



Magyar Mérnöki Kamara

ÉPÜLETGÉPÉSZETI TAGOZAT

ÉPÜLETGÉPÉSZETI ENERGETIKA ÉS KOMFORT JOGSZABÁLYOK ÉS SZABVÁNYOK FAP 11-2016

Témavezető: Nagy Gyula, MMK ÉgT elnök

Készítette: Dr. Kalmár Ferenc, MMK ÉgT elnökségi tag

2016.09.30.

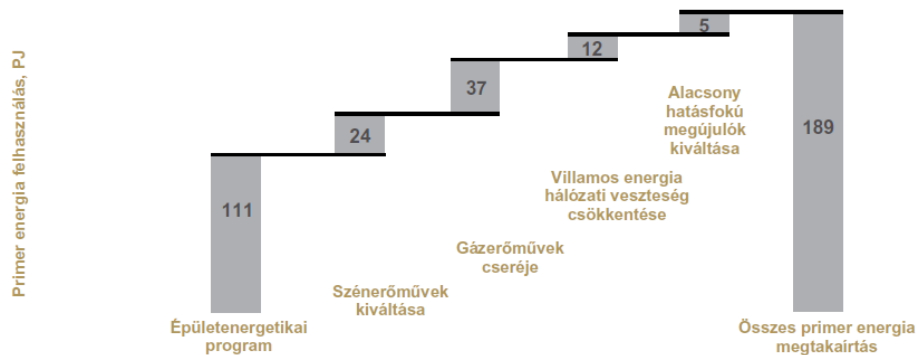
Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	3
2. KOMFORT KÖVETELMÉNYEK A 7/2006 TNM RENDELETBEN	8
2.1. A belső hőmérsékletre vonatkozó előírások, [5]	8
2.2. Az épület szellőző levegő igénye.....	9
3. HŐÉRZET	11
Effektív hőmérséklet, [12]	15
Új effektív hőmérséklet (ET*)	17
WBGT index (Wet bulb globe temperature)	18
Rietschel kényelmi görbéi	20
Olgyay bioklimatikus diagramja	20
4. SZABVÁNYOK.....	23
5. 3/2002. (II. 8.) SZCSM-EÜM EGYÜTTES RENDELET	29
6. MEGJEGYZÉSEK, JAVASLATOK.....	34
FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM	36

1. Bevezetés

Magyarországon az energiafogyasztás, az energetikai importfüggőség valamint a környezetterhelés csökkentése kiemelt célkitűzés, melynek elérését több Rendelet, illetve hosszú távú stratégia és az ezekhez kapcsolódó cselekvési terv is biztosítja.

A *Nemzeti Energiastratégia 2030* a hő-, a villamos- és a primerenergia, valamint a közlekedés szempontjából is feltérképezi a jelenlegi állapotot és a vizsgált területeken különböző forgatókönyvek szerint vázolja a jövőképet, [1]. A Stratégia szerint az energiahatékonyság növelésével 2030-ig 189 PJ primerenergia megtakarítás megvalósítása lehetséges (1. ábra).



1. ábra: Energiatakarékossági lehetőségek 2030-ig

Forrás: Nemzeti Energiastratégia 2030

A *Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terv* szerint Magyarország, a korábbi kormányzati célkitűzésekkel összhangban, az energiahatékonysági követelmények teljesítése, valamint a minél teljesebb körű forrásintegritás elérése céljából az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer bevezetése helyett a 7. cikk (9) bekezdésében foglaltak szerinti alternatív szakpolitikai intézkedésekkel kívánja az uniós célkitűzéseket megvalósítani, [2].

Az energiahatékonysági irányelv lehetővé teszi olyan finanszírozási rendszerek és eszközök, pénzügyi ösztönzők, szabályozások, vagy önkéntes megállapodások alkalmazását, amelyek energiahatékony technológiák vagy technikák alkalmazásához vezetnek, és azzal járnak, hogy csökken az energia végfelhasználói fogyasztása.

Nemzetközi példákat vizsgálva, Magyarország egy pénzügyi csomag kidolgozását, mint alternatív szakpolitikai intézkedés alkalmazását tervezi. A pénzügyi csomag alapján kedvező hitelek biztosításával ösztönözni tervezi a magyar vállalkozói és lakossági szektort az energiafelhasználásuk és környezetterhelő hatásaik csökkentését célzó beruházások végrehajtására.

A pénzügyi csomag az alábbi elemekre terjedne ki:

- energetikai audit mentor-szolgáltatás, amely közvetlen tanácsadói tevékenység és arra irányul, hogy a vállalkozások energia-felhasználási profiljának áttekintése eredményeként megfogalmazott intézkedések révén csökkentse a vállalkozások energiafelhasználását, ezzel együtt az üvegházhatású gáz kibocsátását és fajlagos energiaköltségeit,
- zöldhitel-program vagy lakossági energiahatékonysági beruházások finanszírozására alkalmas más pénzügyi eszközök biztosítása, amelyek a lakosság számára lehetővé tennék az energiahatékonysági beruházásokat otthonaik jobb energiafelhasználása érdekében (pl. energiahatékonysági lakás-takarékpénztári konstrukciók, stb.),

- alacsony kamatozású pénzeszközök biztosítása a lakossági energiaszolgáltatók számára, az általuk folytatott ESCO-finanszírozási tevékenységhez.

A *Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv* szerint a megújuló energiaforrásokból előállított energiának a 2020. évi teljes bruttó energiafogyasztásban képviselt aránya 14,65% lesz (2879 ktoe), [3]. Szektoronként a célkitűzések az alábbiak:

- közlekedés: 10,0% (535 ktoe)
- villamos: 10,9% (481 ktoe)
- fűtés-hűtés: 18,9% (1863 ktoe)

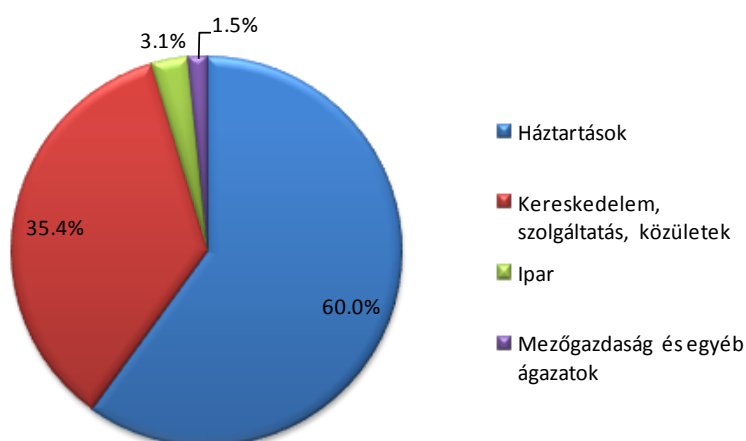
A *Nemzeti Épületenergetikai Stratégia* (NÉeS), a Nemzeti Energiastratégiában megfogalmazottak figyelembevételével, az épületek energiafelhasználásánál 2020. évre 49 PJ/év, 2030-ra 111 PJ/év primerenergia megtakarítás elérését tűzi ki célul, [4]. A 2020-ig tervezett épületenergetikai energia megtakarítási célkitűzéseket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: A NÉeS 2020-ig tervezett épületenergetikai energia megtakarítási célkitűzései

Ssz.	Beavatkozás	Primerenergia megtakarítási cél 2020-ig, [PJ]
1	A lakóépület és középület állomány felújítása (kereskedelmi épületekkel együtt)	40
2	A vállalkozások épületeinek felújítása	4
3	Egyéb energia megtakarítások épületeknél	5
4	Összesen	49

Forrás: NÉeS

A főbb szektorok arányait az épületek primerenergia-felhasználásán belül a 2. ábra szemlélteti:



2. ábra: Az épületek primerenergia-felhasználásának megoszlása főbb szektoronként 2011-ben (megoszlási %)

Forrás: NÉeS (Számított adatok az országos energiamérleg és a Vezetékes Energiahordozók Statisztikai Évkönyve 2011. Kiadvány (MEKH) adatai alapján)

Az épületek primerenergia-felhasználásán belül főbb energiahordozónként a 2. táblázatban látható arányok voltak 2011-ben. A táblázatban bemutatott adatok az energiahordozók primerenergia komponenseit tartalmazzák.

2. táblázat: Az épületek energiafelhasználásához kapcsolódó primerenergia-fogyasztása főbb energiahordozónként 2011-ben (PJ)

Az épületek energiafelhasználásához kapcsolódó primerenergia fogyasztás 2011-ben, [PJ]	
Földgáz	210
Egyéb tüzelőanyag (tűzifa, szénfészeségek, stb)	56
Távhő	39
Villamos energia	98
Épületek összesen	403

Forrás: NÉeS, (Számítás az országos energiamérleg és a Vezetékes Energiahordozók Statisztikai Évkönyve 2011. Kiadvány (MEKH) adatai alapján)

A NÉeS minden épülettípus esetében lehetőséget kíván biztosítani a felújításra. Az elvégzett részletes felmérések és számítások alapján készült felújítási forgatókönyvek alapul vételével a lakóépületek és középületek felújításával elérendő energia megtakarítási célokat 2020-ig az alábbiak szerint határozza meg:

3. táblázat: A lakóépületek és középületek felújításával elérendő primerenergia megtakarítási célok 2020-ig

Épület típus	2020 évi épületenergetikai célérték, [PJ]	Felújított lakások és középületek száma 2020-ig, [db]	Becsült összes ráfordítás 2020-ig, [Mrd Ft]
Családi ház	17,6	130.000	743
Iparosított technológiával épült társasház (panel)	12,8	380.000	536
Hagyományos társasház	8,0	190.000	329
Lakóépületek összesen	38,4	700.000	1608
Középületek	1,6	2.400	152
Összesen	40,0		1760

Forrás: NÉeS

A Nemzeti Épületenergetikai Stratégia három témakörben határoz meg intézkedéseket.

- I. Energia megtakarítások elérése a meglévő épületállománynál;
- II. Az új épületekre és az épület felújításokra vonatkozó előírások szigorítása, felülvizsgálata;
- III. Kutatás, fejlesztés, demonstráció, innováció, tudás, képzés, információ.

A Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terv az alábbi feladatokat fogalmazza meg, [2]:

- A meglévő épületállomány esetében a korszerűsítési beruházások legnagyobb akadálya a finanszírozási források hiánya. Néhány éve végzett felmérés megállapította, hogy a lakosság viszonylag jelentősebb részében van korszerűsítési szándék, azonban ehhez nincsen kellő megtakarítása és hitelt sem szeretne felvenni.

Ezért csak támogatási programok keretében várható a meglévő lakásszállomány nagyarányú felújítása. A meglévő épületállomány korszerűsítésére forrást jelenleg csak az operatív programok tartalmaznak, a 2016. évre vonatkozó költségvetés tervezete nem. Ugyanakkor probléma a korszerűsítési projektek előkészítése is. A bevonható állami, magán- és európai uniós források körének meghatározására, valamint a nemzetközi pénzügyi intézményektől történő forrásbevonás lehetőségéről további egyeztetés szükséges.

- A Megújuló Energia Hasznosítási Nemzeti Cselekvési Terv felülvizsgálata során, vizsgálni szükséges, hogy milyen adminisztratív intézkedésekkel, szabályozásokkal, és ösztönző programokkal lehet elősegíteni a megújuló energia alapú energiaellátás (napkollektorok, biomassa, hőszivattyú) alkalmazását az épületek hőellátásában, hűtésében, valamint az épületek megújuló energia alapú villamosenergia-ellátását napelemes alkalmazásokkal.
- Az új épületekre és az épületek felújítására vonatkozó energetikai előírások felülvizsgálata:
 - ezen belül a közel nulla energiaigényű épületek energetikai követelményeinek számszerűsítése, és a követelmények előírása jogszabályban az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv 9. cikke szerint;
 - az épületek elemeinek cseréjére vonatkozó előírások felülvizsgálata épületépészeti berendezések és külső térelhatárolók esetén;
 - követelmények meghatározása 2018. december 31.-e után meglévő középületek jelentős felújítása esetében, illetve minden más épület jelentős felújítása esetében 2020. december 31.-e után (amikor új épületekre a közel nulla energiaigényszint lesz a követelmény).
- Az épületek energetikai minősítésének és a tanúsítási rendszer tapasztalatainak feldolgozása, a rendszer szükség szerinti továbbfejlesztése. Energia megtakarítások elérése az épületek tanúsítási rendszerének felülvizsgálatával (pl. újabb nagyon energiahatékony minőségi kategória bevezetése).
- Új épületenergetikai technológiákkal kapcsolatos kutatás, fejlesztés és demonstráció, az új technológiák alkalmazásának elterjesztése. A hazai kutatási és vállalkozói kör tevékenységére alapozva új épületenergetikai technológiák kidolgozása, és a hazai piacra való bevezetése. Az épületek hőveszteségeit csökkentő új technológiák, tüzelőanyag-cella rendszerek alkalmazása a háztartásokban, és a középületek, ipari, kereskedelmi, vendéglátó ipari és mezőgazdasági létesítmények energiaellátásában új technológiák kifejlesztése és piaci bevezetése a megújuló energiák épületenergetikai alkalmazásaihoz. Kutatások az épületenergetikai fejlesztések közegészségügyi, épületenergetikai és energiaszegénységgel kapcsolatos szempontjainak együttes vizsgálatára.
- Energiatudatossági és ismeretterjesztési tevékenységek kialakítása a lakosság részére összhangban a készülő Szemléletformálási CsT-vel, továbbá az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. tv. 20. § és 21. §-ban előírtakkal.

