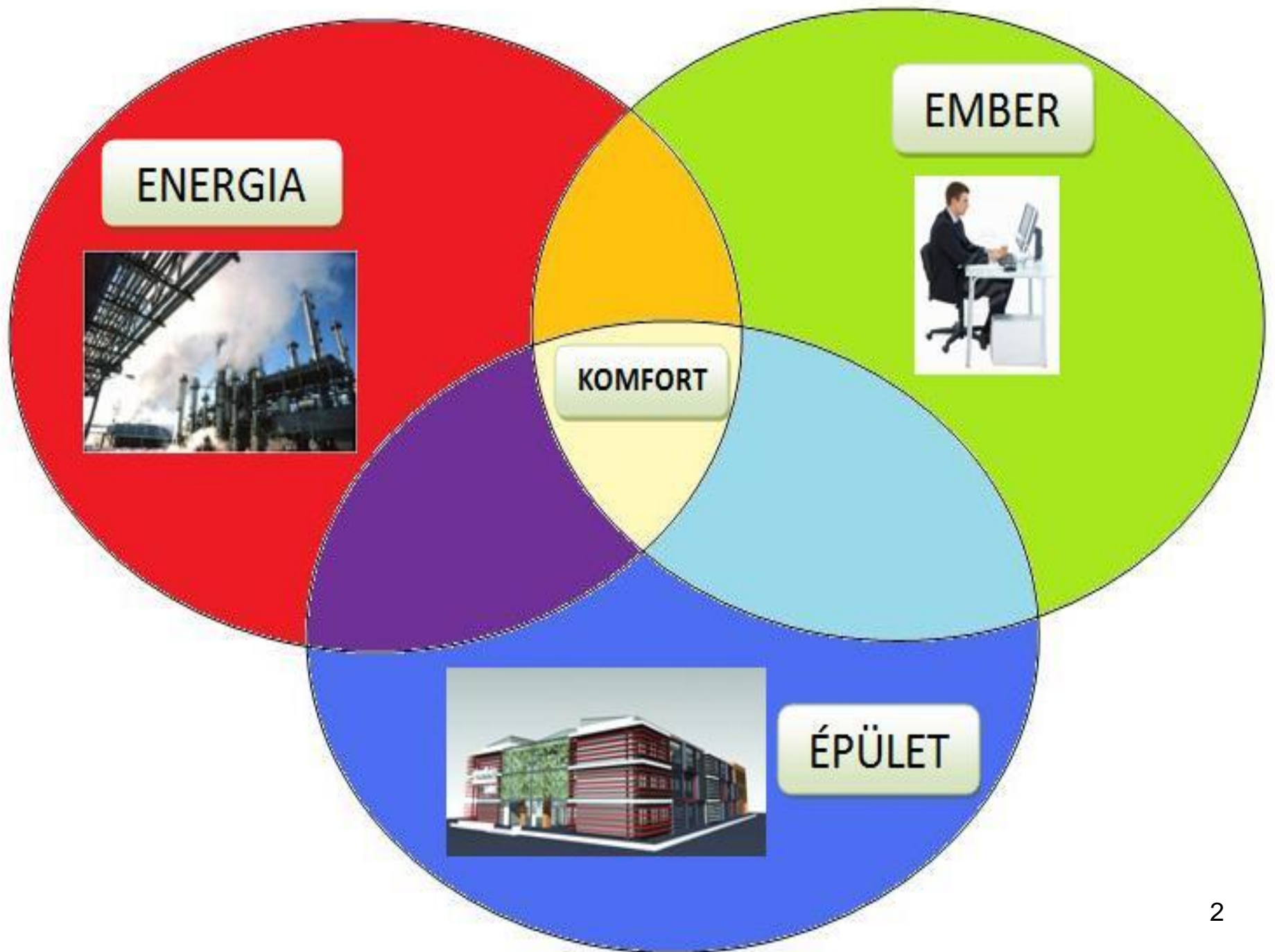


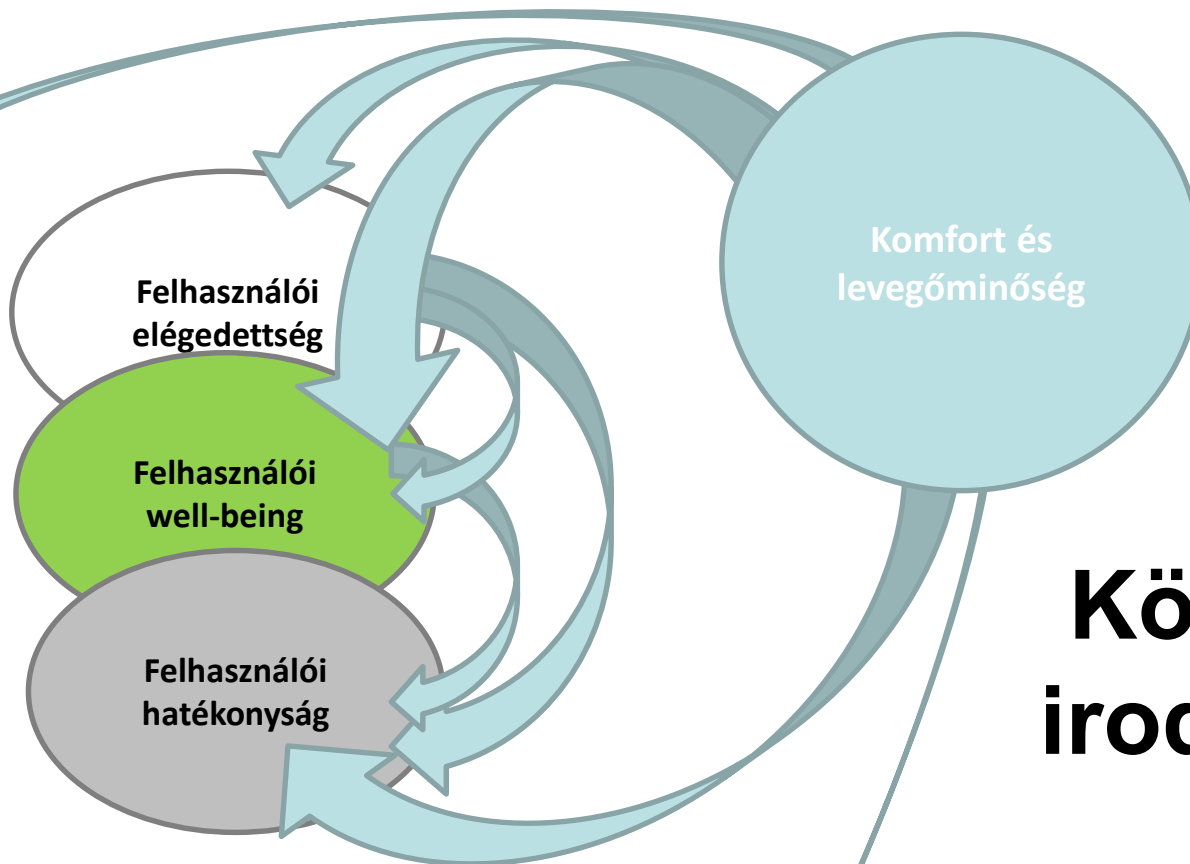
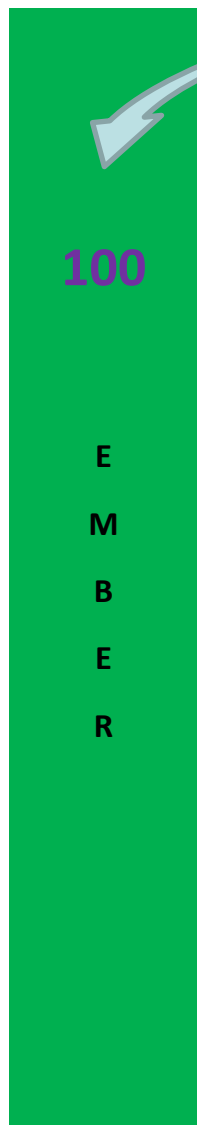
# **ÉPÜLETEK KOMFORTJA**

