

# Clo érték mérés termikus mérőbábuval

## Measuring clo values using a thermal manikin

ÓZDI András<sup>1</sup>, CAKÓ Balázs<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar,  
Magyarország, 7624 Pécs, Boszorkány u. 2.  
ozdiandras@gmail.com

<sup>2</sup>Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar,  
Mérnöki és Smart Technológiák Intézet - Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tanszék  
Magyarország, 7624 Pécs, Boszorkány u. 2.  
cako.balazs@mik.pte.hu

### Abstract

*Thermal manikins are an excellent complement to live subject studies regarding thermal comfort and clothing research. In fact, these life-size models have been designed to accurately simulate the human thermoregulatory system. This means simulating dry heat exchange between man and the environment, where in some cases the ability to replicate sweating or breathing is also introduced. Thermal manikins have been used for the analysis of human comfort, to study the human environmental condition and to measure thermal properties of garments and ensembles. Within the scope of this paper, the goal is to outline the characteristics of a given thermal manikin and detail the different approaches to clothing insulation calculation.*

**Keywords:** Thermal manikin, clothing thermal insulation, thermal insulation calculation methods, serial and parallel methods, thermal comfort

### Kivonat

*A termikus mérőbábuk kiváló kiegészítői az élő alanyos vizsgálatoknak a hőkomfort és a ruházati kutatásokat illetően. Ezeket az életnagyságú modelleket úgy tervezték, hogy pontosan szimulálják az emberi hőszabályozó rendszert. Ez ebben az esetben az ember és környezete közti száraz hőcsere szimulálását jelenti, ahol bizonyos esetekben az izzadás vagy a légzés reprodukálásának képességét is bevezetik. A termikus mérőbábukat az emberi komfortérzet elemzésére, az emberi környezeti állapot tanulmányozására, valamint ruházati cikkek és ruhaköltevények termikus tulajdonságainak mérésére használják. A cikk keretein belül a cél egy adott termikus műember jellemzőinek bemutatása és a ruházati hőszigetelés számítás különböző megközelítéseinek részletezése.*

**Kulcsszavak:** Termikus mérő bábu, ruházati hőszigetelő képesség, hőszigetelés számítási módszerek, soros és párhuzamos modellek, hőkomfort

## 1. TERMIKUS MÉRŐBÁBUK ALKALMAZÁSA

Egyre nagyobb az érdeklődés a termikus mérőbábuk használata iránt a kutatás és fejlesztés terén, illetve a kapcsolódó szabványok kialakításában. Ezeket a modelleket évtizedek óta használják kutatási céllal, ahol komfortelméleti szempontból vizsgálják az emberi tartózkodásra alkalmas zárt tereket. Lehetőséget ad egy ilyen komplex mérőműszer a belső terek besorolására a termikus jellemzőinek értékelése által. Ez magában foglalja az emberi hőérzetért felelős paraméterek mérését, és ezen értékek alapján meghatározhatóak a széles körben használt komfortérzetet jelző mutatószámok. Mindez lehetővé teszi a helyi mikroklíma és annak a hőkomfortra vonatkozó, emberi elégedettségre gyakorolt hatásának jobb megértését. Ezt megelőzően a textilruházati iparban fejlesztési céllal is használtak már termikus mérőbábukat, vagy műembereket ruházati cikkek hőtan tulajdonságainak mérésére. A ruházati rendszerek hozzájárulnak a viselő teste és a környezet közötti hő- és nedvességcsere egyensúlyának eléréséhez. [1] Ezen komplex modellek előnye, hogy olyan tényezőket vesznek figyelembe, mint a testalkat, a bőrfelület és ruházat közti légrések, a testhelyzet vagy az ember mozgása. Másik fontos szempont a textíliával borított testfelület és a szabadon lévő bőr mennyiségének figyelembevétele. A

modern termikus mérőbábuk szegmentáltak. [2] Általában több testszegmensre osztva, független hőmérséklet szabályozási és mérési képességgel rendelkeznek. Ez lehetővé teszi a felületi bőr hőmérséklet és a hőáramok változtatását a test különböző részein. A termikus mérőbábuk alkalmazhatósága a ruházati hőszigetelő képesség vizsgálata kapcsán felkeltette az egészség- és viselkedéstudományok, a konfekcióipar vagy textilruházati ipar, a katonai-hadászati és a hőkomfort tudományok kutatóinak érdeklődését. [3]