- Tudásmegosztás és ismeretterjesztés ösztönzése az épületek üzemeltetését végző vállalkozások, épülettulajdonosok, energetikai tanácsadók, önkormányzati energetikusok körében, összhangban az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. tv. 20. §-ban előírt honlap működtetésével, illetve a tervezett energetikusi hálózat működtetésével.
- Épületenergetikai szakmai képzés, oktatás továbbfejlesztése a felsőfokú és a szakmunkás képzésben. A mérnökök, tanácsadók, kivitelezők esetében megerősített továbbképzésre van szükség, az épületek alacsony energiafogyasztásának biztosítására. Az intézkedést az építési ágazat szereplőivel szoros együttműködésben kell kidolgozni. A képzendő mérnököknek, építészeknek, építőipari szakmunkásoknak, vízvezeték- és fűtésszerelőknek az energiatudatos építés területén igen komoly szaktudással kell rendelkezniük. A képzésekben az energiahatékonyság megfelelő prioritás legyen, fontos hogy az egyes szereplők jobban átlássák az építési folyamat egészét.
- Az épületekre vonatkozó energetikai adatgyűjtési rendszer továbbfejlesztése, a projekt szintű adatok rendszere és az energetikai adatgyűjtés harmonizálása, az elért megtakarítások figyelemmel kísérése és a statisztikai adatszolgáltatás érdekében, összhangban az energiahatékonyságról szóló LVII. tv. 13-15- §-aiban meghatározott adatszolgáltatási kötelezettséggel.
- A központi kormányzat épületeire vonatkozó adatbázis és nyilvántartás létesítése, amelynek célja, az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv (EED) 5. cikke szerinti felújítási kötelezettség teljesítése és nyomon követése. A közintézmények példamutató szerepkörének elérése, és közintézményi energia megtakarítások megvalósítása érdekében az egyes tagállamoknak biztosítani kell, hogy 2014. január 1-jétől a központi kormányzat tulajdonában és használatában lévő fűtött és/vagy hűtött épületek teljes alapterületének 3 %-át évente oly módon felújítják, hogy az megfeleljen legalább az általuk a 2010/31/EU irányelv 4. cikkének alkalmazásában az energiahatékonyságra vonatkozóan előírt minimumkövetelményeknek. Az adatbázis hiányában nem követhető a kötelezettség teljesítése. Az energiahatékonyságról szóló LVII. tv. 9. §-val és a 122/2015. (V. 26.) Korm. rendelet 27 7. §-ával összhangban.

Míg az energiahatékonyság, az energiamegtakarítás és a megújuló energiaforrások alkalmazása számos Rendeletben és Cselekvési Tervben jelenik meg hangsúlyosan, addig az épületek belső tereivel kapcsolatos komfortkövetelmények az utóbbi években mintha háttérbe szorultak volna. Az emberek viszont életüknek jelentős részét zárt terekben töltik, így az egészséges és élhető belső környezet biztosítása kellene legyen az elsőrendű célkitűzés az épületek tervezése, építése és üzemeltetése során. Számos kutatás eredményei igazolják, hogy a megfelelő komfortkövetelmények biztosításával növekszik az elvégzett tevékenység hatékonysága. Nem megfelelő komfortkörülmények mellett viszont megnő az egészségügyi panaszok száma.

2. Komfort követelmények a 7/2006 TNM Rendeletben

A 7/2006 TNM Rendelet háromszintű követelményrendszert fogalmaz meg az épületek energiahatékonyságával szemben. A belső környezeti viszonyokkal kapcsolatosan elsősorban a nyári túlmelegedés kockázatának vizsgálatát írja elő a Rendelet, mely szerint, [5]:

- Az épület nyári túlmelegedésének kockázatát vagy a gépi hűtés energiaigényét épületszerkezeti, árnyékolási és természetes szellőztetési megoldások alkalmazásával kell mérsékelni.

Miután ebből a szempontból egy épület különböző tájolású helyiségei között lényeges különbségek adódhatnak, a tervező dönthet úgy, hogy a túlmelegedés kockázatát helyiségenként vagy zónánként ítéli meg.

- Ha a rendeltetésszerű használatból következő belső hőterhelésnek a használati időre vonatkozó átlagértéke nem haladja meg a $q_b < 10 \text{ W/m}^2$ értéket, a túlmelegedés kockázata elfogadható, amennyiben a belső és külső hőmérséklet napi átlagértékeinek különbségére teljesül az alábbi feltétel:

$\Delta t_{bnyár} < 3 \text{ K}$ nehéz épületszerkezetek esetében

$\Delta t_{bnyár} < 2 \text{ K}$ könnyű épületszerkezetek esetében

Az épület nettó fűtött alapterületére vetített fajlagos hőtároló tömege alapján az épület:

- nehéz, ha $m \geq 400 \text{ kg/m}^2$;

- könnyű, ha $m < 400 \text{ kg/m}^2$.

2.1. A belső hőmérsékletre vonatkozó előírások, [5]

2.1.1. Ha jogszabály eltérően nem rendelkezik, a tervezésnél a belső hőmérsékletre vonatkozóan az alábbi táblázatban levő hőmérsékleteket kell figyelembe venni. Megfelelő megoldás az MSZ EN 15251 szabványban levő légállapot követelmények alkalmazása is.

Általános esetben az alábbi 4. táblázat tartalmazza a hőmérsékletet és a beszabályozási tartományt.

4. táblázat: Az épületgépészeti rendszer tervezéséhez figyelembe vehető légállapot adatok

Az épület vagy a helyiség funkciója	A minimális belső hőmérséklet fűtésnél, °C	Hőmérséklet tartomány fűtésnél, °C	A maximális belső hőmérséklet hűtésnél, °C (amennyiben van gépi hűtés)	Hőmérséklet tartomány hűtésnél, °C
Lakóépület, huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségek (szobák, étkező hálószoa stb.)	20	20-25	26	23-26
Lakóépület: egyéb helyiségek (konyha, tároló stb.)	16	16-25	-	-
Iroda (cellás vagy egyterű)	20	20-24	26	23-26

Konferenciaterem Előadó, osztályterem Étterem/büfé				
Óvoda	22	22-24	26	23-26
Áruház	16	16-22	25	21-25
<i>Megjegyzés: A táblázatban levő hőmérsékletek operatív hőmérsékletet jelentenek.</i>				

Forrás: 7/2006 TNM Rendelet

2.1.2. A fűtés üzemideje alatt, ha jogszabály másképp nem rendelkezik:

2.1.2.1. huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségekben és az azokkal egy rendeltetési egységben lévő helyiségekben a fűtési energiaigény meghatározását 20 °C parancsolt levegő hőmérsékletre kell végezni;

2.1.2.2. azokban a közlekedőkben és mellékhelyiségekben, amelyek egy épületben vannak a huzamos tartózkodásra szolgáló helyiségekkel, de nincsenek velük egy rendeltetési egységben és azoktól $U < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ szerkezetek határolják, 17 °C parancsolt levegő hőmérsékletre lehet végezni a méretezést;

2.1.2.3. azokban a helyiségekben, amelyekben hőleadó kerül kiépítésre, azt kell feltételezni, hogy a fűtés üzemideje alatt kifűtésre kerülnek, a lakó-, szállás, iroda, oktatási, kereskedelmi, egészségügyi rendeltetéstől eltérő egyéb rendeltetésüként számított épületek vagy épületrészek kivételével;

2.1.3. Amennyiben kiépítésre kerül hűtési rendszer, akkor a hűtés üzemideje alatt, ha jogszabály másképp nem rendelkezik, az energiaigény meghatározását 26 °C parancsolt levegő hőmérsékletre kell végezni.

2.2. Az épület szellőző levegő igénye

2.2.1. Nem lakó funkciójú épület, [5]

Légtechnikai rendszer esetén, folyamatos emberi tartózkodásra használatos helyiségben a tartózkodási zónába minimálisan bejuttatandó friss levegő mennyiséget az alábbi összefüggéssel lehet megállapítani alacsonyan szennyező épületet figyelembe véve. Ettől eltérő igényeket a tervezési programban kell rögzíteni.

Összes légmennyiség:

$$q_{\text{tot}} = n \times 25,2 + A \times 2,52$$

ahol: q_{tot} – az összes szellőző levegő, [m^3/h]; n – a személyek száma; 25,2 – személyenkénti szellőző levegő igény, [$\text{m}^3/\text{h} / \text{fő}$]; 2,52 – épületemisszió miatt szükséges szellőzés, [$\text{m}^3/\text{h} / \text{m}^2$]; A – az épület hasznos alapterülete, [m^2].

A belső térben a CO₂ koncentráció a külső tér levegőjéhez képest maximum 500 ppm-mel lehet magasabb.

Alacsonyan szennyezőnek minősül az az épület, ahol a burkolatok és a berendezések alacsony emissziójú anyagok (pl. kő és üveg), továbbá olyan anyagok, amelyek kielégítik a következő feltételeket:

a) TVOC emisszió	< 0,2	[mg/m ² h]	
b) Formaldehid emisszió	< 0,05	[mg/m ² h]	
c) Ammónia emisszió	< 0,03	[mg/m ² h]	
d) IARC emisszió	< 0,005	[mg/m ² h]	
e) Az anyagnak nincs jellegzetes szaga (az anyag szagával elégedetlenek aránya 15% alatti)			

2.2.2. Lakóépület, [5]

Légtechnikai rendszer esetén, az alábbi helyiségekben a tartózkodási zónába minimálisan bejuttatandó friss levegő mennyiségét a 5. táblázat szerint lehet megállapítani

5. táblázat: Friss levegő igény

(1)	(2)	(3)
átlagos légmennyiség m ² -re vetítve	nappali főre	hálószoba m ² -re vetítve
m ³ /h,	m ³ /h/fő	m ³ /h,
1,5	25,2	3,6

Forrás: 7/2006 TNM Rendelet

A friss levegő mennyiségét ki kell számítani az (1.) oszlop szerint a lakás hasznos alapterülete alapján, a (2.) oszlop szerint a lakást használó személyek száma alapján és a (3.) oszlop szerint a nappali és a hálószoba alapterülete alapján. A három térfogatáram közül a legnagyobbat kell figyelembe venni.

2.2.3. Az energiaigény meghatározásánál figyelembe vett szellőzési levegő mennyisége nem lehet kevesebb, mint a 6 táblázatban megadott érték.

6. táblázat Légcsereszám értékek

Az épület rendeltetése	Légcsereszám fűtési időnyben, [1/h]		
	1)	2)	3)
Lakóépületek ⁴⁾	0,5		
Irodaépületek ⁵⁾	2	0,3	0,8
Oktatási épületek ⁶⁾	2,5	0,3	0,9

Forrás: 7/2006 TNM Rendelet

1) Légcsereszám a használati időben

2) Légcsereszám használati időn kívül

3) Átlagos légcsereszám a használati idő figyelembevételével (ha nincs gépi szellőztetés).

Megjegyzés: az átlagos légcsereszámmal számítandó az éves nettó fűtési hőigény, a használati időre vonatkozó légcsereszámmal számítandók azok az adatok, amelyek a szellőzési rendszer üzemidejétől függenek.

4) Folyamatos használat

5) Napi és heti szakaszosságú használat

6) Napi és heti szakaszosságú használat két hónap nyári szünet feltételezésével

3. Hőérzet

Ennek a szubjektív érzésnek a kialakulását döntően a következő hat paraméter befolyásolja:

- a levegő hőmérséklete (annak térbeli, időbeli eloszlása);
- a környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete;
- a levegőben lévő vízgőz parciális nyomása;
- a levegő relatív sebessége;
- az emberi test hőtermelése, hőleadása, hőszabályozása;
- a ruházat hőszigetelő képessége, párolgást befolyásoló hatása.

Az első négy fizikai paraméter, míg az utóbbi kettő az emberi szervezet alkalmazkodóképességével függ össze.

Az emberi szervezet hőegyensúlya szempontjából alapvető tényezők:

- az emberi test hőtermelése (elsősorban a végzett tevékenység függvénye, de bizonyos fokig befolyásoló tényező az egyén kora, neme – tehát ez műszakilag nem változtatható)
- az emberi test hőleadása (nagyértékben függ a ruházattól, valamint az első négy műszaki paraméter hatásától)

Az ASHRAE 55-2004 szerint [6]:

„...a kellemes hőérzet az a tudati állapot, amely a termikus környezettel kapcsolatos elégedettsége fejezi ki...”