## **Hőkomfort 2**

**Dr. Magyar Zoltán**

**BME Épületenergetikai és  
Épületgépészeti Tanszék**





# Költségek irodaépület

Forrás: Ivo Martinac  
Chair, REHVA Smart Buildings Task Force  
Smart Buildings to Maximise User Comfort



# Jobb belső környezet – kevesebb energia



## **A komfortelmélet főbb témakörei:**

- hőkomfort
- levegő minősége
- akusztika
- természetes és mesterséges megvilágítás

## **Az ember és a környező világ kapcsolata:**

- szubjektív
- objektív

# Hőérzet

## A hőérzetet befolyásoló tényezők:

- levegő hőmérséklete, annak térbeli, időbeli eloszlása, változása
- környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete
- levegő rel. nedvességtartalma, ill. a levegőben lévő vízgőz parciális nyomása
- levegő sebessége
- emberi test hőtermelése, hőleadása, hőszabályzása
- ruházat hőszigetelő képessége, párolgást befolyásoló hatása

# A várható szubjektív hőérzet: PMV és PPD érték

Fanger kidolgozott egy olyan módszert, amely alapján a zárt tér adott pontjára, különböző paraméterek ismeretében meg lehet határozni a várható hőérzeti értékeket.

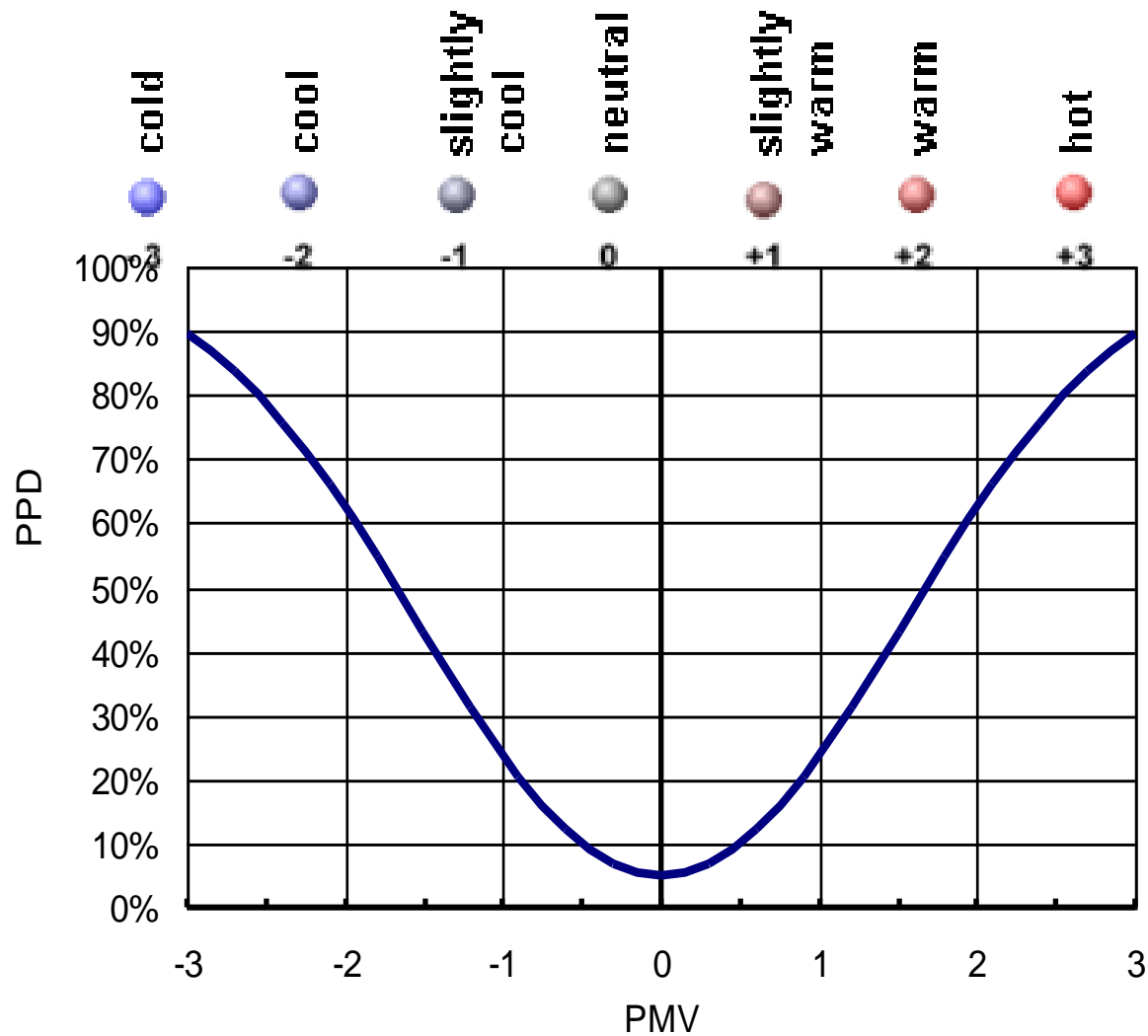
**PMV érték**    várható hőérzeti érték

Predicted Mean Vote

**PPD érték**    kedvezőtlen hőérzet várható százalékos  
valószínűsége

Predicted Percentage of Dissatisfied

# PMV és PPD érték





# 1. levegő hőmérséklet

jele:  $t_i$

# 2. közepes sugárzási hőmérséklet

$$t_{ks} = \frac{F_1 \cdot t_1 + F_2 \cdot t_2 + \dots + F_n \cdot t_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} [^{\circ}C]$$

ahol  $F$  a környező felületek területe  
 $t$  a felületek hőmérséklete

$$t_{ks} = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n \varphi_{EFi} \cdot T_{Fi}^4 - 273} [^{\circ}C]$$

ahol  $\varphi_{EFi}$  a test súlypontjába helyezett függőleges felületelem és a határoló felületek közti besugárzási tényező  
 $T$  a környező határoló felületek hőmérséklete

