – referentna vrednost za intenzitet zvuka, 10^{-12} W/m^2 .

Nivo zvučnog pritiska i nivo intenziteta zvuka imaju istu vrednost samo u uslovima slobodnog zvučnog polja (Cvetković & Praščević 2005; James P. 2016). Generisanje buke u proizvodnim pogonima traje dugo, a nivo zvučnog pritiska je promenljiv u vremenu. Vremenski promenljiva buka u realnim uslovima se najčešće izražava veličinom koja se naziva ekvivalentni nivo. Ekvivalentni nivo predstavlja konstantan izračunati nivo zvuka ili buke, koji u određenom vremenskom intervalu ima istu zvučnu energiju, kao posmatrana vremenski promenljiva buka. Vremenski promenljiv nivo zvuka izražen pomoću ekvivalentnog nivoa, uspostavlja vezu sa vremenom, kao parametrom koji u proceni štetnog dejstva buke na čoveka, izražava dužinu ekspozicije u posmatranom nivou i frekvenciji pomoću A – težinske krive. Za određivanje ekvivalentnog nivoa buke, koristi se sledeći izraz (Cvetković & Praščević 2005; Bies & Hansen 2009; James P. 2016):

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_A(t)/10} dt, \quad (3.17)$$

gde su:

L_{eq} – ekvivalentni nivo buke, dB(A),

$L_A(t)$ – vremenski promenljiv nivo buke, dB,

T – interval merenja, s.

U pogonima za obavljanje procesa rada, buka nastaje tokom eksploatacije opreme za rad. Uticaj zvuka, odnosno buke na čoveka se manifestuje kroz zdravlje, komfor i performanse

(Parsons 2000). Dugoročno izlaganje čoveka visokom intenzitetu zvuka, koji se doživljava kao buka može uzrokovati oštećenje i gubitak sluha. Prvo nastaje smanjenje osetljivosti na određene frekvencije zvuka, odnosno buke. Smanjena osetljivost se prvo javlja na frekvencijama od 4000 Hz, a posle dugotrajnog izlaganja visokom intenzitetu buke, javlja se smanjenje osetljivosti i na frekvencijama od 6000 Hz do 8000 Hz (Parsons 2000; Arandelović & Jovanović 2009).

Buka koja nastaje u okruženju čoveka uzrokuje fiziološke efekte (Parsons 2000). Zvučni impulsi nastaju u srednjem uvu i prenose se do centra čula sluha u centralnom nervnom sistemu. Nadražaji koji nastaju u srednjem uvu se prošire na druge delove centralnog nervnog sistema. U tom slučaju, pored čula sluha, buka ima efekte na kardiovaskularni sistem, nervni sistem, endokrini sistem, čulo vida, itd. (Arandelović & Jovanović 2009; James P. 2016).

Uticao buke na kardiovaskularni sistem čoveka se manifestuje kroz povećanje krvnog pritiska i povećanje srčane frekvencije. Pod dejstvom buke dolazi do vazokonstrukcije perifernih krvnih sudova i ishemije miokarda, kao i povećanje rizika za nastanak koronarne bolesti (Arandelović & Jovanović 2009; Belojević et al. 2005; Belojević et al. 2006).

Endokrini sistem čoveka je pod uticajem buke, tako da za posledicu se javlja povećano lučenje hormona nadbubrega, a to su kortizol, adrenalin i noradrenalin. Ovi hormoni su još poznati i pod nazivom hormoni stresa. Usled izlaganja čoveka visokom nivou buke, dolazi do uticaja na tireoidnu žlezdu, odnosno povećanja lučenja tiroksina (Belojević 1985; Arandelović & Jovanović 2009; James P. 2016). Povećano lučenje hormona kao što su tiroksin, adrenalin i noradrenalin ima uticaj na metabolizam čoveka i intenzitet metabolizma, odnosno generisanje toplotne energije u organizmu čoveka (Guyton & Hall 2008). Fiziološke reakcije čoveka uzrokovane akustičnom stimulacijom se manifestuju na vazokonstrukciju i napetost mišića (Heinecker & Eberhard 1959; Jansen 1966).

Na nervni sistem čoveka, buka utiče tako što dovodi do poremećaja moždanih ćelija, razdražljivost, nevoljnost, narušavanje psihomotorne ravnoteže, slabljenje mentalnih funkcija i drugo (Arandelović & Jovanović 2009). Prema autorima (Pellerin & Candas 2004), buka u eksperimentalnim laboratorijskim uslovima može da ima uticaj na toplotni osećaj, a povećava toplotnu neugodnost čoveka (Pellerin & Candas 2004).

3.4 Osvetljenje

Spektru elektromagnetnog zračenja pripada i vidljiva svetlost, kao što je već prikazano na slici 3.3, ovaj deo spektra za ljudsko oko je vidljiv. U okviru vidljivog spektra elektromagnetnog zračenja ljudsko oko je u mogućnosti da prepozna spektar bele svetlosti različitih talasnih dužina. Proučavanjem spektra elektromagnetnog zračenja, uočeno je da se vidljivi deo spektra sastoji od šest osnovnih boja. Zračenje sa najkraćim talasnim dužinama u okviru vidljivog dela spektra, čovekovo oko registruje kao ljubičastu boju, a zračenje sa najdužim talasima u okviru vidljivog spektra, čovek registruje kao crvenu boju.

Spektar vidljivog elektromagnetnog zračenja se sastoji od boja koje imaju različite talasne dužine, kao što je prikazano u tabeli 3.3 (Đurić & Ćulum 1966; Kostić 2000):

Tabela 3.3. Talasne dužine vidljivog spektra elektromagnetnog zračenja

Boja svetlosti	Talasna dužina λ (nm)
Ljubičasta	400-435
Plava	435-500
Zelena	500-565
Žuta	565-600
Narandžasta	600-630
Crvena	630-760

Čovekovo okruženje se sastoji od svetlosnih izvora, odnosno od tela koja zrače vidljivi deo spektra elektromagnetnog zračenja. Tela koja zrače vidljivi deo spektra nazivaju se svetlosnim izvorima, a mogu se podeliti na prirodne i veštačke izvore. Sunce je najveći prirodni izvor svetlosti, a na Zemlju dolazi oko 44% ukupne energije vidljivog Sunčevog zračenja. U prirodne izvore svetlosti spadaju i materije koje luminescentiraju, a to su fosfor, trulo drvo, razni insekti itd. Veštački izvori svetlosti (sijalice), zrače svetlosnu energiju na sledeće načine: usijanjem čvrstih tela, električnom provodljivošću gasova i fluorescencijom (Petrović 1979).

Prema autoru (Kostić 2000), fotometrijske veličine se nazivaju i psihofizičkim veličinama, a one su pokazatelj reakcije čovekovog oka na zračenje (Kostić 2000). Osnovne fotometrijske veličine su (Đurić & Ćulum 1966; Kostić 2000):

- svetlosni fluks,
- svetlosni intenzitet,
- osvetljenost i
- sjajnost.

Svetlosni fluks (Φ) je osnovna fotometrijska veličina, a predstavlja snagu zračenja svetlosnog izvora, odnosno svetlosni fluks je količina svetlosti koju zrači izvor svetlosti. Merna jedinica svetlosnog fluksa je lumen (lm). Svetlosni intenzitet (I), se definiše kao svetlosni fluks (količina svetlosti) koji ispunjava jedinicu prostornog ugla. Merna jedinica svetlosnog intenziteta je kandela (cd). Osvetljenost (E) se definiše kao gustina svetlosnog fluksa na određenoj površini, a merna jedinica osvetljenosti je luks (lx), što predstavlja lm/m^2 . Sjajnost (L) je fotometrijska veličina koju čovekovo oko oseća, a predstavlja merilo svetlosnog utiska. Sjajnost svetleće površine u zatom pravcu se definiše kao odnos svetlosnog intenziteta koji u datom pravcu proizvodi elementarna svetleća površina oko te tačke i ortogonalne projekcije te elementarne površine na ravni normalnoj na posmatrani pravac. Merna jedinica sjajnosti je cd/m^2 (Kostić 2000).

U objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, čovek je izložen u najvećem broju slučajeva kombinovanim izvorima svetlosti, tj. kombinaciji prirodnog i veštačkog osvetljenja. Prirodni izvori svetlosti imaju uticaj na mikroklimatske uslove, ukoliko se na objektu nalaze staklene površine velikih dimenzija. U odnosu na prirodne izvore, veštački

izvori svetlosti, u većini slučajeva imaju mnogo manji uticaj na mikroklimatske uslove, jer se koriste svetiljke koje imaju minimalno odavanje toplotne energije (Todorović 2005).

Čovekovom oku je neophodna svetlost da vidi, odnosno da prepozna svoje okruženje. Pored toga što je neophodna za vid, svetlost utiče na stanje psiholoških funkcija i fiziološke procese u organizmu čoveka (Arandelović & Jovanović 2009; Kulve et al. 2015). Osvetljenje utiče na vizuelne performanse, vizuelni komfor, vizuelni ambijent, međuljudske odnose, stimulaciju, zadovoljstvo poslom, itd. (Juslén & Tenner 2005).

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja uočava se da pored vizuelnih reakcija, svetlo ima uticaj na fiziološke procese, cirkadijalni ritam dnevno-noćnog ciklusa i toplotnu regulaciju čovekovog organizma (Kulve et al. 2015). Cirkadijalni ritam je biološki ritam u organizmu čoveka, a ima funkciju da reguliše hormonske procese u mozgu i usklađuje dnevno-noćne cikluse, kao i druge funkcije svih organa u organizmu (Kulve et al. 2015).

Toplotno-fiziološki procesi imaju cirkadijalni ritam, stoga svetlo može da utiče na ljudske toplotne reakcije, preko foto-sinhronizacije (*eng. photoentrainment*) (Falchi et al. 2011; LeGates et al. 2014). Primeri cirkadijalnih ritmova su telesna temperatura, budnost i hormonski ritmovi poput hormona melatonin (Juslén & Tenner 2005).

Dugoročni poremećaj cirkadijalnog ritma, ima negativne efekte po zdravlje i poremećaj intenziteta metabolizma, faktor rizika za nastanak tumora, kardiovaskularne bolesti oštećenje imunog sistema (Pritchett et al. 2012). Izlaganje čoveka visokoj osvetljenosti veštačkog izvora osvetljenja, naročito tokom večeri i noći, može dovesti do poremećaja cirkadijalnog ritma, spavanja i buđenja, kao i lučenja hormona melatonin (Kulve et al. 2015).

Hormon melatonin se luči tokom uobičajenog (noćnog) perioda spavanja, i omogućava stabilno spavanje (Dijk et al. 1997), a uloga mu je širenje informacija u telu o dnevnom ciklusu svetlo-mrak (Cardinal & Pevet 1998). Melatonin ima cirkadijalni ritam sa visokim nivoima, a vrhunac dostiže tokom našeg uobičajenog perioda spavanja i veoma niskim nivoima tokom uobičajenog budnog perioda. Melatonin utiče na povećanje pospanosti, snižavanje telesne i rektalne temperature kod čoveka (Deacon et al. 1994). Svetlo ima uticaj na cirkadijalni ritam hormona melatonin, a utiče na toplotnu regulaciju čovekovog organizma, preko gubitka, odnosno prenosa toplotne energije iz čovekovog organizma na okolinu putem vazodilatacije krvnih sudova (Gilbert et al. 1999; Cajochen et al. 2003).

Suzbijanje količine melatonina zavisi od spektra svetlosti i izlaganja (Brainard et al. 2001; Thapan et al. 2001), ali zavisi i od vremenskog trajanja izloženosti svetlu u prethodnom periodu. Suzbijanje melatonina je veće kada izloženost svetlu prethodi prigušena svetlost, odnosno svetlost niskog intenziteta, umesto jakog svetla (Chang et al. 2011). Svetlo može da suzbije lučenje melatonina, a može pomeriti lučenje melatonina (i spavanje) za kasnije i ranije u dnevnom ciklusu, u zavisnosti od toga da li se javlja izlaganje svetlosti u satima pre ili posle vremenske tačke najniže unutrašnje temperature tela (Dijk et al. 1995).

Pregledom dosadašnjih istraživanja (Kulve et al. 2015), uočava se da svetlost u večernjim satima može smanjiti lučenje melatonina u ljudskom telu i odložiti prirodni pad unutrašnje temperature tela kao i usporiti rast temperature kože. U jutarnjim časovima, svetlost može dovesti do bržeg opadanja melatonina, čime se omogućava brži rast unutrašnje temperature tela. Boja svetlosti (temperatura boje) može da utiče na percepciju temperature okoline. Svetlost sa nijansama prema crvenom kraju vizuelnog spektra dovodi do percepcije "toplije" u odnosu na svetlo sa više plavim svetlosnim tonovima (Kulve et al. 2015). Nisaka osvetljenost dovodi do porasta hormona melatonin, a visoka osvetljenost u jutrnjim časovima dovodi do bržeg opadanja hormona melatonin, to uzrokuje porast telesne temperature u toku dana, što rezultira sa toplijim osećajem. U večernjim časovima, visoka osvetljenost može da uzrokuje odlaganje porasta hormona melatonin i odlaganje pada unutrašnje temperature tela, a to rezultira hladnijim osećajem (Kulve et al. 2015).

3.5 Rezime poglavlja

U ovom poglavlju su prikazane osnovne teorijske podloge fizičkih uslova radne sredine, odnosno mikroklimatskih uslova, buke i osvetljenja, koji imaju uticaj na prenos toplotne energije između čoveka i okoline, toplotnu regulaciju i intenzitet metabolizma kod čoveka. Prikazane su osnovne podloge formiranja mikrokline u prirodno ventilisanim objektima namenjenim za obavljanje procesa rada. Proračun toplotnih dobitaka od navedenih spoljanih i unutrašnjih faktora nije prikazan, jer cilj doktorske disertacije nije da odredi toplotne dobitke od svih faktora koji imaju uticaj na formiranje mikroklimatskih uslova.

4. Toplotne osobine čovekovog organizma

U toku proučavanja uticajnih parametara na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini, neophodno je uzeti u obzir toplotne osobine čovekovog organizma, koje karakterišu: generisanje toplotne energije u organizmu, telesna temperatura, regulacija telesne temperature, prenos tj. razmena toplotne energije između čoveka i njegovog okruženja i toplotni osećaj čoveka.

4.1 Generisanje toplotne energije u organizmu čoveka

Tokom ishrane, zajedno sa kiseonikom, čovek unosi u organizam ugljene hidrate, masti i proteine kako bi snabdevao organizam energijom koja je neophodna za obavljanje različitih funkcija u telu. Stabilnost telesne mase i telesnog sastava, zahteva da unos energije u telo bude uravnotežen sa energetsom potrošnjom. Ukoliko čovek u telo unosi više energije nego što potroši, višek energije se deponuje kao mast i dolazi do povećanja telesne mase. Ukoliko je unos energije manji od utroška, čovek gladuje, a telesna masa se smanjuje (Guyton & Hall 2008). Energija koja potiče iz hrane, u organizmu se koristi za: obavljanje neophodnih metaboličkih funkcija organizma (intenzitet bazalnog metabolizma), obavljanje različitih fizičkih aktivnosti, varenje, apsorpciju, preradu hrane i održavanje telesne temperature (Guyton & Hall 2008).

Prema (Guyton & Hall 2008), energija oslobođena iz jednog grama ugljenih hidrata u toku oksidacije do ugljen-dioksida i vode, prosečno iznosi 16,75 kJ, energija oslobođena iz masti prosečno iznosi 37,68 kJ, a energija iz proteina 16,75 kJ. Približno sva količina energije unesena hranom u organizam, koju telo troši za obavljanje životnih funkcija organizma, se pretvara u toplotnu energiju, koju organizam iz tela prenosi na okolinu. Pored oslobađanja toplotne energije, organizam oslobađa ugljen-dioksid i metabolički proizvedenu vodu (Guyton & Hall 2008).

Kada čovek nema fizičke aktivnosti, neophodna mu je znatna količina energije za obavljanje hemijskih reakcija u organizmu. Minimalna potrošnja energije koja je neophodna za održavanje životnih funkcija u organizmu, naziva se bazalni metabolizam. Intenzitet bazalnog metabolizma je izražen količinom toplotne energije oslobođene tokom hemijskih reakcija u organizmu čoveka (Guyton & Hall 2008).

Veći deo bazalnog metabolizma se pripisuje esencijalnim aktivnostima centralnog nervnog sistema, kao što je rad srca, bubrega i drugih organa. Tokom dana za održavanje minimalnih životnih funkcija i spavanja, vrednost bazalnog metabolizma kod prosečnog čoveka iznosi od 272,142 kJ/h do 293,076 kJ/h, odnosno od 75,59 W do 81,41 W. Razlike bazalnog metabolizma između osoba uglavnom su povezane sa različitom masom

skeletnih mišića i površinom tela. Skeletni mišići i u uslovima mirovanja koriste od 20% do 30% energije bazalnog metabolizma, zbog toga bazalni metabolizam se koriguje za razliku u površini tela i izražava se W/m^2 . Ukoliko je neophodno proračunati vrednost bazalnog metabolizma za prosečnu osobu koja ima površinu tela $1,7 m^2$, u stanju mirovanja bazalni metabolizam po jednom času iznosi od 160,08 kJ/h do 172,39 kJ/h, odnosno od 44,47 W/m^2 do 47,88 W/m^2 (Guyton & Hall 2008).

Minimalne životne aktivnosti će povećati vrednost generisanja toplotne energije, odnosno intenzitet metabolizma. Tokom ležanja čoveka u krevetu, unos hrane i njeno varenje u organizmu će povećati utrošak energije tokom celog dana. Ukoliko čovek sedi na stolici, bez fizičkih aktivnosti, njegova potrošnja energije u toku dana (24h) iznosi od 8373,6 kJ do 9420,3 kJ, odnosno 96,91 W do 109,08 W (Guyton & Hall 2008).

Kako bi čovek izvršio mehanički rad (W), neophodna mu je određena količina energije. Najveći deo energije se pretvori u toplotnu energiju, a za mehanički rad se koristi od 0% do 20% intenziteta metabolizma (M). Za većinu aktivnosti čoveka se može smatrati da je energija utrošena za mehanički rad jednaka nuli (Havenith et al. 2002).

Najveći deo toplotne energije u organizmu čoveka, nastaje u unutrašnjim organima kao što su jetra, mozak, srce i mišići. U uslovima bazalnog metabolizma, oko 20% od ukupno generisane toplotne energije u čovekovom organizmu, se generiše u jetri. U mozgu se generiše 15%, a u srcu oko 12% ukupno generisane toplotne energije u organizmu čoveka pri bazalnim uslovima (Guyton & Hall 2008).

Generisanje toplotne energije u organizmu, je glavni proizvod metabolizma. Faktori koji utiču na intenzitet generisanja toplotne energije u organizmu, tj. intenzitet metabolizma su mnogobrojni, a najvažniji su (Guyton & Hall 2008):

- intenzitet bazalnog metabolizma svih telesnih ćelija,
- mišićni rad, uključujući i mišićne kontrakcije uzrokovane drhtanjem,
- pol i starosna dob čoveka,
- hormon tireoidne žlezde – tiroksin, hormon rasta i testosteron,
- adrenalin, noradrenalin i stimulacija simpatikusa,
- hemijsko delovanje hrane (varenje, apsorpcija i deponovanje),
- geografsko poreklo – podneblje,
- spavanje,
- pothranjenost, itd.

Mišićnim radom se generiše najveća količina toplotne energije. Maksimalna aktivnost mišića može prouzrokovati pedeset puta veće generisanje toplotne energije za samo nekoliko sekundi (Guyton M.D. 1969). Prilikom maksimalne fizičke opterećenosti čoveka, vrednost generisanja toplotne energije može dostići vrednosti i do $1400 W/m^2$ kože čovekovog organizma (Epstein & Moran 2006).

Drhtanje tela, odnosno povećanje mišićne aktivnosti je reakcija čovekovog organizma na hladnoću, a uzrokuje generisanje toplotne energije. Pored drhtanja, tj. termogeneza bez drhtanja može generisati toplotnu energiju, što je uzrokovano hladnoćom. Ovu vrstu generisanja toplotne energije stimuliše aktiviranje simpatičkog nervnog sistema koji oslobađa noradrenalin i adrenalin, koji utiču na povećanje intenziteta metabolizma (Guyton M.D. 1969; Guyton & Hall 2008).

Pol i starosna dob čoveka je veoma bitna u određivanju intenziteta metabolizma. Snižavanje intenziteta metabolizma je povezano sa gubitkom mišićne mase i zamene mišićnog sa masnim tkivom, jer masno tkivo ima niži intenzitet metabolizma. Dosadašnja merenja intenziteta metabolizma su pokazala da žene u odnosu na muškarce imaju niže vrednosti intenziteta metabolizma, a to je povezano sa nižim procentom mišićnog tkiva i višim procentom masnog tkiva kod žena, u odnosu na muškarce. Intenzitet bazalnog metabolizma može da ima veće vrednosti kod muškaraca za 8% po metru kvadratnom kože u odnosu na žene (Guyton M.D. 1969; Guyton & Hall 2008).

Hormon tireoidne žlezde utiče na intenzitet metabolizma. Ukoliko tireoidna žlezda luči maksimalne količine tiroksina, intenzitet metabolizma može da poraste i do 100%. Potpuni prestanak lučenja tiroksina od strane tireoidne žlezde smanjuje intenzitet metabolizma i do 60%. Tiroksin povećava intenzitet hemijskih reakcija u mnogim ćelijama organizma, prema tome povećava i intenzitet metabolizma. Povećanje intenziteta metabolizma uzrokuje i povećano generisanje toplotne energije u organizmu (Guyton & Hall 2008).

Intenzitet metabolizma kod čoveka se može izmeriti sa visokom tačnošću merenjem utroška kiseonika (Parsons 2003; Guyton & Hall 2008). Prilikom istraživanja u realnim uslovima, merenje utroška kiseonika je složen proces, pa se procena intenziteta metabolizma može izvršiti i na osnovu međunarodnog standarda (ISO 8996 2004). Prilikom procene neophodno je usvojiti srednju vrednost intenziteta metabolizma u poslednjih jedan čas, jer organizam može biti pod uticajem prethodne metaboličke aktivnosti (ISO 8996 2004; Fanger 1970; Parsons 2003). Prilikom proračuna i procene intenziteta metabolizma može se koristiti jedinica (met) koja predstavlja odnos trenutnog intenziteta metabolizma i intenziteta metabolizma u sedećem položaju čoveka, a vrednost iznosi: $1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2$ telesne površine čoveka. Za čoveka koji ima telesnu površinu $1,73 \text{ m}^2$, u stanju toplotnog komfora odavanje toplotne energije će biti oko 100 W, odnosno 1 met (ISO 7730 2005). Ukoliko bilo koji od faktora utiče na povećanje intenziteta metabolizma u čovekovom organizmu, to znači veće generisanje toplotne energije i porast unutrašnje telesne temperature. U tom slučaju dolazi do pokretanje mehanizama za prenos toplotne energije iz organizma na okolinu (Guyton & Hall 2008). Za uslove toplotnog komfora, intenzitet metabolizma (M) treba da se nalazi u intervalu od 46 W/m^2 do 232 W/m^2 , odnosno 0,8 met do 4,0 met (ISO 7730 2005).

U tabeli 4.1 prikazane su vrednosti intenziteta metabolizma koje se koriste prilikom istraživanja, za različite fizičke aktivnosti čoveka. Kada se procena intenziteta

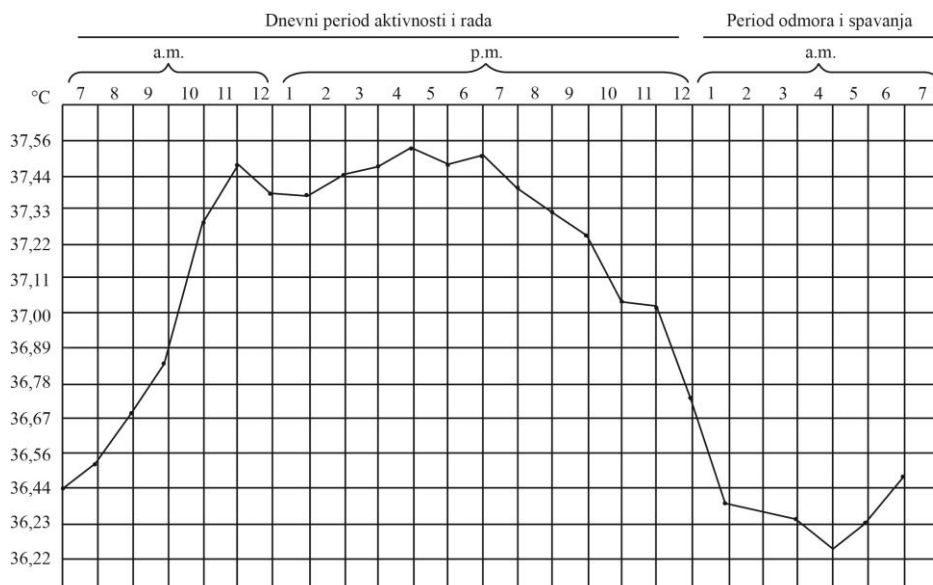
metabolizma vrši prema međunarodnom standardu (ISO 8996 2004), tom prilikom je neophodno uzeti u obzir starosnu dob čoveka, jer osobe u zrelijoj starosnoj dobi imaju nižu vrednost intenziteta metabolizma (ISO 7730 2005; Guyton & Hall 2008).

Tabela 4.1. Intenzitet metabolizma za različite fizičke aktivnosti (ISO 7730 2005)

Fizička aktivnost čoveka	Intenzitet metabolizma	
	W/m ²	met
Poluležeći stav	46	0,8
Sedenje, odmaranje	58	1,0
Sedeća aktivnost (kancelarija, mesto stanovanja)	70	1,2
Stajanje, laka aktivnost (laboratorija, laka industrija)	93	1,6
Stajanje, srednja aktivnost (prodavac)	116	2,0
Hodanje po ravnoj podlozi:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

4.2 Telesna temperatura čovekovog organizma

Telesna temperatura čoveka može se posmatrati razdvojeno, kao unutrašnja temperatura (temperatura dubokih tkiva organizma) i temperatura kože (temperatura površine tela). Kod zdravog čoveka uopšteno se smatra da unutrašnja temperatura (temperatura dubokih tkiva organizma) se održava približno konstantnom tokom dana. Dosadašnja merenja su pokazala da se unutrašnja temperatura tela, merena oralno, nalazi u rasponu od ispod 36 °C do iznad 37,5°C, kod zdravih ljudi. Može se smatrati da kod većine ljudi prihvatljiva unutrašnja temperatura se nalazi u rasponu između 36,7°C i 37°C, mereno oralno. Unutrašnja temperatura merena rektalno ima veću vrednost za oko 0,6°C, u odnosu na unutrašnju temperaturu, merenu oralno. Unutrašnja temperatura je pod uticajem skeletnih mišića, odnosno fizičkog rada i temperature okoline. Usled obavljanja teškog fizičkog rada, dolazi do povećanja intenziteta metabolizma, tj. u telu se stvara više toplotne energije, a temperatura unutrašnjosti može da poraste i do 40°C. Pod uticajem temperature okoline, odnosno niskih temperatura okoline, temperatura unutrašnjosti tela se može sniziti i do 36,1°C (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014). Temperatura unutrašnjosti tela ima cirkadijalni ritam dnevno-noćnog ciklusa i mesečni ritam kod žena u toku ovulacije. Ukoliko čovek spava noću, unutrašnja temperatura ima najniže vrednosti tokom spavanja, odnosno u ranim jutarnjim časovima, dok najviše vrednosti dostiže u večernjim časovima, kao što je prikazano na slici 4.1 (Various 2004; Weinert & Waterhouse 2007; Refinetti & Menaker 1992).



Slika 4.1. Dnevne varijacije unutrašnje temperature tela, preuzeto iz: (Various 2004).

Za razliku od unutrašnje temperature tela koja je približno konstantna, temperatura kože je pod većim uticajem temperature okoline. Temperatura kože raste i opada zajedno sa temperaturom okoline, čak i pri minimalnim fizičkim aktivnostima (Guyton & Hall 2008; Parsons 2003; Parsons 2014). Ukoliko je čovek izložen niskim temperaturama okoline, temperatura kože može biti različita na nekim delovima tela, kao što su noge, stopala, ruke i šake. Ovi delovi tela mogu imati nižu temperaturu kože od temperature glave (čela) i trupa, a pod uticajem su temperature okoline i nivoa metaboličke aktivnosti čoveka (Guyton & Hall 2008; Fanger 1970; Parsons 2003). Temperatura nogu, stopala, ruku i šaka može da ima varijacije u intervalu od 20°C do 34°C, kao što je prikazano na slici 4.2. U toplom okruženju temperatura kože se nalazi u intervalu od 33°C do 34°C, a važna je u pogledu razmene toplotne energije sa okolinom (Olesen 1982). Srednja temperatura kože za uslove toplotnog komfora je u funkciji metaboličke aktivnosti, a može se prikazati sledećom jednačinom (Fanger 1970; Parsons 2003):

$$t_{sk} = 35,7 - 0,0275 \cdot M, \quad (4.1)$$

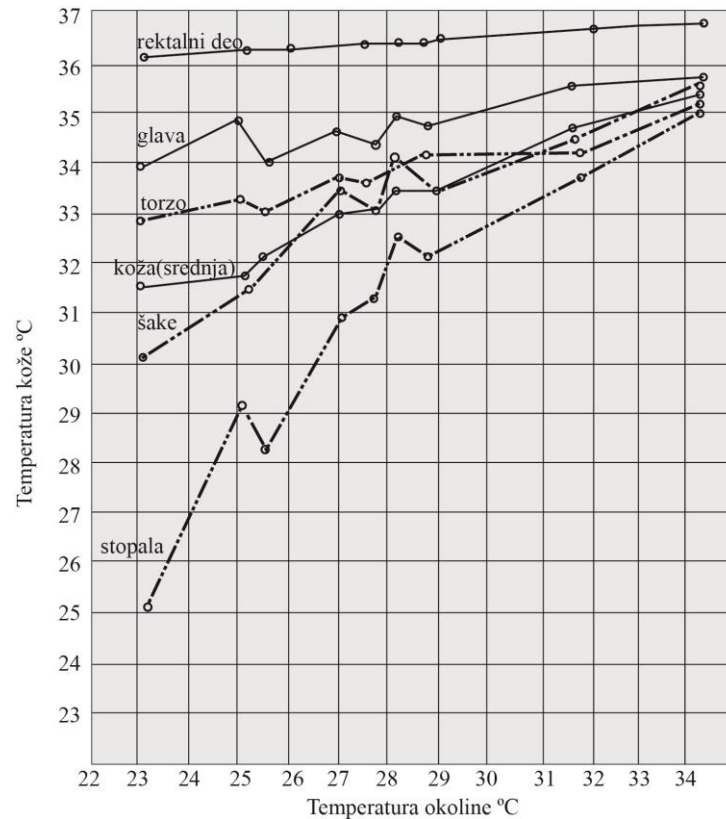
gde su:

M – intenzitet metabolizma, W/m^2 ,

t_{sk} – srednja temperatura kože, °C,

37,5 – empirijska konstanta, °C,

0,0275 – empirijska konstanta, °C/(W/m^2).



Slika 4.2. Temperatura kože različitih delova tela nage osobe (Olesen 1982).

4.3 Regulacija telesne temperature

Telesnu temperaturu kontrolišu nervni mehanizmi povratne sprege, a funkcionišu preko centra za regulaciju telesne temperature koji se nalazi u hipotalamusu. Kako bi se kontrolisala telesna temperatura, u telu se nalaze detektori temperature, koji imaju ulogu da odrede da li je temperatura visoka ili niska (Guyton & Hall 2008). Prednje hipotalamusno-preoptičko područje sadrži veliki broj neurona koji su osetljivi na toplotu i tri puta manje neurona koji su osetljivi na hladnoću. Ovi neuroni služe za kontrolu telesne temperature. Preoptičko područje hipotalamusa funkcioniše kao termostat za kontrolu telesne temperature, koji je podešen da reguliše unutrašnju telesnu temperaturu oko 37°C i temperaturu kože oko 33°C. U čovekovoј koži i u dubokim tkivima se nalaze receptori za hladno i za toplo. Broj receptora za hladno u koži ima mnogo više od receptora za toplo, u nekim delovima tela čak i do deset puta više. Osećaj toplote, uglavnom se odnosi na hladno i ledeno umesto na toplo (Guyton & Hall 2008).

Kada centri za toplotu u hipotalamusu detektuju da je visoka ili niska telesna temperatura, oni pokreću odgovarajuće mehanizme koji imaju ulogu da regulišu telesnu temperaturu. Svi mehanizmi za kontrolu telesne temperature, teže da održe telesnu temperaturu približno 37°C. Na kritičnoj unutrašnjoj temperaturi tela od oko 37,1°C, dešavaju se drastične promene u generisanju i prenosu toplotne energije na okolinu. Ukoliko je temperatura tela veća od 37,1°C, prenos toplotne energije na okolinu treba da je veći od generisanja u telu i obrnuto. Ukoliko je telesna temperatura nešto niža, generisanje

toplotne energije u telu je veće od prenosa toplotne energije na okolinu. Ova kritična tačka se naziva „baždarna tačka“ (Guyton & Hall 2008).

Mehanizmi koji imaju ulogu da snižavaju telesnu temperaturu ukoliko dođe do porasta temperature u telu su (Guyton & Hall 2008):

- vazodilatacija krvnih sudova kože,
- znojenje,
- smanjeno generisanje toplotne energije u telu čoveka.

Ukoliko u telu dođe do porasta temperature, prva reakcija centra za regulaciju temperature uzrokuje vazodilataciju krvnih sudova kože, skoro u svim delovima tela dolazi do intenzivne dilatacije krvnih sudova kože i ubrzanje pulsa. Iz unutrašnjosti tela, toplotna energija se prenosi na kožu, dolazi do povećanja temperature kože, a toplotna energija se prenosi na okolinu sa površine kože. Potpuna vazodilatacija, odnosno maksimalan protok krvi može povećati prenos toplotne energije na kožu iz unutrašnjosti organizma i do osam puta (Guyton & Hall 2008).

U slučaju da prenos toplotne energije na okolinu iz unutrašnjosti tela vazodilatacijom krvnih sudova nije dovoljno, dolazi do početka znojenja, u cilju snižavanja telesne temperature. Ukoliko unutrašnja temperatura pređe 37°C, za 1°C, znojenjem se može odstraniti i do deset puta veća količina toplotne energije od njenog bazalnog generisanja (Olesen 1982; Guyton & Hall 2008). Tokom porasta unutrašnje temperature tela, centar za regulaciju temperature pokreće mehanizam za smanjenje generisanja toplotne energije u telu kao što su drhtanje i hemijska termogeneza, odnosno smanjenje lučenja noradrenalina, adrenalina i tiroksina koji imaju ulogu da povećaju intenzitet metabolizma (Guyton M.D. 1969).

Nasuprot mehanizmima koji imaju ulogu da snize telesnu temperaturu, postoje mehanizmi koji imaju ulogu da povise telesnu temperaturu, ukoliko se telo hladi, a to su (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014):

- vazokonstrikcija u koži celog tela,
- piloerekcija,
- porast generisanja toplotne energije,
- regulacija telesne temperature ponašanjem.

Ako se više toplotne energije iz organizma prenosi na okolinu nego što se generiše u organizmu, u tom slučaju dolazi do pada temperature kože, a prva reakcija centra za regulaciju temperature je vazokonstrikcija u koži, odnosno sužavanja krvnih sudova ispod površine kože i usporavanje pulsa. Dolazi do smanjenja protoka krvi, koja se sa površine kože odvodi ka unutrašnjosti tela gde se zagreva i ponovo dolazi u kožu. Temperatura kože se snizi, a prenos toplotne energije iz organizma na okolinu će biti manji (Parsons 2014).

Ukoliko ovaj mehanizam nije dovoljan da povisi unutrašnju temperaturu, centar za regulaciju temperature pokreće drugi mehanizam koji se naziva piloerekcija, odnosno “uspravljanje dlaka” na koži i ježenje kože. Kada se koža ohladi, ovaj mehanizam se

aktivira u cilju zadržavanja jednog sloja vazduha na površini kože, kako bi se smanjio prenos toplotne energije na okolinu (Guyton & Hall 2008). Piloerekcija i ježenje kože, kao mehanizam za podizanje temperature tela se smatra beznačajnim za toplotnu regulaciju čovekovog organizma ali može biti značajan u prostoru sa malim brzinama kretanja vazduha (Parsons 2003).

Ukoliko prethodni mehanizmi nisu u mogućnosti da povise temperaturu, tj. iz organizma se više toplotne energije prenosi na okolinu nego što se generiše u organizmu, centar za regulaciju temperature, daje signal organizmu da otpočne sa generisanjem toplotne energije. U tom slučaju, dolazi do zatezanja skeletnih mišića i početka drhtanja, simpatičkim podražavanjem generisanja toplotne energije i lučenjem tiroksina (Guyton & Hall 2008; Van Ooijen et al. 2005). Kod osoba koje miruju, za vreme maksimalnog drhtanja, može doći do povećanja intenziteta metabolizma, tj. generisanja toplotne energije od 70 W/m^2 do 200 W/m^2 (Parsons 2003).

Čovek i pored fizioloških mehanizama ima mogućnost da reguliše telesnu temperaturu svojim ponašanjem. U različitom toplotnom okruženju, čovek teži da se oseća ugodno u toplotnom smislu. Ukoliko dođe do porasta telesne temperature, signali iz moždanog područja za kontrolu temperature stvaraju osećaj pregrijanosti tela i obrnuto, ukoliko se telo i koža previše hlade, signali, odnosno receptori u koži stvaraju osećaj neugodnosti i hladnoće. Kada čovek oseti da mu se telo greje ili hladi, on prilagođava svoje ponašanje prema spoljašnjem okruženju u cilju stvaranja toplotne ugodnosti (Fuller & Bulkeley 2013; Guyton & Hall 2008). Svojim ponašanjem čovek će regulisati telesnu temperaturu na sledeće načine. Ukoliko se iz organizma više toplotne energije prenosi na okolinu, nego što se generiše u organizmu, čovek će osećati hladnoću. U tom slučaju čovek će promeniti odeću za onu sa boljom toplotnom izolacijom, brzinu strujanja vazduha će smanjiti ako je izazvana prinudnom konvekcijom, a grejanjem će pokušati da podigne temperaturu vazduha u cilju smanjenja prenosa toplotne energije iz organizma na okolinu. Ako je veće generisanje toplotne energije u organizmu od prenosa na okolinu, čovek će osećati pregrijanost tela. Svojim ponašanjem će pokušati regulisati temperaturu tela tako što će zameniti odeću sa manjom toplotnom izolacijom, povećati prinudno i prirodno kretanje vazduha otvaranjem prozora i pokretanjem ventilatora, isključiti grejanje, udaljiti se od predmeta koji emituju toplotno zračenje itd. (Guyton & Hall 2008; Schweiker et al. 2013).

Ukoliko je jedan deo čovekove kože izložen uticaju visokih ili niskih temperatura, na tom delu tela kože doći će do vazodilatacije ili vazokonstrikcije su (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014). Ako je deo noge, kao što je stopalo, izloženo uticaju visoke temperature, pojavice se lokalna vazodilatacija, odnosno širenje krvnih sudova na stopalu i lokalno znojenje. U obrnutom slučaju, ukoliko je jedan deo tela, kao što je stopalo, izloženo uticaju niske temperature, doći će do pojave vazokonstrikcije kože i prestanak znojenja. Izlaganje dela tela niskoj ili visokoj temperaturi ima direktan uticaj na krvne sudove, a takođe i lokalne spinalne reflekse iz receptora kože u kičmenu moždinu. Ove reakcije mogu uticati

na sprečavanje razmene toplotne energije između lokalno zagrejanih i ohlađenih delova tela (Guyton & Hall 2008; Cheong et al. 2007)

Gornja granica do koje osoba može podneti visoke temperature vazduha zavisi od termodinamičkog stanja vlažnog vazduha kojem je osoba izložena, odnosno sadržaja vlage u vlažnom vazduhu. Ukoliko je sadržaj vlage u vlažnom vazduhu nizak, a postoji dovoljno stujanja vazduha da omogući prenos toplotne energije sa površine kože na vazduh konvekcijom i isparavanjem, čovek može podneti temperaturu vazduha do 54,5°C, ali samo nekoliko sati može biti izložen na ovoj temperaturi vazduha. Ukoliko je čovek izložen visokim temperaturama vazduha, a taj vazduh ima visok sadržaj vlage (relativna vlažnost 100%), telesna temperatura će početi da raste uvek kada temperatura vazduha bude iznad 35°C. Ukoliko osoba ima visok nivo intenziteta metabolizma, čovek može da doživi toplotni udar čak i pri temperaturama vazduha od 29,4°C do 32,2°C (Guyton & Hall 2008).

Unutrašnja telesna temperatura, ako pređe kritičnu tačku u rasponu od 41,1°C do 42,2°C, čovek će doživeti toplotni udar. U tom slučaju pojavljuju se simptomi kao što su vrtoglavica, trbušni poremećaj, povraćanje i na kraju gubitak svesti. Sposobnost hipotalamusa da kontrološe telesnu temperaturu se narušava ukoliko unutrašnja temperatura padne ispod 35°C. Ukoliko se telesna temperatura snizi ispod 29°C, hipotalamus u potpunosti gubi sposobnost da reguliše telesnu temperaturu. Unutrašnja temperatura nastavlja da pada na oko 25°C, a u većini slučajeva čovek će umreti zbog zastoja srca. (Guyton & Hall 2008).

4.4 Prenos toplotne energije između čoveka i okoline

Da bi se održala telesna temperatura približno konstantnom, neophodno je da toplotna energija koja se generiše metaboličkim procesom u čovekovom telu bude u ravnoteži sa toplotnom energijom koju telo prenosi na okolinu. Između čovekovog organizma i okoline postoji neprekidna razmena toplotne energije provođenjem, konvekcijom, zračenjem i isparavanjem vode iz respiratornog trakta i sa površine kože, kao što je prikazano na slici 4.3 (Fanger 1970; Parsons 2003).

Razmena toplotne energije između čoveka i okoline se iskazuje u odnosu na jedinicu površine čovekovog tela. Za oba pola, površina čovekovog tela se može izračunati iz jednačine (Du Bois & Du Bois 1916):

$$A_{Du} = 0,202 m_b^{0,425} h_b^{0,725}, \quad (4.2)$$

gde su:

A_{Du} – površina čovekovog tela, m²,

m_b – telesna masa čoveka, kg,

h_b – visina tela, m.

Metabolizam (M) daje energiju telu da izvrši mehanički rad (W), a ostatak energije se oslobađa u vidu toplotne energije i prenosi na okolinu. Kako bi telo bilo u stalnom toplotnom balansu, skladištenje toplotne energije mora biti jednako nuli ($S=0$). Ukoliko bi generisanje i ulaz toplotne energije bili veći od izlaza toplotne energije iz organizma, došlo bi do skladištenja toplotne energije u organizmu ($S>0$), tj. došlo bi do porasta telesne temperature i obrnuto, ako bi izlaz toplotne energije iz tela bio veći od generisanja i ulaza toplotne energije u telo, skladištenje toplotne energije bi bilo negativno ($S<0$), tj. došlo bi do pada telesne temperature. Između čoveka i okoline toplotni bilans po jedinici površine čovekovog tela se može prikazati sledećom jednačinom (Parsons 2003; ISO 7933 2004):

$$M - W = C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + K + C + R + E + S, \text{ W/m}^2, \quad (4.3)$$

gde su:

W – mehanička snaga čoveka, W/m^2 ,

C_{res} – razmena toplotne energije konvekcijom u respiratornom traktu, W/m^2 ,

E_{res} – razmena toplotne energije isparavanjem u respiratornom traktu, W/m^2 ,

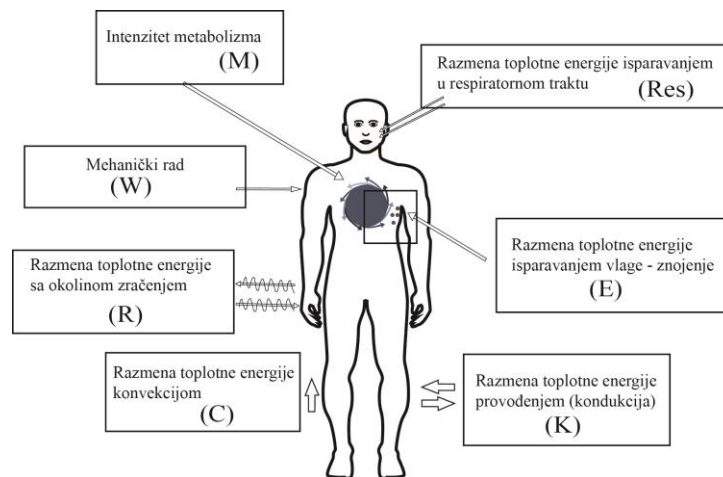
K – provođenje toplotne energije sa površine kože (kondukcija), W/m^2 ,

C – razmena toplotne energije konvekcijom sa površine kože, W/m^2 ,

R – razmena toplotne energije zračenjem, W/m^2 ,

E – isparavanje (evaporacija) vlage sa površine kože, W/m^2 ,

S – akumulacija toplotne energije u telu, W/m^2 .



Slika 4.3. Razmena toplotne energije između čoveka i okoline (Guyton & Hall 2008).

Udeo pojedinih načina odavanja toplotne energije je različit i promenljiv u zavisnosti od toplotnog stanja okoline i fizičke aktivnosti čoveka. Većina toplotne energije iz organizma se prenosi na okolinu provođenjem (kondukcija), konvekcijom, zračenjem i isparavanjem vode, tj. znoja sa površine kože. Minimalne količine toplotne energije iz organizma se prenose na okolinu isparavanjem i konvekcijom u respiratornom traktu. Porastom temperatura vazduha i temperature okolnih površina, udeo prenosa toplotne energije

provođenjem (kondukcijom), konvekcijom i zračenjem biće sve manji, dok odavanje toplotne energije isparavanjem vode sa površine kože ima veći udeo pri visokim temperaturama okoline, tj. temperaturama vazduha i toplotnog zračenja okolnih površina. Razmena toplotne energije između čoveka i okoline konvekcijom i zračenjem je takođe promenljiv. Razmena toplotne energije konvekcijom zavisi od temperature vazduha i brzine strujanja vazduha, a zračenjem zavisi od temperature zračenja okolnih površina. Vrednosti odavanja toplotne energije u fiziološkom smislu zavise od pola, rase, starosti, zdravstvenog stanja, fizičke aktivnosti, vrste odeće. U fizičkom smislu odavanje toplotne energije zavisi od mikroklimatskih uslova radne sredine u kojoj čovek boravi (Fanger 1970; Recknagel & Sprenger 1984; Parsons 2003).

4.4.1 Prenos toplotne energije provođenjem (kondukcija) između čoveka i okoline

Prenos toplotne energije sa jednog tela na drugo se uvek odvija u smeru od toplijeg ka hladnijem telu. Prenos toplotne energije provođenjem (kondukcija) je količina toplotne energije koja prolazi kroz površinu u jedinici vremena, a proporcionalna je gradijentu temperature na tom mestu (Ganić 2005). Materijale, odnosno površine kroz koje se toplotna energija prenosi provođenjem (kondukcijom), možemo podeliti na toplotne provodnike i toplotne izolatore. Količina toplotne energije koja se prenosi provođenjem kroz materijal zavisi od: vremena provođenja, temperaturne razlike, površine poprečnog preseka, dužine (debljine) materijala kroz koji se toplotna energija provodi i koeficijenta provođenja toplotne energije za određeni materijal (Recknagel & Sprenger 1984; Ganić 2005).

Koeficijent provođenja toplotne energije ne zavisi samo od materijala kroz koji se toplotna energija provodi, nego i od njegovog agregatnog stanja, strukture, tehnologije obrade, temperature itd. Koeficijent provođenja toplotne energije ($\lambda=W/mK$), pokazuje numeričku vrednost koliko se brzo toplotna energija difunduje (teče) kroz određenu materiju. Brže kretanje molekula daje brži transport energije, prema tome koeficijent provođenja toplotne energije kod gasova kao i tečnih i čvrstih tela zavisi od temperature materije kroz koju se toplotna energija provodi (Ganić 2005).

Razmena toplotne energije između iz čoveka i okoline se može odvijati provođenjem (kondukcijom) na okolne predmete sa kojim je čovekovo telo u kontaktu, kao što su: stolica na kojoj sedi za vreme obavljanja radnih aktivnosti, predmeti koje dodiruje sa svojim rukama i stopalima, kao i provođenjem toplotne energije kroz odeću. Provođenje toplotne energije na predmete sa kojim je čovekovo telo direktno u kontaktu, kao što je kontakt između stopala i poda ili kontakt između šake i predmeta sa kojim obavlja radne aktivnosti je beznačajan u odnosu na ukupni bilans razmene toplotne energije između čoveka i okoline, a može da iznosi do 3% ukupno odate toplotne energije (Fanger 1970; Olesen 1982; Guyton & Hall 2008). Koeficijent prenosa toplotne energije sa površinama koje su u kontaktu sa čovekovim telom iznosi oko $h_k=145 W/m^2K$ (Karimi et al. 2004).

Prenos toplotne energije provođenjem (kondukcija) na vazduh, predstavlja značajan udeo u ukupnom bilansu razmene toplotne energije između čoveka i okoline, a može da iznosi i do 15% ukupno odate toplotne energije. Toplotna energija sa površine kože može se preneti na vazduh molekularnim provođenjem, ukoliko je temperatura vazduha niža u odnosu na temperaturu površine kože, povećavajući brzinu kretanja molekula vazduha. Ukoliko se temperatura vazduha izjednači ili bude veća od temperature površine kože, nema daljeg prenosa toplotne energije na vazduh sa površine kože, u tom slučaju toplotna energija sa vazduha prelazi na površinu kože (Guyton & Hall 2008; Ganić 2005).

Odeća koju čovek nosi za vreme obavljanja radnih aktivnosti se posmatra kao toplotni izolator, jer ima funkciju da smanji prenos toplotne energije sa površine čovekovog tela na okolinu. Prenos toplotne energije provođenjem (kondukcijom) kroz odeću je veoma složen zbog provođenja toplotne energije kroz čvrsti materijal, vazdušne slojeve i zračenja između slojeva (Fanger 1970). Pri proračunu karakteristika odeće uzima se u obzir otpor prenosu toplotne energije, odnosno toplotna izolacija odeće. Vrednost toplotne izolacije se može dobiti prema (ISO 9920 2007), a u opštem slučaju važi da je (ISO 9920 2007):

$$I_{cl} = \frac{\bar{t}_{sk} - \bar{t}_{cl}}{H}, \quad (4.4)$$

gde su:

I_{cl} – toplotna izolacija odeće, $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$,

\bar{t}_{sk} – srednja temperatura površine kože, $^\circ\text{C}$,

\bar{t}_{cl} – srednja spoljnja temperatura površine odeće, $^\circ\text{C}$,

H – razmena toplotne energije provođenjem, konvekcijom i zračenjem po metru kvadratnom kože, W/m^2 .

U literaturi (Fanger 1970; Parsons 2003) i međunarodnim standardom (ISO 9920 2007), je definisano da se za toplotnu izolaciju odeće (I_{cl}) može koristiti jedinica (clo), vrednost jedinice u SI (International System of Units) sistemu je sledeći: $I_{cl}=1\text{clo}=0,155\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W}$. Prema vrednostima koje su navedene u međunarodnom standardu (ISO 9920 2007), naga osoba ima vrednost $I_{cl}=0,00\text{ clo}$, a prosečno odelo ima vrednost $I_{cl}=1\text{ clo}$. Prenos toplotne energije provođenjem (kondukcija) kroz odeću zavisi od temperature kože, temperature odeće i veličine koeficijenta toplotne izolacije odeće.

Odeća koju čovek nosi za vreme obavljanja radnih aktivnosti, ima veću površinu od čovekovog tela. Pri proračunu razmene toplotne energije između čoveka i okoline neophodno je uzeti u obzir faktor površine odeće. Faktor površine odeće je odnos površine odevenog i neodevenog tela, pa sledi da je (ISO 9920 2007):

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}}, \quad (4.5)$$

gde su:

f_{cl} – faktor površine odeće, –,

A_{cl} – površina tela odevenog čoveka, m^2 .

Koeficijent toplotne izolacije odeće (I_{cl}) se može dobiti proračunom za konkretan slučaj korišćenjem jednačine (4.4) ili direktno korišćenjem tablica navedenih u standardu (ISO 9920 2007). Prilikom određivanja koeficijenta, neophodno je napraviti zbir vrednosti toplotne izolacije odeće (I_{cl}) za svaki komad odeće na osobi koja je predmet posmatranja. Ukoliko je predmet posmatranja osoba koja sedi na stolici, stolica može da poveća toplotnu izolaciju čoveka, a vrednost toplotne izolacije zavisi od vrste stolice. U tom slučaju neophodno je prilikom sumiranja vrednosti koeficijenta toplotne izolacije odeće (I_{cl}) dodati i vrednost toplotne izolacije stolice, a može da se kreće u intervalu od $I_{cl}=0,0 \text{ clo}$ do $I_{cl}=0,4 \text{ clo}$ (ISO 9920 2007; ISO 7730 2005).

4.4.2 Prenos toplotne energije konvekcijom na vazduh između čoveka i okoline

Razmena toplotne energije između čoveka i okoline se može odvijati konvekcijom. Konvekcija je prenos toplotne energije pri strujanju fluida preko površine čovekovog tela, čija je temperatura različita (viša ili niža) od temperature fluida (vazduha). Ukoliko je temperatura čovekovog tela viša od temperature fluida (vazduha), onda imamo "odvođenje", prelaz toplotne energije sa površine čovekovog tela na vazduh, i obrnuto ukoliko je temperatura vazduha viša od temperature kože, tada imamo prelaz toplotne energije sa vazduha na kožu. Predpostavlja se, da usled delovanja viskoziteta, brzina fluida (vazduha) na površini kože je jednaka nuli, zbog toga se toplotna energija kroz ovaj tanki sloj fluida (vazduha) prenosi provođenjem (kondukcijom) na vazduh (Fanger 1970; Parsons 2003; Ganić 2005).

Između čovekovog tela i vazduha, razmena toplotne energije konvekcijom zavisi od razlike temperature površine tela i temperature vazduha, brzine strujanja vazduha u blizini tela i položaja posmatranog dela tela, a lokalna temperatura kože zavisi od toplotnog fluksa (Fanger 1970; Parsons 2003).

Kretanje vazduha preko površine čovekovog tela može biti prinudno i prirodno. Prinudna konvekcija se ostvaruje pomoću ventilatora, tj. sistema za ventilaciju i provetravanje kako bi se pokretao vazduh u zoni čovekovog tela (Ganić 2005). Prirodna konvekcija preko površine čovekovog tela, odnosno kretanje vazduha nastaje ukoliko postoje značajne razlike temperature u vazduhu i čovekovom telu. Vazduh koji se nalazi na površini tela, zagreje se provođenjem toplotne energije (kondukcijom), a usled porasta temperature i pada gustine vazduh se podiže u vis, a na njegovo mesto dolazi vazduh koji je hladniji i gušći (Fanger 1970; Ganić 2005). Razmena toplotne energije konvekcijom, između površine čovekovog tela prekrivenog odećom i vazduha, po jedinici površine tela, može se prikazati sledećom jednačinom (Olesen 1982; Parsons 2003):

$$C=f_{cl} \cdot h_c(t_{cl} - t_a), \quad (4.6)$$

gde su:

C – razmena toplotne energije konvekcijom, W/m^2 ,

h_c – koeficijent prelaza toplotne energije između čoveka i vazduha, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$,

t_{cl} – temperatura površine odeće, $^\circ C$,

t_a – temperatura vazduha, $^\circ C$.

Koeficijent prelaza toplotne energije između čoveka i vazduha (h_c), zavisi od vrste odeće, temperature površine odeće i brzine kretanja vazduha (Fanger 1970; Parsons 2003). U objektima sa veštačkom ventilacijom, prinudna konvekcija, koeficijent prelaza toplotne energije između čoveka i vazduha (h_c), može se dobiti iz sledeće jednačine (Olesen 1982; ISO 7933 2004; ISO 7730 2005):

$$h_c=12,1 v_a^{0,5}, \quad (4.7)$$

gde je:

v_a – brzina strujanja vazduha, m/s .

U prirodno ventilisanim objektima, prirodna konvekcija, koeficijent prelaza toplotne energije između čoveka i vazduha (h_c) zavisi od razlike temperature odeće i temperature vazduha (Olesen 1982; ISO 7933 2004; ISO 7730 2005):

$$h_c=2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25}. \quad (4.8)$$

4.4.3 Prenos toplotne energije zračenjem između čoveka i okoline

Prostiranje toplotne energije se može odvijati kroz prostor koji nije ispunjen materijom, tj. perfektan vakum, a mehanizam prenosa toplotne energije u takvom prostoru je elektromagnetno zračenje. Spektar elektromagnetnog zračenja je veoma širok, sa stanovišta brzine prostiranja, talasnih dužina i frekvencija, a prikazan je na slici 3.3 (Ganić 2005). Kada se posmatra razmena toplotne energije između čoveka i okoline zračenjem, neophodno je fokusirati se na elektromagnetno zračenje koje se emituje od čovekovog tela, zbog toga što se ono nalazi na određenoj temperaturi, jer se na račun stanja unutrašnje energije tela emituje infracrveno zračenje, odnosno toplotno zračenje (Ganić 2005; Parsons 2014). Energija zračenja koju emituje telo određene temperature proporcionalna je apsolutnoj temperaturi tela na četvrti stepen, T^4 (Ganić 2005).

Razmena toplotne energije zračenjem između čovekovog tela i drugih predmeta, odvija se isto kao i razmena toplote između dva fizička objekta različite temperature (Fanger 1970). Čovekovo telo se ne može posmatrati kao potpuno crno telo, međutim takozvana siva tela, odnosno sva druga tela su manje efikasna u emitovanju energije u odnosu na potpuno crno

telo, ali se intenzitet toplotnog zračenja može smatrati proporcionalnim sa T^4 (Fanger 1970; Ganić 2005). Razmena toplotne energije zračenjem sa spoljašnje površine odevenog tela čoveka se može prikazati sledećim izrazom (Fanger 1970):

$$R = A_{\text{eff}} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \left[(t_{\text{cl}} + 273)^4 - (t_{\text{mr}} + 273)^4 \right], \quad (4.9)$$

gde su:

R – razmena toplotne energije zračenjem, W,

A_{eff} – efektivna površina odevenog čoveka koja učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem, m^2 ,

ε – emisivnost spoljne površine odevenog čoveka, –,

$\sigma = 5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ – Stefan – Boltzmannova konstanta,

t_{mr} – srednja temperatura zračenja, °C.

Razmena toplotne energije zračenjem između čovekovog tela i okoline je kompleksna, zbog toga što se čovekovo telo ne može posmatrati kao ravna ploča, tj. nije geometrijski pravilno telo. Čovekovo telo ima izbočine, udubljenja, delove tela koji ne zrače direktno nego su prekriveni drugim delovima tela, kao što je prostor između ruku i tela, prostor između nogu, pa dolazi do zračenja između delova tela (Fanger 1970; Olesen 1982).

Razmena toplotne energije provođenjem (kondukcijom) i konvekcijom između čovekovog tela i okoline se iskazuje po ukupnoj površini čovekovog tela. Kod razmene toplotne energije između čovekovog tela i okoline zračenjem, se ne može iskazati po ukupnoj površini čovekovog tela, jer je efektivna površina čovekovog tela koja učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem (A_{eff}), manja od ukupne površine čovekovog tela (A_{Du}). Efektivna površina odevenog čovekovog tela koja učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem se može prikazati sledećim izrazom (Fanger 1970):

$$A_{\text{eff}} = f_{\text{eff}} \cdot f_{\text{cl}} \cdot A_{\text{Du}}, \quad (4.10)$$

gde su:

f_{eff} – faktor efektivne površine zračenja odevenog čoveka koje učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem, –.

Literaturni podaci ukazuju da faktor efektivne površine zračenja odevenog čoveka koje učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem (f_{eff}) iznosi 0,696 za čoveka u sedećem položaju, a za čoveka u položaju stajanja 0,725. Pošto su razlike minimalne, usvojeno je 0,71 za oba pola i u oba slučaja (Fanger 1970). Razmena toplotne energije zračenjem, između objekata, odnosno između čoveka i drugih objekata zavisi od njihove emisivnosti. Emisivnost čovekove kože iznosi $\varepsilon_{\text{sk}} = 1,0$, a većina tipova odeće (tkanine) ima emisivnost $\varepsilon_{\text{cl}} = 0,95$, za praktičnu upotrebu kod proračuna, predlaže se $\varepsilon = 0,97$ (Hardy & Muschenheim 1934; Fanger 1970; Incropera et al. 2011). Razmena toplotne energije zračenjem (R) na bazi razlike

temperature površina, može biti prikazana izrazom sa linearnim koeficijentom prenosa toplotne energije zračenjem, gde se uzimaju u obzir karakteristike odeće, pokret čoveka i brzina kretanja vazduha (ISO 7933 2004; Parsons 2003):

$$R=f_{cl} \cdot h_r(t_{cl} - t_{mr}), W/m^2, \quad (4.11)$$

gde su:

h_r – linearni koeficijent prenosa toplotne energije zračenjem, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

Linearni koeficijent prenosa toplotne energije zračenjem (h_r), može se dobiti iz sledećeg izraza (Parsons 2003):

$$h_r=4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \frac{A_{eff}}{A_{Du}} \cdot \left[273,2 + \frac{t_{cl} + t_{mr}}{2} \right], \quad (4.12)$$

Prilikom proračuna razmene toplotne energije zračenjem, literaturni podaci ukazuju da odnos između efektivne površine čovekovog tela koja učestvuje u razmeni toplotne energije zračenjem (A_{eff}) i površine čovekovog tela (A_{Du}), se može proceniti za osobu u sedećem položaju na 0,70, a za osobu u položaju stajanja na 0,73 (Fanger 1970; Parsons 2003). Temperatura površine odeće (t_{cl}) se može dobiti iterativnim postupkom prema izrazu (5.4), koeficijent prenosa toplotne energije zračenjem (h_r) za "tipičan zatvoreni prostor" iznosi 4,7 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ (Parsons 2003).

Za analizu uticaja toplotnog zračenja na razmenu toplotne energije između čoveka i okoline, koristi se Srednja temperatura zračenja svih površina koje ga okružuju, jer u okruženju čoveka svi predmeti imaju temperaturu veću od apsolutne nule, odnosno imaju različit intenzitet zračenja objektu (Fanger 1970; Parsons 2014). Srednja temperatura zračenja nekog okruženja je definisana kao uniformna temperatura imaginarnog crnog okruženja koja rezultira istom razmenom toplotne energije sa nekom osobom kao i u stvarnom neuniformnom okruženju (Fanger 1970; Parsons 2003; ISO 7726 1998). Temperatura zračenja okolnih površina u nekom objektu, može biti viša ili niža od temperature vazduha u istom objektu (Fanger 1970; Parsons 2014).

Srednja temperatura zračenja (t_{mr}) se može izračunati iz temperature okolnih površina, uzimajući u obzir faktor ugla i oblika, veličine i položaj površine u odnosu na čoveka, uz pretpostavku da sve površine imaju jednaku emisivnost (Parsons 2003). Opšti obrazac za proračun srednje temperature zračenja koja se odnosi na celo telo ukoliko sve površine imaju jednaku emisivnost glasi (Fanger 1970; Parsons 2003):

$$t_{mr} = \sqrt[4]{\sum_1^n F_{p-i} \cdot (t_i + 273)^4} - 273, \quad (4.13)$$

gde su:

F_{p-i} – geometrijski faktor između čovekovog tela i i-te površine njegovog okruženja, –,
 t_i – temperatura i-te površine, °C.

Odnos uzajamnog zračenja između čovekovog tela i neke površine, vrednuje se geometrijskim faktorom, uzimajući u obzir njen oblik, veličinu i položaj u odnosu na čovekovo telo (Fanger 1970; Parsons 2003; Ružić 2013). Srednja temperatura zračenja površina koje okružuju čoveka, može se izvesti iz temperature crnog globus termometra. Crni globus termometar će apsorbovati najveći deo toplotnog zračenja sa svih površina u okolini, a toplotna energija će zagrejati vazduh u unutrašnjosti crnog globus termometra i podići temperaturu (ISO 7726 1998). Temperatura vazduha u nekom objektu može biti veća ili manja od temperature zračenja, a brzina strujanja vazduha utiče na prenos toplotne energije konvekcijom, pa je neophodna korekcija temperature crnog globus termometra, kako bi se dobila srednja temperatura zračenja.

Za proračun srednje temperature zračenja, kada se merenje vrši pomoću crnog globus termometra, postoji nekoliko izraza (Beshir & Ramsey 1988; Parsons 2014; Djongyang et al. 2010). Prema međunarodnom standardu (ISO 7726 1998), srednju temperaturu zračenja moguće je izračunati prema sledećim jednačinama, za slučaj prinudne konvekcije važi izraz (4.14), ukoliko se merenje vrši pomoću standardnog crnog globus termometra važi izraz (4.15) (ISO 7726 1998; Parsons 2014).

$$t_{mr} = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1,1 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6}}{\epsilon_g \cdot D^{0,4}} \cdot (t_g - t_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273, \quad (4.14)$$

ili

$$t_{mr} = \left[(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (t_g - t_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273, \quad (4.15)$$

gde su:

t_g – temperatura crnog globus termometra, °C,

D – prečnik crnog globus termometra, m,

ϵ_g – emisivnost crnog globus termometra, –.

Standardni globus termometar prema međunarodnom standardu (ISO 7726 1998) ima prečnik $D=0,15$ m, a emisivnost crnog globus termometra (ϵ_g) je bezdimenziona veličina koja iznosi 0,95 (ISO 7726 1998).

4.4.4 Kombinovani prenos toplotne energije između čoveka i okoline

Prenos toplotne energije sa površine kože čovekovog tela, na okolinu se može prikazati i kombinovanim mehanizmima, gde se toplotna energija prenosi provođenjem

(kondukcijom), konvekcijom i zračenjem. Toplotna energija sa površine kože na odeću i vazduh se prenosi kondukcijom, zatim konvekcijom na vazduh koji struji preko površine kože i odeće. Ukoliko je temperatura površine kože i odeće veća od temperature okoline, prenos toplotne energije zračenjem će biti značajan. Korišćenjem jednačine (4.6) i (4.11), kombinovani prenos toplotne energije se može prikazati sledećim izrazom (Parsons 2003):

$$C+R=f_{cl} \cdot h(t_{cl} - t_o), W/m^2, \quad (4.16)$$

gde su:

h – koeficijent prenosa toplotne energije konvekcijom i zračenjem, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$,

t_o – operativna temperatura, $^\circ C$.

Koeficijent prenosa toplotne energije konvekcijom i zračenjem (h) se može dobiti sledećim izrazom (Parsons 2003):

$$h=h_r+h_c. \quad (4.17)$$

Operativna temperatura (t_o) ili radna temperatura, je temperatura jedinstvenog crnog kućišta u kojem bi čovek razmenjivao toplotnu energiju zračenjem i konvekcijom, kao i u datom neujednačenom okruženju, a može se dobiti prema sledećem izrazu (Parsons 2003):

$$t_o = \frac{(h_r \cdot t_{mr} + h_c \cdot t_a)}{(h_r + h_c)}. \quad (4.18)$$

Prenos toplotne energije sa površine kože provođenjem kroz odeću, konvekcijom i zračenjem, se može prikazati sledećom jednačinom (Parsons 2003):

$$C+R = \frac{(t_{sk} - t_{cl})}{I_{cl}}, W/m^2 \quad (4.19)$$

4.4.5 Prenos toplotne energije između čoveka i okoline isparavanjem vlage

Razmena toplotne energije između čovekovog organizma i okoline jednim delom se vrši isparavanjem vode sa površine kože i respiratornog trakta (pluća), a nastaje zbog neprestane difuzije molekula vode kroz kožu i respiracione površine čoveka. Voda sa površine kože i respiratornog trakta isparava i kada se čovek ne znoji, a može dostići vrednosti od 600 do 700 ml/dan, to predstavlja stalan prenos toplotne energije na okolinu od 1458 kJ/dan do 1701 kJ/dan, odnosno 16,87 W do 19,68 W (Guyton & Hall 2008). Isparavanje vode sa površine kože, odnosno znojenje čoveka, nastaje usled stimulacije prednjeg hipotalamusno-preoptičkog područja mozga električnim podražavanjem previsokom toplotom. Nervni impulsi koji uzrokuju znojenje, prenose se autonomnim putevima u kičmenu moždinu, a zatim putem simpatičkih nerava u kožu čoveka (Guyton & Hall 2008).

Ukoliko je temperatura kože viša od temeprature vazduha i temperature zračenja okoline, toplotna energija iz organizma se prenosi na okolinu provođenjem (kondukcijom), konvekcijom i zračenjem. U uslovima kada je temperatura vazduha i temperatura zračenja okoline viša od temperature kože, telo prima toplotnu energiju provođenjem (kondukcijom), konvekcijom i zračenjem. U ovakvim uslovima isparavanje vode sa površine kože i respiratornog trakta (evaporacija) je jedini način na koji se toplotna energija iz organizma može preneti na okolinu (Guyton & Hall 2008).

Vlažnost vazduha pri visokim ili niskim temperaturama ima veći uticaj na toplotni osećaj čoveka. Intenzitet isparavanja vode sa površine kože zavisi od razlike pritiska vodene pare na površini kože i vodene pare u vazduhu, znojenje čoveka, odnosno prenos toplotne energije na okolinu će nastupiti brže pri istoj temperaturi vazduha ukoliko je vlažnost vazduha veća (Fanger 1970; Olesen 1982; Recknagel & Sprenger 1984).

Prenos toplotne energije sa površine kože na okolinu isparavanjem, sastoji se delimično od toplotne energije koja se odvodi difuzijom vodene pare kroz kožu i toplotne energije koja se odvodi isparavanjem znoja na površini kože, odakle sledi da je (Fanger 1970; Olesen 1982; Parsons 2003):

$$E_{sk} = E_d + E_{sw}, \quad (4.20)$$

gde su:

E_{sk} – prenos toplotne energije isparavanjem, W/m^2 ,

E_d – difuzija vodene pare kroz kožu, W/m^2 ,

E_{sw} – isparavanje znoja na površini kože, W/m^2 .

