

# Intenzív fluktuációt mutató komfortparaméterek mérése

## Measurement of comfort parameters showing intense fluctuation

LENKOVICS László<sup>1</sup>, Dr. CAKÓ Balázs<sup>1</sup>, EÖRDÖGHNÉ Dr. MIKLÓS Mária<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tanszék  
Magyarország, 7624 Pécs, Boszorkány út 2.  
e-mail: [lenkovics.laszlo@mik.pte.hu](mailto:lenkovics.laszlo@mik.pte.hu)

### Abstract

*The paper presents a thermal comfort research. During the research, the results measured with the thermal comfort measuring station and thermal manikin are compared with subjective evaluation results, which were measured with the participation of living subjects. The expected heat sensation is determined using the PMV-PPD method defined in the ISO 7730 standard. The methodology was determined for a permanent, source-free case during the procedure specified in the standard. In everyday practice, however, we often encounter cases where a physical parameter is not constant or stabilized. This could be, for example, a building with an air conditioning system. The effect of intense fluctuations in air speed is taken into account by simple averaging of the measurement data, which greatly simplifies the problem. The aim of the research is to create a calculation procedure that evaluates the effect of intensively changing physical parameters in a complex way. For the measurement, we used a universal thermal comfort measuring station (testo 400) and a measuring mannequin made in Denmark and custom-made by PT-Teknik. The measurement was made according to the ISO 7726 standard. The subjective measurements were made with the involvement of subjects, during the measurement a questionnaire survey was carried out based on the methodology defined in the ISO 10551 standard. The questionnaire was prepared in Hungarian and English after several rounds of consultation and consisted of 13 questions, mainly related to the sensation of heat and air speed, in accordance with the data protection requirements of the GDPR. The research took place at the Department of Building Mechanics and Facilities Engineering of the Faculty of Technology and Informatics of the University of Pécs.*

**Keywords:** comfort theory, thermal comfort, clothing, air speed, live subject measurement

### Kivonat

*Az cikk egy termikus komfort kutatást mutat be. A kutatás során a hőkomfort mérőállomással és hőbábuval mért eredményeket szubjektív értékelési eredményekkel vetjük össze, melyeket élő alanyok bevonásával mértünk.*

*A várható hőérzetet az ISO 7730 szabványban meghatározott PMV-PPD módszerrel határozzuk meg. A módszertan állandó, forrásmentes esetre került meghatározásra a szabványban meghatározott eljárás során. A mindennapi gyakorlatban azonban gyakran találkozunk olyan esetekkel, amikor valamely fizikai paraméter nem állandó, nem stabilizálódott. Ez lehet például egy légkondicionáló rendszerrel működő épület. A légsebesség intenzív ingadozásának hatását a mérési adatok egyszerű átlagolásával vesszük figyelembe, ami nagyban leegyszerűsíti a problémát. A kutatás célja olyan számítási eljárás megalkotása, amely komplex módon értékeli az intenzíven változó fizikai paraméterek hatását.*

*A méréshez egy univerzális hőkomfort mérőállomást (testo 400) és egy dán gyártmányú, a PT-Teknik által egyedileg gyártott mérőbábút használtunk. A mérés az ISO 7726 szabvány szerint történt.*

*A szubjektív mérések alanyok bevonásával történtek, a mérés során kérdőíves felmérés történt az ISO 10551 szabványban meghatározott módszertan alapján. A kérdőív több fordulós egyeztetés után magyar és angol nyelven készült, és 13 kérdésből állt, főként a hőérzettel és a levegő sebességével kapcsolatos, a GDPR adatvédelmi követelményeinek megfelelően.*

*A kutatás a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszékén zajlott.*