### 3. operatív hőmérséklet

$$t_o = \frac{(\alpha_s \cdot t_{ks} + \alpha_c \cdot t_1)}{\alpha_s + \alpha_c} [^{\circ}C]$$

ahol  $\alpha_s$  a sugárzásos hőátadási tényező

$\alpha_c$  a konvekciós hőátadási tényező

$t_1$  a levegő hőmérséklete

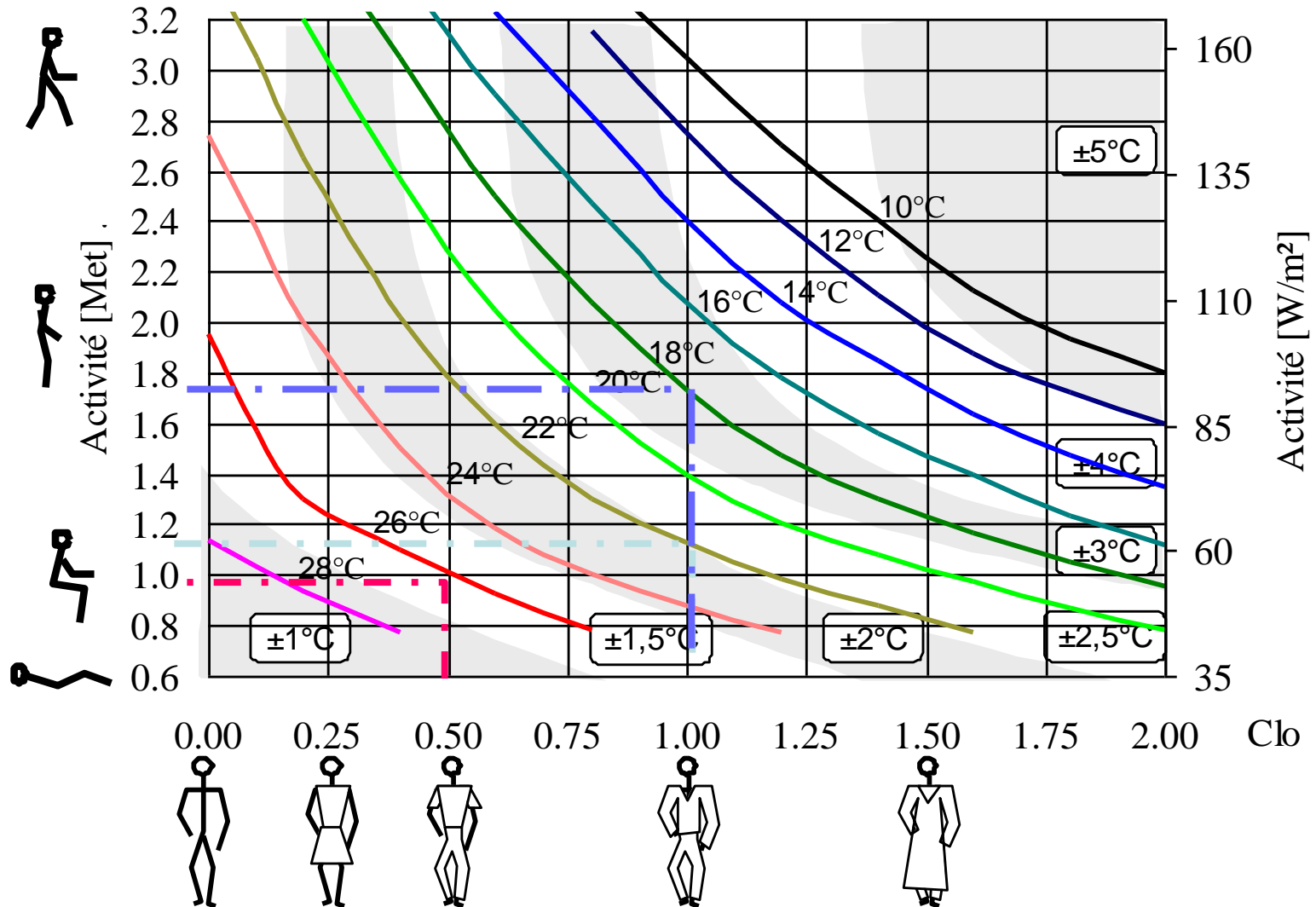
### 4. eredő hőmérséklet

$$t_R = (1 - R) \cdot t_1 + R \cdot t_{ks}$$

$$R \approx 0,5$$

magyar előírás:  $t_R = 0,5 \cdot t_1 + 0,5 \cdot t_{ks}$

# Operatív hőmérséklet



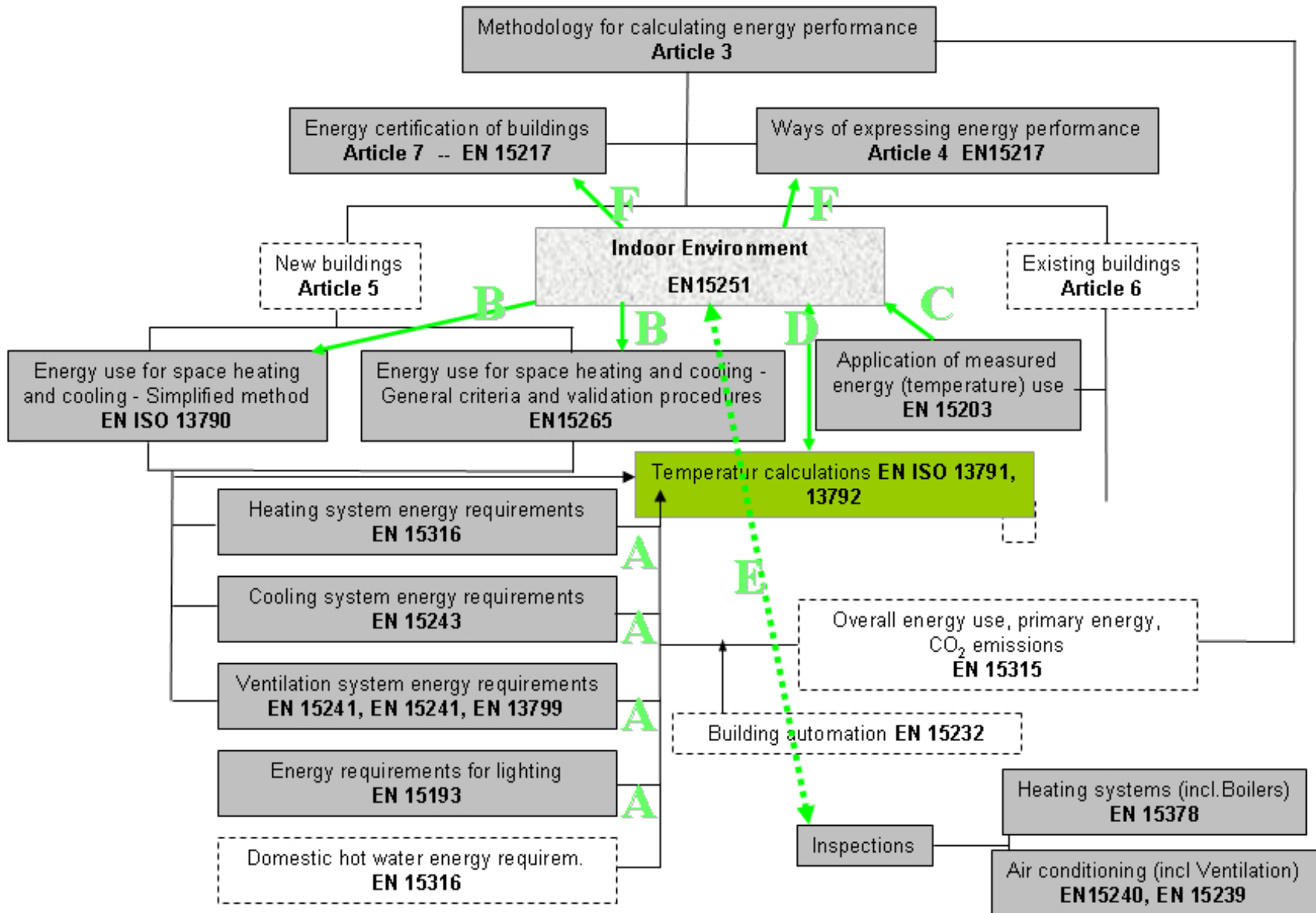
# Hőegyensúlyi vagy komfortegyenlet

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K = S + C$$

- H az emberi test belső hőtermelése
- $E_d$  a bőrön keresztül páradiffúzióval való hőveszteség
- $E_{sw}$  a bőr felszínéről az izzadás következtében elpárolgó hőveszteség
- $E_{re}$  a kilégzés rejtett hője okozta hőveszteség
- L a kilégzés ún. száraz hővesztesége
- K a hőátadás a bőr felületéről a felöltözött emberi test külső felületére (hővezetés a ruházaton keresztül)
- S sugárzásos hőveszteség a ruházattal borított test külső felületéről
- C konvekciós hőveszteség a ruházattal borított test külső felületéről

# **Komfortelméleti kérdések az MSZ EN 15251 szabvány vonatkozásában**

# Energy Performance of Buildings



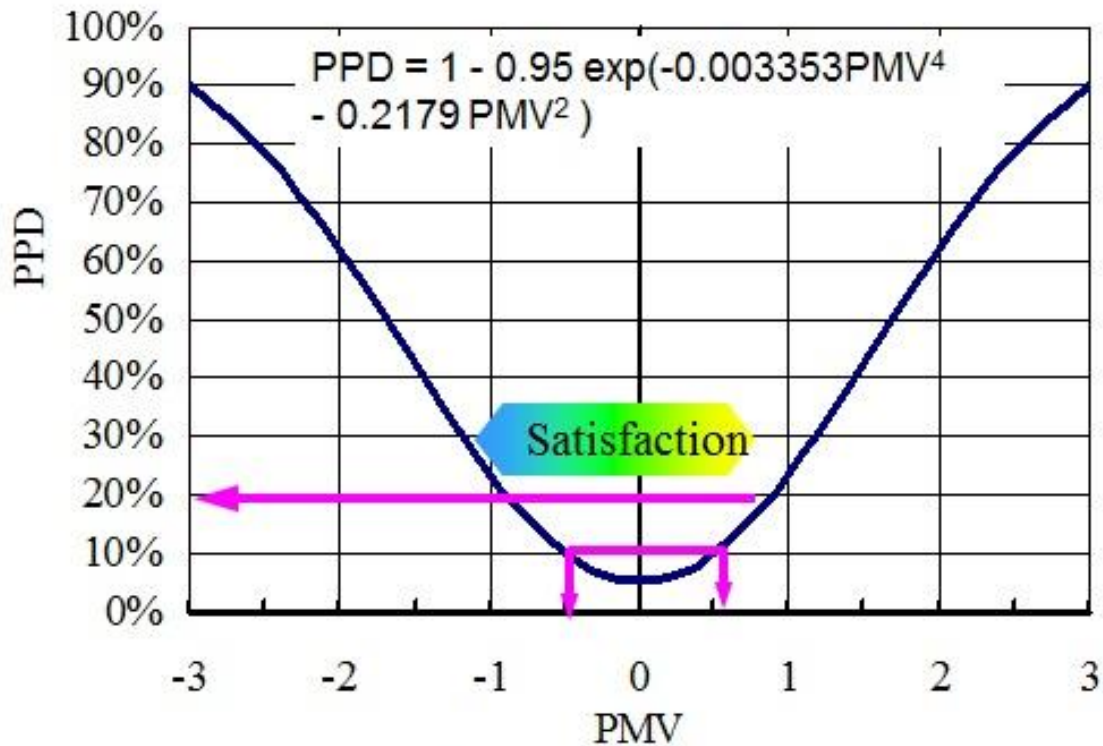
**Tervezési és méretezési  
kritériumok  
épületek fűtési, hűtési és  
szellőző rendszereinél  
az MSZ EN 15251 szerint**

# Épületek kategóriákba sorolása

- I. Magas szintű elvárások  
(pl. kórházak)
- II. Normál szintű elvárások  
(pl. új és felújítandó épületeknél)
- III. Mérsékelt szintű elvárások  
(pl. meglévő épületeknél)
- IV. Az előző három kategórián kívül eső épületek  
(pl. idény jellegű használat)



Category of indoor thermal environment	Thermal state of the body as a whole	
	PPD	PMV
I	< 6%	- 0,2 < PMV < + 0,2
II	< 10%	- 0,5 < PMV < + 0,5
III	< 15%	-0,7 < PMV < + 0,7
IV	>15%	0,7 < PMV PMV < - 0,7



# Termikus környezet

- Mesterséges fűtéssel és/vagy hűtéssel rendelkező épületek