Količina difuzije vode kroz kožu (E_d) je funkcija razlika između pritiska zasićenja vodene pare na površini kože i parcijalnog pritiska vodene pare u zasićenom vlažnom vazduhu, pa sledi da je:

$$E_d = 3,05 \cdot 10^{-3} (p_s - p_a), \quad (4.21)$$

gde su:

p_s – pritisak zasićenja vodene pare na površini kože, Pa,

p_a – parcijalni pritisak vodene pare u zasićenom vlažnom vazduhu, Pa.

Prenos toplotne energije iz organizma difuzijom vode kroz kožu po jedinici površine tela može se dobiti korišćenjem sledećeg izraza (Olesen 1982; Parsons 2003):

$$E_d = 3,05 \cdot 10^{-3} (256 \cdot t_{sk} - 3373 - p_a). \quad (4.22)$$

Prenos toplotne energije, odnosno odvođenje toplotne energije isparavanjem (evaporacijom) pri uslovima $(M - W) > 58,15 W/m^2$, računa se u funkciji aktivnosti (Olesen 1982):

$$E_{sw}=0,42(M - W - 58,15). \quad (4.23)$$

Isparavanje vodene pare u respiratornom traktu, odnosno prenos toplotne energije prilikom disanja, sastoji se od prenosa toplotne energije konvekcijom u respiratornom traktu i isparavanja toplotne energije u respiratornom traktu, a nastaje zbog temperaturne razlike vazduha koji se udiše i izdiše. Kada čovek udiše vazduh, on se zagreva u respiratornom traktu, zatim izdiše vazduh koji sadrži zasićenu vodenu paru do temperature unutrašnjosti tela. Prenos toplotne energije iz organizma u respiratornom traktu je pod uticajem intenziteta metabolizma (M), temperature udahnutog vazduha (t_a) i vlažnosti vazduha izraženog preko parcijalnog pritiska vodene pare u vazduhu (p_a) (Parsons 2003):

$$E_r = C_{res} + E_{res}, \quad (4.24)$$

gde su:

E_r – prenos toplotne energije u respiratornom traktu, W/m^2 ,

C_{res} – prenos toplotne energije konvekcijom u respiratornom traktu, W/m^2 ,

E_{res} – isparavanje toplotne energije u respiratornom traktu, W/m^2 .

Odakle sledi da je:

$$C_{res} = 0,0014 \cdot M(34 - t_a), \quad (4.25)$$

$$E_{res} = 0,0173 \cdot M(5,87 - p_a). \quad (4.26)$$

Za čoveka koji se nalazi u zatvorenom prostoru pri temperaturi vazduha oko $20^\circ C$ i nivoa metaboličke aktivnosti od $58 W/m^2$ do $90 W/m^2$, prenos toplotne energije iz organizma na okolinu u respiratornom traktu je mali, a može da iznosi od oko $2 W/m^2$ do $5 W/m^2$, što u nekim slučajevima može da se zanemari (Parsons 2003).

4.5 Toplotni osećaj čoveka

Teorijske podloge (Guyton & Hall 2008) ukazuju da toplotno stanje okoline u kojoj se nalazi ili predmeta koje dodiruje sa površinom svoje kože, čovek gradira na sledeći način: smrzavajuće, ledeno, hladno, neutralno, toplo, vruće, vrelo. Gradacija toplotnog stanja se određuje pomoću tri vrste senzornih receptora, a to su: receptori za hladno, receptori za toplo i receptori za bol. Neposredno ispod kože, odvojeni jedni od drugih, su smešteni receptori za hladno i za toplo. Najveća površina tela poseduje tri do deset puta više receptora za hladno nego za toplo. Broj receptora se razlikuje u pojedinim delovima tela, a kreće se u rasponu od 15 do 25 receptora za hladno na jednom kvadratnom centimetru u području usana, a u oblasti prstiju 3 do 5 receptora za hladno, dok u oblasti trupa ima najmanje receptora. Slobodni nervni završeci su zaslužni za prenos signala za toplo, a oni se prenose preko vlakna tipa C, brzinom provođenja od $0,4 m/s$ do $2 m/s$. Receptori za bol se stimulišu samo ekstremnom

hladnoćom i ekstremnom toplotom. Receptori za bol, hladno i toplo su odgovorni za osećaj smrzavajućeg odnosno vrelog (Guyton & Hall 2008).

U fiziološkom smislu, prema (Guyton & Hall 2008), čovek oseća ledeno, hladno, neutralno, toplo i vruće, pomoću četiri nervna vlakna, a to su: vlakno za bol stimulirano hladnoćom, vlakno za hladno, za toplo i vlakno za bol stimulirano toplotnom. Ukoliko se receptori za hladno iznenada stimulišu niskim temperaturama, u tom slučaju dolazi do intenzivne stimulacije, a zatim se intenzitet stimulacije u prvih nekoliko sekundi smanjuje i nastavlja u sledećih pola časa i više sa smanjivanjem. Receptori za hladno u velikoj meri se adaptiraju na niske temperature, ali nikad u potpunosti. Ukoliko čovek uđe u hladnu prostoriju, dolazi do naglog pada temperature kože, a čovek oseća da mu je mnogo hladnije nego kada bi se temperatura te iste prostorije postepeno snižavala. I suprotno, ukoliko čovek uđe u toplu prostoriju, temperatura kože naglo raste, čovek oseća da mu je mnogo toplije nego kada bi se temperatura te prostorije postepeno povećavala (Guyton & Hall 2008).

Toplotni osećaj čoveka zavisi od temperature kože, međutim zavisi i od toga kolika je površina kože dobila toplotni nadražaj. Broj nervnih završetaka, odnosno broj receptora za hladno i za toplo na nekoj površini kože je mali. Ukoliko mala površina kože, npr. 1cm^2 dobija toplotni nadražaj, veoma je teško napraviti gradaciju toplotnog stanja. Ako dođe do stimulacije veće površine kože, toplotni signali se integrišu u hipotalamusu iz većeg dela površine kože i moguće je napraviti gradaciju toplotnog stanja. Najmanje brze promene toplotnog stanja okoline ili predmeta koje dodiruje čovek sa površinom kože, mogu se osetiti, ako je ta brza promena zahvatila celo telo (Guyton & Hall 2008; Zhang 2003).

Faktori koji imaju najveći uticaj na osećaj toplote u okruženju čoveka su fundamentalni načini razmene toplotne energije između čoveka i okoline, a to su: kondukcija, konvekcija i zračenje. Prema tome, pored brzine strujanja i termodinamičkih osobina vlažnog vazduha koji okružuje osobu, uticaj ima i toplotno stanje površina koje tu osobu okružuju, kao i mnogobrojni individualni faktori čoveka (Parsons 2014).

Toplotni osećaj čoveka je pod uticajem mikroklimatskih faktora, koji mogu biti nehomogeni po čovekovom telu, odnosno temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha i temperatura zračenja okolnih površina su uvek različiti na različitim visinama. Parametri mikroklimatike, u većini slučajeva, posebno u radnom okruženju, nisu homogeni po celom telu čoveka, određeni delovi tela, kao što su glava i noge su izloženi različitom ambijentalnom okruženju, što uzrokuje različit toplotni osećaj (Cheong et al. 2007; ISO 7730 2005; Parsons 2014). Pored parametara mikroklimatike, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće, postoje i drugi individualni faktori koji određuju, odnosno utiču na toplotni osećaj čoveka, a najvažniji su: pol, starosna dob čoveka, rasa, zdravstveno stanje, telesna građa, adaptacija (aklimatizacija), geografsko poreklo, direktno toplotno zračenje, vreme izlaganja, doba dana, godišnje doba, mogućnost regulacije mikroklimatskih faktora, itd. (Fanger 1970; Parsons 2014; Rupp et al. 2015).

Intenzitet metabolizma kod žena i muškaraca se razlikuje, a snižava se sa životnom dobi i gubitkom mišićne mase, odnosno zamene mišićnog sa masnim tkivom. Žene u odnosu na muškarce imaju veći procenat masnog tkiva, koji ima niži intenzitet metabolizma u odnosu na mišićno tkivo (Guyton & Hall 2008). Žene u odnosu na muškarce imaju nižu temperaturu kože, tako da u istom toplotnom okruženju, toplotni osećaj kod žena je izraženiji, žene iskazuju želju za višim temperaturama vazduha u odnosu na muškarce u istom toplotnom okruženju (Lan et al. 2008; Chow et al. 2010). Kako se intenzitet bazalnog metabolizma smanjuje kod muškaraca i kod žena, osobe u zrelijoj životnoj dobi u istom toplotnom okruženju imaju veći osećaj hladnoće u odnosu na mlađe osobe (Guyton & Hall 2008; Schellen et al. 2010). Adaptacija i aklimatizacija su povezane sa tireoidnim hormonom, a on povećava intenzitet metabolizma. Adaptacija štitne žlezde na toplotno okruženje je povezana sa povećanim lučenjem tiroksina u hladnim sredinama gde čovek boravi, i smanjenim lučenjem u toplim sredinama. Razlike u lučenju tiroksina, doprinose intenzitetu bazalnog metabolizma (Guyton & Hall 2008).

Geografsko poreklo čoveka je povezano sa toplotnim osećajem. Osobe koje su adaptirane na niske temperature vazduha, imaju veći intenzitet metabolizma, u odnosu na osobe koje su adaptirane na visoke temperature (Guyton M.D. 1969). Osobe koje žive u regionima sa tropskom klimom, njihov toplotni osećaj nije isti kako kod osoba koje žive u hladnim predelima. Te razlike su posledica adaptacije i aklimatizacije (Ealiwa et al. 2001; Wong et al. 2002; Guyton & Hall 2008). Adaptacija i aklimatizacija osobe koja je izložena visokim temperaturama vazduha neprekidno nekoliko nedelja, postepeno počinje da sve više i više luči znoj. U prvih nekoliko dana, čovek luči maksimalno oko 1,5 l/h, a od deset do četrdeset dana, količina lučenja znoja se povećava i do 3,5 l/h (Guyton M.D. 1969; Olesen 1982).

4.6 Rezime poglavlja

Zbog fizioloških razlika čoveka, i mnogobrojnih faktora koji utiču na intenzitet metabolizma, kao što je geografsko poreklo, pol, starost, hormoni, itd., veoma je teško definisati interval parametara mikroklimе tj. temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha i srednje temperature zračenja koji će zadovoljiti sve ljude u nekom prostoru. Zbog adaptacije čoveka i njegovog geografskog porekla, ljudi različito doživljavaju mikroklimatske uslove radne sredine, tako da se „neutralna“ temperatura vazduha, odnosno prihvatljivi mikroklimatski uslovi različito prihvataju od regiona do regiona. Kod razmatranja uticaja parametara mikroklimе na toplotni komfor čoveka, neophodno je uzeti u razmatranje buku i osvetljenje radne sredine zbog njihovog uticaja na intenzitet metabolizma, onsnosno generisanje toplotne energije i toplotnu regulaciju čovekovog organizma.

5. Toplotni komfor

Prema autoru (Fanger 1970) toplotni komfor definisan je kao psihofiziološko stanje čoveka, a ne stanje okolone. Međunarodnim standardom (ISO 7730 2005), toplotni komfor je definisan kao takvo stanje uma, odnosno svesti čoveka koje izražava zadovoljstvo toplotnim okruženjem (ISO 7730 2005). U stabilnom toplotnom okruženju, toplotni komfor se može smatrati kao nedostatak neugodnost (Parsons 2014).

Toplotni osećaj čoveka je fiziološki pojam, a toplotni komfor se može definisati kao stanje svesti čoveka kojom izražava zadovoljstvo toplotnom regulacijom organizma u svim delovima tela. Čovek će se nalaziti u stanju toplotnog komfora samo u slučaju da su fizički uslovi indiferentni prema njegovom organizmu.

Toplotni osećaj čoveka, pre svega zavisi od promene temperature kože, na svim delovima tela, kao i od toga kolika je površina kože izložena uticaju toplotne energije iz neposrednog okruženja u kojem se čovek nalazi (Fanger 1970; Guyton M.D. 1969). Svaka promena unutrašnje temperature i temperature kože, uzrokuje fiziološke mehanizme za toplotnu regulaciju, kao i psihološke reakcije u vidu promene ponašanja prema okolini (Guyton & Hall 2008).

Toplotna neugodnost, tj. toplotni diskomfor čoveka može biti uzrokovan ukoliko je deo tela, kao što je ruka, noga, leđa, vrat, itd., bez njegove volje izložen hlađenju ili grejanju. Najčešći uzročnici-faktori lokalne toplotne neugodnosti su (ISO 7730 2005; Parsons 2014):

- promaja (*engl. draught*),
- vertikalna razlika temperature vazduha,
- asimetrija toplotnog zračenja (hladne i tople površine koje okružuju čoveka),
- hladan ili topao pod, zid i plafon objekta.

Faktori koji uzrokuju lokalno grejanje ili hlađenje nekog dela tela, mogu da prouzrokuju toplotnu neugodnost, tj. toplotni diskomfor na tom delu tela, tako što će doći do vazokonstrikcije ili vazodilatacije na tom delu tela. Ukoliko je veća površina čovekove kože izložena, u tom slučaju će doći do toplotne neugodnosti, tj. toplotnog diskomfora za celo telo čoveka (ISO 7730 2005; Cheong et al. 2007).

Osećaj toplote kod čoveka se uglavnom odnosi na toplotnu ravnotežu njegovog tela, a ostvaruje se ukoliko je unutrašnje generisanje toplotne energije, jednako količini toplotne energije koja se prenosi na okolinu. Ukoliko dođe do narušavanja toplotnog balansa, čovek će osećati neugodnost, tj. toplotni diskomfor, a doći će do pokretanja mehanizama za regulaciju telesne temperature (ISO 7730 2005; Guyton & Hall 2008; Parsons 2014). Prema (Fanger 1970; ISO 7730 2005), toplotni komfor, čovek iskazuje na sedmostepenoj skali koja se koristi za ocenu toplotnog osećaja, a prikazana je na slici 5.1 (Fanger 1970; ISO 7730 2005).

Veoma hladno, -3	Hladno, -2	Malo pro hladno, -1	Neutralno-prijatno, 0	Malo toplo, 1	Toplo, 2	Veoma toplo, 3
---------------------	---------------	------------------------	--------------------------	------------------	-------------	-------------------

Slika 5.1. Skala čovekovog toplotnog osećaja (S.T.O.) (Fanger 1970).

Neutralan toplotni osećaj (S.T.O.=0) čovek će iskazati na skali toplotnog osećaja, samo ako je njegovo toplotno stanje ni malo pro hladno ni malo toplo (Givoni 1998). Uslovi, koji su neophodni da bi se ostvario toplotni komfor čoveka su (Fanger 1970):

- toplotna ravnoteža čovekovog tela,
- telesna temperatura, tj. unutrašnja temperatura i srednja temperatura kože da se nalaze od oko 37°C, odnosno 33°C temperatura kože,
- odavanje znoja u granicama koje su neophodne za komfor kako čovek ne bi osetio "lepljivost" odeće,
- odsustvo lokalne neugodnosti, koja može biti uzrokovana promajom, asimetrijom zračenja, temperaturnim gradijentom, itd.

Zbog uticaja individualnih faktora čoveka, fizičkih parametara mikroklimе, intenziteta metabolizma, odeće, kao i adaptacije čoveka na hladne i tople uslove, toplotni komfor nije moguće definisati jednom veličinom, npr. temperaturom vazduha. Za prosečni nivo toplotne izolacije odeće i fizičke aktivnosti čoveka, moguće je definisati interval fizičkih parametara mikroklimе koji će u toplotnom smislu zadovoljiti najveći procenat prisutnih osoba u nekom prostoru (Fanger 1970; ISO 7730 2005; Parsons 2014). Definisane intervale parametara mikroklimе je neophodno kako bi se stvorili preduslovi za neometanu toplotnu regulaciju čovekovog organizma.

Prema (ISO 7730 2005) prihvatljivo toplotno okruženje se smatra, ukoliko najmanje 80% osoba izražava zadovoljstvo toplotnim okruženjem, odnosno da je njihov toplotni osećaj neutralan na skali toplotnog osećaja. Da bi se ostvario apsolutni toplotni komfor u nekoj sredini i 100% zadovoljnih osoba toplotnim okruženjem, neophodna je individualna kontrola čoveka nad regulacijom toplotnog okruženja (Fanger 1970; ISO 7730 2005). Standardi i preporuke, kao i većina dosadašnjih istraživanja, ukazuju da na toplotni komfor čoveka utiču parametri mikroklimе i lični parametri čoveka, a to su (Fanger 1970; ISO 7730 2005; Parsons 2014):

- temperatura vazduha, °C,
- relativna vlažnost vazduha, %,
- brzina stujanja vazduha, m/s,
- srednja temperatura zračenja, °C,
- intenzitet metabolizma, met,
- toplotna izolacija odeće koju nosi, clo.

Navedenih šest faktora su fundamentalni faktori koji imaju uticaj na toplotni komfor (Fanger 1970; ISO 7730 2005; Parsons 2014). Međutim, dosadašnja istraživanja ukazuju da buka i osvetljenje, tj. osvetljenost mogu biti uticajni faktori radnog okruženja na generisanje i razmenu toplotne energije kod čoveka, a samim tim i ocenjivanje toplotnog

komfora u laboratorijskim uslovima (Pellerin & Candas 2003; Pellerin & Candas 2004; Kulve et al. 2015). Komfor, tj. ugodnost u radnoj sredini svakako zavisi od toplotnog komfora, ali neugodnost koju čovek oseća, može biti uzrokovana i drugim faktorima koji se pojavljuju u radnoj sredini, kao što su: buka, osvetljenost, mirisi, zagađenost vazduha prašinom, itd. (Fanger 1970; Pellerin & Candas 2003; Huang et al. 2012; Kim et al. 2013).

5.1 Lokalna toplotna neugodnost

U zatvorenom prostoru ljudi mogu biti izloženi različitim parametrima mikroklimе, odnosno toplotno neujednačenom okruženju, jer u objektima sa prirodnom ventilacijom temperatura vazduha, vlažnost vazduha, brzina strujanja vazduha, intenzitet turbulencije i toplotno zračenja su uvek različiti na različitim visinama. U takvom okruženju, koje je toplotno neujednačeno, segmenti čovekovog tela kao što su, stopala, leđa, ruke, vrat i td., su izloženi različitim uticajima mikroklimatskih parametara. To će uzrokovati različit toplotni osećaj i različit toplotni komfor u segmentima tela. Lokalni toplotni osećaj koji je pod uticajem neujednačenog toplotnog okruženja i lokalni toplotni komfor jednog segmenta tela, ne moraju, a mogu imati uticaj i na ostale segmente tela (Cheong et al. 2007).

U koliko dođe do hlađenja donjeg dela tela to će dovesti do pada temperature kože na prstima podlaktici i na nogama. Pad temperature kože na jednom delu tela uzrokuje vazokonstrikciju tog dela tela, bez značajnog uticaja na temperaturu čela, obraza i grudnog koša (Bader & Mead 1950; Cheong et al. 2007). U uslovima kada se ljudi izjašnjavaju da su u stanju toplotnog komfora, temperatura kože na površini čovekovog trupa ima više vrednosti u odnosu na ekstremitete, ekstremiteti imaju najnižu temperaturu (Parsons 2003; Cheong et al. 2007; Guyton & Hall 2008; Olesen 1982).

Ukoliko je čovek u stanju niskog intenziteta metabolizma, lokalni toplotni osećaj je izraženiji, međutim, ljudi koji su u stanju visokog intenziteta metabolizma su manje toplotno osjetljivi, a samim tim rizik od pojave lokalne toplotne neugodnosti je niži (ISO 7730 2005). Najčešći uzročnici lokalne toplotne neugodnosti su: promaja, vertikalna razlika temperature vazduha, asimetrija toplotnog zračenja, hladni ili topli podovi, zid i plafon objekta (ISO 7730 2005). Jedan od uslova za ostvarivanje toplotnog komfora celog tela, je odsustvo lokalne toplotne neugodnosti (Fanger 1970).

5.1.1 Promaja

Promaja (*engl. draught*) je jedan od uzročnika lokalne toplotne neugodnosti, definisana je međunarodnim standardom (ISO 7730 2005) kao lokalno hlađenje tela izazvano kretanjem vazduha (ISO 7730 2005). Nastanak promaje kod čoveka zavisi od: brzine strujanja vazduha, intenziteta turbulencije vazduha, temperature vazduha, površine izloženog tela i toplotnog stanja čovekovog organizma (Parsons 2014). Ukoliko je temperatura vazduha niska, brzina strujanja i intenzitet turbulencije visoki, direktno opstrujivanje takvim vazduhom čovekovog tela ili segmenta tela, povećava prenos toplotne energije konvekcijom, što dovodi do snižavanja temperature kože na segmentu tela oko kojeg struji vazduh. Ukoliko je

opstrujavanje tela dugotrajno, to može dovesti do vazokonstrukcije, odnosno sužavanje krvnih sudova u koži. Najosetljiviji delovi tela na opstrujavanje vazduhom pored ekstremiteta su lice, vrat i trup tj. leđa čoveka (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014). Čovek je najosetljiviji na nastanak promaje pri niskom intenzitetu metabolizma, sedeća aktivnost. U uslovima sa povišenim intenzitetom metabolizma, to jeste pri većom aktivnošću od 1,2 met (70 W/m^2), će manje biti osetljiv na promaju. Pri visokom intenzitetu metabolizma neophodno je da se više toplotne energije prenese na okolinu konvekcijom, pa će hladan vazduh sa većom brzinom i intenzitetom turbulencije davati osećaj ugodnosti (ISO 7730 2005; Parsons 2014). Procenat ljudi koji će biti nezadovoljni promajom, prema standardu (ISO 7730 2005) može se predvideti sledećom izrazom:

$$DR = (34 - t_a) \cdot (\bar{v}_a - 0,05)^{0,062} \cdot (0,037 \cdot \bar{v}_a \cdot Ti + 3,14), \quad (5.1)$$

gde su:

DR – procenat nezadovoljnih osoba uzrokovan promajom (*engl. Draught Rating*), %.

5.1.2 Vertikalna razlika temperature vazduha

Toplotna neugodnost u objektima sa prirodnom ventilacijom, može biti uzrokovana visokom razlikom temperature vazduha u vertikalnom pravcu (Cena & De Dear 2001; Cheong et al. 2007; ISO 7730 2005). Čovek će osetiti toplotnu neugodnost ukoliko je temperatura vazduha visoka u predelu glave, a u predelu nogu odnosno članaka i stopala niska, jer temperatura vazduha po pravilu je uvek viša na višim visinama (Cheong et al. 2007; Parsons 2014).

Temperatura čovekovog organizma ima najviše vrednosti u predelu glave. Ukoliko je temperatura vazduha visoka u predelu glave, to će dovesti do smanjenja prenosa toplotne energije konvekcijom na okolinu u predelu glave. Ekstremiteti kao što su noge imaju najnižu temperaturu. Niska temperatura vazduha će uticati na povećanje prenosa toplotne energije sa nogu konvekcijom na vazduh, što će dovesti do osećaja hladnoće odnosno do toplotne neugodnosti (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014). Prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005), moguće je odrediti procenat nezadovoljnih osoba od vertikalne razlike temperature vazduha u nekom objektu, korišćenjem sledeće jednačine (ISO 7730 2005):

$$PD = \frac{100}{1 + e^{(5,67 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})}}, \quad (5.2)$$

gde su:

PD – procenat nezadovoljnih ljudi, %,

$\Delta t_{a,v}$ – vertikalna razlika temperature vazduha između glave i nogu, °C.

Na relaciji noge glava, vertikalna temperatura vazduha ne bi trebalo da iznosi više od 3°C (ISO 7730 2005). Toplotna neugodnost čoveka može biti uzrokovana i u slučaju da su

podovi i zidovi objekta hladni, najviše će uticaj imati hladan pod, jer će toplotna neugodnost nastupiti zbog osećaja hladnoće u predelu stopala (ISO 7730 2005).

5.1.3 Asimetrija toplotnog zračenja

Toplotnu neugodnost čoveka može uzrokovati i asimetrija toplotnog zračenja u objektima, naročito u proizvodnim pogonima gde se obavlja proces rada sa opremom za rad koja ima visoke temperature, odnosno zrači infracrveno (toplotno) zračenje. Čovek je najviše osetljiv na asimetriju zračenja koja je uzrokovana toplim plafonima i hladnim zidovima (ISO 7730 2005). U tom slučaju će se dogoditi da jedan deo čovekovog tela prima mnogo veću količinu toplotne energije zračenjem, a drugi deo tela odaje manju količinu toplotne energije zračenjem, to će uzrokovati toplotnu neugodnost (promaju izazvanu toplotnim zračenjem), naročito kod ljudi koji su statični na svom radnom mestu. Ukoliko postoji asimetrija toplotnog zračenja, ona ne bi trebalo da bude veća od 20 W/m^2 do 30 W/m^2 . Asimetrično hlađenje tela u predelu glave, za više od 40 W/m^2 uzrokuje toplotnu neugodnost (Recknagel & Sprenger 1984). Efekat asimetrije toplotnog zračenja će biti manji ukoliko je okruženje toplotno neutralno (Parsons 2014).

Ukoliko je čovek izložen visokim temperaturama toplotnog zračenja i asimetriji toplotnog zračenja različitih površina, uključujući plafon, zidove, opermu za rad itd., nakon toplotne neugodnosti nastupiće toplotni stres (*engl. heat stress*). U tom slučaju je moguće izvršiti proračun toplotnog stresa pomoću metode WBGT (*engl. Wet bulb globe temperature*) indeksa. Analiza i merenje toplotnog zračenja i asimetrije toplotnog zračenja za čoveka u položaju stajanja se može izvršiti pomoću crnog globus termometra na tri različite visine 0,1 m; 1,1 m i 1,7 m u odnosu na pod. Ukoliko je heterogenost $\leq 5\%$, vrednost WBGT indeksa može biti usvojena na visini 1,1 m u odnosu na pod (ISO 7243 1989).

5.2 Procena toplotnog komfora

Fizički parametri mikroklimе utiču na razmenu toplotne energije između čoveka i njegovog okruženja. Proračun prenosa toplotne energije između čoveka i okruženja je veoma složen, zbog toga se toplotno stanje čovekove okoline meri i analizira u pogledu određivanja intervala parametara mikroklimе, a u cilju stvaranja preduslova za optimalnu toplotnu regulaciju čovekovog organizma. Pri analiziranju toplotnog komfora u životnom i radnom prostoru čoveka, postoje dva pristupa, a to su adaptivni i racionalni pristup (Moujalled et al. 2008; Djongyang et al. 2010; Taleghani et al. 2013).

Adaptivni pristup se bazira na filozofiji terenskih istraživanja, odnosno istraživanja u realnom okruženju (škole, bolnice, otvoreni prostor, itd.) i analiziranju prihvatljivosti toplotnog okruženja (prirodno ventilisanih objekata), koje u velikoj meri zavisi od ponašanja, psihološke i fiziološke adaptacije, kao i od očekivanja čoveka (Djongyang et al. 2010; Brager & de Dear 1998). Adaptivni pristup definiše optimalnu temperaturu u funkciji srednje spoljne temperature i lokacije istraživanja (Dear & G.S. Brager 2002; Moujalled et al. 2008). Prihvatljivost mikroklimatskih uslova i određivanje operativne temperature može biti pod uticajem

adaptacije čovekovog organizma na tople i hladne uslove (ISO 7730 2005; Moujalled et al. 2008; Djongyang et al. 2010).

Racionalni pristup analize toplotnog komfora ili pristup analize toplotnog balansa čovekovog organizma se zasniva na eksperimentalnim merenjima koja se izvode u kontrolisanim uslovima, klima komorama. Na osnovu eksperimentalnog istraživanja (Fanger 1970) koje je izvedeno na 1300 ispitanika, razvijeni su indeksi PMV (*engl. Predicted Mean Vote*) i PPD (*engl. Predicted Percentage Dissatisfied*), za analizu toplotnog stanja okruženja, a u cilju obezbeđenja toplotnog komfora čoveka (Fanger 1970). Na osnovu eksperimentalnog istraživanja (Fanger 1970) i prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005), ukoliko se izvrše merenja mikroklima, proceni intenzitet metabolizma i toplotna izolacija odeće, za prosečan ljudski organizam, moguće je predvideti da li će se nalaziti u oblasti toplotnog komfora. Procena toplotnog komfora i predviđanje izjašnjavanja određene grupe ljudi na skali za ocenu toplotnog komfora, koja je prikazana na slici 5.1, se može izvesti empirijskom jednačinom PMV, koja se bazira na proračunu razmene toplotne energije između čoveka i njegovog okruženja (Fanger 1970; ISO 7730 2005):

$$\begin{aligned} \text{PMV} = & (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \{ (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - \\ & - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) - \\ & - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 2,73)^4] - f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a) \} \end{aligned} \quad (5.3)$$

gdje je:

PMV – predviđena srednja ocena, –.

Temperatura površine odeće (t_{cl}) može se izračunati iterativnim postupkom prema izrazu:

$$\begin{aligned} t_{cl} = & 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4] + \\ & + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \} \end{aligned} \quad (5.4)$$

Indeks PMV podrazumeva da se iterativnim postupkom odrede temperatura spoljne površine odeće (t_{cl}) i koeficijent prenosa toplotne energije konvekcijom na vazduh (h_c) koji okružuje čoveka. Korišćenje PMV indeksa se preporučuje samo u približno stacioniranim uslovima, ukoliko se vrednost rezultata PMV indeksa nalaze u intervalu od – 2 do +2, a ulazni parametri za proračun u sledećim intervalima (ISO 7730 2005):

$M = 46 \text{ W/m}^2 - 232 \text{ W/m}^2$ (0,8 met – 4,0 met),

$I_{cl} = 0 \text{ m}^2\text{C/W} - 0,310 \text{ m}^2\text{C/W}$ (0 clo 2 clo),

$t_a = 10^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$,

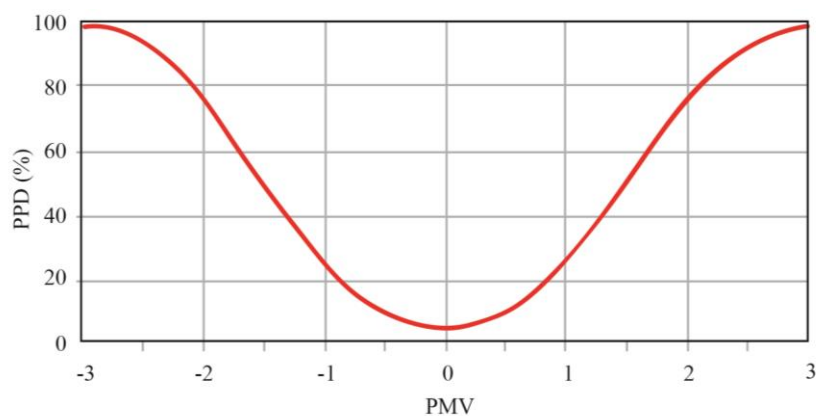
$v_a = 0 \text{ m/s} - 1 \text{ m/s}$,

$p_a = 0 \text{ Pa} - 2700 \text{ Pa}$.

Primena PMV indeksa se preporučuje u stabilnim uslovima, dobrom aproksimacijom tokom manje oscilacije jedne ili više promenljivih, uzimajući u obzir promenljivost uslova u poslednjih sat vremena. Toplotno okruženje ne može da zadovolji svakog pojedinca, zbog toga je uveden indeks PPD (*engl. Predicted Percentage Dissatisfied*), koji ima za cilj da predvidi procentualno broj nezadovoljnih osoba u datom toplotnom okruženju. Vrednost PPD indeksa u funkciji PMV indeksa, može se dobiti sledećom jednačinom, kao što je prikazano na slici 5.2. (ISO 7730 2005):

$$PPD=100-95 \cdot e^{(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot M^2)} \quad (5.5)$$

PPD – predviđeni procenat nezadovoljnih, %.



Slika 5.2. Zavisnost između PMV i PPD.

Toplotno okruženje prema standardu (ISO 7730 2005) smatra se prihvatljivo ukoliko je najmanje 80% prisutnih osoba zadovoljno toplotnim okruženjem. Rangiranje toplotnog okruženja radne sredine vrši se u tri kategorije, a to su A, B i C. Preporučene vrednosti PPD i PMV indeksa svih kategorija su prikazane u tabeli 5.1, prama (ISO 7730 2005).

Tabela 5.1. Kategorije toplotnog okruženja

Kategorija	Toplotno stanje celog tela	
	PPD, %	PMV, –
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7

6. Eksperimentalno istraživanje toplotnog komfora u radnoj sredini

6.1 Područje istraživanja

Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda (RHMZ 2015), Republika Srbija ima umereno-kontinentalnu klimu, sa manje ili više izraženim lokalnim karakteristikama. Prostorna raspodela klimatskih parametara uslovljena je geografskim položajem, reljefom i lokalnim uticajem, kao kombinacijom reljefa, raspodele vazdušnog pritiska većih razmera, ekspozicijom terena, prisustvom rečnih sistema, vegetacijom itd. Geografske odrednice koje karakterišu sinoptičke situacije značajne za vreme i klimu Republike Srbije su Alpe, Sredozemno more, Đenovski zaliv, Panonska nizija, dolina Morave, Karpati, Rodopske planine i brdovito planinski deo sa kotlinama i visoravnima (RHMZ 2015).

Prema izveštajima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, za period od 1961 do 1990 godine, za područja do 300 m nadmorske visine, prosečna izmerena vrednost temperature vazduha iznosi 10,9°C, dok za područja od 300 m do 500 m nadmorske visine, izmerena vrednost prosečne temperature vazduha iznosi 10,0°C. Područja iznad 1000 m nadmorske visine, imaju prosečnu temperaturu vazduha od 6,0°C (RHMZ 2015). Maksimalne vrednosti temperature vazduha u periodu od 1961 do 1990 godine u predelima sa nižom nadmorskom visinom su izmerene u julu mesecu, a kreću se u intervalu od 37,1°C do 42,3°C. U planinskim područjima, temperature vazduha za razmatrani period se kreću u intervalu od 27,6°C do 34,0°C. Minimalne vrednosti temperature vazduha za razmatrani period su izmerene u januaru. U predelima sa nižom nadmorskom visinom se kreću u intervalu od -30,7°C do -21,0°C, dok u planinskim predelima vrednosti temperature vazduha se kreću u intervalu od -35,6°C do -20,6°C. Najviša temperatura vazduha na prostorima Republike Srbije je izmerena 2007. godine u Smederevskoj Palanci, a iznosila je 44,9°C. Najniža temperatura vazduha na prostorima Republike Srbije izmerena je 1985. godine na Peštorskoj visoravni -39,5°C (RHMZ 2015).

Veći deo Republike Srbije ima kontinentalni režim padavina. Najkišovitiji mesec je juni, dok u februaru i oktobru ima najmanje padavina. Na geografskom području Republike Srbije, padavine u proseku rastu sa porastom nadmorske visine. U predelima sa nižom nadmorskom visinom, visina padavina se kreće u intervalu od 540 mm, do 820 mm, dok područja sa nadmorskom visinom iznad 1000 m, u proseku imaju 700 mm do 1000 mm padavina. Trajanje insolacije na godišnjem nivou se kreće u intervalu od 1200 h do 2200 h, a maksimalno ukupno Sunčevo zračenje za letnji period se kreće oko 1000 W/m² (RHMZ 2015).

Autonomna pokrajina Vojvodina (A. P. Vojvodina), pripada državi Republici Srbiji, a u geografskom smislu najvećim delom pripada Panonskoj niziji. A. P. Vojvodina je podeljena na

tri geografska regiona, a to su Srem, Banat i Bačka. Reljef A. P. Vojvodine je pretežno ravničarski, osim reljefa u Sremu. Najvećim delom A. P. Vojvodina, se nalazi ispod 200 m nadmorske visine, osim vrhova Fruške gore i Vršackih planina (RHMZ 2015).

Merenje klimatskih parametra za celokupno područje Republike Srbije vrši Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Prema izveštaju za 2015. godinu, u kojoj je obavljeno istraživanje, izmerene prosečne godišnje vrednosti klimatskih parametara, na klimatološkim stanicama Palić, Rimski Šančevi i Sombor su sledeće (RHMZ 2015):

- Klimatološka stanica Palić se nalazi u Severnobačkom administrativnom okrugu, u neposrednoj blizini grada Subotice. Prosečne maksimalne vrednosti izmerene temperature vazduha su 17,6°C, a prosečne minimalne izmerene vrednosti temperature vazduha su 8,1°C. Prosečne izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha iznosile su 72%, a prosečne izmerene vrednosti vazdušnog pritiska 1006,3 hPa (RHMZ 2015).
- Klimatološka stanica Rimski Šančevi se nalazi u Južnobačkom administrativnom okrugu, u neposrednoj blizini grada Novog Sada. Prosečne maksimalne vrednosti izmerene temperature vazduha su 18,3°C, a prosečne minimalne izmerene vrednosti temperature vazduha su 7,9°C. Prosečne izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha iznosile su 76%, a prosečne izmerene vrednosti vazdušnog pritiska 1008,5 hPa (RHMZ 2015).
- Opština Kula se nalazi u Zapadnobačkom administrativnom okrugu, kao i klimatološka stanica Sombor. Prosečne maksimalne vrednosti izmerene temperature vazduha na klimatološkoj stanici Sombor iznosile su 18,1°C, a prosečne minimalne izmerene vrednosti temperature vazduha iznosile su 7,4°C. Prosečne izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha na klimatološkoj stanici Sombor iznosile su 77%, a prosečne izmerene vrednosti vazdušnog pritiska 1008,0 hPa (RHMZ 2015).

6.2 Metodologija istraživanja

Pri različitim spoljnim meteorološkim uslovima, istraživanja su obavljena tokom prolećnog i letnjeg perioda 2015. godine. Istraživanja su obavljena u industrijskim, zatvorenim, prirodno ventilisanim objektima, koji su namenski projektovani i izgrađeni u cilju obavljanja procesa rada. U skladu sa prethodnim istraživanjem objekata i procesa rada, izvršen je odabir šest preduzeća, odnosno proizvodnih objekata, koji su zadovoljili postavljene zahteve. Prvi uslov za izbor objekata u kojima su se vršila istraživanja je bio da su objekti prirodno ventilisani, odnosno da nemaju ugrađene sisteme za hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju. Drugi uslov je bio da radne aktivnosti obavljaju ljudi, bez uključenog sistema za grejanje. Eksperimentalno istraživanje obavljeno je na geografskom području Republike Srbije, odnosno A. P. Vojvodine, u neposrednom okruženju gradova Kula, Novi Sad i Subotica.

Objekti su prirodno ventilisani, odnosno nisu imali ugrađene sisteme za klimatizaciju i ventilaciju. U zimskom periodu, tokom niskih spoljnih temperatura vazduha, koriste se sistemi za centralno grejanje. U letnjem periodu, odnosno u toku visokih spoljnih temperatura vazduha, hlađenje objekata se vrši prirodnom ventilacijom, kao što je otvaranje vrata, prozora i ventilacionih otvora ispod tavanice objekta. U toku istraživanja,

u objektima je bila smeštena oprema za rad tj. mašine i uređaji koji imaju grejna tela, odnosno generišu toplotnu energiju. Generisanje buke u proizvodnim objektima je posledica obavljanja procesa rada i eksploatacije opreme za rad. Osvetljenje radnih mesta u preduzećima je prirodno, veštačko ili kombinovano. Izvori veštačkog osvetljenja u objektima su živine sijalice, fluo sijalice i metal-halogene sijalice.

U okruženju opštine Kula, istraživanje je obavljeno u dva preduzeća, tj. u dva proizvodna objekta koja pripadaju oblasti konditorske industrije, a nalaze se u neposrednoj blizini.

Preduzeće 1, je prizemni objekat, izgrađen od sendvič panela, a ima površinu 5908 m². Na zidovima objekta nisu postavljeni prozori, osvetljenje radnih mesta je veštačko i nema mogućnosti za kombinaciju prirodnog i veštačkog. Ventilacija objekta u toku visokih temperatura se vrši prirodnim putem, kroz otvore koji su namenski izgrađeni u tu svrhu.

Preduzeće 2, je prizemni objekat, izgrađen od fasadne opeke, površina objekta je 4830 m². Na objektu su postavljeni prozori, tj. staklene površine, koje u jednom delu objekta omogućavaju kombinaciju prirodnog i veštačkog osvetljenja i prirodnu ventilaciju.

U okruženju Novog Sada, istraživanje je obavljeno u dva preduzeća, tj. dva proizvodna objekta koja pripadaju oblasti metalske industrije, a nalaze se u neposrednoj blizini.

Preduzeće 3, je prizemni objekat, izgrađen od čeličnih konstrukcija i fasadne opeke, a površina objekta je 10219 m². Na zidovima objekata su postavljeni prozori koji u jednom delu objekta omogućavaju prirodno ventilisanje i kombinaciju prirodnog i veštačkog osvetljenja.

Preduzeće 4, je prizemni objekat, izgrađen od čeličnih konstrukcija i fasadne opeke, a površina objekta je 8123 m². Na zidovima objekata su postavljeni prozori koji omogućavaju prirodno ventilisanje, kao i kombinaciju prirodnog i veštačkog osvetljenja.

U Subotici je izvršeno istraživanje u dva preduzeća, odnosno dva proizvodna objekta, koja pripadaju oblasti konditorske industrije.

Preduzeće 5, je prizemni objekat izgrađen od armirano betonske konstrukcije ispunjene opekom, a površina objekta je 5000 m². Na zidovima objekta postoje otvori koji su izgrađeni u svrhu prirodne ventilacije. U najvećem delu objekta je veštačko osvetljenje, jer ne postoje prozori, tj. staklene površine na objektu koje u potpunosti mogu da obezbede prirodno osvetljenje radnih mesta.

Preduzeće 6, je višespratni objekat, izgrađen od armirano betonske konstrukcije ispunjene opekom, a ukupna površina objekta je oko 13 000 m². Istraživanje je obavljeno na prvom spratu objekta koji ima površinu 3250 m². Na zidovima objekta, odnosno na prvom spratu su postavljeni prozori koji omogućavaju prirodnu ventilaciju, kao i kombinaciju prirodnog i veštačkog osvetljenja.

U istraživanju su učestvovali ljudi koji rade u procesu proizvodnje, na radnim mestima kao što su rukovanje opremom za rad i pakovanje gotovih proizvoda. U svih šest preduzeća, odnosno proizvodnih objekata, zaposleni koji su uzeli učešće u istraživanju su bili zdravi, a dobrovoljno su dali pristanak za učešće u istraživanju. Kako bi se postigao cilj istraživanja, paralelno su korišćena dva načina prikupljanja podataka. Jedan način je anketiranje

zaposlenih pomoću razvijenog upitnika, a drugi je ispitivanje fizičkih uslova radne sredine sa mernim instrumentima.

6.2.1 Anketiranje ispitanika

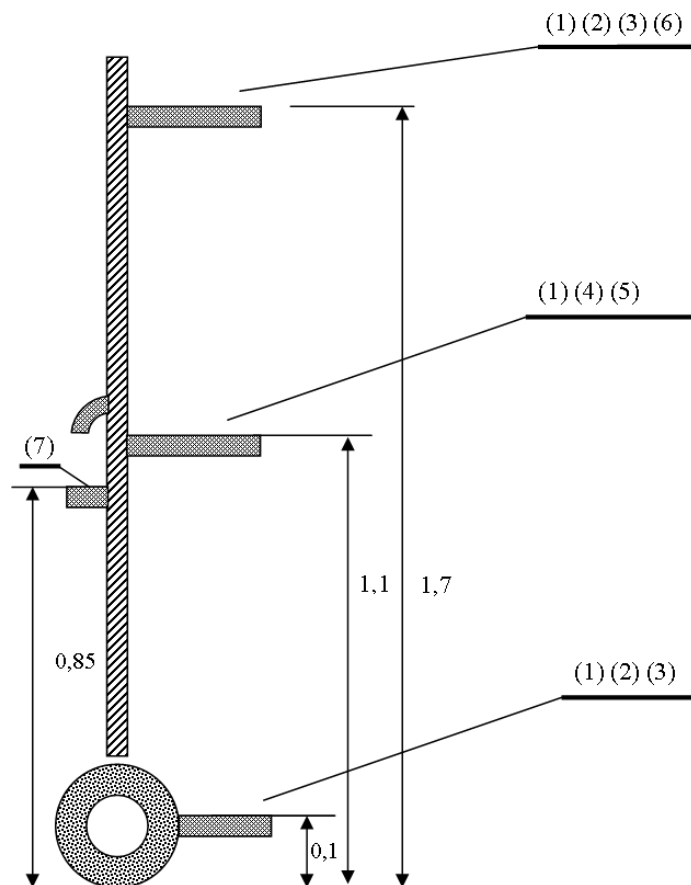
U šest preduzeća, pomoću upitnika izvršeno je anketiranje zaposlenih u vezi osećaja mikroklimatskih parametara, buke i osvetljenosti na radnom mestu. Ispitanici (zaposleni) su se izjasnili o svom subjektivnom doživljaju parametara mikroklimatske, buke i osvetljenosti na svom radnom mestu. Upitnik je namenski razvijen za potrebe istraživanja, u skladu sa međunarodnim standardima (ISO 7730 2005; ISO 10551 1995). Upitnik se sastoji od pet sekcija, a to su: demografski podaci, mikroklimatski parametri, osećaj osvetljenosti i osećaj buke. Namenski razvijeni upitnik, koji su zaposleni popunjavali u toku svojih radnih aktivnosti, je dat u Prilogu 1. U toku anketiranja, odnosno popunjavanja upitnika od strane ispitanika, izvršena je procena intenziteta metabolizma i toplotna izolaciju odeće, u skladu sa preporukama međunarodnih standarda (ISO 8996 2004; ISO 7730 2005; ISO 9920 2007). U toku popunjavanja upitnika, zaposleni (ispitanici) nisu imali mogućnost uvida u izmerene vrednosti na mernim instrumentima. Nakon popunjenog upitnika od strane ispitanika na radnom mestu, dodeljene su brojčane oznake na popunjenom upitniku, odnosno izvršena je oznaka merenog mesta kako bi se izvršilo poređenje sa izmerenim vrednostima fizičkih uslova radne sredine.

6.2.2 Ispitivanje fizičkih uslova radne sredine

U toku istraživanja, ispitanici su svoje radne aktivnosti obavljali u položaju stajanja, sedenja na visokim stolicama bez naslona ili sporog hodanja u malom radijusu oko radnog mesta. Na svakom radnom mestu, u svih šest preduzeća, ispitivanje je obavljeno pomoću mernih instrumenata, koji su bili raspoređeni na mobilnom sistemu za merenje fizičkih uslova radne sredine. Ispitivanje je vršeno u toku dana, u periodu od 08:00 h do 19:00 h, a na svakom radnom mestu je trajalo 20 minuta. Rezultati merenja su očitani na mernim instrumentima i upisivani u merne liste. Vertikalni raspored mernih instrumenata na tri različite visine: 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m prikazan je na slici 6.1. Mobilni sistem za merenje fizičkih uslova radne sredine, namenski je konstruisan za obavljanje istraživanja, u skladu sa preporukama međunarodnih standarda (ISO 7243 1989; ISO 7730 2005). Izvršena su merenja unutrašnjih fizičkih uslova radne sredine i to:

- temperatura vazduha, °C,
- relativna vlažnost vazduha, %,
- brzina strujanja vazduha, m/s,
- toplotno zračenje (temperatura crnog globus termometra), °C,
- nivo buke, dB(A),
- osvetljenost, lx.

Ispitivanje spoljnih klimatskih parametara, temperature vazduha i relativne vlažnosti vazduha obavljeno je ispred objekta u hladu, na visini od dva metra. Ispitivanje je vršeno u 07:00 h, 14:00 h i 21:00 h, rezultati su prikazani u smislu srednjih dnevnih vrednosti.

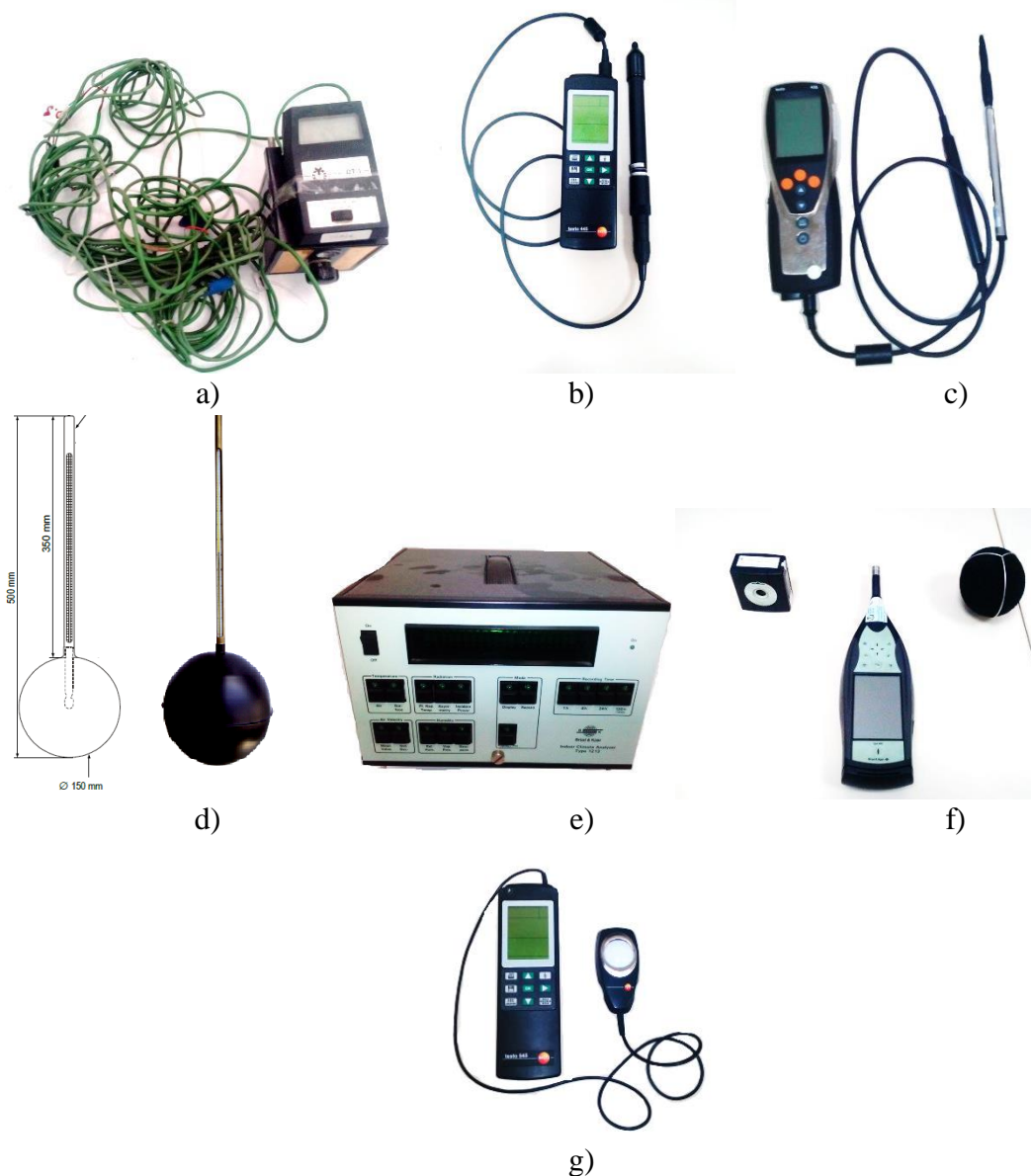


Slika 6.1. Skica mobilnog sistema za merenje fizičkih uslova radne sredine.

- (1) – merenje temperature vazduha, (2) – merenje relativne vlažnosti vazdha,
 (3) – merenje brzine strujanja vazduha, (4) – merenje temperature crnog globus termometra, (5) – merenje srednje temperature zračenja, (6) – merenje nivoa buke,
 (7) – merenje osvetljenosti.

Instrumenti za merenje temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha i brzine strujanja vazduha bili su raspoređeni na visinama koje su prikazane na slici 6.1, kako bi se izmerile vrednosti parametara mikroklimе u predelu članaka, trbuha i glave čoveka. Merenje relativne vlažnosti vazduha i brzine strujanja vazduha na visini 1,1 m, nije mereno, vrednosti su izračunate i prikazane kao srednja vrednost između izmerenih vrednosti na visinama 0,1 m i 1,7 m. Merni instrumenti za merenje toplotnog zračenja, tj. Crni globus termometar i Analizator sobne klime su postavljeni na visini 1,1 m, u skladu sa preporukama (ISO 7243 1989). Srednja temperatura zračenja (t_{mr}) izračunata je iz temperature crnog globus termometra, prema jednačinama 4.14. i 4.15, u skladu sa preporukama (ISO 7726 1998). Instrument za merenje nivoa buke, postavljen je na visini 1,7 m, odnosno u predelu visine glave prosečnog čoveka. Merni instrument za merenje osvetljenosti postavljen je na visini 0,85 m, u predelu visine prosečnog radnog stola. U toku istraživanja, korišćeni merni instrumenti su ispunili zahteve međunarodnih standarda (ISO 7726 1998; ISO 7243 1989), etalonirani su kod ovlašćenih institucija, a pre početka merenja su kalibrisani. Na slici 6.2 prikazan je fotografski

izgled mernih instrumenata koji su korišćeni tokom merenja odnosno istraživanja. Naziv i karakteristike korišćenih mernih instrumenata u toku istraživanja prikazane su u tabeli 6.1.



Slika 6.2. Fotografski izgled mernih instrumenata.

- a) – digitalni termometar, Dalmacija DT-1, termoparovi tipa K,
- b) – multi-funkcionalni uređaj, Testo 445,
- c) – uređaj za ispitivanje temperature, vlažnosti i brzine strujanja vazduha, Testo 435–2,
- d) – crni globus termometar 150 mm,
- e) – sistem za akviziciju mernih podataka – analizator sobne klime, Bruel & Kjaer 1213,
- f) – fonometar, analizator buke, Bruel & Kjaer, BK 2250,
- g) – digitalni luksmetar, Testo 545.

Tabela 6.1. Specifikacija mernih instrumenata za realizaciju eksperimentalnog istraživanja

Naziv, tip i proizvođač mernog instrumenta	Merenje	Specifikacija	
		Opseg merenja	Tačnost merenja
Digitalni termometar, Dalmacija DT-1, Hrvatska. Termoparovi K – tipa, tri komada.	Temperatura vazduha.	-65°C÷1150°C	0,1/1°C
Multi-funkcionalni uređaj, Testo 445, Nemačka.	Temperatura vazduha.	-20°C÷70°C	± 0,3°C
	Relativna vlažnost vazduha	0 %÷100 %	± 2 %
	Brzina strujanja vazduha	0 m/s÷20 m/s	± 0,03÷ ± 4 % m/s
Uređaj za ispitivanje temperature, vlažnosti i brzine strujanja vazduha, Testo 435-2, Nemačka.	Temperatura vazduha	-20°C÷70°C	± 0,3°C
	Relativna vlažnost vazduha	0 %÷100 %	± 2 %
	Brzina strujanja vazduha	0 m/s÷20 m/s	± 0,03÷ ± 4 % m/s
Crni globus termometar, prečnik kugle 150 mm, debljina lima 0,6mm, koeficijent emisije 0,95, mat crni globus, Kimo instruments, Francuska.	Temperatura toplotnog zračenja.	0°C÷60°C.	±0,5°C.
Sistem za akviziciju mernih podataka – analizator sobne klime, Bruel & Kjaer 1213. Senzor temperature zračenja B&K MM 0036; Anemometar sa konstantnom temperaturom B&K MM 0038.	Temperatura vazduha	0°C÷600°C	± 50 K
	Brzina strujanja vazduha	0,05÷1 m/s,	±0,05m/s.
	Relativna vlažnost vazduha i toplotno zračenje	-	± 5 %
Fonometar, Analizator buke, Bruel & Kjaer, BK 2250, Danska.	Merenje buke	20 dB÷140 dB	±5 %
Digitalni Luksmetar, Testo 545, Nemačka.	Merenje osvetljenosti	0 lx÷100000 lx	±5%

Anketiranje ispitanika (zaposlenih) na radnim mestima i mobilni sistem za merenje fizičkih uslova radne sredine sa vertikalnim rasporedom mernih instrumenata u toku merenja, odnosno istraživanja, prikazan je na slici 6.3.



Slika 6.3. Prikaz mobilnog sistema za merenje fizičkih uslova radne sredine.

Nakon izvršenog anketiranja, odnosno popunjavanja upitnika od strane ispitanika i izvršenih merenja fizičkih uslova radne sredine, prikupljeni podaci su unešeni u bazu podataka koja je formirana u Microsoft excel file. Podaci su unešeni za svakog ispitanika, odnosno unešeni podaci iz upitnika su pridruženi podacima fizičkih merenja uslova radne sredine za svakog ispitanika na mernom mestu, tj. radnom mestu. Prilikom statističke obrade podataka, korišćen je programski paket SPSS i Microsoft excel.

6.3 Rezultati i diskusija istraživanja toplotnog komfora u radnoj sredini

Kako bi se postigao cilj istraživanja i dokazale istraživačke hipoteze, izvršena je statistička obrada prikupljenih podataka. Rezultati istraživanja su prikazani tako što će se prvo prikazati opis uzorka istraživanja, procena intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće, a zatim rezultati merenja, tj. ispitivanja fizičkih uslova radne sredine.

Nakon izvršenih merenja fizičkih uslova radne sredine, odnosno parametara mikroklimе, procenjenog intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće, izvršen je proračun predviđanja toplotnog komfora ispitanika, odnosno izvršen je proračun PMV indeksa (*engl. Predicted Mean Vote*) korišćenjem jednačina (5.3–5.4). Istraživanje je izvedeno na način da su ispitanici paralelno sa fizičkim merenjima uslova radne sredine, svoj toplotni komfor iskazali na skali toplotnog osećaja koja je prikazana na slici 5.1. Izvršeno je poređenje rezultata proračuna predviđanja toplotnog komfora pomoću PMV indeksa i rezultata iskazivanja toplotnog komfora od strane ispitanika na skali toplotnog osećaja.

Nakon opisanog uzorka istraživanja, prikazanih rezultata merenja fizičkih uslova radne sredine, izvršena je statistička obrada prikupljenih podataka u cilju dokazivanja postavljenih hipoteza. Od statističkih parametara određeni su (Obradović & Sentić 1967; Marjanović et al. 2016; Arandelović et al. 2011; Hadžić & Nikolić 1987): apsolutni raspon uzorka, odnosno razlika između najveće i najmanje vrednosti obeležja razmatranih podataka:

$$R = \max X_i - \min X_i, (i=1,2,3,\dots,n), \quad (6.1)$$

aritmetička sredina uzorka, koja je definisana sledećim izrazom:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (6.2)$$

varijansa uzorka, koja predstavlja srednju vrednost zbira kvadrata odstupanja podataka od njihove aritmetičke sredine:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}. \quad (6.3)$$

Standardna devijacija je apsolutna mere varijabiliteta i ukazuje koliko elementi nekog skupa (uzorka) odstupaju od aritmetičke sredine. Standardna devijacija uzorka se može dobiti iz varijanse uzorka:

$$S = \sqrt{S^2}, \quad (6.4)$$

koeficijent varijacije pokazuje relativnu meru disperzije serije, a predstavlja relativan odnos standardne devijacije i aritmetičke sredine:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}, \quad (6.5)$$

gde su:

n – broj elemenata obeležja uzorka,

X_i – vrednost razmatranih obeležja.

Za utvrđivanje statističke povezanosti i zavisnosti između razmatranih pojava u doktorskoj disertaciji, koristi se metod linearne korelacije i regresione analize. Pomoću metoda linearne korelacije, će se ispitati da li između razmatranih pojava postoji kvantitativno slaganje, a ukoliko postoji u kom stepenu. Koeficijent linearne korelacije je mera jačine linearne povezanosti između dve promenljive X i Y . Korišćenjem korelacione analize će se identifikovati postojanje linearnog kvantitativnog slaganja između dve promenljive. Pirsonov koeficijent linearne korelacije može se odrediti na osnovu uzorka, odakle sledi:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y}, \quad (6.6)$$

gde su:

S_{xy} – kovarijansa uzorka,

S_x – standardna devijacija obeležja uzorka X ,

S_y – standardna devijacija obeležja uzorka Y ,

Kovarijansa uzorka može se definisati sledećim izrazom:

$$S_{xy} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{n-1}. \quad (6.7)$$

Zamenom vrednosti kovarijanse i standardne devijacije, koeficijent linearne korelacije može se izraziti sledećom jednačinom:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}. \quad (6.8)$$

Koeficijent korelacije je relativna mera, a rezultat se kreće u intervalu od -1 do $+1$. Ukoliko je rezultat koeficijenta linearne korelacije pozitivan, povezanost između razmatranih pojava je pozitivna $r > 0$, to znači da obe pojave rastu ili obe pojave opadaju. Ukoliko je rezultat koeficijenta linearne korelacije negativan, tj. manji od nule $r < 0$, povezanost između razmatranih pojava je negativna, što znači da sa porastom vrednosti jedne pojave, druga opada. Ukoliko je rezultat koeficijenta linearne korelacije bliže jedinici, utoliko je povezanost između razmatranih pojava veća. Ukoliko je rezultat bliže nuli, povezanost razmatranih pojava je manja. Kako bi se utvrdio oblik povezanosti između razmatranih pojava u istraživanju, koristi se metod linearne regresije. Pomoću regresione analize će se odrediti model koji najbolje daje vezu između razmatranih pojava. Jednačina regresije daje prosečnu meru varijacije jedne promenljive Y , u zavisnosti od promene nekog faktora X , kao nezavisne promenljive. Opšta funkcija linearne regresije uzorka ima sledeći oblik:

$$Y = a + bx, \quad (6.9)$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2}, \quad (6.10)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}. \quad (6.11)$$

gde su:

a – regresiona konstanta,

b – koeficijent smera regresione prave.

Regresioni konstanta, predstavlja vrednost na Y osi-ordinati, kao zavisnoj promenljivoj, kada je vrednost na X osi-apscisi jednaka nuli. Koeficijent smera regresione prave (koeficijent nagiba) u jednačini regresije pokazuje tangens ugla koji zaklapa prava sa pozitivnim krakom X ose. Odnosno, za koliko će se promeniti zavisna promenljiva Y , kada se nezavisna promenljiva X promeni za jednu jedinicu. Reprezentativnost regresione prave, može se odrediti preko standardne greške i koeficijenta determinacije. Koeficijent determinacije određuje proporciju ukupne varijacije funkcije, koja je objašnjena faktorom X , kao nezavisnom promenljivom. Koeficijent determinacije predstavlja kvadrat koeficijenta korelacije:

$$r^2 = \frac{S_{xy}^2}{S_x^2 \cdot S_y^2}, \quad (6.12)$$

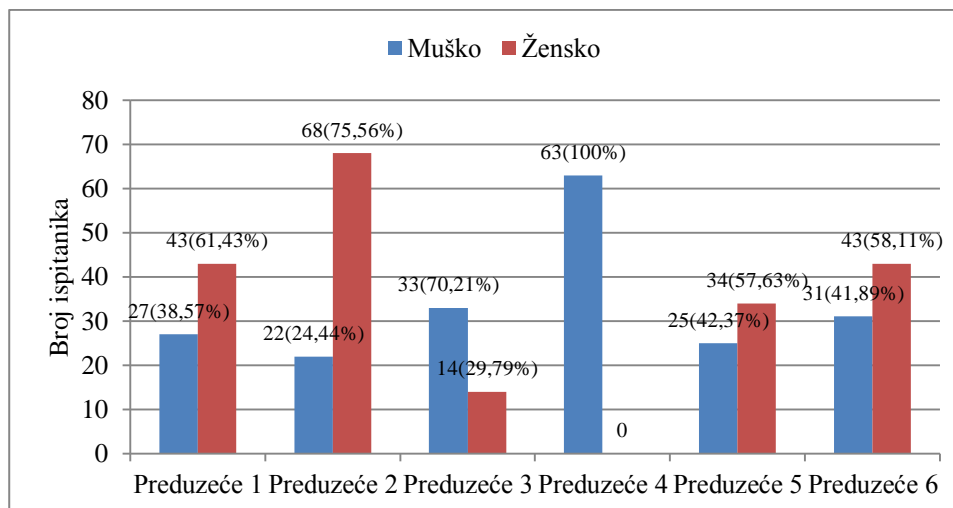
Rezultat koeficijenta determinacije se kreće u intervalu od 0 do 1. Ukoliko je $r^2=1$, sve empirijske vrednosti se nalaze na regresionoj liniji. Ukoliko je vrednost koeficijenta determinacije bliže nuli, linija regresije ima slabu reprezentativnost razmatranih obeležja u uzorku. Rezultat koeficijenta determinacije se može izraziti i procentualno. Rezultat koeficijenta determinacije se množi sa 100, tako da se vrednost, tj. varijabilitet objašnjava procentualno (Obradović & Sentić 1967; Marjanović et al. 2016; Arandelović et al. 2011; Hadžić & Nikolić 1987).

6.3.1 Opis uzorka istraživanja

Uzorak istraživanja čine 403 ispitanika, koji su bili zaposleni u šest preduzeća, odnosno šest prirodno ventilisanih, industrijskih objekata. Ukupan broj ispitanika bio je raspoređen na 77 radnih mesta, odnosno mernih mesta. Svi ispitanici koji su učestvovali u istraživanju, svoje radne aktivnosti su obavljali u proizvodnji. Broj, procentualno učešće i polna struktura ispitanika u svih šest preduzeća prikazana je u tabeli 6.2 i na slici 6.4. Može se uočiti da je u Preduzeću 2 bilo najviše ispitanika, ukupno 90, od toga 24,44% muškarca 75,56% žena. Najmanje ispitanika, koji su učestvovali u istraživanju je bio u Preduzeću 3, njih 47, od toga 70,21% muškarca i 29,79% žena. U Preduzeću 4, učešće u istraživanju uzelo je 63 ispitanika, od toga su svi bili muškog pola.

Tabela 6.2. Broj i polna struktura ispitanika u svih šest preduzeća

Naziv preduzeća	Pol ispitanika	Broj ispitanika	Procentualno učešće, %
Preduzeće 1	Muško	27	38,57
	Žensko	43	61,43
	Ukupno u preduzeću	70	100,00
Preduzeće 2	Muško	22	24,44
	Žensko	68	75,56
	Ukupno u preduzeću	90	100,00
Preduzeće 3	Muško	33	70,21
	Žensko	14	29,79
	Ukupno u preduzeću	47	100,00
Preduzeće 4	Muško	63	100,00
Preduzeće 5	Muško	25	42,37
	Žensko	34	57,63
	Ukupno u preduzeću	59	100,00
Preduzeće 6	Muško	31	41,89
	Žensko	43	58,11
	Ukupno u preduzeću	74	100,00
Ukupno ispitanika prema polu:	Muško	201	49,88
	Žensko	202	50,12
Ukupno ispitanika:		403	100



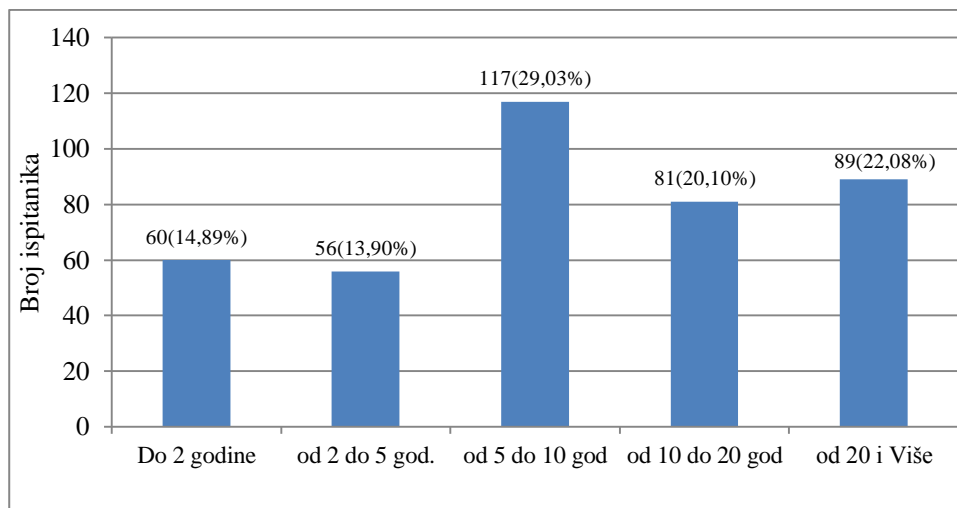
Slika 6.4. Broj i polna struktura ispitanika.

Starosna struktura ukupnog broja, tj. 403 ispitanika kreće se u intervalu od 19 do 62 godine starosti. Srednja vrednost starosti svih 403 ispitanika iznosi 36,69 godina, a vrednost standardne devijacije, odnosno prosečno odstupanje od srednje vrednosti je 10,97 godina. Starosna struktura ispitanika u svih šest preduzeća prikazana je u tabeli 6.3. Može se uočiti da je srednja vrednost starosti ispitanika najmanja u Preduzeću 1, a najveća u Preduzeću 4 sa rezultatom standardne devijacije 12,45 godina.

Tabela 6.3. Starosna struktura ispitanika u šest preduzeća

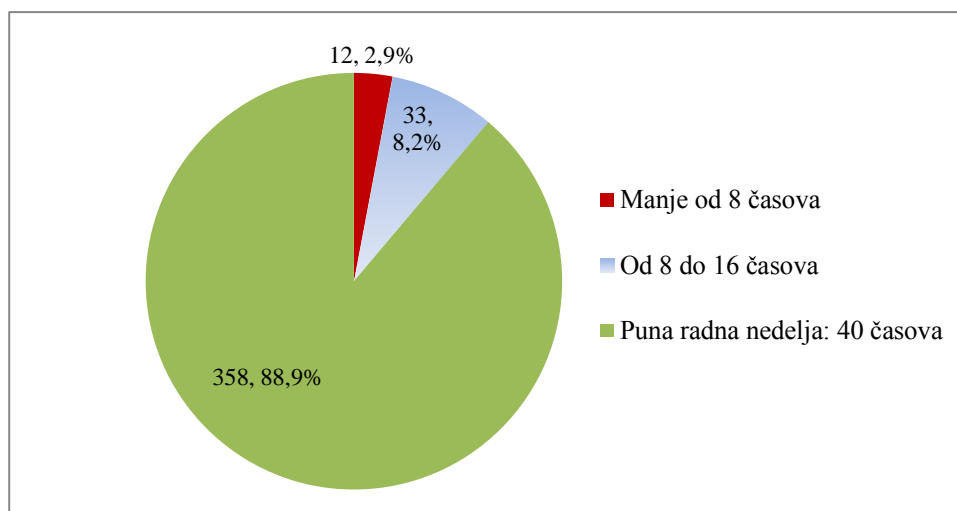
Naziv preduzeća	Broj ispitanika	Starost ispitanika, god.			
		Min.	Max.	\bar{X}	S
Preduzeće 1	70	21	57	31,71	6,13
Preduzeće 2	90	20	60	35,29	9,92
Preduzeće 3	47	22	59	37,23	10,55
Preduzeće 4	63	20	62	42,62	12,45
Preduzeće 5	59	20	56	36,95	11,43
Preduzeće 6	74	19	56	37,55	12,05

Ispitanici koji su uzeli učešće u istraživanju bili su zaposleni u preduzećima, a vremenski period zaposlenosti ukupnog uzorka ispitanika je grupisan prema godinama zaposlenja, u pet grupa. Broj zaposlenih koji rade u preduzećima manje od dve godine je bio 60, odnosno 14,89% od ukupnog broja 403 ispitanika. Najveći broj ispitanika je bio zaposlen u preduzećima u vremenskom intervalu od 5 do 10 godina, njih 117, odnosno 29,03% od ukupnog broja 403 ispitanika, kao što je prikazano na slici 6.5.



