

Influența confortului termic și a calității aerului asupra randamentului sportivilor în spații închise

Influence of thermal comfort and air quality on performance of athletes in enclosed spaces

Ș. I. dr. ing. Marius ADAM, Conf. univ.dr. ing. Olga BANCEA,
Conf. univ.dr. ing. Adriana TOKAR, Ș. I. dr. ing. Cristian PĂCURAR

Universitatea Politehnica Timișoara, Romania

Abstract:

The paper presents a case study in which the parameters of the indoor air were measured in a sports hall and was determined their influence on the sport performances of the participants.

Keywords: thermal comfort, air quality, sports performance, sports halls

Rezumat:

Lucrarea prezintă un studiu de caz în care s-au măsurat parametrii aerului interior într-o sală de sport și s-a determinat influența acestora asupra performanțelor sportive ale participanților.

Cuvinte cheie: confort termic, calitatea aerului, randament sportivi, săli de sport.

1. Introducere

Majoritatea oamenilor desfășoară 85–90% din viață în clădiri, iar mai mult de 60% din forța de muncă lucrează în birouri, care trebuie să satisfacă cerințelor obiective și subiective legate de funcțiile vitale ale ocupanților. De aceea spațiile închise trebuie să asigure posibilitatea efectuării cu eficiență maximă atât a muncii fizice cât și a celei intelectuale, precum și a unor activități de recreere și sport în condiții optime. Realizarea acestor condiții depinde de foarte mulți factori, care influențează hotărâtor senzația resimțită de confort, capacitatea de muncă și regenerare a omului, iar în cazul sportivilor senzația de confort influențează performanța acestora.

2. Descrierea spațiului experimental, sală de cycling, și a echipamentelor utilizate pentru efectuarea măsurărilor

Studiul de caz s-a desfășurat într-o sală de cycling din Timișoara, România, cu o capacitate de 30 de biciclete cu lungimea de 11,8 m, lățimea de 7,3 m și înălțimea de 4,3 m (fig.1). Această sală este dotată cu instalație de ventilare/climatizare formată dintr-un Rooftop tip TRANE și tubulatura aferentă de ventilare de introducere și evacuare.



Fig. 1 Sala de cycling și sondele de măsurare

Perioada de desfășurare a măsurătorilor a fost în luna februarie 2018. Pe parcursul măsurătorilor au fost controlate temperatura și debitul aerului introdus, iar cu ajutorul echipamentelor de măsurare au fost înregistrați parametrii aerului interior și la sfârșitul orei de activitate sportivă s-au înregistrat și rezultatele finale ale sportivilor.

Sondele de măsurare a aparametriilor aerului interior au fost amplasate în ”zona de lucru”, la o înălțime de 1,5 m față de sol, iar cele pentru măsurarea temperaturii și vitezei aerului introdus au fost amplasate în zona tubulaturii de ventilare. Instrumentele folosite pentru înregistrarea parametrilor aerului interior au fost: Testo 350 XL – testo 454 cu sondele pentru măsurarea temperaturii aerului interior (t_i), viteza aerului interior (v_i), temperatura globului negru sau temperatura medie de radiație ($t_g=t_{mr}$), concentrația de CO_2 (CO_2), umiditatea relativă a aerului interior (ϕ_i); Testo 405i pentru măsurarea temperaturii aerului introdus (t_{gr}) și viteza aerului introdus (v_{gr}). Pentru înregistrarea rezultatelor finale ale sportivilor s-a folosit aparatura tip IC – TKIC7B încorporată în bicicleta tip Tomahawk ICG. Rezultatele finale ale sportivilor indică valoarea maximă și medie pentru energia metabolică, M , în Watts și pentru viteza de deplasare, w , în m/s.