- Mesterséges hűtés nélküli épületek
- Helyi termikus diszkomfort
- Energia felhasználás
  - órai
  - fűtési/hűtési szezon

# Ajánlott hőmérsékletek

Type of building/ space	Category	Operative temperature °C	
		Minimum for heating (winter season), ~ 1,0 clo	Maximum for cooling (summer season), ~ 0,5 clo
Residential buildings: living spaces (bed rooms, drawing room, kitchen etc)  Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	18,0	27,0
Residential buildings: other spaces: storages, halls, etc)  Standing-walking ~ 1,6 met	I	18,0	
	II	<b>16,0</b>	
	III	14,0	
Single office (cellular office)  Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0
Landscape office (open plan office)  Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0
Conference room  Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0

# Megengedett hőm. ingadozás (40/2012 BM)

Type of building or space	Category	Temperature range for heating, °C Clothing ~ 1,0 clo	Temperature range for cooling, °C Clothing ~ 0,5 clo
Residential buildings, living spaces (bed room's living rooms etc.)  Sedentary activity ~1,2 met	I	21,0 -25,0	23,5 - 25,5
	<b>II</b>	<b>20,0-25,0</b>	<b>23,0 - 26,0</b>
	III	18,0- 25,0	22,0 - 27,0
Residential buildings, other spaces (kitchens, storages etc.)  Standing-walking activity ~1,5 met	I	18,0-25,0	
	<b>II</b>	<b>16,0-25,0</b>	
	III	14,0-25,0	
Offices and spaces with similar activity (single offices, open plan offices, conference rooms, auditorium, cafeteria, restaurants, class rooms,  Sedentary activity ~1,2 met	I	21,0 – 23,0	23,5 - 25,5
	<b>II</b>	<b>20,0 – 24,0</b>	<b>23,0 - 26,0</b>
	III	19,0 – 25,0	22,0 - 27,0
Kindergarten  Standing-walking activity ~1,4 met	I	19,0 – 21,0	22,5 - 24,5
	<b>II</b>	<b>17,5 – 22,5</b>	<b>21,5 – 25,5</b>
	III	16,5 – 23,5	21,0 - 26,0
Department store  Standing-walking activity ~1,6 met	I	17,5 – 20,5	22,0 - 24,0
	<b>II</b>	<b>16,0 – 22,0</b>	<b>21,0– 25,0</b>
	III	15,0 – 23,0	20,0 - 26,0