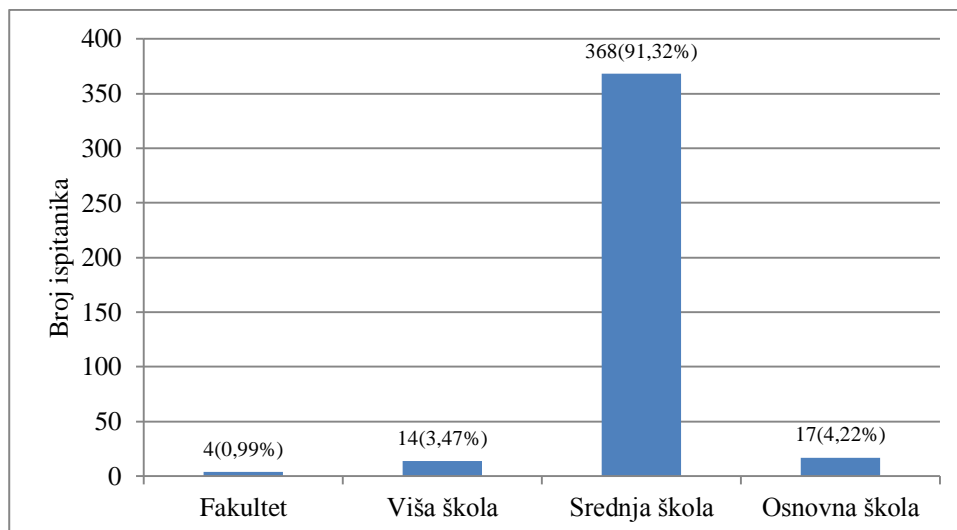
Slika 6.5. Vreme zaposlenosti ispitanika u preduzećima.

Većina ispitanika provodi puno radno vreme u ispitivanom radnom prostoru. Od ukupnog uzorka ispitanika, njih 358 ili 88,9%, provede 40 časova nedeljno u ispitivanom radnom prostoru. Manje od 8 časova u toku radne nedelje, ispitivanom radnom prostoru provede 12 ispitanika ili 2,9%, što se može videti na slici 6.6.



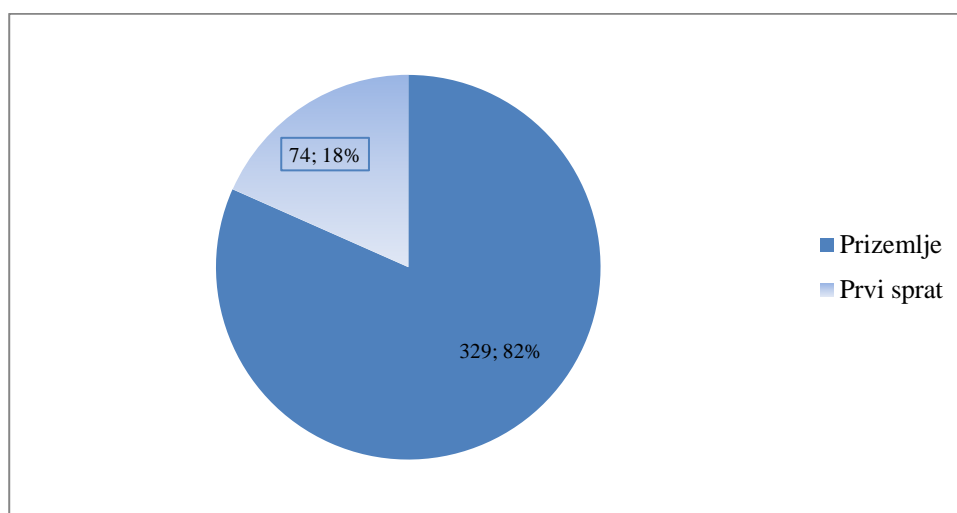
Slika 6.6. Nedeljno vreme provedeno u ispitivanom radnom prostoru.

Prema nivou obrazovanja ukupan uzorak ispitanika, njih 403 podeljeno je u četiri grupe, kao što je prikazano na slici 6.7. Većina ispitanika je imala obrazovanje na nivou srednje školske spreme, ukupno 368 ili 91,32% ispitanika. Sa fakultetskim obrazovanjem 4 ili 0,99%, sa višom školskom spremom 14 ili 3,47% i sa osnovnim obrazovanjem 17 ili 4,22%.



Slika 6.7. Obrazovna struktura ispitanika.

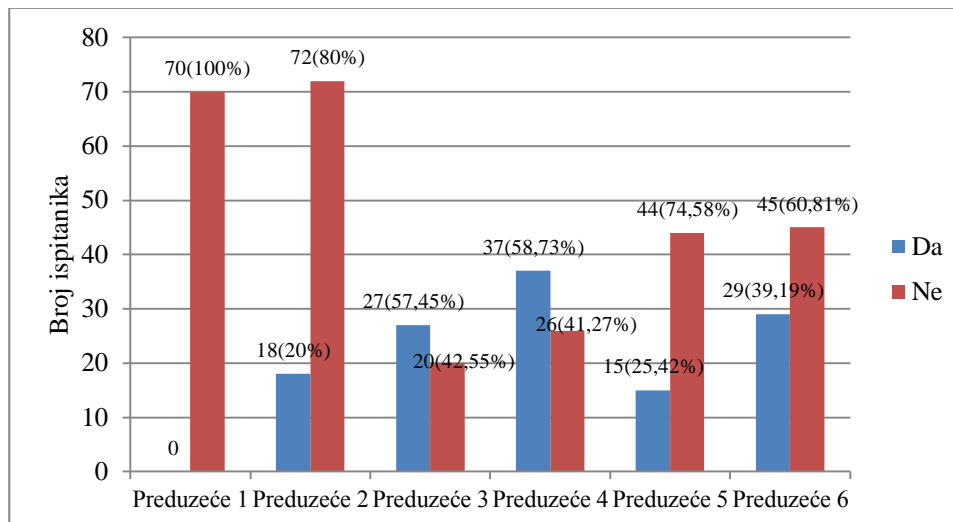
Većina ispitanika koji su učestvovali u istraživanju, svoje radne aktivnosti obavljali su u prizemnom delu objekta, ukupno 329 ispitanika ili 81,64%. Od ukupnog broja, tj. 403 ispitanika koji su uzeli učešće u istraživanju, njih 74 ili 18,36% je obavljalo svoje radne aktivnosti na prvom spratu objekta, kao što je prikazano na slici 6.8. Ispitanici koji su obavljali radne aktivnosti na prvom spratu objekta su zaposleni u Preduzeću 6, jer obavljanje procesa rada se odvija na prvom spratu objekta.



Slika 6.8. Raspored ispitanika prema spratnosti objekta.

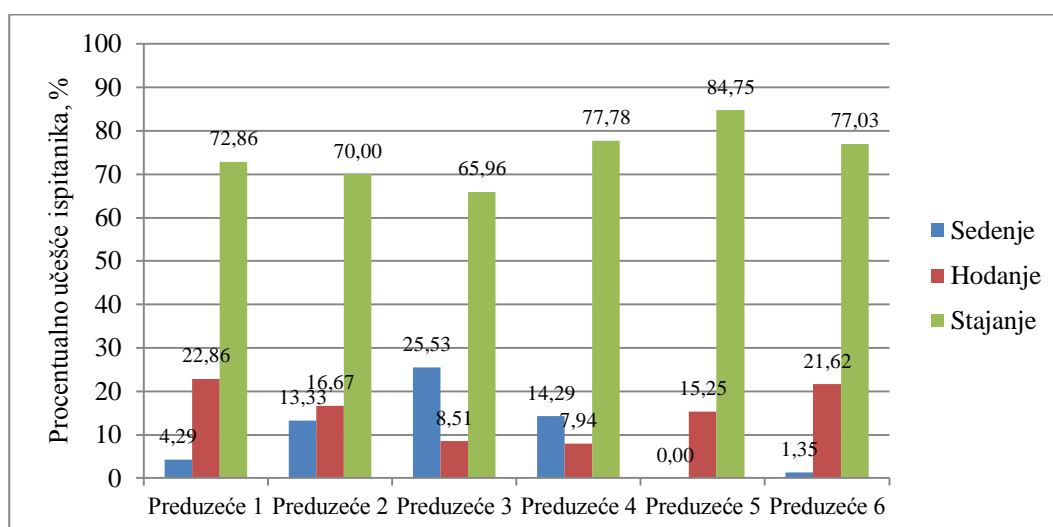
Kako bi se identifikovala pozicija radnog mesta u objektu u odnosu na udaljenost od prozora, staklenih površina i otvora za prirodno provetravanje u preduzeću, ispitanici su imali mogućnost da se izjasne na upitniku, da li postoji prozor ili otvor u blizini radnog mesta, odnosno da li se njihovo radno mesto nalazi na dva metra udaljenosti od otvora ili staklenih prozora. Na slici 6.9 prikazan je broj ispitanika koji su imali prozor, staklene površine ili otvore za prirodno provetravanje na udaljenosti dva metra od radnog mesta. Ispitanici iz Preduzeća 1, nisu imali prozore i staklene površine u blizini radnog mesta, jer ne postoje na

objektu. U Preduzeću 4 najviše ispitanika obavljalo je radne aktivnosti u blizini prozora, njih 37 ili 58,73%. Od ukupnog uzorka 403 ispitanika, 277 ili 68,70% ispitanika nema prozor ili staklenu površinu u blizini radnog mesta, a 126 ili 31,30% ispitanika obavljalo je radne aktivnosti na udaljenosti do dva metra od prozora, odnosno staklenih površina.



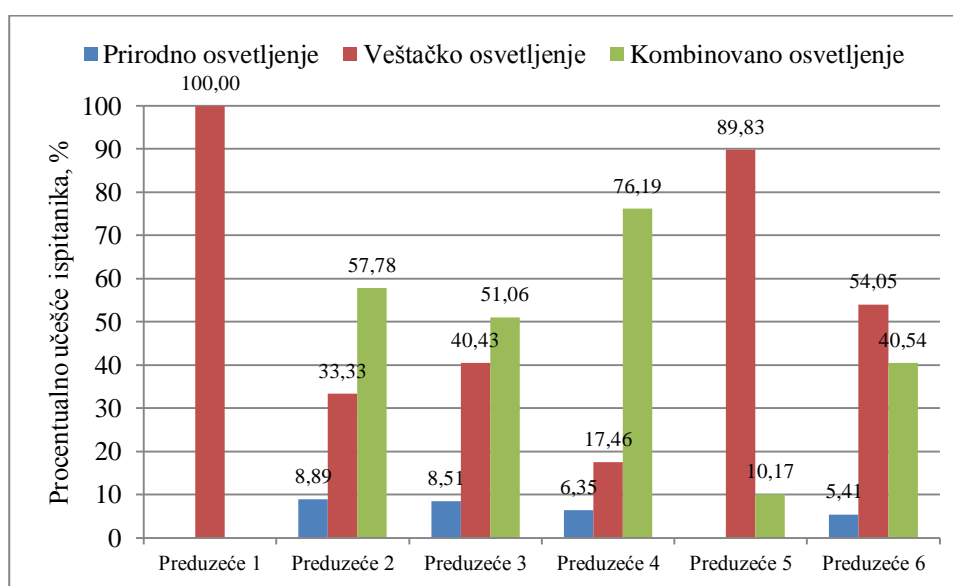
Slika 6.9. Broj ispitanika čije se radno mesto nalazi u blizini prozora.

Svi ispitanici su bili zaposleni u procesu proizvodnje, a svoje radne aktivnosti su obavljali u poziciji sedenja na visokim stolicama, hodanja u malom radijusu oko svog radnog mesta ili stajanja. Na slici 6.10 prikazana je pozicija ispitanika na radnom mestu, a može se uočiti da je u svakom preduzeću većina ispitanika svoje radne aktivnosti obavljala u poziciji stajanja, a najmanje u poziciji hodanja u malom radijusu oko svog radnog mesta. Na ukupnom uzorku od 403 ispitanika, radne aktivnosti u poziciji sedenja na visikom stolicama bez naslonjača je obavljalo 37 ili 9,18% ispitanika. U poziciji hodanja oko radnog mesta 65 ili 16,13%, a u poziciji stajanja 301 ili 74,69% ispitanika.



Slika 6.10. Pozicija ispitanika na radnom mestu u šest preduzeća.

U svih šest preduzeća, radna mesta na kojima su ispitanici obavljali svoje radne aktivnosti bila su raspoređena po celom objektu. Većina ispitanika svoje radne aktivnosti je obavljala na udaljenosti od prozora većoj od dva metra, što se može videti na slici 6.9. Kako bi se dobila informacija o izvoru osvetljenja na radnom mestu, u svih šest preduzeća ispitanici su se izjasnili o izvoru osvetljenja na radnom mestu. Ispitanici su se izjašnjavali da li je osvetljenje na njihovom radnom mestu prirodno, veštačko ili kombinovano. Na slici 6.11 prikazano je koje osvetljenje su zaposleni imali na svom radnom mestu. Rezultati istraživanja ukazuju da su svi ispitanici u Preduzeću 1 imali veštačko osvetljenje na svom radnom mestu, a to je iz razloga što Preduzeće 1 nije imalo staklene površine, odnosno prozore. U Preduzeću 5, samo 10,17% ispitanika je koristilo kombinovano osvetljenje, odnosno prirodno i veštačko u istom trenutku, ali nijedan ispitanik nije koristio samo prirodno osvetljenje na svom radnom mestu, iako su na objektu postojali prozori.



Slika 6.11. Izvori osvetljenja na radnim mestima u šest preduzeća.

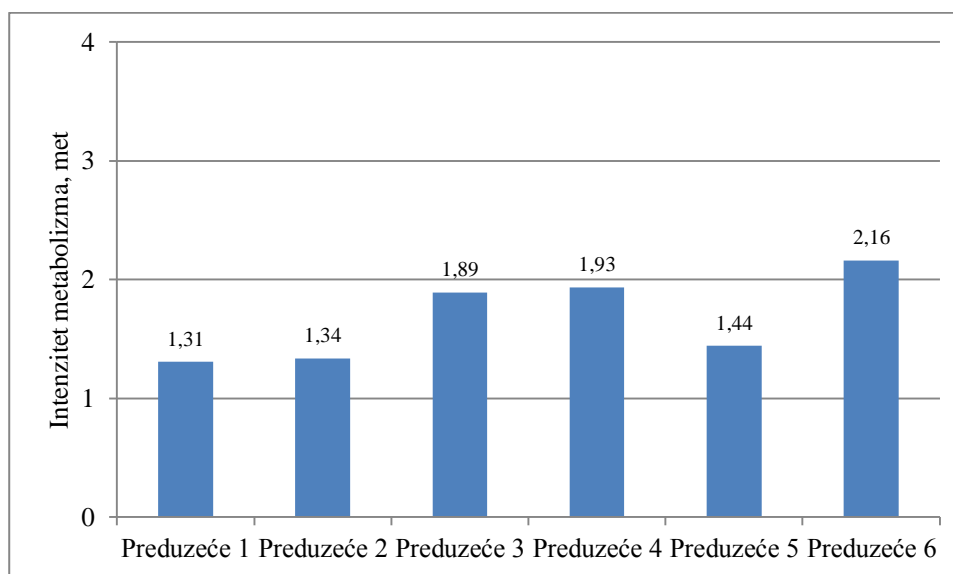
6.3.2 Procena intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće

Paralelno sa anketiranjem ispitanika i merenjem fizičkih uslova radne sredine, izvršena je procena intenziteta metabolizma za svakog ispitanika u skladu sa preporukama međunarodnih standarda (ISO 7730 2005; ISO 8996 2004). U tabeli 6.4 prikazani su rezultati statističke analize procene intenziteta metabolizma kod ispitanika u svih šest preduzeća. Može se uočiti da je najmanja procenjena vrednost intenziteta metabolizma ispitanika 1,20 met, a najveća 2,80 met i to u Preduzeću 6. Najmanja srednja vrednost procenjenog intenziteta metabolizma 1,31 met bila je u Preduzeću 1, a najveća 2,16 met u Preduzeću 6, sa prosečnim odstupanjem od srednje vrednosti 0,50 met. Na slici 6.12 prikazani su rezultati srednjih vrednosti procenjenog intenziteta metabolizma ispitanika u šest preduzeća.

Tabela 6.4. Rezultati statističke analize procene intenziteta metabolizma kod ispitanika

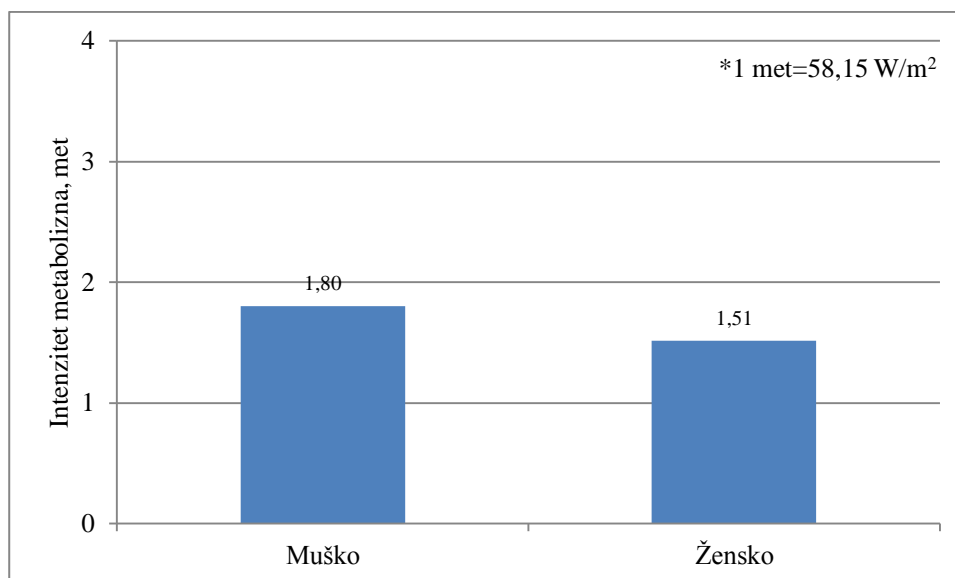
Naziv preduzeća	Broj ispitanika	Intenzitet metabolizma, met*				
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Preduzeće 1	70	1,20	1,60	0,40	1,31	0,11
Preduzeće 2	90	1,20	2,00	0,80	1,34	0,22
Preduzeće 3	47	1,60	2,00	0,40	1,89	0,17
Preduzeće 4	63	1,60	2,00	0,40	1,93	0,14
Preduzeće 5	59	1,20	1,60	0,40	1,44	0,17
Preduzeće 6	74	1,60	2,80	1,20	2,16	0,50

*1 met=58,15 W/m², (ISO 7730 2005; ISO 8996 2004).



Slika 6.12. Intenzitet metabolizma kod ispitanika u šest preduzeća.

Na slici 6.13 prikazane su srednje vrednosti procenjenog intenziteta metabolizma za ispitanike muškog i ženskog pola na ukupnom uzorku istraživanja. Za svih 201 muškaraca, srednja vrednost procenjenog intenziteta metabolizma iznosi 1,80 met (104,67 W/m²). Kod 202 ispitanika ženskog pola, srednja vrednost procenjenog intenziteta metabolizma iznosi 1,51 met (87,81W/m²). Rezultati srednjih vrednosti ukazuju da je procenjen intenzitet metabolizma, odnosno generisanje toplotne energije kod ispitanika muškog pola veće u odnosu na ispitanike ženskog pola, što je u skladu sa teorijskim istraživanjima (Guyton M.D. 1969; Guyton & Hall 2008).



Slika 6.13. Intenzitet metabolizma prema polu ispitanika.

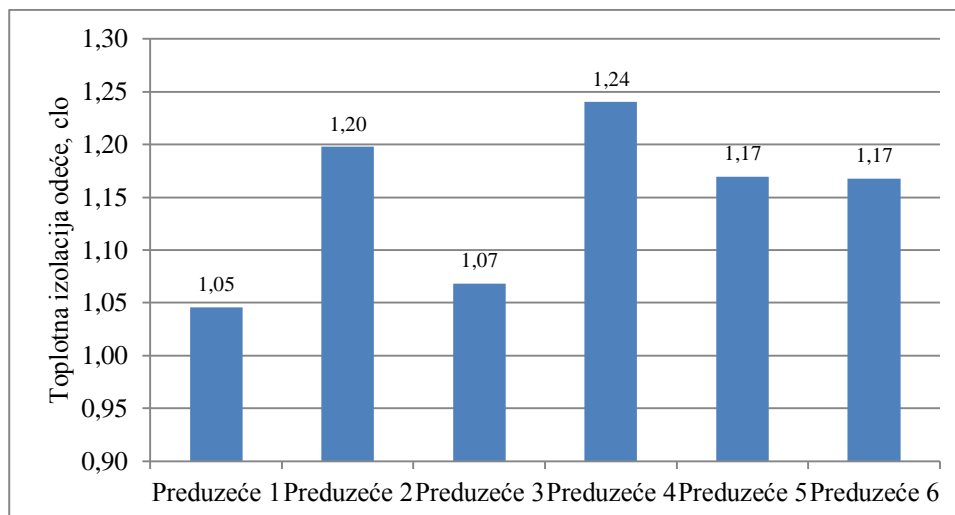
U toku anketiranja ispitanika i merenja fizičkih uslova radne sredine, izvršena je procena toplotne izolacije odeće za svakog ispitanika u skladu sa preporukama međunarodnog standarda (ISO 9920 2007). U tabeli 6.5 prikazani su rezultati statističke analize procenjene toplotne izolacije odeće svih 403 ispitanika. Rezultati ukazuju da je minimalna vrednost toplotne izolacije odeće kod ispitanika iznosila 1 clo, a najveća vrednost 1,4 clo u Preduzeću 2. Srednja vrednost procenjene toplotne izolacije odeće ispitanika je najmanja u Preduzeću 1, a iznosila je 1,05 clo. Najveća srednja vrednost toplotne izolacije odeće je 1,24 clo u Preduzeću 4 sa rezultatom standardne devijacije 0,05 clo.

Tabela 6.5. Rezultati statističke analize procene toplotne izolacije odeće

Naziv preduzeća	Broj ispitanika	Toplotna izolacija odeće, clo*				
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Preduzeće 1	70	1	1,2	0,2	1,05	0,08
Preduzeće 2	90	1	1,4	0,4	1,20	0,04
Preduzeće 3	47	1	1,2	0,2	1,07	0,10
Preduzeće 4	62	1,2	1,3	0,1	1,24	0,05
Preduzeće 5	59	1	1,2	0,2	1,17	0,07
Preduzeće 6	74	1	1,3	0,3	1,17	0,10

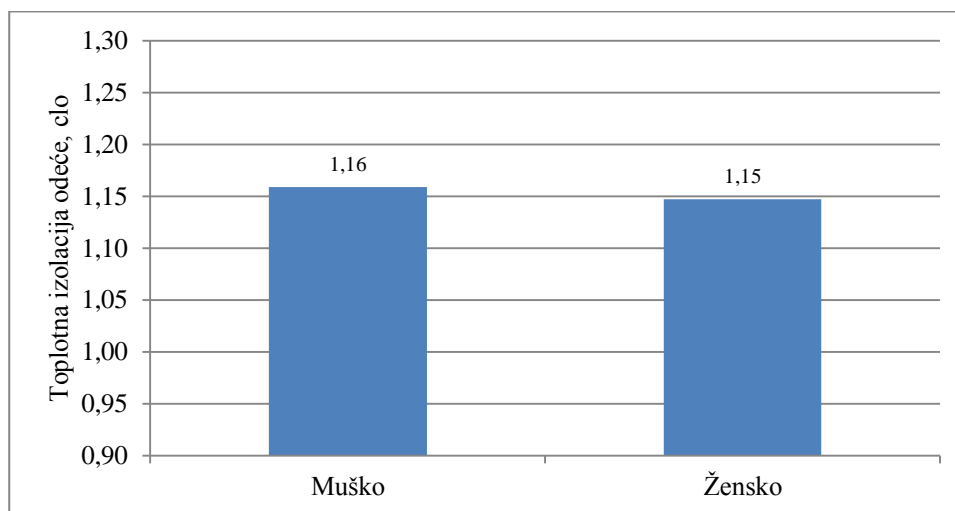
*1 clo=0,155 m²C/W, (ISO 9920 2007).

Na slici 6.14 prikazane su srednje vrednosti procenjene toplotne izolacije odeće ispitanika u svih šest preduzeća.



Slika 6.14. Prikaz srednjih vrednosti toplotne izolacije odeće u šest preduzeća.

Srednje vrednosti toplotne izolacije odeće, na ukupnom uzorku istraživanja za ispitanike muškog i ženskog pola prikazane su na slici 6.15. Srednja vrednost toplotne izolacije odeće za 201 muških ispitanika iznosi 1,16 clo, a za 202 ženskih ispitanika 1,15 clo. Rezultati procene toplotne izolacije odeće ukazuju da su vrednosti približno ujednačene kod ispitanika oba pola.



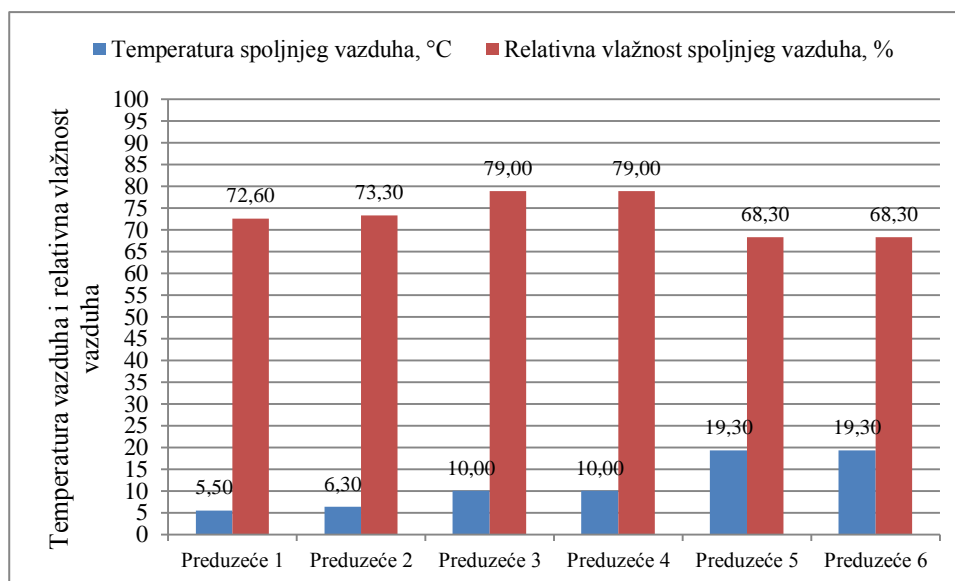
Slika 6.15. Toplotna izolacija odeće prema polu ispitanika.

6.3.3 Ispitivanje fizičkih uslova radne sredine

Istraživanje toplotnog komfora u zatvorenim prirodno ventilisanim, industrijskim objektima, odnosno merenje fizičkih uslova radne sredine u šest preduzeća obavljeno je pri različitim spoljnim klimatskim uslovima. Tokom merenja fizičkih uslova radne sredine u preduzećima, obavljeno je merenje i spoljnih klimatskih parametara ispred preduzeća, a to su temperatura vazduha i relativna vlažnost vazduha. U nastavku će biti prvo prikazani rezultati merenja spoljnih klimatskih uslova, a zatim mikroklimatskih uslova radne sredine, izmerenog nivoa buke i osvetljenosti u šest preduzeća.

6.3.3.1 Ispitivanje spoljnih klimatskih uslova

Ispitivanje, odnosno merenje spoljnih klimatskih uslova ispred preduzeća, tj. objekata obavljeno je na način koji je opisan u metodologiji istraživanja. Na slici 6.16 prikazane su dnevne srednje vrednosti merenja spoljnih klimatskih parametara ispred preduzeća. Tokom merenja ispred Preduzeća 1, temperatura spoljnog vazduha imala je najniže dnevne vrednosti 5,50°C, a ispred Preduzeća 6 najviše vrednosti 19,30°C. Najviše dnevne srednje vrednosti spoljne relativne vlažnosti vazduha 79,00%, su iznosile tokom merenja ispred Preduzeća 3 i Preduzeća 4. Dnevne srednje vrednosti spoljnih klimatskih parametara za Preduzeće 3 i Preduzeće 4 imaju iste vrednosti, kao i Preduzeće 5 i Preduzeće 6, jer je merenje, odnosno istraživanje u tim preduzećima obavljeno u istom danu.



Slika 6.16. Rezultati merenja spoljnih klimatskih parametara ispred preduzeća.

6.3.3.2 Ispitivanje temperature vazduha u radnoj sredini

Pomoću mobilnog sistema za merenje fizičkih uslova radne sredine, u svih šest preduzeća na 77 mernih mesta izvršeno je merenje temperature vazduha (t_a , °C) na tri visine 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m. U tabeli 6.6 prikazani su rezultati proračuna statističkih parametara za izmerene vrednosti temperature vazduha (t_a) na 77 mernih mesta u šest preduzeća na tri visine merenja. Iz rezultata se može uočiti da je minimalna vrednost temperature vazduha izmerena u Preduzeću 1, a iznosila je 15,00°C i to na visini 0,1 m. Maksimalna vrednost temperature vazduha 33,50°C izmerena je u Preduzeću 5 i to na visini merenja 1,7 m.

Kako bi se potvrdila validnost izmerenih rezultata temperature vazduha u prirodno ventilisanim objektima, moguće je napraviti poređenje sa važećim preporukama prema Pravilniku o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu u Republici Srbiji, koje su prikazane u tabeli 3.1 (Sl. glasnik RS br.21/09 2009). Radna mesta na kojima je izvršeno merenje, mogu se opisati kao „srednji rad-laki fizički rad“, što znači da su izmerene vrednosti temperature vazduha iznad preporučenih vrednosti tj. 28°C, odnosno

ne nalaze u dozvoljenim granicama u preduzećima 2, 4, 5 i 6, prema važećim preporukama Pravilnika o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu u Republici Srbiji (Sl. glasnik RS br.21/09 2009).

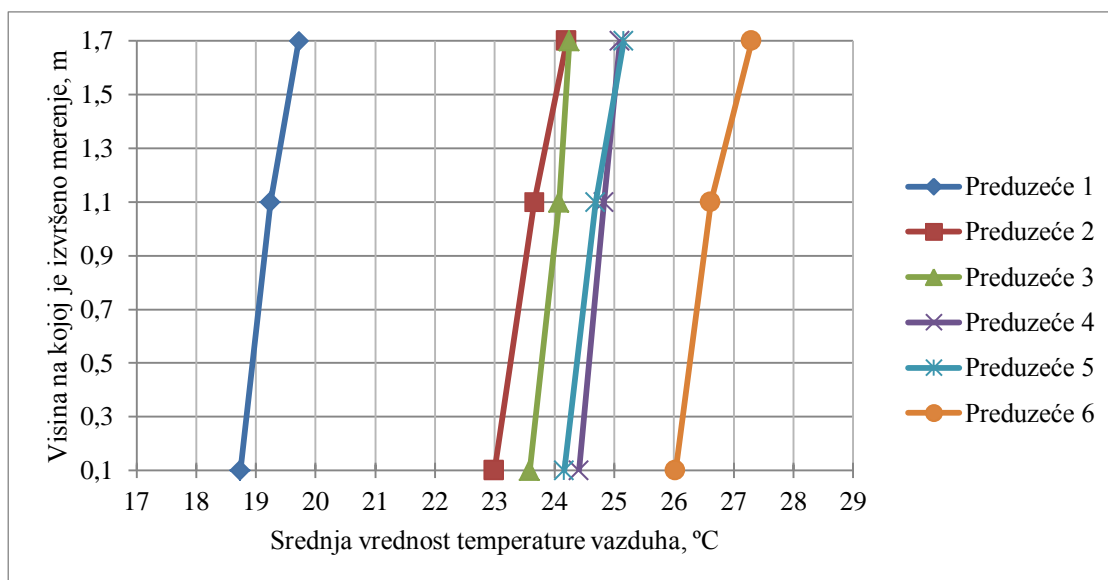
Najveća vrednost apsolutnog raspona temperature vazduha je zabeležena u Preduzeću 5, a iznosila je 11,60°C na visini 1,7 m. U istom preduzeću, vrednost apsolutnog raspona na visini merenja 0,1 m iznosila je 7,30°C. Srednja vrednost izmerenih temperatura vazduha je imala najniže vrednosti u Preduzeću 1, iznosila je 18,74°C na visini 0,1 m, a na visini 1,7 m je iznosila 19,72°C. Najveća srednja vrednost izmerenih temperatura vazduha je iznosila 26,03°C u Preduzeću 6, na visini od 0,1 m, a na visini od 1,7 m, 27,31°C.

Prosečna odstupanja od srednje vrednosti odnosno najveća vrednost standardne devijacije je zabeležena u Preduzeću 5, na visini 1,7 m, a iznosila je 3,29°C. Ukoliko se najveća vrednost odstupanja od srednje vrednosti izraze procentualno, najveća vrednost koeficijenta varijacije izmerenih temperatura vazduha je u Preduzeću 5, a iznosi 13,06%, na visini 1,7 m. Vrednost koeficijenta varijacije ukazuje na veće oscilacije temperature vazduha oko srednje vrednosti, naročito u Preduzeću 5 i u Preduzeću 6, što može imati negativan uticaj na ispitanike u pogledu toplotnog osećaja i toplotnog komfora.

Tabela 6.6. Rezultati statističke analize izmerene temperature vazduha u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Visina na kojoj je izvršeno merenje, m	Temperatura vazduha, °C					
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S	C _v %
Preduzeće 1	15	0,1	15,00	20,50	5,50	18,74	1,20	6,39
		1,1	15,50	20,60	5,10	19,24	1,07	5,59
		1,7	17,20	20,90	3,70	19,72	0,80	4,07
Preduzeće 2	21	0,1	21,60	25,60	4,00	23,00	0,93	4,05
		1,1	22,00	25,90	3,90	23,66	0,90	3,80
		1,7	22,80	29,00	6,20	24,21	1,20	4,96
Preduzeće 3	10	0,1	23,10	24,00	0,90	23,59	0,35	1,48
		1,1	23,40	25,20	1,80	24,08	0,55	2,29
		1,7	23,10	25,20	2,10	24,26	0,64	2,63
Preduzeće 4	15	0,1	23,30	27,10	3,80	24,41	0,63	2,60
		1,1	24,10	29,10	5,00	24,83	0,82	3,31
		1,7	24,50	29,50	5,00	25,10	0,88	3,50
Preduzeće 5	11	0,1	21,80	29,10	7,30	24,17	2,45	10,14
		1,1	22,00	30,10	8,10	24,69	2,69	10,91
		1,7	21,90	33,50	11,60	25,16	3,29	13,06
Preduzeće 6	5	0,1	23,00	30,30	7,30	26,03	2,22	8,55
		1,1	23,80	30,40	6,60	26,62	2,03	7,61
		1,7	24,20	31,40	7,20	27,31	2,35	8,61

Na osnovu prikazanih rezultata u tabeli 6.6, na slici 6.17 prikazana je zavisnost srednje vrednosti temperature vazduha (t_a) i visine merenja u šest preduzeća na 77 mernih mesta. Rezultati merenja ukazuju da je temperatura vazduha (t_a) u svih šest objekata, tj. preduzeća najmanja na visini merenja 0,1 m. Na visini merenja 1,7 m, temperatura vazduha (t_a) ima najveće vrednosti u prirodno ventilisanim objektima. Najveća razlika između srednje vrednosti temperature vazduha, na relaciji 0,1 m – 1,7 m, uočena je u Preduzeću 6, a iznosi 1,28°C.



Slika 6.17. Zavisnost temperature vazduha od visine merenja u šest preduzeća.

6.3.3.3 Ispitivanje relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini

Ispitivanje, odnosno merenje relativne vlažnosti vazduha (φ , %) u svih šest preduzeća izvršeno je na tri različite visine. U tabeli 6.7 prikazani su rezultati proračuna statističkih parametara za izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha na 77 mernih mesta u šest preduzeća na tri visine merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m. Iz rezultata može se uočiti da je najmanja izmerena vrednost relativne vlažnosti vazduha iznosila 21,00% u Preduzeću 4, na visini 1,7 m. Najveća vrednost relativne vlažnosti vazduha izmerena je u Preduzeću 6, a iznosila je 63,80% i to na visini 0,1 m.

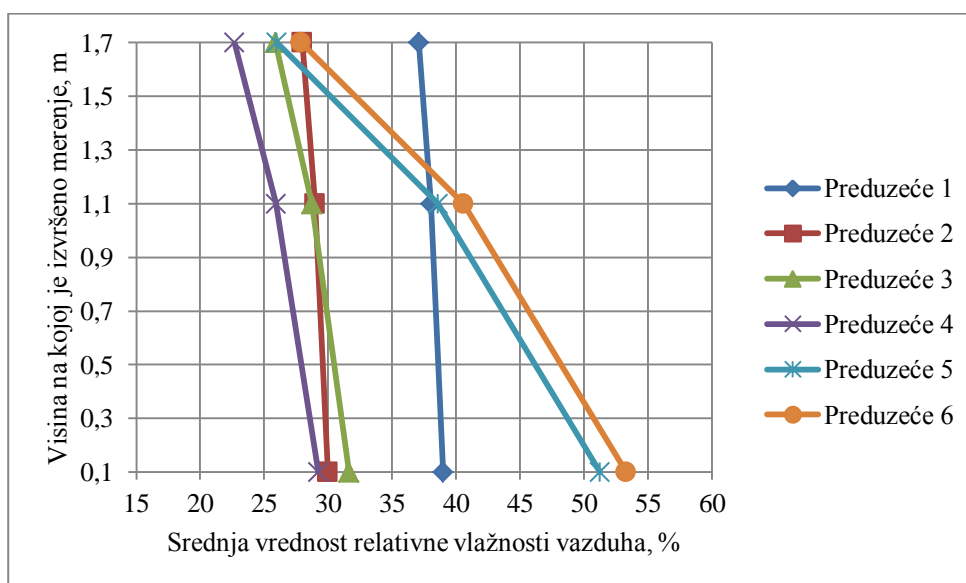
Prema važećem pravilniku o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu (Sl. glasnik RS br.21/09 2009), maksimalna dozvoljena vrednost relativne vlažnosti vazduha zavisi od temperature vazduha u objektu i temperature vazduha ispred objekta. Istraživanje u preduzećima 5 i 6 je obavljeno kada su spoljne temperature vazduha iznosile više od +15°C. Ukoliko se uporede preporuke date za „srednji rad-laki fizički rad“ iz tabele 3.1 i srednje vrednosti temperature vazduha u tabeli 6.6, uočava se da srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha nisu iznad preporučenih vrednosti, tj. 60%, odnosno 65% za vrednosti temperature vazduha 26°C (Sl. glasnik RS br.21/09 2009).

Najveća vrednost apsolutnog raspona relativne vlažnosti vazduha je zabeležena u Preduzeću 1, na visini merenja 0,1 m, a iznosila je 10,80% relativne vlažnosti vazduha. U Preduzeću 6, relativna vlažnost vazduha imala je najveće srednje vrednosti 53,29% na visini merenja 0,1 m, dok je na visini 1,7 m iznosila 27,86%. Standardna devijacija i koeficijent varijacije relativne vlažnosti vazduha ukazuju da su odstupanja od srednjih vrednosti najveća u Preduzeću 5 i 6. Visoka vrednost koeficijenta varijacije ukazuje na veće oscilacije relativne vlažnosti oko srednjih vrednosti u Preduzeću 5 i 6, što može biti od uticaja na toplotni osećaj i toplotni komfor naročito pri niskim i visokim temperaturama vazduha.

Tabela 6.7. Rezultati statističke analize izmerene relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Visina na kojoj je izvršeno merenje, m	Relativna vlažnost vazduha, %					
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S	C _v , %
Preduzeće 1	15	0,1	36,70	47,50	10,80	38,99	2,41	6,19
		1,1	36,10	44,10	8,00	38,03	1,93	5,08
		1,7	35,50	43,00	7,50	37,07	1,64	4,43
Preduzeće 2	21	0,1	24,40	34,30	9,90	30,00	2,18	7,27
		1,1	23,95	33,50	9,55	28,99	1,99	6,85
		1,7	22,60	32,70	10,10	27,97	2,05	7,33
Preduzeće 3	10	0,1	30,30	33,40	3,10	31,63	0,93	2,93
		1,1	27,35	30,45	3,10	28,75	1,05	3,66
		1,7	23,80	29,10	5,30	25,87	1,56	6,02
Preduzeće 4	15	0,1	24,40	31,60	7,20	29,23	1,61	5,50
		1,1	23,15	27,10	3,95	25,95	1,04	4,02
		1,7	21,00	23,70	2,70	22,67	0,74	3,29
Preduzeće 5	11	0,1	42,80	60,40	17,60	51,22	5,67	11,06
		1,1	31,95	42,80	10,85	38,59	2,13	5,51
		1,7	21,10	34,00	12,90	25,96	2,89	11,14
Preduzeće 6	5	0,1	46,50	63,80	17,30	53,29	5,94	11,15
		1,1	38,45	45,00	6,55	40,58	2,42	5,97
		1,7	26,00	30,40	4,40	27,86	1,60	5,76

Na slici 6.18 prikazana je zavisnost srednjih vrednosti relativne vlažnosti vazduha od visine merenja u šest preduzeća. Rezultati merenja ukazuju da relativna vlažnost vazduha u svih šest preduzeća ima najmanje vrednosti na visini merenja 1,7 m, dok na visini merenja 0,1 m ima najveće vrednosti. Najveća razlika između srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha na relaciji 0,1 m i 1,7 m zabeležena je u Preduzeću 6, 25,43% relativne vlažnosti vazduha. Razlika između srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha na relaciji 0,1 m i 1,7 m približno je jednaka i u Preduzeću 5, a iznosila je 25,26% relativne vlažnosti vazduha.



Slika 6.18. Zavisnost relativne vlažnosti vazduha od visine merenja u šest preduzeća.

6.3.3.4 Ispitivanje brzine strujanja vazduha u radnoj sredini

Ispitivanje, odnosno merenje brzine strujanja vazduha (v_a , m/s) izvršeno je u svih šest preduzeća na tri različite visine 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m. U tabeli 6.8 prikazani su rezultati proračuna statističkih parametara za izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha u šest preduzeća na 77 mernih mesta. Izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha u svih šest preduzeća kretale su se u intervalu od 0,02 m/s na visini merenja 1,7 m u Preduzeću 2 do 1,00 m/s na visini merenja 0,1 m u Preduzeću 4.

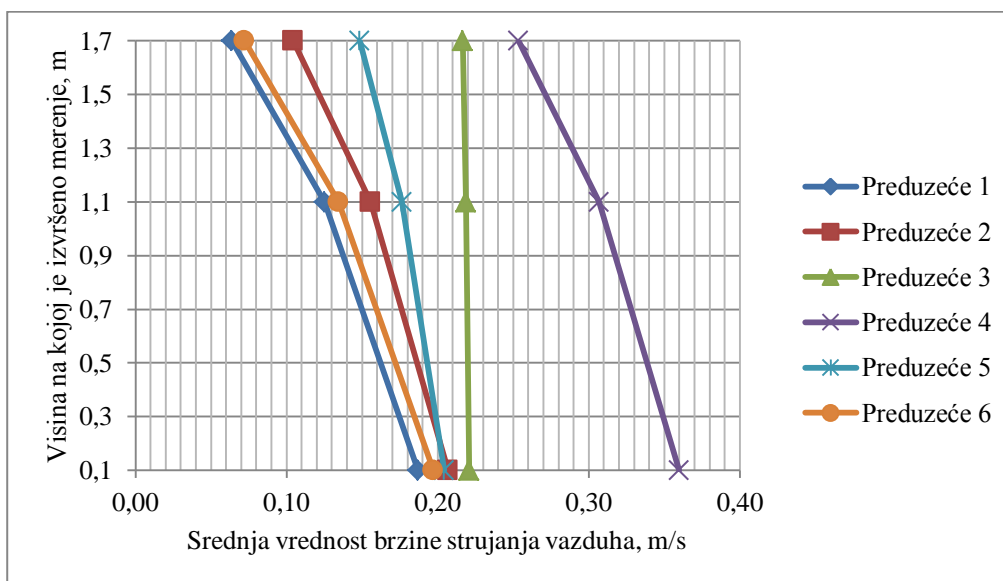
Izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha u većini preduzeća se nalaze u preporučenim intervalima prema važećem Pravilniku o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu (Sl. glasnik RS br.21/09 2009), osim u Preduzeću 4. Ukoliko se uporede preporučene vrednosti iz tabele 3.1 sa prikazanim vrednostima u tabeli 6.8 i za vrstu rada „srednji rad-laki fizički rad“, uočava se da su izmerene veće vrednosti iznad dozvoljenih 0,7 m/s, u Preduzeću 4 (Sl. glasnik RS br.21/09 2009).

U Preduzeću 4 zabeležena je najveća vrednost apsolutnog raspona brzine strujanja vazduha 0,90 m/s. U istom preduzeću na visini merenja 1,7 m, vrednost apsolutnog raspona je iznosila 0,62 m/s. Rezultati srednjih vrednosti ukazuju da su u Preduzeću 4, brzine strujanja vazduha imale najveće srednje vrednosti 0,36 m/s na visini od 0,1 m, a na visini 1,7 m 0,25 m/s. Vrednost Koeficijenta varijacije ukazuje da su odstupanja od srednjih vrednosti brzine strujanja vazduha u Preduzeću 4 najveća, a iznose 65,91% na visini 0,1 m. U ostalim preduzećima najveće vrednosti koeficijenta varijacije su se pokazale na visini od 1,7 m, a iznose više od 50%, osim u Preduzeću 1, gde iznosi 47%. Vrednosti koeficijenta varijacije su veće u pet od šest preduzeća na visini 1,7 m nego na visini od 0,1 m. Jedino u Preduzeću 4, se pokazalo da je vrednost koeficijenta varijacije veća na visini 0,1 m u odnosu na visinu od 1,7 m. Vrednosti koeficijenta varijacije ukazuju na visoke oscilacije od srednjih vrednosti brzine strujanja vazduha, naročito u predelu glave prosečnog čoveka, odnosno na visini merenja 1,7 m. Visoka odstupanja od srednjih vrednosti brzine strujanja vazduha mogu imati negativan uticaj na lokalni toplotni osećaj i lokalni toplotni komfor u predelu vrata i ramena čoveka.

Tabela 6.8. Rezultati statističke analize izmerene brzine strujanja vazduha u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Visina na kojoj je izvršeno merenje, m	Brzina strujanja vazduha, m/s					
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S	$C_v, \%$
Preduzeće 1	15	0,1	0,05	0,34	0,29	0,19	0,07	35,08
		1,1	0,06	0,27	0,22	0,13	0,04	29,94
		1,7	0,03	0,20	0,17	0,06	0,03	47,00
Preduzeće 2	21	0,1	0,10	0,39	0,29	0,21	0,06	29,80
		1,1	0,09	0,23	0,14	0,16	0,04	25,27
		1,7	0,02	0,20	0,18	0,10	0,05	51,24
Preduzeće 3	10	0,1	0,09	0,50	0,41	0,22	0,11	49,72
		1,1	0,08	0,35	0,28	0,22	0,08	36,96
		1,7	0,06	0,40	0,34	0,22	0,14	62,43
Preduzeće 4	15	0,1	0,10	1,00	0,90	0,36	0,24	65,91
		1,1	0,12	0,75	0,64	0,31	0,17	56,89
		1,7	0,08	0,70	0,62	0,25	0,16	62,03
Preduzeće 5	11	0,1	0,10	0,30	0,20	0,20	0,07	36,68
		1,1	0,08	0,30	0,23	0,18	0,06	34,66
		1,7	0,05	0,40	0,35	0,15	0,10	65,05
Preduzeće 6	5	0,1	0,15	0,22	0,07	0,20	0,02	11,42
		1,1	0,10	0,18	0,08	0,13	0,02	16,46
		1,7	0,05	0,15	0,10	0,07	0,04	50,34

Na slici 6.19 prikazana je zavisnost srednje vrednosti brzine strujanja vazduha od visine merenja u šest preduzeća. Iz prikazanih rezultata merenja može se uočiti da su brzine strujanja vazduha u svih šest preduzeća najmanje na visini merenja 1,7 m ali imaju visoka odstupanja od srednjih vrednosti, dok na visini merenja 0,1 m imaju najveće vrednosti. Najveća razlika između srednje vrednosti brzine strujanja vazduha na relaciji merenja 0,1 m – 1,7 m, uočena je u Preduzeću 1, a iznosi 0,13 m/s.



Slika 6.19. Zavisnost brzine strujanja vazduha od visine merenja u šest preduzeća.

6.3.3.5 Ispitivanje toplotnog zračenja u radnoj sredini

Toplotno zračenje mereno je u svih šest preduzeća na radnim mestima, tj. mernim mestima pomoću crnog globus termometra na visini 1,1 m. Za svaku izmerenu vrednost temperature crnog globus termometra ($t_g, ^\circ\text{C}$), izvršen je proračun srednje temperature zračenja ($t_{mr}, ^\circ\text{C}$) (engl. *mean radiant temperature*) korišćenjem jednačine (4.15). U tabeli 6.9 prikazani su rezultati proračuna statističkih parametara za izmerene vrednosti temperature crnog globus termometra ($t_g, ^\circ\text{C}$) i za izračunatu srednju temperaturu zračenja ($t_{mr}, ^\circ\text{C}$) u svih šest preduzeća na 77 mernih mesta. U Prilogu 2 prikazani su rezultati proračuna srednje temperature zračenja u svih šest preduzeća. U tabeli 6.9, može se uočiti sledeće:

- temperatura crnog globus termometra se kretala u intervalu od $17,10^\circ\text{C}$ u Preduzeću 1 do $33,60^\circ\text{C}$ u Preduzeću 5,
- razlika između najmanje i najveće temperature crnog globus termometra zabeležena je u Preduzeću 5, a iznosi $10,20^\circ\text{C}$,
- srednje vrednosti izmerene temperature crnog globus termometra u svih šest preduzeća se kreću u intervalu od $20,27^\circ\text{C}$ do $28,56^\circ\text{C}$,
- prosečno odstupanje od srednjih vrednosti temperature crnog globus termometra u svim preduzećima je veće od 1°C , osim u Preduzeću 3. Najveća vrednost prosečnog odstupanja od srednje vrednosti je $2,73^\circ\text{C}$ u Preduzeću 5,
- rezultati koeficijenta varijacije u pet od šest preduzeća približno jednako osciliraju oko srednjih vrednosti, osim u Preduzeću 5. Ovo može da ima negativan uticaj na toplotni osećaj i toplotni komfor kod zaposlenih, naročito ako su brzine strujanja vazduha male.

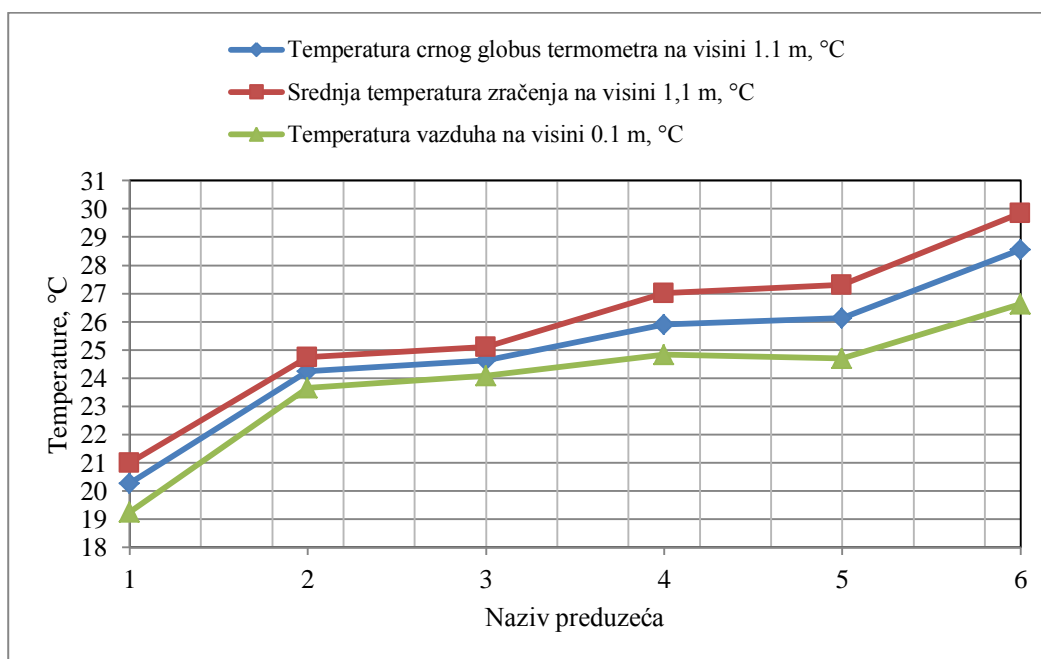
Pri razmatranju uticaja toplotnog zračenja na toplotni komfor čoveka neophodno je uzeti u obzir brzinu strujanja vazduha, u skladu sa međunarodnim standardom (ISO 7726 1998). U tom pogledu, izvršen je proračun srednje temperature zračenja, a rezultati su prikazani u tabeli 6.9, iz koje se može uočiti sledeće:

- izračunata srednja temperatura zračenja se kretala u intervalu od $18,70^\circ\text{C}$ u Preduzeću 1 do $37,46^\circ\text{C}$ u Preduzeću 4,
- raspon srednje temperature zračenja je najveći u Preduzeću 4, a iznosi $12,36^\circ\text{C}$,
- aritmetičke sredine izračunate srednje temperature zračenja su se kretale u intervalu od $20,99^\circ\text{C}$ u Preduzeću 1 do $29,85^\circ\text{C}$ u Preduzeću 6,
- vrednost standardne devijacije se pokazala najveća u Preduzeću 4, a iznosila je $3,06^\circ\text{C}$. Osim u Preduzeću 3, u svim preduzećima odstupanja od srednjih vrednosti su veća od 1°C ,
- najveći rezultat koeficijenta varijacije se pokazao u Preduzeću 4, a iznosio je $11,32\%$. U Preduzeću 5, koeficijent varijacije iznosi $10,67\%$, što ukazuje da su najveća odstupanja od srednjih vrednosti u Preduzeću 4 i u Preduzeću 5. Visoke vrednosti koeficijenta varijacije srednje temperature zračenja ukazuju na oscilacije toplotnog zračenja, što može negativno da utiče na lokalni toplotni osećaj i lokalni toplotni komfor kod ispitanika u radnoj sredini.

Tabela 6.9. Rezultati statističke analize izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i proračunate srednje temperature zračenja u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Parametar	Toplotno zračenje, °C					
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S	$C_v, \%$
Preduzeće 1	15	$t_g, ^\circ\text{C}$	17,10	22,90	5,80	20,27	1,12	5,52
		$t_{mr}, ^\circ\text{C}$	18,70	24,42	5,71	20,99	1,19	5,65
Preduzeće 2	21	$t_g, ^\circ\text{C}$	23,20	26,50	3,30	24,25	1,13	4,66
		$t_{mr}, ^\circ\text{C}$	23,20	28,57	5,37	24,75	1,56	6,32
Preduzeće 3	10	$t_g, ^\circ\text{C}$	24,00	25,40	1,40	24,62	0,51	2,08
		$t_{mr}, ^\circ\text{C}$	24,49	25,80	1,31	25,10	0,48	1,91
Preduzeće 4	15	$t_g, ^\circ\text{C}$	24,70	31,40	6,70	25,90	1,68	6,50
		$t_{mr}, ^\circ\text{C}$	25,10	37,46	12,36	27,01	3,06	11,32
Preduzeće 5	11	$t_g, ^\circ\text{C}$	23,40	33,60	10,20	26,12	2,73	10,46
		$t_{mr}, ^\circ\text{C}$	24,67	36,45	11,78	27,31	2,91	10,67
Preduzeće 6	5	$t_g, ^\circ\text{C}$	25,70	31,60	5,90	28,56	1,92	6,73
		$t_{mr}, ^\circ\text{C}$	26,81	32,53	5,72	29,85	2,12	7,10

Za svih šest preduzeća izvršeno je poređenje aritmetičkih sredina temperature crnog globus termometra ($t_g, ^\circ\text{C}$), srednje temperature zračenja ($t_{mr}, ^\circ\text{C}$) i temperature vazduha ($t_a, ^\circ\text{C}$) merene na visini 1,1 m. Na slici 6.20 i iz tabela 6.6 i 6.9, može se uočiti da je u svih šest preduzeća toplotno zračenje veće od temperature vazduha, što potvrđuju srednje vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja. Najveća razlika između srednjih vrednosti temperature vazduha merene na visini 1,1 m i vrednosti temperature crnog globus termometra, zabeležena je u Preduzeću 6, a iznosi je 1,93°C.



Slika 6.20. Poređenje aritmetičkih sredina temperature crnog globus termometra, srednje temperature zračenja i temperature vazduha u šest preduzeća.

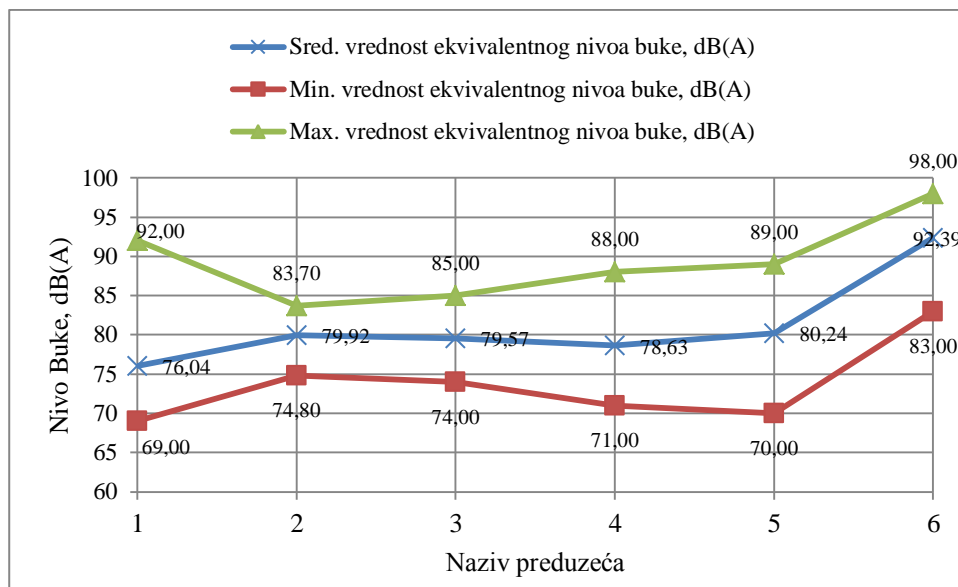
6.3.3.6 Ispitivanje buke u radnoj sredini

Nivo buke (L_{eq} , dB(A)) meren je na visini 1,7 m u svih šest preduzeća na 77 mernih mesta. U tabeli 6.10 prikazani su rezultati proračuna statističkih parametara za izmerene vrednosti nivoa buke. Izmerene vrednosti nivoa buke su se kretale u intervalu od 69,00 dB(A) u Preduzeću 1, do 98,00 dB(A) u Preduzeću 6. Najmanja srednja vrednost nivoa buke je 76,04 dB(A) u Preduzeću 1. Vrednost standardne devijacije ukazuje da je odstupanje od srednje vrednosti najveće u Preduzeću 1, a iznosi 5,59 dB(A). Rezultat koeficijenta varijacije u Preduzeću 1 iznosi 7,36%, što ukazuje da ispitanici u ovom preduzeću nisu izloženi istom nivou buke u celom objektu, iako je prosečan nivo buke najmanji od svih šest preduzeća. Najveća srednja vrednost izmerenog nivoa buke 92,39 dB(A) je u Preduzeću 6, a prosečno odstupanje od srednje vrednosti 4,93 dB(A). Rezultat koeficijenta varijacije u Preduzeću 6 iznosi 5,33%, a to ukazuje na oscilacije oko srednje vrednosti što može imati negativan uticaj na ispitanike u radnoj sredini.

Tabela 6.10. Rezultati statističke analize izmerenog nivoa buke u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Nivo buke, dB(A)					
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S	$C_v, \%$
Preduzeće 1	15	69,00	92,00	23,00	76,04	5,59	7,36
Preduzeće 2	21	74,80	83,70	8,90	79,92	2,41	3,01
Preduzeće 3	10	74,00	85,00	11,00	79,57	3,27	4,11
Preduzeće 4	15	71,00	88,00	17,00	78,63	4,28	5,44
Preduzeće 5	11	70,00	89,00	19,00	80,24	5,51	6,87
Preduzeće 6	5	83,00	98,00	15,00	92,39	4,93	5,33

Prema prikazanim ispitivanjima (merenjima) u tabeli 6.10, na slici 6.21 prikazane su minimalne, maksimalne i srednje vrednosti izmerenog nivoa buke u šest preduzeća na 77 mernih mesta. Na radnim mestima gde je vršeno merenje nivoa buke, prema Pravilniku o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (Sl. glasnik SFRJ br.21/92 1992) za radna mesta u industrijskom okruženju, dozvoljen nivo buke je 85dB(A). Na osnovu preporuka datih u Pravilniku o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (Sl. glasnik SFRJ br.21/92 1992) i Pravilniku o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju buci (Sl. glasnik RS br. 96/11 2011) može se uočiti da izmerene maksimalne vrednosti buke nisu iznad dozvoljenog nivoa u preduzećima 2 i 3, u ostalim preduzećima izmerene su veće vrednosti iznad dozvoljenih prema navedenom pravilniku.



Slika 6.21. Rezultati merenja nivoa buke u šest preduzeća.

6.3.3.7 Ispitivanje osvetljenosti u radnoj sredini

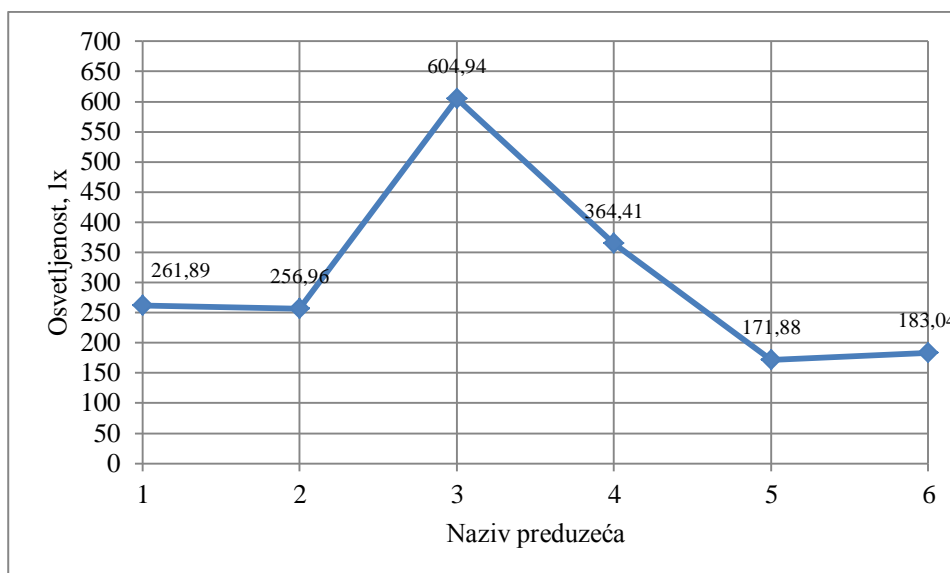
Osvetljenost (E , lx) merena je u svih šest preduzeća na 77 mernih mesta na visini prosečnog radnog stola tj. 0,85 m. U tabeli 6.11 prikazani su rezultati proračuna statističkih parametara za izmerene vrednosti osvetljenosti u šest preduzeća. Iz rezultata merenja može se uočiti da najmanja vrednosti izmerene osvetljenosti iznosi 85,00lx, a najveća 2123,00 lx. Tokom merenja osvetljenosti u Preduzeću 4, zabeležen ja najveći raspon i to od 1961,00 lx. Srednje vrednosti izmerene osvetljenosti su se kretale u intervalu od 171,88 lx za Preduzeće 5 do 604,94 lx za Preduzeće 3. Rezultati standardne devijacije, odnosno koeficijenta varijacije nam ukazuju da osvetljenost ima visoke oscilacije oko srednjih vrednosti, naročito u Preduzeću 3 i Preduzeću 4. Visoka odstupanja su posledica nejednake osvetljenosti radnih mesta u celom preduzeću, tj. objektu, a to može biti uticajan faktor na fiziologiju čoveka.

Za veštački izvor osvetljenosti fluorescentnim cevima prema (SRPS.U.C9.100 1963), minimalna osvetljenost radnih mesta treba da iznosi 300 lx. U tabeli 6.11 može se uočiti da je minimalna izmerena osvetljenosti ispod dozvoljenih preporuka zabeležena u svih šest preduzeća. Što znači da osvetljenost na radnim mestima ne zadovoljava preporuke standarda (SRPS.U.C9.100 1963).

Tabela 6.11. Rezultati statističke analize izmerenih vrednosti osvetljenosti u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Osvetljenost, lx					
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S	$C_v, \%$
Preduzeće 1	15	151,00	630,00	479,00	261,89	159,52	60,91
Preduzeće 2	21	85,00	622,00	537,00	256,96	118,31	46,04
Preduzeće 3	10	121,00	1970,00	1849,00	604,94	621,14	102,68
Preduzeće 4	15	162,00	2123,00	1961,00	364,41	415,47	114,01
Preduzeće 5	11	96,00	282,00	186,00	171,88	31,55	18,35
Preduzeće 6	5	136,00	248,00	112,00	183,04	49,25	26,91

Prema prikazanim rezultatima u tabeli 6.11, na slici 6.22 prikazane su srednje vrednosti izmerene osvetljenosti u svih šest preduzeća. Na ordinati su prikazane srednje vrednosti izmerene osvetljenosti, a na apscisi su prikazani nazivi preduzeća u kojima je izvršeno merenje. Iz tabele 6.11 može se uočiti da su svih šest preduzeća prosečna odstupanja od srednje vrednosti osvetljenosti visoka, naročito u preduzećima 1, 2, 3 i 4. Preduzeće 3 i Preduzeće 4 imaju visoke srednje vrednosti osvetljenosti, ali visoka odstupanja od srednjih vrednosti, što ukazuje da ispitanicima nije obezbeđena jednaka osvetljenost radnih mesta.



Slika 6.22. Rezultati srednjih vrednosti izmerene osvetljenosti u šest preduzeća.

6.3.4 Rezultati proračuna PMV indeksa i poređenje sa izjašnjavanjem ispitanika o toplotnom osećaju

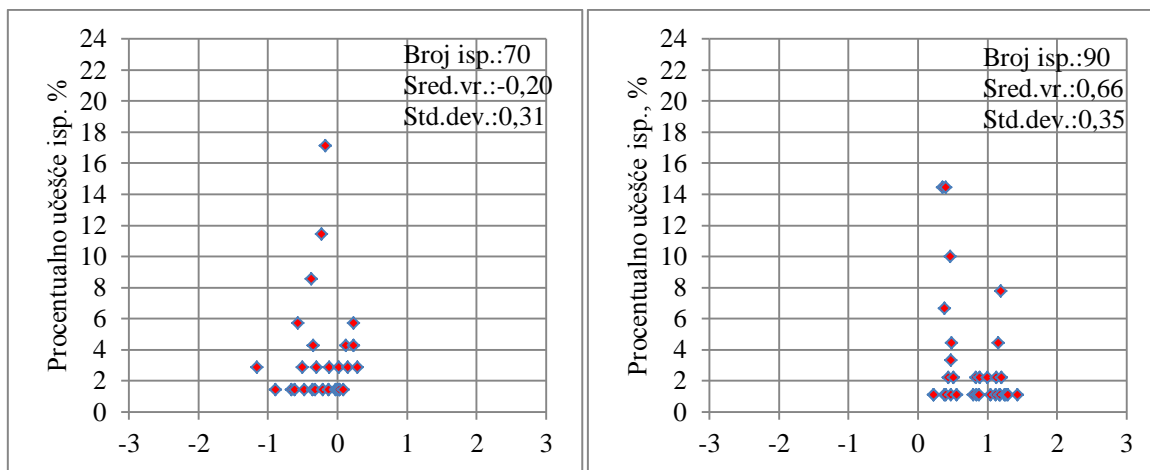
Toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor ispitanika u objektima može se ispitati na dva načina. Prvi način je da se pomoću PMV indeksa proračuna i predvidi na skali toplotnog osećaja. Drugi način je da se ispitanici u objektu izjasne o svom toplotnom komforu, odnosno toplotnom osećaju na skali toplotnog osećaja. U skladu sa preporukama međunarodnog standarda (ISO 7730 2005) i teorijskim podlogama (Fanger 1970) izvršen je proračun toplotnog komfora u svih šest preduzeća, odnosno izvršen je proračun PMV indeksa (predviđena srednja ocena). U svih šest preduzeća gde je obavljeno istraživanje, izvršeno je merenje sledećih fizičkih uslova radne sredine i procenjeni lični parametri za svakog ispitanika: temperatura vazduha, °C, relativna vlažnost vazduha, %, brzina strujanja vazduha, m/s, temperatura crnog globus termometra, °C, intenzitet metabolizma, met i toplotna izolacija odeće, clo. Kako bi se dobila predviđena srednja ocena ispitanika odnosno rezultat PMV indeksa, izvršen je proračun srednje temperature zračenja (t_{mr}) na osnovu izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra (t_g), korišćenjem jednačine (4.15). Na osnovu navedenih fizičkih uslova radne sredine i ličnih parametara ispitanika (čoveka), za svakog ispitanika izvršen je proračun PMV indeksa prema jednačini (5.3). Rezultati predviđanja toplotnog osećaja, odnosno srednjih vrednosti PMV indeksa za svih šest preduzeća prikazani su u tabeli 6.12 i na slici 6.23. U tabeli 6.12, može

se uočiti da minimalna vrednost PMV indeksa iznosi: -1,16 na skali toplotnog osećaja u Preduzeću 1, a maksimalna 2,87 u Preduzeću 6. Iz tabele 6.12 i sa slike 6.23 f) može se uočiti da najveća srednja vrednost PMV indeksa iznosi: 1,97 u Preduzeću 6. Rezultati proračuna predviđenog toplotnog komfora pomoću PMV indeksa ukazuju da većina ispitanika treba da se u toplotnom smislu osećaju u intervalu od „malo toplo“ (1) do „veoma toplo“ (2) na skali toplotnog osećaja, osim u Preduzeću 1 i u Preduzeću 2. U Preduzeću 1, predviđen toplotni osećaj ima negativnu vrednost, što znači da se nalazi u intervalu od „malo prohladno“ (-1) do „neutralno“ (0) na skali toplotnog osećaja.