A hőérzettel kapcsolatos folyamatok és összefüggések különböző szabványokban [7], [8], műszaki jelentésekben [9] megtalálhatók, de az elméleti alapokat teljes körűen Fanger írja le „Thermal Comfort” c. könyvében [10]. A hőérzet elméleti és gyakorlati kérdéseivel Prof. Bánhidi László foglalkozott [11], [12]. A következőkben bemutatott elméleti és gyakorlati összefüggések többsége a felsorolt szabványokban illetve szerzők munkáiban megtalálhatók.

A hőérzet számszerűsítése az un. szubjektív hőérzeti skála alapján történik. Ezek közül a legelterjedtebb a 7 pontos skála:



Forró +3; Meleg +2; Kellemesen meleg +1; Semleges 0; Kellemesen hűvös -1; Hűvös -2; Hideg -3.

Ezen belül a +1-1 tartomány a kellemes zóna.

Az emberi testben tehát égési folyamat megy végbe és ennek során a termelt energia részben hő formájában szabadul fel, részben izommunka végzésére fordítódik.

Ehhez az égéshez az emberi testnek oxigént kell felvennie, mely felvétel mértéke egyben meghatározza a végzett munka intenzitását. Nyugalmi állapotban lévő felnőtt ember oxigénfogyasztása 0,25 l/min. Ennek elégeésekor felszabaduló hő 88W. Izommunka végzésével az oxigénfogyasztás a nyugalmi állapot sokszorosára nő. A tüdőben lejátszódó gázcserét "külső légzésnek nevezzük". E folyamat alkalmával nyugalmi körülmények között egy levegővételkor 500 ml levegőt lélegzünk be, percenként kb. 16 alkalommal.

A hasznos munka energiaszükségletét a gyakorlatban az oxigénfogyasztásból határozzák meg, mégpedig úgy, hogy a mért fogyasztásból levonják a nyugalmi (alapanyagcsere) oxigénfogyasztást, [12]. A különbség az adott munka energiaigénye vagyis az az energiamennyiség, amelyet a szervezetnek az adott munkatípushoz kell termelnie.

A munkák osztályozása intenzitás szerint:

- a) Könnyű munkának nevezik azokat a tevékenységeket, amelyek során a teljes oxigénfogyasztás a nyugalmi állapot fogyasztásának kétszeresét nem haladja meg, tehát a 0,5 l/perc értéknél kisebb. Ennek megfelelően a termelt metabolikus hő 175 W, amiből 88 W az alapanyagcsere. Ennek megfelelően 88 W 20%-a fordítható izommunkára (17,6 W). Ide sorolhatók az ülő foglalkozások.
- b) Közepes nehézségű munka esetén az oxigénfogyasztás a nyugalmi érték 2-4-szerese, tehát maximum 1,0 l/perc. A metabolikus hő ebben az esetben 350W, amelyből az alapanyagcsere 88W, vagyis 262 W – 20%-a fordítható izommunkára (52,4 W). Ide sorolhatók a nem gépesített házimunkák, kézműipari tevékenységek, stb.
- c) Nehéz munka esetén a teljes oxigénfogyasztás a nyugalmi érték 4-8-szorosa, tehát maximum 2 l/perc. A testben végbemenő égési folyamat során tehát a felszabaduló metabolikus hő 700W. Ha ebből az értékből levonjuk az alapanyagcserét, akkor 612 W-t kapunk, melynek 20%-a fordítható izommunkára, ami 122,4 W-t jelent. Ide sorolhatók a nehézipari és mezőgazdasági munkák legnagyobb része.

Az emberi test a benne fejlődő hőt 4 módon tudja leadni:

- konvekcióval;
- sugárzással;
- vezetéssel;
- párolgással.

A gyakorlatban a vezetéssel (2,4%) és a konvekciós hőleadás értékét együttesen kezelik. Az első három hőleadási módot száraz, utóbbit nedves hőleadásnak is nevezik. A műszaki gyakorlatban, illetve a számítások során a komfortparaméterek tartományában az össz-hőleadásnak

- a sugárzásos hőleadás 42-44%-a,
- a konvekciós hőleadás 32-35%-a,
- a párolgásos hőleadás 21-26%-a.

Míg a sugárzás és a konvekció azonban lehet pozitív és negatív, azaz hőfelvétel és hőleadás is, a párolgás csak negatív, azaz csak hőleadás lehet.

Az operatív hőmérséklet a levegő és a környezet közepes sugárzási hőmérsékletét egyaránt figyelembe veszi:

$$t_o = \frac{h_r \bar{t}_r + h_c t_a}{h_r + h_c} \quad (1)$$

ahol: h_r a sugárzásos hőátadási tényező, $[W/(m^2 \cdot K)]$; h_c – a konvekciós hőátadási tényező, $[W/(m^2 \cdot K)]$; t_a – a levegő hőmérséklete, $[^\circ C]$.

A sugárzásos hőátadási tényező a következő összefüggéssel határozható meg, [13]:

$$h_r = 4\sigma \frac{F_r}{F_{Du}} \left(273,2 + \frac{t_{cl} + \bar{t}_r}{2} \right)^3 \quad (2)$$

ahol σ - a Stefan-Boltzmann féle állandó, $5,67 \times 10^{-8} [W/m^2 K^4]$, ε - a ruházattal borított emberi test emissziós tényezője (általában 0,95); F_r/F_{Du} – effektív sugárzó felület és a test Du Bois felülete közötti arány, melynek értéke 0,67 guggoló emberre vonatkozóan, 0,7 ülő ember esetében és 0,77 álló ember esetében, t_{cl} – a ruházattal borított és nem borított test átlagos hőmérséklete.

Ha a ruházat erősen reflektáló tulajdonsággal rendelkezik, akkor a sugárzási hőátadási tényezőt az alábbi tényezővel korrigáljuk:

$$\varepsilon_{cl,R} = (1 - A_p) 0,97 + A_p \varepsilon_r \quad (3)$$

ahol A_p – a magas reflexióval borított testfelület és az össz-testfelület aránya, ε_R – a magas reflexiós tulajdonságokkal rendelkező ruházat emissziós tényezője.

A konvekciós hőátadási tényezőt az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg, [7]:

$$h_c = \begin{cases} 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{ha } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}} \\ 12,1\sqrt{v_{ar}} & \text{ha } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (4)$$

ahol v_{ar} – a levegő relatív sebessége, $[m/s]$.

A közepes sugárzási hőmérséklet

$$\bar{t}_r = 4 \sqrt[4]{\sum_{i=1}^N \Phi_{E-Fi} \cdot T_{Fi}^4} - 273 \quad (5)$$

ahol Φ_{f-Fi} – az elemi felület és az i határoló felület közötti besugárzási tényező.

A glóbusz hőmérő

A glóbusz hőmérő egy kívülről feketére festett rézgömb, melynek középpontjában van elhelyezve a hőmérsékletérzékelő, mely általában egy hőelem (vagy ellenállás), de lehet egy higanyhőmérő érzékelője is (3. ábra). Elméletileg a gömb bármilyen átmérővel rendelkezhet, de az alábbiakban megadott összefüggések a 0,15 m átmérővel rendelkező gömbre vonatkoznak. A 0,15 m kisebb átmérővel rendelkező gömb esetében nagyobb lesz a léghőmérséklet és a légsebesség hatása, ami negatívan befolyásolja a közepes sugárzási hőmérséklet mérési pontosságát. A gömböt fekete színű matt festékekkel festik be annak érdekében, hogy a környező felületek által leadott hőmennyiség lehető legnagyobb részét abszorbeálja.



3. ábra: Glóbusz hőmérő

A glóbusz hőmérőt a zárt tér azon pontjában kell elhelyezni, amelyben a közepes sugárzási hőmérsékletet kell meghatározni. A glóbuszban a sugárzásos hőcsere, illetve részben konvekciós hőcsere folytán kialakul egy egyensúlyi hőmérséklet, melyet glóbusz hőmérsékletnek nevezünk. A glóbusz hőmérséklet alapján számítható a közepes sugárzási hőmérséklet is. Egy zárt térben a mérési pontokat a környezet típusa (homogén vagy heterogén) alapján határozzák meg [14]. A *C* osztályú teret komfort térnek tekintjük, míg az *S* osztályú teret hő stressz fellépésére alkalmas térnek tekintjük. A táblázatból kitűnik, hogy a mérési pontok eltérnek álló és ülő helyzetben lévő egyének esetében. de minden esetben a mérvadó magasságok, melyekben el kell helyezni a műszereket a boka, a derék és a fejmagasság.

A környezeti jellemzők meghatározzák azt is, hogy egy adott térben hány darab műszert kell elhelyezni.

A hőegyensúlyi egyenlet alapján Fanger [10], kidolgozta a várható hőérzeti érték (*PMV* – predicted mean vote) és a hőérzettel várhatóan elégedetlenek százalékos arányára (*PPD* – predicted percentage of dissatisfied) vonatkozó összefüggéseket. Az összefüggésekben az egyes értékek paramétereket megfelelő mértékegység alkalmazásával kell behelyettesíteni. A *PMV* és a *PPD* értékeket a zárt terek hőérzeti méretezésénél alkalmazzák, hiszen ezek segítségével egy adott mikroklima paraméterekkel rendelkező térben meghatározható a várható hőérzeti érték.

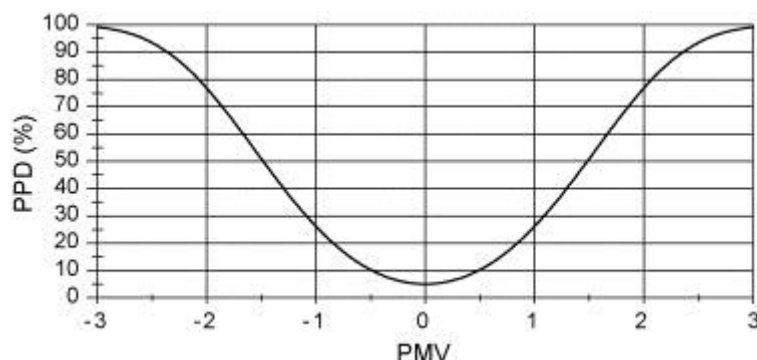
$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0,028) \left\{ (M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - \right. \\ \left. 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 1,7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.0014 M (34 - t_a) - \right. \\ \left. - h_r \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (6)$$

ahol: M – a metabolikus hő, $[W/m^2]$, W – a mechanikai munka, $[W/m^2]$, I_{cl} – a ruházat hőszigetelő képessége, $[m^2K/W]$, f_{cl} – a ruházattal borított és nem borított testfelületek aránya, t_a – a léghőmérséklet, $[^\circ C]$, \bar{t}_r – a közepes sugárzási hőmérséklet, $[^\circ C]$, p_a – a vízgőz parciális nyomása belső levegőben, $[Pa]$, h_c – a konvekciós hőátadási tényező, $[W/m^2K]$, h_r – a sugárzásos hőátadási tényező; t_{cl} – a ruházat felületi hőmérséklete, $[^\circ C]$.

A hőérzettel várhatóan elégedetlenek százalékos aránya a (7) összefüggéssel határozható meg:

$$PPD = 100 - 95e^{(-0,03353PMV^4 - 0,2179PMV^2)} \quad (7)$$

A PMV és a PPD elméleti kapcsolatát a következő diagram szemlélteti [10]:



4. ábra: A PMV és a PPD elméleti kapcsolata

Látható, hogy a görbe szimmetrikus és minimummal rendelkezik (PMV=0 mellett). Ez a minimum Fanger szerint 5% és azt fejezi ki, hogy a legjobb eredmény, amit egy zárt tér hőérzeti kialakításánál elérhetünk az, ha a benntartózkodók 95%-a elégedett a mikroklímával hőérzeti szempontból.

Effektív hőmérséklet, [12]

Az effektív hőmérséklet (ET) olyan telített állapotú levegőnek a hőmérséklete, amely azonos hőérzetet okoz, mint a vizsgált hőmérsékletű ϕ relatív nedvességtartalmú levegő. Az ET nomogramok kidolgozói Yaglou (1923), valamint Yaglou és Miller (1925). Normál ruházatú (5. ábra) és fedetlen felsőtestű emberekre vonatkozó (6. ábra) változatai ismertek.

A kellemes hőérzet 30%-70% relatív nedvességtartalom mellett biztosítható, így a diagramban a téli és nyári időszakra kialakul egy-egy terület, melyet a kellemes hőérzetet biztosító paraméterek adnak.