# Páratartalom ajánlott értékei

Type of building/space	Category	Design humidity relative for dehumidification, %	Design humidity relative for humidification, %
Spaces where humidity criteria are set by human occupancy. Special spaces (museums, churches etc ) may require other limits	I	50	30
	II	60	25
	III	70	20
	IV	> 70	< 20

# Helyi termikus diszkomfort tényezők

Függőleges hőmérséklet gradiens



Padló hőmérséklete



Sugárzó aszimmetria

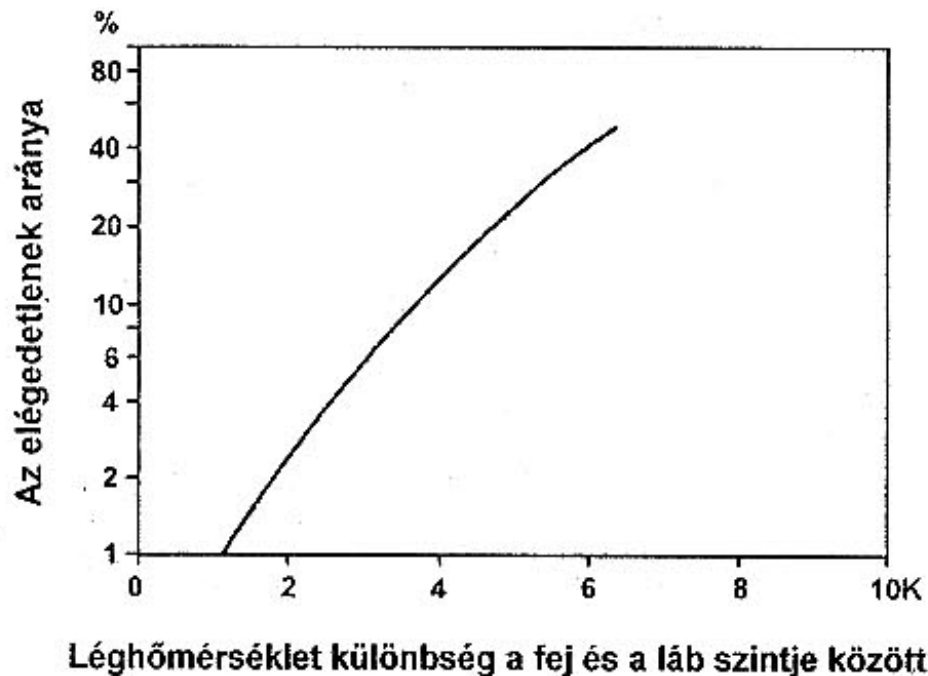


Huzat



# Európai normajavaslat (MSZ CR 1752, 2000)

## Vertikális hőmérséklet differencia

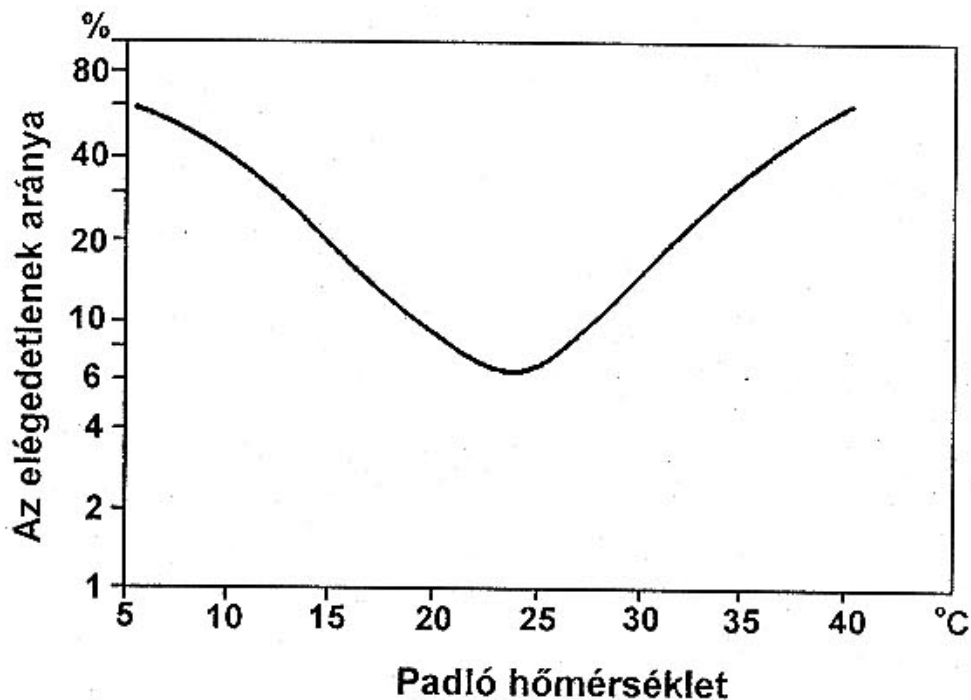


Csoport	Hőmérséklet differencia
A	$<2^{\circ}\text{C}$
B	$<3^{\circ}\text{C}$
C	$<4^{\circ}\text{C}$



# Európai normajavaslat (CR 1752, 1998)

## Hideg- és meleg padlók



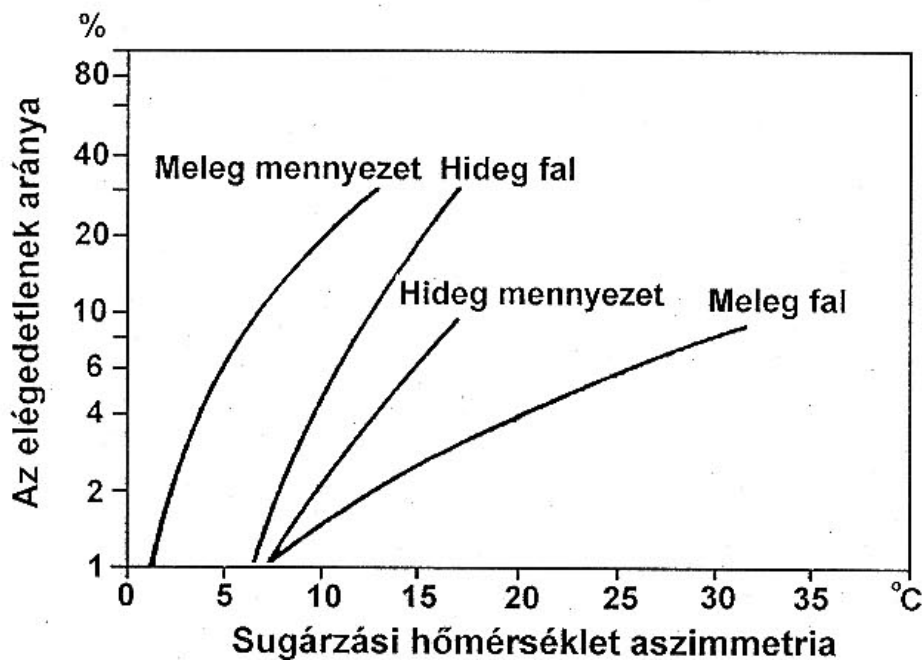
Csoport	Felületi hőmérséklet
A	19-29°C
B	19-29°C
C	17-31°C