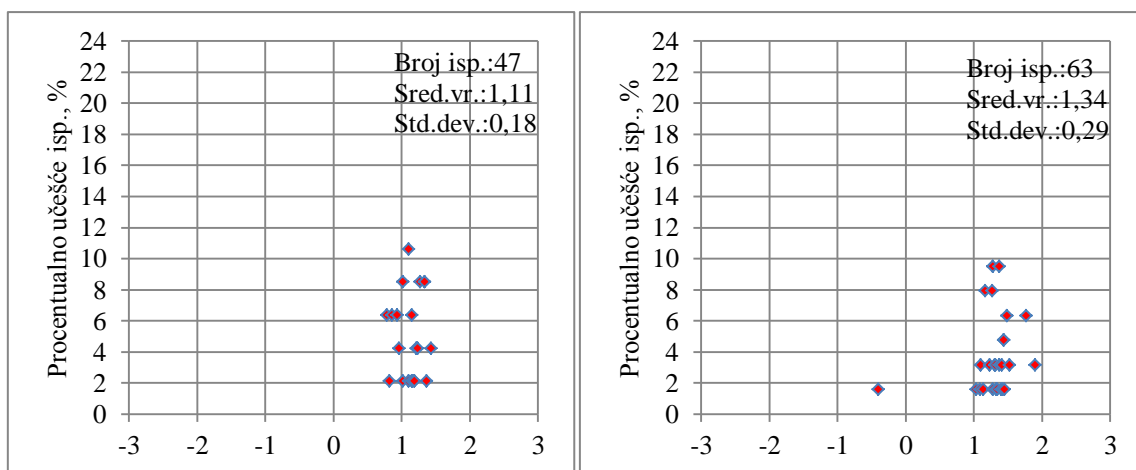
Tabela 6.12. Rezultati statističke analize proračuna PMV indeksa u šest preduzeća

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	PMV indeks, Skala toplotnog osećaja, [-3,3]				
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Preduzeće 1	15	-1,16	0,29	1,45	-0,20	0,31
Preduzeće 2	21	0,23	1,44	1,21	0,66	0,35
Preduzeće 3	10	0,78	1,43	0,65	1,11	0,18
Preduzeće 4	15	-0,40	1,90	2,30	1,34	0,29
Preduzeće 5	11	0,49	2,36	1,87	1,10	0,50
Preduzeće 6	5	1,09	2,87	1,77	1,97	0,58

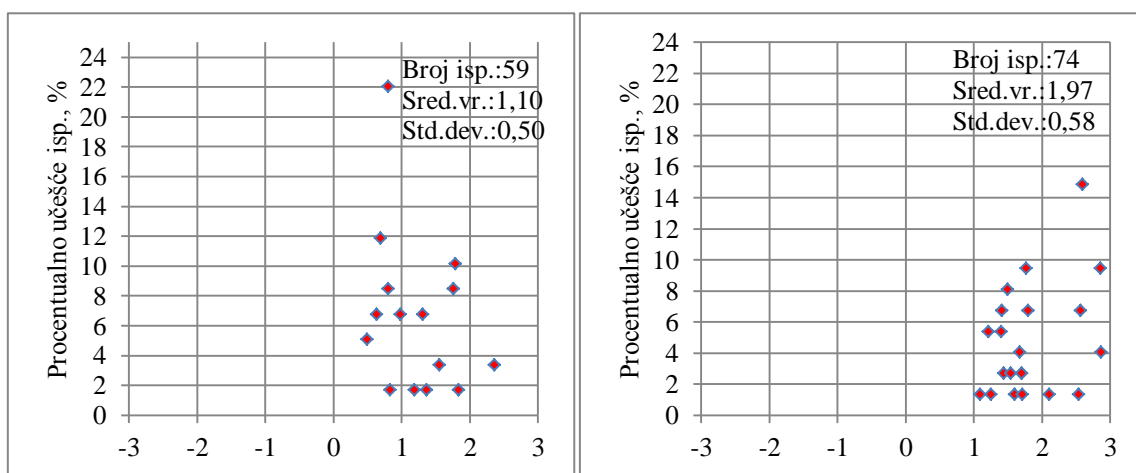
Rezultati proračuna PMV indeksa ukazuju da je jedino u Preduzeću 1 i 2, procenjen toplotni komfor u skladu sa standardom (ISO 7730 2005), u ostalih četiri preduzeća, rezultat PMV indeksa nije u skalu sa (ISO 7730 2005). Za Preduzeće 1, rezultat PMV indeksa predviđa da se ispitanici u toplotnom smislu nalaze u kategoriji „A“, a za Preduzeće 2, u kategoriji „C“, što može da se uoči prema tabelama 5.1 i 6.12.



a) Rezultati PMV indeksa u Preduzeću 1. b) Rezultati PMV indeksa u Preduzeću 2.



c) Rezultati PMV indeksa u Preduzeću 3. d) Rezultati PMV indeksa u Preduzeću 4.



e) Rezultati PMV indeksa u Preduzeću 5. f) Rezultati PMV indeksa u Preduzeću 6.

Slika 6.23. Rezultati PMV indeksa u šest preduzeća.

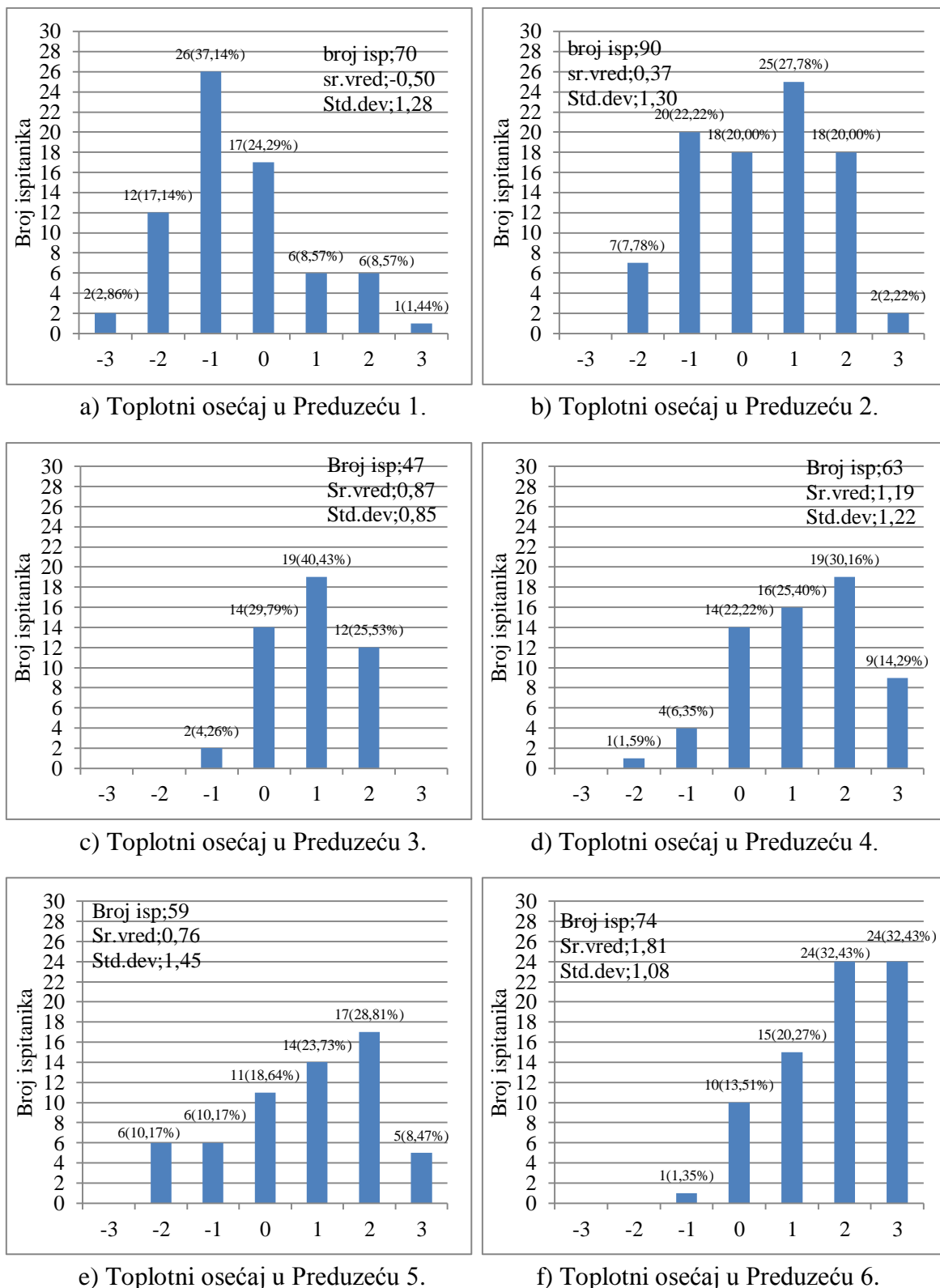
Istraživanje toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora zaposlenih u šest preduzeća, izvršeno je pomoću Fangerove skale toplotnog osećaja (S.T.O.) (Fanger 1970), koja je prikazana na slici 5.1. Toplotni osećaj, odnosno stanje toplotnog komfora ispitanici su iskazivali na skali, paralelno za vreme merenja fizičkih uslova radne sredine. Fangerova skala toplotnog osećaja ima sledeću podelu: „veoma hladno“ (–3), „hladno“ (–2), „malo prohladno“ (–1), „neutralno prijatno“ (0), „malo toplo“ (1), „toplo“ (2), „veoma toplo“ (3). Rezultati ocene toplotnog komfora od strane ispitanika na skali toplotnog osećaja u šest preduzeća, prikazani su u tabeli 6.13 i na slici 6.24.

Rezultati ukazuju da je minimalna vrednost toplotnog osećaja, odnosno izjašnjavanje ispitanika na skali toplotnog osećaja (–3) u Preduzeću 1, a maksimalna vrednost (3), je zabeležena u pet od šest preduzeća. Najveća srednja vrednost toplotnog osećaja, na skali toplotnog osećaja iznosi 1,81 u Preduzeću 6. Rezultati ukazuju da je srednja vrednost toplotnog osećaja u Preduzeću 1 imala negativnu vrednost, odnosno ispitanici su imali toplotni osećaj koji se kretao u intervalu od „malo prohladnog“ (–1) do „neutralnog“ (0) na skali toplotnog osećaja. Prosečno odstupanje od srednje vrednosti, tj. standardna devijacija iznosi 1,28 na skali toplotnog osećaja, što ukazuje na visoko odstupanje od srednje vrednosti izjašnjavanja ispitanika na skali toplotnog osećaja. U ostalih pet preduzeća, srednja vrednost toplotnog osećaja, odnosno izjašnjavanje ispitanika je veće od „neutralnog“ (0), tj. toplotni osećaj se kretao u intervalu od „neutralnog“ (0) do „toplog“ (2) na skali toplotnog osećaja.

Tabela 6.13. Rezultati ocene toplotnog osećaja u radnoj sredini

Naziv preduzeća	Broj ispitanika	Skala toplotnog osećaja, [-3,3]				
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Preduzeće 1	70	-3	3	6	-0,50	1,28
Preduzeće 2	90	-2	3	5	0,37	1,30
Preduzeće 3	47	-1	2	3	0,87	0,85
Preduzeće 4	63	-2	3	5	1,19	1,22
Preduzeće 5	59	-2	3	5	0,76	1,45
Preduzeće 6	74	-1	3	4	1,81	1,08

Na slici 6.24 prikazani su rezultati izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju na skali toplotnog osećaja u svih šest preduzeća. Rezultati izjašnjavanja ispitanika ukazuju da je toplotni osećaj, tj. toplotni komfor prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) u Preduzeću 1 i u Preduzeću 2, a nalazi se u „B“ kategoriji. U preduzećima 3, 4, 5 i 6 rezultati izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju nisu u skladu sa (ISO 7730 2005), odnosno u navedenim preduzećima, ispitanici se ne nalaze u stanju toplotnog komfora, što može da se uoči iz tabela 5.1 i 6.13.



Slika 6.24. Rezultati izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju i toplotnom komforu.

Na osnovu rezultata proračuna PMV indeksa i rezultata izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju i stanju toplotnog komfora na skali toplotnog osećaja, izvršeno je

poređenje rezultata za svako preduzeće. Kako bi se utvrdilo kvantitativno slaganje, izvršen je proračun linearne korelacije između proračunatih vrednosti PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju korišćenjem jednačina (6.1 do 6.8 i 6.12) za svih šest preduzeća, a rezultati su prikazani u tabeli 6.14.

Rezultati korelacione analize ukazuju da u pet od šest razmatranih preduzeća postoji povezanosti između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju, pri čemu koeficijent korelacije iznosi u Preduzeću 1 $r=0,21$, u Preduzeću 2 $r=0,22$, u Preduzeću 3 $r=0,20$, u Preduzeću 5 $r=0,62$ i u Preduzeću 6 $r=0,31$. Rezultati korelacione analize ukazuju da ne postoji velika povezanost između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju u Preduzeću 4, pri čemu koeficijent korelacije iznosi $r=0,01$. Rezultati koeficijenta determinacije ukazuju da je jedino u Preduzeću 5, 38% ukupnih varijacija toplotnog osećaja ispitanika objašnjeno sa PMV indeksom, a 62% je rezultat neobjašnjenog varijabiliteta, odnosno drugih uticaja. U ostalih pet preduzeća, izjašnjavanje ispitanika o toplotnom osećaju, objašnjeno je sa manje od 10% varijacija PMV indeksa.

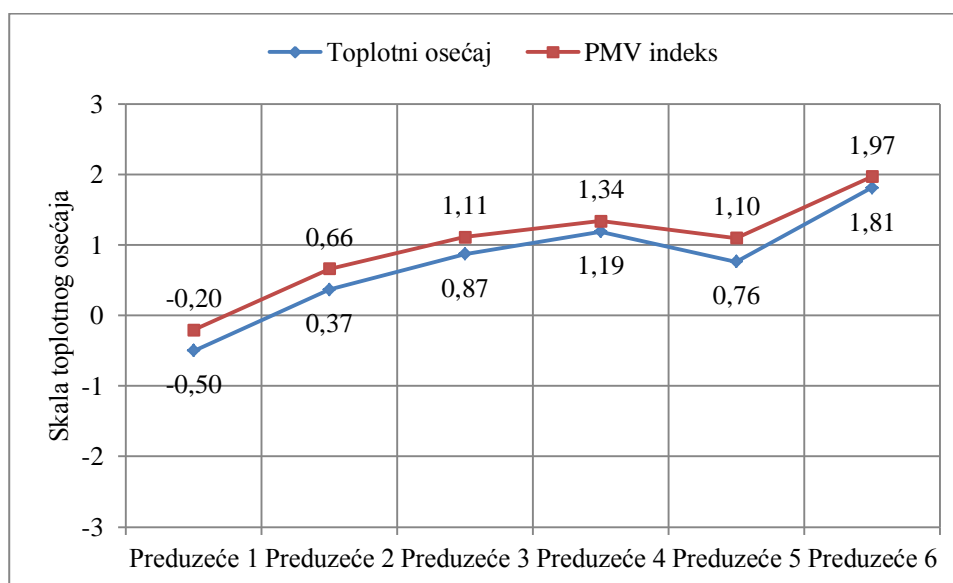
Tabela 6.14. Rezultati korelacione analize između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju i stanju toplotnog komfora

Naziv preduzeća	Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Skala toplotnog osećaja (S.T.O), [-3,3]							S_{xy}	r	r^2
				Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S^2			
Preduzeće 1	15	70	Toplotni osećaj	-3	3	6	-0,50	1,28	1,64	0,08	0,21	0,04
			PMV	-1,16	0,29	1,45	-0,20	0,31	0,10			
Preduzeće 2	21	90	Toplotni osećaj	-2	3	5	0,37	1,30	1,70	0,10	0,22	0,05
			PMV	0,23	1,44	1,21	0,66	0,35	0,12			
Preduzeće 3	10	47	Toplotni osećaj	-1	2	3	0,87	0,85	0,72	0,03	0,20	0,04
			PMV	0,78	1,43	0,65	1,11	0,18	0,03			
Preduzeće 4	15	63	Toplotni osećaj	-2	3	5	1,19	1,22	1,48	0,01	0,01	0,0001
			PMV	-0,40	1,90	2,30	1,34	0,29	0,08			
Preduzeće 5	11	59	Toplotni osećaj	-2	3	5	0,76	1,45	2,12	0,45	0,62	0,38
			PMV	0,49	2,36	1,87	1,10	0,50	0,25			
Preduzeće 6	5	74	Toplotni osećaj	-1	3	4	1,81	1,08	1,17	0,19	0,31	0,09
			PMV	1,09	2,87	1,77	1,97	0,58	0,33			

Odsustvo velike povezanosti između dve promenljive, tj. između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju u Preduzeću 4, razlog je visokih odstupanja od srednjih vrednosti izjašnjavanja ispitanika.

Prema prikazanim rezultatima u tabelama 6.12 i 6.13, na slici 6.25 prikazani su rezultati srednjih vrednosti PMV indeksa i rezultati srednjih vrednosti isjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju i stanju toplotnog komfora na skali toplotnog osećaja za svako preduzeće. Rezultati proračuna srednjih vrednosti PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o

toplotnom osećaju ukazuju da su najmanje vrednosti u Preduzeću 1, međutim rezultati su različiti. Rezultat proračuna PMV indeksa za Preduzeće 1 iznosi: $-0,20$ na skali toplotnog osećaja, a rezultat izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju: $-0,50$ na skali toplotnog osećaja. Rezultati PMV indeksa ukazuju da je predviđeni toplotni osećaju, odnosno komfor za Preduzeće 1 bliže „neutralnom“ (0) nego stvarnog izjašnjavanja ispitanika, čija srednja vrednost iznosi: $-0,50$ na skali toplotnog osećaja. U svih šest preduzeća, rezultati srednjih vrednosti su različiti i ukazuju da PMV indeks predviđa veće vrednosti na skali toplotnog osećaja (topliji osećaj), nego rezultati izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju, odnosno toplotnom komforu.



Slika 6.25. Poređenje rezultata srednjih vrednosti PMV indeksa i toplotnog osećaja ispitanika u radnoj sredini.

Prema (Fanger 1970) razlike u rezultatima između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom komforu mogu nastati zbog „lošeg unosa podataka“ odnosno izmerenih mikroklimatskih parametara radne sredine i procenjenih ličnih parametara čoveka (Fanger 1970). Autori (Malama & Sharples 1997) navode da uzrok može nastati zbog psiholoških i kulturnih razlika ispitanika. Pregledom dostupne literature u oblasti istraživanja, uočava se da postoje studije u kojima se navodi da postoje razlike između rezultata proračuna PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom komforu u prirodno ventilisanim objektima (Cheong et al. 2007; Taleghani et al. 2013; Rupp et al. 2015).

Autori (Schellen et al. 2012) istraživali su toplotni komfor u toplotno neujednačenoj sredini, odnosno dva različita toplotna okruženja. Istraživanja su pokazala da se u oba eksperimentalna okruženja razlikuju rezultati PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom komforu, ispitanici se osećaju hladnije nego što je predviđeno rezultatima PMV indeksa (Schellen et al. 2012). Rezultati eksperimenta koje su objavili autori (Chow et al. 2010), a koji je izveden na 300 ispitanika u laboratorijskim uslovima ukazuju da je rezultat PMV indeksa predvideo veći toplotni osećaj na toplotnoj skali, u odnosu na stvarno izjašnjavanje ispitanika tj. ispitanici su se osećali hladnije nego što je predviđeno rezultatom PMV indeksa (Chow et al. 2010). Prema

rezultatima istraživanja koje su objavili autori (Moujalled et al. 2008) rezultati PMV indeksa imaju dobru korelaciju sa stvarnim izjašnjavanjem ispitanika u prirodno ventilisanim objektima (Moujalled et al. 2008). Rezultat regresione analize istih autora ukazuje da PMV indeks predviđa topliji osećaj na toploj strani skale, a hladniji na hladnoj strani skale toplotnog osećaja (Moujalled et al. 2008).

Na osnovu izvršenog poređenja rezultata PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju u šest preduzeća (tabela 6.14, slika 6.25) može se uočiti da rezultati predviđanja toplotnog osećaja, tj. toplotnog komfora ispitanika u prirodno ventilisanim objektima pomoću PMV indeksa nisu saglasni sa stvarnim izjašnjavanjem ispitanika, što potvrđuju rezultati koeficijenta determinacije. Prikazani rezultati srednjih vrednosti (tabela 6.14), potvrđuju rezultate autora (Schellen et al. 2012), da se ispitanici osećaju hladnije, nego što je predviđeno rezultatima PMV indeksa. Rezultati korelacione analize su u suprotnosti sa rezultatima autora (Moujalled et al. 2008), jer u pet od šest preduzeća postoji niska povezanost između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju.

6.3.5 Zavisnost toplotnog osećaja od fizičkih uslova radne sredine

Pregledom literature uočava se da dosadašnja istraživanja uticaja fizičkih uslova radne sredine, tj. parametara mikroklimе, buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka daju različite rezultate (Fanger et al. 1977; Gunnarsen & Santos 1998; Pellerin & Candas 2004; Kulve et al. 2015; Rupp et al. 2015). Intenzitet metabolizma se razlikuje kod muškaraca i kod žena. Kod muškaraca dolazi do većeg generisanja toplotne energije u odnosu na žene. U fiziološkom smislu, na intenzitet metabolizma čoveka uticaj imaju mnogobrojni faktori, a to su: pol, starost, mišićni rad, hormon tireoidne žlezde, geografsko poreklo čoveka itd. (Guyton & Hall 2008).

Prema dosadašnjim istraživanjima, intenzitet metabolizma je jedan od faktora toplotnog komfora (ISO 7730 2005). Toplotni osećaj čoveka je različit u raznim krajevima sveta, pre svega zbog adaptacije čoveka na toplotno okruženje, kao i drugih uticajnih faktora, kao što je geografsko poreklo (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014).

Kako bi se obezbedio toplotni komfor u zatvorenom objektu, autor (Fanger 1970) razvio je PMV indeks, odnosno jednačinu na osnovu koje se može predvideti toplotni komfor čoveka u radnoj sredini, ukoliko se izvrše merenja četiri parametra mikroklimе i dva lična parametra čoveka. Predviđanje toplotnog komfora čoveka ($S.T.O.=0$) u radnoj sredini pomoću PMV indeksa usvojeno je međunarodnim standardom (ISO 7730 2005). U međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) navodi se da je prilikom predviđanja toplotnih uslova neophodno uzeti u obzir etničke, nacionalne ili geografske razlike čoveka, bez navođenja konkretnih preporuka. Standard (ISO 7730 2005) zasniva se na pretpostavci da je bez obzira na pol čoveka moguće predvideti toplotni komfor u zatvorenom objektu. Pregledom dosadašnjih istraživanja (Cheong et al. 2007; Schellen et al. 2012; Djongyang et al. 2010; Taleghani et al. 2013; Rupp et al. 2015), uočava se da primena PMV indeksa, u konkretnim slučajevima ne daje uvek precizne rezultate prilikom matematičkog predviđanja toplotnog komfora.

Autori (Rupp et al. 2015) ukazuju da toplotni komfor nije moguće u svakom konkretnom slučaju predvideti sa četiri parametra mikroklimе i dva lična parametra čoveka. Postoje i drugi faktori koji utiču na toplotni osećaj, kao što su kulturni aspekti, individualne razlike, mogućnost kontrole nad okruženjem, starosna dob, pol čoveka itd. (Rupp et al. 2015).

Pregledom dosadašnjih istraživanja (Indraganti & Rao 2010; Rupp et al. 2015) uočava se da postoje različiti rezultati uticaja parametara mikroklimе na toplotni komfor kod muškaraca i žena. Prema (Fanger 1970), neutralna temperatura za obezbeđivanje toplotnog komfora (S.T.O.=0) je slična kod muškaraca i kod žena (Fanger 1970). Rezultate istraživanja koje su objavili autori (Kim et al. 2013), kod žena u kancelarijskom radnom prostoru nivo zadovoljstva sa toplotnim komforom, bukom i osvetljenjem je niži u odnosu na muškarce (Kim et al. 2013).

Pored mnogobrojnih negativnih uticaja na zdravlje čoveka, buka je jedan od faktora radne sredine koja se ocenjuje kao najviši remetilački faktor (Kim et al. 2013). Prema dosadašnjim istraživanjima visok intenzitet buke može imati uticaj na sužavanje krvnih sudova (Heinecker & Eberhard 1959; Jansen 1966), a takođe može povećati napetost mišića i uzrokovati poremećaj metabolizma (Candas & Dufour 2005). Hormon tireoidne žlezde, tiroksin je jedan od faktora koji ima uticaj na intenzitet metabolizma, odnosno generisanje toplotne energije u organizmu čoveka (Guyton & Hall 2008). Pregledom literature uočava se da postoje različiti stavovi o uticaju buke na toplotni komfor čoveka. Prema istraživanjima (Fanger et al. 1977), buka nema fiziološki uticaj kao ni uticaj na toplotni komfor čoveka. Rezultati eksperimentalnog istraživanja koja su izvedena u strogo kontrolisanim laboratorijskim uslovima (Clausen et al. 1993; Pellerin & Candas 2004; Gunnarsen & Santos 1998), ukazuju da buka u okruženju čoveka može da ima uticaj na toplotni komfor čoveka. Pregledom dosadašnjih istraživanja, uočava se nedeostatak istraživanja uticaja buke na toplotni komfor muškaraca i žena u radnoj sredini. Zbog različitih stavova, nameće se potreba za istraživanjem uticaja buke na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini.

Osvetljenost radne sredine je neophodna u cilju obavljanja radnih aktivnosti na radnom mestu. Svetlost sinhronizuje cirkadijalni ritam čovekovog tela dnevno-noćnog ciklusa, stoga može da ima uticaj na toplotne reakcije čoveka (Falchi et al. 2011; LeGates et al. 2014). Prema rezultatima istraživanja koje su objavili (Kim & Tokura 2000), osvetljenost ima uticaj na fiziološke reakcije čoveka, odnosno na telesnu temperaturu. Autori studije (Kim & Tokura 2007), su prikazali rezultate u kojima je toplotni osećaj čoveka bio veći tokom izlaganja visokom intenzitetu osvetljenosti. Autori (Kulve et al. 2015) navode da dosadašnja istraživanja uticaja osvetljenosti na toplotne reakcije i toplotni komfor čoveka su neuverljiva, a teorijske podloge nedostaju, te ukazuju na potrebu za daljim istraživanjima (Kulve et al. 2015).

Pregledom relevantnih publikacija u oblasti, uočava se nedostatak istraživanja u regionu i u zemlji, a koja za predmet rada imaju uticaj parametara mikroklimе, buke, osvetljenja i ličnih

parametara čoveka na toplotni komfor muškaraca i žena u radnoj sredini (Djongyang et al. 2010; Kulve et al. 2015; Rupp et al. 2015). Rezultati istraživanja (poređenja) (tabela 6.14 i slika 6.25) ukazuju da u pet od šest razmatranih prirodno ventilisanih objekata postoji niska saglasnost između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika o toplotnom osećaju. Prikazani rezultati ukazuju da pomoću PMV indeksa nije moguće tačno predvideti toplotni komfor ispitanika (čoveka) u prirodno ventilisanim industrijskim objektima.

U skladu sa postavljenim ciljem istraživanja i definisanim hipotezama, obrada prikupljenih podataka u šest preduzeća, odnosno na 77 radnih mesta će se izvršiti na celokupnom uzorku 403 ispitanika i prema polu ispitanika, kako bi se dokazala povezanost između fizičkih uslova radne sredine i čoveka.

6.3.5.1 Zavisnost između subjektivno i objektivno izmerenih parametara mikroklimе buke i osvetljenosti u radnoj sredini

Subjektivno merenje izvršeno je pomoću namenski razvijenog upitnika, a objektivno merenje parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti izvršeno je pomoću mernih instrumenata. Merenje je izvršeno na način koji je opisan u metodologiji istraživanja. Ispitanici su imali mogućnost da iskažu osećaj parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti, odnosno da odgovore na pitanje u upitniku. Kako bi se utvrdila statistička povezanost između objektivno izmerenih fizički parametara u radnoj sredini i subjektivnog osećaja čoveka, izvršen je proračun linearne korelacije korišćenjem jednačina od 6.1 do 6.8, a rezultati su prikazani u tabelama.

6.3.5.1.1 Analiza osećaja temperature vazduha u radnoj sredini

Osećaj temperature vazduha (O.T.V.) na svom radnom mestu, ispitanici su iskazali tako što su odgovorili na pitanje: *Kolika je temperatura po vašem osećaju*. U tabeli 6.15 prikazani su rezultati linearne korelacije između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) na ukupnom uzorku 403 ispitanika i izmerene temperature vazduha na 77 mernih mesta na tri visine merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da se osećaj temperature vazduha (O.T.V.) kod ispitanika nalazio u intervalu od 7,00°C do 55,00°C. Srednja vrednost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) od strane svih 403 ispitanika iznosi 23,76°C, a prosečno odstupanje 6,14°C.

Izmerene vrednosti temperature vazduha na 77 mernih mesta, na sve tri visine su se kretale u intervalu od 15,00°C do 33,50°C. Na ukupnom uzorku istraživanja, srednja vrednost izmerene temperature vazduha, je najmanja na visini merenja 0,1 m, odnosno u predelu članaka čoveka 23,28°C. Najveća srednja vrednost izmerene temperature vazduha je u predelu glave prosečnog čoveka, odnosno na visini merenja 1,7 m, a iznosi 24,28°C.

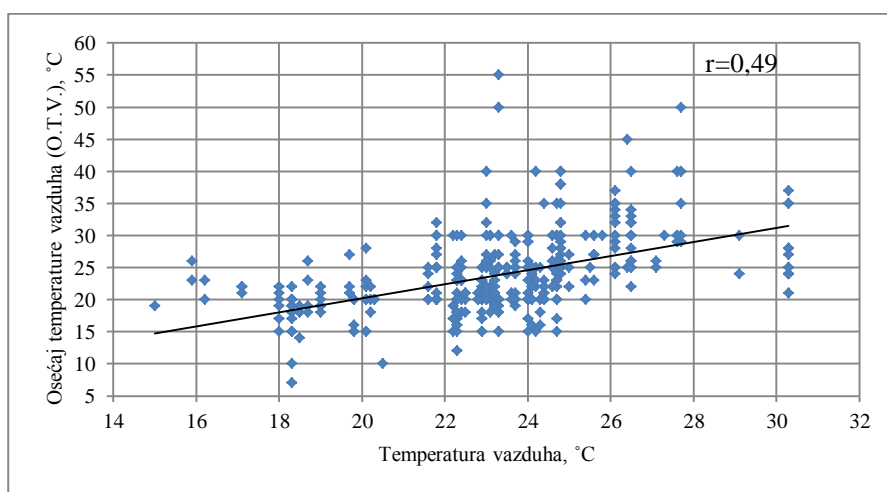
Dobijeni rezultati merenja temperature vazduha na tri visine u prirodno ventilisanim objektima ukazuju da temperatura vazduha ima veće vrednosti u predelu glave prosečnog čoveka, a manje u predelu članaka, odnosno stopala, kao što je već prikazano na slici 6.17.

Prikazani rezultati u tabeli 6.15 i na slikama 6.26, 6.27 i 6.28 ukazuju da na ukupnom uzorku 403 ispitanika postoji pozitivna korelacija između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja. Između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 0,1 m, postoji pozitivna korelacija, pri čemu je koeficijent korelacije $r=0,49$. Između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) ispitanika i temperature vazduha na visini merenja 1,1 m, koeficijent korelacije iznosi $r=0,51$ i između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i temperature vazduha na visini merenja 1,7 m koeficijent korelacije iznosi $r=0,51$. Rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da ukoliko su izmerene vrednosti temperature vazduha veće, povećava se i osećaj temperature vazduha kod ispitanika, odnosno ispitanici imaju osećaj da je temperatura vazduha u radnoj sredini veća. Povzanost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) ispitanika sa izmerenim vrednostima temperature vazduha je veća u predelu glave i stomaka prosečnog čoveka, odnosno na visini 1,1 m i 1,7 m, nego u predelu članaka čoveka tj. na visini merenja 0,1 m.

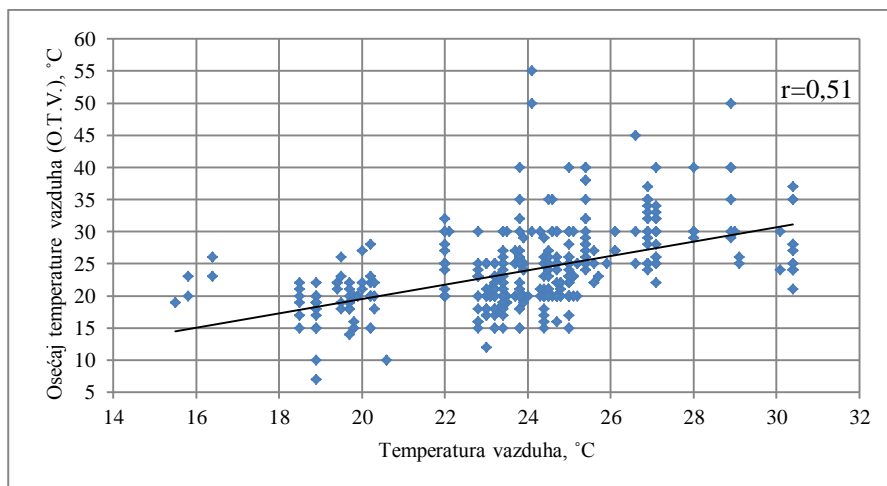
Tabela 6.15. Korelacija između osećaja temperature vazduha ispitanika i izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja

		Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Temperatura vazduha, °C						S_{xy}			r			
				Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S^2							$C_v, \%$
Osećaj temperature vazduha ispitanika (O.T.V.)		77	403	7,00	55,00	48,00	23,76	6,14	37,64	25,82	-	-	-	-	-	-
Izmerene vrednosti, $t_a, ^\circ\text{C}$	0,1 m			15,00	30,30	15,30	23,28	2,76	7,60	11,85	8,34	-	-	0,49	-	-
	1,1 m			15,50	30,40	14,90	23,82	2,77	7,69	11,64	-	8,62	-	-	0,51	-
	1,7 m			17,20	33,50	16,30	24,28	2,95	8,69	12,14	-	-	9,25	-	-	0,51

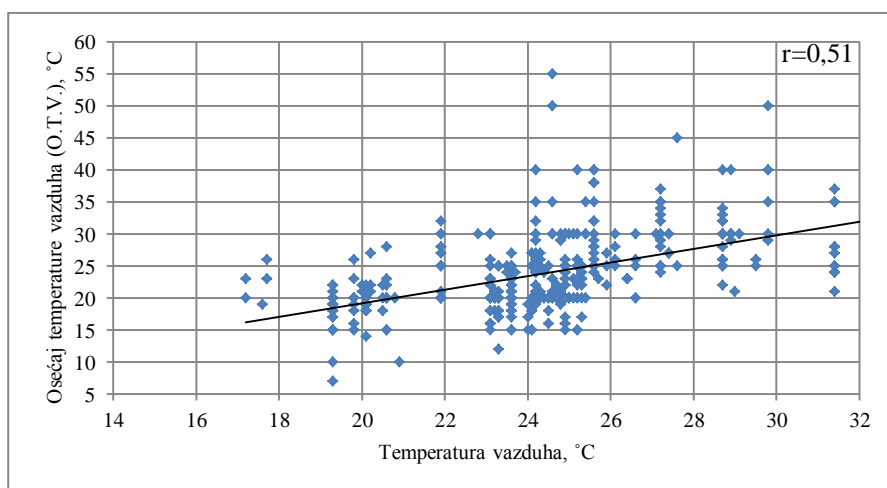
Na slikama 6.26, 6.27 i 6.28 prikazana je zavisnost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) ukupnog uzorka 403 ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m.



Slika 6.26. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 0,1 m.



Slika 6.27. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 1,1 m.



Slika 6.28. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature vazduha na visini merenja 1,7 m.

U istraživanju je učestvovalo 201 ispitanik muškog pola i 202 ispitanika ženskog pola. U tabeli 6.16 prikazani su rezultati korelacione analize između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika. Rezultati analize ukazuju da kod ispitanika muškog pola srednja vrednost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) iznosi 25,01°C. Srednja vrednost izmerene temperature vazduha kod ispitanika muškog pola na visini merenja 0,1 m je 23,70°C, a na visini merenja 1,7 m, 24,78°C. Kod ispitanika ženskog pola srednja vrednost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) iznosi 22,52°C, što je manje za 2,49°C u odnosu na ispitanike muškog pola. Srednja vrednost izmerene temperature vazduha kod ispitanika ženskog pola je najmanja na visini 0,1 m 22,85°C. Najveća srednja vrednost izmerene temperature vazduha kod ispitanika ženskog pola je 23,79°C na visini merenja 1,7 m.

Prikazani rezultati u tabeli 6.16 i na slici 6.29 ukazuju da je kod ispitanika muškog pola osećaj temperature vazduha (O.T.V.) u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima

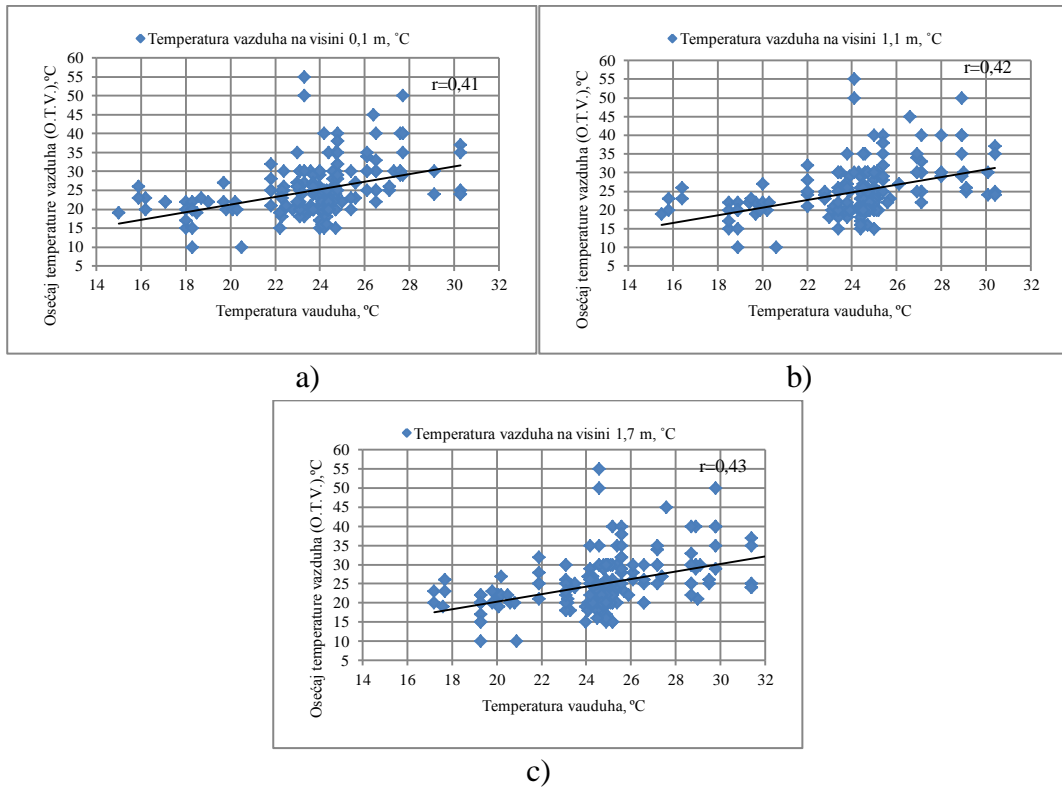
temperature vazduha na visini merenja 0,1 m $r=0,41$, na visini merenja 1,1 m $r=0,42$ i na visini merenja 1,7 m $r=0,43$.

U tabeli 6.16 i na slici 6.30, uočava se da je kod ispitanika ženskog pola, osećaj temperature vazduha (O.T.V.) takođe u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima temperature vazduha na visini merenja 0,1 m $r=0,58$, na visini merenja 1,1 m $r=0,59$ i na visini 1,7 m $r=0,60$.

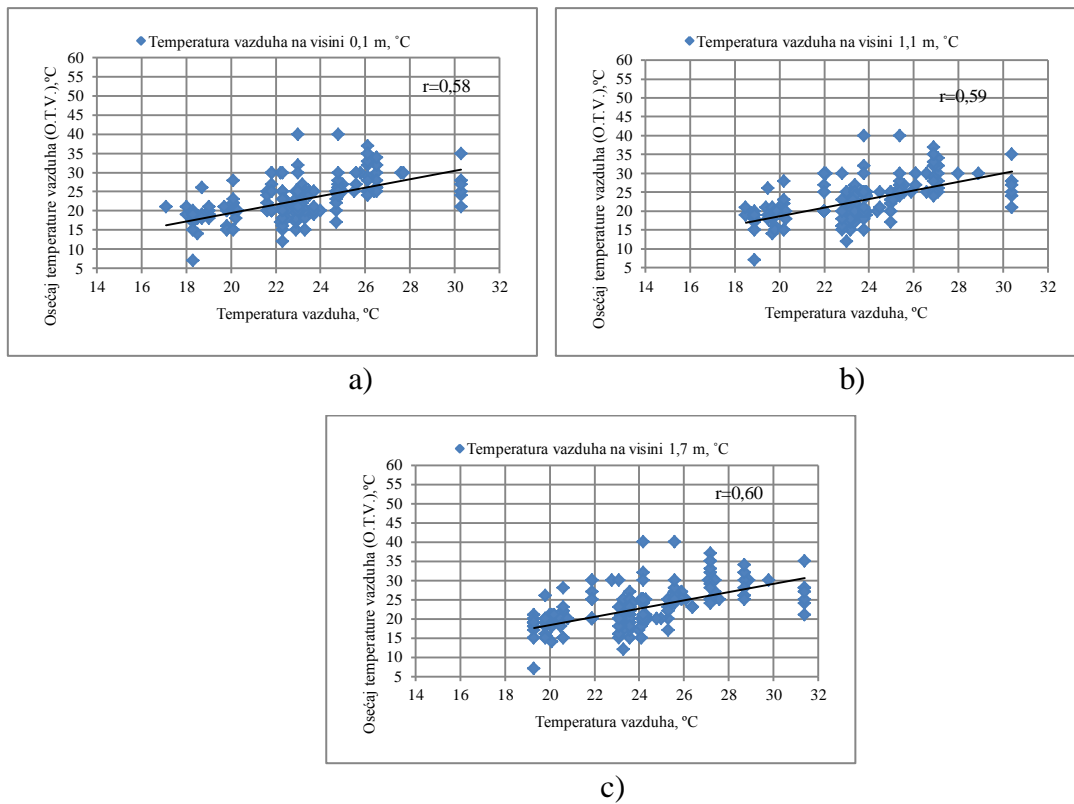
Rezultati korelacione analize ukazuju da u odnosu na ispitanike muškog pola, kod ispitanika ženskog pola postoji veća povezanost između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i izmerenih temperatura vazduha na sve tri visine merenja u radnoj sredini. Iz rezultata uočava se da postoji veća povezanost između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i izmerenih temperatura vazduha u predelu glave prosečnog čoveka, nego u predelu članaka.

Tabela 6.16. Korelacija između osećaja temperature vazduha i izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika

Pol ispitanika			Broj ispitanika	Temperatura vazduha, °C						S_{xy}			r			
				Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S^2							$C_v, \%$
Muškarci	Osećaj temperature vazduha ispitanika (O.T.V)		201	10,00	55,00	45,00	25,01	6,80	46,26	27,20	-	-	-	-	-	-
	Izmerene vrednosti, $t_a, ^\circ\text{C}$	0,1 m		15,00	30,30	15,30	23,70	2,77	7,65	11,67	7,69	-	-	0,41	-	-
		1,1 m		15,50	30,40	14,90	24,26	2,81	7,87	11,57	-	8,05	-	-	0,42	-
		1,7 m		17,20	33,50	16,30	24,78	2,96	8,77	11,96	-	-	8,60	-	-	0,43
Žene	Osećaj temperature vazduha ispitanika (O.T.V)		202	7,00	40,00	33,00	22,52	5,11	26,15	22,71	-	-	-	-	-	-
	Izmerene vrednosti, $t_a, ^\circ\text{C}$	0,1 m		17,10	30,30	13,20	22,85	2,69	7,23	11,77	7,96	-	-	0,58	-	-
		1,1 m		18,50	30,40	11,90	23,38	2,68	7,16	11,45	-	8,14	-	-	0,59	-
		1,7 m		19,30	31,40	12,10	23,79	2,85	8,15	12,00	-	-	8,70	-	-	0,60



Slika 6.29. Zavisnost osećaja temperature vazduha od izmerenih vrednosti temperature vazduha kod ispitanika muškog pola.



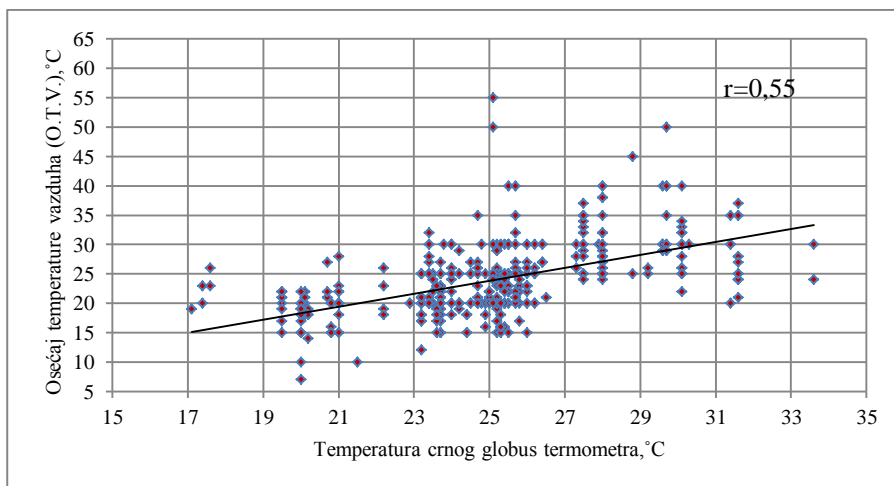
Slika 6.30. Zavisnost osećaja temperature vazduha od izmerenih vrednosti temperature vazduha kod ispitanika ženskog pola.

Osećaj temperature vazduha kod ispitanika istraživali su autori (Chow et al. 2010) i došli do rezultata da postoje razlike između muškaraca i žena u pogledu osećaja temperature vazduha, žene su osetljivije na promenu temperature vazduha u odnosu na muškarce. Prikazani rezultati analize osećaja temperature vazduha kod muških i ženskih ispitanika (tabela 6.16, slike 6.29 i 6.30), su u saglasnosti sa rezultatima koje su objavili (Chow et al. 2010), jer postoji veće kvantitativno slaganje između osećaja temperature vazduha i izmerenih vrednosti temperature vazduha kod ispitanika ženskog pola u radnoj sredini.

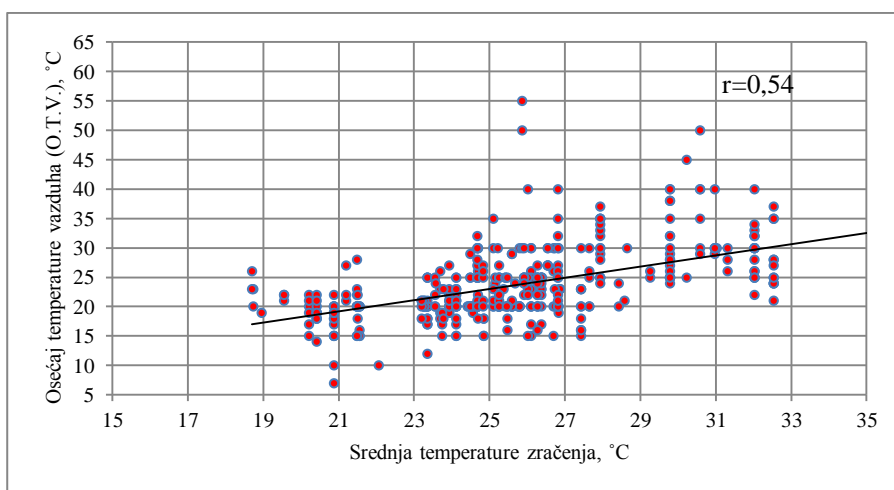
Pored temperature vazduha, na razmenu toplotne energije između čoveka i njegove sredine uticaj ima i toplotno zračenje okolnih površina. U tom slučaju, izvršice se analiza osećaja temperature vazduha (O.T.V.) ispitanika od izmerene temperature crnog globus termometra (t_g) i srednje temperature zračenja (t_{mr}). U tabeli 6.17 prikazani su rezultati korelacione analize na ukupnom uzorku 403 ispitanika između osećaja temperature vazduha (O.T.V.), temperature crnog globus termometra (t_g) i srednje temperature zračenja (t_{mr}) na 77 mernih mesta. Srednja vrednost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) kod ispitanika iznosi 23,76°C, što je prikazano u tabeli 6.15 i tabeli 6.17. Temperatura crnog globus termometra (t_g) se kretala u intervalu od 17,10°C do 33,60°C, a srednja vrednost temperature crnog globus termometra je 24,93°C. Prikazani rezultati korelacione analize u tabeli 6.17 i na slici 6.31 ukazuju da na ukupnom uzorku 403 ispitanika postoji pozitivna korelacija između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i temperature crnog globus termometra (t_g) na 77 mernih mesta, pri čemu je koeficijent korelacije $r=0,55$. U tabeli 6.17 može se uočiti da se izračunata vrednost srednje temperature zračenja (t_{mr}) kretala u intervalu od 18,70°C do 37,46°C, a aritmetička sredina srednje temperature zračenja (t_{mr}) je 25,80°C. Na slici 6.32 prikazana je povezanost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) na ukupnom uzorku 403 ispitanika od srednje temperature zračenja (t_{mr}) koja je izračunata za svih 77 mernih mesta. Iz prikazanih rezultata u tabeli 6.17 i na slici 6.32 uočava se da je osećaj temperature vazduha (O.T.V.) na ukupnom uzorku ispitanika u pozitivnoj korelaciji sa izračunatom srednjom temperaturom zračenja (t_{mr}), koeficijent korelacije iznosi $r=0,54$. Vrednost ovih rezultata ukazuje da je kod ispitanika osećaj temperature vazduha (O.T.V.) veći ukoliko je izmerena temperatura crnog globus termometra i izračunata srednja temperatura zračenja u radnoj sredini veća.

Tabela 6.17. Korelacija između osećaja temperature vazduha ispitanika, temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja

	Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Temperatura, °C							S_{xy}		r	
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S^2	$C_v, \%$				
Osećaj temperature vazduha ispitanika (O.T.V.)	77	403	7,00	55,00	48,00	23,76	6,14	37,64	25,82	-	-	-	-
Temperatura crnog globus termometra (t_g)			17,10	33,60	16,50	24,93	3,06	9,39	12,29	10,34	-	0,55	-
Srednja temperatura zračenja (t_{mr})			18,70	37,46	18,75	25,80	3,49	12,21	13,54	-	11,60	-	0,54



Slika 6.31. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra.



Slika 6.32. Zavisnost osećaja temperature vazduha ispitanika od srednje temperature zračenja.

Rezultati korelacione analize između osećaja temperature vazduha (O.T.V.), temperature crnog globus termometra (t_g) i srednje temperature zračenja (t_{mr}), prema polu ispitanika prikazani su u tabeli 6.18. Iz rezultata može se uočiti da je kod ispitanika muškog pola, srednja vrednost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) $25,01^\circ\text{C}$, a srednje vrednosti (artimetričke sredine) temperature crnog globus termometra (t_g) $25,43^\circ\text{C}$ i srednje temperature zračenja (t_{mr}) $26,43^\circ\text{C}$. Kod ispitanika ženskog pola koji su učestvovali u istraživanju, srednja vrednost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) je $22,52^\circ\text{C}$. Kod ispitanika ženskog pola srednja vrednost temperature crnog globus termometra (t_g) iznosi $24,42^\circ\text{C}$, a artimetrička sredina srednje temperature zračenja (t_{mr}) $25,18^\circ\text{C}$.

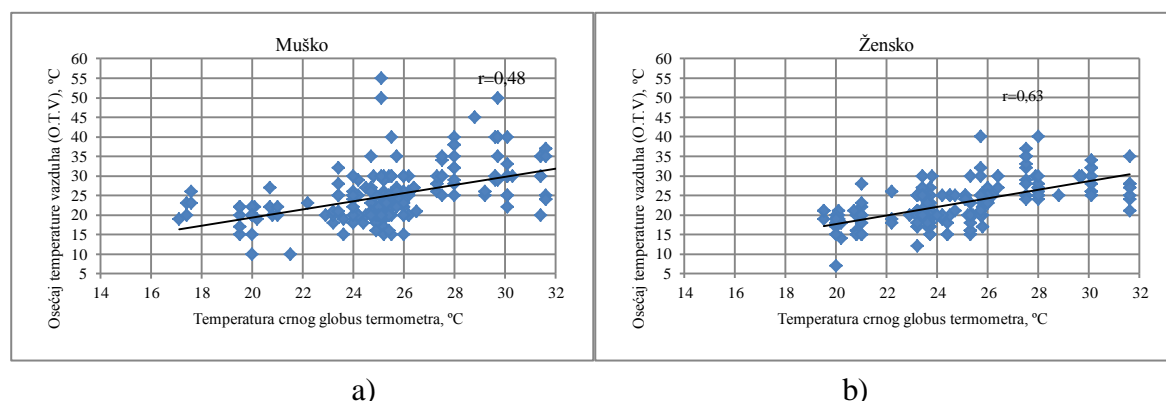
Rezultati korelacione analize ukazuju da postoji pozitivna korelacija između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) i temperature crnog globus termometra (t_g) kod ispitanika oba pola. U tabeli 6.18 i na slici 6.33-a) može se uočiti da kod ispitanika muškog pola koeficijent korelacije iznosi $r=0,48$. U tabeli 6.18 i na slici 6.33-b) može se uočiti da kod

ispitanika ženskog pola koeficijent korelacije iznosi $r=0,63$. Dobijeni rezultati ukazuju da postoji veća povezanost između osećaja temperature vazduha u prirodno ventilisanim objektima i temperature crnog globus termometra kod ispitanika ženskog pola u odnosu na ispitanike muškog pola.

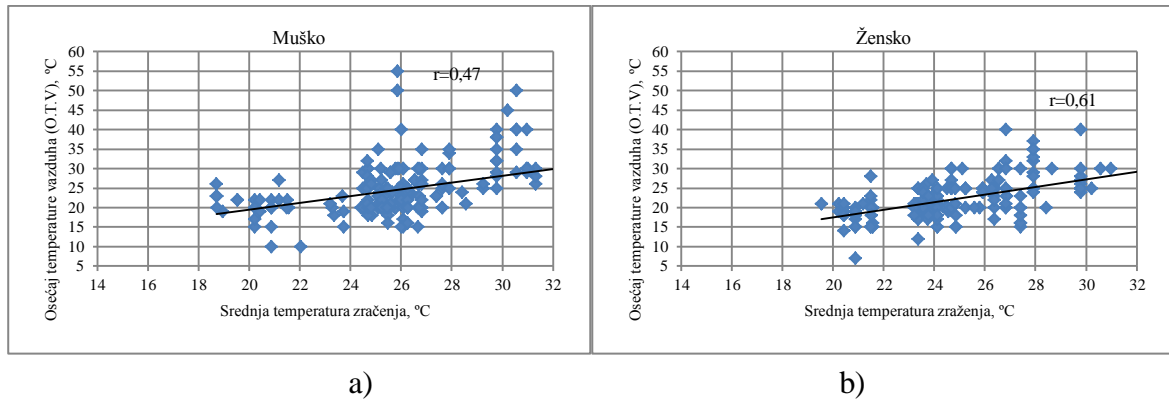
Prikazani rezultati korelacione analize u tabeli 6.18 ukazuju da je osećaj temperature vazduha (O.T.V.) kod ispitanika oba pola u pozitivnoj korelaciji sa izračunatim vrednostima srednje temperature zračenja (t_{mr}). Iz tabele 6.18 i sa slike 6.34-a) može se uočiti da kod ispitanika muškog pola koeficijent korelacije $r=0,47$, a takođe iz tabele 6.18 i sa slike 3.34-b), uočava se da je kod ispitanika ženskog pola vrednost koeficijenta korelacije $r=0,61$. Vrednost ovih rezultata ukazuje da postoji veća povezanost između osećaja temperature vazduha i srednje temperature zračenja u prirodno ventilisanim objektima kod ispitanika ženskog pola u odnosu na ispitanike muškog pola.

Tabela 6.18. Korelacija između osećaja temperature vazduha, temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Broj ispitanika	Temperatura, °C								S_{xy}		r	
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S^2	$C_v, \%$					
Muškarci	Osećaj temperature vazduha ispitanika (O.T.V)	10,00	55,00	45,00	25,01	6,80	46,26	27,20	-	-	-	-	
	Temperatura crnog globus termometra (t_g)	17,10	33,60	16,50	25,43	3,12	9,75	12,28	10,09	-	0,48	-	
	Srednja temperatura zračenja (t_{mr})	18,70	37,46	18,75	26,43	3,65	13,33	13,81	-	11,59	-	0,47	
Žene	Osećaj temperature vazduha ispitanika (O.T.V)	7,00	40,00	33,00	22,52	5,11	26,15	22,71	-	-	-	-	
	Temperatura crnog globus termometra (t_g)	19,50	31,60	12,10	24,42	2,93	8,56	11,98	9,38	-	0,63	-	
	Srednja temperatura zračenja (t_{mr})	19,55	32,53	12,98	25,18	3,22	10,37	12,79	-	10,10	-	0,61	



Slika 6.33. Zavisnost osećaja temperature vazduha od izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra prema polu ispitanika.



Slika 6.34. Zavisnost osećaja temperature vazduha od srednje temperature zračenja prema polu ispitanika.

Na osnovu izvršene korelacione analize između osećaja temperature vazduha (O.T.V.) kod ispitanika i izmerenih vrednosti temperature vazduha (t_a) na tri visine merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m, temperature crnog globus termometra (t_g) i izračunate srednje temperature zračenja (t_{mr}), može se uočiti sledeće: na ukupnom uzorku 403 ispitanika postoji veća povezanost osećaja temperature vazduha (O.T.V.) u radnoj sredini sa izmerenom temperaturom crnog globus termometra (t_g) (slika 6.31) i izračunatom srednjom temperaturom zračenja (t_{mr}) (slika 6.32) nego sa izmerenim vrednostima temperature vazduha (t_a) na tri visine merenja (slike 6.26, 6.27 i 6.28). Dakle, osećaj temperature vazduha kod ispitanika u radnoj sredini ima veću povezanost sa temperaturom crnog globus termometra i srednjom temperaturom zračenja, nego sa izmerenim vrednostima temperature vazduha.

6.3.5.1.2 Analiza osećaja vlažnosti vazduha u radnoj sredini

Vlažnost vazduha, tj. osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) ispitanici su iskazivali na petostepenoj skali. Ispitanici su odgovarali na pitanje *Procenite vlažnost vazduha u ovom trenutku*, a merna skala se kretala od „veoma suv“ (1), „blago suv“ (2), „prijatan“ (3), „blago vlažan“ (4), „veoma vlažan“ (5). Relativna vlažnost vazduha ($\varphi, \%$) merena je na tri visine, na način koji je opisan u metodologiji istraživanja.

U tabeli 6.19 prikazani su rezultati korelacione analize na ukupnom uzorku 403 ispitanika između osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) i izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha 77 mernih mesta i na tri visine merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m. Rezultati analize ukazuju da je srednja vrednost osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) na ukupnom uzorku ispitanika 2,36 na petostepenoj skali, što znači da se nalazi u intervalu od (2) „blago suv“ do (3) „prijatan“.

Izmerene vrednosti relativne vlažnosti vazduha ($\varphi, \%$) su se kretale u intervalu od 21,00% do 63,80%. Srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha je najmanja na visini merenja od 1,7 m i iznosi 28,16%, tj. u predelu glave prosečnog čoveka. Najveća srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha 39,02% je na visini merenja 0,1 m, odnosno u predelu članaka prosečnog čoveka. Standardna devijacija i koeficijent varijacije ukazuju da su veća

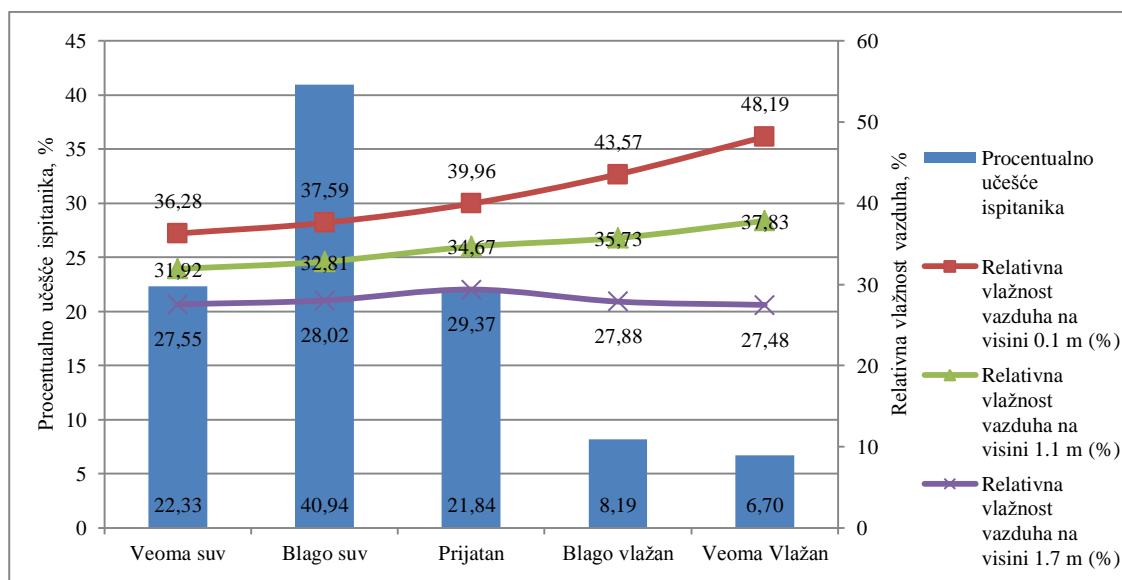
odstupanja od srednjih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 0,1 m u odnosu na visinu merenja 1,7 m. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da porastom visine merenja, relativna vlažnost vazduha u prirodno ventilisanim objektima ima manje vrednosti, tj. u predelu glave prosečnog čoveka u odnosu na visinu članaka, kao što je već prikazano na slici 6.18.

Prikazani rezultati u tabeli 6.19 i na slici 6.35 ukazuju da je osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) na ukupnom uzorku 403 ispitanika u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 0,1 m i 1,1 m. Između osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) i relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 0,1 m koeficijent korelacije iznosi $r=0,29$ i između osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) i relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 1,1 m koeficijent korelacije iznosi $r=0,27$. Osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) na ukupnom uzorku 403 ispitanika nema povezanost sa izmerenim vrednostima relativne vlažnosti vazduha na visini 1,7 m, koeficijent korelacije iznosi $r=0,04$. Dobijeni rezultati ukazuju da ispitanici imaju veći osećaj vlažnosti vazduha, odnosno osećaj vlažnosti vazduha je ocenjen kao „veoma vlažan“, kada su izmerene veće vrednosti relativne vlažnosti vazduha na visinama merenja 0,1 m i 1,1 m, što nije slučaj na visini merenja 1,7 m, onosno u predelu glave prosečnog čoveka.

Tabela 6.19. Korelacija između osećaja vlažnosti vazduha ispitanika i izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na tri visine merenja

		Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v , %	S _{xy}			r		
Skala osećaja vlažnosti vazduha ispitanika (O.V.V.)		77	403	1,00	5,00	4,00	2,36	1,12	1,25	47,30	-	-	-	-	-	-
Izmerene vrednosti,	0,1 m			24,40	63,80	39,40	39,02	10,61	112,6	27,19	3,41	-	-	0,29	-	-
	1,1 m			23,15	45,00	21,85	33,59	6,02	36,26	17,93	-	1,82	-	-	0,27	-
φ, %	1,7 m			21,00	43,00	22,00	28,16	4,83	23,32	17,15	-	-	0,22	-	-	0,04

Na slici 6.35 prikazani su rezultati srednjih vrednosti distribucije osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V) ukupnog uzorka 403 ispitanika i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha ($\varphi, \%$) na tri visine merenja. Na apscisi prikazana je skala osećaja vlažnosti vazduha, na levoj ordinati procentualno učešće ispitanika, a na desnoj ordinati srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha. Od ukupnog uzorka tj. 403 ispitanika koji su uzeli učešće u istraživanju, na petostepenoj skali osećaja vlažnosti vazduha, 22,33% ispitanika ocenilo je vlažnost vazduha kao „veoma suv“ (1). Najveći broj ispitanika 40,94%, ocenilo je vlažnost vazduha u radnoj sredini kao „blago suv“ (2). Od ukupnog uzorka 21,84% ispitanika, ima osećaj da je vlažnost vazduha „prijatan“ (3). Rezultati statističke analize ukazuju da je osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) kod ispitanika ocenjen „prijatan“ (3), kada su srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha iznosile 39,96% na visini merenja 0,1 m, 34,67% na visini merenja 1,1 m i 29,37% na visini merenja od 1,7 m.



Slika 6.35. Distribucija osećaja vlažnosti vazduha ispitanika i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha.

U tabeli 6.20 prikazani su rezultati korelacione analize između osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) i izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha (φ ,%) na tri visine merenja, prema polu ispitanika. Kod ispitanika oba pola, tj. muškaraca i žena srednja vrednost osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) iznosi 2,39, odnosno 2,33, što znači da se nalazi u intervalu od „blago suv“ (2) do „prijatan“ (3) na petostepenoj skali. Kod ispitanika muškog pola, najmanji rezultat srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha je 27,21% u predelu glave prosečnog čoveka, odnosno na visini merenja 1,7 m. Najveća srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha kod ispitanika muškog pola iznosi 37,31% u predelu članaka, odnosno na visini merenja 0,1 m. Kod ispitanika ženskog pola srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 1,7 m, odnosno u predelu glave je 29,11%, a u predelu članaka 40,71%.

Kod ispitanika muškog pola prikazani rezultati u tabeli 6.20 i na slici 6.36 ukazuju da je osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 0,1 m $r=0,26$, na visini merenja 1,1 m $r=0,27$ i na visini merenja 1,7 m $r=0,15$. Vrednosti koeficijenata korelacije ukazuju da kod ispitanika muškog pola postoji veća povezanost osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha u predelu članaka i struka, tj. na visini merenja 0,1 m i 1,1 m, nego na visini merenja 1,7 m, tj. u predelu glave prosečnog čoveka.

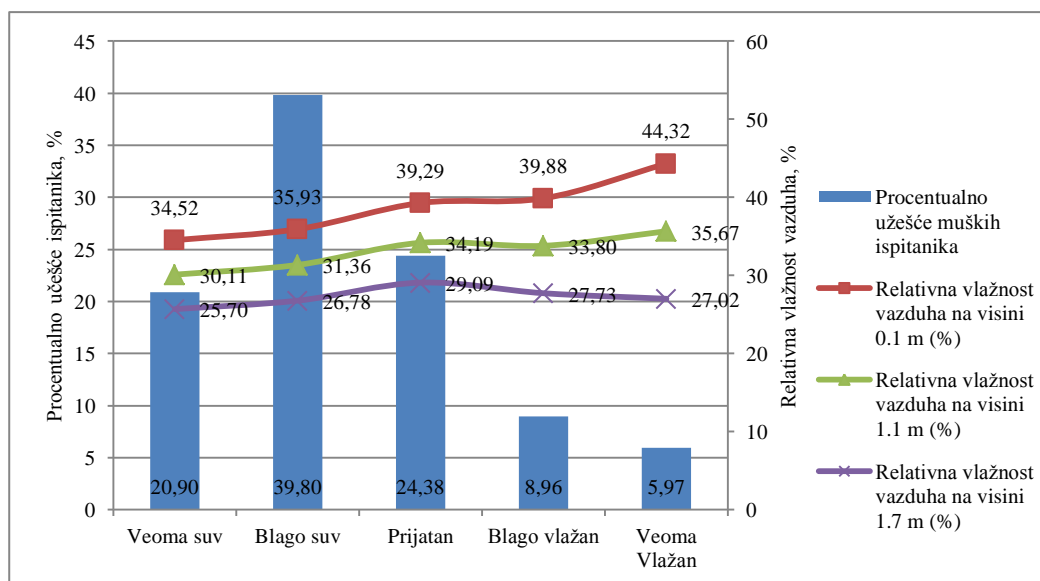
Kod ispitanika ženskog pola, prikazani rezultati u tabeli 6.20 i na slici 6.37 ukazuju da je osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 0,1 m $r=0,33$ i relativne vlažnosti vazduha izmerene na visini 1,1 m $r=0,31$. Za razliku od ispitanika muškog pola, kod ispitanika ženskog pola, osećaj vlažnosti vazduha (O.V.V.) nema povezanost sa izmerenim vrednostima relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 1,7 m, pri čemu koeficijent korelacije iznosi $r=-0,07$. Kod ispitanika oba pola rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da sa porastom relativne vlažnosti

vazduha u radnoj sredini raste i osećaj vlažnosti vazduha, međutim to nije slučaj kod ispitanika ženskog pola na visini merenja 1,7 m.