Az effektív hőmérséklet az alábbi összefüggéssel határozható meg [15]:

$$ET = t_a - 0,4(t_a - 10) \left(1 - \frac{\phi}{100} \right) \quad (8)$$

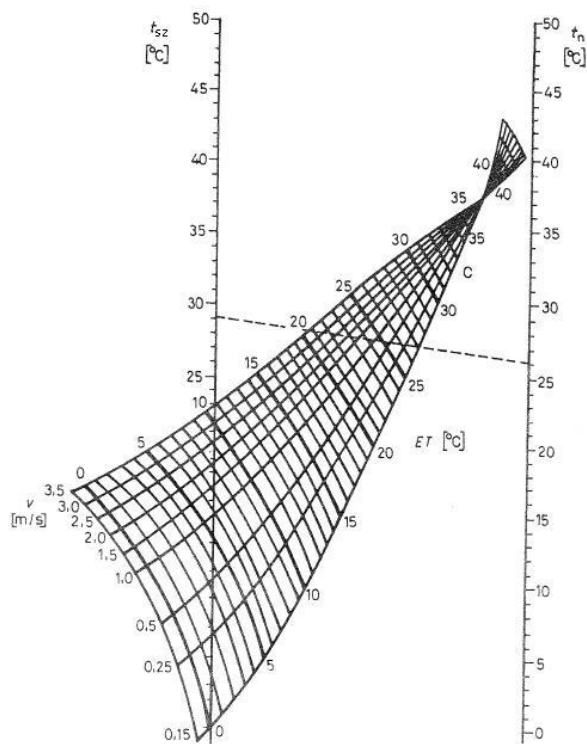
A korrigált effektív hőmérséklet fogalmát Vernon és Bedford vezette be. A glóbusz hőmérséklet figyelembe vételét javasolták a száraz léghőmérséklet helyett. A korrigált effektív hőmérséklet ($0,1 \text{ m/s}$ légsebesség esetében) az alábbi összefüggésekkel határozható meg, [15]:

1 clo ruházatú ember esetén:

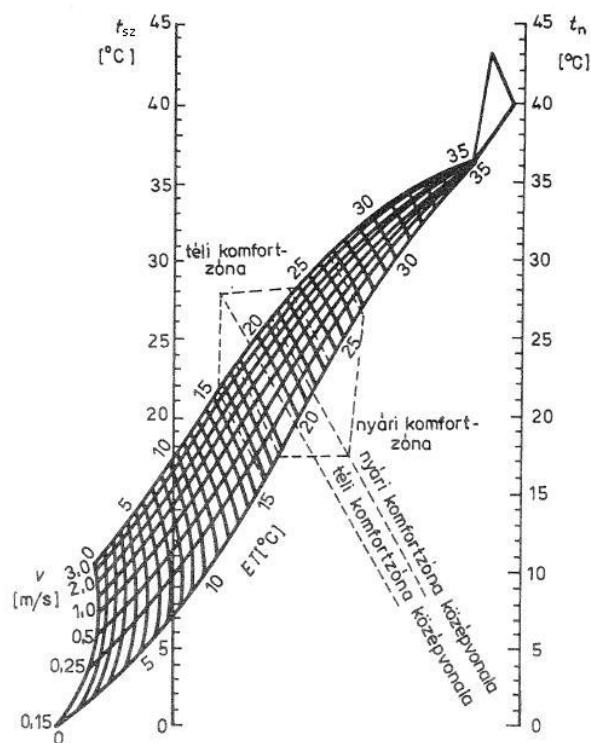
$$CET = \frac{1,21t_g - 0,21t_n}{[1 + 0,029(t_g - t_n)]} \quad (9)$$

0,5 clo ruházatú ember esetén:

$$CET = \frac{0,944t_g - 0,056t_n}{[1 + 0,022(t_g - t_n)]} \quad (10)$$

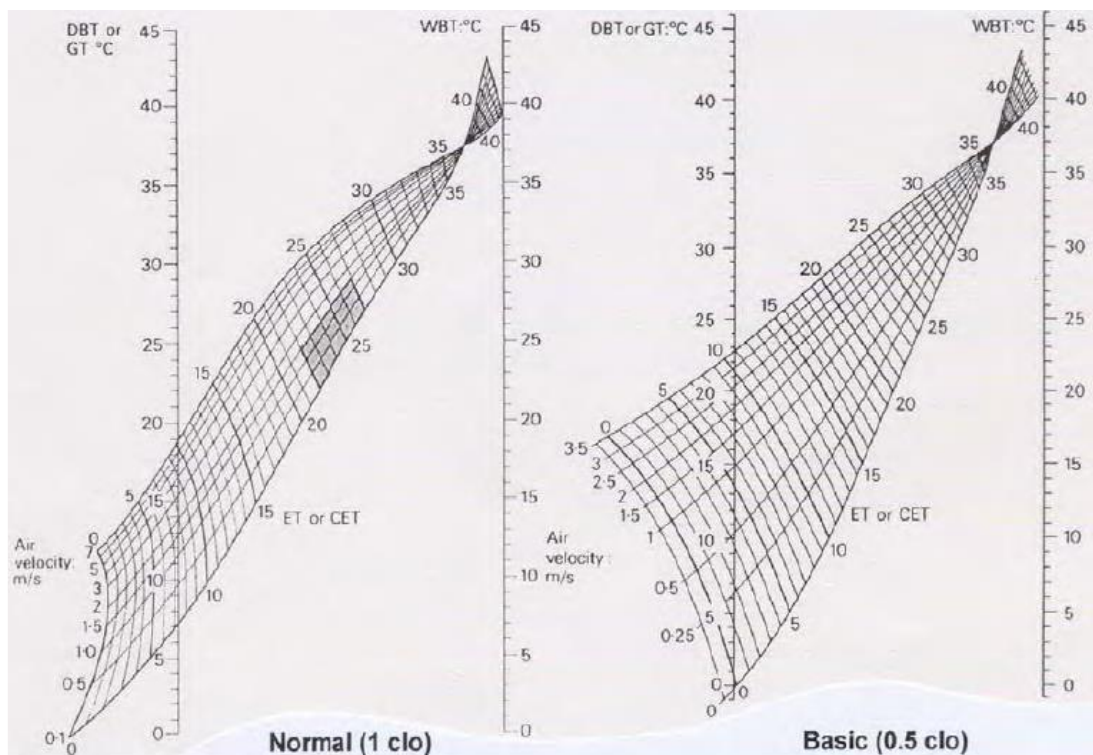


5. ábra: Az effektív hőmérséklet diagramja normál ruházatú emberre,
(Bánhidi, 1986), [12]



6. ábra: Az effektív hőmérséklet diagramja fedetlen felsőtestű emberre,
(Houghten és Yaglou, 1923), (Yaglou és Miller, 1925), [12]

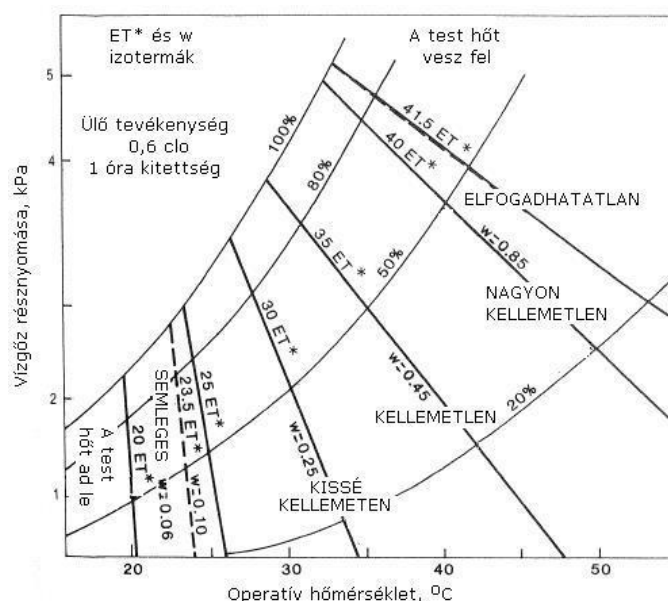
Mivel a ruházat számos esetben nagymértékben befolyásolja a sugárzással leadott vagy felvett hőmennyiséget Bedford 1 clo és 0,5 clo ruházat esetére is elkészítette a diagramokat (7. ábra).



7. ábra: CET diagramok, [15]

Új effektív hőmérséklet (ET*)

Az új effektív hőmérséklet a száraz léghőmérséklete annak az 50% relatív nedvességtartalommal rendelkező környezetnek, melyben az egyéneknek azonos a sugárzásos, konvekciós és párolgásos hőleadása, mint a vizsgált, változó nedvességtartalmú környezetnek. Az ASHRAE által kidolgozott ET* diagram (8. ábra), 0,6 clo ruházat hőszigetelési értéket, 0,2 m/s légsebességet és 1 met tevékenységet feltételez. A környezetben töltött idő (kitettség) 1 óra.

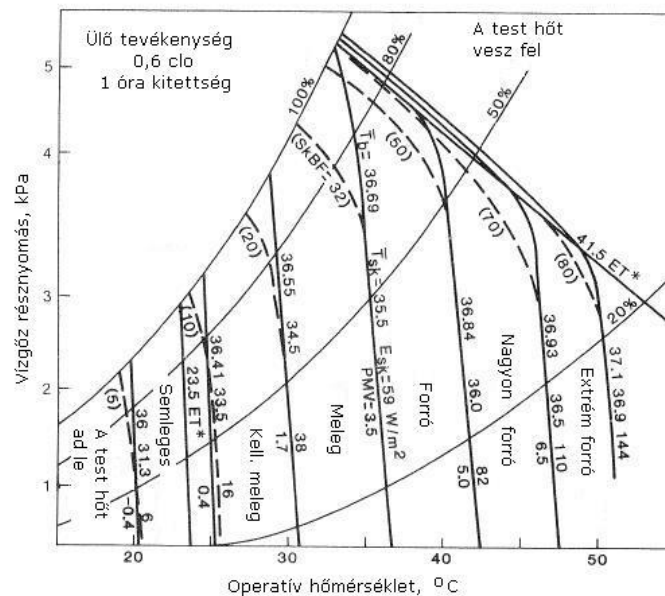


8. ábra: Az ET* diagram (légsebesség: 0,2 m/s, tevékenység: 1 met), [13]

(w – a nedvességgel borított testfelület és a teljes testfelület aránya)

A diagramból megállapítható, hogy a kellemes hőérzet akkor alakul ki, ha a nedves bőrfelület aránya az össz-bőrfelülethez viszonyítva 0,06-0,1. Ez 23,5-25 ET* új effektív hőmérséklet mellett alakul ki. ha az új effektív hőmérséklet eléri a 30 °C-t akkor a kellemetlen hőérzet alakul ki (a környezetet melegnek érezzük), 41,5 °C értéknél pedig kialakul a $w=1$ érték, vagyis a párolgásos hőleadás nagy mértékben csökken, így a környezetet elfogadhatatlanul melegnek érezzük. Ha az ET* értéke 20 °C vagy az alatti, akkor a környezetet hidegnek értékeljük.

Az ASHRAE kidolgozta a bőr átlaghőmérsékletére vonatkozó izotermákat is (9. ábra).



9. ábra: Izo-bőrhőmérséklet és izo-testhőmérséklet görbék, [13]

Az ábrából leolvasható a test átlagos hőmérséklete (\bar{T}_b), a bőr átlagos hőmérséklete (\bar{T}_{sk}), a bőr felületéről elpárologtatott összes nedvesség (E_{sk}) és a PMV érték is. Az izo bőrhőmérséklet görbéket az 50% relatív nedvességtartalom és 5 °C száraz léghőmérséklet lépték mellett alkották meg.

WBGT index (Wet bulb globe temperature)

A nedves- és gömbhőmérsékleti index a nedves hőmérséklet, a száraz hőmérséklet és a gömbhőmérséklet súlyozott átlaga:

$$WBGT = 0,7t_n + 0,2t_g + 0,1t_{sz} \quad (11)$$

Ez az index magába foglalja az alacsony és magas hőmérsékletű sugárzás és a légmozgás hatásait is. A belső térben ha a napsugárzást nem vesszük figyelembe, a (11) összefüggés a következőképpen alakul:

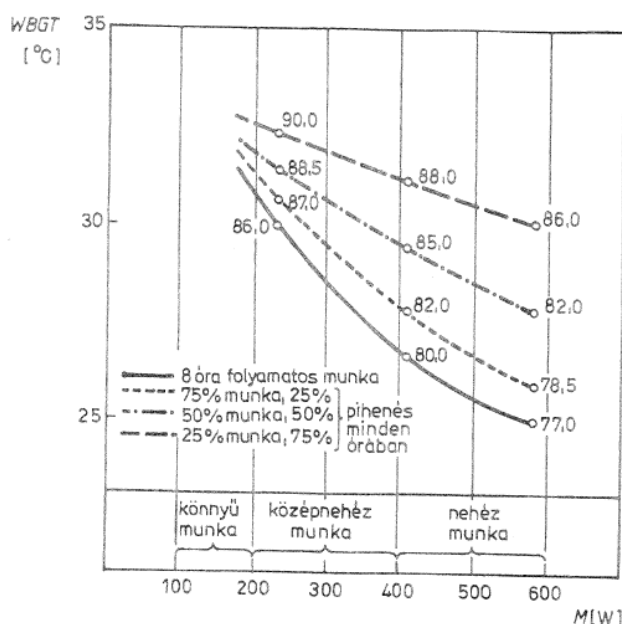
$$WBGT = 0,7t_n + 0,3t_{sz} \quad (12)$$

A WBGT indexek referencia értékeit (ISO 7243), 38°C testközpont hőmérséklet mellett a 7. táblázat szemlélteti.