### 1.1 A ruházat hőszigetelő képessége

A clo egy olyan érték, amely egy ruhadarab által nyújtott hőszigetelés mértékét írja le. [4] A clo mint mértékegység meghatározásához bármilyen ruházat esetén szükség van egy megbízható számítási módszerre. A ruházati cikkek hőszigetelő képességének és nedvességáteresztő képességének értékelése többféleképpen is elvégezhető. Ide tartoznak az élő alanyos vizsgálatok, amelyek ugyan pontos és valós adatokat szolgáltatnak, kifinomult felszerelést igényelnek és a mérés reprodukálhatósága korlátolt. [5] Másik alkalmazott módszer lehet a felmelegített fémlemez használata, amely lehetővé teszi a különböző szövetek nedvességáteresztő képességének vizsgálatát. [6] Ezzel szemben egy termikus mérőbábu egyszerűbben alkalmazható, átfogó és komplex módszert kínál a ruházat hőtani tulajdonságainak számszerűsítésére. A korai modellek egyetlen vagy csak néhány egyedileg szabályozott testrészből álltak. A későbbi szegmentált, komplex modellek három különböző módszer kialakulásához vezettek a ruházat hőszigetelőképességének meghatározásakor. Az ISO 9920:2009 számú szabvány részletezi a számítási módszerek alapját. [7] A módszerek közé tartozik a globális, a soros és a párhuzamos módszer. Az ISO 15831:2004 szabvány leírja a termikus mérőbábukkal szemben támasztott követelményeket és a ruházati cikkek hőszigetelésének mérésére használt eljárásokat. [8] A szabvány azonban nem határozza meg az egyenletek használatának peremfeltételeit, és a párhuzamos módszert az ISO 9920:2009 globális módszeréhez hasonlóan kezeli, ezért a számítási módszerek minimálisan eltérnek. A jelen példában bemutatásra kerülő termikus mérőbábu esetében az ISO 9920:2009 szabvány hivatkozható meg, mivel a kapcsolódó szoftver is ezt veszi alapul. Eszerint a teljes ruházat hőátbocsátási ellenállásának meghatározására szolgáló általános képlet a következő [7] [9]:

$$I_T = \frac{t_{sk} - t_o}{H_{sk}} = \frac{\sum (f_i \times t_{sk,i}) - t_o}{\sum (f_i \times H_{sk,i})} = \frac{\sum f_i (t_{sk,i} - t_o)}{\sum (f_i \times H_{sk,i})} \quad (1)$$

Ebből:

$I_T$  a teljes ruházat hőszigetelése [ $\text{m}^2 \text{°C} / \text{W}$ ],

$t_{sk}$  átlagos bőrhőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$t_{sk,i}$  a mérőbábu  $i$  szegmensének helyi felületi hőmérséklete [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$t_o$  operatív hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$H_{sk}$  hőáram a teljes testre vetítve [ $\text{W}$ ],

$H_{sk,i}$  adott  $i$  szegmens helyi hőáramlása [ $\text{W}$ ].

Az operatív hőmérséklet a legtöbb esetben megegyezik a szakirodalomban ambiens hőmérsékletként emlegetett környezeti hőmérséklet értékkel. Az egyenletben  $f_i$  a szegmens területének hányada a teljes testfelülethez viszonyítottan:

$$f_i = \frac{A_i}{A} \quad (2)$$

Ahol  $A_i$  [ $\text{m}^2$ ] a bábu  $i$  szegmensének felülete és  $A$  [ $\text{m}^2$ ] a teljes testfelület. Az (1) egyenletben az egyes testrészek összes hővesztésének és bőrhőmérsékletének területével súlyozott értékét összegezzük, mielőtt a hőszigetelést kiszámítanánk, így egy általános képletet kapunk, amely leírja a hőszigetelés meghatározását. Az itt bemutatásra kerülő termikus műember esetében a soros és a párhuzamos módszerek alkalmazhatóak. A soros és a párhuzamos módszer a bőrhőmérsékletet és az egyes testrészek hőáramát vizsgálja a helyi ellenállások kiszámításához, amelyeket aztán a soros, illetve a párhuzamos modell szerint összegez. Azzal a feltételezéssel, hogy a bőrhőmérséklet az egész testen egyenletes, ahol az egyes szegmensek helyi bőrhőmérséklete és az átlagos bőrhőmérséklet állandó, az első egyenlet a következő lesz:

$$I_T = \frac{t_{sk} - t_o}{\sum (f_i \times H_{sk,i})} \rightarrow \frac{1}{I_T} = \frac{\sum f_i \times H_{sk,i}}{t_{sk} - t_o} = \sum f_i \left( \frac{H_{sk,i}}{t_{sk} - t_o} \right) = \sum f_i \times \frac{1}{I_{T,i}} \quad (3)$$

A (3) egyenlet a párhuzamos módszerre vonatkozik, homogén felületi hőmérséklet mellett, ahol  $I_{T,i}$  a szegmens helyi ellenállása [ $\text{m}^2 \text{°C} / \text{W}$ ]. A párhuzamos módszer a teljes hőszigetelés kiszámítása előtt összeadja az egyes szegmensek hővesztését, felületét és a területtel súlyozott bőrhőmérsékletét [7] [10]. Ezzel szemben feltételezve, hogy a helyi hőáram egyenletes ( $H_{sk,i} = H_{sk} = \text{állandó}$ ) a teljes testen, akkor az (1) egyenlet a következő képpen alakul:

$$I_T = \frac{\sum f_i (t_{sk,i} - t_o)}{\sum f_i \times H_{sk,i}} = \frac{\sum f_i (t_{sk,i} - t_o)}{H_{sk}} = \sum f_i \left( \frac{t_{sk,i} - t_o}{H_{sk}} \right) \rightarrow I_T = \sum f_i \times I_{T,i} \quad (4)$$

A (4) egyenlet a soros számítási eljárást mutatja. [7] [10] A soros módszer először a helyi hőellenállást számítja ki, és a helyi hőszigetelést a szegmens területére vetítve átlagolja. Huang [10] felhívja a figyelmet, hogy a ruházat hőszigetelési értékének kiszámításakor mindkettő módszert figyelembe kell venni. Kuklane és Holmér [11] részletezi, hogy az összes általuk vizsgált körülmény közt a párhuzamos módszer eredményei egy jobban alkalmazható metódust mutatnak a ruházatfiziológiai kutatásokban. Folyamatos vita folyik arról, hogy melyik számítási módszer felel meg jobban a hőszigetelés definíciójának.

A hőszigetelő képessége egy ruhátlan mérőbábnak  $I_a$  [clo] meghatározható az (1) képlet alapján a meztelen állapotban mért paraméterek segítségével. Ebben az esetben is szerepe van a meztelen testet körülvevő légréteg ellenállásának. Ezek alapján az adott ruházategyüttes hőszigetelésének effektív értéke  $I_{cl}$  [clo] vagy [ $\text{m}^2 \text{°C} / \text{W}$ ] a következőképpen határozható meg [12]:

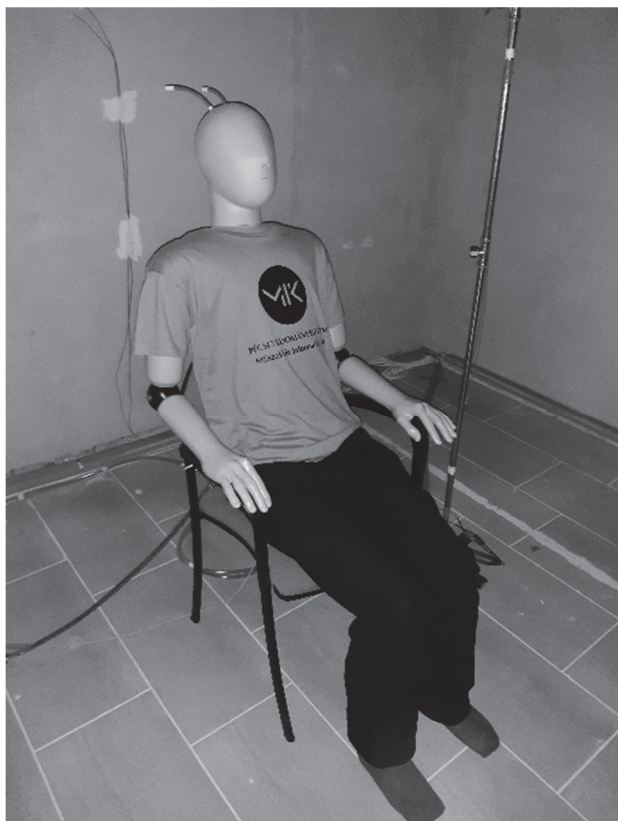
$$I_{cl} = I_T - I_a \quad (5)$$

Az (5) egyenlet segítségével meghatározható testrészenként egy-egy ruhadarab vagy komplex rétegelt rendszerek teljes clo értéke is.

## 2. ESZKÖZÖK ÉS MÉRÉSI MÓDSZEREK

### 2.1. Termikus mérőbábu

A kísérletben használt termikus mérőbábut, a kutatási céllal tervezett modellek gyártására szakosodott PT-Teknik nevezetű cég készítette. A bábu képes szimulálni, hogy valós szituációban az ember mennyi hőt adott volna le egy adott környezetben, ezáltal pedig azt, hogy esetleg fázott, vagy melege lett volna. Emellett reprodukálható és megfigyelhető a test alkalmazkodó képessége is. Testmagassága és testsúlya a bábnak egy átlagos felnőtt emberével egyezik meg. A test 22 darab, külön-külön szabályozható szegmensre van osztva. Üveg-szál-erősítésű poliészterből készült héjből készült a modell, amelyet az egész testfelületen a bőr alá rejtett nikkal fűtőhuzal hálózat segítségével lehet melegíteni és az ezekkel párhuzamosan futó vezetékekkel mérni az egyes testrészek átlagos felületi bőrhőmérsékletét és a bevitt elektromos feszültséget. Lehetőség van a térdek hajlítására és a csípőből kiinduló mozgásra. Az egyes pozíciókban rögzíthetőek a lábak, amely lehetővé teszi az ülő pozitúra szimulálását. Megoldott a karok mozgatása is könyök és váll „izületekkel”. A fej oldalirányú mozgatása lehetséges. A mérőbábu arca kidolgozatlan mivel az arcszerkezet élethű megléte nem elsősorú szempont a hőkomfort vizsgálatok során, míg a kézfej és ujjak megléte igen. Mindez az 1. ábrán látható, ahol ülő pozícióban felöltöztetve, a mérőkamra közepén foglal helyet a bábu.



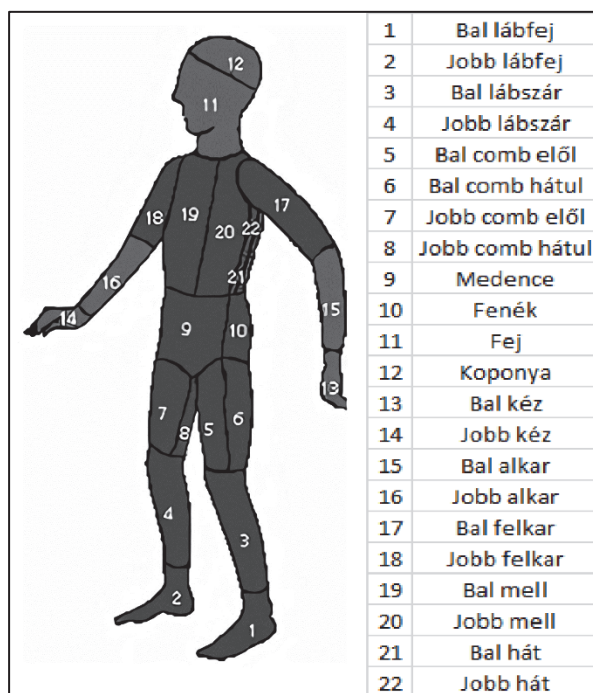
1. ábra. A mérések során használt termikus mérőbábu.