Tabela 6.20. Korelacija između osećaja vlažnosti vazduha i izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika

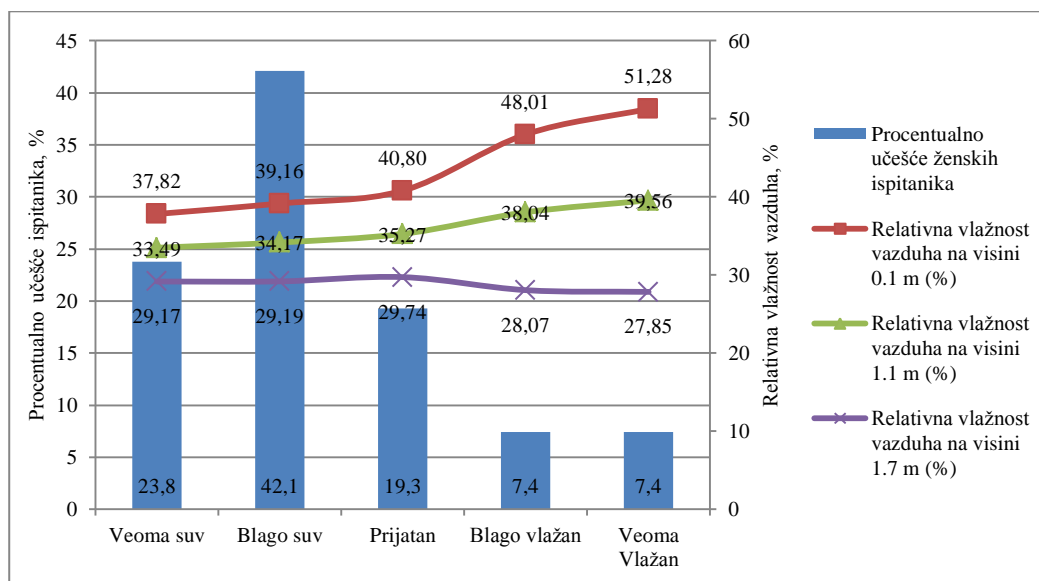
Pol ispitanika			Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v ,%	S _{xy}			r		
Muškarci	Skala osećaja vlažnosti vazduha ispitanika(O.V.V.)		201	1,00	5,00	4,00	2,39	1,10	1,20	45,77	-	-	-	-	-	-
	Izmerene vrednosti, φ, %	0,1 m		24,40	63,80	39,40	37,31	9,83	96,54	26,34	2,79	-	-	0,26	-	-
		1,1 m		23,15	45,00	21,85	32,26	6,23	38,81	19,31	-	1,81	-	-	0,27	-
		1,7 m		21,00	43,00	22,00	27,21	5,03	25,30	18,48	-	-	0,83	-	-	0,15
Žene	Skala osećaja vlažnosti vazduha ispitanika(O.V.V.)		202	1,00	5,00	4,00	2,33	1,14	1,30	48,92	-	-	-	-	-	
	Izmerene vrednosti, φ, %	0,1 m		24,40	63,80	39,40	40,71	11,10	123,28	27,27	4,16	-	-	0,33	-	-
		1,1 m		23,95	45,00	21,05	34,91	5,51	30,38	15,79	-	1,92	-	-	0,31	-
		1,7 m		22,60	39,50	16,90	29,11	4,44	19,68	15,24	-	-	-0,33	-	-	-0,07

Na slici 6.36 prikazani su rezultati srednjih vrednosti distribucije osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) kod ispitanika muškog pola i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha (φ,%) na tri visine merenja. Od ukupnog broja ispitanika muškog pola, 39,80% se izjasnilo da je vazduh „blago suv“. Od ukupnog broja, njih 24,40% se izjasnilo da je vazduh „prijatan“, a srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha su iznosile 39,29% na visini merenja 0,1 m, 34,19% na visini 1,1 m i 29,09% na visini 1,7 m.



Slika 6.36. Distribucija osećaja vlažnosti vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha kod ispitanika muškog pola.

Na slici 6.37 prikazani su rezultati srednjih vrednosti distribucije osećaja vlažnosti vazduha (O.V.V.) kod ispitanika ženskog pola i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha (φ ,%) na tri različite visine. Od ukupnog broja 202 ispitanika ženskog pola, najveći broj se izjasnio da je vazduh “blago suv” 42,10%. Osećaj da je vazduh “prijatan” ocenilo je 19,30% ispitanika, kada je srednja vrednost izmerene relativne vlažnosti vazduha iznosila 40,80% na visini merenja 0,1 m, 35,27% na visini merenja 1,1 m i 29,74% na visini 1,7 m.



Slika 6.37. Distribucija osećaja vlažnosti vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha kod ispitanika ženskog pola.

Autori (Indraganti & Rao 2010) istraživali su zavisnost osećaja vlažnosti vazduha ispitanika od relativne vlažnosti vazduha merene na jednoj visini. Prikazani rezultati njihovih istraživanja ukazuju da je osećaj vlažnosti vazduha u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima relativne vlažnosti vazduha (Indraganti & Rao 2010). Prikazani rezultati (tabela 6.19 i slika 6.35) su u saglasnosti sa zaključcima koje su dobili autori (Indraganti & Rao 2010), da postoji pozitivna korelacija između osećaja vlažnosti vazduha kod ukupnog uzorka 403 ispitanika i relativne vlažnosti vazduha na visini merenja 0,1 m i 1,1 m, ali ne postoji na visini 1,7 m. Rezultati istraživanja koje su objavili isti autori (Indraganti & Rao 2010) pokazuju da je na sedmostepenoj skali najveći broj ispitanika ocenio vlažnost vazduha sa „niti vlažan, niti suv – prijatan“, kada je srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha iznosila približno 50%. Rezultati istih autora su u suprotnosti sa prikazanim rezultatima na ukupnom uzorku 403 ispitanika (slika 6.35) gde je osećaj „prijatan“ na sedmostepenoj skali iskazan pri srednjoj vrednosti relativne vlažnosti vazduha 39,96% na visini merenja 0,1 m, 34,67% na visini 1,1 m i 29,37% na visini 1,7m.

6.3.5.1.3 Analiza osećaja brzine strujanja vazduha u radnoj sredini

Osećaj brzine strujanja vazduha (O.S.V.) u radnoj sredini, ispitanici su procenjivali tako što su imali mogućnost da na sedmostepenoj skali odgovore na pitanje *Procenite brzinu*

strujanje vazduha u vašoj radnoj sredini. Sedmostepena skala koja je korišćena tokom istraživanja osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V.) ima sledeće značenje: „veoma neprihvatljivo“ (1), „umereno prihvatljivo“ (2), „blago neprihvatljivo“ (3), „prihvatljivo“ (4), „blago prihvatljivo“ (5), „umereno prihvatljivo“ (6), „veoma prihvatljivo“ (7). Brzina strujanja vazduha na tri visine merena je na način koji je opisan u metodologiji istraživanja.

Rezultati korelacione analize na ukupnom uzorku 403 ispitanika između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V.) i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na 77 mernih mesta i na tri visine merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m prikazani su u tabeli 6.21. Rezultati analize ukazuju da su ispitanici osećaj brzine strujanja vazduha (O.S.V) ocenili sa srednjom vrednošću 3,12 na sedmostepenoj skali, što znači od „blago neprihvatljivo“ (3) do „prihvatljivo“ (4).

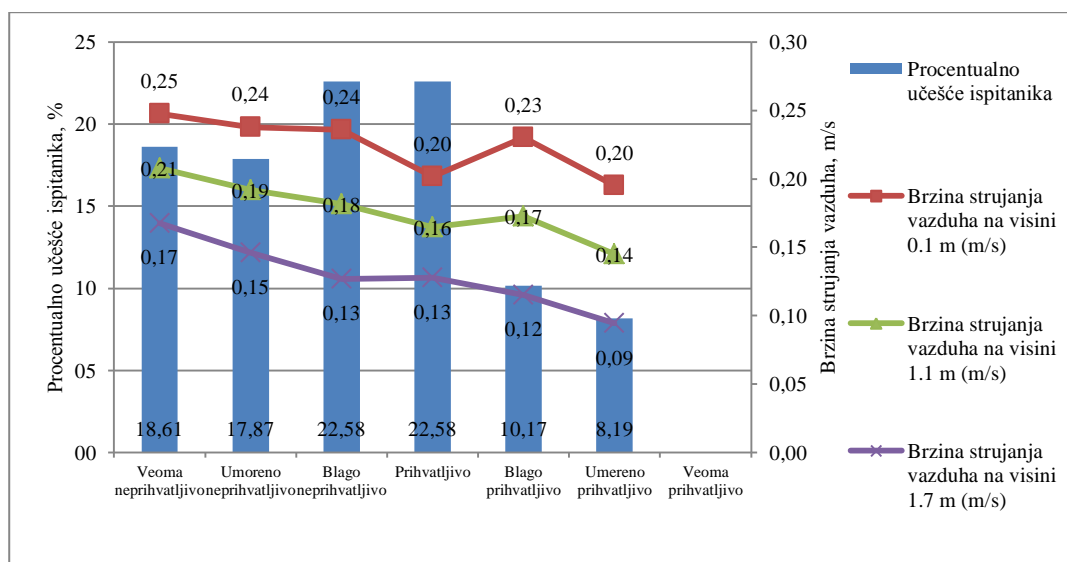
Izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha na ukupnom uzorku su se kretale u intervalu od 0,02 m/s do 1,00 m/s. Srednja vrednosti izmerene brzine strujanja vazduha u predelu članaka čoveka, tj. na visini merenja 0,1 m je iznosila 0,23 m/s. U predelu struka prosečnog čoveka, odnosno na visini merenja 1,1 m, srednja vrednost brzine strujanja vazduha je 0,18 m/s i u predelu glave prosečnog čoveka 0,13 m/s tj. visini merenja 1,7 m. Iz rezultata analize može se uočiti da su izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha u prirodno ventilisanim objektima, odnosno radnoj sredini najveće u predelu članaka, na visini merenja od 0,1 m. Najmanje vrednosti brzine strujanja vazduha u prirodno ventilisanim objektima su u predelu glave prosečnog čoveka, odnosno na visini merenja 1,7 m, kao što je već prikazano na slici 6.19. Izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha u prirodno ventilisanim objektima imaju procentualno visoka odstupanja od srednjih vrednosti, a najveća su u predelu glave prosečnog čoveka, tj. na visini merenja 1,7 m.

Prikazani rezultati u tabeli 6.21 i na slici 6.38 ukazuju da na ukupnom uzorku 403 ispitanika osećaj brzine strujanja vazduha (O.S.V) je u negativnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima brzine strujanja vazduha na sve tri visine merenja. Između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i izmerene brzine strujanja vazduha na visini 0,1 m, koeficijent korelacije iznosi $r=-0,12$. Između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i izmerene brzine strujanja vazduha na visini 1,1 m koeficijent korelacije iznosi $r=-0,17$ i između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i izmerene brzine strujanja vazduha na visini merenja 1,7 m koeficijent korelacije iznosi $r=-0,17$. Rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da ispitanici na ukupnom uzorku istraživanja imaju osećaj brzine strujanja vazduha manje prihvatljiv, kada su izmerene brzine strujanja vazduha veće u radnoj sredini, i obrnuto. Kada su brzine strujanja vazduha manje, ispitanici imaju „prihvatljiviji“ osećaj brzine strujanja vazduha. Iz prikazanih rezultata se uočava da postoji veće kvantitativno slaganje između osećaja brzine strujanja vazduha u predelu glave čoveka, u odnosu na predeo nogu.

Tabela 6.21. Korelacija između osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja

		Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v , %	S _{xy}			r		
Skala osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika (O.S.V)		77	403	1	6	5	3,12	1,51	2,28	48,37	-	-	-	-	-	-
Izmerene vrednosti v _a , m/s	0,1 m			0,05	1,00	0,95	0,23	0,13	0,02	55,64	-0,02	-	-	-0,12	-	-
	1,1 m			0,06	0,75	0,70	0,18	0,10	0,01	56,44	-	-0,03	-	-	-0,17	-
	1,7 m			0,02	0,70	0,68	0,13	0,11	0,01	85,25	-	-	-0,03	-	-	-0,17

Na slici 6.38 prikazani su rezultati srednjih vrednosti distribucije osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na ukupnom uzorku 403 ispitanika. Na apscisi prikazana je skala osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V), na levoj ordinati procentualno učešće ispitanika, a na desnoj ordinati izmerene vrednosti brzine strujanja vazduha. Iz prikazanih rezultata, može se uočiti da su ispitanici iskazali osećaj brzine strujanja vazduha (O.S.V) na sedmostepenoj skali „prihvatljivo“ (4), kada su srednje vrednosti izmerene brzine strujanja vazduha iznosile 0,20 m/s na visini merenja 0,1 m, 0,16 m/s na visini merenja 1,1 m i 0,13 m/s na visini merenja 1,7 m. Od ukupnog uzorka 403 ispitanika, 22,58% se izjasnilo da je brzina strujanja vazduha „prihvatljiva“, a „blago neprihvatljiva“ 22,58%.



Slika 6.38. Distribucija osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha.

U tabeli 6.22 prikazani su rezultati korelacione analize između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha prema polu ispitanika. Rezultati analize osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) ukazuju da kod ispitanika muškog pola, srednja vrednost ocene iznosi 2,98, što znači da se „prihvatljivost“ brzine strujanja

vazduha nalazi na sedmostepenoj skali između „umereno prihvatljivo“(2) i „blago neprihvatljivo“(3). Kod ispitanika ženskog pola, srednja vrednost osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) ima veću vrednost u odnosu na ispitanike muškog pola, iznosi 3,27 što znači da se nalazi u intervalu od „blago neprihvatljivo“ (3) do „prihvatljivo“ (4) na sedmostepenoj skali. Rezultati srednjih vrednosti izmerene brzine strujanja vazduha kod ispitanika muškog pola kretale su se od 0,17 m/s na visini merenja 1,7 m do 0,26 m/s na visini merenja 0,1 m. Srednje vrednosti izmerene brzine strujanja vazduha kod ispitanika ženskog pola imaju manje vrednosti, a kretale su se u intervalu od 0,10 m/s na visini merenja 1,7 m do 0,20 m/s na visini merenja 0,1 m.

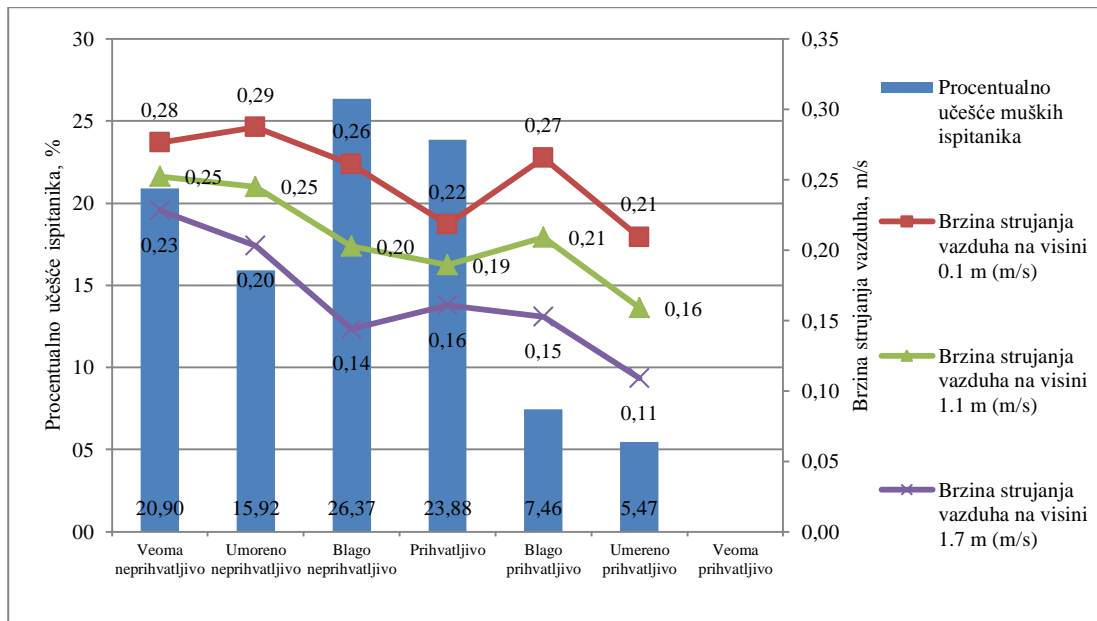
Prikazani rezultati u tabeli 6.22 i na slici 6.39 ukazuju da je osećaj brzine strujanja vazduha (O.S.V) kod ispitanika muškog pola u negativnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima brzine strujanja vazduha na visini merenja 0,1 m, koeficijent korelacije iznosi $r=-0,13$, na visini merenja 1,1 m koeficijent korelacije iznosi $r=-0,20$ i na visini merenja 1,7 m koeficijent korelacije iznosi $r=-0,22$. Negativne vrednosti koeficijenta korelacije ukazuju da muški ispitanici osećaju strujanje vazduha „neprihvatljivo“, kada izmerene brzine strujanja vazduha u radnoj sredini imaju veće vrednosti.

Kod ispitanika ženskog pola, prikazani rezultati u tabeli 6.22 i na slici 6.40 ukazuju da osećaj brzine strujanja vazduha (O.S.V) nije u korelaciji sa izmerenim vrednostima brzine strujanja vazduha na visini merenja 0,1 m, pri čemu koeficijent korelacije iznosi $r=-0,07$, na visini merenja 1,1 m koeficijent korelacije iznosi $r=-0,08$ i na visini merenja 1,7 m koeficijent korelacije iznosi $r=-0,04$. Vrednost ovih rezultata ukazuje da bezobzira na promene brzine strujanja vazduha u intervalu od 0,02 m/s do 0,50 m/s, kod ispitanika ženskog pola ne dolazi do promene osećaja brzine strujanja vazduha u radnoj sredini.

Tabela 6.22. Korelacija između osećaja brzine strujanja vazduha i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika

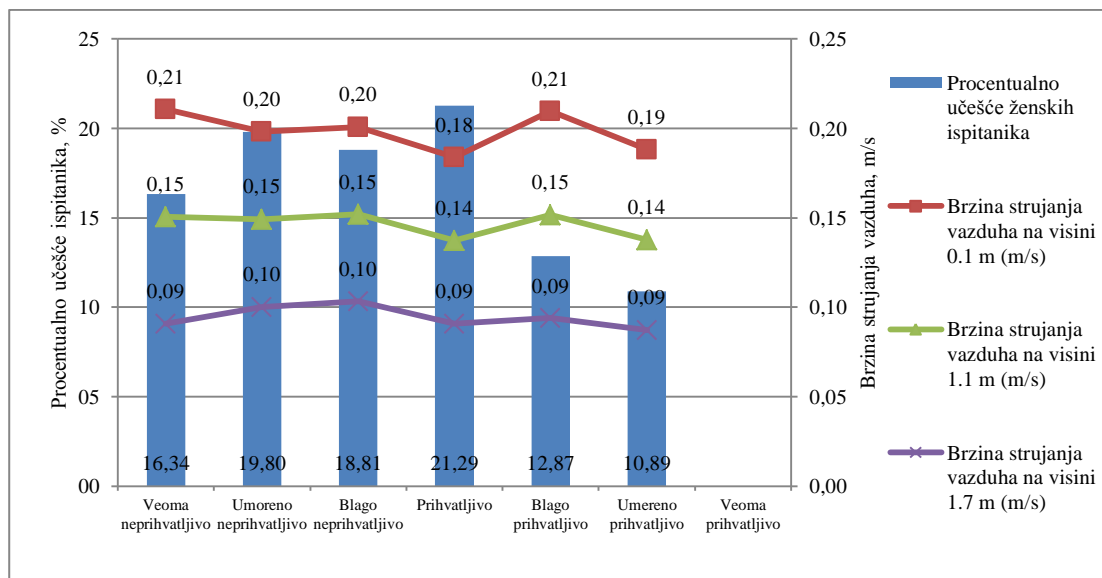
Pol ispitanika			Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v ,%	S _{xy}			r		
Muškarci	Skala osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika (O.S.V)		201	1	6	5	2,98	1,43	2,03	47,94	-	-	-	-	-	-
	Izmerene vrednosti v _{as} m/s	0,1 m		0,05	1	0,95	0,26	0,16	0,03	63,40	-0,03	-	-	-0,13	-	-
		1,1 m		0,06	0,75	0,70	0,21	0,13	0,02	60,08	-	-0,04	-	-	-0,20	-
		1,7 m		0,02	0,7	0,68	0,17	0,14	0,02	80,55	-	-	-0,04	-	-	-0,22
Žene	Skala osećaja brzine strujanja vazduha ispitanika (O.S.V)		202	1	6	5	3,27	1,58	2,50	48,30	-	-	-	-	-	
	Izmerene vrednosti, v _{as} m/s	0,1 m		0,05	0,5	0,45	0,20	0,06	0,00	32,09	-0,01	-	-	-0,07	-	-
		1,1 m		0,06	0,31	0,25	0,15	0,04	0,00	29,57	-	-0,01	-	-	-0,08	-
		1,7 m		0,02	0,40	0,38	0,10	0,06	0,00	63,23	-	-	0,003	-	-	-0,04

Rezultati srednjih vrednosti distribucije osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja kod ispitanika muškog pola prikazana je na slici 6.39. Rezultati istraživanja zavisnosti osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) kod 201 ispitanika muškog pola od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri različite visine ukazuju sledeće: 23,88% ispitanika ocenilo je brzinu strujanja vazduha kao „prihvatljivo“, kada su srednje vrednosti izmerene brzine strujanja vazduha iznosile 0,22 m/s na visini merenja 0,1 m, 0,19 m/s na visini merenja 1,1 m i 0,16 m/s na visini merenja 1,7 m.



Slika 6.39. Distribucija osećaja brzine strujanja vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika muškog pola.

Kod ispitanika ženskog pola, rezultati srednjih vrednosti distribucije osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja, prikazani su na slici 6.40. Rezultati zavisnosti osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine merenja kod ispitanika 202 ženskog pola ukazuju da je najveći broj, njih 21,29% ocenilo brzinu strujanja vazduha na sedmostepenoj skali „prihvatljivo“, kada su srednje vrednosti izmerene brzine strujanja vazduha iznosile 0,18 m/s na visini merenja 0,1 m, 0,14 m/s na visini merenja 1,1 m i 0,09 m/s na visini merenja od 1,7 m.



Slika 6.40. Distribucija osećaja brzine strujanja vazduha i njegova zavisnost od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika ženskog pola.

Prikazani rezultati srednjih vrednosti osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) na sedmostepenoj skali (tabela 6.22) ukazuju da su ispitanici muškog pola ocenili strujanje vazduha „manje prihvatljivo“ u odnosu na ispitanike ženskog pola. Prikazani rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da postoji negativna korelacija između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika muškog pola, što nije slučaj kod ispitanika ženskog pola. Vrednost ovih rezultata ukazuje da je kod ispitanika muškog pola osećaj brzine strujanja vazduha „prihvatljiv“, kada su izmerene brzine strujanja vazduha manje.

Zavisnost osećaja strujanja vazduha kod ispitanika od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha koja je merena na jednoj visini merenja istraživali su autori (Indraganti & Rao 2010) i došli do rezultata da je najveći broj ispitanika iskazao zadovoljstvo kretanjem vazduha, kada su se srednje vrednosti kretale u intervalu od 0,4 m/s do 0,7 m/s. Prikazani rezultati na ukupnom uzorku ispitanika (slika 6.38) se razlikuju od rezultata do kojih su došli autori (Indraganti & Rao 2010), te ukazuju da je „prihvatljiv“ osećaj iskazan kada su srednje vrednosti brzine strujanja vazduha 0,20 m/s na visini merenja 0,1 m, 0,16 m/s na visini merenja 1,1 m i 0,13 m/s na visini merenja 1,7 m. Rezultati istih autora (Indraganti & Rao 2010) ukazuju da su muškarci „osetljiviji“ na promene brzine strujanja vazduha u odnosu na ispitanike ženskog pola (Indraganti & Rao 2010). Prikazani rezultati (tabela 6.22) su u saglasnosti sa rezultatima (Indraganti & Rao 2010), jer postoji kvantitativna saglasnost između osećaja brzine strujanja vazduha i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika muškog pola, što nije slučaj kod ispitanika ženskog pola.

Rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da postoji veća povezanost između osećaja brzine strujanja vazduha (O.S.V) kod ispitanika muškog pola i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha na visini merenja 1,7 m u odnosu visinu merenja 0,1 m. Vrednosti ovih rezultata

(tabela 6.22) je u saglasnosti sa dosadašnjim istraživanjima autora (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014) da je čovek najosetljiviji na strujanje vazduha u predelu vrata i glave.

6.3.5.1.4 Analiza osećaja nivoa buke u radnoj sredini

Buka u radnoj sredini, odnosno osećaj nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini, ispitanici su ocenjivali na sedmostepenoj skali. Tokom istraživanja, ispitanici su na upitniku, odgovarali na pitanje: *Ocenite nivo buke na radnom mestu*, a merna skala se kretala od: „veoma tiho“ (1), „tiho“ (2), „malo tiho“ (3), „prihvatljivo“ (4), „malo bučno“ (5), „bučno“ (6), „veoma bučno“ (7). Nivo buke (L_{eq} , dB(A)) meren je na visini 1,7 m, odnosno u predelu glave prosečnog čoveka, na način koji je opisan u metodologiji istraživanja.

U tabeli 6.23 prikazani su rezultati korelacione analize između osećaja nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini kod 403 ispitanika i izmerenog nivoa buke (L_{eq} , dB(A)) na 77 mernih mesta. Rezultati analize ukazuju da srednja vrednost osećaja nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini od strane ukupnog uzorka ispitanika iznosi 4,98 na sedmostepenoj skali, što znači da se srednja vrednost nalazi intervalu od „prihvatljivo“ (4) do „malo bučno“ (5). Izmereni nivo buke (L_{eq} , dB(A)) se kretao u intervalu od 69,00 dB(A) do 98,00 dB(A), a srednja vrednost iznosi 81,34 dB(A). Standardna devijacija i koeficijent varijacije ukazuju na niska odstupanja nivoa buke od srednjih vrednosti, što znači da su skoro svi ispitanici izloženi približno jednakom nivou buke u radnoj sredini.

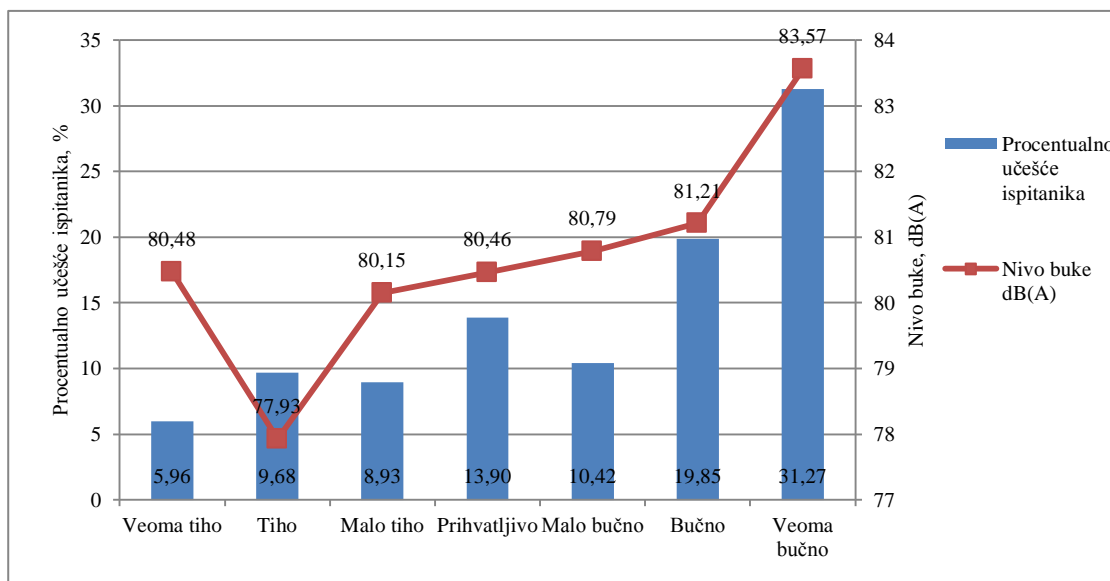
U tabeli 6.23 može se uočiti da je osećaj nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini kod ukupnog uzorka 403 ispitanika u pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima nivoa buke, pri čemu koeficijent korelacije iznosi $r=0,21$. Vrednost rezultata koeficijenta korelacije ukazuje da sa porastom izmerenih vrednosti nivoa buke, raste i osećaj nivoa buke kod ispitanika u radnoj sredini.

Tabela 6.23. Korelacija između osećaja nivoa buke ispitanika i izmerenih vrednosti nivoa buke u radnoj sredini

	Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S^2	$C_v, \%$	S_{xy}	r
Skala osećaja nivoa buke ispitanika u radnoj sredini (O.N.B)	77	403	1,00	7,00	6,00	4,98	1,94	3,78	39,05	2,90	0,21
Nivo buke, L_{eq} , dB(A)			69,00	98,00	29,00	81,34	7,00	49,01	8,61		

Na slici 6.41 prikazano je procentualno učešće ispitanika koji su iskazali osećaj nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini na sedmostepenoj skali i rezultati srednjih vrednosti zavisnosti osećaja nivoa buke (O.N.B) od izmerenog nivoa buke (L_{eq} , dB(A)) na ukupnom uzorku 403 ispitanika. Na apscisi prikazana je skala osećaja nivoa buke (O.N.B), na levoj ordinati prikazano je procentualno učešće ispitanika, a na desnoj ordinati nivo buke (L_{eq} , dB(A)). Od ukupnog broja ispitanika, 31,30% ocenilo je da je njihova radna sredina „veoma bučna“, a srednja vrednost izmerenog nivoa buke iznosi 83,57 dB(A). „Prihvatljiv“ osećaj nivoa buke je iskazalo 13,90% ispitanika od ukupnog uzorka, a srednja vrednost izmerenog nivoa buke

iznosi 80,46 dB(A). Osećaj da nisu izloženi visokom nivou buke u radnoj sredini je iskazalo 5,96%, od ukupnog uzorka ispitanika.



Slika 6.41. Distribucija osećaja nivoa buke ispitanika i zavisnost od nivoa buke.

U tabeli 6.24 prikazani su rezultati korelacione analize između osećaja nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini i izmerenih vrednosti nivoa buke prema polu ispitanika. Rezultati analize ukazuju da srednja vrednost osećaja nivoa buke (O.N.B) kod ispitanika muškog pola iznosi 4,85 na sedmostepenoj skali, što znači da se nalazi u intervalu od „prihvatljivo“ (4) do „malo bučno“ (5), a srednja vrednost nivoa buke 81,41 dB(A). Srednja vrednost osećaja nivoa buke (O.N.B) kod ispitanika ženskog pola je veća u odnosu na ispitanike muškog pola, a iznosi 5,10 na sedmostepenoj skali, tj. u intervalu od „malo bučno“ (5) do „bučno“ (6) a srednja vrednost izmerenog nivoa buke ima približno istu vrednost 81,27 dB(A).

Prikazani rezultati korelacione analize u tabeli 6.24 ukazuju da između osećaja nivoa buke (O.N.B) u radnoj sredini i izmerenih vrednosti nivoa buke postoji približno jednaka pozitivna korelacija kod ispitanika oba pola. Kod ispitanika muškog pola koeficijent korelacije iznosi $r=0,22$, a kod ispitanika ženskog pola $r=0,21$. Rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da kod ispitanika oba pola raste osećaj nivoa buke u radnoj sredini sa porastom nivoa buke.

Tabela 6.24. Korelacija između osećaja nivoa buke u radnoj sredini i izmerenih vrednosti nivoa buke prema polu ispitanika

Pol ispitanika		Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v , %	S _{xy}	r
Muškarci	Skala osećaja nivoa buke ispitanika (O.N.B)	201	1,00	7,00	6,00	4,85	1,92	3,67	39,48	2,96	0,22
	Nivo buke, dB(A)		69,00	98,00	29,00	81,41	6,92	47,82	8,49		
Žene	Skala osećaja nivoa buke ispitanika (O.N.B)	202	1,00	7,00	6,00	5,10	1,97	3,87	38,57	2,88	0,21
	Nivo buke, dB(A)		69,00	98,00	29,00	81,27	7,10	50,42	8,74		

Prama pravilniku o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (Sl. glasnik SFRJ br.21/92 1992) na radnim mestima koja su obuhvaćena istraživanjem, dozvoljeni maksimalni nivo buke je 85 dB(A). Autor (Parsons 2000) u svom radu navodi da na radnim mestima u industrijskom okruženju maksimalni nivo buke treba da se nalazi u intervalu od 85 dB(A) do 90 dB(A) za osmočasovno radno vreme (Parsons 2000).

Iz prikazanih rezultata (slika 6.41) može se uočiti da su skoro svi ispitanici izloženi nivou buke čija je srednja vrednosti iznad 80 dB(A), osim 9,68 % ispitanika koji su iskazali osećaj „tiho“, čija srednja vrednost iznosi 77,93 dB(A). Rezultati ukazuju (slika 6.41) da većina ispitanika ima osećaj da je radna sredina „bučna“, kada su srednje vrednosti buke iznad 80,79 dB(A). Najveći broj ispitanika koji su uzeli učešće u istraživanju imao je osećaj „veoma bučno“, kada je srednja vrednost nivoa buke iznosila 83,57 dB(A), što je ispod preporučenih maksimalnih vrednosti od 85 dB(A) prema Pravilniku o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (Sl. glasnik SFRJ br.21/92 1992) i prema preporukama autora (Parsons 2000).

Rezultati istraživanja koje su objavili autori (Kim et al. 2013) ukazuju da ispitanici ženskog pola iskazuju manji nivo zadovoljstva sa bukom u odnosu na ispitanike muškog pola (Kim et al. 2013). Rezultati srednjih vrednosti (tabela 6.24) ukazuju da su ispitanici muškog pola ocenili radnu sredinu manje bučnim u odnosu na ispitanike ženskog pola, iako su izloženi približno jednakom nivou buke. Percepciju buke kod ispitanika na radnim mestima od izmerenih vrednosti nivoa buke istraživali su autori (Koradecka et al. 2010) i došli do rezultata da ne postoji zavisnost između subjektivne percepcije buke i izmerenog nivoa buke. Prikazani rezultati (tabela 6.23 i tabela 6.24) su u suprotnosti sa rezultatima koje su objavili (Koradecka et al. 2010) jer postoji kvantitativna saglasnost, odnosno povezanost između osećaja nivoa buke kod ispitanika i izmerenih vrednosti nivoa buke na radnim mestima u radnoj sredini.

6.3.5.1.5 Analiza osećaja osvetljenosti u radnoj sredini

Osećaj osvetljenosti na radnom mestu ispitanici su ocenjivali na sedmostepenoj skali. Ispitanici su odgovarali na pitanje: *Ocenite osvetljenost na radnom mestu*, a merna skala na upitniku imala je sledeće oznake: „veoma svetlo“ (1), „svetlo“ (2), „malo svetlo“ (3),

„prihvatljivo“ (4), „malo mračno“ (5), „mračno“ (6), „veoma mračno“ (7). Osvetljenost radnog mesta merena je u visini prosečnog radnog stola, na način koji je opisan u metodologiji istraživanja.

U tabeli 6.25 prikazani su rezultati korelacione analize na uzorku od 403 ispitanika, između osećaja osvetljenosti i izmerenih vrednosti osvetljenosti na 77 mernih mesta. Rezultati ukazuju da je srednja vrednost osećaja osvetljenosti na sedmostepenoj skali iznosila 5,74, što znači da su ispitanici ocenili osvetljenost na svom radnom mestu u intervalu „malo mračno“ (5), do „mračno“ (6), a srednja vrednost izmerene osvetljenosti iznosi 289,17 lx. Rezultati standardne devijacije i koeficijenta varijacije ukazuju da postoje visoka odstupanja od srednjih vrednosti izmerene osvetljenosti, što znači da ispitanici nemaju ujednačenu osvetljenost na radnim mestima. Prikazani rezultati ukazuju da je osećaj osvetljenosti ispitanika u negativnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima osvetljenosti, pri čemu koeficijent korelacije iznosi $r=-0,23$. Rezultat koeficijenta korelacije ukazuje da ispitanici ocenjuju osvetljenost kao „mračno“ (raste osećaj loše osvetljenosti) sa manjim izmerenim vrednostima osvetljenosti na radnom mestu.

Tabela 6.25. Korelacija između osećaja osvetljenosti ispitanika i izmerenih vrednosti osvetljenosti u radnoj sredini

	Broj mernih mesta	Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v ,%	S _{xy}	r
Skala osećaja osvetljenosti ispitanika	77	403	1,00	7,00	6,00	5,74	1,56	2,44	27,22	-109,77	-0,23
Osvetljenost, lx			85,00	2123,00	2038,00	289,17	309,55	95820,14	107,05		

U tabeli 6.26 prikazana je distribucija rezultata osećaja osvetljenosti, odnosno statistička analiza osećaja osvetljenosti kod ukupnog uzorka 403 ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti na 77 merna mesta. Najveći broj ispitanika, njih 183 ili 45,41 % od ukupnog uzorka 403 ispitanika, imao osećaj osvetljenosti radnog mesta na sedmostepenoj skali „veoma mračno“ (1). Rezultati statističke analize ukazuju da kod ispitanika koji imaju osećaj osvetljenosti „veoma mračno“ (1) srednja vrednost izmerene osvetljenosti iznosi 244,88 lx, a standardna devijacija, tj. prosečno odstupanje od srednje vrednosti 226,65 lx. Rezultat medijane, kao mere centralne tendencije ukazuje da 50,00% od 183 ispitanika ima veću izmerenu vrednost osvetljenosti od 175 lx, a 50,00% manju.

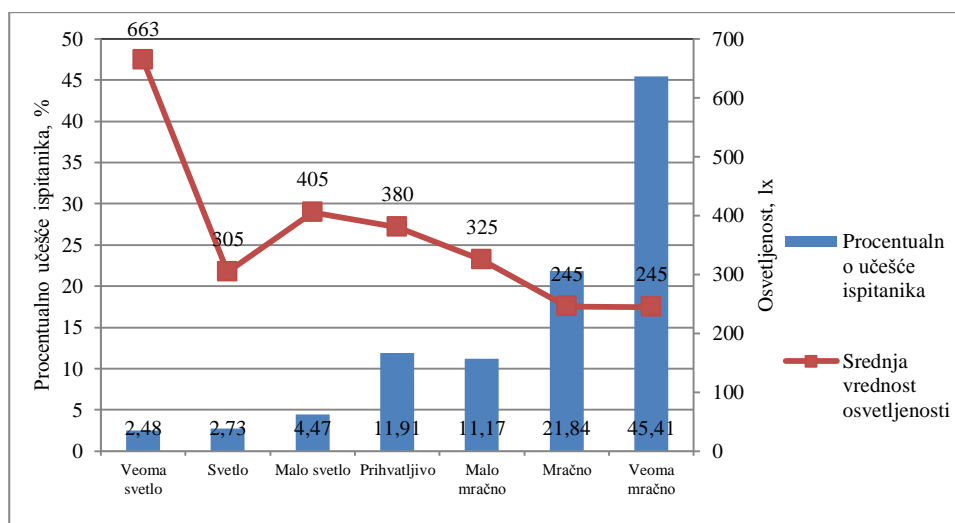
Na slici 6.42 prikazana je distribucija osećaja osvetljenosti na ukupnom uzorku ispitanika i srednje vrednosti izmerene osvetljenosti. Na apscisi prikazana je skala osećaja osvetljenosti ispitanika, na levoj ordinati prikazano je procentualno učešće ispitanika, a na desnoj ordinati izmerene vrednosti osvetljenosti. Iz tabele 6.26 i sa slike 6.42 može se uočiti da je rezultat srednje vrednosti izmerene osvetljenosti visok, naročito kod ispitanika koji su iskazali „zadovoljstvo“ sa osvetljenošću, ali su i odstupanja od srednjih vrednosti visoka. Od ukupnog broja 403 ispitanika, njih 48 ili 11,91% iskazalo osećaj „prihvatljivo“ (4), a srednja vrednost izmerene osvetljenosti iznosi 380,19 lx, rezultat

medijane kao mere centralne tendencije ukazuje da 24 ili 50,00% ispitanika ima manju osvetljenost od 248 lx, a 24 ili 50,00% veću.

Tabela 6.26. Distribucija osećaja osvetljenosti ispitanika u radnoj sredini i izmerenih vrednosti osvetljenosti

Osećaj osvetljenosti na radnom mestu	Skala osećaja osvetljenosti	Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Osvetljenost, lx					
				Min.	Max.	R	Me	\bar{X}	S
Veoma svetlo	1	10	2,48	136,00	1920,00	1784,00	236,00	663,40	688,66
Svetlo	2	11	2,73	121,00	622,00	501,00	311,00	304,64	145,15
Malo svetlo	3	18	4,47	121,00	1468,00	1347,00	254,00	405,33	406,69
Prihvatljivo	4	48	11,91	96,00	2123,00	2027,00	248,00	380,19	461,29
Malo mračno	5	45	11,17	121,00	2123,00	2002,00	220,00	325,13	392,98
Mračno	6	88	21,84	85,00	1468,00	1383,00	214,00	245,00	167,85
Veoma mračno	7	183	45,41	85,00	1970,00	1885,00	175,00	244,88	226,65
Ukupno ispitanika:		403	100,0						

Na slici 6.42 može se uočiti da je osećaj osvetljenosti kod ispitanika zadovoljavajući kada se srednje vrednosti izmerene osvetljenosti nalaze u intervalu od 380,19 lx do 663,40 lx.



Slika 6.42. Distribucija osećaja osvetljenosti na ukupnom uzorku ispitanika i srednje vrednosti izmerene osvetljenosti.

U tabeli 6.27 prikazani su rezultati korelacije između osećaja osvetljenosti i izmerenih vrednosti osvetljenosti prema polu ispitanika. Srednja vrednost osećaja osvetljenosti kod ispitanika muškog pola iznosi 5,41 na sedmostepenoj skali i nalazi se između „malo mračno“ (5), „mračno“ (6). U odnosu na ispitanike muškog pola, ispitanici ženskog pola imaju veći rezultat srednje vrednosti osećaja osvetljenosti 6,06 i nalazi se između „mračno“ (6), i „veoma mračno“ (7), a srednja vrednosti izmerene osvetljenosti je manja u odnosu na ispitanike muškog pola i iznosi 239,08 lx. Rezultati korelacione analize ukazuju da je osećaj osvetljenosti u negativnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima osvetljenosti kod ispitanika oba pola. Kod ispitanika muškog pola koeficijent korelacije iznosi $r = -0,22$,

a kod ispitanika ženskog pola koeficijent korelacije iznosi $r = -0,20$. Rezultati koeficijenta korelacije ukazuju da kod oba pola ispitanika, osećaj osvetljenosti u radnoj sredini je manji (raste osećaj loše osvetljenosti), sa padom izmerenih vrednosti osvetljenosti.

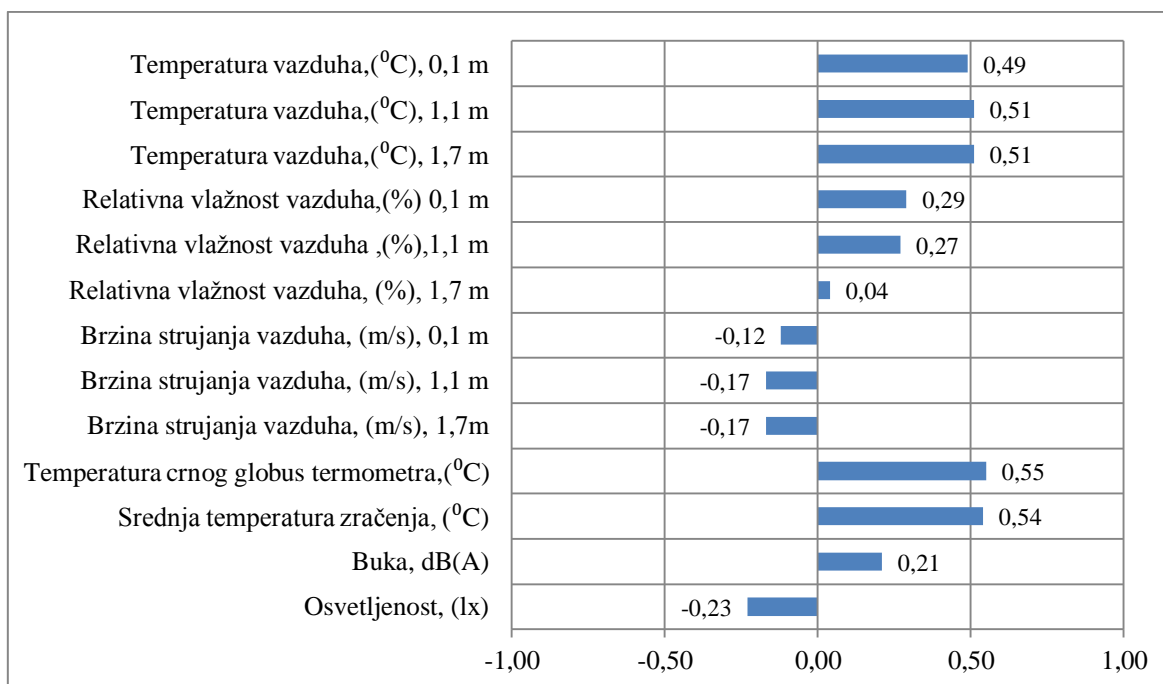
Tabela 6.27. Korelacija između osećaja osvetljenosti i izmerenih vrednosti osvetljenosti prema polu ispitanika

Pol ispitanika		Broj ispitanika	Min.	Max.	R	\bar{X}	S	S ²	C _v ,%	S _{xy}	r
Muškarci	Skala osećaja osvetljenosti ispitanika	201	1,00	7,00	6,00	5,41	1,67	2,80	30,93	-146,86	-0,22
	Osvetljenost, lx		85,00	2123,00	2038,00	339,50	406,19	164992,06	119,65		
Žene	Skala osećaja osvetljenosti ispitanika	202	1,00	7,00	6,00	6,06	1,37	1,88	22,61	-40,87	-0,20
	Osvetljenost, lx		85,00	1468,00	1383,00	239,08	149,72	22415,15	62,62		

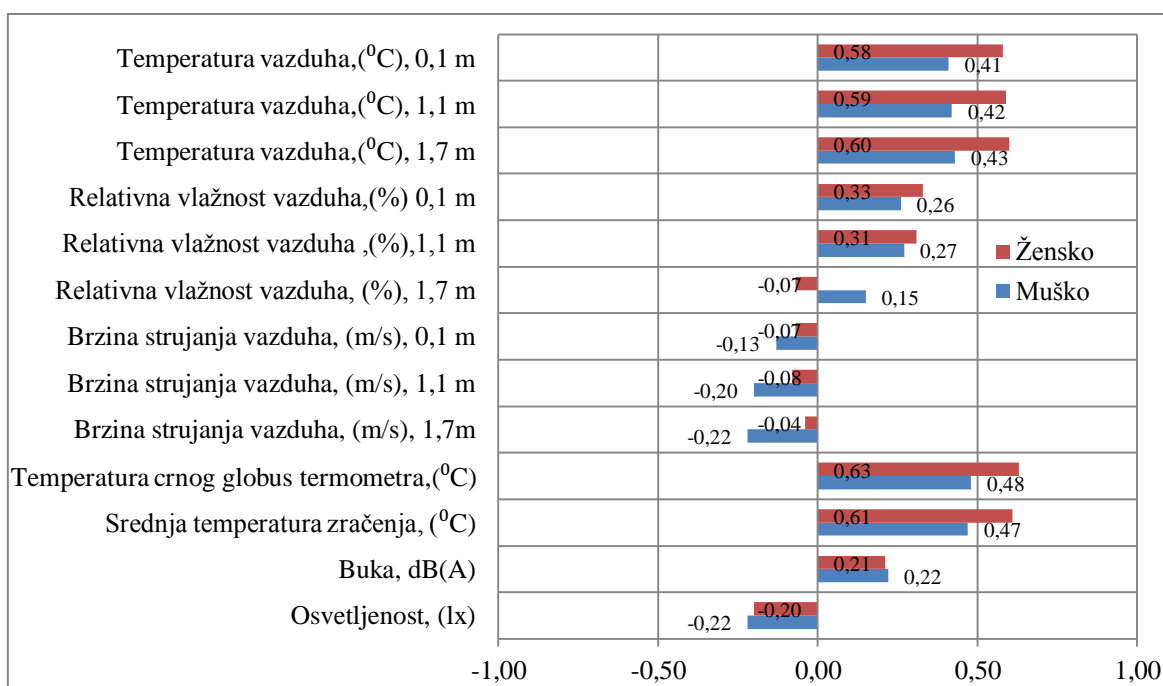
Autori istraživanja (Huang et al. 2012) istraživali su odnos između zadovoljstva nivoom osvetljenosti i izmerenih vrednosti osvetljenosti kod ispitanika. Rezultati njihovih istraživanja ukazuju da ispitanici iskazuju zadovoljstvo ukoliko je izmerena osvetljenost iznad 300 lx (Huang et al. 2012). Prikazani rezultati istraživanja osećaja osvetljenosti (slika 6.42) ukazuju da je najveći broj ispitanika iskazao osećaj osvetljenosti „veoma mračno“ pri srednjoj vrednosti od 244,88 lx, a ta vrednosti je ispod propisanih prema važećem standardu (SRPS.U.C9.100 1963).

Prema rezultatima istraživanja koje su objavili autori (Indraganti & Rao 2010), osećaj osvetljenosti kod ispitanika je u slaboj pozitivnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima osvetljenosti (Indraganti & Rao 2010). Prikazani rezultati istraživanja (tabela 6.25 i 6.27) ukazuju da je osećaj osvetljenosti kod ispitanika u negativnoj korelaciji sa izmerenim vrednostima osvetljenosti, što znači da raste osećaj „loše“ osvetljenosti sa manjim izmerenim vrednostima osvetljenosti.

Na slici 6.43 prikazani su rezultati korelacione analize između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti ukupnog uzorka 403 ispitanika, a na slici 6.44 prikazani su rezultati korelacione analize prema polu ispitanika, odnosno kod ispitanika muškog i ženskog pola.



Slika 6.43. Korelacija između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti.



Slika 6.44. Korelacija između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti prema polu ispitanika.

Može se uočiti na osnovu prikazanih rezultata korelacione analize između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti usklađenost sa hipotezom: Postoji povezanost između objektivno i subjektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti kod muškaraca i žena.

6.3.5.2 Zavisnost toplotnog komfora od parametara mikroklimе, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće u radnoj sredini

Istraživanje toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora ispitanika obavljeno je pomoću Fangerove skale toplotnog osećaja (Fanger 1970). U toku istraživanja, ispitanici su na upitniku odgovarali na sledeće pitanje: *Kako se osećate u toplotnom smislu, ocenite toplotni komfor?* Fangerova skala toplotnog osećaja, prikazana je na slici 5.1, a ima sledeću podelu: veoma hladno (–3), hladno (–2), malo prohladno (–1), neutralno prijatno (0), malo toplo (1), toplo (2), veoma toplo (3). Parametri mikroklimе koji se razmatraju, a imaju uticaj na razmenu toplotne energije između čoveka i njegove sredine, odnosno toplotni komfor su:

- temperatura vazduha, $t_a, ^\circ\text{C}$,
- relativna vlažnost vazduha, $\varphi, \%$,
- brzina strujanja vazduha $v_a, \text{m/s}$,
- toplotno zračenje:
 - temperatura crnog globus termometra, $t_g, ^\circ\text{C}$,
 - srednja temperatura zračenja, $t_{mr}, ^\circ\text{C}$.

Prema polu ispitanika, lični parametri čoveka koji se razmatraju su:

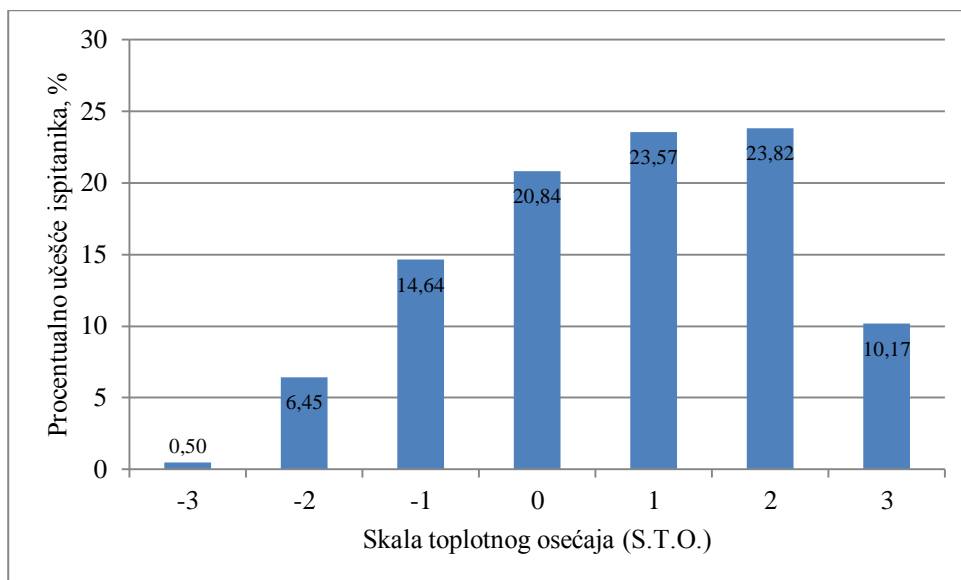
- intenzitet metabolizma, met ,
- toplotna izolacija odeće, clo .

U tabeli 6.28 prikazani su rezultati statističke analize ocene toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora na skali toplotnog osećaja od strane 403 ispitanika i izmerene vrednosti temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha, temperature crnog globus termometra, srednje temperature zračenja, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće na 77 mernim mesta. Rezultati istraživanja ukazuju da srednja vrednost toplotnog osećaja ukupnog uzorka od 403 ispitanika iznosi 0,73 na skali toplotnog osećaja, što znači da se nalazi u intervalu od „neutralno prijatno“ (0) do „malo toplo“ (1).

Tabela 6.28. Rezultati analize ocene toplotnog osećaja, parametara mikroklimе, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće na ukupnom uzorku istraživanja

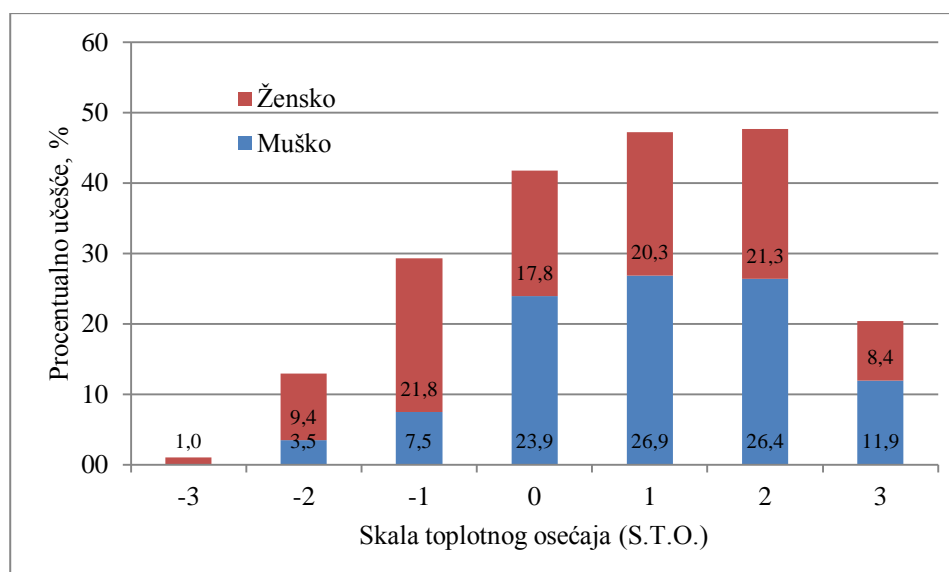
		Min.	Max.	R	\bar{X}	S	
Skala toplotnog osećaja (S.T.O.), [-3,3]		-3,00	3,00	6,00	0,73	1,42	
Temperatura vazduha, $^\circ\text{C}$	Visina merenja, m	0,1	15,00	30,30	15,30	23,28	2,76
		0,1	15,50	30,40	14,90	23,82	2,77
		1,7	17,20	33,50	16,30	24,28	2,95
Relativna vlažnost vazduha, %	Visina merenja, m	0,1	24,40	63,80	39,40	39,02	10,61
		0,1	23,15	45,00	21,85	33,59	6,02
		1,7	21,00	43,00	22,00	28,16	4,83
Brzina strujanja vazduha, m/s	Visina merenja, m	0,1	0,05	1,00	0,95	0,23	0,13
		0,1	0,06	0,75	0,70	0,18	0,10
		1,7	0,02	0,70	0,68	0,13	0,11
Temperatura crnog globus termometra, $^\circ\text{C}$		1,1	17,10	33,60	16,50	24,93	3,06
Srednja temperatura zračenja, $^\circ\text{C}$		1,1	18,70	37,46	18,75	25,80	3,49
Intenzitet metabolizma, met		1,20	2,80	1,60	1,66	0,43	
Toplotna izolacija odeće, clo		1,00	1,40	0,40	1,15	0,10	

Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja na ukupnom uzorku 403 ispitanika, prikazana je na slici 6.45. Iz rezultata distribucije može se uočiti da je stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno prijatno“) iskazalo 84 ispitanika, ili 20,84% od ukupnog izorka 403 ispitanika. Najveći broj ispitanika se izjasnio u području „toplo“ (1) 23,57% i „veoma toplo“ (2) 23,82%, na skali toplotnog osećaja.



Slika 6.45. Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja ispitanika u radnoj sredini.

Na slici 6.46 prikazana je distribucija ocene toplotnog osećaja na skali toplotnog osećaja kod 201 muških i 202 ženskih ispitanika. Može se uočiti da je stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno prijatno“) na skali toplotnog osećaja iskazalo 23,90% ispitanika muškog pola i 17,80% ispitanika ženskog pola. Najveći broj ispitanika muškog pola izjansio se u području „malo toplo“ (1) i „toplo“(2), a ispitanici ženskog pola u području „malo pro hladno“(–1) na skali toplotnog osećaja.



Slika 6.46 Distribucija ocene toplotnog osećaja prema polu ispitanika u radnoj sredini.

Prema polu ispitanika, u tabeli 6.29 prikazani su rezultati statističke analize ocene toplotnog osećaja na skali, temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine strujanja vazduha, temperature crnog globus termometra, srednje temperature zračenja, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da kod 201 ispitanika muškog pola, srednja vrednost ocene toplotnog osećaja iznosi 1,01 na skali. Kod 202 ispitanika ženskog pola, srednja vrednost ocene toplotnog osećaja je manja u odnosu na ispitanike muškog pola, a iznosi 0,45 na skali. Rezultati srednjih vrednosti ukazuju da su ispitanici muškog pola ocenili „topliju“ radnu sredinu na skali toplotnog osećaja u odnosu na ispitanike ženskog pola.

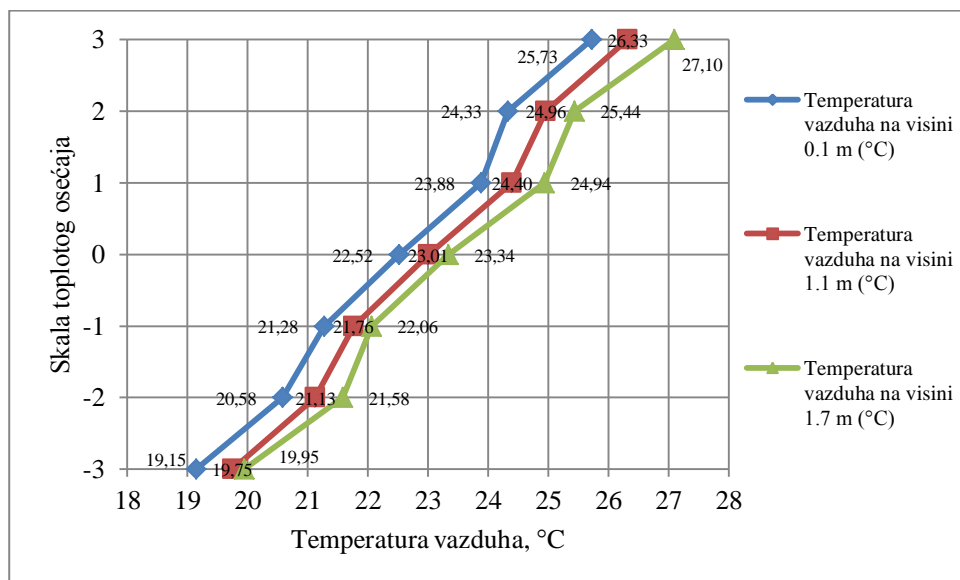
Tabela 6.29. Rezultati analize rezultata ocene toplotnog osećaja, parametara mikroklimе, intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika

Pol ispitanika		Min.	Max.	R	\bar{X}	S		
Muško	Skala toplotnog osećaja (S.T.O.), [-3,3]	-2,00	3,00	5,00	1,01	1,26		
	Temperatura vazduha, °C	Visina merenja, m	0,1	15,00	30,30	15,30	23,70	2,77
			0,1	15,50	30,40	14,90	24,26	2,81
			1,7	17,20	33,50	16,30	24,78	2,96
	Relativna vlažnost vazduha, %	Visina merenja, m	0,1	24,40	63,80	39,40	37,31	9,83
			0,1	23,15	45,00	21,85	32,26	6,23
			1,7	21,00	43,00	22,00	27,21	5,03
	Brzina strujanja vazduha, m/s	Visina merenja, m	0,1	0,05	1,00	0,95	0,26	0,16
			0,1	0,06	0,75	0,70	0,21	0,13
			1,7	0,02	0,70	0,68	0,17	0,14
	Temperatura crnog globus termometra, °C	1,1	17,10	33,60	16,50	25,43	3,12	
	Srednja temperatura zračenja, °C	1,1	18,70	37,46	18,75	26,43	3,65	
	Intenzitet metabolizma, met	1,20	2,80	1,60	1,80	0,38		
Toplotna izolacija odeće, clo	1,00	1,30	0,30	1,16	0,10			
Žensko	Skala toplotnog osećaja (S.T.O.), [-3,3]	-3,00	3,00	6,00	0,45	1,52		
	Temperatura vazduha, °C	Visina merenja, m	0,1	17,10	30,30	13,20	22,85	2,69
			0,1	18,50	30,40	11,90	23,38	2,68
			1,7	19,30	31,40	12,10	23,79	2,85
	Relativna vlažnost vazduha, %	Visina merenja, m	0,1	24,40	63,80	39,40	40,71	11,10
			0,1	23,95	45,00	21,05	34,91	5,51
			1,7	22,60	39,50	16,90	29,11	4,44
	Brzina strujanja vazduha, m/s	Visina merenja, m	0,1	0,05	0,50	0,45	0,20	0,06
			0,1	0,06	0,31	0,25	0,15	0,04
			1,7	0,02	0,40	0,38	0,10	0,06
	Temperatura crnog globus termometra, °C	1,1	19,50	31,60	12,10	24,42	2,93	
	Srednja temperatura zračenja, °C	1,1	19,55	32,53	12,98	25,18	3,22	
	Intenzitet metabolizma, met	1,20	2,80	1,60	1,51	0,43		
Toplotna izolacija odeće, clo	1,00	1,40	0,40	1,15	0,10			

6.3.5.2.1 Zavisnost toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini

Temperatura vazduha u okruženju čoveka ima uticaj na razmenu toplotne energije konvekcijom sa površine kože i odeće na okolinu. Toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor čoveka u radnoj sredini je pod uticajem temperature vazduha, kao jednog od parametara mikroklimе. Porastom temperature vazduha u okruženju čoveka, dolazi do pada prenosa toplotne energije sa površine kože i odeće na okolinu i obrnuto. Padom temperature vazduha u okruženju čoveka, dolazi do porasta konvektivnog prenosa toplotne energije (Guyton & Hall 2008; Parsons 2014).

Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja ukupnog uzorka 403 ispitanika, na 77 radnih, odnosno mernih mesta i statistička analiza izmerenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja prikazana je u Prilogu 4, a na slici 6.47 prikazane su srednje vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od temperature vazduha. Sa prikazanih rezultata na slici 6.47 može se uočiti da su se srednje vrednosti temperature vazduha kretale u intervalu od 19,15°C do 27,10°C. Za svaku temperaturu vazduha iz tog intervala može se odrediti rezultat na skali toplotnog osećaja, koji prima vrednosti iz intervala [-3;3]. Može se uočiti da sa porastom temperature vazduha u radnoj sredini raste vrednost toplotnog osećaja (ispitanici se osećaju toplije) za sve tri visine ispitivanja 0,1 m, 1,1 m i 1,7m. Za stanje toplotnog komfora, tj. S.T.O.=0 „neutralno“ ispitivanjem su dobijene srednje vrednosti temperature vazduha. Na visini merenja 0,1 m 22,52°C, na visini merenja 1,1 m 23,01°C i na visini merenja 1,7 m 23,34°C. Uzimajući u obzir vrednosti temperature vazduha na sve tri visine zajedno, dobija se prosečna temperatura vazduha za stanje toplotnog komfora S.T.O.=0 „neutralno“ 22,95°C (slika 6.48).

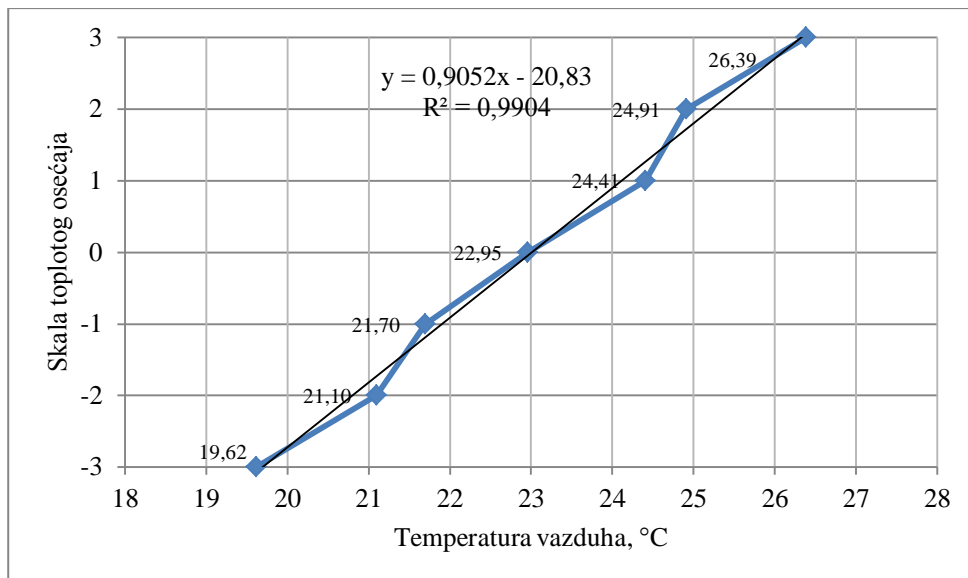


Slika 6.47. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini na ukupnom uzorku 403 ispitanika.

Na slici 6.48 prikazani su rezultati osrednjenih vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja, a može se uočiti da koeficijent korelacije iznosi $r=0,99$, što ukazuje na visoku

povezanost između temperature vazduha i toplotnog osećaja u radnoj sredini. Korišćenjem dobijene linearne regresione jednačine $S.T.O. = -20,83 + 0,9052 \cdot t_a$ vrednost „optimalne“ temperature vazduha u radnoj sredini za stanje toplotnog komfora $S.T.O. = 0$ „neutralno“ iznosi $23,01^\circ\text{C}$, što je u saglasnosti sa rezultatima ispitivanja prikazanim na slici 6.47.

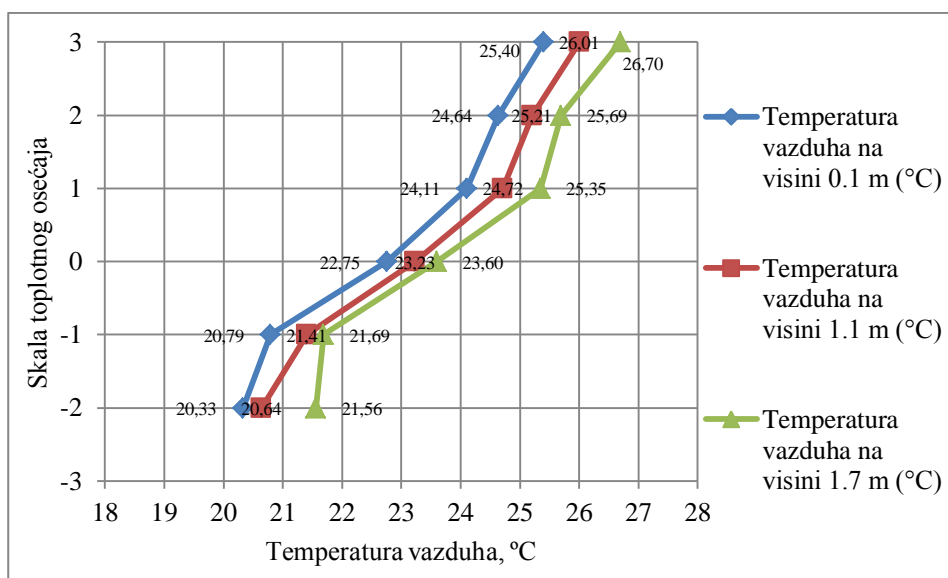
Vrednosti „optimalnih“ temperatura vazduha u radnoj sredini, dobijeni rezultatima ispitivanja i korišćenjem linearne regresione jednačine su u skladu sa rezultatima istraživanja autora (Cena & De Dear 2001) koji su dobili „optimalne“ temperature vazduha od $20,30^\circ\text{C}$ u zimskom periodu i $23,30^\circ\text{C}$ u letnjem periodu. U zimskom hladnom geografskom području Kine, autori (Wang et al. 2014) ispitivanjem i osrednjavanjem temperature vazduha na tri visine merenja su došli do rezultata „optimalne“ temperature vazduha $22,6^\circ\text{C}$ za poziciju sedenja. Autori (Wang et al. 2014) dobijeni rezultat pripisuju adaptaciji ispitanika na niske temperature vazduha tokom zimskog perioda.