**Kulcsszavak:** komfortelmélet, hőkomfort, ruházat, légsebesség, élőalany mérés

## 1. BEVEZETÉS

A bemutatott kutatás a PTE Műszaki és Informatikai Kar Parametrizált Komfort a Fizikai Terekben kutatócsoport kutatásába illeszkedő tématerület, amely az egészséges fizikai környezethez az emberi életciklus állomásai során változó tér és komfortigény szükségességét vizsgálja. A kutatócsoport hosszútávú kutatási célja az alkalmazott kutatás, olyan termékek és életterek kialakítás, amelyek az emberi egészségre pozitív hatással vannak és betegség megelőzést is szolgálnak. A zárt helyiségekben huzamosan töltött idő hatása az emberi egészségre, komfortra és a hatékonyságra a kutatócsoport célterülete. A komfortérzet többdimenziós analízise, komplex eredményre vezet a jóllét-érzetének egyénre szabható aspektusában. Ezt az analízist szolgáltatások fejlesztésre és termékek tervezésére vezetjük vissza, a parametrizált értékek által detektálható problémák válaszáként.

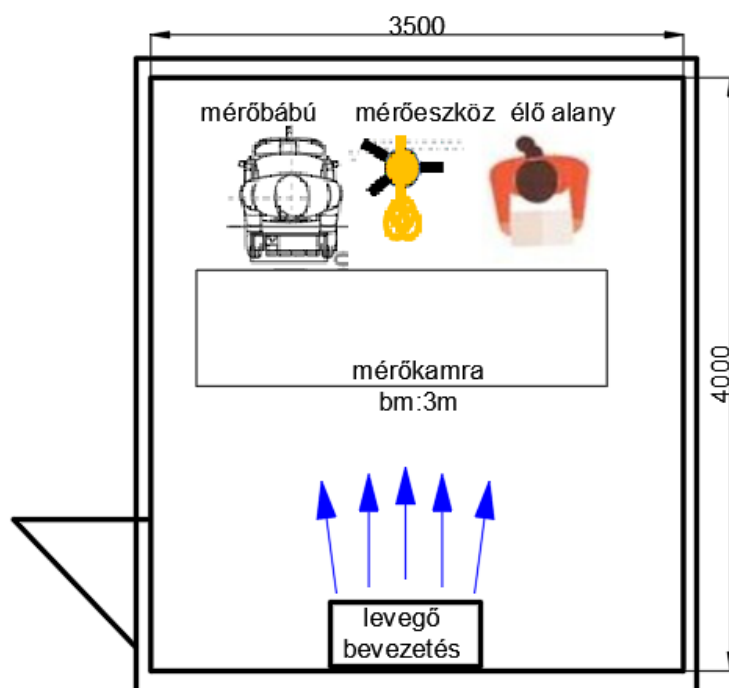
Az épületek, elsősorban az irodaépületek fűtésére, légkondicionálására manapság a legelterjedtebb mód a levegővel történő fűtés, hűtés. A szűkös terek és a job helykihasználás érdekében ezek a berendezések legtöbbször a mennyezetre, vagy az álmennyezetbe kerülnek elhelyezésre. Az alattuk ülő dolgozókra ez a folyamatosan változó légsébség és léghőmérséklet hatással van. A hatályos szabványokban, a számítási eljárásokban ez nincs figyelembe véve, de nagyon fontos az hogy hőkomfort és légkomfort szempontjából megvizsgáljuk ezeket a tereket. A tervezés szintjén tudjunk felkészülni arra hogy a tervezett berendezések milyen hatással lesznek a közelükben dolgozóakra és ez milyen hatással van a munkavégzésükre esetleg az egészségükre.

Jelen kutatásban a hőtechnikai tehetetlenség hatását vizsgáljuk egy hőkomfort mérőállomás, egy termikus mérőbábú és élő alanyok segítségével.

## 2. A MÉRŐESZKÖZÖK

### 2.1. Komfortmérő eszköz

A méréshez használt eszköz egy univerzális klímamérő. Típusa testo 400. A mérőeszköz PMV-PPD mérésre alkalmazható. A mérés menete az MSZ EN ISO 7726:2003 szabvány és az MSZ EN ISO 7730:2006 szabvány szerint történt, amely tartalmazza a legfontosabb hőkomforttal kapcsolatos mérések módszereit, valamint peremfeltételeit, tartalmazza a PMV és PPD érték meghatározását számítással, valamint a huzathatás (DR) miatt várható elégedetlenség százalékos arányának számítását, a hőkomfort ajánlott követelményeit. A mérést az adott teret használók tevékenységének megfelelő 1,1 m magasságban végeztük.