Az emberi hőszabályozó rendszert szimuláló bábu működési elve általában két vezérlési módszeren alapul. A lehetőségek közé tartozik alapesetben a bőrfelületi hőmérséklet állandó értéken tartása mely során, méri, hogy mennyi fűtőteljesítmény szükséges, illetve az áramellátás állandó értéken tartása egy másik opció. Az itt ismertetett termikus mérőbábuval egy harmadik, komfort kontrol üzemmód is elérhető, ami az emberi test hőtermelését, hőleadását és hőszabályozását a lehető legéletszerűbben követi és szimulálja. Az alapvető szabályozási elv a következő:

$$H_c = \frac{t_i - t_s}{0,054} \quad (6)$$

Ahol a bábuban  $t_i$  a maghőmérséklet bemeneti állandó értéke,  $t_s$  az egyes szegmensek felületén mért bőrhőmérséklet átlaga. A  $0,054 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$  konstans pedig a bőr elfogadott hőátbocsátási ellenállása, legalábbis amikor a környezeti hőmérséklet  $21,6^\circ\text{C}$  körüli értéken van Wang L. [13] szerint. Az egyenletben kapott  $H_c [\text{W}/\text{m}^2]$  érték a hőveszteséget jelöli. A komfort üzemmód tehát a bőrfelület hőmérséklete és a száraz hőveszteség közötti korreláció fenntartására használható melynek Fanger komfortegyenlete [14] az alapja.

A termikus mérőbábuhoz tartozó szoftverrel a lehetséges számítások elvégezhetőek, beleértve a ruházati hőszigetelő értékek és az úgynevezett komfort indexek meghatározását. Ami a szabályozási elveket illeti, Konarska M. [15] szerint a szabályozási üzemmódok (komfort vagy statikus azaz konstas felületi bőrhőmérséklet tartás) elhanyagolható hatással van a ruházat hőszigetelési értékeire. Nyilvánvaló azonban, hogy a levegő sebessége, a bábu felszíni bőrhőmérséklete és a vizsgált környezet léghőmérséklete közötti hőmérsékletkülönbség, valamint az állandósult állapot eléréséhez szükséges idő mind észrevehető hatással van a kapott eredményekre.



2. ábra. A termikus mérőbábu szegmenseinek felosztása

A 2. ábra a bemutatott, Miklós névre keresztelt termikus mérőbábu testrészeinek felosztását mutatja. Minden egyes szegmens külön történő szabályozása és mérése adott a szoftver által. A mérési adatokat tetszés szerinti időintervallumokban rögzíteni lehet. A helyiségben lévő komfort paraméterek (léghőmérséklet, környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete, relatív páratartalom, légsebesség) függvényében folyamatosan frissülő módon képes számolni a kapcsolódó komfort indexeket. A PMV (Predicted Mean Vote azaz várható hőérzeti érték) egy ilyen érték, amely lényegében egy embercsoportnak, zárt térben kialakuló, helyi klímára vonatkozó megítéléseinek átlagértékét jósolja meg hőkomfort szempontjából egy hőérzeti skálán. A tér minden irányába, az egész testre kiterjedően szimulálja a hővezetés, hőáramlás és hőszállítás útján történő hőátadási fizikai folyamatokat. Ez a test száraz hőcseréjét jelképezi. Más modellek mind a száraz, mind a nedves hővesztéseket képesek szimulálni. [16] Amennyiben ruházatnak az emberi testre gyakorolt hatását vizsgáljuk figyelembe kell venni a nedvességáteresztő és szellőző képességét is. Az izzadó bőr és a különböző ruházati rétegek, valamint a szomszédos légréteg közötti kapcsolt hőátadás bonyolultabb. Ezért a nedvességáteresztő képességet a száraz hőszigetelő tulajdonsághoz képest ritkábban határozzák meg a gyakorlatban és Miklós esetében is elsősorban csak ez utóbbi vizsgálható.

