



## Útmutató a mennyezeti fűtéshez

A mennyezeti fűtésre vonatkozó kérdések és válaszok,  
részletes információk és méretezési útmutatók.

**LindabClimate™**

# Tartalomjegyzék

	Oldal	Részletes információkat tartalmazó fejezet száma
<b>Bevezetés</b>		
<b>Kérdések és válaszok</b>		
1. Milyen tényezők befolyásolják a hőérzetet?	5	1
2. Hogyan működik a mennyezeti fűtés?	6	2
3. Hol alkalmazható mennyezeti fűtés?	8	3
4. Hol nem alkalmazható mennyezeti fűtés?	10	-
5. Milyen magasságban ajánlott a mennyezeti fűtőelemek beszerelése?	10	2-6
6. A mennyezeti fűtés befolyásolja-e a szellőzést?	11	5
7. Mennyire lesz meleg fejmagasságban?	11	1-4
8. Hideg lesz-e az asztal alatt?	12	2
9. Lesz-e huzat az ablaknál?	12	2
10. Milyen hosszú a Lindab Climate mennyezeti fűtőelemeinek élettartama?	13	4
11. Lehet-e változtatni a mennyezeti fűtés beépítésén, ha az épületben folyó tevékenység megváltozik?	13	-
	14	7
12. Hogyan számítsuk ki a teljesítményt?	15	7
13. Energiatakarékos-e a mennyezeti fűtés?	15	-
14. Mennyibe kerül?	17	8
15. Újrafeldolgozhatók-e a Lindab Climate termékei?		
<b>Részletes információk</b>		
1. Milyen tényezők befolyásolják a hőérzetet?	18	
2. A mennyezeti fűtés működési elve	20	
3. Hol alkalmazható jól a mennyezeti fűtés?	24	
4. A mennyezeti fűtőelemek tervezési előírásai	25	
5. A mennyezeti fűtőelem elhelyezése	30	
6. Hőmérséklet és a szükséges beépítési magasság	32	
7. Teljesítmény és energia	35	
8. Környezet és újrahasznosítás	38	
<b>Méretezési útmutató</b>		
A panelek elhelyezése	41	
Beépítési magasság és hőmérséklet	42	
<b>Fő jellemzők</b>		
A mennyezeti fűtés dióhéjban	43	

## Bevezetés

A Lindab Climate munkatársait gyakran nem csak a saját termékeikkel kapcsolatban kérdezik, hanem a mennyezeti fűtésről, mint rendszerről és a fűtési elvről is. Esetenként, sajnos, téves képzetek társulnak a mennyezeti fűtéshez. Valójában ez egy igen jó fűtési mód; túl jó ahhoz, hogy figyelmen kívül hagyjuk.

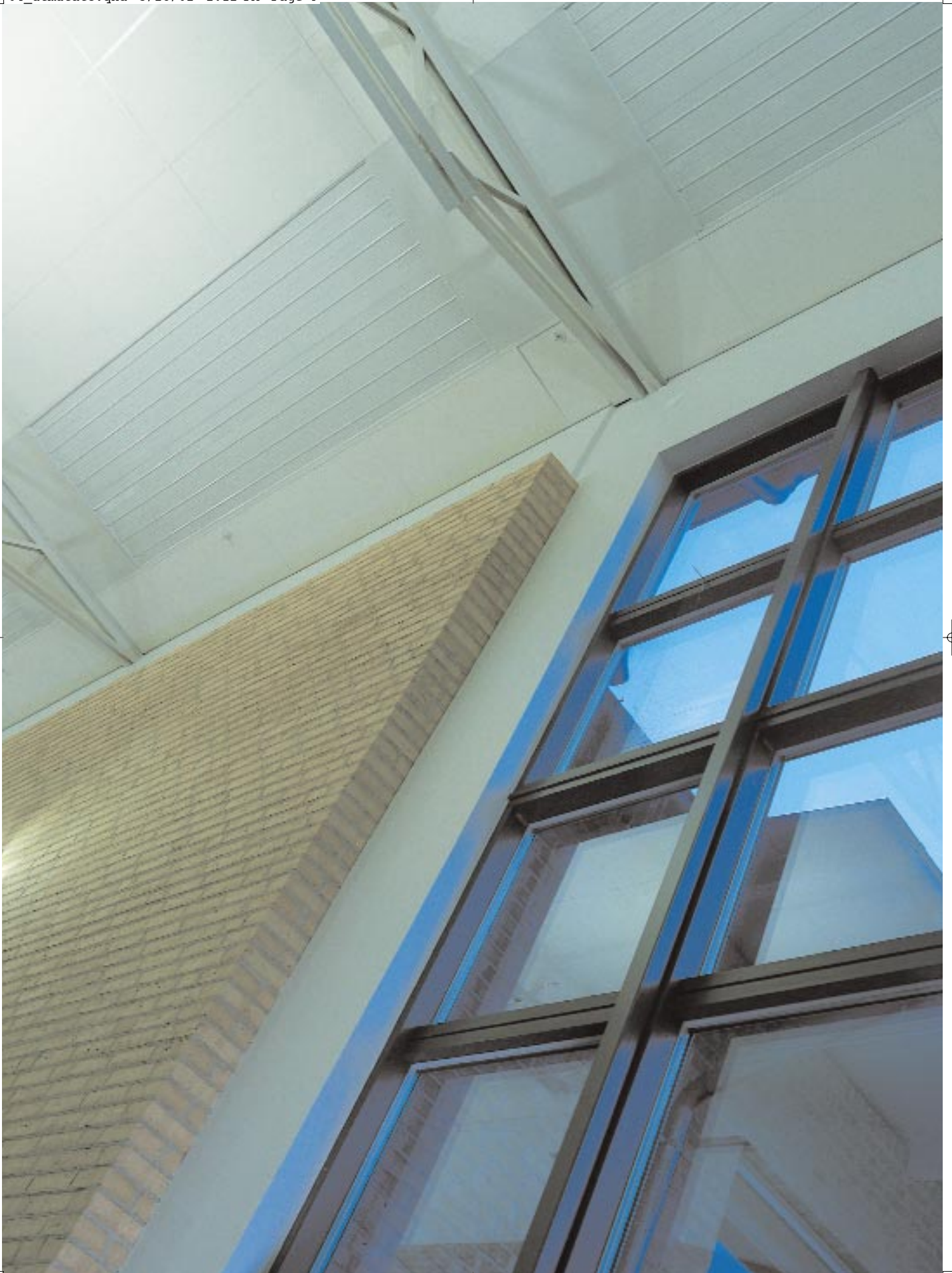
Ezt az útmutatót azért készítettük, hogy ügyfeleink és más érdeklődők behatóan tájékozódhassanak a mennyezeti fűtésről. Reméljük, hogy a kiadvány egyaránt hasznos lesz projekt menedzserek és beszerzők számára, akik gyorsan megtalálják a szükséges adatokat, valamint az ambiciózus tervezők számára is, akik szeretnének többet megtudni a témáról.

Az Útmutató számos svéd és nemzetközi forrásra hivatkozik, ezenkívül több beszerző és tanácsadó tapasztalatait, méréseit tartalmazza a saját számításaink és méréseink mellett. Az Útmutató a következőket mutatja be:

- A mennyezeti fűtés a helyiség felületeit fűti sugárzó fűtés révén. A levegőt a felületek fűtik.
- Ennek következtében a mennyezeti fűtés igen jó hőérzetet biztosít a helyiségben.
- Noha sokan azt hiszik, a mennyezeti fűtés esetében nincs túl hideg pl. az asztal alatt vagy túl meleg fejmagasságban, és huzat sincs az ablaknál.
- A mennyezeti fűtés gyakorlatilag minden fajta épületben alkalmazható; nagy raktárépületekben épp úgy, mint kis napközi otthonokban.
- A mennyezeti fűtés szerkezete könnyen megváltoztatható, ha az épületben folyó tevékenység megváltozik; a fűtést figyelmen kívül lehet hagyni, ha a falak vagy a padlózat megváltoztatására kerül sor.
- A mennyezeti fűtés bármilyen típusú légtechnikai rendszerrel kombinálható.
- Az energiafogyasztás szempontjából a mennyezeti fűtés az egyik legtakarékosabb fűtési rendszer.
- A mennyezeti fűtés bekerülési költsége alacsonyabb más rendszerekkel összehasonlítva. A kis energiafogyasztást is figyelembe véve, a mennyezeti fűtés rendkívül gazdaságos megoldás, rövid- és hosszú távon egyaránt.
- A Lindab Climate mennyezeti fűtőelemei 100%-os mértékben újrafeldolgozhatók. Az alacsony energiafogyasztással párosítva a mennyezeti fűtés a jövő generációi számára is ideális megoldás. Milyen más fűtési rendszer biztosítja ugyanezeket az előnyöket?

### A mennyezeti fűtésre vonatkozó Útmutató három részből áll:

- Az első: Kérdések és válaszok. Rövid, gyakran leegyszerűsített válaszokat adunk pontosan megfogalmazott kérdésekre, azok számára, akik nem kívánnak részletekbe menő információkat szerezni.
- A második részletes információkat tartalmaz, és - mint a rész címe is mutatja - elmélyülést igényel az olvasó részéről. Esetenként légtechnikai mérnöki szaktudás szükséges az információk feldolgozásához.
- A harmadik: méretezési adatok. Gyors és egyszerű eszköz mindazok számára, akik mennyezeti fűtési rendszert terveznek.

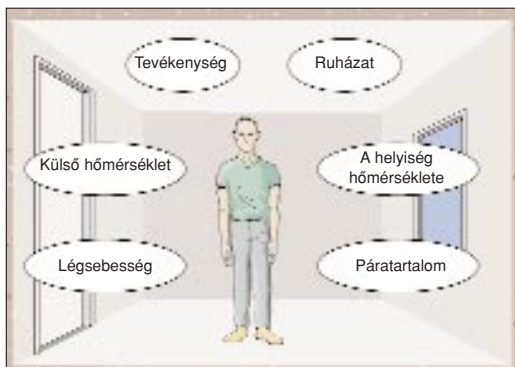


# Kérdések és válaszok

## 1. rész

### Milyen tényezők befolyásolják a hőérzetet?

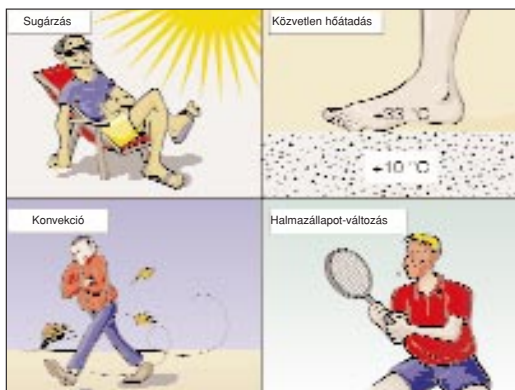
A hőérzetünk elsősorban a környezetünkkel kölcsönhatásban fellépő hőcserétől függ. A hőcserét befolyásolja a tevékenység, amit végzünk, a ruházatunk és a helyiség általános klímája. A helyiség klímája több összetevőből áll, ezek közé tartozik a levegő hőmérséklete, sebessége, páratartalma és a sugárzásos hőcsere a környező felületekkel.



A helyiség klímáját befolyásoló tényezők

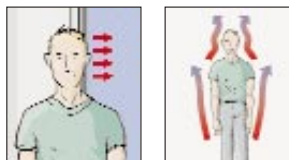
### Hőátadás

A hőátadás négy különböző módon történhet: sugárzással, közvetlen hőátadással, konvekcióval, vagy halmazállapot-változással. Sugárzással ad át hőt például a Nap vagy egy forró edény. Közvetlen hőátadást akkor tapasztalhatunk, ha hideg kövön járunk mezítláb. A konvekciót akkor érezhetjük, ha egy szeles, téli napon kalap nélkül megyünk ki a szabadba. Végül, a halmazállapot-változással járó hőátadásra példa, amikor a nedvesség elpárolog a bőrünkről, azaz folyadék halmazállapotából légneművé válik és így hűti a testet.



A hőátadás négy különböző módon történhet

Ugyanakkor hőátadásra kerül sor akkor is, ha két test között hőmérsékletkülönbség áll fenn. Az emberi test például folyamatosan hőt ad át a környezetének. A kéz vagy az arc (kb. +33 °C) folyamatosan ad át hőt sugárzással a falaknak és a környező tárgyakkal (kb. +22 °C), anélkül, hogy ezt közvetlenül éreznénk. A hő átadása konvekcióval is történik, mivel az emberi test közelében a levegő felmelegszik és felemelkedik.



Az emberi test folyamatosan hőt ad át a környezetének

### Kellemes hőérzet

A kellemes hőérzet azt jelenti, hogy termikus egyensúlyt tapasztalunk, azaz nem fáznak, de melegünk sincs. A kellemes hőérzet előfeltétele, hogy egyes testrészeinket ne érje nem kívánatos fűtés vagy hűtés, például huzatérzet a nyaknál, vagy túl meleg padló.

A termikus egyensúlyt és a hőérzetet elsősorban a következők befolyásolják:

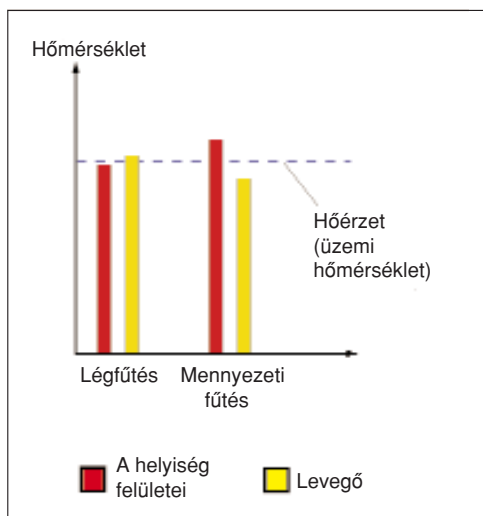
- A bőr és a tüdő közvetlen konvekciós hőátadása a velük kölcsönhatásba lépő levegőnek.
- Sugárzásos hőcsere a környező felületekkel. Ez a két hőátadási mód nagyjából megfelel a helyiség átlagos légmozgásának. Ebből következően a helyiség felületeinek hőmérséklete azonos hatást fejt ki az emberi testre és a levegő hőmérsékletére.

Ha egy helyiség felületeinek hőmérséklete megemelkedik - részben vagy egészben -, a levegő hőmérséklete csökkenthető a felületek átlaghőmérséklet-növekedésének mértékében.

Ha például mennyezeti fűtést alkalmazunk egy helyiségben, a helyiség felületeinek átlaghőmérséklete megemelkedik. A helyiségben tartózkodók így kevesebb hőt adnak át sugárzással a környezetüknek. Annak érdekében, hogy a melegérzet ne legyen túlságosan nagy mértékű, a test ezt a helyiség hidegebb levegőjének átadott hővel ellensúlyozza, melyre konvekcióval és fokozott mértékben kerül sor. Mindezek alapján megállapítható, hogy sugárzásos fűtés esetén - a hagyományos fűtéssel összehasonlítva - alacsonyabb levegő-hőmérséklet elegendő a kellemes hőérzet biztosításához.

(A részletes tanulmányt ld. az 1. fejezetben.)

# Kérdések és válaszok



A mennyezeti fűtés meleg felületeket eredményez, így a levegő hőmérséklete alacsonyabb lehet

## 2. rész

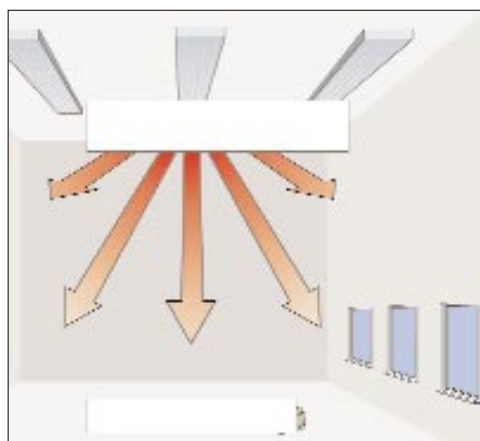
### Hogyan működik a mennyezeti fűtés?

Miért kellene a fűtőelemet a mennyezetre tenni, ha a meleg levegő egyébként is felemelkedik? Legtöbbször ezt a kérdést teszik fel azok, akik nem ismerik a mennyezeti fűtést. Ebben a részben megpróbáljuk elmagyarázni, hogyan működik a mennyezeti fűtés és miért lesz meleg az egész helyiségben és nem csak a mennyezet alatt.

A fűtési rendszer konvekcióval és sugárzással ad át hőt a környezetének. A fűtőelem közelében a levegő konvekció révén melegszik föl, míg a sugárzás a helyiség valamennyi irányába teríti a hőt. A konvekcióval felmelegített levegő felemelkedik, míg a fűtőelem által kibocsátott hősugarak addig "utaznak", amíg el nem érik a környező felületeket. A mennyezeti fűtési rendszer nagyobb részben sugárzáson és kisebb részben konvekción alapul. A sugárzás tipikus aránya 60 %, míg a konvekcióé 40 %. A Lindab Climate mennyezeti fűtési rendszere vizes fűtőközeggel működik, és a hősugárzás alacsony hőmérsékleten történik (30-80 °C). Ez azt jelenti, hogy a hősugárzást nem érzékeljük olyan intenzíven, mint például a Nap vagy villamos hősugárzó esetében. A mennyezeti fűtési rendszer konvekcióval leadott fűtési teljesítményének aránya (kb. 40 %) nagyjából megfelel az épület termikus határoló elemein keresztül történő hővesztésnek, amelyhez például a tető hővesztése is hozzájárul. Ennek megfelelően az épület többi részébe közvet-

Útmutató a mennyezeti fűtéshez 6

lenül eljut a megmaradó energia, azaz a mennyezeti fűtőelemből sugárzott hő. A hősugárzás hasonlóképpen működik, mint egy hétköznapi fényforrás. A hősugárzás a fényvel szinte azonos módon terjed és verődik vissza a felületekről. Ennek alapján, a mennyezeti fűtőelem azon felületek felé sugározza a hőt, amelyeket "lát". Ez azt is jelenti, hogy azokat a felületeket, amelyek a sugarak előtt "rejtve" maradnak - a látható fényhez hasonlóan - a visszaverődő hősugarak fűtik, illetve ehhez járul hozzá részben a különböző felületek hőmérsékletkülönbsége révén kialakuló hőcsere. A helyiségben, illetve a felületek között tapasztalható hőmérsékletkülönbség állandó kiegyenlítődési folyamatot eredményez. Ennek megfelelően a mennyezet és a padló között egyenletes hőmérséklet alakul ki.

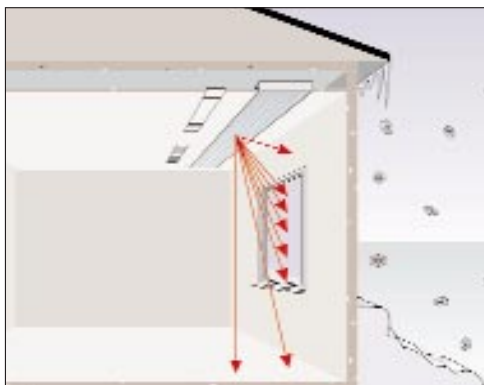


A sugárzás és a konvekció aránya a Lindab Climate mennyezeti fűtőelem esetében

Azon felületek hőmérséklete, amelyekre sugárzással történik a hő átadása, magasabb, mint hagyományos fűtés alkalmazása esetén. A belső falak hőmérséklete például alig magasabb, mint a helyiség levegőjének hőmérséklete. A mennyezetről történő hősugárzás egyik - gyakran figyelmen kívül hagyott - előnye, hogy a padlót fűti. A padló hőmérséklete általában 2-3 °C-kal magasabb, mint a levegő hőmérséklete boka magasságban. A mennyezeti fűtéssel nem nehéz elérni, hogy a helyiségben tartózkodók hőérzete kellemes legyen, hiszen a mennyezeti fűtőelem által leadott hőt elsősorban közvetett módon, a felületekről visszaverődve érzékelik. A hősugárzásnak csupán kis része éri közvetlenül a mennyezeti fűtőpanelből. A hőérzetet az is befolyásolja, hogy melegebb felületek esetében az emberi test kevesebb hőt ad át a környezetének. Ebből következően: nem elegendő ha csak a levegő meleg! Ld. még: 1 rész. A hősú-

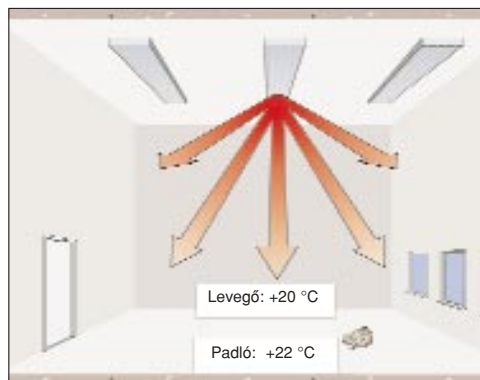
# Kérdések és válaszok

gárgás másik nagy előnye az, hogy minél hidegebb egy felület, annál több fűtési energiát "vonz" magához. Ez azt jelenti, hogy a sugárzó hő automatikusan a hidegebb felületek felé irányul, azaz a fűtési



A hősgárgás teljesítménye ott a legnagyobb, ahol leginkább szükség van rá.

teljesítmény java része az ablakokra, vagy a nem megfelelően szigetelt falakra jut, vagyis ott, ahol a legnagyobb szükség van rá. (A részletes tanulmányt ld. az I. fejezetben.)



A mennyezeti fűtés a padlót melegíti!