1. ábra Amérőkamra berendezése

## 2.2. Mérőbábú

A méréshez, validáció céljából használt eszköz egy termikus mérőbábú. A termikus mérőbábú az emberi test helyi vagy egész testre vonatkozó hőcseréjének szimulációjára képes. Az ember és környezete közt kialakuló hőtranszport folyamatok minden típusát képes modellezni a tér minden irányába. Az MSZ EN ISO 15831:2004 Ruházat. Élettani hatások. A hőszigetelés mérése hőhatásnak kitett tanbábú segítségével című szabvány a ruházat hőszigetelő képességének termikus mérőbábúval történő meghatározását ismerteti. Ez a szabvány leírja a clo érték meghatározásának menetét, számítási elvét, a termikus mérőbábú és mérőkamra kialakításával szemben támasztott követelményeket és a javasolt mérési peremfeltételeket a termikus környezetre vonatkozóan.

## 2.3. Élő alany

A komfortkutatások során gyakran alkalmaznak élőalanyos méréseket.

Az mérésben résztvevő alanyoknak a mérés során meghatározott időnként kérdőívet kellett kitölteni. A kérdőív alapját az MSZ EN ISO 10551:2020 - Fizikai környezetek ergonómiája. Szubjektív megítélési skálák a fizikai környezetek felmérésére című szabvány adta. A szabvány tartalmazza a kérdőív készítésének módját a szubjektív hőérzet vizsgálatához. A szubjektív skála meghatározását. Továbbá iránymutatást ad a kérdőívben feltett kérdések megfogalmazására. Tartalmaz mintákat a kérdőív tekintetében és leírja a kiértékelés menetét, az AMV (Actual Mean Vote) meghatározásának módját. A kérdőívet az aktuális kutatáshoz igazítottuk, külön kitérve benne a huzathatásra.

A kérdőív többkörös egyeztetés után magyar és angol nyelven készült el, összesen 13 kérdésből állt, amelyek elsősorban a hőérzetre és a légsebességre vonatkoztak, az adatvédelmi GDPR előírásoknak megfelelően.

Az élőalanyos tesztben résztvevőknek 4, 5, 6, 7 és 9 pontos skálán kell értékelni a komfortérzetüket, a kérdéstől függően

## 3. A MÉRÉS MENETE

A helyszín megválasztása, a környezeti feltételek biztosítása, a mérés ideje alatt végezhető tevékenység, a vizsgálat időtartama az EN ISO 10551:2020 szabvány ajánlásával történt.

A mérést 7 naposra terveztük, nappalis és levelezős egyetemi hallgatók, valamint oktatók részvételével. A részvétel önkéntes volt, a mérés részletes menetéről, a körülményekről, a lehetséges kockázatokról a hallgatókat tájékoztattuk. Az időbeosztást reggel 8:00-20:00 közé időzítettük. A szakirodalmakban az élőalanyos mérésekre 1,5-8 óra közötti vizsgálatokkal találkozunk, a vizsgálat tárgyának függvényében. A Hőkomfort kutatások esetében ez az időtartam 1,5-2 óra közötti. Hogy a vizsgálat ne legyen megterhelő az alanyok számára a mérést ~90 percesre, a mérések közötti ~30 perces szünetekkel terveztük. Ez napi 6 db vizsgálatot tett lehetővé.