## 2.2. Klímakamra

A mérési installációt illetően ülő helyzetben, meztelenül majd könnyű nyári ruházatba öltöztetve lett a termikus mérőbábu a kamra közepére helyezve. A mérések egy 4,0 m x 3,5 m x 2,9 m-es klímakamrában folytak, amelynek minden falára felületűtő és hűtő megoldások lettek szerelve. A beltéri zárt környezetet elsősorban az előremenő víz hőmérséklet állításával és így a falak felületi hőmérsékletének változtatásával volt lehetőség szabályozni. A vizsgálatokat nyugodt, állandósult körülmények között kell végezni. A teszt kamra környezetének fizikai paraméterei a termikus mérőbábuval és több különálló mérőeszközzel rögzítésre kerültek. A felületi hőmérsékletek PT100 típusú ellenálláshőmérők, a clo-érték számításokhoz szükséges környezeti hőmérsékletet pedig külön hőmérő rögzítette mérési adatgyűjtőre 10 másodpercenként. Nem állandósult körülmények között, ahol a huzat és a sugárzási hőmérséklet jelentősebb, komfortmérő használata ajánlott.

## 2.3. Méréssorozat

Adott ruházati rendszer hőszigetelő képessége a leírt termikus mérőbábu segítségével kiértékelésre került. A teljes ruházat hőátbocsátási ellenállás  $I_T$  méréséhez a mérőbábút először meztelenül szükséges a klímakamrába helyezni. A vizsgálat során később, a bábu könnyű nyári ruházatba lett öltöztetve, amely hosszú nadrágot, zoknit és pólót jelent. A mérés során mint kiinduló paraméter az alap anyagcsere jelzőszáma, vagyis a metabolikus ráta kényelmi állapotnak megfelelően lett beprogramozva. A ruházat által nem fedett testrészek közé tartozik a jobb és bal kéz, az alkarok, a felkar egy része és a teljes fej. A szakirodalom alapján a várható clo

érték megközelítőleg 0,5 clo kell legyen ebben az esetben. [1] [4] [7] A hasonló hőszigetelésű ruhadarabok viszonylag közeli, majdnem megegyező eredményeket adnak mind a soros, mind a párhuzamos módszerekkel. A két módszer közötti különbségek azonban jelentősek, ha a ruha mint szigetelő réteg egyenlőtlenül van elosztva. Ez gyakran előfordul a való életben és az itt bemutatott esetben is. A különbség tovább fokozódik hideg védőruházat és réteges öltözködés esetén. A vizsgálat során fontos volt a környezeti feltételek állandó szinten tartása, tehát a léghőmérséklet  $23,3 \pm 0,3^\circ\text{C}$ , a levegő sebessége 0,1 m/s és a relatív páratartalom 27-30% volt a mérés során. A mérőbábu szoftvere lehetővé teszi egy stabilitási kritérium beállítását, azaz amikor a felvett teljesítmény vagy a hőmérséklet értékei kisebb eltérést mutatnak, mint a beállított maximális különbség, a bábu nagy valószínűséggel elérte a stabil állapotot. A mérőbábu komfort szabályozási üzemmódban működött. A hőegyensúly elérésekor megkezdődött az adatgyűjtés, mely rögzítésre került a mérőbábura és annak szegmenseire leadott fűtési teljesítményt, az egyes szegmensek helyi bőrhőmérsékleteit, és az adott környezeti hőmérséklet mellett a mérések átlagértékeit használta fel először a szoftver meztelen beállításban a hőszigetelési értékek kiszámításához. Ezt a szoftver referencia értéként kezelve képes a vizsgált könnyű nyári ruházat hőszigetelő képességét meghatározni, a felöltöztetés és az újabb akklimatizációs idő megvárását követően. A méréssorozat alkalmával rögzítésre került a soros és a párhuzamos módszerrel figyelembe vett clo érték meztelen és felöltöztetett állapotban.

Számított hőszigetelési értékek.