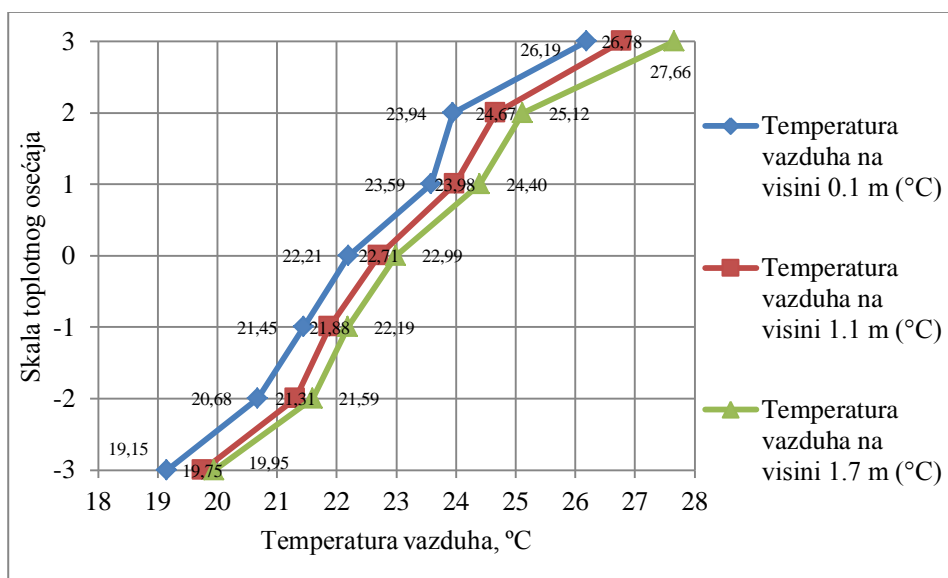
Slika 6.48. Zavisnosti toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti temperature vazduha u radnoj sredini.

Rezultati distribucije ocene toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti temperature vazduha kod 201 ispitanika muškog pola i 202 ispitanika ženskog pola prikazana je u Prilogu 5. Iz dobijenih rezultata (tabela 6.29, prilog 5) može se uočiti da se nijedan ispitanik muškog pola nije izjasnio „veoma hladno“ (-3) na skali toplotnog osećaja, a bili su izloženi temperaturi vazduha u intervalu od $15,00^\circ\text{C}$ do $33,50^\circ\text{C}$. Ispitanici ženskog pola su bili izloženi temperaturi vazduha u intervalu od $17,10^\circ\text{C}$ do $31,40^\circ\text{C}$. Na slikama 6.49 i 6.50 prikazane su srednje vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od temperature vazduha na tri visine merenja prema polu ispitanika. Na prikazanim slikama, može se uočiti kod oba pola ispitanika, povećanje temperature vazduha u radnoj sredini utiče na povećanje toplotnog osećaja koji prima vrednosti iz intervala $[-3;3]$. To praktično znači da su se ispitanici muškog pola izjasnili u intervalu od „hladno“ (-2) do „veoma toplo“ (3), a ispitanici ženskog pola su se izjasnili u intervalu od „veoma hladno“ (-3) do „veoma toplo“ (3)

na skali. Kod ispitanika oba pola, ispitivanjem su dobijene srednje vrednosti temperature vazduha na tri visine merenja. Kod ispitanika muškog pola, za stanje toplotnog komfora na skali toplotnog osećaja, tj. S.T.O.=0 „neutralno“, temperatura vazduha na visini merenja 0,1 m iznosi 22,75°C, na visini merenja 1,1 m 23,23°C i na visini merenja 1,7 m 23,60°C, što se vidi na slici 6.49. Kod ispitanika ženskog pola, za stanje S.T.O.=0 „neutralno“ ispitivanjem su dobijene srednje vrednosti temperature vazduha na visini merenja 0,1 m 22,21°C, na visini merenja 1,1 m 22,71°C i na visini merenja 1,7 m 22,99°C, što je prikazano na slici 6.50. Osrednjavanjem temperature vazduha za sve tri visine merenja, kod ispitanika muškog pola prosečna temperatura vazduha za stanje toplotnog komfora S.T.O.=0 „neutralno“ iznosi 23,20°C, a kod ispitanika ženskog pola 22,63°C.



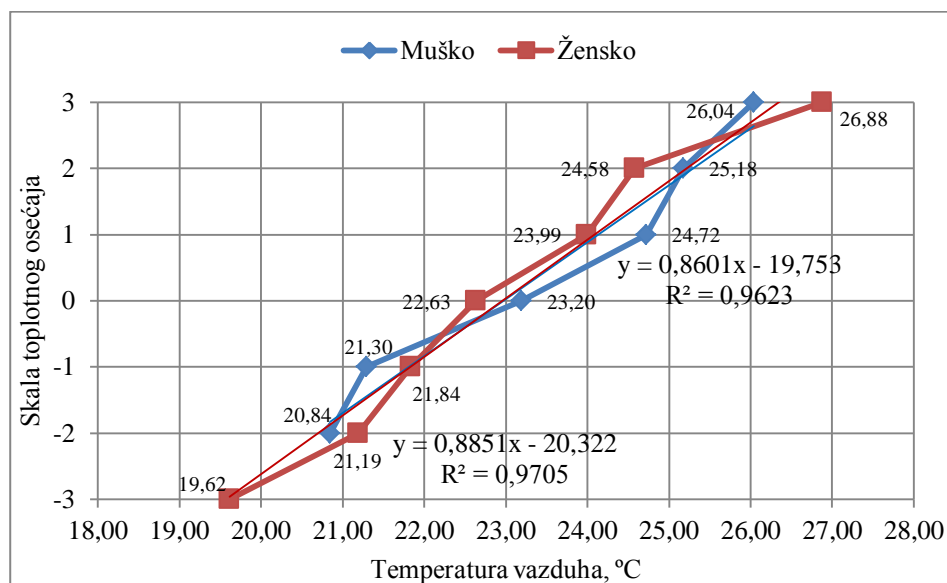
Slika 6.49. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola.



Slika 6.50. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha u radnoj sredini kod ispitanika ženskog pola.

Na slici 6.51 prikazana je zavisnost toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti temperature vazduha u radnoj sredini prema polu ispitanika. Iz dobijenih rezultata uočava se da je koeficijent korelacije $r=0,98$ (kod ispitanika muškog pola) i $r=0,99$ (kod ispitanika ženskog pola). Dobijeni rezultati ukazuju na visoku linearnu korelacionu vezu temperature vazduha u radnoj sredini i toplotnog osećaja. Primenom dobijenih jednačina linearne regresione analize kod ispitanika muškog pola $S.T.O.= -19,753+0,8601 \cdot t_a$ i kod ispitanika ženskog pola $S.T.O.= -20,322+0,8851 \cdot t_a$, za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ rezultati „optimalnih“ temperatura vazduha imaju istu vrednost od $22,96^\circ\text{C}$. Dobijeni rezultati ispitivanjem temperature vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola imaju veću vrednosti, od dobijenog rezultata pomoću linearne regresione analize za $0,24^\circ\text{C}$, a kod ispitanika ženskog pola manju vrednost $0,33^\circ\text{C}$.

Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, ispitanicima ženskog pola su potrebne veće temperature vazduha za obezbeđenje toplotnog komfora (Chow et al. 2010; Karjalainen 2012). Dobijeni rezultati „optimalnih“ temperatura vazduha kod ispitanika oba pola su jednaki, a to je iz razloga što su ispitanici muškog pola bili izloženi većim brzinama strujanja vazduha, koje dovodi do većeg prenosa toplotne energije sa površine kože i odeće na okolinu, što se vidi iz tabele 6.29.

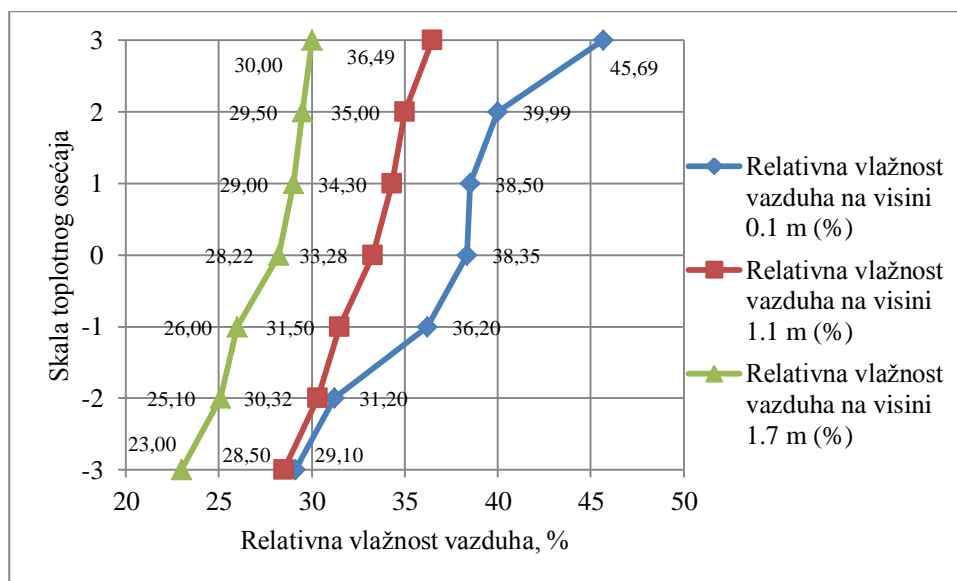


Slika 6.51. Zavisnost toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti temperature vazduha u radnoj sredini prema polu ispitanika.

6.3.5.2.2 Zavisnost toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini

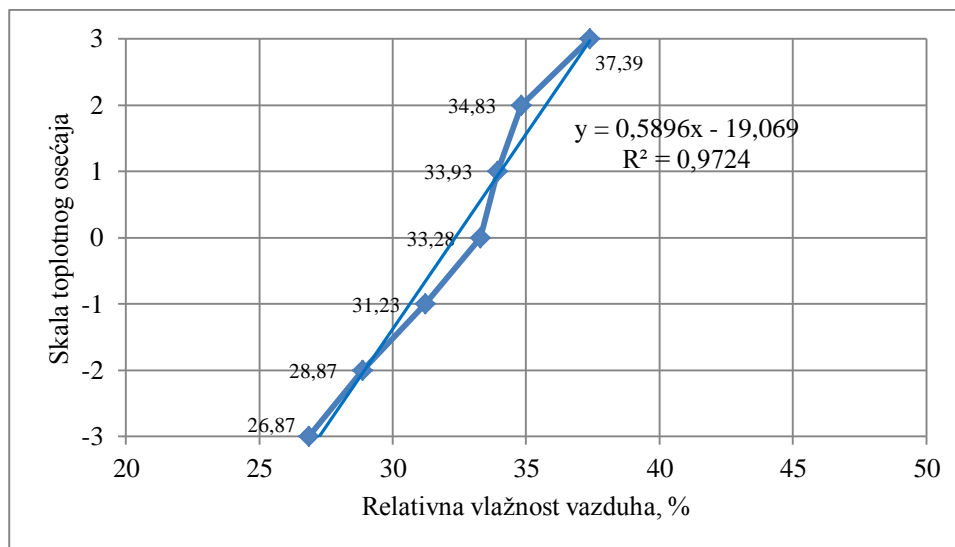
Vlažnost vazduha kao jedan od parametara mikroklimе ima uticaj na razmenu toplotne energije između čoveka i njegove okoline. Ukoliko je vlažnost vazduha u okruženju čoveka visoka, to utiče na smanjenje otpora provođenju toplotne energije sa površine kože i odeće na okolinu. Niska vlažnost vazduha u okruženju čoveka pozitivno utiče na prenos toplotne energije isparavanjem znoja sa površine kože (Parsons 2003).

U Prilogu 6 prikazana je distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora razmatranog uzorka ispitanika i statistička analiza izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na tri visine merenja. Sa slike 6.52 može se uočiti da su se srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha kretale u intervalu od 23,00% do 45,69%, na ispitivanim visinama 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m. Sa dijagrama prikazanih na slici 6.52, uočava se da sa porastom relativne vlažnosti vazduha u razmatranom intervalu i na ispitivanim visinama ispitanici se osećaju toplije. Za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini S.T.O.=0 „neutralno“, srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha na visini 0,1 m iznosi 38,35%, na visini 1,1 m 33,28% i na visini 1,7 m 28,22%. Osrednjavanjem dobijenih rezultata ispitivanjem za sve tri visine merenja, dobija se prosečna vrednost relativne vlažnosti vazduha za stanje toplotnog komfora S.T.O.=0 „neutralno“ 33,28% (slika 6.52).



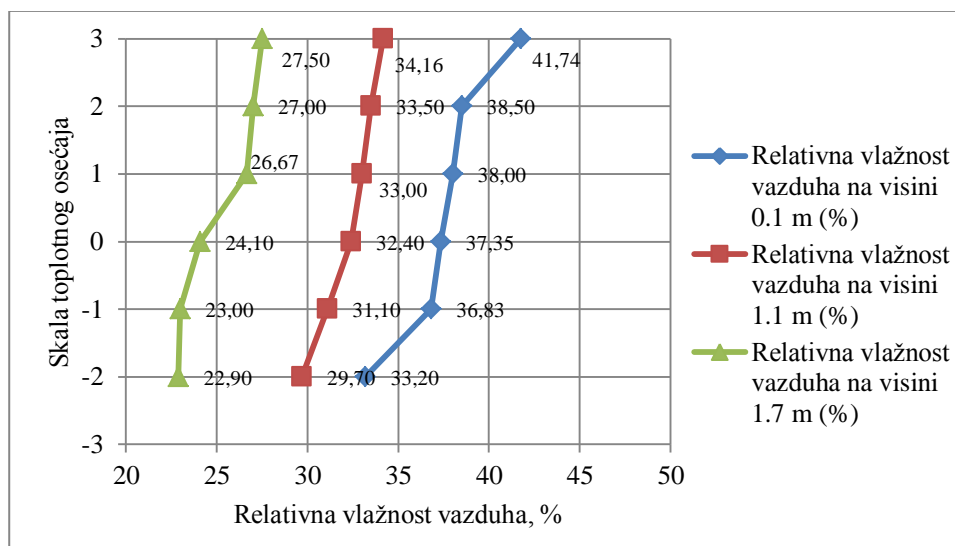
Slika 6.52. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha na ukupnom uzorku 403 ispitanika.

Na slici 6.53 prikazani su rezultati osrednjenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha na sve tri visine merenja. Za stanje toplotnog komfora S.T.O.=0 „neutralno“ ispitivanjem dobijena je vrednost „optimalne“ relativne vlažnosti vazduha 33,28%. Iz dobijenih rezultata, prikazanih na slici 6.53, uočava se da postoji visoka povezanost između toplotnog osećaja i relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini ($r=0,99$). Interpolacijom rezultata ispitivanja (merenja) regresionim pravcem, odnosno korišćenjem dobijene regresione jednačine $S.T.O. = -19,069 + 0,5896 \cdot \varphi$, za stanje toplotnog komfora S.T.O.=0 „neutralno“ dobija se „optimalna“ vrednost relativne vlažnosti vazduha od 32,34%, što je u dobroj korelaciji sa izmerenim vrednostima.

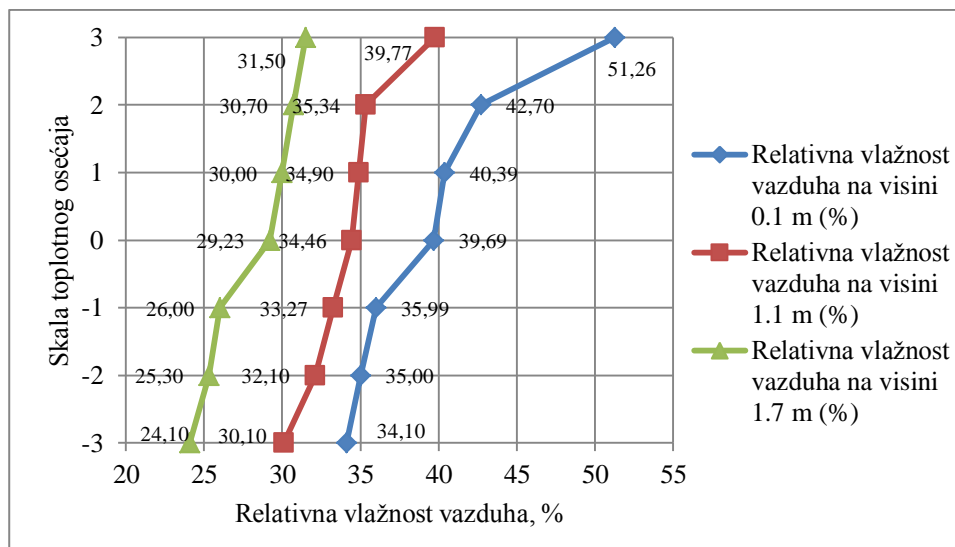


Slika 6.53. Zavisnost toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini.

Distribucija ocene toplotnog osećaja i analiza izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha prema polu ispitanika prikazana je u Prilogu 7. Na slikama 6.54 i 6.55 prikazane su srednje vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora ispitanika oba pola od relativne vlažnosti vazduha. Iz rezultata može se uočiti da kod ispitanika muškog pola, srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha za stanje S.T.O.=0 „neutralno“ na visini 0,1 m iznosi 37,35%, na visini 1,1 m 32,40% i na visini 1,7 m 24,10%. Kod ispitanika ženskog pola za stanje S.T.O.=0 „neutralno“, srednja vrednost na visini 0,1 m iznosi 39,69%, na visini 1,1 m 34,46% i na visini 1,7 m 29,23%. Osrednjavanjem rezultata za sve tri razmatrane visine, dobijaju se prosečne vrednosti za stanje toplotnog komfora S.T.O.=0 „neutralno“, kod ispitanika muškog pola 31,28%, a kod ispitanika ženskog pola 34,46% relativne vlažnosti vazduha.

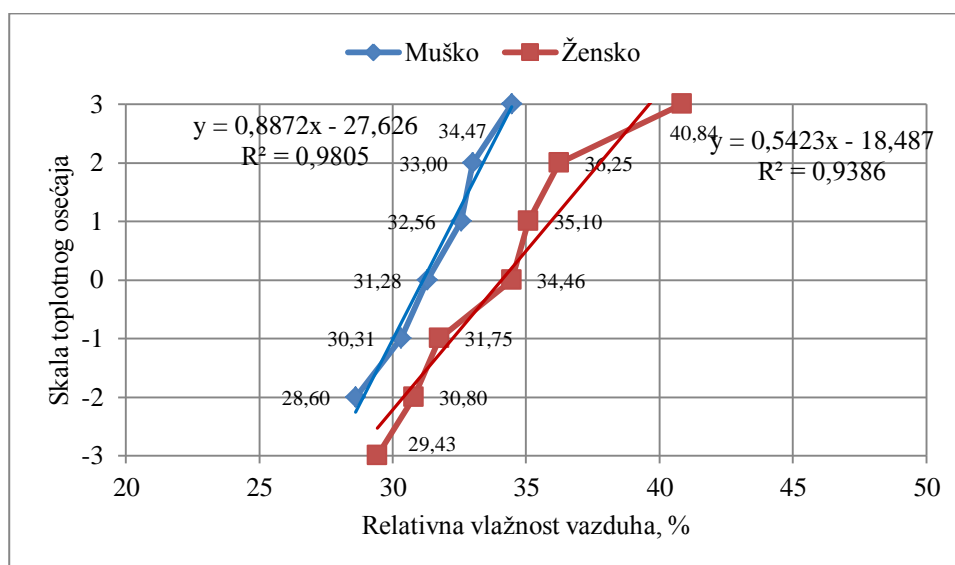


Slika 6.54. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola.



Slika 6.55. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini kod ispitanika ženskog pola.

Zavisnost toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini prema polu ispitanika prikazana je na slici 6.56. Iz prikazanih rezultata, može se uočiti da kod oba pola ispitanika, porastom relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini, pri razmatranim uslovima, raste i toplotni osećaj (ispitanici se osećaju toplije). Primenom dobijene jednačine $S.T.O. = -27,626 + 0,8872 \cdot \varphi$ kod ispitanika muškog pola za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini $S.T.O. = 0$ „neutralno“ rezultat „optimalne“ relativne vlažnosti vazduha iznosi 31,14%. Kod ispitanika ženskog pola primenom jednačine $S.T.O. = -18,487 + 0,5423 \cdot \varphi$, za stanje toplotnog komfora $S.T.O. = 0$ „neutralno“ rezultat „optimalne“ relativne vlažnosti vazduha iznosi 34,08%.



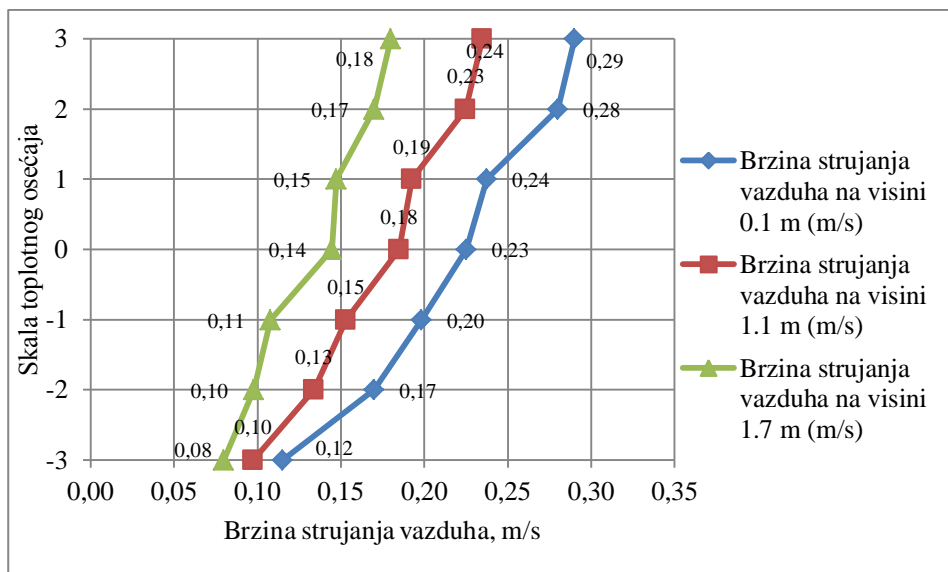
Slika 6.56. Zavisnost toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha u radnoj sredini prema polu ispitanika.

Prema dosadašnjim istraživanjima (Parsons 2014) vrednosti relativne vlažnosti vazduha za obezbeđenje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ kreću se u intervalu od 30% do 60%, u opsegu temperature vazduha od 23°C do 26°C. Dobijeni rezultati ispitivanjem (merenjem) i primenom jednačine regresione prave na ukupnom uzorku ispitanika za stanje $S.T.O.=0$, „neutralno“ ($\varphi= 33,28\%$, $\varphi= 32,34\%$, respektivno) (slika 6.53) su u opsegu prethodnih istraživanja, kao i prema polu ispitanika (slika 6.56) (Parsons 2014).

6.3.5.2.3 Zavisnost toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini

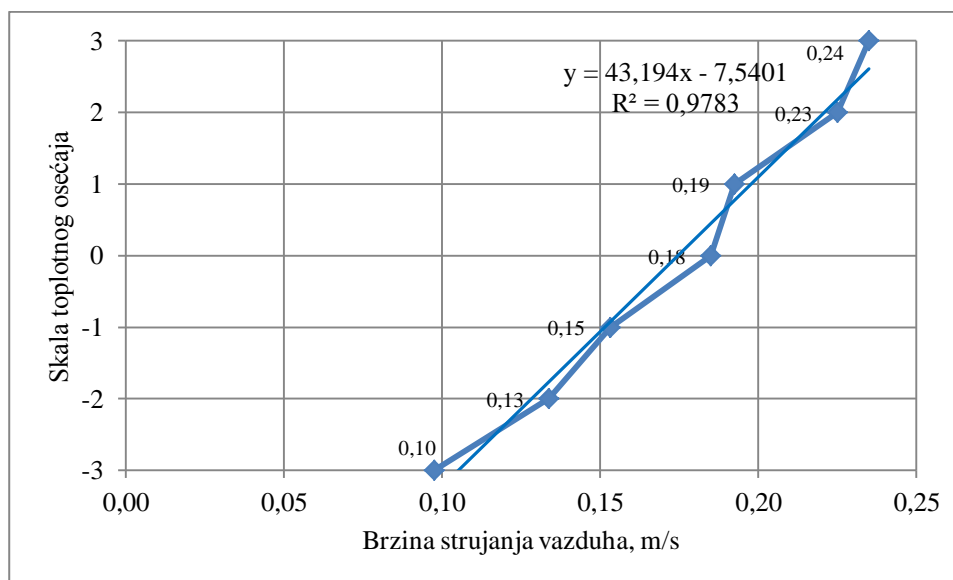
Brzina strujanja vazduha kao parametar mikroklimе u okruženju čoveka ima uticaj na toplotni osećaj i toplotni komfor (Fanger 1970). Brzina strujanja vazduha ima uticaj na prenos toplotne energije konvekcijom i ispravanjem vode sa površine čovekove kože na okolinu (Fanger 1970; Cena & Clark 1981; Todorović 2005; Parsons 2003). Brzina strujanja vazduha u objektima ima važnu ulogu u prenosu toplotne energije, naročito pri visokim temperaturama vazduha i povišenoj vlažnosti vazduha, jer u tom slučaju dolazi do otežanog prenosa toplotne energije sa površine kože na okolinu. U uslovima povišenih temperatura vazduha i povišene vlažnosti vazduha, neophodne su veće brzine strujanja vazduha u blizini čoveka, kako bi došlo do porasta koeficijenta prelaza toplotne energije, odnosno do povećanog prenosa toplotne energije sa površine kože i odeće na okolinu konvekcijom (Kimura & Tanabe 1993).

Distribucija ocene toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora razmatranog uzorka ispitanika i statistička analiza izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha u radnoj sredini na tri visine merenja 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m prikazana je u Prilogu 8, a na slici 6.57 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, tj. toplotnog komfora od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha. U toku istraživanja ispitanici su bili izloženi brzini strujanja vazduha u intervalu od 0,02 m/s do 1,00 m/s, što se vidi iz tabele 6.28. Sa slike 6.57 može se uočiti da sa porastom brzine strujanja vazduha na sve tri visine ispitivanja, pri razmatranim temperaturama vazduha, raste i vrednost toplotnog osećaja, tj. ispitanici se osećaju toplije. Uzimajući u obzir sve tri visine ispitivanja, za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ na skali toplotnog osećaja, prosečna vrednost brzine strujanja vazduha iznosi 0,18 m/s (slika 6.58).



Slika 6.57. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini na ukupnom uzorku 403 ispitanika.

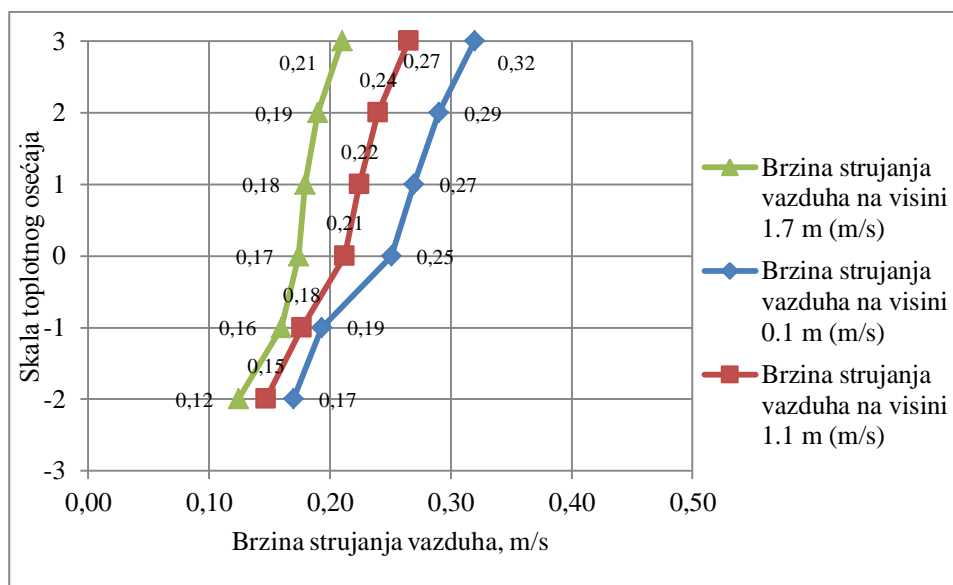
Na slici 6.58 prikazani su rezultati osrednjenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine ispitivanja. Može se uočiti da postoji visoka povezanost između toplotnog osećaja i brzine strujanja vazduha u razmatranom intervalu, koeficijent linearne korelacije iznosi ($r=0,98$). Za svaku vrednost brzine strujanja vazduha, razmatranog intervala može se odrediti rezultat na skali toplotnog osećaja. Rezultat „optimalne“ brzine strujanja vazduha, za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ na skali toplotnog osećaja dobija se prema regresionoj jednačini $S.T.O. = -7,401 + 43,194 \cdot v_a$, a iznosi $0,16 \text{ m/s}$ (slika 6.58).



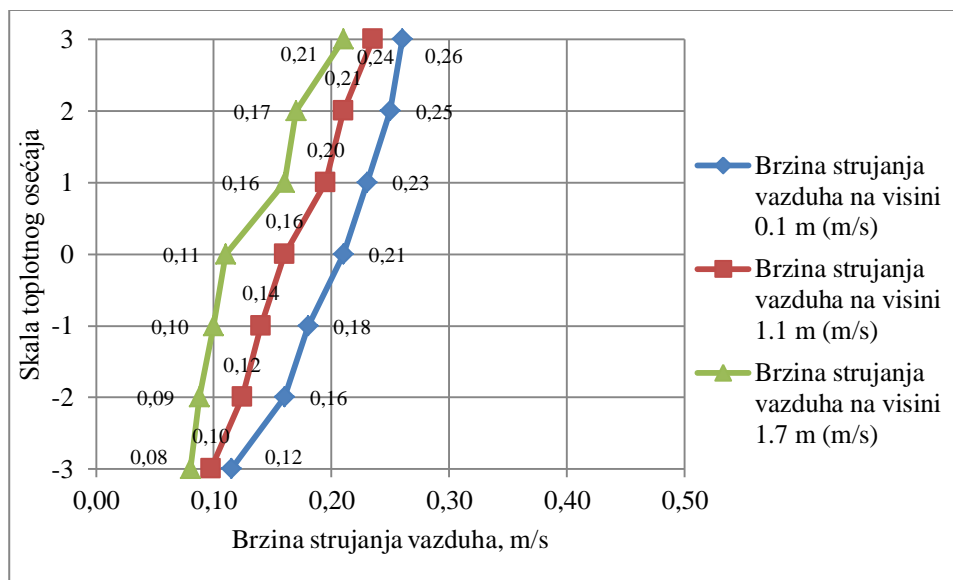
Slika 6.58. Zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini.

Prema polu, tj. kod 201 ispitanika muškog pola i 202 ispitanika ženskog pola u Prilogu 9 prikazana je distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja i analiza izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha. Na slikama 6.59 i 6.60 prikazane su srednje vrednosti zavisnosti

toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha. Iz prikazanih rezultata uočava se da kod oba pola ispitanika, povećanje brzine strujanja vazduha utiče na toplotni osećaj, tj. pri razmatranim vrednostima temperature vazduha i brzine strujanja vazduha ispitanici se osećaju toplije. Ispitivanjem i osrednjavanjem su dobijene prosečne brzine strujanja vazduha kod oba pola ispitanika. Za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ kod ispitanika muškog pola brzina strujanja vazduha iznosi 0,21 m/s, a kod ispitanika ženskog pola 0,15 m/s.



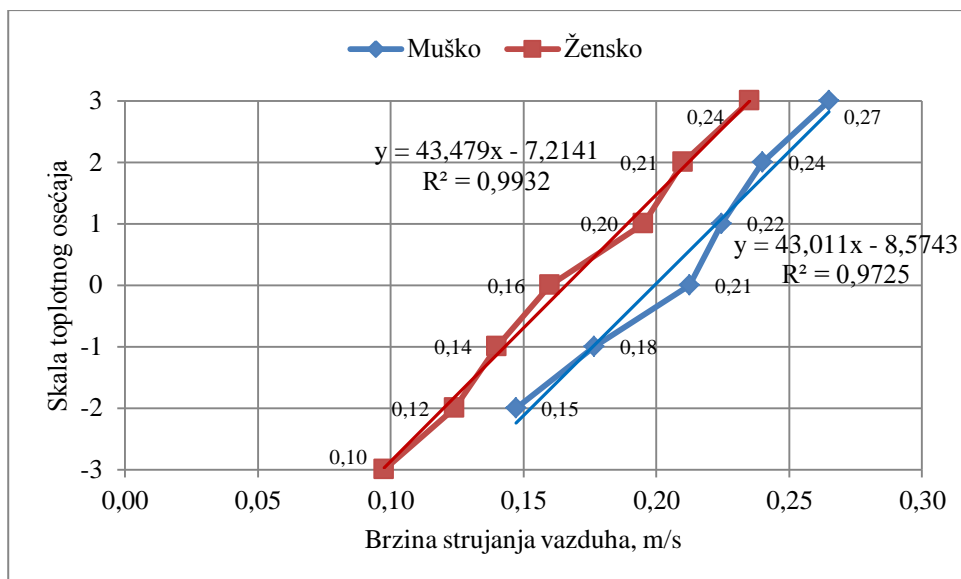
Slika 6.59. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola.



Slika 6.60. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha u radnoj sredini kod ispitanika ženskog pola.

Na slici 6.61 prikazana je zavisnost toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od osrednjenih vrednosti brzine strujanja vazduha na tri visine ispitivanja, prema polu

ispitanika. Iz dobijenih rezultata se uočava da postoji visoka korelacija između toplotnog osećaja i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha kod ispitanika muškog pola ($r=0,76$) i kod ispitanika ženskog pola ($r=0,99$). Kod oba pola ispitanika, za svaku vrednost brzine strujanja vazduha može se odrediti rezultat na skali toplotnog osećaja, koji prima vrednosti iz intervala $[-3;3]$. Primenom jednačina regresione analize kod ispitanika muškog pola $S.T.O. = -8,5743 + 43,011 \cdot v_a$, i ispitanika ženskog pola $S.T.O. = -7,2141 + 43,479 \cdot v_a$, za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“, rezultati „optimalnih“ brzina strujanja vazduha iznose $0,19$ m/s i $0,16$ m/s respektivno.



Slika 6.61. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha kod ispitanika ženskog pola.

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da je povezanost toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora i brzine strujanja vazduha pod uticajem i ostalih parametara, a to su temperatura vazduha, toplotno zračenje, vlažnost vazduha, nivo metabolizma i nivo toplotne izolacije odeće (Chow et al. 2010). Dobijeni rezultati „optimalnih“ brzina strujanja vazduha za obezbeđenje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“, u radnoj sredini, na ukupnom uzorku ispitanika (slika 6.58), kao i prema polu ispitanika (slika 6.61) su u saglasnosti sa rezultatima istraživanja (Chow et al. 2010). Rezultati njihovih istraživanja ukazuju da je prihvatljiva brzina strujanja vazduha od $0,10$ m/s do $0,20$ m/s pri temperaturama vazduha $25,40^{\circ}\text{C}$, nivoom odeće $0,55$ clo i nivoom metabolizma 1 met, za radno mesto sedećeg tipa (Chow et al. 2010). Rezultati istraživanja koje su objavili (Atthajariyakul & Lertsattanakorn 2008) su pokazali da toplotno okruženje se smatra prihvatljivo kada je temperatura vazduha do 28°C , a brzina strujanja vazduha u intervalu od $0,2$ m/s do 2 m/s (Atthajariyakul & Lertsattanakorn 2008).

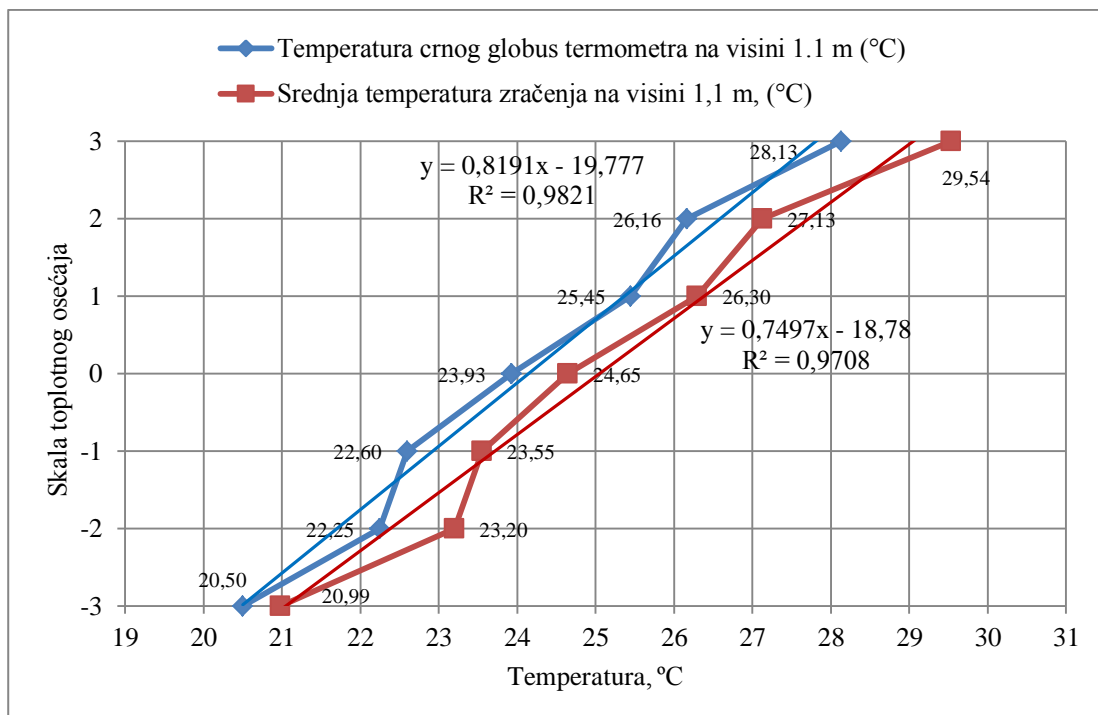
6.3.5.2.4 Zavisnost toplotnog komfora od toplotnog zračenja u radnoj sredini

Prema dosadašnjim istraživanjima, toplotno zračenje kao mikroklimatski parametar ima uticaj na toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka (Fanger 1970). Pored razmatranih parametara mikroklimе, na razmentu toplotne energije između čoveka i njegovog okruženja uticaj ima i toplotno zračenje (Fanger 1970; Parsons 2014). Za analizu uticaja toplotnog zračenja na toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka u radnoj sredini koristi se temperatura crnog globus termometra ($t_g, ^\circ\text{C}$) i srednja temperatura zračenja ($t_{mr}, ^\circ\text{C}$), koja je izvedena iz temperature crnog globus termometra (t_g), što je objašnjeno u tačkama (4.4.3 i 6.3.3.5).

Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja ukupnog uzorka 403 ispitanika, na 77 mernih mesta i statistička analiza izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra (t_g) i srednje temperature zračenja (t_{mr}) prikazana je u Prilogu 10. Na slici 6.62 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja. Iz prikazanih rezultata (tabela 6.28 i prilog 10) uočava se da su ispitanici bili izloženi temperaturi crnog globus termometra u intervalu od $17,10^\circ\text{C}$ do $33,60^\circ\text{C}$ i srednjoj temperaturi zračenja u intervalu od $18,70^\circ\text{C}$ do $37,46^\circ\text{C}$.

Za svaku vrednost temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja, iz razmatranog intervala moguće je odrediti rezultat na skali toplotnog osećaja, koji prima vrednosti [-3;3]. Rezultati ispitivanja toplotnog zračenja ukazuju da postoji uticaj temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja na toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor ispitanika, ispitanici u radnoj sredini se osećaju toplije (slika 6.62). Ispitivanjem, odnosno merenjem dobijeni su rezultati srednjih vrednosti za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini $S.T.O.=0$ „neutralno“, temperature crnog globus termometra $23,93^\circ\text{C}$ i srednje temperature zračenja $24,65^\circ\text{C}$.

Iz rezultata korelacione i regresione analize uočava se da postoji visoka saglasnost između temperature crnog globus termometra ($r=0,99$) i srednje temperature zračenja ($r=0,98$) sa toplotnim osećajem. Za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ na skali toplotnog osećaja, pomoću dobijene regresione jednačine $S.T.O.=-19,777+0,8191 \cdot t_g$ rezultat „optimalne“ temperature crnog globus termometra iznosi $24,14^\circ\text{C}$. Pomoću dobijene regresione jednačine $S.T.O.=-18,78+0,7497 \cdot t_{mr}$, za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ u radnoj sredini, pri razmatranim brzinama strujanja vazduha „optimalna“ vredost srednje temperature zračenja iznosi $25,05^\circ\text{C}$. Rezultati dobijeni interpolacijom regresione prave su u saglasnost sa rezultatiom ispitivanja.

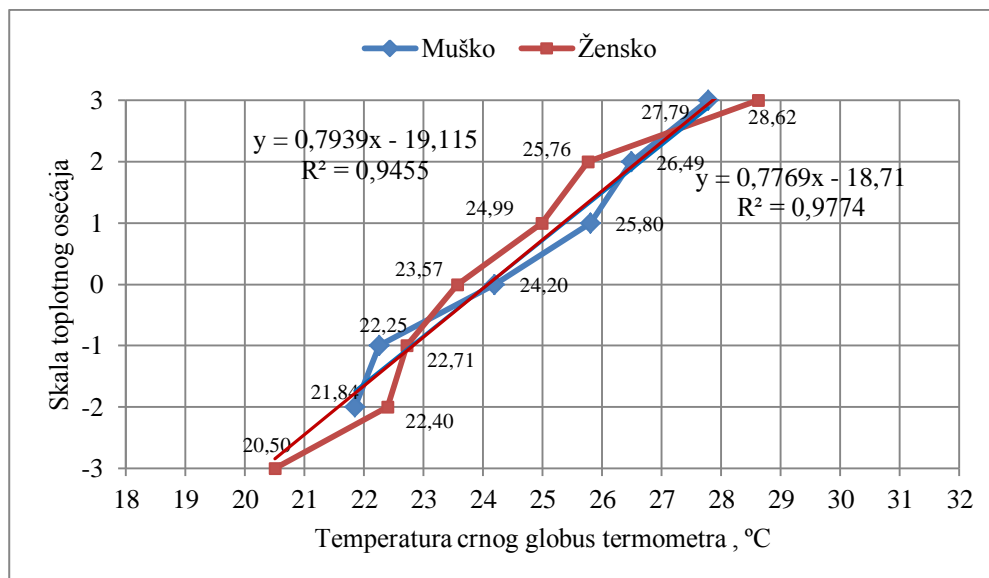


Slika 6.62. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja u radnoj sredini.

Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja odnosno toplotnog komfora prema polu ispitanika i analiza izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja prikazana je u Prilogu 11. Na slici 6.63 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od temperature crnog globus termometra (t_g) prema polu ispitanika. Iz prikazanih rezultata (tabela 6.29) uočava se da je temperatura crnog globus termometra kod ispitanika muškog pola u intervalu od $17,10^{\circ}\text{C}$ do $33,60^{\circ}\text{C}$, a kod ispitanika ženskog pola od $19,50^{\circ}\text{C}$ do $31,60^{\circ}\text{C}$. Sa slike 6.63 može se uočiti da srednja vrednost temperature crnog globus termometra, za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ kod ispitanika muškog pola iznosi $24,20^{\circ}\text{C}$, a kod ispitanika ženskog pola $23,57^{\circ}\text{C}$.

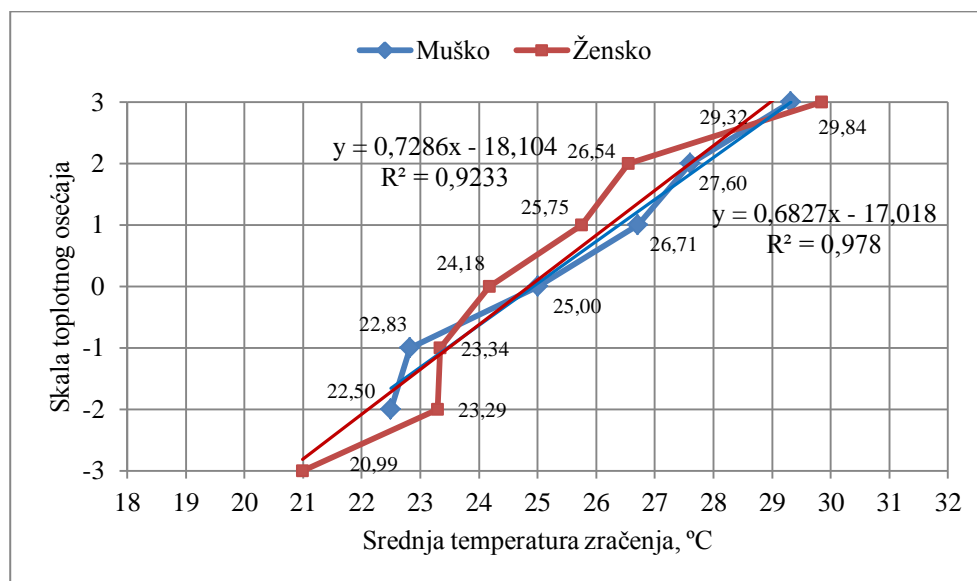
Rezultati ispitivanja i rezultati korelacione analize ukazuju da postoji visoka povezanost između toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora sa toplotnim zračenjem u radnoj sredini kod oba pola ispitanika. Dobijeni rezultati ispitivanjem za stanje toplotnog komfora imaju veću vrednost kod ispitanika muškog pola, a to je iz razloga što su bili izloženi većim brzinama strujanja vazduha, što se vidi sa slike 6.61.

Korišćenjem dobijenih regresionih jednačina $S.T.O. = -18,71 + 0,7769 \cdot t_g$, za ispitanike muškog pola i $S.T.O. = -19,115 + 0,7939 \cdot t_g$, za ispitanike ženskog pola „optimalna“ temperatura crnog globus termometra u radnoj sredini iznosi $24,08^{\circ}\text{C}$ i $24,07^{\circ}\text{C}$ respektivno, za stanje $S.T.O.=0$ „neutralno“.



Slika 6.63. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od temperature crnog globus termometra prema polu ispitanika.

Rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od srednje temperature zračenja (t_{mr}) prema polu ispitanika prikazani su na slici 6.64. Za stanje S.T.O.=0 „neutralno“, ispitivanjem i proračunom je dobijena srednja temperatura zračenja 25,00°C kod ispitanika muškog pola i 24,18 °C kod ispitanika ženskog pola. Interpolacijom dobijenih rezultata i korišćenjem jednačina $S.T.O. = -17,018 + 0,6827 \cdot t_{mr}$, za ispitanike muškog pola i $S.T.O. = -18,104 + 0,7286 \cdot t_{mr}$, za ispitanike ženskog pola, dobijaju se „optimalne“ vrednosti srednje temperature zračenja. Za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini S.T.O.=0 „neutralno“ kod ispitanika muškog pola srednja temperatura zračenja iznosi 24,92°C i kod ispitanika ženskog pola 24,84°C.



Slika 6.64. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od srednje temperature zračenja prema polu ispitanika.

Iz dobijenih rezultata istraživanja, uočava se da je za obezbeđivanje toplotnog komfora u radnoj sredini, tj. $S.T.O.=0$ „neutralno“ neophodno obezbediti približno jednake temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja kod oba pola ispitanika. Uticaj toplotnog zračenja na toplotni komfor čoveka je povezan sa brzinom strujanja vazduha u neposrednom okruženju čoveka. Pri većem toplotnom zračenju u radnoj sredini, neophodne su veće brzine strujanja vazduha na površini kože čoveka kako bi se prenela toplotna energija na okolinu.

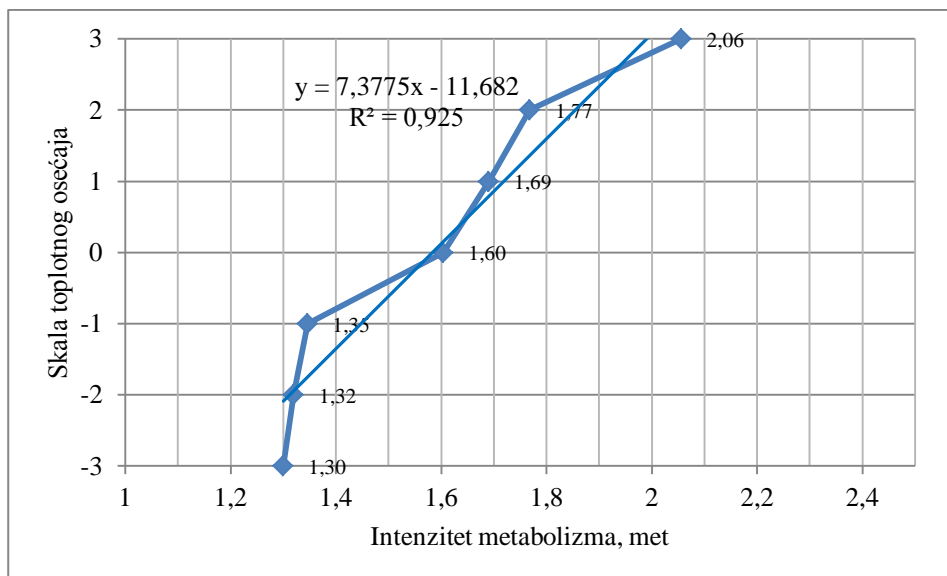
Autori (Indraganti & Rao 2010), istraživali su zavisnost toplotnog komfora od temperature crnog globus termometra u pet prirodno ventilisanih objekata u Indiji, u gradu koji se nalazi na 500 metara nadmorske visine. Rezultati njihovih istraživanja ukazuju da je „optimalna“ temperatura crnog globus termometra u prirodno ventilisanim objektima $29,2^{\circ}\text{C}$. Dobijeni rezultat „optimalne“ temperature crnog globus termometra u radnoj sredini (slika 6.62), za obezbeđenje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ iznosi $24,14^{\circ}\text{C}$. Dobijeni rezultat ima manju vrednost, a to je iz razloga što su autori (Indraganti & Rao 2010), svoje istraživanje obavili u mikroklimatskim uslovima Indije u kojoj su veće prosečne godišnje temperature vazduha, a ispitanici su adaptirani na veće temperature.

6.3.5.2.5 Zavisnost toplotnog komfora od intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće u radnoj sredini

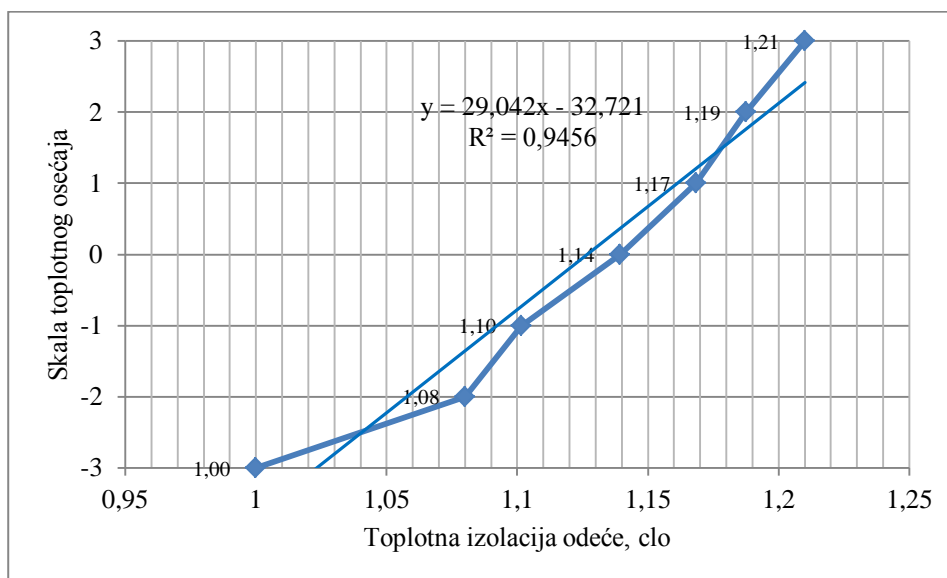
Distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja ukupnog uzorka ispitanika, rezultati procene intenziteta metabolizma (M) i toplotne izolacije odeće (I_{cl}) prikazani su u Prilogu 12. Na slici 6.65 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od intenziteta metabolizma i na slici 6.66 rezultati srednjih vrednosti zavisnosti od toplotne izolacije odeće ukupnog uzorka ispitanika.

Procena intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće ukupnog uzorka 403 ispitanika vršena je na način koji je opisan u metodologiji istraživanja. Iz prikazanih rezultata (tabela 6.28) uočava se da je procenjena vrednost intenziteta metabolizma se kretala u intervalu od 1,20 met ($69,78 \text{ W/m}^2$) do 2,80 met ($162,82 \text{ W/m}^2$). Procenjene vrednosti toplotne izolacije odeće su se kretale u intervalu od 1,00 clo ($0,155 \text{ m}^2\text{C/W}$) do 1,40 clo ($0,217 \text{ m}^2\text{C/W}$). Iz rezultata prikazanih na slikama 6.65 i 6.66 može se uočiti da pri porastu intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće raste vrednost toplotnog osećaja u čitavom razmatranom opsegu $[-3,3]$. Pri malim promenama izolacije ispitanika, vrednost toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora brže raste nego kod promene intenziteta metabolizma. Rezultati ispitivanja u radnoj sredini, odnosno rezultati procene intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće ukazuju da je za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini ($S.T.O.=0$ „neutralno“) „optimalna“ vrednost: 1,60 met i 1,14 clo respektivno.

Za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini, tj. za vrednost $S.T.O.=0$ „neutralno“, korišćenjem jednačina $S.T.O.=-11,682+7,3775 \cdot \text{met}$ i $S.T.O.=-32,721-29,042 \text{ clo}$ dobijaju se „optimalne“ vrednosti intenziteta metabolizma 1,58 met i toplotne izolacije odeće 1,13 clo, što je u saglasnosti sa rezultatima ispitivanja.



Slika 6.65. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od intenziteta metabolizma.



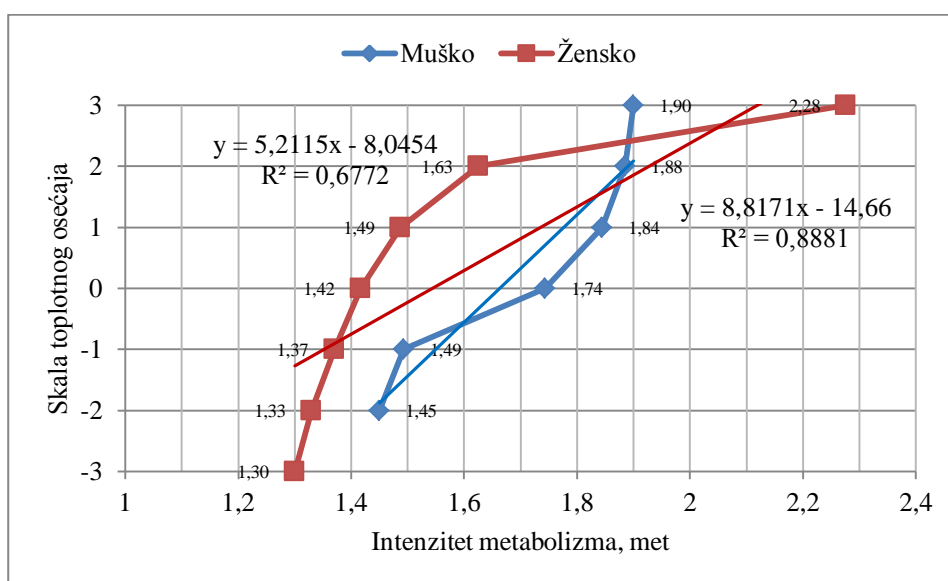
Slika 6.66. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od toplotne izolacije odeće.

U prologu 13 prikazana je distribucija rezultata ocene toplotnog osećaja, intenzitet metabolizma (M) i toplotna izolacija odeće (I_{cl}) prema polu ispitanika. Iz prikazanih rezultata (tabela 6.28, prilog 13) može se uočiti da se kod ispitanika oba pola intenzitet metabolizma kretao u intervaulu od 1,20 met do 2,80 met. Na slici 6.67 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od intenziteta metabolizma prema polu ispitanika. Kod ispitanika muškog pola, stanje toplotnog komfora S.T.O=0 „neutralno“, na skali toplotnog osećaja ocenjeno pri srednjim vrednostima intenziteta metabolizma 1,74 met, a kod ispitanika ženskog pola pri manjim srednjim vrednostima, tj. 1,42 met.

Prikazani rezultati korelacione analize kod oba pola ispitanika ukazuju da postoji visoka saglasnost između toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora u radnoj sredini, intenziteta

metabolizma i toplotne izolacije odeće. Korišćenjem regresione jednačine kod ispitanika muškog pola $S.T.O. = -14,66 + 8,8171 \cdot \text{met}$ i ispitanika ženskog pola $S.T.O. = -8,0454 + 5,2115 \cdot \text{met}$, moguće je dobiti rezultate „optimalne“ vrednosti intenziteta metabolizma za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini. Iz prikazanih regresionih jednačina, za stanje toplotnog komfora ($S.T.O.=0$, „neutralno“), kod ispitanika muškog pola intenzitet metabolizma iznosi 1,66 met, a kod ipitanika ženskog pola 1,54 met.

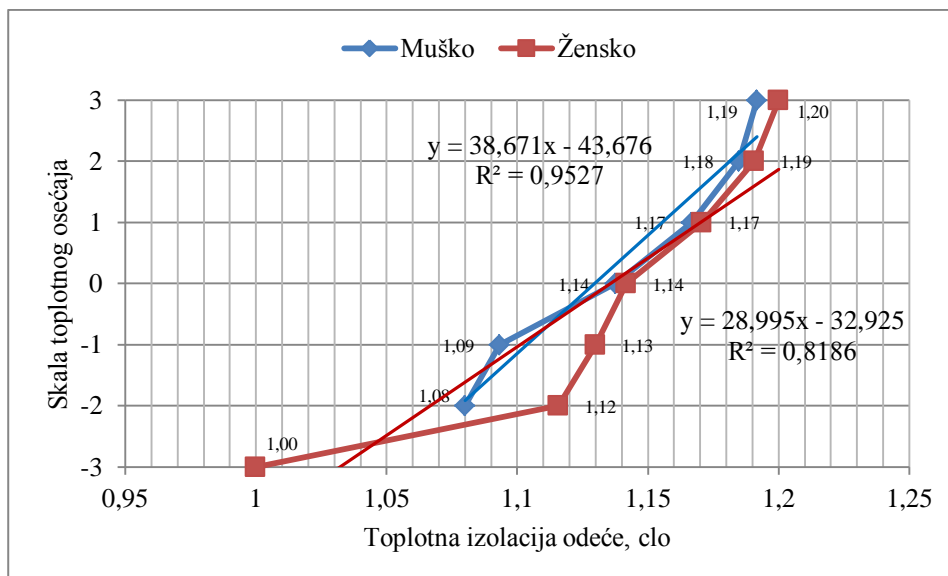
Iz dobijenih rezultata ispitivanjem i interpolacijom, može se uočiti da kod ispitanika ženskog pola u stanju toplotnog komfora intenzitet metabolizma ima manje vrednosti. To se može objasniti činjenicom da je veće generisanje toplotne energije, tj. veći je intenzitet metabolizma kod ispitanika muškog pola, što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (Guyton & Hall 2008).



Slika 6.67. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od intenziteta metabolizma prema polu ispitanika.

Na slici 6.68 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika. Rezultati procene toplotne izolacije odeće ukazuju da sa porastom toplotne izolacije odeće raste i toplotni osećaj čoveka. Iz prikazanih rezultata se uočava da ispitanici oba pola imaju istu srednju vrednost toplotne izolacije odeće u stanju toplotnog komfora 1,14 clo.

Rezultati korelacione analize ukazuju da postoji visoko kvantitativno slaganje kod oba pola ispitanika između toplotnog osećaja i toplotne izolacije odeće. Linearnom regresionom jednačinom kod ispitanika muškog pola $S.T.O. = -43,676 + 38,671 \cdot \text{clo}$, i kod ispitanika ženskog pola $S.T.O. = -32,925 + 28,995 \cdot \text{clo}$, rezultat „optimalne“ toplotne izolacije odeće iznosi približno jednako 1,13 clo, što je u skladu sa rezultatima ispitivanja, a prikazano je na slici 6.68.



Slika 6.68. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika.

Prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) za uslove toplotnog komfora, intenzitet metabolizma (M) treba da se nalazi u intervalu od 0,8 met do 4,0 met, odnosno 46 W/m² do 232 W/m². Dobijena „optimalna“ vrednost intenziteta metabolizma za stanje toplotnog komfora ukupnog uzorka, kao i prema polu ispitanika se nalazi u intervalu koji je predviđen u (ISO 7730 2005).

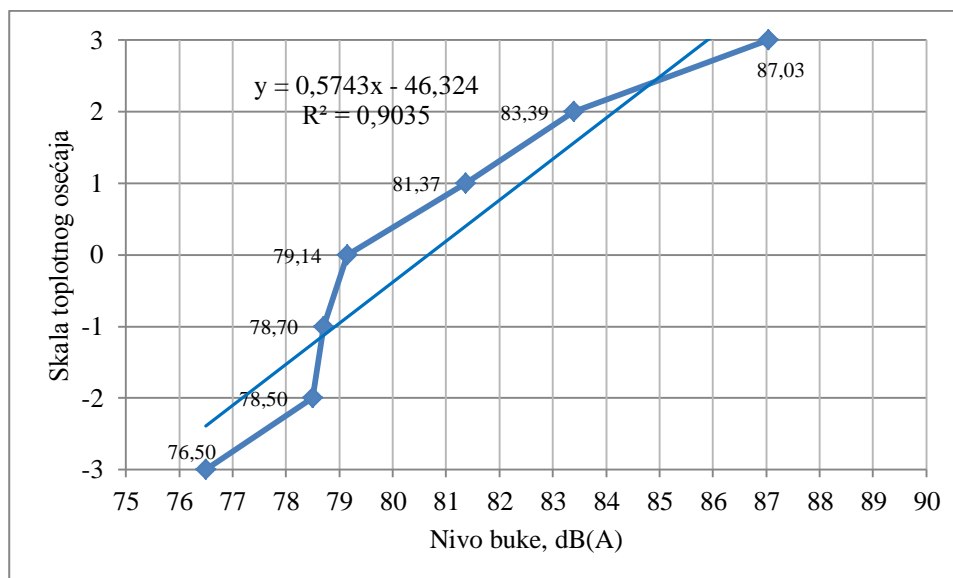
Potpuno naga osoba ima vrednost toplotne izolacije odeće $I_{cl}=0,00$ clo, a prosečno odelo $I_{cl}=1,00$ clo (ISO 7730 2005). Toplotna izolacija odeće za obezbeđenje toplotnog komfora, prema međunarodnom standardu (ISO 7730 2005) treba da se nalazi u intervalu od 0,00 clo do 2,00 clo, odnosno (od 0 m²°C/W do 0,310 m²°C/W). Dobijena „optimalna“ vrednost toplotne izolacije odeće na ukupnom uzorku, a tako i prema polu ispitanika u radnoj sredini se nalazi u intervalu koji je predviđen u (ISO 7730 2005).

Uočava se iz prikazanih rezultata korelacione i regresione analize zavisnosti toplotnog komfora od parametara mikroklimе, usklađenost sa hipotezom: Postoji povezanost između mikroklimatskih parametara i toplotnog komfora u radnoj sredini kod muškaraca i kod žena.

6.3.5.3 Zavisnost toplotnog komfora od buke u radnoj sredini

Rezultati istraživanja zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od buke u radnoj sredini, tj. distribucija rezultata ukupnog uzorka ispitanika i statistička analiza izmerenih vrednosti buke prikazana je u Prilogu 14. Na slici 6.69 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog osećaja odnosno toplotnog komfora od buke kod ukupnog uzorka ispitanika. Izmerena vrednosti nivoa buke L_{eq} dB(A) se kretela u intervalu od 69,00 dB(A) do 98,00 dB(A). Rezultati statističke analize ukazuju da srednja vrednost nivoa buke iznosi 76,50 dB(A) u području „veoma hladno“ (-3) na skali toplotnog osećaja, u području „neutralno prijatno“ (0) 79,14 dB(A), a u području „veoma toplo“ (3) 87,03 dB(A). Iz prikazanih rezultata ispitivanja može se uočiti da je za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini „optimalan“ nivo buke 79,14dB(A).

Rezultati korelacione i regresione analize ukazuju da postoji visoko kvantitativno slaganje između toplotnog osećaja i nivoa buke u radnoj sredini ($r=0,95$). Statističkom obradom podataka dobijena je regresiona jednačina $S.T.O. = -46,324 + 0,5743 \cdot L_{eq}$, iz koje se može dobiti rezultat na skali toplotnog osećaja, a „optimalan“ nivo buke u radnoj sredini, za stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno“), iznosi 80,66dB(A). Rezultati ispitivanja i rezultati linearne regresione analize (slika 6.69) ukazuju da sa porastom buke, raste i toplotni osećaj kod ispitanika u radnoj sedini.

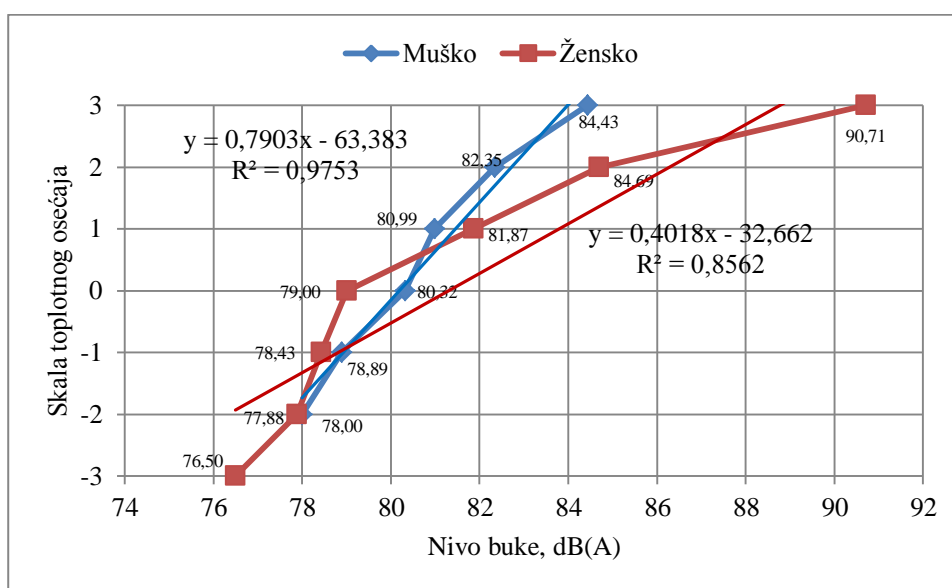


Slika 6.69. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od ekvivalentnog nivoa buke u radnoj sredini.

Kako bi se utvrdila zavisnost toplotnog osećaja odnosno toplotnog komfora kod muškaraca i žena u radnoj sredini, ukupan uzorak ispitanika podeljen je prema polu ispitanika. Distribucija rezultata i analiza izmerenih vrednosti nivoa buke L_{eq} dB(A) prema polu ispitanika prikazana je u Prilogu 15. Kod ispitanika oba pola, izmerena vrednost nivoa buke se nalazi u intervalu od 69,00 dB(A) do 98 dB(A). Iz prikazanih rezultata na slici 6.70 uočava se da je u području „neutralno prijatno“ (0) na skali toplotnog osećaja srednja

vrednost nivoa buke kod ispitanika muškog pola 80,32dB(A), a kod ispitanika ženskog pola 78,43dB(A). Rezultati ispitivanja (merenja) ukazuju da kod oba pola ispitanika, sa porastom buke raste i toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor je pod uticajem buke.

Kod oba pola ispitanika, rezultati korelacione analize ukazuju da postoji visoko kvantitativno slaganje između toplotnog osećaja i nivoa buke u radnoj sredini. Korišćenjem dobijenih regresionih jednačina $S.T.O. = -63,383 + 0,7903 \cdot Leq$ kod ispitanika muškog pola i $S.T.O. = -32,662 + 0,4018 \cdot Leq$ kod ispitanika ženskog pola, može se dobiti nivo buke za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini. Kod ispitanika muškog pola, „optimalan“ nivo buke za stanje toplotnog komfora ($S.T.O. = 0$, „neutralno“) na skali toplotnog osećaja iznosi 80,20dB(A), a kod ispitanika ženskog pola 81,29dB(A).



Slika 6.70. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od nivoa buke u radnoj sredini.

Rezultati dosadašnjih istraživanja (Fanger et al. 1977) koja su izvedena u strogo kontrolisanim, laboratorijskim uslovima, ukazuju da buka nema uticaj na toplotni komfor čoveka, a da fiziološka merenja nisu pod uticajem buke (Fanger et al. 1977). Nasuprot rezultatima istraživanja (Fanger et al. 1977), rezultati istraživanja koje su objavili autori (Pellerin & Candas 2004), potvrđuju tezu da buka u strogo kontrolisanim, laboratorijskim uslovima ima uticaj na promenu toplotnog osećaja (Pellerin & Candas 2004). Autori (Pellerin & Candas 2004) izveli su eksperimentalno istraživanje na 18 ispitanika u laboratorijskim strogo kontrolisanim uslovima i došli do rezultata da visok nivo buke povećava toplotni „diskomfor“, a odstupanje operativne temperature $\Delta t_o = 1^\circ\text{C}$ od „toplotne neutralnosti“ odnosno toplotnog komfora dovodi do iste promene toplotnog osećaja, kao povećanje buke za 2,6 dB(A) kratkoročno ili 2,9 dB(A) dugoročno (Pellerin & Candas 2004).

Dosadašnja istraživanja uticaja temperature vazduha i buke na toplotni komfor ispitanika (Pellerin & Candas 2003) ukazuju da žene prihvataju bučnije okruženje u odnosu na

muškarce, što prema autorima (Pellerin & Candas 2003) predstavlja da je toplotni komfor dominantan kod ispitanika ženskog pola. Rezultati laboratorijskih istraživanja ukazuju da buka može izmeniti toplotnu „prijatnost“ u toplim uslovima (Pellerin & Candas 2003).