7. táblázat: WBGT index referencia értékei

Végzett tevékenység [met]	Metabolikus hő, M		WBGT referencia értéke			
	W/m ²	Összes [W] F _{Du} =1.8m ²	Magas hőmérséklethez szokott egyén, [°C]		Magas hőmérséklethez nem szokott egyén, [°C]	
0	M≤65	M≤117	33		32	
1	65<M≤130	117<M≤234	30		29	
2	130<M≤200	234<M≤360	28		26	
3	200<M≤260	360<M≤468	Nincs érezhető légmozgás 25	Érezhető légmozgás 26	Nincs érezhető légmozgás 22	Érezhető légmozgás 23
4	M>260	M>468	23	25	18	20

Az ASHRAE szerint a WBGT index meghatározásánál figyelembe kell venni a munkával és pihenéssel töltött időt is [13]. Ennek megfelelően az index értékeit a 10. ábra mutatja be.



10. ábra: WBGT index ajánlott értékei, [12, 13]

A 8. táblázatban megadott értékek meghatározásánál figyelembe vették azt is, hogy a munkát végző egyén akklimatizálódott a magas hőmérsékletekhez vagy nem.

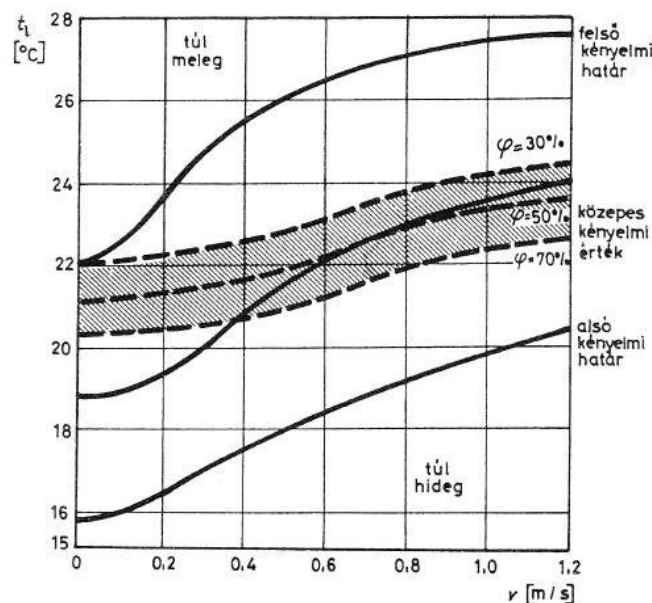
8. táblázat: Ajánlott WBGT indexek a munkaidő beosztásának függvényében

Munkaidő beosztása	Akklimatizált egyének				Nem akklimatizált egyének			
	Könnyű	Közép nehéz	Nehéz	Nagyon nehéz	Könnyű	Közép nehéz	Nehéz	Nagyon nehéz

100% munka	29,5	27,5	26		27,5	25,0	22,5	
75% munka 25% pihenés	30,5	28,5	27,5		29	26,5	24,5	
50% munka 50% pihenés	31,5	29,5	28,5	27,5	30,0	28,0	26,5	25,0
25% munka 75% pihenés	32,5	31,0	30,0	29,5	31,0	29,0	28,0	26,5

Rietschel kényelmi görbái

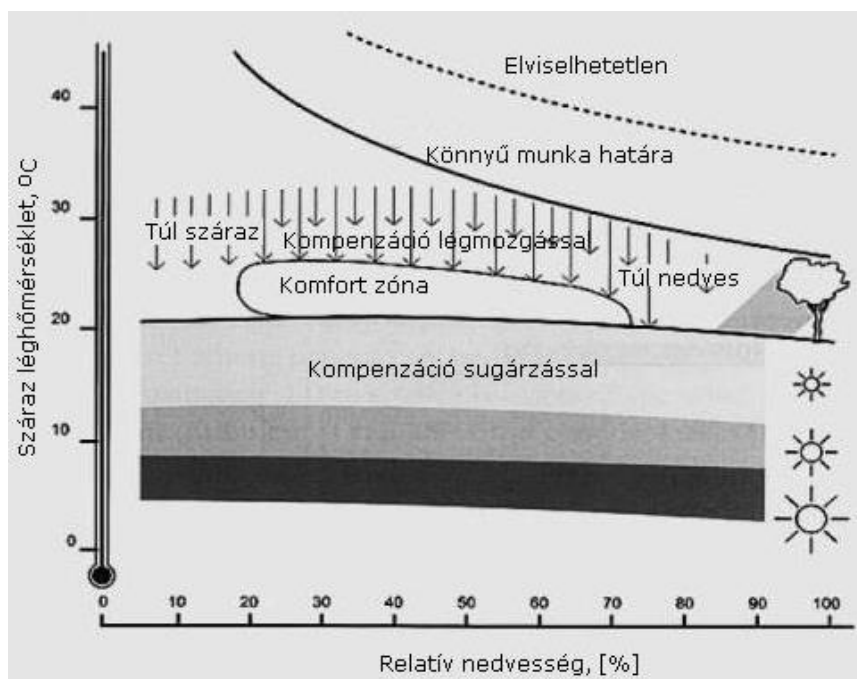
Rietschel a levegő hőmérséklete, sebessége és relatív nedvességtartalmának függvényében határozta meg az értékhatárokat, melyek kombinációja kellemes hőérzetet eredményez (11. ábra).



11. ábra: Rietschel kényelmi görbái, [12]

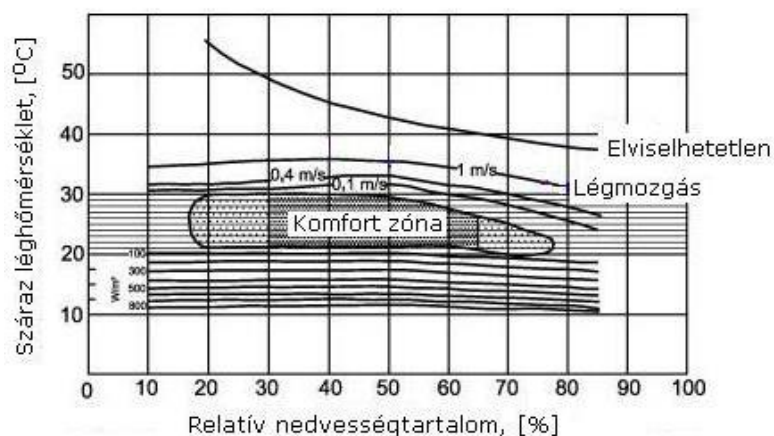
Olgyay bioklimatikus diagramja

A diagram függőleges tengelyén a száraz léghőmérséklet (t_{sz}), a vízszintes tengelyén a levegő relatív páratartalma (φ) van feltüntetve. A szabad terek értékelésére is alkalmas diagramon még a következő fizikai jellemzők hatása szerepel: a sugárzás-intenzitás [W/m^2] és a légmozgás sebessége, [m/s]. Ha a léghőmérséklet kisebb, de a vonalakra paraméterként felírt intenzitású sugárzás éri az embert, hőérzete ugyanolyan jó lesz, mint a jelölt komfortzónában. Úgy is fogalmazhatunk, hogy ha a komfortzóna területén kívüli pontot jelölünk ki, ahol a léghőmérséklet alacsonyabb, a sugárzásintenzitás görbéire írt számok alapján becsülhetjük meg, mekkora intenzitású sugárzás szükséges ahhoz, hogy az alacsonyabb léghőmérséklet hőérzeti hatását ellentételezze. A szoláris építészet tervezési szemléletének formálásában kiemelkedő jelentőségű diagram szerzői a magyar Olgyay fivérek voltak (Olgyay Aladár és Olgyay Viktor), (12. ábra és 13. ábra).



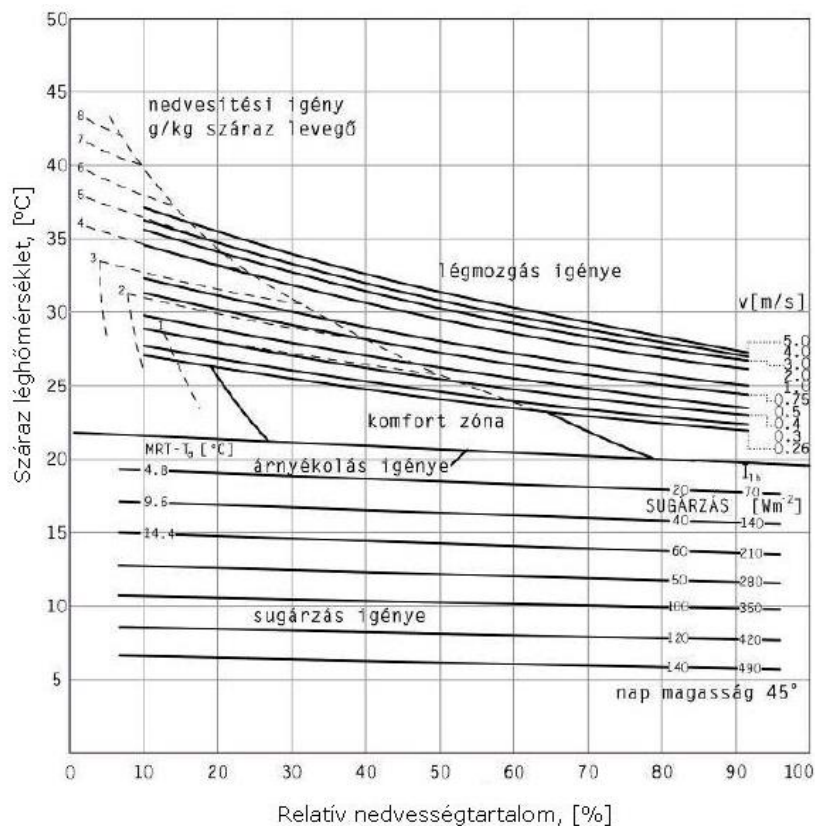
12. ábra: Olgyay féle bioklimatikus diagram, [16]

Az Olgyay féle bioklimatikus diagramot fejlesztette tovább szerzőtársaival Arens – természetesen ebben az esetben is egy diagram egy-egy meghatározott clo és met értékhez (azaz öltözékhez és tevékenységi szinthez) tartozik. Ebben új tényezőként jelenik meg az effektív sugárzásintenzitás, amely a direkt és szórt, valamint a környező felületekről visszavert napsugárzás együttes hatását fejezi ki.



13. ábra: A hőérzetet kompenzáló sugárzás intenzitása, illetve a szükséges légsebesség, [17]

Az Arens és munkatársai által átdolgozott bioklimatikus diagramot a 14. ábra mutatja be.



14. ábra: Arens bioklimatikus diagramja, [18]

Látható, hogy a komfortzóna felső határa nem vízszintes, ami azt jelenti, hogy szárazabb levegőben magasabb hőmérséklet mellett, nedvesebb levegőben alacsonyabb hőmérséklet mellett van az elfogadható felső határ. A komfortzóna alatti vonalakon az az effektív sugárzásintenzitás érték olvasható le, amely, nyugvó levegőben, az alacsony hőmérséklet hatását ellentételezi, vagyis hőérzeti szempontból komfortos állapotot eredményez.

A komfortzóna feletti vonalakon az a légsebesség van feltüntetve, amely, árnyékban, a magas hőmérséklet hatását ellentételezi, vagyis hőérzeti szempontból kompenzálja a magas hőmérséklet értéket.

Az ábra bal felső sarkában látható görbék azt jelzik, hogy a magas hőmérsékletű, de alacsony nedvességtartalmú levegőbe mennyi vizgőzt célszerű juttatni annak érdekében, hogy a hőérzet megfelelő legyen, [18].

4. Szabványok

Zárt terekben a hőérzetet befolyásoló mikroklíma paraméterekre vonatkozóan több szabványban is találhatunk előírásokat. Magyarországon érvényben van:

- MSZ CR 1752: 2000 – Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai.
- MSZ EN ISO 7730: 2006 – A hőmérsékleti környezet ergonómiája. A hőkomfort analitikus meghatározása és megadása a PMV- és a PPD-index kiszámításával, valamint a helyi hőkomfort kritériumai (ISO 7730:2005).
- MSZ EN 15251:2007– Épületek energia-teljesítőképességének tervezésére és becslésére, levegőminőségére, hőmérsékletére, fény- és akusztikai viszonyaira vonatkozó beltéri bemeneti paraméterei.

Az Egyesült Államokban pedig az ASHRAE Standard 55-2013 - *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, szabványt alkalmazzák.

A Magyarországon érvényes szabványok az épületeket komfortkategóriákba sorolják és a belső környezeti paraméterekre vonatkozó előírásokat komfortkategóriánként fogalmazzák meg. Így, az épület rendeltetésének megfelelően téli és nyári állapotnak megfelelően megállapítható az operatív hőmérséklet, a levegő áramlási sebességének maximális értéke stb. Az egyes komfortkategóriákban eltérőek a követelmények a várható hőérzeti értékkel szemben, illetve „rosszabb komfortminőségű épületekben” nagyobb lehet az elégedetlenek százalékos aránya is.