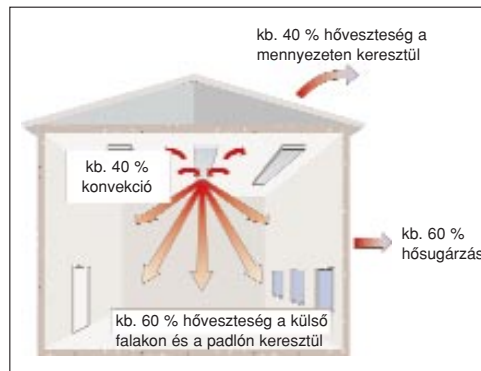
## 3. rész

### Hol alkalmazható mennyezeti fűtés?

A mennyezeti fűtés a legtöbb fűtési módnál szélesebb körű felhasználást tesz lehetővé. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a mennyezeti fűtés bármilyen típusú épület fűtésére alkalmazható. Különböző fajta épületekben, pl. sportcsarnokokban, műhelyekben, ipari épületekben, raktárakban és bevásárlóközpontokban használnak mennyezeti fűtést. A mennyezeti fűtés olyan épületekben is jól alkalmazható, mint a napközi otthonok, óvodák, lakóépületek, iskolák és laboratóriumok. A mennyezeti fűtőelem teljesítményének mintegy 40 %-át konvekcióval (a mennyezet fűtésével) adja le, míg 60 %-át (lefelé irányuló) hősgárgással. Egy épület szokásos - a falakon, a mennyezeten vagy a padlón keresztül történő - hővesztesége hasonló arányokat mutat: azaz a hőveszteség hozzávetőleges mértéke a mennyezeten keresztül 40 %, míg az épület többi része esetében 60 %. Mindez arra utal, hogy a mennyezeti fűtés, a többi előnyét is figyelembe véve, gyakorlatilag minden fajta épület esetében ideális fűtési mód. Lakóépületekben ritkán használnak mennyezeti fűtést. Ennek fő oka valószínűleg az, hogy a lakóépületek fűtési rendszerének kiválasztásakor erős a kötődés a hagyományokhoz. Ugyanakkor vizsgálatok bizonyítják, ha a távozó levegő megfelelő kültéri elvezetése biztosított, a mennyezeti fűtőpanellel igen jó klíma érhető el a hagyományos fűtőtestekkel összehasonlítva.

Egy kísérlet során a mennyezeti fűtőpaneleket közvetlenül egy hálószoba ablaka fölé szerelték fel. A külső levegőt a fal külső részén kialakított rácson keresztül vették és a mennyezet, illetve a mennyezeti panel között előmelegítették. A kísérlet összegzéseként a következőket állapították meg:

- A befűvott levegőt átlagosan 15,5 °C-ra melegítették fel - 2 °C-os külső hőmérséklet mellett.
- Az üzemi hőmérséklet átlagosan 1,1 °C-kal volt magasabb, mint a lapradiátorokkal fűtött referencia-helyiségben.
- Huzat nem volt tapasztalható (az ablakot a mennyezeti fűtőelem fűtötte, ld. 9. rész).



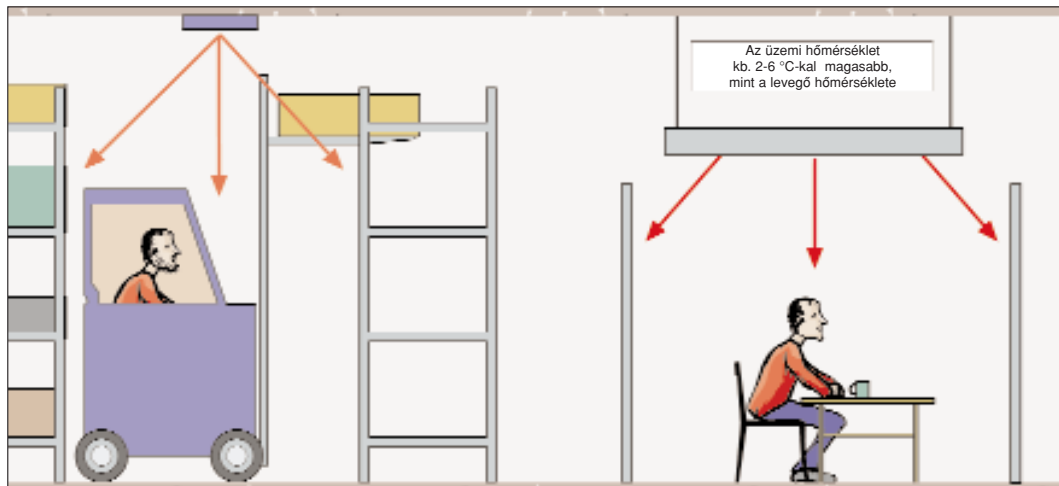
A hőtermelés aránya a mennyezeti fűtőelem és az épület esetében

# Kérdések és válaszok

A mennyezeti fűtés egyaránt jól működik olyan épületekben, ahol szellemi vagy fizikai munkát végeznek. A mennyezet magassága gyakorlatilag nem befolyásolja a kellemes hőérzetet a tartózkodási zónában (lásd még: 5. és 7. rész).

## Zóna fűtés

A mennyezeti fűtés abban az esetben is kiválóan működik, ha a helyiségnek csak egy részét kell fűteni, azaz zóna fűtésre van szükség. Ez olyan helyeken fordul elő, ahol például az épület bizonyos részeiben folyó munka jellege alacsonyabb hőmérsékletet is lehetővé tesz. A sugárzott hő révén a helyiségben tartózkodók magasabb hőmérsékletet érzékelnek (üzemi hőmérséklet), mivel a hősugárzás a környezetükben lévő felületek hőmérsékletét, illetve - bizonyos mértékig - a levegő hőmérsékletét növeli, így a munkahely klímája kellemesebbé válik.

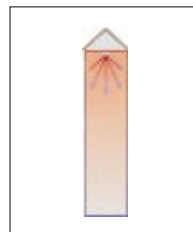


A zóna fűtés magasabb üzemi hőmérsékletet biztosít az épület egyes részeiben

## 4. rész

Hol nem alkalmazható mennyezeti fűtés? Ha nem is sok, de van olyan eset, amikor a mennyezeti fűtés nem alkalmazható, hiszen minden műszaki megoldásnak megvannak a maga korlátai. Az alábbi példa a mennyezeti fűtés korlátait mutatja be: A mennyezeti fűtés sem működik jobban más fűtési rendszereknél, ha a légvesztés nyitott ajtón keresztül történik. A padló, a falak és az ajtó melletti bútorzat fűtése biztosított, de a mennyezeti fűtés nem akadályozza meg a nyitott ajtón keresztül történő légvesztést. Ugyanakkor a mennyezeti fűtés a lehető legjobb klímát biztosítja az ajtó körüli zónában oly módon, hogy a felületeket melegen tartja, miközben a nyitott ajtón át hideg levegő áramlik a helyiségbe. Magas tornyok, pl. egy világítótorny esetében sem alkal-

mazható hatékonyan a mennyezeti fűtés, mivel csekély mértékű sugárzott hő éri el a padlót és a tartózkodási zónát. Ez azonban nem a mennyezet és a padló közötti nagy távolságnak tudható be, hanem annak, hogy a mennyezeti fűtőelem a teljes területnek csak viszonylag kis részét "látja". A hősugárzás nagyobb részét elnyelik a falak.



A mennyezeti fűtés kevésbé hatékony magas, keskeny épületek esetében.



# Kérdések és válaszok

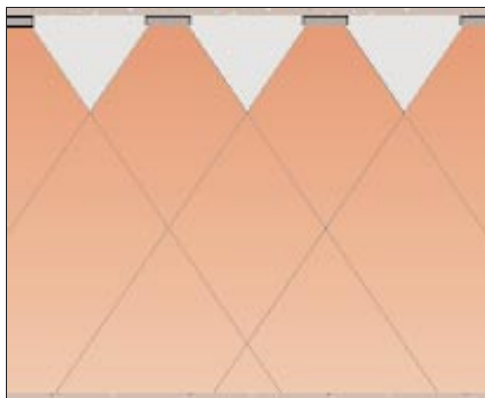
## 5. rész

### Milyen magasságban ajánlott a mennyezeti fűtőelemek beszerelése?

Amennyiben az épület levegője alapvetően tiszta, az épület adottságain kívül semmi más nem korlátozza a fűtőpanelek beszerelésének magasságát. A beépítési magasság és a fűtőpanelek felületi hőmérsékletétől függetlenül a levegő nem gátolja a sugárzó hő terjedését a padló, a falak és a bútorzat felé. Ugyanakkor korlátozások vonatkoznak arra, hogy a mennyezeti fűtőpanel beépítése mennyire alacsonyan történhet. A fűtőpanel legalacsonyabb beépítési magasságára vonatkozó legfontosabb korlátozó tényező a fűtőpanel felületi hőmérséklete, de számításba kell venni még a panel hosszának és szélességének arányát, illetve azt, hogy a helyiségben tartózkodók legtöbbször ülnek vagy állnak-e. Minél melegebb a fűtőpanel felülete, annál magasabba kell beépíteni, így kellemes hőérzet biztosítható. A legalacsonyabb beépítésre vonatkozó korlátok mindent összevetve nem jelentősek; ld. 7. rész

*Az alábbiakban egy példát mutatunk be:*

Egy 3,6 x 0,6 m méretű mennyezeti fűtőpanel, melynek a maximális felületi hőmérséklete 50 °C (55/45 °C-os rendszer) akár 2,1 m magasságban is beépíthető! Ha a felületi hőmérsékletet 70 °C-ra növeljük (80/60 °C-os rendszer), a legalacsonyabb beépítési magasság 2,8 m. Ebben a vonatkozásban fontos megjegyezni, hogy a fenti esetekben a megengedett legmagasabb víz hőmérsékletéről van szó, amelyre - statisztikailag - évente csupán néhány napon van szükség. Az év túlnyomó részében a rendszer fűtőhőmérséklete alacsonyabb. (A részletes tanulmányt ld. az II. és a IV. fejezetben.)



A mennyezet magasságának nincs jelentősége, a sugárzott hő eléri a padlót és a falakat. A magasság arányában csupán az intenzitás csökken.

## 6. rész

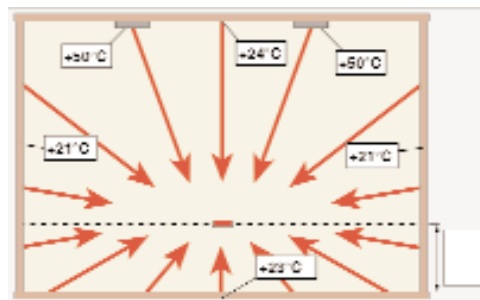
### A mennyezeti fűtés befolyásolja-e a szellőzést?

A mennyezeti fűtés önmagában nem okoz olyan légmozgást, amely befolyásolná a szellőzés bármely formáját. Ez azt jelenti, hogy a mennyezeti fűtés ideális megoldás olyan épületekben, ahol fontos követelmény a légáramok szabályozhatósága. A tervező így szabadon dönthet arról, hogy a mennyezeti fűtést milyen szellőző rendszerrel kombinálja, amikor új épületet tervez, illetve egy épület vagy helyiség felújítására kerül sor. (A részletes tanulmányt ld. az V. fejezetben.)

## 7. rész

### Mennyire lesz meleg fejmagasságban?

A sugárzó hőmérsékleti asszimetria (SHA) annak kifejezésére szolgál, hogy a bennünket körülvevő különböző felületek hőmérsékletkülönbségét mekkora mértékben vagyunk képesek elviselni anélkül, hogy kellemetlen hőérzetet tapasztalnánk. Az SHA-ra példa, ha az arcunk egyik oldala egy kandalló felé fordul, míg a másik egy hideg ablak felé. Az SHA mérése egy apró lemez segítségével történik, melyet 0,6 m-es magasságban helyeznek el az ülő helyzet modellezéséhez, és 1,1 m magasságban az álló helyzet modellezéséhez. Az SHA a mérőlemez két oldalán mért sugárzó hő közötti különbség. Mint azt már a 2. részben is említettük, a mennyezeti fűtőpanel a környező felületeket fűti, elsősorban a padlót. Ez azt jelenti, hogy az SHA kiegyenlítődik. Annak érdekében, hogy az SHA elfogadható határok között maradjon, fontos szempont, hogy a mennyezeti fűtőpanel méretezése megfelelő legyen, amelyhez figyelembe kell venni a megengedett maximális hőmérsékleteket is. Ha ezt az előírást betartjuk, az SHA elfogadható határok között marad és teljesíti a Beltéri Klímaberendezéseket Vizsgáló Svéd Intézet R1-jelű ajánlását és az erre vonatkozó ISO 7730 nemzetközi szabványt.



Példa a sugárzó hő asszimetriájának (SHA) mérésére. Az SHA a mérőfelület két oldalán mért sugárzó hő közötti különbség. A fenti hőmérséklet-értékek csak példák.

# Kérdések és válaszok

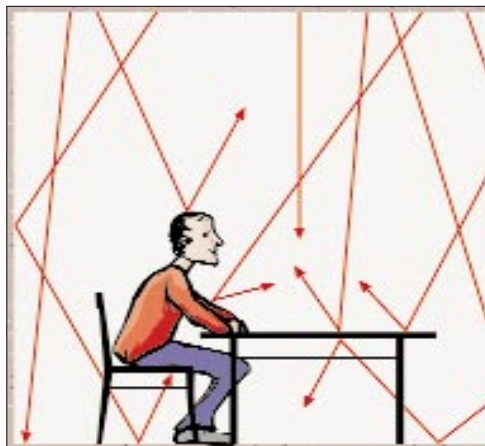
## Példa:

Egy 3,6 x 0,6 m méretű mennyezeti fűtőpanel, melynek a maximális felületi hőmérséklete 50 °C (55/45 °C-os rendszer) ülő személyek esetén akár 2,1 m magasságban is beépíthető (!) (a mérőlemez elhelyezése a padlószint fölött 0,6 m magasságban történik, az ISO 7730 szabványnak megfelelően). Ebből következően a fejmagasságban nem lesz túl meleg. (A részletes tanulmányt ld. az I. és a VI. fejezetben.)

## 8. rész

### Mennyire lesz hideg az asztal alatt?

Sokan hiszik azt - tévesen -, hogy mennyezeti fűtés esetén az asztal vagy bármely vízszintes felület alatt hideg marad. Ennek a valószínűsége akkora, mint annak, hogy a mennyezeti világítótestet bekapcsolva vaksötét lesz az asztal alatt. A hősugarak, csakúgy mint a fénysugarak, a környező felületek irányába terjednek. Ezek a felületek a hőenergia javát elnyelik, de egy része visszaverődik. A sugárzó hőnek ez a része tovább "pattan" a helyiség különböző felületeire és fűti a környező felületeket, így a padlót és az asztal alatti felületeket is. A közvetlen és közvetett hősugárzás révén az asztal felső és alsó felülete egyaránt meleg lesz. Ez azt jelenti, hogy a levegő hőmérsékletének vagy a sugárzó hő hőmérsékletének különbsége kisebb az asztal alatt, mint az asztal mellett. (A részletes tanulmányt ld. a II. fejezetben.)



A sugárzó hő részben visszaverődik és kiegyenlíti a hőmérsékletkülönbséget

## 9. rész

### Lesz-e huzat az ablaknál?

Kettős vagy hármás üvegezésű ablak esetében is fennáll a huzat kockázata (azaz a hideg felületeken lehűlő levegő légmozgást okoz), ha az ablaknál nincsen olyan hőforrás, amely ellensúlyozza a lefelé irányuló légmozgást. Ugyanakkor a hőforrást nem feltétlenül szükséges az ablak alatt elhelyezni. Az ablak alatt elhelyezett fűtőtest felfelé irányuló légmozgást okoz, amely ellensúlyozza az ablaknál kialakuló huzatot. A mennyezeti fűtés viszont már az ablak felületein megakadályozza a huzat kialakulását. A mennyezeti fűtés az ablak felületeit fűti, így a huzat kockázata minimális. Ennek megfelelően, a mennyezeti fűtőelem sugárzó hője közvetlenül a hideg felületeket fűti. Mint azt már a 2. részben is említettük, a sugárzó hő elosztása a helyiség felületei között a felületek hőmérsékletének arányában történik. A hideg felületekre több fűtési energia áramlik. A mennyezeti fűtőelem - ebből következően - részben az ablakot és az ablakkeretet, részben pedig az ablakpárkányt fűti; ily módon a huzat kialakulását akadályozza meg, mely egyrészt a meleg ablaknak, másrészt az ablakkeret és az ablakpárkány fűtőhatásának köszönhető. Azok vannak leginkább kitéve a huzat következtében fellépő kellemetlen hőérzetnek, akik könnyű ruházatban és ablak közelében ülőmunkát végeznek, anélkül, hogy a huzatot bármilyen hőforrás ellensúlyozná. Fizikai munkát végzők esetében ez a kockázat elhanyagolható, különösen olyan épületekben, ahol hármás üvegezésű ablakokat használnak.



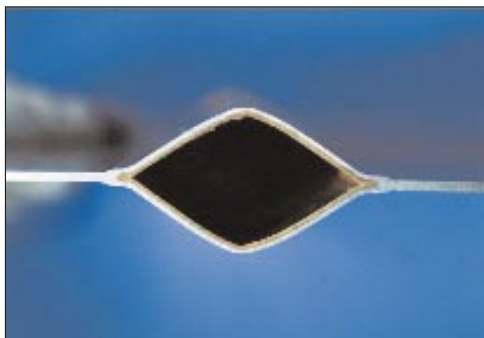
Az ablak felületeinek fűtése révén a mennyezeti fűtőelem kizárja a huzat kockázatát.

# Kérdések és válaszok

## 10. rész

### Milyen hosszú a Lindab Climate mennyezeti fűtőelemeinek élettartama?

A Lindab Climate szabadalmaztatott alapelemét szerke a világon használják fűtési és hűtési rendszereken kívül napkollektorokban is, ahol a hőmérséklet a 250 °C-ot is elérheti. A Svéd Nemzeti Anyagvizsgáló Intézetben 200 °C-os hőmérsékletű felületeket próbáltak ki és lökvizsgálatnak is alávetették 10 fokos vízzel. Az alkatrészeket ezenkívül évekig tárolták a szabadban, majd újra megvizsgálták őket. Az alkatrészeket nyomáspróbának (10-11 bar) is alávetették - 16.000 alkalommal. A vizsgálatok közül egyik sem befolyásolta a készülék teljesítményét. Egyetlen olyan terméket sem ismerünk a piacon, amelyet olyan széleskörű vizsgálatoknak vetettek volna alá, mint a Lindab Climate termékét. Ennek alapján talán nem túlzás azt állítani, hogy a fűtőelem működőképese marad, amíg áll az az épület, ahová beszerelték. (A részletes tanulmányt ld. a IV. fejezetben.)



A Lindab Climate fűtőelemében található vízcső keresztmetszete

## 11. rész

### Lehet-e változtatni a mennyezeti fűtés beépítésén, ha az épületben folyó tevékenység megváltozik?

Manapság gyakran előfordul, hogy az épületeket és belső tereiket az eredeti funkciótól teljesen eltérő módon alakítják át. Éppen ezért alapvető fontosságú, hogy a falakat és a beépített berendezéseket kis költséggel lehessen átalakítani, illetve mozgatni. Ebben a tekintetben a mennyezeti fűtés kivételesen előnyös megoldás. A csövek elhelyezése legtöbbször látható módon, illetve álmennyezetben történik, így ezek könnyen hozzáférhetők és egyszerűen szétszerelhetők, illetve újra beépíthetők. Ha a mennyezeti fűtőelemeket kazettás álmennyezetbe építik be, akkor más helyiségben könnyen beszerelhetők más kazetták helyére. A fűtőpanelek akkor is egyszerűen leszerelhetők és mozgathatók, ha a beépítéshez függeszto

szárakat használnak. A Lindab Climate mennyezeti termékei más egyedülálló előnyökkel is rendelkeznek. Ezek a legkönnyebb készülékek a piacon, ami azt jelenti, hogy a mennyezeti fűtés beépítésének megváltoztatása, különösen magas mennyezetek esetén, rendkívül egyszerű.

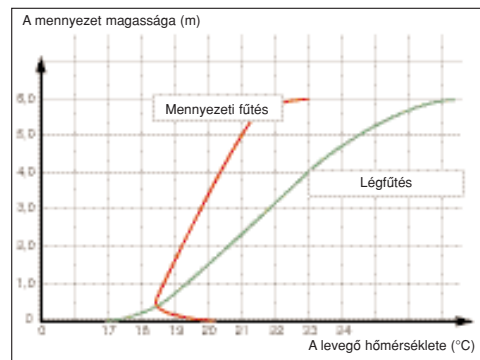
Az ingatlanok tulajdonosai/kezelői egymástól eltérő tevékenységet folytató bérlők használatába adhatják az épületet. Az épületet használhatják ipari termelői tevékenységre, táncstúdióknak, vagy akár raktárnak is. A padló vagy a falak felújításakor a fűtési rendszer figyelmen kívül hagyható.

## 12. rész

### Hogyan számítsuk ki a teljesítményt?

A szükséges fűtőtelteljesítmény kiszámításakor először az épület különböző elemeit kell figyelembe venni, különös tekintettel a terület nagyságára és a hőátadási együtthatóra (hővezetési tényező). A számítás alapját általában a vonatkozó építési előírások és a Svéd Szabvány képezi. Ezen kívül meg kell határozni a beltéri hőmérsékletet a külső hőmérséklet figyelembevételével. Ez utóbbi kiszámításához a Svéd Szabvány alkalmazható. Ezt követően számítható ki az épületre vonatkozó, szükséges fűtőtelteljesítmény.