Dobijeni rezultati ispitivanjem i korišćenjem regresionih jednačina (slike 6.69 i 6.70), su u saglasnosti sa dosadašnjim laboratorijskim istraživanjima (Pellerin & Candas 2004), te ukazuju da buka u intervalu od 69,00 dB(A) do 98,00 dB(A) ima uticaj na toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor čoveka u radnoj sredini, pri razmatranim uslovima.

Pregledom literature u oblasti, uočava se nedostatak rezultata istraživanja o uzajamnom dejstvu temperature vazduha i buke na toplotni komfor ispitanika (čoveka) u radnoj sredini. U cilju uspostavljanja međuzavisnosti između temperature vazduha i nivoa buke, te njihovog uticaja na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini, razmotriće se sledeće: povećanje temperature vazduha u radnoj sredini za 1°C dovodi do promene za 0,9052 na skali toplotnog osećaja (slika 6.48), a povećanje buke za 1dB(A) dovodi do promene za 0,5743 na skali toplotnog osećaja (slika 6.69). U tom smislu, svođenje toplotnog komfora na istu vrednost (svođenjem na istu vrednost na skali toplotnog osećaja), može se uočiti da povećanje temperature vazduha za 1°C odgovara kao promena buke za 1,58 dB(A).

Prema polu ispitanika, odnos temperature vazduha i nivoa buke te njihovog uticaja na toplotni komfor ispitanika u radnoj sredini, moguće je prikazati na sledeći način: kod ispitanika muškog pola povećanje temperature vazduha u radnoj sredini za 1°C dovodi do promene za 0,8601, a kod ispitanika ženskog pola za 0,8851 na skali toplotnog osećaja (slika 6.51). Povećanje buke za 1dB(A) u radnoj sredini dovodi do promene kod ispitanika muškog pola za 0,7903, a kod ispitanika ženskog pola za 0,4018 na skali toplotnog osećaja (slika 6.70). Svođenjem toplotnog komfora na istu vrednost (svođenjem na istu vrednost na skali toplotnog osećaja) može se uočiti da povećanje temperature vazduha za 1°C, kod ispitanika muškog pola odgovara kao promena buke za 1,08dB(A), a kod ispitanika ženskog pola za 2,20dB(A).

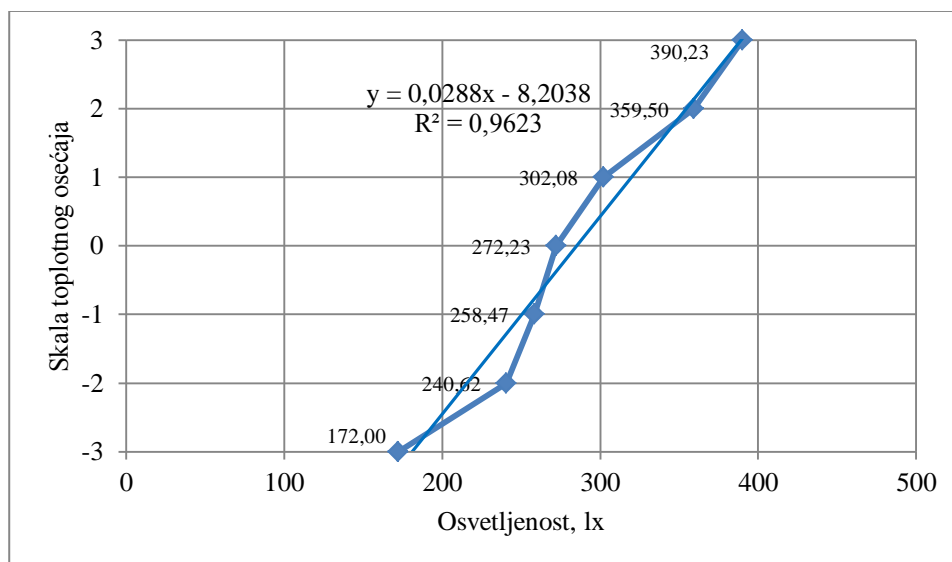
Iz prikazanih rezultata ispitivanja, korelacione i regresione analize zavisnosti toplotnog komfora od buke u radnoj sredini uočava se usklađenost sa hipotezom: Postoji povezanost između buke i toplotnog komfora u radnoj sredini.

6.3.5.4 Zavisnost toplotnog komfora od osvetljenja u radnoj sredini

Kako bi čovek prepoznao svoje okruženje neophodno mu je osvetljenje, a pored toga svetlost utiče na stanje psiholoških i fizioloških reakcija u čovekovom organizmu (Arandelović & Jovanović 2009; Kulve et al. 2015). U okruženju čoveka svetlost utiče na cirkadijalni ritam dnevno-noćnog ciklusa i toplotnu regulaciju čovekovog organizma (Kulve et al. 2015). Svetlost ima uticaj na toplotnu regulaciju čovekovog organizma, odnosno prenos toplotne energije iz čovekovog organizma na okolinu putem vazodilatacije krvnih sudova (Gilbert et al. 1999; Cajočen et al. 2003).

Izvor osvetljenja u objektima namenjenim za obavljanje procesa rada može biti prirodni, veštački ili kombinovani. Razmatranje uticaja osvetljenosti u radnoj sredini na toplotni

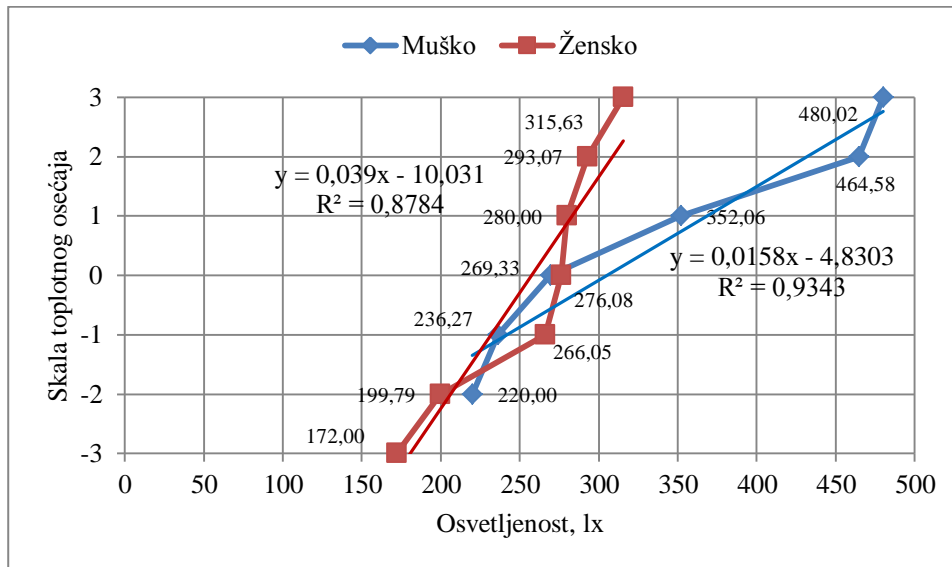
osećaj, onosno na toplotni komfor čoveka će se izvršiti prvo u zavisnosti od izmerene osvetljenosti, a zatim prema izvoru osvetljenja. U Prilogu 16 prikazana je distribucija toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora ukupnog uzorka 403 ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti na 77 mernih mesta. Izmerena vrednost osvetljenosti se kretala u intervalu od 85,00 lx do 2123,00 lx. Prema rezultatima prikazanim u Prilogu 16, na slici 6.71 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti (bezobzira na izvor osvetljenja) kod ukupnog uzorka ispitanika. Iz prikazanih rezultata se uočava da se ispitanici osećaju toplije pri većoj osvetljenosti radnog mesta. Pri rezultatu srednjih vrednosti izmerene osvetljenosti od 172,00 lx ispitanici su ocenili stanje „veoma hladno“ (-3), a pri rezultatu 390,23 lx „veoma toplo“ (3). Rezultati ispitivanja ukazuju da je za stanje toplotnog komfora, „optimalna“ osvetljenost radnog mesta 272,23 lx. Rezultati korelacione analize ukazuju na visoku povezanost između toplotnog osećaja i izmerenih vrednosti osvetljenosti u radnoj sredini ($r=0,98$). Linearnom regresionom jednačinom $S.T.O. = -8,2038 + 0,0288 \cdot E$, dobija se „optimalna“ vrednost osvetljenosti u radnoj sredini, za stanje toplotnog komfora ($S.T.O.=0$ „neutralno“) 284,85 lx.



Slika 6.71. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti u radnoj sredini.

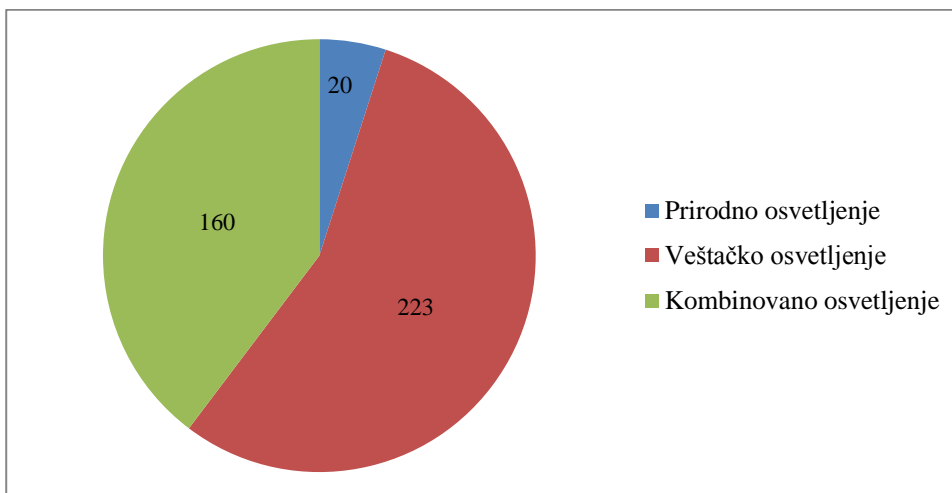
Distribucija ocene toplotnog osećaja, odnosno komfora prema polu ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prikazana je u Prilogu 17. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da se kod ispitanika muškog pola izmerena osvetljenost kretala u intervalu od 96,00 lx do 2123,00 lx, a kod ispitanika ženskog pola od 85,00 lx do 1468,00 lx. Na osnovu rezultata u Prilogu 17, na slici 6.72 prikazani su rezultati srednjih vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti, prema polu ispitanika. Rezultati ispitivanja uticaja osvetljenosti na toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor ukazuju da kod oba pola ispitanika, postoji „topliji“ osećaj pri većoj izmerenoj osvetljenosti. Ispitivanjem su dobijene „optimalne“ vrednosti za stanje toplotnog komfora ($S.T.O.=0$ „neutralno“), kod ispitanika muškog pola 269,33 lx, a kod ispitanika ženskog pola 276,08 lx.

Rezultati analize ukazuju da kod oba pola ispitanika, postoji visoka pozitivna korelacija između toplotnog osećaja i osvetljenosti, što znači da sa porastom osvetljenosti ispitanici iskazuju „topliji“ osećaj u radnoj sredini. Iz dobijenih regresionih jednačina, kod ispitanika muškog pola $S.T.O. = -4,8303 + 0,0158 \cdot E$ i kod ispitanika ženskog pola $S.T.O. = -10,031 + 0,039 \cdot E$, rezultat „optimalne“ osvetljenosti za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini ($S.T.O. = 0$ „neutralno“) iznosi: kod ispitanika muškog pola, 305,71 lx, a kod ispitanika ženskog pola 257,70 lx.



Slika 6.72. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti prema polu ispitanika.

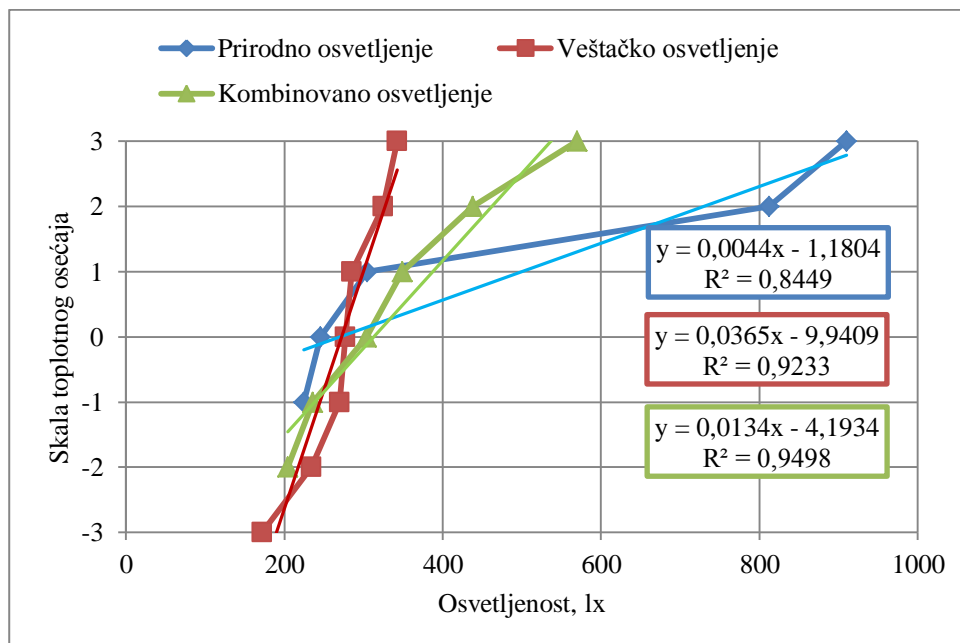
U cilju utvrđivanja uticaja osvetljenosti na toplotni komfor u zavisnosti od izvora osvetljenja, na slici 6.73 prikazani su rezultati distribucije ispitanika prema izvoru osvetljenja na radnom mestu. Može se uočiti da je od ukupnog uzorka 403 ispitanika, prirodni izvor osvetljenja koristilo 20, veštački 223 i kombinaciju prirodnog i veštačkog 160 ispitanika.



Slika 6.73. Distribucija ispitanika u zavisnosti od izvora osvetljenja u radnoj sredini.

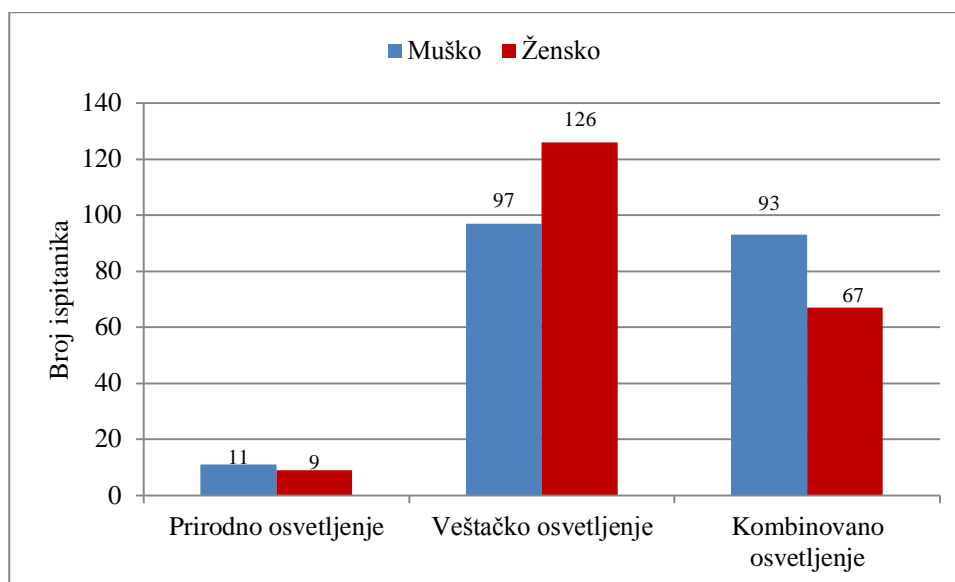
U Prilogu 18 prikazani su rezultati ocene toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora ukupnog uzorka ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti u zavisnosti od izvora osvetljenja. Ispitanici su koristili prirodni, veštački i kombinovani izvor osvetljenja. Na slici 6.74 može se uočiti da je kod ispitanika koji su koristili prirodni izvor osvetljenja, toplotni osećaj ocenjen u intervalu od „malo prohladno (-1) do „veoma toplo“ (3) na skali toplotnog osećaja. Kod ispitanika koji su koristili isključivo veštački izvor osvetljenja, toplotni osećaj je ocenjen u celom intervalu [-3,3] na skali toplotnog osećaja. Rezultati ukazuju da kod prirodnog, veštačkog i kombinovanog osvetljenja u radnoj sredini, ispitanici iskazuju „topliji“ osećaj sa porastom izmerenih vrednosti osvetljenosti. Srednje vrednosti izmerene osvetljenosti u radnoj sredini, za stanje toplotnog komfora, tj. S.T.O.=0 „neutralno“ kod ispitanika koji su koristili prirodno osvetljenje, „optimalna“ osvetljenost iznosi 246,00 lx, kod ispitanika koji su koristili veštačko osvetljenje 277, 00 lx i kod ispitanika koji su koristili kombinovano osvetljenje 303,60 lx. Iz dobijenih rezultata uočava se da je najmanji rezultat osvetljenosti kod ispitanika koji su koristili prirodni izvor osvetljenja (Sunce). Dobijeni rezultat može biti posledica sunčevog toplotnog zračenja kroz staklene površine na objektima.

Korišćenjem dobijenih regresionih jednačina, kod izloženosti prirodnom osvetljenju, prema jednačini $S.T.O. = -1,1804 + 0,0044 \cdot E$, rezultat „optimalne“ osvetljenosti za stanje toplotnog komfora $S.T.O.=0$ „neutralno“ iznosi 268,27 lx. Kod izloženosti veštačkom osvetljenju, prema jednačini $S.T.O. = -9,9409 + 0,0365 \cdot E$, rezultati iznosi 272,35 lx, i kod ispitanika koji su koristili kombinovano osvetljenje, prema $S.T.O. = -4,1934 + 0,0134 \cdot E$, rezultati iznosi 312,94 lx. Rezultati regresione analize su u saglasnosti sa rezultatima ispitivanja.



Slika 6.74. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti prema izvoru osvetljenja.

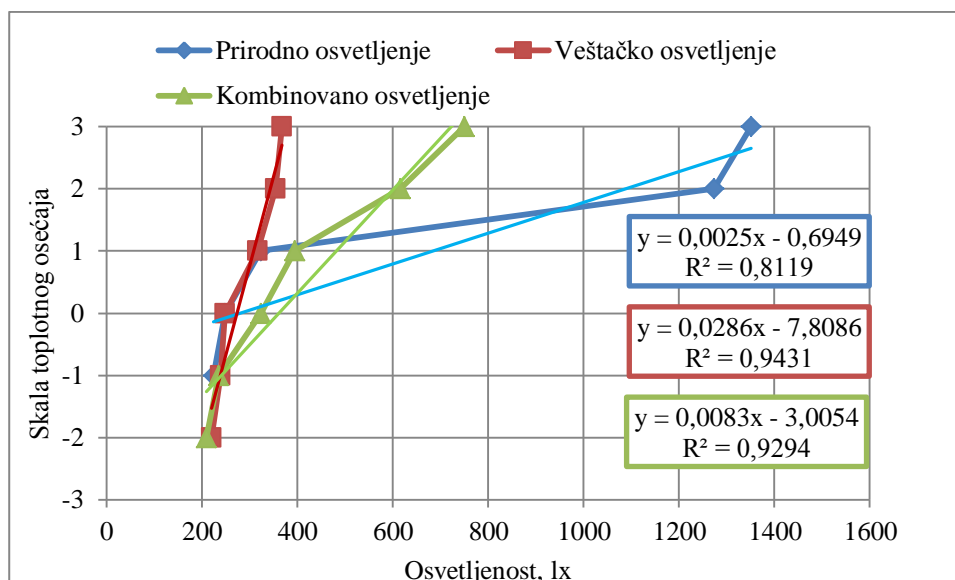
Na slici 6.75 prikazana je distribucija ispitanika prema polu u zavisnosti od izvora osvetljenja. Može se uočiti da je prirodni izvor osvetljenja koristilo 11 ispitanika muškog i 9 ispitanika ženskog pola. Veštački izvor koristilo je 97 ispitanika muškog i 126 ispitanika ženskog pola. Kombinaciju prirodnog i veštačkog osvetljenja koristilo je 93 muškog i 67 ispitanika ženskog pola.



Slika 6.75. Distribucija ispitanika prema polu u zavisnosti od izvora osvetljenja u radnoj sredini.

Prema rezultatima iz Priloga 19, zavisnost toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od osvetljenosti kod ispitanika muškog pola prema izvoru osvetljenja prikazana je na slici 6.76. Prikazani rezultati ukazuju da kod ispitanika muškog pola, sa porastom izmerenih vrednosti osvetljenosti, ispitanici u radnoj sredini se osećaju toplije. Kod ispitanika muškog pola, ispitivanjem (merenjem) su dobijeni rezultati srednjih vrednosti za stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno“) u radnoj sredini. Kod ispitanika koji su koristili prirodno i veštačko osvetljenje 248 lx, a kod ispitanika sa kombinovanim osvetljenjem 323 lx.

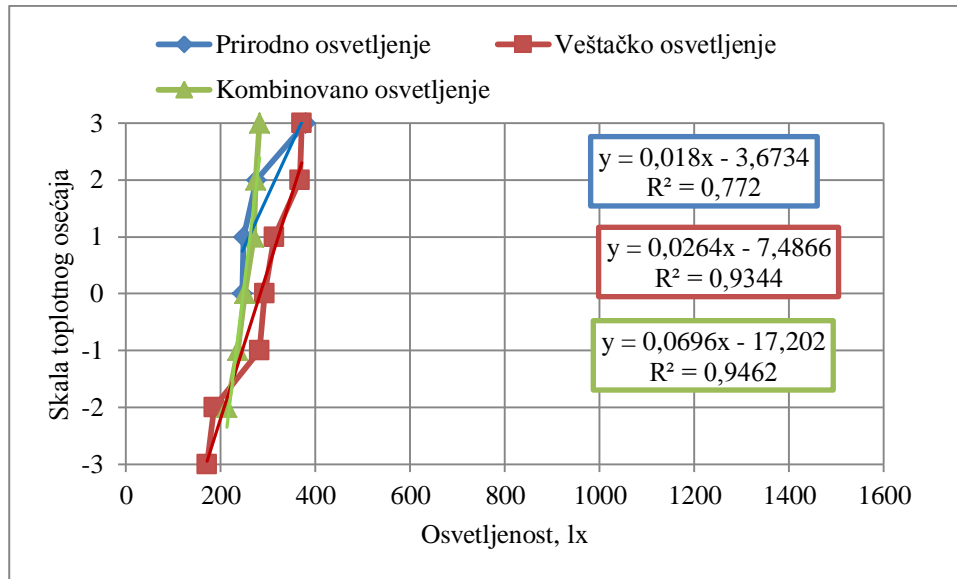
Primenom jednačina regresione analize kod uticaja osvetljenosti prema izvoru prirodnog S.T.O.= $-0,6949+0,0025 \cdot E$, veštačkog S.T.O.= $-7,8086+0,0286 \cdot E$ i kombinovanog S.T.O.= $-3,0054+0,0083 \cdot E$ osvetljenja „optimalne“ vrednosti osvetljenosti za stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno“) su 277,96 lx, 273,02 lx, 362 lx respektivno.



Slika 6.76. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti kod ispitanika mukog pola prema izvoru osvetljenja.

Prema rezultatima prikazanim u Prilogu 20, na slici 6.77 prikazana je zavisnost toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od osvetljenosti prema izvoru osvetljenja kod ispitanika ženskog pola. Iz prikazanih dijagrama se uočava da kod ispitanika ženskog pola, porastom izmerenih vrednosti osvetljenosti raste i toplotni osećaj (ispitanici se osećaju toplije), kod sva tri izvora osvetljenja. Može se uočiti da su ispitanici ženskog pola, koji su koristili prirodni izvor osvetljenja, toplotni osećaj iskazali u intervalu od „neutralno“ (0) do „veoma toplo“ (3), a nijedan ispitanik se nije izjasno od „neutralno“ (0) do „veoma hladno“ (-3). Prikazani rezultati ukazuju da su ispitanici ženskog pola, stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno“) iskazali pri srednjim vrednostima prirodne 245,33 lx, veštačke 292,77 lx i kombinovane 251 lx osvetljenosti.

Za stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno“) ispitanika ženskog pola u radnoj sredini, „optimalna“ osvetljenost prema izvoru osvetljenja može se dobiti korišćenjem regresionih jednačina. Ispitanici ženskog pola koji su koristili prirodno osvetljenje prema jednačini $S.T.O. = -3,6734 + 0,018 \cdot E$, veštačko $S.T.O. = -7,4866 + 0,0264 \cdot E$ i kombinovano $S.T.O. = -17,202 + 0,0696 \cdot E$, „optimalna“ osvetljenosti iznosi 204,07 lx, 283,58 lx, 247,15 lx, respektivno.



Slika 6.77. Srednje vrednosti zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti kod ispitanika ženskog pola prema izvoru osvetljenja.

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da u strogo kontrolisanim, laboratorijskim uslovima, visoka osvetljenost ima uticaj na toplotni osećaj i toplotni komfor čoveka, ispitanici iskazuju „topliji“ osećaj tokom izlaganja visokoj osvetljenosti i „hladniji“ tokom izlaganja niskoj osvetljenosti (Kim & Tokura 2000; Teramoto et al. 1996; Ishibashi et al. 2010). Nasuprot rezultatima istraživanja, koja ukazuju da visoka osvetljenost ima uticaj na toplotni komfor, postoje i kontradiktorni rezultati koji navode da je toplotni osećaj bio „hladniji“ nakon osvetljenosti od 3000 lx. U eksperimentu koji je izveden strogo kontrolisanom okruženju, toplotni komfor je bio veći posle izlaganja niskoj osvetljenosti od 100 lx (Kim & Tokura 2007).

Prikazani rezultati ispitivanja uticaja osvetljenosti na toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor kod ispitanika u radnoj sredini, kao i prema polu u zavisnosti od izvora osvetljenja su u saglasnosti sa rezultatima istraživanja autora (Kim & Tokura 2000; Teramoto et al. 1996; Ishibashi et al. 2010) jer izmerena osvetljenost u intervalu od 85,00 lx do 2123,00 lx ima uticaj na toplotni komfor ispitanika u radnoj sredini, pri razmatranim uslovima.

Odnos osvetljenosti i toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora prikazan je sveobuhvatnim pregledom literature (Kulve et al. 2015). Pregledom dosadašnjih istraživanja u oblasti, uočava se nedostatak rezultata istraživanja o uzajamnom dejstvu temperature vazduha i osvetljenosti na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini. Međuzavisnost temperature vazduha i osvetljenosti, te njihov uticaj na toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor u radnoj sredini će se prikazati na sledeći način. Povećanje temperature vazduha u radnoj sredini za 1°C dovodi do promene za 0,9052 na skali toplotnog osećaja (slika 6.48), a povećanje osvetljenosti (bezobzira na izvor osvetljenja) za 1 lx dovodi do promene za 0,0288 na skali toplotnog osećaja (slika 6.71). Svođenje toplotnog komfora na istu vrednost (svođenjem na istu vrednost na skali toplotnog osećaja), može se uočiti da povećanje temperature vazduha za 1°C odgovara kao promena osvetljenosti za 31,43 lx.

Kako bi se dobio odnos uticaja temperature vazduha i osvetljenosti na toplotni komfor kod muškaraca i žena u radnoj sredini, međuzavisnost će se razmotriti na sledeći način. Povećanje temperature vazduha u radnoj sredini kod ispitanika muškog pola za 1°C dovodi do promene za 0,8601, a kod ispitanika ženskog pola za 0,8851 na skali toplotnog osećaja (slika 6.51). Povećanje osvetljenosti (bezobzira na izvor osvetljenosti) za 1 lx u radnoj sredini dovodi do promene kod ispitanika muškog pola za 0,0158, a kod ispitanika ženskog pola za 0,039 na skali toplotnog osećaja (slika 6.72). U tom smislu, svođenjem toplotnog komfora na istu vrednost (svođenjem na istu vrednost na skali toplotnog osećaja) može se uočiti da povećanje temperature vazduha za 1°C, kod ispitanika muškog pola odgovara kao promena osvetljenosti za 54,44 lx, a kod ispitanika ženskog pola za 22,69 lx.

Iz prikazanih rezultata ispitivanja, korelacione i regresione analize zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenosti prema izvoru osvetljenja u radnoj sredini može se uočiti neusklađenost sa hipotezom: Ne postoji povezanost između osvetljenosti i toplotnog komfora u radnoj sredini. Prikazanim rezultatima je dokazana zavisnost toplotnog komfora od osvetljenosti, u zavisnosti od izvora osvetljenja.

U tabeli 6.30 prikazani su rezultati „optimalnih“ vrednosti parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti za stanje toplotnog komfora (S.T.O.=0 „neutralno“), kao i podaci iz literature. Može se uočiti dobro slaganje prikazanih rezultata ispitivanja, matematičkog modela (regresione analize) i literaturnih podataka.

Tabela 6.30. Rezultati optimalnih vrednosti parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini

	Parametri mikroklimе, buka i osvetljenost								
	t_a , °C	ϕ , %	v_a , m/s	t_g , °C	t_{mr} , °C	M, met	I_{cl} , clo	L_{eq} , dB(A)	E, lx
Rezultati ispitivanja	22,95	33,28	0,18	23,93	24,65	1,60	1,14	79,14	273,23
Matematički model (regresiona prava)	23,01	32,34	0,16	24,14	25,05	1,18	1,13	80,66	284,85
Literaturni podaci	22,6* ¹	30-60* ²	0,10-0,20* ³	29,2* ⁴	* ⁵	0,8-4,0* ⁵	0-2* ⁵	–	–

Literatura: *¹(Wang et al. 2014), *²(Parsons 2014), *³(Chow et al. 2010), *⁴(Indraganti & Rao 2010), *⁵(ISO 7730 2005).

7. Zaključci i pravci daljih istraživanja

Na radnom mestu, kroz bezbednost i zdravlje na radu neophodno je obezbediti uslove radne sredine koji neće imati psihološka i fiziološka opterećenja na čoveka. U objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, parametri mikroklimе, buka i osvetljenje mogu imati negativan uticaj na zdravlje i komfor čoveka. Kako bi se obezbedili optimalni uslovi radne sredine, neophodno je voditi računa o prostornom, akustičnom, svetlosnom i toplotnom komforu.

Tokom istraživanja uticaja fizičkih uslova radne sredine na toplotni komfor čoveka, izvršeno je anketiranje ispitanika i ispitivanje parametara mikroklimе na tri visine 0,1 m, 1,1 m i 1,7 m, buke, osvetljenosti, te procenjen intenzitet metabolizma i toplotna izolacija odeće kod čoveka. U istraživanju je učestvovalo 403 ispitanika, odnosno 201 ispitanik muškog i 202 ispitanika ženskog pola, raspoređenih na 77 mernih mesta u šest prirodno ventilisanih objekata. U disertaciji su prikazani rezultati istraživanja uticaja parametara mikroklimе, buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini, koji dovode do sledećih zaključaka:

Ispitivanja su pokazala nehomogenost parametara mikroklimе u radnoj sredini, naročito u vertikalnom pravcu, na visini 0,1 m i 1,7 m. Rezultati ispitivanja upućuju na zaključak da u prirodno ventilisanim objektima, temperatura vazduha ima najmanje vrednosti na visini 0,1 m, a najveće na visini 1,7 m. Relativna vlažnost vazduha ima najveće vrednosti na visini 0,1 m, a najmanje u predelu glave prosečnog čoveka, tj. na visini 1,7 m. Rezultati ispitivanja su pokazali da u prirodno ventilisanim objektima, brzina strujanja vazduha ima najveće vrednosti na visini 0,1 m, a najmanje na visini 1,7 m. U većini razmatranih objekata, odstupanja od srednjih vrednosti brzine strujanja vazduha su veća na visini merenja 1,7 m, u odnosu na visinu 0,1 m. Rezultati ispitivanja temperature crnog globus termometra su pokazali da je toplotno zračenje veće od temperature vazduha u radnoj sredini. Ispitivanje buke ukazuje na niska odstupanja od srednjih vrednosti, a uočava se prekoračenje maksimalnih vrednosti prema važećim propisima. Osvetljenje u radnoj sredini zavisi od izvora osvetljenja, a rezultati ispitivanja su pokazali da postoje visoka odstupanja od srednjih vrednosti, odnosno neravnomernost osvetljenosti na svim radnim mestima.

Prema standardu (ISO 7730 2005), na osnovu izmerenih fizičkih uslova radne sredine, procenjenog intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće, izvršena je procena toplotnog komfora pomoću PMV indeksa u svih šest prirodno ventilisanih objekata. Dobijeni rezultati PMV indeksa su upoređeni sa izjašnjavanjem ispitanika na skali toplotnog osećaja. Rezultati istraživanja su pokazali da u pet od šest prirodno ventilisanih objekata namenjenim za obavljanje procesa rada, postoji niska saglasnost između PMV indeksa i izjašnjavanja ispitanika na skali toplotnog osećaja. Iz dobijenih rezultata može se uočiti da PMV indeks predviđa veće vrednosti na skali toplotnog osećaja (topliji osećaj), nego rezultati izjašnjavanja ispitanika. Rezultati upućuju na zaključak da pomoću PMV

indeksa nije moguće tačno predvideti toplotni komfor čoveka u prirodno ventilisanim industrijskim objektima.

Iz rezultata zavisnosti između subjektivno i objektivno izmerenih parametara mikroklimе, buke i osvetljenosti, odnosno između subjektivnog osećaja i objektivno izmerenih fizičkih uslova radne sredine može se zaključiti sledeće:

- Na razmatranom uzorku ispitanika postoji pozitivna korelacija, odnosno pozitivan trend između fizičkih parametara radne sredine i njihovog osećaja kod čoveka, osim kod osećaja brzine strujanja vazduha i osvetljenosti, gde postoji negativna korelacija, tj. negativan trend. Može se zaključiti da je osećaj temperature vazduha i brzine strujanja vazduha veći na visini merenja 1,7 m, tj. u predelu glave čoveka, nego na visini 0,1 m, odnosno u predelu nogu. Osećaj vlažnosti vazduha je veći na visini 0,1 m tj. u predelu nogu, nego na visini 1,7 m tj. u predelu glave čoveka. U prirodno ventilisanim objektima namenjenim za obavljanje procesa rada, osećaj temperature vazduha ima veću povezanost sa toplotnim zračenjem, tj. sa temperaturom crnog globus termometra i srednjom temperaturom zračenja, nego sa izmerenim vrednostima temperature vazduha.
- Iz rezultata korelacione analize između objektivno izmerenih vrednosti i subjektivnog osećaja prema polu ispitanika može se zaključiti sledeće: u odnosu na ispitanike muškog pola, kod ispitanika ženskog pola postoji veća povezanost subjektivnog osećaja sa izmerenim vrednostima: temperature vazduha na sve tri visine merenja, relativne vlažnosti vazduha na visini 0,1 m i 1,1 m, temperature crnog globus termometra, srednje temperature zračenja. Između osećaja brzine strujanja vazduha i izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha postoji negativna korelacija kod ispitanika oba pola, stim da postoji veća povezanost kod ispitanika muškog pola, naročito na visini 1,7 m, odnosno u predelu čovekove glave. Dobijeni rezultati upućuju na zaključak da su muškarci „osetljiviji“ na promene brzine strujanja vazduha u predelu glave i vrata u odnosu na žene. Subjektivni osećaj osvetljenosti i buke u radnoj sredini ima veću povezanost sa izmerenim vrednostima osvetljenosti i nivoa buke kod ispitanika muškog pola, u odnosu na ispitanike ženskog pola.

Rezultati ispitivanja uticaja pojedinačnih parametara mikroklimе, buke i osvetljenja na stanje toplotnog komfora u radnoj sredini, upućuju na sledeće zaključke:

- Iz rezultata zavisnosti toplotnog komfora od temperature vazduha se uočava da na ukupnom uzorku i prema polu ispitanika postoji visoka korelacija, odnosno porastom temperature vazduha na sve tri razmatrane visine ispitivanja, ispitanici se osećaju toplije. Za stanje toplotnog komfora razmatranog uzorka ispitanika u radnoj sredini, rezultat „optimalne“ temperature vazduha a iznosi 23,01°C. Prema polu ispitanika, dobijeni su rezultati „optimalne“ temperature vazduha za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini. Regresionom jednačinom dobijena je „optimalna“ temperatura vazduha 22,96°C kod oba pola ispitanika. Iz rezultata ispitivanja može se zaključiti da je za stanje toplotnog komfora „optimalna“ temperatura vazduha ista kod oba pola ispitanika, a to je iz razloga što su ispitanici muškog pola bili izloženi većim brzinama strujanja vazduha.

- Rezultati zavisnosti toplotnog komfora od relativne vlažnosti vazduha ukazuju da na ukupnom uzorku, a tako i prema polu ispitanika postoji visoka korelacija, odnosno porastom relativne vlažnosti vazduha pri razmatranim uslovima, ispitanici se osećaju toplije, za sve tri visine ispitivanja. U radnoj sredini, za stanje toplotnog komfora razmatranog uzorka ispitanika, „optimalna“ vrednost relativne vlažnosti vazduha iznosi 32,34%. Prema polu ispitanika, rezultati „optimalne“ relativne vlažnosti vazduha za stanje toplotnog komfora su dobijeni kod muškaraca 31,14%, a kod žena 34,08% relativne vlažnosti vazduha. Iz dobijenih rezultata se može zaključiti da je za stanje toplotnog komfora neophodna veća relativna vlažnost vazduha kod ispitanika ženskog pola.
- Pri razmatranim uslovima, rezultati zavisnosti toplotnog komfora od brzine strujanja vazduha ukazuju da na ukupnom uzorku, a tako i prema polu ispitanika, porastom brzine strujanja vazduha ispitanici se osećaju toplije. Na razmatranom uzorku ispitanika, rezultati ukazuju da je „optimalna“ vrednost brzine strujanja vazduha u radnoj sredini 0,16 m/s. Pri razmatranim uslovima, dobijene su „optimalne“ brzine strujanja vazduha, kod ispitanika muškog pola 0,19 m/s, a kod ispitanika ženskog pola 0,16 m/s. Prikazani rezultati upućuju na zaključak da je za stanje toplotnog komfora neophodna veća brzina strujanja vazduha kod muškaraca u odnosu žene.
- Rezultati ispitivanja ukazuju da na razmatranom uzorku, a tako i prema polu ispitanika postoji visoka pozitivna korelacija između toplotnog komfora i toplotnog zračenja u radnoj sredini. Za stanje toplotnog komfora razmatranog uzorka dobijena je „optimalna“ vrednost temperature crnog globus termometra 24,14°C, a srednja temperatura zračenja 25,05°C. Prema polu ispitanika, dobijeni su rezultati toplotnog zračenja za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini. Kod ispitanika muškog pola „optimalna“ temperatura crnog globus termometra iznosi 24,08°C, a srednja temperatura zračenja 24,92°C. Kod ispitanika ženskog pola „optimalna“ temperatura crnog globus termometra je 24,07°C, a srednja temperatura zračenja 24,84°C. Dobijeni rezultati zavisnosti toplotnog komfora od toplotnog zračenja upućuju na zaključak da su dobijene približno jednake vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja za obezbeđenje toplotnog komfora kod ispitanika oba pola.
- Iz rezultata zavisnosti toplotnog komfora od intenziteta metabolizma razmatranog uzorka, kao i prema polu ispitanika, može se zaključiti da postoji rastući trend, odnosno porastom intenziteta metabolizma ispitanici se osećaju toplije. Rezultat „optimalnog“ intenziteta metabolizma iznosi 1,58 met. Rezultati se razlikuju prema polu ispitanika. Kod ispitanika muškog pola „optimalna“ vrednost iznosi 1,66 met, a kod ispitanika ženskog pola 1,54 met. Prikazani rezultati upućuju na zaključak da je intenzitet metabolizma veći kod muškaraca, tj. veće generisanje toplotne energije u stanju toplotnog komfora, u odnosu na žene.
- Odeća na razmatranom uzorku, a takođe i prema polu čoveka je u pozitivnoj korelaciji sa toplotnim osećajem, što znači da ima uticaj na stanje toplotnog komfora u radnoj sredini. Na razmatranom uzorku „optimalan“ rezultat izolacije odeće za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini približno iznosi 1,13 clo, kao i prema polu ispitanika.
- Rezultati zavisnosti toplotnog osećaja, odnosno toplotnog komfora od buke u radnoj sredini ukazuju da postoji pozitivna korelacija, odnosno povećanjem buke u intervalu od

69,00dB(A) do 98,00dB(A) čovek se oseća toplije. Regresionom analizom dobijena je „optimalna“ vrednost buke za stanje toplotnog komfora, a iznosi 80,66dB(A). Prema polu ispitanika, rezultati se razlikuju. Za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini, kod muškaraca „optimalan“ nivo buke je 80,20dB(A), a kod ispitanika ženskog pola 81,29dB(A). Upoređivanjem dobijenih rezultata uticaja temperature vazduha i nivoa buke na toplotni komfor u radnoj sredini, može se zaključiti da povećanje temperature vazduha za 1°C utiče na toplotni komfor kao povećanje nivoa buke za 1,58 dB(A). Prema polu ispitanika, upoređivanjem dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće: povećanje temperature vazduha za 1°C u radnoj sredini, ima uticaj na toplotni komfor kao povećanje buke za 1,08dB(A) kod ispitanika muškog pola, a kod ispitanika ženskog pola za 2,20dB(A).

- Rezultati zavisnosti toplotnog komfora od osvetljenja u radnoj sredini ukazuju da postoji rastući trend između toplotnog osećaja i osvetljenosti prema izvoru prirodnog, veštačkog i kombinovanog osvetljenja. Istraživanje je pokazalo da je za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini „optimalna“ osvetljenost 284,85 lx. Rezultati uticaja osvetljenosti na stanje toplotnog komfora ukazuju da postoje razlike kod muškaraca i žena. Dobijeni rezultati upućuju na zaključak da je kod ispitanika muškog pola za stanje toplotnog komfora u radnoj sredini, „optimalna“ osvetljenost 305,71 lx, a kod ispitanika ženskog pola 257,70 lx. Upoređivanjem dobijenih rezultata uticaja temperature vazduha i osvetljenosti na toplotni komfor u radnoj sredini, može se zaključiti sledeće: povećanje temperature vazduha za 1°C utiče na toplotni komfor kao povećanje osvetljenosti za 31,43 lx. Upoređivanjem uticaja temperature vazduha i osvetljenosti na toplotni komfor ispitanika muškog i ženskog pola, uočavaju se razlike. Povećanje temperature vazduha za 1°C, kod ispitanika muškog pola odgovara kao povećanje osvetljenosti za 54,44 lx, a kod ispitanika ženskog pola za 22,69 lx.

Dobijeni rezultati ispitivanjem i pomoću matematičkog modela pokazuju da toplotni komfor čoveka u radnoj sredini nije moguće potpuno obezbediti sa četiri parametra mikroklima i dva lična parametra čoveka. Rezultati istraživanja su pokazali da buka i osvetljenost imaju uticaj na čovekov toplotni osećaj, odnosno toplotni komfor u radnoj sredini.

Rezultati matematičkog modela (regresiona prava) su u dobroj saglasnosti sa dobijenim rezultatima ispitivanja parametara mikroklima, buke i osvetljenosti u radnoj sredini. Matematički model se može primeniti u objektima namenjenim za obavljanje procesa rada pri približno jednakim vrednostima atmosferskog pritiska, a u cilju optimizacije uticaja fizičkih uslova radne sredine na toplotni komfor čoveka.

Pravci budućih eksperimentalnih i teorijskih istraživanja treba da obuhvate istovremeni uticaj dve ili više promenljivih (parametara mikroklima, buke i osvetljenosti) na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini. Takođe, dalja istraživanja uticaja razmatranih parametara na toplotni komfor treba usmeriti i na druge grane industrije.

8. Literatura

- Agneš, K. & Kobilarov, R., 1995. *Termodinamika i molekulska fizika kroz računarske probleme*, Novi Sad: Stylos art.
- Arandelović, I., Mitrović, Z. & Stojanović, V., 2011. *Verovatnoća i statistika*, Beograd: Zavod za udžbenike.
- Arandelović, M. & Jovanović, J., 2009. *Medicina rada*, Niš: Medicinski fakultet.
- Atmaca, I., Kaynakli, O. & Yigit, A., 2007. Effects of radiant temperature on thermal comfort. *Building and Environment*, 42(9), pp.3210–3220.
- Atthajariyakul, S. & Lertsatittanakorn, C., 2008. Small fan assisted air conditioner for thermal comfort and energy saving in Thailand. *Energy Conversion and Management*, 49(10), pp.2499–2504. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890408002148>.
- Bader, M.E. & Mead, J., 1950. Individual differences in vascular responses and their relationship to cold tolerance. *Journal of applied physiology*, 2.11, pp.608–618.
- Belojević, G. et al., 2005. Gradska buka i arterijska hipertenzija. *Vojnosanit Pregl*, 62(6), pp.461–465.
- Belojević, G., 1985. The effect of noise on the secretion of ACTH, cortisol and catecholamines. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 36(4), pp.411–417.
- Belojević, G. et al., 2006. Urban noise and myocardial infarction in the population. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, 135(5–6), pp.367–370.
- Berglund, B., Lindvall, T. & Schwela, D., 1999. *Guidelines for community noise*, Geneva: World Health Organization.
- Beshir, M.Y. & Ramsey, J.D., 1988. Heat stress indices: A review paper. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 3(2), pp.89–102.
- Bies, D.A. & Hansen, C.H., 2009. *Engineering noise control: theory and practice* 4th ed., New York: Taylor & Francis. Available at: https://books.google.co.uk/books/about/Engineering_Noise_Control.html?id=v98PaeB8nQkC&pgis=1.
- Bluyssen, P.M., 2009. *The Indoor Environment Handbook: How to make buildings healthy and comfortable* First publ., Routledge.
- Du Bois, D. & Du Bois, E., 1916. Clinical calorimetry: tenth paper a formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*, 17(6_2), pp.863–871. Available at: <http://archinte.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archinte.1916.00080130010002>.
- Borsky, I. et al., 1993. Combined effect of physical strain, noise and hot environmental

- conditions on man. *Archives of Complex Environmental Studies*, 5(1–2), pp.75–83.
- Brager, G.S. & de Dear, R.J., 1998. Thermal Adaptation in the Built Environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27(1), pp.83–96.
- Brainard, G.C. et al., 2001. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 21(16), pp.6405–6412. Available at: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi?dbfrom=pubmed%7B&%7Ddid=11487664%7B&%7Dretmode=ref%7B&%7Dcmd=prlinks>.
- Cajochen, C., Krauchi, K. & Wirz-Justice, A., 2003. Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. *Journal of neuroendocrinology*, 15(4), pp.432–437.
- Candas, V. & Dufour, A., 2005. Thermal Comfort : Multisensory Interactions? *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 24(1), pp.33–36.
- Cardinal, D.P. & Pevet, P., 1998. Basic aspects of melatonin action. *Sleep Medicine Reviews*, 2(3), pp.175–190.
- Cena, K. & Clark, J.A., 1981. *Bioengineering, thermal physiology and comfort*, Elsevier.
- Cena, K. & De Dear, R., 2001. Thermal comfort and behavioural strategies in office buildings located in a hot-arid climate. *Journal of Thermal Biology*, 26(4–5), pp.409–414.
- Chang, A.-M., Scheer, F.A.J.L. & Czeisler, C.A., 2011. The human circadian system adapts to prior photic history. *The Journal of Physiology*, 589(5), pp.1095–1102. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.2010.201194>.
- Cheong, K.W.D. et al., 2007. Local thermal sensation and comfort study in a field environment chamber served by displacement ventilation system in the tropics. *Building and Environment*, 42(2), pp.525–533.
- Chow, T.T. et al., 2010. Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Building and Environment*, 45(10), pp.2177–2183. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.016>.
- Clausen, G. et al., 1993. A comparative study of discomfort caused by indoor air pollution thermal load and noise. *Indoor Air*, 3, pp.255–262.
- Corgnati, S.P., Filippi, M. & Viazzo, S., 2007. Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. *Building and Environment*, 42(2), pp.951–959. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036013230500449X>.
- Ćosić, I., Simeunović, N. & Bojić, Ž., 2015. *Studija rada*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
- Ćosić, I.P. & Miletić, L.Z., 1996. *Nauka o radu*, Novi Sad: Viša poslovna škola.

- Cvetković, D. & Praščević, M., 2005. *Buka i vibracije*, Niš: Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu.
- Deacon, S., English, J. & Arendt, J., 1994. Acute phase-shifting effects of melatonin associated with suppression of core body temperature in humans. *Neuroscience Letters*, 178, pp.32–34.
- Dear, R.J. De & G.S. Brager, 2002. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revision to ASHRAE standards 55., *Energy and Buildings*, 34, pp.549–561.
- Dijk, D.J. et al., 1995. Light treatment for sleep disorders: consensus report. *Journal of Biological Rhythms*, 10, pp.113–125.
- Dijk, D.J. et al., 1997. Variation of electroencephalographic activity during non-rapid eye movement and rapid eye movement sleep with phase of circadian melatonin rhythm in humans. *Journal of Physiology*, 505(3), pp.851–858.
- Djongyang, N., Tchinda, R. & Njomo, D., 2010. Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), pp.2626–2640.
- Dukić, D., 1998. *Klimatologija*, Beograd: Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet.
- Đurić, B. & Ćulum, Ž., 1971. *Fizika II deo, Talasno kretanje zvuk i toplota*, Beograd: Naučna Knjiga.
- Đurić, B. & Ćulum, Ž., 1966. *Fizika IV deo, Optika*, Beograd: Naučna Knjiga.
- Ealiwa, M.A. et al., 2001. Investigation into thermal comfort in the summer season of Ghadames, Libya. *Building and Environment*, 36(2), pp.231–237.
- Epstein, Y. & Moran, D.S., 2006. Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial health*, 44(3), pp.388–398.
- Falchi, F. et al., 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*, 92(10), pp.2714–2722. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030147971100226X>.
- Fanger, P.O., 1970. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*, Copenhagen: Danish technical press.
- Fanger, P.O., Breum, N. & Jerking, E., 1977. Can colour and noise influence man's thermal comfort. *Ergonomics*, 20.1, pp.11–18.
- Frontczak, M. & Wargocki, P., 2011. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), pp.922–937. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003136>.
- Fuller, S. & Bulkeley, H., 2013. Changing countries, changing climates: Achieving thermal comfort through adaptation in everyday activities. *Area*, 45(1), pp.63–69.
- Ganić, E., 2005. *Prijenos toplote, mase i količine kretanja*, Sarajevo: Svjetlost.

- Gilbert, S.S., Cameron, Heuvel, J. & Dawson, D., 1999. Daytime melatonin and temazepam in young adult humans: equivalent effects on sleep latency and body temperatures. *The Journal of physiology*, 514.3, pp.905–14. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2269113&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- Givoni, B., 1998. *Climate considerations in building and urban design*, John Wiley & Sons.
- Gunnarsen, L. & Santos, A., 1998. Relative importance of temperature, draft, noise and windows area in office. In *European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings*. Lyon, pp. 862–867.
- Guyton, A.C. & Hall, E.J., 2008. *Medicinska fiziologija*, Beograd: Savremena administracija.
- Guyton M.D., A.C., 1969. *Medicinska Fiziologija* 3rd ed., Beograd-Zagreb: Medicinska knjiga.
- Hadžić, O. & Nikolić, D., 1987. *Verovatnoća i matematička statistika*, Novi Sad: Zavod za izdavanje užbenika.
- Hancock, P.A. & Pierce, J.O., 1985. Combined effects of heat and noise on human performance: a review. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 46(10), pp.555–566.
- Hardy, B.J.D. & Muschenheim, C., 1934. The radiation of heat from the human body. IV. The emission, reflection, and transmission of infra-red radiation by the human skin. *Journal of Clinical Investigation*, 13(5), pp.817–830.
- Havenith, G., Holme, I. & Parsons, K., 2002. Personal factors in thermal comfort assessment : clothing properties and metabolic heat production. , 34, pp.581–591.
- Heinecker, R. & Eberhard, K., 1959. Individuelle Unterschiede in der Reaktion von Kreislauf und Gasstoffwechsel auf dosierte Belastungen Cold Pressor Test, Flickerlicht, Lärm, körperliche Arbeit. *Archiv für Kreislaufforschung*, 30(1), pp.1–103.
- Hoof, J.V., 2008. Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? *Indoor Air*, 18(3), pp.182–201.
- Huang, L. et al., 2012. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Building and Environment*, 49, pp.304–309. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132311002368>.
- Incropera, F.P. et al., 2011. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* 6th ed., John Wiley & Sons. Available at: <http://www.google.com/patents?hl=en&lr=&vid=USPAT5328671&id=rb8lAAAAEBAJ&oi=fnd&dq=Heat+and+Mass+Transfer&printsec=abstract%5Cnhttp://www.google.com/patents?hl=en&lr=&vid=USPAT5328671&id=rb8lAAAAEBAJ&oi=fnd&dq=Heat+and+mass+transfer&printsec=abstract%5Cn>.

- Indraganti, M. & Rao, K.D., 2010. Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: A field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. *Energy and Buildings*, 42(3), pp.273–281. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778809002175>.
- Ishibashi, K. et al., 2010. Thermoregulatory effect in humans of suppressed endogenous melatonin by pre-sleep bright-light exposure in a cold environment. *Chronobiology international*, 27(4), pp.782–806.
- Ismail, A.R. et al., 2009. Thermal Comfort Assessment: A Case Study at Malaysian Automotive Industry. *American Journal of Applied Sciences*, 6(8), pp.1495–1501.
- ISO 10551, 1995. *Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales* 1st ed., Geneva: International Standards Organization.
- ISO 7243, 1989. *Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)* 2nd ed., Geneva: International Standards Organization.
- ISO 7726, 1998. *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities* 2nd ed., Geneva: International Standards Organization.
- ISO 7730, 2005. *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria* 3rd ed., Geneva: International Standards Organization.
- ISO 7933, 2004. *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain* 2nd ed., Geneva: International Standards Organization.
- ISO 8996, 2004. *Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate* 2nd ed., Geneva: International Standards Organization.
- ISO 9920, 2007. *Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble* 2nd ed., Geneva: International Standards Organization.
- Ivanović, D. & Vučić, V., 1991. *Fizika 2, Elektromagnetika i optika*, Beograd: Naučna Knjiga.
- Ivanović, J.Š., 2000. *Predškolske ustanove i komfor*, Beograd: Zadužbina Andrejević.
- James P., C., 2016. *The effects of sound on people* 1st ed., John Wiley & Sons, Ltd.
- Jansen, G., 1966. Psychomatische Wirkungen des Lärms. *Mitteilungen aus der Max PlanckGesellschaft*, 5, pp.293–309.
- Jocić, N., 2008. *Vodič za procenu i upravljanje rizikom: bezbednost i zdravlje na radu*, Petrovaradin: Futura.
- Juslén, H. & Tenner, A., 2005. Mechanisms involved in enhancing human performance by

- changing the lighting in the industrial workplace. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(9), pp.843–855.
- Kaczmarska, A. & Łuczak, A., 2007. A study of annoyance caused by low-frequency noise during mental work. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE*, 13(2), pp.117–125.
- Karimi, G., Chan, E.C. & Culham, J.R., 2004. Thermal modeling of driver/seat interfaces in automotive applications. *SAE Technical Paper*.
- Karjalainen, S., 2012. Thermal comfort and gender: a literature review. *Indoor Air*, 22(2), pp.96–109. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0668.2011.00747.x>.
- Katafygiotou, M.C. & Serghides, D.K., 2014. Thermal comfort of a typical secondary school building in Cyprus. *Sustainable Cities and Society*, 13, pp.303–312. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2014.03.004>.
- Kekäläinen, P. et al., 2010. Effect of reduced summer indoor temperature on symptoms, perceived work environment and productivity in office work. *Intelligent Buildings International*, 2(4), pp.251–266.
- Kim, H. & Tokura, H., 2000. Influence of light intensities on dressing behavior in elderly people. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 19(1), pp.13–19. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033649225&partnerID=40&md5=93949def926f2e46a547d8f2f2428b7f>.
- Kim, H.E. & Tokura, H., 2007. Influence of two different light intensities from 16:00 to 20:30 hours on evening dressing behavior in the cold. *Collegium Antropologicum*, 31(1), pp.145–151.
- Kim, J. et al., 2013. Gender differences in office occupant perception of indoor environmental quality (IEQ). *Building and Environment*, 70, pp.245–256.
- Kimura, K. & Tanabe, S., 1993. Recommended air velocity against combinations of temperature and humidity for sedentary occupants in summer clothing. In *Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate—Indoor Air'93*.
- Koradecka, D. et al., 2010. A comparative study of objective and subjective assessment of occupational risk. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE*, 16(1), pp.3–22.
- Kostić, M., 2000. *Vodič kroz svet tehnike osvetljenja*, Beograd: Minel-Schrender.
- Kralikova, R., Sokolova, H. & Wessely, E., 2014. Thermal Environment Evaluation According to Indices in Industrial Workplaces. *Procedia Engineering*, 69, pp.158–167. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814002185>.
- Kulve, M. et al., 2015. The influence of light on thermal responses. *Acta Physiologica*, pp.1–23. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/apha.12552>.

- Lan, L. et al., 2008. Investigation of gender difference in thermal comfort for Chinese people. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), pp.471–480.
- LeGates, T., Fernandez, D.C. & Hattar, S., 2014. Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect. *Nature reviews. Neuroscience*, 15(7), pp.443–54.
- Leites, G.T. et al., 2013. Responses of obese and lean girls exercising under heat and thermoneutral conditions. *Journal of Pediatrics*, 162(5), pp.1054–1060. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.10.047>.
- Malama, A. & Sharples, S., 1997. Thermal performance of traditional and contemporary housing in the cool season of Zambia. *Building and Environment*, 32(96), pp.69–78.
- Marjanović, M., Mihailović, I. & Spasić, K., 2016. *Statistika u ekonomiji i poslovanju sa zbirkom rešenih zadataka*, Leskovac: Viša poslovna škola strukovnih studija.
- Mikov, M.I. & Mikov, I.M., 2007. *Medicina rada: udžbenik za studente medicine* 6th ed., Novi Sad: Ortomedics.
- Milosavljević, M., 1990. *Meteorologija* 14th ed., Beograd: Naučna knjiga.
- Moujalled, B., Cantin, R. & Guarracino, G., 2008. Comparison of thermal comfort algorithms in naturally ventilated office buildings. *Energy and Buildings*, 40(12), pp.2215–2223.
- Mušicki, Đ., 1987. *Uvod u teorijsku fiziku i teorijska mehanika*, Beograd: Univerzitet u Beogradu.
- Myers, B.L. & Badia, P., 1993. Immediate effects of different light intensities on body temperature and alertness. *Physiology & Behavior*, 54(1), pp.199–202.
- Nagano, K. & Horikoshi, T., 2005. New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. *Energy and Buildings*, 37(3), pp.287–294.
- Nematchoua, M.K., Tchinda, R. & Orosa, J.A., 2014. Adaptation and comparative study of thermal comfort in naturally ventilated classrooms and buildings in the wet tropical zones. *Energy and Buildings*, 85, pp.321–328. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.029>.
- Obradović, S. & Sentić, M., 1967. *Osnovi statističke analize* 4th ed., Beograd: Naučna knjiga.
- Olesen, B.W., 1982. Thermal comfort. *Technical review*, 2, pp.3–37.
- Van Ooijen, A.M.J. et al., 2005. Cold-induced heat production preceding shivering. *The British journal of nutrition*, 93(3), pp.387–391. Available at: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=med5&NEWS=N&AN=15877879>.
- Parsons, K., 2003. *Human thermal environments* 2nd ed., London and New York: Taylor & Francis.

- Parsons, K., 2014. *Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance* 3rd ed., New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Parsons, K.C., 2000. Environmental ergonomics: A review of principles, methods and models. *Applied Ergonomics*, 31(6), pp.581–594.
- Pellerin, N. & Candas, V., 2003. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. *Physiology & Behavior*, 78(1), pp.99–106. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031938402009563>.
- Pellerin, N. & Candas, V., 2004. Effects of steady-state noise and temperature conditions on environmental perception and acceptability. *Indoor Air*, 14(2), pp.129–136. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1600-0668.2003.00221.x>.
- Petrović, D., 1979. *Električno osvetljenje*, Beograd: Tehnička knjiga.
- Plaznić, S., 1985. *Tehnička meteorologija*, Beograd: Naučna knjiga.
- Pritchett, D. et al., 2012. Evaluating the links between schizophrenia and sleep and circadian rhythm disruption. *Journal of neural transmission*, 119(10), pp.1061–1075. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00702-012-0817-8>.
- Recknagel, H. & Sprenger, E., 1984. *Grejanje i klimatizacija*, Beograd: IRO “Građevinska knjiga.”
- Refinetti, R. & Menaker, M., 1992. The circadian rhythm of body temperature. *Physiology & Behavior*, 51(3), pp.613–37. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1523238>.
- RHMZ, 2015. *Podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije*, Beograd. Available at: <http://www.hidmet.gov.rs/>.
- Rupp, R.F., Vásquez, N.G. & Lamberts, R., 2015. A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy and Buildings*, 105, pp.178–205. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815301638>.
- Ružić, D., 2013. *Optimizacija sistema za klimatizaciju kabine motornog vozila*, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- Satarić, M., 1997. *Fizika termodinamika i talasno kretanje*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
- Schellen, L. et al., 2010. Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. *Indoor Air*, 20(4), pp.273–83.
- Schellen, L. et al., 2012. The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions - Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling. *Physiology and Behavior*, 107(2), pp.252–261. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.07.008>.

- Schweiker, S. et al., 2013. Explaining the individual processes leading to adaptive comfort: Exploring physiological, behavioural and psychological reactions to thermal stimuli. *Journal of Building Physics*, 36(4), pp.438–463. Available at: <http://ucd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwjV1Nb9NAEF0hTiDEN9SFSnugByRS2fu93KqKCIF6QEGIm7XetaVKNLUaR-oP4Qd3xnZCCGQa5ea39q7X49I5zsxbxqQ4ySdbPqGSjZfONLDg1bHxWoloC21IY5uUpz5f9ss3c3ruf87k7I9qztYf-qiUBBE0mBm8okJZ6RWWlxdAxcGSZ9OvKx8s8RUeSiHVBfV>.
- Simurdić, M., 2010. *Klimatske promene, studije i analize*, Beograd: Evropski pokret u Srbiji.
- Sl. glasnik RS br.21/09, 2009. *Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu*, Beograd: Službeni glasnik, Republika Srbija.
- Sl. glasnik RS br.91/15, S. glasnik R. br. 101/05 i, 2015. *Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu*, Beograd: Službeni glasnik, Republika Srbija.
- Sl. glasnik RS br. 96/11, S. glasnik R. br. 78/1., 2011. *Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju buci*, Beograd: Službeni glasnik, Republika Srbija.
- Sl. glasnik SFRJ br.21/92, 1992. *Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim postrojenjima*, Beograd: Službeni glasnik, Republika Srbija.
- SRPS.U.C9.100, 1963. *Illumination of building rooms by daylight and electrical light*, Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- Taleghani, M. et al., 2013. A review into thermal comfort in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, pp.201–215. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.050>.
- Tanabe, S. et al., 2009. The effect of indoor thermal environment on productivity by a year-long survey of a call centre. *Intelligent Buildings International*, 1(3), pp.184–194.
- Tanabe, S. et al., 2013. Thermal comfort and productivity in offices under mandatory electricity savings after the Great East Japan earthquake. *Architectural Science Review*, 56(1), pp.4–13.
- Tanabe, S. & Kimura, K., 1989. Thermal comfort requirements under hot and humid conditions. In *Proceedings of the First ASHRAE far East Conference on Air Conditioning in Hot Climates*. Singapore, Atlanta, Georgia: ASHRAE, pp. 3–21.
- Tanabe, S., Kimura, K. & Hara, T., 1987. Thermal comfort requirements during the summer season in Japan. *ASHRAE transactions*, 93, pp.564–577. Available at: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=7762892>.
- Tarcan, E., Sait Varol, E. & Ates, M., 2004. A qualitative study of facilities and their environmental performance. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 15(2), pp.154–173. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/14777830410523099>.

- Teramoto, Y. et al., 1996. Effects of different light intensities during the forenoon on the afternoon thermal sensation in the mild cold. *J Therm Biol* 21, 21, pp.339–343.
- Thapan, K., Arendt, J. & Skene, D.J., 2001. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *The Journal of physiology*, 535(1), pp.261–267. Available at: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi?dbfrom=pubmed%7B&%7Ddid=11507175%7B&%7Dretmode=ref%7B&%7Dcmd=prlinks>.
- Todorović, B., 2005. *Klimatizacija* 2nd ed., Beograd: Savez mašinskih inženjera i tehničara Srbije-SMEITS.
- Toftum, J., 2004. Air movement-good or bad? *Indoor Air*, 14(S1 7), pp.40–45. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22396505> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15330770>.
- Various, 2004. Encyclopaedia Britannica. *Britanica*, 2. Available at: http://www.gutenberg.org/files/13600/13600-h/13600-h.htm#Footnote_49_49.
- Voronjec, D. & Kozić, Đ., 1980. *Vlažan vazduh, termodinamičke osobine i primena*, Beograd: Savez mašinskih inženjera i tehničara Srbije-SMEITS.
- Wang, H. et al., 2010. Experimental study of human thermal sensation under hypobaric conditions in winter clothes. *Energy and Buildings*, 42(11), pp.2044–2048.
- Wang, Z. et al., 2014. Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin. *Energy and Buildings*, 77, pp.192–196. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.054>.
- Weinert, D. & Waterhouse, J., 2007. The circadian rhythm of core temperature: Effects of physical activity and aging. *Physiology & Behavior*, 90(2–3), pp.246–256. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S003193840600388X>.
- Wong, N.H. et al., 2002. Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. *Building and Environment*, 37, pp.1267–1277.
- Yang, W. & Zhang, G., 2009. Air movement preferences observed in naturally ventilated buildings in humid subtropical climate zone in China. *International Journal of Biometeorology*, 53(6), pp.563–573. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00484-009-0246-z>.
- Yu, J. et al., 2013. People who live in a cold climate: thermal adaptation differences based on availability of heating. *Indoor Air*, 23(4), pp.303–310.
- Zhang, H., 2003. *Human thermal sensation and comfort in transient and non-uniform thermal environments*, Center for the built environment. Available at: <http://www.cbe.berkeley.edu/research/commissioning.htm>.

9. Prilozi

Prilog 1. Upitnik

Naziv preduzeća: _____; Oznaka merenog mesta: _____.

Istraživanje uticaja parametara mikroklimе, buke i osvetljenja na toplotni komfor čoveka u radnoj sredini.

A. Osnovni podaci (Molimo Vas da zaokružite jedan od ponuđenih odgovora)

A.2. Pol ispitanika:

1) M

2) Ž

A.5. Vaše radno mesto je: 1) Kancelarijski rad 2) Rad u proizvodnji 3) Kombinovano 4) _____

Drugo: _____.

A.3. Upišite koliko imate godina: _____.

A.4. Koliko dugo godina ste zaposleni u ovoj organizaciji-firmi: 1) 0-2 2) 2-5 3) 5-10 4) 10-20 5) 20 i više

A.9. Koliko sati nedeljno provodite u Vašem radnom prostoru:

1) Manje od 8h 2) od 8 do 16h 3) Puna radna nedelja: 40h

A.1. Vaše obrazovanje : 1) Fakultet 2) Viša škola 3) Srednja škola 4) Osnovna škola

B.1. Na kom spratu se nalazi Vaše radno mesto: 1) Prizemlje 2) Prvi sprat 3) Drugi sprat 4) Više

B.2. Da li postoji prozor ili otvor za provetravanje do 2 m u blizini Vašeg radnog mesta? 1) Da 2) Ne

B.5. Vaš rad podrazumeva: 1) Sedenje 2) Hodanje 3) Stajanje 4) Kombinovano

C.7. Na mom radnom mestu osvetljenje je: 1) Prirodno; 2) Veštačko 3) Kombinovano

Mikroklimatski uslovi (Molimo Vas da zaokružite jedan od ponuđenih odgovora)

B.4. Temperatura vazduha na radnom mestu za Vas je: 1) Prihvatljiva 2) Nije prihvatljiva

B.6. Temperatura vazduha na mom radnom mestu želim da bude: 1) Hladnija 2) Bez promene 3) Toplija

B.13. Kolika je temperatura vazduha po Vašem osećaju: _____ °C

B.11. Procenite vlažnost vazduha u ovom trenutku:

Veoma suv	Blago suv	Prijatan	Blago vlažan	Veoma vlažan
1	2	3	4	5

B.8. Želim da bude: 1) Manje kretanja vazduha 2) Bez promene 3) Više kretanja vazduha

B.10. Procenite brzinu strujanja vazduha u vašoj radnoj sredini:

Veoma neprihvatljivo	Umereno neprihvatljivo	Blago neprihvatljivo	Prihvatljivo	Blago prihvatljivo	Umereno prihvatljivo	Veoma prihvatljivo
1	2	3	4	5	6	7

B.3. Kako se osećate u toplotnom smislu, ocenite toplotni komfor?

Veoma Hladno	Hladno	Malo prohladno	Neutralno prijatno	Malo toplo	Toplo	Veoma toplo
-3	-2	-1	0	1	2	3

B.9. Procena intenziteta metabolizma: _____,

Procena toplotne izolacije odeće: _____.

B. Ocenite nivo buke na radnom mestu:

Veoma tiho	Tiho	Malo tiho	Prihvatljivo	Malo bučno	Bučno	Veoma bučno
1	2	3	4	5	6	7

C. Dok razgovarate sa kolegama, da li imate potrebu da povisite ton da bi Vas kolege razumele šta pričate?

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

D. Izloženi ste povišenom nivou buke na radnom mestu?

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

E. Koliko često osećate zujanje u ušima nakon završenog posla?

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

Ocenite osvetljenost na radnom mestu:

Veoma svetlo	Svetlo	Malo svetlo	Prihvatljivo	Malo mračno	Mračno	Veoma mračno
1	2	3	4	5	6	7

C.1 Da li postoji dovoljno osvetljenosti za obavljanje radnih zadataka?

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

C.2 Osvetljenost je prijatna tokom radnog vremena?