A szabványok eltérő légsebességeket írnak elő téli és nyári állapotra, továbbá az előírt komfortparaméterek esetében jelentős eltérések tapasztalhatók az egyes komfortkategóriák között. Nem mindegy sem a tervezés, sem a kivitelezés során, hogy a belső tér egy adott pontjában 0,1 m/s, vagy 0,12 m/s vagy 0,19 m/s a légsebesség megengedett maximális értéke. Az MSZ EN ISO 7730, valamint az MSZ EN 15251 nyári időszakban lehetővé teszi a tervező számára az előírtnál nagyobb operatív hőmérsékletek légsebességgel történő kompenzálását.

Ugyanakkor ezekben a szabványokban rögzítik az egyes diszkomfort tényezőkre vonatkozó követelményeket is. Ezek az alábbiak:

- huzat;
- aszimmetrikus sugárzás;
- vertikális hőmérséklet különbség;
- padlóhőmérséklet.

Az MSZ EN ISO 7730 szabvány meghatározza az egyes épületkategóriára vonatkozóan a helyi diszkomfort miatt elégedetlenek százalékos arányának maximális értékét is.

Az A komfortkategória esetében a huzat esetében az elégedetlenek aránya kisebb kell legyen 10%-nál. Ez az érték B kategória esetében megduplázódik, míg C komfortkategória esetében megháromszorozódik.

Huzathatásra méretezéskor három tényt kell figyelembe venni:

- mennyire érzékeny a huzatra általában az ember,
- melyek az ember huzatra érzékeny testrészei
- mi a hatása a légáramlás jellegének (turbulencia).

A huzat által okozott diszkomfortot a huzattal várhatóan elégedetlenek százalékos aránya adja meg:

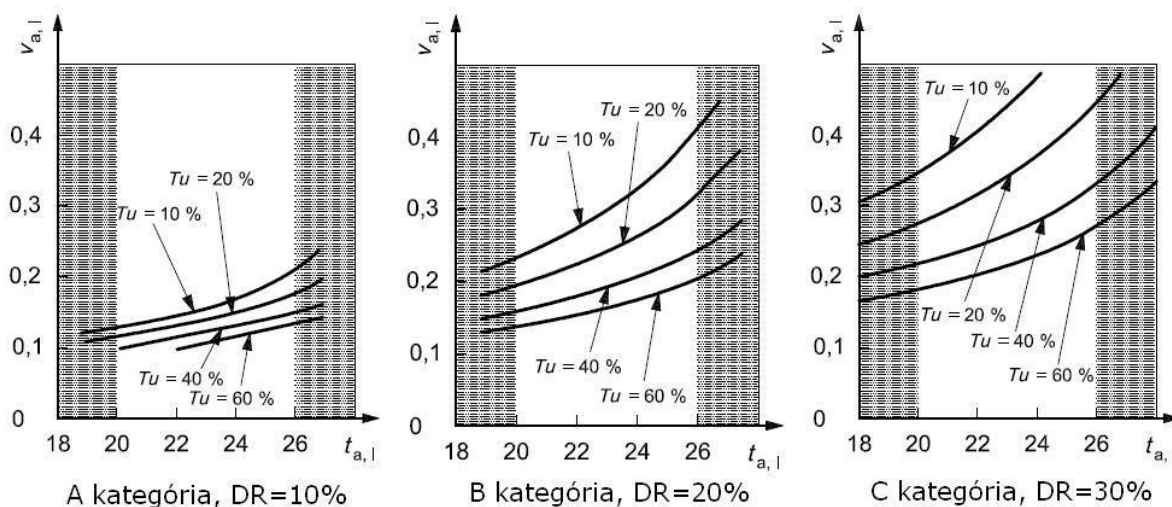
$$DR = (34 - t_{a,l}) (v_{a,l} - 0.05)^{0.62} (37SD + 3.14) \quad (13)$$

ahol: $t_{a,l}$ – a lokális léghőmérséklet (20-26 °C), $v_{a,l}$ – a lokális légsebesség (<0,5 m/s), SD – a légsebesség értékek szórása [m/s].

A turbulencia intenzitás és a légsebességek standard eltérése közötti kapcsolatot az alábbi összefüggés adja meg:

$$Tu = 100 \frac{SD}{v_{a,l}} \quad (14)$$

A turbulencia (10%-60%) közötti értékkel rendelkezik. Ha pontos értéke nem ismert, akkor 40%-al vehető figyelembe. Az egyes komfortkategóriákra vonatkozóan a léghőmérséklet, a légsebesség és a turbulencia kapcsolatát a 15. ábra mutatja be.



15. ábra: Légsebességek, léghőmérsékletek és turbulencia értékek a huzathatás függvényében, különböző komfortkategóriákban, [7]

Az aszimmetrikus sugárzáson azt a jelenséget értjük, amikor a zárt térben tartózkodó ember egyes testrészei és a környező eltérő hőmérsékletű felületek között sugárzásos hőcsere jön létre. Ennek gyakori változata, hogy a test egyik oldalán magasabb, másik oldalán pedig alacsonyabb hőmérsékletű felület helyezkedik el, vagyis egyfelől a testet hősugárzás éri, másfelől pedig ő ad le, gyakran tekintélyes mennyiségű hőt.

Az aszimmetrikus sugárzás esetében a szabvány kitér a meleg mennyezet, hideg fal, hideg mennyezet és meleg fal által okozott diszkomfortra és megadja azokat az összefüggéseket, melyek segítségével megállapítható a sugárzási aszimmetria egy adott esetben [7].

- meleg mennyezet esetében:

$$PD = \frac{100}{1 + e^{2,84 - 0,174\Delta t_{pr}}} - 5,5 \quad (15)$$

ahol: Δt_{pr} – a felületi sugárzási hőmérséklet különbség (sugárzási aszimmetria), melynek értéke $\Delta t_{pr} < 23$ °C

- hideg fal esetében:

$$PD = \frac{100}{1 + e^{6,61 - 0,345\Delta t_{pr}}} \quad (16)$$

$\Delta t_{pr} < 23$ °C

- hideg mennyezet esetében:

$$PD = \frac{100}{1 + e^{9,93 - 0,50\Delta t_{pr}}} \quad (17)$$

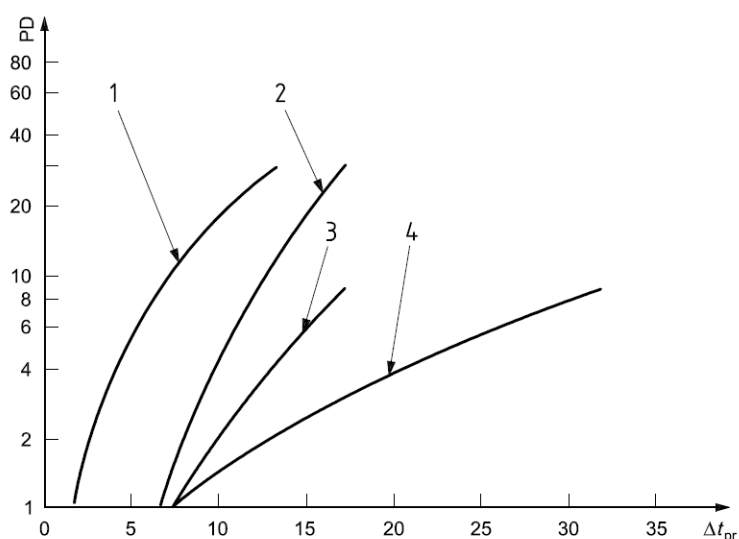
$\Delta t_{pr} < 15$ °C

- meleg fal esetében:

$$PD = \frac{100}{1 + e^{3,72 - 0,052\Delta t_{pr}}} - 3,5 \quad (18)$$

$\Delta t_{pr} < 35$ °C

A sugárzási aszimmetria értékének függvényében a várhatóan elégedetlenek százalékos arányának alakulását a 16. ábra mutatja be. A diagramokat a 15-18 összefüggések alapján szerkesztették az adott épületszerkezetekre vonatkozóan.



16. ábra: Sugárzási aszimmetria által okozott diszkomfort, [7]

1: meleg mennyezet; 2: hideg fal; 3: hideg mennyezet; 4: meleg fal.

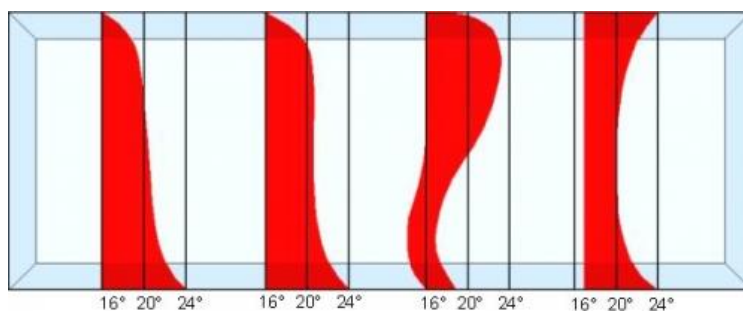
A vertikális hőmérséklet különbség által okozott diszkomfort miatt az elégedetlenek aránya a (19) összefüggéssel határozható meg.

$$PD = \frac{100}{1 + e^{(5,76 - 0,856\Delta t_{a,v})}} \quad (19)$$

ahol $\Delta t_{a,v}$ – a vertikális hőmérséklet különbség a fej és a láb szintje között.

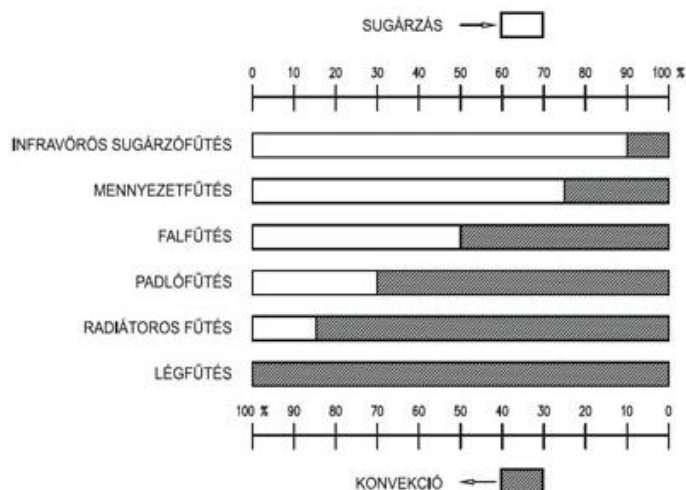
Ugyanakkor a gyakorlatban ritkán fordulnak elő olyan esetek, amikor a fej és a boka szintje között 3 °C-t meghaladó hőmérséklet különbségek alakulnak ki.

Mint ismeretes különböző fűtési rendszerekkel eltérő hőmérsékleteloszlást lehet elérni a belső térben. Ideális hőmérséklet-eloszlás a függőleges sík mentén az, ha a padló felületéhez közel a hőmérséklet 2°C-al magasabb, mint fejmagasságban. Az összes fűtési rendszer közül a padlófűtés közelíti meg legjobban ezt az ideális állapotot, amint azt a 17. ábra mutatja.



17. ábra: Hőmérséklet-eloszlás a függőleges sík mentén:
1. ideális, 2. padlófűtés, 3. konvekció, 4. mennyezetfűtés
(Forrás: <http://www.archicentrum.hu/index.php?h=7&a=457>)

A hőmérsékleteloszlást az is befolyásolja, hogy az egyes fűtési rendszerek esetében a belső térben a hőleadásnak melyik formája érvényesül nagyobb mértékben (18 ábra).



18. ábra: Hőleadás különböző fűtési módok esetében, [19]

A hideg vagy meleg padlók szintén okozhatnak diszkomfortot, hiszen a láb folyamatosan érintkezik ezekkel az épületszerkezetekkel. A padló hőmérséklete által okozott diszkomfortot az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg, [7]:

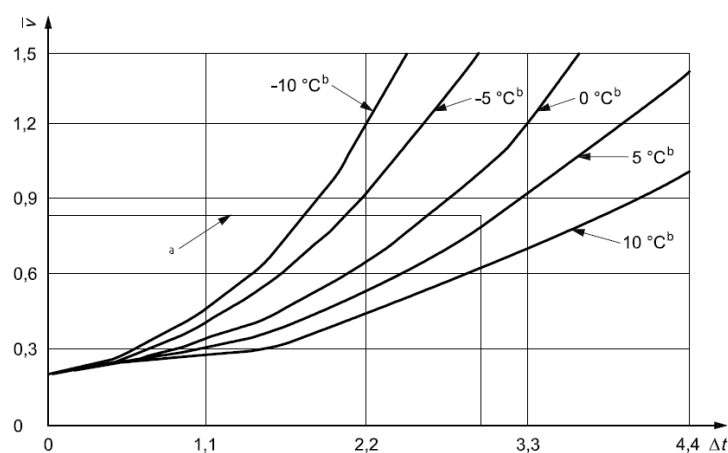
$$PD = 100 - 94e^{(-1,387+0,118f_f-0,0025f_f^2)} \quad (20)$$

Az MSZ EN ISO 7730 szabvány néhány rendeltetés esetére megadja a belső környezeti paraméterek ajánlott értékeit. Az értékek az adott rendeltetésre vonatkozó tevékenységi szint mellett, nyáron 0,5 clo ruházat, télen 1,0 clo ruházat esetén érvényesek (9. táblázat).