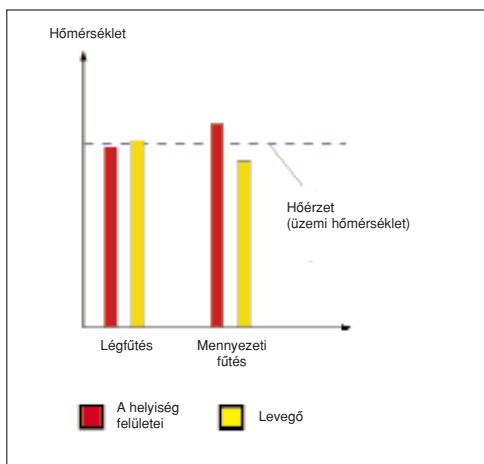
Ugyanakkor a számítások elvégzésekor érdemes figyelembe venni a mennyezet és a padló közötti hőmérsékletkülönbséget (hőmérsékleti gradiens). A hőmérsékleti gradiens nagy hőmérsékletkülönbségeket eredményezhet a mennyezet és a padló között magas mennyezetek esetén. A mennyezeti fűtés egyik előnye, hogy a hőmérsékleti gradiens - más fűtési rendszerekkel összehasonlítva - alacsony, kb. 0,5 °C/m. Ennek köszönhetően a mennyezet és a padló közötti hőmérsékletkülönbség nem jelentős. Légfűtő berendezés esetén például a hőmérsékleti gradiens kb. 2 °C/m. Természetesen az alacsony hőmérsékleti gradiens lehetővé teszi, hogy a fűtőtelteljesítmény kisebb legyen, mivel a hőmérséklet a mennyezetnél alacsonyabb.



A levegő hőmérsékletének különbsége különböző fűtési rendszerek esetén

# Kérdések és válaszok

Az alacsony hőmérsékleti gradiens mellett, új épületek esetében legtöbbször 1-2 fokkal alacsonyabb beltéri hőmérséklettel lehet számolni a környező felületek kiegészítő sugárzásának köszönhetően (lásd 1. és 2. rész), így a fűtőteljesítmény kisebbre méretezhető. Ugyanakkor átépített vagy felújított épületek esetében pontosabb elemzésre van szükség annak megállapítása érdekében, hogy az elvégzett változtatások után az épület tulajdonságai és a benne folyó munka lehetővé teszi-e, hogy alacsonyabb beltéri hőmérséklettel számoljunk.



A mennyezeti fűtés a felületeket melegíti, így a levegő hőmérséklete alacsonyabb lehet, és kisebb fűtőteljesítmény is elegendő

Az alábbiakban egy példa segítségével mutatjuk be, hogy a teljesítmény-szükségletre vonatkozóan mekkora különbséget okoz az alacsony beltéri hőmérséklet és a kisebb mértékű hőmérsékleti gradiens. Adott egy újonnan épült, 1000 m<sup>2</sup> alapterületű csarnok, ahol a mennyezet magassága 5 m. A falak, a mennyezet és a padló szabványos kialakítású. Az ablakok felületeinek mérete megegyezik az alapterület 10 %-val. A transzmisszióhoz és a természetes légmozgáshoz szükséges fűtőteljesítmény két különböző fűtési rendszer esetén az alábbiak szerint alakul (a szellőzéshez szükséges fűtőteljesítmény nélkül).

Fűtési rendszer	Hőmérséklet a tartózkodási zónában / hőm. gradiens	Fűtőteljesítmény
Hőlégbefúvás (termoventilátor)	20 °C / 2 °C/m	71,3 kW
Mennyezeti fűtés	18 °C / 0,5 °C/m	58,5 kW

Mennyezeti fűtés esetében elegendő a légfűtés teljesítményének 82 %-a. Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy alacsonyabb beltéri magasság esetén ez a különbség kisebb. (A részletes tanulmányt ld. a VII. fejezetben.)

Útmutató a mennyezeti fűtéshez 12

## 13. rész

### Energiatakarékos-e a mennyezeti fűtés?

Erre a kérdésre legtöbbször "igen" a válasz, ha a mennyezeti fűtést más, hagyományos fűtési rendszerekkel hasonlítjuk össze. Az, hogy a mennyezeti fűtéssel mennyi energiát takaríthatunk meg részben attól függ, hogy mennyire csökkenthető a tartózkodási zóna hőmérséklete (kb. 1-2 °C-kal) anélkül, hogy a hőérzetet (üzemi hőmérsékletet) ez negatívan befolyásolná, illetve függ attól is, hogy milyen mértékben csökkenthető a mennyezet és a padló hőmérséklete közötti különbség (hőmérsékleti gradiens). (Ld. 1. és 12. rész.) Ez utóbbi vékonyabb meleg levegő réteget eredményez a mennyezet alatt, így a tetőn keresztül történő hővesztés kisebb. Az energia-megtakarítás mértéke függ az épület típusától és a korábban használt fűtési rendszertől. 2-3 m belmagasságú helyiségek esetében a megtakarítás elérheti a 2-7 %-ot. Nagy belmagasságú épületek esetén az energia-megtakarítás mértéke nagyobb is lehet, különösen akkor, ha az épület régi, rosszul szigetelt, illetve nagy arányú légvesztés történik (természetes légmozgás) az ajtókon vagy más nyílásokon keresztül. Svéd és más külföldi vizsgálatok esetenként 30 %-os megtakarítást is dokumentáltak. (A részletes tanulmányt ld. a VII. fejezetben.)

## 14. rész

### Mennyibe kerül?

Erre a kérdésre több válasz is adható, attól függően, hogy milyen megtérülési időt veszünk figyelembe és milyen költségekkel számolunk. Az alábbi példában hosszú megtérülési időt választottunk (15 év), mivel így valamennyi költséget figyelembe tudjuk venni és az ingatlanok tulajdonosai/kezelői számára ez a legfontosabb szempont. Ha csak a bekerülési költséggel számolunk, a példa szerint ez a második legolcsóbb megoldás. A példa négy különböző fűtési rendszer teljes várható költségeit mutatja be. A négy fűtési rendszer a következő: mennyezeti fűtés, padlófűtés, hőlégbefúvás (termoventilátor) és légfűtés. A számításokat a következők szerint végeztük el: adott egy újonnan épült ipari csarnok, melynek alapterülete 60 x 40 m, a belmagassága 8 m és a svédországi Göttingenben található. A példa szerint a csarnokot csatlakoztatták a göttingi távfűtő-hálózatra. A beruházási költségek a következőket tartalmazzák: anyagköltség, a munka elvégzésének költségei, a távfűtő-hálózatra való csatlakozás költségei és a különböző fűtési rendszerek üzembe állítási költségei. Az egyes fűtési rendszerek költség-számításait, beleértve a mennyezeti fűtést is, független szakértői iroda végezte el.

## Kérdések és válaszok

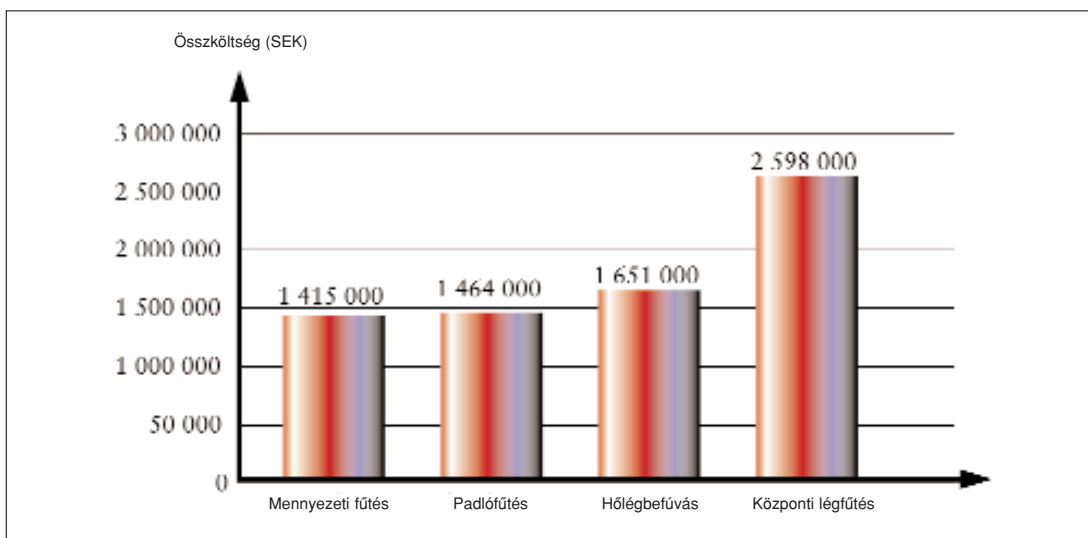
Az éves üzemeltetési és karbantartási költségeket a beruházás arányában számoltuk ki, és tartalmazza a villamos energia, a karbantartás és a javítás költségeit. Ez az érték a mennyezeti- és padlófűtés esetében a beruházási költség arányában 0,5 %, míg a hőlégbefűtés és a légfűtés esetén 2 %. A különböző fűtési rendszerek energiafogyasztását, amely tartalmazza a transzmisszió és a természetes légmozgás fűtőenergia-szükségletét is az alábbi feltételek figyelembevételével számoltuk ki. A szellőzés energiaszükségletét nem vettük számításba, mivel azt minden fűtési rendszer esetében azonosnak tekintettük. Az egyes rendszerek összköltsége a beruházási költségeket, az üzemeltetési és karbantartási költségeket, valamint az energiafogyasztási költségeket tartalmazza. Az összköltséget részben jelenlegi értéként, részben éves értéként jelezzük.

### Általános feltételek

Nominális kamatláb:	10 %
Gazdaságos élettartam:	15 év
Az energiahordozó ára:	250 SEK/MWh
Az energiahordozó áremelkedése:	2 %/év

Fűtési rendszer	Beruházás (SEK)	Üzemeltetés és karbantartás(SEK/év)	Energiafogyasztás (MWh/év)	Összköltség	
				Jelenlegi érték (SEK)	Éves érték (SEK/év)
Mennyezeti fűtés	560.000	2.800	386	1.415.000	186.000
Padlófűtés	630.000	3.150	375	1.464.000	192.000
Hőlégbefűtés	518.000	10.360	488	1.651.000	217.000
Központi légfűtés	1.447.000	28.940	431	2.598.000	342.000

Különböző fűtési rendszerek költségei. A beruházási költségeket független szakértői iroda állapította meg.



Négy különböző fűtési rendszer összköltségének jelenlegi értéke.

# Kérdések és válaszok

## Számítási feltételek

Hővezetési tényező	tető:	0,2 W/m <sup>2</sup> , °C
	falak:	0,2 W/m <sup>2</sup> , °C
	padló belső zóna:	0,2 W/m <sup>2</sup> , °C
	padló külső zóna:	0,2 W/m <sup>2</sup> , °C
Terület	tető:	2400 m <sup>2</sup>
	falak:	1400 m <sup>2</sup>
	padló belső zóna:	1000 m <sup>2</sup>
	padló külső zóna:	200 m <sup>2</sup>
	ablakok:	200 m <sup>2</sup>
Belmagasság:	8 m	
Természetes légmozgás	0,3 1/h	

	Mennyezeti fűtés	Padló-fűtés	Hőlégbefűtés	Lég-fűtés
Beltéri hőmérséklet a tartózkodási zónában (°C)	19 <sup>1)</sup>	19 <sup>1)</sup>	20	20
Hőmérsékleti gradiens (°C/m <sup>2</sup> )	0,7	0,5	2,0	1,0 <sup>3)</sup>

### Egyéb feltételek:

- 1) A mennyezeti fűtés és a padlófűtés esetében a levegő hőmérséklete alacsonyabb, azaz 19 °C is elegendő a meghatározott üzemi hőmérséklet eléréséhez, amely a példa szerint 20 °C.
- 2) A megállapított hőmérsékleti gradiens a számításba vett külső hőmérséklet esetén érvényes.

## 15. rész

### Újrafeldolgozhatók-e a Lindab Climate termékei?

A különböző, alumíniumból készült termékek életciklus-elemzése több közös jellemzőt mutat. Előállításakor (bányászat, dúsítás, megmunkálás) az alumínium viszonylag nagy mértékben terheli meg a környezetet és több energiát igényel. A felhasználás során azonban éppen fordított a helyzet, más anyagokkal összehasonlítva. Az előállítási fázisban okozott nagyobb környezeti terhelést sokszorosán ellensúlyozza a felhasználási fázisban jelentkező kisebb terhelés.

Ezen felül, ha az alumíniumot újrafeldolgozzák, a gyártáskor okozott környezeti terhelés mértéke csökken.

A Lindab Climate mennyezeti fűtési rendszerei kizárólag vörösréz, alumíniumból, polisztiirén szigetelőanyagból és kis mértékben ólomforraszból készülnek. A szigetelőanyag kivételével a felhasznált anyagok 100 %-ban újrafeldolgozhatók. A gyártás során keletkező hulladék is újrafeldolgozásra kerül. 100 %-os mértékben újrafeldolgozható minden fém alkatrész, amikor egy olyan épület lebontására kerül sor, ahová a Lindab Climate mennyezeti fűtőelemeit építették be. A vörösréz és az alumínium között ugyan fémes kötést hoznak létre a gyártás során, ám az újrafeldolgozás így is lehetséges. A mennyezeti fűtőelemeket kb. 20 x 20 cm-es "csomagokká" préselik össze, amelyet a fémfeldolgozóipar tud hasznosítani különböző minőségű alumínium ötvözetek adalékeként. Az egyes csomagok réztartalma jól meghatározható, mivel minden egyes panel azonos mennyiségben tartalmaz rézet. (A részletes tanulmányt ld. a VIII. fejezetben.)

# 1. fejezet

## Milyen tényezők befolyásolják a hőérzetet?

### Hőcsere

Az emberi test és a környezete közötti hőcsere a végzett tevékenység és a ruházat vastagsága befolyásolja, valamint az, hogy mekkora mennyiségű hőt ad át a test a környezetének elsősorban konvekcióval és sugárzással. A hőátadás részben látens hőátadásként történik a veríték elpárolgatása formájában. Ez a hő legtöbbször nem a helyiségnek adódik át, hanem kondenzáción keresztül kikerül a szabadba.

### Tevékenység

Az anyagcsere folyamatok határozzák meg, hogy a test mennyi hőt termel. Ennek mértékegysége a met (1 met = 58 W/m<sup>2</sup>). Az ember aktivitásának mértéke általában 0,8 met (alvás) és 7 met (fizikai munka) között változik. Szokásos irodai munkavégzés esetén ez az érték 1,1, és 2,2 met között alakul. Azonos feladat ellátása esetén is eltérőek az egyes emberek anyagcsere folyamatai, mivel ezt befolyásolja az életkor, testsúly, nem, egészségi állapot stb.

### Ruházat

A ruházat mennyisége az emberi test hőszigetelése mértékének kifejezésére szolgál, mértékegysége a clo (1 clo = 0,155 °C m<sup>2</sup>/W). Ez az érték 0 clo (ruházat nélkül), és 3 clo (vastag takarók) között váltakozik. Zárt helyen viselt, szokásos ruházat esetén a hőszigetelés mértéke 0,7 - 1,2 clo.

### Az emberi test hőcseréje

Az emberi test hőcseréje legtöbbször konvekció vagy sugárzás révén történik. Ezek alapvetően a kis mértékű légmozgáshoz hasonlítanak. Amikor a bőrrel érintkező levegő sebessége meghaladja a kb. 0,1 m/s-ot, a konvekciós hőátadás fokozatosan nőni kezd. Ha melegünk van és verítkezünk, a hőleadás a testről elpárolgó veríték révén történik (halmazállapot-változással járó hőátadás). Kellemes hőérzet esetén a verítkezés mértéke elhanyagolható, és noha a bőr ekkor is párolgatja el a nedvességet, ezt konvekciós hőátadásnak tekintjük. A bőrről és a nyákhártyákról elpárolgatott nedvesség mennyiségét a levegő páratartalma befolyásolja. Minél szárazabb a levegő, annál több nedvesség párolog el a bőrről és a nyákhártyákról.

### Konvekció

Az emberi test konvekciója részben gravitációs konvekció, azaz a test felmelegíti a vele érintkező levegőt, amely aztán felemelkedik és légmozgást okoz, illetve részben mesterséges konvekció, amely külső légmozgásnak tudható be pl. szellőzés vagy huzat. A kellemetlen közérzetet okozó légsebesség határértéke a hőmérséklettől függ, azaz a légsebesség

felső értéke télen, zárt helyen 0,15 m/s, míg nyáron 0,2-0,4 m/s (ld. 68], 4:35. oldal). A nyári időszakra vonatkozó magasabb érték annak tudható be, hogy a helyiség hőmérséklete gyakran magasabb, így a kellemetlen közérzetet okozó légsebesség felső értéke is megnő.

### Sugárzás

A sugárzás eredő hőátadásként történik két test/felület között, és legtöbbször az emberi testről a környező kisebb hőmérsékletű területek felé irányul. A sugárzással történő hőcsere a végzett tevékenységtől, a ruházat mennyiségétől és a környezeti hőmérséklettől függ.

### Hőmérséklet

A levegő és környező felületek hőmérsékletén kívül számos más hőmérsékleti tényezőt is figyelembe kell vennünk az emberi testre kifejtett hatás meghatározásához. Ezek közül a leggyakoribbakat a következőkben soroljuk föl. A levegő hőmérsékletén kívül fontos hőmérsékleti tényező:

**A vertikális hőmérsékleti gradiens (°C/m)** azt mutatja meg, hogy a levegő hőmérséklete milyen mértékben változik meg a padlótól mért távolság függvényében. A vertikális hőmérsékleti gradiens legtöbbször a 0,1 m és 1,1 m közötti magasságra vonatkoztatott hőmérsékletkülönbséget jelzi. A kellemes hőérzethez a hőmérsékleti gradiens nem érheti el a 2-3 °C/m-t. Ez az alacsony érték ülő munka esetében érvényes. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a 2-3 °C/m mértékű gradiens a levegő fokozott rétegződéséhez vezet, azaz a mennyezet magasságában megnő az energia-vesztés. A Lindab Climate mennyezeti fűtőelemek hőmérsékleti gradiense 0,4 - 0,5 °C/m, ami jelentősen csökkenti az energiavesztést a mennyezet magasságában. Ld. még VII. fejezet.

**A síkfelületi sugárzási hőmérséklet (°C/m)** annak kifejezésére szolgál, hogy egy meghatározott irányban álló síkfelület (pl. a bőr), milyen mértékben veri vissza a sugárzást. A sugárzás visszaverődése függ a felületi hőmérséklettől és a síkfelület számára "látható" alfelületek szögérték tényezőjétől. A síkfelületi sugárzási hőmérséklet meghatározása a felületi hőmérséklet és a szögérték tényező segítségével, illetve sugárzó hőmérséklettel történik.

**Sugárzó hőmérsékleti asszimetria (°C):** a sugárzó hőmérsékleti asszimetria (SHA) a síkfelületi sugárzási hőmérséklet különbségét jelzi egy apró, sík felület két oldalán. Az SHA mérése egy kis méretű lemez segítségével történik, melyet 0,6 m-es magasságban helyeznek el az ülő helyzet modellezéséhez, és 1,1 m magasságban az álló helyzet modellezéséhez. Mennyezeti fűtés esetén az SHA értéke nem haladhatja meg az 5 °C-ot. Ld. még VI. fejezet.

# 1. fejezet

**A sugárzó hőmérsékleti középérték ( $^{\circ}\text{C}$ )** az emberi test és a környező felületek közötti sugárzás-visszaverődés mértékének kifejezésére szolgál. A sugárzó hőmérsékleti középérték a különböző irányokban történő sugárzás-visszaverődés átlagos értékét fejezi ki.

**Az üzemi hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )** a levegő hőmérsékletének és a sugárzó hőmérsékleti középértéknek az emberi test hőmérsékleti egyensúlyára kifejtett együttes hatását fejezi ki. Üzemi hőmérsékletnek legtöbbször a levegő hőmérsékletének és a sugárzó hőmérsékleti középértéknek az átlagát tekintjük.

**A közvetlen üzemi hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )** a svédországi építési előírások szerint a hőcserét fejezi ki a bőrnek egy apró felületére vonatkoztatva. A közvetlen üzemi hőmérséklet meghatározza a síkfelületi sugárzási hőmérséklet és a levegő-hőmérséklet átlagát a helyiség egy adott mérési pontjára és irányára vonatkoztatva.

**Az egyenértékű hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )** a levegő-hőmérsékletnek, a sugárzó hőmérsékletnek és a légsebességnek az emberi test hőmérsékleti egyensúlyára kifejtett együttes hatását fejezi ki. Ezt befolyásolja még a végzett tevékenység és a ruházat is.