3. Determinarea confortului termic folosind metoda de evaluare PMV-PPD

Această metodă de evaluare a confortului este constituită din indici prin care se poate prevedea senzația termic resimțită de un subiect, pentru orice combinație între cei patru parametri microclimatici (t_i , t_{mr} , ϕ_i , v_i) și orice nivel de activitate și îmbrăcăminte. Senzația termică previzibilă a corpului în ansamblu se evaluează prin indicele PMV numai pentru valori cuprinse între +2 și -2. Gradul de disconfort (insatisfacție termică) se evaluează prin indicele PPD. Pentru evaluarea confortului termic general într-o încăpere se recomandă modelul PMV-PPD sau temperatura operativă, iar verificarea se poate face pentru parametrii confortului termic local: diferența de temperatură pe verticală, temperatura suprafețelor considerate și radiația asimetrică, ce apare în cazul în care temperatura elementelor de construcție este cu mult diferită de temperatura medie de radiație. În studii recente [3] s-a dezvoltat un

model de evaluare și verificare a confortului termic în clădiri pe baza Standardului European CEN 1752. Expresia indicelui PMV stabilită de Fanger este:

$$PMV = 3,155 \left(0,303E^{-0,114M} + 0,028 \right) L \quad (1)$$

unde M este energia metabolică produsă de corpul uman în unitatea de timp; L este sarcina termică a corpului uman. Indicele PMV are valoarea optimă egală cu zero, dar conform prescripțiilor ISO-7730 se consideră că domeniul de confort termic corespunde valorilor cuprinse între -0,5 și +0,5. Procentajul previzibil de insatisfacție PPD este în funcție de mărimea PMV și se determină cu relația [2]:

$$PPD = 100 - 95 \exp \left(-0,0335PMV^4 - 0,2179PMV^2 \right) \quad (2)$$

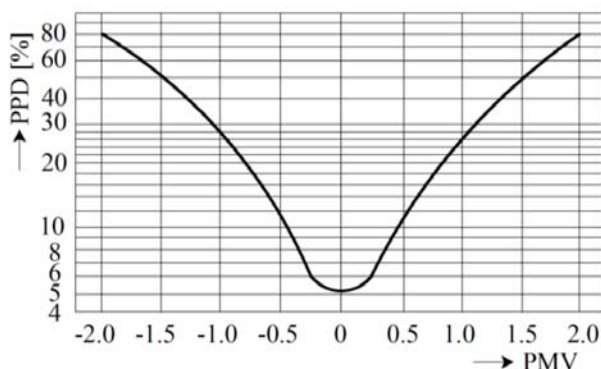


Fig. 2 Variația indicelui PPD în funcție de PMV

În Fig. 2 este reprezentată grafic relația (2) dintre indicii PPD și PMV. Se observă că valoarea optimă pentru PPD este de 5% și se poate obține doar cu ajutorul instalațiilor de climatizare, având un mare grad de automatizare.

4. Studiu de caz. Rezultatele măsurărilor și interpretarea acestora.

Măsurătorile au fost efectuate în două cazuri distincte. În prima perioadă a măsurărilor s-a controlat temperatura aerului introdus, t_{gr} , astfel încât în sala de cycling temperatura aerului interior, t_i , să fie egală cu $17,5 \pm 1^\circ C$ (caz A). Valorile parametrilor aerului interior au fost măsurate la un interval de 3 minute și au fost centralizate în tabelul 1.

Tabel 1 Parametrii aerului, caz A

t_i [°C]	t_{mr} [°C]	v_i [m/s]	ϕ_i [%]
16.8	19.8	0.1	37
17.6	19.8	0.12	39
18.2	19.6	0.11	43.2
17.5	19.2	0.1	45
17.2	18.9	0.14	49
16.7	18.5	0.1	51
16.6	18.2	0.11	53
17.3	17.8	0.1	57.1
18.2	18.1	0.1	51
18.4	18.1	0.12	49.5
18.1	18.6	0.1	54.9
17.9	18.6	0.13	61
17.9	18.6	0.11	48.9
18	18.6	0.1	58

Tabel 2. Rezultate sportivi, caz A

M [Watt]		w [km/h]	
MAX	AVG	MAX	AVG
300	220	49	39
183	100	39	30
301	221	43	31
93	81	43	29
441	253	45	35
190	98	38	29
283	156	38	28
161	83	43	29
231	141	42	33
277	145	43	28
159	68	48	32
152	94	38	31

În Tabelul 2 sunt prezentate rezultatele finale ale sportivilor care indică valoarea maximă și medie pentru energia metabolică, M , în Watts, și valoarea vitezei de deplasare pe bicicleta fixă. Din Tabelul 2 rezultă o valoare medie a intensității $M=138,3$ W și o valoare maximă a lui $M=230,9$ W. Aplicând relațiile (1) și (2) asupra valorilor prezentate în Tabelul 1, au rezultat diferite valori pentru indicii de confort PMV și PPD, sintetizate în Tabelul 3, considerând rezistența termică a îmbrăcăminții $R_{cl}=0,6$ clo.