9. táblázat: Belső környezeti paraméterek tervezési értékei, [7]

Rendeltetés	Tevékenység [W/m ²]	Kategória	Operatív hőmérséklet [°C]		Légsebesség maximális értéke, [m/s]	
			Nyár	Tél	Nyár	Tél
Kis terű iroda Nagy terű iroda Konferencia terem Auditórium Étterem Osztályterem (iskola)	70	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,12	0,10
		B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,19	0,16
		C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,24	0,21

A légsebesség nagymértékben befolyásolja a test konvektív hőleadását, ugyanakkor fokozott kockázatot is jelent a huzat szempontjából. Nincs előírt minimális légsebesség, ami a megfelelő hőérzet biztosításához lenne szükséges, de magas hőmérsékletek mellett a kellemetlen hőérzet javítható a légsebesség növelésével. Nyári időszakban előfordulhat, hogy a belső térben a hőmérséklet meghaladja az előírt értéket. A hőmérséklet növekmény és a hozzá tartozó légsebesség, melynek segítségével biztosítható a megfelelő hőérzet, látható a 19. ábrában, [7].



19. ábra: Hőmérséklet-növekmény és légsebesség, [7]

a – légsebesség határ ülőtevékenység esetében, b - $\bar{t}_r - t_a$, [°C]

Az ábrában a referencia pont 26 °C operatív hőmérsékletre és 0,2 m/s légsebességre vonatkozik. A Δt az operatív hőmérséklet növekményt jelenti, melyet a légsebesség növelésével kompenzálunk. Az ábra szerkesztésénél 1,2 met ülő foglalkozást és tipikus nyári ruházatot vettek figyelembe.

Az MSZ EN ISO 7730 szabvány által megadott értékek stacioner folyamatokat feltételeznek, de érvényesek maradnak az operatív hőmérséklet ciklikus változása esetén is, ha a minimum és maximum értékek közötti különbségek nem haladják meg az 1 K értéket, illetve ha a hőmérsékletváltozások során a változás sebessége nem haladja meg a 2,0 K/h értéket.

Az MSZ EN 15251 szabvány négy épületkategóriát különböztet meg és az általános hőérzet (PMV) valamint a hőérzettel várhatóan elégedetlenek százalékos értékeit is ennek megfelelően adja meg (10. táblázat).

10. táblázat: Épületkategóriák az MSZ EN 15251 szerint, [3]

Kategória	Hőérzet a test egészére vonatkozóan	
	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	PMV<-0,7; vagy PMV>+0,7

A szabvány által előírt operatív hőmérséklet értékeket a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat: Ajánlott tervezési értékek az operatív hőmérsékletre vonatkozóan

Tér/épület típus	Kategória	Operatív hőmérséklet, [°C]	
		Téli minimum, (1 clo)	Nyári maximum, (0,5 clo)
Lakóépületek (hálószoza, konyha, nappali) ülő: 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	18,0	27,0
Lakóépületek egyéb helyiségei, álló/sétáló: 1,6 met	I	18,0	
	II	16,0	
	III	14,0	
Kis terű iroda ülő: 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0
Nagy terű iroda ülő: 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0

5. 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet

A munkahelyekre vonatkozó követelményeket Magyarországon a 3/2002 SzCsM-EüM Rendelet rögzíti, [20].

A Rendelet a helyiségek szellőztetésére és a belső levegő minőségére vonatkozóan az alábbiakat írja elő, [20]:

(1) Zárt munkahelyeken biztosítani kell az elegendő mennyiségű és minőségű, egészséget nem károsító levegőt, figyelembe véve az alkalmazott munkamódszereket és a munkavállalók fizikai megterhelését. Ahol a munkahelyek légtérét gázok, gőzök, aeroszolok, porok (rostok) szennyezhetik, ott a vonatkozó jogszabályokban foglalt követelményeket figyelembe kell venni.

(2) Ahol a levegő szennyezettsége, illetve elhasználódása kizárólag emberi ott-tartózkodásból ered, személyenként legalább a 12. táblázatban előírt friss levegőtérfigat áramot kell a helyiségbe betáplálni, vagy annak bejutását biztosítani.

12. táblázat: Előírt friss levegő mennyiség, [20]

A munka jellege	Legkisebb térfogat/fő	
	m ³ /s	m ³ /h
Szellemi munka	0,008	30
Könnyű fizikai munka	0,008	30
Közepesen nehéz fizikai munka	0,011	40
Nehéz fizikai munka	0,014	50

(3) Mesterséges szellőztetés esetén a szellőztetés módjának, jellegének, mértékének meghatározásakor figyelembe kell venni a helyiségben munkát végzők számát, a munkavállalók fizikai megterhelését, a tevékenység, technológia jellegét, a légszennyezettség mértékét, illetve az időegység alatt felszabaduló szennyezőanyag tömegét és a helyiség légtérfigatát.

(4) A (3) bekezdésben megjelölt, szellőztetés céljára szolgáló rendszerek esetén biztosítani kell

a) állandó, hatékony működőképességüket;

b) meghibásodásuk esetére, ellenőrző rendszer útján a hiba jelzését, ha a meghibásodás a munkavállaló egészségére veszélyes vagy ártalmas lehet;

c) rendszeres tisztán tartásukat, a lerakódott szennyeződések késedelem nélküli eltávolítását;

d) a szennyezőanyagok felkavarásának megakadályozását;

e) a kellemetlen és egészségre káros légmozgás kialakulásának megelőzését, és ennek érdekében a légsebesség alábbi értékeinek megtartását:

ea) *ülve végzett szellemi és könnyű fizikai munkánál: 0,1 m/s,*

eb) helyváltoztatással járó, könnyű fizikai munkánál: 0,2 m/s,

ec) melegüzemi zárt munkahelyen, 24 °C (korrigált) effektív hőmérséklet [a továbbiakban: (K) EH] érték feletti hőhatás mellett végzett közepesen nehéz fizikai munkánál: 1,0 m/s,

ed) melegüzemi zárt munkahelyen 24 °C (K) EH érték feletti hőhatás mellett végzett, nehéz fizikai munkánál: 1,5 m/s.

(5) Az elszívott levegő pótlására szolgáló levegőt a szennyezőanyag felszabadulási, illetve kibocsátási helye és a meteorológiai tényezők figyelembevételével, mérési dokumentumok alapján a környezet legtisztább pontjáról kell venni. A frisslevegő-vételi helyeket járműforgalomtól (közúttól) legalább 8 m távolságban, illetve a terepszint felett legalább 2,5 m magasan kell elhelyezni. A tető felett elhelyezett levegővétel esetén biztosítani kell, hogy a légbeszívó és kibocsátó nyílások közötti távolság legalább 3 m legyen. A betáplált levegőt szükség szerint előmelegíteni, illetve hűteni, és ivóvíz minőségű víznek megfelelő víz használatával nedvesíteni kell. A levegő minőségének biztosításához figyelembe kell venni a környezeti levegő minőségére vonatkozó jogszabályban előírtakat, ezért amennyiben szükséges, a beszívott levegőt tisztítani kell.

(6) A szellőztető rendszerek üzembe helyezése során mérésekkel kell meggyőződni az elegendő mennyiségű és minőségű levegő meglétéről. Az ezt tanúsító mérési dokumentumok megőrzéséről a munkáltató gondoskodik. A munkáltató jogutód nélküli megszűnése esetén a mérési dokumentumokat át kell adni a fővárosi és megyei kormányhivatalnak mint munkavédelmi hatóságnak.

(7) A szellőztetés céljára szolgáló túlnyomásos, kiegyenlített, depressziós szellőztetést biztosító műszaki rendszerek biztonsági berendezésnek minősülnek. Megfelelő működésüket a vonatkozó jogszabályban meghatározott időszakos, biztonsági felülvizsgálat keretében mérésekkel kell ellenőrizni.

A Rendelet külön követelményeket rögzít a belső hőmérséklettel kapcsolatosan, az alábbiak szerint, [20]:

(1) A munkaterületeket befogadó helyiségek hőmérsékletének a munkavégzés teljes időtartama alatt, az emberi szervezet számára megfelelőnek kell lennie, figyelembe véve a munka jellegét és az ott dolgozó munkavállalók fizikai megterhelését.

(2) A pihenőhelyeken, a különféle szolgálati feladatokat ellátó személyzet helyiségeiben, az egészségügyi létesítményekben, az étkezdékben és az elsősegélyhelyeken biztosítani kell az ilyen helyiségek rendeltetésének megfelelő hőmérsékletet.

(3) Olyan ablakokat, tetőablakokat és üvegfalakat kell alkalmazni, amelyek a munka és a munkahely jellegének megfelelően kiküszöbölik az erős napsugárzás hatásait.

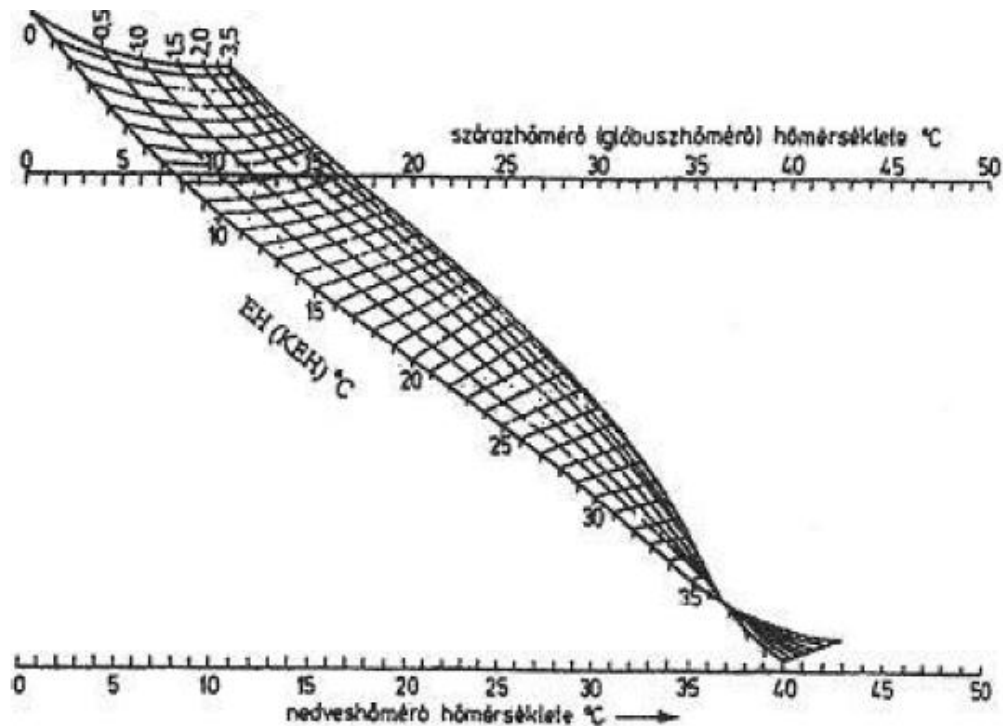
(4) Zárt munkahelyeken a végzett munka jellegétől és az évszakoktól függően, a munka nehézségi fokát jellemző munkaenergia-forgalmat figyelembe véve, álló munkánál 1 m magasságban, ülő munkánál 0,5 m magasságban a 13. táblázat szerinti megfelelő hőmérsékletet (klímátényezőt) kell biztosítani.