Az elégedetlenek várható százalékos aránya a padlót hőmérséklet függvényében



# Európai normajavaslat (CR 1752, 1998)

## Sugárzási aszimmetria



Kategória	Sugárzási hő-mérséklet aszimmetria °C			
	meleg menny.	hideg fal	hideg menny.	meleg fal
A	<5	<10	<14	<23
B	<5	<10	<14	<23
C	<7	<13	<18	<35

Az elégedetlenek várható százalékos aránya különböző sugárzási aszimmetria esetén

# Európai normajavaslat (MSZ CR 1752, 2000)

## Huzathatás

Elméleti alapját és a hozzá tartozó diagramokat lásd korábban.

Az elégedetlenek százalékos értéke meghatározható:

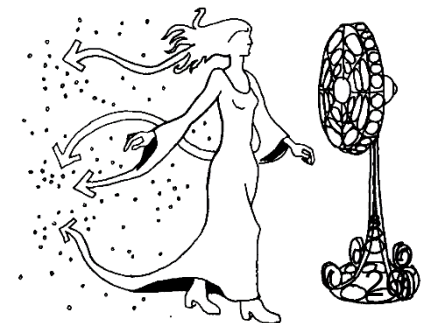
$$DR = (34 - t_l) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14)$$

ahol DR a huzat fokozat, amely megfelel a huzattal elégedetlenek százalékos arányának

$t_l$  helyi levegőhőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )

$v$  helyi átlagos légsebesség (m/s)

$Tu$  helyi turbulencia intenzitás (%)



# Termikus műemberek



**USA, 1945**



**USA, 1951**



**USA, 1960**

# Termikus műemberek

Izzadó műember



Alvó műember

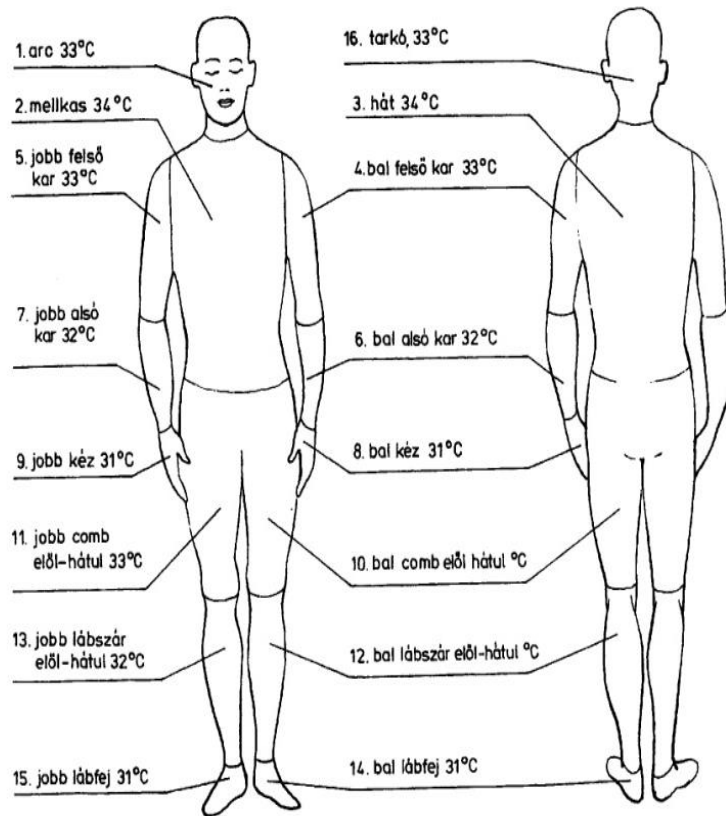


Izzadó műember

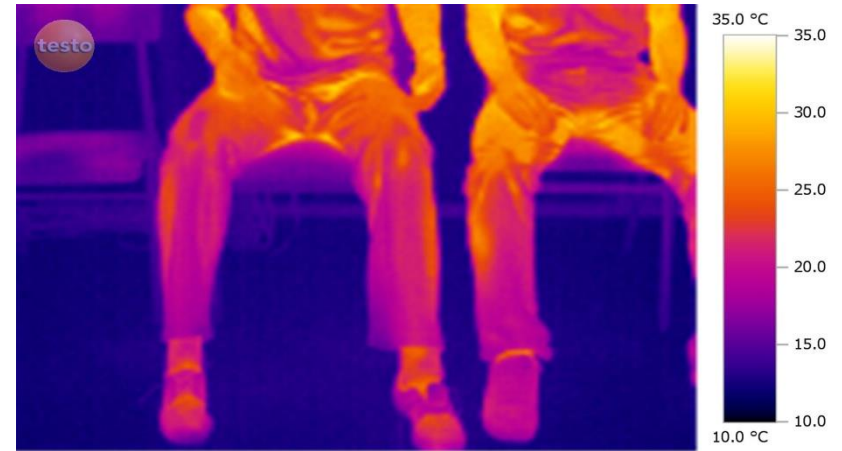
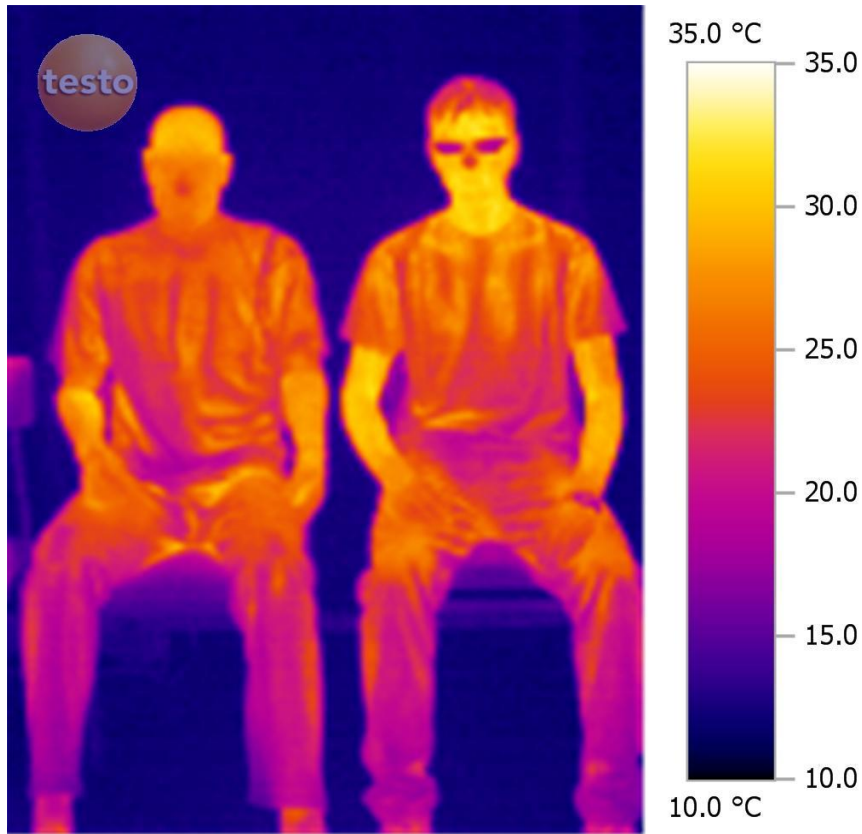