1. táblázat

Sor-szám	Szegmens	A vizsgált ruházat hőszigetelő képessége $I_{cl}$							
		Párhuzamos, meztelen		Soros, meztelen		Párhuzamos, ruha		Soros, ruha	
		clo	$\text{m}^2\text{K/W}$	clo	$\text{m}^2\text{K/W}$	clo	$\text{m}^2\text{K/W}$	clo	$\text{m}^2\text{K/W}$
0	Teljes test	-0.0080	-0.0012	0.0170	0.0026	<b>0,4160</b>	0,0645	<b>0,5690</b>	0,0882
1	Bal láb	0,0310	0,0048	0,0320	0,0050	0,3490	0,0541	0,3370	0,0522
2	Jobb láb	0,0520	0,0081	0,0510	0,0079	0,2500	0,0388	0,2400	0,0372
9	Medence	-0,0420	-0,0065	-0,0360	-0,0056	1,7610	0,2730	1,8000	0,2790
10	Hát oldal	-0,2300	-0,0357	-0,2220	-0,0344	0,9820	0,1522	0,9880	0,1531
11	Arc	-0,0090	-0,0014	-0,0090	-0,0014	0,0460	0,0071	0,0390	0,0060
12	Fejtető	0,0180	0,0028	0,0150	0,0023	0,0490	0,0076	0,0410	0,0064
13	Bal Kéz	-0,0220	-0,0034	-0,0180	-0,0028	-0,0270	-0,0042	-0,0340	-0,0053
14	Jobb Kéz	0,0030	0,0005	0,0030	0,0005	-0,0200	-0,0031	-0,0270	-0,0042

Az 1. táblázat a ruházat hőszigetelő hatását mutatja be a soros és a párhuzamos módszerrel meghatározott meztelen, illetve felöltözött környezetben, egy a teljesség igénye nélkül készült felsorolásban, Az eredményeket clo értékekben lehet látni ki, és  $\text{m}^2\text{K/W}$ -ra átszarmaztatva is, Referenciaként a nulla közeli clo érték megfelel a meztelen test hőszigetelő képességének, míg a clo = 1 pedig a ruházat azon szigetelési értékének, amely ahhoz szükséges, hogy egy személynek komfortos, neutrális hőérzete adódjon egy  $21^\circ\text{C}$ -os szobában ülve, 0,1 m/s légmozgás és 50% vagy kisebb páratartalom mellett, Jellemzően a tipikus üzletember ruházattal párosítják ezt az 1 körüli clo értéket, A figyelem a felöltözött állapotban mért soros és párhuzamos értékek közötti különbségre irányul, A szakirodalom alapján a soros módszer esetében magasabb clo értéket vártunk. Ebben a példában 0,153 clo különbség valósul meg a két alkalmazott módszer között.

### 3. ÉRTÉKELÉS

A modern termikus mérőbábukat különböző műszaki paraméterek, formák, az egyedileg szabályozható szegmensek száma, a szerkezeti anyagok és a vezérlési módszerek különböztetik meg. A felépítésükben mutatkozó különbségek ellenére a termikus mérőbábuknak megbízható és összehasonlítható értékeket kell szolgáltatniuk a mért paramétereikről. A modellek természetüknél és kialakításuknál fogva egyedi előnyökkel rendelkeznek. Miközben összetett mérőeszközök, a kísérleti eljárások egyszerű használhatóságát és megismételhetőségét is meg kell jegyezni. A termikus mérőbábuk mára már széles körben alkalmazottak a ruházatfiziológiai kutatásokban, különösen a ruházati hőszigetelőképeség meghatározásában Az erre irányuló vizsgálatok során a soros és párhuzamos módszert is figyelembe kell venni. Tapasztalat azt mutatja, hogy a soros módszer magasabb értékeket mutat, különösen a testen inhomogén módon eloszló egyenetlen hőszigetelésű ruházatoknál. Ezt a hatást a leírt méréssorozat reprodukálta és bemutatta. A párhuzamos módszerrel 0,416 a soros módszerrel pedig 0,569 clo érték adódott. Ez a különbség hozzájárult ahhoz, hogy a párhuzamos módszerrel számított clo

értékek -1,5 a soros módszerrel pedig -1,4 PMV értékek származtak. Ezért úgy tűnhet, hogy ugyanaz a ruházati rendszer a soros módszerrel a semleges (PMV=0) állapothoz közelebbi hőérzetet eredményez. A pontos értéktől függetlenül tényként kezelhető, hogy a két módszer közötti eltérés lehet elhanyagolható mértékű, de akár igen jelentős különbségek is kialakulhatnak. Következésképpen a ruházat hőszigetelőképességén kívül a PMV értékeket is befolyásolja a jelenség, tehát a körülmények függvényében mindkét módszert értékelni kell a félreértések, az esetleges megtevesztés, vagy pontatlanság elkerülése érdekében.