## Hőérzet

A kellemes hőérzethez hozzájáruló környezeti feltételek egyénenként változnak. A P. O. Fanger professzor által végzett kísérletek, melyekben különböző klimatikus viszonyok hatását vizsgálta nagy számú vizsgálati csoportok körében, azt mutatták, hogy az emberek többsége hasonló módon reagál a beltéri környezeti feltételekre. A kísérletek révén sikerült meghatározni a klimatikus viszonyokon alapuló kellemes hőérzet kritériumait, azaz azt az állapotot, amikor az emberek többsége a klímát semlegesnek ítéli meg. A hőérzet kiszámításához a VTV-mutató (Várható Többségi Vélemény) alkalmazható a fent említett hőmérsékleti tényezőkkel kiegészítve. A VTV-mutató értékei statisztikai adatokra alapozva jelzik, hogy egy nagy számú csoport milyennek ítéli meg az adott klímát az általuk végzett tevékenység és a viselt ruházat függvényében.

$$\text{VTV} = (0.303 \cdot e^{0.0036M} + 0.028) [(M-W) - 3.05 \cdot 10^3 \{5733 - 6.99(M-W) - p_a\} - 0.42\{(M-W) - 58.15\} - 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M(5867 - p_a) - 0.0014 M(34 - t_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} f_{cl}\{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4\} - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a)]$$

$$\text{ahol:}$$

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M-W) - 0.155I_{cl}[3.96 \cdot$$

$$10^{-8} f_{cl}\{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4\} - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a)]$$

$$h_c = \begin{cases} 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} & \text{ha } 2.38(t - t)^{0.25} > 12.1(v_r)^{0.5} \\ 12.1(v_r)^{0.5} & \text{ha } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1(v_r)^{0.5} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 0.2I_{cl} & \text{ha } I_{cl} < 0.5 \text{ clo} \\ 1.05 + 0.1I_{cl} & \text{ha } I_{cl} > 0.5 \text{ clo} \end{cases}$$

## Jelmagyarázat:

M = metabolizmus

W = fizikai munka

$I_{cl}$  = a ruházat mennyisége (clo)

$p_a$  = a pára parciális nyomása

$f_{cl}$  = a ruházat felületi tényezője, azaz a fedetlen bőr és a ruházat alatti bőr kapcsolata

$t_{cl}$  = a ruházat felületi hőmérséklete ( $^{\circ}\text{C}$ )

$h_c$  = a konvekciós hőátadás aránya ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )

$t_r$  = sugárzó hőmérsékleti középérték ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_a$  = a levegő hőmérséklete a helyiségben ( $^{\circ}\text{C}$ )

$v_r$  = relatív légsebesség (m/s) =  $v + 0,005 (M - 58)$

$v$  = a helyiség levegőjének átlagsebessége

A VTV-mutató ismeretében kiszámítható a KÉA-mutató:  $\text{VTV} = 100 - 95 \cdot e^{-(0.03553\text{VTV}^4 + 0.02179\text{VTV}^2)}$   
A VTV mutató alapján kiszámíthatjuk a KÉA-mutatót (a kifogással élők arányát), azaz azoknak a várható számát egy nagy csoporton belül, akik az adott klímát kellemetlennek ítélik meg. Az adott környezetre vonatkozó VTV-mutató manuális kiszámítása a fenti képlet segítségével rendkívül időigényes folyamat. Sokkal egyszerűbb klíma-modellező szoftvert használni, amely a helyiség klímájának modellezése révén számolja ki a VTV-mutatót, illetve a klíma jellemzésére szolgáló egyéb értékeket. A Lindab Climate klíma-modellező szoftvere a TeknoSim kiszámítja a levegő hőmérsékletét, az üzemi hőmérsékletet és a VTV-mutatót. Fanger képlete alapján az adott klimatikus viszonyok az ott tartózkodók legfeljebb 95 %-a számára megfelelőek, azaz legalább 5 %-uk kellemetlen hőérzetről számol be (KÉA=5 % és VTV=0 a lehető legjobb hőérzetet határozza meg). A Beltéri Klímaberendezéseket Vizsgáló Svéd Intézet R1 jelű tanulmánya [8] a beltéri klímák osztályozásakor a KÉA-mutatót veszi figyelembe, amely szerint a legmagasabb osztály esetében a KÉA-mutató < 10 %, míg a legalacsonyabb osztály esetén a kifogással élők aránya 20 %.



## 2. fejezet

### 4. rész

A mennyezeti fűtés működési elveA Lindab Climate mennyezeti fűtőelemei elsősorban sugárzással adnak le hőt (a teljes fűtőteljesítmény kb. 60 %-át). Ebben a fejezetben a hősugárzással kapcsolatos alapvető tudnivalókat írjuk le.

#### Hősugárzás

A hősugárzás olyan elektromágneses sugárzás, ahol a hullámhossz kb. 9-15 mm és a felületi hőmérséklet 30-70 °C. Minél melegebb egy felület hőmérséklete, annál rövidebb a hullámhossz, illetve minél hidegebb egy felület, annál jobban megnő a hullámhossz. Ilyen hőmérséklet esetén a hősugárzás emberi szemmel nem látható. A hősugárzás csak 600-800 °C-os hőmérsékleten válik láthatóvá.

Minden olyan test sugároz hőt, amelynek a hőmérséklete az abszolút nulla foknál (-273,16 °C) magasabb. Egy test hősugárzása önmagában nem jelentős tényező. A műszaki számításoknál sokkal fontosabb a két test vagy felület közötti sugárzási energia eredő hőátadása.

#### Hőátadás sugárzással

A sugárzással történő hőátadást (eredő hőátadás) a felületek hőmérsékletkülönbsége, egymáshoz való térbeli elhelyezkedése, valamint a felületek tulajdonsága befolyásolja. Két felület közötti hőáramlást (Ps) a következő képlet segítségével lehet kiszámítani:

$$P_s = ? F_{12} A_1 (T_1^4 - T_2^4) \text{ (W)}$$

$$\text{ahol } F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{f_{12}} + \frac{1}{12} - 1 + \frac{A_1}{A_2} \frac{1}{2} - 1}$$

A példában az F12 érték a felületek egymáshoz viszonyított térbeli elhelyezkedését fejezi ki, míg az A1 és A2 érték a szögérték tényező. A szögérték tényező kiszámolható, illetve mennyezeti fűtéssel foglalkozó útmutatók diagramjaiból leolvasható. A hősugárzás kiszámításakor mindig a besugárzott területet vesszük figyelembe. Ennek megfelelően egy egyenetlen vagy bordázott felületről sugárzott energia eredő hőátadása nem lesz magasabb, mint egy sima felület esetében.

$$S = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$$

(Stefan-Boltzmann-állandó)

$e_1$  = a hőt sugárzó felület kibocsátási tényezője

$e_2$  = a befogadó felület kibocsátási tényezője

$A_1$  = a hőt sugárzó felület besugárzott területe (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = a befogadó felület besugárzott területe (m<sup>2</sup>)

$T_1$  = a hőt sugárzó felület hőmérséklete (K=Kelvin, amely T °C +273))

$T_2$  = a befogadó felület hőmérséklete (°C)

Fontos megjegyezni, hogy két felület (pl. mennyezeti fűtőelem és padló) között a sugárzáscsere a távolsággal nem szűnik meg, amennyiben a levegő, amelyen keresztül a sugárzás történik, tiszta. Ez annak tudható be, hogy a levegő csupán jelentéktelen mértékben nyeli el a sugárzást (ld. alább). Ugyanakkor a sugárzás intenzitása (egységnyi felületre jutó teljesítmény) és ennek megfelelően az átadott energia csökken, ha a felület távolabb van, ill. ha nem merőleges a sugárzásra. Ez a szögérték tényezőt is befolyásolja, így ezt az F12 együttható tartalmazza, amely függ a távolságtól, a felületek egymáshoz viszonyított térbeli elhelyezkedésétől, valamint a felületek méretétől és hőmérsékletétől. A sugárzás intenzitásának változása leginkább a Nap sugárzásával szemléltethető, amelynek intenzitása napszakonként és évszakonként is változik a távolságnak és a vetülés szögének megfelelően.

Mindig az alacsonyabb hőmérsékletű felület a befogadója a sugárzási energia eredő hőátadásának. Mennyezeti fűtés esetén a helyiség felületeire adódik át hőt. Ennek megfelelően a mennyezeti fűtőelemnél alacsonyabb hőmérsékletű felületek elnyelik a hőt, így megnő a hőmérsékletük, amely általában néhány fokkal magasabb lesz, mint a helyiség levegőjének hőmérséklete.

#### A levegő jelentősége

A levegő gyakorlatilag egyáltalán nem nyeli el a sugárzó hőt, amikor az áthalad rajta. Az olyan gázok azonban mint a széndioxid (CO<sub>2</sub>) vagy vízpára (H<sub>2</sub>O) elnyelik és kibocsátják a sugárzó hőt, míg az elemi gázok (melyek egyfajta atomból épülnek fel) pl. O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> egyáltalán nem nyelik el a sugárzó hőt. Mivel a levegő különböző gázokból áll, és a CO<sub>2</sub> (0,05 tömegszázalék), valamint a H<sub>2</sub>O (0,7 tömegszázalék) koncentrációja alacsony, míg az O<sub>2</sub> (21 tömegszázalék) és az N<sub>2</sub> (79 tömegszázalék) koncentrációja magas, a levegő nem gátolja a sugárzó hő terjedését szokásos légréteg-vastagság esetén (<20 m). Kevésbé befolyásolja a mennyezeti fűtőelem és a környező felületek közötti hőcserét, ha a levegőben szokatlanul magas a részecsk koncentráció.

## 2. fejezet

### Kibocsátási tényező

A kibocsátási tényező (?) azt határozza meg, hogy egy felület mennyi energiát sugároz egy - fekete testnek is nevezett - tökéletesen sugárzó felülettel összehasonlítva. Fekete test esetében a kibocsátási tényező értéke 1, míg minden más anyag esetében 0 és 1 között változik. Minél magasabb a kibocsátási tényező, a felület annál jobban sugározza és fogadja be a hőt. Az alábbi táblázat egyes anyagok kibocsátási tényezőjét mutatja be szokásos szobahőmérséklet esetén:

Alumínium (reventemes):	0,04
Vörösréz (fényezett):	0,03
Üveg:	0,94
Fa (bűkk)	0,94
Tégla, gipsz	0,93
Beton	0,88
Fehér lakk	0,95 (a Lindab Climate fűtőlemeinek felülete)
Matt fekete lakk	0,97

Ahogy azt a táblázat is mutatja a fémen kívül minden felület jól sugározza, illetve fogadja be a hőt.

Az értékek arra utalnak, hogy a fehér lakkozott felület csaknem ugyanolyan jó, mint a matt fekete lakkozott felület. Ez az egyik oka annak, hogy a Lindab Climate fűtőlemei alsó részének felületi kezelése fehér lakkal történik, a felső része azonban nem. A mennyezeti fűtőelem felső része oxidált alumíniumból készül, melynek önmagában magasabb a kibocsátási tényezője, mint a reventemes alumíniumnak, de sokkal alacsonyabb, mint a fehér lakknak. Ily módon a sugárzott energiát "irányítani" lehet a fűtőelem alsó része felé, ahol a legnagyobb szükség van rá. A fűtőelem szigetelése szintén hozzájárul ahhoz, hogy az energiát irányítani lehessen. Érdemes megemlíteni, hogy az üveg kibocsátási tényezője viszonylag magas; értéke egyes gyakori építési anyagokéval hasonló szinten mozog. Az üveg nem engedí át az alacsony hőmérsékletű sugárzást, ennek egy részét elnyeli (kb. 88%), másik részét pedig visszaveri (kb. 12%). A Nap sugárzását - melynek jelentősen magasabb a hőmérséklete, és ebből következően rövidebb a hullámhossza - azonban átengedi. Az üvegnek ezt a tulajdonságát fejezi ki az "üvegház-hatás" kifejezés, és ez nem csak üvegházak esetében érvényes, hanem minden olyan épületnél, amelynek nagy üvegfelületei vannak.

### Hősugárzás és hőérzet

Az emberi test hőmérséklete legtöbbször magasabb, mint a környezetéé, így bizonyos mértékű hőt ad át sugárzással. Ha a környező felületek hőmérséklete a szokásosnál magasabb - és mennyezeti fűtés esetén ez jellemző - az emberi test sugárzása csökken.

Olyan épületekben, ahol sugárzó fűtést alkalmaznak, az ott tartózkodók melegebbnek érzékelik a környezetüket, mivel azonos levegő-hőmérséklet mellett kevesebb hőt adnak át a környezetüknek, mint hagyományos fűtési rendszer esetén. Ennek köszönhetően a sugárzó fűtés lehetővé teszi a levegő hőmérsékletének csökkentését, miközben az üzemi hőmérséklet azonos marad. Legtöbb esetben a levegő hőmérséklete 1-2 °C-kal is csökkenthető (ld. [4]), anélkül, hogy a szükséges üzemi hőmérséklet változna. A hősugárzást egy helyiség vagy elnyeli vagy visszaveri. A sugárzó hő elnyelésével a felületek hőmérséklete növekszik. Szokásos építőanyagok és bútortartozat esetén a visszavert sugárzás mértéke mindössze kb. 5-10 %, ami azt jelenti, hogy a sugárzó hő nagy részét elnyelik a felületek. Ez a legfőbb oka annak, hogy egy asztal felülete alsó részének hőmérséklete néhány fokkal magasabb, mint a levegőé (ld. [1]). Minden felület, beleértve minden bútortartozatot és berendezési tárgyat, elnyeli a sugárzott hőt és hőmérséklete magasabb lesz, mint a környező levegőé. Ez azt jelenti, hogy a levegő hőmérséklet és az üzemi hőmérséklet kiegyenlítődik, még a helyiség olyan részein is, amelyet a mennyezeti fűtőelem közvetlenül nem "lát". Az [1.] forrásmunkában a levegő hőmérsékletének különbsége egy asztal alatt, illetve fölött - az adott körülményektől függően - 0 és 0,9 °C között került meghatározásra. Ebben az esetben mennyezeti fűtőelem sugárzott hőt az asztal felületére. A [2.] forrásmunkában egy iskolapad alatt, illetve mellett mérték a hőmérsékletkülönbséget, melynek maximális értéke 0,3 °C volt. A maximális sugárzó hőmérsékleti különbséget ebben az esetben 1,6 °C-ban határozták meg. Saját méréseink szerint, melyeket különböző környezeti feltételek között végeztünk, pl. napközi otthonok, irodák, iskolák és ipari létesítmények, az üzemi hőmérséklet különbsége egy asztal alatt, illetve mellett: 0,2 - 0,4 °C.

### Huzat

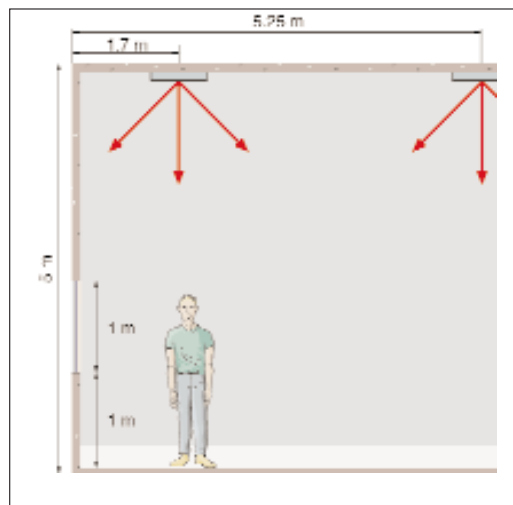
Számos tényező befolyásolja, hogy érzünk-e az ablak irányából huzatot, és ha igen, milyen mértékben. Ezek közül a legfontosabbak: az ablak U-értéke, az ablak bemélyedésének kialakítása, a szellőzés formája, a levegőbefúvó elhelyezése, a levegőbefúvó jellege, a fűtési rendszer, az ott tartózkodók ruházata és az általuk végzett tevékenység, a helyiség térbeli kialakítása, a berendezési tárgyak elhelyezése, az infiltráció és a külső hőmérséklet (ld. [5], [6], [7]). Ennek megfelelően nem elsősorban az számít, hogy a fűtőtest elhelyezése az ablak alá vagy a mennyezetre kerül-e. Huzat előfordulhat akkor is, ha olyan, hátsó levegő-befúvású elemet használnak, amelynek a vetőtávolsága rövid és a befúvott levegő hőmérséklete alacsony. Az ablak alá beépített fűtőtestek esetében rendkívül fontos tényező a bútortartozat elhelyezése pl. ha egy asztal az ablak közelébe kerül. A felfelé

## 2. fejezet

áramló levegő a fűtőtest irányából beszűrődik az asztal alá, így a huzat az asztal fölött "átbukva" a padló felé áramlik ([7]). Az ő1., [2.] és [3.] forrásmunkák az ablak belső oldalának megnövekedett felületi hőmérsékletéről számolnak be, mely annak tudható be, hogy az üveg elnyeli a hőszugárzást. Mindhárom esetben azt mutatták ki, hogy a sugárzó hő elosztása különböző módon történik az ablak felületén. Az ablak felső részén magasabb a felületi hőmérséklet, míg az alsó részen valamivel alacsonyabb. Egyes esetekben, a mérési ponttól függően 2-10 °C-os emelkedést is feljegyeztek. Fontos megjegyezni, hogy minden esetben szerepet játszott az, hogy az ablak kettős üvegezésű volt-e. Modern épületekben, ahol hármas üvegezésű ablakokat használnak, a hőmérséklet növekedés még nagyobb. Az ablakok felületi hőmérsékletének vizsgálatára irányuló saját méréseink - melyeket mennyezeti fűtőelemmel ellátott helyiségekben végeztünk - azt mutatták, hogy 0 és -5 °C-os külső hőmérséklet mellett a kettős üvegezésű ablak felületi hőmérséklete 12-17 °C, míg a hármas üvegezésű ablaké 17 -20 °C volt. A [3.] forrásmunka megállapításai szerint olyan épületekben, ahol ablakpárkányt használnak, kevésbé tapasztalható huzat az ablak irányából. Ez annak köszönhető, hogy a mennyezeti fűtőelem az ablakpárkányt is fűti, így módosítja a lefelé áramló levegő irányát, illetve az keveredik a melegebb levegővel.

### Számítási példa

A sugárzó hő transzmissziójára vonatkozó számítás szerint két felület hőmérsékletkülönbsége relatíve fontos, különösen akkor, ha a hőmérséklet Kelvin fokban kerül meghatározásra, a negyedik hatványra emelve. A számítás eredménye azt is megmutatja, hogy természetes folyamat révén több sugárzó hő áramlik a hidegebb felületekre, mint a melegebb felületekre, és ez az ideális fűtési rendszer alapja. Az alábbi diagram azt mutatja, hogyan terül szét a sugárzó hő a falakon. A mennyezeti fűtőelem és a padló közötti hőcsere a fal minden egyes deciméterére vonatkoztatva került kiszámításra a 2. fejezetben leírt képlet és a szögérték tényezőre vonatkozó képlet alapján. A példában két mennyezeti fűtőelemet vizsgáltunk: beépítésük a fallal párhuzamosan történt, a faltól mért távolságuk 1,7 m, ill. 5,25 m. A méretezés alapját az 5. fejezetben található diagram képezte, mely a mennyezeti fűtőelemek elhelyezését írja le. A példa egy hideg téli nap szokásos környezeti feltételeit veszi figyelembe. Érdekes megjegyezni, hogy a két fűtőpanel sugárzó hője a fal más-más részein érte el a maximális teljesítményt. Ez a térbeli elhelyezkedésnek tudható be, azaz a falhoz viszonyított szögérték tényező a két fűtőpanel esetében különbözött. Az is egyértelmű, hogy az ablak több sugárzó hőt fogad be, mint az ablak melletti fal. Ennek oka az - mint már korábban említettük -, hogy az ablak felülete hi-

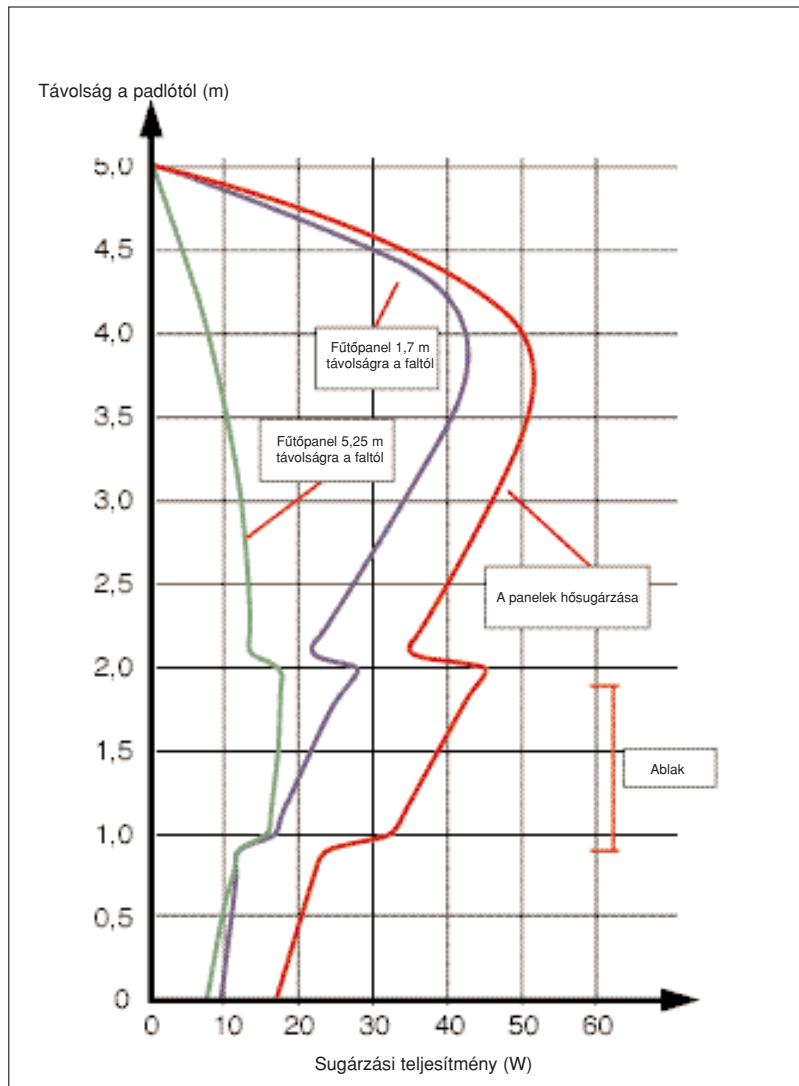


A számítási példában felhasznált helyiség

degebb, ezért több sugárzó hőt "vonz". Ez azt jelenti, hogy az ablak felületének fűtésére jelentősen több energia jut, mint abban az esetben, ha a helyiség fűtéséről csupán egy konvekciós hőforrás pl. termoventilátor gondoskodik. Az ablak felületének hőmérséklete kb. 15 °C-ra emelkedik, így a huzat kockázata nagy mértékben csökken. Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy az épületekben, helyiségekben alkalmazott mennyezeti fűtési rendszerekre a következők vonatkoznak:

- A belső felületek kibocsátási tényezője relatíve egyenlő: kb. 0,88 - 0,95.
- A mennyezet magassága nem befolyásolja a mennyezeti fűtőelemről a felületekre sugárzott hőt. A sugárzó hő transzmissziója automatikusan az alacsonyabb hőmérsékletű felületek felé irányul.
- A levegő hőmérséklete legtöbbször 1-2 °C-kal csökkenthető anélkül, hogy az üzemi hőmérséklet változna, ami annak köszönhető, hogy a fűtési rendszer a környező felületeket fűti.
- Mennyezeti fűtés esetén rendkívül alacsony a különbség a levegő hőmérséklete és az üzemi hőmérséklet között egy asztal alatt, illetve mellett. A mennyezeti fűtőpanelből sugárzott hő az ablak belső felületét fűti, így a huzat kockázatának előfordulása minimálisra csökken.