Mozgó műember

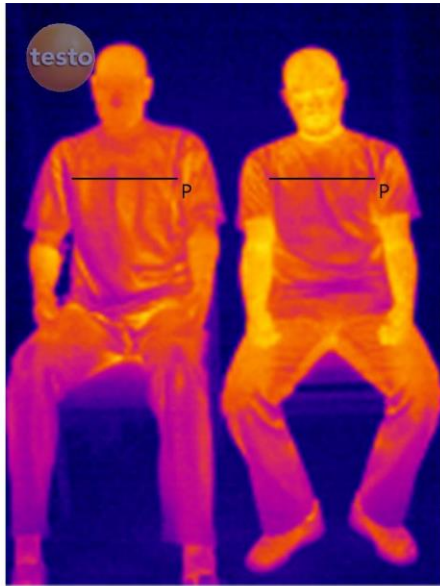
# Termikus műember „Béla”



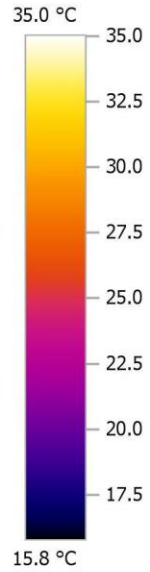
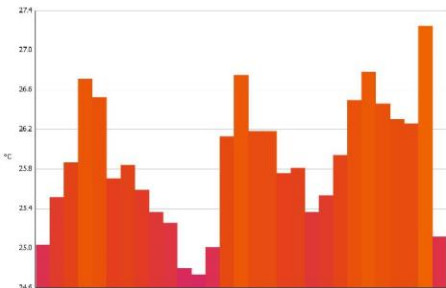
# Termikus műember „Béla” 15 ° C-on



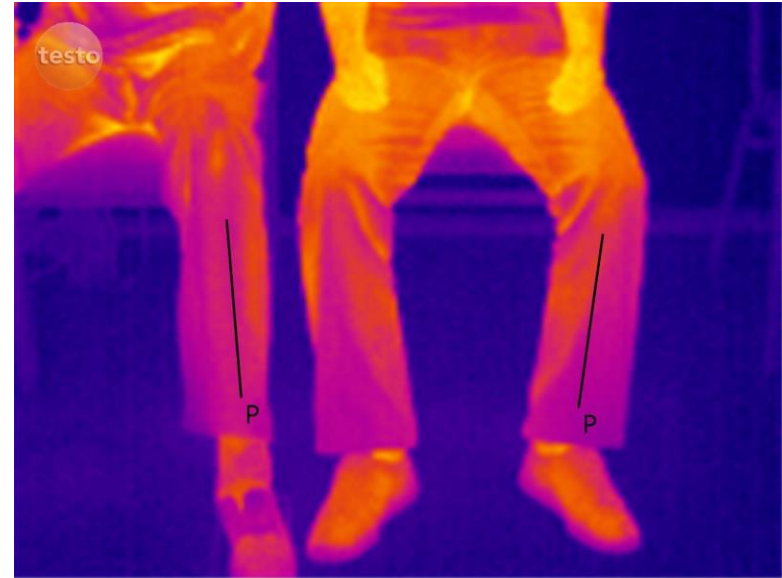
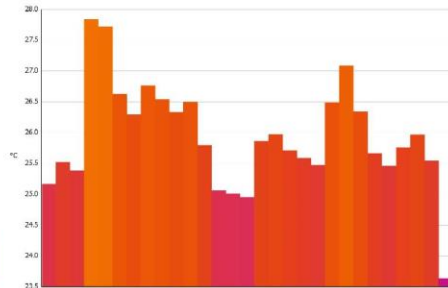
# Termikus műember „Béla” 20 ° C-on



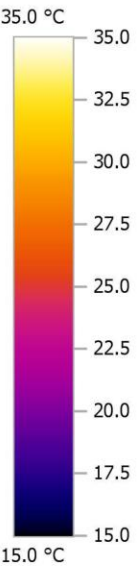
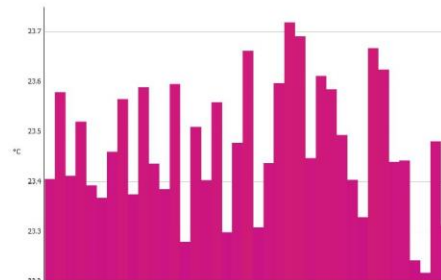
Minimum 24.7 °C Maximum: 27.2 °C  
Középtérték: 25.9 °C



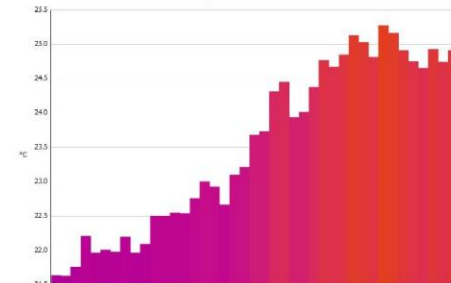
Minimum 23.6 °C Maximum: 27.8 °C  
Középtérték: 25.9 °C



Minimum 23.2 °C Maximum: 23.7 °C  
Középtérték: 23.5 °C



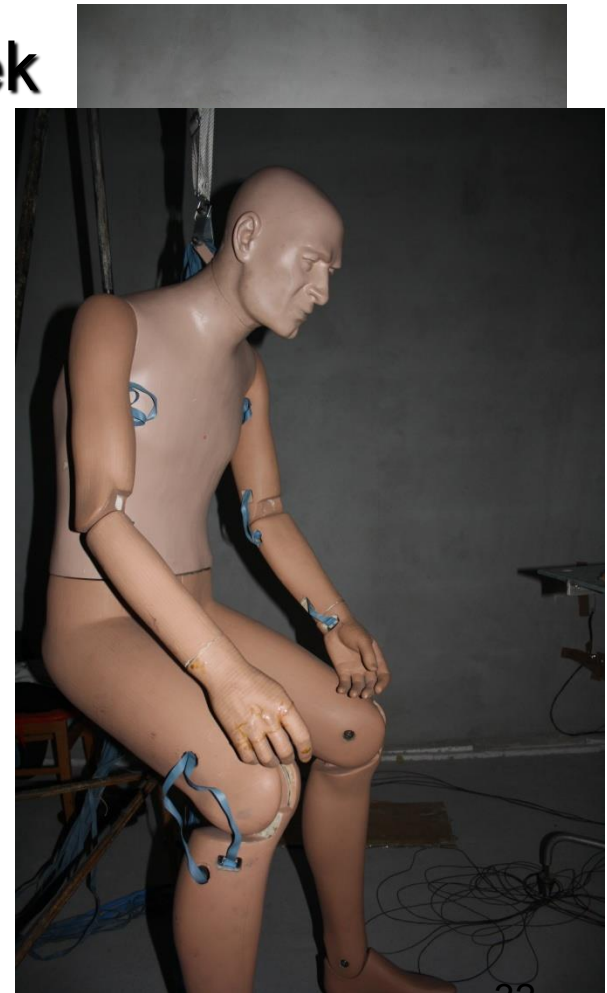
Minimum 21.6 °C Maximum: 25.3 °C  
Középtérték: 23.5 °C