Tabel 3

Valori PMV – PPD – caz A

$t_i=17,5\pm 1^\circ\text{C}$	Max met		Avg met	
t_{mr} [°C]	PMV	PPD	PMV	PPD
19.8	1.95	74.3	0.33	7.3
19.8	1.98	75.8	0.35	7.6
19.6	2.05	79.2	0.43	8.8
19.2	1.99	76.5	0.37	7.9
18.9	1.88	71.3	0.23	6.1
18.5	1.9	72	0.27	6.5
18.2	1.86	69.8	0.22	6
17.8	1.93	73.3	0.29	6.7
18.1	2	76.8	0.37	7.8
18.1	1.98	75.7	0.33	7.3
18.6	2.04	78.7	0.41	8.5
18.6	2	76.5	0.34	7.4
18.6	1.98	75.9	0.35	7.5
18.6	2.05	78.9	0.41	8.5

Se poate observa că doar în situația în care considerăm o valoare medie a intensității activității depuse, obținem în sala de cycling valori pentru PMV de maxim 0,43, ceea ce asigură starea de confort termic pentru sportivi.

În celălalt caz, când se adoptă valori maxime pentru M (activitate metabolică), nu se obține starea de confort termic, PMV înregistrând valori apropiate de +2, iar PPD este aproximativ 77%. Aceste valori se pot îmbunătăți doar dacă valoarea lui R_{cl} tinde spre 0,1 și viteza aerului interior crește spre 0,25 m/s. În acest caz valoarea PMV-ului este 0,67.

În cealaltă perioadă a măsurătorilor prin controlarea temperaturii aerului introdus, a rezultat o valoare pentru $t_i = 23,5 \pm 1^\circ\text{C}$ (caz B). S-au realizat aceleași măsurători pentru parametrii aerului interior și pentru rezultatele sportivilor. Aceste valori au fost centralizate în Tabelul 4, respectiv Tabelul 5.

Tabel 4. Parametrii aerului, caz B

t_i [°C]	t_{mr} [°C]	v_i [m/s]	φ_i [%]
18.3	19.3	0.1	40
24.7	23.6	0.15	31
24.5	23.9	0.11	41
24.6	24.1	0.1	33
24.7	24.2	0.17	45
24.6	24.3	0.12	51
24.1	24.3	0.1	38
23.7	24.1	0.1	41
23.5	24	0.13	43
23.3	23.9	0.1	42
23.1	23.6	0.11	48
23	23.5	0.1	45
22.8	23.4	0.15	38
22.2	22.6	0.15	30

Tabel 5. Rezultate sportivi, caz B

M [Watt]		w [km/h]	
MAX	AVG	MAX	AVG
316	222	42	31
186	100	37	25
164	93	40	25
241	102	27	25
374	203	41	30
153	91	39	27
240	155	40	24
310	139	37	25
282	179	37	27
244	118	42	29
400	193	40	25
247	128	40	28
275	114	39	27

Din Tabelul 5 rezultă o valoare medie a intensității $M=141,3$ W și o valoare maximă a lui $M=264$ W.

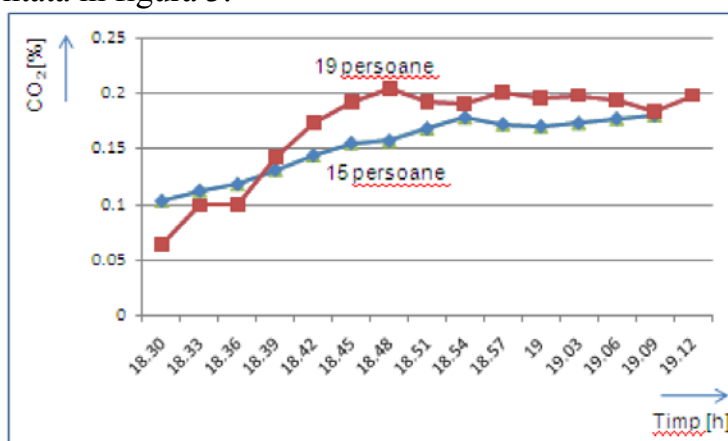
Aplicând relațiile (1) și (2) asupra valorilor prezentate în Tabelul 4, au rezultat diferite valori pentru indicii de confort PMV și PPD, sintetizate în Tabelul 6, considerând rezistența termică a îmbrăcămînții $R_{cl}=0,6$ clo.