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

C.3 Postojeća boja osvetljenosti mi omogućava da uradim sve zadatke

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

C.4 Osećam naprezanje očiju dok radim uobičajene zadatke

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

C.5 U toku radnog vremena osećam da osvetljenje treperi

Nikada	Gotovo nikada	1/4 radnog vremena	1/2 radnog vremena	Oko 3/4 vremena	Skoro svo vreme	Uvek
1	2	3	4	5	6	7

Prilog 2. Proračun srednje temperature zračenja

Naziv preduzeća: Preduzeće 1

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
1	19,50	18,50	0,13	20,21
2	19,50	18,50	0,13	20,21
3	19,50	18,50	0,13	20,21
4	19,50	18,50	0,13	20,21
5	19,50	18,50	0,13	20,21
6	19,50	18,50	0,13	20,21
7	17,10	15,50	0,27	18,95
8	17,40	15,80	0,16	18,73
9	17,40	15,80	0,16	18,73
10	17,60	16,40	0,19	18,70
11	17,60	16,40	0,19	18,70
12	19,50	19,40	0,07	19,55
13	19,50	19,40	0,07	19,55
14	19,50	19,40	0,07	19,55
15	20,10	19,70	0,15	20,42
16	20,10	19,70	0,15	20,42
17	20,10	19,70	0,15	20,42
18	20,10	19,70	0,15	20,42
19	20,10	19,70	0,15	20,42
20	20,10	19,70	0,15	20,42
21	20,10	19,70	0,15	20,42
22	20,20	19,70	0,06	20,42
23	20,20	19,70	0,06	20,42
24	20,20	19,70	0,06	20,42
25	20,20	19,70	0,06	20,42
26	22,20	19,50	0,09	23,68
27	22,20	19,50	0,09	23,68
28	22,20	19,50	0,09	23,68
29	22,20	19,50	0,09	23,68
30	20,00	18,90	0,15	20,87
31	20,00	18,90	0,15	20,87
32	20,00	18,90	0,15	20,87
33	20,00	18,90	0,15	20,87
34	20,00	18,90	0,15	20,87
35	20,00	18,90	0,15	20,87
36	20,00	18,90	0,15	20,87
37	20,00	18,90	0,15	20,87
38	20,00	18,90	0,15	20,87

Naziv preduzeća: Preduzeće 1-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
39	20,00	18,90	0,15	20,87
40	20,00	18,90	0,15	20,87
41	20,00	18,90	0,15	20,87
42	20,00	18,90	0,15	20,87
43	20,00	18,90	0,15	20,87
44	20,00	18,90	0,15	20,87
45	20,00	18,90	0,15	20,87
46	20,00	18,90	0,15	20,87
47	20,80	19,80	0,14	21,55
48	20,80	19,80	0,14	21,55
49	20,80	19,80	0,14	21,55
50	20,80	19,80	0,14	21,55
51	20,80	19,80	0,14	21,55
52	20,80	19,80	0,14	21,55
53	20,70	20,00	0,13	21,19
54	20,70	20,00	0,13	21,19
55	20,70	20,00	0,13	21,19
56	21,00	20,20	0,10	21,48
57	21,00	20,20	0,10	21,48
58	21,00	20,20	0,10	21,48
59	21,00	20,20	0,10	21,48
60	21,00	20,20	0,10	21,48
61	21,00	20,20	0,10	21,48
62	21,00	20,20	0,10	21,48
63	21,00	20,20	0,10	21,48
64	21,00	20,20	0,10	21,48
65	21,00	20,30	0,13	21,50
66	21,00	20,30	0,13	21,50
67	21,00	20,30	0,13	21,50
68	21,50	20,60	0,10	22,05
69	22,90	19,90	0,08	24,42
70	22,90	19,90	0,08	24,42

Naziv preduzeća: Preduzeće 2

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
1	25,20	23,50	0,23	26,82
2	25,20	23,50	0,23	26,82
3	25,20	23,50	0,23	26,82
4	26,20	24,70	0,23	27,64
5	26,20	24,70	0,23	27,64
6	26,20	24,70	0,23	27,64
7	26,20	24,70	0,23	27,64
8	26,20	24,70	0,23	27,64
9	25,20	24,50	0,13	25,67
10	25,50	25,70	0,13	25,36
11	26,50	24,30	0,23	28,57
12	25,30	22,00	0,23	28,43
13	25,30	22,00	0,23	28,43
14	24,00	22,80	0,22	25,15
15	24,00	22,80	0,22	25,15
16	26,20	25,90	0,11	26,39
17	25,80	25,00	0,14	26,37
18	25,80	25,00	0,14	26,37
19	25,80	25,00	0,14	26,37
20	25,80	25,00	0,14	26,37
21	25,80	25,00	0,14	26,37
22	25,80	25,00	0,14	26,37
23	25,80	25,00	0,14	26,37
24	25,80	25,00	0,14	26,37
25	25,80	25,00	0,14	26,37
26	26,00	25,60	0,13	26,27
27	26,00	25,60	0,13	26,27
28	26,00	25,60	0,13	26,27
29	26,00	25,10	0,23	26,86
30	26,00	25,10	0,23	26,86
31	26,00	25,10	0,23	26,86
32	23,80	22,10	0,15	25,09
33	23,70	23,40	0,14	23,92
34	23,70	23,40	0,14	23,92
35	23,70	23,40	0,14	23,92
36	23,70	23,40	0,14	23,92
37	23,70	23,40	0,14	23,92
38	23,70	23,40	0,14	23,92
39	23,70	23,40	0,14	23,92
40	23,70	23,40	0,14	23,92

Naziv preduzeća: Preduzeće 2-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
41	23,70	23,40	0,14	23,92
42	23,70	23,40	0,14	23,92
43	23,70	23,20	0,18	24,12
44	23,70	23,20	0,18	24,12
45	23,70	23,20	0,18	24,12
46	23,70	23,20	0,18	24,12
47	23,70	23,20	0,18	24,12
48	23,70	23,20	0,18	24,12
49	23,70	23,20	0,18	24,12
50	23,70	23,20	0,18	24,12
51	23,70	23,20	0,18	24,12
52	23,70	23,20	0,18	24,12
53	23,70	23,20	0,18	24,12
54	23,70	23,20	0,18	24,12
55	23,70	23,20	0,18	24,12
56	23,70	23,20	0,18	24,12
57	23,70	23,20	0,18	24,12
58	23,20	23,00	0,15	23,35
59	23,20	23,00	0,15	23,35
60	23,20	23,00	0,15	23,35
61	23,20	23,00	0,15	23,35
62	23,20	23,00	0,15	23,35
63	23,20	23,00	0,15	23,35
64	23,20	23,00	0,15	23,35
65	23,20	23,00	0,15	23,35
66	23,20	23,00	0,15	23,35
67	23,20	23,00	0,15	23,35
68	23,20	23,00	0,15	23,35
69	23,20	23,00	0,15	23,35
70	23,20	23,00	0,15	23,35
71	23,20	23,10	0,14	23,27
72	23,20	23,10	0,14	23,27
73	23,20	23,10	0,14	23,27
74	23,20	23,10	0,14	23,27
75	23,20	23,10	0,14	23,27
76	23,20	23,10	0,14	23,27
77	23,50	23,40	0,10	23,56
78	23,50	23,40	0,10	23,56
79	23,50	23,40	0,10	23,56
80	23,50	23,40	0,10	23,56

Naziv preduzeća: Preduzeće 2-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
81	23,50	23,40	0,11	23,56
82	23,60	23,40	0,12	23,73
83	23,60	23,40	0,12	23,73
84	23,60	23,40	0,12	23,73
85	23,60	23,30	0,09	23,77
86	23,60	23,30	0,09	23,77
87	23,20	23,20	0,10	23,20
88	23,20	23,20	0,10	23,20
89	23,20	23,20	0,10	23,20
90	23,20	23,20	0,10	23,20

Naziv preduzeća: Preduzeće 3

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
1	24,20	23,90	0,31	24,55
2	24,20	23,90	0,31	24,55
3	24,20	23,90	0,31	24,55
4	24,40	23,80	0,15	24,85
5	24,40	23,80	0,15	24,85
6	24,40	23,80	0,15	24,85
7	24,40	23,80	0,15	24,85
8	24,50	23,70	0,21	25,24
9	24,50	23,70	0,21	25,24
10	24,50	23,70	0,21	25,24
11	24,50	23,70	0,21	25,24
12	24,50	23,70	0,21	25,24
13	24,50	23,70	0,21	25,24
14	24,80	24,30	0,17	25,21
15	24,80	24,30	0,17	25,21
16	24,90	24,00	0,22	25,75
17	24,90	24,00	0,22	25,75
18	25,30	25,20	0,35	25,43
19	25,30	25,20	0,35	25,43
20	25,30	25,20	0,35	25,43
21	25,40	25,00	0,24	25,80
22	25,40	25,00	0,24	25,80
23	25,40	25,00	0,24	25,80
24	25,40	25,00	0,24	25,80
25	25,40	25,00	0,24	25,80
26	25,20	24,40	0,08	25,60
27	25,20	24,40	0,08	25,60
28	25,20	24,40	0,08	25,60
29	25,20	24,40	0,08	25,60
30	25,20	24,40	0,08	25,60
31	25,20	24,40	0,08	25,60
32	25,20	24,40	0,08	25,60
33	24,20	23,90	0,23	24,49
34	24,20	23,90	0,23	24,49
35	24,20	23,90	0,23	24,49
36	24,20	23,90	0,23	24,49
37	24,20	23,90	0,23	24,49
38	24,20	23,90	0,23	24,49
39	24,20	23,90	0,23	24,49
40	24,00	23,40	0,30	24,69

Naziv preduzeća: Preduzeće 3-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
41	24,00	23,40	0,30	24,69
42	24,00	23,40	0,30	24,69
43	24,00	23,40	0,30	24,69
44	24,00	23,40	0,30	24,69
45	24,00	23,40	0,30	24,69
46	24,00	23,40	0,30	24,69
47	24,00	23,40	0,30	24,69

Naziv preduzeća: Preduzeće 4

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
1	27,30	25,00	0,65	31,32
2	27,30	25,00	0,65	31,32
3	27,30	25,00	0,65	31,32
4	26,00	25,00	0,13	26,69
5	26,00	25,00	0,13	26,69
6	26,00	25,00	0,13	26,69
7	26,00	25,00	0,13	26,69
8	25,10	24,10	0,16	25,87
9	25,10	24,10	0,16	25,87
10	25,10	24,10	0,16	25,87
11	31,40	24,60	0,23	37,46
12	31,40	24,60	0,23	37,46
13	31,40	24,60	0,23	37,46
14	31,40	24,60	0,23	37,46
15	29,20	29,10	0,12	29,26
16	29,20	29,10	0,12	29,26
17	26,00	25,10	0,17	26,72
18	26,00	25,10	0,17	26,72
19	26,00	25,10	0,17	26,72
20	25,50	24,70	0,15	26,10
21	25,50	24,70	0,15	26,10
22	25,50	24,70	0,15	26,10
23	25,50	24,70	0,15	26,10
24	25,50	25,00	0,18	25,91
25	25,50	25,00	0,18	25,91
26	25,50	25,00	0,18	25,91
27	25,20	24,40	0,29	26,09
28	25,20	24,40	0,29	26,09
29	25,20	24,40	0,29	26,09
30	25,20	24,40	0,29	26,09
31	25,20	24,40	0,29	26,09
32	25,20	24,40	0,29	26,09
33	25,20	24,40	0,29	26,09
34	25,50	25,00	0,25	26,01
35	25,50	25,00	0,25	26,01
36	25,50	25,00	0,25	26,01
37	25,50	25,00	0,25	26,01
38	25,50	25,00	0,25	26,01
39	25,40	24,70	0,35	26,27
40	25,40	24,70	0,35	26,27

Naziv preduzeća: Preduzeće 4-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
41	25,40	24,70	0,35	26,27
42	25,40	24,70	0,35	26,27
43	25,40	24,70	0,35	26,27
44	25,40	24,70	0,35	26,27
45	25,40	24,70	0,35	26,27
46	25,40	24,70	0,35	26,27
47	24,70	24,50	0,75	25,10
48	24,70	24,50	0,75	25,10
49	24,70	24,50	0,75	25,10
50	24,70	24,50	0,75	25,10
51	24,70	24,50	0,75	25,10
52	24,90	24,40	0,30	25,47
53	24,90	24,40	0,30	25,47
54	24,90	24,40	0,30	25,47
55	24,90	24,40	0,30	25,47
56	24,90	24,40	0,30	25,47
57	25,00	24,80	0,35	25,25
58	25,00	24,80	0,35	25,25
59	25,00	24,80	0,35	25,25
60	25,00	24,80	0,35	25,25
61	25,00	24,80	0,35	25,25
62	25,00	24,80	0,35	25,25
63	25,10	24,70	0,20	25,46

Naziv preduzeća: Preduzeće 5

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
1	33,60	30,10	0,20	36,45
2	33,60	30,10	0,20	36,45
3	30,30	29,00	0,10	31,03
4	28,80	26,60	0,13	30,23
5	28,80	26,60	0,13	30,23
6	27,90	26,60	0,10	28,65
7	29,60	28,00	0,20	30,96
8	29,60	28,00	0,20	30,96
9	29,60	28,00	0,20	30,96
10	29,60	28,00	0,20	30,96
11	29,60	28,00	0,20	30,96
12	29,70	28,90	0,30	30,57
13	29,70	28,90	0,30	30,57
14	29,70	28,90	0,30	30,57
15	29,70	28,90	0,30	30,57
16	29,70	28,90	0,30	30,57
17	29,70	28,90	0,30	30,57
18	25,30	22,80	0,19	27,42
19	25,30	22,80	0,19	27,42
20	25,30	22,80	0,19	27,42
21	25,30	22,80	0,19	27,42
22	25,30	22,80	0,19	27,42
23	25,30	22,80	0,19	27,42
24	25,30	22,80	0,19	27,42
25	25,30	22,80	0,19	27,42
26	25,30	22,80	0,19	27,42
27	25,30	22,80	0,19	27,42
28	23,40	22,00	0,20	24,67
29	23,40	22,00	0,20	24,67
30	23,40	22,00	0,20	24,67
31	23,40	22,00	0,20	24,67
32	23,40	22,00	0,20	24,67
33	23,40	22,00	0,20	24,67
34	23,40	22,00	0,20	24,67
35	23,40	22,00	0,20	24,67
36	23,40	22,00	0,20	24,67
37	23,40	22,00	0,20	24,67
38	23,40	22,00	0,20	24,67
39	23,40	22,00	0,20	24,67
40	23,40	22,00	0,20	24,67

Naziv preduzeća: Preduzeće 5-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
41	23,40	22,00	0,20	24,67
42	23,40	22,00	0,20	24,67
43	23,40	22,00	0,20	24,67
44	23,40	22,00	0,20	24,67
45	26,40	26,10	0,08	26,55
46	26,40	26,10	0,08	26,55
47	26,40	26,10	0,08	26,55
48	26,40	26,10	0,08	26,55
49	26,40	26,10	0,08	26,55
50	25,10	23,90	0,13	25,91
51	25,10	23,90	0,13	25,91
52	25,10	23,90	0,13	25,91
53	25,10	23,90	0,13	25,91
54	25,10	23,90	0,13	25,91
55	24,70	24,50	0,10	24,82
56	24,70	24,50	0,10	24,82
57	24,70	24,50	0,10	24,82
58	24,70	24,50	0,10	24,82
59	24,70	24,50	0,10	24,82

Naziv preduzeća: Preduzeće 6

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
1	31,60	30,40	0,18	32,53
2	31,60	30,40	0,18	32,53
3	31,60	30,40	0,18	32,53
4	31,60	30,40	0,18	32,53
5	31,60	30,40	0,18	32,53
6	31,60	30,40	0,18	32,53
7	31,60	30,40	0,18	32,53
8	31,60	30,40	0,18	32,53
9	31,60	30,40	0,18	32,53
10	31,60	30,40	0,18	32,53
11	31,60	30,40	0,18	32,53
12	31,60	30,40	0,18	32,53
13	30,10	27,10	0,13	32,02
14	30,10	27,10	0,13	32,02
15	30,10	27,10	0,13	32,02
16	30,10	27,10	0,13	32,02
17	30,10	27,10	0,13	32,02
18	30,10	27,10	0,13	32,02
19	30,10	27,10	0,13	32,02
20	30,10	27,10	0,13	32,02
21	30,10	27,10	0,13	32,02
22	30,10	27,10	0,13	32,02
23	30,10	27,10	0,13	32,02
24	30,10	27,10	0,13	32,02
25	30,10	27,10	0,13	32,02
26	30,10	27,10	0,13	32,02
27	30,10	27,10	0,13	32,02
28	30,10	27,10	0,13	32,02
29	28,00	25,40	0,14	29,78
30	28,00	25,40	0,14	29,78
31	28,00	25,40	0,14	29,78
32	28,00	25,40	0,14	29,78
33	28,00	25,40	0,14	29,78
34	28,00	25,40	0,14	29,78
35	28,00	25,40	0,14	29,78
36	28,00	25,40	0,14	29,78
37	28,00	25,40	0,14	29,78
38	28,00	25,40	0,14	29,78
39	28,00	25,40	0,14	29,78
40	28,00	25,40	0,14	29,78

Naziv preduzeća: Preduzeće 6-nastavak

Redni broj	Temperatura crnog globus termometra, °C	Temperatura vazduha, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Srednja temperatura zračenja, °C
41	28,00	25,40	0,14	29,78
42	28,00	25,40	0,14	29,78
43	28,00	25,40	0,14	29,78
44	28,00	25,40	0,14	29,78
45	28,00	25,40	0,14	29,78
46	28,00	25,40	0,14	29,78
47	28,00	25,40	0,14	29,78
48	25,70	23,80	0,10	26,81
49	25,70	23,80	0,10	26,81
50	25,70	23,80	0,10	26,81
51	25,70	23,80	0,10	26,81
52	25,70	23,80	0,10	26,81
53	25,70	23,80	0,10	26,81
54	25,70	23,80	0,10	26,81
55	25,70	23,80	0,10	26,81
56	25,70	23,80	0,10	26,81
57	25,70	23,80	0,10	26,81
58	25,70	23,80	0,10	26,81
59	25,70	23,80	0,10	26,81
60	27,50	26,90	0,14	27,92
61	27,50	26,90	0,14	27,92
62	27,50	26,90	0,14	27,92
63	27,50	26,90	0,14	27,92
64	27,50	26,90	0,14	27,92
65	27,50	26,90	0,14	27,92
66	27,50	26,90	0,14	27,92
67	27,50	26,90	0,14	27,92
68	27,50	26,90	0,14	27,92
69	27,50	26,90	0,14	27,92
70	27,50	26,90	0,14	27,92
71	27,50	26,90	0,14	27,92
72	27,50	26,90	0,14	27,92
73	27,50	26,90	0,14	27,92
74	27,50	26,90	0,14	27,92

Prilog 3. Proračun PMV indeksa

Naziv preduzeća: Preduzeće 1

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
1	1,20	1,60	18,50	20,21	0,13	37,80	0,29	6,79
2	1,20	1,60	18,50	20,21	0,13	37,80	0,29	6,79
3	1,00	1,20	18,50	20,21	0,13	37,80	-0,62	13,11
4	1,20	1,20	18,50	20,21	0,13	37,80	-0,32	7,18
5	1,20	1,40	18,50	20,21	0,13	37,80	0,03	5,02
6	1,00	1,40	18,50	20,21	0,13	37,80	-0,21	5,94
7	1,00	1,40	15,50	18,95	0,27	43,75	-0,89	21,75
8	1,20	1,40	15,80	18,73	0,16	44,10	-0,36	7,77
9	1,00	1,40	15,80	18,73	0,16	44,10	-0,66	14,12
10	1,00	1,20	16,40	18,70	0,19	42,65	-1,16	33,15
11	1,00	1,20	16,40	18,70	0,19	42,65	-1,16	33,15
12	1,00	1,20	19,40	19,55	0,07	41,60	-0,48	9,80
13	1,20	1,40	19,40	19,55	0,07	41,60	0,15	5,46
14	1,20	1,40	19,40	19,55	0,07	41,60	0,15	5,46
15	1,20	1,40	19,70	20,42	0,15	37,70	0,12	5,30
16	1,00	1,20	19,70	20,42	0,15	37,70	-0,51	10,54
17	1,20	1,40	19,70	20,42	0,15	37,70	0,12	5,30
18	1,20	1,40	19,70	20,42	0,15	37,70	0,12	5,30
19	1,00	1,20	19,70	20,42	0,15	37,70	-0,51	10,54
20	1,00	1,40	19,70	20,42	0,15	37,70	-0,12	5,30
21	1,00	1,40	19,70	20,42	0,15	37,70	-0,12	5,30
22	1,20	1,40	19,70	20,42	0,06	38,70	0,23	6,06
23	1,20	1,40	19,70	20,42	0,06	38,70	0,23	6,06
24	1,00	1,40	19,70	20,42	0,06	38,70	0,00	5,00
25	1,20	1,40	19,70	20,42	0,06	38,70	0,23	6,06
26	1,00	1,40	19,50	23,68	0,09	38,15	0,23	6,12
27	1,00	1,40	19,50	23,68	0,09	38,15	0,23	6,12
28	1,00	1,40	19,50	23,68	0,09	38,15	0,23	6,12
29	1,00	1,40	19,50	23,68	0,09	38,15	0,23	6,12
30	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
31	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
32	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
33	1,00	1,20	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,57	11,83
34	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
35	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
36	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
37	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59

Naziv preduzeća: Preduzeće 1-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
38	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
39	1,20	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	0,08	5,12
40	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
41	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
42	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
43	1,00	1,40	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,17	5,59
44	1,00	1,20	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,57	11,83
45	1,00	1,20	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,57	11,83
46	1,00	1,20	18,90	20,87	0,15	38,15	-0,57	11,83
47	1,00	1,20	19,80	21,55	0,14	36,40	-0,38	8,00
48	1,00	1,20	19,80	21,55	0,14	36,40	-0,38	8,00
49	1,00	1,20	19,80	21,55	0,14	36,40	-0,38	8,00
50	1,00	1,20	19,80	21,55	0,14	36,40	-0,38	8,00
51	1,00	1,20	19,80	21,55	0,14	36,40	-0,38	8,00
52	1,00	1,20	19,80	21,55	0,14	36,40	-0,38	8,00
53	1,00	1,20	20,00	21,19	0,13	36,50	-0,35	7,61
54	1,00	1,20	20,00	21,19	0,13	36,50	-0,35	7,61
55	1,00	1,20	20,00	21,19	0,13	36,50	-0,35	7,61
56	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
57	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
58	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
59	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
60	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
61	1,20	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	0,03	5,02
62	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
63	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
64	1,00	1,20	20,20	21,48	0,10	36,10	-0,23	6,05
65	1,00	1,20	20,30	21,50	0,13	36,60	-0,30	6,86
66	1,20	1,20	20,30	21,50	0,13	36,60	-0,03	5,02
67	1,00	1,20	20,30	21,50	0,13	36,60	-0,30	6,86
68	1,00	1,20	20,60	22,05	0,10	37,75	-0,13	5,34
69	1,00	1,20	19,90	24,42	0,08	36,50	0,02	5,01
70	1,00	1,20	19,90	24,42	0,08	36,50	0,02	5,01

Naziv preduzeća: Preduzeće 2

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
1	1,20	2,00	23,50	26,82	0,23	27,75	1,30	40,26
2	1,20	1,60	23,50	26,82	0,23	27,75	1,00	26,03
3	1,20	1,60	23,50	26,82	0,23	27,75	1,00	26,03
4	1,20	1,60	24,70	27,64	0,23	28,00	1,16	33,32
5	1,20	1,60	24,70	27,64	0,23	28,00	1,16	33,32
6	1,20	1,60	24,70	27,64	0,23	28,00	1,16	33,32
7	1,20	2,00	24,70	27,64	0,23	28,00	1,44	47,61
8	1,20	1,60	24,70	27,64	0,23	28,00	1,16	33,32
9	1,20	1,60	24,50	25,67	0,13	32,45	1,12	31,43
10	1,20	1,60	25,70	25,36	0,13	31,05	1,19	34,82
11	1,20	1,60	24,30	28,57	0,23	26,85	1,18	34,07
12	1,20	2,00	22,00	28,43	0,23	26,45	1,25	37,94
13	1,20	1,20	22,00	28,43	0,23	26,45	0,56	11,45
14	1,20	1,60	22,80	25,15	0,22	30,00	0,85	20,07
15	1,20	1,20	22,80	25,15	0,22	30,00	0,41	8,55
16	1,20	1,60	25,90	26,39	0,11	29,00	1,27	38,99
17	1,20	1,20	25,00	26,37	0,14	33,50	0,89	21,87
18	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
19	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
20	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
21	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
22	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
23	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
24	1,20	1,60	25,00	26,37	0,14	33,50	1,20	35,33
25	1,20	1,20	25,00	26,37	0,14	33,50	0,89	21,87
26	1,40	1,20	25,60	26,27	0,13	26,35	1,05	28,13
27	1,20	1,60	25,60	26,27	0,13	26,35	1,21	35,84
28	1,20	1,60	25,60	26,27	0,13	26,35	1,21	35,84
29	1,20	1,60	25,10	26,86	0,23	23,95	1,13	31,94
30	1,20	1,60	25,10	26,86	0,23	23,95	1,13	31,94
31	1,20	1,20	25,10	26,86	0,23	23,95	0,80	18,44
32	1,20	1,20	22,10	25,09	0,15	25,35	0,39	8,11
33	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
34	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
35	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
36	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
37	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53

Naziv preduzeća: Preduzeće 2-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
38	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
39	1,20	1,60	23,40	23,92	0,14	29,00	0,88	21,40
40	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
41	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
42	1,20	1,20	23,40	23,92	0,14	29,00	0,47	9,53
43	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
44	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
45	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
46	1,20	1,60	23,20	24,12	0,18	28,30	0,84	20,05
47	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
48	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
49	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
50	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
51	1,20	1,60	23,20	24,12	0,18	28,30	0,84	20,05
52	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
53	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
54	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
55	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
56	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
57	1,20	1,20	23,20	24,12	0,18	28,30	0,41	8,57
58	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
59	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
60	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
61	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
62	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
63	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
64	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
65	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
66	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
67	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
68	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
69	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
70	1,20	1,20	23,00	23,35	0,15	28,95	0,36	7,68
71	1,20	1,20	23,10	23,27	0,14	29,50	0,39	8,10
72	1,20	1,20	23,10	23,27	0,14	29,50	0,39	8,10
73	1,20	1,20	23,10	23,27	0,14	29,50	0,39	8,10
74	1,20	1,20	23,10	23,27	0,14	29,50	0,39	8,10

Naziv preduzeća: Preduzeće 2-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
75	1,20	1,20	23,10	23,27	0,14	29,50	0,39	8,10
76	1,20	1,20	23,10	23,27	0,14	29,50	0,39	8,10
77	1,20	1,20	23,40	23,56	0,10	28,45	0,49	9,96
78	1,20	1,20	23,40	23,56	0,10	28,45	0,49	9,96
79	1,20	1,20	23,40	23,56	0,10	28,45	0,49	9,96
80	1,20	1,20	23,40	23,56	0,10	28,45	0,49	9,96
81	1,20	1,20	23,40	23,56	0,11	29,45	0,48	9,78
82	1,20	1,20	23,40	23,73	0,12	29,60	0,48	9,82
83	1,20	1,20	23,40	23,73	0,12	29,60	0,48	9,82
84	1,20	1,20	23,40	23,73	0,12	29,60	0,48	9,82
85	1,20	1,20	23,30	23,77	0,09	29,85	0,52	10,72
86	1,20	1,20	23,30	23,77	0,09	29,85	0,52	10,72
87	1,20	1,20	23,20	23,20	0,10	29,00	0,44	8,99
88	1,20	1,20	23,20	23,20	0,10	29,00	0,44	8,99
89	1,00	1,20	23,20	23,20	0,10	29,00	0,23	6,07
90	1,00	1,20	23,20	23,20	0,10	29,00	0,23	6,07

Naziv preduzeća: Preduzeće 3

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
1	1,20	1,60	23,90	24,55	0,31	28,15	0,86	20,71
2	1,20	1,60	23,90	24,55	0,31	28,15	0,86	20,71
3	1,20	1,60	23,90	24,55	0,31	28,15	0,86	20,71
4	1,00	2,00	23,80	24,85	0,15	27,40	1,16	33,23
5	1,00	1,60	23,80	24,85	0,15	27,40	0,82	19,27
6	1,20	1,60	23,80	24,85	0,15	27,40	0,96	24,56
7	1,20	1,60	23,80	24,85	0,15	27,40	0,96	24,56
8	1,00	1,60	23,70	25,24	0,21	27,35	0,78	17,81
9	1,20	1,60	23,70	25,24	0,21	27,35	0,93	23,23
10	1,20	1,60	23,70	25,24	0,21	27,35	0,93	23,23
11	1,20	1,60	23,70	25,24	0,21	27,35	0,93	23,23
12	1,00	1,60	23,70	25,24	0,21	27,35	0,78	17,81
13	1,00	1,60	23,70	25,24	0,21	27,35	0,78	17,81
14	1,00	2,00	24,30	25,21	0,17	28,85	1,21	35,69
15	1,00	2,00	24,30	25,21	0,17	28,85	1,21	35,69
16	1,00	1,90	24,00	25,75	0,22	29,75	1,10	30,71
17	1,00	2,00	24,00	25,75	0,22	29,75	1,19	34,59
18	1,00	2,00	25,20	25,43	0,35	29,80	1,23	36,64
19	1,00	2,00	25,20	25,43	0,35	29,80	1,23	36,64
20	1,00	1,90	25,20	25,43	0,35	29,80	1,15	32,64
21	1,00	1,90	25,00	25,80	0,24	29,45	1,19	34,69
22	1,00	2,00	25,00	25,80	0,24	29,45	1,27	38,66
23	1,00	2,00	25,00	25,80	0,24	29,45	1,27	38,66
24	1,00	2,00	25,00	25,80	0,24	29,45	1,27	38,66
25	1,00	2,00	25,00	25,80	0,24	29,45	1,27	38,66
26	1,00	2,00	24,40	25,60	0,08	30,45	1,34	42,24
27	1,00	2,00	24,40	25,60	0,08	30,45	1,34	42,24
28	1,00	2,00	24,40	25,60	0,08	30,45	1,34	42,24
29	1,00	2,00	24,40	25,60	0,08	30,45	1,34	42,24
30	1,20	1,90	24,40	25,60	0,08	30,45	1,36	43,14
31	1,20	2,00	24,40	25,60	0,08	30,45	1,43	46,87
32	1,20	2,00	24,40	25,60	0,08	30,45	1,43	46,87
33	1,20	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,22	36,20
34	1,00	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,10	30,42
35	1,00	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,10	30,42
36	1,00	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,10	30,42
37	1,00	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,10	30,42

Naziv preduzeća: Preduzeće 3-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
38	1,00	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,10	30,42
39	1,20	2,00	23,90	24,49	0,23	28,70	1,22	36,20
40	1,20	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,15	32,99
41	1,20	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,15	32,99
42	1,00	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,02	26,99
43	1,20	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,15	32,99
44	1,00	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,02	26,99
45	1,00	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,02	26,99
46	1,00	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,02	26,99
47	1,00	2,00	23,40	24,69	0,30	28,15	1,02	26,99

Naziv preduzeća: Preduzeće 4

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
1	1,30	2,00	25,00	31,32	0,65	23,50	1,52	51,91
2	1,30	1,90	25,00	31,32	0,65	23,50	1,45	48,16
3	1,30	2,00	25,00	31,32	0,65	23,50	1,52	51,91
4	1,30	2,00	25,00	26,69	0,13	24,70	1,49	50,30
5	1,30	2,00	25,00	26,69	0,13	24,70	1,49	50,30
6	1,30	2,00	25,00	26,69	0,13	24,70	1,49	50,30
7	1,30	2,00	25,00	26,69	0,13	24,70	1,49	50,30
8	1,30	1,60	24,10	25,87	0,16	26,75	1,10	30,40
9	1,30	1,60	24,10	25,87	0,16	26,75	1,10	30,40
10	1,20	1,60	24,10	25,87	0,16	26,75	1,04	27,90
11	1,20	1,60	24,60	37,46	0,23	26,50	1,77	65,21
12	1,20	1,60	24,60	37,46	0,23	26,50	1,77	65,21
13	1,20	1,60	24,60	37,46	0,23	26,50	1,77	65,21
14	1,20	1,60	24,60	37,46	0,23	26,50	1,77	65,21
15	1,20	2,00	29,10	29,26	0,12	25,10	1,90	71,90
16	1,20	2,00	29,10	29,26	0,12	25,10	1,90	71,90
17	1,20	2,00	25,10	26,72	0,17	26,00	1,44	47,85
18	1,20	2,00	25,10	26,72	0,17	26,00	1,44	47,85
19	1,20	2,00	25,10	26,72	0,17	26,00	1,44	47,85
20	1,20	2,00	24,70	26,10	0,15	27,10	1,40	45,36
21	1,30	2,00	24,70	26,10	0,15	27,10	1,44	47,54
22	1,30	2,00	24,70	26,10	0,15	27,10	1,44	47,54
23	1,30	2,00	24,70	26,10	0,15	27,10	1,44	47,54
24	1,30	2,00	25,00	25,91	0,18	23,15	1,42	46,41
25	1,20	1,60	25,00	25,91	0,18	23,15	1,09	29,98
26	1,30	1,60	25,00	25,91	0,18	23,15	1,14	32,47
27	1,20	2,00	24,40	26,09	0,29	26,95	1,31	40,57
28	1,30	2,00	24,40	26,09	0,29	26,95	1,35	43,07
29	1,30	1,90	24,40	26,09	0,29	26,95	1,28	39,27
30	1,20	1,90	24,40	26,09	0,29	26,95	1,23	36,72
31	1,20	2,00	24,40	26,09	0,29	26,95	-0,40	8,38
32	1,20	2,00	24,40	26,09	0,29	26,95	1,31	40,57
33	1,20	1,90	24,40	26,09	0,29	26,95	1,23	36,72
34	1,20	2,00	25,00	26,01	0,25	26,55	1,37	43,71
35	1,20	2,00	25,00	26,01	0,25	26,55	1,37	43,71
36	1,30	2,00	25,00	26,01	0,25	26,55	1,41	46,08
37	1,30	2,00	25,00	26,01	0,25	26,55	1,41	46,08

Naziv preduzeća: Preduzeće 4-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
38	1,30	1,90	25,00	26,01	0,25	26,55	1,34	42,29
39	1,30	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,37	43,70
40	1,30	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,37	43,70
41	1,30	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,37	43,70
42	1,20	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,32	41,17
43	1,30	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,37	43,70
44	1,30	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,37	43,70
45	1,20	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,32	41,17
46	1,30	2,00	24,70	26,27	0,35	26,15	1,37	43,70
47	1,20	2,00	24,50	25,10	0,75	26,25	1,17	33,89
48	1,20	2,00	24,50	25,10	0,75	26,25	1,17	33,89
49	1,20	2,00	24,50	25,10	0,75	26,25	1,17	33,89
50	1,20	2,00	24,50	25,10	0,75	26,25	1,17	33,89
51	1,20	2,00	24,50	25,10	0,75	26,25	1,17	33,89
52	1,20	2,00	24,40	25,47	0,30	26,00	1,27	38,63
53	1,20	2,00	24,40	25,47	0,30	26,00	1,27	38,63
54	1,20	2,00	24,40	25,47	0,30	26,00	1,27	38,63
55	1,20	2,00	24,40	25,47	0,30	26,00	1,27	38,63
56	1,20	2,00	24,40	25,47	0,30	26,00	1,27	38,63
57	1,20	2,00	24,80	25,25	0,35	25,85	1,28	39,20
58	1,20	2,00	24,80	25,25	0,35	25,85	1,28	39,20
59	1,20	2,00	24,80	25,25	0,35	25,85	1,28	39,20
60	1,20	2,00	24,80	25,25	0,35	25,85	1,28	39,20
61	1,20	2,00	24,80	25,25	0,35	25,85	1,28	39,20
62	1,20	2,00	24,80	25,25	0,35	25,85	1,28	39,20
63	1,20	2,00	24,70	25,46	0,20	26,15	1,33	41,91

Naziv preduzeća: Preduzeće 5

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
1	1,20	1,40	30,10	36,45	0,20	39,65	2,36	89,94
2	1,20	1,40	30,10	36,45	0,20	39,65	2,36	89,94
3	1,20	1,40	29,00	31,03	0,10	31,95	1,83	68,40
4	1,20	1,40	26,60	30,23	0,13	36,65	1,55	53,58
5	1,20	1,40	26,60	30,23	0,13	36,65	1,55	53,58
6	1,20	1,20	26,60	28,65	0,10	37,25	1,36	43,34
7	1,20	1,60	28,00	30,96	0,20	36,55	1,76	64,71
8	1,20	1,60	28,00	30,96	0,20	36,55	1,76	64,71
9	1,20	1,60	28,00	30,96	0,20	36,55	1,76	64,71
10	1,20	1,60	28,00	30,96	0,20	36,55	1,76	64,71
11	1,20	1,60	28,00	30,96	0,20	36,55	1,76	64,71
12	1,20	1,60	28,90	30,57	0,30	36,65	1,79	66,47
13	1,20	1,60	28,90	30,57	0,30	36,65	1,79	66,47
14	1,20	1,60	28,90	30,57	0,30	36,65	1,79	66,47
15	1,20	1,60	28,90	30,57	0,30	36,65	1,79	66,47
16	1,20	1,60	28,90	30,57	0,30	36,65	1,79	66,47
17	1,20	1,60	28,90	30,57	0,30	36,65	1,79	66,47
18	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
19	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
20	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
21	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
22	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
23	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
24	1,20	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,69	15,07
25	1,00	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,49	10,02
26	1,00	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,49	10,02
27	1,00	1,20	22,80	27,42	0,19	37,60	0,49	10,02
28	1,00	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,63	13,30
29	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
30	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
31	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
32	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
33	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
34	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
35	1,00	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,63	13,30
36	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
37	1,00	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,63	13,30

Naziv preduzeća: Preduzeće 5-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
38	1,00	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,63	13,30
39	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
40	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
41	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
42	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
43	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
44	1,20	1,60	22,00	24,67	0,20	38,35	0,80	18,38
45	1,00	1,40	26,10	26,55	0,08	42,80	1,19	34,90
46	1,20	1,40	26,10	26,55	0,08	42,80	1,31	40,60
47	1,20	1,40	26,10	26,55	0,08	42,80	1,31	40,60
48	1,20	1,40	26,10	26,55	0,08	42,80	1,31	40,60
49	1,20	1,40	26,10	26,55	0,08	42,80	1,31	40,60
50	1,20	1,20	23,90	25,91	0,13	41,65	0,80	18,57
51	1,20	1,20	23,90	25,91	0,13	41,65	0,80	18,57
52	1,20	1,20	23,90	25,91	0,13	41,65	0,80	18,57
53	1,20	1,20	23,90	25,91	0,13	41,65	0,80	18,57
54	1,20	1,20	23,90	25,91	0,13	41,65	0,80	18,57
55	1,20	1,40	24,50	24,82	0,10	40,45	0,98	25,33
56	1,20	1,40	24,50	24,82	0,10	40,45	0,98	25,33
57	1,20	1,40	24,50	24,82	0,10	40,45	0,98	25,33
58	1,00	1,40	24,50	24,82	0,10	40,45	0,83	19,65
59	1,20	1,40	24,50	24,82	0,10	40,45	0,98	25,33

Naziv preduzeća: Preduzeće 6

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
1	1,00	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,87	98,35
2	1,00	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,87	98,35
3	1,00	1,60	30,40	32,53	0,18	41,35	2,11	81,41
4	1,00	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,87	98,35
5	1,20	2,40	30,40	32,53	0,18	41,35	2,54	94,15
6	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
7	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
8	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
9	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
10	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
11	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
12	1,20	2,80	30,40	32,53	0,18	41,35	2,86	98,32
13	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
14	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
15	1,00	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,57	94,78
16	1,00	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,57	94,78
17	1,00	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,57	94,78
18	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
19	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
20	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
21	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
22	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
23	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
24	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
25	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
26	1,20	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,59	95,09
27	1,00	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,57	94,78
28	1,00	2,80	27,10	32,02	0,13	38,45	2,57	94,78
29	1,00	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,41	46,24
30	1,00	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,41	46,24
31	1,00	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,41	46,24
32	1,20	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,50	50,95
33	1,20	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,50	50,95
34	1,20	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,50	50,95
35	1,20	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,50	50,95
36	1,20	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,50	50,95
37	1,30	1,90	25,40	29,78	0,14	39,20	1,70	61,55

Naziv preduzeća: Preduzeće 6-nastavak

Redni broj	Toplotna izolacija odeće, clo	Intenzitet metabolizma, met	Temperatura vazduha, °C	Srednja temperatura zračenja, °C	Brzina strujanja vazduha, m/s	Relativna vlažnost vazduha, %	PMV, –	PPD, %
38	1,30	1,90	25,40	29,78	0,14	39,20	1,70	61,55
39	1,00	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,41	46,24
40	1,30	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,54	52,98
41	1,00	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,41	46,24
42	1,30	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,54	52,98
43	1,20	1,60	25,40	29,78	0,14	39,20	1,50	50,95
44	1,20	1,90	25,40	29,78	0,14	39,20	1,67	59,96
45	1,00	1,90	25,40	29,78	0,14	39,20	1,60	56,20
46	1,20	1,90	25,40	29,78	0,14	39,20	1,67	59,96
47	1,20	1,90	25,40	29,78	0,14	39,20	1,67	59,96
48	1,00	1,60	23,80	26,81	0,10	39,30	1,09	30,12
49	1,20	1,60	23,80	26,81	0,10	39,30	1,21	35,51
50	1,20	1,60	23,80	26,81	0,10	39,30	1,21	35,51
51	1,20	1,60	23,80	26,81	0,10	39,30	1,21	35,51
52	1,20	1,90	23,80	26,81	0,10	39,30	1,40	45,78
53	1,30	1,90	23,80	26,81	0,10	39,30	1,44	47,92
54	1,30	1,60	23,80	26,81	0,10	39,30	1,25	37,94
55	1,20	1,60	23,80	26,81	0,10	39,30	1,21	35,51
56	1,20	1,90	23,80	26,81	0,10	39,30	1,40	45,78
57	1,20	1,90	23,80	26,81	0,10	39,30	1,40	45,78
58	1,20	1,90	23,80	26,81	0,10	39,30	1,40	45,78
59	1,30	1,90	23,80	26,81	0,10	39,30	1,44	47,92
60	1,30	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,80	66,94
61	1,00	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,70	61,86
62	1,00	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,70	61,86
63	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44
64	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44
65	1,30	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,80	66,94
66	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44
67	1,30	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,80	66,94
68	1,30	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,80	66,94
69	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44
70	1,30	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,80	66,94
71	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44
72	1,20	1,90	26,90	27,92	0,14	45,00	1,71	62,11
73	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44
74	1,20	2,00	26,90	27,92	0,14	45,00	1,77	65,44

Prilog 4. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika u radnoj sredini i analiza izmerenih vrednosti temperature vazduha

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Visina merenja, m	Temperatura vazduha, °C				
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	0,1	18,50	19,80	1,30	19,15	0,92
				1,1	19,70	19,80	0,10	19,75	0,07
				1,7	19,80	20,10	0,30	19,95	0,21
Hladno	-2	26	6,45	0,1	15,00	24,70	9,70	20,58	2,48
				1,1	15,50	25,00	9,50	21,13	2,42
				1,7	17,60	25,30	7,70	21,58	2,26
Malo prohladno	-1	59	14,64	0,1	17,10	24,80	7,70	21,28	2,16
				1,1	18,50	25,40	6,90	21,76	2,15
				1,7	19,30	26,40	7,10	22,06	2,09
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	0,1	15,90	26,50	10,60	22,52	2,41
				1,1	15,80	27,10	11,30	23,01	2,41
				1,7	17,20	28,70	11,50	23,34	2,28
Malo toplo	1	95	23,57	0,1	19,00	30,30	11,30	23,88	1,96
				1,1	19,70	30,40	10,70	24,40	2,03
				1,7	19,80	33,50	13,70	24,94	2,47
Toplo	2	96	23,82	0,1	16,20	30,30	14,10	24,33	2,60
				1,1	15,80	30,40	14,60	24,96	2,62
				1,7	17,20	31,40	14,20	25,44	2,81
Veoma toplo	3	41	10,17	0,1	18,50	30,30	11,80	25,73	2,48
				1,1	19,70	30,40	10,70	26,33	2,32
				1,7	20,10	31,40	11,30	27,10	2,58

Prilog 5. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti temperature vazduha prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Visina merenja, m	Temperatura vazduha, °C				
						Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Muško	Hladno	-2	7	3,48	0,1	15,00	24,30	9,30	20,33	3,45
					1,1	15,50	24,40	8,90	20,64	3,28
					1,7	17,60	24,80	7,20	21,56	3,07
	Malo pro hladno	-1	15	7,46	0,1	17,10	24,40	7,30	20,79	2,80
					1,1	18,50	24,80	6,30	21,41	2,68
					1,7	19,30	24,70	5,40	21,69	2,43
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	0,1	15,90	26,50	10,60	22,75	2,64
					1,1	15,80	27,10	11,30	23,23	2,65
					1,7	17,20	28,70	11,50	23,60	2,48
	Malo toplo	1	54	26,87	0,1	19,00	29,10	10,10	24,11	1,75
					1,1	19,70	30,10	10,40	24,72	1,81
					1,7	20,10	33,50	13,40	25,35	2,43
	Toplo	2	53	26,37	0,1	16,20	30,30	14,10	24,64	2,46
					1,1	15,80	30,40	14,60	25,21	2,63
					1,7	17,20	31,40	14,20	25,69	2,79
	Veoma toplo	3	24	11,94	0,1	18,50	30,30	11,80	25,40	2,72
					1,1	19,70	30,40	10,70	26,01	2,55
					1,7	20,10	31,40	11,30	26,70	2,75
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	0,1	18,50	19,80	1,30	19,15	0,92
					1,1	19,70	19,80	0,10	19,75	0,07
					1,7	19,80	20,10	0,30	19,95	0,21
	Hladno	-2	19	9,41	0,1	18,00	24,70	6,70	20,68	2,13
					1,1	18,50	25,00	6,50	21,31	2,10
					1,7	19,30	25,30	6,00	21,59	1,99
	Malo pro hladno	-1	44	21,78	0,1	18,00	24,80	6,80	21,45	1,91
					1,1	18,50	25,40	6,90	21,88	1,96
					1,7	19,30	26,40	7,10	22,19	1,97
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	0,1	18,30	26,10	7,80	22,21	2,06
					1,1	18,90	26,90	8,00	22,71	2,03
					1,7	19,30	27,20	7,90	22,99	1,97
	Malo toplo	1	41	20,30	0,1	19,80	30,30	10,50	23,59	2,20
					1,1	19,80	30,40	10,60	23,98	2,23
					1,7	19,80	31,40	11,60	24,40	2,45
	Toplo	2	43	21,29	0,1	17,10	30,30	13,20	23,94	2,76
					1,1	19,40	30,40	11,00	24,67	2,61
					1,7	19,80	31,40	11,60	25,12	2,84
Veoma toplo	3	17	8,42	0,1	22,90	30,30	7,40	26,19	2,08	
				1,1	23,20	30,40	7,20	26,78	1,95	
				1,7	23,60	31,40	7,80	27,66	2,26	

Prilog 6. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Visina merenja, m	Relativna vlažnost vazduha, %				
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	0,1	28,00	30,20	2,20	29,10	1,56
				1,1	25,00	32,00	7,00	28,50	3,40
				1,7	21,00	25,60	4,60	23,30	1,90
Hladno	-2	26	6,45	0,1	24,40	40,20	15,80	31,20	8,28
				1,1	26,50	34,14	7,64	30,32	3,80
				1,7	22,00	28,90	6,90	25,10	2,95
Malo prohladno	-1	59	14,64	0,1	25,30	58,30	33,00	36,20	7,64
				1,1	23,95	41,65	17,70	31,50	5,03
				1,7	22,90	29,80	6,90	26,00	2,90
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	0,1	24,40	63,80	39,40	38,35	10,24
				1,1	24,70	45,00	20,30	33,28	5,97
				1,7	21,40	43,00	21,60	28,22	5,40
Malo toplo	1	95	23,57	0,1	24,40	63,80	39,40	38,50	10,52
				1,1	23,15	45,00	21,85	34,30	5,78
				1,7	21,00	37,50	16,50	29,00	3,66
Toplo	2	96	23,82	0,1	24,40	63,80	39,40	39,99	11,66
				1,1	23,15	45,00	21,85	35,00	6,56
				1,7	21,00	43,00	22,00	29,50	4,03
Veoma toplo	3	41	10,17	0,1	26,00	63,80	37,80	45,69	11,69
				1,1	23,50	45,00	21,50	36,49	6,55
				1,7	21,00	38,30	17,30	30,00	3,25

Prilog 7. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti relativne vlažnosti vazduha prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Visina merenja, m	Relativna vlažnost vazduha, %				
						Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Muško	Hladno	-2	7	3,48	0,1	28,60	37,50	8,90	33,20	4,10
					1,1	23,15	36,70	13,55	29,70	5,20
					1,7	21,00	24,50	3,50	22,90	0,80
	Malo prohladno	-1	15	7,46	0,1	28,70	56,30	27,60	36,83	7,31
					1,1	26,90	38,50	11,60	31,10	4,30
					1,7	22,60	25,70	3,10	23,00	1,40
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	0,1	24,40	63,80	39,40	37,35	9,78
					1,1	24,70	45,00	20,30	32,40	6,28
					1,7	23,50	29,10	5,60	24,10	2,10
	Malo toplo	1	54	26,87	0,1	24,40	60,40	36,00	38,00	8,42
					1,1	23,15	42,80	19,65	33,00	5,40
					1,7	21,00	37,50	16,50	26,67	4,04
	Toplo	2	53	26,37	0,1	24,40	63,80	39,40	38,50	10,77
					1,1	23,15	45,00	21,85	33,50	6,48
					1,7	21,00	43,00	22,00	27,00	4,11
	Veoma toplo	3	24	11,94	0,1	26,00	63,80	37,80	41,74	11,84
					1,1	23,50	45,00	21,50	34,16	7,03
					1,7	21,00	38,30	17,30	27,50	3,83
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	0,1	25,60	41,20	15,60	34,10	6,20
					1,1	28,30	34,30	6,00	30,10	2,40
					1,7	22,60	27,00	4,40	24,10	1,90
	Hladno	-2	19	9,41	0,1	28,90	53,40	24,50	35,00	8,49
					1,1	24,00	40,50	16,50	32,10	6,50
					1,7	23,20	28,00	4,80	25,30	1,50
	Malo prohladno	-1	44	21,78	0,1	25,30	58,30	33,00	35,99	7,82
					1,1	23,95	41,65	17,70	33,27	4,75
					1,7	23,90	29,70	5,80	26,00	2,10
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	0,1	29,20	63,80	34,60	39,69	10,82
					1,1	27,35	45,00	17,65	34,46	5,38
					1,7	23,30	38,30	15,00	29,23	5,00
	Malo toplo	1	41	20,30	0,1	24,40	63,80	39,40	40,39	12,25
					1,1	26,35	45,00	18,65	34,90	5,83
					1,7	23,30	36,50	13,20	30,00	3,05
	Toplo	2	43	21,29	0,1	24,40	63,80	39,40	42,70	12,25
					1,1	23,95	45,00	21,05	35,34	6,20
					1,7	22,60	39,50	16,90	30,70	3,65
Veoma toplo	3	17	8,42	0,1	29,20	63,80	34,60	51,26	9,15	
				1,1	28,30	45,00	16,70	39,77	4,09	
				1,7	26,00	35,00	9,00	31,50	1,90	

Prilog 8. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Visina merenja, m	Brzina strujanja vazduha, m/s				
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	0,1	0,05	0,18	0,13	0,12	0,09
				1,1	0,06	0,14	0,09	0,10	0,06
				1,7	0,06	0,10	0,04	0,08	0,03
Hladno	-2	26	6,45	0,1	0,05	0,40	0,35	0,17	0,07
				1,1	0,06	0,30	0,25	0,13	0,05
				1,7	0,02	0,20	0,18	0,10	0,05
Malo pro hladno	-1	59	14,64	0,1	0,08	0,30	0,22	0,20	0,05
				1,1	0,07	0,35	0,28	0,15	0,06
				1,7	0,02	0,44	0,42	0,11	0,11
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	0,1	0,05	0,80	0,75	0,23	0,12
				1,1	0,06	0,75	0,70	0,18	0,10
				1,7	0,02	0,70	0,68	0,14	0,12
Malo toplo	1	95	23,57	0,1	0,09	1,00	0,91	0,24	0,15
				1,1	0,08	0,75	0,68	0,19	0,12
				1,7	0,03	0,70	0,67	0,15	0,12
Toplo	2	96	23,82	0,1	0,08	1,00	0,92	0,28	0,13
				1,1	0,07	0,75	0,69	0,23	0,10
				1,7	0,02	0,70	0,68	0,17	0,11
Veoma toplo	3	41	10,17	0,1	0,05	1,00	0,95	0,29	0,17
				1,1	0,06	0,75	0,70	0,24	0,13
				1,7	0,05	0,70	0,65	0,18	0,13

Prilog 9. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti brzine strujanja vazduha prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Visina merenja, m	Brzina strujanja vazduha, m/s				
						Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Muško	Hladno	-2	7	3,48	0,1	0,16	0,40	0,24	0,17	0,09
					1,1	0,10	0,30	0,21	0,15	0,08
					1,7	0,03	0,20	0,17	0,12	0,07
	Malo pro hladno	-1	15	7,46	0,1	0,08	0,25	0,17	0,19	0,06
					1,1	0,07	0,35	0,28	0,18	0,11
					1,7	0,05	0,44	0,39	0,16	0,18
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	0,1	0,08	0,80	0,72	0,25	0,14
					1,1	0,07	0,75	0,69	0,21	0,12
					1,7	0,02	0,70	0,68	0,17	0,15
	Malo toplo	1	54	26,87	0,1	0,09	1,00	0,91	0,27	0,19
					1,1	0,08	0,75	0,68	0,22	0,14
					1,7	0,04	0,70	0,66	0,18	0,15
	Toplo	2	53	26,37	0,1	0,09	1,00	0,91	0,29	0,16
					1,1	0,08	0,75	0,68	0,24	0,12
					1,7	0,05	0,70	0,65	0,19	0,12
	Veoma toplo	3	24	11,94	0,1	0,05	1,00	0,95	0,32	0,21
					1,1	0,06	0,75	0,70	0,27	0,16
					1,7	0,05	0,70	0,65	0,21	0,15
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	0,1	0,05	0,18	0,13	0,12	0,09
					1,1	0,06	0,14	0,09	0,10	0,06
					1,7	0,06	0,10	0,04	0,08	0,03
	Hladno	-2	19	9,41	0,1	0,05	0,30	0,25	0,22	0,06
					1,1	0,06	0,20	0,15	0,15	0,04
					1,7	0,02	0,15	0,13	0,09	0,04
	Malo pro hladno	-1	44	21,78	0,1	0,10	0,30	0,20	0,20	0,05
					1,1	0,09	0,23	0,14	0,15	0,03
					1,7	0,02	0,35	0,33	0,09	0,06
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	0,1	0,05	0,50	0,45	0,19	0,08
					1,1	0,06	0,31	0,25	0,15	0,06
					1,7	0,03	0,40	0,37	0,11	0,07
	Malo toplo	1	41	20,30	0,1	0,09	0,50	0,41	0,20	0,07
					1,1	0,08	0,31	0,23	0,15	0,04
					1,7	0,03	0,35	0,32	0,11	0,06
	Toplo	2	43	21,29	0,1	0,08	0,32	0,24	0,20	0,06
					1,1	0,07	0,30	0,24	0,15	0,05
					1,7	0,02	0,40	0,38	0,09	0,07
Veoma toplo	3	17	8,42	0,1	0,15	0,22	0,07	0,20	0,02	
				1,1	0,10	0,20	0,10	0,14	0,03	
				1,7	0,05	0,20	0,15	0,08	0,05	

Prilog 10. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Toplotno zračenje, °C					
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	t_g	20,20	20,80	0,60	20,50	0,42
				t_{mr}	20,42	21,55	1,14	20,99	0,80
Hladno	-2	26	6,45	t_g	17,10	25,80	8,70	22,25	2,51
				t_{mr}	18,95	27,42	8,47	23,20	2,75
Malo pro hladno	-1	59	14,64	t_g	19,50	28,00	8,50	22,60	2,05
				t_{mr}	19,55	29,78	10,23	23,55	2,15
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	t_g	17,40	30,10	12,70	23,93	2,41
				t_{mr}	18,70	32,02	13,31	24,65	2,54
Malo toplo	1	95	23,57	t_g	20,10	33,60	13,50	25,45	2,50
				t_{mr}	20,42	36,45	16,03	26,30	2,99
Toplo	2	96	23,82	t_g	17,40	31,60	14,20	26,16	2,91
				t_{mr}	18,73	37,46	18,73	27,13	3,43
Veoma toplo	3	41	10,17	t_g	20,20	31,60	11,40	28,13	2,64
				t_{mr}	20,42	37,46	17,04	29,54	3,38

Prilog 11. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti temperature crnog globus termometra i srednje temperature zračenja prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Toplotno zračenje °C					
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S	
Muško	Hladno	-2	7	3,48	t_g	17,10	25,20	8,10	21,84	3,27
					t_{mr}	18,95	26,82	7,87	22,50	3,33
	Malo pro hladno	-1	15	7,46	t_g	19,50	25,00	5,50	22,25	2,29
					t_{mr}	19,55	25,25	5,70	22,83	2,17
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	t_g	17,40	30,10	12,70	24,20	2,67
					t_{mr}	18,70	32,02	13,31	25,00	2,82
	Malo toplo	1	54	26,87	t_g	20,10	33,60	13,50	25,80	2,46
					t_{mr}	20,42	36,45	16,03	26,71	3,07
	Toplo	2	53	26,37	t_g	17,40	31,60	14,20	26,49	2,93
					t_{mr}	18,73	37,46	18,73	27,60	3,56
	Veoma toplo	3	24	11,94	t_g	20,20	31,60	11,40	27,79	2,90
					t_{mr}	20,42	37,46	17,04	29,32	3,88
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	t_g	20,20	20,80	0,60	20,50	0,42
					t_{mr}	20,42	21,55	1,14	20,99	0,80
	Hladno	-2	19	9,41	t_g	19,50	25,80	6,30	22,40	2,26
					t_{mr}	20,21	27,42	7,20	23,29	2,61
	Malo pro hladno	-1	44	21,78	t_g	19,50	28,00	8,50	22,71	1,97
					t_{mr}	20,21	29,78	9,56	23,34	2,15
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	t_g	20,00	27,50	7,50	23,57	1,98
					t_{mr}	20,42	27,92	7,51	24,18	2,06
	Malo toplo	1	41	20,30	t_g	20,80	31,60	10,80	24,99	2,50
					t_{mr}	21,48	32,53	11,05	25,75	2,83
	Toplo	2	43	21,29	t_g	19,50	31,60	12,10	25,76	2,87
					t_{mr}	19,55	32,53	12,98	26,54	3,20
Veoma toplo	3	17	8,42	t_g	23,70	31,60	7,90	28,62	2,22	
				t_{mr}	24,12	32,53	8,41	29,84	2,62	

Prilog 12. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza procene intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Parametar	Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	M, met	1,20	1,40	0,20	1,30	0,14
				I _{cl} , clo	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Hladno	-2	26	6,45	M, met	1,20	2,00	0,80	1,32	0,20
				I _{cl} , clo	1,00	1,20	0,20	1,08	0,10
Malo prohladno	-1	59	14,64	M, met	1,20	2,00	0,80	1,35	0,24
				I _{cl} , clo	1,00	1,20	0,20	1,10	0,10
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	M, met	1,20	2,80	1,60	1,60	0,35
				I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,14	0,11
Malo toplo	1	95	23,57	M, met	1,20	2,80	1,60	1,69	0,41
				I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,17	0,09
Toplo	2	96	23,82	M, met	1,20	2,80	1,60	1,77	0,42
				I _{cl} , clo	1,00	1,40	0,40	1,19	0,09
Veoma toplo	3	41	10,17	M, met	1,40	2,80	1,40	2,06	0,52
				I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,21	0,09

Prilog 13. Distribucija ocene toplotnog komfora, analiza intenziteta metabolizma i toplotne izolacije odeće prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Parametar	Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Muško	Hladno	-2	7	3,48	M, met	1,20	2,00	0,80	1,45	0,25
					I _{cl} , clo	1,00	1,20	0,20	1,08	0,11
	Malo pro hladno	-1	15	7,46	M, met	1,20	2,00	0,80	1,49	0,33
					I _{cl} , clo	1,00	1,20	0,20	1,09	0,10
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	M, met	1,20	2,80	1,60	1,74	0,36
					I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,14	0,11
	Malo toplo	1	54	26,87	M, met	1,20	2,80	1,60	1,84	0,35
					I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,17	0,10
	Toplo	2	53	26,37	M, met	1,20	2,80	1,60	1,88	0,37
					I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,18	0,09
	Veoma toplo	3	24	11,94	M, met	1,40	2,80	1,40	1,90	0,46
					I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,19	0,08
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	M, met	1,20	1,40	0,20	1,30	0,14
					I _{cl} , clo	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	Hladno	-2	19	9,41	M, met	1,20	1,60	0,40	1,33	0,16
					I _{cl} , clo	1,00	1,20	0,20	1,12	0,10
	Malo pro hladno	-1	44	21,78	M, met	1,20	2,00	0,80	1,37	0,18
					I _{cl} , clo	1,00	1,20	0,20	1,13	0,10
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	M, met	1,20	2,00	0,80	1,42	0,23
					I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,14	0,10
	Malo toplo	1	41	20,30	M, met	1,20	2,80	1,60	1,49	0,41
					I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,17	0,08
	Toplo	2	43	21,29	M, met	1,20	2,80	1,60	1,63	0,45
					I _{cl} , clo	1,00	1,40	0,40	1,19	0,09
Veoma toplo	3	17	8,42	M, met	1,60	2,80	1,20	2,28	0,53	
				I _{cl} , clo	1,00	1,30	0,30	1,20	0,11	

Prilog 14. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti nivoa buke

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Nivo buke, L_{eq} , dB(A)				
				Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	75,00	78,00	3,00	76,50	2,12
Hladno	-2	26	6,45	70,00	92,00	22,00	78,50	5,33
Malo pro hladno	-1	59	14,64	69,00	98,00	29,00	78,70	5,64
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	69,00	98,00	29,00	79,14	6,08
Malo toplo	1	95	23,57	69,00	98,00	29,00	81,37	6,58
Toplo	2	96	23,82	71,00	98,00	27,00	83,39	7,24
Veoma toplo	3	41	10,17	71,00	98,00	27,00	87,03	7,36

Prilog 15. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti nivoa buke prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Nivo buke, L_{eq} , dB(A)				
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Muško	Hladno	-2	7	3,48	71,00	92,00	21,00	78,00	6,99
	Malo pro hladno	-1	15	7,46	69,00	92,00	23,00	78,89	7,60
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	70,00	98,00	28,00	80,32	6,37
	Malo toplo	1	54	26,87	69,00	98,00	29,00	80,99	6,72
	Toplo	2	53	26,37	71,00	98,00	27,00	82,35	6,80
	Veoma toplo	3	24	11,94	71,00	98,00	27,00	84,43	7,58
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	75,00	78,00	3,00	76,50	2,12
	Hladno	-2	19	9,41	70,00	92,00	22,00	77,88	4,65
	Malo pro hladno	-1	44	21,78	70,00	98,00	28,00	78,43	4,91
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	69,00	93,00	24,00	79,00	5,37
	Malo toplo	1	41	20,30	70,00	98,00	28,00	81,87	6,44
	Toplo	2	43	21,29	74,00	98,00	24,00	84,69	7,63
	Veoma toplo	3	17	8,42	80,00	98,00	18,00	90,71	5,30

Prilog 16. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti

Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Osvetljenost, lx				
				Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Veoma hladno	-3	2	0,50	162,00	182,00	20,00	172,00	14,14
Hladno	-2	26	6,45	144,00	630,00	486,00	240,62	117,35
Malo prohladno	-1	59	14,64	121,00	630,00	509,00	258,47	149,27
Neutralno-prijatno	0	84	20,84	85,00	1468,00	1383,00	272,23	250,05
Malo toplo	1	95	23,57	85,00	2123,00	2038,00	302,08	325,79
Toplo	2	96	23,82	96,00	2123,00	2027,00	359,50	460,59
Veoma toplo	3	41	10,17	96,00	680,00	584,00	390,93	127,06

Prilog 17. Distribucija ocene toplotnog komfora i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema polu ispitanika

Pol ispitanika	Skala toplotnog osećaja		Broj ispitanika	Procenualno učešće, %	Osvetljenost, lx				
					Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Muško	Hladno	-2	7	3,48	153,00	630,00	477,00	220,00	148,77
	Malo pro hladno	-1	15	7,46	151,00	380,00	229,00	236,27	81,27
	Neutralno-prijatno	0	48	23,88	85,00	1468,00	1383,00	269,33	268,06
	Malo toplo	1	54	26,87	104,00	2123,00	2019,00	352,06	417,16
	Toplo	2	53	26,37	96,00	2123,00	2027,00	464,58	590,82
	Veoma toplo	3	24	11,94	96,00	780,00	684,00	480,02	151,94
Žensko	Veoma hladno	-3	2	0,99	162,00	182,00	20,00	172,00	14,14
	Hladno	-2	19	9,41	144,00	379,00	235,00	199,79	72,22
	Malo pro hladno	-1	44	21,78	121,00	630,00	509,00	266,05	166,36
	Neutralno-prijatno	0	36	17,82	124,00	1468,00	1344,00	276,08	227,49
	Malo toplo	1	41	20,30	85,00	630,00	545,00	280,00	105,10
	Toplo	2	43	21,29	117,00	630,00	513,00	293,00	128,66
	Veoma toplo	3	17	8,42	96,00	579,00	483,00	315,63	68,15

Prilog 18. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema izvoru osvetljenja

Izvor osvetljenja	Skala toplotnog osećaja		Osvetljenost, lx				
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Prirodno	Malo pro hladno	-1	225,00	225,00	0,00	225,00	0,00
	Neutralno-prijatno	0	124,00	479,00	355,00	246,00	50,83
	Malo toplo	1	167,00	556,00	389,00	305,00	64,19
	Toplo	2	136,00	1920,00	1784,00	812,00	771,70
	Veoma toplo	3	136,00	1189,00	1053,00	910,00	121,52
Veštačko	Veoma hladno	-3	162,00	182,00	20,00	172,00	14,14
	Hladno	-2	144,00	630,00	486,00	234,22	123,10
	Malo pro hladno	-1	124,00	630,00	506,00	269,73	160,54
	Neutralno-prijatno	0	85,00	1468,00	1383,00	277,00	223,50
	Malo toplo	1	85,00	1468,00	1383,00	285,07	266,24
	Toplo	2	96,00	680,00	584,00	325,00	122,68
	Veoma toplo	3	96,00	522,00	426,00	342,32	47,04
Kombinovano	Hladno	-2	247,00	311,00	64,00	204,28	36,95
	Malo pro hladno	-1	121,00	622,00	501,00	235,94	130,21
	Neutralno-prijatno	0	121,00	1468,00	1347,00	303,60	283,46
	Malo toplo	1	121,00	2123,00	2002,00	349,32	397,78
	Toplo	2	124,00	2123,00	1999,00	437,93	585,45
	Veoma toplo	3	96,00	780,00	684,00	570,00	171,15

Prilog 19. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika muškog pola i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema izvoru osvetljenja

Izvor osvetljenja	Skala toplotnog osećaja		Osvetljenost, lx				
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Prirodno	Malo prohladno	-1	225,00	225,00	0,00	225,00	0,00
	Neutralno-prijatno	0	248,00	248,00	0,00	248,00	0,00
	Malo toplo	1	167,00	480,00	313,00	323,50	156,50
	Toplo	2	237,00	1920,00	1683,00	1273,25	722,95
	Veoma toplo	3	650,00	2052,00	1402,00	1351,00	991,36
Veštačko	Hladno	-2	153,00	630,00	477,00	220,00	154,96
	Malo prohladno	-1	151,00	380,00	229,00	238,45	95,88
	Neutralno-prijatno	0	85,00	449,00	364,00	248,00	86,28
	Malo toplo	1	104,00	1468,00	1364,00	317,27	347,47
	Toplo	2	96,00	680,00	584,00	354,00	133,13
	Veoma toplo	3	136,00	564,00	428,00	368,00	37,87
Kombinovano	Hladno	-2	210,00	210,00	0,00	210,00	0,00
	Malo prohladno	-1	225,00	246,00	21,00	235,50	14,85
	Neutralno-prijatno	0	121,00	1468,00	1347,00	323,52	329,05
	Malo toplo	1	121,00	2123,00	2002,00	395,12	493,55
	Toplo	2	136,00	2123,00	1987,00	616,00	759,56
	Veoma toplo	3	96,00	980,00	884,00	750,00	190,37

Prilog 20. Distribucija ocene toplotnog komfora ispitanika **ženskog** pola i analiza izmerenih vrednosti osvetljenosti prema izvoru osvetljenja

Izvor osvetljenja	Skala toplotnog osećaja		Osvetljenost, lx				
			Min.	Max.	R	\bar{X}	S
Prirodno	Neutralno-prijatno	0	124,00	679,00	555,00	245,33	127,95
	Malo toplo	1	235,00	261,00	26,00	248,00	18,38
	Toplo	2	136,00	311,00	175,00	275,00	98,81
	Veoma toplo	3	379,00	379,00	0,00	379,00	0,00
Veštačko	Veoma hladno	-3	162,00	182,00	20,00	172,00	14,14
	Hladno	-2	144,00	379,00	235,00	186,71	64,34
	Malo pro hladno	-1	124,00	630,00	506,00	281,59	179,13
	Neutralno-prijatno	0	136,00	1468,00	1332,00	292,77	284,75
	Malo toplo	1	85,00	630,00	545,00	314,00	118,40
	Toplo	2	117,00	630,00	513,00	367,69	110,11
	Veoma toplo	3	96,00	248,00	152,00	371,00	52,90
Kombinovano	Hladno	-2	311,00	311,00	0,00	213,54	0,00
	Malo pro hladno	-1	121,00	622,00	501,00	236,00	139,14
	Neutralno-prijatno	0	124,00	379,00	255,00	251,09	77,48
	Malo toplo	1	121,00	379,00	258,00	269,93	80,23
	Toplo	2	124,00	622,00	498,00	274,81	154,02
	Veoma toplo	3	136,00	152,00	16,00	281,72	7,16