## 2. fejezet



A diagram azt mutatja, hogyan terül szét a két panelből leadott hő egy ablakkal ellátott homlokzati falon.

### A példában a következő adatokból indultunk ki:

Fal:  
 - magasság: 5 m  
 - szélesség: 10 m  
 - kibocsátási tényező: 0,9  
 - felületi hőmérséklet: 22 °C

Ablak:  
 - a padló és az ablak közötti távolság: 1 m  
 - az ablak magassága: 1 m  
 - szélesség: 10 m  
 - kibocsátási tényező: 0,94  
 - felületi hőmérséklet: 15 °C

Mennyezeti  
 fűtőelem:  
 - szélesség: 1 m  
 - hossz: 10 m  
 - kibocsátási tényező: 0,95  
 - felületi hőmérséklet: 40 °C  
 - beépítési magasság: 5

Útmutató a mennyezeti fűtéshez 20

## 3. fejezet

### Hol alkalmazható jól a mennyezeti fűtés?

A mennyezeti fűtés alkalmazási területe szélesebb körű, mint a legtöbb más fűtési rendszeré. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a mennyezeti fűtés bármilyen típusú épület fűtésére alkalmazható. Különböző fajta épületekben, pl. sportcsarnokokban, műhelyekben, ipari létesítményekben, raktárakban és bevásárló központokban használnak mennyezeti fűtést. A mennyezeti fűtés olyan épületekben is jól alkalmazható, mint a napközi otthonok, óvodák, lakóépületek, iskolák és laboratóriumok. A mennyezeti fűtőelem teljesítményének mintegy 40 %-át konvekcióval adja le, míg 60 % -át hőszugárzással. A konvekciós hő a levegőnek adódik át a mennyezetnél, így részben ellensúlyozza a tetőn keresztül történő hővesztiséget. A sugárzással leadott hő elsősorban a

a padlónak és a falaknak adódik át. Egy épület szokásos - a falakon, a mennyezeten vagy a padlón keresztül történő - hővesztése a következőképpen alakul: a hővesztés hozzávetőleges mértéke a mennyezeten keresztül 40 %, míg az épület többi része esetében 60 %. Mindez arra utal, hogy a mennyezeti fűtés, a többi előnyét is figyelembe véve, gyakorlatilag minden fajta épület esetében ideális fűtési mód. Az alábbiakban egy épület transzmissziós adatait mutatjuk be. Az eredmények visszaigazolják a hővesztésnek a fentiekben bemutatott megoszlását.

#### Bemeneti adatok

Tervezett üzemi hőmérséklet	20 °C
Évi átlaghőmérséklet	6 °C
U-érték	Mennyezet: 0,2 W/m <sup>2</sup> , °C
	Fal: 0,2 W/m <sup>2</sup> , °C
	Padló (belső): 0,3 W/m <sup>2</sup> , °C
	Ablak: 2,0 W/m <sup>2</sup> , °C
Terület	Mennyezet: 800 m <sup>2</sup>
	Falak: 600 m <sup>2</sup>
	Padló (belső): 680 m <sup>2</sup>
	Padló (külső): 120 m <sup>2</sup>
	Ablak: 30 m <sup>2</sup>
Hőmérsékleti gradiens:	0,7 °C/m
A mennyezet magassága (átlag)	5,0 m
Hossz:	40 m
Szélesség:	20 m
Az ablakos felületek aránya:	5 % (a fal területének arányában)
Belső hőm.	Tartózkodási zóna: 18 °C
	Átlag: 20 °C
	Mennyezet: 22 °C

#### Kimeneti adatok

Szükséges teljesítmény: (transzmisszió)	Mennyezet: 6640 W	38%
	Falak: 4770 W	28%
	Padló (belső): 2448 W	14%
	Padló (külső): 2448 W	7%
	Ablak: 2280 W	13%

Összesen: 17278 W 100 %

## 4. fejezet

### A mennyezeti fűtőelemek tervezési előírásai

A mennyezeti fűtőelemek tervezési és műszaki megoldásai gyártónként változnak. A mennyezeti fűtőelemekkel szemben megfogalmazott elvárások azonban egyformák csakúgy mint a hőátadást szabályozó fizikai törvények.

#### A mennyezeti fűtőelemekre vonatkozó alapvető elvárások

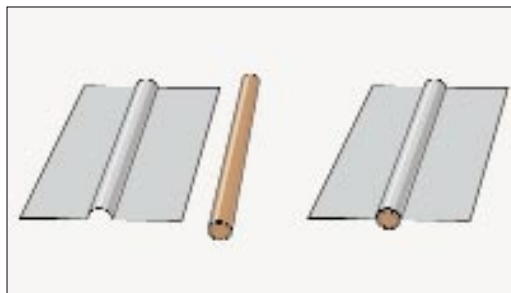
Az egyik legfontosabb követelmény, hogy a fűtőelem teljes felületén azonos legyen a hőmérséklet. Ez biztosítja az egységenkénti felületre eső maximális teljesítményt. Ha a fűtési rendszerben a víz hőmérséklete pl. 55-45 °C vagy 60-40 °C, azaz a víz átlaghőmérséklete 50 °C (55+45/2), elvárás, hogy a készülék teljes felületének hőmérséklete is elérje az 50 °C-ot. Ez azonban mind a gyakorlatban, mind elméletileg lehetetlen (ehhez tökéletes hővezetésre volna szükség), mivel a csőben lévő víz veszteséggel ad át hőt a készülék felületének. Ebből következően a cél az, hogy a hőveszteséget a lehető legkisebb mértékűre csökkentsük. Az alábbiakban azt mutatjuk be, hogyan lehet ennek a célnak leginkább megfelelni, miközben más elvárások is teljesülnek.

#### Mi jellemez egy jól tervezett mennyezeti fűtőelemet?

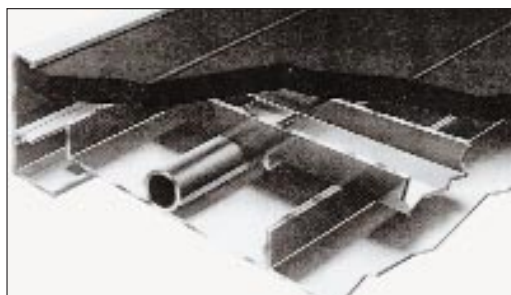
Egy mennyezeti fűtőelem minősége, működése és élettartama különböző szempontok alapján értékelhető. Ezek a következők:

1. Az alapanyag kiválasztása.
2. Mennyire hatékony a cső és a lamellák összekapcsolása.
3. A mennyezeti fűtőelem költséghatékonyasága: hőtelsítmény/költség.
4. A készülék kipróbálása mennyire alapos.
5. Egyszerű-e a készülék beépítése.
6. Rugalmasság.
7. Felületi kezelés.
8. A termék szerkezete.

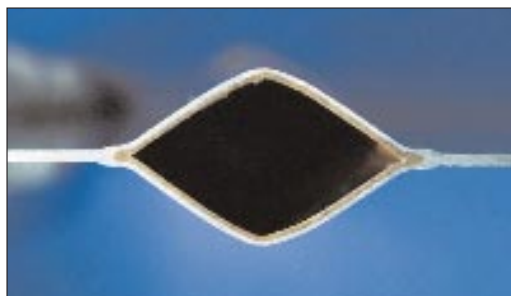
Minden, vizes fűtőközegezes mennyezeti fűtőelem működési elve azonos. A készülék alapvetően egy, a vizet szállító csőből, valamint egy sugárzó felületből áll. A csövet úgy kell összekötni a lamellákkal, hogy a víz hője a cső falán keresztül átadódjon a lamellákra. Lásd 1. diagram. A lamellák hőmérséklete megemelkedik, és a készülék hőt kezd sugározni. Annak érdekében, hogy a készülék leadja a szükséges teljesítményt az épületben, a fűtőelem felső részét szigeteléssel látták el, így nem adódik át feleslegesen hő a mennyezeti résznek.



1. diagram - a mennyezeti fűtőelem legfontosabb alkotóelemei.



2. diagram - a cső összekötése az alumínium lemezzel.



3. diagram - a fűtőelem csővének keresztmetszete. A vörösréz cső és az alumínium lamella között fémes kötés jön létre - a Lindab Climate világszabadalma.

### 1. Az alapanyag kiválasztása

Az alapanyag kiválasztása döntő fontossággal bír a leadott teljesítmény és a termék élettartama szempontjából. Skandináviában manapság kizárólag alumíniumot használnak a lamella alapanyagaként. Ennek oka, hogy az alumínium jól vezeti a hőt és a készülék tömege kisebb. A cső alapanyagául acélt vagy rezet használnak. A vörösréz használatának számos előnye van:

- A korrózió kockázata lényegesen kisebb, mint acél cső esetén.
- A termék tömege csökken, míg az anyag tágulásának mértéke azonos (ld. következő oldal).
- Vörösréz használata esetén a beépítés jóval egyszerűbb.

## 4. fejezet

### 2. A cső és a lamellák összekötése

Miután az alapanyag kiválasztása megtörtént, a csövet és a lamellákat úgy kell összekötni, hogy a két alkatrész között lehető legjobb érintkezés/kapcsolat jöjjön létre. A cső és a lamellák összekötésének minősége nagyban befolyásolja a hőszigetelés működését. Jelenleg három módszert alkalmaznak a kötés létrehozására:

1. A két felületet különböző módszerekkel összecsavazzák, hegesztik, -szorítják vagy -csíptetik. Lásd az 1. diagramot az előző oldalon.
2. Egy szabványos rézcsövet egy alumínium profilba illesztnek, így a cső és lamella egységet képez. A csövet ezután a profilba hengerelik, hogy a két anyag között jó érintkezés jöjjön létre. Lásd a 2. diagramot az előző oldalon.
3. Ebben az esetben a rézcsövet és az alumínium lamellát különlegesen magas nyomás alatt (kb. 50 tonna) alatt hengerelik annak érdekében, hogy a két anyag egységet képezzen. A rézcsövet ezután felfűjják és rombusz alakot vesz fel. Lásd a 3. diagramot az előző oldalon.

Az első két módszer esetében a cső és a lamellák összekötése teljesen mechanikus. Könnyen belátható, hogy a mechanikusan létrehozott kötés nem tesz lehetővé optimális hőátadást. Számos kísérlet bizonyítja (ld. 014), hogy ez a megoldás jelentős teljesítmény-csökkenést okoz, különösen hosszú ideig tartó használat után. A harmadik megoldás fémes kötést hoz létre (a molekuláris kötés révén a két anyag részlegesen összeolvad).

Ha össze akarjuk hasonlítani a különböző módszerek minőségét, azt mondhatjuk, hogy a második és a harmadik módszer jó megoldás, ha megfelelően használják őket. Az első módszer sokkal rosszabb a másik kettőnél, aminek számos oka van. Ezek közül a legfontosabb az, hogy a különböző anyagok hőtágulása nem azonos. Az alumínium és az acél hőtágulásának különbsége sokkal nagyobb, mint az alumínium és a vörösréz hőtágulásának különbsége. Ennek eredményeként az alumínium lemez "felemelkedik" a rézcsőről, és a cső, illetve a lamellák kötése egyenetlenné válik, ami a készülék fűtőteljesítményének csökkenéséhez vezet. Ezen felül az ilyen megoldások alkalmazása esetén sokkal nagyobb gondosságot igényel a készülék a gyártás során, szállításkor és összeszereléskor, hiszen a cső és a lamellák kötése meggyengülhet.

A fémes kötés (a 3. módszer) nyújtja a legtöbb előnyt. A hőtágulás teljesen egyforma, a korrózió veszélye minimális, és a cső, illetve a lamella kötése nem lazulhat meg gyártáskor, szállításkor vagy összeszereléskor.

#### **Egyes anyagok hőtágulási együtthatója**

Alumínium	24
Vörösréz	16
Acél	12

A fenti adatok azt mutatják, hogy műszakilag helytelen megoldás különböző fémeket mechanikusan összekötni, mivel ez a készülék teljesítmény-csökkenéséhez vezet - feltételezve azt, hogy a cső és a lamella közötti pontszerű kapcsolatok száma nem végtelen. Ha a kötés létrehozásakor a pontszerű kapcsolatok között túl nagy a távolság, az alumínium lemez (a sugárzó felület) felemelkedik a rézcsőről, amely teljesítmény-csökkenést okoz. Az acélcső és az alumínium lemez mechanikus összekötése eredményezi a legrosszabb hővezetést.

#### **Példa**

Feltételek: Acélcső és alumínium lamella mechanikus összekötése méterenként egy pontszerű kapcsolattal.

A víz hőmérséklete:	80/60 °C
Helyiség:	20 °C

Eredmény: Az alumínium lamella 0,6 mm-rel megemelkedik az acélcsőről, azaz az érintkezés csak az összekötési pontoknál marad meg, így hatékony hőátadás is kizárólag itt történik.

#### **Elektrokémiai korrózió**

Ez a probléma elsősorban a hűtőpanellel történő hűtés esetében fontos, amikor az év bizonyos szakaszaiban megnő a cseppkiválás kockázata. Ugyanakkor fűtés esetén is tanácsos figyelembe venni, különösen akkor, ha az épületben magas a páratartalom vagy ha a készülékeket lemosják. A kockázat mértékét a következő oldalon található táblázat szemlélteti.

## 4. fejezet

Standard potenciál értékek standard hidrogénelektrodhoz viszonyítva	Elektrodpotenciál értékek 3 % koncentrációjú NaCl esetében standard hidrogénelektrodhoz viszo- nyítva		
Pt/Pt <sup>2+</sup>	+1.20V	+0.57(Pt/PtO)	Pt +0.47V
Ag/Ag <sup>+</sup>	+0.80V	+0.22(Ag/AgCl)	Ti +0.37V
Cu/Cu <sup>2+</sup>	+0.34V	+0.05(Cu/Cu <sub>2</sub> O)	Ag +0.30V
H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	±0.00V	-0.414(H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O)	Cu +0.04V
Pb/Pb <sup>2+</sup>	-0.13V	-0.27(Pb/PbCl <sub>2</sub> )	Ni -0.03V
Ni/Ni <sup>2+</sup>	-0.25V	-0.30(Ni/NiO)	Pb -0.27V
Fe/Fe <sup>2+</sup>	-0.44V	-0.46(Fe/FeO)	Fe -0.40V
Zn/Zn <sup>2+</sup>	-0.76V	-0.83(Zn/ZnO)	Al -0.53V
Ti/Ti <sup>2+</sup>	-1.63V	-0.50(Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> )	Zn -0.76V
Al/Al <sup>3+</sup>	-1.67V	-1.90(Al/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	

Egyes fémek standard potenciálja (elektrokémiai feszültség értéke) és elektrodpotenciálja

Az elektrokémiai korrózió különböző elektrodpotenciálú fémek érintkezésekor fordul elő. A következő folyamat zajlik le: az alumínium-hidroxid (melynek megjelenési formája a lisztre emlékeztet) lerakódik a cső melletti alumíniumra. Ez a réteg megakadályozza a hő hatékony átadását a csőről a lamellára (a sugárzó felületre), amely a mennyezeti fűtőelem teljesítmény-csökkenéséhez vezet. Ez a folyamat akkor következik be, ha a pára behatol a két különböző fém közé.

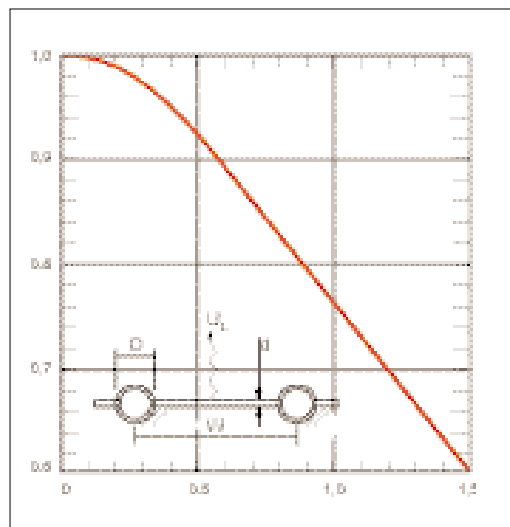
A táblázat egyértelműen megmutatja, hogy mindenképpen kerülendő a réz és az alumínium mechanikus összekötése, és nem ajánlott acél és alumínium között sem. Olyan épületeknél, ahol bizonyos időszakban magas páratartalom várható, illetve olyan esetekben, ahol higiéniai megfontolásból vízzel tisztítják a készülékeket, kerülendő a mechanikus kötással készült termékek használata (1. módszer). Ha a pára behatol a rézcső/acélcső és az alumínium közé, megnő az elektrokémiai korrózió veszélye.

### 3. A mennyezeti fűtőelem optimalizálása

A "lamella hatékonysága" azt mutatja meg, hogy mennyire jó a hőátadás a cső és a lamella között, valamint azt, hogy a lamella mennyire jól vezeti a hőt. A lamella hatékonysága olyan mérőszám, melyet a következőképpen határozhatunk meg: a lamella felületén nem egyenletesen leadott teljesítmény következtében fellépő hőátadási veszteség.

A lamella hatékonysága elméletben kiszámítható. Ez lehetővé teszi a lamella vastagságának, a csövek közötti távolságnak, valamint az alkotóelemek és a cső átmérőjének optimalizálását. Figyelem! A diagram kizárólag a cső és a lamella közötti tökéletes (homogén) érintkezés esetén érvényes.

Útmutató a mennyezeti fűtéshez 24



A lamella hatékonysága a cső és a lamella közötti homogén érintkezés esetében.

#### Jelmagyarázat:

- D: a cső külső átmérője
- d: a lamella vastagsága
- w: a csövek közötti távolság
- UL: teljes hőleadás egységnyi felületen  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  - kb. 11, felfüggesztéssel történő beépítés esetén
- k: Hővezető képesség (a hővezetőképeség együtthatója)

A képlet alapján egyértelmű, hogy a lamella hatékonyságának növeléséhez a következők szükségesek:

1. Jó hővezetőképeségű alapanyag használata
2. Vastagabb lamellák
3. A cső átmérőjének növelése. (Ugyanakkor a lamella hatékonysága mérőszám nem veszi figyelembe azt, hogy a cső átmérőjének növelésével csökken a Reynolds-szám és megnő annak a kockázata, hogy az áramlás laminárisra válik, amely jelentősen rontja a hő átadását a víz és a cső fala között.)
4. A csövek egymástól való távolságának csökkentése.



## 4. fejezet

### Hővezető képesség

Az előző rész 1. pontjában felvetett kérdés megválaszolásához ismerni kell a szóba jöhető fémek hővezető képességét.

Anyag	Hővezető képesség (W/m K)
Alumínium	218
Vörösréz	385
Acél	84
Ezüst	420
Arany	300
Ón	65
Nikkel	88

A felsorolt fémek közül több kizárható a költségek miatt. A lamella alapanyagaként szóba jöhető fémek, mint már korábban említettük, az alumínium, a vörösréz és az acél. Az alábbi táblázatból kiderül, hogy miért az alumínium került kiválasztásra.

Anyag/ tulajdonság	Költség	Tömeg	Szilárdság
Alumínium	1 SEK*	1 kg*	1 N/m <sup>2</sup>
Vörösréz	2 SEK	2 kg	0,6 N/m <sup>2</sup>
Acél	1 SEK*	4 kg*	6 N/m <sup>2</sup>

\*) Mérésár: Al = 1. A táblázat azonos lamella hatékonyságra vonatkozik, azaz a lamellák vastagsága nem azonos.

Az alumínium használatának másik oka, hogy rendkívül jól ellenáll a külső korrózióknak.

### Néhány példa:

Mennyiben befolyásolja a lamella vastagságát, ha alumínium helyett rézet vagy acélt használunk, illetve a lamella hatékonysága állandó marad-e? Vörösréz: Azonos fokú hatékonyság eléréséhez gyakorlatilag elegendő az alumínium lamella vastagságának a fele.