Ezen felül cél volt bemutatni a termikus mérőbábukat általános megközelítésből, azon belül egy konkrét példát leírni és részletezni, az alkalmazhatóságot pedig gyakorlati szinten, ruházatok termikus tulajdonságainak vizsgálatán keresztül szemléltetni. Ez elsősorban a leírt modern termikus mérőbábuval, amely 22 egyedi leg szabályozható testszegmással rendelkezik, a ruházati hőátbocsátási ellenállás és hőszigetelőképesség kiszámítására fókuszált a soros és párhuzamos módszereket alkalmazva.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-1 kódszámú új nemzeti kiválóság programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Araźny A, Uscka-Kowalkowska J, Kejna M. *Comparison of the predicted insulation of clothing in Toruń and Koniczynka in the years 1998–2012*. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Land Reclamation 47(1):55-67. 2015
- [2] Holmér I. *Thermal manikin history and applications*. Eur J Appl Physiol 92, 614–618, 2004.
- [3] Hákan ON, Holmér I. *Proceedings of the Third International Meeting on Thermal Manikin Testing 3IMM. e National Institute for Working Life 1999*
- [4] ISO Standard 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*. International Organisation for Standardisation, Geneva. 2005
- [5] Lotens WA, Havenith G. *Calculation of clothing insulation and vapour resistance*. Ergonomics 34.2 (1991), pp. 233–254. 1991
- [6] Wang F, Shi W, Lu Y, Song G, Annaheim S. *Determination of ‘wet’ thermal insulation of fabrics on a guarded hotplate: effects of moisture content and air gap size*. The 6th European Conference on Protective Clothing, Bruges, Belgium, Vol 1. 2014
- [7] ISO Standard 9920:2009 *Ergonomics of the thermal environment. Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble*. International Organisation for Standardisation, Geneva. 2009
- [8] ISO Standard 15831-2004 *Clothing—Physiological Effects—Measurement of Thermal Insulation by Means of a Thermal Manikin*. International Organisation for Standardisation, Geneva. 2004
- [9] Oliveira AVM, Branco VJ, Gaspar AR, Quintela DA. *Measuring Thermal Insulation of Clothing with Different Manikin Control Methods. Comparative Analysis of the Calculation Methods*. 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting, University of Coimbra, 2008
- [10] Huang J. *Calculation of thermal insulation of clothing from mannequin test*. Measurement Techniques, Vol. 51, No. 4, 2008
- [11] Kuklane K, Gao C, Wang F, Holmér I. *Parallel and serial methods of calculating thermal insulation in European manikin standards*. Int J Occup Saf Ergon. 18(2):171-9, 2012.
- [12] Havenith G, Hodder S, Ouzahra Y, Loveday D, Kuklane K, Lundgren K, et al. *Report on manikin measurements for ASHRAE 1504-TRP. Extension of the clothing insulation database for standard 55 and ISO 7730 to provide data for non-western clothing ensembles, including data on the effect of posture and air movement on that insulation*. Atlanta, USA, ASHRAE, 2013
- [13] Wang L, et. al. *A revised method to predict skin's thermal resistance*. Thermal Science, Vol. 22, No. 4, pp. 1795-1802. 2018
- [14] Fanger PO, *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering*. McGraw-Hill, New York, USA, 1970
- [15] Konarska M, Sołtyński K, Sudol-Szopińska I, Młóżniak D, Chojnacka A. *Aspects of Standardisation in Measuring Thermal Clothing Insulation on a Thermal Manikin*. Fibres and Textiles in Eastern Europe 14(4):58-63. 2006
- [16] Faming W. *A Comparative Introduction on Sweating Thermal Manikin “Newton” and “Walter”*. 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting - University of Coimbra, Portugal. 2008