Amikor az alany helyet foglal, a kamrában kellemes termikus állapot van, az elárasztásos befűvő az általunk meghatározott legnagyobb (1.fokozat) légmennyiséget juttatja a helyiségbe. Az első tesztet a kezdés után ~25 perccel kell kitölteni. Ezen idő alatt az alany elhelyezkedik amérésre, alkalmazkodik a körülményekhez. Az élő alany a mérések ideje alatt a kijelölt helyen ült, irodai tevékenységet végzett, olvasott írt, számítógépezett, tanult. A teszt kitöltése 3-4 percet vesz igénybe. A kitöltés után 1-2 perccel a légmennyiséget csökkentjük (2.fokozat) a közepes légmennyiségre. ~25 perc után ismét tesztkitöltés következik. A 2. teszt kitöltése után ismét a légmennyiséget csökkentjük (3.fokozat) az általunk meghatározott legalacsonyabb fokozatra. ~25 perc után ismét, immár utoljára az élő alany kitölti a tesztet. A 3. teszt kitöltése után vége a mérésnek. Ezután a kamrában ismét a legmagasabb légmennyiségre (1.fokozat) állunk át. ~30 perc időt hagyunk az alanyok között. Az egyensúly beállása után jön a következő élő alany. Összesen 38 mérést végeztünk 8 nap alatt. A mérésen résztvevők 20-51 év közötti férfiak és nők vegyesen.

Az élő alanyok öltözete megegyezett ruházat hőszigetelő képesség szempontjából a mérőbábú ruházatával. Zárt cipő, zokni, alsóruházat, hosszúnadrág, póló. CLO érték mérés előzte meg a kutatást, az eredménye: ICL=0,65 clo.

Levegő bejuttatás a kamrába a 1. ábra szerint a kamra padlójára helyezett elárasztásos légbefúvón keresztül történt. A befúvó helyét és a légmennyiséget úgy választottam meg, hogy a mérések helyén (mind a mérőbábú, mind a testo400 és az élőalany közvetlen közelében) azonos legyen fokozatonként.

1. táblázat tartalmazza a mérés során tervezett és a mérés alatt mért átlagértékeket.

tervezett értékek			mért értékek	
falhőmérsékletek	23	°C	23	°C
padlőhőmérséklet	23	°C	23	°C
mennyezet hőmérséklet	23	°C	23	°C
lég hőmérséklet	23	°C	23	°C
relatív páratartalom az 1. fokozatban	45	%	43,2	%
relatív páratartalom a 2. fokozatban	45	%	42,8	%
relatív páratartalom a 3. fokozatban	45	%	39,9	%
légssebesség az 1. fokozatban	0,3	m/s	0,28	m/s
légssebesség a 2. fokozatban	0,15	m/s	0,12	m/s
légssebesség a 3. fokozatban	0,03	m/s	0,03	m/s
a ruházat hőszigetelő képessége	0,65	clo	0,65	clo

A mérőbábút a mérés során komfort kontrol üzemmódban használtuk, mely a termikus mérőbábuk legmodernebb szabályozási módjának számít, amely arra a fiziológiai alaptézisre épül, hogy az egészséges szervezet maghőmérséklete állandó 36,4°C-os. Segítségével pontosabb komfort mérések végezhetőek, mivel ez az üzemmód közelíti meg leginkább az emberi szervezet működését.

A 2. és a 3. fokozat mérése az MSZ EN ISO 9920:2009 szabványban rögzített peremfeltételek szerint mind a 4 vizsgált kritériumnak megfelel.

2. táblázat A mért értékek szabvány szerinti megfeleltetése

Paraméter	Peremfeltétel	Mért átlag érték
Légssebesség	<0,15 m/s	1.fokozat:0,03 m/s 2.fokozat:0,12 m/s 3.fokozat:0,28 m/s
Az ambiens és közepes sugárzási hőmérséklet közötti különbség	$\leq  1 ^\circ\text{C}$	0,3°C
Relatív páratartalom	30-70%, lehetőség szerint 50%	39-43,5%
A mérőbábú fajlagos hőleadása	min. 20 W/m <sup>2</sup> , ajánlott tartomány 40-80W/m <sup>2</sup>	38,3-74,5 W/m <sup>2</sup>

Az 1.fokozat mérését az MSZ EN ISO 9920:2009 szabványban rögzített peremfeltételeknél magasabb légssebességre választottuk.