Acél: A lamella vastagságát 2,5-szeresére kell növelni. A csövek közötti távolság a csövek közötti távolság befolyásolja a készülék fűtőteljesítményét. Minél közelebb vannak egymáshoz a csövek, annál egyenletesebb a felületi hőmérséklet, azaz annál nagyobb a teljesítmény; vagy ha úgy tetszik, a nagyobb teljesítményhez kisebb fűtőfelületet szükséges az épületben elhelyezni. Másiként fogalmazva, az ideális megoldás az volna, ha fűtőcsöveket építenénk be a mennyezetbe. Ez azonban nem gazdaságos az anyag- és a beépítési költségek miatt. Ehelyett ki kell számítani a csövek optimális távolságát úgy, hogy ne veszítsünk túl sok fűtőenergiát.

### 4. Mennyire alapos a készülékek minőségvizsgálata

Ha egy termék vizsgálatát független minőségellenőrző intézet végzi, biztosak lehetünk abban, hogy megbízható adatokat kapunk annak minőségéről és élettartamáról. A Lindab Climate termékeit sokszor vizsgálták szélsőséges körülmények között, melyek közül az alábbiakban kiemelünk néhányat:

1. A készülékeket tíz éven át tartották a szabadban, bármiféle védelem nélkül (napkollektorként) a korrózió kockázata mértékének megállapítása érdekében.
2. Hőtágulási vizsgálatok. A készülék felületeit számos alkalommal 200 °C fölötti hőmérsékletnek tették ki, majd 10 °C-os hőmérsékletű víz alkalmazásával ellenőrizték, hogy a rézcső és az alumínium lamella hőtágulása befolyásolja-e a készülék működését.
3. Nyomáspróba. A készülékeket 5000 körben vetették alá nyomáspróbának 10-12 bar nyomással, hogy ellenőrizzék az anyagok fáradását, valamint a repedésképződést.

A két utolsó vizsgálatot a Svéd Országos Anyagvizsgáló Intézetben végezték. Egyetlen esetben sem mutattak ki minőségi hiányosságot a termékre vonatkozóan.

Ha olyan terméket gyártunk, melynek tömege kicsi,

### 5. Egyszerű beépítés

ám kivétele mégis tartós, az összköltségeink (a termék ára + beépítési költség) alacsonyabbak lesznek, mint bármely más megoldás esetén. Az alapanyag kiválasztása, mint már említettük, döntő fontosságú a jó eredmény elérése érdekében, ugyanakkor a termék szerkezete és felépítése szintén fontos tényező. A kis tömeg előnye abban is megmutatkozik, hogy kevésbé terheli meg a mennyezetet.

### 6. Rugalmasság

A rugalmasság alatt azt értjük, hogy a termék képes alkalmazkodni az épület megváltozott körülményeihez. A rugalmasság az ingatlanok tulajdonosai számára fontos tényező, akik az épületet - annak élettartama alatt - számos bérlónek adják ki, illetve megváltoztatják az épület kialakítását. A klímarendszerek nem szabad korlátoznia azt, hogy milyen tevékenység folyik az épületben. Ha az épületet korábban raktárként használták, a klímarendszer nem lehet akadálya annak, hogy a későbbiekben termelő ipari tevékenységnek adjon otthont, ahol pl. a gépeket a padlóra kell rögzíteni. Olyan fűtőelemeket érdemes használni, amelyek elhelyezését könnyű megváltoztatni a mennyezetben, illetve át lehet telepíteni olyan helyszínekre, ahol nagyobb szükség van rájuk. Mindennek előfeltétele, hogy az előre gyártott egységek könnyen csatlakoztathatók és összekapcsolhatók legyenek.

Útmutató a mennyezeti fűtéshez 25

## 4. fejezet

---

### 7. A felület kialakítása

A felület kialakítását illetően alapvető fontosságú a felület kezelésének módja. Az automatizált gyártás, a gondos előkészítő munka és az égetőkemencében zománcozott felület kifogástalan minőségű kialakítást tesz lehetővé.

### 8. A termék szerkezete

A kívánt teljesítmény eléréséhez a mennyezeti fűtőelem felületeinek simának kell lenniük a nem tervezett légmozgások (konvekció) elkerülése érdekében. A kényelem és az üzemeltetési költségek szempontjából fontos, hogy a sugárzással leadott hő mértéke maximális legyen, mivel az elvárt teljesítmény így érhető el. A fűtőelem felső részén lévő szigetelés biztosítja, hogy a fűtőtömeg az elem alsó részére összpontosuljon.

#### **Kizárólag alumíniumból készült termékek**

Nem gyakoriak az olyan termékek, ahol a cső is és a lamella is alumíniumból készül. Ennek az az oka, hogy a korrózió veszélye jelentős, ha alumínium csőben vezet a víz. Elsősorban lyukkorrózió fordul elő, és rendkívül gyorsan bekövetkezik, ha a vizet alumínium csőben vezetik. Szivárgással napokon belül számolni kell.

Az ilyen fajta korrózió elkerülése érdekében inhibitorokat adnak a vízhez, ami különböző, a korrózió folyamatát lassító vegyi anyagokat takar. Az inhibitorokkal az a probléma, hogy folyamatosan felhasználódnak, ezért pótlásukról gondoskodni kell a korrózió veszélyének elkerülése érdekében. Ha az inhibitor tartalom túlságosan alacsony, abból több kár származik, mint haszon, azaz felgyorsul a korrózió folyamata.

## 5. fejezet

### A mennyezeti fűtőelem elhelyezése

Az elhelyezésre vonatkozó általános szabály az, hogy a fűtőelemeket a lehető legegyszerűbben kell elosztani az épületben vagy a helyiségben. Ezen kívül: a panelek elhelyezésénél figyelembe kell venni a környező felületek hőveszteségét, azaz a hőkibocsátó felületek túlnyomó részének a homlokzati falak vagy az ablakok közelébe kell kerülnie a hőveszteség elkerülése érdekében, valamint azért, hogy az ablak fűtésével ellensúlyozni lehessen a huzatot.

A szellőző rendszer kiválasztásakor, ill. a légbe-fűtőelemek elhelyezésekor figyelmen kívül hagyható a mennyezeti fűtési rendszer. A mennyezeti fűtés önmagában nem okoz légmozgást. A [10.] és [11.] forrásmunkák szerzői azt vizsgálták, hogy milyen légmozgások tapasztalhatók egy olyan helyiségben, ahol mennyezeti fűtést használnak. Csak a hideg külső falak közelében mértek 0,03 m/s-ot meghaladó légsebességet. A légsebesség szokásos mértéke bármely helyiségben 0,1-0,2 m/s, melyet az ott lévő emberek és nagy hőmérsékletű berendezések révén keletkező konvekciós légmozgás okoz.

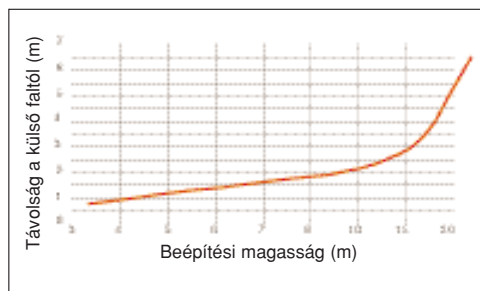
Az alábbiakban útmutatást adunk a fűtőpanelek ideális elhelyezéséhez, noha különböző akadályozó tényezők miatt a valóságban ez rendszerint nem megoldható. Legtöbbször fődémgerendák vagy más szerkezeti elemek, világítótestek vagy egyéb berendezések akadályozzák az elhelyezést. Továbbá költségeket takaríthatunk meg a csövek beépítésekor, ha a panelek elosztásának egyszerűsítésére törekszünk, nem pedig azok ideális elhelyezésére. Fontos megjegyezni, hogy az alábbi útmutatóban szereplő értékek javasolt értékek. Ha a javasolt értékeket nem lehetséges betartani és az eltérés nagy mértékű, kérjük, lépjen kapcsolatba a szakembereinkkel, hogy az esetleges problémák elkerülhetők legyenek. Ha az eltérések nem jelentősek, a legtöbb esetben a végeredmény megfelelő lesz. Ha nem is sikerül a javasolt elosztást megvalósítani, a kis különbségek nem fogják befolyásolni a helyiségben tartózkodók hőérzetét.

A kellően egyenletes hőelosztás biztosítható, ha figyelembe vesszük a következő alapszabályokat. Olyan külső falak esetében, melyeken nincsenek ablakok, a falhoz legközelebb lévő paneleket az alábbiak szerint szükséges elhelyezni:

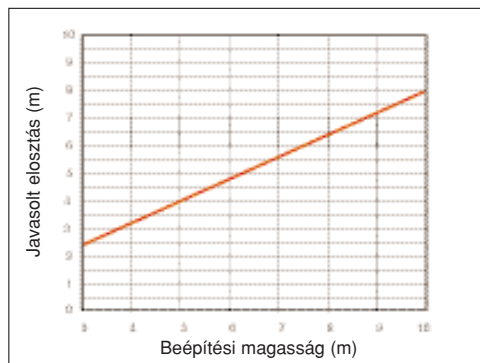
Különböző magasságú mennyezetek esetén a külső faltól való távolságot úgy kell kiszámítani, hogy a sugárzó hő kb. 60-70 %-a a külső fal felé irányuljon, míg kb. 30-40 %-a a padló felé, ami legtöbbször megfelel a külső fal mentén valamint a padló külső és belső zónájában előforduló hőveszteség arányának, így ezt a mennyezeti fűtőpanelek/fűtőszalagok ellensúlyozzák. A paneleket, ill. szalagokat általában nem szükséges elfordítani ahhoz, hogy a sugárzást pl. a külső fal felé irányítsuk. Az alábbiakban felsoroltak abban az esetben érvényesek, ha a mennyezeti fűtőelemek közötti távolság szokásos mértékű.

**Elhelyezés olyan külső falak esetében, melyeken vannak ablakok:** ha a külső falban szabványos méretű vagy nagy üvegfelületek találhatók, a panelek elhelyezése történhet közelebb a falhoz. A fűtőhatást úgy kell koncentrálni, hogy csökkenjen a huzat előfordulásának kockázata, valamint, hogy biztosítani lehessen a szükséges üzemi hőmérsékletet. Kisebb ablakok esetében legtöbbször elhagyható a koncentráció. Ilyen esetekben nehéz "sorvezetőt" adni, mivel az ablakok mérete és az épületek formája mindig más és más.

**A panelek/szalagok közötti távolságot az alábbi diagramok mutatják.** A panelek/szalagok között javasolt távolság értékei különböző beépítési magasságokra vonatkoznak. A javasolt értékek betartásakor a hőszugárzás azonos mértékű a fűtőelemek között, illetve közvetlenül alattuk, azaz a sugárzó hő elosztása a lehető legegyszerűsebb módon történik.



A külső (ablak nélküli) falhoz legközelebb lévő mennyezeti fűtőelemek közötti távolság javasolt mértéke



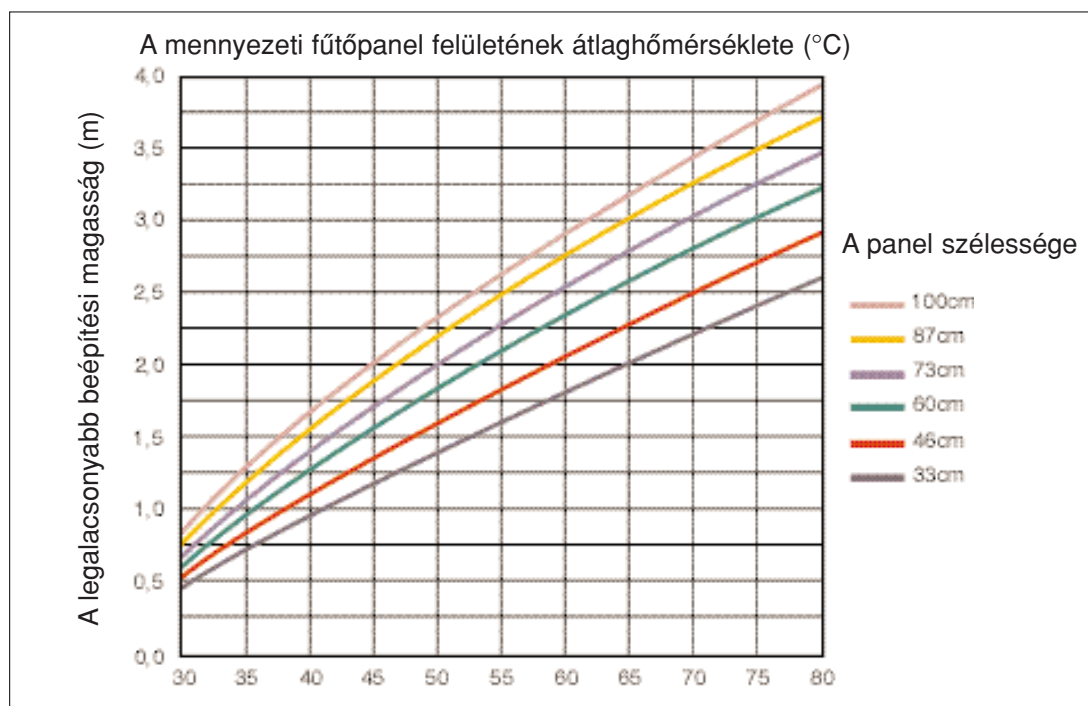
Mennyezeti fűtőpanelek közötti javasolt távolság.

## 6. fejezet

### Hőmérséklet és a szükséges beépítési magasság

A mennyezeti fűtőelemek felületeinek hőmérséklete, azaz a fűtőrendszer hőmérséklete egyaránt befolyásolja a teljesítmény kibocsátást (ld. 7. fejezet) és a hőérzetet. Gyakran felteszik azt a kérdést, hogy meleg lesz-e fejmagasságban. Ebben a fejezetben azt tárgyaljuk, hogy a mennyezeti fűtőelemek hőmérséklete és a beépítési magasság mennyiben befolyásolja a hőérzetet. A hőmérsékletet befolyásoló, illetve általa befolyásolt tényezők a következők: az épületben található berendezések és hőforrások, a mennyezeti panelek elhelyezése és mérete, a sugárzó hőmérsékleti asszimetria és az üzemi hőmérséklet. Ebből a szempontból fontos megjegyezni, hogy magasabb mennyezet esetén sincs szükség a fűtési rendszer hőmérsékletét növelni. Ennek magyarázatát a 2. fejezetben írtuk le. Csakúgy mint hagyományos fűtési rendszerek esetében, miután kiválasztottuk a szükséges hőmérsékletet, meghatározzuk a mennyezeti fűtőelemek méretét és számát, amelyek elegendőek a méretezett fűtőtéljesítmény biztosításához (lásd 7. fejezet).

A panelek méretét és számát az épületen belüli elosztásuk alapján kell meghatározni (lásd 5. fejezet). Ezenfelül ellenőrizni kell, hogy a sugárzó hőmérsékleti asszimetria és a közvetlen üzemi hőmérséklet megfelel-e az előírt értékeknek. Miután a szükséges fűtőtéljesítmény alapján meghatároztuk a mennyezeti panelek egymástól való távolságát, valamint figyelembe vettük az épület geometriáját és az ott található berendezési tárgyakat, ellenőriznünk kell a sugárzó hőmérsékleti asszimetriát (SHA). A sugárzó hőmérsékleti asszimetria a síkfelületi sugárzási hőmérséklet különbségét jelzi egy apró, sík felület két oldalán (lásd még 1. fejezet). A síkfelületi sugárzási hőmérséklet meghatározása a felületi hőmérséklet és a szögérték tényező segítségével, illetve sugárzó hőmérővel történik. Az SHA mérése mérőszék segítségével történik, melyet 0,6 m-es magasságban helyeznek el az ülő helyzet modellezéséhez, és 1,1 m magasságban az álló helyzet modellezéséhez. A Beltéri Klímaberendezéseket Vizsgáló Svéd Intézet valamint a 7730 sz. szabvány alapján az SHA érték nem haladhatja meg az 5 °C-ot.

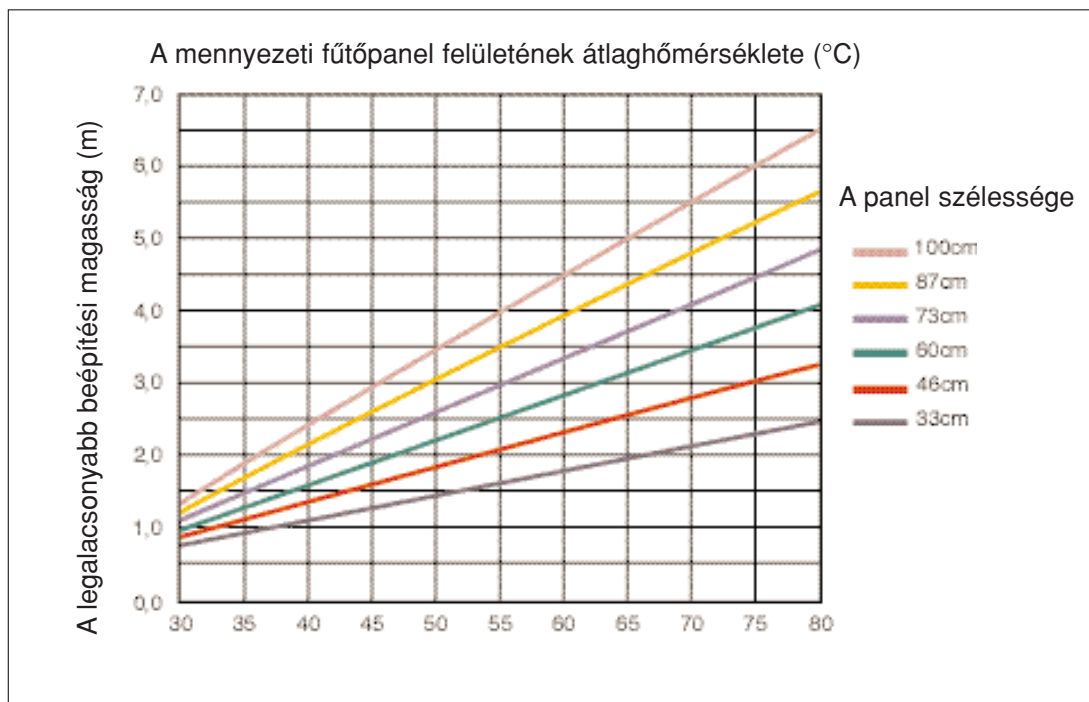


A mennyezeti fűtőelemek legalacsonyabb beépítési magassága. A sugárzó hőmérsékleti asszimetria 5 °C. A mennyezeti fűtőelem hossza 3,6 m.

## 6. fejezet

Az SHA kiszámításakor közvetlenül a mennyezeti fűtőelem alatti értéket vesszük figyelembe. Az SHA függ a beépítési magasságtól, a mennyezeti fűtőelem felületi hőmérsékletétől és méretétől, valamint a környező felületek hőmérsékletétől is. A hosszadalmas számítások elvégzése helyett használhatjuk az alábbi diagramot is, amely meghatározza a legalacsonyabb beépítési magasságnak azt az értékét, amely lehetővé teszi, hogy az SHA ne lépje túl az 5 °C-ot. A görbék a fűtőpanelek szélességét jelzik. Az egyes diagramok különböző szélességű panelekre vonatkoznak (3,6 m és 10 m). A görbék alkalmazhatóságának előfeltétele, hogy valamennyi környező felület hőmérséklete azonos legyen. A valóságban ez azonban ritkán fordul elő. Az SHA legtöbbször kedvezőbb értéket mutat, mivel szinte minden esetben van egy vagy több ablak, és mennyezeti fűtés alkalmazásakor a padló legtöbbször melegebb, mint a környező falak. Ez azt jelenti, hogy az SHA csökken, mivel az ablakok a mérési sík fölött vannak, így ellensúlyozzák a mennyezeti fűtőpanelek magas hőmérsékletét. A padló szintén hozzájárul a síkfelületi sugárzási hőmérséklet emelkedéséhez a mérési sík alatt, ami csökkenti az SHA-t. A két tényező együttes hatásaként az SHA kisebb lesz, mint 5 °C, ha a mennyezeti fűtőelemek beépítési magassága megfelel a diagramon jelzett értékeknek. Fontos megjegyezni, hogy a példában tervezési fűtési hőmérsékletéről van szó,

amely statisztikailag csak évente néhány napon fordul elő. Mennyezeti fűtés használatakor az év túlnyomó részében az SHA kisebb, mint 5 °C. Összefoglalásképpen azt mondhatjuk, hogy minél kisebb a panelek felülete (rövidebb és/vagy keskenyebb), annál alacsonyabba építhetők be anélkül, hogy a sugárzó hőmérsékleti asszimetria meghaladná az előírt értéket. Az [1.] forrásmunka a bőr hőmérsékletének méréséhez 15 ember hőérzetét vizsgálta egy, mennyezeti fűtéssel ellátott helyiségben. Összegzésként megállapíthatjuk, hogy a bőr hőmérséklete a fejen, illetve a test többi részén szokásos mértékű eltéréseket mutatott. Ami a hőérzetet illeti, apró eltéréseket tapasztaltak a fejre és a lábra vonatkozóan. Ezek az eltérések azonban semmivel sem jelentősebbek, mint más fűtési rendszerek esetében. Saját méréseink szerint a sugárzó hőmérsékleti asszimetria értéke 1,0 és 5,5 °C között váltakozott különböző típusú épületekben, mint például iskolák, napközi otthonok, autójavító műhelyek, irodák és ipari létesítmények. Legtöbbször 2-3 °C-os értéket mértünk. A legmagasabb érték (5,5 °C) egy műhelyben fordult elő, ahol az ajtót gyakran kinyitották, és emiatt a padló hőmérséklete alacsonyabb volt.