# Műember komfort vizsgálatoknál

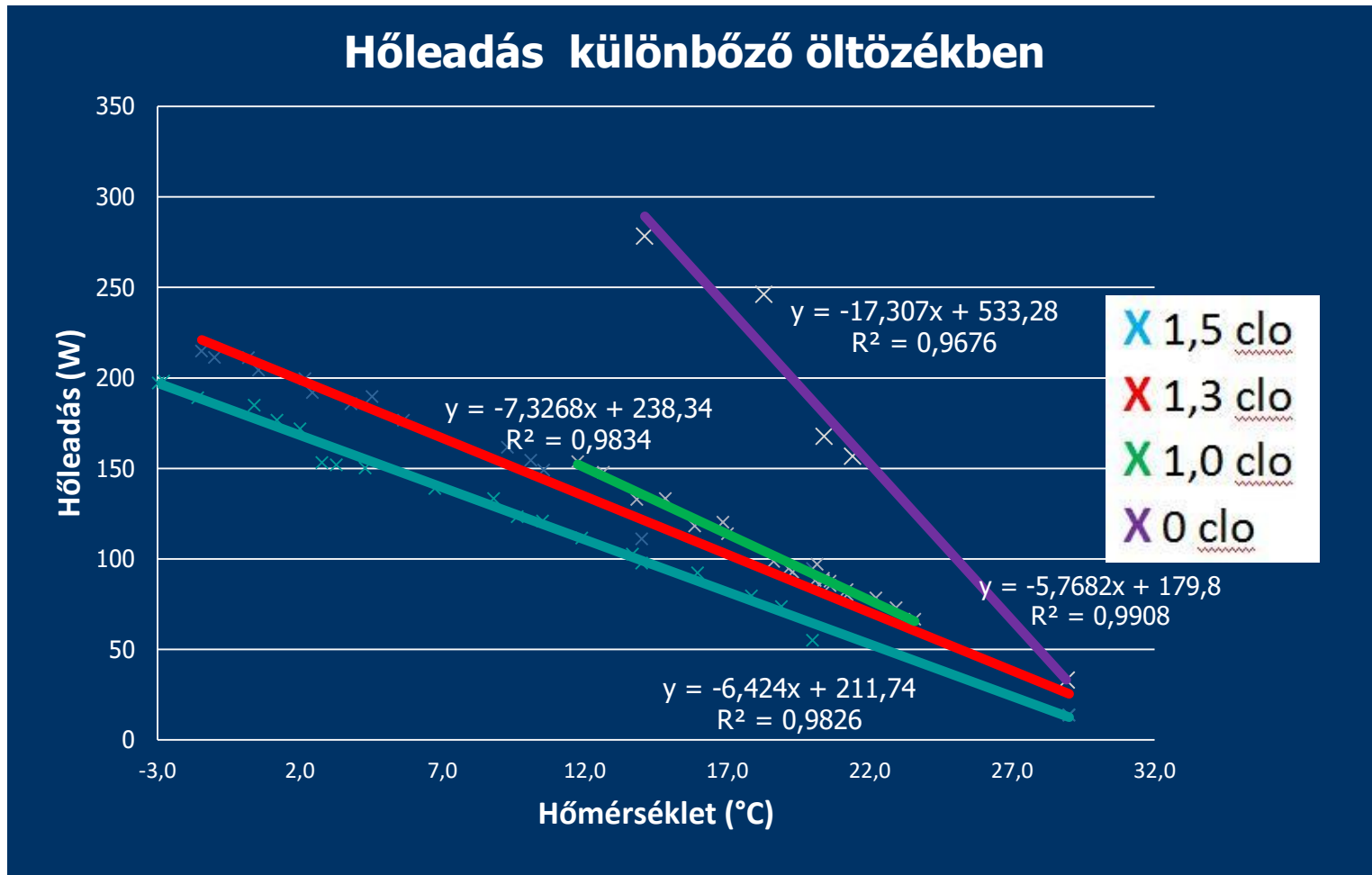
Az ember és a különböző testrészek hőleadásának a meghatározása

Ruházat  
vizsgálata



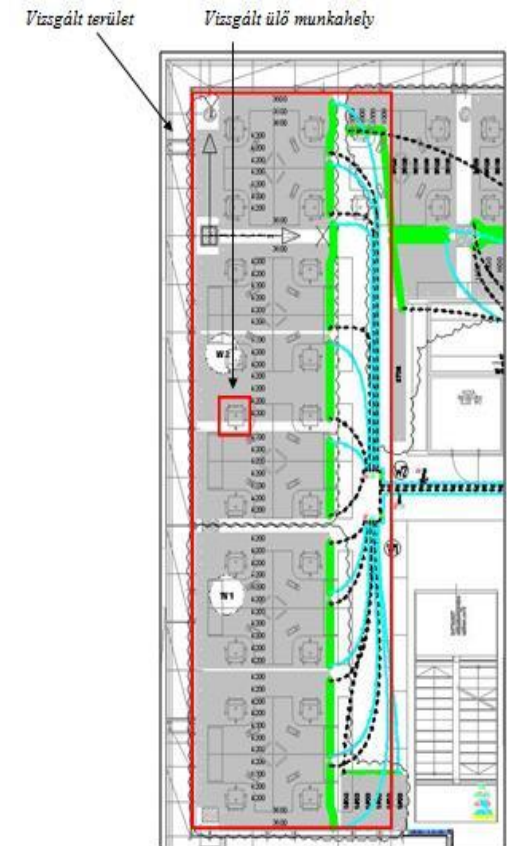
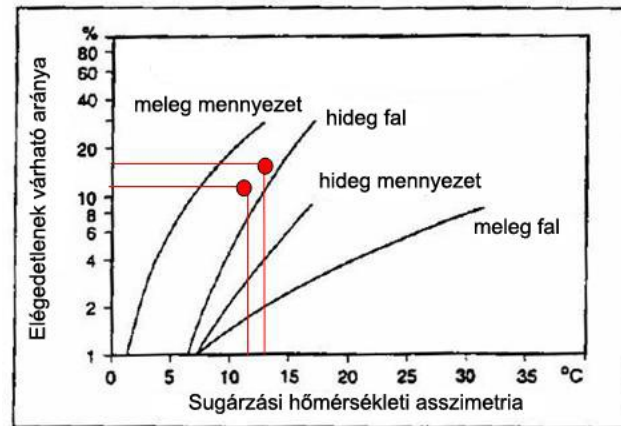


# Hőleadás $f(t_o)$



# Műember komfort vizsgálatoknál

## Sugárzási aszimmetria vizsgálata



# Összegzés

## Hőkomfort

- Operatív hőmérséklet
- PMV és PPD
- Hőkomfort követelményei
- Helyi diszkomfort
- Termikus műember