Egy korábbi kutatás szerint a vizsgált személyek ~50% érezte a légmozgást 0,15 m/s légssebességnél, 10% érezte kellemetlennek (80% érezte a légmozgást) 0,4 m/s légssebességnél. A férfiak kedvelt légssebessége 0,37 m/s; nők kedvelt légssebessége: 0,28 m/s. [8]

## 4. EREDMÉNYEK

A kutatásban 38 személy vet részt, 29 férfi, 9 nő. A helyiségben a három mérés alatt az átlaghőmérséklet 24,29 °C volt, az átlagtól az eltérés  $\pm 1,1$  °C-on belül volt. A relatív páratartalmat 39-43,5% között tartottuk. A légsebességek a három mérésnél 1. fokozat 0,28 m/s, a 2. fokozat 0,12 m/s, a 3. fokozat 0,03 m/s átlagérték volt. Az eltérés fokozatonként kevesebb mint 15% volt.

3. táblázat A mért paraméterek eredménye

	testo400	testo400	mérőbábú	testo400
Mérés	légsebesség	hőmérséklet	hőmérséklet	rel.páratartalom
sorozat	[m/s]	[°C]	[°C]	[%]
száma	ÁTLAG	ÁTLAG	ÁTLAG	ÁTLAG
1	0,28	23,61	23,24	43,22
2	0,12	23,83	23,99	42,81
3	0,03	25,42	24,80	39,85

1. táblázat A mért PMV-PPD értékek

Mérés	testo400	testo400	Mérőbábú	testo400	Mérőbábú
sorozat	[m/s]	PMV	PMV	PPD [%]	PPD (%)
száma	ÁTLAG	ÁTLAG	ÁTLAG	ÁTLAG	ÁTLAG
1	0,28	-0,80	-0,72	19,24	16,61
2	0,12	-0,29	-0,46	7,22	9,95
3	0,07	0,10	-0,18	5,57	6,11

A mérési adatoknak a kiértékelése zajlik melynek a célja az hogy meghatározzunk egy CL tényezőt amely figyelembe tudjuk venni az élő szervezet tehetetlenségét a tesco 400 mérés esetén is.

## 5. DISZKUSSZIÓ

Az eddig feldolgozott adatok alapján megállapítottuk, hogy az intenzíven változó légsebességnek van hatása a kis hőtehetetlenségű mérőszeközök által mért adatokra. Szükséges egy módszert kidolgozni, ami figyelembe veszi a változó légsebesség hatását a komfortterekben.

A kutatás folytatásában a cél olyan módszer kidolgozása, mely a meglévő fizikai modellt ad az intenzíven változó fizikai paraméterek szakszerű figyelembevételével.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] ASHRAE Standard 55-2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [2] Dr. Magyar Zoltán, Dr. Révai Tamás, Thermal Insulation of the Clothing 2nd Royal Hungarian Army in Winter Campaign in the Light of Thermal Manikin Measurements, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 11:(7) pp. 197-207. (2014)
- [3] Dr. Bánhidi László, Dr. Kajtár László (2000): Komfortelmélet, Műegyetemi kiadó, Budapest
- [4] CAKÓ B. HŐKOMFORT MÉRÉSEK ÉS SZÁMÍTÁSOK. Pécs. ISBN: 978-963-429-947-9 Kiadó: KomfortMűhely Kft, 2022.
- [2] W. Cui, G. Cao, J. H. Park, Q. Ouyang és Y. Zhu, „Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance,” Elsevier, 2013.
- [5] S. Kawakubo, M. Sugiuchi és S. Arata, „Office thermal environment that maximizes workers’ thermal comfort and productivity,” Elsevier, 2023.
- [6] Borsos Ágnes, Zoltán Erzsébet Szeréna, Cakó Balázs, Medvegy Gabriella, Girán János, A Creative Concept to empower office workers addressing work-related health risks. HEALTH PROMOTION INTERNATIONAL 37 : 3 Paper: daac064 , 12 p, (2022)
- [7] BARNA E. A SUGÁRZÁSI HŐMÉRSÉKLET ASSZIMETRIA ÉS A MELEG PADLÓ EGYÜTTES HATÁSA A HŐÉRZETRE, PhD értekezés 2012.
- [8] S. Tanabe, K. Kimura “Effects of air temperature, humidity, and air movement on thermal comfort under hot and humid