Valorile calculate pentru PMV, respectiv PPD, nu se încadrează în valorile de confort de +0,5 și -0,5. O singură excepție se înregistrează la începutul perioadei de măsurători, când atât t_i cât și t_{mr} nu depășesc valoarea de 20°C .

Valori PMV – PPD – caz B

$t_i=23,5\pm 1^\circ\text{C}$	Max met		Avg met	
$t_{\text{air}} [^\circ\text{C}]$	PMV	PPD	PMV	PPD
19.3	2.07	79.7	0.48	9.9
23.6	2.84	98.2	1.25	37.8
23.9	2.93	98.8	1.35	42.7
24.1	2.91	98.6	1.34	42.5
24.2	2.96	98.9	1.35	42.9
24.3	3.02	99.2	1.43	46.9
24.3	2.91	98.7	1.34	42.4
24.1	2.88	98.4	1.31	40.6
24	2.84	98.1	1.25	37.7
23.9	2.84	98.1	1.26	38.3
23.6	2.82	98	1.23	36.9
23.5	2.8	97.8	1.12	31.2
23.4	2.68	96.5	1.09	30
22.6	2.53	94	0.94	23.6

Deasemenea în cele două cazuri s-au făcut măsurători și asupra concentrației de CO_2 din aerul interior pentru a determina calitatea aerului interior. În prima parte a măsurătorilor (caz A) au luat parte 15 sportivi (7 femei și 8 bărbați), iar în cea de-a doua parte (caz B) au fost 19 sportivi (7 femei și 12 bărbați). Variația concentrației de CO_2 este reprezentată în figura 3.

Figura 3. Variația concentrației de CO_2 din aerul interior

Concentrației de CO_2 are o creștere accentuată în prima parte a orei de cycling, atingând o valoare maximă de 0,2% (19 sportivi), respectiv 0,18% (15 sportivi), după care valorile oscilează foarte puțin.

5. Concluzii

Din măsurătorile prezentate rezultă că zona de confort termic pentru sportivi se asigură doar în cazul A, atunci când temperatura aerului interior, t_i , a fost menținută la valoarea de $17,5\pm 1^\circ\text{C}$ și pentru activitatea metabolică a fost considerată o valoare medie de $M=138,3$ W. Dacă se face o comparație între viteza de deplasare a sportivilor în cele două cazuri se constată că în cazul A sportivii au înregistrat o viteză medie de 31,16 km/h, iar în cazul B s-a înregistrat o viteză medie de 26,7 km/h, ceea ce arată o

Influența confortului termic și a calității aerului asupra randamentului sportivilor în spații închise creșterea vitezei de deplasare cu 14,3% pentru perioada în care sportivii s-au antrenat în condiții de confort termic.

Calitatea aerului interior nu a fost alterată deoarece concentrația de CO₂ nu a depășit valoarea de 2000 ppm în nici unul din cele două cazuri prezentate.

Bibliografie

- [1]. IS -2010 - Normativ privind proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare.
- [2]. *** Manualul de instalații – Instalații de ventilare și climatizare – Ed.ARTECNO București, 2010.
- [3]. Adam M., - “Optimizarea instalațiilor de ventilare/ climatizare în regim de răcire în scopul asigurării eficienței energetice și a confortului în clădiri de birouri”, Ed. Politehnica, 2014.
- [4]. Recknagel – Spernger – Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Oldenbourg Verlag, 2013/2014.
- [5]. ASHRAE Handbook - Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, USA, 2009.
- [6]. ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipments Handbook, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, USA, 2012.