A mennyezeti fűtőelemek legalacsonyabb beépítési magassága. A sugárzó hőmérsékleti asszimetria 5 °C. A mennyezeti fűtőelem hossza > 10 m.

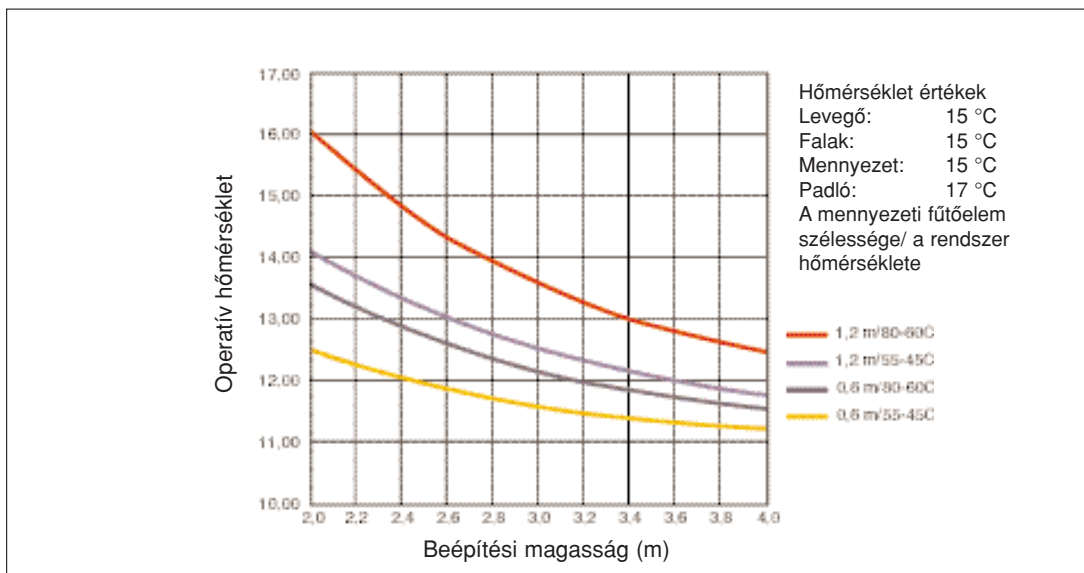
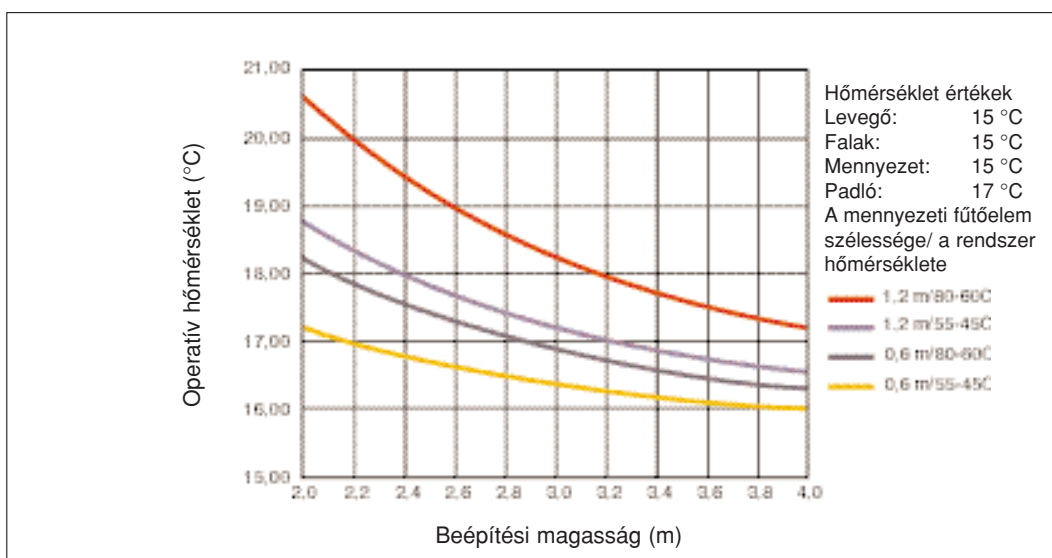
## 6. fejezet

### Zónafűtés

A mennyezeti fűtés különösen előnyös, ha az épületben csupán egy rész vagy egy zóna fűtésére van szükség. Az épület egészében alacsonyabb lehet a levegő hőmérséklete, miközben az üzemi hőmérséklet magasabb ott, ahol munka vagy egyéb tevékenység folyik. A mennyezeti fűtőelemek magasabb hőmérsékletének és a sugárzással fűtött padlónak köszönhetően az üzemi hőmérséklet jóval magasabb lehet, mint a levegő hőmérséklete.

Az alábbi diagramok az üzemi hőmérsékletet mutatják a beépítési magasság függvényében. A példákban a levegő hőmérséklete 10 és 15 °C. A falak és a mennyezet hőmérsékletét azonosnak tekintjük a levegő hőmérsékletével, míg a padló hőmérséklete kb. 2 °C-kal magasabb, mint a levegőé. A különböző görbék a panelek szélességét jelzik (0,6 m, ill. 1,2 m). A rendszer hőmérséklete 55/45, illetve 80/60 °C.

### 4. rész



## 7. fejezet

### Teljesítmény és energia

A méretezési fűtőteljesítmény-igény kiszámításakor, mint már korábban említettük, a következőket kell figyelembe venni: az épület különböző részeit a területre és a hőtranszmisszióra vonatkozóan, az  $U_p$ -értéket és az  $U_{átlag}$ -értéket. Ez legtöbbször a vonatkozó, BBR 94 jelű építési előírásnak, a hőszigetelésre vonatkozó (Boverket) előírásnak, valamint a Svéd Szabványnak (SS 02 42 02 és SS 02 42 30) megfelelően történik.

A méretezési külső hőmérséklet (MKH) meghatározásakor az SS 02 43 10 jelű Svéd Szabványban leírt eljárást kell követni a fűtési rendszer túlméretezésének elkerülése érdekében. A módszer a helyiség/épület egyedi időállandójának, azaz hőtárolási képességének figyelembevételén alapul, melynek segítségével kiszámíthatjuk az egyes épületek/ helyiségekre vonatkozó MKH-t.

Olyan új épület esetében, ahol mennyezeti fűtési rendszert használnak, a fűtőteljesítmény-szükséglet kiszámításakor legtöbbször az átlagértéknél 1-2 fokkal alacsonyabb hőmérséklettel számolhatunk. Az ilyen mértékű csökkentést azonban csupán a gyakorlat támasztja alá, ezért a tervezés során minden esetben ellenőrizni kell az épület érzékeny részeit, különös tekintettel az üzemi hőmérsékletre és más, hőmérséklettől függő, előírt klimatikus tényezőkre.

Mint az már a korábbiakban említettük, a hőmérséklet csökkentését az teszi lehetővé, hogy a mennyezeti fűtőelemek a környező felületeket fűtik, pl. a padlót, a falakat és a berendezési tárgyakat. Az emberi test így kevesebb hőt sugároz, ezért megfelelő hőérzet biztosítható abban az esetben is, ha a helyiség hőmérsékletét a környező felületek átlaghőmérséklet növekedésének arányában csökkentjük. Mindez akkor érvényes, ha az egyéb klimatikus tényezők kiegyensúlyozottsága biztosított és a légsebesség nem haladja meg a 0,15 m/s-ot.

Ha a helyiségben hóforrás kezd működni és a hőmérséklet a külső hőmérséklet fölé emelkedik, a meleg és a hideg levegő eltérő sűrűségének következtében hőmérsékleti gradiens alakul ki. A gradiens nem azonos mértékű mindenütt és nem is feltétlenül lineáris, különösképpen a padló, a mennyezet és a külső falak közelében. A helyiség többi részében a gradiens gyakorlatilag lineáris. A hőmérsékleti gradiens mértéke függ attól, hogy a helyiség melyik részében alakul ki, valamint a helyiség felületeinek hőmérsékletétől, a helyiség méretétől, a fűtőelemek számától és elhelyezésétől, a természetes légmozgástól, a berendezési tárgytól és a helyiségben folyó tevékenységtől (ld. [12]). A fentiek alapján belátható, hogy számos tényező - ha kis mértékben is, de - befolyásolja a hőmérsékleti gradienst.

$$P_{\text{mérés}} = P_t + P_{\text{ov}} + P_v$$

Ahol  $P_t$  = A transzmisszióhoz szükséges teljesítmény.

$P_{\text{ov}}$  = A természetes légmozgás miatt szükséges teljesítmény.

$P_v$  = A szellőzés miatt szükséges teljesítmény.

A számítások elvégzésekor legtöbbször nem vesszük figyelembe a helyiségben vagy az épületben magában létrejött és ott bevitt teljesítményt, ha az nem tekinthető állandó hóforrásnak. A transzmisszióhoz szükséges teljesítményt a következők alapján számítjuk ki:

$$P_t = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot \Delta t_i$$

$A_i$  = Az épület egyes részeinek területe ( $\text{m}^2$ )

$U_i$  = Az épület egyes részeire vonatkozó  $U_p$  érték ( $\text{W}/\text{m}^2/^\circ\text{C}$ )

$\Delta t_i$  = Az épület egyes részeire vonatkozó hőmérsékletkülönbség, különös tekintettel az épület egyes részeire vonatkozó hőmérsékleti gradiens kiszámítására. Alacsony mennyezeti magasság esetén (kb. 2,5-3,5 m) a hőmérsékleti gradiens figyelmen kívül hagyható.

A természetes légmozgás miatt szükséges teljesítmény ( $P_{\text{ov}}$ ) általában a következő értékek szerint alakul:

- Régebbi lakóépületek: 0,4 - 0,6 yield/h

- Újabb lakóépületek: 0,2 - 0,4 yield/h

- Régebbi kereskedelmi

vagy középületek: 0,3 - 0,5 yield/h

Újabb kereskedelmi

- vagy középületek: 0,1 - 0,3 yield/h

A szellőzés miatt szükséges teljesítményt a következők alapján számítjuk ki:  $P_v = q \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t$  ahol  $q$  = a külső levegő térfogatárama ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) = a levegő sűrűsége ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  $c_p$  = a levegő fűtőteljesítménye  $\Delta t$  = a külső hőmérséklet és a bevitt hőmérséklet különbsége

A táblázat a méretezési fűtőteljesítmény-szükséglet kiszámításának módját mutatja be.

## 7. fejezet

A mennyezeti fűtési rendszer kedvezően hat a hőmérsékletre. A sugárzó hő a környező felületeket fűti, amelyek azt továbbadják egyrészt (másodlagos) sugárzással a többi felületre, másrészt közvetlen hőátadással a levegőnek. Mindezek azt eredményezik, hogy a levegő fűtése rendkívül egyenletes módon történik a felületeknél, amely relatíve nagyon kis mértékű hőmérsékleti gradienseben mutatkozik meg. Mint már korábban is utaltunk rá, a hőmérsékleti gradiens mértékét számos tényező befolyásolja a fűtési rendszeren kívül. Ennek megfelelően a hőmérsékleti gradiens mértéke épületenként változik, azok adott-ságainak függvényében. Saját méréseink szerint a mennyezeti fűtéssel ellátott épületekben, ahol a mennyezet magassága 2,8 m és 7 m között váltakozott, a hőmérsékleti gradiens két szélső értéke 0,3 és 1,0 °C/m volt, míg a leggyakoribb eredmény 0,4 - 0,5 °C/m volt. Nemzetközi vizsgálatok eredményei alapján a [12.] forrásmunka az alábbiakban határozza meg a vonatkozó értékeket más fűtési rendszerek esetében:

- radiátoros rendszer: 1-2 °C/m
- konvekciós fűtés: 2-3 °C/m

Korábban is említettük, hogy magasabb mennyezetek esetében a méretezési fűtési szükséglet kiszámításakor fontos szerepet játszik a hőmérsékleti gradiens. Átlagos magasságú helyiségekben (2,5 m) a hőmérsékleti gradiens kevésbé befolyásolja a fűtési szükségletet. Az alábbi példák azt mutatják be, hogy milyen mértékű hatást gyakorol a hőmérsékleti gradiens különböző, viszonylag magas mennyezetek esetén. A következő elméleti értékeknél az alábbiakból indultunk ki:

Egy csarnok Göteborg területén. Tervezési külső hőmérséklet = -10 °C. Az alapterület 500, 100, ill. 2000 m<sup>2</sup>, az ablakok felülete az alapterület 10 %-a. Az Up-érték a fal esetében 0,2, a tetőnél 0,2, és a padlónál 0,3 w/m<sup>2</sup> °C. A természetes légmozgás mértéke a példában 0,3 yield/h. A fűtési szükséglet csak a transzmisszióra és a természetes légmozgásra vonatkozik.

A fűtési szükséglet meghatározása minden egyes sorban az adott helyiség hőmérsékletére/gradiensére vonatkoztatva történik: 20 °C/ 0,0 °C/m soronként. Az egyes értékek összevetése csak soronként történhet.

### Relatív fűtőteltjesítmény-szükséglet

A fűtéshez szükséges energiaszükségletnek három összetevője van: transzmisszió, szellőzés és természetes légmozgás. A transzmisszió aránya általában 20-50 %, míg a szellőzésé, beleértve a természetes légmozgást is kb. 50-80 %. Szokásos hőmérsékletűre fűtött (20 °C) épület esetében az energia megtakarítás várható mértéke kb. 5 %, ha a belső hőmérsékletet 1 fokkal csökkentjük. Mennyezeti fűtési rendszer alkalmazásával a belső hőmérséklet egy-két fokkal

csökkenthető anélkül, hogy az üzemi hőmérséklet a [4.] forrásmunkában jelzett érték alá csökkenne. Ezen felül - hagyományos fűtési rendszerekkel összehasonlítva - a hőmérsékleti gradiens mértéke is kisebb mennyezeti fűtés esetén. Ez a két tényező hozzájárul ahhoz, hogy a transzmissziós veszteségek csökkenjenek (elsősorban a tetőn keresztül), ám a legnagyobb mértékű hatásukat a szellőzés és a természetes légmozgás esetében fejtik ki. A [3.] forrásmunka megállapítja, hogy az energiafogyasztás 2-7 %-os eltérést mutat a mennyezeti fűtés és a radiátoros fűtés között a mennyezeti fűtés javára. A [4.] tanulmány szerint különböző épületekben az energia-megtakarítás mértéke 6-30 %-ot is elérhet mennyezeti fűtés alkalmazásakor. A 4:33. oldalon található táblázatok a különböző fűtési rendszerek energiafogyasztásának elvi összehasonlítását mutatják be a hőmérsékletre és a hőmérsékleti gradiensre vonatkozóan. Az összehasonlítás azonos épületre és körülményekre vonatkozik a fent említett méretezési teljesítmény-szükségletet figyelembe véve. Az energiafogyasztást a "napi hőmérséklet" módszer alapján számítottuk ki. A megállapított hőmérsékleti gradiens a példa szerint a tervezési külső hőmérséklet (- 10 °C) elérésekor fordul elő, ezután lineárisan csökken nullára, amikor a külső hőmérséklet és a helyiség hőmérséklete egyenlő. Az energiaszükséglet meghatározása minden egyes sorban az adott helyiség hőmérsékletére/gradiensére vonatkoztatva történik: 20 °C/ 0,0 °C/m soronként. Az egyes értékek összevetése csak soronként történhet. (ld. 1. táblázat.)

### Relatív fűtőenergia-szükséglet

A táblázatokból kiténik, hogy az egyes fűtési rendszerek különbözősége, illetve az ebből fakadó hőmérsékletkülönbségek, olyan fokú energiafogyasztással járnak, amely megfelel a mennyezeti fűtéssel elérhető - a fentiekben jelzett forrásmunkákban is alátámasztott - megtakarításnak. Az energia-megtakarítás mértéke természetesen nem minden esetben egyforma, és függ a körülményektől. Ugyanakkor az egyértelműen kiderül, hogy a mennyezeti fűtés energiafogyasztása alacsonyabb, mint a legtöbb más fűtési rendszeré (ld. 2. táblázat).



# 7. fejezet

1. táblázat - Relatív fűtőtéljesítmény-szükséglet

Alapterület (m <sup>2</sup> )	A mennyezet magassága (m)	A helyiség hőmérséklete/hőmérsékleti gradiens (°C, illetve °C/m)				
		20/0.0	20/0.5	20/2.0	18/0.5	18/2.0
500	5	1.00	1.04	1.17	0.96	1.09
	10	1.00	1.08	1.33	1.01	1.26
1000	5	1.00	1.04	1.18	0.97	1.10
	10	1.00	1.09	1.35	1.02	1.28
2000	5	1.00	1.05	1.18	0.97	1.11
	10	1.00	1.09	1.35	1.02	1.29

2. táblázat - Relatív fűtőenergia-szükséglet

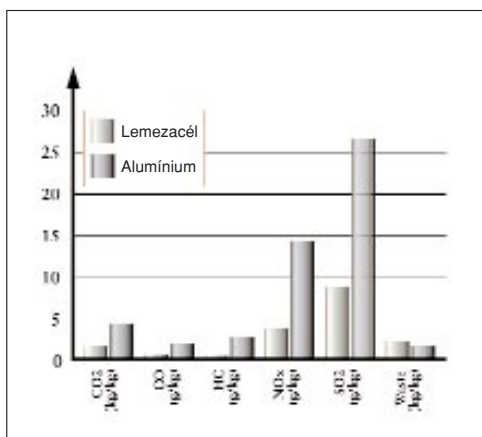
Alapterület (m <sup>2</sup> )	A mennyezet magassága (m)	A helyiség hőmérséklete/hőmérsékleti gradiens (°C, illetve °C/m)				
		20/0.0	20/0.5	20/2.0	18/0.5	18/2.0
500	5	1.00	1.04	1.17	0.89	1.01
	10	1.00	1.09	1.34	0.94	1.18
1000	5	1.00	1.04	1.17	0.90	1.01
	10	1.00	1.09	1.34	1.94	1.18
2000	5	1.00	1.04	1.17	0.90	1.01
	10	1.00	1.09	1.34	0.94	1.18

## 8. fejezet

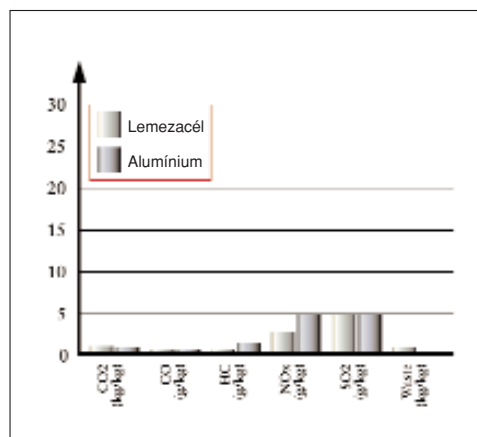
### Környezet és újrahasznosítás

A különböző, alumíniumból készült termékek életciklus-elemzése több közös jellemzőt mutat. Előállításánál (bányászat, dúsítás, megmunkálás) az alumínium viszonylag nagy mértékben terheli meg a környezetet és több energiát igényel. A felhasználás során azonban éppen fordított a helyzet, más anyagokkal összehasonlítva. Az előállítási fázisban okozott nagyobb környezeti terhelést sokszorosan ellensúlyozza a felhasználási fázisban jelentkező kisebb terhelés. Ezen felül, ha az alumíniumot újrafeldolgozzák, a gyártáskor okozott környezeti terhelés mértéke csökken. A Lindab Climate mennyezeti fűtési rendszerei kizárólag vörösréz, alumíniumból, polisztirol szigetelőanyagból és kis mértékben ólomforraszból készülnek. A szigetelőanyag kivételével a felhasznált anyagok 100 %-ban újrafeldolgozhatók. A gyártás során keletkező hulladék is újrafeldolgozásra kerül. 100 %-os mértékben újrafeldolgozható minden fém alkatrész, amikor egy olyan épület lebontására kerül sor, ahová a Lindab Climate mennyezeti fűtőelemeket építették be. A vörösréz és az alumínium között ugyan fémes kötést hoznak létre a gyártás során, ám az újrafeldolgozás így is lehetséges. A mennyezeti fűtőelemeket kb. 20 x 20 cm-es "csomagokká" préselik össze, amelyet a fémfeldolgozóipar tud hasznosítani különböző minőségű alumínium ötvözetek adalékaként. Az egyes csomagok réztartalma jól meghatározható, mivel minden egyes panel azonos mennyiségben tartalmaz rézet.

A [20.] forrásmunka különböző csomagolóanyagok életciklus-elemzését írja le pl. az alumínium és a lemezacélét. Az alábbiakban ezt a két fémét hasonlítjuk össze, az első esetben újrafeldolgozás nélkül, a második esetben 70-75 %-os mértékű újrafeldolgozással. A jelzett értékek nem vonatkoztathatók a Lindab Climate fűtőelemeire, mivel az életciklus-elemzés egy adott termék esetében érvényes az élettartama alatt jellemző körülmények között. Az abszolút értékek tehát nem érvényesek a Lindab Climate termékeire. Valójában azt szeretnénk megmutatni a diagramok segítségével (ezen és a következő oldalon), hogy a környezet terhelése jelentős mértékben csökken, ha az anyag újrafeldolgozhatósága jó. Az alumínium ilyen anyag, és a környezet szempontjából hasonló az acélhoz - 70-75 %-os újrahasznosítás mellett. Ma még csupán kis mértékben hasznosítják újra egy lebontott épület anyagait, ám gyors fejlődés várható ezen a területen is, és hamarosan a 70-75 %-os mértékű újrahasznosítás sem lesz szokatlan. Ezt figyelembe véve valószínűsíthető, hogy a most beépítésre kerülő Lindab Climate termékeket újra fogják majd hasznosítani, amikor a mai épületeket lebontják vagy újraépítik.



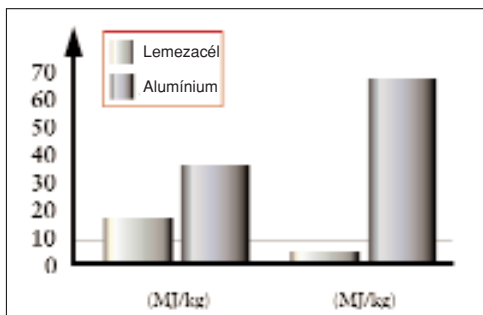
Csomagolóanyagok életciklus-elemzésének értékei újrahasznosítás nélkül



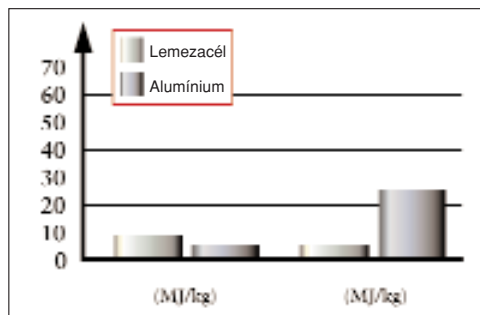
Csomagolóanyagok életciklus-elemzésének értékei 70-75 %-os mértékű újrahasznosítás esetén

## 8. fejezet

### Energiafelhasználás az energiaforrás típusa szerint



Csomagolóanyagok életciklus-elemzésének értékei újrahasznosítás nélkül



Csomagolóanyagok életciklus-elemzésének értékei 70-75 %-os mértékű újrahasznosítás esetén

### Forrásmunkák

- [1] Adamsson/Löfstedt: Takvärme, Temperaturfördelning °Ch behaglighet, (Mennyezeti fűtés: hőmérséklet-elosztás és komfort), Svéd Építészeti Intézet, R12:1971 jelű jelentés, 1971.
- [2] Lind/Olsson: Klimatmätningar i skolor med elektrisk takvärme °Ch fläktstyrd franluftsventilation (A klíma mérése elektromos fűtőelemekkel és ventilátoros távozó levegő szabályozással ellátott iskolákban), Svéd Építészeti Intézet, R40:1972 jelű jelentés, 1972.
- [3] Johansson/Pettersson: Takvärme - energiförbrukning °Ch inomhusklimat (Mennyezeti fűtés - energiafogyasztás és beltéri klíma), Svéd Építészeti Intézet, R12:1984 jelű jelentés, 1984.
- [4] Brännvall: Takvärme - kritisk granskning av olika uppvärmningssystem, litteraturstudie: (Mennyezeti fűtés - különböző fűtési rendszerek kritikai áttekintése - forráselemzés), KTH Fűtési Rendszerek Technológiáját Vizsgáló Intézet, Stockholm, 1977.
- [5] Jacobsson/Lindgren: Kallras vid fönster - en förstudie (Huzat az ablaknál - kísérleti tanulmány), Wahlings installationutveckling AB, Stockholm 1982
- [6] Peterson: Kallras vid konvertering (Huzat átszármasztás), KTH Fűtési és Légtechnikai Rendszerek Technológiáját Vizsgáló Intézet, A4-sorozat: 140, Stockholm, 1991.
- [7] Al-Bazi: Klimat °Ch byggnader nr 1/1989 (Épületek és klíma, 1989/1. szám), KTH Fűtési és Légtechnikai Rendszerek Technológiáját Vizsgáló Intézet, Stockholm, 1989.
- [8] SCANVAC, A beltéri klímarendszerek osztályozása - útmutatók és műszaki meghatározások, Beltéri Klímaberendezéseket Vizsgáló Svéd Intézet, Útmutató-sorozat, R1.
- [9] Allard/Inard/Simoneau: A természetes konvekció numerikus modellezése mennyezeti- vagy padlófűtéssel ellátott helyiségben - kísérleti tanulmány, ROOMVENT '90: Szellőzött helyiség aero-és termodinamikája, második nemzetközi konferencia, Oslo, 1990.
- [10] Krause: Die konvektive Wärmeabgabe von Heizdecken: Gesundheit-ingenieur 10 és 11. szám, 1959
- [11] Müllejans: Über die Ähnlichkeit der nichtisothermen strömung und den Wärmeübergang in Räumen mit Strahlüftung: Forschungsberichte des landes Nordrhein-Westfalen, no. 1656, 1966
- [12] Peterson, F: Temperaturgradienter vid olika uppvärmningssystem (Hőmérsékleti gradiens különböző fűtési rendszerek esetében), Műszaki tanulmány (65) KTH Fűtési és Légtechnikai Rendszerek Technológiáját Vizsgáló Intézet, 1975.
- [13] Pierre, B: Mekanisk Värmeteori fk del 2 (A fűtés elmélete, 2. rész) kézikönyv, Fűtési és Hűtési Technológiákat Vizsgáló Intézet, KTH, 0979.
- [14] Duffie, J, Beckman, W: Termikus folyamatok a napenergia hasznosításában, Wiley & Sons 1980.
- [15] McIntyre, D. A.: A termikus sugárzási mező - építőipari szakkönyv, 9. kötet, 1974.
- [16] McIntyre, D. A, Griffiths I. D.: Az egységes és aszimmetrikus hősugárzás hatása a hőérzetre, konferenciaanyag, "clima 2000" - 6. Nemzetközi klíma konferencia, Milánó, 1975. március.
- [17] Chrenko, F. A.: A mennyezeti fűtés és a hőérzet összefüggései, Fűtési és Légtechnikai Mérnökök Szaklapja, 1953. január.
- [18] Olesen B. W. et al.: Hőérzet a helyiségben különböző fűtési rendszerek alkalmazása esetén, ASHRAE tanulmány, 86. szám, 1. rész, 1980.
- [19] Fransson, J et al.: Utvärdering av Bo-klimat °Ch fuktstyrning I Falun: Svéd Építészeti Bizottság, SPAR 1993:67.
- [20] Tillman A-M. et al.: Csomagolás és a környezet - egyes csomagolóanyagok életciklus elemzése - A környezeti terhelés kvantifikálása, Chalmers Ipari Technológia, Göteborg, 1992.
- [21] Fanger P.O.: A hőérzet elemzése és alkalmazása a belső környezet kialakításánál, Danish Technical Press, 1970.

# Méretezési útmutató



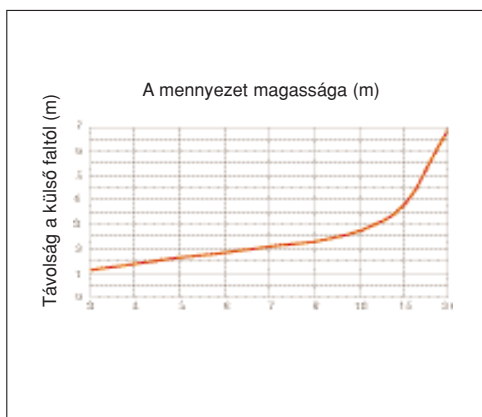
## A panelek elhelyezése

A hőszugárzás egyenletes elosztásának biztosításához kövesse az alábbi gyakorlati tanácsokat:

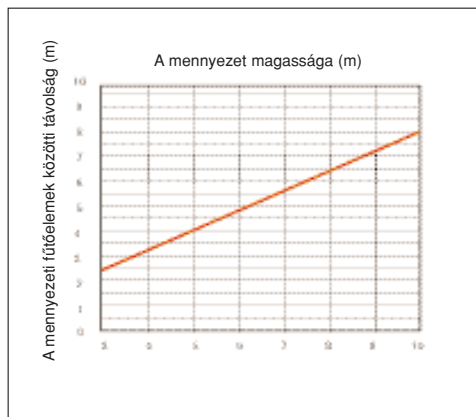
**Olyan külső falak esetében, melyeken nincsenek ablakok**, a falhoz legközelebb lévő paneleket az 1. ábra szerint szükséges elhelyezni

**Elhelyezés olyan külső falak esetében**, melyeken vannak ablakok: ha a külső falban szabványos méretű vagy nagy üvegfelületek találhatóak, a panelek elhelyezése történhet közelebb a falhoz. A fűtőhatást úgy kell koncentrálni, hogy csökkenjen a huzat előfordulásának kockázata, valamint, hogy biztosítani lehessen a szükséges üzemi hőmérsékletet. Kisebb ablakok esetében legtöbbször elhagyható a koncentráció. Ilyen esetekben nehéz "sorvezetőt" adni, mivel az ablakok mérete és az épületek formája mindig más és más.

**A panelek/szalagok közötti távolságot** a 2. ábra mutatja. A panelek/szalagok között javasolt távolság értékei különböző beépítési magasságokra vonatkoznak. A javasolt értékek betartásakor a hőszugárzás azonos mértékű a fűtőelemek között, illetve közvetlenül alattuk.



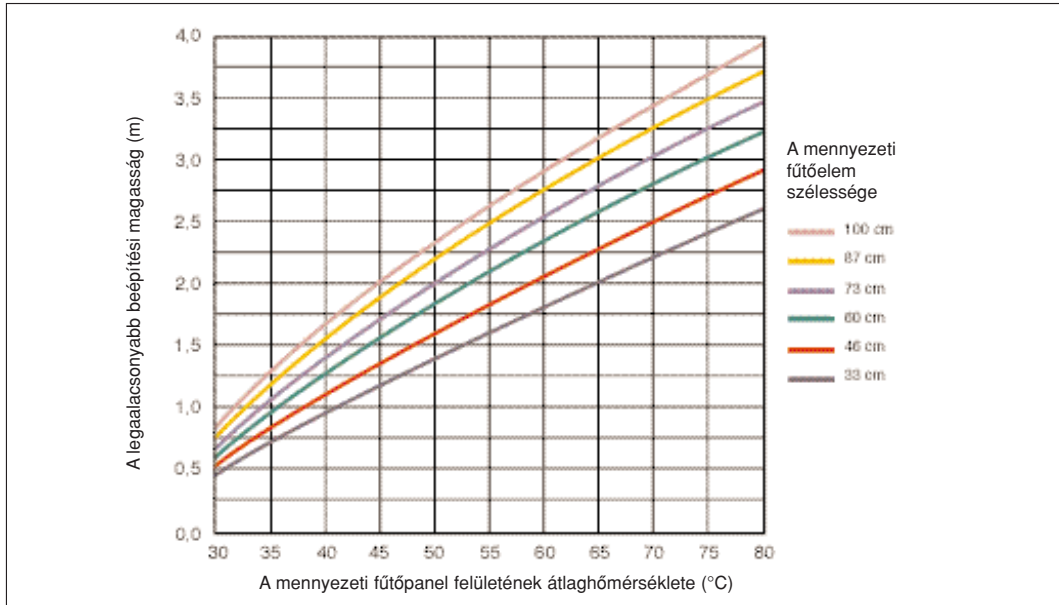
1. ábra - A külső (ablak nélküli) falhoz legközelebb lévő mennyezeti fűtőelemek közötti távolság javasolt mértéke



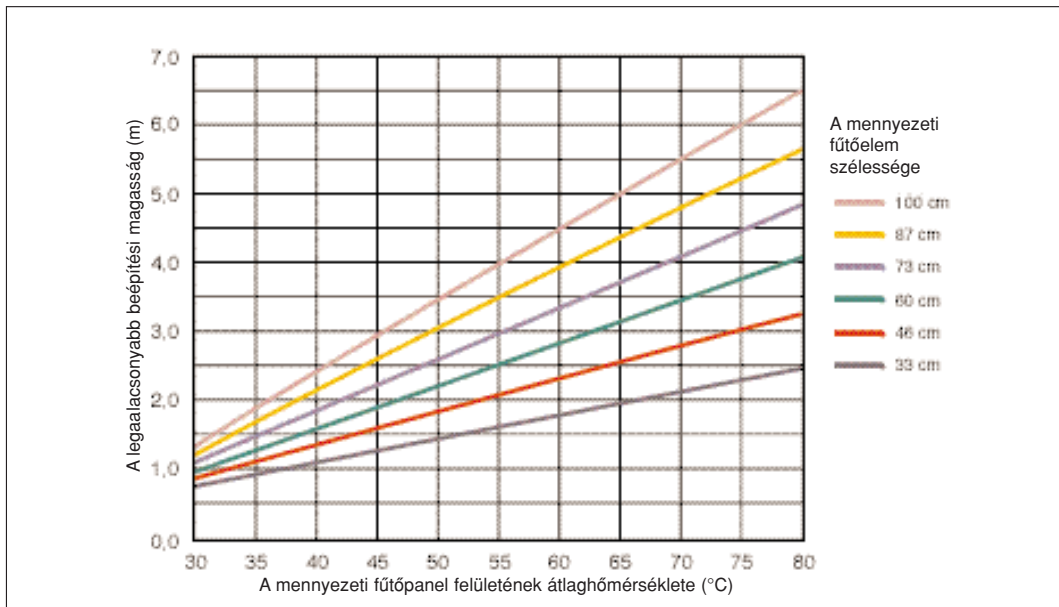
2. ábra - Mennyezeti fűtőpanelek közötti javasolt távolság.

# Méretezési útmutató

## Beépítési magasság és hőmérséklet

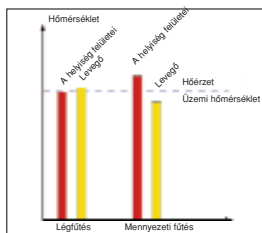


3. ábra - A mennyezeti fűtőelemek legalacsonyabb beépítési magassága. A sugárzó hőmérsékleti asszimetria 5 °C. A mennyezeti fűtőelem hossza 3,6 m.

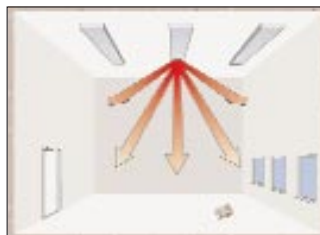


4. ábra - A mennyezeti fűtőelemek legalacsonyabb beépítési magassága. A sugárzó hőmérsékleti asszimetria 5 °C. A mennyezeti fűtőelem hossza > 10 m.

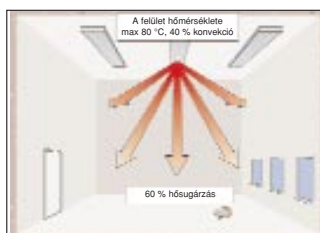
# Fő jellemzők



A mennyezeti fűtés a helyiség felületeit fűti sugárzással. A felületek továbbadják a hőt a levegőnek. Ez képezi a jó beltéri klíma alapját.



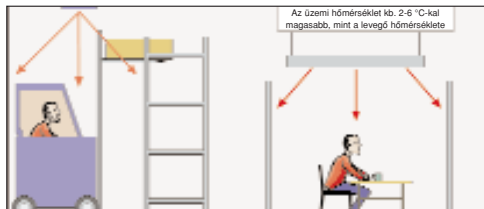
A mennyezeti fűtés közvetett módon padlófűtés! A sugárzó hő azt eredményezi, hogy a padló 2-3 °C-kal melegebb, mint a levegő közvetlenül a padló fölött.



A mennyezet magassága nem befolyásolja a hő elosztását az épületben. Ebből következően magasabb mennyezetek esetében sem szükséges a hőmérsékletet növelni.



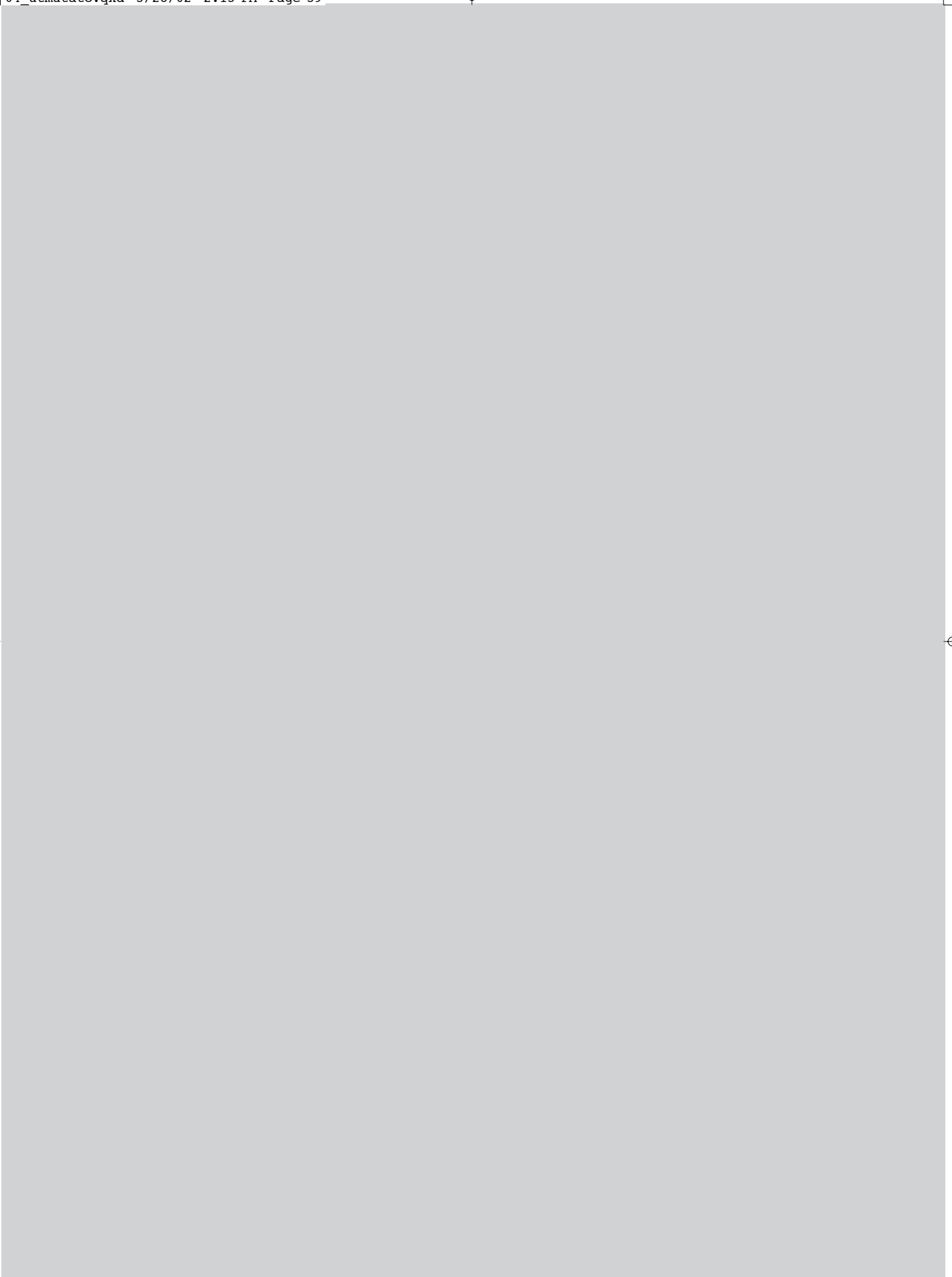
A mennyezeti fűtőelem azon felületek felé sugározza a hőt, amelyeket "lát". A sugárzás nagyobb részben lefelé, ill. oldalirányban terjed. A helyiség felületeinek hőmérséklete is befolyásolja a sugárzás terjedésének irányát.



A mennyezeti fűtés különösen előnyös, ha az épületben csupán egy rész vagy egy zóna fűtésére van szükség. A környező felületek fűtése révén a mennyezeti fűtés lehetővé teszi, hogy az üzemi hőmérséklet 2-6 °C-kal magasabb legyen, mint a levegő hőmérséklete. Nem lesz hideg az asztal alatt sem, mivel a sugárzó hő közvetett módon a helyiség minden részébe eljut. A helyiségben valamennyi felület hozzájárul a fűtéshez: azok a felületek, amelyek elnyelik a sugárzó hőt, felmelegednek, majd önmaguk is hőt sugároznak, illetve vannak olyan felületek is, amelyek visszaverik a sugárzást. Fejmagasságban nem lesz túl meleg. A Lindab Climate mennyezeti fűtési rendszere vizes fűtőközeggel működik, és a hőszugárzás alacsony hőmérsékleten történik (40-60 °C). A beépítési magasság legtöbbször meghaladja a 2,5 m-t. Ez azt eredményezi, hogy a mennyezeti fűtőpanelek sugárzása alig észrevehető.



A hőszugárzás teljesítménye a hideg felületeken megnő. Ez azt jelenti, hogy a sugárzó hő elsősorban azokat a felületeket fűti, amelyeknek legnagyobb szüksége van erre, pl. az ablak belső oldalát, így a huzat kockázata kiküszöbölhető. A mennyezeti fűtés az egyik legenergiatakarékosabb fűtési rendszer. A mennyezeti fűtés 1-2 °C-kal alacsonyabb hőmérsékletet tesz lehetővé a helyiségben, és rendkívül alacsony hőmérsékleti gradienst biztosít, azaz nem alakul ki meleg levegő réteg a mennyezet alatt. A mennyezeti fűtéssel szerelt épületek könnyebben átalakíthatók. A falak és a padlózat megváltoztatásakor a fűtési rendszer figyelmen kívül hagyható.





**Lindab Ventiláció**

2051 Biatorbágy

Állomás út 1/A

Tel.: +36 (23) 531-100

Fax: +36 (23) 311-878

e-mail: [info.vent@lindab.hu](mailto:info.vent@lindab.hu)

[www.lindab.hu](http://www.lindab.hu)