13. táblázat: Hőmérsékletre vonatkozó követelmények, [20]

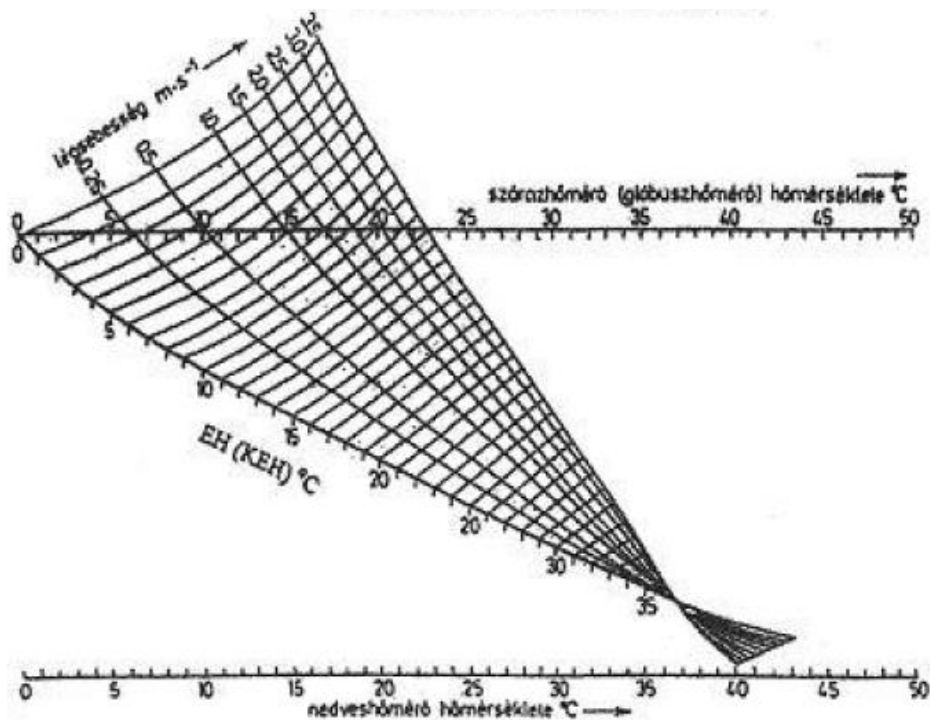
A munka jellege	Hideg évszakban biztosítandó léghőmérséklet °C	Meleg évszakban biztosítandó		
		léghőmérséklet °C	effektív, illetve korrigált effektív hőmérséklet °C	maximálisan megengedhető effektív, illetve korrigált effektív hőmérséklet °C
1	2	3	4	5
Szellemi munka	20-22	21-24	20	31
Könnyű fizikai munka	18-20	19-21	19	31
Közepesen nehéz fizikai munka	14-18	17-19	15	29
Nehéz fizikai munka	12-14	15-17	13	27

A Rendelet 2. sz. melléklete szerint, [20]:

- 1.1. Ha a táblázat 3. oszlopában előírt hőmérséklet-intervallum nem valósítható meg, az effektív, illetve korrigált effektív hőmérsékletet (4. oszlop) kell figyelembe venni.
 - 1.2. Korrigált effektív hőmérsékletet akkor kell figyelembe venni (száraz hőmérő helyett glóbusz-hőmérővel kell mérni), ha a munkahelyen jelentős hőszugárzás van (ha a glóbuszhőmérséklet legalább 5 °C-kal meghaladja a száraz hőmérséklet értékét).
 - 1.3. Ha a 4. oszlopban előírt értékek biztosítását a gyártástechnológia nem teszi lehetővé, akkor az 5. oszlopban előírt effektív hőmérséklet, illetve korrigált effektív hőmérséklet felső határértékét kell figyelembe venni. A felső határértéket elérő vagy azt 1 °C-kal megközelítő levegőkörnyezet esetében a dolgozók teljes műszakos terhelése csak egyhetes fokozatos akklimatizáció után engedhető meg.
 - 1.4. Az effektív hőmérséklet, illetve korrigált effektív hőmérséklet meghatározása nomogram segítségével történik. Ha a dolgozó normál hőszigetelő képességű munka-, vagy védőruhát visel (alsóruha + overall vagy ezzel egyenértékű ruházat) a normál nomogramot (20. ábra) kell használni. Ha meztelen felsőtesttel és rövidnadrágban végzi munkáját az alaponomogramot (21. ábra) kell használni.
 - 1.5. Ha a dolgozó a műszak teljes ideje alatt közel azonos klímakörnyezetben végzi munkáját, a műszakra vonatkozó EH, illetve KEH úgy számítandó ki, hogy a műszak folyamán egyenlő időközökkel ismételtén végzett mérések adatainak átlagából kell a klímaindexet meghatározni.
 - 1.6. Ha a dolgozó a műszak folyamán a munkahelyiségek térben és/vagy időben egymástól eltérő klímahelyzettel rendelkező területein (klímazónáiban) tartózkodik, illetve végzi munkáját, a műszakra jellemző klímaindex meghatározásához minden egyes klímazónában méréseket kell végezni és az adatokat az ott eltöltött idő arányában kell figyelembe venni (súlyozott átlagérték).
- (5) A munkahelyek klímájának mérését és értékelését a Rendelet 2. számú mellékletében szereplő fogalmi meghatározások, mérési és értékelési szempontok használatával kell végezni.



20. ábra: EH és KEH normál nomogram, [20]



21. ábra: EH és KEH alap nomogram, [20]

(6) A fűtőtestek megválasztásánál és elhelyezésénél gondoskodni kell arról, hogy azok ne idézhessék elő a munkahelyi légtér szennyezését, illetve a munkavállalók túlzott felmelegedését vagy lehűlését.

(7) A munkáltató köteles biztosítani, hogy a munkavállalót ne érje nagyfokú hőszugárzás. A hőszugárzás akkor minősül nagyfokúnak, ha a léghőmérséklet és a glóbuszhőmérséklet

különbsége meghaladja a (K) EH érték meghatározásához minimálisan megkívánt +5 °C hőfokkülönbség háromszorosát.

(8) A klímakörnyezet kedvezőtlen hatásainak megelőzése céljából munkaszervezési intézkedéseket kell tenni. Óránként legalább 5, de legfeljebb 10 perces pihenőidőt kell közbeiktatni, ha a munkahelyi klíma zárttéri munkahelyen a 24 °C (K) EH értéket meghaladja, valamint a hidegnek minősülő munkahelyeken. A munkahely hidegnek minősül, ha a várható napi középhőmérséklet a munkaidő 50%-nál hosszabb időtartamban, szabadtéri munkahelyen a +4 °C-ot, illetve zárttéri munkahelyen a +10 °C-ot nem éri el.

(9) A 24 °C (K) EH érték feletti hőhatással járó munkahelyeken a munkába lépést követően, továbbá három hetet meghaladó munkaszünet utáni újbóli munkafelvétel esetén munkaszervezéssel kell biztosítani a hőalkalmazkodás feltételeit. Ennek érdekében a napi hőhatás időtartama az alkalmazkodási folyamat kezdetén nem haladhatja meg a 2 órát és a munka nehézségi foka a közepesen nehéz fizikai munkának megfelelő 14,0 kJ/min értéket. Az adott munkakörrel járó terhelési szintet 2 hét alatt fokozatosan kell elérni.

(10) Ha a munkahelyi klíma zárttéri és szabadtéri munkahelyen a 24 °C (K) EH értéket meghaladja, a munkavállalók részére igény szerint, de legalább félóránként védőitalt kell biztosítani. A folyadékvesztéséget általában 14-16 °C hőmérsékletű ivóvízzel kell pótolni. E célra alkalmas azonos hőmérsékletű ízesített, alkoholmentes ital is, amelynek cukortartalma az ital 4 súlyszázalékát nem haladja meg, vagy amely mesterséges édesítőszerrel ízesített.

(11) A hidegnek minősülő munkahelyen a munkavállalók részére +50 °C hőmérsékletű teát kell kiszolgáltatni. A tea ízesítéséhez a (9) bekezdésben előírtak figyelembevételével cukrot, illetve édesítőszert kell biztosítani.

(12) A védőital és a tea elfogyasztásához legalább a dolgozók létszámát elérő mennyiségben, személyenként és egyéni használatra kiadott ivópoharakról kell gondoskodni. A védőital, valamint a tea készítése, tárolása, kiszolgálása a közegészségügyi követelmények betartása mellett történhet.

6. Megjegyzések, javaslatok

A jelenleg érvénybe lévő 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről nem veszi figyelembe az érvénybe lévő hazai és az Európai Unióban alkalmazott, belső környezeti paraméterek követelményeire vonatkozó Szabványok (MSZ CR 1752, MSZ EN ISO 7730, MSZ EN 15251) előírásait.

A legfontosabb hiányosságok a következők:

- a Rendelet nem különböztet meg épületekre vonatkozó komfortkategóriákat;
- a Rendelet által alkalmazott klímaindexek (effektív hőmérséklet, korrigált effektív hőmérséklet), melyek 1925-ben (Yaglou), illetve 1940-ben (Bedford) kerültek bevezetésre, már nem jelennek meg a hazai és Európai érvényben lévő komfortszabványokban, ezért ezekben a szabványokban nincs is meghatározva követelményérték az effektív valamint a korrigált effektív hőmérsékletekre vonatkozóan;
- a Rendelet által követelményként megfogalmazott légsebesség (0,1 m/s) szigorúbb az „A” komfortkategória esetében megfogalmazott követelménynél is (ezért rendkívül nehezen teljesíthető) – Magyarországon a 7/2006 TNM Rendelet pl. „B” kategóriára vonatkozó belső környezeti paraméterekkel számol;
- a Rendelet nem határozza meg pontosan, hogy milyen magasság(ok)ban kell mérni a légsebességet, ami szintén rendkívül nagy hiányosság, hiszen a szabványok három magasságban is megkövetelik a sebességmérést: 0,1 m; 0,6 m; 1,1 m (ülő helyzetben lévő ember esetében), illetve 0,1 m; 1,1 m; 1,7 m (álló helyzetben lévő ember esetében);
- a Rendelet nem határozza meg pontosan, hogy az elvárt követelményérték (0,1 m/s) egy pillanatnyi érték-e, vagy egy adott időszakban (1 – 3 perc, stb.) mért légsebesség értékek átlaga;
- a Rendelet nem ismeri és nem alkalmazza a turbulencia intenzitás fogalmát, márpedig ez a tényező nagymértékben befolyásolja a huzathatás kialakulását;
- a Rendelet nem ismeri és nem alkalmazza az aszimmetrikus sugárzás fogalmát;
- a Rendelet nem ismeri és nem alkalmazza a vertikális léghőmérséklet különbség fogalmát;
- a Rendelet nem ismeri és nem alkalmazza az elégedetlenek százalékos arányának fogalmát;
- a Rendelet nem ismeri és nem alkalmazza a WBGT index fogalmát.

Véleményünk szerint a Rendeletben alkalmazott fogalmakat és követelményértékeket felül kell vizsgálni és a jelenleg érvényben lévő hazai és nemzetközi gyakorlatban alkalmazott szabványokban definiált paramétereket kell alkalmazni.

- azokra az épületekre vonatkozóan, melyekre a Szabványokban komfortkategóriák vannak meghatározva a Rendelet is alkalmazza ezeket a kategóriákat;
- a belső környezeti paraméterekre vonatkozóan a Szabványokban előírt megengedhető értékek legyenek a követelményértékek;

- a Rendelet megfelelő módon határozza meg, hogy az egyes belső környezeti paramétereket milyen pontokban kell mérni, milyen mérőeszközökkel, adja meg az elvárt mérések számát –, mennyi lehet a turbulencia stb.
- az épület rendeltetésének és a komfortkategóriának függvényében a Rendelet rögzítse az elégedetlenség százalékos arányát;
- a Rendelet rögzítse, hogy a szabványokban definiált diszkomfort tényezők is ellenőrzésre kell kerüljenek és ezekre vonatkozóan is teljesíteni kell az előírásokat;
- a nagy hőterhelésű munkahelyek esetében a rendelet alkalmazza a WBGT index fogalmát és az erre vonatkozó követelményeket.

A „3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről” követelményeit tehát véleményünk szerint a lehető legrövidebb időn belül át kell dolgozni a napjainkban érvényes Szabványokban is alkalmazott belső környezeti követelményekre vonatkozó fogalmakat és előírásokat kell alkalmazni.

Felhasznált szakirodalom

- [1] Nemzeti Energiastratégia 2030, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 2012.
- [2] Magyarország Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2020-ig, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 2015.
- [3] Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 2010.
- [4] Nemzeti Épületenergetikai Stratégia, ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző és Innovációs Nonprofit Kft., Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 2015.
- [5] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [6] ANSI/ASHRAE Standard 55-2004: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- [7] MSZ EN 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.
- [8] MSZ EN 15251-2007: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
- [9] MSZ CR 1752: Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment, 1998.
- [10] P.O. Fanger, Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering, Danish technical Press, Copenhagen, 1970.
- [11] Bánhidi László, Kajtár László: Komfortelmélet, Tankönyvkiadó, Budapest, 2000.
- [12] Bánhidi László, Zárt terek hőérzeti méretezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [13] ASHRAE Handbook, Fundamentals, 2009.
- [14] ISO 7726:1998 Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities
- [15] Andris Auliciems, Steven V. Szokolay, Thermal comfort, Passive and Low Energy Architecture International DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES, The University of Queensland, Brisbane, 2007. (letöltés: 2016.07.06)
- [16] Nikeba N. Luton, Climate and architectural traditions in Jamaica, СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА/1. Архитектурные решения объектов строительства и реконструкции, http://www.rusnauka.com/18_DSN_2011/Stroitelstvo/1_90439.doc.htm (Letöltés: 2012.08.08)
- [17] A.S. Dili, M.A. Naseer, T. Zacharia Varghese: Passive control methods for a comfortable indoor environment: Comparative investigation of traditional and modern architecture of Kerala in summer, Energy and Buildings, 43, 2–3, 2011, p. 653–664.
- [18] Zöld András, Az épületek nyári felmelegedése elleni védekezés természetes lehetőségei, Tervezési segédlet, Országos Lakás- és Építésügyi Hivatal, VÁTI Kht., 2006.
- [19] Bánhidi László (szerk): Épületgépészet a gyakorlatban, Dashöfer Kiadó, Budapest.
- [20] 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről